

(19)



(11)

EP 3 784 865 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.06.2023 Patentblatt 2023/23

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E21B 7/14 ^(2006.01) **E21B 7/15** ^(2006.01)
E21B 7/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19720527.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E21B 7/14; E21B 7/008; E21B 7/15

(22) Anmeldetag: **25.04.2019**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2019/060615

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/207045 (31.10.2019 Gazette 2019/44)

(54) **SCHMELZKOPF EINER EIS-SCHMELZVORRICHTUNG**

MELTING HEAD FOR AN ICE MELTING APPARATUS

TÊTE DE FUSION D'UN DISPOSITIF DE FUSION DE GLACE

(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: **25.04.2018 DE 102018003378**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.2021 Patentblatt 2021/09

(73) Patentinhaber: **Rheinisch-Westfälische
Technische
Hochschule (RWTH) Aachen
52062 Aachen (DE)**

(72) Erfinder:
• **LINDER, Peter
52428 Jülich (DE)**

- **ZIERKE, Simon
52062 Aachen (DE)**
- **HEINEN, Dirk
52064 Aachen (DE)**
- **WIEBUSCH, Christopher
52072 Aachen (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz Hannig Borkowski Wißgott
Patentanwaltskanzlei GbR
Schumannstraße 97-99
40237 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1- 2 810 022 DE-B1- 1 936 902
SU-A1- 1 023 054 SU-A1- 1 087 648
SU-A1- 1 149 670**

EP 3 784 865 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schmelzkopf einer Eis-Schmelzvorrichtung, umfassend einen bezüglich der Propagationsrichtung hinteren Befestigungsbereich zur Befestigung an einer Bohrvorrichtung oder einem Bohrgestänge und einen bezüglich der Propagationsrichtung vorderen beheizbaren Frontbereich, wobei der Frontbereich einen radial außen liegenden Flächenbereich aufweist, in welchem der Frontbereich in der Propagationsrichtung bis zum vorderen axialen Schmelzkopfende im Außenquerschnitt sich verjüngend ausgebildet ist, insbesondere im Außendurchmesser verjüngend ausgebildet ist, und der radial außen liegende Flächenbereich eine innere Ausnehmung umgibt, deren freier Innenquerschnitt sich vom axialen Schmelzkopfende entgegen der Propagationsrichtung verringert. Eine erstellte Verbindung aus einem solchen Schmelzkopf und der Bohrvorrichtung bzw. einem Gestänge kann sodann bevorzugt eine Eis-Schmelzvorrichtung bilden.

[0002] Ein solcher Schmelzkopf ist z.B. bekannt aus den Publikationen SU 1 149 670 A1, SU 1 087 648 A1 und DE 19 36 902 B1.

[0003] Unter der Propagationsrichtung wird die Richtung verstanden in der sich der Schmelzkopf bzw. eine damit gebildete Eis-Schmelzvorrichtung bei bestimmungsgemäßer Verwendung schmelzend im Eis fortbewegt. Die Propagationsrichtung ist dabei bevorzugt übereinstimmend mit einer Mittenachse, insbesondere Mittenlängsachse des Schmelzkopfes und/oder einer damit gebildeten Eis-Schmelzvorrichtung.

[0004] Schmelzköpfe dieser Art sind allgemein im Stand der Technik bekannt und werden eingesetzt um Bohrungen in Eis durchzuführen, insbesondere dadurch, dass durch den beheizten Frontbereich des Schmelzkopfes das den Schmelzkopf umgebende Eis aufgeschmolzen wird und der Schmelzkopf zusammen mit der damit verbundenen Bohrvorrichtung bzw. dem Bohrgestänge in Schwerkraftrichtung durch die wirkende Gewichtskraft in die Tiefe vordringt. Ggfs. kann mittels eines Bohrgestänges auch eine zusätzliche treibende Kraft ausgeübt werden.

[0005] Der Stand der Technik und auch die hier weiterhin beschriebene Erfindung kann vorsehen, dass Heizelemente innerhalb des Schmelzkopfes mit Energie versorgt werden, die durch die Bohrvorrichtung oder das Gestänge bereitgestellt wird.

[0006] Z.B. kann es vorgesehen sein, dass eine Bohrvorrichtung ein zylindrisches Gehäuse ausbildet, an dessen in Propagationsrichtung vorderen Ende der Schmelzkopf mit seinem hinteren Befestigungsbereich befestigt ist. Der Schmelzkopf hat bevorzugt einen maximalen Außenquerschnitt, insbesondere Durchmesser, der dem Querschnitt, insbesondere Durchmesser der zylindrischen Bohrvorrichtung entspricht. Im Inneren der Bohrvorrichtung kann z.B. eine Energiequelle, ggfs. auch eine weitere Elektronik mitgeführt werden, insbesondere z.B. auch ein abspulbarer Kabelvorrat, um eine Kommu-

nikationsmöglichkeit und/oder eine Energieübertragung über das Kabel zwischen der Bohrvorrichtung und der Über-Tage-Oberfläche bereitzustellen.

[0007] Ein mögliches Einsatzgebiet ist z.B. die Erstellung von Bohrungen in Wasser-Eis, z.B. in Gletschergebieten oder auch arktischen Gebieten der Erde. Eine Anwendung ist ebenso gegeben bei der Erstellung von Bohrungen in die Eisoberfläche von erdfernen astronomischen Körpern (z.B. Planeten, Monde, Kometen etc.). Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass der Begriff "Eis" nicht auf Wasser-Eis beschränkt ist. Unter Eis im Sinne der Erfindung wird auch jeglicher andere Stoff verstanden, der im festen Zustand vorliegt und mittels der Wärme des Schmelzbohrkopfes in einen anderen Aggregatzustand überführt werden kann, insbesondere in den flüssigen Zustand oder sogar gasförmigen Zustand.

[0008] Schmelzköpfe von Schmelzbohrvorrichtungen weisen wie eingangs genannt Heizelemente auf, mit denen Wärme erzeugt wird, z.B. durch Widerstandsbeheizung, die durch Wärmeleitung zwischen dem Heizelement und dem Material des Schmelzkopfes an dessen äußere Oberfläche transportiert wird, um dort den Schmelzprozess hervorzurufen.

