(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 946 160 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.12.2017 Patentblatt 2017/50

(21) Anmeldenummer: **14701015.1**

(22) Anmeldetag: **16.01.2014**

(51) Int Cl.:
F27B 14/08 *(2006.01)* ***G21D 1/00*** *(2006.01)*
G21F 9/00 *(2006.01)* ***F27B 14/04*** *(2006.01)*
G21F 9/30 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/050812

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/111474 (24.07.2014 Gazette 2014/30)

(54) **SCHMELZEINRICHTUNG ZUM KONSOLIDIEREN VON KONTAMINIERTEM SCHROTT**

MELTING INSTALLATION TO CONSOLIDATE CONTAMINATED WASTE

INSTALLATION DE FUSION POUR CONSOLIDER DES DÉCHETS CONTAMINÉS

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **17.01.2013 DE 102013100463**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.11.2015 Patentblatt 2015/48

(73) Patentinhaber: **ALD Vacuum Technologies GmbH**
63457 Hanau (DE)

(72) Erfinder:
- **FRANZ, Henrik**
  63579 Freigericht (DE)
- **GROSSE, Karl-Heinz**
  63584 Gründau (DE)
- **HOLZ, Markus**
  63486 Bruchköbel (DE)
- **PROTZMANN, Michael**
  63607 Wächtersbach (DE)

(74) Vertreter: **Fuchs Patentanwälte Partnerschaft mbB**
Westhafenplatz 1
60327 Frankfurt am Main (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 394 516
FR-A- 1 357 744
FR-A1- 2 447 592
JP-A- H06 273 587
JP-A- 2005 016 812
US-A- 4 227 033

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 946 160 B1

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft eine Schmelzeinrichtung zum Konsolidieren von kontaminiertem Schrott sowie ein Konsolidierungsverfahren, das unter Verwendung der Schmelzeinrichtung durchgeführt werden kann.

[0002] Beim Rückbau von nukleartechnischen Anlagen, wie z. B. Kernkraftwerken, Forschungszentren, Urananreicherungsanlagen und Wiederaufarbeitungsanlagen fallen kontaminierte Schrotte an, die beispielsweise in die Kategorie "schwach radioaktive Abfälle" fallen. Diese können ggf. durch den Umschmelzprozess dekontaminiert und wieder in den normalen Materialkreislauf zurückgeführt werden. Es können auch mittelschwer kontaminierte Schrotte und ebenso hoch radioaktiver Schrott anfallen. Diese Schrotte können nicht mehr in den normalen Materialkreislauf zurückgeführt werden und müssen in einem Endlager entsorgt werden. Um die Endlagerkosten möglichst gering zu halten, ist es erforderlich, das Volumen des anfallenden Schrottes durch Einschmelzen in einen massiven Block zu konsolidieren. Die vorliegende Erfindung beschreibt eine speziell auf diese Aufgabe ausgerichtete Schmelzeinrichtung und das zugehörige Verfahren.

[0003] Beim Rückbau der kerntechnischen Anlagen müssen Prozesseinrichtungen, wie z. B. Behälter, Rohrleitungen, Armaturen, Messgeräte, Lagergestelle, Auskleidungen aber auch metallische Strukturelemente, wie Bühnen, Gerüste, Treppen usw., die sich in kontaminierten Bereichen befinden, oder die mit radioaktiven Medien in Berührung gekommen sind, in einem Endlager entsorgt werden. Diese Bauteile werden beim Rückbau mit geeigneten Maßnahmen zerschnitten und fallen dabei als ein Gemisch aus stückigem Schrott und Spänen an. Das Material ist nicht in jedem Fall sortenrein, sondern ist ein Gemisch verschiedener Qualitäten, wie z.B. Kohlenstoffstahl, Edelstahl, Kupfer, Messing, Aluminium, Magnesium, Cadmium und anderen. Beim Einlagern von nicht konsolidiertem Material würden viele Hohlräume übrig bleiben, die das Endlagervolumen und damit die Kosten massiv erhöhen würden. Weiterhin bieten solche Schrotthalden eine sehr große Oberfläche, von denen Radionuklide abgetragen bzw. freigesetzt werden könnten.

[0004] Derzeit sind zum Einschmelzen des Schrottes aus nuklearen Anlagen Schmelzeinrichtungen bekannt, die als luftoffene Induktionsöfen ausgeführt sind, bei denen die flüssige Schmelze in Kokillen abgegossen wird. Die Erfinder der erfindungsgemäßen Schmelzeinrichtung haben in den Lösungen des Standes der Technik unter anderem folgende Einschränkungen identifiziert:

- Die Abgase aus den Anlagen werden in den Raum abgegeben und müssen über eine aufwändige Abgasreinigungsanlage entsorgt werden.

- Die Schmelztiegel dieser Anlagen sind aus Feuerfestkeramik hergestellt, unterliegen aufgrund thermischer sowie mechanischer Belastung einem Verschleiß und müssen nach einer Schmelzkampagne ausgebrochen werden. Bei diesem Vorgang werden die keramischen Tiegel zerstört und in definierte Reststücke zerkleinert. Dabei fallen zusätzlich große Mengen an kontaminiertem Abfall und Staub als Sekundärabfall an.

- Der nukleare Kontrollbereich dieser Anlagen ist relativ groß.

- Bei den bekannten Anlagen handelt es sich um ortsfeste Anlagen, zu denen der radioaktiv kontaminierte Schrott transportiert werden muss.

- Schrotte, die reaktive Metalle enthalten, wie z.B. Magnesium, können nicht eingeschmolzen werden.

- Schrottbestandteile, die gesundheitsgefährdende Dämpfe entwickeln, wie z.B. Cadmium, können nur eingeschränkt eingeschmolzen werden.

- Leichtflüchtige radioaktive Isotope können nicht zurückgehalten werden.

- Der Rückbau solcher Anlagen ist sehr aufwändig.

[0005] Die bisher bekannten Schmelzanlagen sind alle an zentrale Entsorgungszentren angegliedert, wo große Kontrollbereiche eingerichtet sind. Dies führt dazu, dass kontaminiertes Material von der Rückbaustelle zu den Entsorgungszentren transportiert werden muss, wodurch erhöhte Kosten für ein großes Transportvolumen von Nuklearmaterial anfallen.

[0006] DE 34 04 106 A1 beschreibt ein Verfahren zur Rückgewinnung metallischer Komponenten von Kernkraftwerken. Es wird ein Tiegel beschrieben, der in den Schmelzofen eingebracht wird. Der Schmelzofen umfasst eine Ofenkammer mit Ofenkammerboden. Der Ofen ist aber nicht hermetisch abgedichtet. Vielmehr wird mit Hilfe einer Absaughaube ein Teil des entstehenden Abgases abgesaugt. Dieser Schmelzofen kann also nur in einem großen Sicherheitsbereich betrieben werden, der über Einrichtungen verfügt, welche die Kontamination der Umgebung verhindern. Somit ist die dort beschriebene Anlage nicht als mobile Anlage einsetzbar.

[0007] DE 33 31 383 A1 beschreibt eine Anlage zur Rückgewinnung von metallischen Komponenten von Kernkraftwerken. Die Anlage muss in einer Unterdruckhalle betrieben werden. Die Anlage ist also weder hermetisch abgedichtet noch transportabel.

[0008] FR2447592 offenbart eine Schmelzeinrichtung und ein Verfahren zum Füllen eines lagerungsfähigen Behälters mit festem radioaktiven Material. Es sind also zahlreiche Schmelzeinrichtungen aus dem Stand der Technik bekannt. Allen ist gemeinsam, dass die Schmelzeinrichtungen nicht oder nur mit sehr großem Aufwand transportabel sind. Daher musste der zu verarbeitende

Schrott stets zur Schmelzeinrichtung transportiert werden. Transporte von radioaktivem Material sind allerdings riskant und stoßen regelmäßig auf Widerstand aus der Bevölkerung.

[0009] Es ist die Aufgabe dieser Erfindung, eine Schmelzeinrichtung zur Volumenreduktion von radioaktiv belastetem Material bereit zu stellen, die es ermöglicht, die Transporte von radioaktivem Material signifikant zu reduzieren.

[0010] Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der Patentansprüche 1-12 gelöst. Die vorliegende Erfindung ermöglicht ein verbessertes Verfahren, indem sie eine neuartige mobile Schmelzeinrichtung und ein Verfahren zur Verfügung stellt, wie es in den Ansprüchen definiert ist. Die Erfindung stellt eine Anlage und ein Verfahren zur Verfügung, das geeignet ist, eine Volumenreduktion von solchem radioaktiv belasteten Material zu erzielen, wie es beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen anfällt (hiernach: "zu schmelzendes Material"). Die Anlage kann kostengünstig betrieben werden und verursacht im Betrieb keine Risiken für Mensch und Umwelt.

[0011] Die erfindungsgemäße Schmelzeinrichtung ist eine mobile Schmelzeinrichtung mit einer Tiegelbasis und einer Tiegelkammer, die zur Aufnahme des Tiegels geeignet ist. Die Tiegelbasis umfasst einen Kammerboden und die Tiegelkammer umfasst eine Hülle. Die Schmelzeinrichtung weist eine Transporteinrichtung auf, die dazu geeignet ist, die Tiegelbasis mit dem Tiegel von einer ersten Position außerhalb der Tiegelkammer an eine zweite Position innerhalb der Tiegelkammer (auch: Schmelzposition) zu bewegen. Der Kammerboden und die Hülle sind so ausgestaltet, dass sie in der zweiten Position zusammen ein gasdichtes Ofengehäuse ausbilden.

