



(11) **EP 1 533 568 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
10.01.2007 Patentblatt 2007/02

(51) Int Cl.:
F23G 5/08 (2006.01) **F23G 5/20** (2006.01)
F23J 1/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03405819.8**

(22) Anmeldetag: **18.11.2003**

(54) **Hochtemperatur-Ofen**

High temperature furnace

Four à haute température

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.05.2005 Patentblatt 2005/21

(73) Patentinhaber: **Zwilag Zwischenlager
Würenlingen AG
5303 Würenlingen (CH)**

(72) Erfinder: **Ineichen, Robert
5303 Würenlingen (CH)**

(74) Vertreter: **Hepp, Dieter et al
Hepp, Wenger & Ryffel AG,
Friedtalweg 5
9500 Wil (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 3 744 438 US-A- 5 005 494

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 2000, no. 23, 10. Februar 2001 (2001-02-10) -& JP 2001 153335 A (NISSEI LTD), 8. Juni 2001 (2001-06-08)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 1997, no. 02, 28. Februar 1997 (1997-02-28) -& JP 08 254306 A (HITACHI Zosen Corp), 1. Oktober 1996 (1996-10-01)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 2000, no. 13, 5. Februar 2001 (2001-02-05) -& JP 2000 297920 A (NISSEI LTD), 24. Oktober 2000 (2000-10-24)

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

EP 1 533 568 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hochtemperatur-Ofen zum Verbrennen und Einschmelzen von Abfall und ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Hochtemperatur-Ofens mit den Merkmalen des Oberbegriffs der unabhängigen Ansprüche.

[0002] Problematische Abfälle, wie toxische oder radioaktive Abfälle, müssen für eine sichere Beseitigung in Hochtemperatur-Ofen zersetzt und/oder eingeschmolzen werden. Es sind verschiedene Ofentypen, wie z. B. Induktionsöfen, Lichtbogenöfen oder Plasmaöfen für die Behandlung toxischer und/oder radioaktiver Abfälle bekannt. Besonders die inerte Atmosphäre im Plasmaofen sowie die hohen Lichtbogen-Temperaturen von 10000°C bis 15000°C führen zu einer vollständigen Zersetzung der zu behandelnden Materialien. Feste Rückstände dieser Materialien können wiederum in einer Glasmatrix fixiert und so gegenüber der Umwelt verkapselt werden.

[0003] Es sind bereits zahlreiche Hochtemperatur-Öfen, welche mit einem Plasmabrenner als Energiequelle ausgestattet sind, bekannt und gebräuchlich. So beschreiben beispielsweise die EP 0 636 839 B1 und die US-A1-5 005 494 einen Plasma-Drehherdofen. Durch einen transferierenden Plasmabrenner wird die zur Zersetzung des Abfalls erforderliche Energie zugeführt. Die zylinderförmige Ofenkammer (Zentrifuge) des Drehherdofens weist eine in der Rotationsachse gelegene, zentrale Abgussöffnung für das Abgiessen der behandelten, resp. zersetzten und eingeschmolzenen Abfälle auf. Im Ofenboden sowie in den Seitenwänden ist feuerfestes Material angeordnet.

[0004] Gattungsmässig bekannte Drehherdöfen werden mit einer solchen Drehgeschwindigkeit betrieben, dass sich aufgrund der Zentrifugalkraft die verflüssigte Ofenfüllung im äusseren Bereich des Ofenbodens sammelt und die Abgussöffnung frei bleibt.

[0005] Problematisch ist dabei, dass die Ofenboden-Ausmauerung nicht vollständig mit Schmelzgut bedeckt und somit direkt den hohen Lichtbogentemperaturen von 10'000 bis 15'000° C des Plasmabrenners ausgesetzt ist. So muss etwa die in EP 0 636 839 B1 gezeigte Ofenboden-Unterkonstruktion und Stützkonstruktion des Abgussteines aktiv gekühlt werden. In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass im Betrieb des Ofens die Kühlung relativ schwierig ist und dass die Ofenboden-Ausmauerung insbesondere im Bereich der Abgussöffnungen zu hohen thermischen Belastungen ausgesetzt ist. Dies führt zu einer verhältnismässig geringen Lebensdauer der Ofenboden-Ausmauerung, häufige Erneuerungen der Ofenauskleidung sind die Folge. Im Weiteren besteht auch die Gefahr, dass unkontrolliert Schmelzgut in die Abgussöffnung fliesst und erstarrt, resp. der Abgusskanal dadurch verstopft werden kann. Ein unbeabsichtigtes oder unkontrolliertes Ausfliessen des Schmelzgutes bei Betriebsstörungen an den Drehantrieben der Zentrifuge ist ebenfalls möglich. Desweiteren zeigt sich in der Praxis, dass sich das aufgrund der Zentrifugalkraft am äus-

seren Ofenbodendurchmesser ansammelnde Schmelzgut nicht befriedigend homogen aufschmelzen lässt.

[0006] Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Bekannten zu vermeiden, insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, welche sich durch einen verbesserten Schutz insbesondere der Ofenboden-Ausmauerung und des Abgussteines und eine höhere Lebensdauer auszeichnet. Der Ofen soll effizienter, einfacher und sicherer betrieben werden können.

[0007] Erfindungsgemäss werden diese Aufgaben mit einem Hochtemperatur-Ofen mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0008] Der erfindungsgemässe Hochtemperatur-Ofen zum Verbrennen und Einschmelzen von insbesondere radioaktiven Abfall enthält wenigstens einen im Ofen angeordneten Plasmabrenner und ein um eine Rotationsachse drehbare Zentrifuge. Die Zentrifuge, die eine Ofenwanne mit Ofenboden und Ofenseitenwand aufweist, verfügt über eine im Ofenboden, in der Rotationsachse angeordnete Abgussöffnung. Der Ofen kennzeichnet sich dadurch aus, dass eine Verfüllvorrichtung zum Füllen der Abgussöffnung mit insbesondere hochtemperatur-beständigem Verfüllsand vorgesehen ist. Durch die Verfüllsand-Verfüllung der Abgussöffnung kann die Drehgeschwindigkeit der Zentrifuge so niedrig eingestellt werden, dass das Schmelzgut den gesamten Ofenboden bedeckt und nicht nur dessen Randbereich. Der Ofenboden wird vollständig abgedeckt und vor Überhitzung geschützt. In der Ofenwanne befindet sich im Normalbetrieb geschmolzenes Gut, bestehend aus Glas und Rückständen der behandelten Abfällen wie Beton, Ionentauscherharzen, sowie Kunststoffe und Metalle aller Arten, usw. Die für den Betrieb des Ofens erforderliche Energie wird über den Plasmabrenner eingebracht. Im unmittelbaren Bereich des Plasmabrenners werden Temperaturen von 10'000° bis 15'000° Celsius erzielt. Der Ofen eignet sich aufgrund der örtlich erzielbaren hohen Temperaturen sowie der inerten Atmosphäre ideal für das Zersetzen, Verbrennen und oder Einschmelzen von radioaktiven, hoch toxischen oder anderen problematischen Abfällen. Für eine Lichtbogen-Plasmaerzeugung weist der Ofenboden elektrisch leitende Merkmale auf. Dazu können im Ofenboden Grafit-Steine oder elektrischleitende, thermisch resistente Stampfmassen eingesetzt werden. Der notwendige elektrische Stromfluss kann jedoch auch über einen leitenden Ring im Bereich der Abgussöffnung gewährleistet werden. Es können auch eine Mehrzahl von länglichen Elektroden, welche innerhalb eines thermisch und chemisch widerstandsfähigen Ausmauerungsmaterial angeordnet sind, eingesetzt werden. Die Ofenboden-Ausmauerung muss im weiteren insbesondere thermisch und chemisch widerstandsfähig sein.

