

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1310/2011
(22) Anmeldetag: 13.09.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2013

(51) Int. Cl. : **C22B 5/12** (2012.01)
C21B 5/06 (2012.01)
C21B 11/02 (2012.01)
C21B 13/02 (2012.01)
C21B 13/14 (2012.01)
F01D 15/10 (2012.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2008146112 A1
AT 509224 A4 AT 507525 A1
AT 507713 A1

(73) Patentinhaber:
SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES
GMBH
4031 LINZ (AT)

(72) Erfinder:
MILLNER ROBERT
LOOSDORF (AT)
ROSENFELLNER GERALD
ERTL (AT)
SPRENGER HARALD
FREISTADT (AT)

(54) VORRICHTUNG ZUR ENERGIEOPTIMIERUNG IN EINER ANLAGE ZUR HERSTELLUNG VON DIREKT REDUZIERTEN METALLERZEN

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung 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. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung 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.

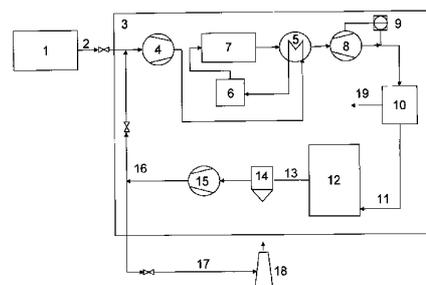


Fig. 1

Beschreibung

VORRICHTUNG ZUR ENERGIEOPTIMIERUNG IN EINER ANLAGE ZUR HERSTELLUNG VON DIREKT REDUZIERTEN METALLERZEN

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Energieoptimierung in einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen, insbesondere direkt reduziertem Eisen. Dabei weist eine Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen bzw. Metallen, insbesondere Eisen, zumindest ein Reduktionsaggregat (z.B. Wirbelschichtreaktorsystem, Festbettreduktionsschacht wie z.B. MIDREX®-Reduktionsschacht, 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 Metallerzen notwendigen Prozessgase werden zumindest teilweise über eine Zuführleitung aus zumindest einer Anlage zur Roheisenerzeugung wie z.B. einer Schmelzreduktionsanlage zugeführt und gegebenenfalls teilweise durch Recycling aus dem Herstellungsprozess selbst gewonnen.

Stand der Technik

[0002] Die so genannte Direktreduktion von Metallerzen bzw. Metallen, insbesondere von Eisenerz bzw. Eisenoxid zu direkt reduziertem Eisen bzw. Eisenschwamm wird z.B. in einer 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, 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.

[0003] 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 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 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 beispielsweise einen Metallisierungsgrad von ca. 45 bis zu über 95% auf.

[0004] 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 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 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 als so genanntes Topgas oder Off-Gas aus dem Reduktionsaggregat abgeleitet.

[0005] Danach wird das Reduktionsgas in einer Gasreinigungseinrichtung (z.B. Gaswäscher) gereinigt und gegebenenfalls als so genanntes Recycle Gas zur Entfernung von Kohlendioxid CO₂ zu einer dem Reduktionsaggregat vorgeschalteten Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen mit zugehöriger Verdichtungseinrichtung weitergeleitet. Als Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen kommen insbesondere Druckwechsel-Adsorptionsanlagen wie z.B. Pres-

sure Swing Adsorption (PSA), Vakuum Pressure Swing Adsorption (VPSA) zum Einsatz, da diese im Vergleich zu anderen Absorptionsverfahren 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.

[0006] 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.

[0007] 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 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.

[0008] 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 bar Überdruck für die CO₂-Entfernung benötigt.

[0009] 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 einen optimale Funktionsweise der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen abgebaut werden muss.

[0010] 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 vorgeschalteten 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 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

Vakuum-Druckwechsel-Adsorption (VPSA) und einem so genannten 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. Daneben ist auch ein durch die Ventilstation entstehender Lärm relativ hoch.

