

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1658/2008**

(22) Anmeldetag: **23.10.2008**

(43) Veröffentlicht am: **15.05.2010**

(51) Int. Cl.⁸: **C22B 5/00** (2006.01),
C22B 7/00 (2006.01),
C21B 5/00 (2006.01),
C21B 11/00 (2006.01),
C21B 13/00 (2006.01),
F27D 17/00 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

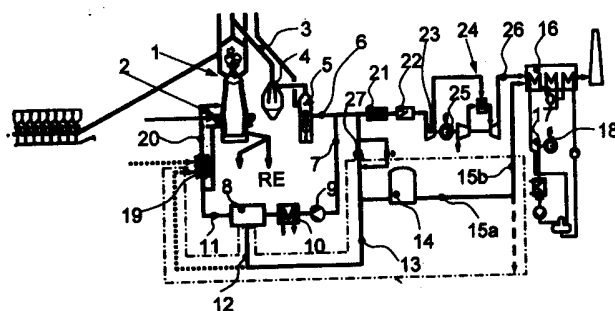
SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES
GMBH & CO
A-4031 LINZ (AT)

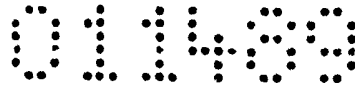
(72) Erfinder:

MILLNER ROBERT DIPL.ING.
LOOSDORF (AT)
SCHENK JOHANNES LEOPOLD DR.
LINZ (AT)
WIEDER KURT DIPL.ING.
SCHWERTBERG (AT)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETRIEB EINES SCHMELZREDUKTIONSVERFAHRENS**

(57) Gezeigt werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb eines Schmelzreduktionsverfahrens, wobei zumindest ein Teil eines Exportgases aus einem Hochofen oder einem Reduktionsaggregat in einer Gasturbine thermisch verwertet und das Abgas dieser Gasturbine in einer Abwärmepferzeugung zur Erzeugung von Dampf genutzt wird. Ein verbleibender Teil des Exportgases wird einer Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ zugeführt, wobei das dabei entstehende Tailgas einer Abwärmepferzeugung zugeführt und zur zusätzlichen Erzeugung von Dampf verbrannt wird. Durch die Erfindung werden die brennbaren Anteile des Tailgases einer thermischen Verwertung in einem Dampferzeuger zugeführt, sodass die Energiebilanz der thermischen Exportgasnutzung insgesamt verbessert wird. Darüber hinaus wird ein weiterer Teil des Exportgases durch die Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ qualitativ verbessert, wodurch ein hochwertiges Reduktionsgas erzeugt wird, das einer metallurgischen Nutzung zugeführt werden kann.

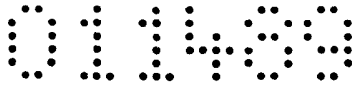




ZUSAMMENFASSUNG

Gezeigt werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb eines Schmelzreduktionsverfahrens, wobei zumindest ein Teil eines Exportgases aus einem Hochofen oder einem Reduktionsaggregat in einer Gasturbine thermisch verwertet und das Abgas dieser Gasturbine in einer Abwärmedampferzeugung zur Erzeugung von Dampf genutzt wird. Ein verbleibender Teil des Exportgases wird einer Einrichtung zur Abscheidung von CO_2 zugeführt, wobei das dabei entstehende Tailgas einer Abwärmedampferzeugung zugeführt und zur zusätzlichen Erzeugung von Dampf verbrannt wird. Durch die Erfindung werden die brennbaren Anteile des Tailgases einer thermischen Verwertung in einem Dampferzeuger zugeführt, sodass die Energiebilanz der thermischen Exportgasnutzung insgesamt verbessert wird. Darüber hinaus wird ein weiterer Teil des Exportgases durch die Einrichtung zur Abscheidung von CO_2 qualitativ verbessert, wodurch ein hochwertiges Reduktionsgas erzeugt wird, das einer metallurgischen Nutzung zugeführt werden kann.

Fig. 1

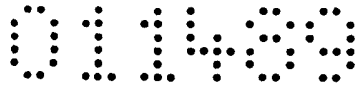


Verfahren und Vorrichtung zum Betrieb eines Schmelzreduktionsverfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Schmelzreduktionsverfahrens, insbesondere mit einem Hochofen oder mit einem Schmelzaggregat und zumindest einem Reduktionsaggregat, wobei Einsatzstoffe, unter Verwendung von Kohlenstoffträgern und gegebenenfalls Zuschlagstoffen, mittels eines Reduktionsgases reduziert und zu Roheisen oder Stahlvorprodukten erschmolzen werden und das umgesetzte Reduktionsgas als Topgas abgeleitet und gereinigt als Exportgas abgeführt wird.

Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zum Betrieb eines Schmelzreduktionsverfahrens mit einem Hochofen, oder mit einem Schmelzaggregat und zumindest einem Reduktionsaggregat, wobei Einsatzstoffe, unter Verwendung von Kohlenstoffträgern und gegebenenfalls Zuschlagstoffen, mittels eines Reduktionsgases reduziert und zu Roheisen oder Stahlvorprodukten erschmolzen werden können und das umgesetzte Reduktionsgas als Topgas abgeleitet und gereinigt, gegebenenfalls gemischt mit gereinigtem und gekühltem Überschussgas aus dem Schmelzaggregat, als Exportgas abgeführt werden kann.

Es ist aus dem Stand der Technik bekannt, dass Prozessgase, wie z.B. Topgas aus Schmelzreduktionseinrichtungen bzw. eine Mischung aus Restgasen in anderen Prozessen und Anlagen verarbeitet werden, wobei häufig die thermische und chemische Energie des Topgases genutzt werden. Problematisch sind eine schwankende Gaszusammensetzung und der niedrige Exportgasdruck nach den Wäschersystemen, die eine effizientere Verarbeitung der Exportgase erschweren. Weiters ist bekannt, dass das Exportgas bzw. reines Topgas in Turbinen zur Erzeugung von kinetischer Energie (Entspannungsturbinen) und Wärme (Gasturbinen) herangezogen wird. Auch hier liegt die Problematik darin, dass das Exportgas aufgrund des geringen Druckes, des niedrigen

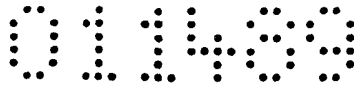


Heizwertes nach Zumischung von Restgas aus einer CO₂-Entfernungsanlage und der Heizwertschwankungen nur unter Nachteilen in einer Gasturbine bzw. einem Gas- und Dampfkraftwerk eingesetzt werden kann.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, das eine bessere und effizientere Nutzung der Prozessgase und eine insgesamt verbesserte Energiebilanz im Verbund zwischen einem Schmelzreduktionsverfahren und einer Exportgasnutzung z.B. durch eine Gasturbine bzw. einem Gas- und Dampfkraftwerk bewirkt.

Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 1 und durch die Vorrichtung nach Anspruch 18 gelöst.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird zumindest ein Teil des Exportgases in einer Gasturbine thermisch verwertet. Das Abgas dieser Gasturbine wird in einer Abwärmepfängerzeugung zur Erzeugung von Dampf genutzt. Ein weiterer Teil des Exportgases wird einer Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ und/oder dem Niederdruckexportgassystem zugeführt, wobei das dabei entstehende Tailgas, also das Restgas, das durch die Abscheidung des CO₂ entsteht, der Abwärmepfängerzeugung zugeführt und zur zusätzlichen Erzeugung von Dampf verbrannt wird. Dadurch wird einerseits das Exportgas durch die Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ qualitativ verbessert, dabei dessen Reduktionspotential, also dessen Anteil an reduzierenden Komponenten, angehoben bzw. ein hochwertiges Reduktionsgas erzeugt, das einer metallurgischen Nutzung zugeführt werden kann. Andererseits werden brennbare Anteile des Tailgases einer thermischen Verwertung zugeführt, sodass die Energiebilanz verbessert wird. Vorteilhaft ist dabei, dass das Exportgas, das einen höheren Druck und einen höheren Anteil an brennbaren Komponenten aufweist getrennt von dem Tailgas behandelt wird. Damit wird die Qualität des Exportgases, das in der Gasturbine verbrannt wird, nicht durch das Tailgas vermindert, sodass aufwändige Drucksteigerungen oder auch eine

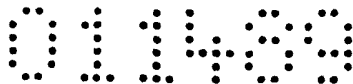


geringere Energieausbeute in der Gasturbine vermieden werden. Insbesondere stellen Brennwertschwankungen, wie sie prozessbedingt im Tailgas bei Einrichtungen zur Abscheidung von CO₂, insbesondere bei Verwendung einer CO₂-Abscheidung mittels Adsorptionsverfahren, nicht vermieden werden können, nun kein Problem mehr für die Gasturbine dar. Der effiziente Betrieb von Gasturbinen setzt ein Brenngas mit weitgehend gleichmäßigem Brennwert voraus, sodass durch eine separate Verarbeitung des Tailgases nur Vorteile in der Gasturbine entstehen.

Da die Reduktionsgasmenge aus dem Einschmelzvergaser nicht gleichmäßig ist, muss eine Regelgasmenge, das sogenannte Überschussgas als Exportgas ausgeschleust werden. Die Menge an Überschussgas ergibt sich aufgrund einer im Reduktionsaggregat benötigten möglichst gleichmäßigen Reduktionsgasmenge und einer Systemdruckregelung im Schmelzaggregat.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Topgas aus dem Hochofen oder aus dem Reduktionsaggregat abgezogen. Neben einer Verwendung eines Teilstromes in der CO₂-Abscheidung, kann das Exportgas einer Gasturbine zugeführt werden und somit die Energiebilanz des Verbundes aus einem Schmelzreduktionsverfahren und einer Gasturbine bzw. einer Abwärmedampferzeugung deutlich verbessert werden kann.

Die Reinigung des Topgases kann mittels einer trockenen Abscheidung, insbesondere einer Schwerkraftabscheidung, und/oder einer Nassabscheidung erfolgen. Das Topgas ist zumeist staubbeladen, sodass die Stäube und feine Feststoffpartikel abgeschieden werden müssen. Eine trockene Abscheidung bietet dabei den Vorteil, dass es zu keiner starken Abkühlung des Topgases kommt. Bei sehr hohen Anforderungen hinsichtlich der Gasqualität kann eine weitgehend vollständige Entfernung der Stäube und Feststoffpartikel durch eine Nassentstaubung erfolgen, wobei diese einer Trockenentstaubung nachgeschaltet oder auch alleine eingesetzt werden kann. Durch die Nassentstaubung



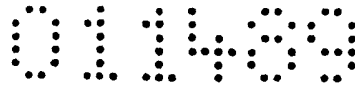
kommt es zu einer starken Abkühlung des Topgases. Das trocken oder nass gereinigte Topgas wird als Exportgas bezeichnet und kann nun einer Nutzung in einer Turbine zugeführt werden.

Erfindungsgemäß wird der verbleibende Teil des Exportgases zunächst komprimiert, gekühlt und dann der Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ zugeführt. Durch die Druckerhöhung und die Kühlung können die Prozessbedingungen für die Abscheidung von CO₂ angepasst bzw. verbessert werden.

Nach einer besonderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Exportgas vor der Verbrennung in der Gasturbine in einem Brenngaskompressor komprimiert. Damit kann die Gasturbine in einem wirtschaftlich optimalen Arbeitspunkt eingestellt werden und der Wirkungsgrad erhöht werden.

