

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
21. März 2013 (21.03.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/037634 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
C21B 13/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/066662

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. August 2012 (28.08.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A1310/2011 13. September 2011 (13.09.2011) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES
GMBH [AT/AT]; Turmstraße 44, A-4031 Linz (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MILLNER, Robert
[AT/AT]; Porschestrasse 1, A-3382 Loosdorf (AT).
ROSENFELLNER, Gerald [AT/AT]; Schulstrasse 12, A-
3352 Ertl (AT). SPRENGER, Harald [AT/AT]; Eglsee
17, A-4240 Freistadt (AT).

(74) Anwalt: MAIER, Daniel; Postfach 22 16 34, 80506
München (DE).

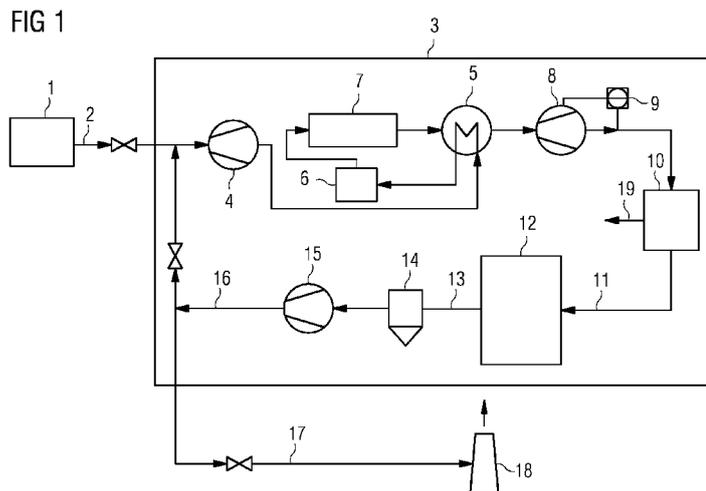
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYSTEM FOR ENERGY OPTIMIZATION IN A PLANT FOR PRODUCING DIRECT-REDUCED METAL ORES

(54) Bezeichnung : SYSTEM ZUR ENERGIEOPTIMIERUNG IN EINER ANLAGE ZUR HERSTELLUNG VON DIREKT
REDUZIERTEN METALLERZEN



(57) Abstract: The invention relates to a system for energy optimization in a plant for producing direct-reduced metal ores (3), in particular direct-reduced iron, wherein the plant (3) comprises at least one reduction unit (12), a device for separating gas mixtures (7, 7a, 7b) having an associated compressing device (4, 4a, 4b), and a gas-heating device (10) arranged upstream of the reduction unit (12). Furthermore, part of the process gases (2, 2a, 2b) is fed by means of a feed line from at least one plant for producing pig iron (1, 1a, 1b), in particular a smelting reduction plant, to the plant for producing direct-reduced metal ores (3). In the system according to the invention, a turbine (8, 8a, 8b), in particular an expansion turbine, is fit between the device for separating gas mixtures (7, 7a, 7b) and the gas-heating device (10) arranged upstream of the reduction unit (12) in such a way that a pressure drop between the device for separating gas mixtures (7, 7a, 7b) and the reduction unit (12) is converted into forms of energy that can be used to operate additional components (4, 4a, 4b, 15, 15a, 15b) of the plant for producing direct-reduced metal ores (3), in particular electrical energy and/or mechanical energy. By means of the invention, the energy consumption of the plant (3) is reduced and thus operating costs

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/037634 A1



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

are lowered in a simple and advantageous manner, because the pressure drop between the device for separating gas mixtures (7, 7a, 7b) and the reduction unit (12) is used economically due to the use of the turbine (8, 8a, 8b).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein System zur Energieoptimierung in einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen (3), insbesondere direkt reduziertem Eisen, wobei die Anlage (3) zumindest ein Reduktionsaggregat (12), eine Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) mit zugehöriger Verdichtungseinrichtung (4, 4a, 4b) sowie eine dem Reduktionsaggregat (12) vorgeschaltete Gaserwärmungseinrichtung (10) umfasst. Weiterhin wird ein Teil der Prozessgase (2, 2a, 2b) über eine Zuführleitung aus zumindest einer Anlage zur Roheisenerzeugung (1, 1a, 1b), insbesondere einer Schmelzreduktionsanlage, der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen (3) zugeführt. Beim erfindungsgemäßen System ist eine Turbine (8, 8a, 8b), insbesondere eine Expansionsturbine, derart zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) und der dem Reduktionsaggregat (12) vorgeschalteten Gaserwärmungseinrichtung (10) eingepasst, dass ein Druckgefälle zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) und dem Reduktionsaggregat (12) in zum Betrieb weiterer Komponenten (4, 4a, 4b, 15, 15a, 15b) der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen (3) nutzbare Energieformen, insbesondere elektrische und/oder mechanische Energie, umgewandelt wird. Durch die Erfindung werden auf einfache und vorteilhafte Weise ein Energieverbrauch der Anlage (3) reduziert und damit Betriebskosten gesenkt, da durch den Einsatz der Turbine (8, 8a, 8b) das Druckgefälle zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) und dem Reduktionsaggregat (12) wirtschaftlich genutzt wird.

Beschreibung

System zur Energieoptimierung in einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen

5

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein System zur Energieoptimierung in einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metall-
10 erzen, insbesondere direkt reduziertem Eisen. Dabei weist eine Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metall-
erzen bzw. Metallen, insbesondere Eisen, zumindest ein Reduktionsaggregat (z.B. Wirbelschichtreaktorsystem, Fest-
bettreduktionsschacht wie z.B. MIDREX®-Reduktionsschacht,
15 etc.), eine Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen mit einer zugeordneten Verdichtereinrichtung und eine dem Reduktionsaggregat vorgeschaltete Gaserwärmungseinrichtung auf. Die für eine Herstellung von direkt reduziertem Metall-
erzen notwendigen Prozessgase werden zumindest teilweise über
20 eine Zuführleitung aus zumindest einer Anlage zur Roheisen-
erzeugung wie z.B. einer Schmelzreduktionsanlage zugeführt und gegebenenfalls teilweise durch Recycling aus dem
Herstellungsprozess selbst gewonnen.

25

Stand der Technik

Die so genannte Direktreduktion von Metallerzen bzw. Metallen, insbesondere von Eisenerz bzw. Eisenoxid zu direkt
reduziertem Eisen bzw. Eisenschwamm wird z.B. in einer
30 eigenen Anlage - einer so genannten Direktreduktionsanlage durchgeführt. Eine derartige Anlage zur Herstellung von
direkt reduzierten Metallerzen umfasst üblicherweise
zumindest ein Reduktionsaggregat wie beispielsweise eine
Festbettreduktionsschacht, ein Wirbelschichtreaktorsystem,
35 etc., je nachdem ob das zu reduzierende Metallerz z.B. in
stückiger oder feinteilchenförmiger Form vorliegt oder für
die Weiterverarbeitung zu Roheisen, roheisenähnlichen
Produkten oder für die Stahlproduktion benötigt wird.

Das zu reduzierende Material (z.B. Metallerz, Eisenerz, Eisenoxid, etc.) wird bei der Direktreduktion in stückiger Form - z.B. als Stückerz oder Pellets - oder in feinteilchen-körniger Form in die zumindest ein Reduktionsaggregat

5 umfassende Anlage zu Herstellung von direkt reduziertem Metallerz eingebracht. Das Material im Reduktionsaggregat wird dann unter dem so genannten Gegenstromprinzip von einem Prozessgas, welche auch als Reduktionsgas bezeichnet wird, durchströmt. Dabei wird das Material vom Reduktionsgas

10 beispielsweise ganz oder teilweise reduziert - Eisenoxid wird z.B. zu Eisenschwamm reduziert - und das Reduktionsgas bei diesem Prozess oxidiert. Das im Reduktionsaggregat vom Reduktionsgas reduzierte Material weist dann beispielweise einen Metallisierungsgrad von ca. 45 bis zu über 95% auf.

