

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50568/2016
(22) Anmeldetag: 23.06.2016
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2022

(51) Int. Cl.: **C21B 13/02** (2006.01)
C21B 13/14 (2006.01)
C21B 13/00 (2006.01)
B01J 23/745 (2006.01)
B01J 35/00 (2006.01)
B01J 35/04 (2006.01)
B01J 35/10 (2006.01)

(30) **Priorität:**
25.06.2015 DE 102015008090.3 beansprucht.

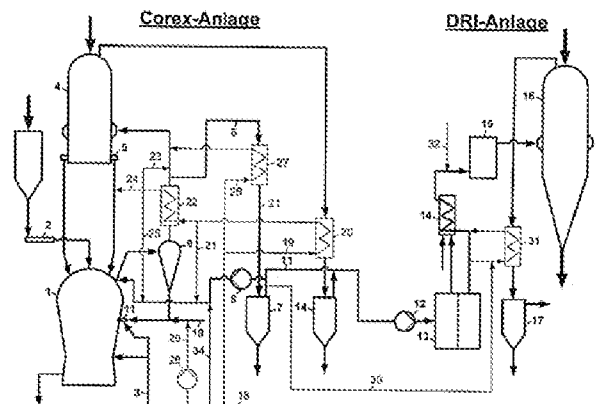
(56) **Entgegenhaltungen:**
US 2012125159 A1
US 5429658 A
US 4880459 A
EP 0128347 A2
WO 2013093640 A2

(73) **Patentinhaber:**
Vuletic Bogdan
40547 Düsseldorf (DE)
Vuletic Bojan
40547 Düsseldorf (DE)
Vuletic Vladan
MA02139 Cambridge (US)

(74) **Vertreter:**
Puchberger & Partner Patentanwälte
1010 Wien (AT)

(54) **Verfahren und Anlage zum Betreiben einer Corex- oder Finex-Anlage**

(57) Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Reduktionseinrichtung und einen Schmelzvergaser aufweisenden Corex-Anlage oder Finex-Anlage zur Herstellung von Eisenschwamm und von Roheisen beschrieben, bei dem Kokereigas aufbereitet und als Reduktionsgas im Betrieb der Corex-Anlage oder Finex-Anlage verwendet wird. In dem Verfahren wird das heiße Vergasergas durch eine Teilmenge des Vergasergases, das nach einem Heißgaszyklon (9) abgezweigt wird, gewaschen und verdichtet, dem heißen Vergasergas als Kühlgas zugeführt, das abgekühlte Gas, im Heißgaszyklon entstaubt und als Reduktionsgas in eine Reduktionsgaseinrichtung eingeleitet und zur Vorreduktion von Eisenoxid verwendet, der in der Reduktionseinrichtung hergestellte Eisenschwamm dem Vergaser zugeführt, eingeschmolzen und das Roheisen periodisch abgestochen, eine kleine Menge des gewaschenen Vergasergases für die Regelung des Anlagendruckes verwendet und mit gewaschenem Toppgas aus der Reduktionseinrichtung, abgeführt, verdichtet, das Mischgas in einer PSA-Anlage von Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff getrennt, erhitzt und als Reduktionsgas in einer Reduktionseinrichtung der DRI-Anlage, zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet. Ferner wird eine zugehörige Anlage offenbart.



5

10

Verfahren und Anlage zum Betreiben einer Corex- oder
Finex-Anlage

15

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Be-
treiben einer eine Reduktionseinrichtung und einen
Schmelzvergaser aufweisenden Corex- oder Finex-Anlage zur
Herstellung von Eisenschwamm und von Roheisen.

20

Das Corex- und das Finex-Verfahren sind ein zweistufiges
Schmelzreduktionsverfahren, in dem Roheisen auf Basis
nichtverkokter Kohle und Eisenerzen hergestellt werden
kann. Ziel des Schmelzreduktionsverfahrens ist es, durch
25 die Kombination von Schmelzprozess, Kohlevergasung und
Direktreduktion flüssiges Eisen zu erzeugen, dessen
Qualität dem Hochofenroheisen entspricht. Die
Schmelzreduktion kombiniert den Prozess der Direktreduktion
(Vorreduktion von Eisenoxid zu Eisenschwamm) mit einem
30 Schmelzprozess (Endreduktion). Der Prozess läuft zweistufig
in getrennten Aggregaten ab. Zuerst werden die Erze zu

Eisenschwamm reduziert, und im zweiten Schritt erfolgt die Endreduktion, das Aufschmelzen und die Aufkohlung zu Roheisen.

5 Zurzeit wird Kokereigas meistens für Heizzwecke und die Erzeugung von Strom und viel seltener zur Wasserstoffherstellung genutzt. In den letzten Jahren sind jedoch Verfahren entwickelt worden, bei denen aus Kokereigas neben Wasserstoff auch Methan hergestellt wird.
10 Der Hauptnachteil dieser Verfahren ist der enorme Aufwand für die Reinigung und Aufbereitung des Kokereigases und für die Entsorgung der Reinigungsprodukte sowie die Umweltbelastung durch verschiedene toxische Bestandteile. Zudem ist der Energieaufwand für die Reinigung und weitere
15 Verarbeitung des Kokereigases und die Herstellung von Wasserstoff oder von Methan sehr groß.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anlage der beschriebenen Art zu
20 schaffen, die auf besonders effiziente Weise realisiert werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Betreiben einer eine Reduktionseinrichtung und einen
25 Schmelzvergaser aufweisenden Corex- oder Finex-Anlage zur Herstellung von Eisenschwamm und von Roheisen gelöst, bei dem Kokereigas aufbereitet und als Reduktionsgas im Betrieb der Corex- oder Finex-Anlage verwendet wird, wobei das Verfahren die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale aufweist.³⁰ Ferner wird obige Aufgabe erfindungsgemäß durch eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens gelöst, die als Corex-

oder Finex-Anlage ausgebildet ist und einen Schmelzvergaser und eine oberhalb des Schmelzvergasers oder neben dem Schmelzvergaser angeordnete Reduktionseinrichtung aufweist, wobei die Anlage Einrichtungen zur Aufbereitung und

5 Verwendung von Kokereigas als Reduktionsgas im Betrieb der Corex- oder Finex-Anlage besitzt, und wobei die Anlage die in Patentanspruch 8 angegebenen Merkmale aufweist.

