

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. März 2003 (06.03.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/018224 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B21B 29/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/09442

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. August 2002 (23.08.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 41 633.4 24. August 2001 (24.08.2001) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EICHENAUER HEIZELEMENTE GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Georg-Todt-Str. 1-3, 76870 Kandel (DE). **JOHANN GROHMANN GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Heidelbergstr. 54, 72406 Bisingen/Hohenzollern (DE). **MAUCHER GMBH FORMENBAU UND KUNSTSTOFFTECHNIK & CO. KG** [DE/DE]; Robert-Bosch-Str. 5, 88677 Markdorf (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HÄNSEL, Helge** [DE/DE]; Steinhofener Str. 5a, 72406 Bisingen (DE).

(74) Anwälte: **LICHTI, Heiner** usw.; Postfach 41 07 60, 76207 Karlsruhe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR REMOVING THE CORE OF WATER-SOLUBLE CASTING CORES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ENTKERNEN WASSERLÖSLICHER GIESSKERNE

(57) Abstract: The invention relates to a method for removing the core of water-soluble casting cores from sand. According to the invention, the casting cores are partially dissolved in a water-filled dissolving basin (1.5). A sand-permeable conveyor belt (1.10) provided with driver elements (1.11) for the discharge of sand conveys the cast parts (1.9) into a core-removing basin (1.8) where the sand is expelled by means of water jets from program-controllable movable water jet nozzles (1.13). The removal of residual sand occurs through targeted movement in a water-filled residual sand removal basin (1.6). The used sand (12) thus arising in the basins (1.5, 1.6, 1.8) is cleared out, cleaned in a sand washing device, dried and used for the production of a new casting core. The water thus arising is concentrated in a vaporization device and re-used as a secondary raw material. The distillate is made available once more for the system.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Entkernung wasserlöslicher Giesskerne aus Sand erfolgt ein Anlösen der Giesskerne in einem wassergefüllten Lösungsbecken (1.5). Ein mit Mitnehmern (1.11) zum Sandaustag versehenes sanddurchlässiges Transportband (1.10) befördert die Gussteile (1.9) in ein Entkernungsbecken (1.8), wo der Sand mittels Wasserstrahlen aus programmsteuerbaren beweglichen Wasserstrahldüsen (1.13) ausgetrieben wird. Die Restentsandung erfolgt durch gezieltes Bewegen in einem wassergefüllten Restentsandungsbecken (1.6). Der in den Becken (1.5, 1.6, 1.8) anfallende Altsand (12) wird ausgeräumt, in einer Sandwascheinrichtung gereinigt, getrocknet und zur erneuten Giesskernherstellung verwendet. Das anfallende Abwasser wird in einer Verdampfungseinrichtung konzentriert und als Sekundärrohstoff weiterverwendet. Das Destillat steht der Anlage erneut zur Verfügung.



WO 03/018224 A2



europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Verfahren und Vorrichtung zum Entkernen wasserlöslicher Gießkerne

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Entkernen wasserlöslicher Gießkerne aus Sand.

- 5 Die Entkernung der Gießkerne aus dem fertigen Gußteil erfolgt bei herkömmlichen drucklosen Aluminiumgußverfahren wie Cold-Box, Warm-Box, Croning und dergleichen durch Anbrechen und anschließendem Rütteln mittels Vibrationstischen, Klopfen, Ausblasen und anderer mechanischer Verfahren.
- 10 ren. Anschließend werden die Gußteile noch sandgestrahlt, wobei das Strahlgut aus Eisenkügelchen oder Quarz-Globulit besteht, um das restliche, anhaftende Kernmaterial zu entfernen.
- 15 Die dafür verwendeten Bindersysteme zur Form- und Kernherstellung basieren vorwiegend auf Kunstharzen als Bindemittel für den eingesetzten Sand. Die organischen Bindemittelkomponenten sind in der Mehrzahl gesundheitsschädlich, weshalb am Arbeitsplatz Vorkehrungen zur Absaugung der verwen-

BESTÄTIGUNGSKOPIE

deten Chemikalien (z. B. Lösemittel oder als Katalysatoren eingesetzte Amine) ergriffen werden müssen. Bei der Reinigung der Abluft anfallende Waschlösungen müssen entsorgt werden. Der in großen Mengen bei der Entkernung anfallende
5 Altsand muß entweder teuer entsorgt werden oder wird durch Pyrolyse regeneriert, wobei auch hier eine gesundheits-schädliche Abluft entsteht, und die anfallende Waschlösung deshalb ebenfalls teuer entsorgt werden muß.

10 Aus der DE 195 49 469 ist ein wasserlöslicher Binder auf der Basis von Polyphosphat zur Herstellung von Gießkernen für drucklose Aluminiumgießverfahren bekannt, durch dessen Verwendung sich die o.a. Nachteile weitestgehend vermeiden lassen.

15 Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Entkernung wasserlöslicher Gießkerne zu schaffen und darüber hinaus eine Vorrichtung bereitzustellen, mittels derer sich dieses Verfahren durchführen läßt.

20 Besonderes Augenmerk richtet sich dabei auf die mögliche Wiederverwendung des bei der Entkernung anfallenden Altsands und einer ebenso ökonomischen wie ökologischen Behandlung des anfallenden Abwassers.

25 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein gattungsgemäßes Verfahren, bei dem der Kernsand durch Wasserstrahlen aus den Gußteilen ausgetrieben wird. Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist
30 vorgesehen, dass der Sand in einem Entkernungsbecken aus den Gußteilen ausgetrieben wird. Vorteilhafterweise werden die mindestens einen Gießkern aufweisenden Gußteile zum Anlösen des Gießkerns vorab in ein wassergefülltes Lösungsbecken eingebracht. Nach einer Weiterentwicklung des Verfahrens
35 werden die Gußteile durch Bewegen in einem wasserge-

füllten Restentsandungsbecken restentsandet.

Zur Lösung der Aufgabe sieht die Erfindung weiter eine gattungsgemäße Vorrichtung vor, die gekennzeichnet ist durch
5 eine Wasserstrahleinrichtung zum Austreiben des Kernsand aus den Gußteilen.

Nach einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist diese weiterhin ein Entkernungsbecken zur Aufnahme
10 der Gußteile beim Austreiben des Formsandes auf. Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung zusätzlich ein wassergefülltes Lösungsbecken zum Anlösen des Formsandes in den Gußteilen auf. Nach einer bevorzugten Ausgestaltung beinhaltet die Vorrichtung darüber hinaus ein wassergefülltes
15 Restentsandungsbecken zum Ausspülen des Formsandes aus den Gußteilen.

Das Gußteil wird vorab in ein wassergefülltes Lösungsbecken eingetaucht, um den Gießkern anzulösen. Anschließend wird
20 der angelöste Kern in einem Entkernungsbecken mittels Wasserstrahlen aus dem Gußteil ausgetrieben. Der in schwer zugänglichen Teilen der Gußform verbleibende Restsand wird dann durch gezieltes Bewegen des Gußteils in einem wassergefüllten Restentsandungsbecken entfernt.

25 Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es vorteilhaft, wenn die einzelnen Anlagenteile, die zur schrittweisen Entkernung des Gußteils erforderlich sind, mit einem Transportsystem verbunden sind, das mindestens
30 ein Transportband aufweist, um unnötige Umlagerungen der Gußteile zu vermeiden.

Das zu diesem Zweck vorrichtungsgemäß vorgesehene Transportsystem kann aus mehreren einzelnen Transportbändern be-

stehen oder in besonders vorteilhafter Ausführung als ein einziges Transportband ausgeformt sein.

In einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens wird das
5 Gußteil nach dem Gießen auf ein Transportband abgelegt, das Transportband befördert das Gußteil in das Lösungsbecken, es durchläuft das Lösungsbecken auf dem Transportband, wird auf diesem wieder über den Wasserspiegel gehoben, zur Entkernungsstation mit Wasserstrahldüsen transportiert und
10 nach der Entkernung zum Tauchbad für die Restentsandung befördert.

Das Verfahren sieht vor, dass das Transportband oder Teile davon an den jeweiligen Bearbeitungsstationen angehalten
15 oder in der Transportgeschwindigkeit gesteuert werden können, um so die Verweildauer der Gußteile an den einzelnen Bearbeitungsstationen den jeweiligen Anforderungen anpassen zu können.

20 Eine äußerst bevorzugte Ausführung sieht vor, dass die unbehandelten Gußteile durch einen Manipulator auf das Transportband gelegt werden. Vorrichtungsgemäß kann es sich bei dem Manipulator z.B. um einen sensorgesteuerten Greifarm handeln.

25

Im Lösungsbecken wird der Gießkern im Wasserbad durch Aufnahme von Wasser angelöst. Dieses Anlösen kann aufgrund der Wasserlöslichkeit des Binders allein schon durch reines Wasser erreicht werden. Denkbar ist aber auch, das Anlösen
30 durch Zugabe eines Tensids zur Verringerung der Oberflächenspannung und/oder durch Zugabe eines Entlüfters, der die Austreibung der verbliebenen Luft im Gießkern unterstützt, zu beschleunigen. Zusätzlich oder alternativ kann auch Zugabe von Säure erfolgen.

Die Entkernung der Gußteile erfolgt in Einzelbearbeitung, d.h. jedes Gußteil wird für sich bearbeitet, um den Sandeintrag von einer Gußform in eine benachbart angeordnete auszuschließen. Aufgrund der Wasserlöslichkeit des Binders erfolgt die Entkernung durch Wasserstrahlen, die gezielt auf das Gußteil gerichtet sind. Die Wasseraustrittsdüsen können dabei in allen Richtungen manipulierbar sein und können in ihrem Bewegungsablauf programmgesteuert dem jeweiligen Gußteil angepaßt werden, wodurch die Entkernung von komplizierten Gußteilen gewährleistet werden kann, da die Wasserstrahlen auch unzugängliche Ecken im Inneren des Gußteils erreichen.

15 Nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass Bewegungen der Wasserstrahldüsen zumindest teilweise einzeln programmgesteuert an die Gußteile anpaßbar sind. Dies ist vor allem bei kleinen, schwer zugänglichen Ecken des Gußteils von Vorteil. Eine Weiterentwicklung sieht vor, dass mehrere Wasserstrahldüsen zu gruppenweise gesteuerten Düsenanordnungen (Düsenstöcke) zusammengefaßt sind, so dass sich auch größere Bereiche effizient entkernen lassen.

25 Um auch größere Gußteile in ihrer Gesamtheit zu entkernen, ist im Entkernungsbecken eine translatorische oder rotatorische Relativbewegung zwischen Gußteil und Wasserstrahldüsen vorgesehen. Diese ergibt sich nach einer Weiterentwicklung der Erfindung dadurch, dass zumindest zeitweise das Gußteil gehalten ist und die Wasserstrahldüsen bewegt sind oder umgekehrt. Nach einer Weiterentwicklung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass das Gußteil in einem Rotationskäfig angeordnet ist. Vorzugsweise weist der Rotationskäfig eine Anzahl von Rollen auf, die auf im

wesentlichen kreisförmigen Laufschiene der Entkernungseinrichtung abrollen.

Des weiteren sieht eine bevorzugte Ausführung Wasserstrahldüsen unterschiedlicher Geometrie bzw. entsprechender Düsenstöcke vor, wobei die Wasserstrahldüsen als Flachstrahldüsen, Vollstrahldüsen und/oder Vollkegeldüsen ausgebildet sein können. Die einzelnen Düsenstöcke können nacheinander geschaltet und zeitversetzt aktiv sein. Jedoch ist auch
5
10
15
möglich, unterschiedliche Düsenstöcke (Düsengeometrien) gleichzeitig zu aktivieren. Mittels einer derartigen Konfiguration kann zunächst eine großflächige Entkernung, z.B. durch Flachstrahldüsen erfolgen, woraufhin ein nachgeschalteter Düsenstock, der spezifisch nach dem jeweiligen Gußteil ausgebildet ist (Vollstrahl, Vollkegelstrahl), die Feinentkernung übernimmt. Der Strahldruck kann entsprechend angepaßt werden.

Das Verfahren sieht weiterhin vor, dass das Gußteil nach
20
der Wasserstrahl-Entkernung durch einen Manipulator vom Transportband genommen und in ein Tauchbad zur Restentsandung überführt wird. Bei dem Greifarm kann es sich seitens der Vorrichtung wiederum um einen sensorgesteuerten Greifarm handeln.

25
Gerade bei komplizierten Gußformen ist es nicht auszuschließen, dass sich loser Sand in unzugänglichen Bereichen abgesetzt hat. Dieser wird nun durch gezielte Bewegungen des Gußteils im Tauchbad herausgewaschen und sinkt aufgrund
30
der Schwerkraft auf den Boden des Tauchbadbehälters. Die ausgeführten Bewegungen des Gußteils erfolgen programmgesteuert in horizontaler, vertikaler und axialer Richtung je nach Anforderungen des jeweiligen Gußteils mit Hilfe des Manipulators bzw. des Greifarms. Anschließend wird das Gußteil
35
aus dem Tauchbad herausgehoben und auf einer Entnahme-

station abgelegt. Dies geschieht wiederum durch den Greifarm im gleichen Arbeitsgang.

