

(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
7. November 2013 (07.11.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/164153 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F01K 23/06 (2006.01) *F22B 1/18* (2006.01)
F22B 1/02 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/057174
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. April 2013 (05.04.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
12166625.9 3. Mai 2012 (03.05.2012) EP
- (71) Anmelder: SIEMENS VAI METALS
TECHNOLOGIES GMBH [AT/AT]; Turmstraße 44, A-
4031 Linz (AT).
- (72) Erfinder: MILLNER, Robert; Porschestrasse 1, A-3382
Loosdorf (AT). WIEDER, Kurt; Aisttalstraße 26, A-4311
Schwertberg (AT). WURM, Johann; Rieglstraße 29, A-
4283 Bad Zell (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, PA, 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: METHOD FOR USING THE EXHAUST GASES FROM PLANTS FOR RAW IRON MANUFACTURE FOR
GENERATING STEAM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR NUTZUNG DER ABGASE AUS ANLAGEN ZUR ROHEISENHERSTELLUNG FÜR
DIE DAMPFERZEUGUNG

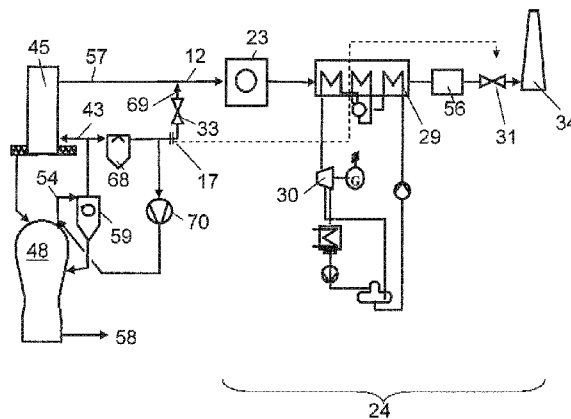


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method and a system for the method for using the exhaust gases of plants for raw iron manufacture for steam generation, wherein at least some of the exhaust gas is carried away as export gas (12) from the plant for raw iron manufacture and is thermally exploited by means of combustion, and wherein the exhaust gas from the combustion is supplied to a heat-recovery steam generator (29). In order to be able to use more energy from the export gas (12) for power generation, provision is made that the export gas (12) is fed into a combustion chamber (23) which is arranged upstream of the heat-recovery steam generator (29), and that heat is drawn from the export gas (12) after combustion in the heat-recovery steam generator (29), without the export gas (12) passing through a gas turbine between combustion and the heat-recovery steam generator, wherein the pressure in the combustion chamber (23) and the heat-recovery steam generator (29) is set above atmospheric pressure, particularly up to 3.5 bar_g, by a gas flow regulator (31) which is arranged downstream of the heat-recovery steam generator (29).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/164153 A2



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

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anlage zur Verfahren zur Nutzung der Abgase aus Anlagen zur Roheisenherstellung für die Dampferzeugung, wobei zumindest ein Teil des Abgases als Exportgas (12) aus der Anlage zur Roheisenherstellung abgeführt und durch Verbrennung thermisch verwertet wird und wobei das Abgas aus der Verbrennung einem Abhitzedampferzeuger (29) zugeführt wird. Um mehr Energie aus dem Exportgas (12) zur Stromerzeugung nutzen zu können, ist vorgesehen, dass das Exportgas (12) in eine Brennkammer (23) geleitet wird, die vor dem Abhitzedampferzeuger (29) angeordnet ist, und dass dem Exportgas (12) nach der Verbrennung im Abhitzedampferzeuger (29) Wärme entzogen wird, ohne dass das Exportgas (12) zwischen Verbrennung und Abhitzedampferzeuger eine Gasturbine durchläuft, wobei der Druck in Brennkammer (23) und Abhitzedampferzeuger (29) über dem Atmosphärendruck, insbesondere bis zu 3,5 bar_g, eingestellt wird, und zwar durch einen Gasflussregler (31), der nach dem Abhitzedampferzeuger (29) angeordnet ist.

Beschreibung

Verfahren zur Nutzung der Abgase aus Anlagen zur
Roheisenherstellung für die Dampferzeugung

5

GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nutzung der Abgase aus
Anlagen zur Roheisenherstellung für die Dampferzeugung, wobei
10 zumindest ein Teil des Abgases als Exportgas aus der Anlage zur
Roheisenherstellung abgeführt und durch Verbrennung thermisch
verwertet wird und wobei das Abgas aus der Verbrennung einem
Abhitzedampferzeuger zugeführt wird.

15 STAND DER TECHNIK

Zur Herstellung von Roheisen, womit auch die Herstellung
roheisenähnlicher Produkte umfasst sein soll, gibt es im
Wesentlichen drei bekannte gängige Verfahren: das
Hochofenverfahren, die Direktreduktion und die Schmelzreduktion.

20 In Direktreduktionsanlagen wird Eisenerz mit Reduktionsgas zu
Eisenschwamm umgesetzt, der dann im Elektrolichtbogenofen zu
Rohstahl weiter verarbeitet wird.

Bei der Schmelzreduktion kommt ein Einschmelzvergaser zum Einsatz,
in dem heißes flüssiges Metall hergestellt wird, sowie zumindest
25 ein Reduktionsreaktor, in dem der Träger des Eisenerzes (Stückerz,
Feinerz, Pellets, Sinter) mit Reduktionsgas reduziert wird, wobei
das Reduktionsgas im Einschmelzvergaser durch Vergasung von Kohle
(und gegebenenfalls eines kleinen Anteils von Koks) mit Sauerstoff
(90% oder mehr) erzeugt wird.

30 Beim Schmelzreduktionsverfahren sind in der Regel

- Gasreinigungsanlagen (einerseits für das Topgas aus dem Reduktionsreaktor, andererseits für das Reduktionsgas aus dem Einschmelzvergaser),
- ein Kompressor, vorzugsweise mit Nachkühler, für das in den
5 Reduktionsreaktor zurückgeführte Reduktionsgas,
- eine Vorrichtung zur CO₂-Entfernung, nach dem Stand der Technik meist mittels Druckwechsel-Adsorption
- sowie optional ein Erhitzer für das Reduktionsgas und/oder eine Brennkammer für die teilweise Verbrennung mit Sauerstoff
10 vorgesehen.

Der COREX®-Prozess ist ein zweistufiges Schmelzreduktionsverfahren (engl.: smelting reduction). Die Schmelzreduktion kombiniert den Prozess der Direktreduktion (Vorreduktion von Eisen zu Eisenschwamm) mit einem Schmelzprozess (Hauptreduktion).

- 15 Das ebenfalls bekannte FINEX®-Verfahren entspricht im Wesentlichen dem COREX®-Verfahren, allerdings wird Eisenerz als Feinerz eingebracht.

Aus der WO 2008/086877 A2 ist es bekannt, eine COREX®-Anlage mit einem Kombikraftwerk zu verbinden. Das Exportgas aus der COREX®-
20 Anlage wird dabei in einer unmittelbar vor einer Gasturbine angeordneten Brennkammer verbrannt, das verbrannte Exportgas in der Gasturbine abgearbeitet und erst dann einem Dampfkessel zugeführt, wo der thermische Energieinhalt des verbrannten Exportgases zur Erzeugung von Dampf verwendet wird. Zweck dieses
25 Verfahrens ist es, ein möglichst Stickstoff-freies Verbrennungsabgas zu erhalten, dass einen hohen CO₂-Anteil aufweist.

Nachteilig am Verfahren nach der WO 2008/086877 A2 ist, dass erstens vor der Gasturbine ein Brennstoffverdichter zum Einsatz
30 kommen muss und vor diesem die Temperatur des Exportgases verringert werden muss, damit die Verdichtung wirtschaftlich durchgeführt werden kann. Dabei wird das Exportgas meist auf

annähernd Umgebungstemperatur, beispielsweise auf etwa 40°C, abgekühlt. Durch diese Kühlung geht aber Energie für die nachfolgende Dampferzeugung verloren. Zweitens muss vor der Verdichtung, in der Regel auf über 20 bar, das Exportgas von Staub
5 befreit werden, weil Topgas eine Staubkonzentration von ca. 20 g/Nm³ aufweist und dies für Turbomaschinen zu hoch wäre. Damit geht aber ebenfalls jene Energie des Staubs für die Stromerzeugung verloren, die in den brennbaren Staubanteilen enthalten ist.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Nutzung
10 der Abgase aus Anlagen zur Roheisenherstellung für die Erzeugung elektrischer Energie zur Verfügung zu stellen, das mehr Energie aus dem Exportgas zur Stromerzeugung nutzt als beim Verfahren nach der WO 2008/086877 A2.

15 DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst, indem das Exportgas in eine Brennkammer geleitet wird, die vor dem Abhitzedampferzeuger angeordnet ist, und indem dem Exportgas nach der Verbrennung im Abhitzedampferzeuger Wärme entzogen wird, ohne
20 dass das Exportgas zwischen Verbrennung und Abhitzedampferzeuger eine Gasturbine durchläuft, wobei der Druck in Brennkammer und Abhitzedampferzeuger über dem Atmosphärendruck, insbesondere bis zu 3,5 bar_g, eingestellt wird, und zwar durch Einstellen der Menge an Exportgas, die in die Brennkammer bzw. den Abhitzedampferzeuger
25 gelangt, durch einen Gasflussregler, der nach dem Abhitzedampferzeuger angeordnet ist.

