

(19)



(11)

EP 4 571 228 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.06.2025 Patentblatt 2025/25

(21) Anmeldenummer: **23217023.3**

(22) Anmeldetag: **15.12.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F27B 7/06 (2006.01) F27B 7/20 (2006.01)
F27B 7/24 (2006.01) F27B 7/36 (2006.01)
F27D 7/06 (2006.01) F27D 99/00 (2010.01)
F27D 17/00 (2025.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F27B 7/06; F27B 7/20; F27B 7/24; F27B 7/36;
F27D 7/06; F27D 99/0073; F27D 17/20

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder:
• **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)
• **TS Group GmbH**
52070 Aachen (DE)

(72) Erfinder:
• **WEINBERG, Dr. Matthias**
47809 Krefeld (DE)
• **SCHUBERT, Dr. Daniel**
47057 Duisburg (DE)
• **KOHNEN, Dr. Boris**
45968 Gladbeck (DE)
• **BIEDERMANN, Caroline**
47057 Duisburg (DE)
• **KOEHNE, Dr. Stephan**
52062 Aachen (DE)

(74) Vertreter: **Zenz Patentanwälte Partnerschaft mbB**
Gutenbergstraße 39
45128 Essen (DE)

(54) VERFAHREN ZUR GEWINNUNG EINES SCHWAMMPRODUKTS MIT HOHEM METALLISIERUNGSGRAD

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung eines Schwammprodukts mit hohem Metallisierungsgrad, mit den Schritten:

- Bereitstellen von Hüttenreststoffen,
- Eingeben der Hüttenreststoffe in einen Drehrohrofen,
- Befördern der Hüttenreststoffe durch den Drehrohrofen in einem Reduktionsgas, insbesondere H₂ aufweisend,
- Entnehmen,

Das Verfahren erfolgt in einer Anlagenanordnung 100. Es ist ein Drehrohrofen 1 vorhanden mit einem Einlaufabschnitt 2 und einem Auslaufabschnitt 3. Hüttenreststoffe werden entlang einer Beförderungsrichtung PR durch den Drehrohrofen hindurch befördert. Extern am Drehrohr angeordnete Heizelemente H₁, H₂, H₃ dienen einer Erwärmung des Inneren.

Zwischen einer ersten Kopplungsstelle 101 am Einlaufabschnitt 2 und einer zweiten Kopplungsstelle 102 am Auslaufabschnitt 3 ist ein Gasableitungssystem 103 zur Ableitung Reaktionsgas sowie von Reaktionsprodukten vorhanden. Das Gasableitungssystem führt in ein Gasaufbereitungssystem 104.

Dem Gasaufbereitungssystem 104 nachgeordnet ist ein Gasrückführungssystem 105 angekoppelt zur Rückführung von aufbereitetem Reaktionsgas.

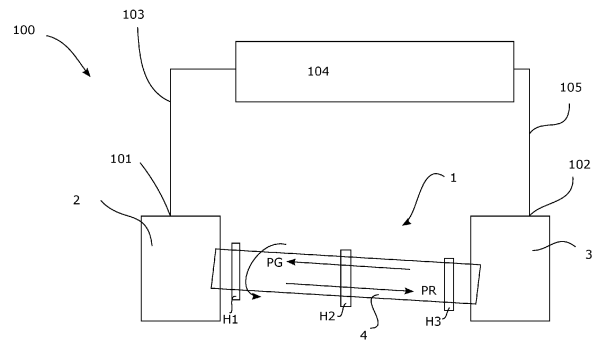


Fig. 1

EP 4 571 228 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung eines Schwammprodukts mit hohem Metallisierungsgrad.

[0002] Im Zuge der Bestrebungen, den CO₂-Ausstoß bei der Herstellung von Stahl zu reduzieren, liegt ein hohes Augenmerk auf der zunehmenden Nutzung der an sich seit langem bekannten Elektrostahlroute als Ersatz für die Hochofen-Konverter-Route.

[0003] Ein Ansatz hierfür ist die Nutzung in Abwandlung einer Elektrostahl-Konverter-Route. Zunächst wird ein mittels Direktreduktion gewonnener direkt reduzierter Eisenträger, auch als Eisenschwamm bezeichnet, in einem Schmelzofen aufgeschmolzen. Der Schmelzofen kann beispielsweise ein Lichtbogenschmelzofen (*electric arc furnace*, kurz: EAF), sein, wie es beispielsweise in der WO 2004/108971 A1 beschrieben ist. Die Direktreduktion ist deswegen besonders perspektivreich für CO₂-arme oder CO₂-freie Stahlherstellung, weil die Direktreduktion mit H₂ als Reduktionsgas durchführbar ist und H₂ mittels Elektrolyse mit regenerativer Energie erzeugt werden kann. Der erschmolzene Eisenschwamm kann sodann als Schmelze in einem Konverter von sauerstoffaffinen Bestandteilen befreit werden, indem Sauerstoff in die Schmelze eingeblasen wird. Resultat ist dann, je nach C-Gehalt, ein Roheisen oder ein Rohstahl, der in weiteren Schritten zu Stahl weiterverarbeitet werden kann. Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass es möglich ist, vorhandene Konverter weiterzunutzen, wodurch weiterhin auf Teile vorhandenen Know-Hows zurückgegriffen werden kann sowie, nicht zuletzt, der Investitionsbedarf im Rahmen gehalten werden kann.

[0004] Die Nutzung von vorhandenen Convertern zum Befreien des geschmolzenen Eisenschwamms von unerwünschten Elementen führt dazu, dass auch nach der vollständigen Umstellung von der Hochofen-Konverter-Route auf die Elektrostahl-Konverter-Route ein Anfallen der aus der Konverternutzung bekannten Reststoffe erwartet werden kann.

[0005] Darüber hinaus ist es unvermeidbar, dass eine Umstellung von der Hochofen-Konverter-Route auf die Elektrostahl-Konverter-Route nicht für alle Hochöfen gleichzeitig erfolgen wird, sondern stattdessen eine schrittweise Umstellung vorgenommen werden wird. Dies führt dazu, dass auch nach Beginn der Umstellung für einen längeren Zeitraum die aus der Hochofen-Konverter-Route anfallenden Hüttenreststoffe weiter anfallen werden, wenn auch in sinkender Menge.

[0006] Vor diesem Hintergrund besteht ein Anreiz, die Ausnutzung der eingesetzten Stoffe zu verbessern.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren zur Gewinnung eines Schwammprodukts mit hohem Metallisierungsgrad.

[0008] Es ist ein Verfahren zur Gewinnung eines Schwammprodukts mit hohem Metallisierungsgrad vorgesehen. Um ein entsprechendes Schwammprodukt zu

erhalten, werden die folgenden Schritte durchgeführt:

- a) Bereitstellen von Hüttenreststoffen aus der Stahlindustrie, als ein Gemenge aus wenigstens zwei Edukten, von denen wenigstens eines Eisen enthält, ausgewählt insbesondere aus Konverterstaub, Koksstaub, Hochofenstaub, Gichtschlamm, Walzunder, Lichtbogenofen-Staub;
- b) Eingeben der Hüttenreststoffe in einen Drehrohr-Ofen;
- c) Befördern der Hüttenreststoffe entlang einer Beförderungsrichtung durch den Drehrohr-Ofen hindurch bei einem Drehen oder mittels Drehens des Drehrohr-Ofens, das heißt: mittels Drehens des Drehrohrs des Drehrohr-Ofens, wobei die Hüttenreststoffe bei dem Befördern der Hüttenreststoffe einem Reduktionsgas ausgesetzt werden, das im Gegenstromprinzip entgegen der Beförderungsrichtung strömend durch den Drehrohr-Ofen geleitet wird, zur Herbeiführung einer Reduktion der Hüttenreststoffe;
- d) Entnehmen der den Drehrohr-Ofen durchlaufenen Hüttenreststoffe. Diese liegen als Folge der beschriebenen Vorgehensweise als Schwammprodukt mit hohem Metallisierungsgrad vor.

[0009] Der Erfindung liegt die bisher nicht bekannte Erkenntnis zugrunde, dass die Behandlung von typischen Hüttenreststoffen in einer reduzierenden Atmosphäre die Bildung eines Schwammprodukts zur Folge hat, das einen hohen Metallisierungsgrad aufweist, und es dabei insbesondere einen hohen Anteil von metallisiert vorliegendem Eisen, also freiem Eisen, aufweist.

[0010] Die typischen Hüttenreststoffe, insbesondere Konverterstaub und Gichtschlamm, liegen insbesondere in Form von Stäuben oder Schlämmen oder feinem Korn, beispielsweise mit einem Durchmesser von weniger als 5 mm, vor. Derartige Hüttenreststoffe können in einem Drehrohr-Ofen bei Beaufschlagung mit einem Reduktionsgas im Gegenstromprinzip in sehr effizienter Weise reduziert werden, sodass nach dem Durchlaufen des Drehrohr-Ofens vollständig oder nahezu vollständig reduzierte Materialien vorliegen.

[0011] Optional können die in Schritt a) bereitgestellten Hüttenreststoffe teilweise oder vollständig agglomeriert oder brikettiert sein.

[0012] Das bisher erforderliche aufwändige Entsorgen, Aufarbeiten oder Deponieren der Hüttenreststoffe entfällt dadurch zu einem großen Teil, da das entstehende Schwammprodukt wieder, genauso wie mittels im Direktreduktionsreaktor per Direktreduktion von Eisenerzen hergestellter Eisenschwamm, in der oben beschriebenen Weise in die Elektrostahl-Route oder die Elektrostahl-Konverter-Route eingeführt werden kann.

[0013] Ein erfindungsgemäß zu nutzender Konverterstaub ist bevorzugt ein BOF-Konverterstaub oder ein LD-Konverterstaub. Bevorzugt handelt es sich um einen Konverterstaub, der 60-75 Gew.-% Fe, 2-10 Gew.-%

Zn und 0,1-2,0 Gew.-% C aufweist.

