



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 009 299 T4** 2009.10.08

(12) **Berichtigte Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 613 895 B2**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F23G 5/20** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 009 299.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB2004/000781**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 714 844.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/076924**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.02.2004**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **10.09.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.01.2006**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **03.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.10.2009**

(30) Unionspriorität:  
**0304306 26.02.2003 GB**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR**

(73) Patentinhaber:  
**Platinum Controls Ltd., Port Talbot, GB**

(72) Erfinder:  
**EVANS, Thomas Hudson, Dyfed SA4 6RL, GB**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Haar & Schwarz-Haar, 61231 Bad  
Nauheim**

(54) Bezeichnung: **EIN OFEN UND SEIN BETRIEBSVERFAHREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die berichtigte Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 4 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Ofen, sein Betriebsverfahren und seine Steuerung.

**[0002]** Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf einen Ofen, auf ein Betriebsverfahren eines Ofens und auf ein Verfahren zur Steuerung eines Ofens, um Nichteisenmetalle, wie beispielsweise Kupfer, Blei und Aluminium, ohne Einschränkung zurückzugewinnen. Die Erfindung ist speziell für die Rückgewinnung von Aluminium gut geeignet.

## Hintergrund

**[0003]** Öfen zur Rückgewinnung von Metallen, wie Aluminium, sind gut bekannt. Zunehmend besteht eine Nachfrage nach solchen Öfen, da die Gesetzgebung dazu tendiert, Rückgewinnung und Recycling von Materialien, insbesondere Abfallmetallen, zu fördern. Es sind bei der Rückgewinnung von Abfallmetallen auch eher Vorteile für die Umwelt zu verzeichnen, als einfach Roherz abzubauen und zu schmelzen. Aluminium eignet sich besonders gut zum Mischen von rückgewonnenem (Abfall-)Aluminium mit neuem Aluminiummaterial.

**[0004]** Zu Zwecken der vorliegenden Spezifikation und dem Verständnis der Erfindung werden der Ofen, seine Betriebsverfahren und Steuerung mit Bezug auf Rückgewinnung von Aluminium beschrieben. Es wird aber allgemein vorausgesetzt, dass eine Änderung bezüglich Materialien, Betriebsbedingungen und Parametern vorgenommen werden kann, um den Ofen zu modifizieren, damit Rückgewinnung anderer Nichteisenmetalle ermöglicht wird.

**[0005]** Öfen zur Rückgewinnung von Abfallaluminium besitzen ein Heizsystem, welches das Aluminium schmilzt. Ein Flussmittel wird in den Ofen eingeführt, um bei der Aluminiumrückgewinnung zu helfen. Das Flussmittel besteht generell aus NaCl und KCl, doch können andere Chemikalien, wie beispielweise Kryolith, dem Flussmittel hinzugefügt werden. Das Flussmittel oder Rohsulfat hilft beim Prozess und ist ein gut bekanntes Fachgebiet. Bei hohen Temperaturen, typischerweise von 200°C–1000°C, schwimmt das geschmolzene Flussmittel auf dem geschmolzenen Aluminium, da es eine geringere Dichte aufweist. Gießen des rückgewonnenen flüssigen Aluminiums ist dann durch Kippen oder Neigen des Ofens in einer solchen Weise möglich, dass das Flussmittel im Ofen verbleibt.

## Stand der Technik

**[0006]** Bestehende Metallrückgewinnungsöfen haben einen generell zylindrischen Körper, der drehgelenkig an einem Gestell angeordnet ist, sodass er sich aus einer ersten, vorbestimmten, im wesentlichen horizontalen Heizphasenposition (während das Aluminium schmilzt) in eine zweite, geneigte Gießposition bewegen kann, in welcher Position sich geschmolzenes Aluminium gießen lässt. Einige bestehende Öfen haben Körper, die ein offenes Ende aufweisen, das sich nach innen gerichtet verjüngt. Abfallaluminium wird in den Ofen geladen und geschmolzenes Aluminium wird am offenen Ende aus dem Ofen gegossen.

**[0007]** Ein Beispiel eines Ofens zur Metallrückgewinnung mit einem nach innen gerichtet verjüngten offenen Ende ist in der europäischen Patentanmeldung EP-A3-1243663 (Linde AG) beschrieben. Es wird ein Prozess zum Schmelzen von verunreinigtem Aluminiumschrott beschrieben. Der Prozess umfasst: Messen des Sauerstoffgehalts des beim Schmelzen des Schrotts produzierten Abgases; und Verwenden des Werts als einen Kontrollparameter während der Pyrolyse der Verunreinigungen und/oder während des Schmelzens des Aluminiums.

**[0008]** Andere Ofentypen waren mit einer oder mehreren Ofentüren ausgestattet. Die Ofentür(en) war(en) am offenen Ende (Gießende) des Ofens vorgesehen. Manchmal stützten Ofentüren ein Ofenheizgerät. Die Tür(en) war/waren mittels Scharnier an einem stationären Punkt, separat vom zylindrischen Körper des Ofens, montiert. Deshalb war es nur möglich, die Ofentüren zu schließen, wenn sich der zylindrische Körper des Ofens in einer vorbestimmten Position befand.

**[0009]** Eine Anforderung war, dass der Ofen in der Lage war, eine vorbestimmte Position anzunehmen, um geschmolzenes Metall zurückhalten zu können. Die Tatsache, dass bestehende Öfen diese Position annehmen mussten, bedeutete, dass der Ofen nur in einem Winkel betrieben werden konnte. Dies wurde in gewissem Umfang durch Verwendung eines nach innen gerichtet verjüngten offenen Endes gelindert, das ein Re-

servoir innerhalb des Ofens definierte, in das geschmolzenes Aluminium floss. Wenn es erwünscht war, das geschmolzene Aluminium auszugießen, zum Beispiel in eine Gieß- bzw. Laufrinne (feuerfestes Aufnahmegefäß), floss das Flussmittel manchmal mit dem geschmolzenen Material aus, weil es schwierig war, das Flussmittel vom geschmolzenen Aluminium zu trennen. Ein Grund hierfür war, dass bestehende Öfen auf einen derartigen Winkel gekippt werden mussten, um das Ausgießen von geschmolzenem Aluminium zu bewirken oder zu erlauben. Die Folge war, dass eine Mischung von Flussmittel und geschmolzenem Aluminium manchmal gegossen wurde und häufig war ein Schrapper nötig, um die beiden Materialien zu trennen. Außerdem reduzierte das verjüngte Ende in gewissem Umfang die Größe des offenen Endes des Ofenkörpers, wodurch die Größe von Gegenständen begrenzt wurde, die in den Ofen platziert werden konnten.

**[0010]** Bei geschlossener Tür war es nicht möglich, den Schmelzprozess zu beobachten. Unbeabsichtigtes Öffnen der Tür führte zu einer exothermen Reaktion, was zur Folge hatte, dass das Aluminium nach Reaktion mit Sauerstoffüberschuss abgebrannt wurde.

**[0011]** Das US-Patent US-B-6 213 763 (LaVelle) beschreibt einen Drehtrommelofen, der eine Trommel und einen Rahmen umfasst. Der Rahmen und die Trommel sind für Drehbewegung um eine horizontale Drehachse abgestützt.

**[0012]** Die US-Patentanmeldung US-A-2002/074700 (Mansell) offenbart ein Verfahren für das Recycling von Altmetall durch Schmelzen, um es vom Schrott zu entfernen. Das Verfahren umfasst einen Ofen, der in verschiedene Positionen geschwenkt und gedreht wird.

**[0013]** Die Erfindung stellt einen Ofen bereit, der die oben genannten, mit bestehenden Öfen verbundenen Probleme überwindet.

**[0014]** Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, einen Ofen bereitzustellen, der einen größeren Wiedergewinnungsgrad für Abfallmetall als bisher erreichbar aufweist.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0015]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Ofen vorgesehen, der aus Folgendem besteht: einem im wesentlichen zylindrischen Ofenkörper mit einem geschlossenen Ende und einem offenen Ende, einem Rahmen, der drehgelenkig an einem Bodenteil angeordnet ist, wobei der besagte Rahmen den Ofenkörper zur Rotation in unterschiedlichen Winkeln in einer nach hinten geneigten Position ( $\alpha$ ) vom offenen Ende und in einem nach vorn geneigten Winkel ( $\beta$ ) zum offenen Ende trägt, einem Brenner zur Erhitzung des Ofens und mindestens einer Scharniertür, die zum Schließen des offenen Endes des Ofens vorgesehen ist, wobei die Tür oder jede Tür am Rahmen angelenkt und in der Lage ist, sich in Übereinstimmung mit dem Heben und Senken des Ofens vor- und zurückzuneigen, dadurch gekennzeichnet, dass die Wände des Ofeninneren im Wesentlichen parallel und zylindrisch sind.

**[0016]** Infolge des im wesentlichen konstanten Durchmessers der Innenwände des Ofenzylinders ist es nicht länger notwendig, den Ofen in einem derartig übertriebenen Winkel zu neigen, um geschmolzenes Metall zu gießen. Außerdem lässt sich, sobald gegossen, ein viel höherer Prozentsatz geschmolzenen Metalls erhalten, weil es nicht länger einen Einschluss von Rückstand im Ofen infolge einer Lippe oder eines Halses gibt.

**[0017]** Idealerweise wird die Tür an den Rahmen angelenkt, der den Ofen trägt und der in der Lage ist, sich in Übereinstimmung mit dem Neigen (Heben und Senken) des Ofens zu verlagern. Ein diesbezüglicher Vorteil ist, dass die Türen stets in nächster Nähe der Öffnung des Ofens gehalten werden. Dieses wirkt sich in zweifacher Weise vorteilhaft aus: Erstens besteht ein geringeres Risiko, dass Sauerstoff in den Ofen eintritt (was die Atmosphäre kontaminieren könnte) und zweitens werden Wärmeverluste reduziert, weil der Ofen während seines Betriebs in einem geschlossenen Zustand gehalten wird. Somit wird Effizienz erhöht, da weniger Energie zum Schmelzen des Aluminiums erforderlich ist. Daher ist es offenkundig, dass die Verwendung der Erfindung einen kostengünstigen (und rentableren) Aluminiumrückgewinnungsprozess bereitstellt.

**[0018]** Vorzugsweise hat die Tür oder jede Tür eine oder mehrere Inspektionsluken zum Beobachten des Schmelzprozesses und/oder durch die geschmolzenes Material gegossen werden kann. Weil der Bereich der Inspektionsluke oder jeder der Inspektionsluken kleiner als die Tür selbst ist, entweicht weniger Energie bei der Inspektion der Innenseite des Ofens.