[0011] Weiters kann das Exportgas, welches zumindest teilweise als Prozessgas in die Anlage zur Herstellung von direkt 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 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 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

[0012] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, durch welche ungenutzte Druckdifferenzen sinnvoll genutzt und Verluste von Exportgas vermieden werden können sowie die Wirtschaftlichkeit einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen gesteigert wird.

[0013] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch eine Vorrichtung 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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 wäh-

rend 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. H₂S, PAK, etc.) zu einem hohen Prozentsatz (z.B. 99% für H₂S) 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.

[0017] In weiterer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass für eine Vorwärmung der Prozessgase vor einer Weiterleitung zur Gaserwärmungseinrichtung, welche dem Reduktionsaggregat vorgeschaltet ist, eine Gaswärmetauschvorrichtung 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 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 Gaserwärmungseinrichtung zusätzlich Energie gespart werden.

[0018] Die Gaswärmetauschvorrichtung kann vorteilhafter Weise zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen und der Turbine bzw. Entspannungsturbine vorgesehen sein. Eine der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen nach- und der Turbine vorgeschaltete Gaswärmetauschvorrichtung weist den Vorteil auf, dass die vor der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen vom Prozessgas, insbesondere Exportgas, abgegebene Wärme zusätzlich zur Energiegewinnung in der Turbine genutzt werden kann.

[0019] Alternativ kann es auch günstig sein, wenn die Gaswärmetauschvorrichtung der dem Reduktionsaggregat vorgeschalteten Gaserwärmungseinrichtung vorgeschaltet und damit der Turbine 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 der Gaswärmetauschvorrichtung abgegebene Wärme zur teilweisen Erwärmung der zum Reduktionsaggregat geleiteten Gase genutzt wird.

[0020] Die Energie für eine Vorwärmung des Gases aus der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen, des so genannten Produktgases, kann beispielsweise auch aus folgenden Abwärmequellen stammen:

[0021] - Rauchgas der Heizeinrichtung für Reduktionsgas (z.B. Reduktionsgasofen)

[0022] - so genanntes Topgas aus dem Reduktionsaggregat

[0023] - Kühlgas, welches zur Kühlung des heißen reduzierten Materials im Reduktionsaggregat oder in einer nachgeschalteten Kühleinrichtung zum Einsatz kommt

[0024] - Abwärmen aus einem vorgeschalteten Eisenerzeugungsverfahren (z.B. Topgas, Off-Gas, Generatorgas, etc.)

[0025] 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 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 - 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 Einrich-

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

[0026] Zusätzlich wird im Reduktionsaggregat eine annähernd konstante Menge an Prozessgasen, insbesondere Reduktionsgas, vorausgesetzt. Diese annähernd konstante Gasmenge bzw. ein 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 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.

[0027] Dabei ist es von Vorteil, wenn für die Regelung der Prozessgasmenge bzw. des Prozessgasmengenflusses die Turbine entweder eine so genannte Einleitvorrichtung ausweist oder 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.

[0028] 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 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 Weise Stromverbrauch bzw. Stromkosten der Anlage reduziert.

[0029] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann vorgesehen sein, dass für eine Umwandlung des Druckgefälles zwischen der Einrichtung zur Trennung von 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, Kühlgaskompressoren 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 zusätzlich ein Einsatz eines Generators und die dafür entstehenden Kosten eingespart werden.

[0030] 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 einem Teillastbetrieb für konstante Druck- und Prozessgasmengen-Verhältnisse in der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen gesorgt.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0031] Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise anhand der beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen:

[0032] Figur 1 beispielhaft und schematisch einen Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Energieoptimierung in einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen bzw. in einer Verbundanlage

[0033] Figur 2 eine schematische und beispielhafte Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Energieoptimierung, bei Zufuhr von Exportgas aus zwei Anlagen zur Roheisenerzeugung

[0034] Figur 3 schematisch und beispielhaft eine weitere Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Energieoptimierung, bei Zufuhr von Exportgas aus zwei Anlagen zur Roheisenerzeugung

Ausführung der Erfindung

[0035] In Figur 1 ist schematisch und beispielhaft ein Aufbau einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3, insbesondere Eisen, dargestellt, welche die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Energieoptimierung umfasst. Prozessgase 2, 11, 16 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.