[0014] Eine mögliche Zusammensetzung eines erfindungsgemäß zu nutzenden Konverterstaubs ist (alle Angaben in Gew.-%):

Fe: 60-75, enthalten in Fe₂O₃ und FeO und als metallisches Fe, beispielsweise mit 10 bis 20 Gew.-% an dem Konverterstaub metallischem Eisen und dem Rest in Fe₂O₃ und FeO,
ZnO: 2,5-12,5;
C: 0,1-2,0;

[0015] Rest, neben Verunreinigungen, eines oder mehrere der Oxide MnO, SiO₂, TiO₂, P₂O₅, Al₂O₃, CaO, MgO, PbO, K₂O, V₂O₅, Cr₂O₃, BaO, NiO, ZrO₂, SrO. Verunreinigungen können Metalle, Übergangsmetalle, Halbmetalle, Oxide, Salze und weitere Stoffe sein, bevorzugt mit einem Gesamtanteil von weniger als 10 Gew.-%, besonders bevorzugt weniger als 2 Gew.-%.

[0016] Als Gichtschlamm kann beispielsweise ein Gichtschlamm verwendet werden, der 5-20 Gew.-% Fe, 2-12 Gew.-% Zn, weniger als 2 Gew.-% Pb und 25-50 Gew.-% C aufweist.

[0017] Ein erfindungsgemäß zu nutzender Gichtschlamm kann beispielsweise bestehen aus (alle Angaben in Gew.-%):

Fe: 5-20, enthalten in Fe₂O₃ und FeO und als metallisches Fe, beispielsweise mit 0,1 bis 3,0 Gew.-% an dem Gichtschlamm metallischem Eisen und dem Rest in Fe₂O₃ und FeO;
ZnO: 2-15 Gew.-%;
PbO: < 2 Gew.-%;
C ungebunden: 30-50 Gew.-%, bevorzugt 35-45 Gew.-%;
CO₂: bis zu 10 Gew.-%;

[0018] Rest, neben Verunreinigungen, eines oder mehrere der Oxide MnO, SiO₂, TiO₂, P₂O₅, Al₂O₃, CaO, MgO, PbO, K₂O, V₂O₅, Cr₂O₃, BaO, NiO, ZrO₂, SrO. Verunreinigungen können Metalle, Übergangsmetalle, Halbmetalle, Oxide, Salze und weitere Stoffe sein, bevorzugt mit einem Gesamtanteil von weniger als 10 Gew.-%, besonders bevorzugt weniger als 2 Gew.-%.

[0019] Damit die innerhalb des Drehrohrofens stattfindenden Reduktionsvorgänge in möglichst effizienter Weise erfolgen, ist in einer bevorzugten Weiterbildung vorgesehen, dass während des Schritts c) die in Schritt c) beförderten Hüttenreststoffe auf eine Temperatur zwischen 800 Grad Celsius und 1050 Grad Celsius erwärmt werden. Innerhalb dieser Bandbreite liegende Temperaturen haben den Vorteil, dass sie einerseits ausreichend hoch sind, um eine signifikante Beschleunigung der Reduktionsprozesse zu erhöhen und sicherzustellen, dass entstehende Reaktionsprodukte wie Zinkoxide und Bleichloride in Gasphase vorliegen, sowie sie anderer-

seits noch ausreichend gering sind, um einen unerwünschten Übergang des mit hohem Fe-Anteil vorliegenden Feststoffs in die Flüssigphase zu vermeiden.

[0020] Besonders bevorzugt ist, dass die Erwärmung als indirekte Erwärmung durchgeführt wird. Das bedeutet, dass im Gegensatz zur direkten Erwärmung, bei welcher Verbrennungsvorgänge innerhalb des Drehrohrofens herbeigeführt werden, die Erwärmung mit außerhalb des Drehrohrofens erzeugter und in den Drehrohr-
ofen eingebrachter Wärme herbeigeführt. Bevorzugt werden zur Wärmeerzeugung an der Außenhaut des Drehrohrofens angebrachte Wärmeelemente genutzt, die bevorzugt auf Basis von Stromwiderstandserwärmung arbeiten, und deren abgegebene Wärme durch die metallische Hülle des Drehrohrofens, die beispielsweise aus Edelstahl besteht, in das Innere des Drehrohrofens geleitet wird. Die indirekte Erwärmung des Inneren des Drehrohrofens hat den Vorteil, dass eine Reoxidation der reduzierten Bestandteile vermieden wird. Auch entfällt eine ansonsten erforderliche Notwendigkeit der Eingabe von brennbaren Stoffen, wie beispielsweise Kohle oder Koks, in den Ofen hinein.

[0021] Optional kann vorgesehen sein, dass zwischen Schritt c) und Schritt d) eine Entnahmevorbereitung durchgeführt wird.

[0022] Die Entnahmevorbereitung kann beispielsweise ein Befördern der den Drehrohrföfen durchlaufenen Hüttenreststoffe in einer an dem Drehrohrföfen angeordneten Kühlstation zum Kühlen der den Drehrohrföfen durchlaufenen Hüttenreststoffe aufweisen. Diese Kühlstation kann beispielsweise an den Auslaufabschnitt des Drehrohrföfens angekoppelt sein.

[0023] Alternativ oder zusätzlich kann die Entnahmevorbereitung beispielweise ein Befördern der den Drehrohrföfen durchlaufenen Hüttenreststoffe durch eine Brikettierstation zum Brikettieren der den Drehrohrföfen durchlaufenen Hüttenreststoffe aufweisen. Die Brikettierstation kann beispielsweise an den Auslaufabschnitt des Drehrohrföfens angekoppelt sein.

[0024] Wenn sowohl ein Kühlen in einer Kühlstation als auch ein Brikettieren in einer Brikettierstation vorgesehen ist, kann beispielsweise die Kühlstation an den Auslaufabschnitt des Drehrohrföfens und die Brikettierstation an die Kühlstation angekoppelt sein, wobei in der Brikettierstation ein Kaltbrikettieren durchgeführt wird.

[0025] Wenn sowohl ein Kühlen in einer Kühlstation als auch ein Brikettieren in einer Brikettierstation vorgesehen ist, kann beispielsweise die Brikettierstation an den Auslaufabschnitt des Drehrohrföfens und die Kühlstation an die Brikettierstation angekoppelt sein, wobei in der Brikettierstation ein Heißbrikettieren durchgeführt wird.

[0026] Das Vorsehen eines Schritts oder mehrerer Schritte der Entnahmevorbereitung hat den Vorteil, dass das entnommene Schwammprodukt in unmittelbar weiterverwendbarer Form vorbereitet werden kann.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, dass mit einem Transportgas und/oder mit dem Reaktionsgas während der Reduktion

der Hüttenreststoffe entstehende Gase aus dem Drehrohrofen heraus befördert werden. Dazu ist bevorzugt in einem Einlaufabschnitt des Drehrohrofens, der aufgrund des Durchlaufens des Reduktionsgases im Gegenstromprinzip am Ende der Durchströmungsstrecke des Reduktionsgases liegt, ein Gasableitungssystem angekoppelt, durch welches die während der Reduktion der Hüttenreststoffe entstehenden Gase aus dem Drehrohrofen entfernt werden. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass innerhalb des Drehrohrofens eine weitgehend gleichbleibend gut reduzierende Atmosphäre bestehen bleibt. Die Beförderung der entstehenden Gase, bei denen es sich insbesondere um Zinkoxide und/oder Bleiverbindungen, insbesondere Bleichloride, handeln kann, erfolgt insbesondere mit dem Reaktionsgas. Um die Beförderung der entstehenden Gase mit dem Reaktionsgas zusätzlich zu unterstützen, kann ergänzend ein Transportgas in dieselbe Strömungsrichtung, also aufgrund des Gegenstromprinzips entgegen der Bewegungsrichtung der Hüttenreststoffe, geführt werden. Bei dem Transportgas handelt es sich bevorzugt um ein Schutzgas, wobei aufgrund der gegenüber anderen Schutzgasen geringeren Kosten bevorzugt N₂ verwendet wird. Alternativ oder zusätzlich ist aber auch die Nutzung von einem oder mehreren Edelgasen möglich, wie beispielsweise Argon.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass ein Gasableitungssystem zur Ableitung von den Drehrohrofen durchlaufenem Reaktionsgas sowie von gasförmig vorliegenden Reaktionsprodukten vorhanden ist, durch das gasförmig vorliegende Reaktionsprodukte aus dem Drehrohrofen abgeleitet werden.

[0029] Besonders bevorzugt ist ein Gasaufbereitungssystem an den Drehrohrofen angekoppelt zur Aufbereitung des in dem Gasableitungssystem abgeleiteten Reaktionsgas, das zuvor den Drehrohrofen durchlaufen hat, gemeinsam mit den mitgeführten gasförmig vorliegenden Reaktionsprodukten. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Gasaufbereitungssystem an das Gasleitungssystem angekoppelt ist derart, dass das Gas mit dem Gasableitungssystem in das Gasaufbereitungssystem geführt wird.

[0030] In dem Gasaufbereitungssystem wird bevorzugt gasförmig vorliegendes Zn oder werden Zn-O-Verbindungen abgeschieden; zu diesem Zweck kann das Gasaufbereitungssystem beispielsweise über eine Zn-Falle verfügen, die beispielsweise als gekühlte Metallplatten ausgebildet ist, beispielsweise aus Kupfer, die Kondensationsflächen zur Zn-Kondensation bereitstellen.

[0031] Alternativ oder zusätzlich werden in dem Gasaufbereitungssystem gasförmig vorliegende Pb-O-Verbindungen abgeschieden; zu diesem Zweck kann das Gasaufbereitungssystem beispielsweise über eine Metaldampffalle verfügen, die beispielsweise als gekühlte Metallplatten ausgebildet ist, beispielsweise aus Kupfer, die Kondensationsflächen zur Metallkondensation, insbesondere zur Pb-Kondensation, bereitstellen.

[0032] Besonders bevorzugt ist, wenn das Gasaufbereitungssystem eines oder mehrere der nachfolgend genannten Aufbereitungsaggregate aufweist:

- 5 - Zinkfalle,
- Staubabscheider,
- Wasserabscheider,
- CO₂-Abscheider,
- Reduktionsgaskonditionierer,
- 10 - Ersatzreaktionsgaszufuhr.

[0033] Nach der erfolgreichen Aufbereitung des Gases in dem Gasaufbereitungssystem kann das Gas mit einem dem Gasaufbereitungssystem stromabwärts nachgeordneten Gasrückführungssystem in den Drehrohrofen zurückgeführt werden. Um dem eingangs erwähnten Gegenstromprinzip zu genügen, erfolgt die Gasrückführung bevorzugt mittels einer Ankopplung an einem Auslaufabschnitt des Drehrohrofens.