5 Sowohl auf dem Grund des Lösungsbeckens, des Entkernungsbeckens als auch des Tauchbades zur Restentkernung sammelt sich der Altsand, der noch mit Resten des Binders behaftet ist. Dieser Altsand kann vorteilhaft mit einer sogenannten Schlammräumeinrichtung, wie sie aus der Klärschlammtechnik bekannt ist, aus den verschiedenen Becken ausgeräumt werden.
10

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung wird die Funktion der Schlammräumeinrichtung von dem Transportband bzw. einzelnen Transportbändern mit übernommen. In diesem
15 Fall weist das entsprechende Transportband an seiner Oberfläche Mitnehmer auf. Auf der Oberseite des Transportbandes werden dann die Gußteile befördert (Haltefunktion der Mitnehmer), auf der Unterseite, die entlang des jeweiligen Beckenbodens geführt ist, wird der Sand durch die Mitnehmer
20 zum Austrag über die Wasseroberfläche gefördert. Im Zuge dieser Verfahrensdurchführung ist es vorteilhaft, die entsprechenden Teile des Transportsystems als sanddurchlässige Transportbänder zu gestalten, um so die Ablagerung des Sandes am Boden der Becken zu ermöglichen.

25 Im Falle eines Transportsystems mit nur einem Transportband läßt sich so ein gemeinsamer Sandaustrag für die gesamte Entkernungsrichtung realisieren.

30 Eine andere Ausgestaltung erlaubt alternativ einen Sandaustrag durch Spiralförderer, Saugräumer, Schildräumer oder dergleichen.

Im Zuge der Aufgabenstellung sieht eine besonders bevorzugte Art der Durchführung vor, den ausgetragenen Altsand einer Sandwascheinrichtung zuzuführen.

- 5 Die Sandwascheinrichtung kann als ein Becken mit feinmaschigem sandundurchlässigem Zwischenboden gestaltet sein, in das der Altsand oberhalb des Zwischenbodens eingetragen wird. Die Sandwascheinrichtung ist dabei mit Wasser gefüllt.

10

Die Reinigung kann durch das Einblasen von Druckluft unterhalb des Zwischenbodens - eventuell im Intervallbetrieb - unterstützt werden, um so eine effiziente Verwirbelung des Sandes zu erreichen.

15

Das Verfahren sieht darüber hinaus vor, den gewaschenen Altsand einer Trocknungseinrichtung zuzuführen. Diese kann darrichtungsgemäß als Band- oder Durchlauftrockner ausstaltet sein. Denkbar ist jedoch auch eine Kammertrocknung, da hier eine effektivere und energiesparendere Trocknung möglich ist.

20

sehen, den gereinigten getrockneten Sand zur Herstellung von Gießkernen zu verwenden.

25

Das Abwasser aus dem Lösungsbecken, der Entkernungsstation, dem Tauchbad und dem Sandreinigungsbecken enthält Phosphate aus dem gelösten Binder. Dieses phosphathaltige Abwasser muß nicht teuer entsorgt werden, sondern kann als Rohstoff in der chemischen Industrie oder Düngemittelindustrie wieder Verwendung finden. Um die Transport- und Lagerkosten gering zu halten, wird das Abwasser aus der Entkernungsanlage einer Verdampfungseinrichtung zugeführt, die das Abwasser in ein Konzentrat überführt. Damit wird ein deutlich geringeres Volumen erreicht. Das dabei anfallende Destillat

35

kann der Entkernungseinrichtung direkt wieder zugeführt werden. Zur Verdampfung kann beispielsweise ein Brüdenverdichter, z.B. in Form eines Blasenverdampfers, eines Fallstromverdampfers oder eines Zwangsumlaufverdampfers, oder
5 ein Niedrigtemperaturverdampfer eingesetzt werden.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass wenigstens an der Entkernungseinrichtung entstehendes Spritzwasser bzw. beim Entkernen noch heißer Guß-
10 teile entstehender Wasserdampf in einer Einhausung auffangen bzw. durch Kondensation zurückgewonnen wird. Zur Wasserdampfrückgewinnung wird dabei vorteilhafterweise der entstehende Wasserdampf mittels des Destillats aus der Verdampfungseinrichtung gekühlt, das in Kühlwasserschläuchen
15 in Wandungen der Einhausung geführt ist. Auf diese Weise wird zudem das Destillat bzw. das eingesetzte Frisch- oder Prozeßwasser (wäßrige Salzlösung) vor der erneuten Verwendung im Rahmen der Wasserstrahltechnologie erwärmt, was beim Entkernen zu einem beschleunigten Anlösen der Binder-
20 brücken führt, so dass der gesamte Prozeß schneller durchführbar ist.

Nach einer Weiterentwicklung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass diese ein optisches Erkennungssystem zur Erkennung der Gußteilgeometrie aufweist. Eine solche Erkennung
25 kann beispielsweise aufgrund einer Schattenbildung des Gußteils bei Verwendung geeigneter Lichtquellen, Bildaufnahmeeinrichtungen (Video, CCD) und Bildauswerteeinrichtungen (Mikroprozessor) erfolgen und anschließend den Entkernungsvorgang steuerungstechnisch beeinflussen.
30

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der Beschreibung der nachfolgenden Figuren, die Ausführungsbeispiele der Erfindung im einzelnen darstellen. Es zeigt:
35

- Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Pilotanlage als Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- 5
- Fig. 2 einen Schnitt durch eine Ausgestaltung der Vorrichtung, der den Transportweg der Gußteile und die Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte und des Sandaustrags verdeutlicht;
- 10
- Fig. 2b eine Aufsicht und eine Schnittansicht einer ersten Ausführung der Wasserstrahl-Entkernungseinrichtung;
- 15
- Fig. 3 eine Aufsicht und eine Schnittansicht einer weiteren Ausführung der Wasserstrahl-Entkernungseinrichtung;
- 20
- Fig. 4 eine Aufsicht und eine Schnittansicht einer weiteren Ausführung der Wasserstrahl-Entkernungseinrichtung;
- Fig. 4a,b eine Seitenansicht bzw. eine Vorderansicht einer weiteren Ausführung der Wasserstrahl-Entkernungseinrichtung zum rotarischen Bewegen der Gußteile;
- 25
- Fig. 5 eine Aufsicht einer erfindungsgemäßen Wasserstrahl-Entkernungseinrichtung mit einem Manipulator zur Gußteilentkernung;
- 30
- Fig. 6 eine Schnittansicht einer Ausführung der Wasserstrahl-Entkernungseinrichtung mit Einhausung zur Wärme- und Wasserdampfückgewinnung;
- 35

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Wascheinrichtung zum Reinigen des Altsandes;

Fig. 8 ein Fließbild der Verdampfungseinrichtung;

5

Fig. 9 eine schematische Darstellung der Trocknungseinrichtung.

Die Fig. 1 zeigt in Form eines Blockschaltbilds ein konkretes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Entkernen von Gußteilen und insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die eigentliche Entkernung der Gußteile erfolgt in einer Entkernungseinrichtung 1, die auch eine Schlammräumeinrichtung 1.1, 1.2 beinhaltet. Die Entkernungseinrichtung 1 wird anschließend in Fig. 2 bis 5 detailliert dargestellt.

In unmittelbarer Nachbarschaft zu einer Entkernungseinrichtung 1 sind Gitterboxen 2.1, 2.2 angeordnet, die der Aufnahme unbehandelter 2.1 und behandelter Gußteile 2.2 dienen. Des weiteren weist die Vorrichtung einen Sandauffangcontainer 3 auf, der ebenfalls in der Nähe der Entkernungseinrichtung 1 angeordnet ist und sich zwischen dieser und einer Sandreinigungseinrichtung 4 befindet. Die Sandreinigungseinrichtung 4 und die Entkernungseinrichtung 1 sind über Leitungen mit einem Destillatbehälter 5 verbunden. Weitere Leitungen führen von der Entkernungseinrichtung 1 und der Sandreinigungseinrichtung 4 zu einem Vorlagetank 6 für eine nachgeschaltete Verdampfungseinrichtung 7 und von dort zu einem Konzentratbehälter 8. Die Verdampfungseinrichtung 7 ist außerdem mit dem Destillatbehälter 5 verbunden. Nachgeschaltet zur Sandreinigungseinrichtung 4 weist die Vorrichtung einen Sandbunker 9 und eine Trocknungseinrichtung 10 für gewaschenen Sand auf. An diese schließt sich eine Kernmacherei 11 an.

Die Verfahrensdurchführung geschieht wie folgt: Unbehandelte Gußteile lagern in der Gitterbox 2.1 und werden der Entkernungseinrichtung 1 mittels eines Manipulators 1.3, z.B. in Form eines Greifarms, zugeführt. Nach erfolgter Entkernung legt ein zweiter Manipulator 1.4 die behandelten Gußteile in der anderen Gitterbox 2.2 ab.

Bei der Entkernung anfallender Altsand 12 und das verschmutzte Wasser 13 werden getrennt wieder aufbereitet. Der Altsand 12 wird mittels der in der Entkernungseinrichtung 1 enthaltenen Schlammräumeinrichtung 1.1, 1.2 in den Sandauffangcontainer 3 überführt und gelangt von dort in die Sandreinigungseinrichtung 4, die in Fig. 7 näher dargestellt ist.

Der gereinigte Sand wird über den Sandbunker 9 der Trocknungseinrichtung 10 zugeführt. Dies kann z.B. mittels einer Transportschnecke geschehen. Der gereinigte, getrocknete und somit regenerierte Sand 14 steht anschließend in der Kernmacherei 11 erneut zur Verfügung. Die Trocknungseinrichtung 10 ist in Fig. 9 näher dargestellt.

Das Abwasser 13 wird über den Vorlagetank 6 der Verdampfungseinheit 7 zugeführt. Letztere ist in Fig. 8 näher erläutert. Dort wird das Abwasser 13 zu einem Konzentrat 15 reduziert, das in dem gesonderten Behälter 8 gelagert wird und als Sekundärrohrstoff für die chemische Industrie weitere Verwendung finden kann. Das Destillat 16 gelangt in den dafür vorgesehenen Behälter 5 und steht somit für die Entkernungseinrichtung 1 (speziell für dort enthaltene Wasserbäder 1.5, 1.6 und eine Wasserstrahleinrichtung 1.7) und für die Sandwascheinrichtung 4 erneut zur Verfügung.

Den schematischen Aufbau einer Ausführung der Entkernungseinrichtung 1 zeigt die Fig. 2. Sie weist drei wesentliche Teileinrichtungen auf, nämlich ein wassergefülltes Lösungsbecken 1.5, ein wassergefülltes Restentsandungsbecken 1.6 und ein Entkernungsbecken 1.8, die in einer Reihe nebeneinander angeordnet sind. Das Lösungsbecken 1.5 und das Entkernungsbecken 1.8 sind mit einem Transportsystem für zu entkernende Gußteile 1.9 verbunden, das in der gezeigten Ausgestaltung aus einem sanddurchlässigen Transportband 1.10 mit Mitnehmern 1.11 für Sandaustrag auf seiner Oberfläche besteht. Das Transportband 1.10 beginnt auf der dem Entkernungsbecken 1.8 abgewandten Seite des Lösungsbeckens 1.5 oberhalb der Wasseroberfläche, führt über den Boden des Lösungsbeckens 1.5 und des Entkernungsbeckens 1.8 und von dort zurück. Die Mitnehmer 1.11 des Transportbandes 1.10 übernehmen dabei zusätzlich zu der Räumerfunktion des ausgewaschenen Sandes 12 auch die Funktion einer Haltevorrichtung der Gußteile 1.9 während des Transportes zur Entkernungsstation. Das Restentsandungsbecken 1.6 weist ein eigenes sanddurchlässiges mitnehmerbesetztes Transportband 1.12 auf, das ebenfalls oberhalb der Wasseroberfläche beginnt, über den Beckenboden geführt wird und von dort zum Ausgangspunkt zurückkehrt. Die gezeigte Entkernungseinrichtung 1 beinhaltet weiterhin zwei Manipulatoren 1.3, 1.4 in Form von Greifarmen, die so angeordnet sind, dass sich ein erster Manipulator 1.3 am Anfang des Lösungsbeckens 1.5 befindet, so dass er den Teil des Transportbandes 1.10 erreicht, der oberhalb der Wasseroberfläche verläuft. Ein zweiter Manipulator 1.4 befindet sich am Ende des Restentsandungsbeckens 1.6, so dass er sowohl das Restentsandungsbecken 1.6 selbst als auch das Ende des ersten Transportbandes 1.10 im Entkernungsbecken 1.8 erreicht. Das Entkernungsbecken 1.8 weist bewegliche und programmsteuerbare Wasserstrahldüsen 1.13 auf, die beim gezeigten Ausführungs-

beispiel in Form von Düsenstöcken 1.14 gruppenweise angeordnet sind.

Der erste Manipulator 1.3, der hier schematisch als sensor-
5 gesteuerter Greifarm dargestellt ist, setzt die Gußteile
1.9 auf dem ersten Transportband 1.10 ab, auf dem sie in
das wassergefüllte Lösungsbecken 1.5 eingebracht werden
(Lösungsmitteltemperatur von Raumtemperatur bis ca. 80°C).
Nach ausreichender Anlösezeit, die durch ein Verlangsamen
10 oder Beschleunigen des Transportbandes 1.10 steuerbar ist,
gelangen die Gußteile 1.9 in das Entkernungsbecken 1.8,
worin sie mittels der beweglichen und programmsteuerbaren
Wasserstrahldüsen 1.13 oberhalb des Wasserspiegels bei
Strahldrücken von 2-6 bar entkernt werden.

15 Anschließend hebt der zweite Manipulator 1.4, hier gezeigt
in Form eines zweiten Greifarms, die Gußteile 1.9 vom
Transportband 1.10 und taucht sie zur Restentsandung durch
gezieltes Bewegen in ein wassergefülltes Restentsandungs-
20 becken 1.6. Nach erfolgter Restentsandung werden die Guß-
teile 1.9 durch den Manipulator 1.4 aus den Restentsan-
dungsbecken 1.6 entnommen und zur Weiterbearbeitung abge-
legt.

