

(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
14. September 2017 (14.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/152913 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B28B 3/26 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2017/100183

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. März 2017 (09.03.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 104 387.7 10. März 2016 (10.03.2016) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **HOFACKER, Martin**; Hans-Berger-Straße 18,
07747 Jena (DE). **KIESEL, Lutz**; Hellborn, 07646
Renthendorf (DE).

(74) Anwälte: **OEHMKE, Volker** et al.; Neugasse 13, 07743
Jena (DE).

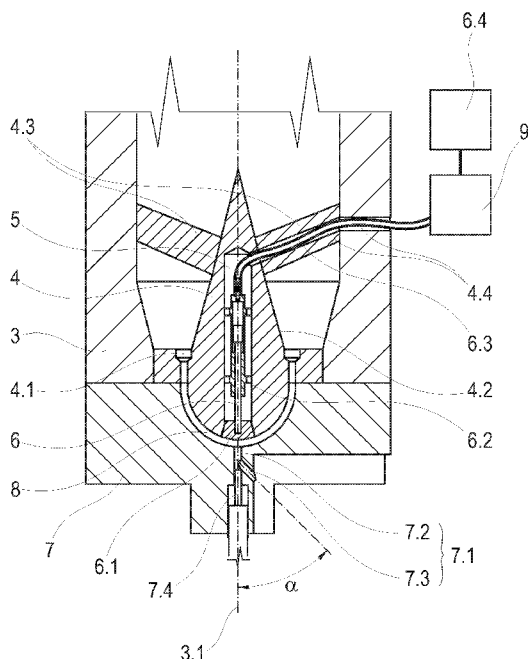
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: EXTRUSION METHOD AND EXTRUSION DEVICE FOR PRODUCING A CLOSED CERAMIC TUBE WITH A
BASE

(54) Bezeichnung : EXTRUSIONSVERFAHREN UND EXTRUSIONSVORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES MIT
EINEM BODEN VERSCHLOSSENEN KERAMIKROHRES



(57) Abstract: The extrusion device has a mouthpiece (3), a mandrel (4) which is arranged coaxially with respect to the mouthpiece and in which a piston (6) can be moved coaxially in a cylinder bore (5), said piston comprising a cylinder head (6.1) which closes the cylinder bore (5), and a closure piece (7) which closes the mouthpiece (3) and can be temporarily withdrawn, the inner shape of the closure piece (7) and the outer shape of the mandrel (4) defining a gap (8) which corresponds to the shape of the base (1) which is to be produced. Inside the cylinder bore (5), a lift cylinder (6.2) is arranged in which the piston (6) can be movably guided independently from a gas pressure prevailing in the cylinder bore (5). Advantageously, the closure piece (7) can be heated and cooled.

(57) Zusammenfassung: Die Extrusionsvorrichtung weist ein Mundstück (3), einen hierzu koaxial angeordneten Dorn (4), in dem in einer Zylinderbohrung (5) ein Kolben (6) mit einem die Zylinderbohrung (5) verschließenden Kolbenkopf (6.1) koaxial bewegbar ist, und ein das Mundstück (3) verschließendes, temporär abnehmbares Verschlussstück (7) auf, wobei die innere Form des Verschlussstückes (7) und die äußere Form des Dorns (4) einen Spalt (8) begrenzen, welcher der Form des herzustellenden Bodens (1) entspricht. Innerhalb der Zylinderbohrung (5) ist ein Hubzylinder (6.2) angeordnet, in dem der Kolben (6) unabhängig von einem in der Zylinderbohrung (5) herrschenden Gasdruck bewegbar geführt ist. Vorteilhaft ist das Verschlussstück (7) beheizt und kann gekühlt werden.

Fig. 1



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Extrusionsverfahren und Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden verschlossenen Keramikrohres

Die Erfindung betrifft eine Extrusionsvorrichtung und ein Verfahren zum Extrudieren einseitig verschlossener keramischer Hohlkörper, wie sie gattungsgemäß aus der DE 689 03 344 T2 bekannt sind.

Beim Extrudieren (Strangpressen) einseitig verschlossener, dünnwandiger Hohlprofile aus zähplastischen keramischen Massen, insbesondere mit Wandstärken $< 1\text{ mm}$ und unter hohen Drücken im Formgebungswerkzeug von bis zu 200 bar, werden besondere Anforderungen an die Extrusionsvorrichtung gestellt, um das nach der Extrusion noch sehr empfindliche Profil vor Deformationen zu bewahren. In Abhängigkeit von der Querschnittsfläche kann aber auch ein Formkörper mit einem Innendurchmesser von z. B. 80 mm und einer Wandstärke von 1,5 mm als sehr dünnwandig angesehen werden, da für die Formstabilität / Festigkeit der Querschnitt und die Länge des Formkörpers, aber auch das rheologische Verhalten der keramischen Masse entscheidend sind.

In der Patentschrift GB 440 949 A ist eine Vorrichtung zum Extrudieren von sehr dünnwandigen Keramikrohren mit Wanddicken von wenigen 100 μm und Längen von 0,5 m bis 1 m beschrieben. Die Keramikrohre sind an beiden Enden offen. Aus fertigungstechnischen Gründen kann vorgesehen sein, das aus der Extrusionsvorrichtung austretende offene Ende des noch plastisch formbaren Keramikrohres abzuquetschen und dadurch luftdicht zu verschließen. Während des Extrudierens wird der Innenraum des abgequetschten Keramikrohrs zunächst über eine Belüftungsöffnung im Dorn des Extrusionswerkzeuges belüftet. In das vollständig extrudierte Keramikrohr wird letztlich über die Belüftungsöffnung Druckluft zugeführt, bis das Keramikrohr außen an der Innenwand einer Form zur Anlage kommt. Das so ausgeformte Keramikrohr wird mit der Form vom Extrusionswerkzeug abgenommen und kann in der Form trocknen. Durch die bei der Trocknung einsetzende Schrumpfung löst sich das Keramikrohr aus der Form. Das Entformen erfolgt dadurch kraft- und verformungsarm, jedoch muss für jedes Keramikrohr jeweils eine Form vorgehalten werden.