[0009] Ein Wärmetransport erfolgt dabei im Regelfall nicht nur von den typischerweise mehreren Heizelementen nach außen zur hierdurch beheizten Fläche des Frontbereiches des Schmelzkopfes, sondern auch in das Innere des Schmelzkopfes und der gesamten Bohrvorrichtung, was zu Problemen führen kann.

[0010] Beispielsweise kann es im Inneren zu einem Wärmestau kommen, der auf die mitgeführte Elektronik oder Energiespeicher zurückwirken kann. Weiterhin steht die zum Inneren abgegebene Wärme effektiv auch nicht oder nur mit verringertem Wirkungsgrad für die Beheizung der Schmelzkopffront zur Verfügung und geht somit ggfs. über die hinteren Bereiche des Schmelzkopfes oder der Bohrvorrichtung verloren ohne zum Schmelzbohrfortschritt beigetragen zu haben.

[0011] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung einen verbesserten Schmelzkopf bereit zu stellen, mit dem es ermöglicht wird, die genannten Nachteile zu überwinden, insbesondere die von Heizelementen im Schmelzkopf nach außen und nach innen abgegebene Wärmemenge besser nutzbar zu machen.

[0012] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in einem Bereich zwischen dem Schnittpunkt der inneren Ausnehmung mit der Mittenachse und dem axialen Schmelzkopfende die Flächengrößen von dem radial außen liegenden Flächenbereich und der Fläche von der inneren Ausnehmung gleich sind und die in Propagationsrichtung projizierten Flächen von dem äußeren Flächenbereich und der Fläche der inneren Ausnehmung gleich groß sind.

[0013] Die Ebene, in der das axial vordere Schmelzkopfende liegt, bildet hierbei bevorzugt auch die Ebene der Öffnung der inneren Ausnehmung. Bevorzugt liegt ein Normalenvektor auf dieser (Öffnungs-) Ebene parallel zur Propagationsrichtung.

[0014] Die hier benannten Außen- und Innenquerschnitte verstehen sich als betrachtet senkrecht zur Propagationsrichtung.

[0015] Durch diese erfindungsgemäße Ausgestaltung wird erzielt, dass der beheizte Frontbereich sowohl eine beheizte in radialer Richtung außen liegende Fläche aufweist als auch eine beheizte in radialer Richtung innen liegende Fläche, nämlich die der inneren Ausnehmung.

[0016] Insbesondere wird die radiale Richtung als senkrecht zur Propagationsrichtung bzw. Mittenlängsachse des Schmelzkopfes verstanden. Radial innen liegend und außen liegend bedeutet in Verbindung mit den damit genannten Flächen, dass die innen liegende Fläche einen kleineren radialen Abstand zur Mittenachse aufweist als die außen liegende Fläche.

[0017] Sowohl die innere als auch die äußere Fläche des Frontbereiches sind durch die jeweiligen Verjüngungen in bzw. entgegen axialer Richtung zur Propagationsrichtung nicht parallel bzw. zur Propagationsrichtung geneigt, so dass durch die Bewegung des Schmelzkopfes in Propagationsrichtung sich eine effektive Kraftbeaufschlagung des umgebenden Eises durch diese Flächenbereiche ergibt.

[0018] Durch diese Neigungen der inneren und äußeren Flächen ergeben sich bei Betrachtung einer gedachten Projektion dieser Flächen in Richtung der Propagation bzw. der Mittenachse des Schmelzkopfes jeweilige Projektionsflächen die somit senkrecht zur Propagation liegen und durch das Eis beaufschlagt sind.

[0019] Die innere Projektionsfläche entspricht dabei faktisch dem inneren freien Querschnitt der inneren Ausnehmung in der Ebene des vorderen axialen Schmelzkopfes. Die äußere Projektionsfläche bildet einen die innere Projektionsfläche umgebenden Ring, dessen Außenquerschnitt, insbesondere Außendurchmesser dem maximalen Außenquerschnitt des Schmelzkopfes und bevorzugt der gesamten Bohrvorrichtung entspricht.

[0020] Die durch den Wärmetransport von den Heizelementen nach außen und nach innen abgegebene Wärmemenge kann somit deutlich besser zur Umgebung abgeführt werden und zwar erfindungsgemäß jeweils über den Frontbereich des Schmelzkopfes was zu einem verbesserten Bohrfortschritt beiträgt und einem inneren Wärmestau vorbeugt.

[0021] Durch die beschriebene Ausführung bildet das vordere axiale Schmelzkopfeinde einen Rahmen, insbesondere einen Ring, über den der radial außen liegende Flächenbereich und die Fläche der inneren Ausnehmung ineinander übergehen. Die in Propagationsrichtung weisende Stirnseite dieses Rings kann z.B. scharfkantig oder ballig (bzw. gerundet) oder abgeflacht ausgebildet sein.

[0022] Aufgrund der Außenquerschnittsvergrößerung des radial äußeren Flächenbereichs ausgehend vom vorderen Schmelzkopfeinde entgegen der Propagationsrichtung und der Innenquerschnittsverringerung der Ausnehmung entgegen der Propagationsrichtung ergibt es sich, dass der Frontbereich des Schmelzkopfes einen in

axialer Richtung erstreckten Ringbereich ausbildet, dessen Ringbreite, also die Differenz von Außen- zu Innenquerschnitt vom vorderen axialen Schmelzkopfeinde entgegen der Propagationsrichtung zunimmt, insbesondere bis zur axialen Position des Bodengrundes der inneren Ausnehmung.

[0023] Es stellt eine besonders bevorzugte Ausführung der Erfindung dar, wenn die Heizelemente zumindest bereichsweise, insbesondere zumindest mit deren die Wärme abgebenden Spitzenbereichen, in dem Material des Frontbereiches des Schmelzkopfes angeordnet sind, welches zwischen der sich verjüngenden Außenfläche und der Fläche der inneren Ausnehmung angeordnet ist, also faktisch im Material des benannten Ringbereiches des Frontbereiches. Hierdurch wird besonders gut sichergestellt, dass die von den Heizelementen abgegebene Wärme sowohl über den verjüngten Außenflächenbereich als auch die Innenfläche der Ausnehmung durch einen besonders kurzen, insbesondere nahezu radialen Transport zur Umgebung abgeführt werden kann und zum Aufschmelzen beiträgt.

