



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: C 21 B 5/06
B 01 D 53/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪ **642 399**

⑳① Gesuchsnummer: 7548/79

㉔② Anmeldungsdatum: 17.08.1979

㉔③ Priorität(en): 26.03.1979 DE 2911763

㉔④ Patent erteilt: 13.04.1984

㉔⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 13.04.1984

㉔⑦③ Inhaber:
Mannesmann Demag Aktiengesellschaft,
Duisburg (DE)

㉔⑦② Erfinder:
Günter Ratschat, Duisburg 46 (DE)

㉔⑦④ Vertreter:
Kemény AG Patentanwaltbüro, Luzern

⑤④ Verfahren und Einrichtung zum Regulieren von Anteilen der Luftbestandteile Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid und Wassergehalt in Reaktionsprozessen des metallurgischen Bereiches.

⑤⑦ In Reaktionsprozessen des metallurgischen Bereichs wird die Erzeugungsleistung durch mitgeführte Ballastgase gehemmt. Eine mögliche Massnahme, um die Wärmebilanz günstiger zu gestalten, besteht in der Verwendung vorgewärmter Gase. Verlustwärme muss prinzipiell durch einen höheren Aufwand an Energieträgern, wie Koks, Öl oder technisch reinem Sauerstoff aufgewogen werden. Bei einem Verfahren zum Regulieren von Anteilen der Luftbestandteile Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxyd und Wassergehalt in Oxydations- oder Reduktionsprozessen wird die gewünschte Zusammensetzung des Brenngases nach Heizwert, Heiztemperatur und zu erwartenden Verbrennungsgasvolumina individuell dosiert. Die Dosierung erfolgt dadurch, dass ein regelbarer Luftanteil zugeführt wird, in dem vorher durch kontinuierlich in einer Strömung vorgenommenes Adsorbieren (molekulares Sieben bzw. Filtern) von Stickstoff-, Kohlendioxyd- und Wasser-Molekülen in Kristallgittern bildenden Stoffen der Sauerstoffanteil relativ zum vorhandenen Sauerstoffanteil der Eintrittsluft erhöht wird. Für die Verbrennung hemmend wirkende Gase werden vermindert, wodurch gleichzeitig die Temperaturhöhe in Verbindung mit höherem Sauerstoffanteil gesteuert werden kann.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Regulieren von Anteilen der Luftbestandteile Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxyd und Wassergehalt in Reaktionsprozessen des metallurgischen Bereiches, dadurch gekennzeichnet, dass Reduktionsprozessen und/oder Oxydationsprozessen ein regelbarer Luftanteil zugeführt wird, in dem vorher durch kontinuierlich in einer Strömung vorgenommenes molekulares Sieben bzw. Filtern von Stickstoff, Kohlendioxyd und Wassermolekülen in Kristallgitter bildenden Stoffen mit den Molekülgrößen der zu adsorbierenden Stoffe entsprechenden Porengrößen und mit Kristallgitter-Strukturen, in denen fremde Moleküle mit kleinerem Querschnitt als die Hohlräume des Gitters aufgenommen werden, der Sauerstoffanteil relativ zum vorhandenen Sauerstoffanteil der Eintrittsluft erhöht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die in ihrer Menge geregelte Luft durch ein zeolithisches Molekularsieb, das aus kristallinen Metall-Aluminosilikaten besteht, geleitet wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass das zeolithische Molekularsieb mit Luft, die auf eine Temperatur zwischen 200 und 300°C erwärmt ist, regeneriert wird, indem Stickstoff, Kohlendioxyd und Wassergehalt in einer zur vorher eingerichteten Betriebsströmung entgegengesetzt gerichteten Luftströmung durch molekulare Verdrängung abgeführt werden.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Regenerieren des Molekularsiefs im Temperatur-Wechselverfahren durch periodisches Erhitzen des Molekularsiefs erfolgt.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Regenerieren des Molekularsiefs im Druckwechselverfahren durch periodisches Erniedrigen des Druckes der Luftströmung bei konstanter Temperatur erfolgt.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mit Sauerstoff angereicherte Luft Schachtofenprozessen für die Erzreduktion oder Schmelzprozessen für die Oxidation bzw. Reduktion beim Frischen von Roheisen und/oder Schmelzen von Metallschrott bzw. Eisenschwamm oder für die Gewinnung von Nichteisen-Metallen zugeführt wird.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mit Sauerstoff angereicherte Luft zusammen mit Hochofengichtgas in der Brennkammer eines Winderhitzers verbrannt wird.