Aus der Patentschrift DE 501 270 C ist eine Vorrichtung bekannt, mit der einseitig geschlossene Hohlkörper durch Extrudieren hergestellt werden können. Zur Herstellung des Hohlkörperprofils wird ein Extrusionswerkzeug mit einem Dorn im Mundstück verwendet. Zur Ausbildung des den Hohlkörper einseitig verschließenden Bodens wird temporär ein Verschlussstück auf das Mundstück aufgesetzt. Dorn und Verschlussstück sind je nach gewünschter Gestalt des Bodens ausgeformt, wobei der zwischen dem Dorn und dem Verschlussstück verbleibende Hohlraum die Bodendicke bestimmt. Eine in das Extrusionswerkzeug eingepresste plastische Masse füllt zunächst diesen Hohlraum aus, wodurch der Boden gebildet wird. Dabei verdrängte Luft kann durch eine Entlüftungsöffnung im Verschlussstück entweichen. Die Entlüftungsöffnung wird mit einer Verschlussvorrichtung geschlossen, sobald plastische Masse aus der Entlüftungsöffnung austritt. Die Verschlussvorrichtung füllt das Volumen der Entlüftungsbohrung im geschlossenen Zustand vollständig aus, sodass die dort beim Extrudieren expandierte plastische Masse in den Hohlraum zurückgedrängt und verdichtet wird. Nach dem Verschließen der Entlüftungsöffnung kann das Verschlussstück vom Mundstück abgenommen und das restliche Hohlkörperprofil auf Länge extrudiert werden, wobei sich der Boden vom Dorn löst und von diesem weg bewegt wird. Um das Kollabieren des einseitig geschlossenen Hohlkörpers durch den beim Bewegen des Hohlkörpers über den Dorn entstehenden Unterdruck zu verhindern, verfügt der Dorn über eine Belüftungsöffnung. Die Belüftungsöffnung ist mit einem Rückschlagventil versehen, das bei entsprechendem Unterdruck selbsttätig öffnet und beim Einpressen der plastischen Masse ins Extrusionswerkzeug geschlossen bleibt. Über die Eigenschaften der plastischen Masse ist offenbart, dass es sich um Kohlenmassen handelt. Über Wanddicken und Stabilität der hergestellten Hohlkörper werden keine Angaben gemacht. Zum Extrudieren sehr dünnwandiger Keramikhohlkörper ist es nachteilig, dass der zum Öffnen des Rückschlagventils erforderliche Unterdruck bereits eine Verformung des Hohlprofils verursachen kann. Die im Extrusionswerkzeug auftretenden hohen Drücke können außerdem dazu führen, dass die Keramikmasse, je nach Viskosität, in das geschlossene Rückschlagventil eindringen kann, Ablagerungen bildet und die selbsttätige Funktion des Rückschlagventils beeinträchtigt. Weiterhin besteht beim Entformen eines dünnwandigen Bodens die Gefahr, dass die noch feuchte Keramikmasse durch

Adhäsion am Verschlussstück anhaftet und beim Abnehmen des Verschlussstückes beschädigt wird.

In der Offenlegungsschrift EP 1 075 916 A2 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Bodens an einem Keramikrohr durch Extrudieren beschrieben. Der Boden wird in einem Hohlraum zwischen dem Dorn des Mundstücks und einem temporär das Mundstück verschließenden Verschlussstück ausgebildet. Zum Entlüften des Hohlraums während des Extrudierens des Bodens ist eine koaxial zum Mundstück angeordnete Entlüftungsöffnung vorgesehen. Durch die Entlüftungsöffnung austretende keramische Masse kann mittels eines beweglichen Kolbens in den Hohlraum zurückgepresst werden. Dadurch wird eine gleichmäßige Dichte der keramischen Masse im Boden erreicht.

Die vorgenannte Patentschrift DE 689 03 344 T2 offenbart ein Verfahren zum Extrudieren eines einseitig geschlossenen Hohlkörpers (Hülse) aus Keramik, bei dem das Anhaften des Bodens an einer Extrusionsvorrichtung verhindert werden soll. Die Extrusionsvorrichtung weist ein Mundstück und einen hierzu koaxial angeordneten Dorn (Kernglied) auf. Zur Ausbildung des Bodens ist das Mundstück temporär mit einem Verschlussstück (Druckplatte) verschließbar. Im Dorn ist ein Kolben geführt, dessen freies Kolbenende gemeinsam mit dem Verschlussstück die Form des Bodens bestimmt. Der Kolben ist beweglich in einer Belüftungsöffnung (Durchgangsöffnung) im Dorn gelagert, wobei die Belüftungsöffnung mittels eines Kanals (Luftdurchlassöffnung) durch das Innere des Kolbens hindurch geführt ist. Während des Extrudierens des Bodens wird durch die Belüftungsöffnung Luft abgesaugt, um den beweglichen Kolben daran zu hindern, sich aus dem Dorn heraus zu bewegen. Das freie Kolbenende und das Verschlussstück sind vorteilhaft aus einem porösen Material hergestellt, sodass das Absaugen und Einleiten von Luft, insbesondere auch am Verschlussstück, flächig verteilt erfolgen kann. Nach Extrudieren des Bodens wird beim Entfernen des Verschlussstückes Luft durch die Belüftungsöffnung im Dorn abgesaugt, um den Boden am Dorn bzw. am Kolben zu halten. Gleichzeitig wird Luft durch das Verschlussstück aus porösem Material bzw. durch eine Entlüftungsöffnung (Durchgangsöffnung) im Verschlussstück geblasen, um das Verschlussstück leichter vom Boden zu lösen. Nach Entfernen des Verschlussstückes wird der Hohlkörper extrudiert, während Luft durch die

Belüftungsöffnung des Dorns eingeblasen wird, die den Kolben mit dem extrudierten Hohlkörper mitbewegen soll, bis der Kolben einen Anschlag im Dorn erreicht.

