



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer :

**0 179 734  
B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
13.12.89

51 Int. Cl.<sup>4</sup> : **C 21 B 13/14**, C 21 B 13/02,  
C 21 B 11/00

21 Anmeldenummer : **85730134.5**

22 Anmeldetag : **30.09.85**

54 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Eisenschwamms bzw. Roheisens.

30 Priorität : **12.10.84 DE 3437913**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**30.04.86 Patentblatt 86/18**

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenter-  
teilung : **13.12.89 Patentblatt 89/50**

84 Benannte Vertragsstaaten :  
**AT BE FR GB IT LU NL SE**

56 Entgegenhaltungen :

**EP--A-- 0 048 008**

**DE--A-- 2 914 541**

**DE--A-- 3 244 744**

**US--A-- 2 321 310**

**US--A-- 4 054 444**

**US--A-- 4 224 057**

**PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, Band 3, Nr. 59 (C-46), 19. Mai 1979, Seite 149 C46; & JP-A-54 35 813 (KOBE SEIKOSHO K.K.) 16-03-1979**

**PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, Band 4, Nr. 186 (C-36)[668], 20. Dezember 1980; & JP-A-55 125 212 (SHIN NIPPON SEITETSU K.K.) 26-09-1980**

73 Patentinhaber : **DEUTSCHE VOEST-ALPINE INDUS-  
TRIEANLAGENBAU GMBH**  
**Neusser Strasse 111**  
**D-4000 Düsseldorf 1 (DE)**

72 Erfinder : **Hauk, Rolf, Dr.**  
**Friedrichstrasse 45**  
**D-1000 Düsseldorf (DE)**

74 Vertreter : **Pfenning, Meinig & Partner**  
**Mozartstrasse 17**  
**D-8000 München 2 (DE)**

**EP 0 179 734 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Eisenschwamm und/oder flüssigem Roheisen aus Eisenerz, bei dem das stückige Eisenerz in einem Reduktionsschachtofen mittels eines Reduktionsgases zu Eisenschwamm reduziert und das Reduktionsgas in Höhe der Bustle-Ebene sowie unterhalb der Bustle-Ebene in den Schachtofen eingeleitet wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Ein derartiges Verfahren bzw. eine derartige Vorrichtung ist aus der US-A 4 224 057 bekannt. Die Herstellung von Eisenschwamm durch Reduzieren und Aufkohlen von in einem Schachtofen befindlichem Eisenerz mittels Reduktionsgas, erfolgt dort so, daß frisches, aus Wasserdampf und Erdgas hergestelltes Reduktionsgas, oder Koksofergas sowohl in den mittleren Bereich als auch in den unteren Bereich des vertikalen Schachtofens eingeleitet wird. Das in den Schachtofen eingeleitete Reduktionsgas besteht jeweils aus einem Anteil von durch Leitungen zugeführtem frischem Reduktionsgas und aus einem Anteil von im Kreislauf zurückgeführtem Schachtofen-Abgas. Das in der Mitte zugeleitete Gas ist auf eine Temperatur in der Größenordnung von 850 bis 950 °C erwärmt und reduziert das Erz im oberen, schmaleren Bereich des Schachtofens, also in der Reduktionszone. Das unten zugeleitete Gas ist nicht aufgeheizt und kühlt und kohlt das reduzierte Erz auf, das sich im unteren Bereich des Schachtofens, d. h., in der Kühl- und Aufkohlungszone befindet.

Der Schachtofen verjüngt sich ausgehend von einem breitenen, mittleren Bereich etwa gleichförmig nach unten und nach oben, wobei sein unterer Bereich eine Höhe hat, die größer ist als sein Durchmesser.

