(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 05 660 B4** 2010.11.25

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 05 660.9**
(22) Anmeldetag: **12.02.2002**
(43) Offenlegungstag: **14.08.2003**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **25.11.2010**

(51) Int Cl.[8]: ***C21C 5/56*** (2006.01)
C21C 5/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
SMS Siemag Aktiengesellschaft, 40237 Düsseldorf, DE

(74) Vertreter:
Hemmerich & Kollegen, 57072 Siegen

(72) Erfinder:
Monheim, Peter, Dr., 46284 Dorsten, DE; Reichelt, Wolfgang, Prof.Dr., 47447 Moers, DE; Weischedel, Walter, Dr., 40670 Meerbusch, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

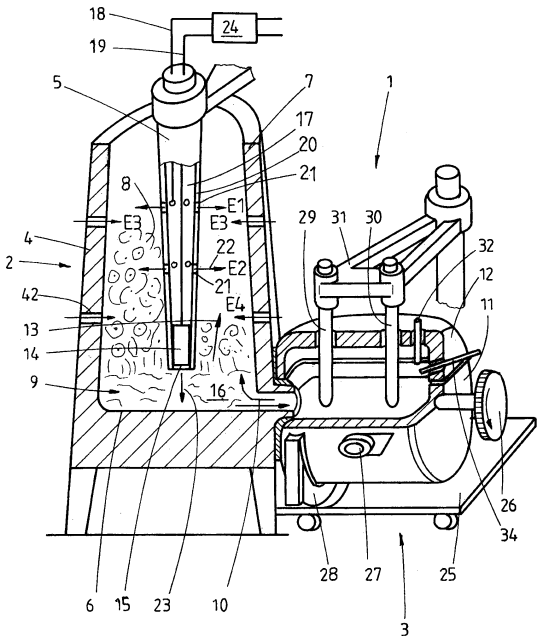
DE 23 25 593 B

DE-Z "Stahl und Eisen 92 (1972) Nr. 11, S. 501 ff

DE-Z "Stahl und Eisen 115 (1995) Nr. 5, S. 75ff

(54) Bezeichnung: **Verfarhen und Vorrichtung zur kontinuierlichen Stahlherstellung unter Einsatz von metallischen Einsatzmaterial**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur kontinuierlichen Stahlherstellung unter Einsatz von metallischen Einsatzmaterialien (8), wobei die Einsatzmaterialien (8) in einem oberen Teil eines Einschmelzgefäßes (2) vorgewärmt werden, anschließend in einem unteren Teil (9) des Einschmelzgefäßes (2) mit fossilen Brennstoffen (23) geschmolzen werden und das Schmelzgut (16) kontinuierlich in ein Behandlungsgefäß (3) abgeführt wird, in dem die gewünschte Stahlqualität eingestellt wird, wobei in das Einschmelzgefäß (2) von außen Gase (22) zur Nachverbrennung der Prozessgase (13) eingeführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessgase (13) beim Aufsteigen im Einschmelzgefäß (2) stufenweise in übereinander angeordneten Nachverbrennungsebenen (E1–E4) nachverbrannt werden und dass hierzu auch in das Innere einer Einsatzmaterialsäule Nachverbrennungsgase (22) durch einen in die Materialsäule hineinragenden Innenschacht (5) durch Eintrittsöffnungen (21) in der Wandung (20) des Innenschachtes (5) eingeführt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Stahlherstellung unter Einsatz von metallischen Einsatzmaterialien, wie Schrott, Eisenschwamm oder dergleichen, wobei die Einsatzmaterialien in einem oberen Teil eines Einschmelzgefäßes vorgewärmt werden, anschließend in einem unteren Teil des Einschmelzgefäßes mit fossilen Brennstoffen geschmolzen werden und wobei das Schmelzgut kontinuierlich in ein Behandlungsgefäß abgeführt wird, in dem die gewünschte Stahlqualität eingestellt wird, wobei in das Einschmelzgefäß von außen Gase zur Nachverbrennung der Prozessgase eingeführt werden.

[0002] Zudem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von Stahl unter Einsatz von metallischen Einsatzmaterialien, umfassend ein Einschmelzgefäß mit mindestens einer die metallischen Einsatzmaterialien in einem unteren Teil des Einschmelzgefäßes beaufschlagbaren Brennereinrichtung für fossile Brennstoffe sowie ein mit dem unteren Teil des Einschmelzgefäßes über eine Abstichöffnung verbundenes Behandlungsgefäß, in das das Schmelzgut kontinuierlich abgeführt wird und in dem dem die gewünschte Stahlqualität eingestellt wird, wobei die Einsatzmaterialien in einem oberen Teil des Einschmelzgefäßes mittels der Prozessgase vorgewärmt werden und in das Einschmelzgefäß von außen Gase zur Nachverbrennung der Prozessgase eingeführt werden. In dem Behandlungsgefäß wird die Eisenschmelze zur Stahlherstellung insbesondere überhitzt und eine Legierungsbehandlung durchgeführt.

[0003] Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind aus der DE 325 593 B bekannt. Es wird ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Stahl mit Einsatzmaterialien, wie Schrott, Eisenschwamm oder dergleichen beschrieben, die in einem Schachtofen als Einschmelzgefäß kontinuierlich von unten durch eine Brennerlanze aufgeschmolzen werden und die Schmelze in ein beheiztes Durchlaufgefäß gefüllt wird, in dem kontinuierlich eine Schlackenabscheidung erfolgt, und wobei das im Gefäß befindliche Material überhitzt und durch Zugabe entsprechender Legierungs- und Desoxidationszuschläge die gewünschte Stahlanalyse eingestellt wird. Hierbei werden die Überhitzung und Schlackenreduktion elektrisch vorgenommen. Das Durchlaufgefäß wird hierzu induktiv beheizt oder mittels eines Lichtbogens. In den Schachtofen wird mit Hilfe einer Lanzenführung ein lanzenförmiger Öl-Sauerstoffbrenner in das Innere des Einschmelzgefäßes in vertikaler Richtung beweglich eingeführt, wobei die von dem Brenner erzeugte Flamme das Einsatzmaterial von unten beaufschlagt und kontinuierlich aufschmilzt. Durch einen Ringspalt im Mantel des Schachtofens kann Luft zur Nachverbrennung der Einschmelzabgase eingeführt werden, die zur Vorwärmung des einzuschmelzenden Materials dienen. Das Einschmelzgefäß ist im Inneren im wesentlichen zylinderförmig und kann einen sich nach unten leicht vergrößernden Durchmesser aufweisen.

[0004] In Stahl und Eisen, 92 (1972), Nr. 11, S. 501 ist dieses kontinuierliche Einschmelzverfahren von Schrott nach dem Gegenstromprinzip ebenfalls beschrieben. Bei dieser Arbeitsweise wird eine Schrottsäule von unten mit einem Erdöl/Sauerstoff-Brenner aufgeschmolzen. Das geschmolzene Metall läuft zusammen mit der gebildeten Eisenoxidschlacke kontinuierlich aus dem Einschmelzgefäß heraus. Gleichzeitig wird die Schrottsäule durch laufendes Nachsetzen aufgefüllt. Hierbei erweist sich als problematisch, dass zwar die fühlbare Wärme genutzt wird, der Anteil an chemisch gebundener Abgaswärme für das Vorwärmen aber ungenutzt bleibt. Zudem ist das Verfahren mit dem Problem einer hohen Eisenverschlackung durch Verwendung fossiler Brennmaterialien in Kombination mit Sauerstoff verbunden.

