



(19)

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer:

AT 406 481 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer:

710/95

(22) Anmeldefrage:

25.04.1995

(42) Beginn der Patentdauer:

15.10.1999

(45) Ausgabetau-

15.10.1999

(51) Int. Cl.⁷: C21B 13/14

(56) Entgegenhaltungen:

DD 247700A5 US 3677534A US 4822411A

(73) Patentinhaber:

Patentinhaber:
**VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU
GMBH**

GMBH
A-4020 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
(72) Erfinder:

EMILIE.

DIERL JORG DIPL.ING.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT)

LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
ROSENFELDNER GERALD DIRI INC.

ROSENLEENER GERALD DIPL.ING.
ST. PETER/AU NIEDERÖSTERREICH (AT)

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON FLÜSSIGEM ROHEISEN ODER FLÜSSIGEN STAHLVORPRODUKTEH UND EISENSCHWAMM SOWIE ANLAGE ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENNS

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung von flüssigem Roheisen oder flüssigen Stahlvorprodukten und Eisenschwamm aus von Eisenerz und gegebenenfalls Zuschlägen gebildeten Einsatzstoffen werden die Einsatzstoffe in einer Festbett-Reduktionszone (12) zu Eisen schwamm direkt reduziert, wird der Eisenschwamm in einer Einschmelzvergasungszone (8) unter Zufuhr von Kohlenstoffträgern und sauerstoffhaltigem Gas erschmolzen und ein CO- und H₂-haltiges Reduktionsgas erzeugt, welches in die Reduktionszone (12) eingeleitet, dort umgesetzt und als Exportgas abgezogen wird, und wird das abgezogene Exportgas einer CO₂-Eliminierung unterzogen und als zumindest weitgehend CO₂-freies Reduktionsgas gemeinsam mit einem Teil des in der Einschmelzvergasungszone (8) gebildeten Reduktionsgases zur Erzeugung von Eisenschwamm einer weiteren Reduktionszone (21) zur Direktreduktion von Eisenerz zugeführt.

Zur Einsparung von für eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens anfallenden Investitionskosten und Erhöhung der Produktivität wird ein Teil des in der Einschmelzvergasungszone (8) erzeugten Reduktionsgases abgezweigt und der weiteren im Festbett-Verfahren arbeitenden Reduktionszone (21) unter Umgehung der CO₂-Eliminierung zugeleitet.

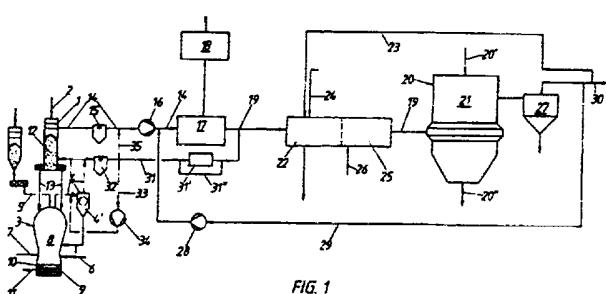


FIG. 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von flüssigem Roheisen oder flüssigen Stahlvorprodukten und Eisenschwamm aus von Eisenerz, insbesondere in Stück- und/oder Pelletform, und gegebenenfalls Zuschlägen gebildeten Einsatzstoffen, wobei die Einsatzstoffe in einer Reduktionszone zu Eisenschwamm direkt reduziert werden, der Eisenschwamm in einer Einschmelzvergasungszone unter Zufuhr von Kohlenstoffträgern und sauerstoffhältigem Gas erschmolzen und ein CO- und H₂-hältiges Reduktionsgas erzeugt wird, welches in die Reduktionszone eingeleitet, dort umgesetzt und als Exportgas abgezogen wird, und wobei das abgezogene Exportgas einer CO₂-Eliminierung unterzogen und als zumindest weitgehend CO₂-freies Reduktionsgas gemeinsam mit einem Teil des in der Einschmelzvergasungszone gebildeten Reduktionsgases zur Erzeugung von Eisenschwamm mindestens einer weiteren Reduktionszone zur Direktreduktion von in Stück- und/oder Pelletform vorliegendem Eisenerz zugeführt wird, sowie eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

Ein Verfahren dieser Art ist aus der AT-396.255 B bekannt. Hierbei wird der Teil des in der Einschmelzvergasungszone gebildeten Reduktionsgases, der als Überschußgas anfällt und der weiteren Reduktionszone zugeführt wird, in einem Wäscher gewaschen, anschließend mit dem Exportgas vermischt und schließlich gemeinsam mit dem Exportgas einer CO₂-Entfernung unterzogen. Die Zumischung dieses Teiles des Reduktionsgases zum Exportgas erfolgt somit vor der CO₂-Entfernung, so daß die beiden Reduktionsprozesse - die jeder für sich Schwingungen unterworfenes System verkörpern - an einer Stelle miteinander verknüpft sind, die - vom Gasstrom her gesehen - knapp nach dem ersten Reduktionsprozeß und weit vom zweiten Prozeß liegt. Hierdurch ist es möglich, Auswirkungen von Schwingungsübertragungen zwischen den Systemen, Resonanzen und Rückkopplungen betreffend Gasmengendurchsätze, Gaszusammensetzungen und Gastemperaturen gering zu halten bzw. zu vermeiden, u.zw. durch ein Vergleichmäßigen bzw. Dämpfen der Abweichungen von den vorgesehenen gewünschten Werten. Z.B. ergeben sich Gasvolumens- und Gasströmungsschwankungen aus der Forderung, den Systemdruck des Einschmelzvergasers zwecks Erzeugung eines Reduktionsgases von gleichbleibender Qualität konstant zu halten. Sobald der Druck im Einschmelzvergaser zu hoch wird, erfolgt eine Entspannung durch vermehrtes Einleiten von Reduktionsgas in die Exportgasleitung.

