



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **228 830 A1**

4(51) C 21 B 13/00

**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

---

(21) WP C 21 B / 266 459 4 (22) 21.08.84 (44) 23.10.85

---

(71) Institut für Energetik/ZRE Leipzig, 8030 Dresden, Washingtonstraße 40, DD  
(72) Wolf, Bodo, Dr.-Ing.; Möller, Burkhard, Dr.-Ing.; Kabermann, Gerhard, Dipl.-Ing., DD

---

**(54) Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm**

---

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm aus feinkörnigen Eisenerzen durch Reduktionsgas, das aus festen, flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoffen, vorzugsweise Braunkohlenkoks der Körnung 0 bis 5 mm, durch Vergasung mit vorgewärmter Luft und/oder Sauerstoff im Beisein von Wüstit erzeugt wird. Durch eine gegenläufige, mehrstufige Prozeßführung wird eine vollständige Ausnutzung des Primärbrennstoffes im Eisen-Reduktionsprozeß gesichert. Das Verfahren kann in der Metallurgie zur Erzeugung von Eisenschwamm, der zu Stahl, Roheisen und Eisenpulver weiterverarbeitet werden soll, angewendet werden.

## Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm aus Eisenerz, vorzugsweise Konzentrat der Körnung 0 bis 1 mm, der in bekannten thermisch oder elektrisch beheizten Konverter- oder Schmelzofenanlagen zu hochwertigem Stahl oder Gußeisen oder in Anlagen der Pulvermetallurgie weiter verarbeitet werden kann.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Produktionsketten Eisenerzvorbereitung, Hochofen und Stahlerzeugung haben auch heute noch einen bedeutenden Anteil bei der Stahl- und Gußeisenerzeugung aus Eisenerz. Dabei erfordert der Hochofenprozeß hochwertige, insbesondere stückige und temperaturbeständige Einsatzstoffe. Besondere Anforderungen werden an den Hochofenkoks gestellt. Dieser muß die Gasdurchlässigkeit des Hochofenmöllers von der Beschickung bis zur Schmelzzone, den Stoffaustausch der Eisenerzreduktion sowie die Prozeßenergie der Schmelz-, Reduktions- und Vorwärmstufen des Hochofens sichern. Prozeßanalysen über den Hochofen zeigen, daß der größte Teil der mit dem Koks eingebrachten chemisch gebundenen Energie im Hochofen selbst nicht genutzt wird. Die mit dem Gichtgas aus dem Hochofen ausgetragene Energie muß deshalb mit Hilfe entsprechender Nebenanlagen für den Hochofenprozeß oder für andere energetische Prozesse nutzbar gemacht werden. In den letzten Jahrzehnten hat es eine Vielzahl von Maß-

nahmen gegeben, die den teuren Hochofenkoks wenigstens teilweise durch Einblasen von Reduktionsgas, Erdgas, Heizöl oder Brennstaub in den Hochofen ersetzen, ohne den eigentlichen Prozeßablauf des Hochofens entscheidend zu ändern.

