

(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
23. Mai 2013 (23.05.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/071926 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2012/100349
- (22) Internationales Anmeldedatum:
15. November 2012 (15.11.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 055 398.3
15. November 2011 (15.11.2011) DE
10 2012 102 549.5 26. März 2012 (26.03.2012) DE
- (71) Anmelder: FERROFACTA GMBH [DE/DE];
Rennertehäuser Weg 11, 35108 Allendorf (DE).
- (72) Erfinder: KUSIC, Igor; Rennertehäuser Weg 11, 35108
Allendorf (DE).
- (74) Anwalt: GOTTFRIED, Hans-Peter; Hamburger Str. 10,
01067 Dresden (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, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

Veröffentlicht:

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

(54) Title: DIECASTING NOZZLE AND METHOD FOR OPERATING A DIECASTING NOZZLE

(54) Bezeichnung : DRUCKGUSSDÜSE UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER DRUCKGUSSDÜSE

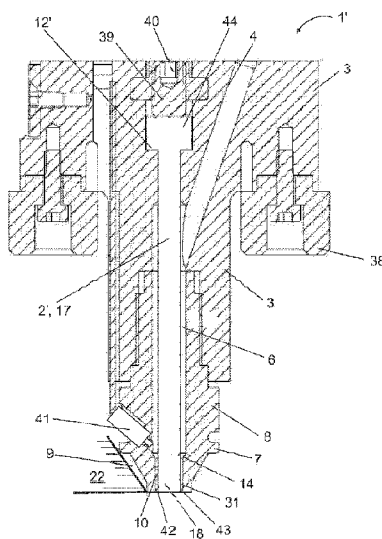


Fig. 1b

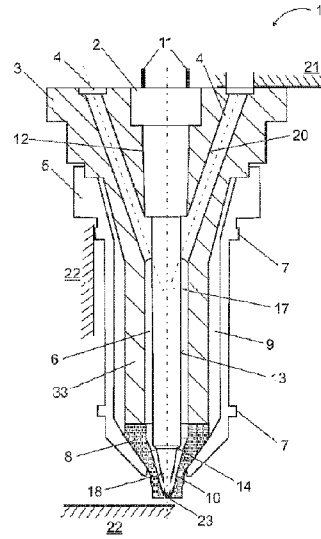


Fig. 1a

(57) Abstract: Diecasting nozzle for use in a
diecasting hot chamber system for metal
melts, comprising at least one melt channel
(4) in a channel carrier (3) that can be
connected to a melt distributor (21), wherein
the melt channel (4) goes over into a heating
zone (6) and a nozzle tip (8), which is
adjoined by a sprue region (10), in which
there can form a plug of solidified melt that
interrupts a melt flow, wherein the heating
zone (6) has a heating cartridge (2) and/or a
heatable nozzle shaft (33') and/or the nozzle
tip (8) is configured as a heatable nozzle
tip (8') and at least the heating cartridge (2), the
heatable nozzle shaft (33') or the heatable
nozzle tip (8') is configured as a heating
element with electrical heating, which has a
high power density in at least one subregion
and low thermal inertia, configured in such a
way that a temperature variation gradient of
20 to 250 K/s, preferably 150 K/s, can be
achieved at the surface of the heating
element. The invention similarly relates to a
method for operating the diecasting nozzle.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Druckgussdüse zum Einsatz in einem Druckgussheißkammersystem für Metallschmelzen mit wenigstens einem Schmelzekanal (4) in einem mit einem Schmelzeverteiler (21) verbindbaren Kanalträger (3), wobei der Schmelzekanal (4) in eine Heizzone (6) und eine Düsen Spitze (8) übergeht, an die sich ein Angussbereich (10) anschließt, in dem ein Schmelzeffluss unterbrechender Pfropfen aus erstarrter Schmelze ausbildbar ist, wobei die Heizzone (6) eine Heizpatrone (2) und/ oder einen beheizbaren Düsenschaft (33') aufweist und/ oder die Düsen Spitze (8) als beheizbare Düsen Spitze (8') ausgeführt ist und wenigstens die Heizpatrone (2), der beheizbare Düsenschaft (33') oder die beheizbare Düsen Spitze (8') als Heizelement mit elektrischer Beheizung ausgeführt ist, das eine hohe Leistungsdichte in zumindest einem Teilbereich und geringe thermische Trägheit aufweist, ausgeführt in der Weise, dass ein Temperaturänderungsgradient von 20 bis 250 K/s, bevorzugt 150 K/s, an der Oberfläche des Heizelements erreichbar ist. Ebenso ist ein Verfahren zum Betrieb der Druckgussdüse Gegenstand der Erfindung.