[0009] Eine mit Verfüllsand gefüllte Abgussöffnung hat verschiedene Vorteile. So kann der Drehherdofen, da der Ofenboden und damit die Ofenboden-Ausmauerung

vollständig bedeckbar ist, mit einer verhältnismässig geringen Drehgeschwindigkeit betrieben werden. Durch die Bedeckung der Ofenboden-Ausmauerung mit Schmelzgut wird die Standzeit erhöht und das Risiko eines Ofendurchbruchs verringert. Dies ermöglicht einen effizienteren Betrieb und verbessert insbesondere das Einbringen der Energie in den Ofen.

[0010] Durch die Verfüllsandfüllung im Abgusskanal wird ein Verstopfen der Abgussöffnung verhindert. Ausserdem wird ein unbeabsichtigter, unkontrollierter Abguss vermieden. Bei einem Drehherdofen mit offener Abgussöffnung der Zentrifuge kann beim Abfall der Zentrifugen-Drehgeschwindigkeit das Schmelzgut unerwünscht ausfliessen.

[0011] In einer ersten Ausführungsform weist die Abgussöffnung ein Schliesselement zum Rückhalten des Verfüllsandes auf. Eine Abgussöffnung ist vorzugsweise als in der Rotationsachse der Zentrifuge verlaufender Kanal ausgebildet sein. Vor dem Einbringen des Verfüllsandes kann das untere Ende des Kanals durch ein Schliesselement abgesperrt werden. Das Schliesselement rotiert zusammen mit dem Ofenboden um die eigene Achse und ist vorzugsweise an einem Hub- / Schwenkarm befestigt, der wiederum mit der Ofenstruktur gelenkig verbunden ist. Durch die chemische Zusammensetzung des Verfüllsandes sowie deren physikalischen Eigenschaften lässt sich sicherstellen, dass der Verfüllsand im Abgusskanal verbleibt.

[0012] Besonders vorteilhaft weist die Verfüllvorrichtung ein Einfüllprofil, insbesondere ein Rohr, auf. Dies ermöglicht es, auf einfache Art und Weise rieselfähigen Verfüllsand in die Abgusskanal einzubringen. Ein solches Einfüllprofil kann derart bewegbar mit der Verfüllvorrichtung verbunden sein, dass das Einfüllprofil unmittelbar an die Abgussöffnung gebracht werden kann, wodurch ein sicheres und genaues Füllen möglich ist.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform ist die Verfüllvorrichtung auf der Oberseite des Ofens angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass rieselfähiger Verfüllsand durch blosser Ausnutzung der Gravitationskraft in die Abgussöffnung bzw. den Abgusskanal bringbar ist. Unter Umständen können unterstützend Einrichtungen zum Schütteln bzw. Vibrieren zu Hilfe genommen werden, wodurch der einzufüllende Verfüllsand fließfähiger wird.

[0014] Besonders vorteilhaft ist die Verfüllvorrichtung, aber wenigstens das Einfüllprofil in der Rotationsachse des Ofens angeordnet. Dadurch kann der Verfüllsand sicher in den Abgusskanal eingefüllt werden.

[0015] In einer weiteren Ausführungsform weist der Ofen eine Reinigungsvorrichtung auf, mit deren Hilfe wenigstens ein Teil des Verfüllsandes aus der Abgussöffnung entfernbar ist. Mit Hilfe der Reinigungsvorrichtung kann eine Öffnung zum Abgiessen von Schmelzgut geschaffen werden. Dies gewährleistet besonders, dass das Schmelzgut sicher und kontrolliert abgegossen werden kann.

[0016] Vorteilhaft ist es, wenn die Reinigungsvorrichtung eine entlang der Rotationsachse bewegliche Lanze

aufweist, deren Spitze in die Abgussöffnung einführbar ist. Die Lanze ist dabei vorzugsweise rotationssymmetrisch ausgebildet, wobei der Durchmesser der Lanzen Spitze gleich oder kleiner dem Durchmesser der Abgussöffnung ist. Besonders vorteilhaft ist die Lanze in einer Ausgangsstelle ausserhalb des Innenraumes des Ofens angeordnet. In diesem Fall befindet sich die Lanze nur für den Reinigungsvorgang im Innenraum des Ofens, wodurch die Lanze nur verhältnismässig kurz den dort herrschenden hohen thermischen Belastungen ausgesetzt werden muss. Die Anordnung der Lanze entlang der Rotationsachse hat den Vorteil, dass der Verfüllsand passgenau aus dem Abgusskanal entfernt werden kann.

[0017] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zersetzen, Verbrennen und Einschmelzen von Abfall, insbesondere radioaktiven Abfall in einem Hochtemperatur-Ofen (Drehherdofen). Der Drehherdofen verfügt über wenigstens einen darin angeordneten Plasmabrenner, eine um eine Rotationsachse drehbare Zentrifuge und eine im Ofenboden der Zentrifuge, in der Rotationsachse angeordneten Abgussöffnung. Das Verfahren besteht aus den folgenden Schritten: verschliessen des Abgusskanals durch Verfüllsand, Einbringen von brenn- und/oder schmelzbarem Material wie Beton, Ionentauscherharzen, sowie Kunststoffe und Metalle aller Arten, usw. in den Drehherdofen und anschliessendes Zersetzen, Verbrennen und / oder Einschmelzen von Abfall, wobei die Zentrifuge mit einer vorbestimmbaren Drehgeschwindigkeit rotiert. In einem ersten Schritt wird also in eine vorzugsweise kanalartige Abgussöffnung Verfüllsand eingebracht. Dazu befindet sich im unteren Ende des Abgusskanals ein Schliesselement zum Rückhalten des Verfüllsandes. Die Verfüllvorrichtung verfügt über eine Dosiereinrichtung zum bestimmungsgemässen Füllen mit Verfüllsand. Vorzugsweise wird gerade so viel Verfüllsand eingefüllt, dass der gesamte Abgusskanal vollständig befüllt ist. Es ist aber auch denkbar, dass mehr Verfüllsand eingebracht wird, wodurch ein etwa hügelartiger Verfüllsandhaufen im Ofenboden entsteht. Nach dem verschliessen der Abgussöffnung mit Verfüllsand kann schmelz- und brennbarer Abfall in den Drehherdofen eingebracht und behandelt werden. Wobei der Abfall vorzugsweise unter inerter Atmosphäre bei hohen Temperaturen mit Hilfe des Plasmabrenners verbrannt und verbleibende feste Partikel in das Schmelzgut eingeschlossen werden. Dazu wird die Zentrifuge des Drehherdofens mit einer vorbestimmbaren Drehgeschwindigkeit rotiert. Aufgrund der mit Verfüllsand verschlossenen Abgussöffnung kann die Drehgeschwindigkeit so niedrig gewählt werden, dass der Ofenboden vollständig durch geschmolzenes Gut bedeckt bleibt.