Die Dimensionierung einer CO₂-Entfernungsanlage richtet sich neben anderen Kriterien wesentlich nach dem dieser Anlage zugeführten Volumensstrom, wobei gemäß der AT-396.255 B der Reduktionsgasstrom, mit dem maximal gerechnet werden muß, Berücksichtigung finden muß. Da die CO₂-Entfernungsanlage einen wesentlichen Anteil an den Gesamtinvestitionen einer Anlage zur Durchführung eines einleitend beschriebenen Verfahrens ausmacht, sind die Investitionskosten für eine Anlage gemäß der AT-396.255 B sehr hoch.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, das aus der AT-396.255 B bekannte Verfahren und die aus diesem Dokument bekannte Anlage dahingehend weiterzuentwickeln, daß eine wesentliche Einsparung an Investitionskosten möglich ist. Insbesondere soll auch eine Herabsetzung der zur Herstellung des Produktes eingesetzten Energie möglich sein.

Dieses Ziel der Erfindung wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art dadurch erreicht, daß ein Teil des in der Einschmelzvergasungszone erzeugten Reduktionsgases abgezweigt und der weiteren im Festbettverfahren arbeitenden Reduktionszone unter Umgehung der CO₂-Elminierung zugeleitet wird.

Erfindungsgemäß kann somit eine Anlage zur CO₂-Elminierung für eine erheblich geringere Kapazität bemessen werden, wodurch sich die Investitionskosten erheblich erniedrigen. Überraschenderweise zeigt sich, daß eine Verlegung der Verknüpfungsstelle der beiden Reduktionsprozesse näher zur weiteren Reduktionszone keine den Gesamtprozeß störenden Folgen zeigt. Für den Fall, daß mit erheblichen Gasvolumens- bzw. Gasströmungsschwankungen zu rechnen ist, ist eine Schwingungsdämpfung durch Sicherungsmaßnahmen, wie eine Pufferung, möglich, so daß auch in diesem Fall die erfindungsgemäß erzielten Vorteile voll zum Tragen kommen.

In einer prioritätsälteren österreichischen Patentanmeldung ist ein Verfahren beschrieben, bei dem Stückerz in einer Festbett-Direktreduktionszone zu Eisenschwamm reduziert wird, der Eisenschwamm in einer Einschmelzvergasungszone unter Zufuhr von Kohlenstoffträgern und sauerstoffhältigem Gas erschmolzen und ein CO und H₂-hältiges Reduktionsgas erzeugt wird, das in die Festbett-Direktreduktionszone eingeleitet, dort umgesetzt und als Topgas abgezogen wird, und Feinerz in einer Wirbelbett-Direktreduktionszone im Wirbelbett-Verfahren zu Eisenschwamm reduziert wird, wobei der Wirbelbett-Direktreduktionszone Topgas aus der Festbett-Direktreduktionszone und/oder in der Einschmelzvergasungszone erzeugtes Reduktionsgas, die

einer CO₂-Entfernung und einer Aufheizung unterzogen werden, sowie in der Wirbelbett-Direktreduktionszone entstehendes Abgas zugeführt und als Abgas abgezogen wird. Hierbei kann das in der Einschmelzvergasungszone gebildete Reduktionsgas unter Umgehung der CO₂-Entfernung der Wirbelbett-Direktreduktionszone zugeführt werden.

5 Vorteilhaft wird erfindungsgemäß der abgezweigte Teil des Reduktionsgases vor Einleitung in die weitere Festbett-Direktreduktionszone mit dem der CO₂-Eliminierung unterzogenen Exportgas unter Bildung eines Misch-Reduktionsgases vermischt.

10 Wenn auf eine besondere Staubfreiheit des Reduktionsgases, das der Festbett-Direktreduktionszone zugeführt wird. Wert gelegt wird, ist es vorteilhaft, daß der abgezweigte Teil des Reduktionsgases einer Entstaubung und einer Wäsche unterzogen wird und das Misch-Reduktionsgas einer Aufheizung unterworfen wird.

15 Eine weitere wesentliche Einsparung an Investitionskosten und an Energieaufwand für die Herstellung des Roheisens bzw. Stahlvorproduktes läßt sich dadurch erzielen, daß nur das der CO₂-Eliminierung unterzogene Exportgas einer Aufheizung unterzogen wird und nach dem Aufheizen mit dem abgezweigten Teil des Reduktionsgases vermischt wird, wobei vorteilhaft der abgezweigte Teil des Reduktionsgases lediglich einer Entstaubung, jedoch keiner Wäsche, unterzogen wird.

20 Hierbei wird also der abgezweigte Teil des Reduktionsgases lediglich einer Grobreinigung unterzogen und in sehr heißem Zustand mit dem der Aufheizung unterzogenen Exportgas vermischt. Somit kann die Einrichtung zur Aufheizung wesentlich kleiner dimensioniert werden, da ein wesentlich geringerer Volumenstrom an Gas aufzuheizen ist. Zudem bewirkt das noch heiße abgezweigte Reduktionsgas, daß das Exportgas nur auf eine geringere Temperatur aufgeheizt werden muß.

25 Der im abgezweigten Reduktionsgas noch enthaltene Reststaubgehalt wird durch die Zumischung zu dem aufgeheizten Exportgas derart verdünnt, daß keine Beeinträchtigung der Reduktion in der Festbett-Direktreduktionszone stattfindet.

30 Eine bevorzugte Variante ist dadurch gekennzeichnet, daß der abgezweigte Teil des Reduktionsgases einer Entstaubung und einer Wäsche unterzogen wird und das der CO₂-Eliminierung unterzogene Exportgas auf eine Temperatur aufgeheizt wird, die über vorzugsweise gering über der gewünschten Reduktionsgastemperatur für die weitere Reduktionszone liegt. Hierdurch gelingt es, den abgezweigten Teil des Reduktionsgases in sehr reinem, jedoch kühlerem Zustand dem von CO₂ gereinigten Exportgas zuzumischen, wobei jedoch die Investitionskosten für die Heizeinrichtung gegenüber dem Stand der Technik niedriger sind. Das Verfahren ist zudem einfacher durchführbar, da das abgezweigte Reduktionsgas in kühlerem Zustand leichter handhabbar ist und daher auch nur geringe Anlageninvestitionen erfordert. Vorteilhaft wird zwecks Konstanthaltung der Systemdrücke und Volumenströme der abgezweigte Teil des Reduktionsgases hinsichtlich eines Überschusses vor Einleitung in die weitere Reduktionszone gespeichert.