Ein Abhitzedampferzeuger oder kurz Abhitzekessel (engl. heat recovery steam generator) ist ein Dampfkessel, der das heiße Abgas aus einem vorgeschalteten Prozess zur Dampferzeugung nutzt. Ein
30 Abhitzekessel hat keinen Feuerraum und keine Brenner, es sind nur Berührungs- oder Konvektionsheizflächen angeordnet, die vom Abgas überströmt werden.

Durch das Weglassen der Gasturbine entfallen die bei einer Gasturbine zwingend notwendige Verdichtung und Entfernung von

Staub aus dem Exportgas und damit auch die Kühlung des Exportgases vor der Gasturbine. Damit kann die fühlbare Wärme des Exportgases für die Dampferzeugung im Abhitzedampferzeuger verwendet werden, wobei das Exportgas in Form von Topgas aus einem Reduktionsschacht einer COREX®-Anlage oder aus dem Wirbelschichtreaktor einer FINEX®-Anlage eine Temperatur von bis zu 500°C haben kann. Zusätzlich enthält der Staub dieses Exportgases bis zu 40 Prozent Kohlenstoff, der durch Verbrennung für die Dampferzeugung genutzt werden kann und nicht durch die Staubentfernung vor einer Gasturbine für die Dampferzeugung verloren geht.

Entsprechend sieht eine Ausführungsform der Erfindung vor, dass das Exportgas mit einer Temperatur größer 100°C, bevorzugt mit einer Temperatur größer 200°C, besonders bevorzugt mit einer Temperatur größer 300°C, in die Brennkammer geleitet wird.

Entsprechend sieht eine zusätzliche oder alternative Ausführungsvariante der Erfindung vor, dass das Exportgas zumindest einen Anteil von 5-40 g/Nm³ an Kohlenstoffträgern enthält, wobei dieser Anteil wiederum 5-40% elementaren Kohlenstoff enthält. Es können aber auch im Exportgas enthaltene Kohlenwasserstoffe, insbesondere aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzol, in der Brennkammer verbrannt und damit einerseits unschädlich gemacht und andererseits zur Wärmergewinnung verwendet werden. Es darf in diesem Fall aber keine oder nur eine entsprechend geringe Gasreinigung zwischen dem Reduktionsreaktor und der Brennkammer stattfinden.

Eine alternative Ausführungsform zur erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass statt der Brennkammer vor dem Abhitzedampferzeuger innerhalb des Abhitzedampferzeugers ein oder mehrere Brenner angeordnet sind, welche das Exportgas verbrennen, wie dies etwa aus der AT 340 452 B bereits bekannt ist. Dort wird zwar ebenfalls das Abgas aus Reduktionsreaktoren in einem Wasserdampfgenerator verbrannt, allerdings erfolgt dort die Erzeugung des Reduktionsgases anders als beim COREX®- oder FINEX®-Verfahren. Gemäß der AT 340 452 B werden Eisenträger und kohlenstoffhaltiges Material gemeinsam in eine als Wirbelschicht

ausgebildete Vorreduktionszone eingebracht, wo das kohlenstoffhaltige Material durch Teilverbrennung in ein reduzierendes Gas umgewandelt wird. Der Eisenträger wird anschließend, wieder gemeinsam mit weiterem kohlenstoffhaltigem Material in eine Endreduktionszone eingebracht, wo mit Hilfe von elektrischem Strom geschmolzenes Roheisen hergestellt wird. Nur ein Teil des kohlenstoffhaltigen Materials wird zur Roheisenerzeugung verwendet, der Rest wird in Form brennbarer Gase abgezogen und im Dampfgenerator verbrannt und mit Hilfe eines Turbinengenerators in elektrische Energie umgewandelt.

Mit dem Verfahren nach der AT 340 452 B könne nach dortigen Angaben gegenüber dem Hochofen die Herstellung von Koks entfallen. Als weiterer Vorteil wird angeführt, dass die gesamte Vergasung in der Erzeugungsstufe von Eisen erfolgt, nämlich in der Wirbelschicht selbst. Dies wiederum stellt einen wesentlichen Unterschied zum COREX®- oder FINEX®-Verfahren dar, wo das Reduktionsgas in einem von dem oder den Reduktionsreaktoren verschiedenen Aggregat, nämlich dem Einschmelzvergaser, hergestellt wird. Bei der Direktreduktion wiederum wird das Reduktionsgas, etwa in Form von Erdgas, in den meist als Festbett ausgeführten Reduktionsschacht eingebracht.

Die erfindungsgemäße Brennkammer wird in der Regel mit Feuerfestmaterialien ausgekleidet, z.B. ausgemauert sein. Sie kann gemeinsam mit dem Abhitzedampferzeuger entweder bei Atmosphärendruck oder unter Überdruck betrieben werden. Der Überdruck kann bis zu etwa 3,5 bar_g ($=3,5 \cdot 10^5$ Pa) betragen.

Da Brennkammer und Abhitzedampferzeuger unter Überdruck betrieben werden, kann durch Einstellen des Überdrucks in der Brennkammer und im Abhitzedampferzeuger die Menge an Exportgas, die in die Brennkammer gelangt, eingestellt werden. Das heißt, es ist kein Regelventil in der Leitung vorgesehen, welche das Exportgas aus der Anlage zur Roheisenherstellung zur Brennkammer leitet, sondern es wird die Leistung des Abhitzedampferzeugers unmittelbar an die Leistung der Anlage zur Roheisenherstellung angepasst, die beiden sind somit druckausgleichend miteinander verbunden. Damit kann

auch eine eigene Heißfackel für die Anlage zur Roheisenherstellung entfallen, da das Exportgas auch im An- und Abfahrbetrieb der Anlage zur Roheisenherstellung in der Brennkammer umgesetzt wird. Im Fall des Stillstandes der Anlage zur Roheisenherstellung kann
5 ein Ersatzbrennstoff (z.B. Erdgas) verwendet werden, der über eigene Brenner in der Brennkammer verbrannt wird. Dazu wird die Exportgasleitung mit Absperrarmaturen von der Brennkammer getrennt.

Da das aus dem Reduktionsreaktor (der Reduktionsschacht beim
10 COREX®-Verfahren, die Wirbelschichtreaktoren beim FINEX®-Verfahren, der Reduktionsschacht bei der Direktreduktion) austretende Abgas mit Staub beladen ist, muss das von diesem Abgas entnommene Exportgas vom Staub befreit werden, bevor das Exportgas nach seiner Verbrennung in die Atmosphäre entlassen werden kann.
15 Für die Entstaubung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten:

Die erste Ausführungsform besteht darin, dass das aus mindestens einem Reduktionsreaktor der Anlage zur Roheisenherstellung austretende Abgas vor dem Abhitzedampferzeuger nicht entstaubt und nur das aus dem Abhitzedampferzeuger austretende verbrannte
20 Exportgas entstaubt wird. Dies hat den Vorteil, dass der Kohlenstoff-haltige Anteil des Staubs vollkommen verbrannt und zur Dampferzeugung genützt werden kann. Es setzt aber voraus, dass die Brenner in der Brennkammer und die Heizflächen des Abhitzedampferzeugers für Staubbelastungen bis 5 g/Nm^3 ausgelegt
25 sind.

Andernfalls muss gemäß einer zweiten Ausführungsform zumindest vorgesehen werden, dass das aus mindestens einem Reduktionsreaktor der Anlage zur Roheisenherstellung austretende Abgas vor dem Abhitzedampferzeuger grob entstaubt und das aus dem
30 Abhitzedampferzeuger austretende verbrannte Exportgas fein entstaubt wird. Die Grobentstaubung sollte jedenfalls trocken erfolgen, z.B. mittels Zyklon, damit das Abgas bzw. das Exportgas nicht abgekühlt wird. Bei einer Nassentstaubung wären zusätzlich aufwändige Wassersysteme und eine Schlammabereitung notwendig,

die Eisenträger und der Kohlenstoff aus dem Staub würden mit dem Schlamm verloren gehen.

Oder es kann zur Reduzierung der Staubbelastung im Brenner bzw. im Abhitzedampferzeuger auch gemäß einer dritten Ausführungsform
5 vorgesehen werden, dass das aus mindestens einem Reduktionsreaktor der Anlage zur Roheisenherstellung austretende Abgas vor dem Abhitzedampferzeuger fein entstaubt und das aus dem Abhitzedampferzeuger austretende verbrannte Exportgas nicht entstaubt wird. Hier wird man meist vor der Brennkammer zuerst
10 eine Grobentstaubung, etwa mittels Zyklon, und dann eine Feinentstaubung, etwa mittels keramischer Filter, Elektrofilter oder Gewebefilter, durchführen. Grob- und Feinentstaubung erfolgen trocken.