Erfindungsgemäß wird ein neues einfaches Verfahren zur Verfügung gestellt, mit dem das Kokereigas ohne großen

10 technischen Aufwand so aufbereitet wird, dass es als Reduktionsgas zur Herstellung von Eisenschwamm und Roheisen in einer Corex- oder Finex-Anlage verwendet werden kann.

In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die

15 Überschusswärme/Abwärme des Vergasergases, Reduktionsgases, Topgases und/oder Überschussgases der Corex- oder Finex-Anlage zur Erhitzung des Kokereigases für die Herstellung von Reduktionsgas verwendet. Bei der Aufbereitung des Kokereigases werden dabei toxische Bestandteile, Methan und

20 höhere Kohlenwasserstoffe desselben zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff zerlegt.

In Weiterbildung der Erfindung wird das Kokereigas somit zum größten Teil nach Erhitzung durch Überschusswärme des

25 Vergaser- bzw. des Reduktionsgases und/oder durch Abwärme des Topgases und/oder des Überschussgases und zum Teil kalt dem Vergasergas in verschiedenen Aggregaten der Corex- oder Finix-Anlage zugeführt, zum Reduktionsgas aufbereitet und vermischt mit dem Vergasergas als Reduktionsmittel zur

30 Herstellung von Eisenschwamm verwendet.

Bei einer speziellen Ausführungsform wird das Kokereigas mit Vergasergas vermischt und als Reduktionsgas der Reduktionseinrichtung zugeführt.

- 5 Beim erfindungsgemäße Verfahrens wird die Corex- oder Finex-Anlage mit einer DRI-Reduktionseinrichtung, zur Herstellung von Eisenschwamm betrieben.

In einer solchen

- 10 DRI(Direct Reduced Iron)-Anlage wird Eisenschwamm hergestellt, wobei in diesem Prozess bei erhöhten Temperaturen H₂ und CO direkt mit Eisenoxiden reagieren, ohne Eisenerz oder Pellets zu schmelzen.
- 15 Zielsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorzugsweise, die Überschusswärme des Vergaser- bzw. Reduktionsgases und die Abwärme des Top- und Überschussgases, die in Wasch- und Kühlanlagen verschwendet wird, soweit wie technisch und wirtschaftlich sinnvoll zur
- 20 Erhitzung von Kokereigas auszunutzen, höhere Kohlenwasserstoffe und Methan zu zerlegen und aus Kokereigas Reduktionsgas herzustellen, das zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet werden kann. Durch diese erfindungsgemäße Lösung wird der spezifische Ausstoß von
- 25 Kohlendioxid pro Tonne Eisenschwamm und Roheisen stark reduziert. Auch die Wassermenge im Prozesswasserkreislauf wird über 50 % kleiner, wodurch die einzelnen Aggregate entsprechend kleiner und billiger werden und weniger Strom verbrauchen.

Das in der Corex- oder Finex-Anlage aus Kokereigas produzierte zusätzliche Reduktionsgas führt zu einer besseren Aufkohlung des Eisenschwammes in der Corex- oder Finex-Reduktionsanlage und zu einem niedrigeren
5 Koksverbrauch im Schmelzvergaser.

Durch den Einsatz von Kokereigas im Corex- oder Finex-Prozess, aus dem zusätzliches Reduktionsgas hergestellt wird, kann die Corex- oder Finex-Anlage auch mit
10 Kohlenstoffträgern mit einem niedrigen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen betrieben werden, womit die Palette der Kohlenstoffträger, die im Corex- oder Finex-Prozess eingesetzt werden können, wesentlich erweitert wird.

15 Durch dieses erfindungsgemäße Verfahren wird das Kokereigas durch Überschusswärme und durch den größten Teil der Abwärme der Corex- oder Finex-Anlage auf eine so hohe Temperatur erhitzt, dass Methan und höhere Kohlenwasserstoffe mit mit Rohstoffen eingebrachtem und in
20 der Anlage gebildeten Wasserdampf und Kohlendioxid unter katalytischer Wirkung des frisch reduzierten Eisenschwammes zur Reaktion gebracht und zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff zerlegt werden. Dabei werden Methan und andere organische Bestandteile so weit zerlegt, dass das so aufbereitete
25 Kokereigas, vermischt mit dem Vergasergas, als Reduktionsgas zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet werden kann.

Durch Nutzung der Überschuss- und Abwärme der Corex- oder
30 Finex-Anlage und des im Gas vorhandenen und gebildeten Kohlendioxides und Wasserdampfes und katalytischer

Eigenschaften des frisch reduzierten Eisenschwammes ersetzt diese einfache Aufbereitung von Kokerei- zu Reduktionsgas komplexe Reinigungsanlagen, die als Vorstufe einer weiteren Verarbeitung des Kokereigases erforderlich sind, damit es zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet werden kann.