[0005] Eine hierzu andere Entwicklungsrichtung ist in Stahl und Eisen 115 (1995) Nr. 5, S. 75 beschrieben. Hierbei wird Schrott in einer Vorwärmsäule vorgewärmt und in einem Eisenbadreaktor eingeschmolzen. Das Vorheizen kann entweder im Eisenbadreaktor selbst zeitlich vor dem Einschmelzen erfolgen, oder der Schrott wird in einem oberhalb des Einschmelzreaktors angeordneten Korb vorgeheizt und anschließend in den Reaktor fallen gelassen. Beim Einschmelzen wird Kohle zusammen mit Sauerstoff in das Eisenbad geblasen, wobei die Abgase oberhalb der Schmelze im Reaktor noch nachverbrannt werden können. Um eine Oxidation des Schrotts bei der Vorwärmung zu minimieren, wird das Heizgas beim Vorheizen stufenweise verbrannt.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren bzw. eine gattungsgemäße Vorrichtung bei einer Schmelzenergieeinbringung durch fossile Brennstoffe und bei Nutzung auch der chemischen Abgaswärme zur Vorwärmung des Einsatzmaterials zu optimieren.

[0007] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind in den Unteransprüchen sowie in der Beschreibung der Ausführungsbeispiele dargestellt.

[0008] Verfahrensgemäß werden die Prozessgase beim Aufsteigen im Einschmelzgefäß stufenweise in übereinander angeordneten Nachverbrennungsebenen (E1–E4) nachverbrannt, wobei hierzu neben den von außen in die Einsatzmaterialsäule eingebrachten Nachverbrennungsgasen auch in das Innere der Einsatzmaterialsäule Nachverbrennungsgase, d. h.

Oxydatoren wie Sauerstoff, Luft oder eine Mischung hiervon, durch einen in die Materialsäule hineinragenden Innenschacht eingeführt bzw. eingedüst werden.

[0009] Durch die Kombination eine stufenweisen Nachverbrennung mit dem Einbringen von Nachverbrennungsgasen sowohl von außen als auch von innen in die Einsatzmaterialsäule wird eine optimale Nachverbrennung bei geringer Oxidation des Einsatzmaterials und damit ein hoher Wirkungsgrad bei der Ausnutzung der chemischen Wärme der Abgase erreicht. Aufgrund des Innenschachtes kann fossile Energie effektiv in die Einsatzmaterialsäule eingebracht werden, so dass eine günstige Wärmeübertragung und geringere Eisenoxydation erreicht werden. Das Nachverbrennungsgas muss nur kurze Wege für eine Vermischung und damit Nachverbrennung der Prozessgase zurücklegen.

[0010] Vorteilhafterweise werden die Menge, Art und/oder Zusammensetzung der Nachverbrennungsgase in Abhängigkeit der Eigenschaften der Prozessgase über die Höhe des Einschmelzgefäßes, vorzugsweise in jeder oder den meisten Nachverbrennungsebenen, und der gewollten Nachverbrennungsgrade in einer bestimmten Höhe eingestellt, beispielsweise durch entsprechende Dosierung und Mischung von Luft und Sauerstoff. Ebenfalls wird vorgeschlagen, die Nachverbrennung unter anderem durch Einstellung der Menge, Art und/oder Zusammensetzung der Oxydatoren und der fossilen Brennstoffe sowie durch die Position der Brennerenrichtung im Verhältnis zum Innenschaft zu beeinflussen.

[0011] Insbesondere wird vorgeschlagen, die Nachverbrennungsebenen durch Veränderung der Anordnung des Innenschachtes zum Einschmelzgefäß in der Höhe und/oder durch Drehung des Innenschachtes um seine Längsachse einzustellen. Auf diese Weise können die Nachverbrennungsebenen, die durch den Eintritt von Nachverbrennungsgasen von außen und innen gebildet werden, variabel zueinander eingestellt werden.

[0012] Nach einer besonders bevorzugten Weiterentwicklung der Erfindung wird mindestens ein Teil der nachzuverbrennenden Prozessgase aus der Einsatzmaterialsäule abgezogen und deren Nachverbrennung außerhalb der Einsatzmaterialsäule, insbesondere außerhalb des Einschmelzgefäßes, durchgeführt. Die nachverbrannten Prozessgase werden anschließend wieder in die Einsatzmaterialsäule über eine höher liegenden Ebene als die Abzugsebene zurückgeführt.

[0013] Die Nachverbrennung findet in entsprechenden von der Materialsäule getrennten Verbrennungsräumen statt, in die die Nachverbrennungsgase eingeführt werden. Hierzu münden Zuführleitungen für die Nachverbrennungsgase in die Verbrennungsräume, wobei das Nachverbrennungsgas mit den durch die Verbrennungsgase zirkulierenden Prozessgasen in Kontakt kommt. Besonders vorteilhaft ist ein Einführen der Nachverbrennungsgase mit einer Injektor-Wirkung aufgrund eines Mitnahme-Effektes.

[0014] Vorrichtungsgemäß weist das Einschmelzgefäß mittig einen hohlen Innenschacht auf, der längs der Längsachse des Einschmelzgefäßes in dieses von oben hineinragt. Auf diese Weise entsteht ein Ringschacht-Ofen. Der Innenschacht umfasst in die Wandung des Innenschachtes eingebrachte Eintrittsöffnungen für Nachverbrennungsgase, die entlang des Innenschaftmantels übereinander angeordnet sind und die übereinander angeordnete Nachverbrennungsebenen bilden. Die Eintrittsöffnungen sind insbesondere mit separaten Zuführgasleitungen verbunden. Auf diese Weise wird erreicht, die Nachverbrennungsgase bzw. Oxydatoren von innen in das Einsatzmaterial Schrottsäule entsprechend der gewollten Nachverbrennungsverteilung einzubringen.

[0015] Vorzugsweise sind Meßeinrichtungen zur Bestimmung der Prozessgaseigenschaften über die jeweilige Höhe des Einschmelzgefäßes, vorzugsweise an jeder oder ausgewählten Nachverbrennungsebene, und Mittel zur entsprechenden Einstellung der Art, Menge und/oder Zusammensetzung der eintretenden Gase zur Nachverbrennung vorgesehen.

[0016] Es wird vorgeschlagen, dass die auf einer jeweiligen Ebene angeordneten Eintrittsöffnungen im Einschmelzgefäß im Verhältnis zu zwei untereinander angeordneten Ebenen von Eintrittsöffnungen des Innenschachtes versetzt angeordnet sind, d. h., es werden abwechselnd jeweils durch die Innenschacht-Eintrittsöffnungen und die Eintrittsöffnungen in der Gefäßwand übereinander angeordnete Nachverbrennungsebenen gebildet, die durch Verstellen des Innenschachtes zum Einschmelzgefäß variierbar sind. Auf diese Weise sind nicht nur Art/Menge und Zusammensetzung der Nachverbrennungsgase einstellbar, sondern auch die Nachverbrennungsebenen.