[0012] Der Tiegel kann also von einem Ort außerhalb der Tiegelkammer an einen Ort innerhalb der Tiegelkammer bewegt werden und umgekehrt. Die Transporteinrichtung ist im Betrieb vorzugsweise unterhalb der Tiegelkammer angeordnet, so dass der Tiegel mittels der Transporteinrichtung aufwärts in die Tiegelkammer gehoben werden kann. Die Transporteinrichtung kann ein Scherenhubtisch sein. Alternativ kann ein Hubtisch eingesetzt werden, der mit Zugspindeln oder hydraulischen Zylindern und einer Bahnführung arbeitet.

[0013] Der Tiegel ist vorzugsweise auf der Tiegelbasis angeordnet. Der Tiegel besteht vorzugsweise aus einem hitzebeständigen Material, insbesondere aus Keramik, Graphit, Tongraphit oder Mischungen daraus. Der Tiegel weist vorzugsweise eine zylindrische Form auf, wobei die Mantelfläche des Zylinders durch eine Tiegelwand und die Grundfläche durch einen Tiegelboden begrenzt ist. Der Tiegel kann unter Verwendung der Transporteinrichtung aus der zweiten Position in die erste Position bewegt werden. Dadurch werden der Tiegel und die Tiegelbasis einerseits zu Wartungszwecken zugänglich und andererseits die Entnahme des Tiegels mit seinem Inhalt erleichtert. Der Tiegel kann dann aus der Tiegelkammer entnommen werden und ein weiterer Tiegel kann in die Tiegelkammer eingeführt werden. So ist eine hohe Auslastung der Anlage möglich, ohne dass lange Abkühlzeiten abgewartet werden müssen. Der Tiegel ist also vorzugsweise ein Wechseltiegel. Aufgrund der relativ dünnen Tiegelwände und des relativ dünnen Tiegelbodens, die im Betrieb vorzugsweise von Unterstützungselementen bzw. einer Bodenplatte verstärkt werden, ist der Tiegel relativ leicht zu handhaben. Im Falle eines defekten Tiegels kann dieser entsorgt werden, ohne dass große Mengen zusätzlichen Abfalles anfallen.

[0014] Ein Bestandteil der Tiegelbasis ist vorzugsweise eine Bodenplatte, auf welcher der Tiegel angeordnet werden kann. Die Bodenplatte verstärkt den Tiegel. Dadurch wird der Tiegelboden unterstützt, ohne dass der Tiegel dadurch schwerer wird. Die Bodenplatte ist vorzugsweise dicker als der Tiegelboden, um eine ausreichende Stabilität zu gewährleisten. In bevorzugten Ausführungsformen ist die Bodenplatte mehr als doppelt so dick wie der Tiegelboden. Die Bodenplatte besteht vorzugsweise aus einem hitzebeständigen Material, insbesondere aus Keramik.

[0015] Die Tiegelbasis umfasst vorzugsweise eine Auffangwanne. Die Auffangwanne dient dazu, austretende Schmelze aufzufangen, sollte der Tiegel beschädigt werden. Beim Auslauf der Schmelze infolge eines Tiegelschadens, befindet sich die Schmelze in der Auffangwanne in der transportablen Tiegelbasis und wird mittels der Transporteinrichtung herausgefahren. Damit kann die Schmelzeinrichtung ohne Wartungsaufwand weiterbetrieben werden. Lediglich die Tiegelbasis muss aufbereitet werden. Die Auffangwanne besteht vorzugsweise aus Feuerfestmaterial.

[0016] Die Hülle stellt vorzugsweise die äußere Hülle der Tiegelkammer dar. Die Hülle trägt dazu bei, dass das Ofengehäuse gasdicht ist. Zu diesem Zweck ist die Hülle eine geschlossene Hülle. Sie umfasst allerdings wenigstens eine Öffnung, um den Tiegel einzuführen, und vorzugsweise wenigstens eine Kammeröffnung, um zu schmelzendes Material nachchargieren zu können. Ferner kann sie eine oder mehrere Öffnungen zur Durchführung von Zuleitungen für die Heizeinrichtung umfassen. Außerdem kann sie eine Öffnung umfassen, die den Anschluss einer Absaugeinrichtung erlaubt. Die Hülle besteht vorzugsweise aus Metall, insbesondere Stahl.

[0017] Der Kammerboden ist so ausgestaltet, dass er mit der Hülle zusammen ein gasdichtes Ofengehäuse ausbildet. Er ist vorzugsweise aus demselben Material gefertigt wie die Hülle. Der Kammerboden schließt die Tiegelbasis vorzugsweise nach unten ab. Die übrigen Bestandteile der Tiegelbasis, insbesondere Bodenplatte und Auffangwanne, befinden sich innerhalb des Kammerbodens, also auf der Seite, die in der Schmelzposition der Tiegelkammer zugewandt ist. Dort wo Kammerboden und Hülle aufeinander treffen, ist vorzugsweise wenigstens ein Dichtungselement angeordnet. Das Dichtungselement dichtet das Ofengehäuse ab. Es ist vorzugsweise eine Lippendichtung aus einem gummielastischen Material.

[0018] Die Tiegelkammer ist so geformt, dass sie den Tiegel aufnehmen kann. Der Tiegel wird dann vorzugsweise während der Schmelze von in der Tiegelkammer angeordneten Unterstützungselementen stabilisiert. Die Unterstützungselemente sind so ausgestaltet, dass sie die Tiegelwand gegen den hydrostatischen Druck der Schmelze entlasten, wenn sich der Tiegel innerhalb der Tiegelkammer befindet. Die Unterstützungselemente befinden sich in der Schmelzposition also zwischen Tiegel und Hülle. Die Unterstützungselemente bilden vorzugsweise mit der Bodenplatte eine gemeinsame Kontaktfläche. Die Unterstützungselemente sind besonders widerstandsfähig, um den großen Belastungen während des Schmelzvorganges standzuhalten. Die Unterstützungselemente sind vorzugsweise so ausgestaltet, dass sie zurückgezogen werden können, wenn der Tiegel aus der Schmelzposition entnommen werden soll. Die Form der Unterstützungselemente ist also an die Form der Tiegelwand angepasst.

[0019] Die Schmelzeinrichtung weist ferner eine Heizeinrichtung auf, die geeignet ist, das im Tiegel befindliche Material zu erhitzen. Die Heizeinrichtung ist insbesondere ein Bestandteil der Tiegelkammer. Die Heizeinrichtung ist vorzugsweise eine Induktionsheizeinrichtung und/oder eine Widerstandsheizung. Die Heizeinrichtung ist vorzugsweise ein Bestandteil der Tiegelkammer. Die Heizeinrichtung ist vorzugsweise mit einem Mindestabstand zum Tiegel angeordnet, damit auch in Fällen austretender Schmelze kein Kontakt zwischen Heizeinrichtung und Schmelze zu befürchten ist. In einer Ausführungsform ist die Heizeinrichtung eine Induktionsheizung. Diese hat den Vorteil, dass das zu konsolidierende Material sehr schnell erhitzt werden kann, weil die Wärme direkt im Tiegel erzeugt wird. In einer anderen Ausführungsform ist die Heizeinrichtung eine Widerstandsheizung. Diese hat den Vorteil, dass keinerlei Kühlwasser in der Nähe der Schmelze eingesetzt werden muss. Dies minimiert die Gefahr einer Wasserdampfexplosion. Die Heizeinrichtung befindet sich vorzugsweise im Wesentlichen innerhalb der Hülle, ausgenommen sind die Zuleitungen zur Heizeinrichtung.

[0020] Ferner weist die erfindungsgemäße Schmelzeinrichtung vorzugsweise eine Chargiereinrichtung auf, die geeignet ist, den zu konsolidierenden Schrott in den Tiegel zu füllen. Die Chargiereinrichtung ist im Betrieb vorzugsweise oberhalb der Tiegelkammer angeordnet, so dass das zu schmelzende Material von oben in die Tiegelkammer und somit in den Tiegel abgegeben werden kann. Dieser Vorgang kann fernbedient erfolgen, so dass Kontaminationsrisiken vermieden werden. Damit der Tiegel in der Schmelzposition befüllt werden kann, weist die Hülle der Tiegelkammer vorzugsweise eine Kammeröffnung auf. Die Kammeröffnung ist vorzugsweise im oberen Bereich der Hülle angeordnet. Die Kammeröffnung kann mit einem beliebigen Schließelement, wie einem Deckel, verschlossen sein. Vorzugsweise ist auf der Kammeröffnung eine Schleuse angeordnet, die ebenfalls Teil der Tiegelkammer ist.

[0021] Die Schleuse ist vorzugsweise hermetisch abgeschlossen. Somit kann das zu konsolidierende Material in den Tiegel abgegeben werden, ohne dass dabei Stäube und Dämpfe in den Raum entweichen können. Die Schleuse ist Teil der Tiegelkammer. Die Befüllung des Tiegels durch die Schleuse erfolgt, wenn sich der Tiegel in der Schmelzposition befindet, die Hülle und der Kammerboden also zusammen ein gasdichtes Ofengehäuse bilden. Dadurch und durch die hermetisch dichte Schleuse kann zu schmelzendes Material in den Tiegel abgegeben werden, ohne dass die Umgebung kontaminiert wird. Die Schleuse ist dann zwischen gasdichtem Ofengehäuse und Chargiereinrichtung angeordnet.

[0022] Die Chargiereinrichtung kann zum Beispiel einen Kran umfassen, der einen Chargierkorb an einen Bereich oberhalb der Kammeröffnung schwenken kann. Dort kann der Chargierkorb abgesenkt werden, so dass das zu schmelzende Material durch die Kammeröffnung in den Tiegel gelangt. Es sind aber auch andere Chargiereinrichtungen denkbar. Insbesondere ist ein bewegbarer Chargierwagen denkbar, der vorzugsweise auf Schienen von einer Position über der Kammeröffnung an eine Aufnahmeposition bewegt werden kann. Der Chargierwagen kann über ein Seilzugsystem verfügen, so dass ein Chargierkorb an der Aufnahmeposition, z.B. von einem Ort auf Bodenniveau neben der Transporteinrichtung, hinauf gezogen werden kann und an einer Position über der Kammeröffnung die Befüllung des Tiegels vorgenommen werden kann. Chargierwagen, Schienen und Seilzugsystem sind dann Teil der Chargiereinrichtung.