Druckgussdüse und Verfahren zum Betrieb einer Druckgussdüse

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Druckgussdüse und ein Verfahren zum Betrieb einer Druckgussdüse zum Einsatz in einem Druckgussheißkammersystem für

- 5 Metallschmelzen mit wenigstens einem Schmelzekanal in einem mit einem Schmelzeverteiler verbindbaren Kanalträger, wobei der Schmelzekanal in eine Heizzone und nachfolgend eine Düsen Spitze übergeht, an die sich ein Angussbereich anschließt. Die Druckgussdüse ist zur Ausbildung eines einen Schmelzeffluss unterbrechenden, vollständig wiederaufschmelzbaren Pfropfens aus erstarrter Schmelze in dem
- 10 Angussbereich vorgesehen.

- Der Anguss als Nebenprodukt des Gießens, der bei herkömmlichen Druckgussverfahren in den Kanälen zwischen der Druckgussdüse und der Gießform erstarrt und die Gussteile nach dem Entformen in letztlich unerwünschter Weise miteinander verbindet, bringt
- 15 zusätzlichen Materialaufwand mit sich, der in der Regel zwischen 40 und 100 Prozent des Gewichts des Gussteils beträgt. Selbst wenn der Anguss zum Materialrecycling wieder eingeschmolzen wird, ist dies mit Energie- und Qualitätsverlusten durch entstehende Schlacke- und Oxidanteile verbunden. Der angusslose Druckguss vermeidet diese Nachteile.

- 20 Für den angusslosen Druckguss ist es erforderlich, die Schmelze im flüssigen Zustand entweder für jeden Guss aus dem Schmelztiegel an die Form heran- und danach wieder zurückzuführen, was jedoch auch zu Qualitätseinbußen, zumindest aber zu Zeitverlust führt, oder als Alternative hierzu die Schmelze in flüssigem Zustand am Anguss der Form vorzuhalten. Letzteres geschieht beim Warmkammerverfahren, wo alle Kanäle bis zum
- 25 Anguss so beheizt sind, dass die Schmelze flüssig bleibt und günstigenfalls zugleich am Rückfluss zum Schmelztiegel gehindert wird.

- Der Rückfluss in den Schmelztiegel kann durch Ventile verhindert werden, aber auch in
- 30 besonders vorteilhafter Weise durch einen Pfropfen erstarrter Schmelze, der die Angussöffnung in der Druckgussdüse verschließt.

- Vorrichtungen und Verfahren für angusslosen Druck- oder Spritzguss unter Ausbildung eines einen Angussbereich gegen Schmelzeffluss verschließenden,
- 35 wiederaufschmelzbaren Pfropfens aus erstarrter Schmelze sind im Stand der Technik bekannt. Derartige Vorrichtungen und Verfahren werden insbesondere für den Spritzguss von Kunststoffen, vereinzelt aber auch für den Druckguss von Nichteisenmetallen beschrieben.

Die Druckschrift EP 1 201 335 A1 beschreibt ein Warmkammervorfahren für Nichteisenmetalle mit einem beheizten Angussmundstück, dem Angussbereich, bei dem der Rückfluss der Schmelze in die Kanäle und den Schmelztiegel durch einen Pfropfen im ungeheizten Düsenmundstück verhindert wird. Das Angussmundstück ist von außen
5 beheizt. Der Pfropfen löst sich bei Erwärmung von der Wand des Angussmundstücks und wird durch die beim nächsten Gießvorgang einschießende Schmelze aus dem Düsenmundstück ausgestoßen.

