

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) DD (11) 223 728 A5

4(51) C 21 B 13/08

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP C 21 B / 266 563 4
(31) P3332556.1

(22) 23.08.84
(32) 09.09.83

(44) 19.06.85
(33) DE

(71) siehe (73)
(72) Ulrich, Klaus, Dr.-Ing., Janßen, Wilhelm, DE
(73) Fried. Krupp GmbH, 4300 Essen 1, DE

(54) Verfahren zur Reduktion oxidischer Eisenerze im Drehrohrofen

(57) Es ist das Ziel, die Herstellungs- und Wartungskosten zu senken, und trotz einer Beheizung mit kostengünstiger bituminöser Kohle die Ansatzbildung im Drehrohrofen weitestgehend zu vermeiden. Bei einem im Drehrohrofen durchgeführten Reduktionsverfahren, bei dem über Manteldüsen sauerstoffhaltige Gase zugeführt und zumindest ein Teil der gasreichen, festen Reduktionsmittel vom Austragsende so eingebracht wird, daß er sich über einen wesentlichen Bereich des Ofens verteilt, und der ggf. verbleibende Rest der Reduktionsmittel zusammen mit dem Erz und den Zuschlagstoffen am Eintragsende aufgegeben wird, wird die Bildung von Schmelzansätzen dadurch verhindert, daß mindestens 60 % der Reduktionsmittel über das Austragsende eingebracht werden und diese höchstens 20 % des unter 3 mm Korngröße liegenden Feinanteils der gesamten Reduktionsmittel enthalten.

ISSN 0433-6461

4 Seiten

Erfindungsansprüche:

1. Verfahren zur Reduktion oxidischer Eisenerze mittels fester, gasreicher Reduktionsmittel in einem Drehrohrofen, bei dem über Manteldüsen sauerstoffhaltige Gase oder Sauerstoff zugeführt, zumindest ein Teil der Reduktionsmittel vom Austragsende des Ofens so eingebracht wird, daß er sich über einen wesentlichen Bereich der Ofenbeschickung verteilt, und der ggf. verbleibende Teil der Reduktionsmittel zusammen mit den oxidischen Eisenerzen und Zuschlagstoffen am Eintragsende des Drehrohrofens aufgegeben werden, **gekennzeichnet dadurch**, daß mindestens 60% der festen Reduktionsmittel mit Ausnahme des Rückkokes vom Austragsende aus eingebracht werden und diese höchstens 20% des unter 3 mm Korngröße liegenden Feinanteils der gesamten Reduktionsmittel enthalten.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß 70 bis 85% der Reduktionsmittel vom Austragsende aus eingebracht werden und diese höchstens 15% des unter 3 mm Korngröße liegenden Feinanteils der gesamten Reduktionsmittel enthalten.
3. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die vom Austragsende eingebrachten Reduktionsmittel so eingeblasen oder eingeschleudert werden, daß sie sich über 30 bis 70%, vorzugsweise 50 bis 60% der unteren Ofenlänge verteilen.
4. Verfahren nach Punkt 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß nur 30 bis 50% der vom Austragsende aus eingebrachten Reduktionsmittel den Feinanteil enthalten, der insgesamt für das Einbringen vom Austragsende aus vorgesehen ist, und diese Reduktionsmittel so eingegeben werden, daß sie sich über höchstens 20% der unteren Ofenlänge verteilen, und der Rest der vom Austragsende aus einzubringenden Reduktionsmittel über den anschließenden, über 20% hinausreichenden Teil der unteren Ofenlänge verteilt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte, **gekennzeichnet dadurch**, daß der vom Eintragsende aufzugebene Reduktionsmittel-Anteil nach Menge und Zusammensetzung so bemessen ist, daß die durch Verbrennung der austretenden flüchtigen Bestandteile erzeugte Wärmemenge den für die Trocknung, Kalzination und Vorwärmung des Ofeneinsatzes erforderlichen Energiebedarf abdeckt.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion oxidischer Eisenerze mittels fester, gasreicher Reduktionsmittel in einem Drehrohrofen, bei dem über Manteldüsen sauerstoffhaltige Gase oder Sauerstoff zugeführt, zumindest ein Teil der Reduktionsmittel vom Austragsende des Ofens so eingebracht wird, daß er sich über einen wesentlichen Bereich der Ofenbeschickung verteilt, und der ggf. verbleibende Teil der Reduktionsmittel zusammen mit den oxidischen Eisenerzen und Zuschlagstoffen am Eintragsende des Drehrohrofens aufgegeben werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei den bekannten Verfahren dieser Art, bei denen Eisenerze in stückiger Form oder als Pellets im Drehrohrofen zu Eisenschwamm reduziert werden, wird ein Gemenge aus Eisenerz, Kohle, Rohdolomit oder Kalkstein als Entschwefelungsmittel sowie aus dem Prozeß zurückgewonnener Überschußkohlenstoff dem geneigt gelagerten Drehofen aufgegeben. Das Feststoffgemenge wird durch heiße Ofengase auf eine Temperatur über 900°C bis max. 1250°C aufgeheizt. Ein solches Verfahren ist z. B. vorbekannt aus der US-PS 3890 138.