[0023] Der Chargierwagen ist vorzugsweise mit einem Gehäuse versehen, in den der Chargierkorb hineingeführt werden kann. Somit kann auch der Chargierwagen hermetisch abgedichtet sein. Das Gehäuse des Chargierwagens kann so ausgestaltet sein, dass es so mit dem oberen Ende der Schleuse abschließt, dass bei der Abgabe des zu schmelzenden Materials in die Schleuse keine Stäube oder Dämpfe entweichen können.

[0024] Die erfindungsgemäße Schmelzeinrichtung umfasst vorzugsweise eine Abgasreinigungsanlage. Sie kann über ein Verbindungselement, z.B. ein Rohr, mit der Tiegelkammer verbunden sein. Die Abgasreinigungsanlage kann ein Teil des Kammermoduls oder auch des ggf. vorhandenen Beschickungsmoduls sein. Sie kann aber auch separat angeordnet sein.

[0025] Bevorzugt umfasst die Schmelzeinrichtung eine Vakuumpumpe, die geeignet ist, das gasdichte Ofengehäuse zu evakuieren. Die Vakuumpumpe kann über ein Verbindungselement, z.B. ein Rohr, mit der Tiegelkammer verbunden sein. In einer Ausführungsform befindet sich hinter der Vakuumpumpe eine Abgasreinigungsanlage. Von der Abgasreinigungsanlage kann das Abgas in ein Abgasentsorgungssystem geleitet werden, welches üblicherweise in kerntechnischen Anlagen bereits vorhanden ist.

[0026] Eine erfindungsgemäß bevorzugte Schmelzeinrichtung ist eine feststehende Ofenanlage, in die der

Tiegel auf der Tiegelbasis von unten eingefahren und verriegelt werden. Außerdem ist vorzugsweise eine Chargiereinrichtung vorhanden, die mit einer hermetisch dichten Schleuse arbeitet. Dadurch wird in Verbindung mit einer Kameraüberwachung des Schmelzraumes eine komplette Fernbedienung der Schmelzeinrichtung ermöglicht.

[0027] Die erfindungsgemäße Schmelzeinrichtung ist als mobile Anlage ausgeführt, die an dem Ort, wo z.B. eine kerntechnische Anlage zurück gebaut wird, in einem bereits vorhandenen Gebäude mit nuklearem Kontrollbereich temporär aufgebaut werden kann. Hilfssysteme zum Betrieb der Schmelzeinrichtung können sich in Containern befinden, die außerhalb des Kontrollbereichs aufgestellt werden können. Solche Hilfssysteme sind beispielsweise die Schmelzstromversorgung, die Kühlwasserverteilung, die Prozessgasversorgung und die elektrische Schaltanlage mit dem Steuerpult.

[0028] Nach Abschluss der Arbeiten kann diese erfindungsgemäße Schmelzeinrichtung wieder abgebaut werden und an eine andere Verwendungsstelle verbracht werden, weil sie vorzugsweise modular aufgebaut ist.

[0029] "Modularer Aufbau" meint dabei, dass die Schmelzeinrichtung leicht in Teile oder Baugruppen zerlegt werden kann, die jeweils einzeln gut transportiert werden können. Die Konstruktion der Schmelzeinrichtung trägt dem Bedürfnis nach einer transportfähigen Anlage auch dadurch Rechnung, dass sie in einen Zustand gebracht werden kann, in welchem die Teile der Schmelzeinrichtung, die mit radioaktivem Material in Berührung kommen können, eingekapselt sind. Dabei befinden sich benötigte Hilfssysteme bereits in geeigneten Transportcontainern und die Module der Schmelzeinrichtung lassen sich leicht in einen Transportcontainer einbringen. Dadurch wird eine Belastung von Mensch und Umwelt während des Transports sicher verhindert. Schmelzeinrichtungen aus dem Stand der Technik können nicht mit vertretbarem Aufwand zerlegt werden. Außerdem würde bei deren Zerlegung ein großes Kontaminationsrisiko für die mit der Zerlegung beauftragten Arbeiter bestehen.

[0030] Die erfindungsgemäße Schmelzeinrichtung weist also vorzugsweise mehrere Module auf. Dies sind vorzugsweise wenigstens ein Kammermodul, ein Chargiermodul und ein Transportmodul. In den Modulen sind jeweils einige Bauteile so zusammengefasst, dass jedes Modul für sich genommen gut transportabel ist.

[0031] Vorzugsweise weist die Schmelzeinrichtung also wenigstens ein Kammermodul auf. Das Kammermodul ist das wichtigste Modul, weil darin der eigentliche Schmelzvorgang abläuft. Das Kammermodul umfasst die Tiegelkammer. Das Chargiermodul umfasst wenigstens die Chargiereinrichtung. Das Transportmodul umfasst wenigstens die Transporteinrichtung.

[0032] Die Tiegelbasis ist kein Bestandteil der genannten Module, sondern wird separat transportiert. Die erfindungsgemäße Schmelzeinrichtung kann mit mehreren verschiedenen Tiegelbasen betrieben werden. Es kann also nach einem Schmelzvorgang eine Tiegelbasis mit dem darauf befindlichen Tiegel aus der Tiegelkammer entfernt werden und gleich darauf eine weitere Tiegelbasis mit einem weiteren Tiegel in die Tiegelkammer eingeführt werden. Das ermöglicht eine besonders wirtschaftliche Verfahrensführung.

[0033] Das Transportmodul kann zur Optimierung des Prozessablaufes auch so gestaltet sein, dass die Transporteinrichtung auf einem Schienensystem verfahren werden kann. So eine Ausführungsform ist vorzugsweise so ausgestaltet, dass eine Tiegelbasis mit einem Tiegel an einer Beladeposition beladen werden kann, dann an die erste Position unterhalb der Tiegelkammer bewegt wird, dann in die Schmelzposition gehoben wird, nach der Schmelze wieder in die erste Position abgesenkt wird und schließlich an eine Entladeposition verbracht wird. Dies hat den Vorteil, dass bereits während der Schmelze in einem ersten Tiegel die Beladung eines zweiten Tiegels in der Beladeposition stattfinden kann. Sobald der Inhalt des ersten Tiegels geschmolzen ist und die erste Tiegelbasis mit dem ersten Tiegel in die Entladeposition verschoben wurde, kann die zweite Tiegelbasis mit dem zweiten Tiegel in die Schmelzposition gebracht werden. Es können also gleichzeitig zwei Tiegelbasen verwendet werden.

[0034] Nach dem Transport der Schmelzeinrichtung können die Module einfach wieder miteinander verbunden werden, um die Schmelzeinrichtung aufzubauen. Dabei wird vorzugsweise das Transportmodul unter dem Kammermodul angeordnet. Das Chargiermodul wird vorzugsweise oberhalb des Kammermoduls angeordnet. Damit die Module gut transportiert werden können, sind diese vorzugsweise mit Stützelementen versehen. Die Stützelemente verstärken die Module und sichern die einzelnen Bauteile innerhalb eines Moduls gegen Beschädigung während des Transports. Die Stützelemente können z.B. Stahlträger sein.

[0035] Die Größe der einzelnen Module ist vorzugsweise so gewählt, dass sie gut transportiert werden können. Vor dem Transport wird beispielsweise das Kammermodul von dem Transportmodul und ggf. dem Chargiermodul getrennt und einzeln verladen. Vorzugsweise sind die Module so ausgestaltet, dass sie gut auf LKW oder Bahnwaggons verladen werden können. Vorteilhafte Ausführungsformen betreffen Module, die so bemessen sind, dass sie in 20-Fuss-Standardcontainer oder 40-Fuss-Standardcontainer verladen werden können. Das bedeutet, dass die Module vorzugsweise jeweils nicht mehr als 5,71 m lang, nicht mehr als 2,352 m breit und nicht mehr als 2,385 m hoch sind. Die Masse der Module soll vorzugsweise einen Wert von jeweils 20 000 kg, vorzugsweise 10 000 kg und besonders bevorzugt 5 000 kg nicht übersteigen.

[0036] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht folgende Schritte vor:

a. Befüllen des Tiegels mit dem zu schmelzenden Material,

b. Aufheizen des zu schmelzenden Materials innerhalb des Tiegels,

c. optional Nachchargieren einer weiteren Portion zu schmelzenden Materials in den Tiegel,

d. Erstarrenlassen des geschmolzenen Materials im Tiegel zu einem Block.

[0037] Die Befüllung des Tiegels kann mit Hilfe einer Chargiereinrichtung erfolgen, die vorzugsweise oberhalb der Tiegelkammer angeordnet ist. Alternativ kann der Tiegel auch außerhalb der Tiegelkammer wenigstens zum Teil befüllt werden. Der Tiegel wird dann mit dem zu schmelzenden Material in die Tiegelkammer verbracht. Nachdem diese erste Portion eingeschmolzen wurde, kann unter Verwendung der Chargiereinrichtung eine oder mehrere weitere Portionen nachchargiert werden. So kann das Tiegelvolumen optimal ausgenutzt werden. Sofern erforderlich, wird die Schmelzeinrichtung vor dem Befüllen des Tiegels aufgebaut. Die Erstbefüllung kann also außerhalb der Schmelzposition (also außerhalb der Tiegelkammer) erfolgen, z.B. in einer Beladeposition in einem Schrottlager. Hierbei ist auch die Befüllung des Tiegels mit einem Blechfass vorstellbar, in dem sich das zu schmelzende Material befindet. Damit kann eine Beschädigung des Tiegels vermieden werden. Am Ende wird das Blechfass zusammen mit dem zu schmelzenden Material eingeschmolzen.