[0024] Besonders bevorzugt kann der Schmelzkopf mehrere Heizelemente umfassen, insbesondere die jeweils in rückwärtige, insbesondere entgegen der Propagationsrichtung offene Ausnehmungen des Schmelzkopfes eingesetzt sind, wobei die Heizelemente und/oder Ausnehmungen jeweils einen radialen Abstand zur Mittenachse des Schmelzkopfes aufweisen, der dem radialen Abstand des rahmen- oder ringförmigen axial vorderen Schmelzkopfes zumindest im Wesentlichen entspricht, insbesondere dem radialen Abstand des Schmelzkopfes entspricht. Hierdurch wird erzielt, dass der Transportweg zur inneren Fläche und der Transportweg zur äußeren Fläche zumindest im Wesentlichen gleich lang ist.

[0025] Insbesondere kann es auch vorgesehen sein, dass die axiale Länge des sich verjüngenden radial außen liegenden Flächenbereichs und die axiale Tiefe der inneren Ausnehmung gleich sind. Auch dies trägt zur Vergleichmäßigung des Wärmetransports bei.

[0026] Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass in einem Bereich zwischen dem Schnittpunkt der inneren Ausnehmung mit der Mittenachse des Schmelzkopfes und dem vorderen axialen Schmelzkopfeinde die Flächengrößen von der radial außen liegenden Fläche und der Fläche von der inneren Ausnehmung gleich sind. Hierdurch wird sichergestellt, dass durch diese jeweiligen Flächen pro Zeiteinheit zumindest im Wesentlichen dieselbe Wärmemenge abtransportiert werden kann, insbesondere was wiederum den Wärmetransport nach innen und nach außen vergleichmäßigt.

[0027] Weiterhin ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass in Kombination mit vorgenannter Ausführung, die in Propagationsrichtung projizierten Flächen von dem äußeren Flächenbereich und der Fläche der inneren Ausnehmung gleich groß sind, insbesondere da sodann durch die Propagation auf die Innen- und Außenfläche eine zumindest im wesentlichen gleiche Kraftbeaufschla-

gung erfolgt.

[0028] Bei allen möglichen Ausführungen kann es die Erfindung bevorzugt vorsehen, dass der außen liegende Flächenbereich und die innere Ausnehmung um eine in Propagationsrichtung liegende Mittenachse des Schmelzkopfes n-fach drehsymmetrisch, bevorzugt rotationssymmetrisch ausgebildet sind. Bei n-facher Drehsymmetrie ist der Außen- bzw. Innenquerschnitt des Schmelzkopfes (betrachtet senkrecht zur Propagation) n-polygonal, bzw. die jeweiligen Außen- bzw. Innenflächen facettiert und bei rotationssymmetrischer Ausbildung ist der jeweilige Querschnitt somit kreisförmig.

[0029] Eine bevorzugte, insbesondere rotationssymmetrische Geometrie des Schmelzkopfes kann es vorsehen, dass der äußere Flächenbereich und die Fläche der inneren Ausnehmung jeweils einem Kegelabschnitt oder einem Abschnitt eines Paraboloids entspricht.

[0030] Die Erfindung kann weiterhin vorsehen, dass der sich verjüngende Frontbereich einem um die Mittenachse rotationssymmetrischen Rotationskörper, insbesondere Kegelabschnitt oder Paraboloidabschnitt entspricht, dessen Spitzenbereich an der Ebene, in welcher das vordere axiale Schmelzkopfe liegt, zur Bildung der Ausnehmung zum Inneren des Schmelzkopfes umgeklappt ist.

[0031] Insbesondere kann die Form, insbesondere die Querschnittform betrachtet längs der Mittenachse des äußeren Flächenbereiches und der inneren Ausnehmung abgesehen vom Vorzeichen und einer axialen Verschiebung, insbesondere einer axialen Verschiebung von doppelter axialer Länge des Frontbereiches, derselben mathematischen Funktion in Abhängigkeit vom radialen Abstand von der Mittenachse gehorchen.

[0032] Ausführungen der Erfindung und nicht erfindungsgemäße Ausführungen werden anhand der Figuren näher beschrieben.

[0033] Die Figuren 1A bis 1D zeigen verschiedene Geometrien der Außenfläche 1a und Innenfläche 1b eines Schmelzkopfes 1 im Querschnitt, d.h. geschnitten in einer Ebene, in der die Mittenachse 2 des Schmelzkopfes 1 liegt. Die Figuren 1A und 1D zeigen dabei erfindungsgemäße Ausführungen und die Figuren 1B und 1C nicht erfindungsgemäße Ausführungen.

[0034] Die Propagationsrichtung 3 ist dabei für alle Figuren 1 anhand des Pfeiles links von den Figuren 1 visualisiert.

[0035] Erkennbar ist für alle Ausführungen der Figuren 1, dass der Frontbereich 1c des Schmelzkopfes 1 den radial außen liegenden Flächenbereich 1a umfasst. Dieser Flächenbereich ist im Querschnitt senkrecht zur Mittenachse 2 in Richtung der Propagation verjüngend ausgebildet. Bei der hier vorliegenden Rotationssymmetrie nimmt somit der Außendurchmesser des äußeren Flächenbereiches 1a in einer Richtung vom hinteren Befestigungsbereich 4 zum axial vorderen Schmelzkopfe 1d ab. Der Beginn der Verjüngung am Kragen 1e definiert hierbei bevorzugt den axialen Anfang des Frontbereiches und das Schmelzkopfe 1d das Ende des Front-

bereiches.

[0036] Die oberen Kreisflächendarstellungen über den Figuren 1A bis 1D visualisieren die in Propagationsrichtung bzw. Richtung der Mittenachse 2 projizierten Flächen des radial außen liegenden Flächenbereiches und der inneren Fläche 1b der jeweiligen Ausnehmung 5. Gemäß den Angaben über den projizierten Flächen p1a und p1b repräsentieren die Ausführungen die Möglichkeiten die Größen der Flächen 1a und 1b bzw. die Größen der Projektionen p1a und p1b gleich oder unterschiedlich groß zu gestalten, insbesondere mit den besonderen Vorteilen, wie sie im allgemeinen Beschreibungsteil genannt sind.