Insbesondere bei sehr dünnen Wandstärken hat die Verwendung der porösen Oberflächen als Anlagefläche für den Boden jedoch auch Nachteile. Beim Extrudieren des Bodens kann, unterstützt durch das Ansaugen durch die poröse Oberfläche des Verschlussstückes, Keramikmasse in die Poren eindringen. Durch die plastische Abformung der porösen Oberfläche kann der Boden eine Oberflächenrauheit ausbilden, deren einzelne Erhebungen im Verhältnis zur Wandstärke unvorteilhaft groß sind und die, je nachdem, wie tief die keramische Masse in die Poren eindringt, zu einem Anhaften der keramischen Masse führen kann. Die Anhaftung lässt sich mit einem durch die poröse Oberflächenstruktur applizierten Überdruck wieder lösen. Der applizierte Überdruck kann aber bereits zu einer Beschädigung des noch plastisch formbaren Bodens führen. Außerdem kann sich die poröse Oberfläche bei den hohen Drücken im Extrusionswerkzeug leicht mit Keramikmasse zusetzen, sodass keine ausreichende oder nur eine ungleichmäßige Ent- oder Belüftung erreicht wird, wenn der Überdruck in den Poren als Selbstreinigungseffekt unzureichend ist. Weiterhin ist die gesteuerte Bewegung des Kolbens im Dorn nicht sichergestellt, da ein Gleiten des Kolbens im Dorn bis zu den jeweiligen Anschlägen (Stopper oder Kegelsitz) erfolgt und die Relativbewegung an den Über- oder Unterdruck im Dorn gekoppelt ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine dazu geeignete Vorrichtung zu schaffen, die eine einfache und sichere Möglichkeit zum deformationsfreien Entformen von Böden sehr dünnwandiger keramischer Extrusionsprofile umsetzen.

Diese Aufgabe wird für ein Extrusionsverfahren gemäß Anspruch 7 und für eine Extrusionsvorrichtung gemäß Anspruch 1 erfüllt. Vorteilhafte Ausführungen sind in den rückbezogenen Ansprüchen angegeben.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 einen prinzipiellen Aufbau einer Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden verschlossenen Keramikrohres im geschlossenen Zustand und

Fig. 2 den prinzipiellen Aufbau der in Fig. 1 dargestellten Extrusionsvorrichtung im geöffneten Zustand und mit geöffneter Zylinderbohrung im Dorn.

Die Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden 1 verschlossenen Keramikrohres 2 weist grundsätzlich ein Mundstück 3 und einen darin koaxial angeordneten Dorn 4 auf. Im Dorn 4 ist koaxial eine Zylinderbohrung 5 angeordnet. In der Zylinderbohrung 5, die mit einem oder mehreren Zugangskanälen 4.4 verbunden und durch einen Kolbenkopf 6.1 verschließbar ist, ist koaxial ein Hubzylinder 6.2 angeordnet. Der Kolbenkopf 6.1 ist mit einem Kolben 6 verbunden, der in dem Hubzylinder 6.2 geführt ist. An der Extrusionsvorrichtung ist ein das Mundstück 3 verschließendes, temporär abnehmbares Verschlussstück 7 mit einer Entlüftungsbohrung 7.1 angeordnet, wobei die innere Form des Verschlussstückes 7 und die äußere Form des Dorns 4, mit dem Kolbenkopf 6.1, einen Spalt 8 begrenzen, welcher der Form des herzustellenden Bodens 1 entspricht.

Bei der konkret in Fig. 1 dargestellten Extrusionsvorrichtung verfügt das Mundstück 3 zum Extrudieren des Keramikrohres 2 über einen kreisförmigen Querschnitt. Im Zentrum des kreisförmigen Querschnitts ist der rotationssymmetrische Dorn 4 koaxial auf einer Mundstückachse 3.1 des Mundstückes 3 aufgenommen. Der zwischen dem Dorn 4 und dem Mundstück 3 freibleibende ringförmige Querschnitt bestimmt die Wandstärke eines extrudierten Keramikrohres 2. Der kreisförmige Querschnitt kann z. B. einen Durchmesser zwischen 10 – 60 mm aufweisen, wobei die Wandstärken günstig zwischen 200 µm und 1 mm liegen können. Die Fertigung von größeren, aber auch kleineren Durchmessern / Abmessungen mit abweichenden Wandstärken ist möglich, z. B. ein Durchmesser von 80 mm bei einer Wandstärke von 2 mm. Andere Querschnitte, wie z. B. elliptische oder eckige Querschnittsformen oder Querschnittsformen mit gewelltem, die Oberfläche des Keramikrohres 2 vergrößerndem Querschnitt, sind denkbar. Zur Fixierung des Dorns 4 innerhalb des Mundstückes 3 ist dieser an seinem Umfang mit dem Mundstück 3 verbunden. Das kann z. B. über radial

verlaufende Verbindungsstege oder über einen Verbindungsring erfolgen, in dem eine Vielzahl von zur Mundstückachse 3.1 parallelen Speisebohrungen 4.1 angeordnet sind. Ein in die Extrusionsvorrichtung hinein orientierter Kegelansatz 4.2 des Dorns 4 ist zusätzlich mit mindestens einer Ziehkreuzstrebe 4.3 mit dem Mundstück 3 verbunden und wird mit dieser gegenüber dem Mundstück 3 abgestützt.

Zum Extrudieren des Bodens 1 ist das Mundstück 3 mit dem Verschlussstück 7 verschlossen, wobei zwischen dem Mundstück 3 und dem Verschlussstück 7 ein Spalt 8 gebildet ist. Das Verschlussstück 7 ist dazu mit einer lösbaren Verbindung am Mundstück 3 befestigt und dichtet den kreisförmigen Querschnitt des Mundstücks 3, bis auf die zur Entlüftung vorgesehene Entlüftungsbohrung 7.1, vollständig ab.

Der Dorn 4 und das Verschlussstück 7 sind entsprechend der gewünschten Form des Bodens 1 geformt, z. B., wie in Fig. 1 gezeigt, halbkugelförmig. Ein zwischen der inneren Form des Verschlussstückes 7 und der äußeren Form des Dorns 4 verbleibender Spalt 8 bestimmt mit seiner Spaltbreite die Wandstärke des Bodens 1. Die Wandstärke des Bodens 1 entspricht vorteilhaft der Wandstärke des Keramikrohres 2.