Die Druckenergie des Exportgases vor der Brennkammer kann in jedem
15 Fall über eine Entspannungsturbine oder über ein Ventil abgebaut werden. Der Druck des Exportgases liegt in der Regel zwischen 8 und 12 bar_g. Der Einsatz einer Entspannungsturbine hat den Vorteil, dass ein Teil der fühlbaren Wärme thermodynamisch genutzt wird und die Exportgastemperatur durch die Entspannung um ca. 100-
20 150°C abgesenkt wird. Im Fall einer Entspannungsturbine kann die Regelung zur Einstellung der Menge an Exportgas vor dem Abhitzedampferzeuger angeordnet werden und dieser muss nicht notwendiger Weise als Druckbehälter ausgeführt werden, weil er nicht unter Druck betrieben werden muss.

25 Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird in einer bevorzugten Ausführungsvariante die Energie für die Reduktion des Eisenerzes in der Roheisenherstellung ausschließlich in Form von Brennstoffen zugeführt. Dies stellt einen wesentlichen Unterschied zum Verfahren nach der AT 340 452 B dar, weil dort in der Endreduktion
30 elektrischer Strom zur Reduktion verwendet wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt im Zusammenhang mit der Roheisenherstellung nach dem

- Schmelzreduktionsverfahren oder
- Direktreduktionsverfahren durchgeführt.

Entsprechend enthält das Exportgas zumindest eines der folgenden Abgase:

- Abgas aus einem Einschmelzvergaser einer Schmelzreduktionsanlage,
- 5 - Abgas aus zumindest einem Wirbelschichtreaktor oder Reduktionsschacht einer Schmelzreduktionsanlage,
- Abgas aus zumindest einem Festbettreaktor zur Vorwärmung und/oder Reduktion von Eisenoxiden und/oder Eisenbriketts einer Schmelzreduktionsanlage
- 10 - Abgas aus einem Reduktionsschacht einer Direktreduktionsanlage.

Beim Schmelz- oder beim Direktreduktionsverfahren erfolgt ein Einstellen der Menge an Exportgas vorteilhaft nach dem Abhitzedampferzeuger, und zwar gegebenenfalls nachdem das aus dem Abhitzedampferzeuger austretende verbrannte Exportgas entstaubt
15 wurde.

Die erfindungsgemäße Anlage zur Durchführung des Verfahrens umfasst zumindest

- eine Anlage zur Roheisenherstellung,
- eine Exportgasleitung, mit welcher ein Teil des Abgases als
20 Exportgas aus der Anlage zur Roheisenherstellung abgeführt werden kann,
- eine Brennkammer, in welche die Exportgasleitung mündet und wo das Exportgas verbrannt werden kann,
- einen der Brennkammer nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger, in
25 welchem das Abgas aus der Brennkammer zur Erzeugung von Dampf verwendet werden kann. Die erfindungsgemäße Anlage ist dadurch gekennzeichnet, dass der Abhitzedampferzeuger unmittelbar der Brennkammer nachgeschaltet ist, dass sich also kein anderes Aggregat, insbesondere keine Gasturbine, zwischen Brennkammer und
30 Abhitzedampferzeuger befindet. Die erfindungsgemäße Anlage ist weiters dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen des Drucks in Brennkammer und Abhitzedampferzeuger über dem Atmosphärendruck ein Gasflussregler nach dem Abhitzedampferzeuger angeordnet ist.

Damit die Brennkammer und der Abhitzedampferzeuger unter Druck
35 betrieben werden können, kann vorgesehen sein, dass die

Brennkammer und der Abhitzedampferzeuger als Druckbehälter ausgelegt sind, die einem Innendruck von bis zu 3,5 bar_g standhalten können.

Die verschiedenen Varianten der Entstaubung ergeben sich bei der

5 erfindungsgemäßen Anlage wie folgt:

- zwischen mindestens einem Reduktionsreaktor der Anlage zur Roheisenherstellung und dem Abhitzedampferzeuger ist keine Entstaubungsanlage und nach dem Abhitzedampferzeuger ist zumindest eine Entstaubungsanlage angeordnet,
- 10 - zwischen mindestens einem Reduktionsreaktor der Anlage zur Roheisenherstellung und dem Abhitzedampferzeuger ist zumindest eine Grobentstaubungsanlage und nach dem Abhitzedampferzeuger ist zumindest eine Feinentstaubungsanlage angeordnet,
- 15 - zwischen mindestens einem Reduktionsreaktor der Anlage zur Roheisenherstellung und dem Abhitzedampferzeuger ist zumindest eine Feinentstaubungsanlage und nach dem Abhitzedampferzeuger ist keine Entstaubungsanlage angeordnet.

Es kann vorgesehen werden, dass zum Abbau der Druckenergie des

20 Exportgases vor der Brennkammer eine Entspannungsturbine oder ein Ventil angeordnet ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung münden zur Durchführung der Reduktion in die Reduktionsreaktoren der Anlage zur Roheisenherstellung ausschließlich Leitungen für Brennstoffe.

25 Stromleitungen wie in der AT 340 452 B sind damit ausgeschlossen. Im Fall einer COREX®- oder FINEX®-Anlage ist dieser Brennstoff Kohle.

Entsprechend umfasst die Anlage zur Roheisenherstellung vorzugsweise

- 30 - eine Schmelzreduktionsanlage oder
- eine Direktreduktionsanlage, bzw. ist zumindest eine Leitung vorgesehen, mit welcher

- Abgas aus einem Einschmelzvergaser einer Schmelzreduktionsanlage,
 - Abgas aus zumindest einem Wirbelschichtreaktor oder Reduktionsschacht einer Schmelzreduktionsanlage,
 - 5 - Abgas aus zumindest einem Festbettreaktor zur Vorwärmung und/oder Reduktion von Eisenoxiden und/oder Eisenbriketts einer Schmelzreduktionsanlage,
 - Abgas aus einem Reduktionsschacht einer Direktreduktionsanlage in die Exportgasleitung geleitet werden kann.
- 10 Im Fall einer Schmelz- oder Direktreduktionsanlage kann der Gasflussregler nach dem Abhitzedampferzeuger angeordnet sein, und zwar gegebenenfalls nach der Entstaubungsanlage oder der Feinentstaubungsanlage.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann die fühlbare Wärme des Exportgases zur Dampf- bzw. Stromerzeugung genutzt werden, ohne dass ein eigener Abhitzekessel für das Topgas oder ein anderes Abgas aus Anlagen zur Roheisenherstellung angeordnet werden muss. Der erfindungsgemäße Abhitzedampferzeuger übernimmt dabei sowohl die Funktion eines herkömmlichen Abhitzekessels für das Topgas oder ein anderes Abgas als auch die Funktion des Dampferzeugers des Dampfkraftwerks.

Durch den Entfall der Nassentstaubung wird kein oder zumindest weniger Prozesswasser bei der Roheisenherstellung benötigt. Bei zwei der drei vorgeschlagenen Ausführungsvarianten für die Entstaubung wird durch die zumindest teilweise Verlagerung der Entstaubung nach den Abhitzedampferzeuger der Aufwand für die Entstaubung bei der Roheisenherstellung verringert. Aufgrund der geringeren Druckverluste bei der Einsparung von Gasreinigungsanlagen kann der Druck des Exportgases vor oder nach dem Abhitzedampferzeuger in einer Entspannungsturbine genutzt werden.

Der erfindungsgemäß abgeschiedene Staub fällt entweder trocken an, wird in der Brennkammer verbrannt oder verschlackt. Es fällt

dadurch weniger oder gar kein Staub als Schlamm an, was gegebenenfalls die Schlammmenge verringert.

Emissionen können verringert werden, weil die Prozesswassermenge durch die Erfindung zumindest verringert wird und die im Exportgas
5 enthaltenen Kohlenwasserstoffe in der Brennkammer verbrannt werden. Die Korrosion durch Kondensation von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, kurz PAK, auf dem Weg des Exportgases wird aufgrund der – im Vergleich zu Anlagen mit Gasturbinen – höheren Gastemperaturen verringert oder sogar
10 vermieden.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beispielhaften und schematischen Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Anlagenschema ohne Entstaubung des Exportgases
15 (Topgases) vor dem Abhitzedampferzeuger,

Fig. 2 zeigt ein Anlagenschema mit Entstaubung des Exportgases (Topgases) vor dem Abhitzedampferzeuger,

Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Anlage mit einer COREX®-Anlage und trockener Entstaubung des Topgases,

20 Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemäße Anlage mit einer COREX®-Anlage und teilweiser Nassreinigung des Topgases,

Fig. 5 zeigt eine erfindungsgemäße Anlage mit einer FINEX®-Anlage und trockener Entstaubung des Topgases,

Fig. 6 zeigt eine erfindungsgemäße Anlage mit einer FINEX®-Anlage
25 und teilweiser Nassreinigung des Topgases.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Fig. 1 zeigt ein Anlagenschema ohne Entstaubung des Exportgases 12 (Topgases) vor dem Abhitzedampferzeuger 29. Die hier dargestellte

Anlage zur Roheisenherstellung ist eine COREX®-Anlage, deren genaue Funktionsweise der Beschreibung zu Fig. 3 zu entnehmen ist. Es könnte aber auch jede andere Anlage zur Roheisenherstellung Exportgas 12 zur Brennkammer 23 führen.