[0037] Figur 1A repräsentiert hier eine erfindungsgemäße Ausführung, bei welcher die innere Fläche 1b und die äußere Fläche 1a im hier gezeigten Querschnitt jeweils durch eine Parabel beschrieben werden. Die beiden Parabeln unterscheiden sich nur im Vorzeichen und einem Offset entlang der Mittenachse 2 und sind ansonsten gleich parametrisiert. Damit gehorcht die mathematische Beschreibung der Querschnittsform beider Flächen derselben Funktion in Abhängigkeit vom radialen Abstand zur Mittenachse 2 abgesehen vom Offset und einer Inversion. Durch die Rotationssymmetrie ergibt sich bei Figur 1A im Raum die Form eines Paraboloidabschnittes beider Flächen.

[0038] Das gleiche kann für die Figuren 1B bis 1D gelten, wobei hier die Funktion eine Gerade beschreibt, was bei der Rotationssymmetrie im Raum zu einer Kegelabschnittsform beider Flächen führt.

[0039] Die Figuren 2 zeigen verschiedene erfindungsgemäße Ausführungen des Schmelzkopfes 1 gemäß Figur 1A, also mit einer jeweiligen Paraboloidform der inneren und äußeren Flächen 1b und 1a.

[0040] Bei Figur 2A bildet das vordere axiale Schmelzkopfe 1d an der axialen Stirnseite eine scharfkantige Form, bei Figur 2B bildet das Schmelzkopfe 1d eine gerundete bzw. ballige Form und bei Figur 2C eine abgeflachte Form.

[0041] Die Figuren visualisieren weiterhin Ausnehmungen 6 die zur Aufnahme von Heizelementen dienen, bzw. die Heizelemente 6' selbst. Dies ist ergänzend in der Figur 3 deutlicher dargestellt. Hier erkennt man, dass die Ausnehmungen 6 bzw. Heizelemente 6' alle auf einem Kreis mit demjenigen Radius angeordnet sind, welcher dem radialen Abstand des Schmelzkopfes 1d von der Mittenachse 2 entspricht.

[0042] Hierdurch liegen zumindest die wärmeabgebenden Spitzen der Heizelemente 6', bevorzugt zentriert, im Ringbereich 7 des Frontbereiches des Schmelzkopfes, so dass deren Wärmeabgabe sowohl nach außen als auch nach innen auf kurzem Weg erfolgen kann.

[0043] Rechtsseitig in der Figur 3, welche erfindungsgemäße mögliche Ausführungen betrifft, ist dargestellt, dass sich an den rückwärtigen Befestigungsbereich 4 eine Bohrvorrichtung 8 mit zylindrischem Gehäuse nach hinten anschließt, welches z.B. hier nur symbolisch dargestellte Energiequellen 9 für die Heizelemente 6' oder

sonstige Elektronik 9 oder Kabel 10 aufnehmen kann. Der Schmelzkopf 1 bildet somit zusammen mit dieser Bohrvorrichtung 8 eine Eis-Schmelzvorrichtung.

[0044] Figur 4 verdeutlicht, dass in erfindungsgemäßer Ausführung sowohl die Außenfläche 1a als auch die Innenfläche 1b der Ausnehmung 5 durch dieselbe Parabelformel P beschrieben werden und sich nur unterscheiden durch eine Inversion I und einen Offset O entlang der Mittenachse 2.

[0045] Das axial vordere ringförmige Schmelzkopfen- de liegt bei der hier dargestellten Parametrierung an der

Position $r = \frac{R}{\sqrt{2}}$. Hier gehen die Innenflächen und Außenflächen 1a, 1b ineinander über. R ist dabei der maximale Außendurchmesser des Schmelzkopfes 1 und h die Tiefe der Ausnehmung 5 bzw. Höhe des verjüngten Frontbereiches bzw. Ringbereiches 7.

Patentansprüche

1. Schmelzkopf (1) einer Eis-Schmelzvorrichtung (1, 8) umfassend einen bezüglich der Propagationsrichtung hinteren Befestigungsbereich (4) zur Befestigung an einer Bohrvorrichtung (8) oder einem Bohrgestänge und einen bezüglich der Propagationsrichtung vorderen beheizbaren Frontbereich (1c), wobei der Frontbereich (1c) einen radial aussen liegenden Flächenbereich (1a) aufweist, in welchem der Frontbereich (1c) in der Propagationsrichtung (3) bis zum vorderen axialen Schmelzkopfende (1d) im Außenquerschnitt sich verjüngend ausgebildet ist und der radial aussen liegende Flächenbereich (1a) eine innere Ausnehmung (5) umgibt, deren freier Innenquerschnitt sich vom axialen Schmelzkopfende (1d) entgegen der Propagationsrichtung (3) verringert, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Bereich zwischen dem Schnittpunkt der inneren Ausnehmung (5) mit der Mittenachse (2) und dem axialen Schmelzkopfende (1d) die Flächengrößen von dem radial außen liegenden Flächenbereich (1a) und der Fläche (1b) von der inneren Ausnehmung (5) gleich sind und die in Propagationsrichtung (3) projizierten Flächen (p1a, p1b) von dem äußeren Flächenbereich (1a) und der Fläche (1b) der inneren Ausnehmung (5) gleich groß sind.
2. Schmelzkopf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schmelzkopfende (1d) einen Rahmen, insbesondere Ring bildet, über den der radial aussen liegende Flächenbereich (1a) und die Fläche (1b) der inneren Ausnehmung (5) ineinander übergehen und dessen in Propagationsrichtung (3) weisende Stirnseite scharfkantig oder ballig oder abgeflacht ausgebildet ist.
3. Schmelzkopf nach einem der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass der außen liegende Flächenbereich (1a) und die innere Ausnehmung (5) um eine in Propagationsrichtung (3) liegende Mittenachse (2) n-fach drehsymmetrisch, bevorzugt rotationssymmetrisch ausgebildet sind.

4. Schmelzkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die axiale Länge (h) des sich verjüngenden radial außen liegenden Flächenbereichs (1a) und die axiale Tiefe (h) der inneren Ausnehmung (5) gleich sind.
5. Schmelzkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er mehrere Heizelemente (6') umfasst die zumindest bereichsweise in dem Material des Frontbereiches (1c) angeordnet sind, welches zwischen dem sich verjüngenden radial außen liegenden Flächenbereich (1a) und der Fläche (1b) der inneren Ausnehmung (5) angeordnet ist, insbesondere im Material eines axial erstreckten Ringbereiches (7) des Frontbereichs (1c).
6. Schmelzkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er mehrere Heizelemente (6') umfasst, insbesondere die jeweils in rückwärtige Ausnehmungen (6) eingesetzt sind, wobei die Heizelemente (6') und/oder Ausnehmungen (6) jeweils einen radialen Abstand zur Mittenachse (2) aufweisen, der dem radialen Abstand des ringförmigen Schmelzkopfes (1d) zumindest im Wesentlichen entspricht, insbesondere dem radialen Abstand des Schmelzkopfes (1d) entspricht.
7. Schmelzkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der äußere Flächenbereich (1a) und die Fläche (1b) der inneren Ausnehmung (5) jeweils einem Kegelabschnitt oder einem Abschnitt eines Paraboloides entspricht.
8. Schmelzkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der sich verjüngende Frontbereich (1c) einen um die Mittenachse (2) rotationssymmetrischen Rotationskörper, insbesondere Kegelabschnitt oder Paraboloidabschnitt bildet, dessen Spitzenbereich an der Ebene, in welcher das Schmelzkopfende (1d) liegt, zur Bildung der Ausnehmung (5) nach innen umgeklappt ist.
9. Schmelzkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Form, insbesondere die Querschnittform längs der Mittenachse (2) des äußeren Flächenbereiches (1a) und der Fläche (1b) der inneren Ausnehmung (5) abgesehen vom Vorzeichen (I) und einer axialen Verschiebung (O), insbesondere von doppelter axialer Länge des Frontbereiches (1c), derselben mathematischen Funktion (P) in Abhängigkeit vom radialen Abstand von der Mittenachse (2) gehorchen.

10. Eis-Schmelzvorrichtung umfassend einen Schmelzkopf (1) nach einem der vorherigen Ansprüche der an seinem in Propagationsrichtung (3) hinteren Befestigungsbereich (4) mit einer Bohrvorrichtung (8) verbunden ist, insbesondere wobei die Bohrvorrichtung (8) ein axial erstrecktes zylindrisches Gehäuse (8) umfasst, in welchem ein Energiespeicher (9) zur Beheizung von Heizelementen (6) des Schmelzkopfes (1) und/oder ein abspulbarer Kabelvorrat (10) enthalten ist.

Claims

1. Melting head (1) of an ice-melting device (1, 8), comprising a fastening region (4), which is rearward with respect to the propagation direction and is intended for fastening to a drilling device (8) or a drill pipe, and a heatable front region (1c), which is forward with respect to the propagation direction, wherein the front region (1c) has a radially outer surface region (1a), in which the outer cross section of the front region (1c) tapers in the propagation direction (3) as far as the forward axial melting head end (1d) and the radially outer surface region (1a) surrounds an inner recess (5), the free inner cross section of which decreases from the axial melting head end (1d) counter to the propagation direction (3), **characterized in that**, in a region between the point of intersection of the inner recess (5) with the centre axis (2) and the axial melting head end (1d), the surface areas of the radially outer surface region (1a) and the surface (1b) of the inner recess (5) are the same and the surfaces (pla, plb) of the outer surface region (1a) and the surface (1b) of the inner recess (5), projected in the propagation direction (3), are the same size.
2. Melting head according to Claim 1, **characterized in that** the melting head end (1d) forms a frame, in particular a ring, via which the radially outer surface region (1a) and the surface (1b) of the inner recess (5) merge into one another and the end face of which that faces in the propagation direction (3) has a sharp-edged or crowned or flattened form.
3. Melting head according to either of the preceding claims, **characterized in that** the outer surface region (1a) and the inner recess (5) have an n-fold symmetry of revolution, preferably a rotationally symmetrical form, about a centre axis (2) in the propagation direction (3).
4. Melting head according to one of the preceding claims, **characterized in that** the axial length (h) of the tapering, radially outer surface region (1a) and the axial depth (h) of the inner recess (5) are the same.
5. Melting head according to one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises multiple heating elements (6') arranged at least in certain regions in the material of the front region (1c), which material is arranged between the tapering, radially outer surface region (1a) and the surface (1b) of the inner recess (5), in particular in the material of an axially extending annular region (7) of the front region (1c).
6. Melting head according to one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises multiple heating elements (6'), in particular which are each inserted in rear recesses (6), wherein the heating elements (6') and/or recesses (6) have a respective radial distance from the centre axis (2) that at least substantially corresponds to the radial distance of the annular melting head end (1d), in particular corresponds to the radial distance of the melting head end (1d).
7. Melting head according to one of the preceding claims, **characterized in that** the outer surface region (1a) and the surface (1b) of the inner recess (5) corresponds to a respective cone portion or a portion of a paraboloid.
8. Melting head according to one of the preceding claims, **characterized in that** the tapering front region (1c) forms a rotational element, in particular cone portion or paraboloid portion, which is rotationally symmetrical about the centre axis (2) and the vertex region of which is folded over inwards in the plane of the melting head end (1d) to form the recess (5).
9. Melting head according to one of the preceding claims, **characterized in that** the shape, in particular the cross-sectional shape along the centre axis (2), of the outer surface region (1a) and the surface (1b) of the inner recess (5) irrespective of the sign (l) and an axial offset (O), in particular of twice the axial length of the front region (1c), satisfy the same mathematical function (P) depending on the radial distance from the centre axis (2).
10. Ice melting device comprising a melting head (1) according to one of the preceding claims, which, at its fastening region (4) which is rearward in the propagation direction (3), is connected to a drilling device (8), in particular wherein the drilling device (8) comprises an axially extending, cylindrical housing (8), which contains an energy store (9) for the heating of heating elements (6) of the melting head (1) and/or a cable store (10) which can be unspooled.