[0017] Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden nicht nur die bei der Einschmelzung entstehenden Prozessgase zur Nutzung der chemischen Energie nachverbrannt, sondern auch die bei der Bearbeitung der Schmelze im Behandlungsgefäß gebildeten Prozessgase. Hierzu sind die Gasräume der beiden Gefäßes miteinander gasdicht verbunden.

[0018] Der Energieeinsatz erfolgt überwiegend mittels fossiler Brennstoffe in Kombination mit Oxydatoren, wie beispielsweise ein Ergas bzw. Erdöl/Sauerstoff-Gemisch, ohne Umwandlung in elektrische Form. Hierbei soll auch das Behandlungsgefäß we-

nigstens zu einem Teil mittels fossiler Energie betrieben werden, der andere Teil wird durch elektrische Energie bereitgestellt.

[0019] Um die unerwünschte Oxidation der eisenhaltigen Einsatzmaterialien während einer Nachverbrennung noch weiter zu reduzieren, soll mindestens einen Teil, vorzugsweise einen großen Teil, der Nachverbrennung der Gase an einem von der Einsatzmaterialsäule räumlich getrennten Ort durchgeführt werden und zwar in den Nachverbrennungs- bzw. Zwischenräumen, die in die Gefäßwand des Einschmelzgefäßes oder außerhalb des Einschmelzgefäßes und/oder in dem Innenschacht integriert sind und in die die Zuführleitungen für Nachverbrennungsgase münden und in denen das aus den Eintrittsöffnungen austretende Gas zur Unterstützung der Nachverbrennung mit dem in den Zwischenraum zirkulierenden Abgasen in Kontakt kommt. Vorzugsweise können diese Zwischenräume auch im Mündungsbereich der Eintrittsöffnungen in der Wandung des Innenschaftes vorgesehen sein. Die Nachverbrennung der Abgase in den von der Schrottsäule abgetrennten Verbrennungsräumen hat zudem den Vorteil, dass der Schrott nicht überhitzt wird. Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich ein Verbrennungsraum ringförmig um das Einschmelzgefäß. Alternativ können mehrere unabhängige, insbesondere auf gleicher Höhe nebeneinander angeordnete Räume vorgesehen sein. Nach einer anderen Ausführungsform sind die Verbrennungsräume als Leitungen ausgebildet, in die das Prozessgas auf einer (unteren) Ebene eingesogen wird und die das nachverbrannte Prozessgas auf einer höher gelegenen Ebene wieder in den Schacht leiten. Der Absaugeffekt ist dadurch begründet, dass der Strömungswiderstand durch die Materialsäule für die Prozessgase höher ist als derjenige durch die Leitungen.

[0020] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der die in den Figuren dargestellten Ausführungsformen der Erfindung näher erläutert werden. Dabei sind neben den oben aufgeführten Kombinationen von Merkmalen auch Merkmale alleine oder in anderen Kombinationen erfindungswesentlich. Es zeigen:

[0021] Fig. 1 eine teilweise geschnittene Seitenansicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von Stahl mit einem Einschmelzgefäß und einem Behandlungsgefäß;

[0022] Fig. 2 eine Teilansicht von Fig. 1 zur Darstellung der Mess- und Reglungstechnik zur Durchführung der stufenweisen Nachverbrennung;

[0023] Fig. 3 einen Querschnitt durch das Einschmelzgefäß mit Innenschacht;

[0024] Fig. 4 eine Schnittansicht einer bevorzugten Ausführungsform des Einschmelzgefäßes mit einem ringförmigen Verbrennungsraum;

[0025] Fig. 5 eine Detailansicht der Fig. 4.

[0026] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung **1** zur kontinuierlichen Herstellung von Stahl unter Einsatz von metallischen Einsatzmaterialien, insbesondere von Schrott. Sie besteht aus einem Einschmelzgefäß **2** und einem neben diesem angeordneten Überhitzungs- und Behandlungsgefäß **3**, d. h. einem Ofen, in dem eine Überhitzung der im Einschmelzgefäß **2** hergestellten Schmelze sowie Legierungseinstellungen des Stahls durchgeführt werden. Das Einschmelzgefäß **3** besteht aus einem Schacht **4**, in den von oben gasdicht ein Innenschacht **5** nicht bis ganz zum unteren Teil **6**, hier zum Boden, des Schachtes **4** hineinragt. Auf diese Weise entsteht ein Ringschachtofen. Das Einschmelzgefäß **3** wird nachfolgend als Schachtofen bezeichnet. In der gezeigten Ausführungsform ist die Gefäßwandung **7** des Schachtofens mindestens im Bereich der noch festen Schrottsäule mit einer nach unten aufweitenden Konizität geformt, während der Innenschacht **5** mit einer gegenüber dieser Form gegenläufigen Konizität geformt ist. Durch diesen sich aufweitenden Aufbau des Schachtofens wird erreicht, dass die Schrottsäule **8**, die von oben chargiert wird, von oben nach unten beweglicher ist und durch den sich nach unten bildenden Freiraum ausreichend Schrott von oben nach unten nachrücken kann. Im Bereich des Aufschmelzens **9**, d. h. im unteren Drittel des Schachtofens, kann der Schachtofen auch wieder zylindrisch oder mit einer gegenläufigen Konizität ausgeformt sein. Die gegenläufige Konizität des Innenschachtes **5** verstärkt diesen Freiraum nach unten; der Innenschacht kann aber auch zylindrisch geformt sein.

[0027] Der Schachtofen ist über eine im unteren Teil eingerichtete Abstichöffnung **10** und eine Feuerfestdichtung mit dem Behandlungsgefäß **3** verbunden. Dieses besteht in der hier gezeigten Ausführungsform im wesentlichen aus einem unteren Schmelzbad-Gefäßteil **11** und einem oberen Gefäßteil **12**. Für den Prozess wird Schrott **8** von oben in den Schachtofen chargiert. Die Schrottsäule wird durch die gegenläufig strömenden heißen Abgase **13** aus dem Behandlungsgefäß **3** und dem Schachtofen vorgewärmt und im unteren Teil **9** des Schachtofens mittels einer Brenneinrichtung **14**, die in der Spitze **15** des Innenschachtes **5** integriert ist, aufgeschmolzen. Die Schmelze **16** fließt kontinuierlich durch die Abstichöffnung **10** in den unteren Schmelzbad-Gefäßteil **11** des Behandlungsgefäßes **3** ab. In entgegengesetzer Richtung können Abgase aus dem Behandlungsgefäß **3** durch die Öffnung **10** oder eine separate Gasleitung in das Schmelzgefäß strömen.

[0028] Der Innenschacht **5**, der mittig in die Schrott-

säule **8** hineinragt, weist in seinem hohlen Innenraum **17** Zuführleitungen **18**, **19** auf sowie in seiner Wandung **20** Eintrittöffnungen **21**, um durch die Zuführleitungen **18** heran transportierte Nachverbrennungsgase bzw. Oxydatoren **22** gezielt aus dem Innenschacht **5** in die Schrottsäule **8** zu befördern. Die Eintrittsöffnungen **21** sind jeweils auf übereinander angeordneten Ebenen E1, E2 quer zur Längsachse des Innenschachtes **5** radial in der Innenschachtwandung **20** angeordnet und bilden auf diese Weise Nachverbrennungsebenen E1, E2, die durch die Strömung des Abgases sich zu Abschnitten vergrößern können. Es können ebenso mehrere Öffnungen, die unmittelbar übereinander angeordnet sind, zu einem Abschnitt angeordnet sein. Die durch den Schrott **8** strömenden heißen Abgase **13** werden entsprechend der jeweiligen Nachverbrennungsebene E1, E2 sowie des für die jeweilige Nachverbrennungsebene eingestellten Gemisches an Nachverbrennungsgasen **22** nachverbrannt.