Auch bei einem weiteren bekannten Verfahren (DE-PS 3 034 539) wird in einem Einschmelzvergaser unterhalb des Reduktionsschachtofens heißes Reduktionsgas erzeugt, das jeweils nach Abkühlung über einen mittleren Gaseinlaß und über die mit dem Einschmelzvergaser verbundenen Austrittsöffnungen des Schachtofens in diesen eingeführt wird. Die Einführung über die Austrittsöffnungen ist eine zwangsläufige Folge der direkten Verbindung des unteren Teils des Reduktionsschachtofens mit dem Einschmelzvergaser über Fallrohre zur Überführung des Eisenschwamms in den Einschmelzvergaser ohne die Verwendung von Schleusen oder Absperrorganen. Man ist daher bestrebt, den Anteil der Menge des über die Austrittsöffnungen zugeführten Reduktionsgases im Verhältnis zum Anteil der Menge des über den mittleren Einlaß zugeführten Reduktionsgases durch entsprechende Einstellung der jeweiligen Strömungswiderstände möglichst klein zu machen. Beide Gasströme werden in dem Maße abgekühlt, daß sie bei Eintritt in den Reduktionsschachtofen eine Temperatur im Bereich von 760 °C bis 850 °C besitzen. Bei dem bekannten Verfahren und der hierfür verwendeten Vorrichtung werden keine besonderen Maßnahmen getroffen, um den Kohlenstoffgehalt des erzeugten Eisenschwamms bzw. Roheisens zu erhöhen. Für die verfahrensführungsschmelz-metallurgischer Prozesse ist man jedoch häufig an einem Roheisen mit hohem Kohlenstoffgehalt interessiert. Hierfür ist Voraussetzung, daß bereits das vorreduzierte Eisenerz, das heißt der Eisenschwamm, eine entsprechende Kohlenstoffanreicherung aufweist.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem bzw. der ein besonders kohlenstoffreicher Eisenschwamm erhalten wird.

Diese Aufgabe wird bei dem Verfahren erfindungsgemäß gelöst durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Weiterbildungen dieses Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 11.

Bei der Vorrichtung zur Durchführung des genannten Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die im Kennzeichen des Anspruchs 12 definierten Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen 13 bis 16.

Die Kohlenstoffanlagerung an die innere Oberfläche des Eisenschwamms läuft über die Reaktionen



ab. Die Anlagerung von kohlenstoffhaltigem Staub an die äußere Oberfläche des Eisenschwamms bringt dagegen keine Vorteile, da dieser Staub beispielsweise im nachgeschalteten Einschmelzvergaser wieder abgerieben wird. Die Zementitbildung ist bei höheren Temperaturen begünstigt, doch läuft diese nur in begrenztem Maße ab. Der CO-Zerfall über die Boudouard-Reaktion ist dagegen bei niedrigen Temperaturen begünstigt.

Die Reduktion des Eisenerzes wird bei Temperaturen von ca. 850 °C durchgeführt. Bei diesen Temperaturen kann sich nur wenig Kohlenstoff aus dem Reduktionsgas abscheiden, insbesondere dann, wenn dessen CO<sub>2</sub>-Gehalt über 3 % liegt. Durch das erfindungsgemäße Verfahren findet daher eine zweistufige Prozeßführung statt, bei der zunächst die Reduktion des Eisenerzes bei einer Temperatur von ca. 850 °C durchgeführt wird und anschließend der erzeugte Eisenschwamm bei einer niedrigeren Temperatur, das heißt vorzugsweise im Bereich von 650 °C bis 750 °C aufgekühlt wird.

Die Erfindung wird im folgenden anhand in den Figuren dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen :

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Erzeugung von Roheisen aus Eisenerz mit einem Einschmelzvergaser und

Fig. 2 eine Vorrichtung zur Erzeugung von Eisenschwamm aus Eisenerz mit einem Kohlevergaser.

Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Vorrichtung dient zur direkten Erzeugung von flüssigem  
 5 Roheisen aus stückigem Eisenerz mit einem Reduktionsschachtofen 1 und einem Einschmelzvergaser 2. Das Eisenerz wird über einen Einlaß 3 in den oberen Teil des Schachtofens 1 eingeführt, während das im Schachtofen erzeugte Gichtgas durch einen Auslaß 4 im oberen Teil des Ofens herausgeführt wird. Die Reduktion des zugeführten Eisenerzes erfolgt im wesentlichen oberhalb der Bustle-Ebene 5, in deren Höhe Reduktionsgas mit bekannter Zusammensetzung und mit einer Temperatur von vorzugsweise  
 10 850 °C über ringförmig am Umfang des Reduktionsschachtofens 1 angeordnete Einlässe 6 eingeletet wird.