35 Zur Minimierung von Schwingungsübertragungen von einem Reduktionsprozeß zum anderen werden vorteilhaft Druckschwankungen in der Einschmelzvergasungszone durch Zumischen eines Teiles des in der Einschmelzvergasungszone gebildeten Reduktionsgases zum aus der Reduktionszone abgezogenen Exportgas vor Durchführung der CO₂-Eliminierung des Exportgases ausgeglichen.

40 Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens mit einem Reduktionsofen für Eisenerz, vorzugsweise in Stück- und/oder Pelletform, einem Einschmelzvergaser, einer den Reduktionsofen mit dem Einschmelzvergaser verbindenden Zuleitung für ein Reduktionsgas, einer den Reduktionsofen mit dem Einschmelzvergaser verbindenden Förderleitung für das im Reduktionsofen gebildete Reduktionsprodukt (Eisenschwamm), mit einer vom Reduktionsofen ausgehenden Exportgas-Ableitung, mit in den Einschmelzvergaser mündenden Zuleitungen für sauerstoffhaltige Gase und Kohlenstoffträger, einem am Einschmelzvergaser vorgesehenen Abstich für Roheisen und Schlacke und mit einem zusätzlichen Festbettreaktor zur Aufnahme von Eisenerz in Stück- und/oder Pelletform, einer Reduktionsgas-Zuleitung zu diesem Festbettreaktor, einer Abgas-Ableitung aus diesem Festbettreaktor und einer Austragsvorrichtung für das in diesem Festbettreaktor gebildete Reduktionsprodukt ist dadurch gekennzeichnet, daß die Exportgas-Ableitung des Reduktionsofens in eine CO₂-Eliminierungsanlage mündet, von der die Reduktionsgas-Zuleitung des zusätzlichen Festbettreaktors ausgeht, die über eine Heizeinrichtung für das von CO₂ gereinigte Exportgas in den zusätzlichen Festbettreaktor mündet, und daß von der den Einschmelzvergaser mit dem Reduktionsofen verbindenden Zuleitung für das Reduktionsgas

eine Zweigleitung ausgeht, die unter Umgehung der CO₂-Eliminierungsanlage in die Reduktionsgas-Zuleitung des zusätzlichen Festbettreaktors mündet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform mündet die Zweigleitung sowohl unter Umgehung der CO₂-Eliminierungsanlage als auch unter Umgehung der Heizeinrichtung, die gegebenenfalls eine Nachverbrennungseinrichtung inkludiert, in die Reduktionsgas-Zuleitung des zusätzlichen Festbettreaktors.

Vorteilhaft ist in der Abzweigleitung ein Pufferspeicher vorgesehen, wobei zweckmäßig der Pufferspeicher mit einer Bypass-Leitung überbrückbar ist.

Zur Minimierung von Schwingungsübertragungen zwischen den beiden Reduktionsprozessen ist zweckmäßig die Zweigleitung über eine Ausgleichsleitung mit der Exportgasableitung vor Einmünden derselben in die CO₂-Eliminierungsanlage verbindbar.

Die Erfindung betrifft weiters die Verwendung von nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Roheisen- oder Stahlvorprodukten zur Erzeugung eines handelsfähigen Produkts, wie Walzgut.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand zweier in der Zeichnung schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, wobei die in der Zeichnung dargestellten Fig. 1 und 2 jeweils das Verfahrensschema nach je einer Ausführungsform der Erfindung veranschaulichen.

In einem ersten, einen Festbettreaktor bildenden Reduktions-Schachtofen 1 wird von oben über eine Fördereinrichtung 2 stückiges Eisenerz und/oder Eisenerz in Pelletform über ein nicht dargestelltes Schleusensystem, gegebenenfalls zusammen mit Zuschlagstoffen, chargiert. Der Schachtofen 1 steht mit einem Einschmelzvergaser 3 in Verbindung, in dem aus Kohle und sauerstoffhaltigem Gas ein Reduktionsgas erzeugt wird, welches über eine Zuleitung 4 dem Schachtofen 1 zugeführt wird, wobei in der Zuleitung 4 gegebenenfalls eine Gasreinigungseinrichtung 4' für eine Trocken-Entstaubung vorgesehen ist.

Der Einschmelzvergaser 3 weist eine Zuführung 5 für feste Kohlenstoffträger, eine Zuführung 6 für sauerstoffhaltige Gase sowie gegebenenfalls Zuführungen 7 für bei Raumtemperatur flüssige oder gasförmige Kohlenstoffträger, wie Kohlenwasserstoffe, sowie für gebrannte Zuschläge auf. In dem Einschmelzvergaser 3 sammelt sich unterhalb der Einschmelzvergasungszone 8 schmelzflüssiges Roheisen 9 und schmelzflüssige Schlacke 10, die über einen Abstich 11 abgestochen werden.

Das im Schachtofen 1 in einer Festbett-Direktreduktionszone 12, also im Festbettverfahren, zu Eisenschwamm reduzierte Eisenerz wird zusammen mit den in der Direktreduktionszone 12 gebrannten Zuschlägen über eine den Schachtofen 1 mit dem Einschmelzvergaser 3 verbindende Förderleitung 13 zugeführt, beispielsweise mittels Austragsschnecken etc.. An dem oberen Teil des Schachtofens schließt eine Exportgas-Ableitung 14 für das in der Direktreduktionszone 12 aus Reduktionsgas entstehende Topgas an.