Die für die Feststofferwärmung, den Wärmebedarf der endothermen Reaktionen und für die Deckung der Verluste notwendige Energie wird bei den bekannten Verfahren teilweise durch die Nachverbrennung des entstehenden Kohlenoxids mit über die Ofenlänge zugeführtem Luftsauerstoff erzeugt.

Typisch für alle diese Verfahren ist, daß über einen Großteil der Ofenlänge die Temperaturdifferenz zwischen den heißen Gasen im freien Ofenraum und der Beschickung etwa 100 bis 150°C beträgt. Für alle Direktreduktionsprozesse, die im Drehrohrofen durchgeführt werden, ist außerdem typisch, daß im Bereich des unteren Ofenteils, wo die Reduktion schon weitgehend abgeschlossen ist, nur noch wenig Kohlenoxid aus der Beschickung austritt. Dieses wenige Kohlenoxid reicht nicht aus, um durch dessen Nachverbrennung in diesem Ofenbereich die Temperatur für eine Endmetallisierung von über 90% (Metallisierung = metallischer Eisengehalt/Gesamt-Eisengehalt) ausreichend hoch zu halten. Daher führen diese Verfahren die im Austragsbereich des Drehofens zusätzlich benötigte Heizenergie durch Verbrennung von Öl, Gas oder Kohle zu.

Je höher die Temperatur des Feststoffgemenges im Ofen eingestellt wird, desto schneller laufen die Reaktionen ab, um so größer ist somit die produzierte Eisenschwammmenge je Einheit Ofenvolumen. Für einen wirtschaftlichen Betrieb wird daher die Materialtemperatur möglichst hoch eingestellt. Das führt jedoch bei diesen Verfahren, bei denen größere Anteile feinkörniger gasreicher Kohle vom Austragsende in den Ofen eingeblasen werden, oftmals dazu, daß Betriebsstörungen durch ein Anbacken von schmelzflüssigen oder backenden Feststoffteilchen an der inneren Ofenwand auftreten. Diese Anbackungen können zu erheblichen Störungen des Materialflusses im Ofen führen. Bei verschiedenen Betriebsanlagen verringerten sie den freien Ofenquerschnitt so stark, daß der Produktionsbetrieb eingestellt werden mußte, um den Ofen von diesen Ansätzen zu säubern.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, die Herstellungs- und Wartungskosten zu senken.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Reduktion oxidischer Eisenerze mittels fester, gasreicher Reduktionsmittel in einem Drehrohrofen, bei dem über Manteldüsen sauerstoffhaltige Gase oder Sauerstoff zugeführt, zumindest ein Teil der Reduktionsmittel vom Austragsende des Ofens so eingebracht wird, daß er sich über einen wesentlichen Bereich der Ofenbeschickung verteilt, und der ggf. verbleibende Teil der Reduktionsmittel zusammen mit den oxidischen Eisenerzen und Zuschlagstoffen am Eintragsende des Drehrohrofens aufgegeben werden, zu schaffen, bei dem trotz einer Beheizung mit kostengünstiger bituminöser Kohle die Ansatzbildung im Drehrohrofen weitestgehend vermieden wird. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß mindestens 60% der festen Reduktionsmittel mit Ausnahme des Rückkokes vom Austragsende aus eingebracht werden und diese höchstens 20% des unter 3 mm Korngröße liegenden Feinanteils der gesamten Reduktionsmittel enthalten.

Vorteilhafterweise werden 70 bis 85% der Reduktionsmittel vom Austragsende aus eingebracht und diese enthalten höchstens 15% des unter 3 mm Korngröße liegenden Feinanteils der gesamten Reduktionsmittel.

Nach der Erfindung werden die vom Austragsende eingebrachten Reduktionsmittel so eingeblasen oder eingeschleudert, daß sie sich über 30 bis 70%, vorzugsweise 50 bis 60% der unteren Ofenlänge verteilen.