Der Reduktionsschachtofen 1 und der darunter angeordnete Einschmelzvergaser 2 sind durch Fallrohre 7 miteinander verbunden. Diese Fallrohre 7 münden einerseits in Öffnungen im Boden des Reduktionsschachtofens 1 und andererseits in Öffnungen im oberen Teil des Einschmelzvergasers 2. Sie  
 15 dienen zur Überführung des durch Reduktion des Eisenerzes erzeugten Eisenschwamms vom Schachtofen 1 in den Einschmelzvergaser 2 sowie zur Beförderung des im Einschmelzvergaser 2 erzeugten Reduktionsgases in den unteren Bereich des Schachtofens 1. Hierbei wird das im Einschmelzvergaser 2 eine Temperatur von etwa 1 000 °C aufweisende Reduktionsgas so weit abgekühlt, daß es bei Eintritt in den Reduktionsschachtofen 1 nur noch eine Temperatur von etwa 700 °C aufweist.

20 Die Abkühlung erfolgt durch Zumischung von Kühlgas in entsprechender Menge, das aus einer Sammelleitung 8 über eine Leitung 9 in die Fallrohre 7 eingeletet wird.

Aus dem Einschmelzvergaser 2 wird weiterhin über eine Leitung 10 Reduktionsgas herausgeführt, dem über eine Leitung 11 Kühlgas zugemischt wird, derart, daß das Gas eine Temperatur von etwa 850 °C besitzt. Dieses wird in einem Zyklon 12 von Staubeilchen befreit und dann in der Bustle-Ebene 5 in den  
 25 Reduktionsschachtofen 1 eingeletet. Der im Zyklon 12 anfallende Staub wird über eine Leitung 13 in den Einschmelzvergaser 2 zurückgeführt.

Durch die unterschiedlichen Temperaturen des in verschiedenen Ebenen des Schachtofens 1 eingeleteten Reduktionsgases findet oberhalb der Bustle-Ebene 5 im wesentlichen eine Reduktion und unterhalb dieser Ebene im wesentlichen eine Aufkohlung des Eisenschwamms statt. Da die Kohlenstoffabscheidung jedoch nicht nur von der Reaktionstemperatur, sondern auch von der Menge des durch die  
 30 Fallrohre 7 in den Reduktionsschachtofen 1 einströmenden Reduktionsgases sowie von der Verweildauer des Eisenschwamms in diesem Gasstrom abhängt, kann die Kohlenstoffabscheidung zusätzlich durch eine entsprechende Dimensionierung des unterhalb der Bustle-Ebene gelegenen Teils des Reduktionsschachtofens 1 beeinflußt werden. Eine weitere Möglichkeit der Steuerung der Aufkohlung im unteren  
 35 Bereich des Schachtofens 1 besteht in einer entsprechenden Einstellung der Strömungswiderstände für die beiden Teilströme des Reduktionsgases. Um den Gasfluß durch die Fallrohre 7 möglichst groß zu machen, können der Druckverlust im Zyklon 12 und das Verhältnis aus der Querschnittsfläche des Schachtofens 1 unterhalb der Bustle-Ebene 5 zu dem Abstand zwischen der Bustle-Ebene und den Einlaßöffnungen der Fallrohre 7 im Schachtofen erhöht werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß eine  
 40 Regelung der Teilstrommengen mittels Regelklappen bei den heißen staubhaltigen Gasen nicht möglich ist. Das Verhältnis der Menge des durch die Fallrohre 7 zugeführten Reduktionsgases zur Menge des in der Bustle-Ebene 5 zugeführten Reduktionsgases liegt zwischen 0,1 und 0,5, vorzugsweise bei 0,3. Der Durchgangswiderstand für das in der Bustle-Ebene 5 zuzuführende Reduktionsgas ist so bemessen, daß er einem Druckabfall zwischen 10 und 100 mbar entspricht.