15 Die für die Reduktion der Metallerze notwendigen Prozessgase (z.B. Reduktionsgas) werden beispielsweise in einem Einschmelzvergaser bei einem Schmelzreduktionsverfahren (z.B. COREX®, FINEX®, Sauerstoffhochofen, etc.) oder in einem

20 Kohlevergaser gewonnen. Das z.B. in einem Einschmelzvergaser erzeugte Reduktionsgas ist vorzugsweise 750 bis 1000°C heiß und meist staubhaltig sowie kohlenmonoxid- und wasserstoffreich (z.B. mit ca. 70 bis 95% CO und H₂). Das Reduktionsgas wird vorzugsweise im mittleren bis unteren Viertel des

25 Reduktionsaggregats bzw. bei einem Wirbelschichtreaktorsystem in den ersten Wirbelschichtreaktor eingeleitet. Es steigt dann im Reduktionsaggregat nach oben bzw. wird bei einem Wirbelschichtreaktorsystem von Reaktor zu Reaktor geleitet und reduziert dabei das Material (z.B. Metallerze, Eisenerz, Eisenoxid, etc.) im Gegenstrom. Dann wird das Reduktionsgas

30 als so genanntes Topgas oder Off-Gas aus dem Reduktionsaggregat abgeleitet.

Danach wird das Reduktionsgas in einer Gasreinigungseinrichtung (z.B. Gaswäscher) gereinigt und gegebenenfalls als

35 so genanntes Recycle Gas zur Entfernung von Kohlendioxid CO₂ zu einer dem Reduktionsaggregat vorgeschalteten Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen mit zugehöriger Verdichtungs-

einrichtung weitergeleitet. Als Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen kommen insbesondere Druckwechsel-Adsorptionsanlagen wie z.B. Pressure Swing Adsorption (PSA), Vakuum Pressure Swing Adsorption (VPSA) zum Einsatz, da diese im Vergleich zu anderen Adsorptionsverfahren wirtschaftlich günstiger sind. Nach der Behandlung in der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen kann das Recycle Gas dann wieder als Reduktionsgas in das Reduktionsaggregat eingeleitet werden.

10

Neben der z.B. teilweisen Wiederverwertung der in der Anlage genutzten Prozessgase wird so genanntes Exportgas, welches z.B. aus Verfahren der Roheisenherstellung bzw. aus einem Schmelzreduktionsprozess wie z.B. COREX®- oder FINEX®-Verfahren abgezogen wird, für den Reduktionsprozess im Reduktionsaggregat genutzt. Die Bezeichnung „Exportgas“ dient insbesondere als Bezeichnung für jenen Teil des so genannten Topgases, welcher aus dem Schmelzreduktionsprozess bzw. dem Verfahren der Roheisenherstellung abgezogen, in der Regel gekühlt und auch (nass oder trocken) entstaubt wird, und gegebenenfalls für weitere Prozessgase wie z.B. Überschussgas aus dem Einschmelzvergaser. Als Topgas wird dabei üblicherweise das ausgenutzte Reduktionsgas aus einem Hochofen, einem Einschmelzvergaser oder einem Reduktionsschacht/Wirbelschichtreaktor bezeichnet.

25

Wird das Exportgas aus einer oder mehreren Schmelzreduktionsanlagen (z.B. Anlagen auf Basis von COREX®- und/oder FINEX®-Verfahren) für die Erzeugung von direkt reduzierten Metallerzen abgezogen, so wird eine derartige Anlage als Verbundanlage bezeichnet. Das Exportgas wird dabei über in eine Zuführleitung in die Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen bzw. Eisen eingebracht und im jeweiligen Reduktionsaggregat wie z.B. Wirbelschichtreaktorsystem, Reduktionsschachtofen wie z.B. MIDREX®-Reduktionsschacht, etc.) genutzt. Beim Einbringen kann sich das zugeführte Exportgas mit dem Recycle Gas der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen mischen, wobei

30

35

die Zuführleitung für das Exportgas üblicherweise vor der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen in eine Leitung für das Recycle Gas der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen mündet.

5

Für eine optimale Funktionsweise des Reduktionsprozesses in der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen bzw. Eisen ist allerdings eine gut funktionierende CO₂-Entfernung in der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen aus dem Prozessgas - d.h. einer Mischung aus Recycle Gas der Anlage und zugeführtem Exportgas - notwendig. Daher wird üblicherweise der Eingangsdruck für die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen mit Hilfe der zugehörigen Verdichtungseinrichtung (z.B. einem oder mehreren Kompressoren) erhöht. Der Eingangsdruck bei der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen sollte üblicherweise konstant bei einem Eingangsdruckniveau von ca. 3 bis 8 bar Überdruck liegen, um eine effiziente und wirtschaftliche CO₂-Entfernung aus den Prozessgasen zu gewährleisten. So werden beispielsweise von einer PSA mindestens 6 bar Überdruck und von einer VPSA mindestens ca. 3 Überdruck für die CO₂-Entfernung benötigt.

Allerdings setzt das eingesetzte Reduktionsaggregat einen wesentlich geringeren Betriebsdruck voraus. So benötigt ein so genannter MIDREX®-Reduktionsschacht als Reduktionsaggregat beispielsweise nur einen Eingangsdruck von ca. 1,2 bis 1,5 bar Überdruck. Damit ergibt sich durch den einerseits relativ hohen Betriebsdruck der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen, insbesondere bei Einsatz einer PSA-Anlage, und den andererseits relativ niedrigen Betriebsdruck des Reduktionsaggregats eine Druckdifferenz, welche für eine optimale Funktionsweise der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen abgebaut werden muss.

Üblicherweise erfolgt das Abbauen dieser Druckdifferenz durch ein System von Regelventilen, welche insbesondere zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen und dem Reduktionsaggregat bzw. einer dem Reduktionsaggregat vor-

geschalteten Gaserwärmungseinrichtung eingepasst sind. Ein Abbauen der Druckdifferenz über Regelventile weist allerdings den Nachteil auf, dass diese Druckdifferenz ungenutzt bleibt bzw. dass - insbesondere für das Eingangsdruckniveau bei der
5 Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen - Energie aufgewendet werden muss, welche danach ungenutzt vernichtet wird. So werden beispielsweise bei Einsatz einer Einrichtung für Druckwechsel-Adsorption (PSA) oder einer Einrichtung für Vakuump-Druckwechsel-Adsorption (VPSA) und einem so genannten
10 MIDREX®-Reduktionsschacht als Reduktionsaggregat aufgrund des jeweils notwendigen Betriebsdruck ca. 1 bis 6 bar ungenutzt vernichtet. Damit liegt beispielsweise der spezifische Energie- bzw. Stromverbrauch einer so genannten Verbundanlage relativ hoch und verringert somit deren Wirtschaftlichkeit.
15 Daneben ist auch ein durch die Ventilstation entstehender Lärm relativ hoch.

Weiters kann das Exportgas, welches zumindest teilweise als Prozessgas in die Anlage zur Herstellung von direkt
20 reduzierten Metallerzen eingeleitet wird, aus z.B. zwei Anlagen zur Erzeugung von Roheisen bzw. Schmelzreduktionsanlagen stammen, welche z.B. unterschiedliche Druckniveaus an der jeweiligen Übergabestelle aufweisen. Dies kann beispielsweise durch unterschiedliche Systemdruckvorgaben beim
25 jeweiligen Einschmelzvergaser bedingt sein. Um ein annähernd konstantes Eingangsdruckniveau für das Reduktionsaggregat bzw. die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen zu erzielen, kann bei derartigen Verbundanlagen beispielsweise eine Bypassmengendruckregelung vorgesehen sein. Diese weist allerdings
30 den Nachteil auf, dass ca. 10 bis 20% des Exportgases für die Nutzung in der Verbundanlage, insbesondere in der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen verloren gehen, wodurch sich ebenfalls die Produktivität und die Wirtschaftlichkeit der Anlage reduziert.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein System anzugeben, durch welches ungenutzte Druckdifferenzen sinnvoll genutzt und Verluste von Exportgas vermieden werden können sowie die Wirtschaftlichkeit einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen gesteigert wird.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch ein System der eingangs angegebenen Art, wobei eine Turbine, insbesondere Expansionsturbine, derart zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen und der dem Reduktionsaggregat vorgeschalteten Gaserwärmungseinrichtung eingepasst ist, dass ein Druckgefälle zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen und dem Reduktionsaggregat in zum Betrieb weiterer Komponenten der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen nutzbare Energieformen umwandelbar ist.