[0034] Besonders bevorzugt besteht das Gemenge von Edukten, also die in den Drehrohrofen eingegebenen Hüttenreststoffe, zu mindestens 90 Gew.-%, bevorzugt mindestens zu mindestens 98 Gew.-%, besonders bevorzugt vollständig, aus Konverterstaub und Gichtschlamm. Es konnte in Versuchen erwiesen werden, dass mit einem Gemenge von Konverterstaub und Gichtschlamm eine sehr effiziente Herstellung von einem Schwammprodukt mit sehr hohem Metallisierungsgrad, insbesondere sehr hohem Anteil metallischen Eisens, hergestellt werden konnte. Mit einem gemäß dieser Weiterbildung durchgeführten Verfahren konnte Eisen-schwamm hergestellt werden, der je nach sonstigen Verfahrensparametern einen Metallisierungsgrad von mehr als 80 %, und teilweise von annähernd 100 % aufwies.

[0035] Ein erfindungsgemäß in Schritt d) zu entnehmendes Schwammprodukt mit hohem Metallisierungsgrad weist bevorzugt einen Metallisierungsgrad von mehr als 80 Prozent auf, bevorzugt von mehr als 95 %, besonders bevorzugt von mehr als 98 %.

[0036] Ein erfindungsgemäß in Schritt d) zu entnehmendes Schwammprodukt mit hohem Metallisierungsgrad weist bevorzugt einen Metallisierungsgrad des im Schwammprodukt enthaltenen Eisens von mehr als 80 Prozent auf, bevorzugt von mehr als 95 %, besonders bevorzugt von mehr als 98 %. Beispielsweise ist der Fe-Anteil des Schwammprodukts wenigstens 75 Gew.-%, bevorzugt wenigstens 80 Gew.-%, besonders bevorzugt wenigstens 85 Gew.-%.

[0037] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens trägt in den Hüttenreststoffen, also dem Gemenge von Edukten welches in den Drehrohrofen eingegeben wird, das Verhältnis von Konverterstaub zu Gichtschlamm zwischen 60 Gew.-%:40 Gew.-% und 90 Gew.-%:10 Gew.-%, bevorzugt zwischen 65 Gew.-%:35 Gew.-% und 80 Gew.-%:20 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen 65 Gew.-%:35 Gew.-% und 75 Gew.-%:25 Gew.-%. Bei den genannten Verhältnissen an Gewichtsanteilen hat sich gezeigt, dass bereits bei vergleichsweise

geringen H₂-Flüssen als Reaktionsgasfluss im Drehrohrofen ein Metallisierungsgrad von nahezu 100 % erreicht werden konnte. Die Entwickler konnten hierfür noch keine geschlossene Theorie entwickeln, sie führen den Effekt vermutlich darauf zurück, dass ein gewisser Mindestanteil an Gichtschlamm aufgrund des in den Gichtschlamm enthaltenen Kohlenstoffs bei den in dem Drehrohrofen herrschenden thermodynamischen Bedingungen zu einer besonders effizienten Reduktion der in dem Gemenge aus Edukten vorhandenen Stoffe beiträgt.

[0038] Besonders bevorzugt ist, dass das Reaktionsgas H₂ aufweist, bevorzugt zu wenigstens 90 Vol. % aus H₂ besteht, besonders bevorzugt zu wenigstens 98 Vol.-% aus H₂ besteht. Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung ist der als Reaktionsgas genutzte Wasserstoff ausschließlich aus Wasserelektrolyse gewonnener H₂, insbesondere ausschließlich aus Wasserelektrolyse mit regenerativem Strom, beispielsweise ausschließlich mit per Windkraftanlage gewonnenem Strom und/oder Photovoltaik gewonnenem Strom.

[0039] Aufgrund der Abhängigkeit von den konkret vorliegenden Umständen, beispielsweise die spezifischen Anlagenparameter betreffend, ist der das Verfahren ausführende Fachmann darauf angewiesen, den Reaktionsgasfluss, insbesondere H₂-Gasfluss, und/oder die Verbleibedauer der Hüttenreststoffe im Drehrohrofen empirisch derart einzustellen, dass das erhaltene Produkt den gewünschten Metallisierungsgrad, insbesondere den gewünschten Fe-Metallisierungsgrad, aufweist. Diese empirische Findung eines ausreichend hohen Gasflusses beziehungsweise einer ausreichend langen Verbleibedauer stellt den Fachmann vor keine besonderen Schwierigkeiten, da weniger technische als vielmehr wirtschaftliche Erwägungen vorzunehmen sind.

[0040] Ein mit einer oder mehreren der oben beschriebenen Bedingungen erhaltenes Schwammprodukt mit hohem Metallisierungsgrad kann beispielsweise bestehen aus:

einem oder mehreren der Oxide MnO, SiO₂, TiO₂, P₂O₅, Al₂O₃, CaO, MgO, PbO, K₂O, V₂O₅, Cr₂O₃, BaO, NiO, ZrO₂, SrO: 10-30 Gew.-%,
C: weniger als 1 Gew.-%,
Zn: weniger als 1 Gew.-%,
Mn, Cu und Pb: insgesamt weniger als 2 Gew.-%,
Rest, neben Verunreinigungen: Fe.

[0041] Verunreinigungen können Metalle, Übergangsmetalle, Halbmetalle, Oxide, Salze und weitere Stoffe sein, bevorzugt mit einem Gesamtanteil von weniger als 5 Gew.-%.

[0042] Es hat sich in Versuchen gezeigt, dass die erhaltenen Schwammprodukte zu wenigstens 68 Gew.-%, und je nach konkret vorliegenden Bedingungen zu deutlich höherem Anteil, aus metallischem Eisen bestehen.

[0043] Der Drehrohrofen weist bevorzugt einen Ein-

laufabschnitt und einen Auslaufabschnitt sowie ein zwischen Einlaufabschnitt und Auslaufabschnitt angeordnetes Drehrohr auf, das gegenüber dem Einlaufabschnitt und Auslaufabschnitt rotierbar gelagert ist, wobei der Drehrohrofen als gasdichter Drehrohrofen ausgebildet ist.

[0044] Ein Drehrohrofen ist seit langem in vielen Anwendungsgebieten bekannt. In vielen Fällen ist der Einlaufabschnitt als Einlaufgehäuse ausgebildet und/oder ist der Auslaufabschnitt als Auslaufgehäuse ausgebildet. Prinzipiell kann der Einlaufabschnitt aber auch in einfacherer Gestalt vorliegen. Der Einlaufabschnitt dient in der Regel dem Zweck, in dem Drehrohrofen zu behandelndes Material dem Drehrohr zuzuführen und in dieses einzuführen; analog dient der Auslaufabschnitt in der Regel dem Zweck, Material auszugeben. In einigen Ausführungen können Einlaufabschnitt und Auslaufabschnitt auch zur Lagerung des gegenüber dem Einlaufabschnitt und Auslaufabschnitt rotierbar gelagerten Drehrohrs beitragen oder die Lagerung des gegenüber dem Einlaufabschnitt und Auslaufabschnitt rotierbar gelagerten Drehrohrs nutzen. Das Drehrohr ist abschnittsweise oder entlang seiner gesamten Längserstreckung zylindrisch ausgebildet. Bevorzugt ist das Drehrohr kreiszylindrisch oder zumindest in jedem gelagerten Abschnitt des Drehrohrs kreiszylindrisch ausgebildet, besonders bevorzugt auch zwischen diesen und somit entlang seiner gesamten Erstreckung. Anfangsseitig und endseitig ist das Drehrohr beispielsweise auf Einlaufabschnitt und Auslaufabschnitt drehbar gelagert. Bevorzugt ist Einlaufabschnittseitig und Auslaufabschnittseitig jeweils ein Innenlager eines Wälzlagers am Drehrohr angeordnet, dessen jeweilig zugeordnetes Außenlager des Wälzlagers Bestandteil des Einlaufabschnitts beziehungsweise des Auslaufabschnitts ist. Besonders bevorzugt ist das Wälzlager ein Kugellager. Prinzipiell ist auch eine andere Art der Lagerung möglich, beispielsweise mit Gleitlagerung. Das Drehrohr weist außerdem häufig Kopplungsmittel zur Kopplung mit einem Antrieb auf, wobei der Antrieb selbst in der Definition in dieser Beschreibung nicht als Bestandteil des Drehrohrofens angesehen wird und das Vorhandensein von Kopplungsmitteln zur Kopplung des Drehrohrs mit dem Antrieb keine Relevanz für die Überlegungen der vorgestellten Entwicklung hat, so dass deren potentielles Vorhandensein zwar unterstellt wird, nicht aber als Bestandteil der Erfindung oder einer ihrer Weiterbildungen angesehen wird.

[0045] Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Drehrohrofen als gasdichter Drehrohrofen ausgebildet ist. Es wird also ein Drehrohrofen verwendet, der im Gegensatz zu Drehrohrofen einfacherer Art derart ausgestattet ist, dass das Innere des Drehrohrofens gegenüber dem Äußeren gasdicht abgeschlossen ist. Der gegenüber dem äußeren gasdichte Abschluss des Drehrohrofens ist derart zu verstehen, dass der Drehrohrofen an allen Stellen derart abgedichtet ist, dass keine nennenswerten Mengen an Umgebungsluft in den Drehrohrofen hineingelangen. Für das durchzuführende Verfahren ergibt

sich daraus der besondere Vorteil, dass keine nennenswerten Mengen an Umgebungsluft in den Drehrohrofens hineingelangen, wodurch eine effiziente Desoxidation der in dem Drehrohrofen reduzierten Hüttenreststoffe ermöglicht wird.

[0046] Für den in einer Weiterbildung bevorzugt vorgesehenen gasdichten Abschluss des Drehrohrofens in der oben beschriebenen Weise weist der Drehrohrofen geeignete Vorkehrungen auf. Den Einlaufabschnitt und den Auslaufabschnitt betreffend ist dies unproblematisch. Beispielsweise kann der Einlaufabschnitt an eine Eingabeschleuse zum Einführen von Hüttenreststoffen angekoppelt sein. Zusätzlich kann beispielsweise der Auslaufabschnitt an eine Entnahmeschleuse zur Entnahme des Schwammprodukts mit hohem Metallisierungsgrad angekoppelt sein. Die Ankopplung der Eingabeschleuse an den Einlaufabschnitt kann beispielsweise mittels metallischem Dichtring vorliegen; die Ankopplung der Entnahmeschleuse an den Auslaufabschnitt kann beispielsweise ebenfalls mittels metallischem Dichtring vorliegen. Beispielsweise kann als metallischer Dichtring ein Dichtring gemäß DIN 7603:2001-05 genutzt werden.