Das über die Exportgas-Ableitung 14 abgezogene Topgas wird zunächst einer Reinigung in einem Wäscher 15 unterzogen, um es möglichst vollständig von Staubpartikeln zu befreien und den Wasserdampfgehalt zu erniedrigen, so daß es dann als Exportgas einer weiteren Verwendung zur Verfügung steht. Anschließend gelangt das Exportgas mit Hilfe eines Verdichters 16 in eine CO₂-Entfernungsanlage 17 (z.B. ein CO₂-Wäscher oder eine Druckwechsel-Adsorptionsanlage), in der es möglichst weitgehend von CO₂ befreit wird. Das aus der CO₂-Entfernungsanlage 17 austretende Abgas wird gegebenenfalls einer Entschwefelungseinrichtung 18 zugeführt. Das so von CO₂ gereinigte Exportgas wird über eine Reduktionsgas-Zuleitung 19 einem zweiten, als Reduktions-Schachtofen 20 ausgebildeten Festbettreaktor, der wie der erste Schachtofen 1 ebenfalls im Gegenstromprinzip arbeitet, zugeführt. In diesem zweiten Schachtofen 20 wird Eisenerz in Stück- und/oder Pelletform ebenfalls in einer Festbett-Reduktionszone 21 direktreduziert. Die Erzzuleitung ist mit 20' und die Eisenschwammausbringeinrichtung mit 20" bezeichnet.

Da das Exportgas durch die Reinigung eine starke Abkühlung erfahren hat, wird es vor Einleitung in den zweiten Reduktions-Schachtofen 20 einer Aufheizung unterzogen. Die Aufheizung erfolgt in zwei Stufen: Zunächst wird das gereinigte Exportgas in einer ersten Stufe einer indirekten Aufheizung unterzogen, wobei eine hierzu dienende Heizeinrichtung 22 als Wärmetauscher ausgebildet ist. Der Wärmetauscher 22 (Rekuperator) wird mit gereinigtem Exportgas, das aus dem zweiten Reduktions-Schachtofen 20 über eine Leitung 23 abgezogen wird, betrieben. Zusätzlich wird noch über eine Leitung 24 sauerstoffhaltiges Gas (Sauerstoff liegt in Molekülform vor), wie Luft, dem Brenner des Wärmetauschers 22 zugeführt. Anschließend wird das aufgeheizte Exportgas einer Nachverbrennung unterzogen, u.zw. in der

Nachverbrennungseinrichtung 25, in der ein Teil des gereinigten Exportgases unter Sauerstoffzuführung 26 verbrannt wird. Hierdurch erreicht das gereinigte Exportgas die für die Reduktion im zweiten Reduktions-Schachtofen 20 erforderliche Temperatur, die in einem Temperaturbereich zwischen 600 und 900°C liegt.

5 Das aus dem zweiten Reduktions-Schachtofen 20 abgezogene Topgas wird ebenfalls einer Reinigung und Kühlung im Exportgaswäscher 27 unterzogen, um es von Staubpartikeln zu säubern und den Wasserdampfgehalt zu erniedrigen, worauf es als Exportgas einer weiteren Verwendung zugeführt werden kann. Ein Teil des Exportgases wird über die Leitung 23 dem Wärmetauscher 22 zugeführt. Ein weiterer Teil des im zweiten Reduktions-Schachtofen 20 anfallenden Exportgases wird über einen Verdichter 28 ebenfalls der CO₂-Entfernungsanlage 17 zugeführt, u.zw. entweder direkt oder gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel über die Forderleitung 29, die in die Exportgas-Ableitung 14 mündet, und steht dann nach der CO₂-Entfernung als Recycle- Reduktionsgas dem zweiten Reduktions-Schachtofen 20 zur Verfügung. Ein Teil des Exportgases des zweiten Reduktions-Schachtofens 20 wird über die Exportgasleitung 30 anderen Verwendungszwecken zugeführt.

10 Ein Teil des im Einschmelzvergaser 3 gebildeten Reduktionsgases wird über eine Abzweigleitung 31, die von der Zuleitung 4 abzweigt, gemäß Fig. 1 einem Naßwäscher 32 zugeführt und nach Durchführung der Reinigung mit dem aus der CO₂-Entfernungsanlage 17 austretenden von CO₂ gereinigten Exportgas durch Münden der Abzweigleitung 31 in die Reduktionsgaszuleitung 19 gemischt. Die Mischung erfolgt vor Einmünden der Reduktionsgasleitung 19 in den Wärmetauscher 22, so daß der im Wäscher 32 abgekühlte Teil des im Einschmelzvergaser 3 gebildeten Reduktionsgases ebenfalls dem Wärmetauscher 22 und der nachgeordneten Nachverbrennungseinrichtung 25 zur Erhitzung auf die zur Direktreduktion erforderliche Temperatur zugeführt wird. In der Abzweigleitung 31 ist ein Pufferspeicher 31' vorgesehen, durch den der durch die Abzweigleitung 31 dem von CO₂ befreiten Exportgas (mit Recycle- Reduktionsgas) zugemischte Reduktionsgas- Volumensstrom weitgehend konstant gehalten werden kann. Der Pufferspeicher 31' kann als Hochdruck- oder auch als Niederdruckspeicher ausgebildet sein. Der Pufferspeicher 31' ist mittels einer Bypass- Leitung 31" überbrückbar.

15 20 Ein Teil des den Wäscher 32 verlassenden Reduktionsgases wird über eine Leitung 33 mit Verdichter 34 im Kreislauf wieder in die Zuleitung 4 eingespeist, um das in sehr heißem Zustand aus dem Einschmelzvergaser austretende Reduktionsgas vor Eintritt in die Gasreinigungseinrichtung 4' zu konditionieren, insbesondere auf einen für den Direktreduktionsprozeß im Schachtofen 1 günstigen Temperaturbereich zu kühlen. Über eine strichliert angedeutete Ausgleichsleitung 35 kann gegebenenfalls Reduktionsgas dem aus dem Schachtofen 1 austretenden Exportgas zwecks Konstanthaltung des Systemdruckes - unter Aufteilung des Druckstoßes in die Leitungen 35 und 31 - zugemischt werden.