8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die mit Sauerstoff angereicherte Luft zusammen mit Frischluft in einem Hochofen-Winderhitzer erhitzt wird.

9. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass einem metallurgischen Ofen (1) mehrere Behälter (11, 12, 13) mit Molekularsieb-Stoffen (14) vorgeschaltet sind, die abwechselungsweise an den metallurgischen Ofen (1) anschliessbar sind, die andererseits abwechselungsweise an eine Luftzufuhr (15) anschliessbar sind und die ausserdem abwechselungsweise an eine mit einer Kaltluftzufuhr (17) gekoppelte Wärmequelle (8) anschliessbar sind.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl der betreffende Molekularsieb-Behälter (11 bzw. 12 bzw. 13), der jeweils von beheizter Luft durchströmt wird als auch der Molekularsieb-Behälter (11 bzw. 12 bzw. 13), der jeweils von Frischluft durchströmt wird, in zur Betriebsströmung (20) entgegengesetzter Strömungsrichtung (21) umschaltbar ist.

11. Einrichtung nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass an jedem Molekularsieb-Behälter (11,

12, 13) ein Auslassventil (11g, 12g, 13g) für Stickstoff, Kohlendioxyd und Wasser vorgesehen ist.

12. Einrichtung nach den Ansprüchen 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens drei Molekularsieb-Behälter (11, 12, 13) mit Wechselanschlüssen untereinander versehen und einem metallurgischen Ofen (1) zugeordnet sind.

13. Einrichtung nach den Ansprüchen 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass als Wärmequelle (8) für die Regenerations-Schaltung der Molekularsieb-Behälter (11, 12, 13) ein Röhrenrekuperator (8a) vorgesehen ist.

14. Einrichtung nach den Ansprüchen 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Molekularsieb-Behälter (11, 12, 13) einen wärmeisolierten Stahlmantel aufweisen.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine zu dessen Ausübung besonders günstige Einrichtung zum Regulieren von Anteilen der Luftbestandteile Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxyd und Wassergehalt in Reaktionsprozessen des metallurgischen Bereiches.

Derartige Verfahren zielen allgemein auf Energieersparnis, d.h. im speziellen auf die Ersparnis teurer Energieträger. Die Gründe hierfür können in der Verfügbarkeit, der Importabhängigkeit, der Umweltbelastung, dem Gefahrenpotential und nicht zuletzt in den Preisen und Kosten bestimmter Brennstoffe liegen. Derartige Verfahren zielen demnach auch auf den Einsatz gasförmiger und flüssiger Brennstoffe, die in hüttenmännischen Prozessen bei der Erzeugung hoher Temperaturen die Wirtschaftlichkeit der Metallgewinnung, insbesondere der Roheisen- bzw. Stahlerzeugung infrage stellen.

Bei der Erzreduktion sind zur Verbrennung von einer Tonne Koks annähernd 3000 Normalkubikmeter Luft erforderlich. Die tatsächlich zu liefernde Luftmenge ist wegen der Luftfeuchtigkeit und Undichtigkeiten in Leitungen und Lufterhitzern (z.B. in Winderhitzern an Hochöfen) noch um etwa 25% höher. Um Brennstoff, also Koks zu sparen, wird die Luft in Lufterhitzern auf maximal 1.300°C erhitzt. Zum Erhitzen der Luft wird das aus dem metallurgischen Ofen entweichende Gichtgas mit einem Zusatz von Koksgas verwendet, das im Lufterhitzer verbrannt wird und dadurch gitterförmige, feuerfeste Steine im Innern des Lufterhitzers auf maximal 1.550°C aufheizt. Nach der Aufheizperiode wird der Gasbrenner abgeschaltet und kalte Luft, die in Gebläsemaschinen in höheren Drücken erzeugt wird, durch das heisse Gittermauerwerk des Lufterhitzers geblasen. Die heissen Steine erhitzen die Luft, die anschliessend über die Heisswind-Ringleitung und die Winddüsen in den Hochofen eingeblasen wird. Zwei derartige Winderhitzer arbeiten jeweils abwechselnd mit Heiz- und Windzeit. Für die Erzeugung des Roheisens in Hochöfen werden etwa 66% der Gesamtenergie eines Hüttenwerkes verbraucht. Der Koksverbrauch belief sich im Jahre 1975 allein in der Bundesrepublik Deutschland auf rund 500 kg/t Roheisen, zusätzlich wurden rund 60 kg Schweröl/t Roheisen eingeblasen.