Damit der feste Pfropfen dabei nicht sofort in die Gießform geschleudert wird, ist ein
10 Aufnahmeraum für den Pfropfen notwendig. Hieraus resultiert aber eine Behinderung der Strömung der Schmelze beim Einschießen. Da diese mit einer Geschwindigkeit von 50 bis 100 Meter pro Sekunde in die Form eintritt, könnte die Form zudem durch einen losen und mit der Schmelze mitgerissenen Pfropfen beschädigt werden. Ein kontrolliertes, vollständiges Aufschmelzen des Pfropfens ist nicht möglich. Selbst wenn dieses versucht
15 würde, wären wegen der trägen Außenheizung sehr lange, die Produktivität beeinträchtigende Taktzeiten erforderlich.

Die DE 33 35 280 A1 beschreibt ein elektrisch betriebenes Heizelement zum Aufheizen von Metallschmelze in einem Heißkammerwerkzeug, wodurch nicht nur das Mundstück,
20 sondern der größte Teil der Schmelze beheizbar wird. Ähnliche Heizelemente sind nach dem Stand der Technik für den Einsatz innerhalb von Spritzgussdüsen für Kunststoffschmelzen umfänglich bekannt. Hier erfüllen sie aber eine andere Aufgabe. Denn wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit und der erhöhten Empfindlichkeit gegen lokale Überhitzung kommt es bei Spritzguss von Kunststoff darauf an, eine möglichst
25 gleichmäßige Temperatur des Heizelements, die nicht zu weit über der Schmelzetemperatur liegen darf, zu gewährleisten. Für den Einsatz im Metalldruckguss sind derartige Heizelemente jedoch selbst in der Literatur selten zu finden.

Die vorstehend angeführte Druckschrift DE 33 35 280 A1 hat sich den Einsatz eines
30 solchen Heizelements im Metalldruckgussverfahren zur Aufgabe gestellt. Hierzu wird ein als Heizelement ausgebildeter Metallkern von einer Isolierschicht umgeben, die das Heizelement gegen den metallischen Außenmantel, der bevorzugt aus einem Baustahl besteht, isoliert.

35 Nachteilig ist dabei, dass der Heizstab bedingt durch den Metallkern, die Isolierung zwischen Heizung und Außenmantel sowie den metallischen Außenmantel selbst eine hohe thermische Trägheit aufweist. Damit ist zwar ein gleichmäßiges Warmhalten der

Schmelze in der Druckgussdüse möglich, nicht jedoch ein dynamischer Betrieb im Takt der Gussvorgänge. Insbesondere ist es nicht möglich, den Angussbereich mittels Erkalten der Schmelze nach jedem Gussvorgang zu verschließen und danach wieder aufzuschmelzen, sondern die Schmelze kann nur dauerhaft im flüssigen Zustand erhalten werden. Zudem ist der metallische Außenmantel der aggressiven Schmelze ausgesetzt, die in Zusammenwirken mit den hohen Temperaturen im Berührungsbereich zwischen Schmelze und Außenmantel mit diesem eine Legierung eingehen und ihn in kurzer Zeit zersetzen würde.

Die Druckschrift DE 10 2005 042 867 A1 beschreibt ebenfalls eine Druckgussdüse, die zur Ausbildung eines den Anguss verschließenden Pfropfens geeignet ist. Allerdings führt die Außenheizung an der Düse zu einer hohen thermischen Trägheit, da zum Aufschmelzen die gesamte Düsenspitze durchwärmt und zum Erstarren des Pfropfens wieder abgekühlt werden muss. Durch die Trägheit kommt es zu sehr langen Taktzeiten mit der Folge einer niedrigen Produktivität oder nur zu einem Anschmelzen des Pfropfens, der dann in die Form geschleudert wird. Die vorgenannten Nachteile des aufgeführten druckschriftlichen Stands der Technik bringen es jedoch mit sich, dass ein Einsatz von Verfahren mit erstarrenden Pfropfen im Angussbereich nicht erfolgt. Die niedrige Produktivität und Verschleißprobleme lassen einen Praxiseinsatz bislang nicht zu.

Hieraus resultiert die Aufgabe, eine Druckgussdüse mit einer Heizpatrone und ein Verfahren zu ihrem Betrieb anzubieten, wobei die Druckgussdüse bei hoher Standzeit eine thermische Dynamik aufweisen soll, die einen Betrieb im Takt der Gussvorgänge in der Weise ermöglicht, dass nach jedem Gussvorgang die Schmelze in zumindest einem Teilbereich der Druckgussdüse zumindest soweit erstarrt, dass ein temporärer Verschluss der Düse erfolgt und ein Aus- oder Rückströmen von Schmelze verhindert wird.