25 30 Da erfundungsgemäß ein nicht unerheblicher Volumensstrom des dem zweiten Reduktions-Schachtofen 20 zugeführten Reduktionsgases nicht der CO₂-Entfernungsanlage 17 zugeführt wird, sondern in Strömungsrichtung des Reduktionsgases erst danach mit dem aus der CO₂-Entfernungsanlage 17 kommenden Teil des Reduktionsgases gemischt wird, ist eine erhebliche Reduzierung der Größe der CO₂-Entfernungsanlage 17 möglich.

35 40 45 Erfindungsgemäß ergibt sich eine Einsparung bis etwa 30 % (unter besonderen Umständen auch mehr) der Investitionskosten für die CO₂-Entfernungsanlage 17. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß sich auch ein geringerer Volumenstrom des aus der CO₂-Entfernungsanlage 17 austretenden Abgases und damit auch eine Investitionseinsparung für die Entschwefelungseinrichtung 18 ergeben.

50 55 Zudem ergibt sich eine Erhöhung der Reduktantenausbeute des dem zweiten Schachtofen 20 zugeleiteten Reduktionsgases, da von dem Reduktionsgas, das dem Schachtofen 20 unter Umgehung der CO₂-Entfernungsanlage 17 zugeleitet wird, keine Reduktanten mit dem Abgas der CO₂-Entfernungsanlage 17 ausgeschleust werden können. Damit ist auch ein höherer CO₂-Restgasgehalt im der CO₂-Entfernung unterzogenen Exportgas möglich, was weitere Einsparungen bei der Auslegung und auch beim Betrieb der CO₂-Entfernungsanlage 17 mit sich bringt und eine größere Toleranzbreite für Schwankungen im Gehalt an CO₂ des von CO₂ gereinigten Exportgases ermöglicht. Hierdurch vereinfachen sich die Fahrweise und der regeltechnische Aufwand.

Insgesamt ergibt sich eine bessere Qualität des dem zweiten Schachtofen 20 zugeführten Reduktionsgases und damit eine höhere Produktivität.

Gemäß der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform wird ein Teil des im Einschmelzvergaser gebildeten Reduktionsgases nach Durchtritt durch einen Staubentfernungszyklon 4' ungewaschen, d.h. ohne einen Wäscher zu durchströmen, im heißen Zustand dem aus Recycle- Reduktionsgas und von CO₂ gereinigtem Exportgas gebildeten Reduktionsgasgemisch über die Abzweigleitung 31 zugemischt, u.zw. nachdem dieses Reduktionsgasgemisch den Wärmetauscher 22 und die Nachverbrennungseinrichtung 25 passiert hat. Hierdurch kann zusätzlich zu den Vorteilen der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform die fühlbare Wärme des im Einschmelzvergaser 3 gebildeten Reduktionsgases dem Direktreduktionsprozeß im weiteren Reduktions-Schachtofen 20 zugeführt und damit wirkungsvoll genutzt werden. Hierdurch lassen sich Einsparungen nicht nur bei der CO₂-Entfernungsanlage 17 und bei der Dimensionierung des Wärmetauschers 22 und der Nachverbrennungseinrichtung 25 erzielen, sondern es ergeben sich auch Energieeinsparungen beim Betrieb derselben.

Zwar weist das heiße abgezweigte Reduktionsgas nach Durchtritt durch den Staubentfernungszyklon 4' noch einen Reststaubgehalt auf, der jedoch in dem System, ohne Störungen zu bewirken, verkraftbar ist, da durch die Mischung dieses heißen abgezweigten Reduktionsgases mit dem Recycle- Reduktionsgas und dem der Reinigung von CO₂ unterworfenen Exportgas der Staubgehalt sehr verdünnt wird. Eine Beeinträchtigung des Direktreduktionsprozesses im zweiten Reduktions-Schachtofen 20 ist daher nicht zu befürchten.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die in der Figurenbeschreibung dargelegten Ausführungsbeispiele, sondern kann in verschiedener Hinsicht modifiziert werden. Beispielsweise ist es möglich, anstelle des im Festbettverfahren arbeitenden Schachtofens 1 auch eine Reduktion von Feinerz im Wirbelschichtverfahren vorzusehen, also den Schachtofen 1 durch einen oder mehrere Wirbelbettreaktoren zu ersetzen.

Weiters ist es auch möglich, den abgezweigten Teil des im Einschmelzvergaser gebildeten Reduktionsgases nicht nur einer Trockenentstaubung, sondern auch einer Wäsche zu unterziehen und im kalten Zustand nach der Heizeinrichtung 22, 25 dem der CO₂-Eliminierung und der Aufheizung unterzogenen Exportgas des Schachtofens 1 zuzumischen. In diesem Fall wird dieses Exportgas auf eine etwas höhere Temperatur aufgeheizt, so daß die Zumischung des abgezweigten kalten Teiles des Reduktionsgases ausgeglichen wird. Die Heizeinrichtung ist bei diesem Verfahren jedoch ebenfalls im wesentlichen nach dem Volumstrom des Exportgases zu bemessen, so daß hierdurch ebenfalls Investitionskosten gegenüber dem Stand der Technik einsparbar sind.

Im Falle des Zurverfügungstehens von Erdgas könnte anstelle der CO₂-Entfernungsanlage 17 ein Reformer vorgesehen sein.

Nachstehend ist anhand zweier Beispiele das erfindungsgemäße Verfahren gegenüber dem Verfahren gemäß dem Stand der Technik näher erläutert:

Beispiel gemäß Stand der Technik (Tabellenwerte gerundet):

Aus einem Schachtofen 1 einer beispielsweise gemäß der AT-B - 396.255 ausgestalteten Anlage wird Exportgas abgezogen, gewaschen und steht in einer Menge von 167.411 Nm³/h mit der in Tabelle I angegebenen chemischen Zusammensetzung zur Verfügung.

Tabelle I

CO	47 %
CO ₂	25 %
H ₂	22 %
H ₂ O	2 %
H ₂ S	100 ppm
CH ₄	1%
N ₂ , Ar	3 %

Dieses Gas wird nach dem Verdichten mit einem Verdichter einer CO₂-Wäsche in einer CO₂-Entfernungsanlage unterzogen.