Der Hauptaspekt der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung besteht darin, dass durch ein Einfügen einer Turbine, insbesondere einer Expansionsturbine, welche von den Prozessgasen bei Weiterleitung dieser Gase von der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen zum Reduktionsaggregat durchströmt wird, ein bestehendes Druckgefälle (z.B. von ca. 1 bis 6 bar Überdruck) wirtschaftlich genutzt werden kann. Durch die Turbine wird das Druckgefälle auf einfache Weise in andere Energieformen (z.B. elektrische Energie, mechanische Energie, etc.) umgewandelt, welche idealer Weise in der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen selbst z.B. zum Betrieb weiterer Komponenten - nutzbar sind. Als Turbine wird insbesondere eine Expansionsturbine eingesetzt. Eine Expansionsturbine ist eine Gasturbine, in welcher ein unter Druck stehendes Gas unter Abführung von Arbeit bzw. Energie expandiert, wobei das expandierende Gas nicht in der Turbine selbst erzeugt wird, sondern in vorangehenden Prozessen anfällt.

Durch den Einsatz einer derartigen Turbine kann die Energie, welche im zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen und dem Reduktionsaggregat bestehenden Druckgefälle gespeichert ist, sehr einfach umgewandelt und nutzbar gemacht werden. Es wird damit jene Energie, welche bei der Verdichtung der Prozessgase durch die zur Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen zugehörige Verdichtungseinrichtung zugeführt wird, auf einfache Weise zumindest teilweise wieder zurück gewonnen. Dadurch wird die Wirtschaftlichkeit der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen bzw. einer Verbundanlage gesteigert.

Da die Prozessgase nach einer Behandlung in der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen, insbesondere nach einer Behandlung in einer PSA bzw. VPSA, sehr trocken sind bzw. einen sehr niedrigen Wassergehalt aufweisen (der Taupunkt liegt bei ca. -110°C), entstehen kaum Probleme mit einer Kondensation aufgrund einer Abkühlung der Prozessgase während der Entspannung in der Turbine. Weiterhin werden durch die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen üblicherweise korrosive und/oder teerhaltige Bestandteile aus den Prozessgasen (wie z.B. H_2S , PAK, etc.) zu einem hohen Prozentsatz (z.B. 99% für H_2S) durch die Adsorptionseinrichtung eliminiert. Damit werden auch Störungen/ Schäden in der Turbine, welche gegebenenfalls durch Korrosion, Anbackungen und/oder Abrasion entstehen können, sehr gering gehalten.

In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Systems ist vorgesehen, dass für eine Vorwärmung der Prozessgase vor einer Weiterleitung zur Gaserwärmungseinrichtung, welche dem Reduktionsaggregat vorgeschaltet ist, eine Gaswärmetauschanordnung derart eingepasst ist, dass Wärme von den in die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen eingeleiteten Prozessgasen, insbesondere dem so genannte Exportgas, an die zum Reduktionsaggregat weitergeleiteten Prozessgase abgegeben wird. Auf diese Weise werden einerseits die Prozessgase - insbesondere das von einer Anlage zur Roheisenherstellung stammende Exportgas - vor einer Einleitung in die Einrichtung

zur Trennung von Gasgemischen bzw. in die zugehörige Verdichtungseinrichtung abgekühlt. Andererseits wird die abgegebene Wärme idealer Weise genutzt, um die abgekühlten Prozessgase vorzuwärmen, welche nach der Einrichtung zur
5 Trennung von Gasgemischen beispielsweise eine Temperatur von ca. 30 bis 50°C aufweisen bzw. welche durch die Entspannung in der Turbine weiter auf z.B. etwa 10 bis -20°C abgekühlt werden. Dadurch kann beim Erwärmen der Prozessgase durch die dem Reduktionsaggregat vorgeschaltete Gaserwärmungsein-
10 richtung zusätzlich Energie gespart werden.

Die Gaswärmetauschkvorrichtung kann vorteilhafter Weise zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen und der Turbine bzw. Entspannungsturbine vorgesehen sein. Eine
15 der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen nach- und der Turbine vorgeschaltete Gaswärmetauschkvorrichtung weist den Vorteil auf, dass die vor der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen vom Prozessgas, insbesondere Exportgas, abgegebene Wärme zusätzlich zur Energiegewinnung in der
20 Turbine genutzt werden kann.

Alternativ kann es auch günstig sein, wenn die Gaswärmetauschkvorrichtung der dem Reduktionsaggregat vorgeschalteten Gaserwärmungseinrichtung vorgeschaltet und damit der Turbine
25 nachgeschaltet ist. Dadurch muss für die Erwärmung der Prozessgase nach der Turbine in der Gaserwärmungseinrichtung weniger Energie aufgewendet werden, da idealer Weise bereits die von den Prozessgasen vor der Einleitung in die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen für eine Abkühlung in
30 der Gaswärmetauschkvorrichtung abgegebene Wärme zur teilweisen Erwärmung der zum Reduktionsaggregat geleiteten Gase genutzt wird.

Die Energie für eine Vorwärmung des Gases aus der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen, des so genannten Produktgases,
35 kann beispielsweise auch aus folgenden Abwärmequellen stammen:

- Rauchgas der Heizeinrichtung für Reduktionsgas (z.B. Reduktionsgasofen)
- so genanntes Topgas aus dem Reduktionsaggregat
- Kühlgas, welches zur Kühlung des heißen reduzierten
- 5 Materials im Reduktionsaggregat oder in einer nachgeschalteten Kühleinrichtung zum Einsatz kommt
- Abwärmen aus einem vorgeschalteten Eisenerzeugungsverfahren (z.B. Topgas, Off-Gas, Generatorgas, etc.)

10 Es ist auch vorteilhaft, wenn die Turbine zusätzlich für eine Regelung der Prozessgasmenge bzw. des Prozessgasmengenflusses von der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen zum Reduktionsaggregat genutzt wird und/oder für eine Regelung eines Austrittsdrucks nach der Einrichtung zur Trennung von

15 Gasgemischen eingerichtet ist. Durch derartige Regelungen (z.B. der Prozessgasmenge und/oder des Austrittsdrucks) durch die Turbine wird unter anderem auf einfache Weise sichergestellt, dass eine maximale Kapazität der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen – insbesondere einer PSA bzw. VPSA

20 – nicht überschritten wird. Dies kann z.B. durch Überwachung des Feedgasflusses zur Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen, insbesondere PSA, und/oder des Austrittsdrucks gewährleistet werden. Ein Überschreiten dieser maximalen Kapazität könnte sonst zu einer Beschädigung an der

25 Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen und/oder zu einer hydraulischen Überlastung führen.

Zusätzlich wird im Reduktionsaggregat eine annähernd konstante Menge an Prozessgasen, insbesondere Reduktionsgas, vorausgesetzt. Diese annähernd konstante Gasmenge bzw. ein

30 Verhältnis von Menge an Reduktionsgas und direkt reduziertem Material (Metall, Eisen (DRI), etc.) bestimmt dabei z.B. die Produktqualität des direkt reduzierten Metalls bzw. Eisenschwamm. Daher ist je nach gewünschter Produktqualität eine

35 spezifisch gewählte, annähernd konstante Menge an Reduktionsgas im Reduktionsaggregat notwendig. Dies kann ebenfalls durch die Regelung der Prozessgasmenge bzw. des Prozessgasmengenflusses mit Hilfe der Turbine erzielt werden.

Dabei ist es von Vorteil, wenn für die Regelung der Prozessgasmenge bzw. des Prozessgasmengenflusses die Turbine entweder eine so genannte Einleitevorrichtung ausweist oder
5 eine Vorrichtung zur Steuerung von Ventilen umfasst, durch welche der Prozessgasfluss von der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen zum Reduktionsaggregat auf einfache und kostengünstige Weise gesteuert bzw. geregelt wird.