25 Der Austrag 12 des sich auf den Böden der Becken 1.5, 1.6,
1.8 ansammelnden Sandes wird durch die Schlammräumfunktion
der Transportbänder 1.10, 1.12 bewerkstelligt. Die Trans-
portbänder werden mit ihren mit Mitnehmern 1.11 besetzten
Oberflächen so über die Beckenböden geführt, dass der Alt-
30 sand 12 über den Beckenrand gehoben und auf diese Weise
ausgetragen wird.

Die Fig. 2b zeigt in einer Aufsicht und einer Schnittan-
sicht weitere Einzelheiten der Wasserstrahleinrichtung im
35 Entkernungsbecken 1.8. Zur Entkernung der Gußteile 1.9 sind

auch lateral bewegliche Wasserstrahldüsen 1.13 angeordnet. Das mit Mitnehmern 1.11 besetzte Transportband 1.10 kann in seiner Geschwindigkeit so gesteuert werden, dass eine optimale Entkernung erreicht wird. Die Geschwindigkeit ist empirisch zu ermitteln.

Darüber hinaus weist das Entkernungsbecken 1.8 eine Spannvorrichtung 1.15 als Halteeinrichtung für die Gußteile 1.9 während der Entkernungsphase auf, die an der Außenwand des Beckens fixiert ist 1.15a und eine oder mehrere Spannwan-
10 1.15b beinhaltet.

Die Fig. 3 und 4 zeigen jeweils in einer Aufsicht (links) und einer Schnittansicht (rechts) weitere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Wasserstrahl-Entkernungseinrichtung.

Die Fig. 3 erläutert ein Einsatzprinzip für Wasserstrahltechnik zum Entkernen von Gußteilen 1.9 mit mobilem Gußteil 1.9 auf einem Transportband 1.10 und fixierten Anordnungen von Wasserstrahldüsen 1.13 (Düsenstöcke 1.14). Die Düsenstöcke 1.14 sind lineare Anordnungen aus einer Mehrzahl von Wasserstrahldüsen 1.13, die seitlich und oberhalb der auf dem Transportband 1.10 angeordneten Gußteile 1.9 an einem Düsenstrahlrahmen 1.16 angeordnet sind. Der Düsenstrahlrahmen 1.16 besitzt im wesentlichen eine oberhalb des Gußteils 1.9 geschlossene U-förmige Gestalt und umfaßt Verbindungsleitungen 1.17 für Frischwasser oder Prozeßwasser (Destillat 16 bzw. wäßrige Salzlösung mit einer Konzentration bis 13%, vorzugsweise bis 8,5%, pH 7-12), das zum Ent-
20 kernen der Gußteile 1.9 verwendet wird.

Die Anordnung von jeweils drei Düsenstöcken 1.14 an einem Düsenstrahlrahmen 1.16 wird als Düsenstrahlsatz 1.18, 1.18' bezeichnet. Im linken Teil der Fig. 3 ist gezeigt, dass eine Mehrzahl solcher Düsenstrahlsätze 1.18, 1.18' längs des
35

in Richtung der Doppelpfeile P beweglichen Transportbandes 1.10 angeordnet sein können, wobei die Düsenstöcke 1.14 des jeweiligen Düsenstrahlsatzes 1.18, 1.18' unterschiedliche Düsenarten aufweisen. So weist der in Richtung der Transportbandbewegung vordere Düsenstrahlsatz 1.18 beispielsweise Flachstrahldüsen auf, die eine erste (großflächig aktive) Reinigungs- bzw. Entkernungsstufe bilden. Der in Richtung der Transportbandbewegung nachgeschaltete Düsenstrahlsatz 1.18' bildet eine zweite Reinigungs- bzw. Entkernungsstufe und weist hierzu beispielsweise Vollstrahl- und Vollkegeldüsen auf, mit denen eine gezielte kleinskalige Entkernung der Gußteile 1.9 möglich ist. Das Düsenmaterial wird aufgrund der angestrebten Haltbarkeit und chemischen Beständigkeit ausgewählt. Möglich sind z.B. Düsen aus Polymer, Messing oder Edelstahl.

Die Fig. 4 zeigt in einer der Fig. 3 entsprechenden Darstellung eine weitere Ausführungsform, bei der die Düsenstöcke 1.14 mit den Wasserstrahldüsen 1.13 auf mobilen Düsenstrahlrahmen 1.18, 1.18' angeordnet sind. Letztere weisen zu diesem Zweck im unteren Bereich, d.h. an den Enden 1.19 ihrer freien Schenkel Räder 1.20 auf, auf denen sie entlang des Transportbandes 1.10 mit den Gußteilen 1.9 in Richtung der Doppelpfeile P' mit empirisch festzulegender Geschwindigkeit verschiebbar sind. Diese Weise läßt sich analog zu den Ausführungen betreffend die Fig. 3 ein mehrstufiger Entkernungsprozeß für die Gußteile 1.9 realisieren.

Zusätzlich oder alternativ zu den durch die Doppelpfeile P, P' dargestellten horizontalen Bewegungen der Fig. 3, 4 können die Gußteile 1.9 und/oder die Düsenstöcke 1.18, 1.18' auch in vertikaler Richtung (senkrecht zur Ebene des Transportbands 1.10) bewegbar sein. Für die Gußteile 1.9 ist

hierfür eine gesonderte Hebeinrichtung (nicht gezeigt) vorgesehen.

Die Fig. 4a und 4b zeigen eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Entkernungseinrichtung, die zum rotatorischen
5 Bewegen der Gußteile ausgebildet ist.

Dazu weist die Entkernungseinrichtung 1 zusätzlich zu den Ausgestaltungen der Fig. 3 und 4 einen Rotationskäfig 1.15c
10 auf, der im wesentlichen quaderförmig (Fig. 4b) ausgebildet ist und der innerhalb des Düsenstrahlrahmens 1.16 mittels an seinen Ecken angeordneter Rollen 1.15d auf zueinander parallel angeordneten kreisförmigen Laufschiene 1.15e, von denen in Fig. 4a,b nur eine zu erkennen ist, drehbar ge-
15 führt ist. Der Rotationskäfig 1.15c ist dabei beim gezeigten Ausführungsbeispiel um eine zur Ebene des Transportbands 1.10 parallele Achse A drehbar, die in Fig. 4b gezeigt ist (dort senkrecht zur Blattebene).

20 Der Entkernungsprozess durch Rotationsbewegung des Gußteils läuft folgendermaßen ab:

Zunächst wird das zu entkernende Gußteil 1.0 mittels des Transportbandes 1.10 in Richtung des Pfeils P zum Rotationskäfig 1.15c transportiert. Mit Hilfe beispielsweise von
25 Lichtschranken (nicht gezeigt) wird eine exakte Positionierung des Gußteils 1.9 unterhalb des Rotationskäfig 1.15c ermittelt. Anschließend wird mittels einer nicht gezeigten Hebevorrichtung das Gußteil 1.9 in den Rotationskäfig 1.15c
30 gehoben und dort mittel der Spannvorrichtung 1.15 fixiert.

Danach wird eine Rotation des Gußteils 1.9 und zugleich die Entkernung mittels der Wasserstrahldüsen 1.13 eingeleitet. Die Geschwindigkeit der Rotation muss der Entkernung ange-
35 passt sein. Die Rotationsbewegung kann im Uhrzeigersinn und

Gegenuhrzeigersinn ausgeführt werden. Durch eine derartige Rotation des Gußteils 1.9 können sämtliche Flächen des Gußteils 1.9 mittels Wasserstrahlen erreicht werden. Zusätzlich lassen sich Hinterschneidungen im Gußteil 1.9 leichter
5 erreichen und durch die Drehbewegung von 360° erheblich effektiver ausschlämmen.

Die Rotation wird mit parallel verlaufenden Laufschiene
1.15e (zwei beim gezeigten Ausführungsbeispiel) und dem
10 darin befindlichen Rotationskäfig 1.15c, der über vier drehbar gelagerte Rollen 1.15d mit den Laufschiene 1.15e verbunden ist, realisiert.

Dieses Prinzip der Entkernung läßt sich mit einer weiter
15 unten anhand der Fig. 6 beschriebenen Einhausung zur Wärme- und Wasserdampfdruckgewinnung kombinieren, was hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeigt ist. Die Anordnung der Düsenstöcke 1.13 (Anordnung vertikal oder horizontal) zum Gußteil muss empirisch ermittelt werden.

20 Die eingesetzten Düsengeometrien entsprechen den bereits oben vorgestellten Entkernungsprinzipien.

Die Fig. 5 zeigt ein weiteres Einsatzprinzip der Wasserstrahltechnik zum Entkernen von Gießteilen unter Einsatz
25 eines Manipulators.

Zu diesem Zweck ist im Bereich des Transportbandes 1.10 ein weiterer Manipulator 1.21 angeordnet, der am distalen Ende
30 1.22 seines Armes einen Düsenstrahlkopf 1.23 trägt, der im gezeigten Ausführungsbeispiel Wasserstrahldüsen 1.13 unterschiedlicher Form, z.B. Flachstrahl-, Vollstrahl- und Vollkegeldüsen aufweist. Auf dem in Richtung des Pfeils P bewegten Transportband 1.10 ist eine Ständereinrichtung 1.24
35 zur Aufnahme der Gußteile 1.9 angeordnet. Diese hat im we-

sentlichen die Form einer flach auf dem Transportband 1.10 aufliegenden Platte 1.25, die an ihrer Oberseite eine Anzahl vertikaler Stützen 1.26 aufweist, auf denen die Gußteile 1.9 in einem Abstand zur Platte 1.25 aufliegen, so
5 dass sie rundherum zugänglich sind und damit eine Entkernung von allen Seiten möglich ist.

Das Entkernen der Gußteile 1.9, die auf dem Transportband 1.10 (der Ständereinrichtung 1.24) angeordnet sind und sich
10 in Richtung des Pfeils P am Manipulator 1.21 vorbeibewegen, erfolgt durch punktförmiges programmgesteuertes Abfahren der Gußteile 1.9 durch den Manipulator 1.21, wobei je nach Bedarf die unterschiedlichen Wasserstrahldüsen 1.13 am Düsenstrahlkopf des Manipulators eingesetzt werden. Die ver-
15 schiedenen Bewegungsmöglichkeiten des Manipulators 1.21 in allen Raumrichtungen sind durch die Pfeile im oberen Teil der Fig. 5 dargestellt.

Um den Wasserverlust beim Entkernen heißer Gußteile beim
20 Einsatz der vorstehend beschriebenen Wasserstrahltechnik zu reduzieren, schlägt die Erfindung im Rahmen einer bevorzugten Weiterentwicklung ein System zur Wasser- und Wärmerückgewinnung bei einer Wasserstrahl-Entkernungsanlage vor. Dies ist in der Fig. 6 dargestellt.

25 Die Fig. 6 zeigt eine Schnittansicht durch eine Ausführung der Vorrichtung mit einem mobilen Düsenstrahlrahmen 1.18, die im wesentlichen der Schnittansicht der Fig. 4 entspricht. Um die Entkernungseinrichtung herum ist eine Einhausung 1.27 mit U-förmigem Querschnitt vorgesehen, die die
30 Entkernungseinrichtung vollständig umgibt und zumindest größtenteils aus einem gut wärmeleitenden Material, z.B. einem Metall steht. Im Inneren der Wandung der Einhausung 1.27 sind Wasserschläuche 1.28 angeordnet. Diese haben ei-
35 nen wendel- bzw. määnderartigen Verlauf und erstrecken sich

so im wesentlichen in die Zeichenebene hinein bzw. aus der Zeichenebene heraus.

5 Mittels einer Zuleitung 1.29 und einem Auslauf 1.30 wird in den Leitungen 1.28 das Destillat 16 der Verdampfungseinrichtung 7, Frischwasser oder eine Lösung aus Wasser und Salz (Prozeßwasser) zugeführt.

10 Beim Einsatz der Wasserstrahltechnik zum Entkernen der in der Regel heißen Gußteile 1.9 (Gußteilstemperatur bis 450°C, Temperaturbereich bei Kokille- und Sandguß) bildet sich innerhalb der Einhausung 1.27 Wasserdampf 13.2, der aufgrund des Temperaturunterschieds zu den Wandungen der Einhausung 1.27 auf dieser kondensiert, wodurch der Wasserverlust beim
15 Entkernen drastisch reduziert wird. Das Kondensat kann anschließend dem Entkernungsbecken 1.8 zugeführt und wie oben beschrieben weiterbehandelt werden. Das erwärmte Destillat 16 verläßt die Einhausung durch den Auslauf 1.30 und wird anschließend selbst zum Entkernen von Gußteilen 1.9 verwen-
20 det, wobei aufgrund der erhöhten Wassertemperatur ein schnelleres Anlösen der Binderbrücken erreicht wird, so dass die Entkernung schneller durchgeführt werden kann.

Die Einhausung 1.27 mit den wasserführenden Schläuchen 1.28
25 funktioniert demgemäß nach dem Prinzip eines Wärmetauschers, durch den ein Teil der beim Gießprozeß aufgewendeten Wärmeenergie rückgewonnen und zum beschleunigten Entkernen der Gußteile verwendet wird.