Aus der CO₂-Entfernungsanlage entweicht CO₂-hältiges Abgas in einer Menge von 50.811 Nm³/h mit der in Tabelle II angegebenen chemischen Zusammensetzung, das zu entsorgen ist

Tabelle II

CO	14 %
CO ₂	77 %
H ₂	3 %
H ₂ O	5 %
H ₂ S	317 ppm

CH₄ 1 %
 N₂, Ar 1 %

Das von CO₂ weitestgehend gereinigte Exportgas, das nunmehr als Reduktionsgas für einen weiteren Direktreduktionsprozeß in einer Menge von 115.643 Nm³/h zur Verfügung steht, weist
 5 eine chemische Zusammensetzung, wie sie in Tabelle III wiedergegeben ist, auf.

Tabelle III

CO	62 %
CO ₂	3 %
H ₂	0 %
10 H ₂ O	0 %
H ₂ S	6 ppm
CH ₄	1 %
N ₂ , Ar	4 %

Dieses Reduktionsgas muß noch auf die für die Direktreduktion erforderliche Temperatur
 15 erhitzt werden. Nach der Erhitzung steht es in einer Menge von 116.585 Nm³/h und in der in
 Tabelle IV wiedergegebenen chemischen Zusammensetzung zur Verfügung.

Tabelle IV

CO	59%
CO ₂	5 %
20 H ₂	28 %
H ₂ O	2 %
H ₂ S	6 ppm
CH ₄	1 %
N ₂ , Ar	4 %

25 Bei diesem Beispiel wird kein aus dem weiteren Reduktionsprozeß entstehendes Exportgas recycelt, d.h. der CO₂-Entfernungsanlage zugeführt, um abermals als Reduktionsgas für den weiteren Direktreduktionsprozeß zur Verfügung zu stehen.

Beispiel gemäß der Erfindung (Tabellenwerte gerundet):

Aus einem Schachtofen 1 tritt Exportgas aus, das gewaschen in einer Menge von 127.458
 30 Nm³/h mit der in Tabelle V angegebenen chemischen Zusammensetzung zur weiteren
 Verwendung zur Verfügung steht.

Tabelle V

CO	42 %
CO ₂	32 %
35 H ₂	20 %
H ₂ O	2 %
H ₂ S	100 ppm
CH ₄	1 %
N ₂ , Ar	3 %

40 Dieses bereits einer Waschung unterzogene Exportgas wird mittels des Verdichters 16 verdichtet und einer CO₂-Entfernung, wie einer CO₂-Druckwechsel-Adsorption in der CO₂-Entfernungsanlage 17, unterworfen.

Aus der CO₂-Entfernungsanlage 17 entweicht Abgas in einer Menge von 47.011 Nm³/h, das die chemische Zusammensetzung gemäß Tabelle VI aufweist.

45 Tabelle VI

CO	10 %
CO ₂	82 %
H ₂	2 %
H ₂ O	4 %
50 H ₂ S	261 ppm
CH ₄	1 %
N ₂ , Ar	1 %

Das aus der CO₂-Entfernungsanlage austretende Exportgas, das über die Leitung 19 einer Reduktionszone 21 eines weiteren Direktreduktionsprozesses zugeführt wird, fällt in einer Menge
 55 von 79.718 Nm³/h mit der in Tabelle VII angegebenen chemischen Zusammensetzung an.

Tabelle VII

CO	61 %
CO ₂	3 %

H ₂	30 %
H ₂ O	0 %
H ₂ S	6 ppm
CH ₄	1 %
N ₂ , Ar	4 %

5 Erfnungsgemäß wird über die Leitung 31 aus dem Einschmelzvergaser 3 austretendes Reduktionsgas abgezweigt, u.zw. in einer Menge von 39.952 Nm³/h und mit der in Tabelle VIII angegebenen chemischen Zusammensetzung.

10

Tabelle VIII	
CO	63 %
CO ₂	3 %
H ₂	29 %
H ₂ O	2 %
H ₂ S	200 ppm
CH ₄	1 %
N ₂ , Ar	2 %

15 Dieses abgezweigte Reduktionsgas wird mit dem aus der CO₂-Entfemungsanlage 17 austretenden, von CO₂ weitestgehend gereinigten Exportgas vermischt und bildet so das Reduktionsgas für die weitere Direktreduktionszone 21. Es steht in einer Menge von 119.670 Nm³/h zur Verfügung und weist die in Tabelle IX angegebene chemische Zusammensetzung auf.

20 Tabelle IX

CO	62 %
CO ₂	3 %
H ₂	30 %
H ₂ O	1 %
H ₂ S	71 ppm
CH ₄	1 %
N ₂ , Ar	4 %

25 Dieses Mischreduktionsgas muß nunmehr einer Aufheizung in der Heizeinrichtung 22 bzw. Nachverbrennungseinrichtung 25 unterzogen werden. Nach der Erhitzung wird es in einer Menge von 120.622 Nm³/h mit der in Tabelle X angegebenen chemischen Zusammensetzung in den zweiten Schachtofen 20 eingeleitet und dient dort zur Direktreduktion in der Reduktionszone 21.

30 Tabelle X

CO	59 %
CO ₂	5 %
H ₂	28 %
H ₂ O	2 %
H ₂ S	70 ppm
CH ₄	1 %
N ² , Ar	4 %

35 Auch bei diesem erfungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist das der weiteren Reduktionszone 21 zugeführte Reduktionsgas frei von Recycle- Reduktionsgas, d.h. daß aus der weiteren Reduktionszone 21 austretendes Exportgas nicht, wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt, über die Leitung 29 der CO₂-Entfernungsanlage 17 zugeführt wird, sondern es wird ausschließlich für externe Verbraucher zur Verfügung gestellt.