[0018] In einer ersten Ausführungsform des Verfahrens wird die Abgussöffnung zuerst mit Hilfe eines Schliesselements geschlossen. Danach wird die Abgussöffnung bzw. der Abgusskanal mit Verfüllsand gefüllt. Das Schliesselement gewährleistet einerseits das Rückhalten des Verfüllsandes im Abgusskanal, andererseits verhindert es ein unbeabsichtigtes Ausfliessen von Ver-

füllsand während des Betriebes. Erst nachdem das Schliesselement geöffnet wird, ist der Verfüllsand aus der Abgussöffnung entfernbar. Das Schliesselement rotiert um die eigene Achse und ist vorzugsweise an einem Hub- / Schwenkarm befestigt der wiederum mit der Ofenstruktur gelenkig verbunden ist. Für die Funktion "Abgusskanal geschlossen", kann das Schliesselement mit Federkraft in Position gehalten werden. Für die Funktion "Abgusskanal öffnen", kann das das Schliesselement hydraulisch weggeschwenkt werden.

[0019] Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird zum Entleeren des Reaktors der Abgussöffnung dadurch freigemacht, dass das *unter der dem* Abgusskanal *angeordnete* Schliesselement geöffnet und dann der Verfüllsand im Abgusskanal wenigstens teilweise mit Hilfe einer Ausstoss- oder Reinigungsvorrichtung entfernt wird. Nach dem Öffnen des Schliesselements wird unter Umständen bereits ein Teil des rieselfähigen Verfüllsand aus dem Abgusskanal ausfliessen. Die Drehgeschwindigkeit des Drehherdofens wird derart erhöht, dass die Abgussöffnung infolge Zentrifugalwirkung nicht mehr von Schmelzgut bedeckt ist. Dann wird mit Hilfe der Ausstoss- oder Reinigungsvorrichtung der Verfüllsand aus der Abgussöffnung entfernt. Beispielsweise dadurch, dass mit einer bewegbar ausgebildeten Lanze der Reinigungsvorrichtung die im Abgusskanal noch vorhandenen Verfüllsandresten ausgestossen werden. Zum Abgiessen wird dann die Drehgeschwindigkeit des Drehherdofens wieder reduziert. Ein kontrolliertes Abgiessen von Schmelzgut kann dadurch gewährleistet werden. Durch die Wahl der Rotationsgeschwindigkeit kann die Ausfliessgeschwindigkeit des Schmelzguts gesteuert werden. Das ausfliessende Schmelzgut wird anschliessend in einer Kokille aufgefangen und gekühlt.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform werden Schmelzgutreste nach erfolgtem Abgiessen aus dem Abgusskanal mit Hilfe der Reinigungsvorrichtung derart entfernt, dass wenigstens teilweise Schmelzgutreste im Abgussöffnung verbleiben und deren Wandung bedeckt. Eine Lanze mit einem Durchmesser der kleiner als der Abgusskanal-Durchmesser ist, entfernt nur Schmelzgutreste im Bereich des Zentrums des Abgusskanals. Übrig bleibt eine im Grundriss ringförmige Auskleidung, die im Abgusskanal entlang der Rotationsachse angeordnet ist und in Folge erstarrt. Dadurch entsteht eine verhältnismässig feste und gut mit dem Abgusskanal verbundene Schutzschicht. Der dadurch kalibrierte Abgusskanal wird somit effizient gegen Verschleiss geschützt.

[0021] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren, in welchem Schmelzgutreste nur im Zentrum der Abgussöffnung derart entfernt werden, dass Schmelzgutreste als Verkleidung oder Ummantelung im Abgusskanal zurückbleiben. Dadurch ist es möglich, den Ofen bzw. den Drehherdofen mit offenem Abgusskanal zu betreiben.

[0022] Weitere Einzelmerkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung

der Ausführungsbeispiele und aus den Zeichnungen. Es zeigen:

- Figur 1 Querschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Hochtemperatur-Ofens,
- Figur 2 Querschnitt auf das Ausführungsbeispiel gemäss Figur 1, aber mit ausgefahrener Reinigungsvorrichtung,
- Figur 3 vergrösserte Darstellung eines Querschnitts eines Drehherd-Ofenbodens eines Hochtemperatur-Ofens gemäss einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- Figur 4 vergrösserte Darstellung eines Drehherd-Ofenbodens gemäss einem dritten Ausführungsbeispiels,
- Figur 5 vergrösserte Ansicht eines Querschnitts durch eine Verfüll-Vorrichtung und eine Reinigungsvorrichtung,
- Figur 6 schematische Ansicht eines vorbereiteten Ofens,
- Figur 7 schematische Ansicht eines Ofens in einem ersten Betriebszustand,
- Figur 8 schematische Ansicht eines Ofens in einem zweiten Betriebszustand, in welchem der Abgusskanal freigemacht wird,
- Figur 9 schematische Ansicht eines Ofens in einem dritten Betriebszustand, in welchem das Schmelzgut ausfliesst und

[0023] In Figur 1 wird ein mit 1 bezeichneter Ofen gezeigt. Der Ofen 1 verfügt über ein Gehäuse 23, in welchem ein um eine Rotationsachse R drehbarer Zentrifuge 3 angeordnet ist. Über eine Öffnung 24 ist ein Plasmabrenner 2 im Innenraum 16 des Ofens 1 angeordnet. Weiter verfügt das Gehäuse 23 über eine Öffnung 19 für Pyrolysegas und eine Öffnung 18 zum Füllen des Ofens mit brenn- und schmelzbarem Material und/oder Abfall. Die Öffnung 18 kann derart ausgestaltet sein, dass ganze Fässer mit brenn- und schmelzbarem Material und/oder Abfall, insbesondere mit radioaktivem oder toxischem Inhalt in den Innenraum 16 des Ofens 1 eingebracht werden können. Nicht in Figur 1 gezeigt sind weitere mögliche Öffnungen für Hilfsbrenner, Messinstrumente und andere Einrichtungen. Die Zentrifuge 3 bildet eine Ofenwanne 4 zur Aufnahme von festen und/oder flüssigem Material. Die Ofenwanne 4 weist einen Ofenboden 5 und eine Ofenseitenwand 6 auf. Der Ofenboden 5 ist derart ausgestaltet, dass dieser für die Stromführung herrührend vom Plasmabrenner 2 dienen kann. Der Ofenboden

5 kann beispielsweise mit Grafitsteinen oder elektrisch leitenden Stampfmassen bestückt sein. Der Ofenboden 5 kann aber auch mit Elektroden für die Stromführung und mit Auskleidungsmaterialien, welche thermisch und chemisch resistenten Eigenschaften haben, ausgeführt werden. (siehe nachfolgend Figuren 3 und 4). In der Mitte des Ofenbodens 5 befindet sich eine Abgussöffnung 8. Die Abgussöffnung 8 ist als in Richtung der Rotationsachse R verlaufender Kanal 25 ausgestaltet. Der Abgusskanal 25 ist dabei vorzugsweise zylinderförmig, konvexe oder konkave Ausführungsformen sind aber vorstellbar. Auch konische Einführbereiche für einen zylindrischen Kanal sind denkbar. Das untere Ende des Abgusskanals 25 bzw. des Ofenbodens 5 verschliesst ein Schliesselement 7. Der Abgusskanal 25 wird mit hochtemperaturbeständigem Verfüllsand 10, beispielsweise ein Metalloxid-Grafitgemisch verfüllt. Geeignet ist beispielsweise ein Verfüllsand bestehend aus einer Mischung von SiO_2 , Cr_2O_3 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{MgO}$, Cao sowie C. Vorteilhaft wird der Abgusskanal 25 vollständig mit Verfüllsand 10 verfüllt. In der Zentrifuge 3 befindet sich die Schmelze 21 bestehend aus geschmolzenem Material und darin eingelagerten Feststoffen. Wie aus Figur 1 ersichtlich, ist der Bereich über der Abgussöffnung 8 dank der Verfüllung mit Verfüllsand 10 mit Schmelze 21 bedeckbar.