[0047] Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass zur Dichtung des Inneren des Drehrohrofens gegenüber dem Äußeren in einem Übergangsbereich von dem Einlaufabschnitt zu dem Drehrohr eine erste Dichtanordnung angeordnet ist. Das bedeutet, dass bezweckt wird, dass zumindest in dem Bereich, an welchem der Übergang von einem gegenüber der Erdoberfläche stehenden Bereich, also dem Einlaufabschnitt, zu dem rotierbaren Drehrohr erfolgt, konstruktive Maßnahmen umgesetzt sind, die in ihrer Gesamtheit eine Abdichtung des Drehrohrinneren zu dem Drehrohräußeren herbeiführen. Die zwangsläufig durch die erforderliche Verbindung zwischen stehendem und rotierendem Bereich sich ergebende potenzielle Undichtigkeit von dem Inneren des Drehrohrofens gegenüber dem Äußeren wird dadurch weitgehend oder vollständig beseitigt. In analoger Weise ist in dem Übergangsbereich von dem Drehrohr zu dem Auslaufabschnitt eine zweite Dichtanordnung angeordnet, deren Zweck darin besteht, potenzielle Undichtigkeiten an der Schnittstelle zwischen rotierendem Bereich und stehendem Bereich abzudichten.

[0048] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist wenigstens eine der ersten Dichtanordnung und der zweiten Dichtanordnung eine Gleitringdichtung auf. Das bedeutet, dass die Funktionalität der Dichtanordnung auf dem Prinzip der Gleitringdichtung basiert.

[0049] Bevorzugt ist, dass beide Dichtanordnungen eine Gleitringdichtung aufweisen.

[0050] Gleitringdichtungen sind in einigen Bereichen der Technik bekannt. Eine Gleitringdichtung ist bei allgemeiner Betrachtung eine Dichtung, die eine rotierende Welle gegenüber einer Wand abdichtet. Zur Abdichtung der Wand gegen die rotierende Welle weist eine Gleitringdichtung zwei aufeinander gleitende Bauteile auf, von denen einer als Gleitring und einer als Gegenring

bezeichnet wird. Einer der beiden Ringe ist starr im stationären Teil, angewandt auf den oben beschriebenen Drehrohrofen beispielsweise im Einlaufabschnitt, angeordnet, während der andere mit dem rotierenden Teil drehfest gekoppelt ist, angewandt auf den oben beschriebenen Drehrohrofen beispielsweise mit dem für die Rotation vorgesehenen Drehrohr. Eine Gleitringdichtung weist den Vorteil auf, dass trotz der Bewegung eines rotierenden Teils gegen ein stehendes Teil, beispielsweise im vorliegenden Fall einer Rotationsbewegung eines Drehrohrs relativ zu dem Einlaufabschnitt beziehungsweise dem Auslaufabschnitt, eine sehr gute Dichtung erreicht werden kann.

[0051] Eine gegenüber bisher bekannten Drehrohrofen durch das Nutzen von Gleitringdichtungen verbesserte Abdichtung des Äußeren zu dem Inneren geht zwar mit erhöhtem konstruktivem Aufwand einher, der allerdings lohnenswert sein kann aufgrund der erhaltenen vorteilhaften Eigenschaften, mit denen neue, bisher nicht bekannte, Anwendungszwecke erschlossen werden. Dadurch, dass der Drehrohrofen gemäß einer Weiterbildung in besonders guter Weise gegenüber dem Äußeren abgedichtet ist, wird erreicht, dass im Inneren des Drehrohrs Gase aufweisende Atmosphären geschaffen werden können, bei denen ein Gasverlust weitestgehend vermieden werden kann und bei denen eine Kontamination mit Umgebungsluft weitgehend unterbunden wird. Dadurch wird erreicht, dass die im Drehrohrofen vorhandenen Gase im Prozess verbleiben, möglichst effizient genutzt werden und, da sie im System verbleiben, potenziell kontinuierlich entnommen und - gegebenenfalls nach einem Schritt oder einer Schrittfolge einer Aufbereitung der im System vorhandenen Reaktionsgase sowie gasförmig vorliegender Reaktionsprodukte - - anderen Prozessen oder einem anderen Prozessschritt desselben Prozesses wieder zugeführt werden können.

[0052] Die Gleitringdichtung hat ferner in vorteilhafter Weise den Vorteil, dass das drehende Drehrohr, welches gelegentlich auch als Glührommel bezeichnet wird, zu den stehenden Ein- und Auslaufabschnitten in guter Gas- und Staubsichtigkeit ausgeführt ist. Die Gleitringdichtung hat weiterhin den Vorteil, dass sie aufgrund der konstruktiven Umsetzung mit gleitenden Elementen und deren Vorspannung auch unvermeidbare Taumelbewegungen des Drehrohrs, also Bewegungen in axialer Richtung, in gewissem Maße ausgleichen kann.

[0053] Besonders bevorzugt ist in einer Weiterbildung eine Ausführung der Dichtanordnung realisiert, indem die erste Gleitringdichtung ein Gleitelement aufweist, das mit dem Einlaufabschnitt gekoppelt ist, wobei das Gleitelement bevorzugt als Gleitflansch ausgebildet ist. Bevorzugt ist dieses Gleitelement derart orientiert, dass die Gleitfläche des Gleitelements in Richtung des Inneren des Drehrohrofens weist, das heißt: eine auf dem Flansch stehende Normale weist parallel zu der Rotationsachse des Drehrohrs in eine Richtung, in welcher der vom Flansch aus gesehen längere Abschnitt des Drehrohrs gelagert wird als der in Antinormale weisende

Richtung gelagerte Abschnitt des Drehrohrs. Analog weist bevorzugt die zweite Gleitringdichtung ein Gleitelement auf, das mit dem Auslaufabschnitt gekoppelt ist, wobei das Gleitelement bevorzugt als Gleitflansch ausgebildet ist. Bevorzugt ist dieses Gleitelement derart orientiert, dass die Gleitfläche des Gleitelements in Richtung des Inneren des Drehrohrofens weist, das heißt: eine auf dem Flansch stehende Normale weist parallel zu der Rotationsachse des Drehrohrs in eine Richtung, in welcher der vom Flansch aus gesehen längere Abschnitt des Drehrohrs gelagert wird als der in Antinormale weisende Richtung gelagerte Abschnitt des Drehrohrs. Anders ausgedrückt sind die beiden Normalen zueinander gerichtet.

[0054] Bevorzugt weist die Dichtanordnung, beziehungsweise jede Dichtanordnung, weiterhin eine Druckfeder auf, die das Gleitelement zum Inneren des Drehrohrofens vorspannend ausgebildet ist. Besonders bevorzugt ist, dass die Druckfeder nachgestellt werden kann. Das Vorspannen des Gleitelements ist durch fachübliche Maßnahmen realisierbar, beispielsweise durch eine Verschraubung gegen einen geeignet positionierten, gegenüber der Erdoberfläche feststehenden, Gegenflansch. Der Gegenflansch kann insbesondere mit dem Drehrohr gekoppelt sein, das heißt: unmittelbar oder mittelbar verbunden.

[0055] Besonders bevorzugt weist die Gleitringdichtung zwei zur Dichtung gegen die Gleitfläche vorgesehene Dichtelemente auf. Eines dieser Dichtelemente ist ein inneres Dichtelement und ist an einem Befestigungsbereich der Dichtanordnung drehfest mit dem Drehrohr gekoppelt. Bevorzugt ist das innere Dichtelement als Dichtring ausgebildet, in diesem Fall kann er als innerer Dichtring bezeichnet werden. Das zweite Dichtelement ist als äußeres Dichtelement ausgebildet, das ebenfalls drehfest mit dem Drehrohr gekoppelt ist und bevorzugt als Dichtring, dann: äußerer Dichtring, ausgebildet ist. Das innere Dichtelement und das äußere Dichtelement sind zwischen dem Befestigungsbereich und der Gleitfläche axial, das heißt in eine zur Rotationsachse parallele Richtungweisend, gepresst angeordnet. Das innere Dichtelement ist weniger weit von der Rotationsachse beabstandet als das äußere Dichtelement. Inneres Dichtelement und/oder äußeres Dichtelement sind aus geeigneten Materialien auszuwählen, wobei bevorzugt graphitierte Dichtschnur verwendet wird, besonders bevorzugt aus graphitiertem Glasgewebe oder graphitierter Keramikfaser.

[0056] Wie sich unmittelbar erschließt, ist in konstruktiver Umkehrung auch möglich, dass die Dichtelemente an den Einlaufbeziehungsweise Auslaufbereichen angeordnet sind und die Gleitfläche drehfest an dem Drehrohr angeordnet ist.

[0057] Das innere Dichtelement und das äußere Dichtelement einerseits sowie der Befestigungsbereich und die Gleitfläche andererseits sind bevorzugt derartig dimensioniert, dass von dem inneren Dichtelement, dem äußeren Dichtelement, dem Befestigungsbereich und

der Gleitfläche ein bei jedem Rotationsgrad des Drehrohrofens zusammenhängender Dichtraum begrenzt wird. Dadurch, dass zwei Dichtelemente vorhanden sind, die unterschiedlich weit von der Rotationsachse beabstandet sind, ist zwischen ihnen eine Lücke gebildet, die mit dem Befestigungsbereich einerseits und der Gleitfläche andererseits, bei außerdem geeigneter Dimensionierung der vier Elemente einen stets geschlossenen Dichtraum bilden. Die Realisierung kann in besonders eleganter konstruktiver Umsetzung beispielsweise erfolgen, indem das innere Dichtelement und das äußere Dichtelement jeweils als Dichtring ausgebildet sind und der zwischen dem inneren Dichtring und dem äußeren Dichtring vorhandene Hohlspalt sowohl von der Gleitfläche des Gleitflansches einerseits als auch von dem Dichtbereich andererseits vollständig abgedeckt werden. Diese Abdeckung würde aus geometrischen Gründen sodann zwingend auch bei Rotation des Dichtrings, und zwar bei jedem Rotationsgrad, das heißt entlang der gesamten 360° Umdrehung, vollständig geschlossen bleiben. Die doppelte Abdichtung mit zwei Dichtelementen hat den Vorteil, dass auch dann, wenn eines der Dichtelemente, beispielsweise aufgrund einer Porosität, oder einer Abnutzung, in der Dichtleistung nachlässt, das andere der Dichtelemente gewissermaßen als redundante Dichtmaßnahme fungiert.