Das Gichtgas am Hochofen ist jedoch ein heizwertarmes Gas (3.140 bis 3.560 kJ/m³). Dieser Nachteil kann zur Erzielung höherer Flammentemperaturen, üblicherweise nur durch Zumischen von Starkgasen, z.B. von Koksofengas, ausgeglichen werden. Eine andere Hilfsmassnahme, höhere Flammentemperaturen zu erzielen, ist durch die Vorwärmung von Gas und/oder Brennluft gegeben. Es ist auch schon vorgeschlagen worden, die Inertgasanteile in der Brennluft (insbesondere von Stickstoff) durch Zugabe von Sauerstoff zu vermindern, um dadurch Brennstoffe einzusparen und gleichzeitig die Erzeugungsleistung des Hochofens zu steigern.

Der bisher im Hochofen zugesetzte Sauerstoff kommt in erster Linie aus der Tieftemperatur-Destillation von atmosphärischer Luft, für die in Hüttenwerken besondere Sauerstoffgewinnungsanlagen erforderlich sind. Hüttenwerke können andererseits auch an weitverzweigte Sauerstoff-Leitungsnetze angeschlossen sein, die die einzelnen Sauerstoffverbraucherstellen im Hüttenwerk mit weit entfernten Sauerstoffgewinnungsanlagen verbinden.

Die blosse Zugabe von Sauerstoff zur Verbrennungsluft bzw. zu heizwertarmen Gasen, wie insbesondere Gichtgasen, ist daher nicht nur relativ aufwendig, sondern löst zudem nicht das Problem der weiteren Luftbegleiter, wie z.B. der inerten Gase, insbesondere von Stickstoff, der als Ballast beim metallurgischen Prozess mitgeführt werden muss. Die Zuführung von reinem Sauerstoff vermag zudem das Problem des Kohlendioxyd-Anteils und des Wasserdampf-Anteils der Luft nicht zu lösen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein neues Verfahren zum Regulieren von Anteilen der Luftbestandteile Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxyd und Wassergehalt in Reaktionsprozessen des metallurgischen Bereiches vorzuschlagen, um für jede Art von Prozess eine gewünschte Zusammensetzung des Brenngases nach Heizwert, Heiztemperatur und zu erwartenden Verbrennungsgasvolumina individuell dosieren zu können.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass Reduktionsprozessen und/oder Oxydationsprozessen ein regelbarer Luftanteil zugeführt wird, in dem vorher durch kontinuierlich in einer Strömung vorgenommenes molekulares Sieben bzw. Filtern von Stickstoff-, Kohlendioxyd- und Wassermolekülen in Kristallgitter bildenden Stoffen mit den Molekülgrößen der zu adsorbierenden Stoffe entsprechenden Porengrößen und mit Kristallgitter-Strukturen, in denen fremde Moleküle mit kleinerem Querschnitt als die Hohlräume des Gitters aufgenommen werden, der Sauerstoffanteil relativ zum vorhandenen Sauerstoffanteil der Eintrittsluft erhöht wird. Dieses Verfahren besitzt den Vorteil, zugleich mit einer Anreicherung der Verbrennungsluft an Sauerstoff an der Verbrennung nicht teilnehmende Gase, die sogar für die Verbrennung hemmend wirken, in ihrem Anteil zu vermindern. Damit sinkt der bei Reduktionsprozessen und/oder Oxydationsprozessen sehr oft als nachteilig empfundene Anteil von Ballastgasen erheblich. Von weiterem Vorteil ist, dass dieser Anteil je nach der einzustellenden Temperaturhöhe steuerbar ist. Als Molekularsiebe eignen sich hierbei insbesondere solche Stoffe, die befähigt sind, im Kristallgitter grössere Mengen von Wasser zu binden, das sich durch einfaches Erwärmen stetig entfernen lässt, ohne dass ein Zusammenbruch der Kristallgitter erfolgt. In einer wasserdampfhaltigen Atmosphäre können derartige entwässerte Kristalle von neuem Wasser oder an dessen Stelle Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Stickstoff, Kohlendioxyd und andere Moleküle aufnehmen. Derartige Kristallgitter sind unter dem Namen Zeolithe bekannt. Da die natürlichen Zeolithe für diesen Zweck nicht ausreichen, hat man schon seit rund 50 Jahren künstliche Zeolithe geschaffen, die den praktischen Anforderungen entsprechen.