10 Es ist weiterhin günstig, wenn für die Umwandlung des Druckgefälles zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen und dem Reduktionsaggregat in elektrische Energie ein Generator vorgesehen ist, welcher von der Turbine bzw. der Entspannungsturbine angetrieben wird. Durch eine Kopplung
15 der Turbine mit einem Generator wird auf einfache Weise das Druckgefälle in elektrische Energie umgewandelt und kann so für einen Betrieb weiterer Komponenten der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen (z.B. Kompressoren, etc.) genutzt werden. Damit werden idealer
20 Weise Stromverbrauch bzw. Stromkosten der Anlage reduziert.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems kann vorgesehen sein, dass für eine Umwandlung des Druckgefälles zwischen der Einrichtung zur Trennung von
25 Gasgemischen und dem Reduktionsaggregat in mechanische Energie die Turbine mit weiteren Komponenten der Anlagen zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen, insbesondere Verdichtungseinrichtungen wie z.B. Kompressoren, Kühlgas-
30 kompressoren der Anlage und in besonders bevorzugter Weise mit den Recycle Gas-Kompressoren, gekoppelt wird. Durch diese Kopplung, bei welcher die Energie z.B. direkt von der Turbine auf eine oder mehrere Komponenten der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen übertragbar ist, kann
35 zusätzlich ein Einsatz eines Generators und die dafür entstehenden Kosten eingespart werden.

Vorteilhaft ist es auch, wenn für ein Anfahren/Abfahren und/oder für einen Teillastbetrieb der Anlage zur Herstellung von

direkt reduzierten Metallerzen eine Bypassleitung - mit
beispielsweise Regelventilen und/oder -klappen - um die
Turbine bzw. Entspannungsturbine vorgesehen ist. Auf diese
Weise wird auch beim An- bzw. Abfahren der Anlage bzw. bei
5 einem Teillastbetrieb für konstante Druck- und Prozessgas-
mengen-Verhältnisse in der Anlage zur Herstellung von direkt
reduzierten Metallerzen gesorgt.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

10

Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise anhand
der beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen:

Figur 1 beispielhaft und schematisch einen Aufbau des
15 erfindungsgemäßen Systems zur Energieoptimierung in
einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten
Metallerzen bzw. in einer Verbundanlage

Figur 2 eine schematische und beispielhafte Darstellung des
20 erfindungsgemäßen Systems zur Energieoptimierung, bei
Zufuhr von Exportgas aus zwei Anlagen zur Roheisen-
erzeugung

Figur 3 schematisch und beispielhaft eine weitere Variante
25 des erfindungsgemäßen Systems zur Energieoptimierung,
bei Zufuhr von Exportgas aus zwei Anlagen zur
Roheisenerzeugung

Ausführung der Erfindung

30

In Figur 1 ist schematisch und beispielhaft ein Aufbau einer
Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3,
insbesondere Eisen, dargestellt, welche das erfindungsgemäße
System zur Energieoptimierung umfasst. Prozessgase 2, 11, 16
35 der schematisch dargestellten, beispielhaften Anlage zur
Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3 werden aus
einer Anlage zur Roheisenerzeugung 1, insbesondere einer
Schmelzreduktionsanlage - beispielsweise auf Basis des so

genannten COREX®- oder FINEX®-Verfahren, abgezogen. Eine derartige Anlage wird auch als Verbundanlage bezeichnet.

Bei einer Verbundanlage wird üblicherweise ein Exportgas 2
5 der Anlage zur Roheisenerzeugung 1, als Reduktionsgas 11 für
eine Reduktion von Metallerzen, Eisenerz, etc. in einer
Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3,
Eisen, etc. genutzt. Das Exportgas 2 entsteht in der Anlage
10 zur Roheisenerzeugung 1 beispielsweise bei einem Schmelz-
reduktionsverfahren wie z.B. dem COREX®-Verfahren oder dem
FINEX®-Verfahren, wobei beim COREX®-Verfahren Metallerz in
stückiger Form (z.B. Stückerz, Pellet, etc.) verwendet wird,
während beim FINEX®-Verfahren das Metallerz als Feinerz
eingebracht wird.

15

Das Exportgas 2 gelangt als Prozessgas über eine Zuführ-
leitung in die Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten
Metallerzen 3. Dabei mündet die Zuführleitung für das
Exportgas 2 in einer Rückführleitung, in welcher das so
20 genanntes Top-Gas oder Recycle Gas 16 der Anlage 3 wieder für
einen Reduktionsprozess aufbereitet und zurückgeführt wird.

Das Exportgas 2 und das Recycle Gas 16 werden einer
Verdichtungseinrichtung 4 (z.B. Kompressor) zugeführt, welche
25 einer nachgeschalteten Einrichtung zur Trennung von Gas-
gemischen 7 zugeordnet ist. Mit der Verdichtungseinrichtung 4
wird ein für die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7
notwendiges, üblicherweise konstantes Druckniveau (z.B. von
ca. 3 bis 8 bar Überdruck) hergestellt. Dabei ist zusätzlich
30 zu beachten, dass zwischen dem Exportgas 2 und dem Recycle
Gas 11 ein Druckunterschied existiert. Da das Exportgas 2 in
der Menge (z.B. um 10%) schwankt, wird die Menge an Recycle
Gas 16 üblicherweise über eine Austrittsdruckregelung
variiert. Das für eine Druck- und Mengenregelung nicht not-
35 wendige Recycle Gas 16 kann beispielsweise über ein Ableitung
17 als so genanntes DR-Exportgas der Anlage 3 abgeführt und
z.B. thermisch verwertet (z.B. Verbraucher im Hüttenwerk wie
z.B. Rollherdöfen, Brammenstoßöfen, etc.) oder über eine

Gasentsorgungseinrichtung 18 (z.B. Fackel) abgeblasen werden. Diese Ableitung 17 weist ebenfalls zur Druckkontrolle ein Ventil auf.

5 Nach dem Kompressor 4 wird das Prozessgas 2 auf eine für eine
Behandlung in der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7
notwendige Temperatur (z.B. ca. 30 bis 50°C) abgekühlt. Eine
Abkühlung ist notwendig, da das Exportgas 2 aus der Anlage
zur Roheisenherstellung nach dessen Verdichtung beispiels-
10 weise eine Temperatur von etwa 100 bis 120°C aufweist. Das
Prozessgas 2 wird daher nach der Verdichtungseinrichtung 4
durch eine Gaswärmetauschvorrichtung 5 geführt, welche
gleichzeitig zum Vorwärmen des vom CO₂ und/oder Wasserdampf
weitgehend befreiten Prozessgases 2 vor der Entspannungs-
15 einrichtung 8 dient. Zur weiteren Abkühlung wird das Prozess-
gas 2 vor der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7
noch durch eine weitere Abkühleinrichtung 6 geleitet. Als
Abkühleinrichtung 6 kann beispielsweise ein Wärmetauscher mit
Kühlwasser vorgesehen sein.

20 Nach ausreichender Abkühlung auf ca. 30 bis 50°C wird das
Prozessgas 2 der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7
zur CO₂-Entfernung zugeführt. Diese Einrichtung 7 kann
beispielsweise bei ausreichend hohem Druckniveau als
25 Einrichtung für Druckwechsel-Adsorption 7 (Pressure Swing
Adsorption (PSA)) oder als eine so genannte Vakuum-Druck-
wechsel-Adsorptionseinrichtung 7 (VPSA) ausgeführt sein.

Dann wird das weitgehend von CO₂ und/oder Wasserdampf
30 befreite Prozessgas 2, welche aufgrund der Behandlung in der
Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7 üblicherweise
sehr trocken ist - d.h. einen sehr geringen Wassergehalt
aufweist, und welches beispielsweise auch einen sehr geringen
Prozentsatz an korrosiven und teerhaltigen Gasbestandteilen
35 aufweist, zum Vorwärmen durch die Gaswärmetauschvorrichtung 5
geleitet. Von dort fließt das Prozessgas zu einer Turbine 8
bzw. Expansionsturbine 8. In dieser Turbine 8 wird ein

Druckgefälle abgebaut bzw. in andere, nutzbare Energieformen umgewandelt.