[0024] Im Bereich der Oberseite 12 des Ofens befindet sich eine Verfüllvorrichtung 9 zum Verfüllen des Verfüllsands in den Abgusskanal 25. Der Verfüllsand wird von einem Vorratsbehälter 22 oder mittels anderer Zufuhreinrichtungen zu einem Einfüllprofil 11 geführt. Das Einfüllprofil 11 ist vorzugsweise als Rohr ausgestaltet und in der Rotationsachse R angeordnet. Rieselfähiger Verfüllsand fällt durch den Innenraum 16 des Ofens auf die Abgussöffnung 8 bzw. in den Abgusskanal 25. Es ist aber auch vorstellbar, dass zum Verfüllen das Einfüllprofil 11 bis zur oder wenigstens in die Nähe der Abgussöffnung 8 führbar ist. Auf der Oberseite 12 des Ofens 1 ist weiter in der Rotationsachse R eine Reinigungsvorrichtung 13 zum Freimachen der Abgusskanals 25 vom Verfüllsand 10 vorgesehen. Die Reinigungsvorrichtung 13 weist eine ausfahrbare Lanze 14 auf, welche in ihrer Ausgangsstellung während dem Betrieb des Ofens 1 ausserhalb des Innenraums 16 des Ofens angeordnet ist. Vorzugsweise ist im normalen Betrieb, während dem Abfall geschmolzen, verbrannt und/oder zersetzt wird, der Innenraum 16 des Ofens 1 dicht zu schliessen. Im Normalbetrieb steht der Ofen vorzugsweise unter einem Unterdruck von 10 bis 25 mbar. Damit die Verfüll- und Reinigungsvorrichtung während dem Normalbetrieb thermisch nicht belastet wird, wird die Öffnung 26 geschlossen. Dies kann beispielsweise mit einem Schieber 20, welcher in x-Richtung verschiebbar ist, geschehen. Selbstverständlich ist auch vorstellbar, dass die Verfüllvorrichtung 9 einerseits und die Reinigungsvorrichtung 13 andererseits verschiedene Öffnungen statt der einen Öffnung 26 aufweisen.

[0025] Die Figur 2 zeigt den Ofen 1 mit ausgefahrener

Lanze 14. Dazu wird ein Schieber 20 oder eine andere Schliessvorrichtung in Offenstellung gebracht. Die Lanze 14 wird entlang der Rotationsachse R gegen die Abgussöffnung 8 bewegt und zwar wenigstens soweit, dass der Abgusskanal 25 über seine gesamte Länge durchstossen wird. Die Spitze 15 der Lanze 14 ist vorzugsweise symmetrisch ausgerichtet. Der Durchmesser der Spitze 15 kann dem Durchmesser der Abgussöffnung 8, insbesondere des Abgusskanals 25 entsprechen. Es kann aber vorteilhaft sein, wenn der Durchmesser der Spitze 15 kleiner als derjenige des Abgusskanals 8 ist. Durch die Wahl des Durchmessers der Spitze wird der frei zu machende Abgusskanal festgelegt. Damit kann die abfliessende Geschwindigkeit der Schmelze beeinflusst werden. Für die Aufnahme der Schmelze ist unterhalb der Abgussöffnung 8 eine Kokille 17 vorgesehen.

[0026] Die Lanze 14 bzw. wenigstens die Lanzenspitze 15 besteht aus hochtemperaturbeständigem Material, beispielsweise das dem Fachmann bekannte HAYNES 230. Die Lanzenspitze kann als stumpfer Kegel ausgebildet sein. Die Reinigungsvorrichtung 13 kann derart ausgestaltet sein, dass diese auch als Verfüllvorrichtung 9 dienen kann. So kann beispielsweise eine grundsätzlich hohl ausgebildete Lanze zum Füllen des Abgusskanals 25 dienen. Weiter ist ebenfalls denkbar, dass die Reinigungsvorrichtung 13, insbesondere die Lanze 14, dazu verwendet wird, den Verfüllsand nach dem Füllen in die Abgussöffnung 8 bzw. in den Abgusskanal 25 durch Pressen zu verdichten. Dazu könnte die Spitze 15 der Lanze 14 einen speziellen, insbesondere flächigen Aufsatz zum Pressen des Verfüllsandes aufweisen.

[0027] Die in Figur 3 gezeigte Zentrifuge 3 weist eine Auskleidung 28, die in einer vorzugsweise metallischen Stützstruktur 27 angeordnet ist, auf. Die Auskleidung 28 kann aus gängigen Ausmauerungsmaterialien wie Verguss- und Stampfmassen oder aus gegossenen oder gepressten Formsteinen aus Korund, Chromkorund und hochtonerdehaltigen Produkten bestehen. Mittig ist als Bestandteil der Auskleidung 28 ein Abgussstein 29, der die Abgussöffnung 8 ausbildet, angeordnet. Wenigstens ein Teil der Ofenboden-Innenseite 30 verfügt über ein vorzugsweise relativ geringes Gefälle gegen die Mitte hin. Das Gefälle soll insbesondere ein erleichtertes Abfliessen der Schmelze gewährleisten. Der Abgussstein 29 ist auf seiner zum Innenraum 16 gewandten Seite horizontal ausgestaltet. Ein Gefälle zur Mitte ist jedoch auch hier denkbar. In der Auskleidung 28 ist ein elektrisch leitendes Ringelement 31 für die Stromführung, herrührend vom Plasmabrenner, angeordnet. Nach unten verschliesst die Abgussöffnung 8 bzw. den Abgusskanal 25 ein Schliesselement 7, welches über Federkraft an Abgussstein 29 angepresst ist. Das Schliesselement rotiert um die eigene Achse und ist vorzugsweise an einem Hub- / Schwenkarm befestigt, der wiederum mit der Ofenstruktur gelenkig verbunden ist. Für die Funktion "Abgusskanal geschlossen", kann das Schliesselement mit Federkraft in Position gehalten werden. Für die Funktion "Abgusskanal öffnen", kann das Schliesselement hy-

draulisch weggeschwenkt werden.

[0028] In Figur 4 ist ein Drehherd-Ofen bzw. deren Zentrifuge 3 mit einer Antriebsanordnung 32 zum Drehen der Zentrifuge 3 um die Rotationsachse R dargestellt. Mit Hilfe eines Drehantriebs wird über einen Zahnkranz die Zentrifuge 3 in Drehbewegung versetzt. ω sei dabei die Drehgeschwindigkeit. Die Auskleidung 28 weist mehrere Stabilisierungs- und Isolationsschichten 33 bis 35 auf. Statt eines elektrisch leitenden Ringelementes 31 wie in Figur 3 gezeigt, verfügt der Ofenboden 5 über eine Mehrzahl von länglich ausgebildeten Elektroden 36. Diese stehen leicht geneigt zur Ofenboden-Innenseite 30. In der Draufsicht sind die Elektroden 36 gleichmässig verteilt und konzentrisch zueinander angeordnet. Die Elektroden 36 stehen in elektrischem Kontakt mit Stromabnehmerbürsten 37. Die Abgussöffnung 8 ist in der Rotationsachse der Zentrifuge 3 angeordnet.