Gemäß einer geeigneten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Teil des Exportgases einer Entspannungsturbine zugeführt, wobei es unter Druckabbau entspannt und in weiterer Folge dem Tailgas zugemischt wird. Durch diese Maßnahme kann z.B. bei einem Überangebot an Exportgas, weil die Gasturbine nicht mehr verarbeiten kann, zunächst die Druckenergie genutzt werden, wobei das Exportgas entspannt wird. Die Turbine kann mit einem Generator zur Erzeugung von Strom gekoppelt werden. Das entspannte Exportgas wird in weiterer Folge dem Tailgas zugemischt, wobei sich der Anteil an brennbaren Komponenten insgesamt erhöht.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Tailgas, gegebenenfalls nach Mischung mit Exportgas, vor seiner Verbrennung in der Abwärmedampferzeugung in einer Speichereinrichtung zum Ausgleich von Heizwertschwankungen zwischengespeichert wird. Prozessbedingt erzeugt die Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ ein Tailgas, das starke unterschiedliche Heizwerte aufweist, wobei die Schwankungen mit einer hohen Frequenz auftreten, also zeitlich nur kurz auftreten

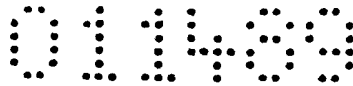


und sicher über einen längeren Zeitraum weitgehend ausgleichen. Somit kann durch einen Ausgleich in einer Zwischenspeicherung ein nahezu gleichmäßiger Brennwert eingestellt und starke Schwankungen bei der Verbrennung vermieden werden. Durch das Zumischen von Exportgas in das Tailgas kann der Brennwert weiter angepasst werden.

Gemäß einer geeigneten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Exportgas vor dessen Verbrennung in der Gasturbine entstaubt. Durch die zusätzliche Entstaubung kann sichergestellt werden, dass durch Reststäube keine Schäden in der Turbine verursacht werden können.

Nach einer weiteren möglichen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Ausgleich von Heizwertschwankungen bzw. zur Anpassung des Heizwertes im Exportgas vor dessen Verbrennung in der Gasturbine Hüttengase und/oder Erdgas und/oder Stickstoff und/oder Wasserdampf oder Mischungen davon zugesetzt. Gasturbinen benötigen für einen stabilen Betrieb eine möglichst gleichmäßige Heizleistung und einen gleichmäßigen Heizwert. Aufgrund von Schwankungen beim Betrieb des Schmelzreduktionsverfahrens kommt es zu Änderungen in der Zusammensetzung, sodass durch das erfindungsgemäße Einbringen von Hüttengas, wie z.B. Tiegelgase oder Kokereigase, das in Hütten in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht oder anderen geeigneten, brennbaren Gasen der Heizwert bei Bedarf erhöht bzw. durch Zumischen von Stickstoff gesenkt werden kann, sodass stabile Bedingungen für die Gasturbine sichergestellt werden können. Besonders kostengünstig ist die Verwendung von Abfallstickstoff aus einer Luftzerlegungsanlage

Gemäß einer speziellen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Exportgas vor dessen Verbrennung in der Gasturbine in einer Puffereinrichtung gepuffert, um eine Vergleichmäßigung der Exportgasmenge sicherzustellen. Durch die beschriebene Maßnahme kann ein sehr stabiler Betrieb der Gasturbine gewährleistet werden.

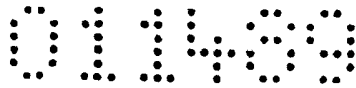


Nach einer besonderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der in der Abwärmedampferzeugung erzeugte Dampf einer Dampfturbine zugeführt. Durch die Nutzung des in der Abwärmedampferzeugung gebildeten Dampfs kann der Wirkungsgrad des Prozesses deutlich gesteigert werden.

Eine spezielle Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ auf Basis eines Druck-Wechsel- oder eines Vakuum-Druck-Wechselverfahrens, insbesondere auf Adsorptionsbasis, arbeitet. Derartige Verfahren zeichnen sich durch hohe Abscheideraten, sodass das gereinigte Exportgas ein hohes Reduktionspotential aufweist und erneut im Schmelzreduktionsverfahren genutzt werden kann, wodurch sich die Menge an erzeugtem CO₂ je Tonne Roheisen reduzieren lässt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass nur Exportgas mit einem mittleren Heizwert >4000 kJ/Nm³, insbesondere >5000 kJ/Nm³, der Gasturbine zugeführt wird. Durch eine Steuerung über den Brennwert des Exportgases kann sichergestellt werden, dass die Gasturbine einen hohen Wirkungsgrad erzielt, wobei die Entstaubung, die Puffereinrichtung, der Brenngaskompressor kleiner dimensioniert werden können, da Exportgas mit einem zu geringen Brennwert nicht über diese Einrichtungen der Turbine zugeführt werden müssen. Damit ergeben sich kostengünstigere Bauteile bis hin zur Gasturbine. Weiters wird dadurch der Energieverlust durch die sonst nötige Verdichtung von CO₂ reichem Tailgas und anschließender Entspannung in der Gasturbine vermieden.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Heizwert des Exportgases online bestimmt. Durch die online durchgeführte Heizwertbestimmung ist eine stetige Regelung des Heizwertes, insbesondere durch das Zumischen von brennbaren Gasen oder Stickstoff möglich, wodurch ein noch stabilerer Betrieb der Gasturbine ermöglicht wird.

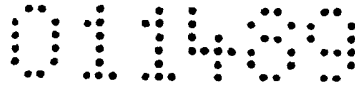


Gemäß einer speziellen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens macht der Anteil des Exportgases, der der Gasturbine zugeführt wird 30 bis 90% des Topgases aus. Auf Basis dieser Menge ist einerseits eine Nutzung der brennbaren Komponenten des Exportgases möglich, während noch ausreichend Exportgas der Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ zugeführt werden kann, sodass eine Nutzung im Schmelzreduktionsverfahren möglich ist. Die Anteile können auch bei Bedarf angepasst werden, etwa, wenn mehr Exportgas in das Schmelzreduktionsverfahren rückgeführt werden soll.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird erzielt, wenn der Hochofen mit einem sauerstoffhaltigen Gas, insbesondere mit einem Sauerstoffanteil >70%, besonders bevorzugt >80%, betrieben wird. Durch den Betrieb mit nahezu reinem Sauerstoff wird die Qualität des Prozessgases bei der Reduktion aber auch die des Topgases erhöht, sodass ein höherer Anteil an reduzierenden bzw. brennbaren Komponenten vorliegt. Damit können der Schmelzreduktionsprozess im Hochofen und die thermische Verwertung des Exportgases verbessert werden.