30 Die schematische Darstellung in Fig. 7 zeigt die Sandwascheinrichtung 4, mit deren Hilfe der beim Entkernen anfallende Sand 12 von Binderresten gereinigt wird. Sie beinhaltet in der hier gezeigten Ausgestaltung ein Becken 4.1, das bei etwa 2/3 seiner Tiefe einen parallel zum Beckenboden 4.2
35 angeordneten feinmaschigen, sandundurchlässigen Zwischenbo-

den 4.3 aufweist. Unterhalb des Zwischenbodens 4.3 erstreckt sich eine parallel zum Beckenboden 4.2 verlaufende, den größten Teil der Beckenausdehnung durchmessende Druckluftleitung 4.4, die in regelmäßigen Abständen nach oben, d.h. in Richtung des Zwischenbodens 4.3 gerichtete Öffnungen 4.5 besitzt. Das Becken 4.1 weist darüber hinaus in der Nähe des oberen Beckenrandes 4.6 eine Zuleitung für Frischwasser 4.7 und am Beckenboden 4.2 einen Abfluß 4.8 für Schmutzwasser 13 auf.

10

Der Altsand 12 wird oberhalb des feinmaschigen und sandundurchlässigen Zwischenbodens 4.3 in die Wascheinrichtung 4 eingetragen, die mit Frischwasser gefüllt wird. Die Verwirbelung des Sandes 12 erfolgt durch Druckluft, die unterhalb des Zwischenbodens 4.3 eingeblasen wird und durch diesen hindurch nach oben steigen kann.

15

Über den Schmutzwasserabfluß 4.8 am Boden der Sandwascheinrichtung 4 kann das Abwasser 13 der in Fig. 1 gezeigten Verdampfungseinrichtung 7 zugeführt werden.

20

Fig. 8 zeigt ein Verfahrensfließbild für eine Verdampfungseinrichtung mit Brüdenverdichtung. Die Verdampfungseinrichtung 7 weist einen Verdampfer 7.1 in Form eines tankartigen Behälters auf, der eine Anfahrheizung 7.2 beinhaltet. Das Innere des Verdampfers 7.1 steht in Kontakt zu einem Kondensator 7.3, der beispielsweise als Plattenwärmeübertrager ausgebildet sein kann. Verdampfer 7.1 und Kondensator 7.3 sind über einen Brüdenverdichter 7.4, d.h. eine Wälzkolben-Vakuumpumpe verbunden. Des weiteren weist die Verdampfungseinheit 7 einen Wärmetauscher in Form eines Vorwärmers/ Destillatkühlers 7.5 auf. Der Vorwärmer 7.5 beinhaltet einen Schmutzwasserzulauf 7.6 und ist mit dem Inneren des Verdampfers 7.1 verbunden. Der Destillatkühler 7.5 besitzt einen Ablauf 7.7 für das Destillat 16 und ist mit dem Kon-

25

30

35

densator 7.3 verbunden. Am Boden des Verdampfers 7.1 ist ein Abfluß 7.8 für das konzentrierte Abwasser im Sumpf 7.9 vorgesehen.

5 Bei Prozeßbeginn wird das einzudampfende Abwasser 13 durch den Vorwärmer/Destillatkühler 7.5 in den Verdampfer 7.1 gesaugt. Dies geschieht mittels der als Brüdenverdichter 7.4 ausgebildeten Vakuumpumpe, die durch Absaugen der anfangs im Verdampfer 7.1 vorhandenen Luft für einen Unterdruck
10 sorgt. Das eintretende Abwasser 13.1 wird mittels der durch den Kondensator 7.3 geführten, komprimierten und dadurch erhitzten Luft erwärmt. Zusätzlich kann zu Prozeßbeginn die Heizung 7.2 so lange zugeschaltet werden, bis das Abwasser 13.1 siedet. Der aufsteigende Wasserdampf 13.2 wird vom
15 Verdichter 7.4 abgesaugt, auf Normaldruck gebracht und kondensiert im Kondensator 7.3, wobei die freiwerdende Wärme an den Verdampferinhalt 13.1 abgegeben wird. Das Destillat 16 verläßt die Einrichtung über den Vorwärmer/Destillatkühler 7.5, wobei es einen Teil seiner Wärmeenergie an das
20 einfließende Abwasser 13 abgibt.

Das konzentrierte Abwasser im Sumpf 7.9 kann in einen Behälter (nicht gezeigt) abgelassen werden, sobald es die gewünschte Endkonzentration erreicht hat. Dann beginnt ein
25 neuer Eindampfzyklus.

Die Fig. 9 zeigt die Trocknungseinrichtung 10 für gewaschenes Kernmaterial 12.1 in der speziellen Ausgestaltung als Fließbettrockner. Das Trocknergehäuse 10.1 ist eine
30 Schweißkonstruktion aus Stahlblech und besitzt einen Sandeinlauftrichter 10.2 und einen höhenverstellbaren Sandauslauf 10.3, dessen vertikale Position die Schichthöhe des Sandes 12.1 in der Trocknungseinrichtung 10 bestimmt.

Im unteren Bereich des Gehäuses 10.1 ist parallel zum Gehäuseboden 10.4 ein Düsenboden 10.5 angeordnet, der als Blechplatte mit Bohrungen für geschraubte Lufterdösen (nicht gezeigt) ausgebildet ist. Unterhalb des Düsenbodens 10.5 befindet sich eine Windkammer 10.6. Die Lufterdösen sind so ausgebildet, dass mit ihrer Hilfe Luft aus der Windkammer 10.6 durch den Düsenboden 10.5 nach oben geleitet werden kann, jedoch von oben auch bei Stillstand keine Feststoffe durch den Düsenboden 10.5 in die Windkammer 10.6 gelangen können. Im Bereich der Windkammer 10.6 weist das Gehäuse 10.1 eine Öffnung 10.7 zum Einblasen erhitzter Trockenluft 10.8 auf. Weiterhin ist ein Thermoelement 10.9 zur Messung der Sandtemperatur vorgesehen.

Der zu trocknende Sand 12.1 wird oberhalb des Düsenbodens 10.5 in das Gehäuse 10.1 eingebracht. Dabei wird auf ca. 400°C erhitzte Luft 10.8 in die Windkammer 10.6 eingeblasen und über den Düsenboden 10.5 in das Sandbett 12.1 geleitet. Die Trocknerluft 10.8 durchströmt das Sandbett 12.1 dergestalt, dass sie ein Ablösen der einzelnen Sandteilchen aus der Schicht bewirkt, jedoch keinen pneumatischen Transport des Sandes hervorruft. So erfahren die Sandteilchen eine intensive Durchmischung, ohne aus der Schicht 12.1, die man auch als Fließbett oder fluidisierte Schütttschicht bezeichnet, ausgetragen zu werden. Über die so maximierte Kontaktfläche zwischen Feststoff und Gas, d.h. Sand 12.1 und Trocknerluft 10.8 wird der Wärmeinhalt der Luft rasch an den Sand 12.1 abgegeben, so dass das Wasser verdampft. Der Temperaturfühler 10.9 überwacht die Sandtemperatur, deren Anstieg einen zu geringen Sandeintrag signalisiert. Der getrocknete Sand 14 verläßt die Kammer 10.1 über den Sandauslauf 10.3.

Die folgenden Einflußfaktoren sind von entscheidender Bedeutung für den eigentlichen Entkernungsvorgang und werden

im Rahmen des vorgeschlagenen Verfahrens bzw. der vorstehend beschriebenen Vorrichtung kontrolliert und gesteuert bzw. explizit mit berücksichtigt:

- 5 - Art des Lösungsmittels (Wasser);
- wahlweise Frischwasser (im neutralen pH-Bereich) oder Prozeßwasser;
- Viskosität des Lösungsmittels;
- beim Einsatz von Prozeßwasser (pH 7-12) Konzentration
- 10 der Lösung bis 13%, vorzugsweise bis 8,5%;
- Lösungsmitteldruck 2-6 bar;
- Lösungsmittelstrahl (abhängig von der Düsenform);
- Düsenmaterial je nach angestrebter Haltbarkeit und chemischer Beständigkeit (z.B. Polymer, Messing, Edelstahl);
- 15 - Lösungsmitteltemperatur (Raumtemperatur bis 80°);
- Gußteilstemperatur (Raumtemperatur bis 450°), Temperaturbereich bei Kokille- und Sandguß);
- Gußgeometrie (Einsatz eines optischen Erkennungssystems);
- 20 - Dauer des Entkernungsvorgangs;
- Geschwindigkeiten des Transportbandes bzw. des Düsenstrahlrahmens (empirisch zu ermitteln).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entkernen von wasserlösliche Gießkerne
aus Sand aufweisenden Gußteilen, dadurch gekennzeichnet,
dass der Kernsand durch Wasserstrahlen aus den
5 Gußteilen ausgetrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
der Sand in einem Entkernungsbecken aus den Gußteilen
ausgetrieben wird.
10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
dass die mindestens einen Gießkern aufweisenden
Gußteile zum Anlösen des Gießkerns vorab in ein wasser-
gefülltes Lösungsbecken eingebracht werden.
15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
dass die Gußteile durch Bewegen in einem
wassergefüllten Restentsandungsbecken restentsandet
werden.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Transport der Gußteile zwischen Lösungsbecken, Entkernungsbecken und Restentsandungsbecken mittels eines Transportsystems mit mindestens einem Transportband erfolgt.
5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der ausgewaschene Sand mittels einer Schlammräumvorrichtung aus Restentsandungsbecken und/oder Entkernungsbecken und/oder Lösungsbecken herausgefördert wird.
10
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Transportband bzw. mindestens eines der Transportbänder verlangsamt oder angehalten wird, während sich Gußteile im Lösungsbecken, im Entkernungsbecken oder im Restentsandungsbecken befinden.
15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Anlösen des Gießkerns durch die Zugabe eines Tensids und/oder eines Entlüfters und/oder Säure im Lösungsbecken beschleunigt wird.
20
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zum Anlösen des Gießkerns nötige Verweildauer im Lösungsbecken durch eine Verlangsamung der Transportgeschwindigkeit oder ein Anhalten des entsprechenden Transportbandes erreicht wird.
25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserstrahlentkernung für jedes einzelne Gußteil separat erfolgt, um Sandeintrag in andere Gußteile auszuschließen.
30

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entkernung mittels gezielt auf das Gußteil gerichteter Wasserstrahlen erfolgt.
- 5
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Gußteil zumindest teilweise mittels einzelner programmgesteuert an das Gußteil anpaßbarer, z.B. lokal druckgesteuerter Wasserstrahldüsen entkernt wird.
- 10
13. Verfahren nach Ansprüchen 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Gußteil zumindest teilweise mittels gruppenweise gesteuerter Einzeldüsen (Düsenstock) entkernt wird.
- 15
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass Gußteile und Wasserstrahldüsen beim Entkernen relativ zueinander translatorisch bewegt werden.
- 20
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Gußteil zumindest teilweise an den Wasserstrahldüsen vorbeibewegt wird.
- 25
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserstrahldüsen zumindest teilweise am Gußteil vorbeibewegt werden.
- 30
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Gußteile und Wasserstrahldüsen beim Entkernen relativ zueinander rotatorisch bewegt werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass zum Entkernen Wasserstrahldüsen unterschiedlicher Geometrie eingesetzt werden.
- 5 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Anzahl Wasserstrahldüsen durch einen Manipulator bewegt und betätigt werden.
- 10 20. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gußteil während der Entkernung mittels einer im Entkernungsbecken angeordneten Spanneinrichtung gehalten wird.
- 15 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die unbehandelten Gußteile durch einen Manipulator auf das Transportband bzw. das erste mehrerer Transportbänder gelegt werden.
- 20 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die wassergestrahlten Gußteile von einem Manipulator vom entsprechenden Transportband genommen und in das Restentsandungsbecken überführt werden, worin sie durch denselben Manipulator programmgesteuert je nach Art des Gußteils in alle Raumrichtungen bewegt werden und woraus sie durch denselben Manipulator wieder entnommen werden.
- 25
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Transportband bzw. mindestens eins der einzelnen Transportbänder mit seiner Oberseite so entlang des jeweiligen Bodens des Lösungsbeckens, des Entkernungsbeckens und/oder des Restentsandungsbeckens geführt wird, dass der ausgewaschene Sand durch an
- 30
- 35 der Oberfläche des Transportbandes bzw. der Transport-

bänder vorhandene Mitnehmer aus dem Becken ausgetragen wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch
5 gekennzeichnet, dass der ausgetragene Altsand einer Sandwascheinrichtung zugeführt wird.
25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet,
10 dass der Altsand oberhalb eines feinmaschigen sandundurchlässigen Zwischenbodens in die Sandwascheinrichtung eingetragen wird, diese mit Frischwasser gefüllt wird und der Sand durch Einblasen von Druckluft unterhalb des Zwischenbodens gereinigt wird.
- 15 26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Reinigungsvorgang durch eine Intervallschaltung der Druckluftzufuhr zur optimalen Verwirbelung des Sandes unterstützt wird.
- 20 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass Waschwasser aus der Sandwascheinrichtung und/oder der Entkernungseinrichtung einer Verdampfungseinheit zugeführt wird.
- 25 28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass Destillat aus der Verdampfungseinrichtung der Entkernungseinrichtung und/oder der Sandwascheinrichtung wieder zugeführt wird und das Abwasserkonzentrat als Sekundärrohstoff zur Verfügung steht.
- 30 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der gewaschene Sand einer Trocknungseinrichtung zugeführt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet,
dass der getrocknete Sand zur erneuten Gießkernherstellung verwendet wird.
- 5 31. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens an der Entkernungseinrichtung entstehendes Spritzwasser bzw. entstehender Wasserdampf in einer Einhausung aufgefangen bzw. durch Kondensation zurückgewonnen wird.
- 10 32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass zur Wasserdampfrückgewinnung der entstehende Wasserdampf mittels des Destillats aus der Verdampfungseinrichtung gekühlt wird.
- 15 33. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine optische Erkennung der Gußteilgeometrie.
- 20 34. Vorrichtung zum Entkernen wasserlöslicher Gießkerne aus Sand, insbesondere nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Wasserstrahleinrichtung (1.7) zum Austreiben des Formsandes (12) aus den Gußteilen (1.9).
- 25 35. Vorrichtung nach Anspruch 34, gekennzeichnet durch ein Entkernungsbecken (1.8) zur Aufnahme der Gußteile (1.9) beim Austreiben des Formsandes (12).
- 30 36. Vorrichtung nach Anspruch 34 oder 35, gekennzeichnet durch ein wassergefülltes Lösungsbecken (1.5) zum Anlösen des Formsandes (12) in den Gußteilen (1.9).
- 35 37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 36, gekennzeichnet durch ein wassergefülltes Restentsandungsbek-

ken (1.6) zum Ausspülen des Formsandes (12) aus den Gußteilen (1.9).