Durch Ersatz des Kühlgases durch Kokereigas bei der Corex- oder Finex-Anlage ist erfindungsgemäß insbesondere vorgesehen, auf einen aufwendigen, wartungsintensiven internen Kühlgaskreislauf, in dem viel thermische Energie verschwendet wird, zu verzichten. Anstelle des Kühlgases wird dem etwa 1.050 °C heißen Vergasergas das vorerhitzte oder kalte Kokereigas zugeführt, um es unter 900 °C abzukühlen und gleichzeitig das Kokereigas auf die gleiche Temperatur zu erhitzen. Es wird ein Teil der Überschusswärme des Vergasergases, das über den Kühlgaskreislauf abgeführt und verschwendet wird, zur Erhitzung des Kokereigases ausgenutzt. Die restliche Überschusswärme des Vergasergases, die auch über den Kühlgaskreislauf abgeführt und verschwendet wird, wird zur Erhitzung vom im Reduktionsgaswärmetauscher vorerhitzten Kokereigas ausgenutzt, das nach weiterer Erhitzung verschiedenen Bereichen (Aggregaten) der Corex- oder Finex-Anlage zugeführt wird.

Speziell ist vorgesehen, dass das im Topgaswärmetauscher vorerhitzte und anschließend im Reduktionsgaswärmetauscher erhitzte Kokereigas über eine Leitung dem Reduktionsgas, über eine Leitung und Fallrohre dem Dombereich des Schmelzvergasers und dem unteren Bereich der Reduktionseinrichtung bzw. dem Zwischenbehälter oder über

eine andere Leitung dem Vergasergas zugeführt wird, damit das erhitzte Kokereigas durch Vermischung mit heißeren Gasen und im Kontakt mit heißeren Feststoffpartikeln auf hohe Temperaturen erhitzt wird und durch Reaktionen mit Kohlendioxid und Wasserdampf höhere Kohlenwasserstoffe und zum größten Teil Methan zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff zersetzt werden.

Durch dieses erfindungsgemäße Verfahren wird das Kokereigas durch Überschusswärme und durch den größten Teil der Abwärme der Corex- oder Finex-Anlage auf eine so hohe Temperatur erhitzt, dass Methan und höhere Kohlenwasserstoffe, mit Rohstoffen eingebrachten und in der Anlage gebildeten Wasserdampf und Kohlendioxid, unter katalytischer Wirkung des frisch reduzierten Eisenschwammes zur Reaktion gebracht und zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff zerlegt werden. Dabei werden Methan und andere organische Bestandteile so weit zerlegt, dass das so aufbereitete Kokereigas, vermischt mit dem Vergasergas, als Reduktionsgas zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet werden kann.

Durch Zuführung des Kokereigases wird der Wasserstoffanteil im Reduktionsgas erhöht, wodurch die Leistung der Reduktionseinrichtungen gesteigert wird, da die Reduktionsreaktionen der Eisenoxide durch Wasserstoff schneller verlaufen als durch Kohlenmonoxid. Außerdem wird der Temperaturanstieg in der Reduktionseinrichtung, der durch die exotherme Reaktion des Kohlenmonoxides mit Eisenoxiden zustande kommt und zur Agglomeratbildung führt,

durch die endotherme Reaktion des Wasserstoffes mit Eisenoxiden, stark gebremst.

Das in der Corex- oder Finex-Anlage aus Kokereigas produzierte zusätzliche Reduktionsgas führt zu einer
5 besseren Aufkohlung des Eisenschwammes in der Corex- oder Finex-Reduktionseinrichtung und zu einem niedrigeren Koksverbrauch im Schmelzvergaser.

Weiterhin ist es eine Zielsetzung der Erfindung, den
10 Stickstoff, der in der Corex- oder Finex-Anlage für die pneumatische Förderung des heißen Staubes und als Kühl- und Spülgas genutzt wird, durch Kokereigas zu ersetzen und den Stickstoffanteil im Top- und Überschussgas zu reduzieren. Daraus ergeben sich mehrere Vorteile, wie zum Beispiel die
15 Steigerung der Leistung der Anlage, Reduzierung der Energieverluste und Reduzierung der Stickstoffverbräuche.

Bei einer weiteren Ausführungsform wird das aus Kokereigas erzeugte Reduktionsgas zum Teil in der Corex- oder Finex-
20 Anlage und zum größten Teil in einer zweiten Reduktionseinrichtung, insbesondere einer DRI-Reduktionseinrichtung, zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet.

25 Neben Nutzung der gesamten Überschusswärme des Corex- oder Finex-Prozesses, die beträchtlich ist und die bei im Betrieb befindlichen Anlagen verschwendet wird, und dem größten Teil der Abwärme des Top- und des Überschussgases, bringt das erfindungsgemäße Hybridverfahren enorme
30 prozesstechnische Vorteile mit sich und reduziert wesentlich die Herstellungskosten von Roheisen und

Eisenschwamm und den Ausstoß von Kohlendioxid pro Tonne
Roheisen bzw. Eisenschwamm. Außerdem handelt es sich auch
um ein sehr einfaches Verfahren zur Aufbereitung von
Kokereigas zu Reduktionsgas, das zur
5 Eisenschwammherstellung verwendet werden kann. Dabei werden
die toxischen Bestandteile des Kokereigases zu Kohlenmonoxid
und Wasserstoff zerlegt, die bei anderen Verfahren entsorgt
werden müssen. Weiterhin wird fast die gesamte chemische
Energie, die durch Kohle in eine Kokerei- und in die Corex-
10 oder Finex-Anlage eingebracht wird, zur Herstellung von
Roheisen und Eisenschwamm bzw. Stahl ausgenutzt.