Ein Abbau des Druckgefälles ist notwendig, da für eine effiziente und wirtschaftliche CO₂-Entfernung aus dem
5 Prozessgas 2 bei der Einrichtung zur Trennung von Gas-
gemischen 7 üblicherweise ein Eingangsdrukkniveau von ca. 3
bis 8 bar Überdruck benötigt wird. So werden beispielsweise
von einer PSA mindestens 6 bar Überdruck und von einer VPSA
mindestens ca. 3 bar Überdruck für die CO₂-Entfernung
10 benötigt. Das Reduktionsaggregat 12 setzt allerdings einen
wesentlich niedrigeren Betriebsdruck (z.B. bei einem so
genannter MIDREX®-Reduktionsschacht ca. 1,2 bis 1,5 bar
Überdruck) voraus. Damit ergibt sich durch den einerseits
relativ hohen Betriebsdruck der Einrichtung zur Trennung von
15 Gasgemischen 7, insbesondere bei Einsatz einer PSA, und den
andererseits relativ niedrigen Betriebsdruck des Reduktions-
aggregats 12 eine Druckdifferenz, welche für eine optimale
Funktionsweise der Anlage zur Herstellung von direkt
reduzierten Metallerzen 3 abgebaut werden muss. In der
20 Turbine 8 wird dieses Druckgefälle daher abgebaut und in eine
für die Anlage 3 nutzbare Energieform umgewandelt.

Für die Umwandlung bzw. Nutzung der Energie kann die Turbine
8 mit einem Generator gekoppelt sein, durch welchen die im
25 Druckgefälle gespeicherte Energie in elektrische Energie
umgewandelt wird. Diese elektrische Energie kann dann zum
Betriebe weiterer Komponenten wie z.B. der Kompressoren 4, 15
der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen
3 verwendet werden. Alternativ kann die Turbine 8 direkt mit
30 einer mechanischen Kopplung zu weiteren Komponenten, ins-
besondere den Kompressoren 4, 15, versehen sein, um die im
Druckgefälle gespeicherte Energie als mechanische Energie zu
nutzen.

35 Die Turbine 8 weist auch eine Einrichtung zur Regelung der
Prozessgasmenge 9 oder zur Regelung eines Nachdrucks nach der
Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7 auf, damit die
maximale Kapazität der Einrichtung zur Trennung von Gas-

gemischen 7 nicht überschritten wird bzw. keine Schäden an dieser entstehen. Als Einrichtung zur Regelung der Prozessgasmenge 9 können entweder eine Einleitevorrichtung oder eine Einrichtung zur Steuerung von Ventilen vorgesehen
5 sein.

Das durch die Expansion in der Turbine 8 weiter abgekühlte Prozessgas 2 mit einer Temperatur von z.B. ca. 10 bis -20°C wird dann zu einer Heizeinrichtung 10 weitergeleitet.
10 Alternativ kann die Gaswärmetauscheinrichtung 5 statt zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7 und der Turbine 8 auch nach der Turbine 8 und vor der Heizeinrichtung 10 eingepasst sein.

Die Energie für eine Vorwärmung des Prozessgases 2, welches aus der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7 weitergeleitet wird, in der Gaswärmetauscheinrichtung 5 kann beispielsweise auf einer Abwärmequelle wie z.B. einem Rauchgas 19 der Heizeinrichtung 10 (z.B. Reduktionsgasofen), einem
15 Topgas 13 aus dem Reduktionsaggregat 12, einem Kühlgas zur Kühlung des heißen reduzierten Materials im Reduktionsaggregat 12 oder in einer nachgeschalteten Kühleinrichtung oder Abwärmen aus einem vorgeschalteten Eisenerzeugungsverfahren (z.B. Topgas, Off-Gas, Generatorgas, etc.)
20 zurückgegriffen werden.
25

In der Heizeinrichtung 10 wird dann das Prozessgas 2 bzw. eine Gasmischung zusammen mit dem Recycle Gas 16 für den Reduktionsprozess erwärmt und als Reduktionsgas 11 zum
30 Reduktionsaggregat 12 geführt. Dann wird das Reduktionsgas 11 in das Reduktionsaggregat 12, in welchem sich das über eine Materialzuführung zugeführte, zu reduzierende Material - z.B. Metallerz, Eisenerz, etc. befindet, eingeleitet, um dieses Material im Gegenstrom zu reduzieren. Als Reduktionsaggregat
35 12 können je nach vorliegendem, zu reduzierenden Material (Erz in stückiger Form, Pellet, Feinerz, etc.) ein Festbettreduktionsschacht wie z.B. MIDREX®-Reduktionsschacht oder ein Wirbelschichtreaktorsystem verwendet werden.

Das Reduktionsgas 11 wird dann aus dem oberen Teil des Reduktionsaggregats 12 als Off-Gas oder Top-Gas 13 abgeleitet und abgekühlt. Für die Reinigung des Gases 13 ist eine dem
5 Reduktionsaggregat 12 nachgeschaltete Gasreinigungseinrichtung 14 vorgesehen. Nach der Gasreinigungseinrichtung 14 ist eine Verdichtungseinrichtung 15 vorgesehen. Das gereinigte Recycle Gas 16 wird dann über die Rückführleitung wieder dem Reduktionsprozess zugeführt.

10

Figur 2 zeigt wieder schematisch und beispielhaft die Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3. Dabei wird allerdings Exportgas 2a, 2b von zwei Anlagen zur Roheisenerzeugung 1a, 1b bezogen. Der Einfachheit halber
15 wurden die Komponenten der in Figur 2 dargestellten Anlage 3, welche dieselbe Funktion aufweisen, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Da die Anlage zur Roheisenerzeugung 1a, 1b aber an der Übergabestelle des jeweiligen Exportgases 2a, 2b unterschiedliches Druckniveau aufweisen können, sind
20 Komponenten wie z.B. die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7a, 7b mit zugehöriger Verdichtungseinrichtung 4a, 4b, die Gaswärmetauschorrichtung 5a, 5b, die Turbine 8a, 8b, etc. für das jeweilige Druckniveau vorzusehen.

25

Dabei wird das Exportgas 2a aus der ersten Anlage zur Roheisenerzeugung 1a über einen ersten Zweig mit Verdichtungseinrichtung 4a, Gaswärmetauschorrichtung 5a und zusätzlicher Abkühleinrichtung 6a zu einer ersten Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7a geführt. Das bestehende Druckgefälle zum
30 Reduktionsaggregat 12 wird dann über eine erste Turbine 8a mit einer Einrichtung zur Regelung der jeweiligen Prozessgasmenge 9a durch die Gaswärmetauschorrichtung 5a zum Vorwärmen zur Heizvorrichtung 10 und damit dem Reduktionsaggregat 12 zugeführt.

35

Das Exportgas 2b aus einer zweiten Anlage zur Roheisenerzeugung 2b wird über einen zweiten, parallelen Zweig, welcher ebenfalls eine Verdichtungseinrichtung 4b, eine Gas-

wärmetauschkvorrichtung 5b und eine zusätzliche Abkühleinrichtung 6b aufweist, ebenfalls zu einer zweiten Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7b geleitet. Das im zweiten Zweig bestehende Druckgefälle zum Reduktionsaggregat 12 wird ebenfalls über eine zweite Turbine 8b mit einer Einrichtung zur Regelung der jeweiligen Prozessgasmenge 9b abgebaut bzw. in eine nutzbare Energieform umgewandelt. Dann wird das Prozessgas im zweiten Zweig ebenfalls zum Vorwärmen durch die Gaswärmetauschkvorrichtung 5b des zweiten Zweigs weiter zur Heizvorrichtung 10 und zum Reduktionsaggregat 12 geleitet.

In beiden Zweigen kann alternativ - wie in Figur 1 dargestellt - die jeweilige Gaswärmetauschkvorrichtung 5a, 5b auch nach der jeweiligen Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7a, 7b und vor der jeweiligen Turbine 8a, 8b angeordnet sein. Der jeweilige Exportgasdruck an den beiden Übergabestellen wird durch zwei parallele Verdichtungseinrichtungen 15a, 15b für das Recycle Gas 16a, 16b geregelt. Über diese Verdichtungseinrichtungen 15a, 15b können dann unterschiedliche Austrittsdrücke eingestellt werden. Überschüssiges, für eine Druck- und Mengenregelung nicht benötigtes Recycle Gas 16a, 16b kann z.B. über Ableitungen 17a, 17b als so genanntes DR-Exportgas der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3 abgeführt und z.B. thermisch verwertet oder über die Gasentsorgungseinrichtung 18 abgeblasen werden.