Eine beim Extrudieren des Bodens 1 in die Extrusionsvorrichtung eingepresste Keramikmasse verdrängt die sich in dem Spalt 8 befindende Luft, die über eine im Verschlussstück 7 vorgesehene geöffnete Entlüftungsbohrung 7.1 entweicht.

Die Entlüftungsbohrung 7.1 besteht aus einer koaxial zum Mundstück 3 verlaufenden Zentralbohrung 7.2 und einer in einem spitzen Winkel α zur Zentralbohrung 7.2 hin und vom Mundstück 3 weg weisenden Kanalbohrung 7.3. Wie aus dem Stand der Technik vorbekannt, kann die Entlüftungsbohrung 7.1 mit einem axial beweglichen Zapfen 7.4 verschlossen werden, der die Zentralbohrung 7.2 so weit ausfüllt, dass die Keramikmasse, die durch die Zentralbohrung 7.2 ausgetreten ist, mittels des Zapfens 7.4 in den Spalt 8 des Mundstücks 3 zurückverdichtet wird und die durch die Kanalbohrung 7.3 ausgetretene Keramikmasse abgesichert wird.

Gemäß den vorgenannten Schriften EP 1 075 916 A2 und DE 501 270 C erfolgt die Rückverdichtung, indem die extrudierte Masse über eine axial angeordnete Bohrung im Verschlussstück in einen weiteren Hohlraum gepresst wird, durch die dann ein Zapfen

die Masse zurückdrückt. Nachteilig ist, dass die Masse nicht rückstandslos aus dem Hohlraum entfernt wird und somit schon angetrocknete Masse beim Verschließen eines weiteren Rohres eingebracht werden kann und keine ungehinderte Bewegung des Zapfens in der Führung stattfindet. Die gemäß der vorgenannten Schrift EP 1 075 916 A2 senkrecht zur Ausströmöffnung angeordnete Entlüftungsbohrung führt zudem zu einem nicht unwesentlichen Druckanstieg in der Extrusionsvorrichtung. Wird im Winkel α zur Extrusionsrichtung eine zweite Kanalbohrung 7.3 angeordnet, die mindestens den Durchmesser der axialen Zentralbohrung 7.2 aufweist, so wird bedingt durch den Selbstreinigungseffekt keine schon angetrocknete Keramikmasse in den Bodenbereich zurückverdichtet. Der Zapfen 7.4 wird im Verschlussstück 7 sauber geführt und der Druckanstieg in der Extrusionsvorrichtung ist gering. Zudem können der Zustellweg und die Länge der Zentralbohrung 7.2 des Zapfens 7.4 so eingestellt werden, dass der Zapfen 7.4 bündig mit der Innenkontur des Verschlussstückes 7 abschließt und somit keine Formabweichung im Bodenbereich zu verzeichnen ist.

Nach dem Extrudieren des Bodens 1 wird das sich daran anschließende Keramikrohr 2 extrudiert. Wie in Fig. 2 gezeigt, wird dazu das Verschlussstück 7 vom Mundstück 3 entfernt. Um den Boden 1 beim Entfernen des Verschlussstückes 7 leicht vom Verschlussstück 7 lösen zu können, ist das Verschlussstück 7 vorteilhaft beheizbar. Durch die Erwärmung des Verschlussstückes 7 nach Fertigstellung des Bodens 1 wird die Keramikmasse an das Verschlussstück 7 angrenzend erwärmt. Die sich in der Keramikmasse befindende Restfeuchte wird zumindest teilweise verdampft und bildet zwischen der Keramikmasse und dem Verschlussstück 7 ein sich ausdehnendes Luftpolster, durch das sich das Verschlussstück 7 vom Boden 1 löst.

Die Erwärmung des Verschlussstückes 7 sollte vorzugsweise in weniger als 30 s auf eine für die Verdampfung von Wasser (Flüssigkeiten) notwendige Temperatur erfolgen, um die Fertigungszeit zur Herstellung eines einseitig verschlossenen Hohlkörpers nicht unnötig zu verlängern. Je nach Heizleistung können Widerstandsheizelemente (z. B. Heizmanschetten, -bänder, -patronen) zum Einsatz kommen, die gegebenenfalls schon vor dem Verschließen des Mundstückes 3 mit dem Verschlussstück 7 dieses beheizen, wobei während des Prozesses der Formgebung des Bodens 1 in der Innenseite des Verschlussstückes 7 keine wesentliche Temperaturerhöhung verzeichnet werden sollte,

da diese durch einen frühzeitigen Trocknungsbeginn zur Rissbildung im Boden 2 führen könnte. Zur Reduzierung der Aufheizzeiten des Verschlussstückes 7 können auch induktive Heizelemente zum Einsatz kommen. Damit das Mundstück 3 nicht mit erwärmt wird, ist das Verschlussstück 7 vorteilhaft über ein wärmeisolierendes Bauteil, und im Falle der Verwendung induktiver Heizelemente auch elektrisch isolierendes Bauteil, z. B. aus Teflon, welches zwischen dem Mundstück 3 und dem Verschlussstück 7 angeordnet ist, gegenüber dem Mundstück 3 isoliert. Im Anschluss an den Beheizungsprozess des Verschlussstückes 7, der für eine schonende Entformung des Bodens 1 von Vorteil ist, sollte für die rissfreie Herstellung des darauf folgenden einseitig verschlossenen Hohlkörpers eine rasche Abkühlung der dem Boden 1 zugewandten und dessen Form bestimmenden Innenseite stattfinden. Damit das Verschlussstück 7 in sehr kurzer Zeit abgekühlt werden kann, ist es vorteilhaft gekühlt, z. B. indem Kühlflüssigkeit durch entsprechend ausgelegte Kanäle (nicht in den Zeichnungen ersichtlich) im Verschlussstück 7 geführt wird.