Das Topgas aus der Corex- oder Finex-Reduktionseinrichtung
wird vorzugsweise nach Abgabe der Abwärme im Wärmetauscher,
15 nach Waschen, Kühlen und Verdichten einer PSA-Anlage
zugeführt, in der Kohlendioxid ausgeschieden wird. Bei der
PSA-Anlage handelt es sich um eine Anlage, die die
Eigenschaft hat, kleinere Moleküle, wie H_2 , N_2 , CO ,
durchzulassen und größere und schwerere Moleküle, wie CO_2 ,
20 H_2S , zurückzuhalten. PSA bedeutet Pressure Swing
Adsorption. Bekanntlich wird der Stickstoff in der
vorgesehenen PSA-Anlage nicht ausgeschieden. Da sein Anteil
aus prozesstechnischen Gründen im Reduktionsgas für die
DRI-Reduktionseinrichtung unter 10 % liegen soll, führt die
25 Reduzierung seines Anteiles im Top- und Überschussgas der
Corex- oder Finex-Anlage zu einem höheren Nutzungsgrad
dieser Gase und zur Produktion einer größeren
Eisenschwammmenge. Das Produktgas aus der PSA-Anlage, dem
Überschussgas zugegeben wird, wird in einem Wärmetauscher
30 und anschließend in einem direkten Gaserhitzer auf die
erforderliche Temperatur gebracht bevor es der DRI-

Reduktionseinrichtung zugeführt wird. Um Wärmetauscher vor
der "Pitting Korrosion" zu schützen wird dem CO reichen
Produktgas eine begrenzte Menge des Wasserdampfes zugeführt
um das Gas auf höhere Temperaturen im Wärmetauscher
5 erhitzen zu können.

Bei erfindungsgemäßen Verfahren wird dem kohlenmonoxid- und
wasserstoffhaltigen Gas, anstelle des Wasserdampfes, das im
Überschussgaswärmetauscher abgekühlte und in einer
10 Gaswäsche gewaschene Überschussgas mit einer erhöhten
Temperatur, damit auch mit einem höheren Wasserdampfgehalt,
zugeführt.

Dadurch erübrigt sich eine Dampferzeugungsanlage sowie die
15 Verdichtung des Überschussgases, da sein Druck ausreichend
ist für den Einsatz in der DRI-Anlage. Außerdem wird die
PSA-Anlage kleiner und billiger und der Stromverbrauch für
die Verdichtung des Gases für die PSA-Anlage geringer. Das
Überschussgas kann dem Produktgas aus der PSA-Anlage
20 zugeführt werden, da sein Kohlendioxidgehalt relativ gering
ist, und braucht nicht in der PSA-Anlage ausgeschieden zu
werden. Die Begrenzung der Überschussgasmenge, die dem
kohlenmonoxid- und wasserstoffhaltigen Produktgas zugeführt
wird, richtet sich jedoch nach dem Schwefelwasserstoff-
25 bzw. Schwefelgehalt des produzierten Eisenschwammes. Bei zu
hohen Werten wird ein Teil des Überschussgases über PSA-
Anlage gefahren in der H_2S ausgeschieden wird.

Erfindungsgemäß ist ferner vorgesehen, die Abwärme des
30 Topgases aus dem DRI-Reduktionsschacht zur Erhitzung vom
kohlenmonoxid- und wasserstoffhaltigen Gas aus der PSA-

Anlage und des Überschussgases aus der Gaswäsche auszunutzen, wozu in der Topgasleitung ein Topgaswärmetauscher installiert wird. Dadurch reduziert sich der Bedarf an Brenngas für den zweiten Wärmetauscher. 5 Außerdem wird der zweite Wärmetauscher, der wegen „Pitting-Korrosion“ aus speziellem Stahl gefertigt wird, kleiner und billiger.

Ferner ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Menge des 10 Kokereigases, die dem Vergasergas und verschiedenen Aggregaten der Corex- oder Finex-Anlage zugeführt wird, sowie die Temperatur des Reduktionsgases für die Reduktionseinrichtungen in Abhängigkeit vom Methangehalt des Topgases aus der DRI-Reduktionseinrichtung eingestellt 15 wird.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, die Menge des Kokereigases, die der Corex- oder Finex-Anlage zugeführt und zum 20 Reduktionsgas verarbeitet wird, durch den Methangehalt des Topgases aus der DRI-Reduktionseinrichtung auf etwa 2% zu begrenzen, um die Verluste niedrig zu halten. Dabei ist eine höhere Temperatur des Reduktionsgases anzustreben, da sie zu einem niedrigeren Methangehalt des Topgases führt. 25 Außerdem wird die Reduktionseinrichtung der Corex- oder Finex-Anlage mit einer spezifisch hohen Reduktionsgasmenge betrieben, um die Überschussgasmenge zu minimieren. Diese Vorgehensweise ist anzustreben, da Methan durch einen relativ hohen Anteil von Kohlendioxid und Wasserdampf in der Reduktionseinrichtung, die durch Reduktion der 30 Eisenoxide gebildet werden, und durch Anwesenheit des katalytisch wirkenden Eisenschwammes, viel stärker in der

Corex- oder Finex-Reduktionseinrichtung zerlegt wird als
durch Vermischung mit Vergaser- und anderen Gasen in
anderen Aggregaten der Corex- oder Finex-Anlage. Dadurch
ist der Methangehalt des Topgases viel niedriger als der
5 des Überschussgases. Durch Betrieb dieser
Reduktionseinrichtung mit einer hohen spezifischen
Reduktionsgasmenge wird die Überschussgasmenge geringer und
dadurch die, der DRI-Anlage zugeführte Metharmenge. Die
spezifisch hohe Reduktionsgasmenge und die daraus
10 resultierende hohe Metallisierung des Eisenschwammes aus
der Reduktionseinrichtung bringt zusätzliche
prozesstechnische Vorteile beim Betrieb der Corex- oder
Finex-Anlage, wie beispielsweise einen niedrigeren
Koksanteil in der Kohlemischung und weniger Schwefel im
15 Roheisen.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Anlage zur
Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens, die
als Corex- oder Finex-Anlage ausgebildet ist und einen
20 Schmelzvergaser und eine oberhalb oder neben dem
Schmelzvergaser angeordnete Reduktionseinrichtung aufweist,
wobei sie Einrichtungen zur Aufbereitung und Verwendung von
Kokereigas als Reduktionsgas im Betrieb der Corex- oder
Finex-Anlage besitzt.