Figur 3 zeigt schematisch und beispielhaft ebenfalls die Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3, bei welcher Exportgas 2a, 2b von zwei Anlagen zur Roheisenerzeugung 1a, 1b bezogen wird. Der Einfachheit halber wurden bei der in Figur 3 dargestellten Anlage 3 ebenfalls jene Komponenten, welche dieselbe Funktion wie die Komponenten in Figur 1 bzw. 2 aufweisen, mit den gleichen Bezugszeichen wie in den Figuren 1 und 2 bezeichnet. Da die Anlagen zur Roheisenerzeugung 1a, 1b an der Übergabestelle des jeweiligen Exportgases 2a, 2b unterschiedliches Druckniveau aufweisen, sind bei der in Figur 3 dargestellten Anlage zur Herstellung

von direkt reduzierten Metallerzen 3 wieder Komponenten wie z.B. die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7a, 7b mit zugehöriger Verdichtungseinrichtung 4a, 4b für das jeweilige Druckniveau vorgesehen.

5

Dabei wird wieder das Exportgas 2a aus der ersten Anlage zur Roheisenerzeugung 1a über einen ersten Zweig zu einer ersten Verdichtungseinrichtung 4a und das Exportgas 2b aus der zweiten Anlage zur Roheisenerzeugung 1b über einen zweiten
10 Zweig zu einer zweiten Verdichtungseinrichtung 4b geführt. Dann werden die beiden Zweige zusammengeführt und das Exportgas 2a, 2b gemeinsam zu einer Gaswärmetauschorrichtung 5 und einer zusätzlichen Abkühlvorrichtung 6 geleitet. Der unterschiedliche Exportgasdruck an der Übergabestelle wird bei der
15 in Figur 3 dargestellten Anlage 3 beispielsweise über die zwei parallelen Verdichtungseinrichtungen 4a, 4b geregelt.

Nach der zusätzlichen Abkühlvorrichtung 6 können für ein Entfernen von CO₂ und/oder Wasserdampf aus dem Prozessgas
20 jeweils zwei parallel angeordnete Einrichtungen zur Trennung von Gasgemischen 7a, 7b vorgesehen sein. Das weitgehend von CO₂ und/oder Wasserdampf befreite Prozessgas wird dann nach den Einrichtungen zur Trennung von Gasgemischen 7a, 7b wieder zusammengeführt und zur Turbine 8 mit der Einrichtung zur
25 Regelung der Prozessgasmenge 9 weitergeleitet, um das Druckgefälle abzubauen. Von dort fließt das Prozessgas als Reduktionsgas 11 über die Heizvorrichtung 10, von welcher z.B. das Rauchgas 19 zum Vorwärmen des Prozessgases abgezogen bzw. genutzt werden kann, zum Reduktionsaggregat 12.

30

Nach dem Reduktionsaggregat 12 wird das Reduktionsgas 11 als so genanntes Off-Gas oder Top-Gas 13 abgeleitet, abgekühlt und in einer Gasreinigungseinrichtung 14 gereinigt. Nach der Gasreinigungseinrichtung 14 sind für jede Anlage zur Roh-
35 eisenerzeugung 1a, 1b, von welcher Exportgas 2a, 2b bezogen wird, jeweils eine Verdichtungseinrichtung 15a, 15b und Rückführleitungen, für das jeweilige Recycle Gas 16a, 16b vorgesehen. Dabei können über die Verdichtungseinrichtungen

15a, 15b wieder unterschiedliche Austrittsdrücke eingestellt werden. Überschüssiges, für eine Druck- und Mengenregelung nicht benötigtes Recycle Gas 16a, 16b kann z.B. über Ableitungen 17a, 17b als so genanntes DR-Exportgas der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3 abgeführt und z.B. thermisch verwertet oder über die Gasentsorgungseinrichtung 18 abgeblasen werden.

Auch bei der in Figur 3 dargestellten Variante der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3 kann alternativ die Gaswärmetauschkvorrichtung 5 - wie in Figur 1 dargestellt - auch nach den parallelen Einrichtungen zur Trennung von Gasgemischen 7a, 7b und vor der Turbine 8 angeordnet sein.

Durch einen Einsatz von einer Turbine 8 bzw. Entspannungsturbine 8 in der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3 kann je nach Anlagengröße beispielsweise elektrische Energie von ca. 2 bis 6 MWh/h zurück gewonnen bzw. eingespart werden. Dadurch kann der Energieverbrauch einer derartigen Anlage 3 erheblich reduziert und Betriebskosten gesenkt werden. Darüber hinaus ergibt sich durch den Einsatz der Turbine 8 beispielsweise auch eine Reduktion der CO₂-Emission der Anlage 3, da ein geringerer Bezug von elektrischer Energie für den Betrieb der Anlage 3 notwendig ist.

Bezugszeichenliste

- 1, 1a, 1b Anlage zur Roheisenerzeugung, insbesondere
Schmelzreduktionsanlage
- 5 2, 2a, 2b Exportgas der Anlage zur Roheisenerzeugung
- 3 Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten
Metallerzen bzw. Eisen (DR-Anlage)
- 4, 4a, 4b Verdichtungseinrichtung für Einrichtung zur
Trennung von Gasgemischen (z.B. Kompressor)
- 10 5, 5a, 5b Gaswärmetauschvorrichtung
- 6, 6a, 6b Abkühleinrichtung (z.B. Wärmetauscher)
- 7, 7a, 7b Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen - CO₂-
Entfernung
- 8, 8a, 8b Expansionsturbine
- 15 9, 9a, 9b Einrichtung zur Regelung der Prozessgasmenge
- 10 Heizeinrichtung für Reduktionsgas (z.B.
Reduktionsgasofen)
- 11 Reduktionsgas
- 12 Reduktionsaggregat
- 20 13 Topgas bzw. Topgasleitung
- 14 Gasreinigungseinrichtung für Topgas
- 15, 15a, 15b Verdichtungseinrichtung für Recycle Gas
(z.B. Kompressor)
- 16, 16a, 16b Recycle Gas bzw. Recycle Gas-Leitung
- 25 17, 17a, 17b Ableitung für überschüssige Prozessgase
- 18 Gasentsorgungseinrichtung (z.B. Fackel)
- 19 Rauchgas aus Heizeinrichtung für Reduktionsgas (z.B.
Reduktionsgasofen)