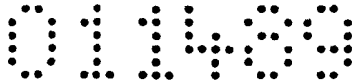
Eine geeignete Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass ein Teil des in der Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ gereinigten Exportgases, gegebenenfalls nach einer Erwärmung, in den Hochofen oder das Reduktionsaggregat eingebracht wird. Das auf diese Weise gereinigte Exportgas weist ein hohes Reduktionspotential und kann daher zur Reduktion der Einsatzstoffe erneut genutzt werden, sodass z.B. die Menge an Kohlenstoffträgern im Hochofen oder im Reduktionsaggregat reduziert werden kann. Übliche Einsatzstoffe sind dabei Eisenerze, agglomerierte Eisenerzträger (Pellets, Sinter), Eisenerzkonzentrate und zusätzlich Kohlenstoffträger und Zuschlagsstoffe.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zumindest ein Teil des Tailgases oder Gasmischungen mit Tailgas unter Zusatz von Luft und/oder Sauerstoff in einer Heizeinrichtung verbrannt, wobei die Abwärme zur Erwärmung des gereinigten Exportgases vor dessen Eintrag in den Hochofen genutzt



wird. Damit kann das Exportgas kostengünstig erwärmt werden, um die für den Eintrag nötige Gastemperatur einzustellen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Betrieb des erfindungsgemäßen Schmelzreduktionsverfahren weist eine Hochofen, oder ein Schmelzaggregat und zumindest ein Reduktionsaggregat auf, wobei Einsatzstoffe, unter Verwendung von Kohlenstoffträgern und gegebenenfalls Zuschlagstoffen, mittels eines Reduktionsgases reduziert und zu Roheisen oder Stahlvorprodukten erschmolzen werden. Das im Schmelzreduktionsverfahren umgesetzte Reduktionsgas wird als Topgas abgeleitet und gereinigt, gegebenenfalls gemischt mit gereinigtem und gekühltem Überschussgas aus dem Schmelzaggregat, als Exportgas abgeführt. Weiters sind eine Gasturbine mit einem Generator zur thermischen Umsetzung zumindest eines Teils des Exportgases und eine Abwärmepflegevorrichtung vorgesehen, in der mittels der heißen Abgase aus der Gasturbine Dampf erzeugt werden kann. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ auf, der der zumindest ein Teil des verbleibenden Exportgases zugeführt werden kann, unter Bildung eines von CO₂ gereinigten Gases und eines Tailgases, und eine Speichereinrichtung zur Aufnahme und zum Ausgleich von Heizwertschwankungen im Tailgas, wobei die Speichereinrichtung mit der Abwärmepflegevorrichtung verbunden ist, welche eine Heizeinrichtung zum Verbrennen des Tailgases zur Bildung von Dampf aufweist. Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung kann das Exportgas, das einen hohen Druck und einen hohen Brennwert aufweist, getrennt vom Tailgas, das einen geringen Druck und einen geringeren Brennwert aufweist, verarbeitet werden. Damit ist die Menge an hochwertigem Exportgas zwar geringer, jedoch zeichnet sich dieses durch den höheren Druck und den höheren Brennwert aus, sodass dessen Nutzung in der Gasturbine effizienter erfolgen kann. Durch die separate Verbrennung des Tailgases in der Heizeinrichtung der Ab-



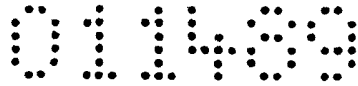
wärmedampferzeugung kann die Energie der brennbaren Komponenten im Tailgas genutzt werden.

Eine mögliche Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, eine Dampfturbine mit einem Generator zur Entspannung des in der Abwärmedampferzeugung angefallenen Dampfes vorgesehen ist. Durch die Nutzung der Abwärme aus dem heißen Abgas der Gasturbine und der Abwärme aus der Verbrennung des Tailgases kann die Energieeffizienz des Prozesses gesteigert werden, wobei die Dampfturbine durch Kopplung mit einem Generator zur Stromerzeugung genutzt werden kann.

Zur Reinigung des Topgases kann eine Trockenabscheidungseinrichtung, insbesondere eine Schwerkraftabscheidung, und/oder eine Nassabscheidungseinrichtung vorgesehen werden. Damit kann die nötige Reinheit des Exportgases eingestellt werden, wobei die Trockenabscheidung den Vorteil einer nur geringen Abkühlung des Topgases hat

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Puffereinrichtung zur Speicherung des Exportgases vor dessen Zufuhr zur Gasturbine vorgesehen, sodass die der Gasturbine zugeführte Exportgasmenge bzw. der Exportgasheizwert gleichmäßig gehalten werden können.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist die Puffereinrichtung eine Messeinrichtung zur Messung des Heizwertes des Exportgases auf, wobei auf Basis der Messung zur Anpassung des Heizwertes Hüttengas und/oder Erdgas und/oder Stickstoff und/oder Wasserdampf zugeführt werden können. Durch die online Messung kann eine Regelung des Heizwertes bzw. der Exportgasmenge realisiert werden, wobei mittels Stellgliedern, wie z.B. Regelventilen die Menge an Exportgas bzw. an zugemischtem Hüttengas und/oder Stickstoff eingestellt werden können.



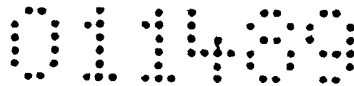
Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ein Filter, insbesondere ein Elektrofilter, zur Reinigung des Exportgases vor dessen Zufuhr zur Gasturbine vorgesehen. Diese Feinfilterung, gegebenenfalls nach einer vorgeschalteten Staubfilterung des Topgases, stellt sicher, dass eine abrasive bzw. mechanische Belastung der Gasturbine vermieden wird und auch feinste Stäube abgeschieden werden.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, dass ein Kompressor zur Druckerhöhung und/oder ein Kühler zum Kühlen des verbleibenden Teils des Exportgases vor dessen Zufuhr in die Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ vorgesehen sind. Dies ist nötig, um über eine entsprechende Anpassung der Temperatur und des Drucks einen optimalen Betrieb der Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ und der nachfolgenden Nutzung als Reduktionsgas zu ermöglichen.

Gemäß einer möglichen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ein Brenngaskompressor, zur Komprimierung des Exportgases vor dessen Zufuhr zur Gasturbine vorgesehen. Damit kann die Beschickung der Gasturbine mit dem auf die Gasturbine abgestimmten Druckniveau erfolgen.