25 Die erfindungsgemäß ausgebildete Anlage besitzt einen
Schmelzvergaser, dem über ein Beschickungssystem
Kohlenstoffträger und über eine Leitung Oxidationsmittel
zugeführt werden. Oberhalb oder neben dem Schmelzvergaser
30 ist eine Reduktionseinrichtung installiert, dem Eisenträger
und Zuschläge zugeführt werden. Der produzierte

Eisenschwamm mit Zuschlägen wird durch Austragsschnecken dem Schmelzvergaser zugeführt und mit Asche und Zuschlägen eingeschmolzen. Das geschmolzene Roheisen und die Schlacke werden am unteren Ende des Schmelzvergasers periodisch
5 abgestochen.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird die Corex- oder Finex-Anlage mit einer

10 DRI-Reduktionseinrichtung, zur Herstellung von Eisenschwamm betrieben. In einer solchen DRI(Direct Reduced Iron)-Anlage wird Eisenschwamm hergestellt, wobei in diesem Prozess bei erhöhten Temperaturen H₂ und CO direkt mit Eisenoxiden reagieren,
15 ohne Eisenerz oder Pellets zu schmelzen.

Speziell weist die Anlage Einrichtungen zur Erhitzung des Kokereigases durch die Überschusswärme/Abwärme des Vergasergases, Reduktionsgases, Topgases und/oder
20 Überschussgases der Corex- oder Finex- und der DRI-Anlage auf.

Ferner umfasst sie insbesondere Einrichtungen zur Vermischung des Kokereigases mit Vergasergas.

25 Speziell ist vorgesehen, dass das im Top- und Reduktionsgaswärmetauscher erhitzte Kokereigas dem Vergasergas und verschiedenen Aggregaten der Corex- oder Finex-Anlage zugeführt wird, durch Vermischung mit heißeren
30 Gasen und im Kontakt mit heißeren Feststoffpartikeln auf hohe Temperaturen erhitzt wird und durch Reaktionen mit

Kohlendioxid und Wasserdampf, höheren Kohlenwasserstoffen und zum größten Teil Methan zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff zersetzt wird.

8 Die Zugabe des Kokereigases zum Vergasergas und zu
verschiedenen Aggregaten der Corex- oder Finex-Anlage ist
vorzugsweise so konzipiert, dass die Überschuss- und
Abwärme der Corex- oder Finex-Anlage zur Erhitzung des
Kokereigases und zur Zersetzung von Methan optimal
10 ausgenutzt wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines
Ausführungsbeispiels in Verbindung mit zwei Zeichnungen im
Einzelnen erläutert. Die Figur 1 zeigt in schematischer
15 Darstellung den Aufbau einer Corex- und die Figur 1a einer
Finex-Anlage. Es handelt sich eigentlich um das gleiche
Verfahren. Die einzigen Unterschiede zwischen diesen
Verfahren sind die Partikelgröße der Eisenoxide die in
beiden Reduktionseinrichtungen 4 eingesetzt werden und die
20 Type der Reduktionseinrichtung 4. Bei der Corex-Anlage wird
als Rohmaterial das stückige Erz, Pallet oder deren
Mischung und bei der Finex-Anlage das Feinerz als
Rohmaterial eingesetzt. Bei der Corex-Anlage handelt es
sich bei der Reduktionseinrichtung 4 um einen
25 Reduktionsschacht, aus dem am unteren Ende der Eisenschwamm
von Austragsschnecken 5 ausgelesen und dem Schmelzvergaser
1 zugegeben wird und bei der Finex-Anlage um zwei in Serie
geschaltete und übereinander angeordnete
Wirbelschichtreaktoren 4 und einen Zwischenbehälter 4a, aus
30 dem der Eisenschwamm von einer Austragsschnecke 5
ausgetragen und dem Schmelzvergaser 1 zugegeben wird.

Das Kokereigas wird der Corex- oder Finex-Anlage über eine Leitung 18, mit einem etwa 1 bar höheren Druck als der Anlagendruck zugeführt und über mehrere Leitungen und Aggregate der Corex- oder Finex-Anlage zugegeben.

Das verdichtete Gas wird über eine Leitung 19 und über einen Topgaswärmetauscher 20, in dem es durch Abwärme des Topgases aus einer Reduktionseinrichtung 4 erhitzt wird, und über einen Reduktionswärmetauscher 22 verschiedenen Aggregaten oder über eine Leitung 25 dem Vergasergas zugeführt. Die Menge des Kokereigases, die dem Vergasergas zugegeben wird, wird so eingestellt, dass das Vergasergas unter 900 °C abgekühlt wird, bevor es einem Heißgaszyklon 9 zugeführt und entstaubt wird. Dem Vergasergas wird auch kaltes Kokereigas über eine Leitung 34 zugegeben, falls die Temperatur des Reduktionsgases vor dem Heißgaszyklon zu hoch ist. Der abgeschiedene heiße Staub wird durch das von einem Verdichter 28 auf etwa 6 bar verdichtete und über eine Leitung 29 zugeführte Kokereigas zu einem Staubbrenner 11 pneumatisch gefördert und durch Sauerstoff vergast. Die Nutzung von Kokereigas statt Stickstoff bringt den Vorteil, dass der Stickstoffgehalt in allen Gasen der Corex- oder Finex- und der DRI-Anlage wesentlich reduziert und der Stickstoffverbrauch geringer wird. Außerdem wird die fühlbare Wärme des heißen Staubes zur Aufheizung und Aufbereitung einer Teilmenge des Kokereigases ausgenutzt. Das in einem Reduktionsgaswärmetauscher 22 durch restliche Überschusswärme des Vergasergases erhitzte Kokereigas wird über eine Leitung 23 dem Reduktionsgas, über eine Leitung 24 und Fallrohre dem Dombereich des Schmelzvergasers 1 und