In Weiterführung des Verfahrens ist vorgesehen, daß nur 30 bis 50% der vom Austragsende aus eingebrachten Reduktionsmittel den Feinanteil enthalten, der insgesamt für das Einbringen vom Austragsende aus vorgesehen ist, und diese Reduktionsmittel so eingegeben werden, daß sie sich über höchstens 20% der unteren Ofenlänge verteilen, und der Rest der vom Austragsende aus einzubringenden Reduktionsmittel über den anschließenden über 20% hinausreichenden Teil der unteren Ofenlänge verteilt wird.

Vorzugsweise ist der vom Eintragsende aufzugebene Reduktionsmittel-Anteil nach Menge und Zusammensetzung so bemessen, daß die durch Verbrennung der austretenden flüchtigen Bestandteile erzeugte Wärmemenge den für die Trocknung, Kalzination und Vorwärmung des Ofeneinsatzes erforderlichen Energiebedarf abdeckt.

Es hat sich überraschenderweise gezeigt, daß mit dem Verfahren nach der Erfindung die Ansatzbildung sich praktisch völlig vermeiden läßt, ein Vorteil, wie er sonst nur durch vollständige Ofenbeheizung mittels Gas zu erzielen ist, wodurch das Verfahren in der Regel jedoch erheblich verteuert wird. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß gasreiche Kohlen der verschiedensten Art, z. B. auch Braunkohlen, eingesetzt werden können. Zu gasreichen Brennstoffen werden solche gerechnet, deren Gasanteil bei mindestens 20 Gew.-% liegt.

Bei den Reduktionsmittel-Mengen handelt es sich immer nur um frisch zugegebene Reduktionsmittel (Frischkohle), die wiederverwendeten abgeschwulsten Reduktionsmittel-Reste (Rückkoks) sind also dabei nicht berücksichtigt.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Mit diesem nachfolgend dargelegten Beispiel konnte beim Betrieb einer Großanlage zur Eisenschwammerzeugung nachgewiesen werden, daß eine Ansatzbildung bei der Durchführung des Verfahrens vollkommen unterblieb.

Kohle mit einem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen von über 25% wurde bei 3 mm abgesiebt. Die Grobkohle mit einer Körnung von 3 bis 35 mm wurde mittels einer Einblasvorrichtung vom Austragsende in den Ofen chargiert. Das Einbringen wurde insbesondere durch Regulierung der Injektorluft so durchgeführt, daß die Kohle, vom Austragsende aus gemessen, von etwa 20% bis zu etwa 60% der Ofenlänge gleichmäßig verteilt wurde. Die durch die Erhitzung der sich mit der Beschickung mischenden Grobkohle freiwerdenden Kohlen-Schwelgase wurden mit über Manteldüsen zugegebenen Luftsauerstoff verbrannt. Die Nachverbrennung dieser gasförmigen Energieträger lieferte den überwiegenden Teil (ca. 85%) der in den jeweiligen Ofenbereichen benötigten zusätzlichen Heizenergie, die nicht durch die CO-Nachverbrennung gedeckt werden konnte. Der Drehrohrofen hatte einen Manteldurchmesser von 4,6 m und eine Länge von 74 m.

Durch eine zweite Einblasvorrichtung wurde in einen Bereich von 0 bis 15 m Entfernung vom Austragsende, das sind 0 bis 20% der Ofenlänge, ein geringer Anteil von Kohle der Körnung 0 bis 35 mm, also unabgesiebte Kohle, eingeblasen. Die Verbrennung der Feinkohleanteile < 3 mm lieferte die restlichen ca. 15% der benötigten zusätzlichen Heizenergie. Die abgesiebte Feinkohle mit einer Körnung kleiner als 3 mm wurde gemeinsam mit der Restkohle, d. h. dem Rest der insgesamt eingebrachten Reduktionsmittel, dem Erz, dem Entschwefelungsmittel und Rückkoks am Eintragsende, dem oberen Ofenende, aufgegeben.

Die spezifischen Parameter des Verfahrens nach der Erfindung wurden wie folgt ermittelt:

Dem Drehrohrofen wurde insgesamt folgende Materialmenge, bezogen auf 1 t erzeugten Eisenschwamms, aufgegeben:

1,43 t Erz mit 66% Fe und einer Körnung von 5 bis 25 mm

0,048 t Rohdolomit mit einer Körnung von 1 bis 4 mm

0,12 t zurückgeführter Koks, Körnung: 1,6 bis 10 mm

Von den insgesamt 0,593 t Eisenschwamm zugeführter Kohle wurden mit dem Erz, Rohdolomit und Rückkoks

0,157 t Kohle/t Eisenschwamm mit einer Körnung von 0 bis 35 mm.

Vom Austragsende wurden in den Ofen eingeblasen:

0,436 t Kohle/t Eisenschwamm.