38. Vorrichtung nach den Ansprüchen 34 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass das Lösungsbecken (1.5), das Entkernungsbecken (1.8) und das Restentsandungsbecken (1.6) untereinander mit mindestens einem Transportband (1.10) verbunden sind.
39. Vorrichtung nach en Ansprüchen 34 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass das Lösungsbecken (1.5), das Entkernungsbecken (1.8) und das Restentsandungsbecken (1.6) mittels eines Transportsystems verbunden sind, das mehrere unabhängige Transportbänder (1.10, 1.12) aufweist.
40. Vorrichtung nach Anspruch 38 oder 39, dadurch gekennzeichnet, dass das Transportband (1.10) bzw. mindestens eins der einzelnen Transportbänder (1.10, 1.12) sanddurchlässig ausgebildet ist.
41. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Transportband (1.10) bzw. mindestens eins der einzelnen Transportbänder (1.10, 1.12) in seiner Transportgeschwindigkeit steuerbar ist.
42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 41, gekennzeichnet durch einen Manipulator (1.3) zum Auflegen der unbehandelten Gußteile (1.9) auf das Transportband (1.10) bzw. das erste Teilband (1.10) des Transportsystems.
43. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 42, gekennzeichnet durch einen Manipulator (1.4) zum Überführen wassergestrahlter Gußteile (1.9) aus dem Entkernungsbecken (1.8) in das Restentsandungsbecken (1.6), zum

programmgesteuerten Bewegen der Gußteile (1.9) im Restentsandungsbecken (1.6) und zur Entnahme der Gußteile (1.9) aus dem Restentsandungsbecken (1.6).

- 5 44. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass das Lösungsbecken (1.5) und/oder das Entkernungsbecken (1.8) und/oder das Restentsandungsbecken (1.6) mindestens eine Schlammräumeinrichtung (1.1, 1.2) aufweisen.
- 10 45. Vorrichtung nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlammräumeinrichtung bzw. die Schlammräumeinrichtungen als Spiralförderer, Saugräumer, Schildräumer oder dergleichen ausgebildet ist bzw. sind.
- 15 46. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass das Transportband bzw. mindestens eins der einzelnen Transportbänder (1.10, 1.12) an seiner Oberfläche Mitnehmer (1.11) zum Sandaustrag und/oder als Halteeinrichtung für die Gußteile (1.9) während des Transports zur Wasserstrahleinrichtung im Entkernungsbecken (1.8) aufweist.
- 20 47. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass das Entkernungsbecken (1.8) eine Spannvorrichtung (1.15) für die Gußteile (1.9) während der Entkernungsphase aufweist.
- 25 48. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserstrahleinrichtung (1.7) Wasserstrahldüsen (1.13) aufweist, die zur Entkernung gezielt auf die Gußteile (1.9) richtbar sind.
- 30 49. Vorrichtung nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, dass Bewegungen der Wasserstrahldüsen (1.13) zumindest
- 35

teilweise einzeln programmgesteuert an die Gußteile
(1.9) anpaßbar sind.

50. Vorrichtung nach Anspruch 48 oder 49, dadurch gekenn-
5 zeichnet, dass mehrere Wasserstrahldüsen (1.13) zu
gruppenweise gesteuerten Düsenanordnungen (Düsenstöcke)
(1.14) zusammengefaßt sind.
51. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 48 bis 50, gekenn-
10 zeichnet durch eine translatorische Relativbewegung
zwischen Gußteil (1.9) und Wasserstrahldüsen (1.13).
52. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 48 bis 51, gekenn-
zeichnet durch eine rotatorische Relativbewegung zwi-
15 schen Gußteil (1.9) und Wasserstrahldüsen (1.13).
53. Vorrichtung nach Anspruch 51 oder 52, dadurch gekenn-
zeichnet, dass zumindest zeitweise das Gußteil (1.9)
gehalten ist und die Wasserstrahldüsen (1.13) bewegt
20 sind oder umgekehrt.
54. Vorrichtung nach Anspruch 52 oder 53, dadurch gekenn-
zeichnet, dass das Gußteil (1.9) in einem Rotationskä-
fig (1.15c) angeordnet ist.
25
55. Vorrichtung nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet,
dass der Rotationskäfig (1.15c) eine Anzahl von Rollen
(1.15d) aufweist, die auf im wesentlichen kreisförmigen
Laufschienen (1.15e) der Entkernungseinrichtung (1) ab-
30 rollen.
56. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 48 bis 55, gekenn-
zeichnet durch Wasserstrahldüsen (1.13) unterschiedli-
cher Geometrie bzw. entsprechende Düsenstöcke (1.14).

57. Vorrichtung nach Anspruch 56, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserstrahldüsen (1.13) als Flachstrahldüsen, Vollstrahldüsen und/oder Vollkegeldüsen ausgebildet sind.
- 5
58. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 48 bis 57, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Anzahl Wasserstrahldüsen (1.13) an einem Manipulator (1.21) angeordnet und durch diesen um das Gußteil (1.9) herum bewegbar sind.
- 10
59. Vorrichtung nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, dass das Gußteil (1.9) zur Entkernung von allen Seiten in einer Ständereinrichtung (1.24) aufgenommen ist.
- 15
60. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 59, gekennzeichnet durch eine Sandwascheinrichtung (4) in Form eines Beckens (4.1) mit einem feinmaschigen sandundurchlässigen Zwischenboden (4.3), einer darunterliegenden Einrichtung zum Einblasen von Druckluft (4.4; 4.5), einer Zuleitung für Frischwasser (4.7) und einem Abfluß für Abwasser (4.8).
- 20
61. Vorrichtung nach Anspruch 60, gekennzeichnet durch eine Verdampfungseinrichtung (7) für das im Lösungsbecken (1.5), im Entkernungsbecken (1.8), im Restentsandungsbecken (1.6) und in der Sandwascheinrichtung (4) anfallende Abwasser (13).
- 25
62. Vorrichtung nach Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdampfungseinrichtung (7) als Blasenverdampfer, Fallstromverdampfer, Zwangsumlaufverdampfer oder als Niedrigtemperaturverdampfer ausgebildet ist.
- 30

63. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 60 bis 62, gekennzeichnet durch eine Trocknungseinrichtung (10) für den gewaschenen Altsand (12.1).
- 5 64. Vorrichtung nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, dass die Trocknungseinrichtung (10) als Band-, Durchlauf- oder Kammertrockner ausgebildet ist.
- 10 65. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 64, gekennzeichnet durch eine zumindest die Entkernungseinrichtung (1) umgebende Einhausung (1.27) zum Auffangen von Spritzwasser und/oder zur Rückgewinnung von Wasserdampf (13.2).
- 15 66. Vorrichtung nach Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, dass die Einhausung (1.27) mittels des Destillats (16) aus der Verdampfungseinrichtung (7) kühlbar ist.
- 20 67. Vorrichtung nach Anspruch 66, gekennzeichnet durch Kühlwasserschläuche (1.28) in Wandungen der Einhausung (1.27).
- 25 68. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 67, gekennzeichnet durch ein optisches Erkennungssystem zur Erkennung der Gußteilgeometrie.

Bezugszeichenliste

	1	Entkernungseinrichtung
	1.1	Schlammräumeinrichtung
	1.2	Schlammräumeinrichtung
5	1.3	Manipulator
	1.4	Manipulator
	1.5	Wasserbad (Lösungsbecken)
	1.6	Wasserbad (Restentsandungsbecken)
	1.7	Wasserstrahleinrichtung
10	1.8	Entkernungsbecken
	1.9	Gußteil
	1.10	Transportband
	1.11	Mitnehmer
	1.12	Transportband
15	1.13	Wasserstrahldüse
	1.14	Düsenstock
	1.15	Spannvorrichtung
	1.15a	Fixierung
	1.15b	Spannwange
20	1.15c	Rotationskäfig

- 1.15d Rolle
- 1.15e Laufschiene
- 1.16 Düsenstrahlrahmen
- 1.17 Verbindungsleitung
- 5 1.18,
- 1.18' Düsenstrahlsatz
- 1.19 Rahmenende
- 1.20 Rad
- 1.21 Manipulator
- 10 1.22 distales Ende (des Arms von 1.21)
- 1.23 Düsenstrahlkopf
- 1.24 Ständereinrichtung
- 1.25 Platte
- 1.26 Stütze
- 15 1.27 Einhausung
- 1.28 Wasserleitung
- 1.29 Zuleitung
- 1.30 Ablauf
- 2.1 Gitterbox
- 20 2.2 Gitterbox
- 3 Sandauffangcontainer
- 4 Sandwascheinrichtung
- 4.1 Becken
- 4.2 Beckenboden
- 25 4.3 Zwischenboden
- 4.4 Druckluftleitung
- 4.5 Öffnung
- 4.6 Beckenrand
- 4.7 Frischwasserzuleitung
- 30 4.8 Schmutzwasserablaß
- 5 Destillatbehälter
- 6 Vorlagetank
- 7 Verdampfungseinrichtung
- 7.1 Verdampfer

	7.2	Anfahrheizung
	7.3	Kondensator
	7.4	Brüdenverdichter
	7.5	Wärmetauscher
5	7.6	Schmutzwasserzlauf
	7.7	Ablauf
	7.8	Ablauf
	7.9	Sumpf
	8	Konzentratbehälter
10	9	Sandbunker
	10	Trocknungseinrichtung
	10.1	Trocknergehäuse
	10.2	Sandeinlauftrichter
	10.3	Sandauslauf
15	10.4	Gehäuseboden
	10.5	Düsenboden
	10.6	Windkammer
	10.7	Öffnung
	10.8	Trockenluft
20	10.9	Thermoelement
	11	Kernmacherei
	12	Altsand
	12.1	gewaschener Sand
	13	Schmutzwasser
25	13.1	Schmutzwasser
	13.2	Wasserdampf
	14	regenerierter Sand
	15	(Abwasser-)Konzentrat
	16	Destillat
30		
	A	Drehachse
	P, P'	Bewegungsrichtung