dem unteren Bereich des Reduktionsschachtes 4 bzw. des Zwischenbehälters 4a, oder über eine Leitung 25 dem Vergasergas zugegeben. Die Zugabe des erhitzten Kokereigases zum unteren Bereich der Reduktionsschachtes 4
5 bzw. des Zwischenbehälters 4a führt zur Abkühlung und zur einer höheren Aufkohlung und des Eisenschwammes, wodurch die Agglomeratbildung und Ausfälle der Austragsschnecken 5 durch Agglomerate reduziert wird. Das über eine Leitung 26 dem Überschussgaswärmetauscher 27 zugeführte und durch
10 Abwärme des Überschussgases erhitzte Kokereigas wird vor dem Eintritt in die Reduktionseinrichtung 4, dem Reduktionsgas zugegeben, um seine Temperatur einzustellen. Das nach dem Reduktionswärmetauscher 22 abgezweigte Reduktionsgas mit einem relativ niedrigen Methangehalt wird
15 im Überschussgaswärmetauscher 27 abgekühlt, in einer Gaswäsche 7 durch Wasser mit einer höheren Temperatur gewaschen, dadurch mit einem höheren Wasserdampfgehalt über eine Leitung 30 dem Kohlenmonoxid-, wasserstoffhaltigen Produktgas aus der PSA-Anlage 13 zugeführt, um den zweiten
20 Wärmetauscher 14 vor „Pitting-Korrosion“ zu schützen. Das Mischgas wird im Topgaswärmetauscher 31 und anschließend im zweiten Wärmetauscher 14 auf etwa 400 °C vorerhitzt. Bei Erhitzung auf eine höhere Temperatur als 400 °C kommt es zur „Pitting-Korrosion“ durch Kohlenmonoxid. Das im
25 Wärmetauschern 31 und 14 vorerhitzte Reduktionsgas wird im Gaserhitzer 15 durch Zugabe von Sauerstoff durch eine Leitung 32 und Teilverbrennung auf die erforderliche Temperatur erhitzt, dem Reduktionsschacht 16 zugeführt und zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet. Der
30 Eisenschwamm wird am unteren Ende des Reduktionsschachtes 16 ausgetragen.

Durch Überschuss- und Abwärme einer Corex- oder Finex-Anlage wird im Topgas- und im Reduktionsgaswärmetauscher 20 und 22 vorerhitzte und dem Domebereich des Vergasers 1 und dem Vergasergas zugeführte Kokereigas sowie dem
5 Staubbrenner 11 zugeführte kalte Kokereigas auf eine hohe Temperatur erhitzt. Dabei werden Methan und höhere Kohlenwasserstoffe durch Kohlendioxid und Wasserdampf zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff so weit zerlegt, dass das
10 hinter dem Reduktionsgaswärmetauscher 22 abgezweigte Reduktionsgas bzw. Überschussgas in der DRI-Anlage ohne weitere Zerlegung von Methan und höheren Kohlenwasserstoffen zur Eisenschwammherstellung verwendet werden kann. Das im Reduktionsgas nach dem
15 Reduktionsgaswärmetauscher 22 noch vorhandene und das, über den Reduktions- und Überschussgaswärmetauscher 22, 27 mit dem Kokereigas zugeführte Methan wird in der Reduktionseinrichtung 4, durch die, durch Reduktion der Eisenoxide gebildeten Kohlendioxid und Wasserdampf unter
20 katalytischer Wirkung des frisch reduzierten Eisenschwammes zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff zerlegt. Dieses zusätzliche Reduktionsgas wird nur zum Teil zur Reduktion der Eisenoxide in der Reduktionseinrichtung 4 der Corex- oder Finex-Anlage ausgenutzt, und die unverbrauchten
25 Kohlenmonoxid und Wasserstoff werden über Topgas und PSA-Anlage der DRI-Anlage zugeführt und zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet.
Die Zuführung des Kokereigases mit einem etwa 1 bar höheren Druck als der Druck der Corex- oder Finex-Anlage, erfolgt
30 über eine Leitung 18. Die Hauptmenge des Kokereigases wird über Leitungen 19 und 26 dem Topgas und dem

Überschussgaswärmetauscher 20, 27 zugeführt. Das im
Toppgaswärmetauscher 20 vorerhitzte Kokereigas wird dem
Reduktionsgaswärmetauscher 22 oder über eine Leitung 21 dem
Vergasergas zugeführt. Im Reduktionsgaswärmetauscher 22
5 wird das vorerhitzte Kokereigas weiter erhitzt, bevor es
über mehrere Leitungen der Corex- oder Finex-Anlage
zugeführt wird. Das im Überschussgaswärmetauscher 27
erhitzte Kokereigas wird dem Reduktionsgas zugegeben und in
die Reduktionseinrichtung eingeleitet und nach Reduktion
10 der Eisenoxide als Toppgas herausgeleitet, im
Toppgaswärmetauscher 20 abgekühlt, in der Gaswäsche 14
gewaschen, vom Verdichter 12 verdichtet und der PSA-Anlage
zugeführt.