- 5 Die COREX®-Anlage weist einen Reduktionsschacht 45 auf, welcher als Festbettreaktor ausgebildet ist, und mit Stückerz, Pellets, Sinter und Additiven beschickt wird, siehe Bezugszeichen 46 in Fig. 3. Im Gegenstrom zum Stückerz etc. wird das Reduktionsgas 43 geführt. Es wird am Boden des Reduktionsschachts 45 eingebracht
10 und tritt an dessen Oberseite als Topgas 57 aus. Das Topgas 57 aus dem Reduktionsschacht 45 wird nicht gereinigt und zumindest ein Teil davon wird als Exportgas 12 aus der COREX®-Anlage entnommen. Bezüglich der weiteren Verwendung des Topgases 57 siehe Fig. 3.

- Das Reduktionsgas 43 für den Reduktionsschacht 45 wird in einem
15 Einschmelzvergaser 48 hergestellt, in den einerseits Kohle zugeführt wird, und dem andererseits das im Reduktionsschacht 45 vorreduzierte Eisenerz zugegeben wird. Die Kohle im Einschmelzvergaser 48 wird vergast, das entstehende Gasgemisch wird als Topgas (Generatorgas) 54 abgezogen und ein Teilstrom als
20 Reduktionsgas 43 dem Reduktionsschacht 45 zugeleitet. Das im Einschmelzvergaser 48 erschmolzene heiße Metall und die Schlacke werden abgezogen, siehe Pfeil 58.

- Das aus dem Einschmelzvergaser 48 abgezogene Generatorgas 54 wird in einen Abscheider 59 geleitet, um mit ausgetragenen Staub
25 trocken abzuscheiden und den Staub über Staubbrenner in den Einschmelzvergaser 48 zurückzuführen. Ein Teil des vom Grobstaub gereinigten Topgases 54 wird mittels Nasswäscher 68 weiter gereinigt und als Überschussgas 69 aus der COREX®-Anlage entnommen und dem Topgas 57 bzw. dem Exportgas 12 beigemischt.

- 30 Ein Teil des gereinigten Top- oder Generatorgases 54 nach Nasswäscher 68 wird zur Abkühlung einem Gaskompressor 70 zugeleitet und dann wieder dem Top- oder Generatorgas 54 nach dem Einschmelzvergaser 48 zur Kühlung zugeführt. Durch diese Rückführung können die darin enthaltenen reduzierenden Anteile

noch für das COREX®-Verfahren ausgenutzt werden und andererseits kann die erforderliche Kühlung des heißen Top- oder Generatorgases 54 von ca. 1050°C auf 700-900°C sichergestellt werden.

Die Menge des Überschussgases 69, das dem Exportgas 12 zugeführt
5 wird, wird mit einem Durchflussmesser 17 gemessen und in
Abhängigkeit vom gemessenen Durchfluss ein Gasflussregler 31, der
in der Abgasleitung nach dem Abhitzedampferzeuger 29 angeordnet
ist, eingestellt. Der in Flussrichtung des Überschussgases 69
10 hinter dem Durchflussmesser 17 angeordnete Druckregler 33 öffnet
das ihm zugeordnete Ventil gegebenenfalls so weit, dass der Druck
im Einschmelzvergaser 48 einen vorgegebenen Wert nicht
überschreitet. Die Anordnung des Gasflussreglers 31 nach dem
Abhitzedampferzeuger 29 ist vorteilhaft, weil dort die
15 Gastemperatur niedriger ist als die Temperatur des Exportgases vor
der Brennkammer 23.

Das Überschussgas 69 weist einen höheren Druck und eine höhere
Temperatur auf als das Topgas 57, was dazu genutzt werden kann,
das Überschussgas in einem Nasswäscher 68 zu reinigen und dann dem
Topgas 57 zuzuführen. Das Gleiche gilt für das Überschussgas 61,
20 das in einem Nasswäscher 60 gereinigt wird, und das Abgas 44 einer
FINEX®-Anlage. Da dieser Nasswäscher 68 beim COREX®-Verfahren auch
das rückgeführte Generatorgas kühlt, müsste man dieses etwa durch
eine Wassereinspritzung kühlen, wenn man das Überschussgas 69
nicht durch einen Nasswäscher abkühlen, sondern seine Energie für
25 den Abhitzedampferzeuger 29 nützen wollte.

Das Exportgas 12, bestehend aus Überschussgas 69 und Topgas 57,
wird in die Brennkammer 23 geleitet und dort verbrannt. Das Abgas
aus der Brennkammer 23 wird direkt in den Abhitzedampferzeuger 29
geleitet, wo es Dampf für den Dampfkreislauf mit einer
30 Dampfturbine 30 erzeugt. Das aus dem Abhitzedampferzeuger 29
austretende Abgas wird in einer Entstaubungsanlage 56, die hier
als Kombination von Grobentstaubung und Feinentstaubung
ausgebildet ist, trocken von Staub befreit und durch den Kamin 34
in die Atmosphäre geleitet.

Die Anlage gemäß Fig. 2 entspricht in den meisten Anlagenteilen jener aus Fig. 1 mit dem Unterschied, dass in Fig. 2 vor dem Abhitzedampferzeuger 29, nämlich nach dem Reduktionsschacht 45 und vor der Einmündung des Überschussgases 69, eine trockene
5 Entstaubung des Topgases 57 in einer Grobentstaubungsanlage 74 stattfindet. Dafür muss dann nach dem Abhitzedampferzeuger 29 noch eine - insbesondere trockene - Feinentstaubungsanlage 73 (z.B. mit keramischen Filtern, Elektrofiltern oder Gewebefiltern) angeordnet werden. Diese Ausführungsform kann dann angewendet werden, wenn
10 der Brenner und die Wärmetauscher des Abhitzedampferzeugers 29 für Exportgas 12 bzw. Abgas mit einem Staubgehalt von ca. 5 g/Nm³ ausgelegt sind. Andernfalls wäre die Feinentstaubungsanlage 73 ebenfalls vor der Brennkammer 23 (und nach der Grobentstaubungsanlage 74) anzuordnen, siehe strichlierte
15 Darstellung, sie könnte dafür nach dem Abhitzedampferzeuger 29 entfallen.

Ähnliches gilt für die Anordnung des Gasflussreglers 31 in Fig. 2: wenn dieser einer Staubbelastung von ca. 5 g/Nm³ und Temperaturen von 300-500°C standhält, kann dieser auch unmittelbar nach der
20 trockenen Grobentstaubung, also nach der Grobentstaubungsanlage 74, angeordnet werden.

Fig. 3 zeigt die erfindungsgemäße Verbindung zwischen einer COREX®-Anlage mit trockener Entstaubung des Topgases einerseits und einem Kraftwerk 24 andererseits.

25 Das Kraftwerk 24 wird von einer COREX®-Anlage mit Exportgas 12 versorgt, welches in einem nicht dargestellten Exportgasbehälter zwischengespeichert werden kann. Nicht für das Kraftwerk 24 benötigtes Exportgas 22 kann - wie hier dargestellt - der Heißfackel 19 oder dem Hüttenwerksgasnetz, etwa einer
30 Rohstofftrocknung, zugeführt werden. Der Druckenergieinhalt des Exportgases 12 kann auch in einer Expansions- oder Entspannungsturbine 35 (engl. Top gas pressure recovery turbine) ausgenutzt werden, die in diesem Beispiel vor der Leitung 21 für Exportgas 22 zur Heißfackel angeordnet ist. Eine entsprechende
35 Umleitung für das Exportgas 12 um die Entspannungsturbine 35 ist

vorgesehen, falls das Exportgas 12 - etwa aufgrund zu geringen Drucks - nicht durch die Expansionsturbine 35 geführt werden soll. Ein entsprechendes druckgeregeltes Ventil 18 ist in der Umleitung vorgesehen.

- 5 Das Exportgas 12 wird der Brennkammer 23 als Brennstoff zugeleitet, und davor, falls nötig, von einem Gaskühler 25 abgekühlt. Das verbrannte Exportgas wird von der Brennkammer 23 direkt in den Abhitzedampferzeuger 29 geleitet. Dort gibt das verbrannte Exportgas seine Wärme an die Wärmetauscher
- 10 (Heizflächen) ab, der dadurch erzeugte Dampf treibt die Dampfturbine 30 und den mit ihr verbundenen Generator zur Stromerzeugung an.

- Die COREX®-Anlage weist in diesem Beispiel einen Reduktionsschacht 45 auf, welcher als Festbettreaktor ausgebildet ist und mit
- 15 Stückerz, Pellets, Sinter und Additiven beschickt wird, siehe Bezugszeichen 46. Im Gegenstrom zum Stückerz etc. 46 wird das Reduktionsgas 43 geführt. Es wird am Boden des Reduktionsschachts 45 eingebracht und tritt an dessen Oberseite als Topgas 57 aus. Das Topgas 57 aus dem Reduktionsschacht 45 wird in einer
- 20 Feinentstaubungsanlage 73, die hier als Heißgasfilter mit keramischen Filtern ausgebildet ist, trocken entstaubt und zumindest ein Teil als Exportgas 12 aus der COREX®-Anlage entnommen. Ein Teil könnte über eine hier nicht dargestellte, in der COREX®-Anlage befindliche PSA-Anlage von CO₂ befreit und
- 25 wieder dem Reduktionsschacht 45 zugeführt werden.