Die in den Dorn 4 eingebrachte Zylinderbohrung 5 ist eine Sackbohrung. Sie beginnt an der den Boden 1 ausbildenden Oberfläche des Dorns 4 und ist bis in den Kegelsansatz 4.2 des Dorns 4 fortgesetzt, wo sie im Bereich der mindestens einen den Kegelsansatz 4.2 stützenden Ziehkreuzstrebe 4.3 endet. Dort ist die Zylinderbohrung 5 mit mindestens einem Zugangskanal 4.4 verbunden, der aus der Extrusionsvorrichtung herausgeführt ist und mit einer Gaszufuhr verbunden ist. Der mindestens eine Zugangskanal 4.4 ist durch das Innere der Ziehkreuzstrebe 4.3 geführt. Die Gaszufuhr kann zum einen aus der Umgebungsluft erfolgen, so dass die Zylinderbohrung 5 mit Umgebungsluft (Gas) mit Normaldruck befüllbar ist.

Zum anderen kann der mindestens eine Zugangskanal 4.4 mit einer Gaszufuhr in Form eines Gasreservoirs verbunden sein, so dass die geschlossene Zylinderbohrung 5 mit einem Gas mit Überdruck befüllbar ist.

Das durch die Zylinderbohrung 5 zugeführte Gas wird ausschließlich zur Belüftung des Innenraums des Keramikrohres 2 verwendet. In keinem Fall wird bei einer erfindungsgemäßen Extrusionsvorrichtung das Gas dazu verwendet, die beim Extrudieren des Bodens 1 mit dem Kolbenkopf 6.1 verschlossene Zylinderbohrung 5 zu öffnen, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist.

Wird die Zylinderbohrung 5 geöffnet, indem der Kolbenkopf 6.1 und damit auch der Boden 1 vom Dorn 4 abgehoben wird, strömt das in der Zylinderbohrung 5 befindliche Gas nach und verhindert so einen Unterdruck in dem entstehenden Innenraum zwischen dem Dorn 4 und dem gebildeten Boden 1 des herzustellenden Keramikrohres 2. Im Falle, dass in der geschlossenen Zylinderbohrung 5 ein Überdruck herrscht, ist dieser nur geringfügig größer als der Umgebungsdruck, welcher außerhalb des einseitig verschlossenen Hohlkörpers vorherrscht (Normaldruck), um ein Explodieren des Bodens 1 zu vermeiden. Es reicht grundsätzlich aus, wenn ein unter Normaldruck in der Zylinderbohrung 5 stehendes Gas beim Extrudieren mit Umgebungsluft in den Innenraum des mit dem Boden 1 verschlossenen Keramikrohres 2 eintritt. Ein dadurch geschaffener Druckausgleich zwischen dem Innenraum des verschlossenen Keramikrohres 2 und dem Normaldruck der Umgebungsluft verhindert das Kollabieren des Keramikrohres 2 durch einen beim Extrudieren über dem Dorn 4 entstehenden Unterdruck.

Der Zugang der Zylinderbohrung 5 wird an der Oberfläche des Dorns 4 mit dem Kolbenkopf 6.1 verschlossen und geöffnet. Der Kolbenkopf 6.1 ist genau in den Zugang der Zylinderbohrung 5 eingepasst, sodass er die Zylinderbohrung 5 sicher gegen eindringende Keramikmasse und bevorzugt auch gasdicht abdichtet. Der Kolbenkopf 6.1 bildet im verschlossenen Zustand der Zylinderbohrung 5 einen Teil der äußeren Form des Dorns 4 und ist in seiner äußeren Form an die Form des Bodens 1 angepasst.

Der Kolbenkopf 6.1 ist fest mit dem Kolben 6 verbunden, der in einem Hubzylinder 6.2 läuft, welcher innerhalb der Zylinderbohrung 5 entlang der Mundstückachse 3.1 angeordnet ist. Der Hubzylinder 6.2 ist zentrisch und fest innerhalb der Zylinderbohrung 5 verankert, wobei zwischen dem Hubzylinder 6.2 und der Zylinderbohrung 5 ein Zwischenraum zum Passieren des durch den Zugangskanal 4.4 zugeführten Gases verbleibt. Vorteilhaft ist der Hubzylinder 6.2 ein Pneumatikzylinder. Die Bewegung des Kolbens 6 erfolgt durch eine gesteuerte Zuführung von Druckluft in den Pneumatikzylinder. Üblicherweise wird der Pneumatikzylinder über eine Anschlussleitung 6.3 mit einem Kompressor 9 verbunden und die gesteuerte Zuführung von Druckluft erfolgt über die Stellung von mit einer Steuereinheit 6.4 verbundenen Ventilen, die den Durchlass der Anschlussleitung 6.3 differenziert verändern. Die

Anschlussleitung 6.3 ist bevorzugt durch den Zugangskanal 4.4 verlegt. Im Gegensatz zum bekannten Stand der Technik erfolgt die Bewegung des Kolbens 6 und damit des Kolbenkopfes 6.1 durch den Pneumatikzylinder, dessen getrennte Versorgung über die Anschlussleitung 6.3 völlig unabhängig von den über den Zugangskanal 4.4 zu- oder abgeführten Gasen erfolgt. Die Bewegung des Kolbens 6 ist mittels der Steuereinheit 6.4 differenziert steuerbar, sodass zwischen der geschlossenen oder der vollständig geöffneten Stellung des Dorns 4 der Kolbenkopf 6.1 stufenlos alle Zwischenpositionen einnehmen kann. Im Unterschied zum Stand der Technik, wo die auf den Kolben 6 wirkende Druckluft zum Öffnen des Dorns 4 und damit der Zylinderbohrung 5 den gerade gefertigten Boden 1 beaufschlagt, strömt hier völlig unabhängig vom Druck, der nötig ist, um den Kolbenkopf 6.1 abzuheben, nur ein Gas vorzugsweise unter Normaldruck oder gegebenenfalls ein Gas mit einem nur geringen Überdruck in den sich bildenden Innenraum des Keramikrohres 2 nach. Vorteilhaft wird ein einseitiger Pneumatikzylinder verwendet. Im Vergleich zu einem zweiseitigen Pneumatikzylinder bedarf es für dessen Versorgung nur einer Druckluftleitung. Die Federkraft der im einseitigen Pneumatikzylinder angeordneten Druckfeder erzeugt eine ausreichende Rückstellkraft, um den Kolbenkopf 6.1 wieder an den Dorn 4 zurückzuziehen, so dass dieser verschlossen wird. Es kann auch ein zweiseitiger Pneumatikzylinder verwendet werden oder auch ein Hubzylinder, der hydraulisch oder elektromechanisch angetrieben wird.