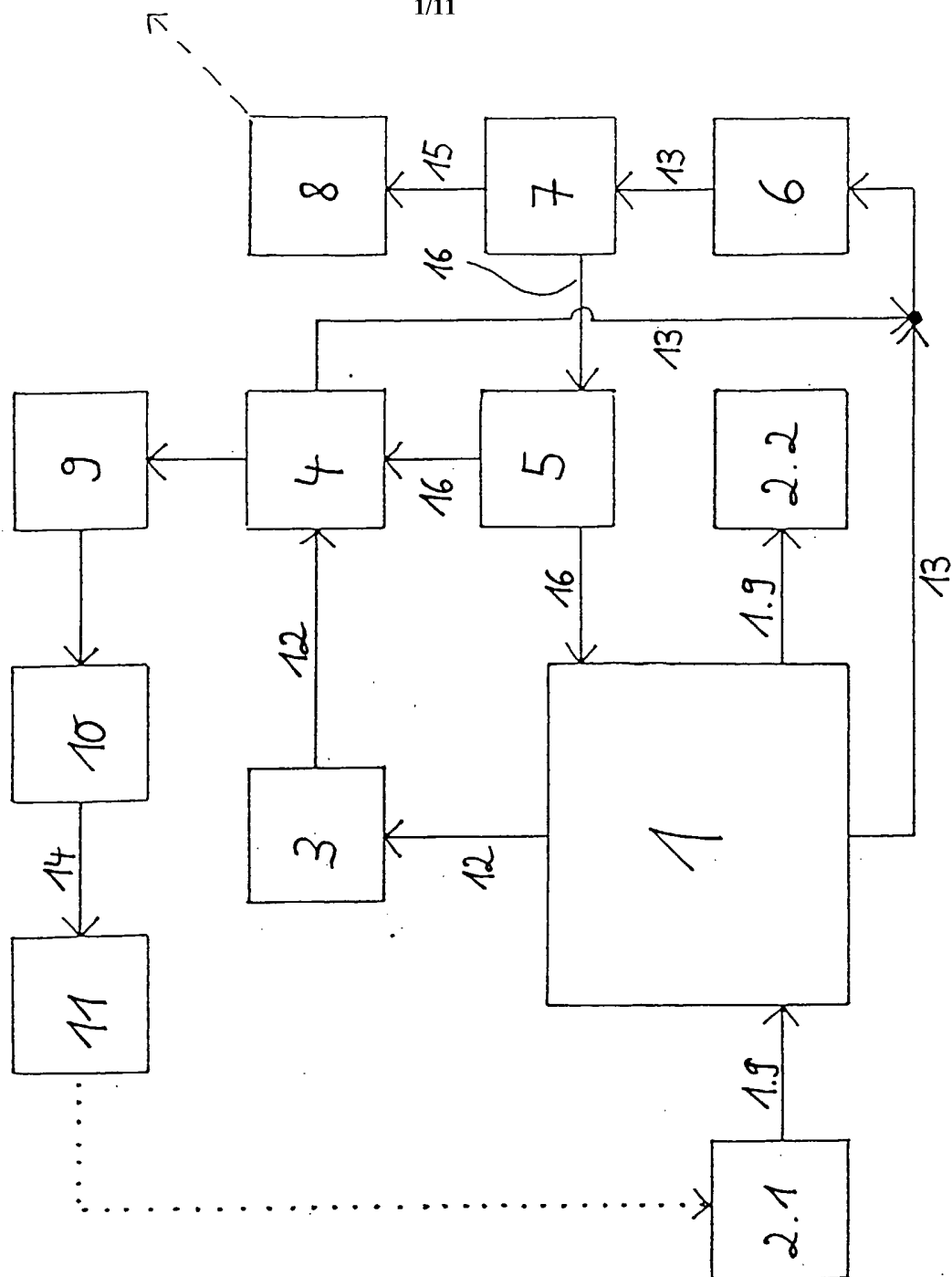


Fig. 1

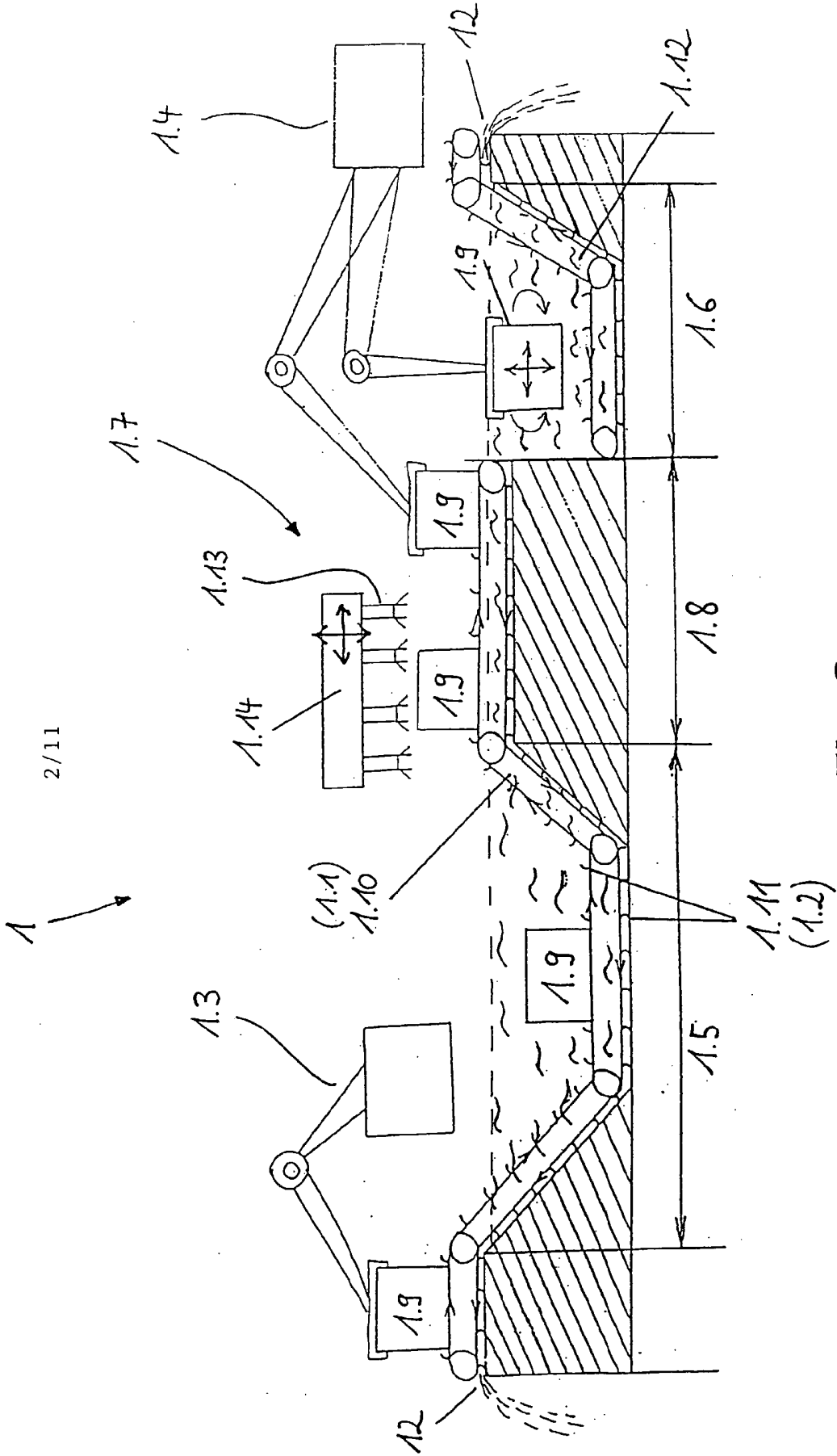
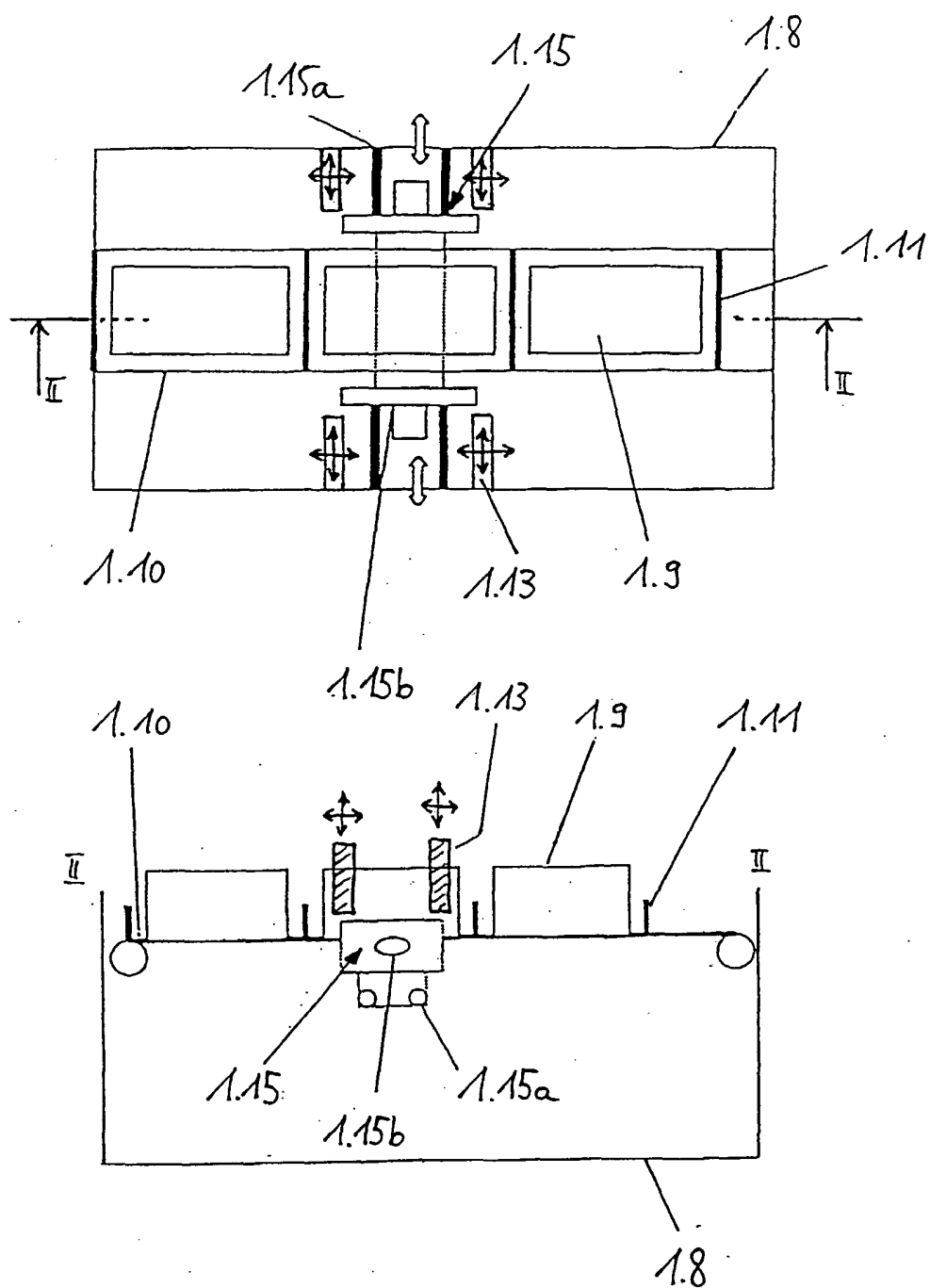