Der besondere Vorteil der beschriebenen Verfahrensweise liegt zusammengefasst einerseits in der Anwendung Kristallgitter bildender Stoffe, die entsprechende Porengrößen und Kristallgitter-Strukturen aufweisen, in denen fremde Moleküle mit kleinerem Querschnitt als die Hohlräume des Gitters aufgenommen werden können (Adsorbieren), andererseits jedoch im typisch metallurgischen Bereich. Für den zuletzt genannten Bereich vermittelt das erfindungsgemässe Verfahren Möglichkeiten, ballastärmere Gase in Reduktions- oder Oxydationsprozesse einzuführen, intensiver wirkende

Gase einzuführen, im allgemeinen ungenutzte Abwärme von Reduktions- oder Oxydationsprozessen vollends auszunutzen, um die Kristallgitter und Poren bildenden Stoffe zu regenerieren, ferner weitaus trockenere Brenngase zu erzeugen und schliesslich durch die Erzeugung sauerstoffangereicherter Luft sowohl Reduktionsprozesse als auch Oxydationsprozesse intensiver durchzuführen. Der zuletzt genannte Vorteil dient daher zur Intensivierung der Prozesse und damit zur Leistungssteigerung von metallurgischen Öfen und von Verbrennungsvorgängen. Einer dieser Vorteile besteht deshalb auch darin, höhere Temperaturen – soweit erforderlich – in Reduktionsprozessen und in Oxydationsprozessen zu erzielen.

Nach der weiteren Erfindung ist dabei vorteilhaft, dass die in ihrer Menge geregelte Luft durch ein zeolithisches Molekularsieb, das aus kristallinen Metall-Aluminosilikaten besteht, geleitet wird. Derartige zeolithische Molekularsiebe sind an und für sich bekannt. Ihre Anwendbarkeit zur Adsorption bestimmter Luftbegleiter, die in bestimmten Anteilen bei Reduktionsprozessen und/oder Oxydationsprozessen unerwünscht sind, ist bislang jedoch übersehen worden.

Das erfindungsgemässe Verfahren ist weiter dahingehend verbessert, dass das zeolithische Molekularsieb mit Luft, die auf eine Temperatur zwischen 200 und 300°C erwärmt ist, regeneriert wird, indem Stickstoff, Kohlendioxyd und Wassergehalt in einer zur vorher eingerichteten Betriebsströmung entgegengesetzt gerichteten Luftströmung durch molekulare Verdrängung abgeführt werden.

Weiterhin ist vorteilhaft, dass das Regenerieren des Molekularsiefs im Temperaturwechselverfahren durch periodisches Erhitzen des Molekularsiefs erfolgt.

Eine andere Art des Regenerierens des Molekularsiefs erfolgt im Druckwechsel durch periodisches Erniedrigen des Druckes der Luftströmung bei konstanter Temperatur.

Im weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die mit Sauerstoff angereicherte Luft Schachtofenprozessen für die Erzreduktion oder Schmelzprozessen für die Oxydation bzw. Reduktion beim Frischen von Roheisen und/oder Schmelzen von Metallschrott bzw. Eisenschwamm oder für die Gewinnung von Nichteisen-Metallen zugeführt wird.