- Das Reduktionsgas 43 für den Reduktionsschacht 45 wird in einem Einschmelzvergaser 48 hergestellt, in den Kohle in Form von stückiger Kohle 49, gegebenenfalls mit Feinerz, eingebracht wird. Zusätzlich wird Sauerstoff O₂ zugeführt. Andererseits wird das im
- 30 Reduktionsschacht 45 vorreduzierte Eisenerz zugegeben. Die Kohle im Einschmelzvergaser 48 wird vergast, es entsteht ein Gasgemisch, das hauptsächlich aus CO und H₂ besteht, und als Topgas (Generatorgas) 54 abgezogen und ein Teilstrom als Reduktionsgas 43 dem Reduktionsschacht 45 zugeleitet wird. Das im

Einschmelzvergaser 48 erschmolzene heiße Metall und die Schlacke werden abgezogen, siehe Pfeil 58.

Das aus dem Einschmelzvergaser 48 abgezogene Generatorgas 54 wird in einen Abscheider 59, der als Heißgaszyklon ausgeführt ist, geleitet, um mit ausgetragenen Staub, insbesondere Feinerz, trocken abzuscheiden und den Staub 71 über Staubbrenner in den Einschmelzvergaser 48 zurückzuführen. Ein Teil des vom Grobstaub gereinigten Topgases 54 wird mittels Nasswäscher 68 weiter gereinigt und als Überschussgas 69 aus der COREX®-Anlage entnommen und dem Topgas 57 bzw. dem Exportgas 12 beigemischt. Die Regelung für die Menge des Überschussgases 69 wurde bereits bei Fig. 1 beschrieben.

Ein Teil des gereinigten Top- oder Generatorgases 54 nach dem Nasswäscher 68 wird zur Abkühlung einem Gaskompressor 70 zugeleitet und dann wieder dem Top- oder Generatorgas 54 nach dem Einschmelzvergaser 48 zur Kühlung zugeführt. Durch diese Rückführung können die darin enthaltenen reduzierenden Anteile noch für das COREX®-Verfahren ausgenutzt werden und andererseits kann die erforderliche Kühlung des heißen Top- oder Generatorgases 54 von ca. 1050°C auf 700-900°C sichergestellt werden.

Der Reduktionsschacht 45 muss nicht als Festbett, er kann auch als Wirbelschicht ausgebildet sein. Am unteren Ende werden je nach chargierten Einsatzstoffen und je nach Verfahrensführung entweder Eisenschwamm, heiß brikettiertes Eisen oder niedrig reduziertes Eisen entnommen.

Das Exportgas 12 gelangt nach der Feinentstaubungsanlage 73 schließlich in die Brennkammer 23, wo es verbrannt und anschließend direkt in den Abhitzedampferzeuger 29 geleitet wird. Etwaiges überschüssiges Exportgas 12 kann auch noch zwischen Entspannungsturbine 35 und Brennkammer 23, gegebenenfalls nach dem Gaskühler 25 zur Heißfackel 19 abgeleitet werden. Nach dem Abhitzedampferzeuger 29 ist der Gasflussregler 31 vorgesehen, der in Abhängigkeit vom hier nicht dargestellten Durchflussmesser 17 (siehe Fig. 1 und 2) geregelt wird.

Die Anlage und die Funktion der Anlage gemäß Fig. 3 entsprechen sonst jener aus Fig. 2.

Die Anlage gemäß Fig. 4 entspricht weitgehend jener aus Fig. 3, jedoch wird die Entstaubung des Topgases 57 anders durchgeführt:
5 statt einer Feinentstaubungsanlage 73 in Form eines Heißgasfilters wie in Fig. 3 erfolgt eine trockene Grobenstaubung in einer Grobentstaubungsanlage 74 (Zyklon), gefolgt von einem Nasswäscher 11, gefolgt von einer Feinentstaubungsanlage 73 in Form mehrerer Gewebefilter. Um den Nasswäscher 11 herum ist eine Umleitung für
10 das Topgas 57 vorgesehen, um die Nasswäsche des Topgases zu umgehen.

Der Staub 72 aus der Grobentstaubungsanlage 74 kann in den Einschmelzvergaser 48 zurückgeführt werden.

Der Gasflussregler 31 ist hier ebenfalls nach dem
15 Abhitzedampferzeuger 29 vorgesehen.

In Fig. 5 wird das Kraftwerk 24 von einer FINEX®-Anlage mit Exportgas 12 versorgt, welches in einem Exportgasbehälter 13 zwischengespeichert werden kann. Nicht für das Kraftwerk 24 benötigtes Exportgas 22 kann wieder dem Hüttenwerksgasnetz, etwa
20 einer Rohstofftrocknung, oder der Heißfackel 19 zugeführt werden.

Die FINEX®-Anlage weist in diesem Beispiel als Reduktionsreaktoren vier Wirbelschichtreaktoren 37-40 auf, welche mit Feinerz beschickt werden. Feinerz und Additive 41 werden der Erztrocknung 42 zugeführt und von dort zuerst dem vierten Reaktor 37, sie
25 gelangen dann in den dritten 38, den zweiten 39 und schließlich in den ersten Wirbelschichtreaktor 40. Anstelle von vier Wirbelschichtreaktoren 37-40 können aber auch nur drei vorhanden sein. Im Gegenstrom zum Feinerz wird das Reduktionsgas 43 geführt. Es wird am Boden des ersten Wirbelschichtreaktors 40 eingebracht
30 und tritt an dessen Oberseite aus. Bevor es von unten in den zweiten Wirbelschichtreaktor 39 eintritt, kann es noch mit Sauerstoff O₂ erwärmt werden, ebenso zwischen zweitem 39 und drittem 38 Wirbelschichtreaktor. Das Abgas 44 aus den Wirbelschichtreaktoren 37-40 wird in einer Feinentstaubungsanlage

73, die als Heißgasfilter mit keramischen Filterelementen ausgebildet ist, gereinigt und als Exportgas 12 im nachgeschalteten Kombikraftwerk 24 weiter verwendet.

Das Reduktionsgas 43 wird in einem Einschmelzvergaser 48
5 hergestellt, in den einerseits Kohle in Form von stückiger Kohle 49 und von Kohle in Pulverform 50 – diese gemeinsam mit Sauerstoff O_2 – zugeführt wird, in den andererseits das in den Wirbelschichtreaktoren 37-40 vorreduzierte und in der Eisenbrikettierung 51 in heißem Zustand zu Briketts (engl.: HCI
10 Hot Compacted Iron) geformte Eisenerz zugegeben wird. Die Eisenbriketts gelangen dabei über eine Förderanlage 52 in einen Speicherbehälter 53, der als Festbettreaktor ausgebildet ist, wo die Eisenbriketts mit grob gereinigtem Generatorgas 54 aus dem Einschmelzvergaser 48 gegebenenfalls vorgewärmt und reduziert
15 werden. Hier können auch kalte Eisenbriketts 65 zugegeben werden. Anschließend werden die Eisenbriketts bzw. -oxide von oben in den Einschmelzvergaser 48 chargiert. Niedrig reduziertes Eisen (engl. LRI = low reduced iron) kann ebenfalls aus der Eisenbrikettierung 51 abgezogen werden.

20 Die Kohle im Einschmelzvergaser 48 wird vergast, es entsteht ein Gasgemisch, das hauptsächlich aus CO und H_2 besteht, und als Reduktionsgas (Generatorgas) 54 abgezogen und ein Teilstrom als Reduktionsgas 43 den Wirbelschichtreaktoren 37-40 zugeleitet wird. Das im Einschmelzvergaser 48 erschmolzene heiße Metall und die
25 Schlacke werden abgezogen, siehe Pfeil 58.

Das aus dem Einschmelzvergaser 48 abgezogene Topgas 54 wird zuerst in einen Abscheider 59 (Heißgaszyklon) geleitet, um mit ausgetragenen Staub trocken abzuscheiden und den Staub über Staubbrenner in den Einschmelzvergaser 48 zurückzuführen. Ein Teil
30 des vom Grobstaub gereinigten Topgases wird mittels Nasswäscher 60 weiter gereinigt und als Überschussgas 61 aus der FINEX®-Anlage entnommen, ein Teil kann auch der PSA-Anlage (PSA = Pressure Swing Adsorption = Druckwechseladsorption) 14 zur CO_2 -Entfernung zugeführt werden. In der Leitung für Überschussgas 61 ist ein
35 Druckregler analog jenem Druckregler 33 in den Fig. 1 und 2

angeordnet, mit welchem der für den Einschmelzvergaser 48 notwendige Druck eingestellt wird.

Ein weiterer Teil des gereinigten Generatorgases 54 wird ebenfalls in einem Nasswäscher 62 weiter gereinigt, zur Abkühlung einem
5 Gaskompressor 63 zugeleitet und dann nach Mischung mit dem aus der PSA-Anlage 14 entnommenen, von CO₂ befreiten Produktgas 64 wieder dem Generatorgas 54 nach dem Einschmelzvergaser 48 zur Kühlung zugeführt. Durch diese Rückführung des von CO₂ befreiten Gases 64 können die darin enthaltenen reduzierenden Anteile noch für das
10 FINEX®-Verfahren ausgenützt werden und andererseits kann die erforderliche Kühlung des heißen Generatorgases 54 von ca. 1050°C auf 700-870°C sichergestellt werden.