Fig. 2

**Fig. 2b**

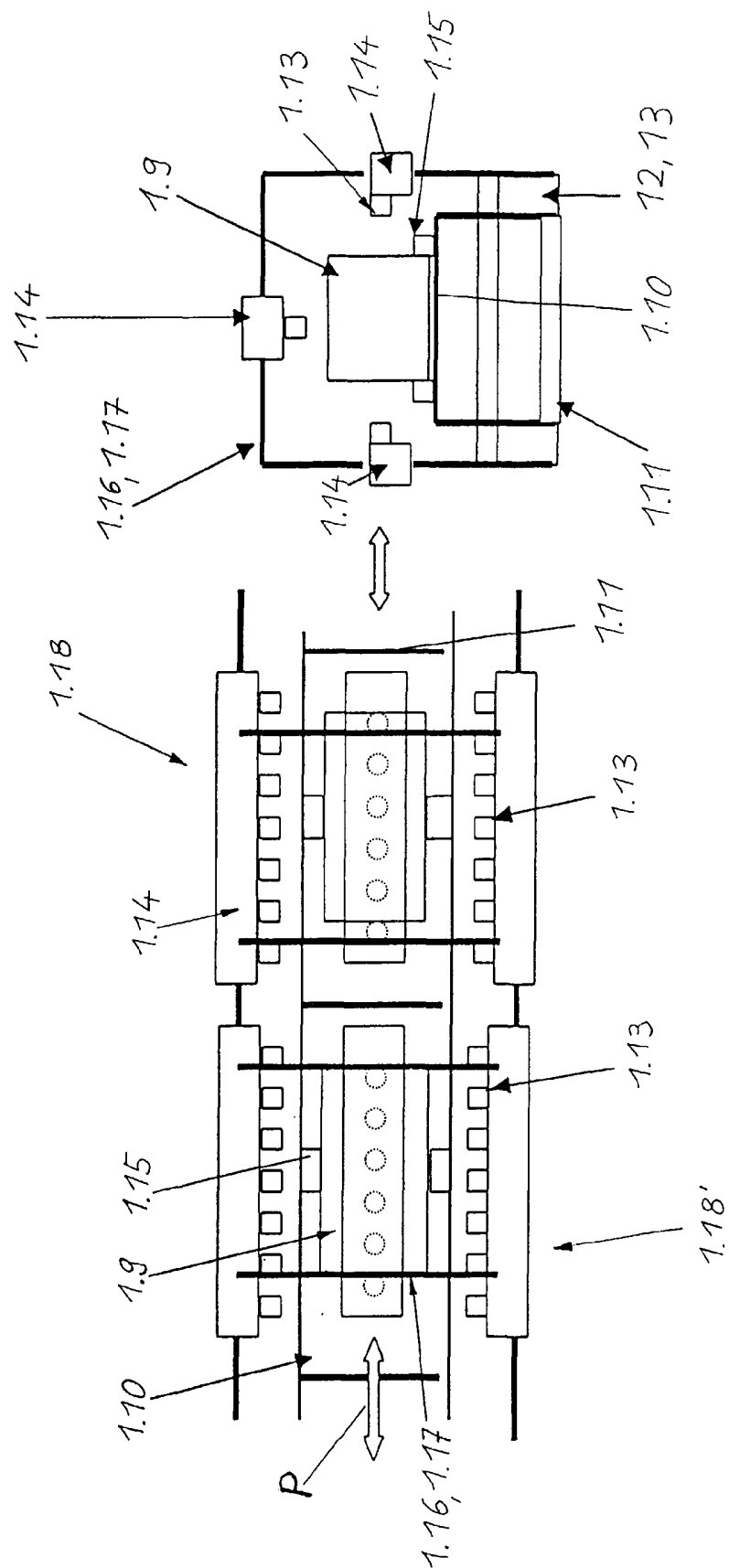


Fig. 3

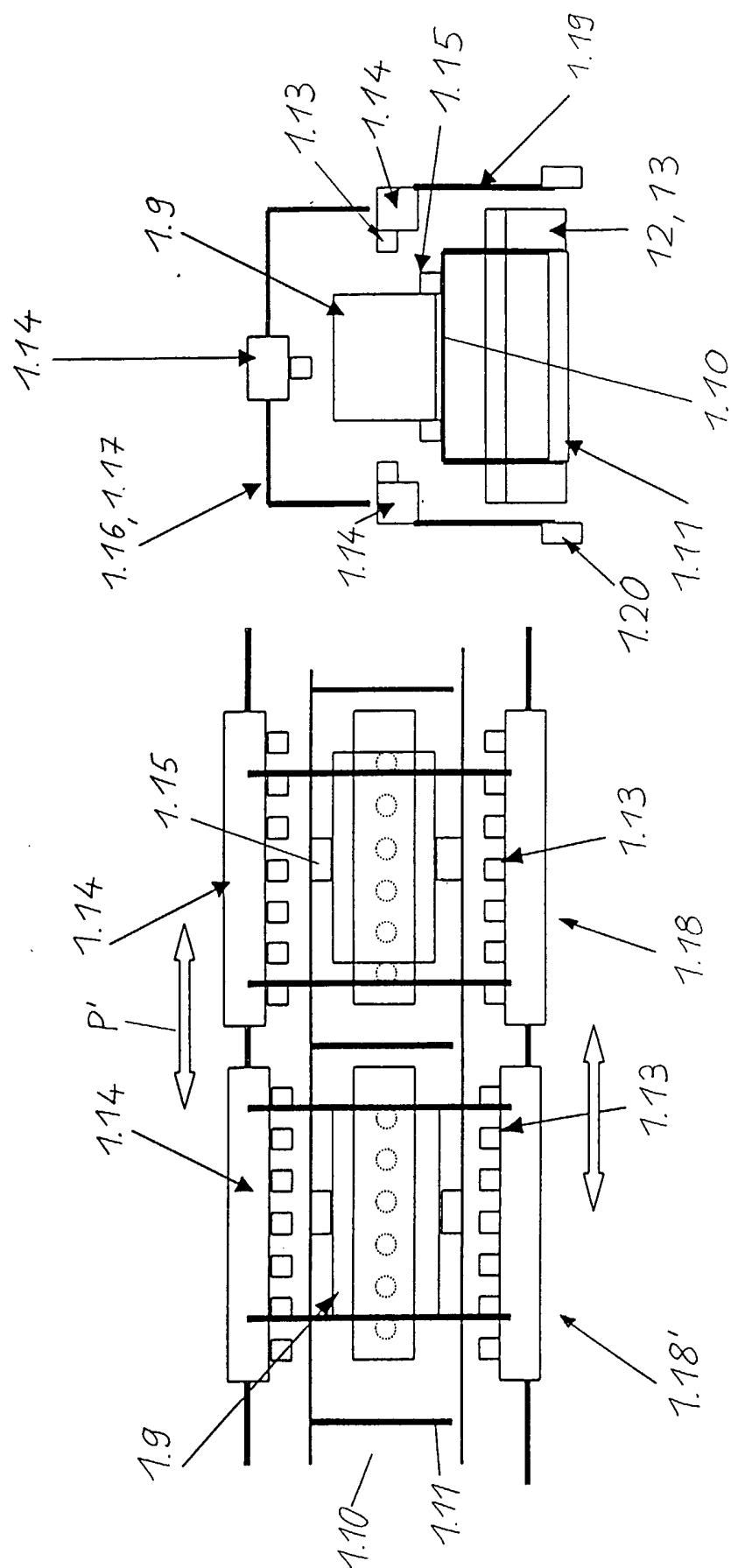
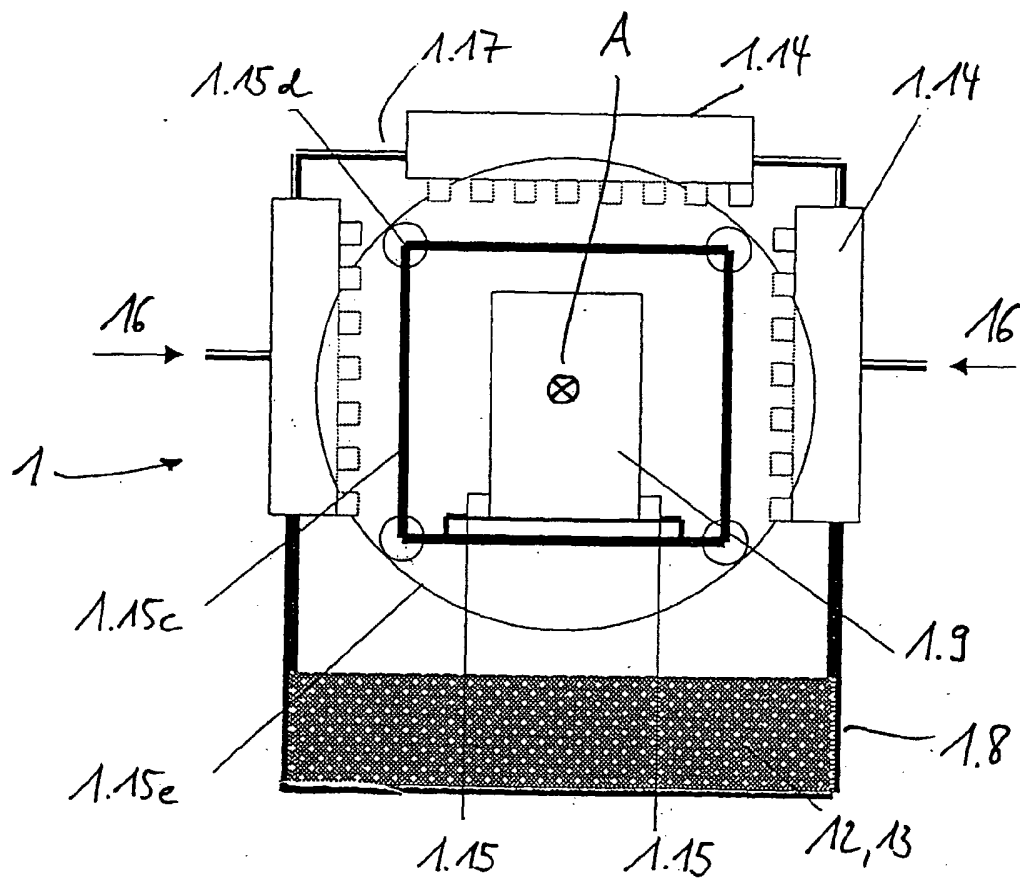
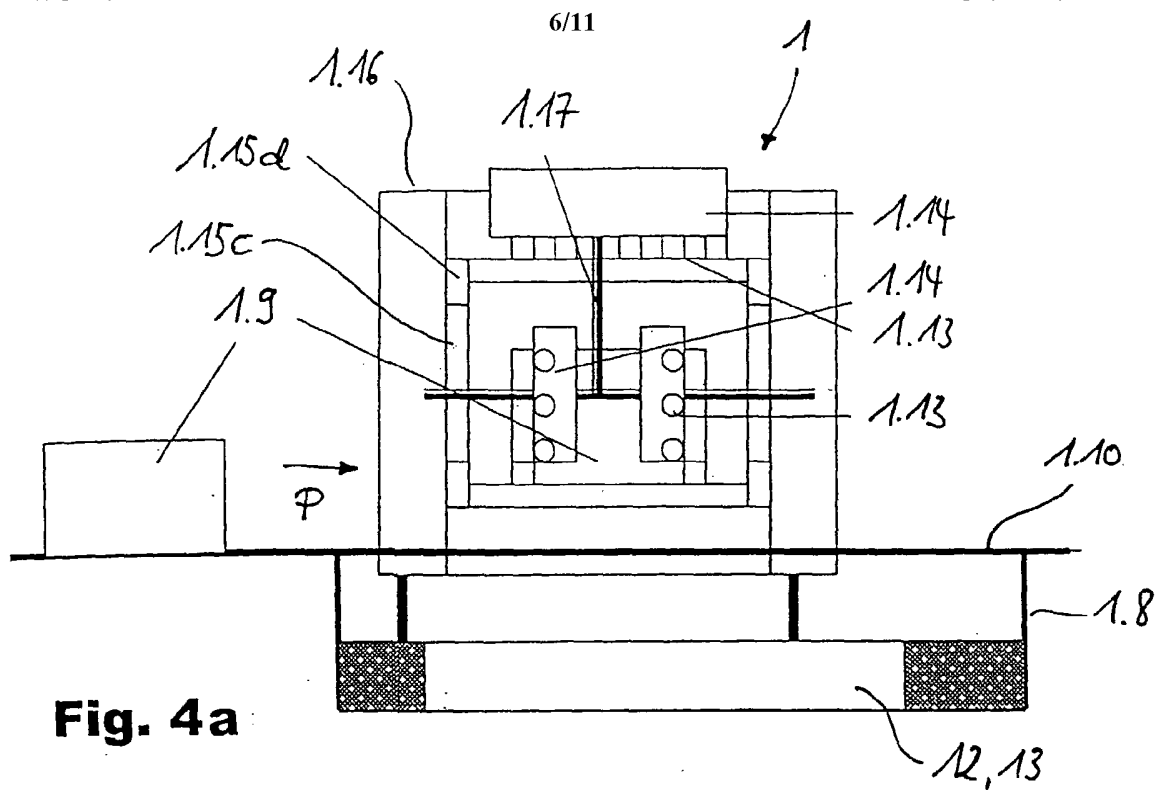