Gemäß einer speziellen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Entspannungsturbine zur Nutzung der Druckenergie des Exportgases vorgesehen, wobei das entspannte Exportgas über eine Leitung der Speichereinrichtung zugeführt werden kann. Somit kann zunächst die Druckenergie genutzt werden, bevor das Exportgas in der Speichereinrichtung mit dem Tailgas gemischt wird. Die Entspannungsturbine kann mit einem Generator zur Stromerzeugung gekoppelt sein.

Eine spezielle Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, dass eine mit Tailgas beheizbare Vorwärmanrichtung zur Erwärmung des von CO₂ gereinigten Exportgases vorgesehen ist, sodass das erwärmte, gereinigte Exportgas dem Hochofen



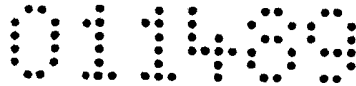
zugeführt werden kann. Durch die Verbrennung des Tailgases in der Heizeinrichtung ist es möglich, kostengünstig das gereinigte Exportgas vor dessen Rückführung in den Hochofen zu erwärmen.

Fig. 1: Prozessschema zu einem Schmelzreduktionsverfahren mit einem mit Sauerstoff betriebenen Hochofen

Fig. 2: Prozessschema zu einem Schmelzreduktionsverfahren mit einem mit einer Schmelzreduktionsanlage nach COREX® (stückiges Erz) oder FINEX® (Feinerz)

Figur 1 zeigt einen Hochofen 1, der mit Sauerstoff über die Ringleitung 2 versorgt wird. Das Topgas wird über eine Topgasableitung 3 einer Trockenabscheidungseinrichtung 4 und gegebenenfalls auch einer Nassabscheidungseinrichtung 5 zugeführt, wobei aus dem mit Staub beladenen Topgas das Exportgas entsteht, das über die Leitung 6 abgeführt wird. Mittels einer Zuleitung 7 zur Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ 8 wird ein Teil des Exportgases mittels eines Kompressors 9 und eines Kühlers 10 der Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ 8 zugeführt, wobei dann ein von CO₂ gereinigtes Exportgas, das auch als Recyclegas bezeichnet wird, und ein Tailgas gebildet werden, die über die Recyclegasleitung 11 bzw. die Tailgasleitung 12 und 13 abgeführt werden. Die Tailgasleitung 13 mündet in einer Speichereinrichtung 14 zur Aufnahme des Tailgases, wobei es zu einem Heizwertausgleich im gespeicherten Tailgas kommt. Mittels Tailgaszuleitungen 15a, 15b kann das vorab gespeicherte Tailgas nun einem Abwärmepfänger 16 zugeführt werden. Hier wird durch Verbrennung des Tailgases Dampf erzeugt, der eine Dampfturbine 17 und einen Generator 18 antreibt, wobei Strom erzeugt wird.

In einer besonderen Betriebsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Tailgas auch zur Erwärmung des recycelten Exportgases genutzt werden, wobei das Tailgas einer Vorwärmaneinrichtung 19 zugeführt wird, in der das Tailgas verbrannt und Recyclegas



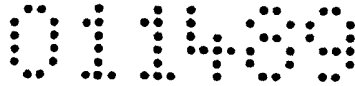
erwärmt wird, wobei das erwärmte Recyclegas dann über eine Zuleitung 20 in den Hochofen 1 eingebracht wird. Die Vorwärmeinrichtung kann dabei auch umgangen und das Recyclegas ~~und~~ über eine Zuleitung 20a direkt in den Hochofen eingeleitet werden.

Neben der Verwendung des Exportgases zur Herstellung von Recyclegas dient das Exportgas vor allem als Energieträger, wobei die chemische Energie und die Druckenergie genutzt werden kann. Das Exportgas wird einer Puffereinrichtung 21 und einem Filter 22 zugeführt. Hier erfolgen einerseits die Regelung einer möglichst gleichmäßigen Exportgasmenge und die Regelung eines möglichst gleichmäßigen Heizwertes, wobei letztere durch Zugabe von Hüttengas oder Stickstoff eingestellt wird. Dazu wird in der Puffereinrichtung der Heizwert des Exportgases online gemessen und der Heizwert durch Zusatz von Hüttengas oder Erdgas angehoben oder durch Zusatz von Stickstoff bzw. Wasserdampf gesenkt.

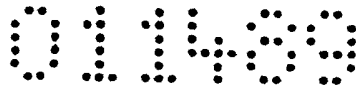
Das so behandelte Exportgas wird über einen Brenngaskompressor 23 der Brennkammer einer Gasturbine 24 zugesetzt, die wiederum einen Generator 25 antreibt. Das dabei entstehende heiße Abgas wird über Abgasleitungen 26 der Abwärmedampferzeugung 16 zur Erzeugung von Dampf zugeführt, wobei der Dampf wiederum in der Dampfturbine 17 verarbeitet wird.

Alternativ kann ein Teil des Exportgases oder auch der überwiegende Teil des Exportgases einer Entspannungsturbine 27 zugeführt werden, wobei diese Turbine mit einem nicht dargestellten Generator gekoppelt ist. Das entspannte Exportgas kann dann der Speichereinrichtung 14 zugeführt werden, in der dann das entspannte Exportgas mit dem Tailgas gemischt wird.