Das aus der Speicheranlage 53, wo die Eisenbriketts bzw. Eisenoxide mit entstaubtem und gekühltem Generatorgas 54 aus dem
15 Einschmelzvergaser 48 erwärmt und reduziert werden, austretende Topgas 55 wird in einem Nasswäscher 66 gereinigt und dann ebenfalls zumindest teilweise der PSA-Anlage 14 zur Entfernung von CO₂ zugeführt. Ein Teil könnte auch dem Abgas 44 aus den Wirbelschichtreaktoren 37-40 zugemischt werden.

20 Der PSA-Anlage 14 kann auch ein Teil des Abgases 44 aus den Wirbelschichtreaktoren 37-40 direkt zugemischt werden. Die der PSA-Anlage 14 zuzuführenden Gase werden vorher in einem Gaskühler 75, der wie Gaskühler 25 auf Basis von Kaltwasser arbeitet, gekühlt, in einem Kompressor 15 noch verdichtet und danach in
25 einem Nachkühler 16 noch gekühlt.

Das Restgas 20 aus der PSA-Anlage 14 kann ganz oder zum Teil dem Exportgas 12 zugemischt werden, etwa über einen Restgasbehälter 13 zur Vergleichmäßigung der Restgasqualität. Es kann aber auch über das nicht benötigte Exportgas 22 dem Hüttenwerksgasnetz zugegeben
30 oder der Heißfackel 19 zur Verbrennung zugeführt werden, wie dies schon unter Fig. 3 beschrieben wurde.

Der Druck des Abgases 44 aus den Wirbelschichtreaktoren 37-40 kann, genauso wie in den Fig. 3-4 gezeigt, in einer Entspannungsturbine 35 ausgenützt werden und anschließend, falls

notwendig, vor der Brennkammer 23 teilweise in einem Gaskühler 25 auf Kaltwasserbasis gekühlt werden.

Sonst decken sich Aufbau und Funktion der Anlage ab der Brennkammer 23 mit jenem aus Fig. 3 und 4. Der Gasflussregler 31
5 ist nach dem Abhitzedampferzeuger 29 angeordnet.

Die Ausführung nach Fig. 6 deckt sich bis auf die Entstaubung des Abgases 44 mit jener aus Fig. 5. In Fig. 6 ist in der Leitung für das Abgas 44 aus den Wirbelschichtreaktoren 37-40 zuerst ein Nasswäscher 11 angeordnet, der wie in Fig. 4 über eine Umleitung
10 zumindest teilweise umgangen werden kann, um den erfindungsgemäßen Effekt des möglichst heißen Abgases 44 bzw. Exportgases 12 bestmöglich erzielt werden kann.

Im Anschluss an den Nasswäscher 11 ist eine Feinentstaubungsanlage 73 in Form mehrerer Gewebefilter angeordnet, in welcher das Abgas
15 trocken vom Feinstaub befreit wird. Der Gasflussregler 31 ist hier wie in Fig. 5 angeordnet.

Bezugszeichenliste:

20	11	Nasswäscher
	12	Exportgas
	13	Restgasbehälter
	14	PSA-Anlage
	15	Kompressor
25	16	Nachkühler
	17	Durchflussmesser
	18	Druckregler bei Entspannungsturbine 35
	19	Heißfackel
	20	Restgas
30	21	Leitung für Exportgas zur Heißfackel 19
	22	nicht benötigtes Exportgas
	23	erstes Messgerät zur Heizwertmessung
	24	Kraftwerk
	25	Gaskühler

	26	Filter	
	27	Gaskompressor	
	28	Gasturbine	
	29	Abhitzedampferzeuger	
5	30	Dampfturbine	
	31	Gasflussregler	
	32	Leitung für Restgas zu Hüttenwerkgasnetz bzw. Heißfackel	19
	33	Druckregler für Überschussgas	69
	34	Kamin	
10	35	Entspannungsturbine	
	37	Vierter Wirbelschichtreaktor	
	38	Dritter Wirbelschichtreaktor	
	39	Zweiter Wirbelschichtreaktor	
	40	Erster Wirbelschichtreaktor	
15	41	Feinerz und Additive	
	42	Erztrocknung	
	43	Reduktionsgas	
	44	Abgas aus Wirbelschichtreaktoren	37-40
	45	Reduktionsschacht	
20	46	Stückerz, Pellets, Sinter und Additive	
	48	Einschmelzvergaser	
	49	stückige Kohle	
	50	Kohle in Pulverform	
	51	Eisenbrikettierung	
25	52	Förderanlage	
	53	als Festbettreaktor ausgebildeter Speicherbehälter zur Vorwärmung und Reduktion von Eisenoxiden und/oder Eisenbriketts	
	54	Top- oder Generatorgas aus Einschmelzvergaser	48
	55	Topgas aus Nasswäscher	66
30	56	Entstaubungsanlage	
	57	Topgas aus Reduktionsschacht	45
	58	heißes Metall und Schlacke	
	59	Abscheider für Feinerz	
	60	Nasswäscher	
35	61	Überschussgas	
	62	Nasswäscher	
	63	Gaskompressor	

- 64 von CO₂ befreites Gas (Produktgas) aus PSA-Anlage 14
- 65 kalte Eisenbriketts
- 66 Nasswäscher
- 67 Nasswäscher nach Reduktionsschacht 45
- 5 68 Nasswäscher nach Abscheider für Feinerz 59
- 69 Überschussgas aus COREX®-Anlage
- 70 Gaskompressor nach Nasswäscher 68
- 71 Staub aus Abscheider 59
- 72 Staub aus Grobentstaubungsanlage 74
- 10 73 Feinentstaubungsanlage
- 74 Grobentstaubungsanlage
- 75 Gaskühler vor PSA-Anlage 14

Patentansprüche

1. Verfahren zur Nutzung der Abgase aus Anlagen zur
Roheisenherstellung für die Dampferzeugung, wobei zumindest
5 ein Teil des Abgases als Exportgas (12) aus der Anlage zur
Roheisenherstellung abgeführt und durch Verbrennung thermisch
verwertet wird und wobei das Abgas aus der Verbrennung einem
Abhitzedampferzeuger (29) zugeführt wird, **dadurch**
gekennzeichnet, dass das Exportgas (12) in eine Brennkammer
10 (23) geleitet wird, die vor dem Abhitzedampferzeuger (29)
angeordnet ist, und dass dem Exportgas (12) nach der
Verbrennung im Abhitzedampferzeuger (29) Wärme entzogen wird,
ohne dass das Exportgas (12) zwischen Verbrennung und
Abhitzedampferzeuger eine Gasturbine durchläuft, wobei der
15 Druck in Brennkammer (23) und Abhitzedampferzeuger (29) über
dem Atmosphärendruck, insbesondere bis zu 3,5 bar_g,
eingestellt wird, und zwar durch Einstellen der Menge an
Exportgas (12), die in die Brennkammer (23) bzw. den
Abhitzedampferzeuger (29) gelangt, durch einen Gasflussregler
20 (31), der nach dem Abhitzedampferzeuger (29) angeordnet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das
Exportgas (12) mit einer Temperatur größer 100°C, bevorzugt
mit einer Temperatur größer 200°C, besonders bevorzugt mit
einer Temperatur größer 300°C, in die Brennkammer (23)
25 geleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Exportgas (12) zumindest einen Anteil von 5-40 g/Nm³ an Kohlenstoffträgern enthält, wobei dieser Anteil 5-40% elementaren Kohlenstoff enthält.
- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das aus mindestens einem Reduktionsreaktor (37-40, 45) der Anlage zur Roheisenherstellung austretende Abgas vor dem Abhitzedampferzeuger (29) nicht entstaubt und nur das aus dem
- 10 Abhitzedampferzeuger (29) austretende verbrannte Exportgas entstaubt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das aus mindestens einem Reduktionsreaktor (37-40, 45) der Anlage zur
- 15 Roheisenherstellung austretende Abgas vor dem Abhitzedampferzeuger (29) grob entstaubt und das aus dem Abhitzedampferzeuger (29) austretende verbrannte Exportgas fein entstaubt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch**
- 20 **gekennzeichnet, dass** das aus mindestens einem Reduktionsreaktor (37-40, 45) der Anlage zur Roheisenherstellung austretende Abgas vor dem Abhitzedampferzeuger (29) fein entstaubt und das aus dem Abhitzedampferzeuger (29) austretende verbrannte Exportgas
- 25 nicht entstaubt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Energie für die Reduktion des Eisenerzes in der Roheisenherstellung ausschließlich in Form von Brennstoffen (49, 50) zugeführt wird.
- 5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Roheisenherstellung nach dem
- Schmelzreduktionsverfahren oder
 - Direktreduktionsverfahren erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch**
- 10 **gekennzeichnet, dass** das Exportgas (12) zumindest eines der folgenden Abgase enthält:
- Abgas (61, 69) aus einem Einschmelzvergaser (48) einer Schmelzreduktionsanlage,
 - Abgas (44, 57) aus zumindest einem Wirbelschichtreaktor

15 (37-40) oder Reduktionsschacht (45) einer Schmelzreduktionsanlage,

 - Abgas (55) aus zumindest einem Festbettreaktor (53) zur Vorwärmung und/oder Reduktion von Eisenoxiden und/oder Eisenbriketts einer Schmelzreduktionsanlage

20 - Abgas aus einem Reduktionsschacht einer Direktreduktionsanlage.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Schmelz- oder beim
- 25 Direktreduktionsverfahren ein Einstellen der Menge an Exportgas (12) nach dem Abhitzedampferzeuger (29) erfolgt,

und zwar nachdem das aus dem Abhitzedampferzeuger (29)
austretende verbrannte Exportgas entstaubt wurde.

11. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der
Ansprüche 1 bis 10, umfassend zumindest
- 5 - eine Anlage zur Roheisenherstellung,
- eine Exportgasleitung, mit welcher ein Teil des Abgases als
Exportgas (12) aus der Anlage zur Roheisenherstellung
abgeführt werden kann,
- eine Brennkammer (23), in welche die Exportgasleitung
- 10 mündet und wo das Exportgas (12) verbrannt werden kann,
- einen der Brennkammer (23) nachgeschalteten
Abhitzedampferzeuger (29), in welchem das Abgas aus der
Brennkammer zur Erzeugung von Dampf verwendet werden kann,
dadurch gekennzeichnet, dass der Abhitzedampferzeuger (29)
- 15 unmittelbar der Brennkammer (23) nachgeschaltet ist und dass
zum Einstellen des Drucks in Brennkammer (23) und
Abhitzedampferzeuger (29) über dem Atmosphärendruck ein
Gasflussregler (31) nach dem Abhitzedampferzeuger (29)
angeordnet ist.
- 20 12. Anlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die
Brennkammer (23) und der Abhitzedampferzeuger (29) als
Druckbehälter ausgelegt sind, die einem Innendruck von bis zu
3,5 bar_g standhalten können.
13. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 12, **dadurch**
- 25 **gekennzeichnet, dass** zwischen mindestens einem
Reduktionsreaktor (37-40, 45) der Anlage zur

Roheisenherstellung und dem Abhitzedampferzeuger (29) keine Entstaubungsanlage und nach dem Abhitzedampferzeuger zumindest eine Entstaubungsanlage (56) angeordnet ist.

14. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 12, **dadurch**
5 **gekennzeichnet, dass** zwischen mindestens einem Reduktionsreaktor (37-40, 45) der Anlage zur Roheisenherstellung und dem Abhitzedampferzeuger (29) zumindest eine Grobentstaubungsanlage (74) und nach dem Abhitzedampferzeuger (29) zumindest eine
10 Feinentstaubungsanlage (73) angeordnet ist.
15. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 12, **dadurch**
gekennzeichnet, dass zwischen mindestens einem Reduktionsreaktor (37-40, 45) der Anlage zur Roheisenherstellung und dem Abhitzedampferzeuger (29)
15 zumindest eine Feinentstaubungsanlage (73) und nach dem Abhitzedampferzeuger (29) keine Entstaubungsanlage angeordnet ist.
16. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch**
gekennzeichnet, dass zur Durchführung der Reduktion in die
20 Reduktionsreaktoren (37-40, 45) der Anlage zur Roheisenherstellung ausschließlich Leitungen für Brennstoffe (49, 50) münden.
17. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 16, **dadurch**
gekennzeichnet, dass die Anlage zur Roheisenherstellung
25 - eine Schmelzreduktionsanlage (37-40, 45, 48) oder
- eine Direktreduktionsanlage umfasst.

18. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Leitung vorgesehen ist, mit welcher
- Abgas (61, 69) aus einem Einschmelzvergaser (48) einer Schmelzreduktionsanlage,
 - Abgas (44, 57) aus zumindest einem Wirbelschichtreaktor (37-40) oder Reduktionsschacht (45) einer Schmelzreduktionsanlage,
 - Abgas (55) aus zumindest einem Festbettreaktor (53) zur Vorwärmung und/oder Reduktion von Eisenoxiden und/oder Eisenbriketts einer Schmelzreduktionsanlage,
 - Abgas aus einem Reduktionsschacht einer Direktreduktionsanlage in die Exportgasleitung geleitet werden kann.
- 15 19. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Fall einer Schmelz- oder Direktreduktionsanlage ein Gasflussregler (31) nach dem Abhitzedampferzeuger (29) angeordnet ist, und zwar nach der Entstaubungsanlage (56) oder der Feinentstaubungsanlage (73).