40 Wie aus dem Vergleich der beiden Beispiele zu erkennen ist, ergeben sich durch das erfungsgemäße Verfahren gegenüber dem Stand der Technik die nachstehend aufgelisteten Vorteile:

- 45
- Der Exportgas-Verdichter 16 kann auf % der Kapazität ausgelegt werden.
 - Die getrennte Führung des aus dem Schachtofen 1 abgezogenen Exportgases und des aus dem Einschmelzvergaser 3 abgezweigten Reduktionsgases bewirkt eine Verkleinerung regeltechnischer Schwankungen, damit kann
 - 50 • der Verdichter 16 gleichmäßiger betrieben werden,
 - der Verdichter 16 mit weniger Reserve ausgelegt werden,
 - die Regelung des Verdichters 16 vereinfacht werden,

- der Druckabfall über die CO₂-Entfernungsanlage 17 wegen geringerer Volumenschwankungen, die verarbeitet werden müssen, besser konstant gehalten werden und
 - der Betrieb der CO₂-Entfernungsanlage 17 ruhiger gehalten werden, wodurch die Anlage leichter betrieben werden kann.
- 5 • Der elektrische Stromverbrauch/t Produkt sinkt um ungefähr 15 %, da
- der Motor für den Verdichter 16 um mehr als 25 % kleiner dimensioniert werden kann und gleichmäßiger belastet wird.
 - Für die Reduktanten im über die Leitung 31 zugeleiteten Reduktionsgas ist die Ausbeute 100 %, wodurch sich eine höhere Produktion von ungefähr 3 bis 4 % ergibt.
- 10 • Speicherbehälter für der zweiten Reduktionszone 21 zugeführtes Reduktionsgas werden für eine bessere Beaufschlagung der Heizeinrichtung 22,25 besser genutzt.
- Die CO₂-Entfernungsanlage 17 kann wesentlich kleiner dimensioniert werden.
 - Die CO₂-Entfernungsanlage 17 hat im zugeleiteten Exportgas einen höheren CO₂-Partialdruck.
- 15 • Ein Rest-CO₂-Gehalt im CO₂-gereinigten Exportgas muß nicht so genau eingehalten werden: Schwankungen werden durch über die Leitung 31 zugeführtes Reduktionsgas „verdünnt“, d.h. ausgeglichen.
- Im Abgas der CO₂-Entfernungsanlage 17 ist der H₂S-Gehalt geringer und
 - es fällt weniger Abgas an.
- 20

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung von flüssigem Roheisen oder flüssigen Stahlvorprodukten und Eisenschwamm aus von Eisenerz, vorzugsweise in Stück- und/oder Pelletform, und gegebenenfalls Zuschlägen gebildeten Einsatzstoffen, wobei die Einsatzstoffe in einer Reduktionszone (12) zu Eisenschwamm direkt reduziert werden, der Eisenschwamm in einer Einschmelzvergasungszone (8) unter Zufuhr von Kohlenstoffträgern und sauerstoffhaltigem Gas erschmolzen und ein CO- und H₂-hältiges Reduktionsgas erzeugt wird, welches in die Reduktionszone (12) eingeleitet, dort umgesetzt und als Exportgas abgezogen wird, und wobei das abgezogene Exportgas einer CO₂-Eliminierung unterzogen und als zumindest weitgehend CO₂-freies Reduktionsgas gemeinsam mit einem Teil des in der Einschmelzvergasungszone (8) gebildeten Reduktionsgases zur Erzeugung von Eisenschwamm einer weiteren Reduktionszone (21) zur Direktreduktion von in Stück- und/oder Pelletform vorliegendem Eisenerz zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des in der Einschmelzvergasungszone (8) erzeugten Reduktionsgases abgezweigt und der weiteren im Festbett-Verfahren arbeitenden Reduktionszone (21) unter Umgehung der CO₂-Eliminierung zugeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der abgezweigte Teil des Reduktionsgases vor Einleitung in die weitere Festbett- Direktreduktionszone (21) mit dem der CO₂-Eliminierung unterzogenen Exportgas unter Bildung eines Misch-Reduktionsgases vermischt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der abgezweigte Teil des Reduktionsgases einer Entstaubung und einer Wäsche unterzogen wird und das Misch-Reduktionsgas einer Aufheizung unterworfen wird (Fig. 1).
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nur das der CO₂-Eliminierung unterzogene Exportgas einer Aufheizung unterzogen wird und nach der Aufheizung mit dem abgezweigten Teil des Reduktionsgases vermischt wird (Fig. 2).
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der abgezweigte Teil des Reduktionsgases lediglich einer Entstaubung, jedoch keiner Wäsche, unterzogen wird (Fig. 2).
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der abgezweigte Teil des Reduktionsgases einer Entstaubung und einer Wäsche unterzogen wird und das der CO₂-Eliminierung unterzogene Exportgas auf eine Temperatur aufgeheizt wird, die über,