[0038] Bei der Befüllung unter Verwendung der Chargiereinrichtung wird das zu schmelzende Material also durch eine Kammeröffnung in den im gasdichten Ofengehäuse befindlichen Tiegel eingefüllt, z.B. mittels eines Chargierkorbes. Zu diesem Zweck kann der Chargierkorb abgesenkt werden und sein Inhalt dann in den Tiegel eingebracht werden. Der Tiegel kann in dem Moment bereits geschmolzenes Material enthalten. Die Kammeröffnung kann als Schleuse ausgeführt sein.

[0039] Abhängig von der Verfahrensführung kann der Tiegel bereits zu konsolidierendem Schrott enthalten, wenn er in die Tiegelkammer eingeführt wird. Mit der Chargiereinrichtung kann dann weiteres zu schmelzendes Material nachchargiert werden, um einen höheren Füllungsgrad des Tiegels zu erreichen. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vorzugsweise den Schritt des Nachchargierens von zu schmelzendem Material vor, nachdem bereits eine erste Portion an zu schmelzendem Material in dem Tiegel eingeschmolzen wurde. Durch das Einschmelzen verringert sich das Volumen des Materials, so dass der Tiegel Raum für eine weitere Portion zu konsolidierenden Materials bietet.

[0040] Das zu schmelzende Material wird vorzugsweise auf Temperaturen von wenigstens 1000°C, weiter bevorzugt wenigstens 1350°C und besonders bevorzugt wenigstens 1500°C aufgeheizt. Selbstverständlich hängt die gewählte Temperatur von dem zu schmelzenden Material ab. Nach dem Aufheizen wird das zu schmelzende Material für eine gewisse Zeit auf der hohen Temperatur gehalten, damit das Material möglichst vollständig schmilzt. Der Schmelzvorgang, der mit dem Aufheizen beginnt und unmittelbar vor dem Erstarrenlassen endet, dauert vorzugsweise wenigstens 4 Stunden, weiter bevorzugt wenigstens 6 Stunden. Wird ein zu kurzer Zeitraum gewählt, ist die Schmelze unter Umständen nicht vollständig. Außerdem sollte ein zu schnelles Aufheizen vermieden werden, weil dadurch lokale Überhitzungen in oder am Tiegel entstehen können, die den Tiegel zu stark beanspruchen würden. Ferner kann dadurch eine zu starke Konvektion ausgelöst werden, die ebenfalls die Tiegelerosion verstärken würde. Somit würde die Lebensdauer des Tiegels abnehmen.

[0041] Allerdings hat es sich heraus gestellt, dass eine Schmelzdauer von 16 Stunden, insbesondere 10 Stunden nicht überschritten werden muss, weil die Schmelze dann üblicherweise vollständig ist und eine kürzere Schmelzdauer aufgrund der niedrigeren Kosten immer von Vorteil ist. Auch wenn sich in dem zu schmelzenden Material hochschmelzende Anteile befinden, die bei den genannten Temperaturen noch nicht schmelzen, so würde es trotzdem zu einer Ausfüllung der Hohlräume im Material durch niedriger schmelzendes Material kommen.

[0042] Das Einschmelzen des zu schmelzenden Materials erfolgt innerhalb des Tiegels, wenn dieser sich an der Schmelzposition also innerhalb des gasdichten Ofengehäuses befindet. In dieser Position ist die Schmelzeinrichtung so konstruiert, dass die Tiegelkammer und die Tiegelbasis durch die Hülle und den Kammerboden ein gasdichtes Ofengehäuse ausbilden. Dadurch kann das Einschmelzen unter Vakuum oder Schutzgasatmosphäre durchgeführt werden, wobei eine Oxidation des zu schmelzenden Materials vermieden wird. Dadurch können sogar reaktive Metallschrotte, die z.B. Magnesium oder Cadmium enthalten, konsolidiert werden. Außerdem bilden sich weniger flüchtige Produkte.

[0043] Bevor der Tiegel entnommen wird, wird vorzugsweise das Schutzgas und ggf. darin enthaltene Nebenprodukte der Schmelze abgesaugt und bevorzugt einer Abgasreinigung unterworfen. Die Abgasreinigung kann mithilfe einer Abgasreinigungsanlage durchgeführt werden, bei der es sich um eine Kondensationsfalle handeln kann. Auch andere Reinigungsmethoden sind denkbar, z.B. eine Filterung, insbesondere unter Verwendung von HEPA-Filtern.

[0044] Verunreinigungen des zu schmelzenden Materials können mittels vakuum-thermischer Vorbehandlung im Tiegel entfernt werden. Dabei handelt es sich z.B. um Feuchtigkeit, Lösungsmittel, Lacke, Öle, Fette und/oder Kunststoffe.

[0045] Der Prozess wird vorzugsweise je nach materialspezifischen Erfordernissen im Vakuum oder unter Schutzgas ausgeführt. Dadurch wird erreicht, dass reaktive Bestandteile des zu schmelzenden Materials keine Explosionen oder flüchtige Oxide bilden, was sich bei Arbeit unter Luftatmosphäre nicht ausschließen lässt.

[0046] Die Kammeröffnung ist während des Schmelz-

vorgangs vorzugsweise mit einem Schließelement verschlossen. Das Schließelement kann Teil einer Schleuse sein, die es ermöglicht, das zu schmelzende Material in den Tiegel einzufüllen, ohne dass der Tiegelinhalt die Umgebung verunreinigen kann. Diese Maßnahme trägt dazu bei, dass der Sicherheitsbereich um die Schmelzeinrichtung sehr klein gehalten werden kann. Ferner kann während des Betriebs zu schmelzendes Material nachchargiert werden, wenn aufgrund der Konsolidierung einer ersten Schrottportion eine Volumenkontraktion erfolgt ist. Damit wird im Ofengehäuse selbst während des Nachchargierens Vakuum oder eine Schutzgasatmosphäre aufrechterhalten.

[0047] Das Erstarrenlassen des geschmolzenen Materials erfolgt vorzugsweise während der Tiegel sich innerhalb des Ofengehäuses befindet. Dabei kühlt das Material bereits wenigstens teilweise ab und bildet einen Block. Es ist nicht erforderlich, dass der Block in dieser Position auf Umgebungstemperatur abkühlt. Es reicht, dass er soweit abkühlt, dass er gefahrlos entnommen werden kann. Das Abkühlen auf Raumtemperatur findet dann vorzugsweise an einem anderen Ort statt, z.B. an der oben erwähnten Entladeposition. Währenddessen kann schon ein weiterer Tiegel, ggf. auf einer weiteren Tiegelbasis, in die Tiegelkammer eingeführt werden.

[0048] Der Block kann aus dem Tiegel entnommen werden oder mitsamt dem Tiegel entsorgt werden. Vor einer Entnahme des Blockes aus dem Tiegel wird der Tiegel mit Hilfe der Transporteinrichtung aus der zweiten Position in die erste Position außerhalb der Tiegelkammer bewegt. Es ist bevorzugt, dass der Tiegel aus der zweiten Position in die erste Position abgesenkt wird. Das bedeutet, dass der Tiegel in einer Abwärtsbewegung aus der Tiegelkammer entfernt wird. Der Tiegel kann dann aus dem Bereich unterhalb der Tiegelkammer entfernt werden. Dies kann durch die Transporteinrichtung vermittelt erfolgen oder unter Verwendung einer separaten weiteren Transporteinrichtung. In einer besonderen Ausführungsform ist die Transporteinrichtung mit darauf angeordneter Tiegelbasis und Tiegel vorzugsweise auf Schienen verfahrbar. Dadurch, dass der Tiegel aus dem Bereich unterhalb der Tiegelkammer entfernt wird, kann ein weiterer Tiegel in die Tiegelkammer eingeführt werden. Hierdurch ist es möglich, die Restwärme in der Tiegelkammer zu nutzen und die Schmelzeinrichtung gut auszulasten. Während des Abkühlens auf der Entladeposition, der Blockentnahme und der Wiederbeladung in der Beladeposition kann bereits mit einem weiteren Tiegel ein neuer Schmelzvorgang durchgeführt werden.

[0049] Ferner hat die Schmelzeinrichtung den Vorteil, dass bei einem Tiegelversagen die Schmelze in eine in der Tiegelbasis befindliche Auffangwanne abfließen kann. Dort kann die Schmelze erstarren. Die Tiegelbasis mit dem defekten Tiegel kann dann aus der Tiegelkammer entnommen werden und der Konsolidierungsvorgang kann mit einem weiteren Tiegel auf einer weiteren Tiegelbasis fortgesetzt werden.

[0050] Während des Schmelzvorganges herrscht innerhalb der Tiegelkammer eine Atmosphäre, die im Wesentlichen sauerstofffrei ist. Das bedeutet, dass der Sauerstoffpartialdruck dort weniger als 10 kPa, weiter bevorzugt weniger als 1 kPa beträgt. Dies kann entweder durch ein Vakuum oder eine Schutzgasatmosphäre im Tiegel erreicht werden. Ein bevorzugtes Schutzgas ist Stickstoff, weil es die Bildung flüchtiger Oxide effektiv unterdrückt und kostengünstig ist.

[0051] Dadurch, dass eine hohe Auslastung wegen der Verwendung von Wechseltiegeln möglich ist, kann die Schmelzeinrichtung bei gleichem Durchsatz in ihren Ausmaßen kleiner sein als dies bei anderen Anlagen der Fall ist. Dies erleichtert wiederum den Transport. Außerdem kann der Tiegel und damit die ganze Schmelzeinrichtung leichter konstruiert werden, weil nach jedem Schmelzdurchgang eine Überprüfung des Tiegels möglich ist. In herkömmlichen Schmelzeinrichtungen wurden die Tiegel extrem robust ausgeführt, weil sie teilweise in kontinuierlichem Betrieb eingesetzt wurden, der keine Überprüfungen im Prozess erlaubt.