**[0019]** Vorteilhaft hat die Tür oder jede Tür zwei Hälften, die jeweils an einer von beiden Seiten des Rahmens

angelenkt sind. In einer beispielhaften Ausführungsform fungieren die Scharniere als integrale Luft- und Brennstoff-Förderleitungen, was ermöglicht, die Ofentüren zu schließen und dass das Erhitzen in einer kontrollierten Atmosphäre stattfinden kann.

**[0020]** Vorzugsweise ist das Heizgerät ein Gasbrenner und ist, wie hiernach beschrieben, an der Tür montiert. In einer speziell bevorzugten Ausführungsform wird die Verbrennungsluft durch das Ofentürscharnier zum Brenner geleitet. Das Luft- und Brenngas-Fördersystem (Luft- und Gasstrang) ist am Ofen befestigt und ist außerdem in der Lage sich mit dem Ofen zu neigen und zu bewegen. Dies wird mittels Winkel- und/oder Dreh-Fluidanschlüssen erzielt, die gasdichte Drehdurchführungen verwenden.

**[0021]** Ein Ofen könnte umfassen: Einen im wesentlichen zylindrischen Ofenkörper mit einem geschlossenen Ende und einem offenen Ende generell konstanten Durchmessers; einen Rahmen, der drehgelenkig an einem Bodenteil angeordnet ist, wobei der besagte Rahmen den Ofenkörper zur Rotation in unterschiedlichen Winkeln in einer nach hinten geneigten Position vom offenen Ende weg und in einer nach vorn geneigten Position in Richtung des offenen Endes trägt, wo sich eine Tür, die sich durch Schwenken auf einem Scharnier öffnet und schließt und ein Brenner zum Erhitzen befinden, wodurch Luft und/oder Gas mittels eines Verteilerrohrs zugeführt werden, das von den Scharnieren getragen wird oder durch diese hindurchgeht.

**[0022]** Dies wird mittels Winkel- und/oder Dreh-Fluidanschlüssen erzielt, die gasdichte Drehdurchführungen verwenden. Infolgedessen ist das Luft- und Brenngas-Fördersystem (Luft- und Gasstrang) in der Lage sich mit dem Ofen zu neigen und zu bewegen.

**[0023]** Der Brenner ist idealerweise in einer Tür in einem Winkel und so angebracht, dass ein daraus stammender Gasstrahl nicht an das zu bearbeitende Ladematerial anprallt. Ein Vorteil davon ist, dass Hitze nie direkt auf das Ladematerial aufgebracht wird. Daher besteht im Gegensatz zu bestehenden Öfen ein geringeres Risiko, das geschmolzene Metall, das rückgewonnen werden soll, zu oxidieren. Die logische Folge davon ist, dass der Ertrag weiter verbessert wird.

**[0024]** Vorteilhafterweise ist der Brenner ein Brenner des Hochgeschwindigkeitstyps, aber Brenner anderer Typen könnten ebenso zum Einsatz kommen. Typischerweise wird die Wärmeleistung des Brenners durch die Größe und den Durchsatz des Ofens bestimmt, beträgt aber üblicherweise nicht weniger als 1200 kW.

**[0025]** Der Winkel des in der Tür oder in den Türen montierten Brenners ist derart, dass er optimale Wärmeübertragung in das Feuerfestmaterial und in das zu verarbeitende Material sicherstellt und idealerweise den Strahl in Richtung der Endwand des Innenraums des Ofenkörpers zielen lässt.

**[0026]** Vorzugsweise besitzt der Ofen eine Auslassöffnung. Ein Luftstrahl oder Luftvorhang ist über der Auslassöffnung vorgesehen, um den Druck im Ofen zu kontrollieren. Der Luftstrahl oder Luftvorhang ermöglicht Druckausgleich der Innenatmosphäre des Ofens in Bezug auf die äußere Atmosphäre bzw. Umgebungsatmosphäre. Dieses Merkmal verbessert weiter Energieeffizienz und Wiedergewinnung, da der Luftvorhang den Ofen effektiv versiegelt, dadurch wird Sauerstoff in der Innenatmosphäre und somit Oxidation reduziert. Überdies geht, weil ein Siegeleffekt besteht, weniger Energie vom Ofen verloren, beispielsweise infolge von Konvektionsverlusten verloren. Somit hilft der Luftvorhang an der Ofentürauslassöffnung, den Ofendruck und die Ofenzustände zu kontrollieren. Der Luftvorhang wird vorzugsweise entsprechend der Größe und Anwendung des Ofens dimensioniert und angeordnet.

**[0027]** Ein Steuersystem künstlicher Intelligenz, wie beispielsweise ein Fuzzy-Logik-Steuersystem mit neuronalem Netz steuert wichtige Prozessvariablen und Untervariablen, die nachstehend beschrieben sind.

**[0028]** Vorteilhafterweise ist/sind ein oder mehrere Sensor/Sensoren bereitgestellt, um die Temperatur der feuerfesten Auskleidung und des geschmolzenen Materials zu messen.

**[0029]** Temperatursensoren in den Ofentüren sind auf feuerfeste Auskleidungen und/oder auf zu bearbeitendes Material gerichtet. Kenntnis der Außenhauttemperatur des Ofens und der Verteilung von Hitze über die äußere Oberfläche des Ofens ermöglicht größere Kontrolle des Heizbetriebszustands.

**[0030]** Eine Mehrheit von Sensoren, die in einer bekannten Beziehung zueinander angeordnet sind, ermöglichen Mittelwerterfassung der Ofentemperatur sowie Bereitstellen wichtiger Information hinsichtlich vorübergehender Spitzen in der Ofentemperatur.

**[0031]** Zweckmäßigerweise trägt ein Umfangsring (Rundring) ein Zahnrad, das mit einem Antriebssystem verbunden ist. Das Antriebssystem könnte einen Antriebsmotor umfassen oder wird durch eine Kette angetrieben und ist daran angepasst, in Zähne eines Kettenrads oder Zahnradzähne einzugreifen, die um eine äußere Oberfläche des Ofens angeordnet sind. Wo ein Kettenantrieb zum Einsatz kommt, beträgt die Anzahl der Kettenradzähne am Umfangsring, um den Ofenumfang, die halbe Anzahl der Kettenteilung. Dies reduziert Schleppmoment und Kettenabnutzung und reduziert daher den Energiebedarf des Antriebsmotors. Außerdem verlängert es die Lebensdauer der Kette und des Kettenrads.

**[0032]** Idealerweise werden Packungskeile verwendet, um eine Feinpassung zwischen einem Umfangsring (auf dem der Ofen rotiert) und der Außenfläche des Ofens sicherzustellen. Diese Keile sind idealerweise mit einem Gewindeteil verbunden, welches, wenn festgezogen, den Keil veranlasst den Ring festzuklemmen und einen festen Halt konzentrisch mit auf der Oberfläche montierten Laschen und dem Ring sicherzustellen. Dies ist wegen differenzieller thermischer Dehnung erforderlich, die auftritt, wenn der Ofen seinen Betriebszustand durchläuft.

**[0033]** Idealerweise kann der Antriebsmotor den Ofen mit einer variablen Drehzahl rotieren. Die Rotation des Ofens dient dazu, das zu bearbeitende Material zu schütteln und über die feuerfeste Auskleidung Wärme in das Material zu übertragen. Idealerweise wird Rühren durch Rotation und Gegenrotation des Ofens (dies geschieht durch schnelle Betätigung eines Wechselstrommotors (WS)) bei vorbestimmten und selektierten Betriebswinkeln und -geschwindigkeiten erzielt.

**[0034]** Der Elektromotor ist, wie oben erwähnt, auf zwei Arten mit dem Ofen verbunden: entweder mittels einer festen Kopplung wie einem Rädergetriebe, Zahnstangengetriebe oder idealerweise mit einem Kettenantrieb. Die Kombination von Elektromotor, Motorsteuerung und Kopplungsmechanismus wird hiernach als ein Ofenrotationssystem beschrieben. Das Ofenrotationssystem wird für Bremszwecke vorteilhaft durch Einsatz eines dynamischen Bremssystems gesteuert. Ein Wechselrichter wird zum Steuern des Motors für Bremszwecke verwendet und Gleichstrom (GS) wird steuerbar als Teils eines dynamischen Bremssystems eingespeist.

**[0035]** Das dynamische Bremssystem schließt folgende Schritte ein: Einspeisen von Gleichstrom (GS), unter Kontrolle einer Feedback-Schleife, beruhend auf einem Signal, das von einem oder mehreren Sensor(en) stammt, die Lastkennndaten des Ofens messen. Derartige Ofen-Lastkennndaten umfassen: erforderliches Drehmoment und Laufruhe. Um den Ofen schnell zu verlangsamen, ermittelt ein Controller einen GS-Wert, der auf der Konfiguration der Wechselrichter, Parameter beruht und gibt ein Feedback-Signal aus, das zum Steuern des Pegels und der Rate der GS-Einspeisung zur Verlangsamung des Motors und/oder dem Halten des Motors in einer speziellen Orientierung verwendet wird. Der Ofen und sein Inhalt werden dadurch in einer vorbestimmten Position gehalten. Da das geschmolzene Metall dichter als das Flussmittel ist, sinkt das Metall in einen niedrigeren Bereich des Ofens ab, von wo es leicht gegossen oder gegenläufig rotiert werden kann, um optimales Vermischen des Abfallmaterials und des Flussmittels (Schütteln) zu erzielen.

**[0036]** Weil die Wände des Ofeninnenraums parallel und zylindrisch sind, wobei eine Ofentür das offene Ende des Ofens abdeckt, wird das Gießen der Schmelze bei einem kleineren Neigungswinkel (Kippwinkel) erzielt. Wenn dies erwünscht ist, wird der Ofen vorzugsweise geneigt, indem zwei hydraulische Plungerkolben oder Hebeböcke ausgefahren werden.

**[0037]** Ein Verfahren zum Betrieb eines Ofens kann die folgenden Schritte umfassen: Beladen des Ofens mit einer Mischung aus Flussmittel und einem zu schmelzenden Material, aus dem Metall rückgewonnen werden soll; Erhitzen der Mischung, bis das Metall schmilzt; Schütteln (Bewegen) der Mischung, um Agglomeration des geschmolzenen Metalls zu fördern; und Neigen eines Endes des Ofens, um das geschmolzene Metall auszugießen.