Mit der Entwicklung von Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm und dessen Weiterverarbeitung zu Eisenpulver, Gußeisen und Stahl wurden Wege gefunden zur Verhüttung von Eisenerz, die den anspruchsvollen und teuren Hochofenprozeß nicht mehr erfordern. Eisenschwamm wird erzeugt, indem Eisenerz, vorzugsweise Konzentrat, durch wasserstoff- und kohlenmonoxidreiches Gas aus fossilen Brennstoffen zu Eisen reduziert wird. Ruprecht hat in seiner Dissertationsschrift "Reduktion von Eisenerz durch Methan in der Wirbelschicht", TU Hannover 1970, nachgewiesen, daß auch beim Einsatz von Methan nur die Vergasungs- und Zerfallsprodukte Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Kohlenstoff Eisenerz reduzieren. Die deshalb erforderliche Umwandlung der festen, flüssigen oder gasförmigen natürlichen organischen Brennstoffe in Reduktionsgas erfolgt beim Stand der Technik wie in DE-OS 21 64 253 und DE-AS 26 55 813 beschrieben, in separaten Vergasungsanlagen, gegebenenfalls mit zwischengeschalteter Wasserdampf- und Kohlendioxidentfernung, oder wie in DE-AS 21 32 150 beschrieben, beim Einschmelzen des Eisenschwammes. Diese Verfahren setzen die Anforderungen an die Qualität der zur Verhüttung erforderlichen Brennstoffe, Eisenerze und Zuschläge deutlich herab. Ihr Energieverbrauch entspricht jedoch bei weitem noch nicht dem aus den in "Möglichkeiten zur Erzeugung wasserstoffreicher Gase mit Hilfe des Eisen-Wasserdampf-Prozesses" (Energietechnik 28. Jg., Heft 11 Nov. 1978, S. 407 ff) von Wolf und Köpsel veröffentlichten Forschungsergebnissen ableitbaren Minimum.

#### Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist die Erzeugung von Eisenschwamm, der zur Weiterverarbeitung zu Eisenpulver, Gußeisen oder Stahl geeignet ist, unter Verwendung von für den Hochofenprozeß nicht oder nur teilweise geeigneter Brennstoffe,

insbesondere Braunkohlenkoksgrus, bei gegenüber dem Stand der Technik deutlich geringerem spezifischem Brennstoffverbrauch.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Brennstoff- und Vergasungsmittelzusammensetzung, Druck- und Temperaturniveau des Vergasungsverfahrens beeinflussen die Qualität des Reduktionsgases, die im Zusammenwirken mit dem Druck- und Temperaturniveau des Reduktionsverfahrens und dessen Prozeßführung den spezifischen Brennstoffverbrauch der Eisenschwammproduktion entscheidet.

Ein für die Reduktion von Eisenerz zu Eisenschwamm gut geeignetes Gas ist gekennzeichnet durch ein hohes Verhältnis der Partialdrücke ( $H_2 + CO$ ) zu ( $H_2O + CO_2$ ) und ein Temperaturniveau, bei dem die Eisenerzreduktion optimal abläuft.

Vergasungsverfahren zur Erzeugung von Reduktionsgas aus festen Brennstoffen, die bei niedrigen mittleren Prozeßtemperaturen, wie die Festbett- und Wirbelschichtvergasung, ablaufen, haben den Nachteil, daß durch die Prozeßführung das erzeugte Gas mit Wasserdampf und Kohlendioxid belastet ist. Staubvergasungsverfahren erfordern einen überhöhten Einsatz von Vergasungsluft, da die Vergasungsreaktionen die Erwärmung der Vergasungsendprodukte einschließlich des hohen Stickstoffballastes des Vergasungsmittels auf die Prozeßtemperaturen von 1500 bis 1600 °C sichern muß. Der Einsatz von Sauerstoff als Vergasungsmittel scheidet aus, da seine Bereitstellung energieaufwendig ist.

Diese prozeßbedingten Nachteile werden vermieden, indem erfindungsgemäß die exotherme Vergasung von festen, flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoffen, vorzugsweise Braunkohlenkoksgrus der Körnung 0 bis 5 mm, mit bis auf 1500 °C vorgewärmter Luft und/oder Sauerstoff im Beisein von Wüstit zu einem Reduktionsgas entsprechend einem Molverhältnis ( $H_2 + CO$ ) zu ( $H_2O + CO_2$ ) von 1,1 bis 1,5 zu 1 in einem Wirbelbett bei 700 bis 1000 °C, aus dem in Abhängigkeit von der Brennstoff-, Vergasungsmittel- und Wüstitzufuhr Eisenschwamm und Reduktionsgas abgeführt werden, durchgeführt

wird.