45 Die Verweilzeit des reduzierten Eisens im Bereich zwischen der Bustle-Ebene 5 und den Einlaßöffnungen der Fallrohre 7 im Boden des Reduktionsschachtofens beträgt zwischen 1 bis 4 Stunden, vorzugsweise etwa 3 Stunden. Die große Verweilzeit des Eisenschwamms im aus den Fallrohren 7 aufsteigenden Reduktionsgasstrom wird erreicht durch ein möglichst großes Volumen des Reduktionsschachtofens 1 zwischen der Bustle-Ebene 5 und der Ebene, in der die Fallrohre 7 in den Schachtofen  
 50 münden. Hierbei ist zu beachten, daß, wenn man den Abstand zwischen den beiden genannten Ebenen vergrößert, zwar das Volumen des Schachtofens in diesem Bereich entsprechend vergrößert, jedoch der Strömungswiderstand für das aufsteigende Reduktionsgas erhöht und damit die Gasmenge entsprechend verringert wird. Dieses Problem kann in der Weise gelöst werden, daß man den Schachtofenquerschnitt unterhalb der Bustle-Ebene 5 vergrößert, wodurch bei gleichbleibendem Strömungswiderstand das  
 55 Volumen dieses Bereiches des Schachtofens 1 vergrößert wird. Es ist daher ein möglichst großes Volumen dieses Schachtofenabschnittes bei gleichzeitig möglichst geringem Abstand zwischen der Bustle-Ebene und den unteren Einlässen für das Reduktionsgas anzustreben. Das Verhältnis des Abstandes zwischen der Bustle-Ebene 5 und den Einlaßöffnungen der Fallrohre 7 im Boden des Reduktionsschachtofens zum Durchmesser des Schachtofens in diesem Bereich (H/F) liegt vorzugsweise  
 60 zwischen 0,5 und 1,0. Eine weitere Steuerung der Strömungswiderstände kann durch entsprechende Bemessung der Leitungsquerschnitte und durch einen zusätzlichen Druckverlust der Bustle erfolgen.

In der Vorrichtung nach Fig. 2 sind diejenigen Teile, die denen der Vorrichtung nach Fig. 1 entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Vorrichtungen besteht darin, daß die Vorrichtung nach Fig. 2 anstelle eines Einschmelzvergasers  
 65 einen Kohlevergaser 14 aufweist. Dieser erzeugt in bekannter Weise aus Kohle und Sauerstoff das für den

Reduktionsschachtofen 1 benötigte Reduktionsgas. Da dieses bei Austritt aus dem Kohlevergaser 14 eine Temperatur von etwa 1 500 °C aufweist, wird es zunächst in einem Abitzesystem 15 auf 1 000 °C abgekühlt. Anschließend wird der Reduktionsgasstrom in zwei Teilströme aufgeteilt, wobei der eine Teilstrom über die Leitung 10 nach Abkühlung auf 850 °C durch Vermischen mit über die Leitung 11  
5 zugeführtem Kühlgas und Entstaubung in einer Entstaubvorrichtung 16 in Höhe der Bustle-Ebene 5 und der andere Teilstrom nach Abkühlung auf 700 °C durch Zumischen von über die Leitung 9 zugeführtem Kühlgas im Bodenbereich des Reduktionsschachtofens 1 in diesen eingeführt werden. Die Austragöffnungen für den Eisenschwamm sind hierbei von den Einlaßöffnungen für das Reduktionsgas im Bodenbereich des Schachtofens getrennt. Auch hier weist der Schachtofen 1 im unterhalb der Bustle-Ebene 5  
10 liegenden Bereich einen gegenüber dem des oberen Bereiches vergrößerten Querschnitt auf. Die Aufkohlung des Eisenschwamms wird hier somit in gleicher Weise erreicht wie bei der Vorrichtung nach Fig. 1.