Bei einem Extrusionsverfahren zur Herstellung eines mit einem Boden 1 verschlossenen Keramikrohres 2 wird eine Keramikmasse durch das Mundstück 3 hindurch in die mit dem Verschlussstück 7 verschlossene Extrusionsvorrichtung gepresst, sodass die Keramikmasse den Spalt 8 zwischen dem Dorn 4 und dem Verschlussstück 7 befüllt, wodurch der Boden 1 des Keramikrohres 2 in einer Wandstärke entsprechend der Spaltbreite ausgebildet wird. Die den Spalt 8 zuvor ausfüllende Luft wird beim Einpressen der Keramikmasse verdrängt und kann durch die Entlüftungsbohrung 7.1 im Verschlussstück 7 entweichen.

Das Einpressen wird beendet, wenn die Keramikmasse durch die Entlüftungsbohrung 7.1 austritt. Die Entlüftungsbohrung 7.1 wird dann dicht verschlossen, wobei die sich in der Entlüftungsbohrung 7.1 befindende Keramikmasse durch den Zapfen 7.4 bis zur

Oberfläche des am Boden 1 anliegenden Verschlussstückes 7 zurückverdichtet wird. Der Boden 1 ist danach fertig gestellt.

Nach Fertigstellung des Bodens 1 kann die Extrusion des sich an den Boden 1 anschließenden Keramikrohres 2 erfolgen. Dazu wird die Extrusionsvorrichtung geöffnet, indem das Verschlussstück 7 vom Mundstück 3 entfernt wird. Je nach Komplexität der Form und / oder Wandstärke des Bodens 1 besteht naturgemäß ein hohes Risiko, den Boden 1 beim Entfernen des Verschlussstückes 7 zu beschädigen. Das Risiko wird durch die Eigenschaften der Keramikmasse, die zu diesem Zeitpunkt noch sehr leicht plastisch formbar ist und die durch die in der Keramikmasse vorhandene Feuchtigkeit hohe Adhäsionskräfte zum Verschlussstück 7 aufweisen kann, begünstigt. Aus diesen Gründen ist das Verschlussstück 7 beheizt.

Durch das Heizen wird die in der Keramikmasse vorhandene Restfeuchte zum Verdampfen gebracht, sodass sich zwischen dem Verschlussstück 7 und der am Verschlussstück 7 anliegenden Keramikmasse des Bodens 1 ein sich ausdehnendes Luftpolster bildet. Durch das sich ausbildende Luftpolster löst sich der Boden 1 sehr schonend vom Verschlussstück 7. Da das Lösen bei geschlossenem Mundstück 3 erfolgt, wird jede mechanische Beanspruchung des Bodens 1 vermieden. Nach dem vollständigen Lösen des Bodens 1 vom Verschlussstück 7 kann dieses ohne eine Beschädigungsgefahr für den Boden 1 vom Mundstück 3 abgehoben werden. Die durch das Heizen teilweise verdampfte Restfeuchte der Keramikmasse trägt außerdem dazu bei, dass der Boden 1 nach dem Heizen in sich stabiler ist als zuvor und sich nicht mehr so leicht plastisch verformen kann. Das Beheizen der Werkzeugteile sollte im Wesentlichen flächig an der Innenseite des Verschlussstückes 7 und der Stirnseite des Dorns 4 erfolgen. Dabei können je nach Feuchtigkeit und Sättigungsdampfdruck der Umgebungsluft kurzzeitig über wenige Sekunden Temperaturen von $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ erforderlich sein, aber auch deutlich geringere Temperaturen führen zu einem Verdunstungseffekt der Keramikmasse, die eine Entformung begünstigen.

Bei dem sich anschließenden Extrudieren des Keramikrohres 2 muss der Boden 1 auch mit seiner Innenseite vom Dorn 4 gelöst werden. Außerdem muss der beim Extrudieren des Keramikrohres 2 über den Dorn 4 entstehende und sich vergrößernde Innenraum des Keramikrohres 2 belüftet werden, um einen Druckausgleich zwischen dem

Innenraum und der Umgebung zu erreichen und das Kollabieren des Keramikrohres 2 zu verhindern.

Das Lösen des Bodens 1 vom Dorn 4 wird gegebenenfalls durch die zuvor beim Heizen reduzierte Restfeuchte der Keramikmasse begünstigt.

Die Bewegung des Kolbenkopfes 6.1 erfolgt gesteuert, mittels einer Steuereinheit 6.4. Die Steuereinheit 6.4 treibt einen Hubzylinder 6.2, bevorzugt einen Pneumatikzylinder an, mit dem der Kolbenkopf 6.1 unabhängig von der Belüftung des Innenraums bewegt wird. Unmittelbar mit Beginn der Extrusion wird der Pneumatikzylinder mit Druckluft versorgt, sodass die Zylinderbohrung 5 geöffnet wird und das Belüften des Innenraums von Beginn an sichergestellt ist.

Über eine reproduzierbar einstellbare Steuerung des Pneumatikzylinders und damit des Pneumatikdrucks wird der Kolbenkopf 6.1 von dem Dorn 4 abgehoben und das sich in der Zylinderbohrung 5 befindende Gas, dessen Gasdruck unabhängig vom Pneumatikdruck ist, kann in den Innenraum des einseitig verschlossenen Keramikrohres 2 einströmen, womit dieser belüftet wird.