Eine andere Anwendungsart des erfindungsgemässen Verfahrens besteht darin, dass die mit Sauerstoff angereicherte Luft zusammen mit Hochofengichtgas in der Brennkammer eines Winderhitzers verbrannt wird, wodurch vorteilhafterweise Koksgas eingespart werden kann.

Eine zusätzliche Anwendungsart des erfindungsgemässen Verfahrens ist ferner dadurch gegeben, dass die mit Sauerstoff angereicherte Luft zusammen mit Frischluft in einem Hochofen-Winderhitzer erhitzt wird.

Die Erfindung schlägt weiterhin eine Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens vor. Eine besonders vorteilhafte Einrichtung in diesem Sinne ist dahingehend gestaltet, dass einem metallurgischen Ofen mehrere Behälter mit Molekularsieb-Stoffen vorgeschaltet sind, die abwechselungsweise an den metallurgischen Öfen anschliessbar sind, die andererseits abwechselungsweise an eine Luftzufuhr anschliessbar sind und die ausserdem abwechselungsweise an eine mit einer Kaltluftzufuhr gekoppelte Wärmequelle anschliessbar sind. Das wechselweise Anschliessen ist insofern von Vorteil, als die Molekularsieb-Stoffe von Zeit zu Zeit von den aufgestauten Stoffen befreit werden müssen. Bei mindestens zwei Behältern mit den Molekularsieb-Stoffen steht immer einer in Betriebsbereitschaft.

Innerhalb der Betriebszeit eines der Molekularsieb-Behälter kann der andere bzw. können die anderen Molekularsieb-Behälter regeneriert werden. Dazu ist es zweckmässig,

dass sowohl der betreffende Molekularsieb-Behälter, der jeweils von beheizter Luft durchströmt wird, als auch der Molekularsieb-Behälter, der jeweils von Frischluft durchströmt wird, in zur Betriebsströmung entgegengesetzter Strömungsrichtung umschaltbar ist.

Im Prinzip können die unerwünschten Luftbegleiter, die an der betreffenden Reaktionen nicht teilnehmen sollen, aus dem Molekularsieb-Behälter abgeführt werden. Hierzu ist es zweckmässig, dass an jedem Molekularsieb-Behälter ein Auslassventil für Stickstoff, Kohlendioxyd und Wasser vorgesehen ist.

In einem metallurgischen Betrieb, in dem der metallurgische Ofen als Verbraucher arbeitet und gleichzeitig Abwärme anfällt, ist die erfindungsgemässe Einrichtung vorteilhaft so gestaltet, dass mindestens drei Molekularsieb-Behälter mit Wechselanschlüssen untereinander versehen und einem metallurgischen Ofen zugeordnet sind.

Zweckmässigerweise ist als Wärmequelle für die Regenerationsschaltung der Molekularsieb-Behälter ein Röhrenrekuperator vorgesehen.

Für einen intensiven Ablauf der Vorgänge in den Molekularsieb-Kristallen ist es noch wichtig, dass die Molekularsieb-Behälter einen wärmeisolierten Stahlmantel aufweisen.

Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Einrichtung ist in der Zeichnung dargestellt. Anhand der Zeichnung wird aus der Einrichtung auch das erfindungsgemässe Verfahren näher beschrieben.

Die einzige Figur zeigt einen schematischen Überblick über die Gestaltung einer Hochofenanlage, die nicht oder nur teilweise mit reinem Sauerstoff aus der Tieftemperatur-Destillation betrieben wird.