[0029] Figur 5 zeigt eine Aufbau (38) enthaltend eine Verfüllvorrichtung 9 und eine Reinigungsvorrichtung 13. Die Aufbau 38 ist beispielsweise mit Hilfe einer Flansch-Verbindung 39 mit dem Ofen 1 verbunden. Die Aufbau 38 verfügt über ein Gehäuse 40, in welchem die Reinigungsvorrichtung 13 und die Verfüllvorrichtung 9 angeordnet sind. Die ausfahrbare Lanze 14 kann mit einer Kombination eines Spindelantriebs 41 und eines Hydraulikzylinders 42 entlang der Rotationsachse R fortbewegt werden. Mit Hilfe des Spindelantriebs 41 wird ein Teil der Wegstrecke für die Lanze 14 bestimmt. Eine parallel zur Rotationsachse R verlaufende Spindel 44 ist an ihren Enden drehbar gelagert und wird vorzugsweise über ein Elektromotor angetrieben. Die Zurücklegung der anderen Wegstrecke der Lanze 14 folgt auf hydraulischem Wege. Der hydraulische Antrieb hat beispielsweise den Vorteil, dass eine grössere Kraft zum Durchstossen der Lanze des mit Verfüllsand beaufschlagten Abgusskanals 25 aufgebracht werden kann. Die Lanze 14 kann beispielsweise entlang einer Führung 45, welche parallel zur Rotationsachse R verläuft, über einen Führungsschlitten 43 geführt werden. Zusätzlich weist die Reinigungsvorrichtung 13 eine längliche, röhrenförmige Ummantelung 46 auf, welche beispielsweise dazu dient, ein Teil der Lanze 14, insbesondere wenn die Lanze sich im Innenraum 16 des Ofens 1 befindet, vor thermischen Einflüssen schützt. Die Verfüllvorrichtung 9 weist wenigstens einen Vorratsbehälter 22 sowie röhrenförmige Leitungen 47 zur Führung des Verfüllsandes auf, wobei diese in etwa wenigstens teilweise entlang der Lanze 14 verlaufen.

[0030] Die Figuren 6 bis 9 zeigen - schematisch dargestellt - ein Verfahrensablauf zum Betreiben des erfindungsgemässen Ofens 1. Vor dem Füllen des Ofens 1 mit brenn- und schmelzbaren Material, wird in einem ersten Schritt mit Hilfe des Schliesselements 7 der Abgusskanal 25 der Abgussöffnung 8 auf der unteren Seite geschlossen. Sodann kann Verfüllsand in den vorbereiteten Abgusskanal 25 gefüllt werden. Die Verfüllsandverfüllung 10 kann je nach vorgesehener Betriebsart gepresst bzw. verdichtet werden (Fig. 6). Danach wird Glas

und brenn- und schmelzbarer Abfall wie Beton, Ionentauscherharzen, sowie Kunststoffe und Metalle aller Arten, usw. in die drehende Zentrifuge 3 eingebracht. Das schmelzbare Gut wird aufgeschmolzen bis ein bestimmter Ofenfüllgrad erreicht wird.

[0031] Die Figur 7 zeigt den Ofen 1 im Normalbetrieb. Dieser rotiert mit einer Drehgeschwindigkeit ω_1 . Die Drehgeschwindigkeit ω_1 ist bevorzugt so zu wählen, dass der Ofenboden und insbesondere die Abgussöffnung 8 mindestens bedeckt ist. Kontinuierlich oder diskontinuierlich eingebrachter Abfall wird zersetzt, verbrannt und oder eingeschmolzen. Entstehende Verbrennungs- und Pyrolysegase werden abgeführt, die verbleibenden festen Rückstände gehen in die Schmelze 21. Erreicht die Schmelze einen maximalen oder einen anderen vorbestimmten Ofenfüllungsgrad, so muss die Schmelze aus dem Ofen 1 abgegossen werden. Dazu wird die Drehgeschwindigkeit ω_2 soweit erhöht, dass in Folge der Zentrifugal-Kraft wenigstens die Abgussöffnung 8 vollständig von Schmelze 21 befreit ist. Nachdem das Schliesselement 7 geöffnet und/oder ausgeschwenkt worden ist, kann mit Hilfe der Reinigungsvorrichtung 13 eine Öffnung in Form eines Durchstichs in den mit Verfüllsand 10 beaufschlagten Abgusskanal 25 gebracht werden. Dabei kann gemäss Figur 8 der Kern 50 des Verfüllsandes ausgestossen werden, während Schmelzgutreste als Verkleidung im Abgusskanal 25 verbleiben. Wie in Figur 9 dargestellt, kann das Schmelzgut 21 durch die entstandene Öffnung abfliessen. Dazu wird die Drehgeschwindigkeit ω_3 wieder reduziert. Im Abgusskanal 25 verbliebene Schmelzgutreste dienen als Verkleidung 48. Diese Verkleidung schützt den Abgusskanal 25. Nach erfolgtem Abgiessen der Schmelze 21 kann der Abgusskanal 25 wieder mit Verfüllsand verfüllt werden und ein neuer Umlauf (Batch-Prozess) kann beginnen. Es ist aber auch denkbar, dass nach dem Abgiessen der Schmelze ein zusätzlicher Reinigungsschritt vorgesehen ist zum Entfernen von Restmaterial, welches an der entstandenen Öffnung noch verblieben ist, zu entfernen. Dazu kann dieselbe oder eine weitere Reinigungsvorrichtung benutzt werden. Dadurch können Störungen wie Verstopfungen vermieden werden.

45 Patentansprüche

1. Hochtemperatur-Ofen zum Verbrennen und Einschmelzen von insbesondere radioaktivem Abfall mit wenigstens einem darin angeordneten Plasmabrenner (2), einer um eine Rotationsachse (R) drehbarer Zentrifuge (3), wobei die Zentrifuge (3) eine Ofenwanne (4) mit Ofenboden (5) und Ofenseitenwand (6) aufweist, und einer im Ofenboden (5) in der Rotationsachse (R) angeordneten Abgussöffnung (8), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Verfüllvorrichtung (9) zum Füllen wenigstens eines Teils der Abgussöffnung (8) mit Verfüllsand (10) vorgesehen ist.