**[0038]** Das Verfahren zum Betrieb des Ofens lässt sich wiederholen, indem das angehobene Ende nach rückwärts geneigt wird, um neues zu schmelzendes Material einzuführen, aus dem Metall rückgewonnen werden soll, Schütteln (Bewegen) der Mischung um Agglomeration zu fördern und Anheben eines Endes des Ofens, um rückgewonnenes Metall auszugießen.

**[0039]** Vorzugsweise beträgt der Neigungswinkel weniger als 20°, noch besser beträgt der Neigungswinkel weniger als 15°, am besten beträgt der Neigungswinkel weniger als 10°.

**[0040]** Ein Verfahren zum Steuern eines Ofens kann die folgenden Schritte umfassen: steuerbares Erhitzen eines Ofens durch Steuern mindestens der folgenden Bedingungen: der Temperatur; der Masse der Ladung;

der Viskosität der Ladung; der Zeit zum Erreichen der Viskosität; des Luftsauerstoffgehalts des Ofens; der Rate des Energieeinsatzes und der kumulativ eingesetzten Energie.

**[0041]** Die Ofentür oder -türen ist/sind mit Inspektionstüren bzw. -luken versehen, die sich während des Prozesses öffnen lassen, um den Zustand des zu bearbeitenden Materials bei minimaler Energiefreigabe zu prüfen. Die Überwachung der oben erwähnten Variablen wird aber ideal mittels einer Mehrheit von Sensoren und einem Datenfernerfassungssystem wie beispielsweise einem überwachenden Kontroll- und Datenerfassungssystem (SCADA-System) erzielt. Idealerweise ist das SCADA-System in die Ofensteuerausrüstung eingebaut und sammelt und analysiert alle Ofendaten und Steuerungseingaben und -ausgaben.

**[0042]** Der Einsatz von SCADA-Systemen ermöglicht die Online-Diagnose des Prozesses und (Support) die Unterstützung per Fernzugriff. Dieser Aspekt der Erfindung verbessert die Online-Überwachung und die elektronische Archivierung. Ein fest zugeordnetes Feldkommunikations-Datenbusverdrahtungssystem zum Beispiel Profi-Bus (Warenzeichen) wird idealerweise der Vorzug vor mehradrigen Kabelnetzen gegeben. Lokale und ferne Steuerkästen empfangen und codieren Signale für Prozesssensoren, die ideal positioniert sind, um Prozessvariablen, die in das Ofen-Prozesssteuersystem eingebaut sind, zum Beispiel und ohne Beschränkung, Ofenhauttemperaturen, Temperaturen der feuerfesten Auskleidung, Brenngas und Luftströme und -drücke zu messen.

**[0043]** Vorzugsweise wird der Winkel des Rahmens mittels hydraulischem(r) Plungerkolben verändert, wodurch der Körper zwecks Rotation bei verschiedenen Winkeln in einer nach hinten geneigten Position vom offenen Ende weg und in einer nach vorn geneigten Position in Richtung des offenen Endes gestützt wird. Die hydraulischen Plungerkolben sind idealerweise aus hitzebeständigem Wasser-Glykol.

**[0044]** Vorzugsweise ist der Rahmen drehgelenkig am Bodenteil angeordnet, sodass die Drehachse mit einer Gießlippe am offenen Ende des Ofenkörpers fluchtet.

**[0045]** Vorzugsweise ist der Ofen daran angepasst, Abfallaluminium rückzugewinnen.

**[0046]** Alles Obengenannte trägt zu höheren Metallrückgewinnerträgen, geringerem Energieverbrauch, geringerem Flussmittelgebrauch und schnelleren Zykluszeiten bei.

**[0047]** Das Verbrennungssystem des Ofens lässt sich mit mehreren Brennstoffen, nämlich, Erdgas, Propan, schwerem Heizöl, leichtem Heizöl, Brennstoff-Sauerstoff usw. betreiben.

#### Kurze Beschreibung der Figuren

**[0048]** Eine Ausführungsform der Erfindung wird nun mit Bezug auf die zugehörigen Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

**[0049]** [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform eines Ofens (mit abgenommener Tür), die einen Ofenkörper, einen Tragrahmen und ein Antriebssystem zeigt;

**[0050]** [Fig. 2](#) eine Seitenansicht des in der [Fig. 1](#) gezeigten Ofens, mit dem Ofen in einem nach hinten geneigten Winkel ( $\alpha$ );

**[0051]** [Fig. 3](#) eine Seitenansicht des in der [Fig. 1](#) gezeigten Ofens, mit dem Ofen in einer zum Kippen oder Gießen angehobenen Position, in einem nach vorn geneigten Winkel ( $\beta$ );

**[0052]** [Fig. 4](#) eine teilweise Schnittansicht entlang der Linie X-X der [Fig. 5](#), die einen Abschnitt eines von 18 typischen Packungskeilen zeigt, die in Kontakt gegen einen „Reifen“ aus Stahl getrieben sind, der den Ofen umgibt;

**[0053]** [Fig. 5](#) eine Ansicht entlang des Pfeils Y der [Fig. 4](#), die eine Draufsicht eines der Packungskeile zeigt, die in Kontakt gegen den „Reifen“ aus Stahl getrieben sind, der den Ofen umgibt;

**[0054]** [Fig. 6A](#) eine Frontansicht der Tür des Ofens;

**[0055]** [Fig. 6B](#) und [Fig. 6C](#) Seitenansichten des Ofens;

- [0056] [Fig. 6D](#) eine grafische obige Draufsicht der Türen des Ofens (in sowohl geöffneten als auch geschlossenen Positionen), um rotierende Luft- und Gaseinlassverteiler zu veranschaulichen;
- [0057] [Fig. 7a](#) eine Systemstruktur, die "Fuzzy"-Logik-Folgerungsablaufprozesse für einige Beispiele und (ohne Beschränkung) wichtige Entscheidungsschritte in einem System künstlicher Intelligenz veranschaulicht;
- [0058] [Fig. 7b](#) ein Diagramm, das Zugehörigkeitsfunktionen, beispielsweise, einiger Variablen und (ohne Beschränkung) einiger wichtiger Entscheidungsschritte in einem System künstlicher Intelligenz veranschaulicht; und
- [0059] [Fig. 7c](#) ein Ablaufdiagramm, das Feedback-Steuerung vom System künstlicher Intelligenz zu Gas- und Luftversorgungen zum Ofen veranschaulicht und zeigt, wie die Ofentemperatur erhöht/gesenkt wird.
- [0060] Mit Bezug auf die Figuren im Allgemeinen und die [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) insbesondere ist ein Ofen **10** gezeigt. Der Ofen **10** hat einen generell zylindrischen Ofenkörper **12** von generell konstantem Außendurchmesser und Innendurchmesser, infolge paralleler Seitenwände. Der Ofenkörper **12** hat ein geschlossenes Ende **13** und ein offenes Ende **14**. Der Körper **12** könnte aus Stahl gebildet und intern mit feuerfesten Auskleidungen oder Ziegel ausgekleidet sein, wie es auf dem Fachgebiet gut bekannt ist. Beispiele feuerfester Auskleidungen oder Ziegeln sind STEIN 60 P (Warenzeichen) und NETTLE DX (Warenzeichen).
- [0061] Der Rahmen **15** ist bereitgestellt, um den Ofenkörper **12**, wie durch die Pfeile A gezeigt, für Rotation im Uhrzeigersinn und Gegenuhrzeigersinn zu tragen. Zum Rotieren des Körpers **12** könnte der Rahmen **15** Stützräder, auf denen der Körper **12** ruht und einen Motor **20** umfassen, der ein Zahnrad **22** am Körper **12** antreibt. Das Drehmoment wird vom Motor **20** mittels einer Kette **24** auf das Zahnrad übertragen.
- [0062] Der Rahmen **15** ist drehgelenkig an einem Bodenteil in Form von Füßen **16A** und **16B** angeordnet, die am Boden befestigt sind und eine Drehachse „Z-Z“ bereitstellen. Der Rahmenwinkel lässt sich relativ zu den Füßen **16a**, **16b** so verändern, dass der Rahmen **15** den Körper **12** zur Rotation bei verschiedenen Winkeln ( $\alpha$ ) von der Horizontalen in einer nach hinten geneigten Position vom offenen Ende (Ofenöffnung) weg und ( $\beta$ ) in einer nach vorn geneigten Position in Richtung des offenen Endes, tragen kann. Der Neigungswinkel des Rahmens wird mittels hydraulischer Plungerkolben **16c**, **16d** verändert. Die hydraulischen Plungerkolben **16c** und **16d** sind idealerweise aus hitzebeständigem Wasser-Glykol.
- [0063] Der Ofenkörper **12** hat eine Gießlippe **17** am untersten Punkt des offenen Endes **14** und die Drehachse „Z-Z“ fluchtet mit einer Gießlippe **17** am offenen Ende **14** des Ofenkörpers **12**.
- [0064] Wie in den [Fig. 6a](#), [Fig. 6b](#) und [Fig. 6c](#) gezeigt, weist der Rahmen **15** an einem Ende eine Türstützstruktur **15a** auf, an der eine Tür **18** scharnierartig befestigt ist, um das offene Ende **14** abzudichten. Die Tür **18** hat zwei Türen **19a** und **19b**, die scharnierartig an entgegengesetzten Seiten der Türstützstruktur **15A** befestigt sind. Die Türen können vom offenen Ende **14** weg schwenken, damit der Ofen beladen oder geschmolzenes Metall ausgegossen werden kann oder die Türen können in Richtung des offenen Endes **14** schwenken, um dieses abzudichten. In der Praxis ist ein Spalt zwischen den Türen und dem offenen Ende **14** vorhanden, wenn die Türen das offene Ende **14** abdichten.
- [0065] Ein Brenner **30** ist an der Tür **19b** bereitgestellt. Dem Brenner **30** kann Brennstoff (wie Erdgas) und Luft durch eine Zufuhrleitung oder ein Rohr **31** zugeführt werden, wobei das Gas über eine Gasdrehdurchführung **32** und Luft durch eine Luftdrehdurchführung **33** zugeführt wird. Die Zufuhrleitung **31**, die Gasdrehdurchführung **32** und die Luftdrehdurchführung **33** werden zusammen als das Brennstoff-Fördersystem **35** bezeichnet. Die Reichweite der Verbrennungsgase vom Brenner **30** kann 4 m oder sogar 6 m in längeren Öfen betragen. Weil das Gas-Fördersystem effektiv in der Lage ist, sich in zwei orthogonalen Ebenen, mittels der Drehdurchführungen **32** und **33**, zu bewegen, ist es möglich, die (oder jede) Ofentür in eine offene Position zu schwenken, sowie den Ofen auf hydraulischen Plungerkolben **16c** und **16d** kippen, während der (die) Brenner **30** in Betrieb ist (sind).
- [0066] Die Türen **19a** und **19b** haben jeweils eine Inspektionsluke **34a** und **34b**, zum Beobachten des Schmelzprozesses und/oder durch die sich geschmolzenes Material gießen lässt. Dies ist, wie oben erklärt, ein Vorteil gegenüber bisher bekannten Öfen.
- [0067] Temperatursensoren (nicht gezeigt) sind bereitgestellt, um die Temperatur einer feuerfesten Auskleidung und geschmolzenen Materials zu messen. Die Sensoren sind an der Außenseite des Ofenkörpers **12**

montiert. Eine Öffnung wird ideal in einer Tür vorgesehen, um einem Sensor zu ermöglichen, das Innere des Ofens **10** zu „beobachten“. Ein Luftstromkühlmantel (nicht gezeigt) wird optional bereitgestellt, um Temperatursensoren zu gestatten bei niedrigen Umgebungstemperaturen zu arbeiten, um deren Beschädigung zu verhindern. Der Luftstromkühlmantel fungiert außerdem als eine Spülung, um die Sensoren und andere Instrumentierung frei von Staub und Rauch und das Schauglas sauber zu halten.