Als metallurgischer Ofen ist im Ausführungsbeispiel ein Hochofen 1 vorgesehen, der in anderen Anwendungsfällen aus einem Kupolofen, aus einem Schachtofen zur NE-Metallgewinnung, aus einem Elektroofen, aus einem Stahlwerks- oder NE-Metall-Konverter oder aus einem Wärm- bzw. Glühofen für Metalle besteht. Für den Reduktionsprozess, d.h. für die Roheisenerzeugung ist neben den von oben, d.h. durch den Gichtverschluss 2 zugegebenen Eisenerzen und Zuschlagsstoffen Koks als Kohlenstoffträger erforderlich, dessen Anteil wegen der hohen Kosten gering gehalten werden muss. Die Kokersparnis wird gemäss der Erfindung durch die Luft-Sauerstoffzuführung 3 erreicht. Das im Hochofen 1 entstehende Gichtgas 4 durchläuft die Grob-Entstaubungseinrichtung 5, die Fein-Entstaubungseinrichtung 6 und gelangt somit gereinigt in den Verbrennungsschacht 7a des Winderhitzers 7. Diesem Oxydationsprozess wird ebenfalls entsprechend dem erfindungsgemässen Verfahren mit Sauerstoff angereicherte Luft über die Luft-Sauerstoffzuführung 3a zugeleitet, da das Gichtgas 4 auf dem Weg zu den und durch die Entstaubungseinrichtungen 5 und 6 Wärme verliert und neben noch brennbarem Kohlenoxydgas auch Kohlendioxydgas enthält und somit einen relativ geringen Heizwert aufweist. Die im Verbrennungsschacht 7a entstehenden heissen Verbrennungsgase erhitzen das Gittermauerwerk 7b des Winderhitzers 7 und durchströmen anschliessend den Röhrenrekuperator 8a, der eine noch zu beschreibende Wärmequelle 8 darstellt.

Die den Röhrenrekuperator 8a verlassenden Verbrennungsgase befinden sich auf einem niedrigen Temperaturniveau und werden über die Gasleitung 9 und den Schornstein 10 ins Freie abgeleitet.

Vor den Hochofen 1 sind funktionstechnisch die aus wärmeisolierten Stahlblechen gefertigten Behälter 11, 12 und 13 geschaltet. Jeder der Behälter enthält Molekularsieb-Stoffe 14; im Ausführungsbeispiel bestehen diese aus zeolithischen, Kristallgitter bildenden Stoffen vom Typ Kalzium mit 5 Angström Porengrösse ($1 \text{ Angström} = 1 \times 10^{-7} \text{ mm}$).

Jeder der Behälter 11, 12 und 13 ist mit einer Luft-Sauerstoff-Leitung 11a, 12a, 13a an den Hochofen 1 angeschlossen, wobei Ventile 11b, 12b und 13b öffnen und schliessen. An jeden der Behälter 11, 12 und 13 ist ferner eine Luftzufuhr 15 angeschlossen, wobei das Gebläse 16 die Luft über die Leitung 13c mit Absperrventil 13d zum Behälter 13, über die Leitung 11c mit dem Absperrventil 11d zum Behälter 11 und über die Leitung 12c mit dem Absperrventil 12d zum Behälter 12 führt.

Eine weitere Frischluftzufuhr 17 ist vor der Wärmequelle 8 vorgesehen, wobei das Gebläse 18 die Luft durch den Röhrenrekuperator 8a führt, so dass die Luft in der Leitung 19 erwärmt strömt und mittels des Ventils 11e und der Leitung 11f in den Behälter 11, mittels des Ventils 12e und der Leitung 12f in den Behälter 12 und mittels des Ventils 13e und der Leitung 13f in den Behälter 13 geleitet wird. In dieser Strömungsrichtung befindet sich am Ausgang der Behälter 11, 12, 13 jeweils ein Auslassventil 11g, 12g, 13g.

Eine zur Betriebsströmungsrichtung 20 entgegengesetzte Strömungsrichtung 21 wird durch das Gebläse 22, das Kaltluft fördert, erzeugt, wobei die Luft über das Ventil 11h, die Leitung 11i in den Behälter 11 über das Ventil 12h, die Leitung 12i in den Behälter 12 und über das Ventil 13h und die Leitung 13i in den Behälter 13 gelangt.

In der Luft-Sauerstoffzuführung 3 ist ferner das Gebläse 23 eingeschaltet und ebenso eine weitere Mischluftzuführung 24. In der Luft-Sauerstoffzuführung 3a befindet sich ein ähnliches Gebläse 29 mit einer ähnlichen Mischluft-Zuführung 25. Zwischen dem Gebläse 23 und dem Hochofen 1 ist ein zweiter Winderhitzer 26 eingeschaltet, der abwechselnd mit dem Winderhitzer 7 arbeitet und der die mit Sauerstoff angereicherte Luft erhitzt, bevor sie in den Hochofen 1 eingeblasen wird.