2. Hochtemperatur-Ofen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgussöffnung (8) ein Schliesselement (7) zum Rückhalten des Verfüllsand (10) aufweist.
3. Hochtemperatur-Ofen nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verfüllvorrichtung ein Einfüllprofil (11), insbesondere ein Rohr, aufweist.
4. Hochtemperatur-Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verfüllvorrichtung (9) auf der Oberseite (12) des Ofens (1) angeordnet ist.
5. Hochtemperatur-Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Einfüllprofil (11) der Verfüllvorrichtung (3) in der Rotationsachse(R) angeordnet ist.
6. Hochtemperatur-Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ofen (1) eine Reinigungsvorrichtung (13) mit dessen Hilfe wenigstens ein Teil des Verfüllsand (8) entferntbar ist, aufweist.
7. Hochtemperatur-Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Reinigungsvorrichtung (13) eine entlang der Rotationsachse (R) bewegliche Lanze (14), deren Spitze (15) in die Abgussöffnung (8) einführbar ist, aufweist.
8. Hochtemperatur-Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Abgusskanals (25) verbleibende Schmelzgutreste als Verkleidung (48) vorgesehen sind.
9. Verfahren zum Zersetzen, Verbrennen und Einschmelzen von Abfall in einem Hochtemperatur-Ofen (1), insbesondere einem Hochtemperatur-Ofen nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit wenigstens einem darin angeordneten Plasmabrenner (2), einem um eine Rotationsachse (R) drehbare Zentrifuge (3), wobei die Zentrifuge (3) einen Ofenboden (5) mit Ofenseitenwand (6) aufweist, und einer im Ofenboden, in der Rotationsachse(R) angeordneten Abgussöffnung, mit den Schritten:
 - (1) Einbringen von Glas und brenn- und/oder schmelzbaren Abfall in den Ofen und
 - (2) Zersetzen, Verbrennen und Einschmelzen von Abfall, wobei der Drehherdofen mit einer vorbestimmbaren Drehgeschwindigkeit rotiert wird,
 - dadurch gekennzeichnet, dass**
 - vor dem Einbringen des brenn- und schmelzbaren Abfalls in den Ofen (1) die Abgussöffnung (8) durch Verfüllsand verschlossen wird.

10. Verfahren zum Zersetzen, Verbrennen und Einschmelzen von Abfall in einem Hochtemperatur-Ofen nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgussöffnung (8) zuerst mit Hilfe eines Schliesselements (7) geschlossen und dann mit Verfüllsand gefüllt wird.
11. Verfahren zum Zersetzen, Verbrennen und Einschmelzen von Abfall nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verfüllsand verdichtet wird.
12. Verfahren zum Zersetzen, Verbrennen und Einschmelzen von Abfall nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Entleeren des Reaktors, insbesondere zum Abgiessen geschmolzenen Materials, die Abgussöffnung freigemacht wird.
13. Verfahren zum Zersetzen, Verbrennen und Einschmelzen von Abfall nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Entleeren des Reaktors die Abgussöffnung dadurch freigemacht wird, dass das Schliesselement (7) der Abgussöffnung (8) geöffnet und der Verfüllsand im Abgusskanal (25) wenigstens mit Hilfe einer Reinigungsvorrichtung (13) teilweise entfernt wird.
14. Verfahren zum Zersetzen, Verbrennen und Einschmelzen von Abfall nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur der Kern (50) der Verfüllsandfüllung im Abgusskanal (25) entfernt wird.

Claims

1. High temperature furnace for burning and melting down in particular radioactive waste, comprising at least one plasma torch (2) arranged therein, a centrifuge (3) rotatable about a rotation axis (R), the centrifuge (3) having a furnace shell (4) with furnace bottom (5) and furnace side wall (6), and a tapping opening (8) arranged in the furnace bottom (5) in the rotation axis (R), **characterized in that** a filling device (9) for filling at least part of the tapping opening (8) with filling sand (10) is provided.
2. High temperature furnace according to Claim 1, **characterized in that** the tapping opening (8) has a closing element (7) for retaining the filling sand (10).
3. High temperature furnace according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the filling device has a feed profile (11), in particular a pipe.

4. High temperature furnace according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the filling device (9) is arranged on the top side (12) of the furnace (1).
5. High temperature furnace according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** at least one feed profile (11) of the filling device (3) is arranged in the rotation axis (R).
6. High temperature furnace according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the furnace (1) has a cleaning device (13), by means of which at least some of the filling sand can be removed from the tapping opening (8).
7. High temperature furnace according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** a cleaning device (13) has a lance (14) which is movable along the rotation axis (R) and whose tip (15) can be inserted into the tapping opening (8).
8. High temperature furnace according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** melting charge residues remaining in the tapping passage (25) are provided as lining (48).
9. Method of dissociating, burning and melting down waste in a high temperature furnace (1), in particular a high temperature furnace according to one of Claims 1 to 11, comprising at least one plasma torch (2) arranged therein, a centrifuge (3) rotatable about a rotation axis (R), the centrifuge (3) having a furnace bottom (5) with furnace side wall (6), and a tapping opening arranged in the furnace bottom in the rotation axis (R), comprising the following steps:
 - (1) introducing glass and combustible and/or meltable waste, into the furnace, and
 - (2) dissociating, burning and melting down waste, the rotary hearth furnace being rotated at a predeterminable rotary speed,

characterized in that, before the combustible and meltable waste is introduced into the furnace (1), the tapping opening (8) is closed by filling sand.
10. Method of dissociating, burning and melting down waste in a high temperature furnace according to Claim 9, **characterized in that** the tapping opening (8) is first closed by means of a closing element (7) and is then filled with filling sand.
11. Method of dissociating, burning and melting down waste according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the filling sand is compacted.
12. Method of dissociating, burning and melting down waste according to one or more of Claims 9 to 11,

characterized in that the tapping opening is cleared for emptying the reactor, in particular for tapping molten material.

- 5 13. Method of dissociating, burning and melting down waste according to one of more of Claims 9 to 12, **characterized in that**, in order to empty the reactor, the tapping opening is cleared by the closing element (7) of the tapping opening (8) being opened and by the filling sand in the tapping passage (25) being at least partly removed by means of a cleaning device (13).
- 10
- 15 14. Method of dissociating, burning and melting down waste according to one or more of Claims 9 to 12, **characterized in that** only the core (50) of the filling sand charge in the tapping passage (25) is removed.

20 Revendications

- 25 1. Four à haute température pour la combustion et la fusion de déchets radioactifs, en particulier, avec une torche à plasma (2) disposée dans ce four, une centrifugeuse (3) apte à tourner sur un axe de rotation (R), la centrifugeuse (3) comportant une cuve de four (4) avec un fond (5) et une paroi latérale (6), et une ouverture d'écoulement (8) disposée dans le fond (5) dans l'axe de rotation (R), **caractérisé en ce qu'il** est prévu un dispositif de remplissage (9) pour remplir une partie au moins de l'ouverture d'écoulement (8) avec du sable de remplissage (10).
- 30
- 35 2. Four à haute température selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ouverture d'écoulement (8) comporte un obturateur (7) pour retenir le sable de remplissage (10).
- 40 3. Four à haute température selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le dispositif de remplissage comporte un profilé de remplissage (11), en particulier un tuyau.
- 45 4. Four à haute température selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le dispositif de remplissage (9) est disposé sur le côté supérieur (12) du four (1).
- 50 5. Four à haute température selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'au** moins un profilé de remplissage (11) du dispositif de remplissage (9) est disposé dans l'axe de rotation (R).
- 55 6. Four à haute température selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le four (1) comporte un dispositif de nettoyage (13) à l'aide duquel une partie au moins du sable de remplissage peut être enlevé de l'ouverture d'écoulement (8).