Revendications

1. Tête de fusion (1) d'un dispositif de fonte de glace (1, 8) comprenant une zone de fixation arrière (4), par rapport au sens de propagation, qui est destinée à être fixée à un dispositif de forage (8) ou une tige de forage et une zone avant chauffable (1c) par rapport au sens de propagation, la zone avant (1c) comportant une zone de surface radialement extérieure (1a) dans laquelle la zone avant (1c) est formée de manière à se rétrécir dans le sens de propagation (3) jusqu'à l'extrémité de tête de fusion axiale avant (1d) dans la section transversale extérieure et la surface radialement extérieure (1a) entoure un évidement intérieur (5) dont la section transversale intérieure libre diminue depuis l'extrémité de tête de fusion axiale (1d) dans le sens opposé au sens de propagation (3), **caractérisée en ce que**, dans une zone située entre le point d'intersection de l'évidement intérieur (5) avec l'axe central (2) et l'extrémité de tête de fusion axiale (1d), les aires de la zone de surface radialement extérieure (1a) et de la surface (1b) de l'évidement intérieur (5) sont égales et les surfaces (pla, plb), projetées dans le sens de propagation (3) depuis la zone de surface extérieure (1a) et la surface (1b) de l'évidement interne (5) sont égales.
2. Tête de fusion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'extrémité de tête de fusion (1d) forme un cadre, notamment un anneau, par le biais duquel la surface radialement extérieure (1a) et la surface (1b) de l'évidement intérieur (5) se rejoignent et dont le côté frontal, pointant dans le sens de propagation (3), a une forme anguleuse ou convexe ou aplatie.
3. Tête de fusion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la zone de surface extérieure (1a) et l'évidement intérieur (5) sont n fois à symétrie de rotation, de préférence à symétrie de révolution, autour d'un axe central (2) situé dans le sens de propagation (3).
4. Tête de fusion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la longueur axiale (h) de la zone de surface radialement extérieure (1a) qui se rétrécit et la profondeur axiale (h) de l'évidement intérieur (5) sont égales.
5. Tête de fusion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'elle** comprend une pluralité d'éléments chauffants (6') qui sont disposés au moins par endroits dans le matériau de la zone avant (1c) qui est disposé entre la zone de surface radiale extérieure (1a) qui se rétrécit et la surface (1b) de l'évidement intérieur (5), en particulier dans le matériau d'une zone annulaire (7), s'étendant axialement, de la zone avant (1c).
6. Tête de fusion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'elle** comprend une pluralité d'éléments chauffants (6'), notamment qui sont insérés chacun dans des évidements arrière (6), les éléments chauffants (6') et/ou évidements (6) sont chacun à une distance radiale de l'axe central (2) qui correspond au moins sensiblement à la distance radiale de l'extrémité de tête de fusion annulaire (1d), en particulier à la distance radiale de la tête de fusion (1d).
7. Tête de fusion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la zone de surface extérieure (1a) et la surface (1b) de l'évidement intérieur (5) correspondent chacune à une portion de cône ou à une portion de paraboloïde.
8. Tête de fusion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la zone avant (1c) qui se rétrécit forme un corps de révolution à symétrie de révolution autour de l'axe central (2), notamment une portion de cône ou une portion de paraboloïde, dont la zone de pointe, dans le plan dans lequel est située l'extrémité de tête de fusion (1d), est repliée vers l'intérieur pour former l'évidement (5).
9. Tête de fusion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la forme, notamment la forme en coupe transversale suivant l'axe central (2) de la zone de surface extérieure (1a) et de la surface (1b) de l'évidement intérieur (5), exception faite du signe (l) et d'un déplacement axial (O), notamment de deux fois la longueur axiale de la zone de surface avant (1c), obéissent à la même fonction mathématique (P) en fonction de la distance radiale à l'axe central (2).
10. Dispositif de fonte de glace comprenant une tête de fusion (1) selon l'une des revendications précédentes qui est reliée à un dispositif de forage (8) au niveau de sa zone de fixation arrière (4) dans le sens de propagation (3), notamment le dispositif de forage (8) comprenant un boîtier cylindrique s'étendant axialement (8) qui contient un réservoir d'énergie (9) destiné à chauffer les éléments chauffants (6) de la tête de fusion (1) et/ou une alimentation en câble (10) qui peut être déroulée.