15 Durch Zuführung des erhitzten Kokereigases über Leitungen
21 oder 25 zur Abkühlung des Vergasergases unter 900 °C
entfällt der energieverwendende Kühlgaskreislauf mit
wartungsanfälligen Drehkolbengebläsen 8.

20 Im Falle, dass die Temperatur des Reduktionsgases vor dem
Eintritt in den Heißgaszyklon 8 auf etwa 900 °C ansteigt,
wird dem Vergasergas kaltes Kokereigas über eine Leitung 34
zugeführt. Während des normalen Betriebes erfolgt die
Einstellung der Temperatur des Reduktionsgases vor dem
25 Heißgaszyklon 9 und vor der Reduktionseinrichtung 4 durch
Einstellung von einzelnen Mengen des Kokereigases, die über
Wärmetauscher 20, 22 27 oder kalt der Corex- oder Finex-
Anlage zugeführt werden.

30 Die pneumatische Förderung des heißen, im Heißgaszyklon 9
abgeschiedenen Staubes zum Staubbrenner 11 erfolgt durch

kaltes, von einem Verdichter 28 auf 6 bar verdichtetes und über eine Leitung 29 der Staubrückführung zugeführtes Kokereigas. Außerdem ist auch vorgesehen, das kalte, verdichtete Kokereigas als Kühl- oder Spülmedium an mehreren Stellen anstelle von Stickstoff einzusetzen. Daraus ergeben sich mehrere prozesstechnische Vorteile, wie geringere Wärmeverluste, höhere Anlagenleistung und ein geringer Stickstoffverbrauch.

Um die Überschusswärme, die in verschiedenen Bereichen der Corex- oder Finex-Anlage vorhanden ist, oder in den Bereichen, in denen der Stickstoff als Kühlmedium genutzt wird, wird das erhitzte oder kalte Kokereigas diesen Bereichen bzw. Aggregaten zugeführt.

Durch hohe Temperaturen des erhitzten Gases, Anwesenheit von Wasserdampf und Kohlendioxid und katalytische Eigenschaften des Eisenschwammes wird das Kokereigas so aufbereitet, dass es vermischt mit Vergasergas als Reduktionsgas in der Corex- oder Finex- und in der DRI-Reduktionseinrichtung 4 und 16 verwendet wird.

Die Einstellung eines optimalen Methangehaltes des Topgases aus dem DRI-Reduktionsschacht 16 erfolgt durch Einstellung der einzelnen Mengen des Kokereigases, die dem Vergasergas und den einzelnen Aggregaten der Corex- oder Finex-Anlage zugeführt werden, sowie durch Einstellung der Temperatur des Reduktionsgases für die Reduktionsschächte 4, 16. Der Methangehalt des Topgases aus dem DRI-Reduktionsschacht 16 sollte unter 2 Vol.-% liegen. Ein höherer Anteil führt zu größeren Verlusten dieses wertvollen Gases, das mit dem

Teilstrom des Topgases für Heizzwecke abgezweigt wird, um den Stickstoffanteil im Reduktionsgas auf etwa 10 Vol.-% zu begrenzen. Da mehr Methan bei höheren Temperaturen zerlegt wird, ist es vorteilhaft, die Temperatur des
5 Reduktionsgases für beide Reduktionseinrichtungen 4 und 16 höher einzustellen.

Da der Methangehalt des Überschussgases höher als der des Topgases aus der Reduktionseinrichtung 4 liegt, wird eine
10 hohe spezifische Reduktionsgasmenge für die Reduktionseinrichtung 4 eingestellt, damit mehr Kokereigas in der Corex- oder Finex-Anlage eingesetzt, mehr Reduktionsgas aufbereitet und mehr Eisenschwamm hergestellt wird.

15 Zur Herstellung von Eisenschwamm in der DRI-Reduktionseinrichtung 16 wird bei laufenden Anlagen das Produktgas aus der PSA-Anlage 13 als Reduktionsgas verwendet. Da das Gas sehr reich an CO ist und bei Erhitzung im Wärmetauscher 14 zur "Pitting Korrosion" führt, wird dem Gas vor dem
20 Wärmetauscher 14 eine begrenzte Menge des Wasserdampfes zugeführt um das Gas, ohne Schäden am Wärmetauscher 14, auf etwa 400 °C zu erhitzen.

25 Anstelle des Wasserdampfes wird dem kohlenmonoxid- und wasserstoffhaltigen aus der PSA-Anlage 13 eine Teilmenge oder die Gesamtmenge des Überschussgases aus der Gaswäsche 7 mit einer erhöhten Temperatur, damit auch mit einem höheren Wasserdampfgehalt, zugeführt. Ein höherer
30 Wasserdampfgehalt des Überschussgases wird durch Einstellung einer höheren Vorlaufwassertemperatur für die

Gaswäsche 7 erreicht. Dadurch erübrigt sich eine Dampferzeugungsanlage sowie die Verdichtung des Überschussgases, da sein Druck ausreichend ist für den Einsatz in der DRI-Anlage. Außerdem wird die PSA-Anlage 13
5 kleiner und billiger und der Stromverbrauch für die Verdichtung des Gases für die PSA-Anlage geringer. Das Überschussgas kann dem Produktgas aus der PSA-Anlage zugeführt werden, da sein Kohlendioxidgehalt relativ gering ist, und braucht nicht in der PSA-Anlage ausgeschieden zu
10 werden. Die Begrenzung der Überschussgasmenge, die dem kohlenmonoxid- und wasserstoffhaltigen Produktgas zugeführt wird, richtet sich jedoch nach dem Schwefelwasserstoff des Mischgases bzw. Schwefelgehalt des produzierten Eisenschwammes.