[0029] Zusätzlich weist der Innenschacht **5** an seiner zum Boden **6** des Schachtofens **4** weisenden Spitze **15** die Brennereinrichtung **14** für fossile Brennstoffe **23** auf, die mittels einer separaten Zuführleitung **19** versorgt wird. Die fossilen Energieträger **23** sind vorzugsweise Gas/Öl, die mit Oxydanten (zum Beispiel Sauerstoff, Luft oder deren Gemische), über eine separate Leitung beigeführt, in der Brenneinrichtung gemischt und verbrannt werden. Vorzugsweise erfolgt die Verbrennung der fossilen Brennstoffe zur Aufschmelzung des Schrotts **8** unterstöchiometrisch. Auf diese Weise steht weniger Sauerstoff zur Verfügung, der das Eisen verschlacken könnte.

[0030] Aufgrund der Zuführung der die Nachverbrennung unterstützenden Gase **22** sowie der für das Einschmelzen notwendigen Brennstoffe **23** durch den Innenschacht **5** werden diese bereits vorgewärmt. Um den Vorwärmgrad zu erhöhen, kann ein Wärmeaustauschaggregat **24** außerhalb des Innenschachtes **5** angeordnet sein, in dem die Gase bzw. Brennstoffe **22**, **23** mittels vorbeigeführten heißen Abgasen **13** vorgewärmt werden.

[0031] Nach Vorwärmen und Aufschmelzen des Schrotts **8** wird die Schmelze **16** kontinuierlich in das Behandlungsgefäß **3** überführt. Das Behandlungsgefäß **3** ist drehbar ausgeführt. Nach Abschluss der Bearbeitung des Stahls werden durch Drehung des Gefäßes um eine horizontal zum Boden **25** verlaufende Schwenkachse **26** zuerst die Schlacke, danach die Stahlschmelze über ein Abstichloch **27** im unteren Gefäßteil **11** abgestochen. Hierzu ist der untere Gefäßteil **11** in einer Drehvorrichtung **28** gelagert. Es kann mittels einer verfahrbaren Bodenplatte **25** an das Einschmelzgefäß **2** herangefahren werden. Bei der gezeigten Ausführungsform ist das Behandlungsgefäß **3** als Lichtbogenofen ausgebildet mit zwei Elektroden **29**, **30**, die über eine Haltevorrichtung **31** im Ofen positioniert sind. Die Energiezufuhr kann aber auch mit Drehstrom über drei Elektroden ausgeführt werden. Die notwendige Energie für die Bearbeitung der Schmelze kann auch über fossile Brennstoffe eingebracht werden. Das Behandlungsgefäß **3** wird durch ein oberes Gefäßteil **12** bzw. einen Deckel abgeschlossen. Im Deckel ist zur Durchführung der Überhitzung und Schaumbildung der Schlacke eine Lanze **32** für die Zugabe von Kohlenstoffträgern und/oder Sauerstoff oder Luft vorgesehen. Zudem weist das Gefäß **3** eine Beschickungsvorrichtung **34** auf zur Zugabe von Zuschlägen für die metallurgische Behandlung der Schmelze.

[0032] Die Positionierung der Nachverbrennungsebenen E1, E2 im Verhältnis zum Einschmelzgefäß und damit zu den Nachverbrennungsebenen E3, E4 sowie die Eigenschaften der austretenden Gase **22** werden in Abhängigkeit der Eigenschaften der Prozessgase über der Höhe des Einschmelzgefäßes in den jeweiligen Nachverbrennungsebenen gesteuert bzw. geregelt. Dies wird in Fig. 2 dargestellt. In jeder oder einzelnen ausgewählten Nachverbrennungsebenen sind Mittel **35** zur Bestimmung der jeweiligen Prozessgaseigenschaften in der jeweiligen Höhe des Einschmelzgefäßes angeordnet, die Gasproben nehmen und weiterführen oder die Zusammensetzung und die Temperatur der heißen Prozessgase bestimmen bzw. messen. In den Nachverbrennungsebenen genommene Prozessgasproben können in einem Analysegerät **36a** analysiert werden. In Abhängigkeit dieser Ergebnisse, die über Meßleitungen **36** an eine Rechnereinheit **37** weitergegeben werden, werden die Eigenschaften der eintretenden Gase **22** für die Nachverbrennung berechnet und über Steuerleitungen **38** entsprechende Mittel **39** zur Einstellung aktiviert. Diese umfassen beispielsweise Dosierungs- und Mischvorrichtungen für Luft und Sauerstoff, d. h. einen Verteiler der Oxisationsmittel für die einzelnen Nachverbrennungsebenen.

[0033] Die Beeinflussung der Nachverbrennung erfolgt neben der Einstellung der Parameter der Gase **22** auch durch Variation der Anordnung des Innenschachtes **5** zum Schachtofen oder durch Variation der Position des Brennereinrichtung **14** im Innenschacht **5**. Der Innenschacht **5** ist mittels Verfahrmitteln bzw. einer Verfahreinrichtung **40** längs der Längsachse des Schachtofens verstellbar. Zudem können Drehmittel **41** vorhanden sein, so dass der Innenschacht **5** um seine Längsachse gedreht werden kann. Vorzugsweise ist der Innenschacht **5** drehbar bis zu einem Winkel von mindestens 0,5φ im Verhältnis zu dem Schachtofen (vgl. Fig. 3), um die Eintrittsöffnungen **21** im Innenschacht **5** im Verhältnis zu Eintrittsöffnungen **42** in der Gefäßwandung **7** des Außenschachtes günstig zu positionieren. Auf die Eintrittsöffnungen **42** wird weiter unten eingegangen. Die bzw. mehrere Brennereinrichtungen **14** sind jeweils innerhalb des Innenschachtes **5** mittels Verfahrmit-

teln **43** verstellbar.

[0034] Gleichzeitig sind Meßeinrichtungen **44** zur Erfassung der Position des Innenschachtes **5** im Verhältnis zum Schachtofen sowie Meßeinrichtungen **45** zur Erfassung der Position der Brennereinrichtung **14** im Innenschacht **5** vorgesehen. Auch diese Meßergebnisse werden zu der Rechnereinheit **37** geleitet und gehen in die Steuerung oder Regelung der Eigenschaften der Gase **22**, **23** zur Nachverbrennung durch entsprechenden Antrieb der Verfahr- bzw. Drehmittel **40**, **41**, **43** ein. Diese erfolgt vorzugsweise derart, dass in keiner Nachverbrennungsebene oder keinem -abschnitt ein lokales Überhitzen der Oberfläche des Schrotts oberhalb 90% der Schmelztemperatur von Eisenoxyd erreicht wird und der Nachverbrennungsgrad des aus dem Einschmelzgefäß austretenden Abgases annähernd 100% beträgt.