Nach dem Öffnen der Zylinderbohrung 5 des Dorns 4 wird der Kolbenkopf 6.1, den Boden 1 stützend, mit dem sich fortschreitend bildenden Keramikrohr 2 ein Stück mitgeführt. Die Bewegung wird von der Steuereinheit 6.4 entsprechend der Extrusionsrichtung und der Extrusionsgeschwindigkeit gesteuert. Ist ein maximaler Stellweg des Kolbenkopfes 6.1 erreicht, so kann der Druck des Pneumatikzylinders verringert werden, woraufhin sich der Abstand von Kolbenkopf 6.1 zu Zylinderbohrung 5 wieder verringert und sich der Kolbenkopf 6.1 vom Boden 1 löst. Die Zylinderbohrung 5 wird jedoch nicht vollständig verschlossen, damit nach wie vor Gas in den sich weiter vergrößernden Innenraum strömen kann.

Bezugszeichenliste

- 1 Boden
- 2 Keramikrohr
- 3 Mundstück
 - 3.1 Mundstückachse
- 4 Dorn
 - 4.1 Speisebohrungen
 - 4.2 Kegelansatz
 - 4.3 Ziehkreuzstrebe
 - 4.4 Zugangskanal
- 5 Zylinderbohrung
- 6 Kolben
 - 6.1 Kolbenkopf
 - 6.2 Hubzylinder
 - 6.3 Anschlussleitung
 - 6.4 Steuereinheit
- 7 Verschlussstück
 - 7.1 Entlüftungsbohrung
 - 7.2 Zentralbohrung
 - 7.3 Kanalbohrung
 - 7.4 Zapfen
- 8 Spalt
- 9 Kompressor
- α Winkel (der Entlüftungsbohrung 7.1)

Patentansprüche

1. Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden (1) verschlossenen Keramikrohres (2), aufweisend ein Mundstück (3), einen darin koaxial angeordneten Dorn (4), in dem in einer Zylinderbohrung (5) ein Kolben (6) mit einem die Zylinderbohrung (5) verschließenden Kolbenkopf (6.1) koaxial bewegbar ist, und ein das Mundstück (3) verschließendes, temporär abnehmbares Verschlussstück (7) mit einer Entlüftungsbohrung (7.1), wobei die innere Form des Verschlussstückes (7) und die äußere Form des Dorns (4) einen Spalt (8) begrenzen, welcher der Form des herzustellenden Bodens (1) entspricht, wobei die Zylinderbohrung (5) über einen Zugangskanal (4.4) mit einer Gaszufuhr in Verbindung steht, um in der Zylinderbohrung (5) einen Gasdruck zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hubzylinder (6.2) koaxial in der Zylinderbohrung (5) angeordnet ist, in dem der Kolben (6) geführt ist, so dass der Kolben (6) unabhängig von dem in der Zylinderbohrung (5) herrschenden Gasdruck bewegbar ist.
2. Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden (1) verschlossenen Keramikrohres (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hubzylinder (6.2) ein einseitiger Pneumatikzylinder ist.
3. Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden (1) verschlossenen Keramikrohres (2) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschlussstück (7) beheizbar ist.
4. Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden (1) verschlossenen Keramikrohres (2) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschlussstück (7) kühlbar ist.
5. Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden (1) verschlossenen Keramikrohres (2) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschlussstück (7) gegenüber dem Mundstück (3) thermisch isoliert ist.

6. Extrusionsvorrichtung zur Herstellung eines mit einem Boden (1) verschlossenen Keramikrohres (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entlüftungsbohrung (7.1) aus einer koaxial zum Mundstück (3) verlaufenden Zentralbohrung (7.2) und einer in einem spitzen Winkel (α) zur Zentralbohrung (7.2) hin und vom Mundstück (3) weg weisenden Kanalbohrung (7.3) besteht.
7. Extrusionsverfahren zur Herstellung eines mit einem Boden (1) verschlossenen Keramikrohres (2), bei dem durch ein Mundstück (3) hindurch zwischen ein das Mundstück (3) verschließendes Verschlussstück (7) und einen im Mundstück (3) koaxial angeordneten Dorn (4), in dem in einer Zylinderbohrung (5) ein Kolben (6) mit einem die Zylinderbohrung (5) verschließenden Kolbenkopf (6.1) koaxial bewegbar ist, eine Keramikmasse gepresst wird, sodass diese einen an die innere Form des Verschlussstückes (7) und die äußere Form des Dorns (4) angepassten Boden (1) bildet, dadurch gekennzeichnet, dass vor Entfernung des Verschlussstückes (7) das Verschlussstück (7) beheizt wird, sodass Restfeuchte der Keramikmasse des Bodens (1) zumindest teilweise verdampft und ein Luftpolster bildet, sodass sich das Verschlussstück (7) vom Boden (1) löst.