15

Zur Nutzung der Abwärme des Topgases aus der DRI-Reduktionsschacht 16 wird in die Topgasleitung ein Topgaswärmetauscher 31 eingebaut. In ihm wird neben dem Produktgas aus der PSA 13 auch das, in einer Gaswäsche 7
20 gewaschene Überschussgas, über Leitung 30 zugeführt, um die Abwärme des Topgases besser ausnutzen und weniger Brenngas für die weitere Aufheizung des Produktgases im Wärmetauscher 14 zu verbrauchen.

25 Das Produktgas wird in einen Gaserhitzer 15 durch Sauerstoffzugabe und Teilverbrennung von im Gas vorhandenen Wasserstoff und Kohlenmonoxid, auf die erforderliche Temperatur erhitzt, in den DRI-Reduktionseinrichtung 16 eingeleitet und zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet,
30 der am unteren Ende der Reduktionseinrichtung 16 ausgetragen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer eine Reduktionseinrichtung (4) und einen Schmelzvergaser (1) aufweisenden Corex- oder Finex-Anlage zur Herstellung von Eisenschwamm und von Roheisen, indem Kohle mit Sauerstoff vergast wird, das heiße Vergasergas durch eine Teilmenge des Vergasergases, das nach einem Heißgaszyklon (9) abgezweigt, gewaschen und verdichtet, dem heißen Vergasergas als Kühlgas zugeführt wird, das abgekühlte Gas, im Heißgaszyklon entstaubt und als Reduktionsgas in eine Reduktionsgaseinrichtung eingeleitet und zur Vorreduktion von Eisenoxid verwendet wird, der in der Reduktionseinrichtung hergestellte Eisenschwamm dem Vergaser zugeführt, eingeschmolzen und das Roheisen periodisch abgestochen wird, eine kleine Menge des gewaschenen Vergasergases für die Regelung des Anlagendruckes verwendet und mit gewaschenem Topgas aus der Reduktionseinrichtung, abgeführt, verdichtet, das Mischgas in einer PSA-Anlage von Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff getrennt, erhitzt und als Reduktionsgas in einer Reduktionseinrichtung der DRI-Anlage, zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet wird, wobei der Corex- oder Finex-Anlage, Kokereigas zugeführt, aufbereitet und als Reduktionsgas im Betrieb der Corex- oder Finex-Anlage verwendet wird, wobei Abwärme verschiedener Gase zum Vorheizen des Kokereigases ausgenutzt wird, wobei das Kühlgas durch vorgeheiztes Kokereigas ersetzt wird, wobei der zu Förder-, Kühl- und Spülzwecken verwendete Stickstoff durch kaltes Kokereigas ersetzt wird, wobei eine Teilmenge des Reduktionsgases abgezweigt, als Überschussgas einer DRI-Anlage zugeführt und zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Abwärme des zu Kühlzwecken abgezweigten Vergasergases, Topgases, ggf. Reduktionsgases der Corex- oder Finex-Anlage zum Vorheizen des Kokereigases ausgenutzt wird.
3. Verfahren nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlgas durch vorgeheiztes Kokereigas ersetzt, durch Überschusswärme des Vergasergases weiter aufgeheizt, Methan und höhere Kohlenwasserstoffen, zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff, durch im Vergasergas vorhandenes Kohlendioxid und Wasserdampf zerlegt werden, das aufbereitete Kokereigas in Mischung mit konditioniertem Vergasergas als Reduktionsgas, der Reduktionseinrichtung der Corex- oder Finex-Anlage zugeführt und für die Vorreduktion von Eisenoxid verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zu Förder-, Kühl- und Spülzwecken verwendete Stickstoff durch kaltes Kokereigas ersetzt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kokereigas auf eine so hohe Temperatur erhitzt wird, dass Methan, höhere Kohlenwasserstoffe und toxische Bestandteile in der Corex- oder Finex-Anlage, insbesondere in der Reduktionseinrichtung, durch Kohlendioxid und Wasserdampf, unter katalytischer Wirkung des frisch reduzierten Eisenschwammes, zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff zersetzt und zur Vorreduktion von Eisenoxid verwendet werden.
6. Verfahren nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass das aus dem Kokereigas erzeugte Reduktionsgas zum größten Teil in der Corex- oder Finex-Anlage und zum Teil in einer zweiten Reduktionseinrichtung, insbesondere einer DRI-Reduktionseinrichtung, zur Herstellung von Eisenschwamm verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des Kokereigases, die dem Vergasergas und verschiedenen Aggregaten der Corex- oder Finex-Anlage zugeführt wird, sowie die Temperatur des Reduktionsgases für die Reduktionseinrichtungen in Abhängigkeit vom Methangehalt des Topgases aus der DRI-Reduktionseinrichtung eingestellt wird.
8. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, die als Corex- oder Finex-Anlage ausgebildet ist, und einen Schmelzvergaser (1) und eine oberhalb des Schmelzvergasers oder neben dem Schmelzvergaser (1) angeordnete Reduktionseinrichtung (4) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass sie Einrichtungen zur Aufbereitung und Verwendung von aufbereitetem Kokereigas als Reduktionsgas im Betrieb der Corex- oder Finex-Anlage besitzt.
9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Corex- oder Finex-Anlage mit einer zweiten Reduktionseinrichtung, insbesondere einer DRI-Reduktionseinrichtung (16), zur Herstellung von Eisenschwamm und mit separater Leitung für Überschussgas versehen ist.
10. Anlage nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie Einrichtungen zur Erhitzung des Kokereigases durch die Überschusswärme/Abwärme des Vergasergases, Reduktionsgases, Topgases und/oder Überschussgases der Corex- oder Finex-Anlage aufweist.

11. Anlage nach Anspruch 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie Einrichtungen zur Vermischung des Kokereigases mit Vergasergas umfasst.

Fig. 1

DRI-Anlage

Corex-Anlage