[0036] Bei einer Verbundanlage wird üblicherweise ein Exportgas 2 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 zur Roheisenerzeugung 1 beispielsweise bei einem Schmelzreduktionsverfahren 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.

[0037] Das Exportgas 2 gelangt als Prozessgas über eine Zuführleitung 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 genannte Top-Gas oder Recycle Gas 16 der Anlage 3 wieder für einen Reduktionsprozess aufbereitet und zurückgeführt wird.

[0038] Das Exportgas 2 und das Recycle Gas 16 werden einer Verdichtungseinrichtung 4 (z.B. Kompressor) zugeführt, welche einer nachgeschalteten Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 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 zu beachten, dass zwischen dem Exportgas 2 und dem Recycle Gas 16 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 notwendige Recycle Gas 16 kann beispielsweise über eine 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.

[0039] 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 beispielsweise 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 Entspannungseinrichtung 8 dient. Zur weiteren Abkühlung wird das Prozessgas 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.

[0040] 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 Einrichtung für Druckwechsel-Adsorption 7 (Pressure Swing Adsorption (PSA)) oder als eine so genannte Vakuum-Druckwechsel-Adsorptionseinrichtung 7 (VPSA) ausgeführt sein.

[0041] Dann wird das weitgehend von CO₂ und/oder Wasserdampf 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 Gasbe-

standteilen 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.

[0042] Ein Abbau des Druckgefälles ist notwendig, da für eine effiziente und wirtschaftliche CO₂-Entfernung aus dem Prozessgas 2 bei der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7 üblicherweise ein Eingangsdruckniveau 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 benötigt. Das Reduktionsaggregat 12 setzt allerdings einen wesentlich niedrigeren Betriebsdruck (z.B. bei einem so genannten MIDREX®-Reduktionsschicht ca. 1,2 bis 1,5 bar Überdruck) voraus. Damit ergibt sich durch den einerseits relativ hohen Betriebsdruck der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7, insbesondere bei Einsatz einer PSA, und den andererseits relativ niedrigen Betriebsdruck des Reduktionsaggregats 12 eine Druckdifferenz, welche für eine optimale Funktionsweise der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3 abgebaut werden muss. In der Turbine 8 wird dieses Druckgefälle daher abgebaut und in eine für die Anlage 3 nutzbare Energieform umgewandelt.

[0043] Für die Umwandlung bzw. Nutzung der Energie kann die Turbine 8 mit einem Generator gekoppelt sein, durch welchen die im 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 einer mechanischen Kopplung zu weiteren Komponenten, insbesondere den Kompressoren 4, 15, versehen sein, um die im Druckgefälle gespeicherte Energie als mechanische Energie zu nutzen.

[0044] 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 Gasgemischen 7 nicht überschritten wird bzw. keine Schäden an dieser entstehen. Als Einrichtung zur Regelung der Prozessgasmenge 9 können entweder eine Einleitvorrichtung oder eine Einrichtung zur Steuerung von Ventilen vorgesehen sein.

[0045] 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. 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.

[0046] 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 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.) zurückgegriffen werden.

[0047] 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 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 12 können je nach vorliegendem, zu reduzierendem Material (Erz in stückiger Form, Pellet, Feinerz, etc.) ein Festbettreduktionsschicht wie z.B. MIDREX®-Reduktionsschicht oder ein Wirbelschichtreaktorsystem verwendet werden.

[0048] 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 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.

[0049] 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 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 Komponenten wie z.B. die Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7a, 7b mit zugehöriger Verdichtungseinrichtung 4a, 4b, die Gaswärmetauschkvorrichtung 5a, 5b, die Turbine 8a, 8b, etc. für das jeweilige Druckniveau vorzusehen.