- vorzugsweise gering über, der gewünschten Reduktionsgastemperatur für die weitere Reduktionszone (21) liegt.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der abgezweigte Teil des Reduktionsgases hinsichtlich eines Überschusses vor Einleitung in die weitere Reduktionszone (21) gespeichert wird.
 8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Druckschwankungen in der Einschmelzvergasungszone (8) durch Zumischen eines Teiles des in der Einschmelzvergasungszone (8) gebildeten Reduktionsgases zum aus der Reduktionszone (12) abgezogenen Exportgas vor Durchführung der CO₂-Elminierung des Exportgases ausgeglichen werden.
 9. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, mit einem Reduktionsofen (1) für Eisenerz, vorzugsweise in Stück- und/oder Pelletform, einem Einschmelzvergaser (3), einer den Einschmelzvergaser mit dem Reduktionsofen (1) verbindenden Zuleitung (4) für ein Reduktionsgas, einer den Reduktionsofen (1) mit dem Einschmelzvergaser (3) verbindenden Förderleitung (13) für das im Reduktionsofen (1) gebildete Reduktionsprodukt, mit einer vom Reduktionsofen (1) ausgehenden Exportgas-Ableitung (14), mit in den Einschmelzvergaser (3) mündenden Zuleitungen (6,7) für sauerstoffhältige Gase und Kohlenstoffträger, einem am Einschmelzvergaser (3) vorgesehenen Abstich (11) für Roheisen (9) und Schlacke (10), und mit einem zusätzlichen Festbettreaktor (20) zur Aufnahme von Eisenerz in Stück- und/oder Pelletform, einer Reduktionsgas-Zuleitung (19) zu diesem Festbettreaktor (20), einer Abgas-Ableitung (30) aus diesem Festbettreaktor (20) und einer Austragsvorrichtung für das in diesem Festbettreaktor (20) gebildete Reduktionsprodukt, dadurch gekennzeichnet, daß die Exportgas-Ableitung (14) des Reduktionsofens (1) in eine CO₂-Elminierungsanlage (17) mündet, von der die Reduktionsgaszuleitung (19) des zusätzlichen Festbettreaktors (20) ausgeht, die über eine Heizeinrichtung (22, 25) für das von CO₂ gereinigte Exportgas in den zusätzlichen Festbettreaktor (20) mündet, und daß von der den Einschmelzvergaser (3) mit dem Reduktionsofen (1) verbindenden Zuleitung (4) für das Reduktionsgas eine Zweigleitung (31) ausgeht, die unter Umgehung der CO₂-Elminierungsanlage (17) in die Reduktionsgas-Zuleitung (19) des zusätzlichen Festbettreaktors (20) mündet.
 10. Anlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zweigleitung (31) sowohl unter Umgehung der CO₂-Elminierungsanlage (17) als auch unter Umgehung der Heizeinrichtung (22), die gegebenenfalls eine Nachverbrennungseinrichtung (25) inkludiert, in die Reduktionsgas-Zuleitung (19) des zusätzlichen Festbettreaktors (20) mündet (Fig. 2).
 11. Anlage nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß in der Abzweigleitung (31) ein Pufferspeicher (31') vorgesehen ist.
 12. Anlage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Pufferspeicher (31') mit einer Bypass-Leitung (31'') überbrückbar ist.
 13. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Zweigleitung (31) über eine Ausgleichsleitung (35) mit der Exportgasableitung (14) vor Einmünden derselben in die CO₂-Elminierungsanlage (17) verbindbar ist.
 14. Verwendung von Roheisen- oder Stahlvorprodukten, hergestellt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, zur Erzeugung eines handelsfähigen Produkts, wie Walzgut.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

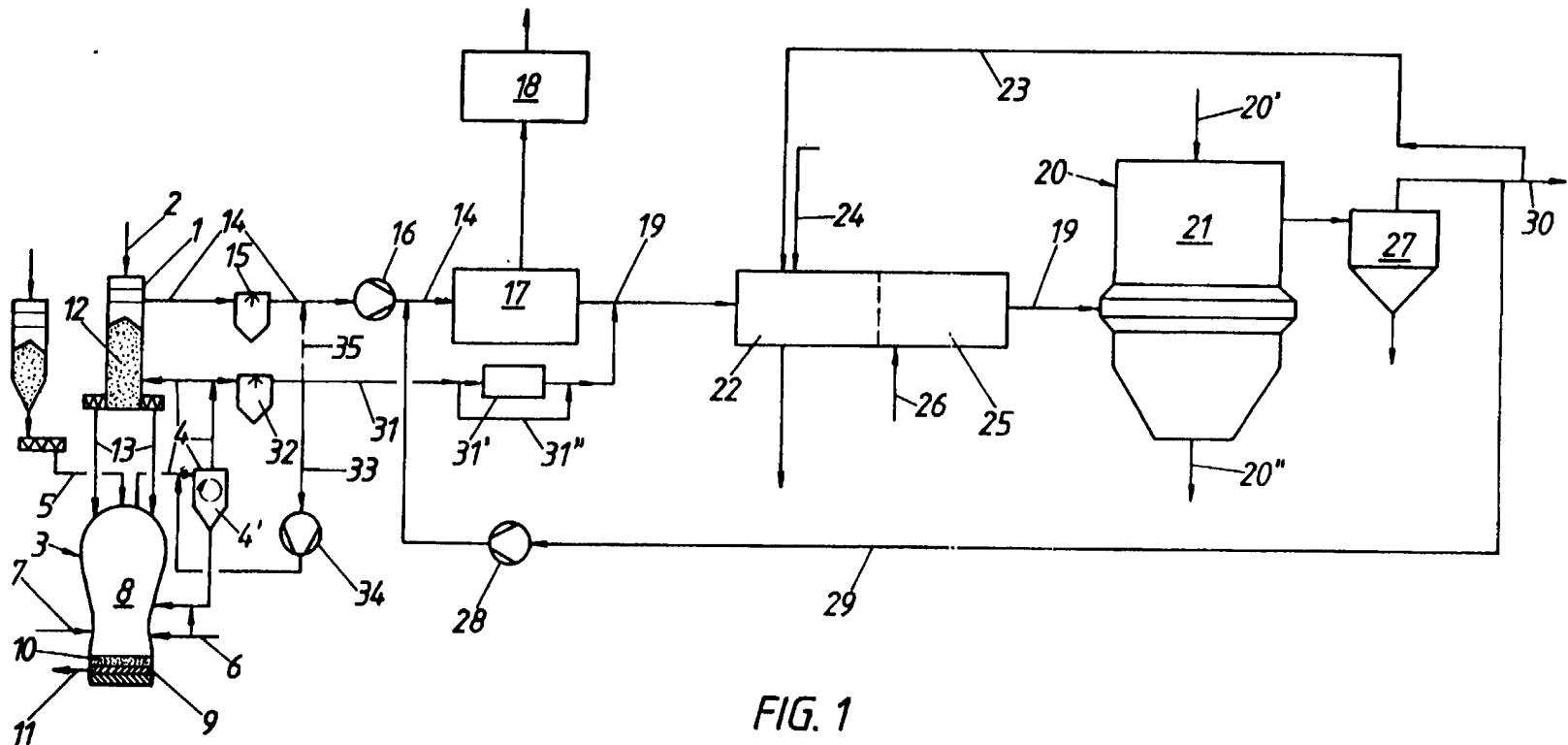


FIG. 1