Nachdem die einzelnen Organe der erfindungsgemässen Einrichtung beschrieben sind, wird nachstehend die Arbeitsweise der Einrichtung aufgrund des erfindungsgemässen Verfahrens beschrieben:

Bezogen auf den Behälter 13 wird davon ausgegangen, dass dieser adsorptionsfähige Molekularsieb-Stoffe 14 enthält. Das bedeutet, dass der Behälter 13 in der Lage ist, Stickstoff, Kohlendioxyd und Wasserdampf zu adsorbieren. In dieser Phase sind die Ventile 13e, 13g und 13h geschlossen. Über das Gebläse 16 fliesst nunmehr Frischluft durch die Leitung 13c, durch die geöffneten Ventile 13d und 13b in Betriebsströmungsrichtung 20 und wird im Behälter 13 von Kohlendioxyd und Luftfeuchtigkeit und einem grossen Anteil Stickstoff befreit. Dadurch wird die Luft auf 70 bis 90% Sauerstoffanteil angereichert und in der gewünschten Menge reguliert der Ansaugluft des Gebläses 23 zugesetzt. Der sauerstoffangereicherte Wind wird im Winderhitzer 26 erhitzt und dem Hochofen 1 über die Luft-Sauerstoffzuführung 3 zugeleitet.

Diese Arbeitsweise wird je nach Adsorptionsfähigkeit der Molekularsieb-Stoffe 14 nacheinander mit den Behältern 11, 12, und 13 durchgeführt.

Die Regeneration eines nicht mehr adsorptionsfähigen Behälters, z.B. des Behälters 12, wird danach wie folgt durchgeführt: In der ersten Stufe der Regeneration strömt Luft durch die Röhren der Wärmequellen 8, hier des Röhrenrekuperators 8a, im Gegenstrom zu den heissen Abgasen des Verbrennungsschachtes 7a bzw. des Gittermauerwerks 7b, gefördert vom Gebläse 18, die sich im Röhrenrekuperator 8a auf eine Temperatur von 200 bis 300°C erwärmt und durch die Leitung 19 bei geöffnetem Ventil 12e in den Behälter 12 eintritt und durch das geöffnete Ventil 12g ins Freie auströmt. Dadurch werden die Molekularsieb-Stoffe 14 für die nachfolgende Adsorption des Stickstoffs vorbereitet. Während dieses Vorganges sind die Ventile 12b, 12d und 12h geschlossen.

Dieser erste Verfahrensschritt, um die Kristalle für die Adsorption des Stickstoffs vorzubereiten, wird ebenfalls, lediglich zeitlich verschoben, bei den Behältern 11 und 13 ausgeführt.

In der zweiten Stufe der Regeneration wird ein derart erwärmter Behälter 11 nunmehr auf Umgebungstemperatur gekühlt, indem mittels des Gebläses 22 Frischluft bei geöffnetem Ventil 11h durch die Leitung 11i und durch den Behälter 11 geblasen wird. In dieser Phase sind die Ventile 11b, 11d und 11e geschlossen. Die zugeführte Frischluft verlässt den Behälter durch das geöffnete Ventil 11g. Nach der Abkühlung steht der Behälter 11 wieder für die Sauerstoffanreicherung in der eingeführten Luft zur Verfügung.

In einer ausgewählten zeitlichen Periode wird somit das Molekularsieb im Behälter 12 auf 200 bis 300°C erwärmt, im Behälter 11 das Molekularsieb auf Umgebungstemperatur gekühlt und im Behälter 13 sauerstoffangereicherte Luft durch Adsorption des Stickstoffs sowie des Kohlendioxids und des Wasserdampfes erzeugt.

Das Ventil 27 ist geöffnet, wenn der Hochofen 1 mit sauerstoffangereicherter Luft betrieben wird. Andernfalls ist das Ventil 27 geschlossen.

Das Ventil 28 ist geöffnet, wenn der Winderhitzer 7 während der Aufheizperiode mit sauerstoffangereicherter Luft betrieben wird. Andernfalls ist das Ventil 28 geschlossen.