Von dieser Menge hatten

0,377 t Kohle/t Eisenschwamm eine Körnung von 3 bis 35 mm und

0,059 t Kohle/t Eisenschwamm eine Körnung von 0 bis 3 mm.

Erzeugt wurde ein Eisenschwamm mit einer Metallisierung von 92%.

Die Kohle, deren unterer Heizwert 27 MJ/kg betrug, hatte folgende Bestandteile:

fester Kohlenstoff: 59,0%

flüchtige Bestandteile: 30%

Asche: 11,0%

Schwefel: 0,9%

Wasser: 4,0%

und folgende Elementaranalyse:

C: 74,8%

H: 4,6%

O: 7,7%

N₂: 1,0%

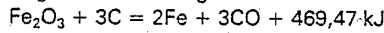
S: 0,9%

Die rechnerische Bestimmung des Molverhältnisses von Wasserstoff zu flüchtigen Kohlenstoff-Bestandteilen zeigte, daß die flüchtigen Kohlenwasserstoffe der Kohle im wesentlichen als CH₄ vorlagen. Bei dem bekannten Heizwert von CH₄ = 35,8 MJ/Nm³ kann aus der Verbindung der flüchtigen Bestandteile dieser Kohle etwa die folgende Wärmemenge gewonnen werden: 9,23 MJ/kg Kohle.

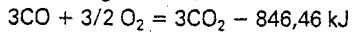
Aus einer Wärmebilanz, die für die mit den angegebenen Einsatzmengen arbeitende Drehrohrofenanlage zur Eisenschwammerzeugung aufgestellt wurde, geht folgender spezifischer Energiebedarf je Tonne erzeugten Eisenschwamms hervor:

— Deckung der endothermen Reduktionsreaktion:	6,50 GJ/t
— Aufheizen der Feststoffe auf etwa 1 050 °C:	1,45 GJ/t
— Deckung der Kohlenstoff-Verluste in der Asche, im Staub des Abgases und im Eisenschwamm:	1,52 GJ/t
— Deckung der Wärmeverluste im Abgas:	5,55 GJ/t
— Deckung der Wärmeverluste durch Abstrahlung des Drehrohrofens:	1,01 GJ/t
	16,03 GJ/t

Für die Berechnung der benötigten Reaktionswärme der Bruttoreaktion mittels der bekannten Enthalpien für Fe_2O_3 und CO gilt folgende Gleichung:



Die Reaktionswärme für die Nachverbrennung von 3 Molen CO mit gasförmigem Sauerstoff errechnet sich nach folgender Gleichung:



Daraus ergibt sich je 2 Mole Fe ein Energieüberschuß von 378,99 kJ, der für die Materialerwärmung sowie zur Deckung von Verlusten zur Verfügung steht. Der entsprechende Überschuß je t Eisenschwamm beträgt dann noch 2,97 GJ/t, wenn das noch oxidisch vorliegende Eisen als FeO gebunden ist, und wie oben angegeben Eisenschwamm mit einer Metallisierung von 92% aus einem Erz mit 66% Fe erzeugt wird.

Diese überschüssige Wärmemenge von 2,97 GJ/t Eisenschwamm, bei der die endotherme Reduktionsreaktion bereits berücksichtigt ist, reicht, wie die vorstehende Wärmebilanz zeigt, nicht aus, um den insgesamt benötigten Wärmebedarf zu decken. An zusätzlicher Wärmeenergie sind also bereitzustellen:

$$16,03 - (6,50 + 2,97) = 6,56 \text{ GJ/t Eisenschwamm.}$$

Da diese Wärmemenge durch die Verbrennung flüchtiger Bestandteile der Kohle mit der angegebenen Analyse mit Luftsauerstoff erzeugt werden soll und bei Einsatz der Kohlenmenge von 0,593 t/t Eisenschwamm diese Verbrennung der flüchtigen Bestandteile eine Wärmemenge von

$$0,593 \times 9,23 = 5,47 \text{ GJ/t Eisenschwamm}$$

liefert, muß nur noch die geringe Differenz von 1,09 GJ/t Eisenschwamm durch die Verbrennung von festem Kohlenstoff erzeugt werden. Wird die Erfahrung zugrunde gelegt, daß von der eingesetzten reaktionsfreudigen Kohle alle Partikel < 3 mm vollständig verbrennen, so brauchen von dieser Körnung nur noch 59 kg Kohle/t Eisenschwamm in den Ofen eingegeben zu werden. Wird diese Kohle vom Austragsende eingeblasen, so entspricht das einem Anteil an Feinkohle mit einer Körnung < 3 mm von nur 10,0% der gesamten eingeblasenen Kohle.