[0050] Dabei wird das Exportgas 2a aus der ersten Anlage zur Roheisenerzeugung 1a über einen ersten Zweig mit Verdichtungseinrichtung 4a, Gaswärmetauschkvorrichtung 5a und zusätzlicher Abkühlleinrichtung 6a zu einer ersten Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen 7a geführt. Das bestehende Druckgefälle zum Reduktionsaggregat 12 wird dann über eine erste Turbine 8a mit einer Einrichtung zur Regelung der jeweiligen Prozessgasmenge 9a durch die Gaswärmetauschkvorrichtung 5a zum Vorwärmen zur Heizvorrichtung 10 und damit dem Reduktionsaggregat 12 zugeführt.

[0051] Das Exportgas 2b aus einer zweiten Anlage zur Roheisenerzeugung 2b wird über einen zweiten, parallelen Zweig, welcher ebenfalls eine Verdichtungseinrichtung 4b, eine Gaswärmetauschkvorrichtung 5b und eine zusätzliche Abkühlleinrichtung 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.

[0052] 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.

[0053] 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.

[0054] 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 Zweig zu einer zweiten

Verdichtungseinrichtung 4b geführt. Dann werden die beiden Zweige zusammengeführt und das Exportgas 2a, 2b gemeinsam zu einer Gaswärmetauschvorrichtung 5 und einer zusätzlichen Abkühlvorrichtung 6 geleitet. Der unterschiedliche Exportgasdruck an der Übergabestelle wird bei der in Figur 3 dargestellten Anlage 3 beispielsweise über die zwei parallelen Verdichtungseinrichtungen 4a, 4b geregelt.

[0055] Nach der zusätzlichen Abkühlvorrichtung 6 können für ein Entfernen von CO₂ und/oder Wasserdampf aus dem Prozessgas 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 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.

[0056] 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 Roheisenerzeugung 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.

[0057] Auch bei der in Figur 3 dargestellten Variante der Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen 3 kann alternativ die Gaswärmetauschvorrichtung 5 - wie in Figur 1 dargestellt - auch nach den parallelen Einrichtungen zur Trennung von Gasgemischen 7a, 7b und vor der Turbine 8 angeordnet sein.

[0058] 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
- 2, 2a, 2b Exportgas der Anlage zur Roheisenerzeugung, Prozessgas
- 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)
- 5a, 5b Gaswärmetauschvorrichtung
- 6a, 6b Abkühlleinrichtung (z.B. Wärmetauscher)
- 7a, 7b Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen - CO₂-Entfernung
- 8a, 8b Expansionsturbine
- 9a, 9b Einrichtung zur Regelung der Prozessgasmenge
- 10 Heizeinrichtung für Reduktionsgas (z.B. Reduktionsgasofen)
- 11 Reduktionsgas
- 12 Reduktionsaggregat
- 13 Topgas bzw. Topgasleitung
- 14 Gasreinigungseinrichtung für Topgas
- 15, 15a, 15b Verdichtungseinrichtung für Recycle Gas (z.B. Kompressor)
- 16a, 16b Recycle Gas bzw. Recycle Gas-Leitung
- 17a, 17b Ableitung für überschüssige Prozessgase
- 18 Gasentsorgungseinrichtung (z.B. Fackel)
- 19 Rauchgas aus Heizeinrichtung für Reduktionsgas (z.B. Reduktionsgasofen)

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Energieoptimierung in einer Anlage zur Herstellung von direkt reduzierten Metallerzen (3), welche 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 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 (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 reduzierten Metallerzen (3) nutzbare Energieformen umwandelbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass für eine Vorwärmung von Reduktionsgasen (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. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, 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. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gaswärmetauschvorrichtung (5, 5a, 5b) der Turbine (8, 8a, 8b) nachgeschaltet und der dem Reduktionsaggregat (12) vorgeschalteten Gaserwärmungseinrichtung (10) vorgeschaltet angebracht ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Turbine (8, 8a, 8b) für eine Regelung einer Menge der von der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) zum Reduktionsaggregat (12) fließenden Reduktionsgase (11) und/oder für eine Regelung eines Austrittsdrucks nach der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) eingerichtet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Turbine (8, 8a, 8b) für die Regelung der Prozessgasmenge so genannte Einleitvorrichtungen (9, 9a, 9b) aufweist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Turbine (8, 8a, 8b) für die Regelung der Prozessgasmenge eine Vorrichtung zur Steuerung von Ventilen (9, 9a, 9b) aufweist.
8. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für eine Umwandlung des Druckgefälles zwischen der Einrichtung zur Trennung von Gasgemischen (7, 7a, 7b) und dem Reduktionsaggregat (12) in elektrische Energie ein Generator vorgesehen ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für eine Umwandlung 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.