[0058] Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass ausgehend von der Gleitfläche eine Durchführung von dem Dichtraum zu einem Gleitelementauslass des Gleitelements hindurchführt. Der Gleitelementauslass ist mit einer Gaszufuhrvorrichtung gekoppelt, beispielsweise über einen den Gleitelementauslass umgrenzenden Andockstutzen. Die Gaszufuhrvorrichtung dient dem Einführen eines Gases in den Dichtraum hinein. Das bedeutet, dass der gebildete Dichtraum, der wie beschrieben bei jedem Rotationsgrad des Drehrohrofens als solcher fungiert und dicht gegenüber dem Inneren ist, von außen mit einem Gas gefüllt wird. Das Füllen mit einem Gas bewirkt, dass dieses gewissermaßen als Sperrgas fungiert, wodurch verhindert oder zumindest teilweise verhindert wird, dass im Inneren des Drehrohrs vorhandene Gase zum Äußeren gelangen. Dies kann insbesondere dadurch realisiert werden, dass in dem Dichtraum ein Sperrgasdruck aufgebaut wird, der höher ist als der im Drehrohr vorhandene Druck. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass im Dichtraum ein gegenüber dem Drehrohrinneren ein um bis zu 5 mbar erhöhter Druck herrscht, bevorzugt ein zwischen 1 und 5 mbar erhöhter Druck, mit dem sich in anhand von Prototypen durchgeführten Versuchen sehr gute Ergebnisse gezeigt haben.

[0059] Bevorzugt wird der Dichtraum mit einem Überdruck von bis zu 10 mbar, besonders bevorzugt von bis zu 5 mbar, gegenüber dem Prozessgasdruck im Drehrohrinneren gasgefüllt. In diesem Druckbereich ist in effizienter Weise das Eindringen von Umgebungsluft in den Prozessraum beziehungsweise das Entweichen von Prozessgasen und Staub aus dem Prozessraum in die

Umgebung vermieden, sodass eine gasdichte Abdichtung des Äußeren gegenüber dem Drehrohrinneren gewährleistet ist. Der in dem Druckraum vorhandene Gasdruck kann beispielsweise druckgeregelt eingestellt werden, beispielsweise in Abhängigkeit von dem in dem Prozessraum, das heißt: innerhalb des Drehrohrs, vorhandenen Druck. Als Regelorgan kann hierfür beispielsweise ein Mass-Flow-Regler eingesetzt werden. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass in dem Dichtraum ein Drucksensor angeordnet ist zur kontinuierlichen oder in vorgegebenen Zeitabständen wiederholten Überwachung des Dichtraumdrucks.

[0060] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass entlang des Außenumfangs des Gleitelements eine Anzahl von mehreren Gleitelementauslässen angeordnet sind, die bevorzugt gleichwinklig zueinander positioniert sind. Jeder der vorhandenen Gleitelementauslässe ist mit einer Gaszufuhrrichtung gekoppelt, bevorzugt mit derselben Gaszufuhrvorrichtung gekoppelt. Besonders bevorzugt ist eine Ringleitung vorgesehen, die mit derselben Gaszufuhrvorrichtung gekoppelt ist und jeweils Abzweigungen zu den Gleitelementauslässen aufweist. Durch diese Realisierung kann an voneinander beabstandeten Orten Gas in den Dichtraum hineingeführt werden, besonders bevorzugt in gleichwinklig zueinander positionierten Zufuhrorten, so dass das Aufrechterhalten eines Überdrucks gegenüber den im Inneren vorhandenen Prozess in besonders effizienter Weise umgesetzt werden kann.

[0061] Als Sperrgas kann beispielsweise Stickstoff, N₂, oder ein Edelgas, insbesondere Argon, Ar, eingesetzt werden.

[0062] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile des Gegenstands der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den Figuren, in denen beispielhaft Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind.

[0063] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten wie auch die nachfolgend erläuterten Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind.

[0064] Es zeigen:

Fig. 1: Anlagenanordnung zur beispielhaften Erläuterung der Herstellung eines Schwammprodukts mit hohem Metallisierungsgrad;

Fig. 2: Grundprinzip eines Drehrohrofens;

Fig. 3: Schnittdarstellung eines Ausschnitts eines Ausführungsbeispiels eines Drehrohrofens.

[0065] Fig. 1 zeigt anhand einer beispielhaften Ausführung eine Anlagenanordnung 100 zur Herstellung eines Schwammprodukts mit hohem Metallisierungsgrad. Es ist ein Drehrohrföfen 1 vorhanden mit einem Einlaufabschnitt 2 und einem Auslaufabschnitt 3. In dem Einlaufabschnitt werden, bevorzugt über eine Schleuse, Hüttenreststoffe eingegeben, von denen we-

nigstens einer Eisen aufweist. Bevorzugt werden insbesondere Konverterstaub und Gichtschlamm eingegeben. Die Hüttenreststoffe werden bei Drehen des Drehrohrs des Drehrohrofens 1 entlang einer Beförderungsrichtung PR durch den Drehrohroföfen hindurch befördert. Während des Beförderns werden die Hüttenreststoffe einem Reduktionsgas ausgesetzt, das im Gegenstromprinzip entgegen der Beförderungsrichtung PR in die Gegenstromrichtung PG strömend durch den Drehrohroföfen geleitet wird. Dadurch wird eine Reduktion von in den Hüttenreststoffen enthaltenen Verbindungen erreicht. Bei der Beförderung wird mittels extern am Drehrohr angeordneter Heizelemente H1, H2, H3 eine Erwärmung des Inneren des Drehrohrofens herbeigeführt. Die Temperatur wird derart gewählt, dass die Reduktionsprozesse ausreichend schnell stattfinden, und dabei die Temperaturen einerseits noch nicht so hoch sind, dass durch die Reduktion metallisiert vorliegendes Eisen schmilzt, sie zum anderen aber hoch genug sind, um eine Kondensation von zunächst gasförmig vorliegenden Metallen oder Metallverbindungen sonstiger Metalle, beispielsweise Zinkoxide und/oder Bleichloride zu vermeiden. Als geeignet haben sich in Versuchen Temperaturen in einem Bereich zwischen 800 Grad Celsius und 1050 Grad Celsius erwiesen. Nach Durchlaufen des Drehrohrofens wird das reduzierte Produkt, das als Schwammprodukt mit hohem Eisenanteil und hohem Metallisierungsgrad, chemisch und strukturell sehr vergleichbar einem Eisenschwamm HBI, Hot Briquetted Iron, vorliegt, aus einer Entnahmeschleuse des Auslaufabschnitts 3 entnommen und sodann einer Weiterverwendung zugeführt, insbesondere als ein Zwischenprodukt für die Herstellung eines Roheisens oder eines Rohstahls. Aufgrund der chemischen und strukturellen Ähnlichkeit zu Eisenschwamm HBI, Hot Briquetted Iron, ist bevorzugt vorgesehen, dass der Behandlung im Drehrohroföfen nachgeordnet eine Brikettierung durchgeführt wird.

[0066] Zwischen einer ersten Kopplungsstelle 101 am Einlaufabschnitt 2 und einer zweiten Kopplungsstelle 102 am Auslaufabschnitt 3 ist ein Gasableitungssystem 103 zur Ableitung von den Drehrohroföfen durchlaufenem Reaktionsgas sowie von gasförmig vorliegenden Reaktionsprodukten vorhanden, durch das gasförmig vorliegende Reaktionsprodukte aus dem Drehrohroföfen abgeleitet werden. Das Gasableitungssystem führt in ein Gasaufbereitungssystem 104, in dem das Gasgemisch aus den den Drehrohroföfen durchlaufenem Reaktionsgas sowie der gasförmig vorliegenden Reaktionsprodukte aufbereitet wird, wobei gasförmig vorliegende Zn-O-Verbindungen und/oder gasförmig vorliegende Pb-O-Verbindungen abgeschieden werden und eine weitere Aufbereitung in einem oder mehreren der nachfolgend genannten Aufbereitungsaggregate erfolgt:

- Zinkfalle,
- Staubabscheider,
- Wasserabscheider,

- CO₂-Abscheider,
- Reduktionsgaskonditionierer,
- Ersatzreaktionsgaszufuhr.

[0067] Dem Gasaufbereitungssystem 104 nachgeordnet ist ein Gasrückführungssystem 105 angekoppelt zur Rückführung von aufbereitetem Reaktionsgas in den Drehrohrofen hinein, wobei die Rückführung optional ist.

[0068] Fig. 2 zeigt das Grundprinzip eines Drehrohrofens 1. Funktionelles Herzstück des Drehrohrofens 1 ist ein Drehrohr 4, welches in der technischen Fachsprache oft auch mit dem Begriff der Glühtrömmel referenziert wird. Das Drehrohr 4 ist rotierend gelagert. Im vorliegenden Beispielfall ist das Drehrohr 4 kreiszylindrisch ausgeführt und es erfolgt eine Rotation um eine Rotationsachse R. Es ist auf einer Seite des Drehrohrs ein Einlaufabschnitt 2 vorgesehen, der in der Prinzipskizze in Gestalt eines Gehäuses 2 ausgebildet ist, und der insbesondere der Funktionalität dient, eine Zuführung von in der Glühtrömmel zu behandelndem Material zu erlauben und zu diesem Zweck wiederverschließbar öffnbar ist. Auf der anderen Seite des Drehrohrs ist ein Auslaufabschnitt 3 vorgesehen, der das Material, welches das Drehrohr 4 durchlaufen hat, übernimmt, um es einer öffnbaren und wiederverschließbaren Entnahmeöffnung oder einer weiteren Behandlungsstation zuzuführen. Das Drehrohr 4 ist zwischen Einlaufabschnitt 2 und Auslaufabschnitt 3 angeordnet, wobei Einlaufabschnitt 2 und Auslaufabschnitt 3 relativ zur Erdoberfläche stationär sind, wohingegen das Drehrohr 4 gegenüber dem Einlaufabschnitt 2 und dem Auslaufabschnitt 4 rotierbar gelagert ist.