**[0068]** Die Luftvorhänge **45a** und **45b** sind für jede Tür **19a** und **19b** bereitgestellt. Die Luftvorhänge **45a** und **45b** ermöglichen eine Feinabstimmung des Innenatmosphärendrucks. Das Druckdifferenzial zwischen der Innenatmosphäre des Ofens und des Umgebungsdrucks lässt sich daher durch Abstimmen des Luftvorhangs bzw. der Luftvorhänge über der Auslassöffnung **80** genau steuern.

**[0069]** Der Ofen **10** hat in der Tür (oder in den Türen) eine Auslassöffnung **80** und eine Luftdüse **50** ist zur Steuerung des Ofendrucks vorgesehen. Der ideale Prozentsatz von Sauerstoff in der Ofenatmosphäre **10** beträgt 0% und dieser wird als eine der Variablen durch Verminderung des Verhältnisses der Luftmassenstromrate zu Brennstoff gesteuert. Durch Halten des Sauerstoffprozentsatzes auf diesem oder um diesen Level, wenn das Aluminium plastisch wird, reduziert sich das Oxidationsrisiko mit dem Ergebnis, dass der Ertrag verbessert wird.

**[0070]** Der Ofen **10** ist der Rückgewinnung von Abfallaluminium ideal angepasst und wird daher in Gebrauch NaCl und KCl und in einigen Fällen mit kleinen Mengen anderer Chemikalien wie Kryolith beladen, um den Aluminium-Rückgewinnungsprozess zu unterstützen.

**[0071]** In Gebrauch wird der Körper **12** des Ofens **10** vom offenen Ende weg nach hinten geneigt, sodass das geschlossene Ende niedriger als das offene Ende ist. Diese Position des Ofens wird als rückwärts geneigt oder nach hinten gekippt bezeichnet. Die Türen **19a** und **19b** können vom offenen Ende **14** wegschwenken, um das Beladen des Ofenkörpers **12** zu gestatten. Das weit geöffnete Ende erleichtert diesen Vorgang. Die Türen **19a** und **19b** könne dann in Richtung des offenen Endes **14** schwenken, um es abzudichten. Der Brenner **30** wird dann betätigt, um das Metall im beladenen Körper **12** zu schmelzen.

**[0072]** Weil der Körper **12** rückwärts geneigt ist, kann das geschmolzene Metall nicht aus dem offenen Ende auslaufen. Der Ofen vermeidet daher die Notwendigkeit ein kleines konisches Ende, wie bei bisher bekannten Öfen, zu haben, was das Beladen und die Fähigkeit große Gegenstände zu laden erleichtert und es wird dadurch leichteres und vollständigeres Ausgießen des geschmolzenen Metalls ermöglicht, was von größter Wichtigkeit ist. Weil die Türen **19a** und **19b** an den Rahmen **15** angelenkt sind, lassen sich die Türen, ungeachtet des Neigungswinkels ( $\alpha$  oder  $\beta$ ) des Ofenkörpers, schließen. Die Türen **19a** und **19b** können später vom offenen Ende **14** wegschwenken, um das Ausgießen des geschmolzenen Metalls zu ermöglichen.

**[0073]** Beim Recycling von Metall, wie beispielsweise Aluminium, gibt es eine Reihe verschiedener Variablen. Diese umfassen: Flussmittelarten und deren Prozentsatz, angewandte Wärme (sowohl Dauer als auch Temperatur), Schmelzverluste, Ladeverfahren, Arten und Gewicht des Verarbeitungsmaterials, Zustand von verbrauchtem Flussmittel und Restoxiden, Drehzahl und -richtung des Ofenkörpers und Neigungswinkel. Andere Variablen, die beim Betrieb und der Steuerung des Ofens verwendet werden könnten, umfassen: Die Massenstromung von Druckluft, Umgebungslufttemperatur, Wärmewert des zugeführten Brennstoffs und Rate der Brennstoffförderung.

**[0074]** Die oben erwähnten und möglicherweise andere Variablen werden, beispielsweise bei Rückgewinnung anderer Metalle, idealerweise durch ein Ofenmanagementsystem gesteuert, das einen Prozessor (wie beispielsweise einen Mikroprozessor in einem PC) enthält, der ebenso Teil des Ofens der vorliegenden Erfindung bilden könnte.

**[0075]** Die Stoßbelastung des Antriebsmotors **20** lässt sich mittels Strom-Feedback-Information vom Kontroler (nicht gezeigt) des Antriebsmotors **20** überwachen. Naturgemäß tendiert das Strom-Feedback des Antriebsmotors **20** dazu, Stromspitzen aufzuweisen, wenn der Ofen **10** mit massiven Blöcken, Abfall und Metallschrottstücken rotiert. Sobald das Material schmilzt und das geschmolzene Material agglomeriert, wird die Rotationskennlinie des Ofens **10** viel glatter und Übergangsbelastungen des Motors **20** werden reduziert und verschwinden schließlich im eingeschwungenen Zustand. Daten bezüglich dieser Information lassen sich mit anderen Variablen verwenden, um zu ermitteln, wann es optimal ist, das Aluminium auszugießen.

**[0076]** Bisher wurden Einstellungen der Betriebsvariablen von erfahrenen Ofenmannschaften während des ganzen Prozesszyklus ermittelt, wobei jede einzelne Bedienungsperson ihre eigene bevorzugte Variablenein-

stellung oder einen Bereich von Einstellungen hatte. Es hat daher einen Konsistenzverlust bei Variableneinstellungen während des Prozesszyklus, mit entsprechender Schwankung in Bezug auf Raten der Metallrückgewinnung gegeben.

**[0077]** Steuerung und Überwachung der Variablen tragen direkt zur Erzielung höchstmöglicher Rückgewinnungsraten bei. Wie bei vielen technischen Systemen ist es nicht immer möglich, während des Rückgewinnungsvorgangs, alle Variablen im gleichen Augenblick zu optimieren. Beispielsweise bewirkt zu viel Wärmeingabe, wenn sich das Aluminium im plastischen oder geschmolzenen Zustand befindet, dass das Aluminium dazu tendiert, aufgrund seiner Affinität zu Sauerstoff, zu oxidieren. Dies reduziert den Rückgewinnungsertrag außerordentlich. Idealerweise wird in gewissen Stufen des Prozesszyklus die Sauerstoffmenge im Brenner **30** reduziert, um eine Rückgewinnung zu maximieren. Aber dies geschieht häufig auf Kosten von Brennstoffkosten. Daher müssen die Variablen sorgfältig und ständig während des Prozesses und über den ganzen Prozessablauf überwacht werden.

**[0078]** Erfahrene Bediener erzielen unterschiedliche Rückgewinnungsraten. Durch Überwachen von Variablen und mittels eines Systems künstlicher Intelligenz mit optimierten Bereichen von Variablen entfernt der Aspekt der Erfindung, der sicherstellt, dass die Einstellungen der Variablen jederzeit optimiert sind, Unvereinbarkeiten vom Betrieb und verbessert Erträge.

**[0079]** Das Folgende listet einige der Prozessvariablen auf, die beim Recycling von Aluminium überwacht werden:

1. Die Art des verwendeten Flussmittels und der Prozentsatz der Flussmittelmischung in Bezug auf Natriumchlorid (NaCl) und Kaliumchlorid (KCl). Der Prozentsatz von Flussmittel, der pro Art des verarbeiteten Produkts verwendet wird, beispielsweise können zerdrückte Getränkebehälter mehr Flussmittel als, sagen wir, ein großer massiver Motorblock erfordern. Verarbeitungsschaum erfordert generell mehr Flussmittel als, sagen wir, allgemeiner Aluminiumschrott.
2. Die Temperatur des Flussmittels muss, ebenso wie der Augenblick, an dem frisches Flussmittel und in welchem Prozentsatz zugeführt wird, während des Prozesses gesteuert werden. Die Ermittlung, wann das Flussmittel verbraucht ist, ist idealerweise ebenfalls vorzunehmen.
3. Die zum Verarbeiten verschiedener Produktarten erforderliche Wärme ist eine wichtige Variable. Temperaturerfordernisse für verschiedene Produktarten könnten, beispielsweise, auf Verweistabellen gespeichert und zur Berechnung der Zeitdauer benutzt werden, die zum Erhitzen verschiedener Produktarten erforderlich ist.
4. Abgastemperaturen für verschiedene Legierungen werden überwacht, um eine Anzeige des Umfangs eines Prozesses bereitzustellen.
5. Schmelzverluste, (die Aluminiummenge, die während des Prozesses verloren geht) liefern eine Anzeige des Rückgewinnungsertrags eines Prozesses. Die Vorkenntnis verschiedener Schmelzverluste pro zu verarbeitender Legierungsart kann dazu benutzt werden, die Rückgewinnungseffizienz zu verbessern.
6. Der Effekt von Temperatur auf verschiedene Legierungen; der Effekt von Zeit und Temperatur, der für verschiedene Legierungen nötig ist.
7. Das Verfahren zum Laden von Verarbeitungsmaterial unterscheidet sich gemäß der Natur des Ladens dichter und leichter Produkte und der Effekte derselben. Prozentsatzgewichte des geladenen Produkts für beste Ergebnisse der Rückgewinnung.
8. Zustand von gebrauchtem Flussmittel und Restoxiden sowie der im gebrauchten Flussmittel enthaltenen Aluminiummenge. Der Zustand des gebrauchten Flussmittels, der Restoxide und der darin enthaltenen Aluminiummenge ist eine Prozessvariable, die außerdem von anderen Prozessvariablen beeinflusst wird. Feedback von Zustandsüberwachung und Information in das Steuersystem ist daher vorteilhaft.
9. Die Drehgeschwindigkeit und der Neigungswinkel des Ofens. Die Drehgeschwindigkeit des Ofens passt sich verschiedenen Produkten an. Rotationsrichtung des Ofens, (Uhrzeigersinn oder Gegenurzeigersinn), während des Prozesses. Schüttwinkel während des Ofenzyklus ist typisch zwischen 0° und 20°.