Fig. 2 eine zur Fig. 1 analoge Anlage bzw. ein Prozessschema, sodass gleiche Bauteile mit gleichen Positionsnummern bezeichnet wurden. An Stelle des Hochofen wird das Schmelzreduktionsverfahren in einem Schmelzaggregat 28 und zumindest einem



Reduktionsaggregat R durchgeführt. Im konkreten Beispiel sind 4 in Serie geschaltete Reduktionsaggregate R1, R2, R3, und R4 angeordnet, die eine im Schmelzaggregat gebildetes Reduktionsgas zur Reduktion der Einsatzstoffe, insbesondere von Eisenerz, agglomerierten Eisenerzträgern (Pellets, Sinter) oder Erzkonzentraten nutzt. Vorteilhaft ist das Schmelzaggregat 28 als Einschmelzvergaser ausgebildet. Die Reduktionsaggregate werden im Gegenstrom zu den Einsatzstoffen geführt und nach der Verwendung in den Reduktionsaggregaten am letzten Reduktionsaggregat R4 als Topgas abgezogen und in einer Nassabscheidungseinrichtung 5 gereinigt. Das nunmehr gereinigte Topgas kann analog zur Beschreibung der Figur 1 als Exportgas der Gasturbine 23 oder der Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ 8 zugeführt werden. Das Tailgas wird wiederum über die Tailgasleitung 12 der Speichereinrichtung 14 zugeführt. Das gereinigte Exportgas, das auch als Recyclegas bezeichnet wird, kann über die Recyclegasleitung 11 der Generatorgas-Entstaubungseinrichtung 29 zugeführt werden. In der Generatorgas-Entstaubungseinrichtung 29 wird das im Schmelzaggregat 28 unter Einsatz von Kohlenstoffträgern erzeugte Generatorgas entstaubt und als Prozessgas bzw. als Reduktionsgas dem Reduktionsaggregat R1 zugeführt. Das in den Reduktionsaggregaten zumindest teilweise reduzierte Material wird als Low Reduced Iron (LRI) bezeichnet und nach einer Agglomeration in das Schmelzaggregat 28 eingesetzt, wo es dann zu Roheisen oder zu Stahlvorprodukten erschmolzen wird.

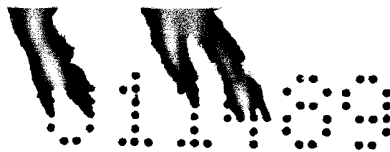
**Bezugszeichenliste**

1	Hochofen
2	Ringgasleitung
3	Topgasableitung
4	Trockenabscheidungseinrichtung
5	Nassabscheidungseinrichtung
6	Leitung
7	Zuleitung
8	Einrichtung zur Abscheidung von CO ₂
9	Kompressor
10	Kühler
11	Recyclegasleitung
12	Tailgasleitung
13	Tailgasleitung
14	Speichereinrichtung
15a, 15b	Tailgaszuleitungen
16	Abwärmedampferzeuger
17	Dampfturbine
18	Generator
19	Vorwärmeinrichtung
20	Zuleitung
21	Puffereinrichtung
22	Filter
23	Brenngaskompressor
24	Gasturbine
25	Generator
26	Abgasleitungen
27	Entspannungsturbine
28	Schmelzaggreat
29	Generatorgas-Entstaubungseinrichtung



ANSPRÜCHE

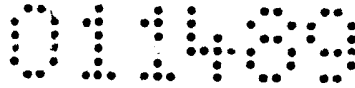
1. Verfahren zum Betrieb eines Schmelzreduktionsverfahren, insbesondere mit einem Hochofen oder mit einem Schmelzaggregat und zumindest einem Reduktionsaggregat, wobei Einsatzstoffe, unter Verwendung von Kohlenstoffträgern und gegebenenfalls Zuschlagstoffen, mittels eines Reduktionsgases reduziert und zu Roheisen oder Stahlvorprodukten erschmolzen werden und das umgesetzte Reduktionsgas als Topgas abgeleitet und gereinigt, gegebenenfalls gemischt mit gereinigtem und gekühltem Überschussgas aus dem Schmelzaggregat, als Exportgas abgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil des Exportgases in einer Gasturbine thermisch verwertet und das Abgas der Gasturbine in einer Abwärmepfängerzeugung zur Erzeugung von Dampf genutzt wird, wobei zumindest ein weiterer Teil des Exportgases einer Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ zugeführt wird, und das Tailgas dieser Einrichtung in einer Abwärmepfängerzeugung zur zusätzlichen Erzeugung von Dampf verbrannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Topgas aus dem Hochofen oder aus dem Reduktionsaggregat abgezogen wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Teil des Exportgases zunächst komprimiert, gekühlt und dann der Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Exportgas vor der Verbrennung in der Gasturbine in einem Brenngaskompressor komprimiert wird.



5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Teil des Exportgases einer Entspannungsturbine zugeführt wird, wobei es unter Druckabbau entspannt und in weiterer Folge dem Tailgas zugemischt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Tailgas, gegebenenfalls nach Mischung mit Exportgas, vor seiner Verbrennung in der Abwärmedampferzeugung in einer Speichereinrichtung zum Ausgleich von Heizwertschwankungen zwischengespeichert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Exportgas vor dessen Verbrennung in der Gasturbine entstaubt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Ausgleich von Heizwertschwankungen bzw. zur Anpassung des Heizwertes im Exportgas vor dessen Verbrennung in der Gasturbine Hüttengase und/oder Erdgas und/oder Stickstoff und/oder Wasserdampf oder Mischungen davon zugesetzt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Exportgas vor dessen Verbrennung in der Gasturbine in einer Puffereinrichtung gepuffert wird, um eine Vergleichmäßigung der Exportgasmenge bzw. -Heizwert sicherzustellen.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der in der Abwärmedampferzeugung erzeugte Dampf einer Dampfturbine zugeführt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ auf Basis eines Druck-Wechsel- oder eines Vakuum-Druck-Wechselverfahrens, insbesondere nach dem Adsorptionsprinzip, arbeitet.