[0069] Zur Dichtung des Inneren 5 des Drehrohrofens 1 gegenüber dem Äußeren 6 ist in einem Übergangsbereich 7 von dem Einlaufabschnitt 2 zu dem Drehrohr 3 eine erste Dichtanordnung 8 angeordnet. Der Übergangsbereich 7 ist als ein Bereich zu verstehen, der zumindest einen Abschnitt des Einlaufabschnitts 2, einen Abschnitt des Drehrohrs 4 sowie konstruktive Maßnahmen zur Kopplung des einen mit dem anderen umfasst, wobei es auf eine Abgrenzung nach außen hin nicht ankommt, da es sich bei dem Übergangsbereich um die gedankliche Maßgabe handelt, jedenfalls die potentielle Übergangsstelle zu berücksichtigen. In analoger Weise ist in einem Übergangsbereich 9 von dem Auslaufabschnitt 3 zu dem Drehrohr 4 eine zweite Dichtanordnung 10 angeordnet. Die erste Dichtanordnung 8 weist eine erste Gleitringdichtung 11 auf. Die zweite Dichtanordnung 10 weist eine zweite Gleitringdichtung 11' auf.

[0070] Der Transport des zu behandelnden Materials erfolgt in Richtung des Pfeils P.

[0071] Die Fig. 3 ist eine ausschnittsweise Schnittdarstellung eines Drehrohrofens 1, in dem zur Verdeutlichung ihrer Funktionsweise die Dichtanordnung 8 dargestellt ist. Die Dichtanordnung 8 ist in diesem Ausführungsbeispiel die Gesamtheit der in der konstruktiven Umsetzung genutzten Bauelemente, welche entweder

unmittelbar die Dichtung bereitstellen oder welche für die Positionierung der die Dichtung bereitstellenden Bauteile erforderlich sind.

[0072] Die Gleitringdichtung weist ein als Gleitflansch 12 ausgebildetes Gleitelement 12 auf. Dieser Gleitflansch 12 ist über den Befestigungsflansch 17 drehfest mit dem Einlaufabschnitt 2 gekoppelt. Der Gleitflansch 12 stellt in die Richtung des Pfeils I, der in Richtung des Inneren des Drehrohrs zeigt, eine Gleitfläche 13 zur Verfügung. Mit anderen Worten: Mit dem Gleitelement 12 wird eine dem Inneren des Drehrohrs 4 zugewandte Gleitfläche bereitgestellt. Der Befestigungsflansch 17 ist zwar, wie bereits erwähnt, drehfest mit dem Einlaufbereich 2 gekoppelt, aber er ist axial beweglich, nämlich in Richtung des Pfeils I. Mit einer Druckfeder 14, die über einen Bolzen 18 in Zusammenarbeit mit dem Gegenflansch 19 eine Vorspannung des Gleitelements 12 zum Inneren des Drehrohrofens, also in Richtung des Pfeils I, herbeiführt, ist sichergestellt, dass das Gleitelement 12 in gewissem Maße eines Verschleißes der noch zu beschreibenden Dichtringe diesen Verschleiß kompensiert. Bei darüberhinausgehendem Verschleiß ist über die Verschraubung des Bolzens 18 diesseits der Dehnungsfeder 14 und jenseits des Gegenflansches 19 die Vorspannung des Gleitelements in Richtung des Pfeils I nachstellbar.

[0073] An einem Befestigungsbereich 20, im vorliegenden Fall als mit dem Drehrohr 4 verbundener Festflansch 20 ausgeführt, sind ein als innerer Dichtring 15 ausgebildetes inneres Dichtelement 15 und ein als äußerer Dichtring 16 ausgebildetes äußeres Dichtelement 16 angeordnet. Das innere Dichtelement 15 und das äußere Dichtelement 16 sind zwischen dem Befestigungsbereich und der Gleitfläche axial gepresst, um eine gute Dichtung herbeizuführen. Die Beibehaltung dieser die Dichtwirkung fördernden Axialkraft wird durch die oben erläuterte Vorspannung mit der Druckfeder 14 sowie der Möglichkeit derer Nachstellung sichergestellt.

[0074] Wie der Figur zu entnehmen, sind das innere Dichtelement 15, das äußere Dichtelement 16, der Befestigungsbereich 20 und die Gleitfläche 13 derart dimensioniert und positioniert, dass zwischen ihnen ein zusammenhängender Dichtraum 21 vorliegt.

[0075] Mit geeignet dimensionierten und positionierten Bohrungen im Gleitelement 12 wird bewirkt, dass von der Gleitfläche 13 ausgehend eine Durchführung 22 von dem Dichtraum 22 zu einem Gleitelementauslass 23 des Gleitelements 12 hindurchführt. Der Gleitelementauslass wiederum ist mit einer, in der Fig. 3 nicht dargestellten, Gaszufuhrvorrichtung gekoppelt um ein Einführen eines Gases in den Dichtraum 22 hinein und eine kontinuierliche Beibehaltung eines Überdrucks in dem Dichtraum 22 zu gewährleisten.

[0076] Mit dem Gegenflansch 19 ist eine feststehende Lagerhälfte 28 eines Kugellagers 28, 29 positioniert, um mit der über Verbindungsflansch 30 mit dem Befestigungsbereich und damit mit dem Drehrohr gekoppelten drehenden Lagerhälfte 29 die rotierbare Lagerung des

Drehrohrs 4 zu bewirken.

[0077] In einem Drehrohrofen der in Fig. 1 dargestellten Art wurden Versuche durchgeführt, um zu belegen, dass aus Hüttenreststoffen ein Schwammprodukt mit hohem Metallisierungsgrad hergestellt werden kann.

[0078] Es wurde ein Gemenge aus Konverterstaub und Gichtschlamm als Hüttenreststoffe aus der Stahlindustrie bereitgestellt.

[0079] Die Zusammensetzung des Konverterstaubs und des Gichtschlammes ist in den nachfolgenden Listen angegeben:

Konverterstaub (alle Werte in Gew.-%):

22,6	FeO,
49,0	Fe ₂ O ₃ ,
15	Fe metallisch,
4,6	ZnO;
0,5	C frei (ungebundener Kohlenstoff);
0,7	MnO;
1,1	SiO ₂ ;
0,03	TiO ₂ ;
0,14	P ₂ O ₅ ;
0,27	Al ₂ O ₃ ;
3,5	CaO;
0,7	MgO;
0,02	PbO.

Gichtschlamm (alle Werte in Gew.-%):

3,9	FeO,
19,4	Fe ₂ O ₃ ,
1,1	Fe metallisch,
4,6	ZnO;
32,6	C frei (ungebundener Kohlenstoff);
4,1	CO ₂ ;
0,28	MnO;
11,0	SiO ₂ ;
0,13	TiO ₂ ;
0,20	P ₂ O ₅ ;
3,42	Al ₂ O ₃ ;
5,94	CaO;
1,1	MgO;
0,76	PbO;
2,80	K ₂ O;
0,02	V ₂ O ₅ ;
0,01	CrO ₃ ;
0,05	BaO;
0,01	NiO;
0,01	ZrO ₂ ;
0,04	SrO;

Verunreinigungen:

0,99 N;
0,20 F;
0,23 Cl;
1,84 S.

5

[0080] Es wurden drei Mischungsverhältnisse der Edukte Konverterstaub und Gichtschlamm bereitgestellt:

1. 100 Gew.-% Konverterstaub, 0 Gew.-% Gichtschlamm;
2. 85 Gew.-% Konverterstaub, 15 Gew.-% Gichtschlamm;
3. 70 Gew.-% Konverterstaub, 30 Gew.-% Gichtschlamm.

15

[0081] Das Gemenge wurde in den Drehrohrofen eingegeben und entlang einer Beförderungsrichtung durch den Drehrohrofen hindurch befördert bei einem Drehen des Drehrohrofens. Das Gemenge der Hüttenreststoffe war bei dem Befördern der Hüttenreststoffe einem Reduktionsgas ausgesetzt, das im Gegenstromprinzip entgegen der Beförderungsrichtung strömend durch den Drehrohrofen geleitet wurde. Als Reduktionsgas wurde reines H₂ verwendet und es erfolgte bei Durchlaufen des Gemenges aus Konverterstaub und Gichtschlamm durch den Drehrohrofen eine Erwärmung des Innenraums des Drehrohrohrs mittels indirekter elektrischer Beheizung auf 950 Grad Celsius. Die Durchlaufzeit des Gemenges durch den Drehrohrofen betrug 45 Minuten.

20

[0082] Der Versuch wurde mit zwei verschiedenen Referenzdurchflussraten des Reaktionsgases durchgeführt, nämlich 5 Nm³/h und 10 Nm³/h, wobei Nm³ einen Normkubikmeter bezeichnet und h einen Zeitraum von einer Stunde bezeichnet. Die genauen Durchflusswerte sind für das Wesen der Erfindung nicht wesentlich, da sie insbesondere von den spezifischen Anlagenparametern, beispielsweise dem Volumen des Drehrohrofens und der vor- und nachgeordneten Aggregate, abhängig sind; es wurde jedoch mit zwei verschiedenen Durchflussraten gearbeitet, um experimentell nachzuweisen, dass die Beigabe des Reduktionsgases neben der Auswahl geeigneter Edukte der entscheidende Faktor für die demonstrierte Herstellung des Schwammprodukts ist. Aufgrund der Abhängigkeit von den konkret vorliegenden Umständen, beispielsweise die spezifischen Anlagenparameter betreffend, ist der das Verfahren ausführende Fachmann darauf angewiesen, den Reaktionsgasfluss, insbesondere H₂-Gasfluss, empirisch derart einzustellen, dass das erhaltene Produkt den gewünschten Metallisierungsgrad aufweist. Diese empirische Findung eines ausreichend hohen Gasflusses stellt den Fachmann dabei vor keine besonderen Schwierigkeiten.

25

30

35

40

45

50

[0083] Es ergaben sich folgende Ergebnisse:

Bei einer Durchflussrate von 10 Nm³/h und einem Mischungsverhältnis gemäß obiger Ziffer 3 (70:30) wurde ein Schwammprodukt mit hohem Metallisierungsgrad erhalten, das folgende Zusammensetzung aufwies:

87,46	Fe,	
davon:	86,1 Fe metallisch und 0,3 Fe ⁺⁺ ;	
0,56	Mn;	
0,006	Cu;	5
0,02	Pb;	
0,6	Zn;	
0,69	C;	
2,34	SiO ₂ ;	
0,06	TiO ₂ ;	10
0,77	Al ₂ O ₃ ;	
4,73	CaO;	
1,1	MgO;	
0,38	K ₂ O;	15

Verunreinigungen:

0,09	P;	
0,36	S;	20
0,03	Cr;	
0,018	V;	
0,021	Ni;	
0,014	F;	25
0,011	Cl.	