10. Vorrichtung 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.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

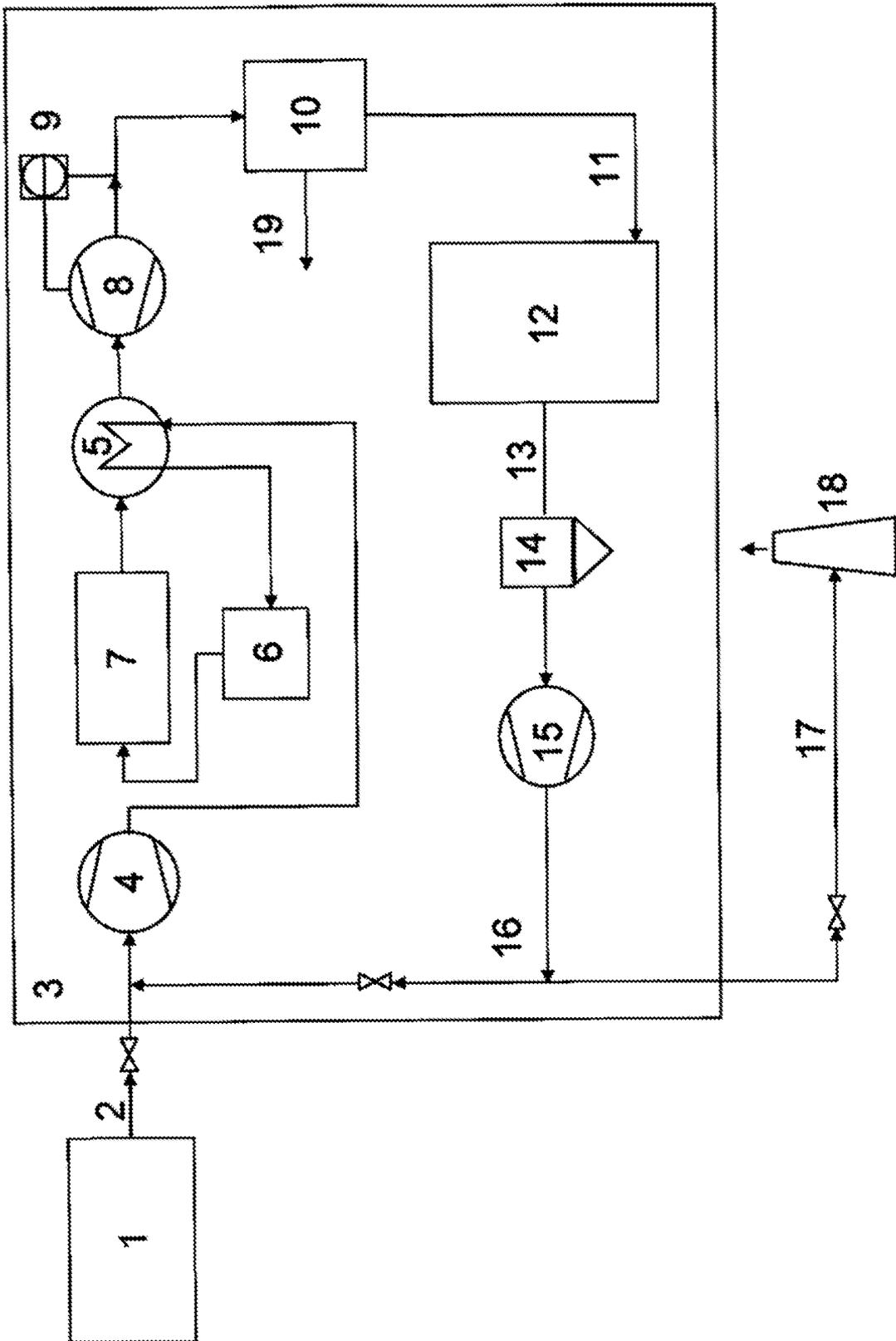


Fig. 1