**[0080]** Mit Bezug auf die [Fig. 7a](#), b und c, sind mindestens einige der oben erwähnten Variablen, zusammen mit anderen, die unten aufgeführt sind, als wichtig für die Rückgewinnungsrate und den Aluminiumertrag identifiziert. Die Variablen (in keiner speziellen Reihenfolge der Wichtigkeit) sind: Temperatur der feuerfesten Auskleidung, Zykluszeit, Rückgewinnungsrate, Metalltemperatur, Flussmittel, zugeführte Wärme, Drehzahl, Materialart und Legierung, Ladeverfahren und Neigungswinkel des Ofens. Jede der oben erwähnten Hauptvariablen weist verwandte Variablen auf. Beispielsweise hängt die Hauptvariable feuerfeste Auskleidung von den folgenden Untervariablen ab: Temperatur der feuerfesten Auskleidung, Gesamtwärmezufuhr und Zeitspanne der Wärmezufuhr. Die Ofenhauttemperatur hängt von der Temperatur der feuerfesten Auskleidung, der Beziehung der Temperatur der feuerfesten Auskleidung zur Ofenhauttemperatur über einen Zeitraum, der Veränderung in

der Temperatur der feuerfesten Auskleidung beim Beladen mit Metall und der Temperatur der feuerfesten Auskleidung beim Schmelzen von Flussmittel ab.

**[0081]** Im Wesentlichen kann es zehn oder mehr Hauptvariablen und mehrere Untervariablen geben, von denen die Hauptvariablen abhängig sind, die dazu beitragen die höchstmöglichen Rückgewinnungsraten zu erzielen. Es gibt viele verschiedene Legierungsarten, die sich verarbeiten lassen, wobei alle individuelle Parameter zum Optimieren der Rückgewinnungsraten erfordern. Es ist nicht möglich, jede Variable jederzeit während des Prozesses zu optimieren. Wenn sich das Aluminium in der plastischen oder geschmolzenen Stufe befindet, wird beispielsweise zu viel Wärmezufuhr bewirken, dass das Aluminium aufgrund seiner Affinität zu Sauerstoff abbrennt und daher die Rückgewinnungen stark reduziert. Dies hat einen Effekt auf die Prozesszykluszeit. Die Sauerstoffmenge im Brenner muss in bestimmten Stufen des Prozesszyklus reduziert werden, um die Rückgewinnung zu maximieren, doch geschieht dies auf Kosten von Brennstoff und Zykluszeit.

**[0082]** Daher müssen die Variablen, wenn möglich, während des Prozesses und über den ganzen Prozessablauf optimiert werden. Bisher wurden Einstellungen der Betriebsvariablen von erfahrenen Ofenmannschaften während des ganzen Prozesszyklus ermittelt, wobei jede einzelne Bedienungsperson ihre eigene Bevorzugung für jede Variableneinstellung hatte. Daher trat ein Verlust an Konsistenz in den Einstellungen der Variablen während des Prozesszyklus auf. Folglich variieren die Metallrückgewinnungsraten.

**[0083]** Der Steuerungsaspekt der Erfindung identifiziert die Untervariablen innerhalb der Hauptvariablen und sagt (beispielsweise mittels Algorithmen oder Verweistabellen) die Auswirkung der Hauptvariablen und der Untervariablen auf den Gesamtprozess voraus. Oder aber, oder zusätzlich zu einem Mikroprozessor, wird idealerweise künstliche Intelligenz (beispielsweise in Form eines neuronalen Netzwerks oder Fuzzy-Logikregeln) benutzt, um den Betrieb des Ofens zu überwachen und zu steuern.

**[0084]** Ein Beispiel einer gesteuerten Variablen wird jetzt nur zur Veranschaulichung mit spezieller Bezugnahme auf die [Fig. 7b](#) und [Fig. 7c](#) beschrieben. Die spezielle Variable ist die Ofenhauttemperatur. Die Sensoren **100**, **102** und **104** messen die Temperatur in drei unabhängigen Positionen auf der Oberfläche des Ofenkörpers **12**. Die Information bezüglich der Temperaturen an diesen Positionen wird an ein SCADA-Gerät **119**, entweder direkt oder mittels eines störunempfindlichen Busses, übertragen. Daten, die sich auf diese Variablen und andere Variablen beziehen, werden an den Mikroprozessor **120** übertragen. Der Mikroprozessor **120** ruft die Information, unter Kontrolle geeigneter Software, von einer Verweistabelle **140** oder aus einem Speicher **130** von Zugehörigkeitsfunktionsdaten ab. Zugehörigkeitsfunktionsdaten werden aus Kenntnis der Kennlinien eines Systems abgeleitet oder könnten von Interpolation, beispielsweise von grafischer Information, der in der [Fig. 7b](#) gezeigten Art, erhalten werden. Dies könnte digital ausgeführt werden. Unter Einsatz von Fuzzy-Logiknetzwerken, des in der [Fig. 7a](#) gezeigten Typs, berechnet der Mikroprozessor **120** in diesem speziellen Beispiel jede Variation oder den Feinabgleich von Luftstrom- und/oder Brenngasströmung, der erforderlich sein kann, um die Innentemperatur des Ofens **10** zu ändern.

**[0085]** Vom Mikroprozessor **120** generierte Steuersignale werden über jeweilige Steuerleitungen L1 und L2 an die Luftpumpe **150** und die Gaszufuhr **160** übertragen. Somit kann in diesem speziellen Beispiel die Kenntnis der Ofenhauttemperaturen T1, T2 und T3 im Zusammenhang mit dem Steuersystem **200** dazu verwendet werden, die Innentemperatur des Ofens (und daher die Temperatur der Inhalte des Ofens) durch Einführen von mehr Energie über den Brenner **30** zu erhöhen.

**[0086]** Die [Fig. 7b](#) zeigt eine grafische Darstellung einer Systemstruktur, die Fuzzy-Logik-Inferenzfluss von Eingabevariablen zu Ausgabevariablen identifiziert. Der Prozess in den Eingabeschnittstellen setzt analoge Eingangssignale in „Fuzzy“-Werte um. Die „Fuzzy“-Inferenz findet in sogenannten Regelblöcken statt, die linguistische Steuerregeln enthalten. Diese können eines speziellen Markensystems gemäß variieren. Die Ausgabe von diesen Regelblöcken ist als linguistische Variablen bekannt.

**[0087]** In der Ausgabestufe werden die „Fuzzy“-Variablen in analoge Variablen umgesetzt, die als Zielvariablen verwendet werden können, auf die ein Steuersystem konfiguriert wird, um ein spezielles Stück Hardware, wie eine Pumpe **150**, einen Motor **20** oder ein Ventil **165** an einer Gaszufuhrleitung **166** anzutreiben.

**[0088]** Die Tabelle 1 zeigt, im Zusammenhang mit den [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#), wie das „Fuzzy“-System einschließlich Eingabeschnittstellen, Regelblöcken und Ausgabeschnittstellen abgeleitet ist. Die Verbindungslinien in der [Fig. 7a](#) symbolisieren grafisch den Datenfluss. Die Definitionspunkte auf dem Diagramm ([Fig. 7b](#)) sind in Bezug auf spezielle Begriffe in der Tabelle gezeigt.

[0089] Die [Fig. 7c](#) zeigt wie der Ofen, beispielhaft mit nur einer Variablen – Brennersteuerung – unter Verwendung von Information und Steuersignalen, die vom „Fuzzy“-Logikprozess abgeleitet sind, gesteuert wird. Es wird erkennbar sein, dass viele Variablen und Untervariablen vom System **200** gleichzeitig gesteuert werden und, dass die Steuerung der Temperatur nur beispielhaft beschrieben ist.

[0090] Die Erfindung könnte eine Form annehmen, die sich von der oben beschriebenen speziellen Form unterscheidet. Zum Beispiel werden Modifikationen Fachmännern offenkundig sein, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Ausdrücke	Form/Par.	Definitionspunkte (x, y)		
sehr niedrig	linear	(0, 1)	(10, 1)	(15, 0)
		(50, 0)		
niedrig	linear	(0, 0)	(10, 0)	(15, 1)
		(25, 0)	(50, 0)	
mittel	linear	(0, 0)	(15, 0)	(25, 1)
		(35, 0)	(50, 0)	
hoch	linear	(0, 0)	(25, 0)	(35, 1)
		(40, 0)	(50, 0)	
sehr hoch	linear	(0, 0)	(35, 0)	(40, 1)
		(50, 1)		

Tabelle 1

### Patentansprüche

1. Ofen (**10**) bestehend aus einem im Allgemeinen zylindrischen Ofenkörper (**12**) mit einem geschlossenen Ende (**13**) und einem offenen Ende (**14**), einem Rahmen (**15**), der drehgelenkig an einem Bodenteil (**16a**, **16b**) angeordnet ist, wobei der besagte Rahmen (**15**) den Ofenkörper (**12**) zur Rotation in unterschiedlichen Winkeln in einer nach hinten geneigten Position ( $\alpha$ ) vom offenen Ende (**14**) und in einem nach vorn geneigten Winkel ( $\beta$ ) zum offenen Ende (**14**) trägt, einem Brenner (**30**) zur Erhitzung des Ofens und mindestens einer Scharniertür (**19**), die zum Verschließen des offenen Endes (**14**) des Ofens (**10**) vorgesehen ist, wobei die Tür oder jede Tür (**19**) am Rahmen angelenkt (**15**) und in der Lage ist, sich in Übereinstimmung mit dem Heben und Senken des Ofens (**10**) vor- und zurückzuneigen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wände des Ofeninneren im Wesentlichen parallel und zylindrisch ausgerichtet sind.

2. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**16c**, **16d**) vorgesehen sind, um den Ofen (**10**) zu heben und zu senken, damit der Ofenkörper (**12**) in eine vom offenen Ende des Ofens (**14**) entfernte Position und eine dem offenen Ende des Ofens (**14**) zugewandte Position bewegt werden kann.

3. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (**16c**, **16d**) zum Heben und Senken des Ofens (**10**) einen Hydraulikkolben beinhaltet.

4. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ( $\beta$ ), in dem der Ofen (**10**) geneigt wird, weniger als  $20^\circ$  beträgt.

5. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ( $\beta$ ), in dem der Ofen (**10**) geneigt wird, weniger als  $15^\circ$  beträgt.

6. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ( $\beta$ ), in dem der Ofen (**10**) geneigt wird, weniger als  $10^\circ$  beträgt.

7. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die oder jede Tür (**19a**, **19b**) mindestens eine Inspektionsluke (**34a**, **34b**) aufweist, durch die geschmolzenes Material gegossen werden kann.

8. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem am Ofen (**10**) angebrachten Brenn-

stoff-Fördersystem (**35**), welches zum Heben und Senken in Übereinstimmung mit dem Ofen (**10**) angepasst wurde.

9. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Luft- und Brennstoff-Förderleitungen (**31, 32**), durch welche Verbrennungsluft und Brennstoff zum Brenner (**30**) gelangen, durch Scharniere (**70, 72**) der Türen (**19a, 19b**) definiert oder in diesen gehalten werden.

10. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Luft- und Brennstoff-Förderleitungen (**31, 32**) sich in Fluidkommunikation mit einem Brennstoff-Fördersystem (**35**) befinden, wobei das Brennstoff-Fördersystem Winkel- und/oder Dreh-Fluidanschlüsse (**32, 33**) mit Drehdurchführungen besitzt, welche gasdicht sind.

11. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (**30**) an einer Tür (**19**) angebracht ist, so dass beim Betrieb Hitze in den Ofenkörper (**12**) geleitet wird.

12. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (**30**) in Beziehung zur Drehachse des Ofens (**10**) abgewinkelt ist, so dass die Flamme des Brenners (**30**) beim Betrieb nicht auf das bearbeitete Ladematerial auftrifft.

13. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem oder mehreren Temperatursensoren zum Erfassen der Temperatur der feuerfesten Auskleidung und des geschmolzenen Materials.

14. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, der ein Mittel zur Erzeugung eines Luftvorhangs am offenen Ende (**14**) des Ofens (**10**) besitzt, welcher beim Betrieb eine Variation der Ofenatmosphäre in Bezug auf die äußere Atmosphäre (Umgebungsatmosphäre) erlaubt.

15. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ofen (**10**) eine Auslassöffnung (**80**) hat und dass eine Luftdüse über der Auslassöffnung (**80**) vorhanden ist, um den Druck innerhalb des Ofens zu kontrollieren und somit den Druckausgleich der Innenatmosphäre zu ermöglichen.

16. Ofen (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Antriebsmotor (**20**) derart angeordnet ist, dass der Ofen (**10**) bei einer variablen Drehgeschwindigkeit gedreht wird.

17. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsmotor einen Teil eines Ofen-Antriebssystems (**20, 22, 24**) bildet, das aus den folgenden Elementen besteht: einem Elektromotor (**20**), einer Motorsteuerung und einem Kopplungsmechanismus (**24**) zur Übertragung des Drehmoments vom Motor (**20**) zum Ofenkörper (**12**).

18. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor (**20**) den Ofen durch eine feste Kopplung wie ein Rädergetriebe, Zahnstangengetriebe oder Kettengeräte (**24**) antreibt.

19. Ofen (**10**) gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Ofen-Rotationssystem (**20, 22, 24**) als ein dynamisches Bremssystem durch eine Steuerung, einen Wechselrichter und den Motor (**20**) wirkt.

20. Ofen (**10**) gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19 mit einem Rundring (**22**), der ein Zahnrad trägt, das durch eine Kette (**24**) mit dem Motor (**20**) verbunden ist, wobei die Kette (**24**) so angepasst ist, dass sie in die Verzahnungen eingreift.

21. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Verzahnungen die halbe Anzahl der Kettenteilung aufweist.

22. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass variable Verpackungskeile (**68**) für einen engen Sitz zwischen dem Rundring (**22**) und der Außenfläche des Ofenkörpers (**12**) sorgen.

23. Ofen (**10**) gemäß Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Verpackungskeile (**68**) durch ein Gewindeteil verbunden sind, welches, wenn festgezogen, den Keil dazu veranlasst, den Ring (**22**) festzuklemmen und einen festen Halt konzentrisch mit auf der Oberfläche montierten Laschen (**66**) und dem Ring (**22**) sicherzustellen.

24. Ofen (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Temperatursensoren in der Art angeordnet sind, um die Temperatur der Ofentüren (19a, 19b), der feuerfesten Auskleidung und des bearbeiteten Materials zu messen und ein für diese Temperatur indikatives Ausgangssignal zur Verfügung zu stellen.

25. Ofen (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche mit Mitteln (75) zum Empfangen, Codieren und Übertragen von Signalen bezüglich der folgenden Prozessvariablen: Ofenhauttemperaturen, Auskleidungstemperaturen, Brenngas- und Luftströme, Sauerstoffkonzentration der Ofenatmosphäre und Ofen-Innendruck.

26. Verfahren zum Betrieb des Ofens (10) gemäß den Ansprüchen 1 bis 25, welche die folgenden Schritte umfasst:

Beladen des Ofens (10) mit einer Ladungsmischung aus einem Flussmittel und einem zu schmelzenden Material, aus dem Metall gewonnen werden soll;

Aufrechterhalten einer kontrollierten Ofenatmosphäre durch Abdichten des Ofens mit einer oder mehreren Ofentüren (19);

Erhitzen der Ladungsmischung, bis das Metall schmilzt;

Schütteln der Mischung zur Förderung der Agglomeration des Metalls durch die Rotation und Gegenrotation des Ofens (10) und durch das Rückwärtsneigen ( $\alpha$ ) und Vorwärtsneigen ( $\beta$ ) des Ofen;

Rotieren des Ofens zur Trennung von Flussmittel und geschmolzenem Material; und Heben eines Endes des Ofenkörpers (12), um das gewonnene Metall auszugießen.

27. Verfahren zum Betrieb eines Ofens (10) gemäß Anspruch 26, die das Drehen des Ofens (10) bei einer variablen Geschwindigkeit und das Neigen des Ofens (10) in unterschiedlichen Winkeln ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) zum Schütteln des Materials umfasst, um die Wärmeübertragung in das Material zu unterstützen.

28. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß Anspruch 26 oder 27, die des Weiteren die folgenden Schritte umfasst: Erhitzen des Ofens in Übereinstimmung mit einem Kontrollsignal, das von mindestens den folgenden Elementen ausgeht: Ladungstemperatur; Masse der Ladung; Viskosität der Ladung; Zeit, die die Ladung bis zum Erreichen der Viskosität benötigt; Luftsauerstoffgehalt des Ofens; Rate des Energieeinsatzes und kumulative eingesetzte Energie.

29. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß Anspruch 28, die des Weiteren die folgenden Schritte umfasst: Identifizierung von Variablen im Zusammenhang mit Untervariablen und Vorausbestimmung der Auswirkungen, die die Variation von wesentlichen Variablen und Untervariablen auf den Betrieb des Ofens hat.

30. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß Anspruch 28 oder 29, die des Weiteren die Verwendung von Algorithmen oder Tabellen von Variablen und Untervariablen umfasst.

31. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß eines der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere Feedback-Signale empfangen werden, ein Vergleich zwischen der vorausgesagten und tatsächlichen Leistung angestellt wird und ein Korrektursignal empfangen wird, um eine Veränderung in einer Variablen zu bewirken.

32. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mikroprozessor verwendet wird, um den Betrieb des Ofens zu überwachen und zu steuern.

33. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß einem der Ansprüche 28 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass künstliche Intelligenz verwendet wird, um den Betrieb des Ofens zu überwachen und zu steuern.

34. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass ein neuronales Netz verwendet wird, um den Betrieb des Ofens zu überwachen und zu steuern.

35. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass Fuzzy-Regeln verwendet werden, um den Betrieb des Ofens zu überwachen und zu steuern.

36. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß einem der Ansprüche 28 bis 35, die des Weiteren die Online-Diagnose des Prozesses, Support per Fernzugriff, Online-Überwachung und Archivierung umfasst.

37. Verfahren zum Betrieb eines Ofens gemäß Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass Fernzugriff,

DE 60 2004 009 299 T4 2009.10.08

Datenerfassung und Online-Überwachung durch ein SCADA-System zur Verfügung gestellt werden.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