Patentansprüche

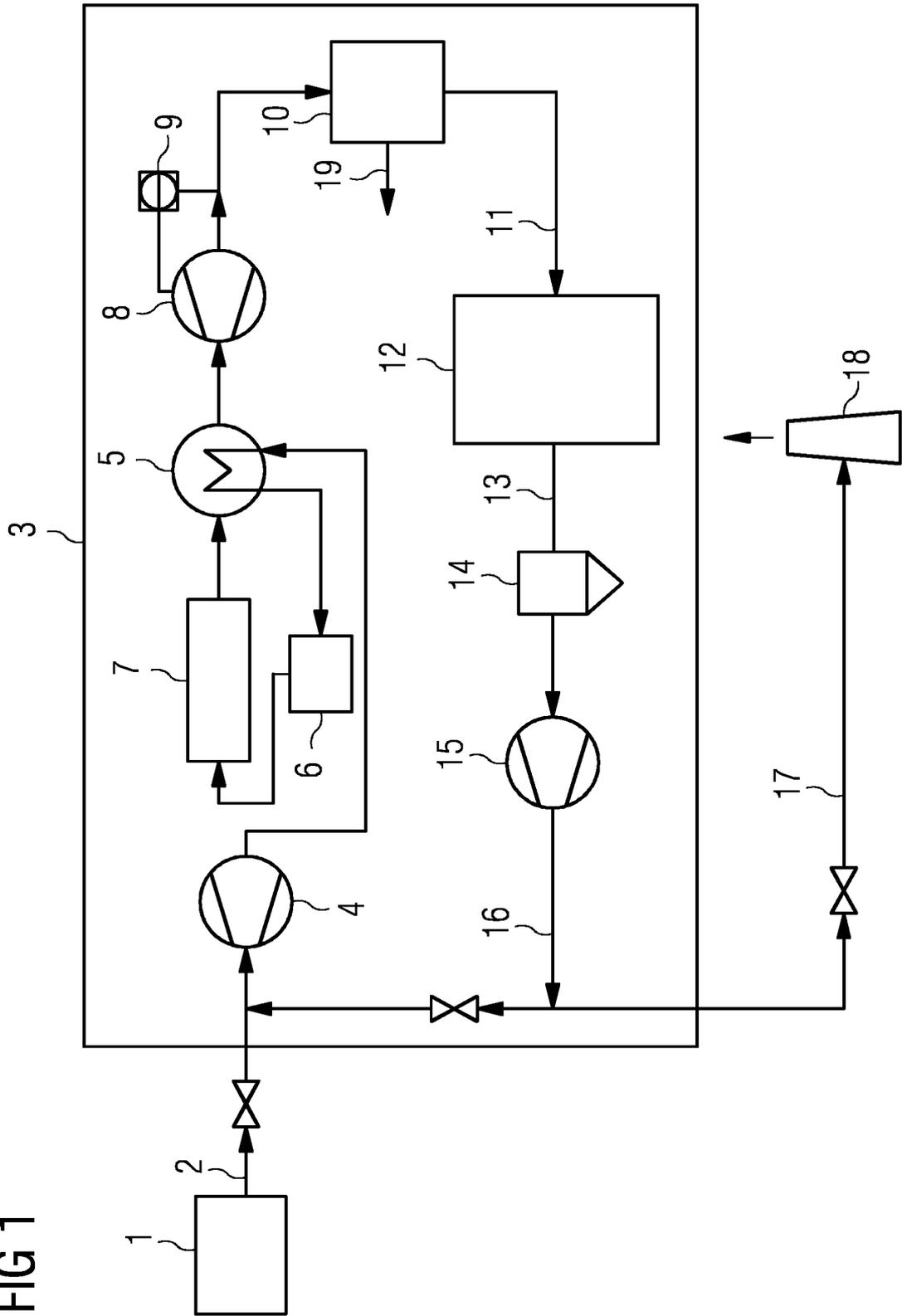
1. System zur Energieoptimierung in einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen (3), welche
5 zumindest ein Reduktionsaggregat (12), eine Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) sowie eine dem Reduktionsaggregat (12) vorgeschaltete Gaserwärmungseinrichtung (10) umfasst, und bei welcher zumindest ein Teil der Prozessgase (2, 2a, 2b) über eine Zuführleitung aus
10 zumindest einer Anlage zur Roheisenerzeugung (1, 1a, 1b), insbesondere einer Schmelzreduktionsanlage, zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Turbine (8, 8a, 8b), insbesondere Expansionsturbine, derart zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen
15 (7, 7a, 7b) und der dem Reduktionsaggregat (12) vorgeschalteten Gaserwärmungseinrichtung (10) eingepasst ist, dass ein Druckgefälle zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) und dem Reduktionsaggregat (12) in zum Betrieb weiterer Komponenten (4, 4a, 4b, 15, 15a, 15b) der Anlage zur Herstellung von direkt
20 reduzierten Metallerzen (3) nutzbare Energieformen umwandelbar ist.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
25 dass für eine Vorwärmung der Prozessgase (11) vor einer Weiterleitung zur dem Reduktionsaggregat (12) vorgeschalteten Gaserwärmungseinrichtung (10) eine Gaswärmetauschvorrichtung (5, 5a, 5b) derart eingepasst ist, dass Wärme von den in die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) eingeleiteten Prozessgasen (2, 16, 2a, 2b, 16a, 16b), insbesondere dem so genannte Exportgas (2, 2a, 2b), abgegeben wird.
3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
35 dass die Gaswärmetauschvorrichtung (5, 5a, 5b) der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) nachgeschaltet und der Turbine (8, 8a, 8b) vorgeschaltet angebracht ist.

4. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
dass die Gaswärmetauschkvorrichtung (5, 5a, 5b) der
Turbine (8, 8a, 8b) nachgeschaltet und der dem
5 Reduktionsaggregat (12) vorgeschalteten Gaserwärmungs-
einrichtung (10) vorgeschaltet angebracht ist.
5. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, dass die Turbine (8, 8a, 8b) für
10 eine Regelung einer Menge der von der Einrichtung zur
Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) zum Reduktions-
aggregat (12) fließenden Prozessgasen (11) und/oder für
eine Regelung eines Austrittsdrucks nach der Einrichtung
zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) eingerichtet
15 ist.
6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
dass die Turbine (8, 8a, 8b) für die Regelung der
Prozessgasmenge so genannte Einleitenvorrichtungen (9, 9a,
20 9b) aufweist.
7. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
dass die Turbine (8, 8a, 8b) für die Regelung der
Prozessgasmenge eine Vorrichtung zur Steuerung von
25 Ventilen (9, 9a, 9b) aufweist.
8. System nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass für eine Umwandlung
des Druckgefälles zwischen der Einrichtung zur Trennung
30 von Gasgemischen (7, 7a, 7b) und dem Reduktionsaggregat
(12) in elektrische Energie ein Generator vorgesehen ist.
9. System nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass für eine Umwandlung
35 des Druckgefälles zwischen der Einrichtung zur Trennung
von Gasgemischen (7, 7a, 7b) und dem Reduktionsaggregat
(12) in mechanische Energie eine mechanische Kopplung der
Turbine (8, 8a, 8b) mit Komponenten der Anlage zur

Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen (3), insbesondere Verdichtungseinrichtungen (4, 4a, 4b, 15, 15a, 15b), vorgesehen ist.

- 5 10. System nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Anfahren, Abfahren und/oder einen Teillastbetrieb der Anlagen zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen (3) eine Bypassleitung um die Turbine (8, 8a, 8b) vorgesehen ist.