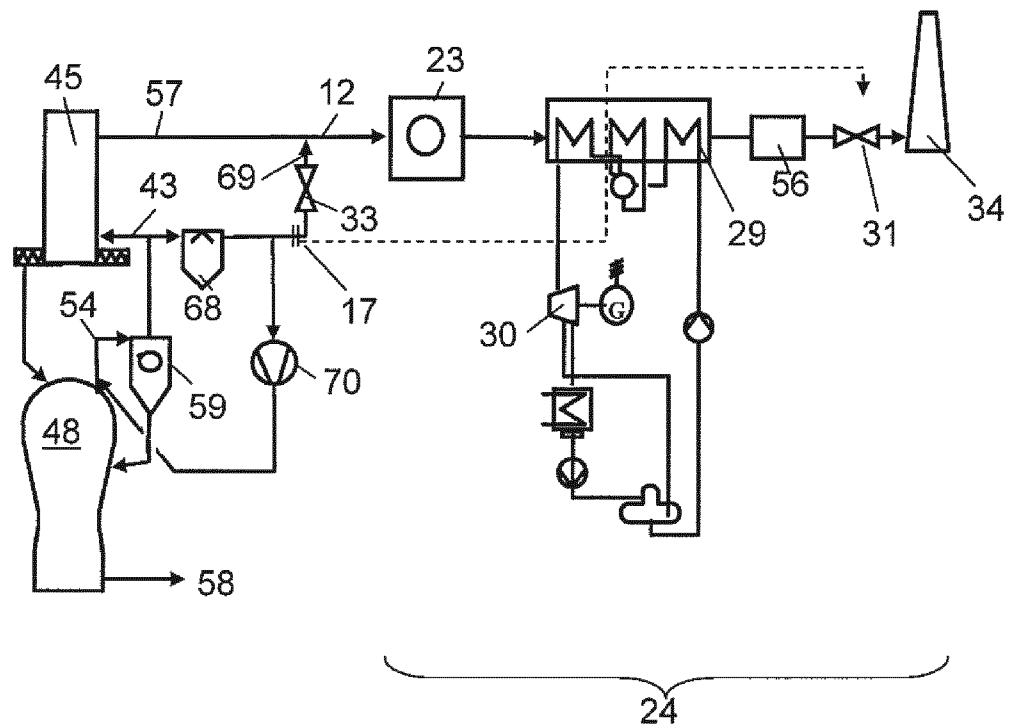


Fig. 1

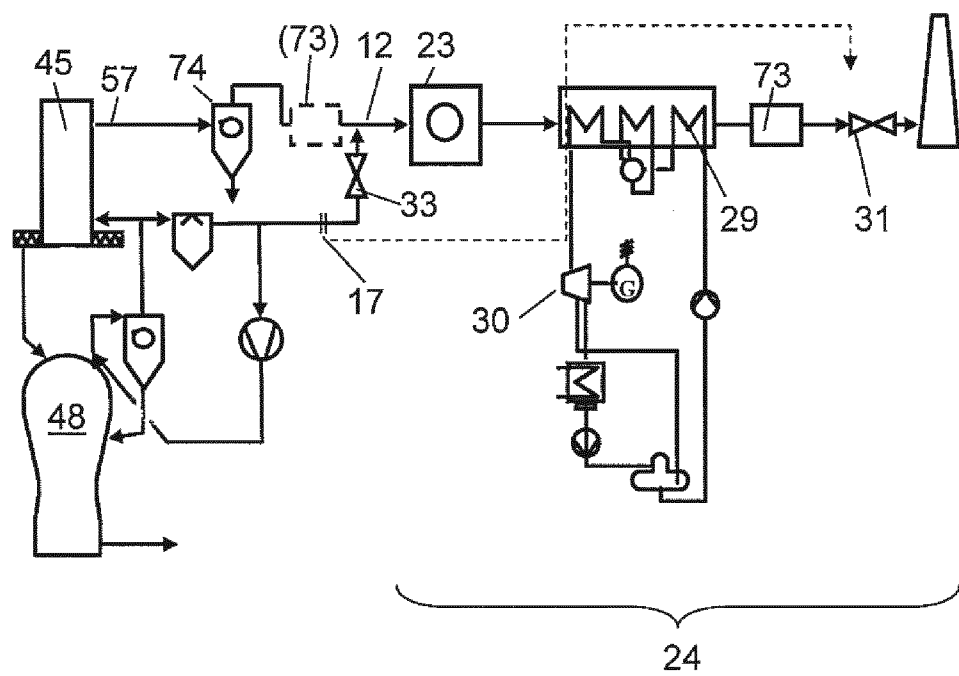


Fig. 2

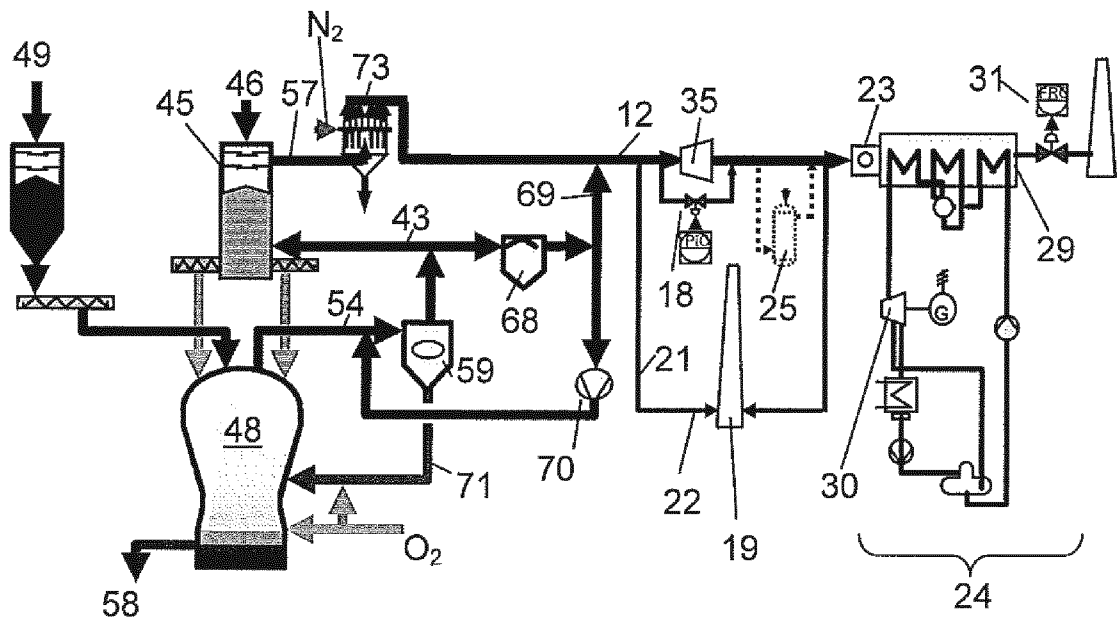


Fig. 3

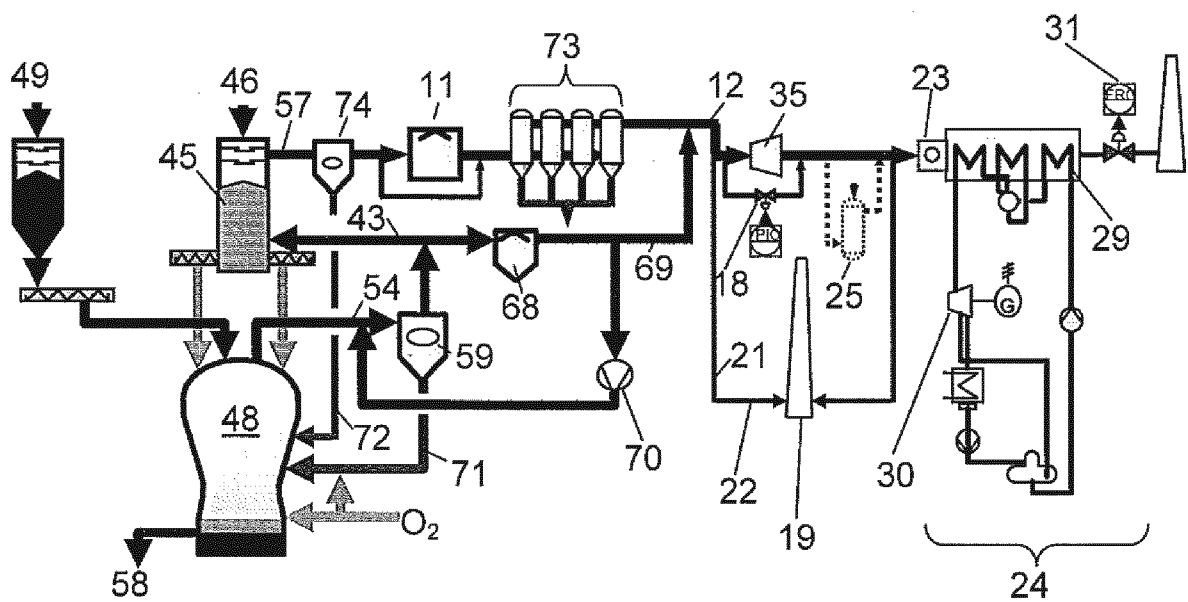


Fig. 4

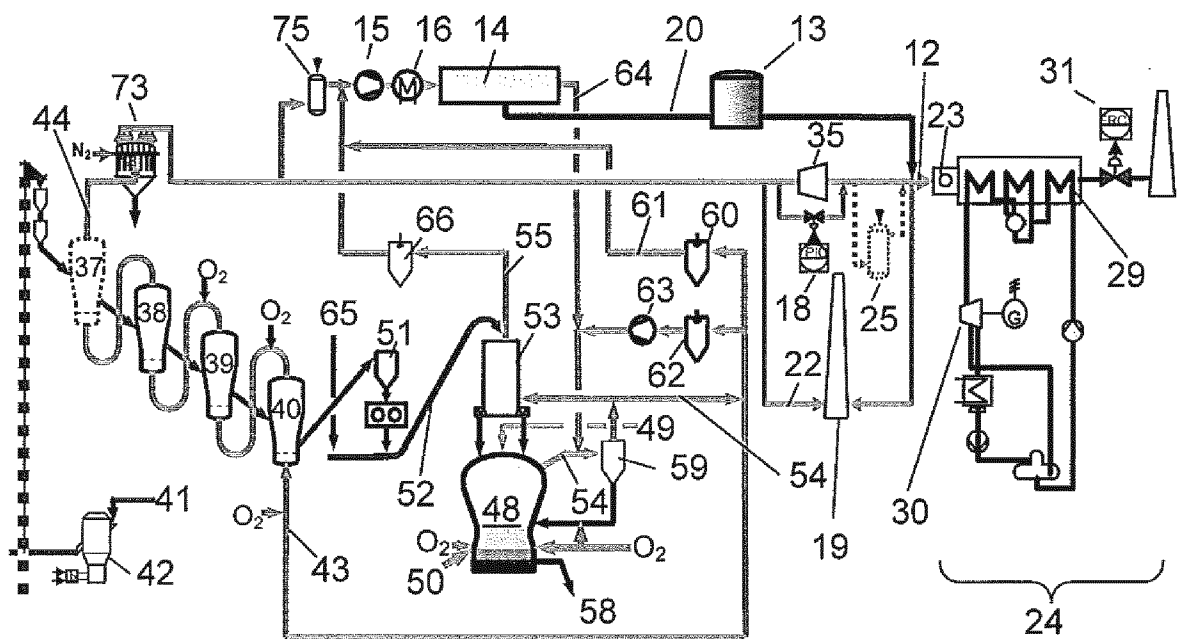


Fig. 5

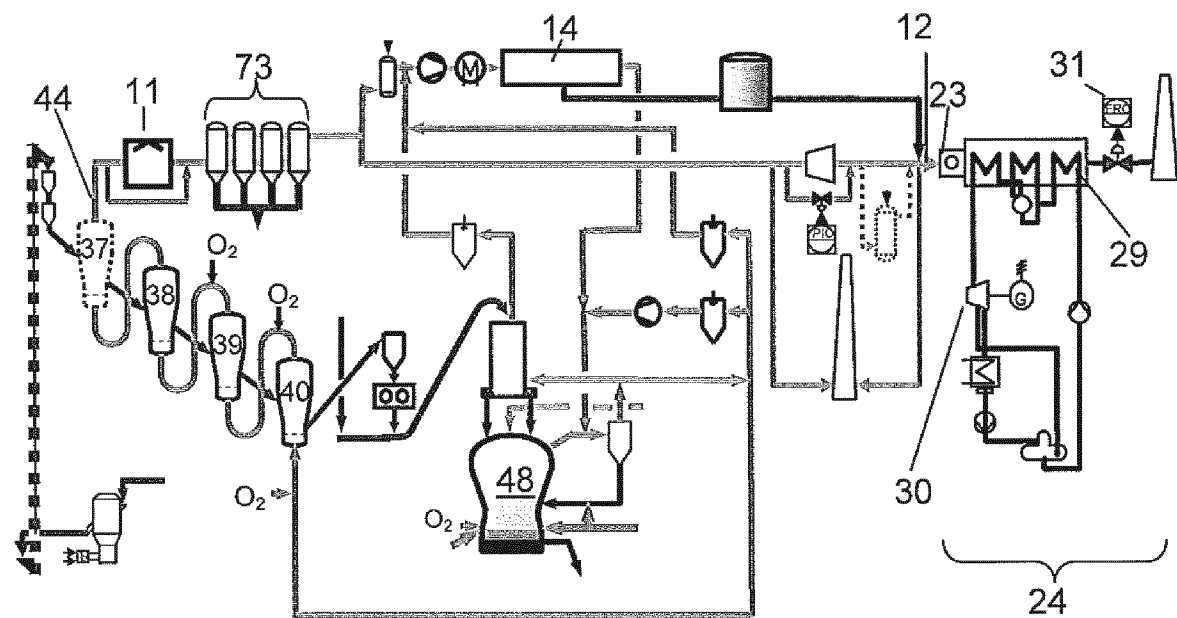


Fig. 6