[0084] Mit einem Anteil metallischen Eisens am gesamten Eisen von 98,4 %, also einem Metallisierungsgrad von 98,4 %, bei einem Fe-Anteil von 87,46 Gew.-% Fe an dem Schwammprodukt, und einer festen porösen Struktur war das erhaltene Produkt einem Eisenschwamm HBI bekannter Art sehr ähnlich. Es konnten große Anteile des in dem Gemenge aus Edukten enthaltenen Zinks Zn und des in dem Gemenge aus Edukten enthaltenen Bleis Pb entfernt werden; beide dieser Elemente entwischen als Gas oder als Teil einer Gasverbindung und konnten in dem Gasaufbereitungssystem abgeschieden werden. Geringere Durchflussraten und andere Mischungsverhältnisse ergaben ebenfalls Schwammprodukte, jedoch mit etwas geringerem Metallisierungsgrad.

[0085] Es konnte also anhand von Demonstrationsversuchen belegt werden, dass aus Hüttenreststoffen mit vergleichsweise unaufwendig bereitstellbaren Aggregaten ein Schwammprodukt bereitgestellt werden kann, das in besonders gut verwendbarer Weise zu Roheisen oder Rohstahl verarbeitet werden kann. Dabei werden große Anteile von Hüttenreststoffen einer Wiederverwendung zugänglich gemacht, wodurch ein guter Nachhaltigkeitseffekt erreicht wird, und Entsorgungskosten reduziert werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung eines Schwammprodukts

mit hohem Metallisierungsgrad, mit den Schritten:

- Bereitstellen von Hüttenreststoffen aus der Stahlindustrie, als ein Gemenge aus Edukten, von denen wenigstens eines Eisen enthält, ausgewählt insbesondere aus Konverterstaub, Koksstaub, Hochofenstaub, Gichtschlamm, Walzzunder, Lichtbogenofen-Staub,
- Eingeben der Hüttenreststoffe in einen Drehrohrofen,
- Befördern der Hüttenreststoffe entlang einer Beförderungsrichtung durch den Drehrohrofen hindurch bei einem Drehen des Drehrohrofens, wobei die Hüttenreststoffe bei dem Befördern der Hüttenreststoffe einem Reduktionsgas ausgesetzt werden, das im Gegenstromprinzip entgegen der Beförderungsrichtung strömend durch den Drehrohrofen geleitet wird, zur Herbeiführung von Reduktionsreaktionen in den Hüttenreststoffen,
- Entnehmen der den Drehrohrofen durchlaufenen Hüttenreststoffe als Schwammprodukt mit hohem Metallisierungsgrad.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**

dass zwischen Schritt c) und Schritt d) eine Entnahmevorbereitung durchgeführt wird, wobei die Entnahmevorbereitung umfasst:

- ein Befördern der den Drehrohrofen durchlaufenen Hüttenreststoffe in einer an dem Drehrohrofen angeordneten Kühlstation zum Kühlen der den Drehrohrofen durchlaufenen Hüttenreststoffe und/oder
- ein Befördern der den Drehrohrofen durchlaufenen Hüttenreststoffe durch eine Brikettierstation zum Brikettieren der den Drehrohrofen durchlaufenen Hüttenreststoffe.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

während des Schritts c) eine Erwärmung der in Schritt c) beförderten Hüttenreststoffe auf eine Temperatur zwischen 800 Grad Celsius und 1050 Grad Celsius erfolgt, wobei insbesondere die Erwärmung als indirekte Erwärmung durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

mit einem Transportgas und/oder mit dem Reaktionsgas während der Reduktion der Hüttenreststoffe entstehende Gase aus dem Drehrohrofen heraus befördert werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

ein Gasableitungssystem zur Ableitung von den Drehrohrofen

durchlaufenem Reaktionsgas sowie von gasförmig vorliegenden Reaktionsprodukten vorhanden ist, durch das gasförmig vorliegende Reaktionsprodukte aus dem Drehrohrofen abgeleitet werden, wobei bevorzugt ein Gasaufbereitungssystem an den Drehrohrofen angekoppelt ist zur Aufbereitung des in dem Gasableitungssystem abgeleiteten den Drehrohrofen durchlaufenem Reaktionsgas sowie der gasförmig vorliegenden Reaktionsprodukte, wobei bevorzugt in dem Gasaufbereitungssystem

gasförmig vorliegendes Zn und/oder gasförmig vorliegende Zn-O-Verbindungen und/oder gasförmig vorliegendes Pb und/oder gasförmig vorliegende Pb-O-Verbindungen abgeschieden werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gasaufbereitungssystem eines oder mehrere der nachfolgend genannten Aufbereitungsaggregate aufweist:

- Zinkfalle,
- Staubabscheider,
- Wasserabscheider,
- CO₂-Abscheider,
- Reduktionsgaskonditionierer,
- Ersatzreaktionsgaszufuhr.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Gasaufbereitungssystem nachgeordnet ein Gasrückführungssystem angekoppelt ist zur Rückführung von aufbereitetem Reaktionsgas in den Drehrohrofen hinein.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hüttenreststoffe zu mindestens 90 Gew.-%, bevorzugt mindestens zu mindestens 98 Gew.-%, besonders bevorzugt vollständig, aus Konverterstaub und Gichtschlamm bestehen.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Hüttenreststoffen das Verhältnis von Konverterstaub zu Gichtschlamm zwischen 60 Gew.-%:40 Gew.-% und 90 Gew.-%:10 Gew.-% liegt, bevorzugt zwischen 65 Gew.-%:35 Gew.-% und 80 Gew.-%:20 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen 65 Gew.-%:35 Gew.-% und 75 Gew.-%:25 Gew.-%.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Reaktionsgas H₂ aufweist, bevorzugt zu wenigstens 90 Vol. % aus H₂ besteht, besonders bevorzugt zu wenigstens 98 Vol.-% aus H₂ besteht, insbesondere

aus Wasserelektrolyse gewonnenem grünem H₂.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehrohrofen einen Einlaufabschnitt und ein Auslaufabschnitt sowie ein zwischen Einlaufabschnitt und Auslaufabschnitt angeordnetes Drehrohr aufweist, das gegenüber dem Einlaufabschnitt und Auslaufabschnitt rotierbar gelagert ist, insbesondere der Drehrohrofen als gasdichter Drehrohrofen ausgebildet ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur gasdichten Dichtung des Inneren des Drehrohrofens gegenüber dem Äußeren

in einem Übergangsbereich von dem Einlaufabschnitt zu dem Drehrohr eine erste Dichtanordnung angeordnet ist und in einem Übergangsbereich von dem Drehrohr zu dem Auslaufabschnitt eine zweite Dichtanordnung angeordnet ist, wobei die erste Dichtanordnung eine erste Gleitringdichtung aufweist und/oder die zweite Dichtanordnung (10) eine zweite Gleitringdichtung aufweist.

13. Verfahren nach dem Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gleitringdichtung ein an einem Befestigungsbereich des Drehrohrofens drehfest mit dem Drehrohr gekoppeltes inneres Dichtelement aufweist, das bevorzugt als Dichtring ausgebildet ist, und ein drehfest mit dem Drehrohr gekoppeltes äußeres Dichtelement (16) aufweist, das bevorzugt als Dichtring ausgebildet ist, wobei das innere Dichtelement und das äußere Dichtelement zwischen dem Befestigungsbereich und der Gleitfläche axial gepresst angeordnet sind, wobei das äußere Dichtelement weiter von einer Rotationsachse des Drehrohrs beabstandet ist als das innere Dichtelement.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das innere Dichtelement und das äußere Dichtelement einerseits sowie der Befestigungsbereich und die Gleitfläche andererseits derart dimensioniert sind, dass von dem inneren Dichtelement, dem äußeren Dichtelement, dem Befestigungsbereich und der Gleitfläche ein bei jedem Rotationsgrad des Drehrohrofens zusammenhängender Dichtraum begrenzt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** entlang des Außenumfangs des Gleitelements eine Anzahl von mehreren Gleitelementauslässen angeordnet sind, die bevorzugt gleichwinklig zueinander positioniert sind, wobei jeder der vorhandenen Gleitelementauslässe mit ei-

ner Gaszufuhrvorrichtung gekoppelt ist, bevorzugt mit derselben Gaszufuhrvorrichtung gekoppelt ist, besonders bevorzugt über eine Ringleitung mit derselben Gaszufuhrvorrichtung gekoppelt ist, wobei während des Beförderns der Hüttenreststoffe mittels Einleitens eines Schutzgases durch die Gaszufuhrvorrichtung in den Dichtraum ein Schutzgasüberdruck in dem Dichtraum herbeigeführt wird zum Abdichten des Inneren des Drehrohrofens gegenüber dem Äußeren des Drehrohrofens.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