15

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Eisenschwamm und/oder flüssigem Roheisen aus Eisenerz, bei dem das stückige Eisenerz in einem Reduktionsschachtofen mittels eines heißen, durch Vergasen von  
20 Kohle erzeugten Reduktionsgases zu Eisenschwamm reduziert und das Reduktionsgas in Höhe der Bustle-Ebene mit einer Temperatur zwischen 750 °C und 900 °C sowie unterhalb der Bustle-Ebene in den Schachtofen eingeleitet wird, wobei das zur Erhöhung des Kohlenstoffgehalts des Eisenschwamms und/oder des Roheisens die Temperatur des unterhalb der Bustle-Ebene (5) eingeleiteten Reduktionsgases auf einen Wert unterhalb der Temperatur des in Höhe der Bustle-Ebene (5) eingeleiteten  
25 Reduktionsgases im Bereich zwischen 650 °C bis 850 °C eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verweilzeit des reduzierten Eisenerzes im Bereich zwischen der Bustle-Ebene (5) und der Ebene der unterhalb der Bustle-Ebene (5) liegenden Einlässe für das Reduktionsgas zwischen 1 und 4 Stunden gehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß für das Verhältnis der Mengen  
30 des unterhalb der Bustle-Ebene (5) zugeführten Reduktionsgases zur Menge des in der Höhe der Bustle-Ebene (5) zugeführten Reduktionsgases ein Wert zwischen 0,1 bis 0,5 gewählt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das unterhalb der Bustle-Ebene (5) eingeleitete Reduktionsgas im Bodenbereich des Schachtofens (1) zugeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchgangswiderstand für das  
35 Reduktionsgas zu den in der Bustle-Ebene (5) liegenden Einlässen (6) größer als zu den unterhalb der Bustle-Ebene (5) liegenden Einlässen ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Druckabfall zwischen 10 und 100 mbar entsprechender Wert für den Durchgangswiderstand für das Reduktionsgas zu den in der Bustle-Ebene (5) liegenden Einlässen (6) gewählt wird.
- 40 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Reduktionsgas aus einem Vergaser (2 ; 14) nach Zumischung von Kühlgas unterhalb der Bustle-Ebene (5) direkt in den Reduktionsschachtofen (1) eingeleitet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Reduktionsgas aus dem Einschmelzvergaser (2) nach Zumischung von Kühlgas über einen Zyklon (12) in Höhe der  
45 Bustle-Ebene (5) in den Reduktionsschachtofen (1) eingeleitet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur in der Bustle-Ebene auf einen Wert zwischen 850 °C und 1 000 °C eingestellt wird und dem Eisenerz Kalkstein und/oder Dolomit zugemischt wird, welches im Reduktionsschacht oberhalb der Bustle-Ebene entsäuert wird.
- 50 10. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verweilzeit für das Reduktionsgas bei etwa 3 Stunden gehalten wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß für das Verhältnis der Mengen ein Wert von 0,3 gewählt wird.
12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit einem  
55 Eisenerz-Reduktionsschachtofen (1), der im mittleren Bereich in Höhe der Bustle-Ebene (5) sowie unterhalb dieser Ebene (5) Einlässe (6 bzw. 7) für durch Vergasen von Kohle erzeugtes Reduktionsgas aufweist, wobei der Reduktionsschachtofen (1) im Bereich zwischen der Bustle-Ebene (5) und den Einlässen (7) für das Reduktionsgas unterhalb der Bustle-Ebene (5) einen größeren Querschnitt besitzt als oberhalb der Bustle-Ebene (5) und das Verhältnis des Abstandes zwischen der Bustle-Ebene (5) und  
60 der Ebene der unterhalb der Bustle-Ebene liegenden Einlässe (7) für das Reduktionsgas zu dem Durchmesser des Reduktionsschachtofens (1) in diesem Bereich einen Wert zwischen 0,5 und 1,0 aufweist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß Fallrohre (7) zwischen dem Reduktionsschachtofen (1) und einem unterhalb desselben angeordneten Einschmelzvergaser (2) und  
65 eine Leitung (10) vom Einschmelzvergaser (2) zu einem Zyklon (12) für das Reduktionsgas mit einer

Kühlgas zuführenden Sammelleitung (8) zur Einstellung der jeweils gewünschten Temperatur des Reduktionsgases verbunden sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Leitungsweg für das in der Bustle-Ebene (5) zugeführte Reduktionsgas einen einem Druckabfall im Bereich zwischen 10 und 100 mbar entsprechenden Durchgangswiderstand besitzt.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein zur Erzeugung des Reduktionsgases verwendeter Vergaser ein Einschmelzvergaser (2) ist und daß Fallrohre (7) für den Eisenschwamm zwischen dem Reduktionsschachtofen (1) und dem Einschmelzvergaser (2) zur Zuführung des unterhalb der Bustle-Ebene (5) eingeleiteten Reduktionsgases vorgesehen sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Erzeugung des Reduktionsgases verwendete Vergaser ein Kohlevergaser (14) ist.

## 15 Claims

1. Process for making sponge iron and/or molten pig iron from iron ore, wherein the lump iron ore is reduced to sponge iron in a reduction shaft furnace using a hot reduction gas produced by gasifying coal and the reduction gas is introduced into the shaft furnace at the level of the Bustle plane at a temperature between 750 °C and 900 °C and also below the Bustle plane, where to increase the carbon content of the sponge iron and/or pig iron the temperature of the reduction gas introduced below the Bustle plane (5) is adjusted to a value below the temperature of the reduction gas introduced at the level of the Bustle plane (5) within the range between 650 °C and 850 °C.