[0035] Neben den Eintrittsöffnungen **21** im Innenschaft **5** sind in der Gefäßwand **7** des Einschmelzgefäßes **4** Eintrittsöffnungen **42** angeordnet, die jeweils mit Zuführleitungen für Nachverbrennungsgase **22** verbunden sind. Hierbei sind die durch die Innenschacht-Eintrittsöffnungen **21** bzw. Gefäßwand-Eintrittsöffnungen **42** gebildeten Ebenen E1, E2 bzw. E3, E4 jeweils versetzt zueinander angeordnet, so dass jeweils von unten nach oben abwechselnd eine Nachverbrennungsebene mit Eintrittsöffnungen **42** von außen und eine Nachverbrennungsebene mit Eintrittsöffnungen **21** aus dem Innenschacht **5** von innen gebildet werden. Der Versatz beträgt hierbei bis zu 50% des Abstandes zwischen den Ebenen der Eintrittsöffnungen. Durch diese versetze Anordnung wird verhindert, dass es an einzelnen Stellen in der Schrottsäule **8** zu heiß wird, während andere Bereiche zu kalt bleiben, so dass keine Nachverbrennung stattfindet. Die Anordnung der äußeren und inneren Eindüsöffnungen bzw. -schlitze erfolgt derart, dass sich die Öffnungen nicht gegenseitig behindern, sondern durch ihre Anordnung zueinander eine günstige Gasverteilung in der Schrottsäule schaffen. Darüber hinaus verdeutlicht Fig. 3 eine bevorzugte Anordnung des Winkels der Öffnungen **21**, **42** zueinander. Die Eintrittsöffnungen **42** in der Gefäßwand **7** des Einschmelzgefäßes **2** sind zu den im Innenschacht **5** angeordneten Eintrittsöffnungen **21** in einem Winkelversatz bis zu 0,5φ, vorzugsweise in einem Winkelversatz von 0,5φ, angeordnet, wobei φ der Winkel zwischen zwei nebeneinander angeordneten Eintrittsöffnungen **42** in einer Nachverbrennungsebene ist.

[0036] Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform, die mit den Fig. 4 und Fig. 5 verdeutlicht wird, ist die Gefäßwandung **107** des Schachtofens auf Höhe der Eintrittsöffnungen **142** mit einem ringförmigen Zwischen- oder Verbrennungsraum **146** versehen.

[0037] Dieser Verbrennungsraum **146** besteht in der gezeigten Ausführung aus einer nach außen gewölbten Ausstülpung **147** der Gefäßwandung **107**, wobei der Innenraum des Verbrennungsraums **146** durch eine die Innenseite **148** der Gefäßwand **7** weiterführende Zwischenwand **149** von dem Innenraum des Schachtofens und damit von der Schrottsäule **8** abgegrenzt ist. Diese Zwischenwand **149** ist hierbei so an dem Verbrennungsraum **146** positioniert, dass unten ein Eintrittsbereich **150** für vorbeiströmende Prozessgase **113** und oben ein Austrittsbereich **151** für nachverbrannte Gase **113'** entsteht. Auf diese Weise wird erreicht, dass die Prozessgase **113** durch den Verbrennungs- bzw. Zwischenraum **146** zirkulieren und die Nachverbrennung zu einem großen Teil in dem Verbrennungs- bzw. Zwischenraum **146** stattfindet. In Fig. 5 wird die Anordnung der Eintrittsöffnungen **142** in der Gefäßwand **107** des Schachtofens im Verhältnis zur Zwischenwand **149** verdeutlicht. Der sich durch die Mündung der Eintrittsöffnungen **142** bzw. -schlitzes ergebende Winkel α zwischen der Verlängerung der Mündungsgeraden zur Zwischenwand **149** kann Werte zwischen 90 und –90° annehmen.

[0038] Vorzugsweise wird der Mündungswinkel so bestimmt, dass sich ein Mitnahmeffekt für das einfließende Prozessgas ergibt. Die Eintrittsöffnung **142** kann auch als Lavaldüse ausgebildet sein, d. h. einer Düse, die sich erst verengt und dann wieder erweitert, um eine Beschleunigung der Gase zu erreichen.

[0039] Insgesamt bieten das vorgeschlagene Verfahren bzw. die Vorrichtung eine effektive Möglichkeit der Stahlherstellung unter Nutzung von fossiler Energie und ist daher auch für Einsatzorte interessant, die schlecht mit elektrischer Energie versorgt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Stahlherstellung unter Einsatz von metallischen Einsatzmaterialien (**8**), wobei die Einsatzmaterialien (**8**) in einem oberen Teil eines Einschmelzgefäßes (**2**) vorgewärmt werden, anschließend in einem unteren Teil (**9**) des Einschmelzgefäßes (**2**) mit fossilen Brennstoffen (**23**) geschmolzen werden und das Schmelzgut (**16**) kontinuierlich in ein Behandlungsgefäß (**3**) abgeführt wird, in dem die gewünschte Stahlqualität eingestellt wird, wobei in das Einschmelzgefäß (**2**) von außen Gase (**22**) zur Nachverbrennung der Prozessgase (**13**) eingeführt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prozessgase (**13**) beim Aufsteigen im Einschmelzgefäß (**2**) stufenweise in übereinander angeordneten Nachverbrennungsebenen (E1–E4) nachverbrannt werden und dass hierzu auch in das Innere einer Einsatzmaterialsäule Nachverbrennungsgase (**22**) durch einen in die Materialsäule hineinragenden Innenschacht (**5**) durch Eintrittsöffnungen (**21**) in der Wandung (**20**) des Innenschachtes (**5**) eingeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge, Art und/oder Zusammensetzung der Nachverbrennungsgase (**22**) in Abhängigkeit der Eigenschaften der Prozessgase (**13**) über die Höhe des Einschmelzgefäßes (**2**) eingestellt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge, Art und/oder Zusammensetzung der fossilen Brennstoffe (**23**) sowie die Position mindestens einer Brennereinrichtung (**14**), die im Innenschacht (**5**) verfahrbar angeordnet ist, in Abhängigkeit der Eigenschaften der Prozessgase über die Höhe des Einschmelzgefäßes (**2**) eingestellt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Nachverbrennungsebenen durch Veränderung der Anordnung des Innenschachtes (**5**) zum Einschmelzgefäß (**2**) in der Höhe und/oder durch Drehung des Innenschachtes (**5**) um seine Längsachse eingestellt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilung der Nachverbrennungsgase (**22**) auf die einzelnen Nachverbrennungsebenen (E1–E4) so eingestellt wird, dass ein lokales Überhitzen der Oberfläche des Einsatzmaterials oberhalb von 90% der Schmelztemperatur des eine Oxidationsschicht bildenden Eisenoxyds vermieden wird und dass der Nachverbrennungsgrad am oberen Austritt aus dem Einschmelzgefäß etwa 100% beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Prozessgase (**13**) neben den Einschmelzabgasen auch die bei der, Einstellung der Stahlqualität im Behandlungsgefäß (**3**) entstehenden Bearbeitungsabgase, die durch eine Verbindung der Gasräume der Gefäße (**2**, **3**) in den unteren Teil des Einschmelzgefäßes (**2**) strömen, während des Aufsteigens im Einschmelzgefäß die Einsatzmaterialien (**8**) vorwärmen und stufenweise nachverbrannt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die für die Bearbeitung der Schmelze (**16**) im Behandlungsgefäß (**3**) notwendige Energie wenigstens zu einem Teil durch fossile Brennstoffe eingebracht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Nachverbrennungsgase (**22**) und/oder die für das Einschmelzen notwendigen Gase vorgewärmt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil der nachzuverbrennenden Prozessgase (**113**) abgezogen wird und deren Nachverbrennung außerhalb der Einsatzmaterialsäule stattfindet und die nachverbrannten Prozessgase (**113'**) anschließend wieder in die Einsatzmaterialsäule auf eine höher liegenden Ebene als die Abzugsebene zurückgeführt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessgase (**113**) zur Nachverbrennung in entlang der Gefäßwand (**107**) des Einschmelzgefäßes oder außerhalb des Einschmelzgefäßes und/oder in der Innenschachtwand oder innerhalb des Innenschachtes angeordneten Nachverbrennungsräume (**146**) geführt wird und in diese Nachverbrennungsräume (**146**) die Nachverbrennungsgase (**122**) eingeführt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Nachverbrennungsgase (**122**) in die Nachverbrennungsräume (**146**) gezielt mit einer Injektor-Wirkung eingeführt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennung der fossilen Brennstoffe (**23**) zur Aufschmelzung der Einsatzmaterialien unterstöchiometrisch erfolgt.