Fig. 4



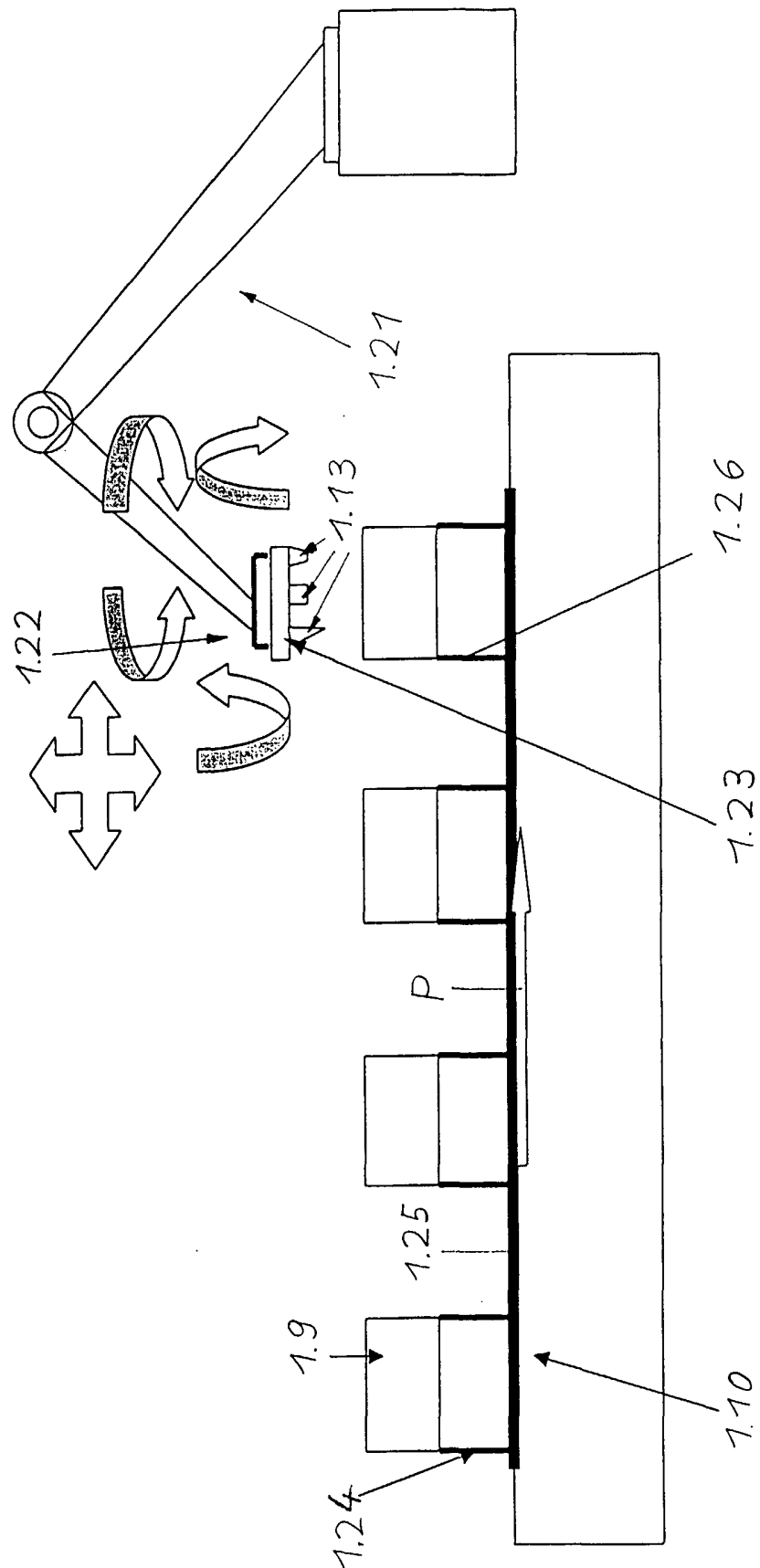


Fig. 5

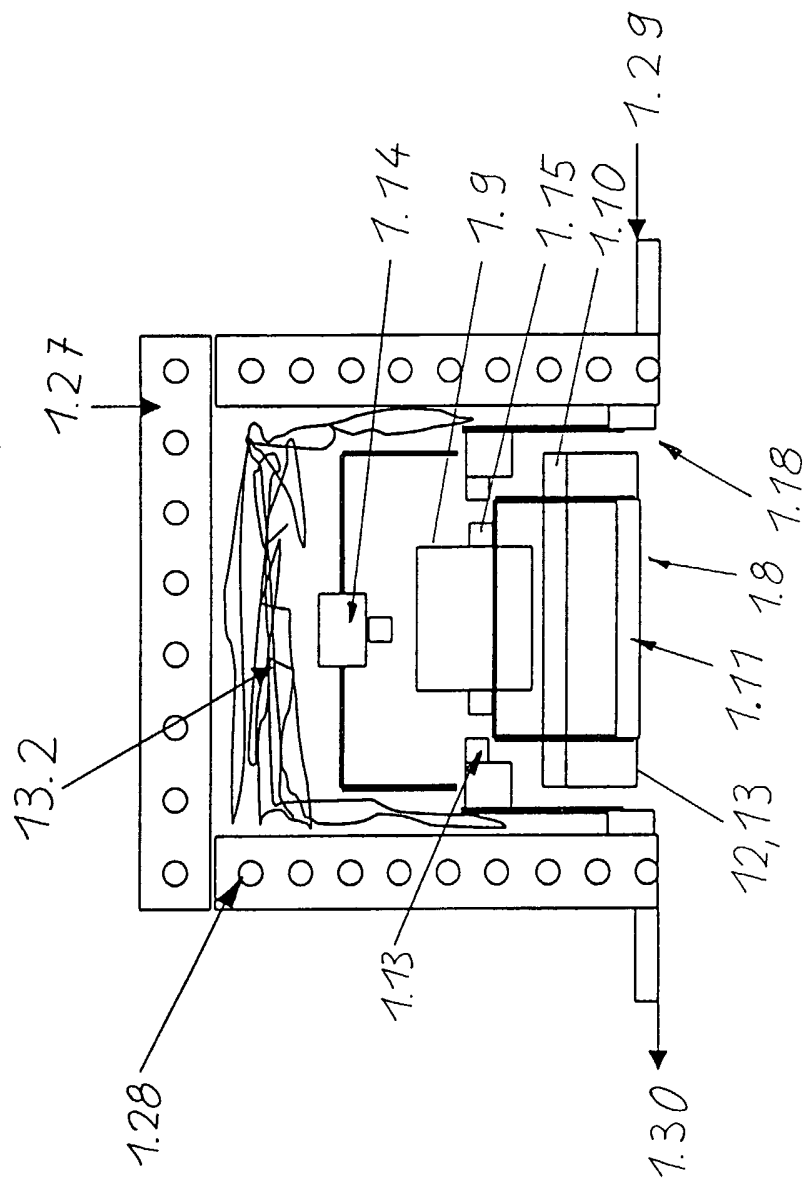
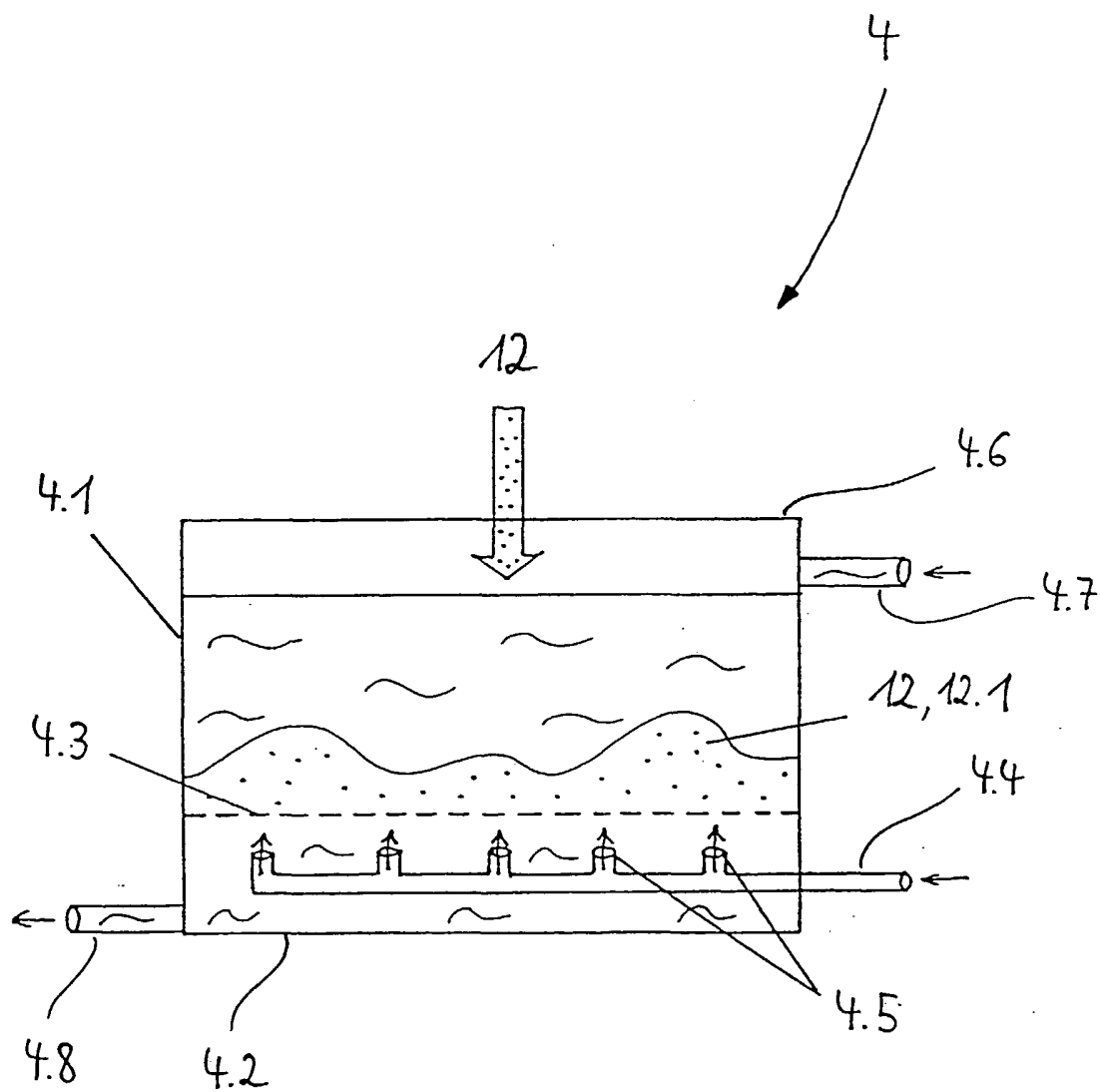
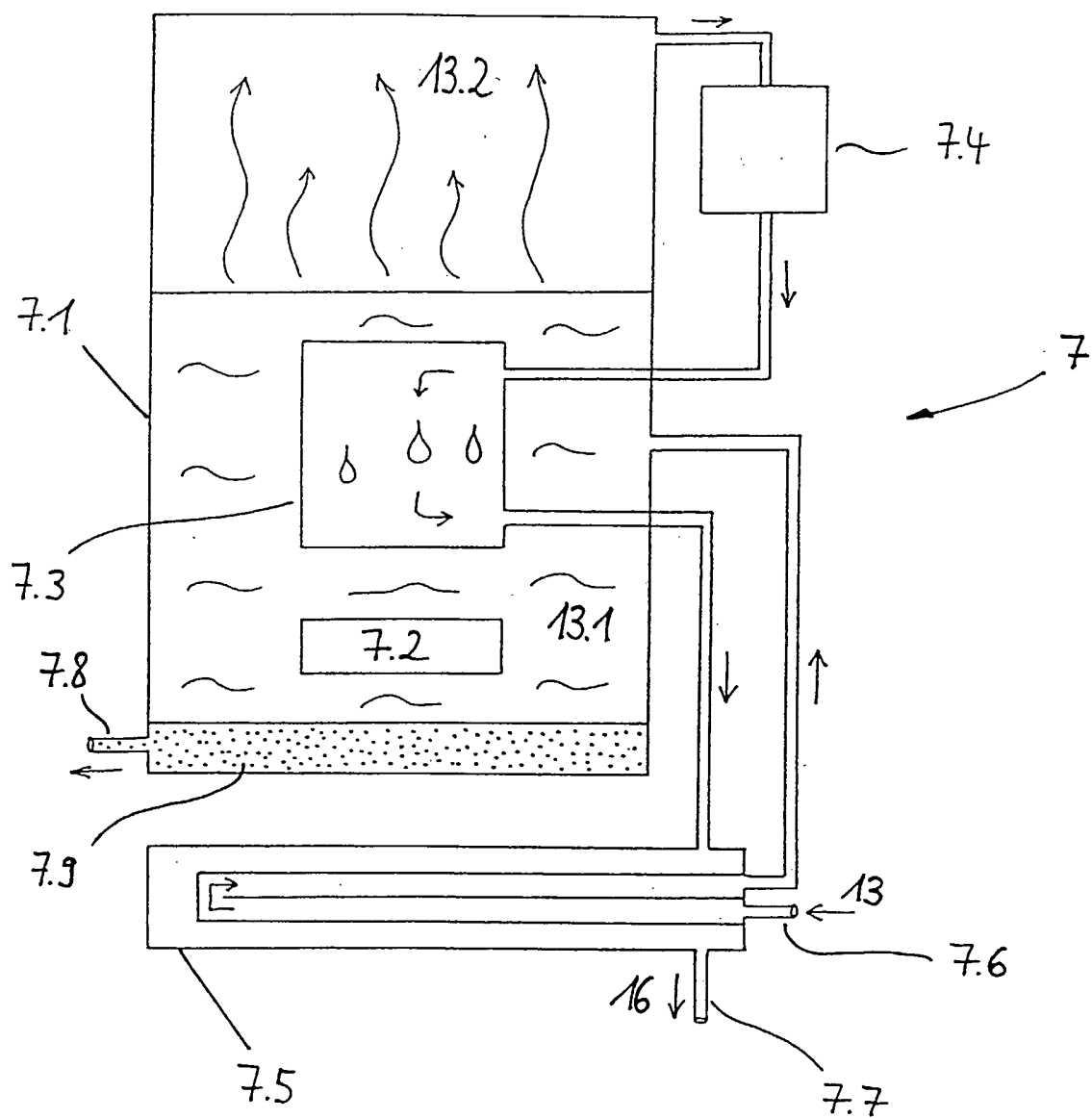


Fig. 6

**Fig. 7**

**Fig. 8**

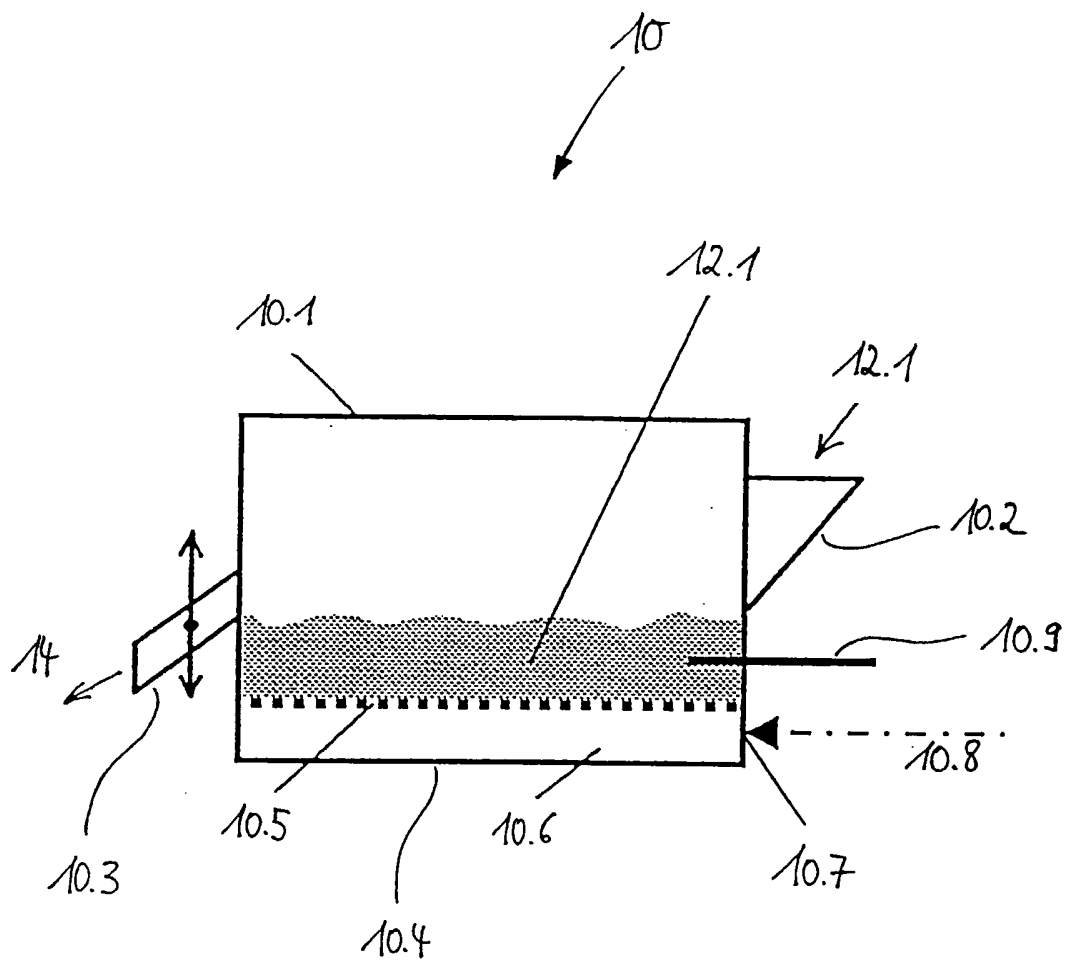


Fig. 9