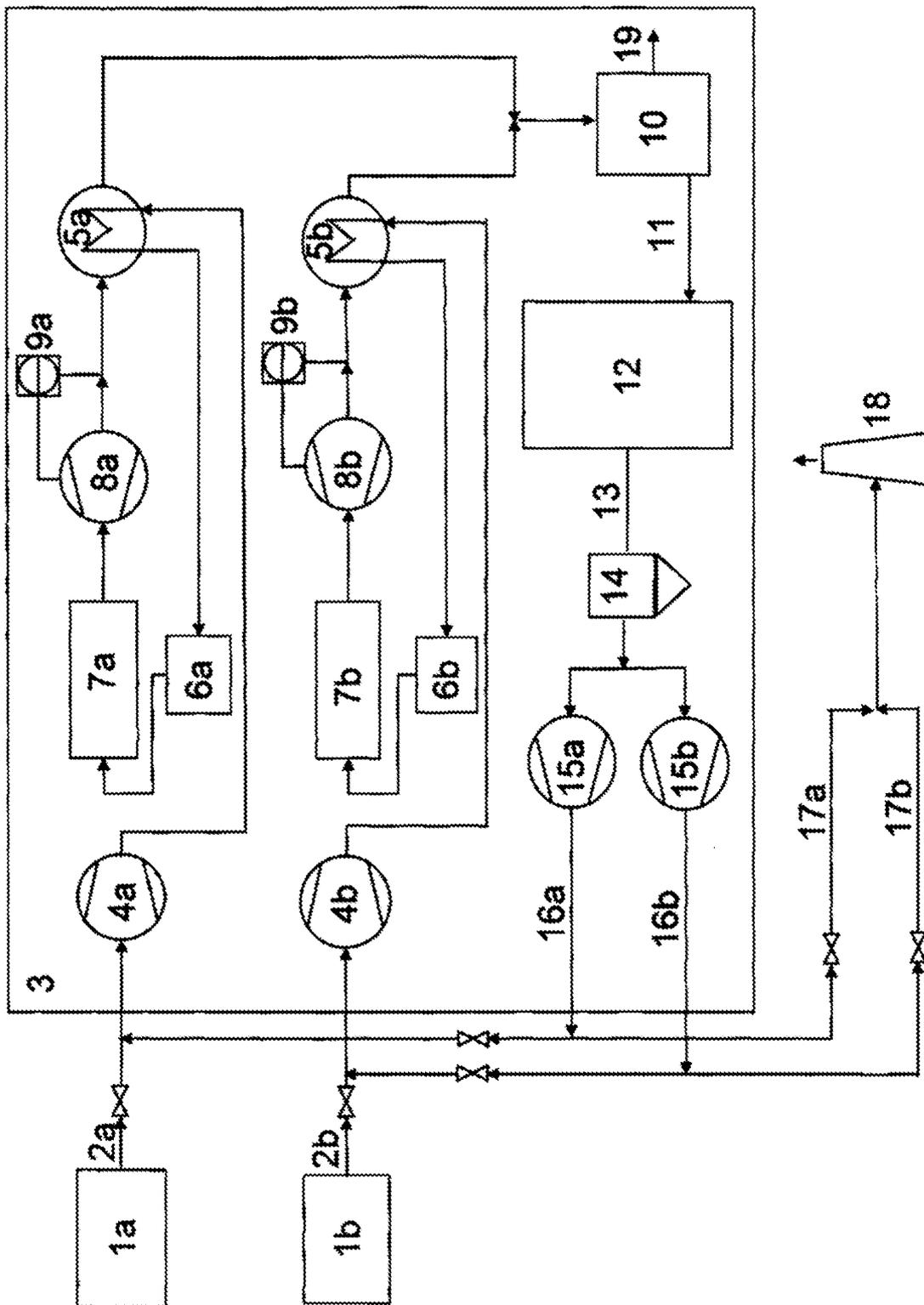


Fig. 2

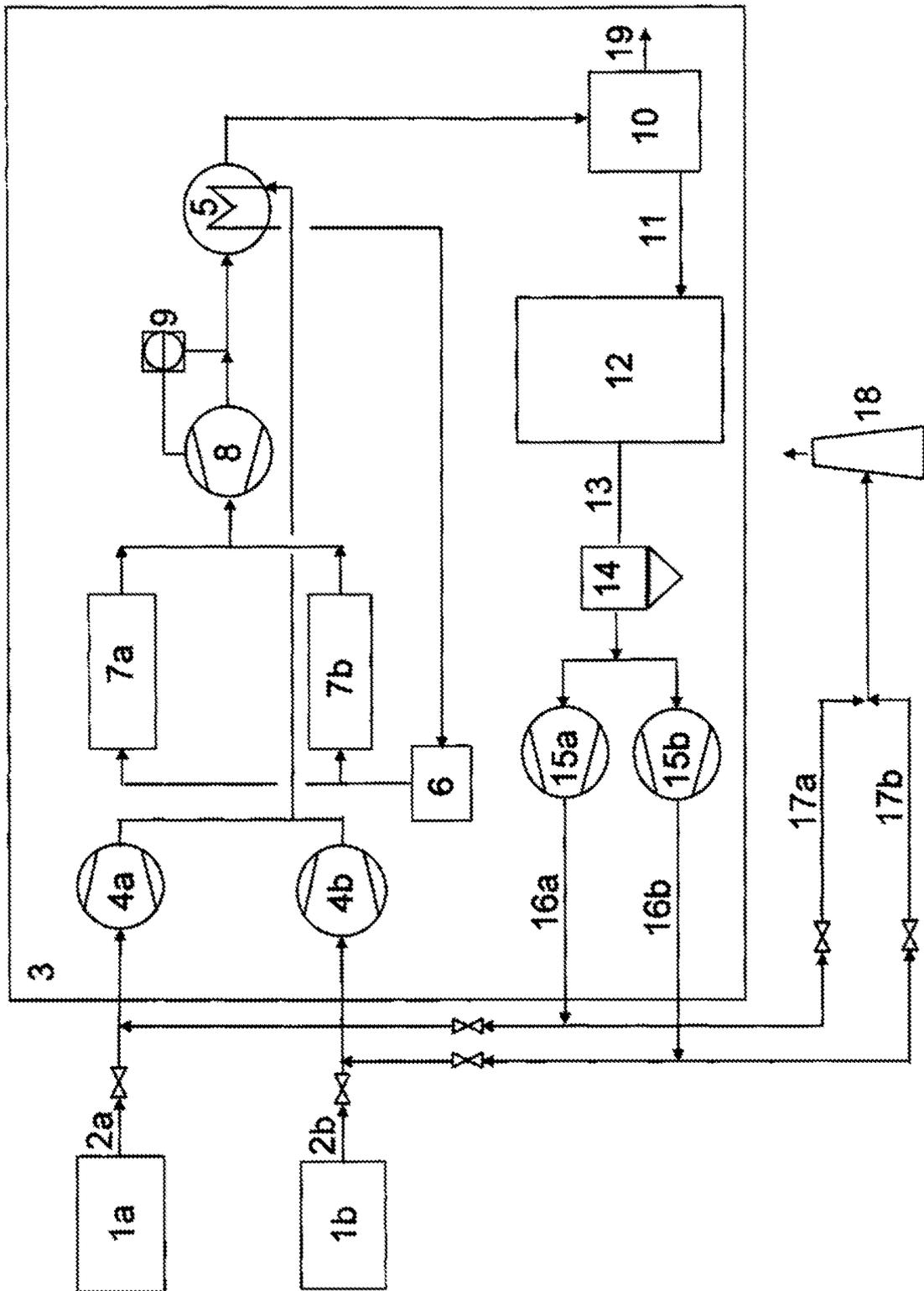


Fig. 3