13. Vorrichtung (**1**) zur kontinuierlichen Herstellung von Stahl unter Einsatz von metallischen Einsatzmaterialien (**8**), umfassend ein Einschmelzgefäß (**2**) mit mindestens einer die metallischen Einsatzmaterialien in einem unteren Teil (**9**) des Einschmelzgefäß (**2**) beaufschlagbaren Brennereinrichtung (**14**) für fossile Brennstoffe (**23**) sowie ein mit dem unteren Teil (**6**) des Einschmelzgefäßes (**2**) über eine Abstichöffnung (**10**) verbundenes Behandlungsgefäß (**3**), in das das Schmelzgut (**16**) kontinuierlich abgeführt wird und in dem dem die gewünschte Stahlqualität eingestellt wird, wobei die Einsatzmaterialien (**8**) in einem oberen Teil des Einschmelzgefäßes (**2**) mittels der Prozessgase (**13**) vorgewärmt werden und in das Einschmelzgefäß (**2**) von außen Gase (**22**) zur Nachverbrennung der Prozessgase (**13**) eingeführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Einschmelzgefäß (**2**) mittig einen hohlen Innenschacht (**5**) aufweist, der längs der Längsachse des Einschmelzgefäßes (**2**) in dieses von oben hineinragt und dass der Innenschacht (**5**) in seine Wandung (**20**) eingebrachte Eintrittsöffnungen (**21**) zur Einführung von Nachverbrennungsgasen (**22**) aufweist, die entlang des Innenschaftmantels übereinander angeordnet sind zur stufenweisen Nachverbrennung der Prozessgase (**13**) in übereinander angeordneten Nachverbrennungsebenen (E1–E4).

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichent, dass sie Mittel (**35**) zur Bestimmung der Prozessgaseigenschaften über die Höhe des Einschmelzgefäßes (**2**) und Mittel (**39**) zur Einstellung der Art, Menge und Zusammensetzung der Nachverbrennungsgase (**22**) für eine stufenweise Nachverbrennung der Prozessgase (**13**) mit einem

bestimmten Nachverbrennungsgrad umfasst.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass entlang des Umfangs des Innenschachtes (**5**) jeweils auf bestimmten Höhen eine Mehrzahl von Eintrittsöffnungen (**21**) mit separaten Zuführleitungen (**18**) für Nachverbrennungsgase (**22**) angeordnet ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die auf einer jeweiligen Ebene (E3, E4) angeordneten Eintrittsöffnungen (**42**) des Einschmelzgefäßes (**2**) im Verhältnis zu zwei untereinander angeordneten Ebenen (E1, E2) von Eintrittsöffnungen (**21**) des Innenschachtes (**5**) versetzt angeordnet sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**40**) zum Verstellen des Innenschachts längs der Längsachse des Einschmelzgefäßes (**2**) und/oder Mittel (**41**) zur Drehung des Innenschachtes (**5**) um seine Längsachse vorgesehen sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenschacht (**5**) an seinem in die Einsatzmaterialsäule (**8**) ragenden Ende (**15**) mindestens eine Brennereinrichtung (**14**) aufweist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**43**) zum Verstellen der jeweiligen Brennereinrichtung (**14**) innerhalb des Innenschachtes (**5**) vorgesehen sind und Mittel (**39**) zur Einstellung der Art, Menge und Zusammensetzung der fossilen Brennstoffe (**23**) und Oxydanten.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenschacht (**5**) Zuführleitungen (**19**) zur Heranführung der fossilen Brennstoffe (**23**) und Oxydanten an die jeweiligen Brennereinrichtungen (**14**) aufweist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass ein oberes Gefäßteil (**12**) des Behandlungsgefäßes (**3**) eine Gasaustrittsleitung aufweist, die gasdicht mit dem unteren Teil (**6**) des Einschmelzgefäßes in Verbindung steht, wobei die bei der Einstellung der Stahlqualität im Behandlungsgefäß (**3**) entstehenden Prozessgase (**13**) in den unteren Teil des Einschmelzgefäßes (**2**) strömen und während des Aufsteigens im Einschmelzgefäß die Einsatzmaterialien (**8**) vorwärmen.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Eintrittsöffnungen (**42**) in der Gefäßwand (**7**) des Einschmelzgefäßes (**2**) zu den im Innenschacht (**5**) angeordneten Eintrittsöffnungen (**21**) in einem Winkelversatz bis zu 0,5φ angeordnet sind, wobei φ der Winkel zwischen zwei nebeneinander angeordneten Eintrittsöffnungen (**42**) in der Gefäßwand (**7**) in einer Nachverbrennungsebene mit dem Zentrum des Innenschachtes als Scheitel ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass zur Nachverbrennung die Prozessgase (**113**) außerhalb der Einsatzmaterialsäule angeordnete Nachverbrennungsräume (**146**) entlang der Gefäßwand (**107**) des Einschmelzgefäßes oder außerhalb des Einschmelzgefäßes und/oder in der Innenschachtwand oder innerhalb des Innenschachtes angeordnet sind, wobei die Eintrittsöffnungen (**142**) für die Nach verbrennungsgase (**122**) bzw. die Oxydanten in die Verbrennungsräume (**146**) münden.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Wärmeaustauschaggregat (**24**) aufweist, durch das die die Nachverbrennung unterstützenden Gase (**22**) sowie die Gase (**23**) für die Brenneinrichtungen (**14**) im Gegenstrom zu den heißen Abgasen (**13**) fließen.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Behandlungsgefäß (**3**) so ausgebildet ist, dass es im Ganzen oder als Teil verfahrbar und austauschbar ist und als Puffer für die metallurgische Prozesslinie zwischen Einschmelzgefäß (**2**) und weiterverarbeitenden Prozessteilen, insbesondere einer Stranggießanlage, dient.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