7. Four à haute température selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'un** dispositif de nettoyage (13) comporte une lance (14) qui est mobile le long de l'axe de rotation (R) et dont la pointe (15) peut être introduite dans l'ouverture d'écoulement (8).
8. Four à haute température selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** des restes de produit fondu qui sont restés dans le conduit d'écoulement (25) sont prévus comme revêtement (48).
9. Procédé pour la décomposition, la combustion et la fusion de déchets dans un four à haute température (1), en particulier un four à haute température selon l'une des revendications 1 à 8, avec au moins une torche à plasma (2) disposée dans ce four, une centrifugeuse (3) apte à tourner sur un axe de rotation (R), la centrifugeuse (3) comportant un fond (5) avec une paroi latérale (6), et une ouverture d'écoulement disposée dans le fond (5), dans l'axe de rotation (R), avec les étapes suivantes :
- (1) introduction de verre et de déchets aptes à brûler et/ou à fondre dans le four, et
- (2) décomposition, combustion et fusion de déchets, le four à sole tournante tournant à une vitesse apte à être prédéfinie,
- caractérisé en ce qu'avant d'introduire dans le four** (1) les déchets aptes à brûler et à fondre, on ferme l'ouverture d'écoulement (8) avec du sable de remplissage.
10. Procédé pour la décomposition, la combustion et la fusion de déchets dans un four à haute température selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'ouverture d'écoulement (8) est tout d'abord fermée à l'aide d'un obturateur (7), puis remplie avec du sable de remplissage.
11. Procédé pour la décomposition, la combustion et la fusion de déchets selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le sable de remplissage est compacté.
12. Procédé pour la décomposition, la combustion et la fusion de déchets selon l'une au moins des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** pour vider le réacteur, en particulier pour l'écoulement de la matière fondue, on dégage l'ouverture d'écoulement.
13. Procédé pour la décomposition, la combustion et la fusion de déchets selon l'une au moins des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce que** pour vider le réacteur, on dégage l'ouverture d'écoulement (8) en ouvrant l'obturateur (7) de celle-ci et en enlevant partiellement le sable de remplissage du conduit d'écoulement (25), au moins à l'aide d'un dispositif de nettoyage (13).
14. Procédé pour la décomposition, la combustion et la fusion de déchets selon l'une au moins des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce qu'on n'enlève que le centre** (50) du remplissage de sable dans le conduit d'écoulement (25).