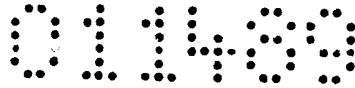


12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass nur Exportgas mit einem mittleren Heizwert $>4000 \text{ kJ/Nm}^3$, insbesondere $>5000 \text{ kJ/Nm}^3$, der Gasturbine zugeführt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Heizwert des Exportgases online bestimmt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil des Exportgases, der der Gasturbine zugeführt wird, 30 bis 90% des Topgases ausmacht.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hochofen mit einem sauerstoffhaltigen Gas, insbesondere mit einem Sauerstoffanteil $>70\%$, besonders bevorzugt $>80\%$, betrieben wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil des in der Einrichtung zur Abscheidung von CO_2 gereinigten Exportgas, gegebenenfalls nach einer Erwärmung, in den Hochofen oder das Reduktionsaggregat eingebracht wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil des Tailgases oder Gasmischungen mit Tailgas unter Zusatz von Luft und/oder Sauerstoff in einer Heizeinrichtung verbrannt wird, wobei die Abwärme zur Erwärmung des gereinigten Exportgases vor dessen Eintrag in den Hochofen genutzt wird.
18. Vorrichtung zum Betrieb eines Schmelzreduktionsverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18 mit einem Hochofen (1), oder mit einem Schmelzaggregat (28) und zumindest einem Reduktionsaggregat (R1), wobei Einsatzstoffe, unter Verwendung von Kohlenstoffträgern und gegebenenfalls Zuschlagstoffen, mittels eines Reduktionsgases reduziert und zu Roheisen (RE) oder Stahlvorprodukten erschmol-



zen werden können und das umgesetzte Reduktionsgas als Topgas abgeleitet und gereinigt, gegebenenfalls gemischt mit gereinigtem und gekühltem Überschussgas aus dem Schmelzaggregat (28), als Exportgas abgeführt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Gasturbine (24) mit einem Generator zur thermischen Umsetzung zumindest eines Teils des Exportgases vorgesehen ist und eine Abwärmepferzeugung (16), in der mittels der heißen Abgase aus der Gasturbine (24) Dampf erzeugt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ (8) vorgesehen ist, der zumindest ein Teil des verbleibenden Exportgases zugeführt werden kann, unter Bildung eines von CO₂ gereinigten Gases und eines Tailgases, und eine Speichereinrichtung (14) zur Aufnahme und zum Ausgleich von Heizwertschwankungen im Tailgas vorgesehen ist, wobei die Speichereinrichtung (14) mit der Abwärmepferzeugung (16) verbunden ist, welche eine Heizeinrichtung zum Verbrennen des Tailgases zur Bildung von Dampf aufweist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Dampfturbine (17) mit einem Generator (18) zur Entspannung des in der Abwärmepferzeugung (16) angefallenen Dampfes vorgesehen ist.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Puffereinrichtung (22) zur Speicherung des Exportgases vor dessen Zufuhr zur Gasturbine (24) vorgesehen ist, sodass die der Gasturbine (24) zugeführte Exportgasmenge bzw. der Exportgasheizwert gleichmäßig gehalten werden können.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Puffereinrichtung (22) eine Messeinrichtung zur Messung des Heizwertes des Exportgases aufweist, wobei auf Basis der Messung zur Anpassung des Heizwertes Hüttengas



- und/oder Erdgas und/oder Stickstoff und/oder Wasserdampf zugeführt werden können.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Filter (21), insbesondere Elektrofilter, zur Reinigung des Exportgases vor dessen Verdichtung (23) und Zufuhr zur Gasturbine (24) vorgesehen ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Kompressor (9) zur Druckerhöhung und/oder ein Kühler (10) zum Kühlen des verbleibenden Teils des Exportgases vor dessen Zufuhr in die Einrichtung zur Abscheidung von CO₂ (8) vorgesehen sind.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Brenngaskompressor (23), zur Komprimierung des Exportgases vor dessen Zufuhr zur Gasturbine (24) vorgesehen ist.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Entspannungsturbine (27) zur Nutzung der Druckenergie des Exportgas vorgesehen ist, wobei das entspannte Exportgas über eine Leitung der Speichereinrichtung (14) zugeführt werden kann.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine mit Tailgas beheizbare Vorwärmeinrichtung (19) zur Erwärmung des von CO₂ gereinigten Exportgases vorgesehen ist, sodass das erwärmte, gereinigte Exportgas dem Hochofen (1) zugeführt werden kann.