[0052] Nach Abschluss des Schmelzvorganges kann das geschmolzene Material im Tiegel erstarren, so dass sich ein Block bildet, der im Vergleich zum Ausgangsmaterial keine Hohlräume und somit eine wesentlich höhere Dichte aufweist.

[0053] Nach dem Abkühlen des Blockes, vorzugsweise innerhalb des Tiegels, kann der Block aus dem Tiegel entnommen werden und beispielsweise in ein standardisiertes Abfallgebinde (z.B. ein Blechfass) überführt werden. Der Tiegel ist also vorzugsweise so ausgestaltet, dass ein Block erhalten wird, der in ein standardisiertes Abfallgebinde passt. Der Block ist vorzugsweise ein zylindrischer Körper mit einem Durchmesser von etwa 400 bis 600 mm und einer Höhe von etwa 800 bis 1000 mm.

[0054] Tiegel, die das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben, können gemeinsam mit dem erstarrten Block in einem ebenfalls standardisierten größeren Abfallgebinde zur Endlagerung bereitgestellt werden, ohne den Tiegel dabei zu zerstören.

[0055] Die Dichtigkeit des Ofengehäuses und der Chargiereinrichtung kann zu jedem Start einer neuen Konsolidierungsschmelze, also vorzugsweise vor dem Aufheizen, durch einen kurzen Druckanstiegstest verifiziert und somit sichergestellt werden. Das Ofengehäuse ist vorzugsweise hermetisch abgedichtet. Das bedeutet, dass der Druckanstieg bei einem Vakuum von 20 mbar während 1 Stunde weniger als 20 mbar beträgt. Gleiches gilt vorzugsweise auch für die Schleuse und insbesondere auch für die Chargiereinrichtung.

[0056] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich ferner bevorzugt dadurch aus, dass die Schritte Befüllen, Aufheizen, Schmelzen, ggf. Nachchargieren und Erstarren zu einem Block für Charge zu schmelzenden Materials in einem einzigen wechselbaren Tiegel vorzugsweise unter Vakuum und/oder kontrollierter Atmosphäre stattfinden. Der vorzugsweise metallische Block kann zu einem späteren Zeitpunkt ggf. nach weiterer Mo-

difikation für die Endlagerung oder Lagerung genutzt werden. Ein erfindungsgemäßes Verfahrensmerkmal ist, dass die Schmelze nicht aus dem Tiegel abgegossen wird.

[0057] Die erfindungsgemäße Schmelzeinrichtung bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber herkömmlichen Schmelzeinrichtungen:

- Unbehandelte nukleare Schrotte müssen nicht über öffentliche Verkehrswege transportiert werden, weil die mobile Schmelzeinrichtung zum zu konsolidierenden Material transportiert werden kann.
- Der erstarrte Block an konsolidiertem Material kann direkt in ein Endlagergebinde eingebracht werden und es werden keine zusätzlichen Kokillen benötigt.
- Das Einschmelzen, Nachchargieren und Erstarren des Blockes erfolgt in einem hermetisch abgeschlossenen Ofengehäuse unter weitgehendem Sauerstoffausschluss, wodurch eine Freisetzung von Dämpfen und Stäuben in den Kontrollbereich verhindert wird.
- Die Dämpfe und Stäube können in einem Abgasreinigungssystem zurückgehalten werden.
- Die Schmelzeinrichtung ist vorzugsweise so ausgeführt, dass im Falle eines Tiegelversagens die austretende Schmelze sicher in eine vorzugsweise ungekühlte Auffangwanne abgeführt wird, ohne dabei eine Wasserdampfexplosion oder Belastung der Umgebung zu riskieren.
- Das Feuerfestmaterial des Tiegels muss nicht ausgebrochen werden, daher entsteht kein Sekundärabfall und der Kontrollbereich ist entsprechend reduziert.
- Die Anlage benutzt einen bereits bauseits vorhandenen Kontrollbereich, somit fallen keine zusätzlichen Rückbaukosten an.

Figurenbeschreibung

[0058] Die nachfolgende Figurenbeschreibung betrifft eine bevorzugte Ausgestaltung der Schmelzeinrichtung und ihrer Bestandteile.

Figur 1 zeigt eine Schnittansicht der Tiegelkammer (3) und des Tiegels (2) mit der Tiegelbasis (9) in der ersten Position, d.h. der Tiegel (2) befindet sich außerhalb der Tiegelkammer (3). Die Tiegelbasis (9) ist unterhalb des Tiegels (2) angeordnet und umfasst eine Auffangwanne (6), die geeignet ist, geschmolzenes Material aufzunehmen, wenn der Tiegel (2) undicht werden sollte. In der gezeigten Position kann der Tiegel (2), die Tiegelkammer (3) und die Tiegelbasis (9) gewartet werden.

Der Tiegel (2) weist eine Tiegelwand (11) und einen Tiegelboden (12) auf, die aus einem feuerfesten Material, insbesondere aus Graphit, Tongraphit oder Keramik, bestehen. Die Tiegelwand (11) und der Tiegelboden (12) sind vergleichsweise dünn ausgestaltet. Dies hat den Vorteil, dass die Masse des Tiegels (2) geringer ist als bei üblichen Tiegeln. Das erleichtert die Handhabung des Tiegels (2). Die notwendige Stabilität, um den hohen Belastungen während des Betriebes standzuhalten, erhält der Tiegel insbesondere durch eine Bodenplatte (13), die unterhalb des Tiegelbodens (12) angeordnet ist, und durch Unterstützungselemente (14), die Bestandteil der Tiegelkammer (3) sind. Die Unterstützungselemente (14) können nach der Schmelze zurückgezogen werden, um den Tiegel (2) absenken zu können.

Die Tiegelkammer (3) weist ferner eine Hülle (15) auf, welche vorzugsweise die äußere Begrenzung der Tiegelkammer (3) darstellt.

Die Tiegelbasis (9) umfasst einen Kammerboden (16), der so ausgestaltet ist, dass er zusammen mit der Hülle (15) der Tiegelkammer (3) einen hermetisch abgedichteten Raum darstellt, wenn sich die Tiegelbasis (9) in der zweiten Position befindet.

Damit die erforderliche hermetische Abdichtung erzielt werden kann, sind am unteren Rand der Hülle (15) und am oberen Rand des Kammerbodens (16) Dichtungselemente (17) angeordnet, die dazu dienen, ein gasdichtes Ofengehäuse zu bilden, wenn der Kammerboden (16) die Tiegelkammer (3) schließt.

Im oberen Bereich der Tiegelkammer (3) befindet sich eine Kammeröffnung (18), die geeignet ist, zu schmelzendes Material in den Tiegel (2) zu füllen. Die Kammeröffnung (18) kann mit einem Schließelement (19) verschlossen werden, welches Teil einer Schleuse sein kann.

Figur 2 ist ebenfalls eine Schnittansicht und zeigt wie der Kammerboden (16) zusammen mit der Hülle (15) ein gasdichtes Ofengehäuse (10) ausbildet, wenn der Tiegel (2) unter Verwendung der Transporteinrichtung (nicht gezeigt) in die zweite Position (Schmelzposition) gebracht wurde. Die Dichtungselemente (17) sorgen für eine hermetische Abdichtung des gasdichten Ofengehäuses (10). Auch das Schließelement (19) ist vorzugsweise gasdicht ausgestaltet.

Es ist zu erkennen, dass die Bodenplatte (13) mit den Unterstützungselementen (14) gemeinsame Kontaktflächen (20) ausgebildet hat. Dadurch wird der Tiegel (2) während des Konsolidierungsverfahrens stabilisiert. Sollte es dennoch zu einer Beschädigung des Tiegels (2) kommen, die ein Austreten der Schmelze zur Folge hat, so würde die Auffangwanne (6) die Schmelze auffangen. Die Schmelze wäre dann sicher in der gasdichten Zelle (10) einge-

schlossen, weil weder die Hülle (15) noch der Kammerboden (16) dadurch beeinträchtigt werden können. In einem solchen Fall könnte abgewartet werden, bis die ausgetretene Schmelze in der Auffangwanne (6) erstarrt ist und sicher entnommen werden kann. Während die ausgetretene Schmelze in der Auffangwanne (6) weiter abkühlt, kann bereits ein weiterer Tiegel auf einer weiteren Tiegelbasis in die Tiegelkammer (3) eingeführt und der Konsolidierungsvorgang fortgesetzt werden.

Figur 3 ist eine Schnittansicht, die eine erfindungsgemäße mobile Schmelzeinrichtung (1) zeigt. Es ist ersichtlich, dass die Schmelzeinrichtung einen modularen Aufbau aufweist. Das Kammermodul (21) ist oberhalb eines Transportmoduls (22) angeordnet. Über dem Kammermodul (21) ist ein Chargiermodul (23) gezeigt. Die Module sind so ausgebildet, dass sie bei einer Demontage der Anlage leicht voneinander getrennt und einzeln verladen werden können.
Es ist erkennbar, dass das Kammermodul (21) unter anderem die Tiegelkammer (3) mit ihren Bestandteilen umfasst. Auf dieser Abbildung ist auch ein Verbindungselement (24) gezeigt, das die Tiegelkammer (3) einerseits und eine Schleuse (25) mit einer Abgasreinigungsanlage und/oder einer Vakuumpumpe (nicht gezeigt) verbindet.
Das Basismodul (22) umfasst hingegen die Transporteinrichtung (7), die hier ein Scherenhubtisch ist.
Es ist gut erkennbar, dass die einzelnen Module durch Stützelemente (26) stabilisiert werden, die hier als Stahlträger ausgeführt sind. Dadurch wird den Modulen eine Form und Stabilität verliehen, die den Transport vereinfacht und auch die Komplexität des Zusammenbaus der Schmelzeinrichtung reduziert.
Es ist auch ein Chargiermodul (23) gezeigt, welches über eine Schleuse (25) mit der Tiegelkammer (3) verbunden ist. Das Chargiermodul (23) umfasst die Chargiereinrichtung, die einen auf Schienen verfahrbaren Chargierwagen mit einem Gehäuse umfasst.