FIG 1



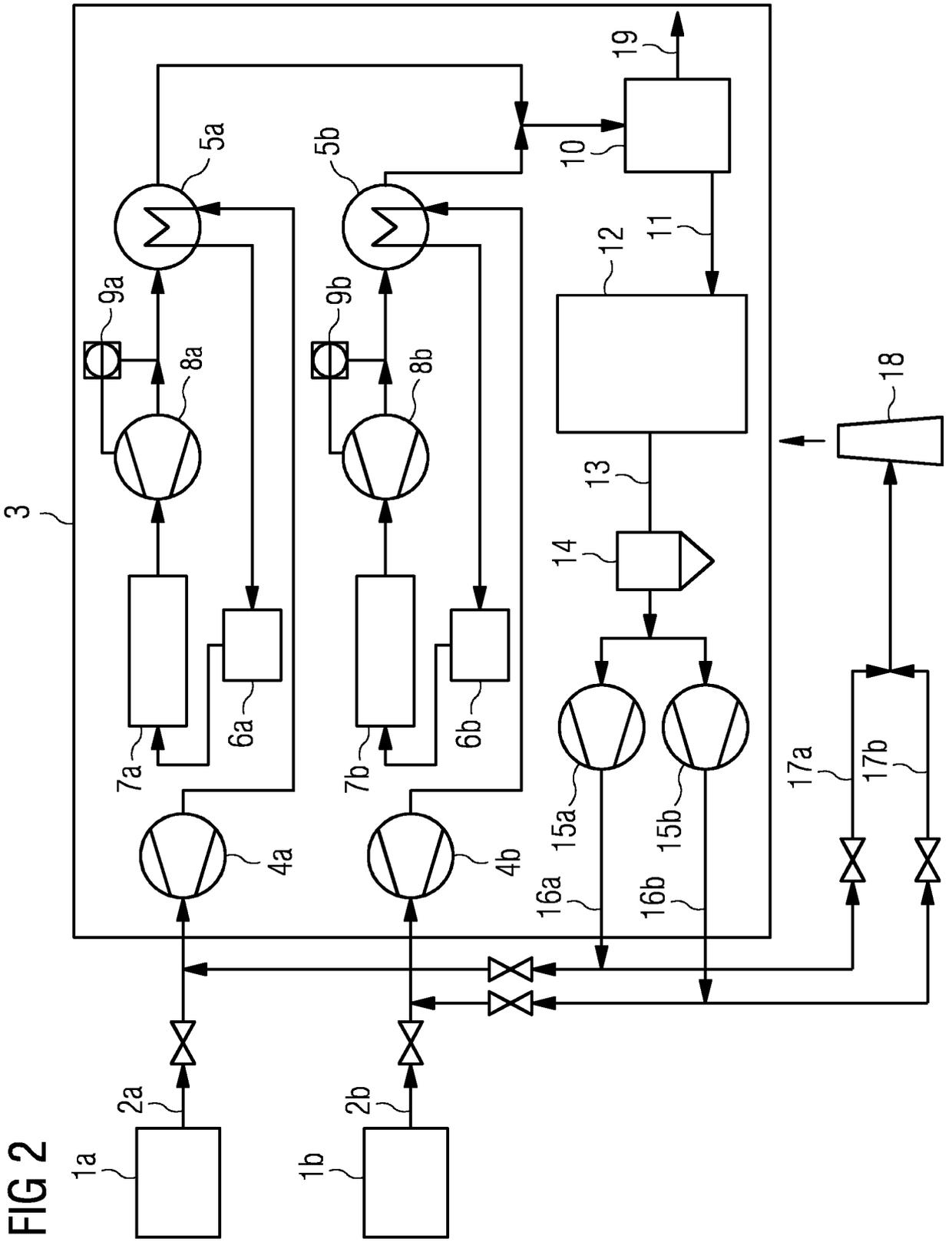
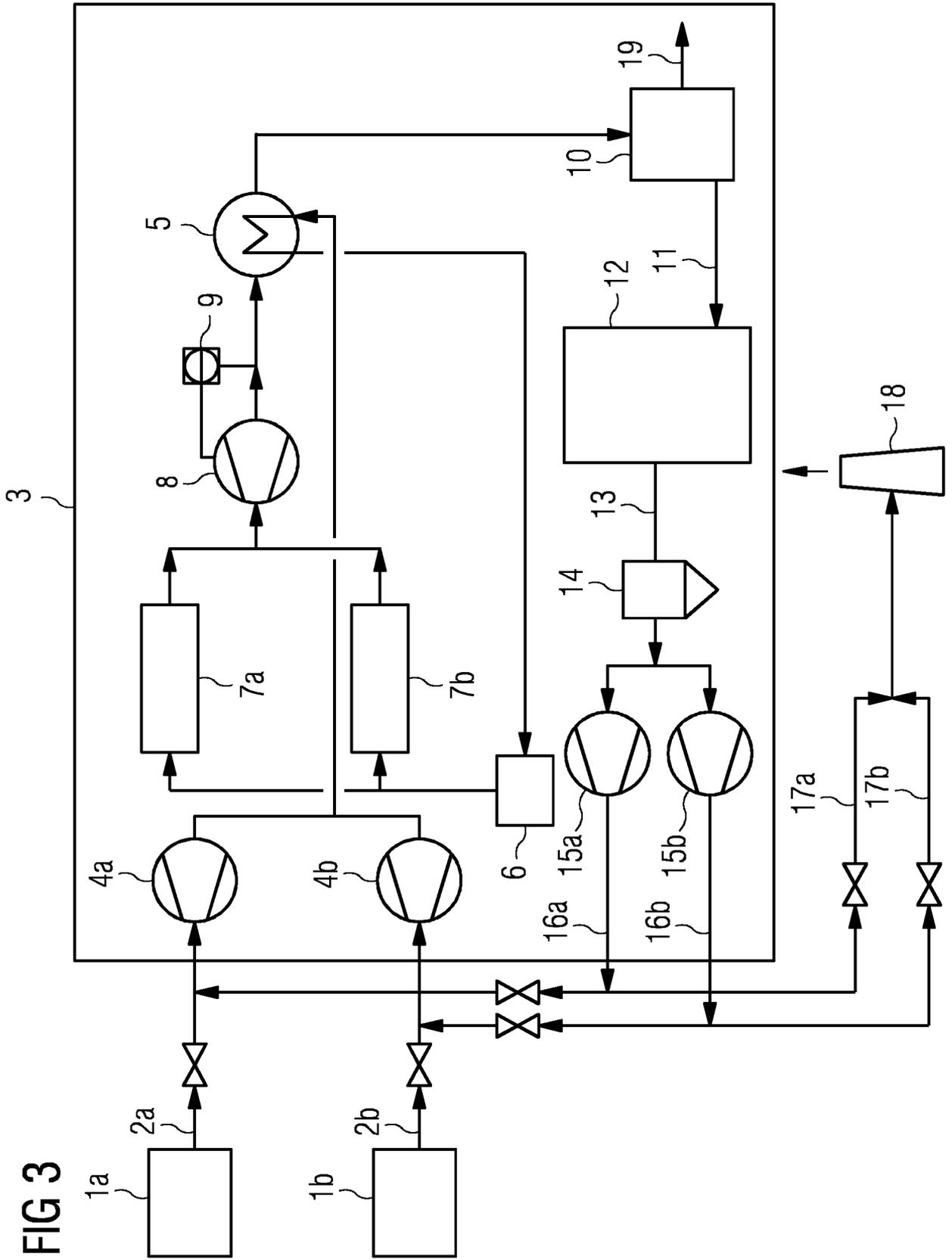


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/066662

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C21B13/00
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2008/146112 A1 (HYL TECHNOLOGIES S A DE C V [MX]; BECERRA-NOVOA JORGE OCTAVIO [MX]; DU) 4 December 2008 (2008-12-04) abstract figure 1 page 3, column 20 - page 4, column 20 page 5, paragraph 8 - paragraph 23 -----	1-10
X	WO 2010/020655 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]; VAN HEERINGEN GIJSBERT JAN [NL]; VAN JARWAARD) 25 February 2010 (2010-02-25) figure 1 paragraph [0055] - paragraph [0057] -----	1-10
A	WO 2009/037587 A2 (HYL TECHNOLOGIES S A DE C V [MX]; ZENDEJAS-MARTINEZ EUGENIO [MX]; DUAR) 26 March 2009 (2009-03-26) the whole document -----	1-10
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 11 January 2013	Date of mailing of the international search report 21/01/2013
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Gimeno-Fabra, Lluís
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/066662

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 934 904 A2 (TEXACO DEVELOPMENT CORP [US]) 11 August 1999 (1999-08-11) figures 1,4 paragraph [0060] - paragraph [0062] -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/066662

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008146112	A1	04-12-2008	CN 101755056 A
			US 2010162852 A1
			WO 2008146112 A1

WO 2010020655	A1	25-02-2010	US 2010050812 A1
			WO 2010020655 A1

WO 2009037587	A2	26-03-2009	NONE

EP 0934904	A2	11-08-1999	EP 0934904 A2
			US 6033456 A

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C21B13/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C21B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2008/146112 A1 (HYL TECHNOLOGIES S A DE C V [MX]; BECERRA-NOVOA JORGE OCTAVIO [MX]; DU) 4. Dezember 2008 (2008-12-04) Zusammenfassung Abbildung 1 Seite 3, Spalte 20 - Seite 4, Spalte 20 Seite 5, Absatz 8 - Absatz 23 -----	1-10
X	WO 2010/020655 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]; VAN HEERINGEN GIJSBERT JAN [NL]; VAN JARWAARD) 25. Februar 2010 (2010-02-25) Abbildung 1 Absatz [0055] - Absatz [0057] -----	1-10
A	WO 2009/037587 A2 (HYL TECHNOLOGIES S A DE C V [MX]; ZENDEJAS-MARTINEZ EUGENIO [MX]; DUAR) 26. März 2009 (2009-03-26) das ganze Dokument -----	1-10
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
11. Januar 2013	21/01/2013	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Gimeno-Fabra, Lluís	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 934 904 A2 (TEXACO DEVELOPMENT CORP [US]) 11. August 1999 (1999-08-11) Abbildungen 1,4 Absatz [0060] - Absatz [0062] -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/066662

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2008146112 A1	04-12-2008	CN 101755056 A US 2010162852 A1 WO 2008146112 A1	23-06-2010 01-07-2010 04-12-2008
WO 2010020655 A1	25-02-2010	US 2010050812 A1 WO 2010020655 A1	04-03-2010 25-02-2010
WO 2009037587 A2	26-03-2009	KEINE	
EP 0934904 A2	11-08-1999	EP 0934904 A2 US 6033456 A	11-08-1999 07-03-2000