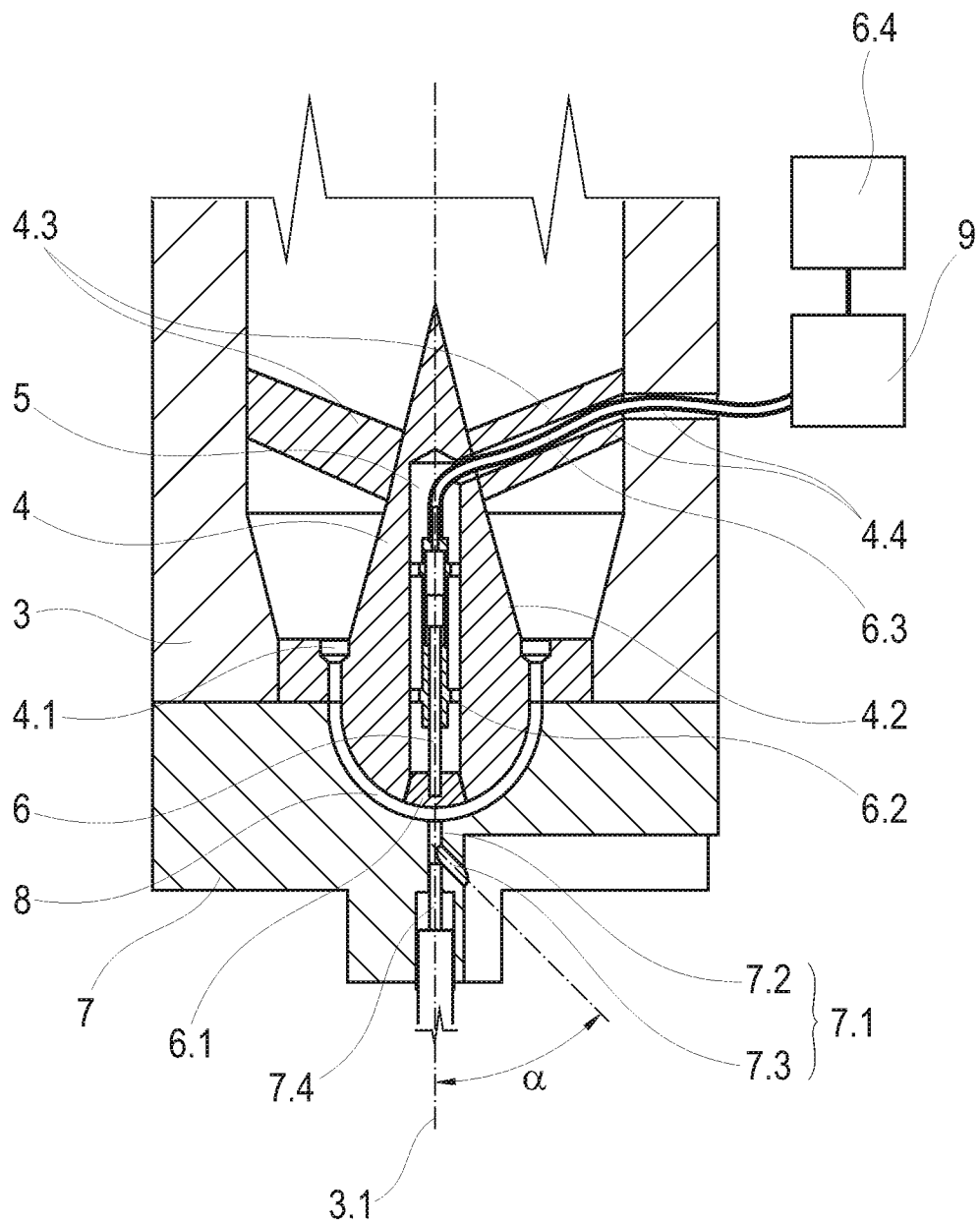


Fig. 1

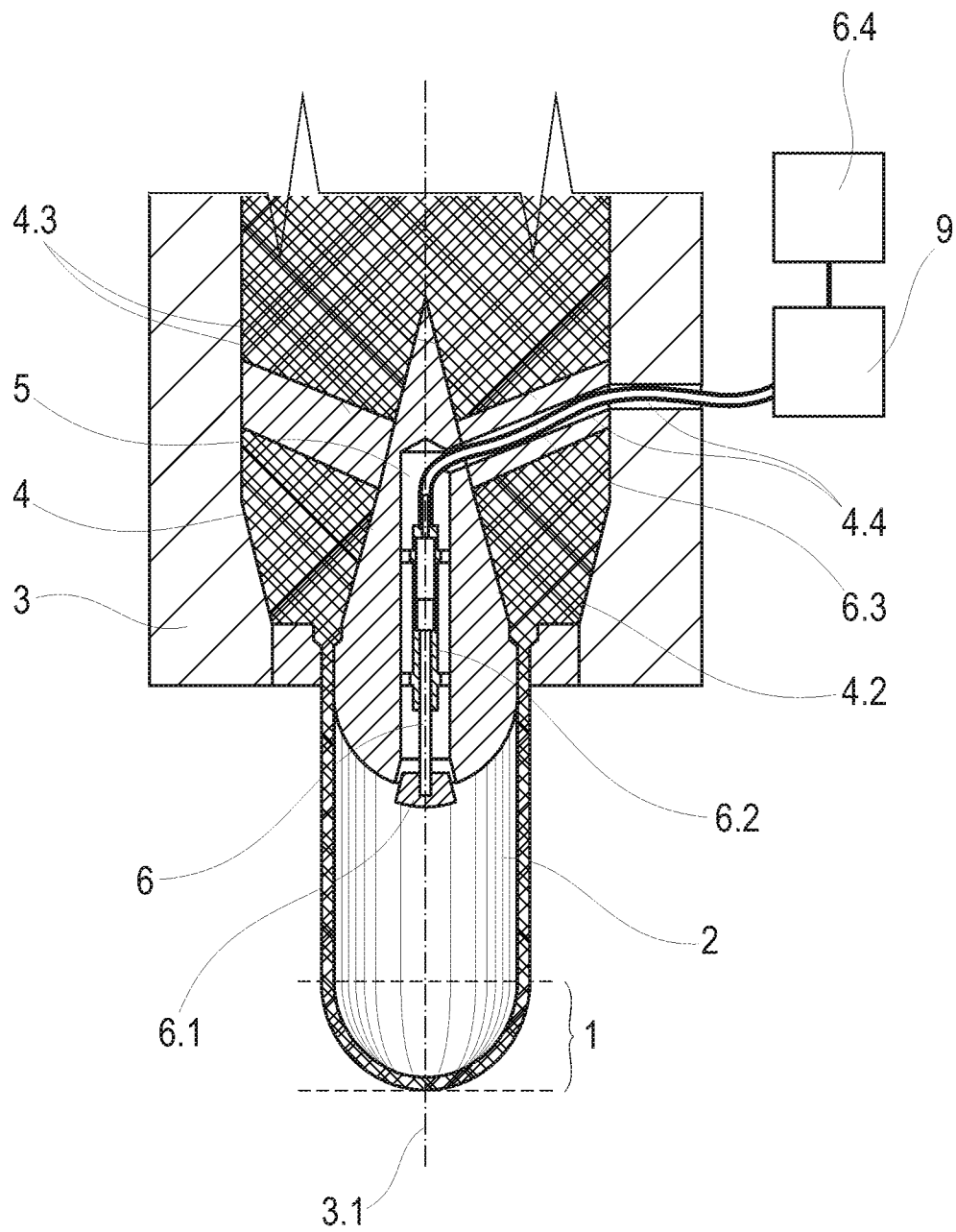


Fig. 2