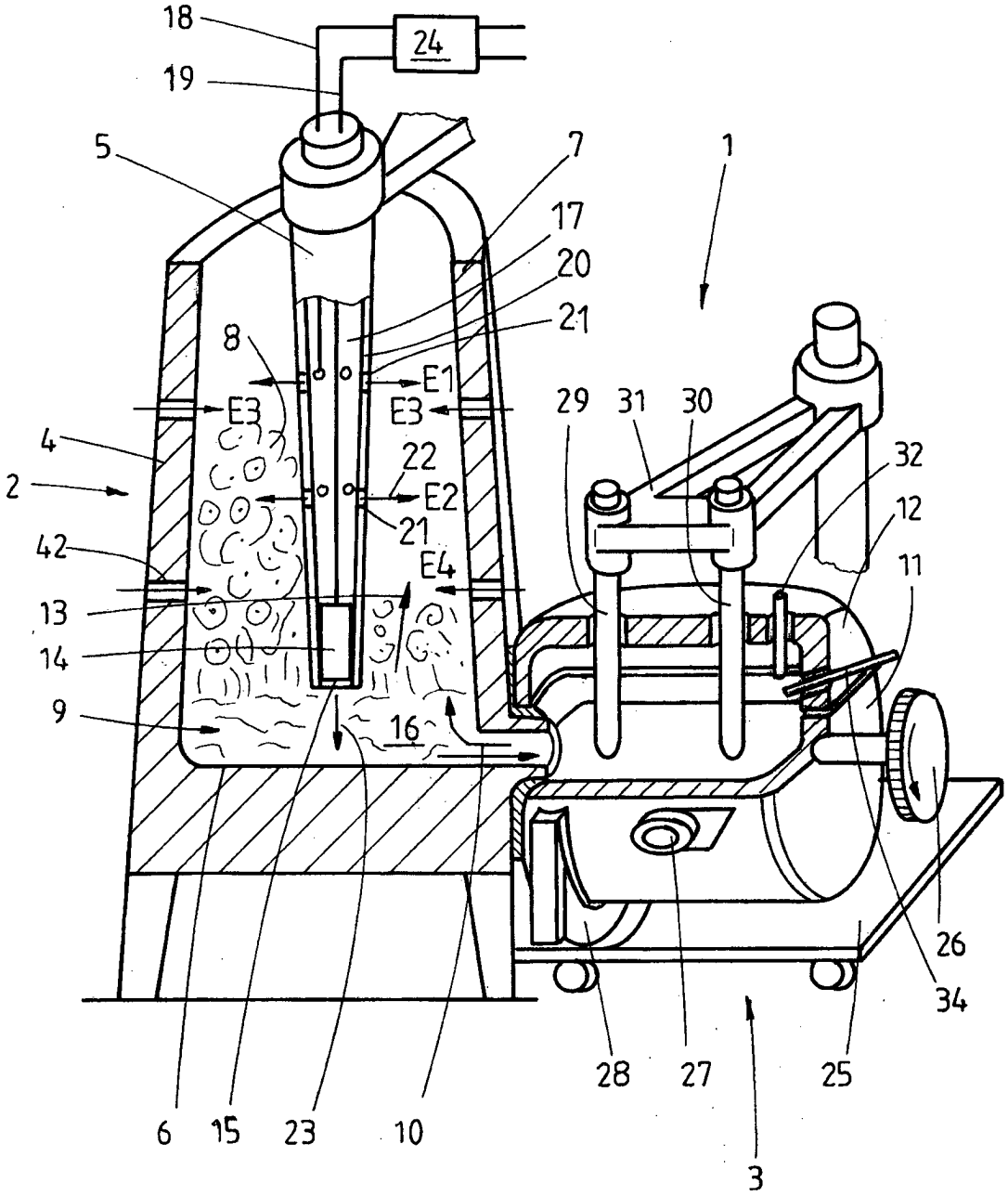


FIG. 1

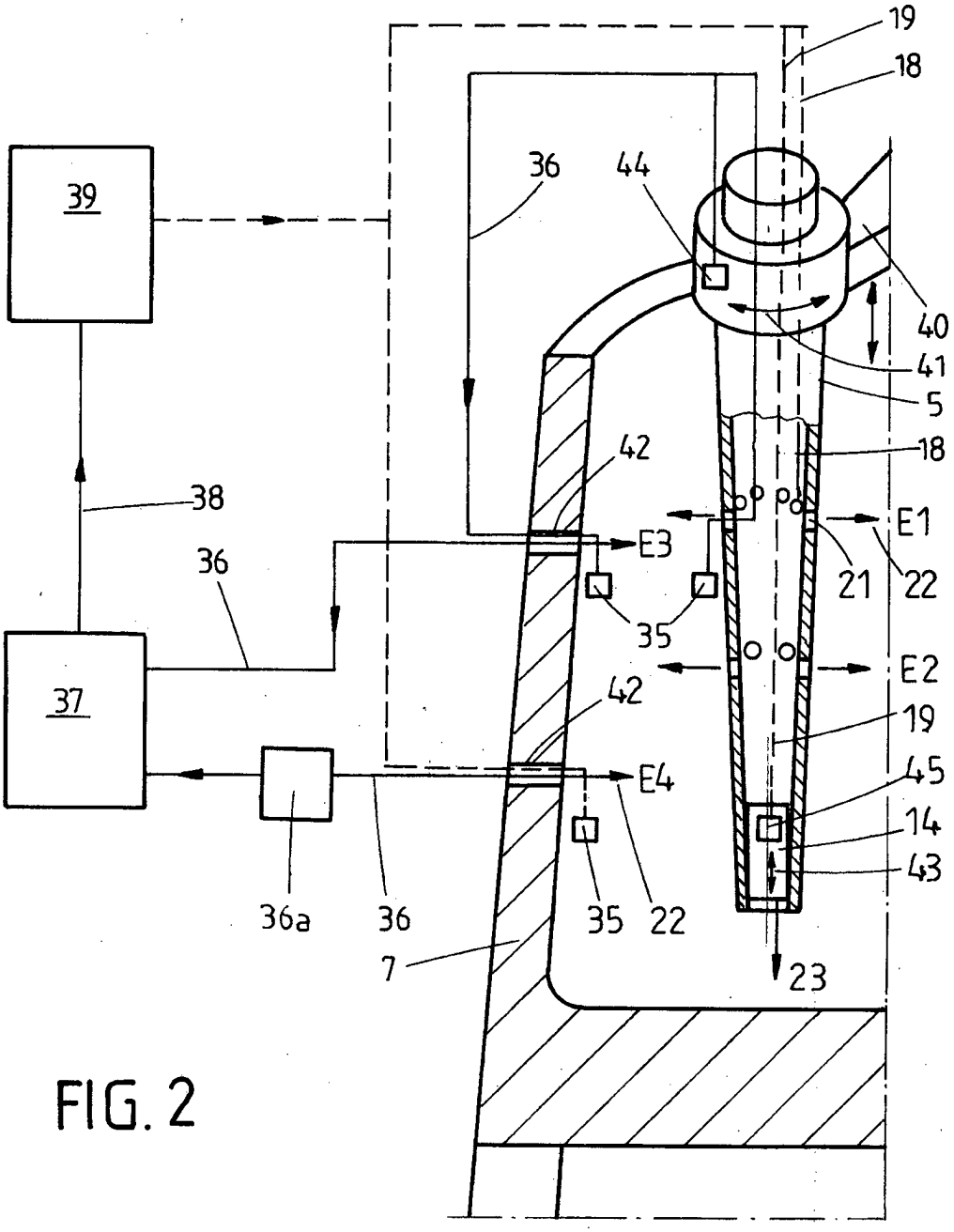

19
18
39
36
44
40
41
5
42
18
38
E3
E1
36
21
22
35
E2
37
42
19
E4
45
14
43
36a
36
35
22
7
23