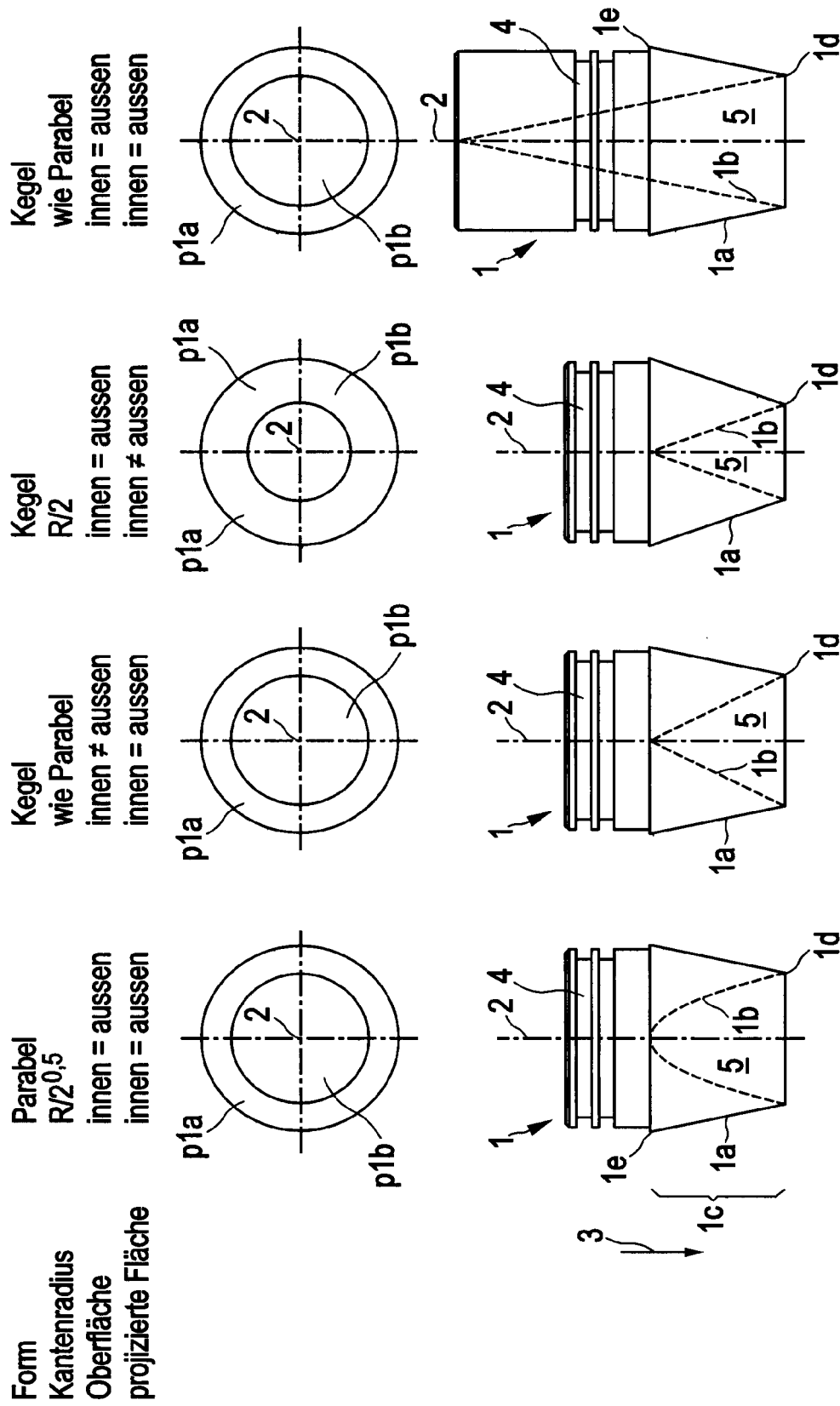
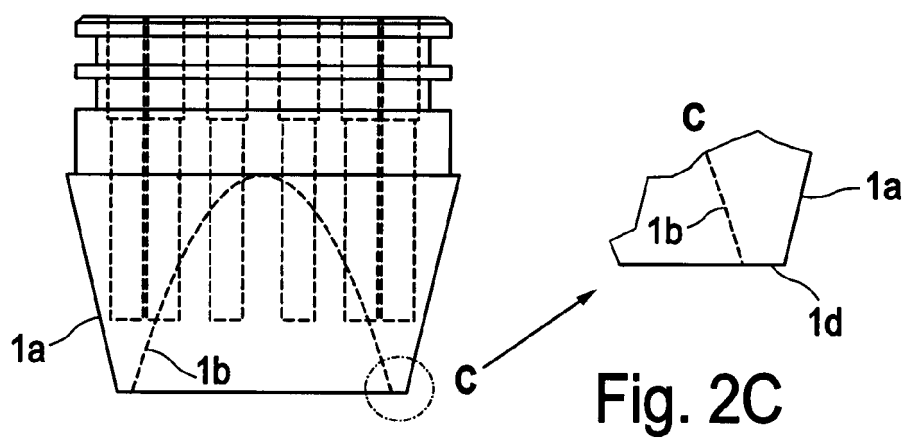
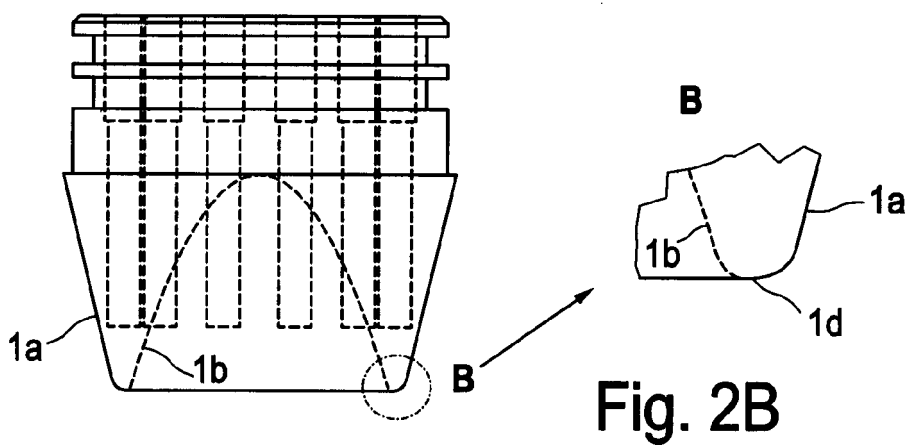
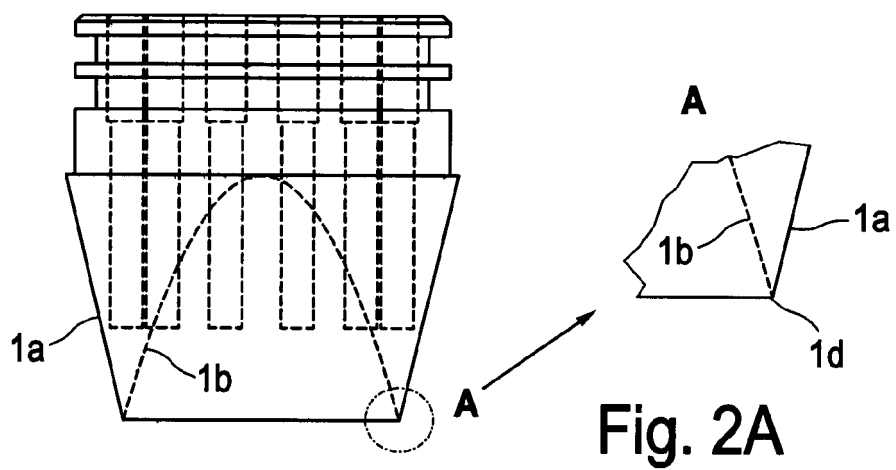