Figur 4 zeigt die mobile Schmelzeinrichtung in transportfertigem Zustand.

Figur 5 zeigt zwei Ansichten einer aufgebauten mobilen Schmelzeinrichtung mit Hilfssystemen.

Bezugszeichenliste

[0059]

(1) mobile Schmelzeinrichtung
(2) Tiegel
(3) Tiegelkammer
(4) Chargiereinrichtung
(5) Heizeinrichtung
(6) Auffangwanne
(7) Transporteinrichtung
(8) Block
(9) Tiegelbasis
(10) gasdichtes Ofengehäuse
(11) Tiegelwand
(12) Tiegelboden
(13) Bodenplatte
(14) Unterstützungselement
(15) Hülle
(16) Kammerboden
(17) Dichtungselement
(18) Kammeröffnung
(19) Schließelement
(20) Kontaktfläche
(21) Kammermodul
(22) Transportmodul
(23) Chargiermodul
(24) Verbindungselement
(25) Schleuse
(26) Stützelement

Patentansprüche

1. Mobile Schmelzeinrichtung (1) mit einer Tiegelbasis (9) und einer Tiegelkammer (3), die zur Aufnahme eines Tiegels (2) geeignet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tiegelbasis (9) einen Kammerboden (16) und die Tiegelkammer (3) eine Hülle (15) umfasst,
wobei die Einrichtung ferner eine Transporteinrichtung (7) umfasst, welche geeignet ist, die Tiegelbasis (9) mit dem Tiegel (2) von einer ersten Position an eine zweite Position zu bewegen, wobei der Tiegel (2) sich in der ersten Position außerhalb der Tiegelkammer (3) und in der zweiten Position innerhalb der Tiegelkammer (3) befindet
und wobei der Kammerboden (16) und die Hülle (15) so ausgestaltet sind, dass sie in der zweiten Position ein gasdichtes Ofengehäuse (10) ausbilden,
wobei die Transporteinrichtung (7) mit auf ihr angeordneter Tiegelbasis (9) und Tiegel (2) verfahrbar ist, so dass der Tiegel (2) aus dem Bereich unterhalb der Tiegelkammer (3) entfernt wird und ein weiterer Tiegel (2) in die Tiegelkammer (3) eingeführt werden kann,
wobei die Schmelzeinrichtung (1) eine Chargiereinrichtung (4) umfasst, welche oberhalb der Tiegelkammer (3) angeordnet ist,
und wobei innerhalb der Tiegelkammer (3) Unterstützungselemente (14) angeordnet sind, die den Tiegel (2) während der Schmelze stabilisieren.

2. Schmelzeinrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die Chargiereinrichtung (4) gasdicht ist.

3. Schmelzeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2 wobei die Tiegelkammer (3) eine Heizein-

richtung umfasst, die es erlaubt, den Tiegel (2) zu erhitzen.

4. Schmelzeinrichtung (1) nach Anspruch 3, wobei die Heizeinrichtung eine Induktionsheizung ist.

5. Schmelzeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einer Auffangwanne (6), die unterhalb des Tiegels (2) in der Tiegelbasis (9) angeordnet ist.

6. Schmelzeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Schmelzeinrichtung modular aufgebaut ist.

7. Verfahren zum Konsolidieren eines Materials in einer Schmelzeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit den Schritten

a. Befüllung eines Tiegels (2) mit einem zu konsolidierenden Material,
b. Aufheizen des zu schmelzenden Materials innerhalb des Tiegels (2), so dass wenigstens ein Teil des zu schmelzenden Materials schmilzt,
c. Nachchargieren zu schmelzenden Materials,
d. Erstarrenlassen des geschmolzenen Materials im Tiegel (2) zu einem Block (8).

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei in der Tiegelkammer (3) während des Aufheizens eine nicht-oxidierende Atmosphäre herrscht.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Tiegel (2) während der Verfahrensschritte der Aufheizung, des Schmelzens, des Nachchargierens und des Erstarrenlassens innerhalb der Tiegeikammer (3) angeordnet ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der Tiegel (2) nach dem Erstarrenlassen aus der Tiegelkammer (3) entnommen und abgekühlt wird und während des Abkühlens ein weiterer Tiegel in die Tiegelkammer (3) eingeführt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei der Sauerstoffpartialdruck innerhalb der Tiegelkammer (3) während des Schmelzvorganges weniger als 10 kPa beträgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei die Schritte Befüllen, Aufheizen, Schmelzen und ggf. Nachchargieren in einem einzigen Tiegel unter Vakuum und/oder kontrollierter Atmosphäre durchgeführt werden.

Claims

1. A mobile melting installation (1) having a crucible basis (9) and a crucible chamber (3) which is suitable for taking-up a crucible (2),
characterized in that the
crucible basis (9) comprises a chamber bottom (16) and the crucible chamber (3) comprises a casing (15),
wherein the installation further comprises a transport installation (7) which is suitable for moving the crucible basis (9) together with the crucible (2) from a first position to a second position, wherein the crucible (2) is in the first position outside the crucible chamber (3) and in the second position inside the crucible chamber (3),
and wherein the chamber bottom (16) and the casing (15) are designed such that they form in the second position a gastight oven housing (10),
wherein the transport installation (7) together with the crucible basis (9) and crucible (2) arranged on it is portable so that the crucible (2) can be removed from the area below the crucible chamber (3) and a further crucible (2) can be introduced into the crucible chamber (3),
wherein the melting installation (1) comprises a charging installation (4) which is arranged above the crucible chamber (3),
and wherein in the crucible chamber (3) support elements (14) are arranged which stabilize the crucible (2) during the melting.

2. The melting installation (1) according to claim 1, wherein the charging installation (4) is gastight.

3. The melting installation (1) according to one of claims 1 or 2, wherein the crucible chamber (3) comprises a heating installation which makes it possible to heat the crucible (2).

4. The melting installation (1) according to claim 3, wherein the heating installation is an induction heater.

5. The melting installation (1) according to one of claims 1 to 4 having a collecting tray (6) which is arranged below the crucible (2) in the crucible basis (9).

6. The melting installation (1) according to one of claims 1 to 5, wherein the melting installation is **characterized by** a modular design.

7. A method for consolidating a material in a melting installation according to one of claims 1 to 6, comprising the steps

a. filling of a crucible (2) with a material to be consolidated,
b. heating of the material to be melted in the crucible (2) so that at least a part of the material to be melted melts,

c. recharging of material to be melted,
d. solidifying of the molten material in the crucible (2) to a block (8).

8. The method according to claim 7, wherein in the crucible chamber (3) during the heating a non-oxidizing atmosphere is present.

9. The method according to claim 7, wherein the crucible (2) during the method steps heating, melting, recharging and solidifying is arranged in the crucible chamber (3).

10. The method according to one of claims 7 to 9, wherein the crucible (2) after solidifying is removed from the crucible chamber (3) and is cooled and during said cooling a further crucible is introduced into the crucible chamber (3).

11. The method according to one of claims 7 to 10, wherein the partial pressure of oxygen in the crucible chamber (3) during said melting is lower than 10 kPa.

12. The method according to one of claims 7 to 11, wherein the steps filling, heating, melting and optionally recharging are conducted in one single crucible under vacuum and/or controlled atmosphere.

Revendications

1. Installation de fusion mobile (1) avec une base de creuset (9) et une chambre de creuset (3) qui est appropriée au logement d'un creuset (2),
caractérisé en ce que
la base de creuset (9) comporte un fond de chambre (16) et la chambre de creuset (3) comporte une enveloppe (15),
dans laquelle le dispositif comporte de plus un dispositif de transport (7) qui est approprié afin de déplacer la base de creuset (9) avec le creuset (2) d'une première position à une seconde position, dans laquelle le creuset (2) se trouve dans la première position en dehors de la chambre de creuset (3) et dans la seconde position au sein de la chambre de creuset (3)
et dans laquelle le fond de chambre (16) et l'enveloppe (15) sont configurés de sorte qu'ils réalisent dans la seconde position un boîtier de four (10) étanche au gaz,
dans laquelle le dispositif de transport (7) est déplaçable avec la base de creuset (9) et le creuset (2) agencés sur celui-ci de sorte que le creuset (2) soit éloigné de la zone en dessous de la chambre de creuset (3) et qu'un autre creuset (2) puisse être introduit dans la chambre de creuset (3),
dans laquelle le dispositif de fusion (1) comporte un dispositif de chargement (4) qui est agencé au-dessus de la chambre de creuset (3),
et dans laquelle au sein de la chambre de creuset (3), des éléments d'appui (14) sont agencés qui stabilisent le creuset (2) pendant la fusion.

2. Installation de fusion (1) selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif de chargement (4) est étanche au gaz.

3. Installation de fusion (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, dans laquelle la chambre de creuset (3) comporte un dispositif de chauffage qui lui permet de chauffer le creuset (2).

4. Installation de fusion (1) selon la revendication 3, dans laquelle le dispositif de chauffage est un chauffage par induction.

5. Installation de fusion (1) selon l'une des revendications 1 à 4 avec une cuve réceptrice (6) qui est agencée sous le creuset (2) dans la base de creuset (9) .

6. Installation de fusion (1) selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle le dispositif de fusion est constitué de manière modulaire.

7. Procédé de consolidation d'un matériau dans une installation de fusion selon l'une des revendications 1 à 6, avec les étapes consistant à

a. remplir un creuset (2) avec un matériau à consolider,
b. chauffer le matériau à fondre au sein du creuset (2) de sorte qu'au moins une partie du matériau à fondre fonde,
c. recharger en matériau fondant,
d. laisser se solidifier le matériau fondu dans le creuset (2) en un bloc (8).

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel dans la chambre de creuset (3) pendant le chauffage, règne une atmosphère non oxydante.