FIG. 2

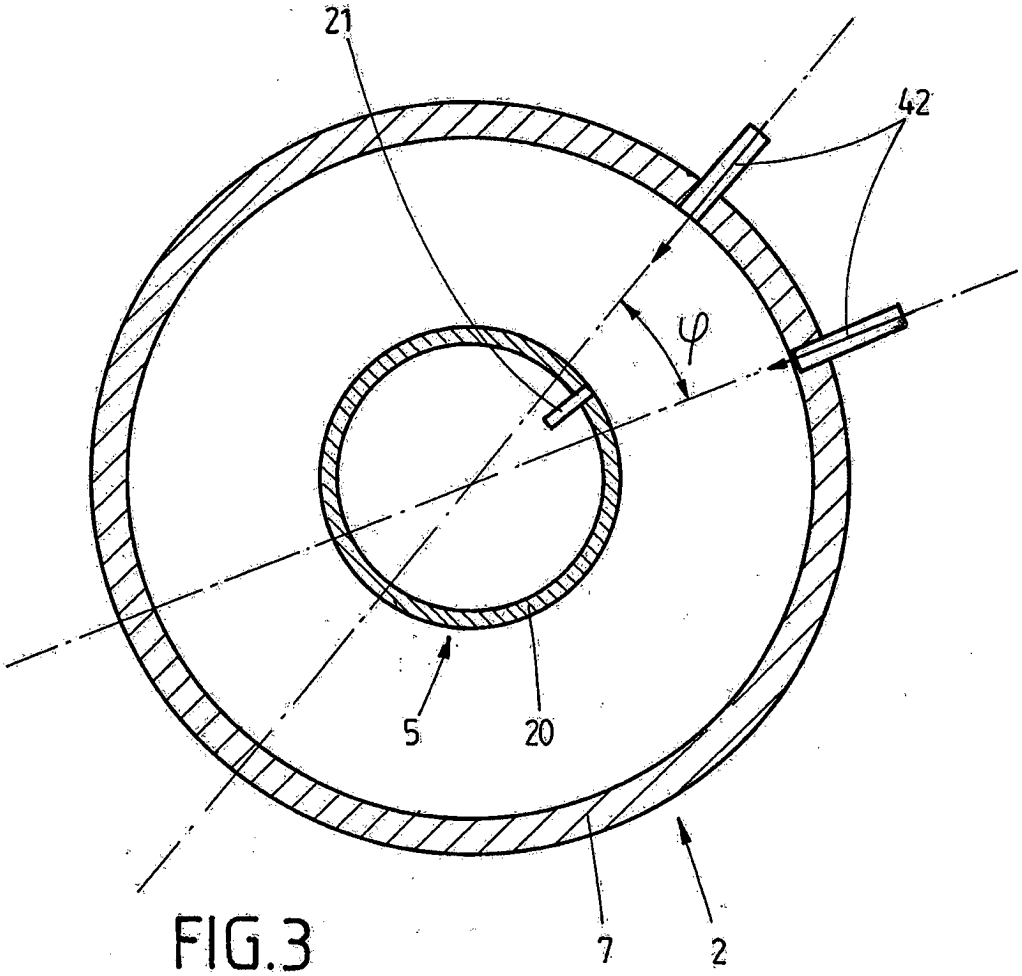


FIG.3

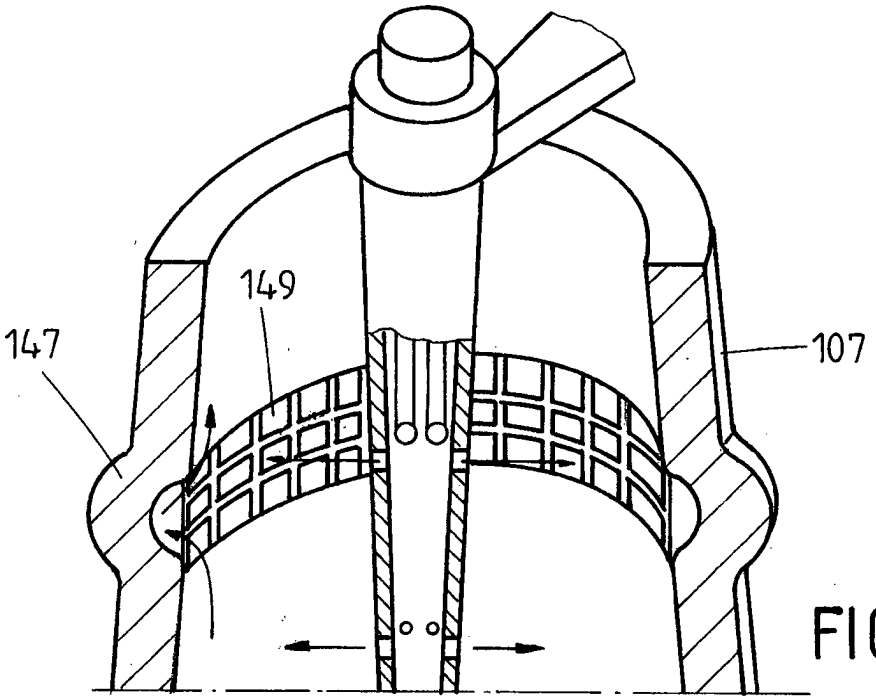


FIG.4

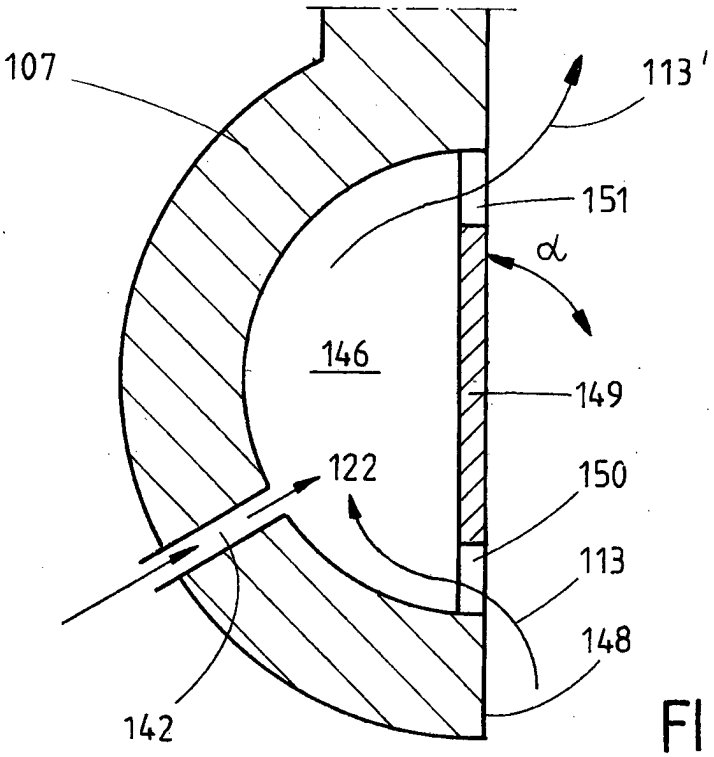


FIG.5