Fig. 1A

Fig. 1B

Fig. 1C

Fig. 1D



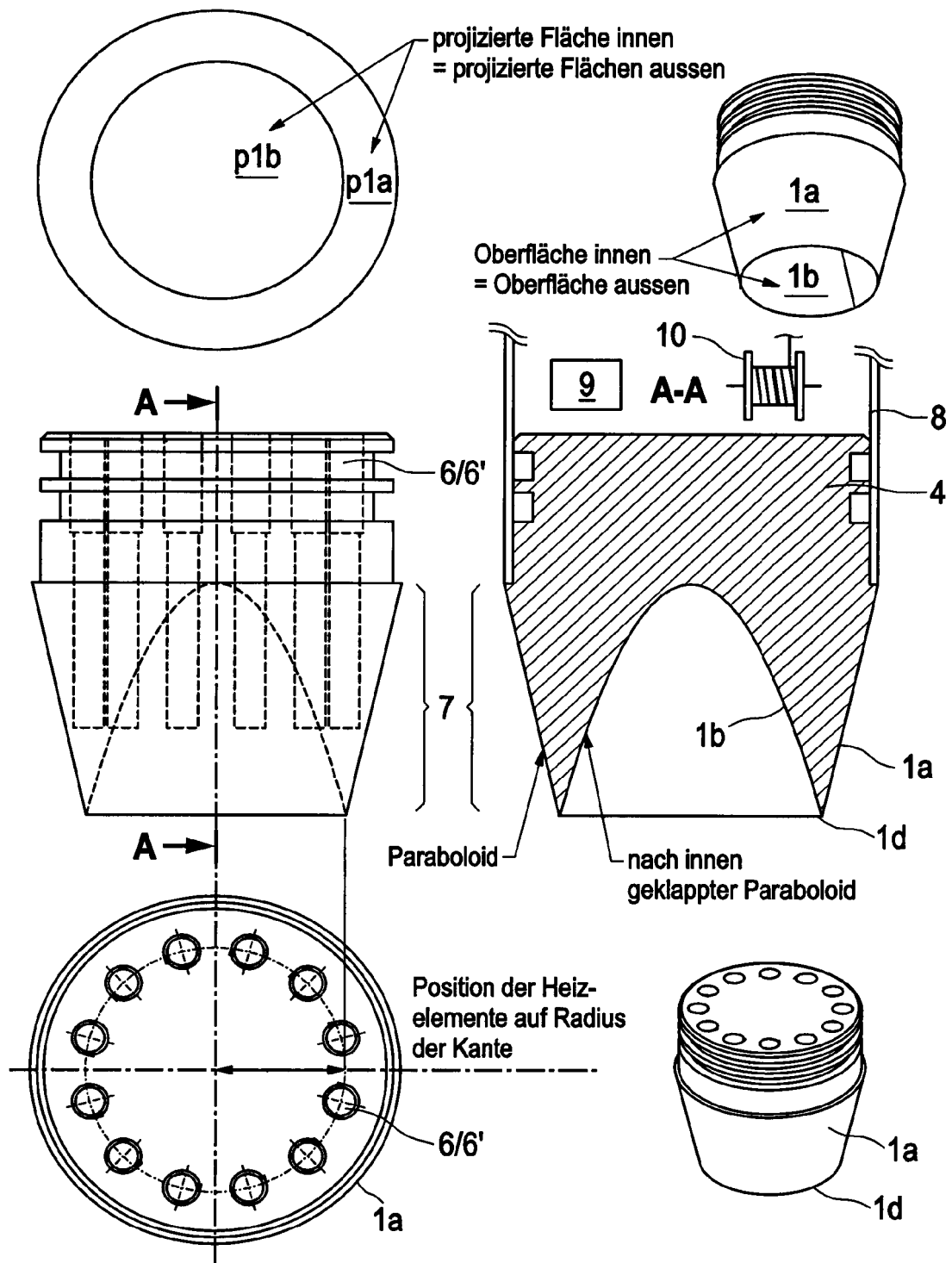


Fig. 3

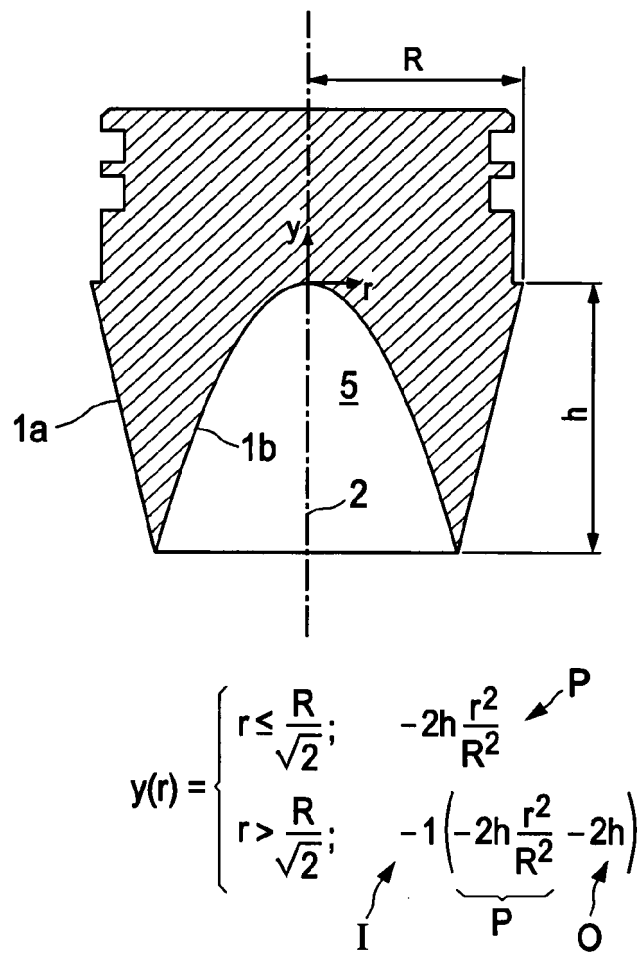


Fig. 4

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

- SU 1149670 A1 [0002]
- SU 1087648 A1 [0002]
- DE 1936902 B1 [0002]