Das Reduktionsgas wird erfindungsgemäß zur Erzeugung von Wüstit aus Eisenerz und zur Eisenerzvorwärmung in einer oder mehreren Prozeßstufen auf bekannte Art verwendet, wobei die erforderlichen Temperaturen der Prozeßstufen durch Zugabe von Luft und/oder Sauerstoff, vorzugsweise im vorgewärmten Zustand, gesichert werden.

#### Ausführungsbeispiel

Das erfindungsgemäße Verfahren wird am Beispiel einer dreistufigen Prozeßführung, die mit Luftvorwärmung arbeitet, beschrieben.

Das Eisenerz wird mit einer Körnung von 0 bis 1 mm in ein erstes Wirbelbett eingetragen und dort mit dem Reduktionsgas aus einem zweiten Wirbelbett unter Zugabe von vorgewärmter Luft gewirbelt und durch die dabei ablaufende vollständige Verbrennung des Reduktionsgases auf 600 bis 1000 °C vorgewärmt. Das aus dieser ersten Wirbelschicht austretende heiße Verbrennungsgas wird zur Luftvorwärmung eingesetzt, während das vorgewärmte Eisenerz dem zweiten Wirbelbett zugeführt und dort durch Reduktionsgas aus einer dritten Wirbelschicht gewirbelt und zu Wüstit reduziert wird.

Durch gleichzeitige Zugabe von vorgewärmter Luft zur Prozeßstufe des zweiten Wirbelbettes wird das erforderliche Temperaturenniveau der Reduktion von Eisenerz zu Wüstit von 600 bis 1000 °C gesichert.

Das in der zweiten Wirbelschicht erzeugte Wüstit wird mit Braunkohlenkoksgrus der Körnung 0 bis 5 mm dem dritten Wirbelbett zugeführt, wo die Mischung mit vorgewärmter Luft gewirbelt, der Brennstoff vergast und das Wüstit zu Eisenschwamm reduziert wird.

Mit den Gasen aus den Wirbelbetten ausgetragenen Stäube können den Wirbelbetten wieder zugeführt werden. Der mit dem Eisenschwamm aus dem dritten Wirbelbett ausgetragene Brennstoff wird nach Abtrennung ebenfalls wieder in diese Prozeßstufe zurückgeführt.

Durch diese stufenweise Prozeßführung und die Nutzung der

Abwärme zur Luftvorwärmung gelingt mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine vollständige Brennstoffausnutzung, die zu einem spezifischen Brennstoffverbrauch führt, die dem Stand der Technik deutlich überlegen ist.

### Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm aus Eisenerz, vorzugsweise Konzentrat der Körnung 0 bis 1 mm zur Weiterverarbeitung in bekannten thermischen oder elektrisch beheizten Konverter- oder Schmelzofenanlagen zu hochwertigem Stahl oder Gußeisen oder in Anlagen der Pulvermetallurgie, dadurch gekennzeichnet, daß die exotherme Vergasung von festen, flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoffen, vorzugsweise Braunkohlenkoksgrus der Körnung 0 bis 5 mm, mit bis auf 1500 °C vorgewärmter Luft und/oder Sauerstoff im Beisein von Wüstit zu einem Reduktionsgas mit einem Molverhältnis ( $H_2 + CO$ ) zu ( $H_2O + CO_2$ ) von 1,1 bis 1,5 zu 1 in einem Wirbelbett bei 700 bis 1000 °C, aus dem in Abhängigkeit von der Brennstoff-, Vergasungsmittel- und Wüstitzufuhr Eisenschwamm und Reduktionsgas abgeführt werden, durchgeführt wird.
2. Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm, dadurch gekennzeichnet, daß das Reduktionsgas aus dem Wirbelbett nach Punkt 1 auf bekannte Art zur Reduktion von Eisenerz zu Wüstit und danach zur Eisenerz- und Luftvorwärmung, bei Sicherung der Prozeßtemperaturen durch stufenweise Luftzugabe bis zur vollständigen Verbrennung des Reduktionsgases, genutzt wird.