2. The process according to claim 1, characterised in that the sojourn time of the reduced iron ore in the zone between the Bustle plane (5) and the plane of the inlets for the reduction gas situated below the Bustle plane (5) is maintained at between 1 and 4 hours.

3. The process according to claim 1 or 2, characterised in that a value between 0.1 and 0.5 is selected for the ratio of the quantities of reduction gas supplied below the Bustle plane (5) to the quantity of reduction gas supplied at the level of the Bustle plane (5).

4. The process according to one of claims 1 to 3, characterised in that the reduction gas introduced below the Bustle plane (5) is supplied near the floor of the shaft furnace (1).

5. Process according to claim 3, characterised in that the volume resistance for the reduction gas to the inlets (6) situated in the Bustle plane (5) is greater than to the inlets situated below the Bustle plane (5).

6. Process according to claim 5, characterised in that a value corresponding to a pressure fall of between 10 and 100 mbar is selected for the volume resistance for the reduction gas to the inlets (6) situated in the Bustle plane (5).

7. Process according to one of claims 1 to 6, characterised in that the reduction gas is introduced from a gasifier (2 ; 14) direct into the reduction shaft furnace (1) after the addition of cooling gas below the Bustle plane (5).

8. Process according to one of claims 1 to 7, characterised in that after the addition of cooling gas, the reduction gas from the melt-down gasifier (2) is introduced into the reduction shaft furnace (1) at the level of the Bustle plane (5) via a cyclone (12).

9. Process according to one of claims 1 to 8, characterised in that the temperature in the Bustle plane is adjusted to a value between 850 °C and 1 000 °C and limestone and/or dolomite is added to the iron ore, said limestone and/or dolomite having been deacidified in the reduction shaft above the Bustle plane.

10. Process according to claims 1 and 2, characterised in that the sojourn time for the reduction gas is maintained at around 3 hours.

11. Process according to claims 1 and 3, characterised in that a value of 0.3 is selected for the ratio of the quantities.

12. Apparatus for carrying out the process according to one of claims 1 to 11, comprising an iron ore reduction shaft furnace (1) having inlets (6 and 7 respectively) in the central zone at the level of the Bustle plane (5) and below said plane (5) for reduction gas produced by gasifying coal, the reduction shaft furnace (1) having in the zone between the Bustle plane (5) and the inlets (7) for the reduction gas below the Bustle plane (5) a larger cross-section than above the Bustle plane (5), and the ratio of the distance between the Bustle plane (5) and the plane of the inlets (7) for the reduction gas situated below the Bustle plane to the diameter of the reduction shaft furnace (1) in this zone being between 0.5 and 1.0.

13. Apparatus according to claim 12, characterised in that downpipes (7) are connected between the reduction shaft furnace (1) and a melt-down gasifier (2) arranged therebeneath and a conduit (10) from the melt-down gasifier (2) to a cyclone (12) for the reduction gas together with a cooling gas-feeding collector pipe (8) for adjusting the temperature of the reduction gas as desired.

14. Apparatus according to claim 12 or claim 13, characterised in that the conduit run for the reduction gas supplied at the level of the Bustle plane (5) has a volume resistance corresponding to a pressure drop in the region between 10 and 100 mbar.

15. Apparatus according to any of claims 12 to 14, characterised in that a gasifier used for producing the reduction gas is a melt-down gasifier (2) and that downpipes (7) are provided for the sponge iron

between the reduction shaft furnace (1) and the melt-down gasifier (2) to feed the reduction gas supplied below the Bustle plane.

16. Apparatus according to any of claims 12 to 14, characterised in that a coal gasifier (14) is used as a gasifier for producing the reduction gas.