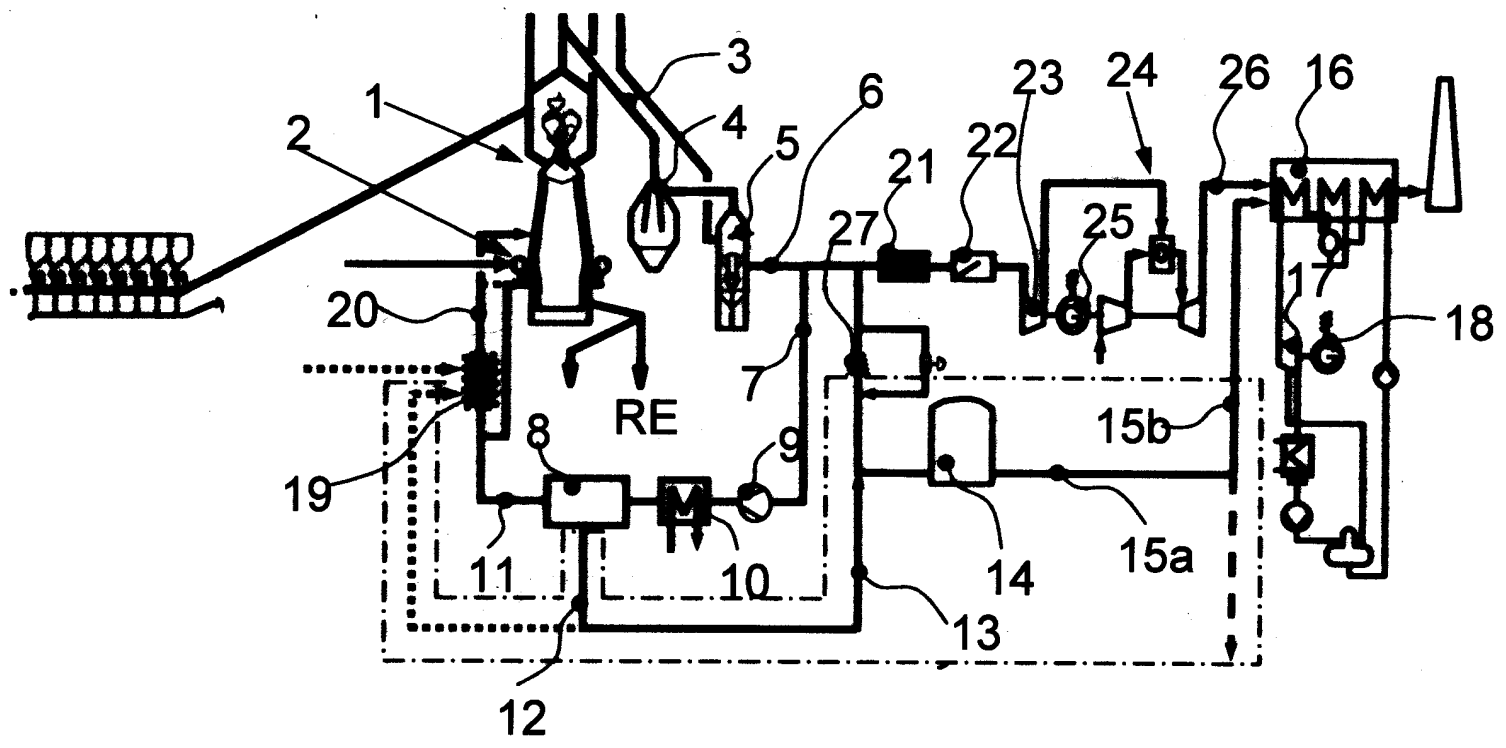


Fig. 1

011530

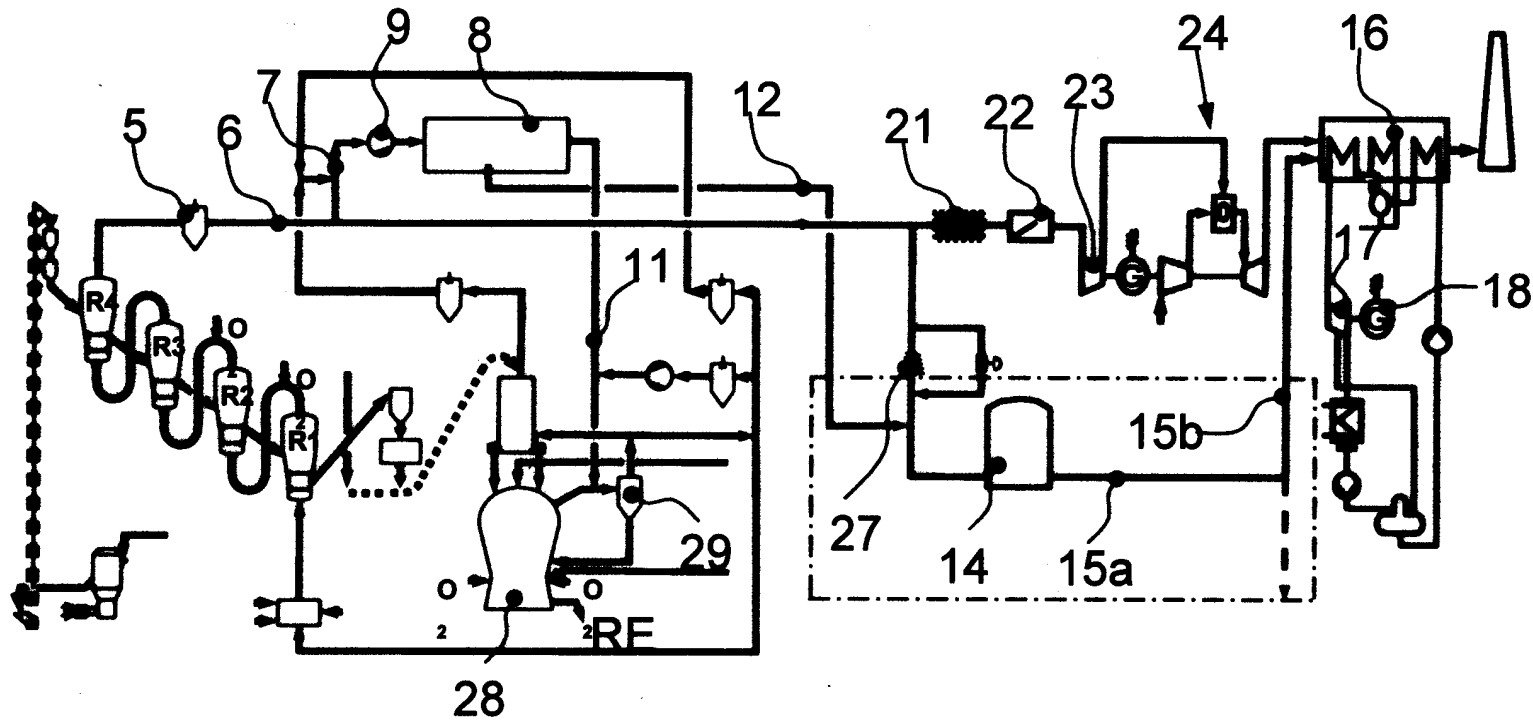
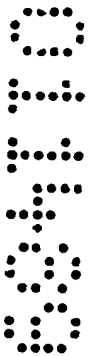


Fig. 2



Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC ⁸ : C22B 5/00 (2006.01); C22B 7/00 (2006.01); C21B 5/00 (2006.01); C21B 11/00 (2006.01); C21B 13/00 (2006.01); F27D 17/00 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß ECLA: C22B 5/00, C22B 7/00, C21B 5/00, C21B 11/00, C21B 13/00, F27D 17/00		
Recherchiertes Prüfobjekt (Klassifikation): C22B, C21B, F27D		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, X-FULL, IPDL		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 23. Oktober 2008 eingereichten Ansprüchen 1 - 26 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	JP 05-263613 A (Mitsubishi Heavy Ind., Ltd.) 12. Oktober 1993 (12.10.1993) <i>Zusammenfassung; Beschreibung, [0013] - [0022]; Fig. 1 - 3; Anspruch 1</i>	1 - 26
A	EP 0488429 A2 (Mitsubishi Jukogyo KK) 3. Juni 1992 (03.06.1992) <i>Zusammenfassung; Beschreibung, Sp. 2, Z. 2 - 38, Sp. 4, Z. 9 - 39; Fig. 1 - 2; Ansprüche 1 - 5</i>	18 - 26
Datum der Beendigung der Recherche: 23. April 2009		<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt
		Prüfer(in): Dr. AIGNER
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		