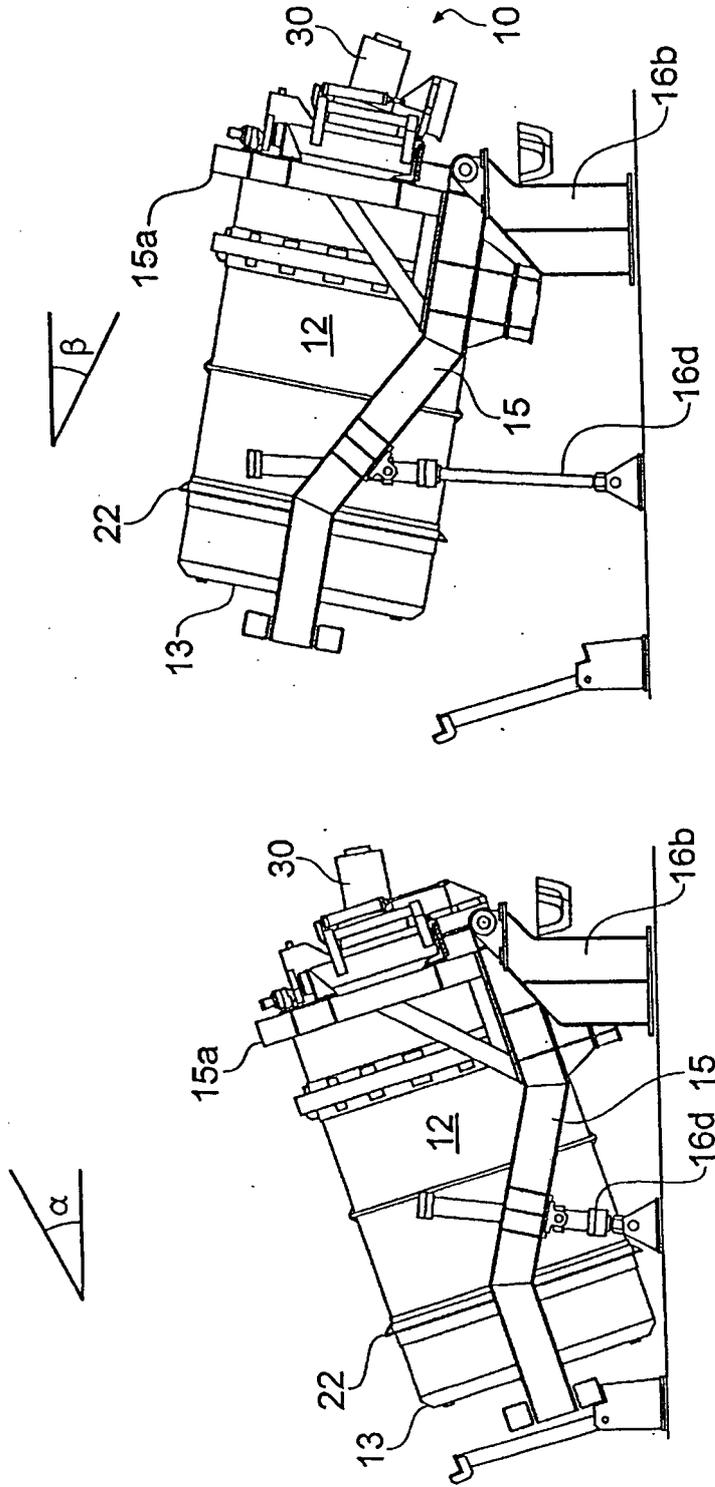


Fig. 3

Fig. 2

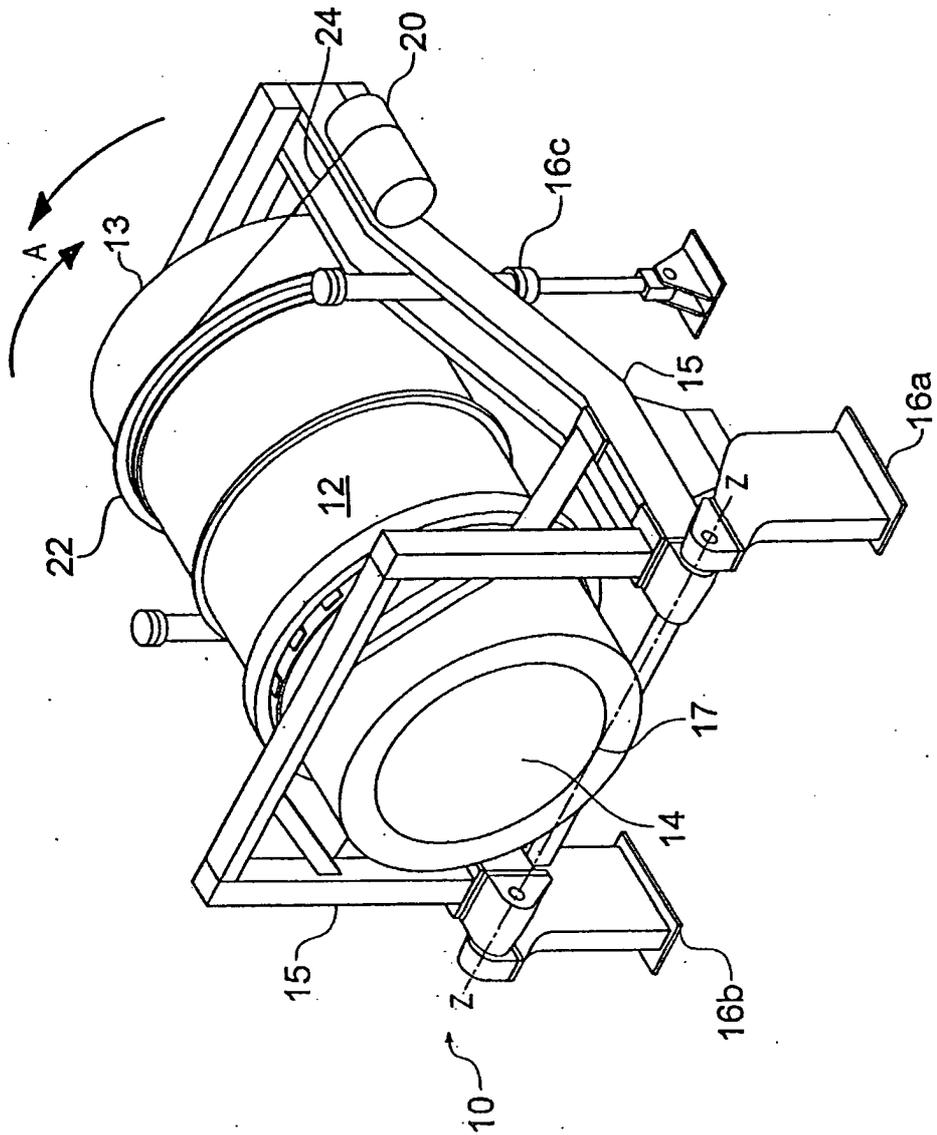


Fig. 1

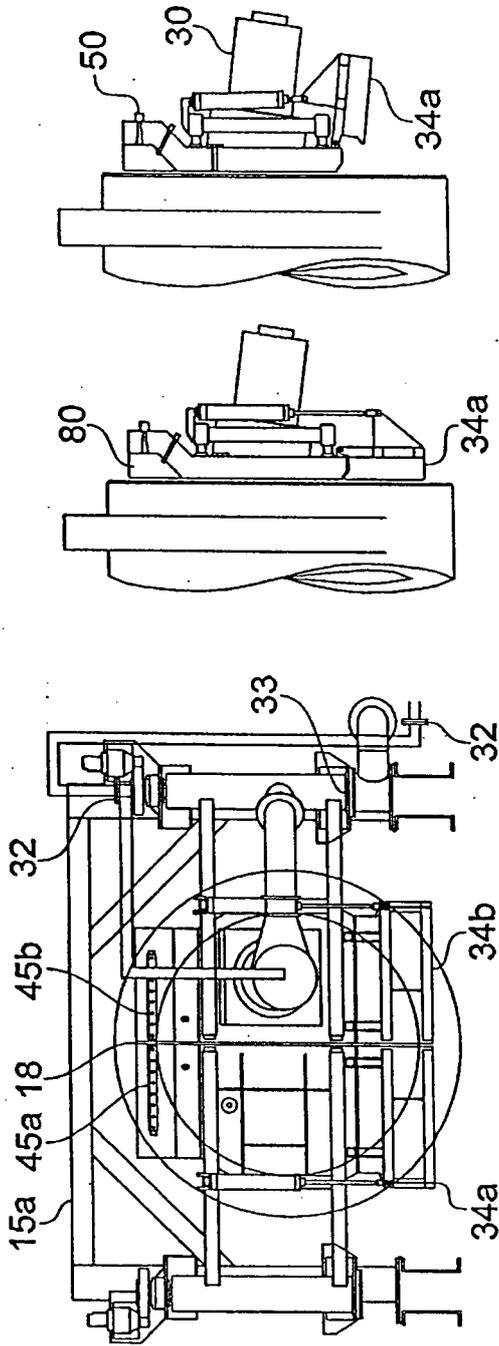


Fig. 6a

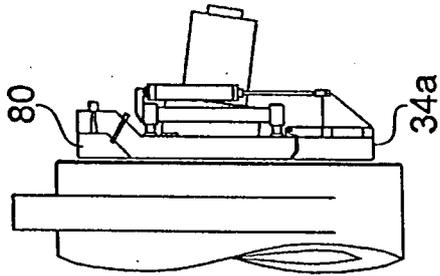


Fig. 6b

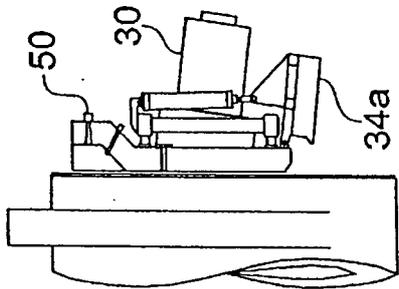


Fig. 6c

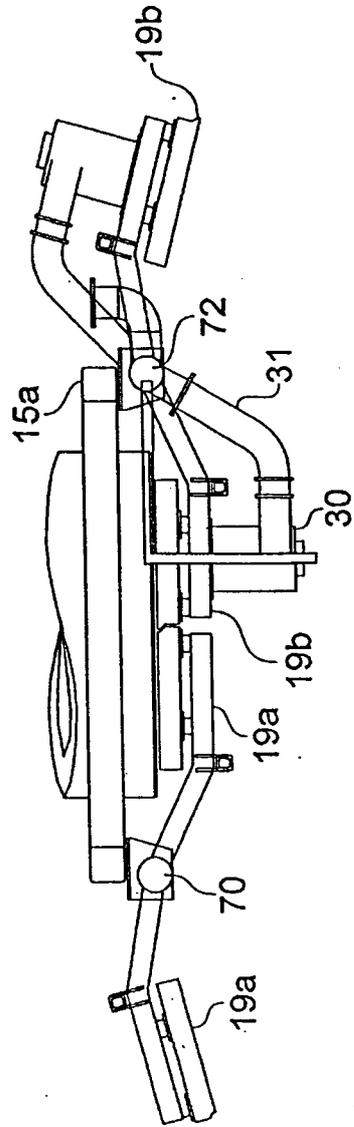
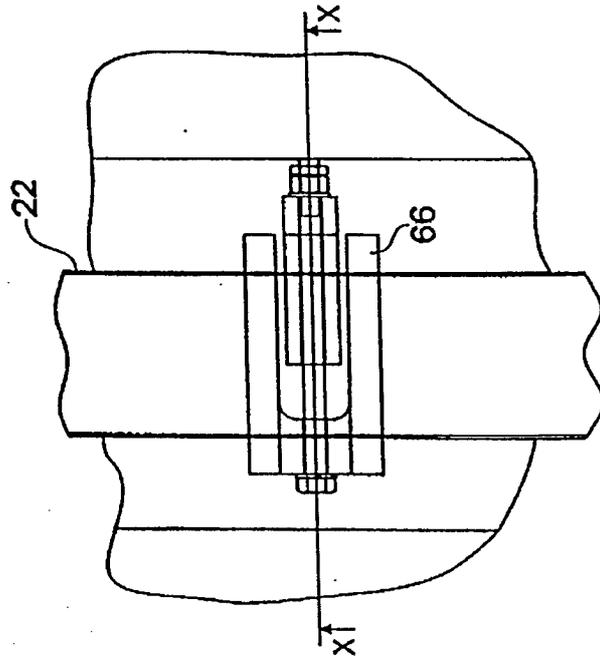
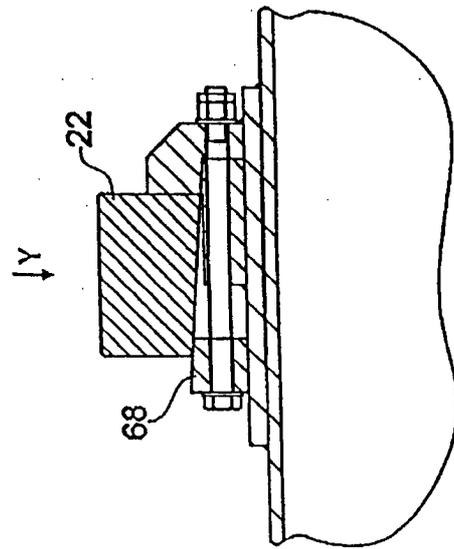