Fig.1

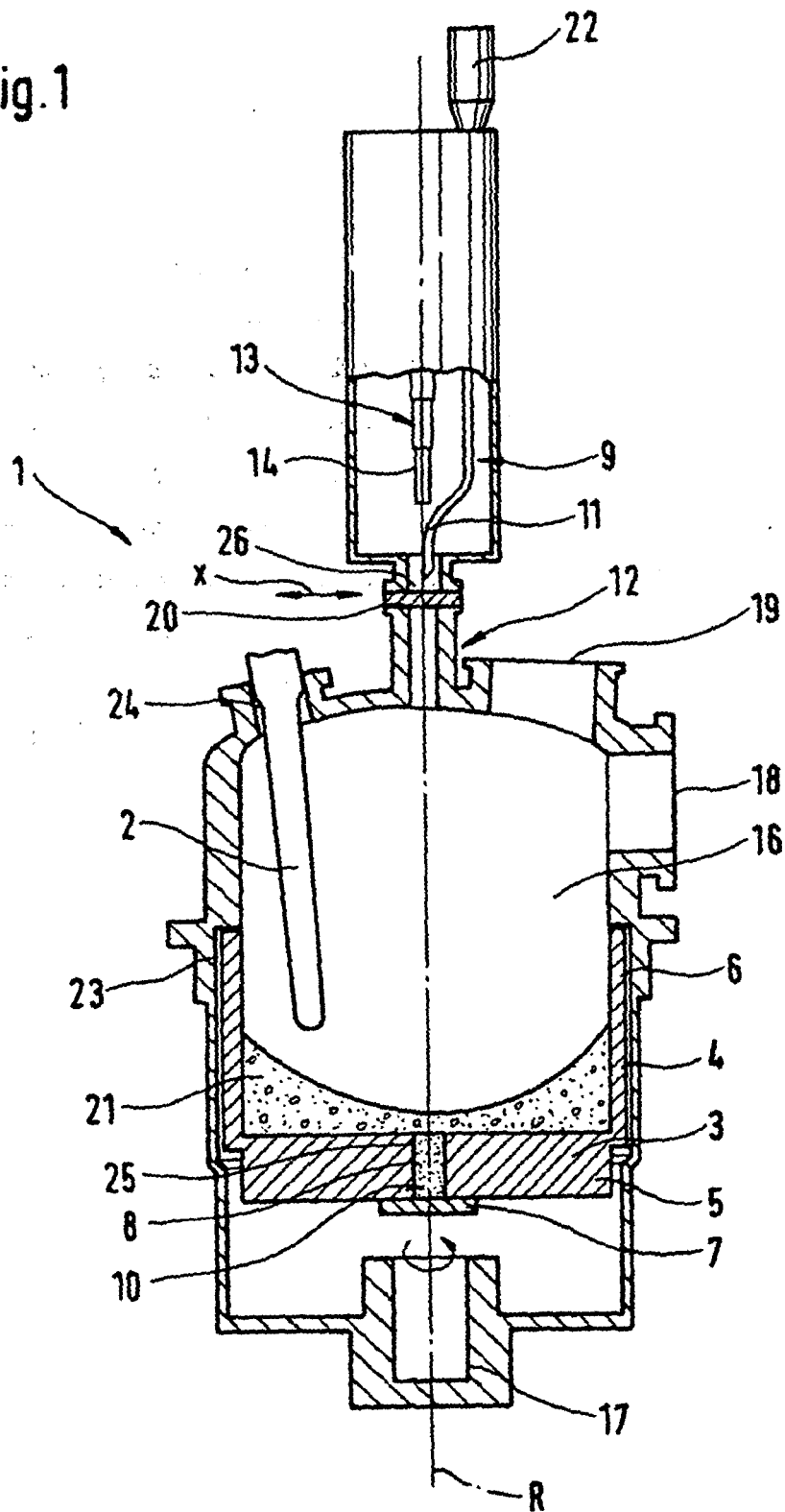


Fig. 2

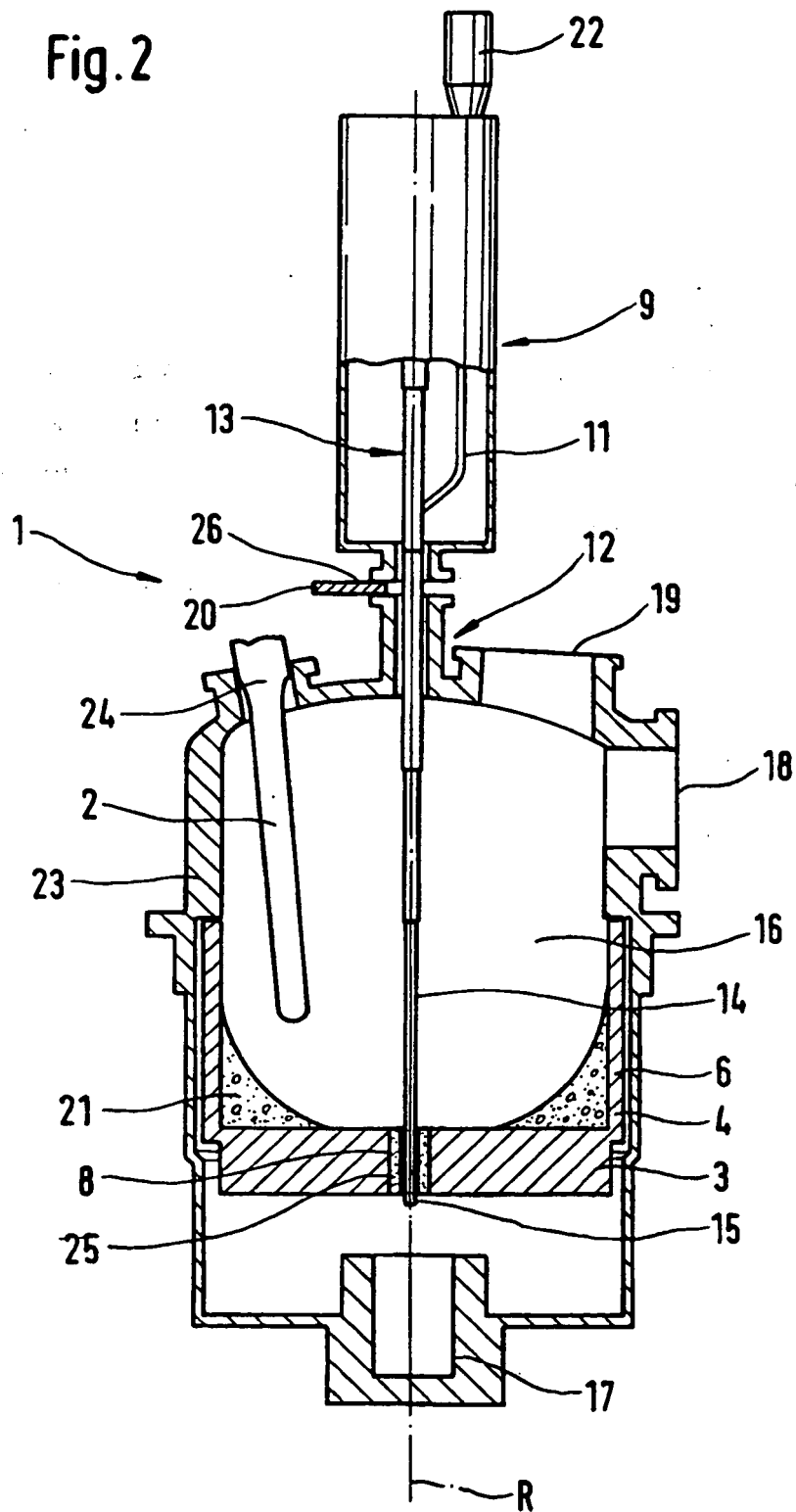


Fig.3

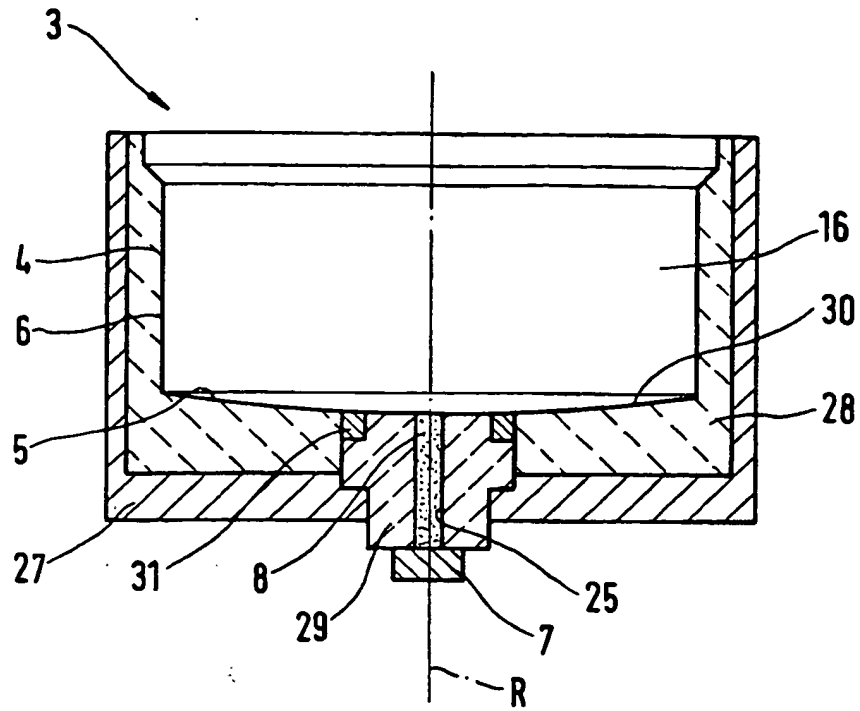


Fig.4

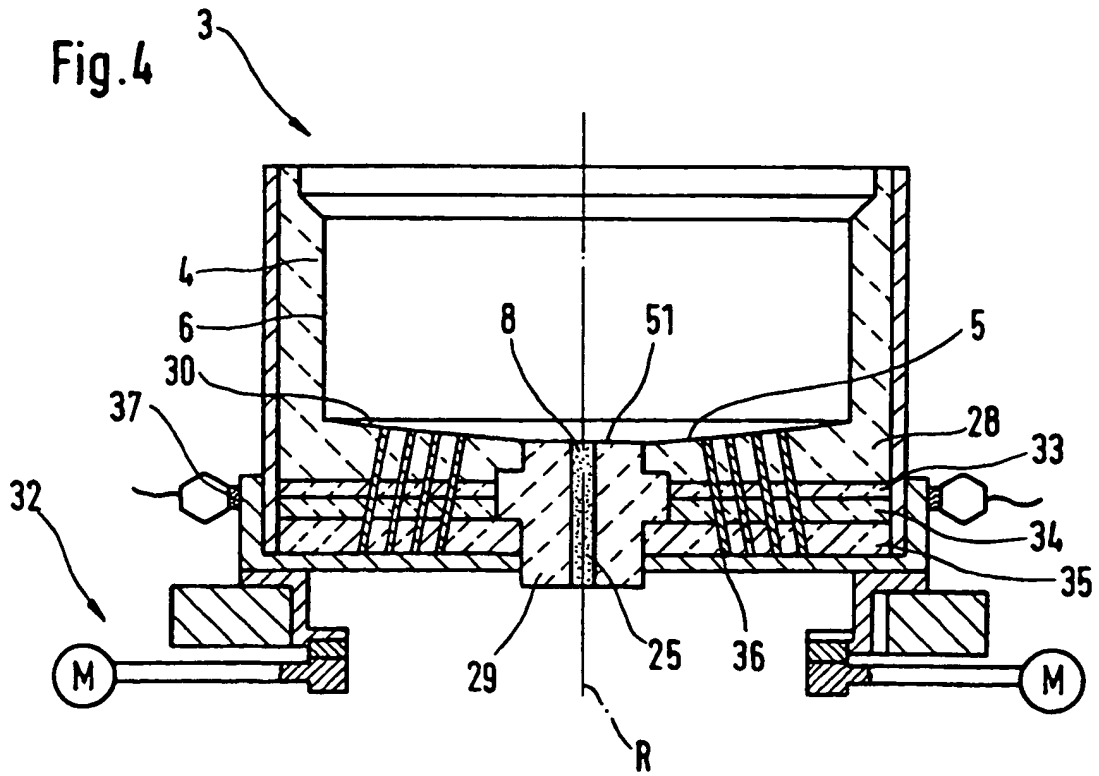


Fig.5