## Revendications

1. Procédé pour produire du fer en éponge et/ou de la fonte brute liquide à partir du minerai de fer, en traitant le minerai de fer en morceaux dans un four à cuve de réduction pour le réduire en éponge de fer au moyen d'un gaz de réduction chaud obtenu par gazéification d'un charbon, ce gaz de réduction étant introduit dans le four à cuve à la hauteur du plan de l'épaulement du four, à une température comprise entre 750 °C et 900 °C, et étant également introduit dans le four en-dessous du plan de l'épaulement de celui-ci, dans lequel, pour augmenter la teneur en carbone du fer en éponge et/ou de la fonte brute, on règle la température du gaz de réduction introduit en-dessous du plan de l'épaulement (5) du four, à une valeur inférieure à la température du gaz de réduction introduit à la hauteur du plan de l'épaulement (5), dans une plage comprise entre 650 °C et 850 °C.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on règle entre 1 et 4 heures la durée de séjour du minerai de fer réduit dans la zone comprise entre le plan de l'épaulement (5) et le plan situé en-dessous de celui-ci, et où se trouvent les orifices d'entrée du gaz de réduction.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on adopte une valeur comprise entre 0,1 et 0,5 pour le rapport de la somme des débits du gaz de réduction arrivant en-dessous du plan de l'épaulement (5), divisée par le débit du gaz de réduction introduit à la hauteur du plan de l'épaulement (5).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le gaz de réduction qui arrive en-dessous du plan de l'épaulement (5) est introduit dans la zone du fond du four à cuve (1).
5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la résistance offerte à l'écoulement du gaz de réduction introduit par les orifices d'entrée (6) situés dans le plan de l'épaulement (5) est supérieure à la résistance d'écoulement correspondant aux orifices d'entrée situés en-dessous du plan de l'épaulement (5).
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on adopte une valeur comprise entre 10 et 100 millibars pour la chute de pression correspondant à la résistance à l'écoulement du gaz de réduction arrivant par les orifices d'entrée (6) situés dans le plan de l'épaulement (5).
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'on introduit directement dans le four à cuve de réduction (1), en-dessous du plan de l'épaulement (5), le gaz de réduction provenant d'un gazéificateur (2 ; 14) et ensuite mélangé avec un gaz de refroidissement.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'on introduit dans le four de réduction à cuve (1), à la hauteur du plan de l'épaulement (5), le gaz de réduction provenant du gazéificateur de fusion (2), ce gaz ayant auparavant été mélangé avec un gaz de refroidissement, et étant passé à travers un séparateur à cyclone (12).
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'on règle la température existant à l'endroit du plan de l'épaulement (5), à une valeur comprise entre 850 °C et 1 000 °C, et en ce qu'on ajoute au minerai de fer du calcaire et/ou de la dolomite, dont la neutralisation s'effectue dans le four à cuve de réduction, au-dessus du plan de l'épaulement.
10. Procédé selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'on règle à environ 3 heures la durée de séjour du minerai traité par le gaz de réduction.
11. Procédé selon les revendications 1 et 3, caractérisé en ce qu'on adopte une valeur de 0,3 pour le rapport des débits gazeux considérés.
12. Dispositif pour appliquer le procédé selon l'une des revendications 1 à 11, comportant un four à cuve de réduction (1) pour traiter du minerai de fer, ce four étant pourvu, dans sa partie moyenne à hauteur du plan de son épaulement (5) ainsi qu'en-dessous de ce plan (5) d'orifices d'entrée (6, 7) pour l'introduction d'un gaz de réduction produit par gazéification d'un charbon ; caractérisé en ce que le four à cuve de réduction (1), dans sa partie située entre le plan de l'épaulement (5) et les orifices d'entrée (7) du gaz de réduction situés en-dessous du plan de l'épaulement (5), présente une section transversale supérieure à celle de la partie du four située au-dessus du plan de l'épaulement (5) ; et en ce que le rapport de la distance existant entre le plan de l'épaulement (5) et le plan des orifices d'entrée (7) du gaz de réduction situés en-dessous du plan de l'épaulement (5), divisée par le diamètre de la partie correspondante du four à cuve de réduction (1), a une valeur comprise entre 0,5 et 1,0.
13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte des tubes de chute (7), montés entre le four à cuve de réduction (1) et un gazéificateur de fusion (2) situé en-dessous du four (1), ainsi qu'une canalisation (10) allant du gazéificateur de fusion (2) à un séparateur à cyclone (12) pour le passage du gaz de réduction, cette canalisation (10) et les tubes de chute (7) étant reliés à un collecteur d'arrivée (8) d'un gaz de refroidissement, pour permettre de régler la température souhaitée dans chaque cas pour le gaz de réduction.

## EP 0 179 734 B1

14. Dispositif selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que le circuit du gaz de réduction introduit dans le plan de l'épaulement (5) offre une résistance à l'écoulement qui correspond à une chute de pression comprise entre 10 et 100 millibars.

15. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que le générateur de gaz qui sert à produire le gaz de réduction est un gazéificateur de fusion (2), et en ce que des tubes de chute (7) prévus pour le fer en éponge entre le four à cuve de réduction (1) et le gazéificateur de fusion (2), servent à faire passer le gaz de réduction à introduire en-dessous du plan de l'épaulement (5).

16. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que le générateur de gaz servant à produire le gaz de réduction est un gazéificateur à charbon (14).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

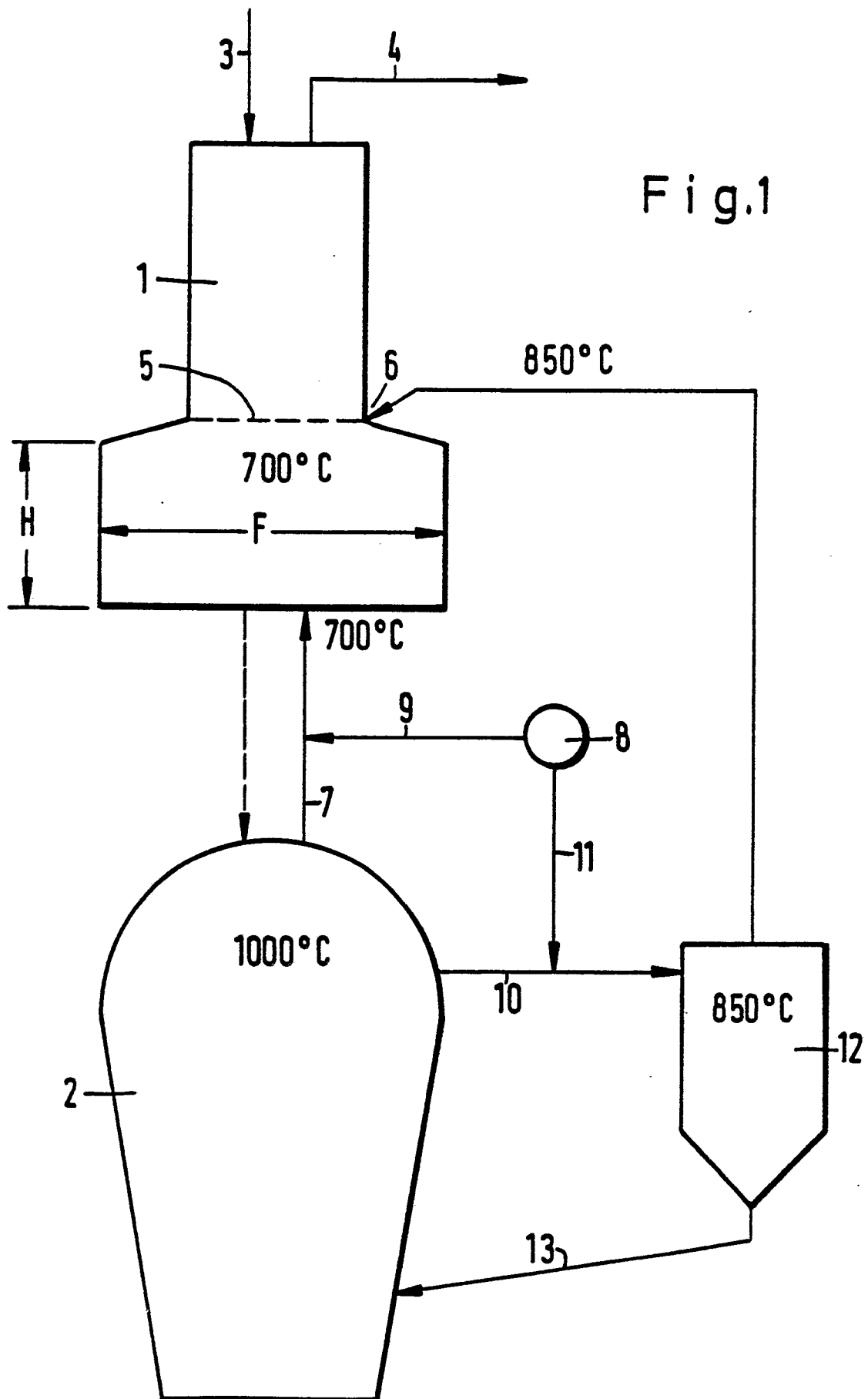


Fig. 2