Fig. 6d



ANSICHT GEMÄSS PFEIL Y

Fig. 5



SCHNITTANSICHT X-X

Fig. 4

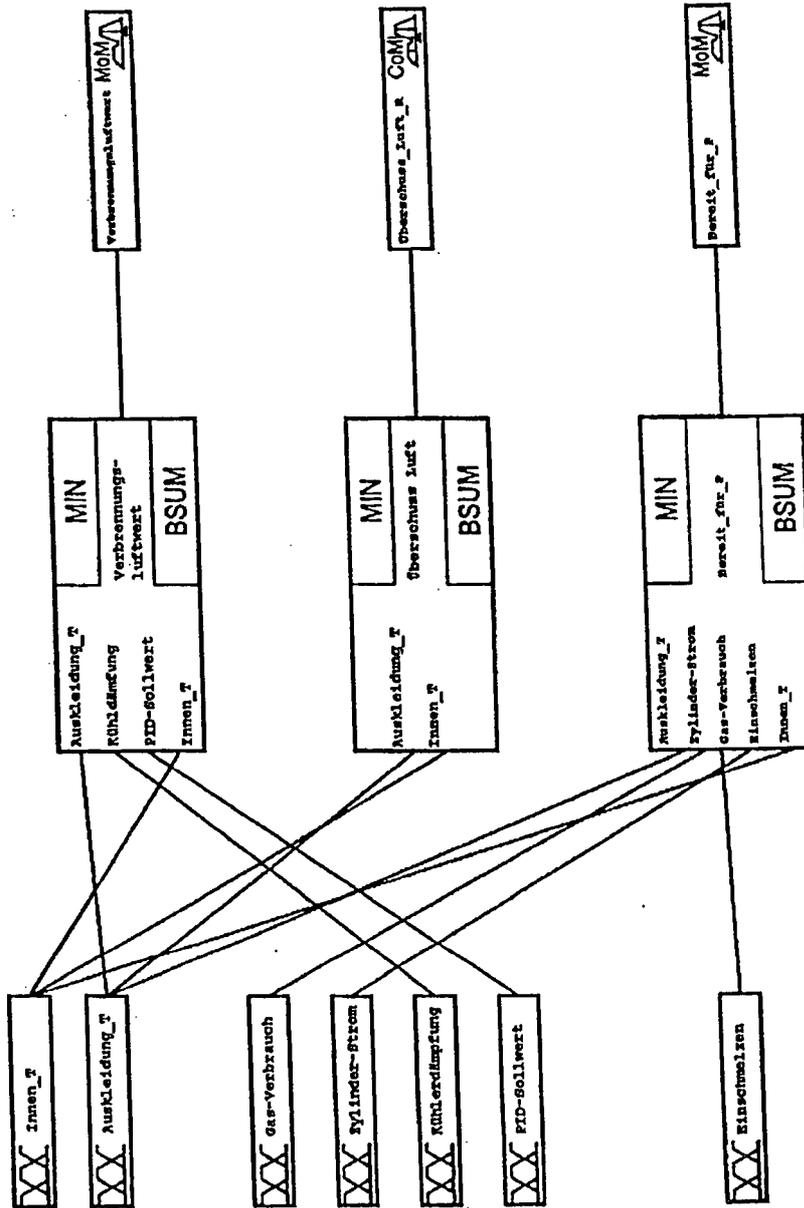
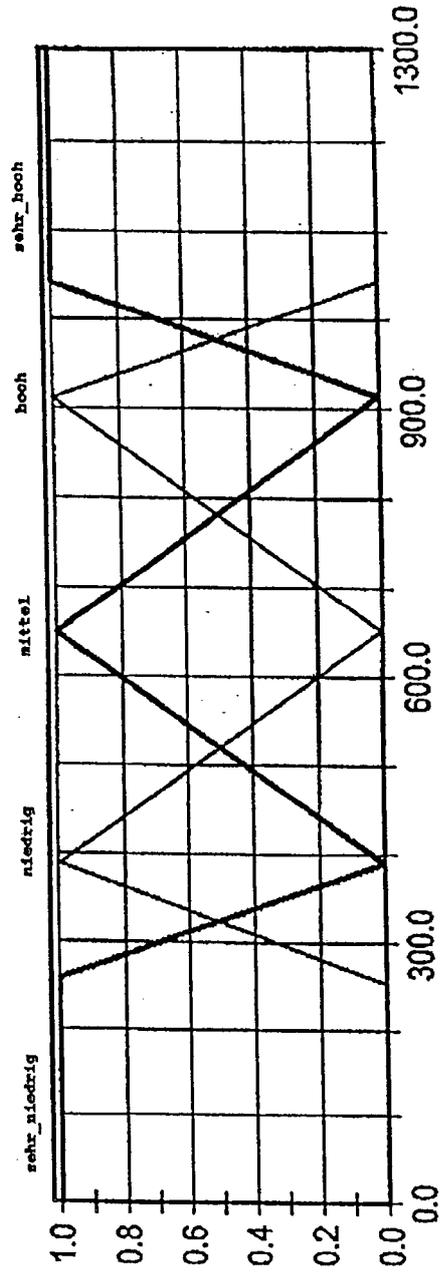


Fig. 7a



Grad c

Fig. 7b

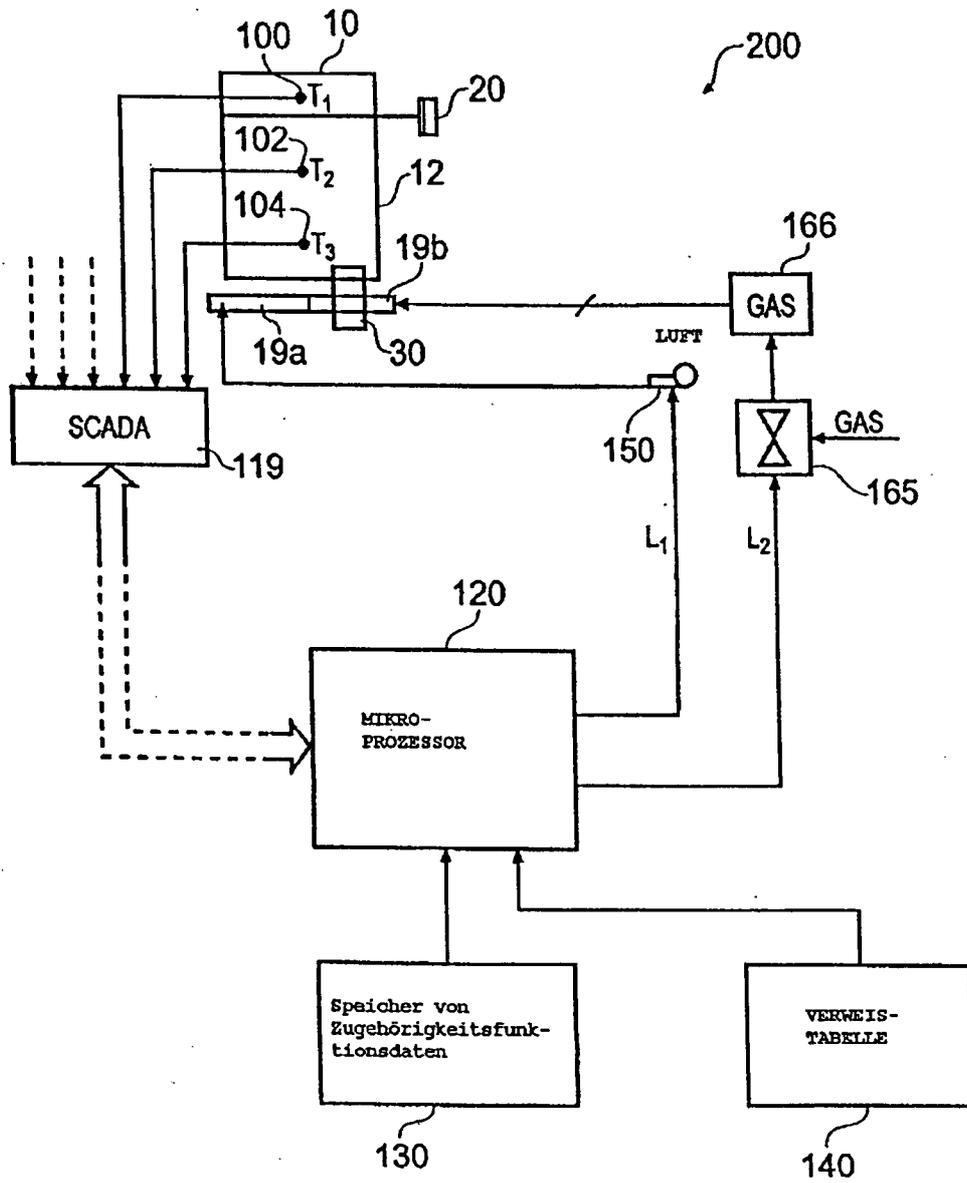


Fig. 7c