9. Procédé selon la revendication 7, dans lequel le creuset (2) est agencé pendant les étapes de procédé consistant à chauffer, fondre, recharger et laisser se solidifier au sein de la chambre de creuset (3).

10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel le creuset (2) est retiré après l'étape constituant à laisser se solidifier de la chambre de creuset (3) et refroidi et pendant le refroidissement un autre creuset est introduit dans la chambre de creuset (3).

11. Procédé selon l'une des revendications 7 à 10, dans lequel la pression partielle d'oxygène au sein de la chambre de creuset (3) pendant le processus de fusion s'élève à moins de 10 kPa.

12. Procédé selon l'une des revendications 7 à 11, dans lequel les étapes consistant à remplir, chauffer, fondre et éventuellement recharger sont réalisées dans un seul creuset sous vide et/ou atmosphère commandée.

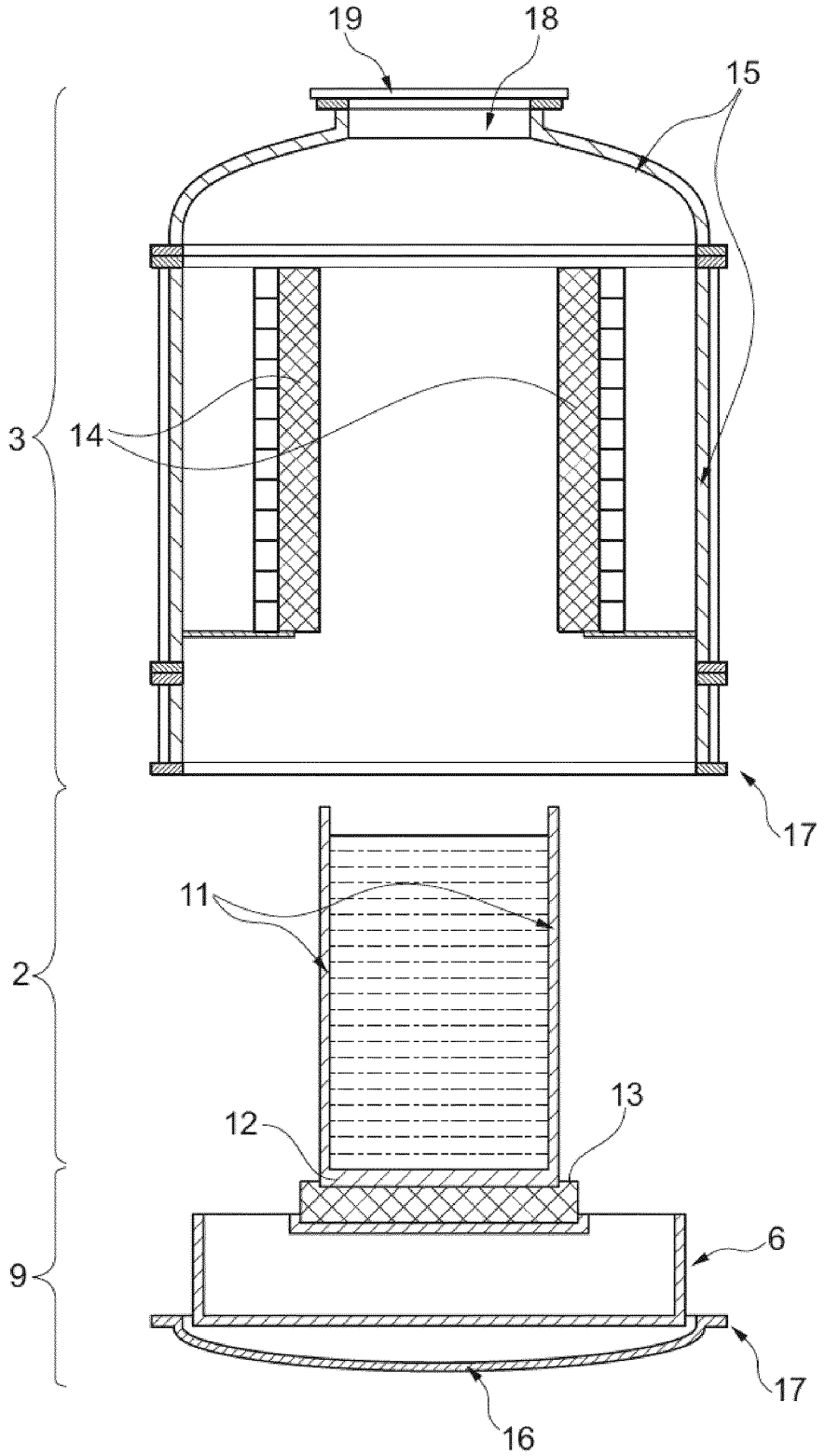


Fig. 1

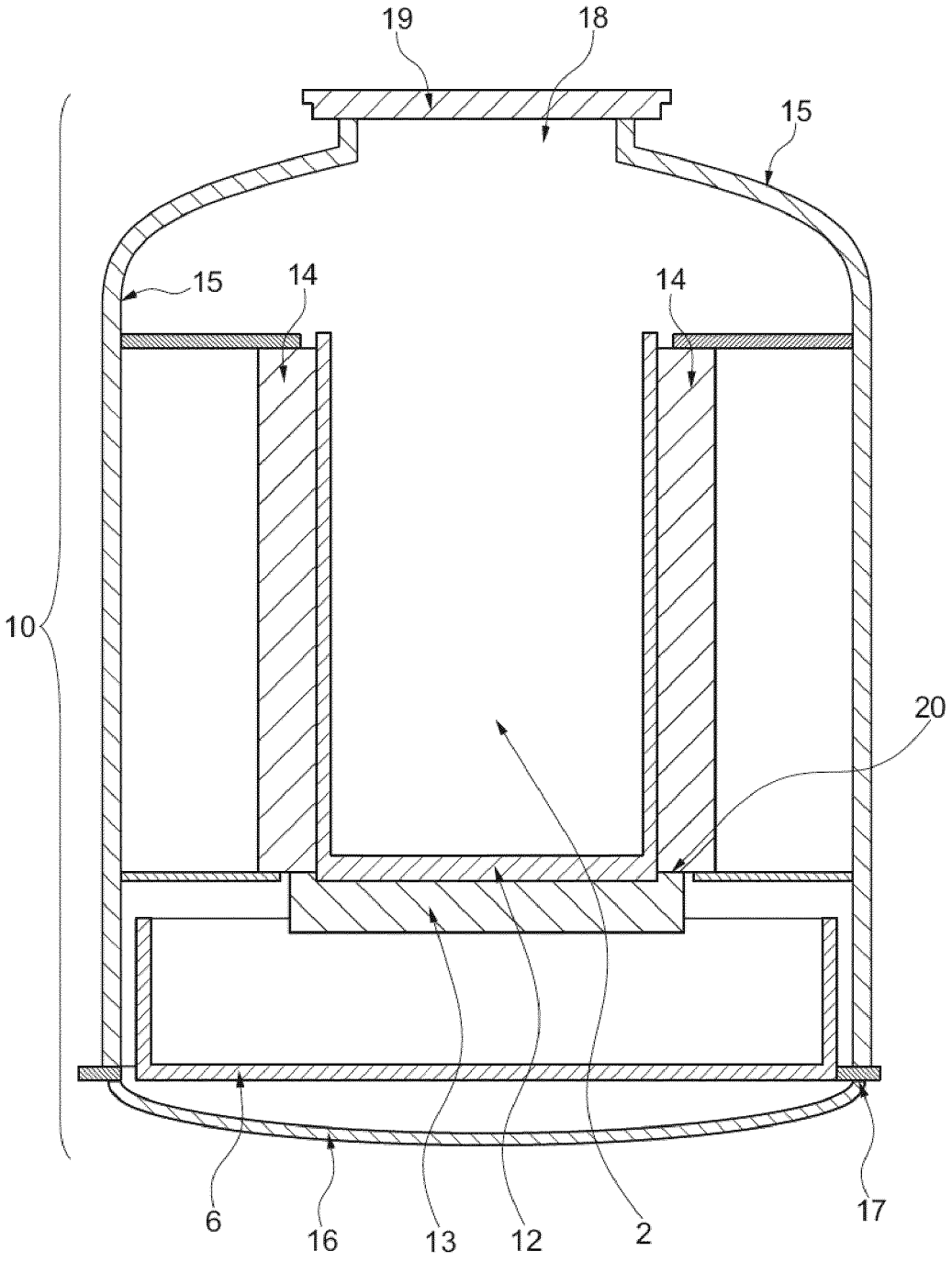


Fig. 2

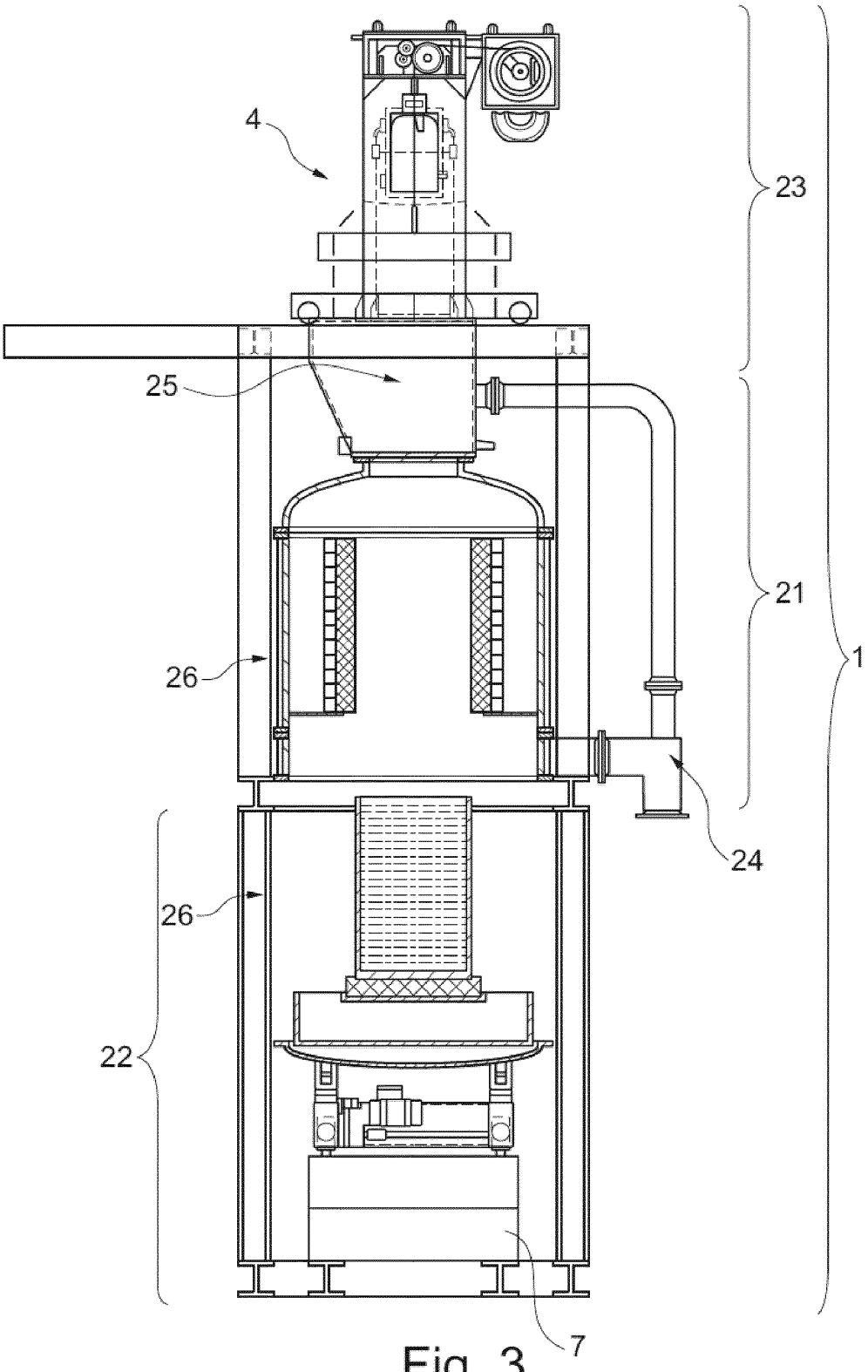
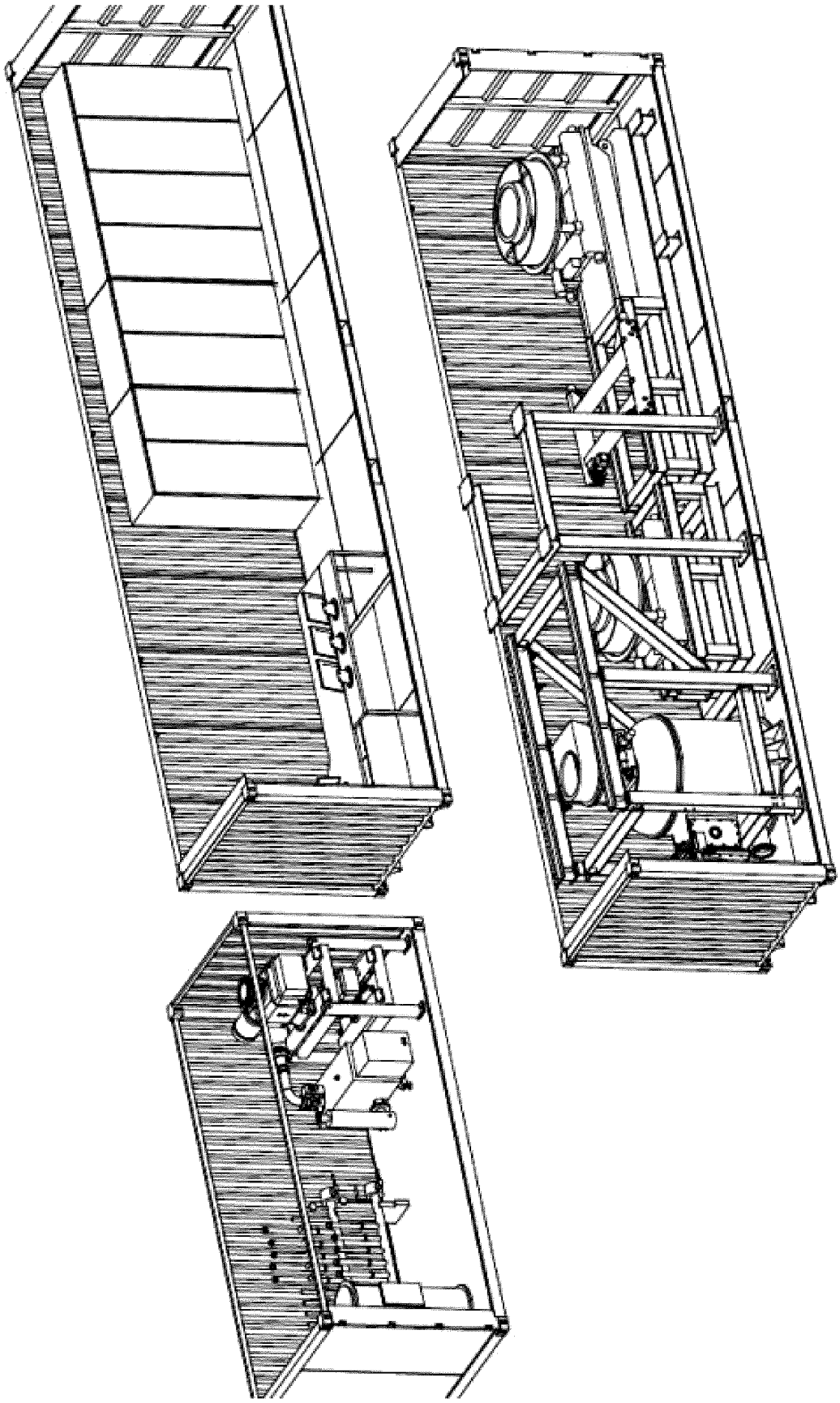
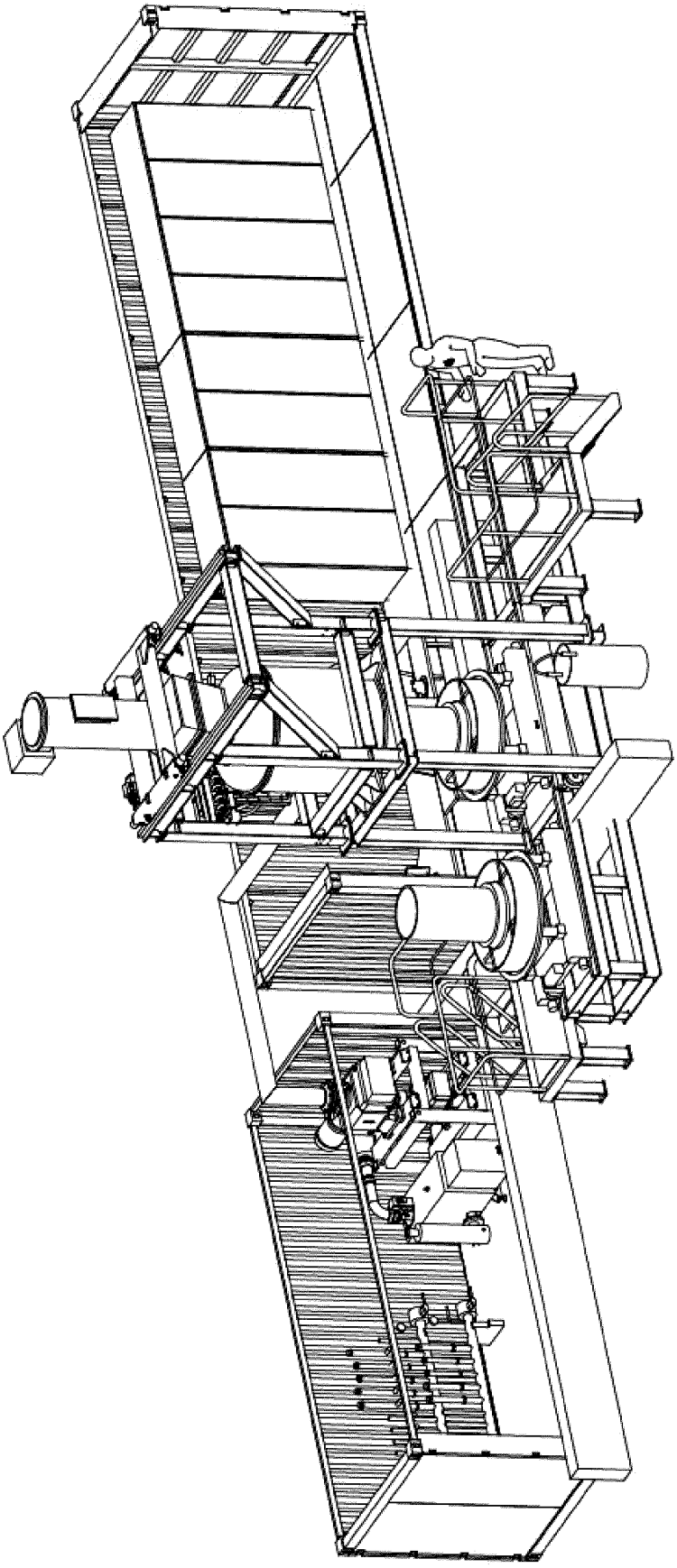


Fig. 3



Figur 4



Figur 5

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

- DE 3404106 A1 **[0006]**
- DE 3331383 A1 **[0007]**
- FR 2447592 **[0008]**