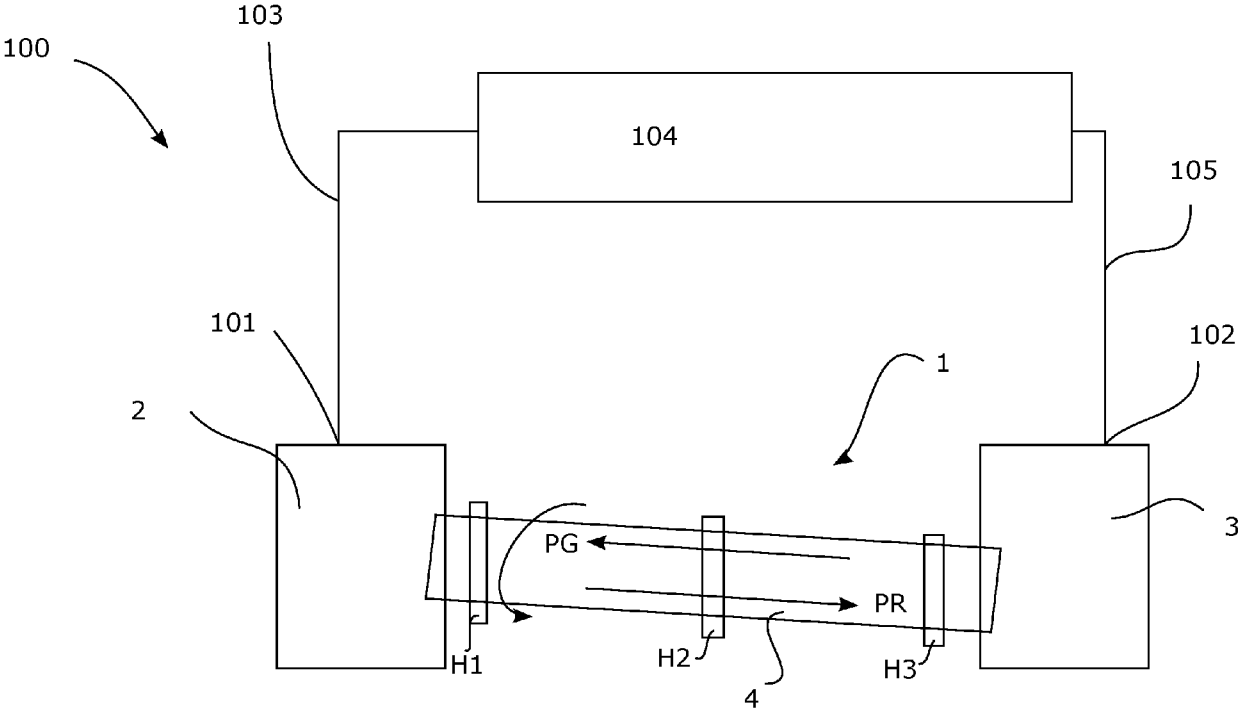


Fig. 1

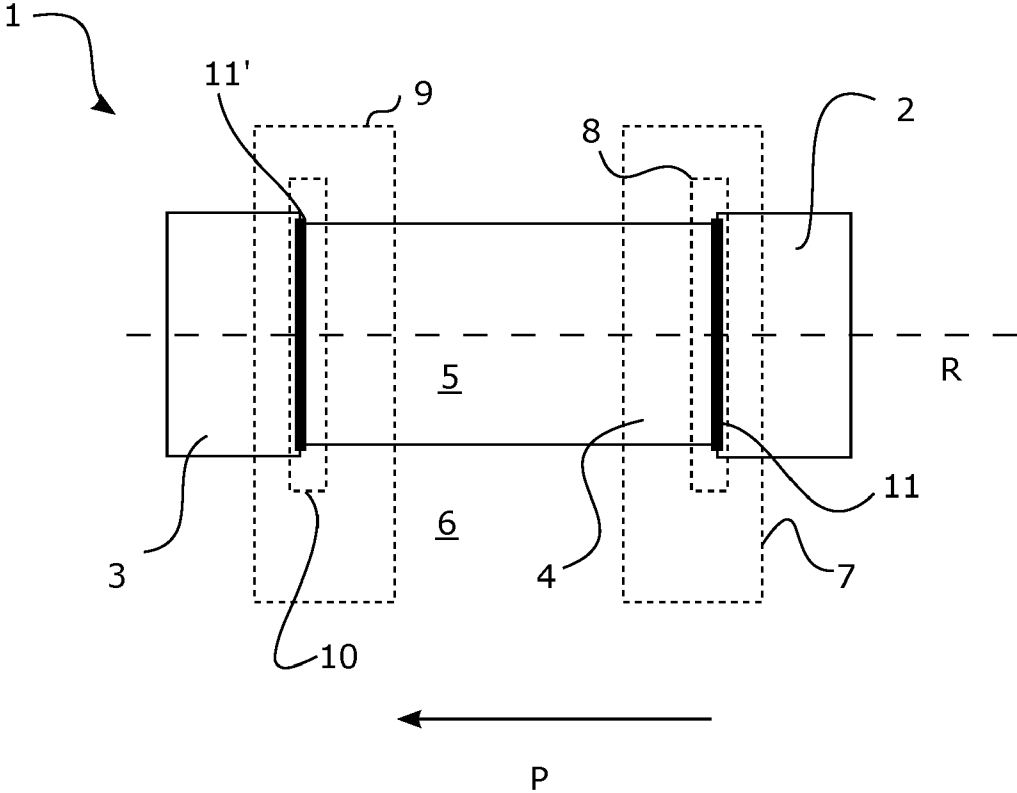


Fig. 2

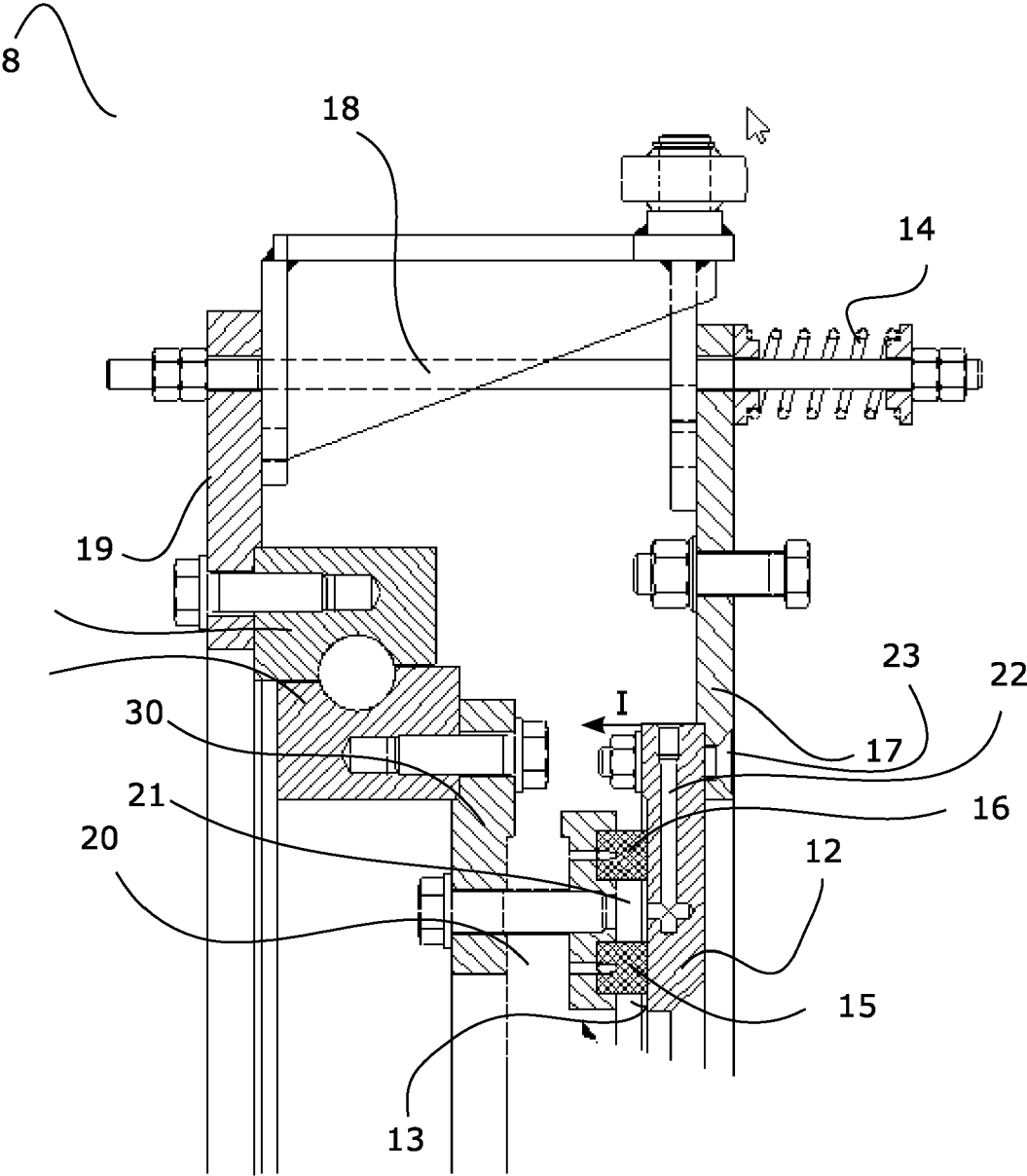


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 21 7023

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 403 018 A (WING THOM GENE GEE) 24. September 1968 (1968-09-24) * Spalte 2, Zeile 30 - Spalte 4, Zeile 62; Ansprüche 1-11; Abbildungen 1-2 *	1-4	INV. F27B7/06 F27B7/20 F27B7/24 F27B7/36
X	CN 104 357 611 B (SHIJIAZHANG XINHUA ENERGY ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CO LTD) 6. April 2016 (2016-04-06) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,3	F27D7/06 F27D99/00 F27D17/00
X	DE 10 2016 122087 B3 (SALZGITTER FLACHSTAHL GMBH [DE]) 29. März 2018 (2018-03-29) * Anspruch 1-; Abbildung 1 * * Absätze [0013], [0015], [0024], [0025], [0031] - [0033], [0049]; Ansprüche 1-8 *	1-15	
A	DE 89 03 410 U1 (SALZGITTER FLACHSTAHL GMBH) 4. Januar 1990 (1990-01-04) * Absätze [0016], [0019] - [0022], [0043] - [0044], [0047]; Ansprüche 1-2; Abbildung 1 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F27B F27D C22B C21B
A	EP 1 089 044 A1 (RAGAILLER FRANZ [AT]) 4. April 2001 (2001-04-04) * Absätze [0001], [0002], [0010] - [0012]; Abbildungen 2,4 *	1-15	
A	EP 0 538 717 A1 (BELTRAME DANIELI AMBIENTE SPA [IT]) 28. April 1993 (1993-04-28) * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Juni 2024	Prüfer Gavriliu, Alexandru
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 21 7023

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-06-2024

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3403018 A	24-09-1968	KEINE	

CN 104357611 B	06-04-2016	KEINE	

DE 102016122087 B3	29-03-2018	KEINE	

DE 8903410 U1	04-01-1990	AT E108267 T1	15-07-1994
		CA 1326357 C	25-01-1994
		DD 287767 A5	07-03-1991
		DE 3830678 A1	22-03-1990
		DE 8903410 U1	04-01-1990
		EP 0357939 A2	14-03-1990
		ES 2056157 T3	01-10-1994
		JP H02113088 A	25-04-1990
		RU 2037509 C1	19-06-1995
		US 5022852 A	11-06-1991

EP 1089044 A1	04-04-2001	AT 407440 B	26-03-2001
		EP 1089044 A1	04-04-2001

EP 0538717 A1	28-04-1993	CA 2080879 A1	22-04-1993
		EP 0538717 A1	28-04-1993

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2004108971 A1 [0003]