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch eine Druckgussdüse zum Einsatz in einem Druckgussheizkammersystem für Metallschmelzen mit wenigstens einem Schmelzekanal in einem mit einem Schmelzeverteiler verbindbaren Kanalträger, wobei der Schmelzekanal in eine Heizzone und eine Düsenspitze übergeht, an die sich ein Angussbereich anschließt, in dem ein Schmelzeffluss unterbrechender Pfropfen aus erstarrter Schmelze ausbildbar ist, und wobei die Heizzone eine bevorzugt zentral angeordnete Heizpatrone und/ oder einen beheizbaren Düsenschaft aufweist und/ oder die Düsenspitze als beheizbare Düsenspitze ausgeführt ist und wenigstens die Heizpatrone, der beheizbare Düsenschaft oder die beheizbare Düsenspitze als Heizelement ausgeführt ist. Das Heizelement ist bevorzugt mit elektrischer Beheizung

ausgeführt, weist eine hohe Leistungsdichte in zumindest einem Teilbereich und geringe thermische Trägheit auf und ist weiterhin in der Weise ausgeführt, dass ein Temperaturänderungsgradient von 20 bis 250 Kelvin pro Sekunde (K/s), bevorzugt 150 K/s, an der Oberfläche des Heizelements erreichbar ist. Der Angussbereich umfasst
5 im Sinne der Erfindung den gesamten Bereich, in dem sich der Pfropfen erfindungsgemäß ausbildet, also bevorzugt im Bereich der Ausnehmung der Düsenspitze, die bevorzugt als Kegelstumpf oder Zylinder geformt ist.

Damit kann die Temperatur der Schmelze in der Heizzone schnell absinken, ohne die
10 Schmelze jedoch zum Erstarren zu bringen. Zugleich sinkt die Temperatur des Spitzenbereichs oder der beheizbaren Düsenspitze jedoch soweit ab, dass es im Angussbereich zu einem Erstarren der Schmelze kommt und in der Folge der Angusspunkt verschlossen wird. Zu Beginn des nächsten Gießvorgangs wird der beheizbare Bereich, beispielsweise die Heizpatrone, alternativ oder zusätzlich die
15 beheizbare Düsenspitze, ebenso schnell wieder aufgeheizt, der Pfropfen im Angussbereich aufgeschmolzen und die Schmelze über den Angussbereich in eine Druckgussform eingeschossen. Der weitgehend verzögerungsfreie Eintrag von Wärmeenergie in die Schmelze, insbesondere auch im Angussbereich, wird durch den unmittelbaren thermischen Kontakt zwischen der Schmelze und einer in sich hoch
20 dynamischen Wärmequelle ermöglicht. Die Wärmequelle weist hierzu Materialien mit geringer Trägheit auf. Damit wird die zum Aufschmelzen erforderliche Wärme zielgerichtet und energiesparend auf einen eng begrenzten Bereich angewendet. Zudem erfolgt auch die Abkühlung in einem eng begrenzten Bereich, so dass der Energieverlust niedrig und die Abkühlgeschwindigkeit hoch ist.

25 Hierdurch wird ein Rückströmen der Schmelze und ein aufwändiges Wiederbefüllen der Heißkanäle bzw. der Heißkammer vermieden. Zudem steigt die Qualität der Gussteile, da keine durch Luftberührung hervorgerufenen Oxid- oder Schlacketeile auftreten und mit der Schmelze in die Gießform gelangen können.

30 Vorteilhaft ist es, wenn die Düsenspitze separat einsetzbar ist und/ oder aus Keramik ausgeführt ist. Die Düsenspitze ist besonders hoch belastet, da dort die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten der Schmelze infolge der Verengung im Angussbereich auftreten. Demzufolge ist es vorteilhaft, wenn die Düsenspitze auswechselbar ist, um
35 diese als Verschleißteil zu ersetzen und einen ordnungsgemäßen Weiterbetrieb der Düse insgesamt zu gewährleisten. Weiterhin ist es vorteilhaft, die Düsenspitze aus einem besonders harten, verschleißfesten, chemisch im Wesentlichen inerten Material wie

Keramik anzufertigen (selbst wenn sie nicht auswechselbar ist), um eine lange Standzeit der Düsenspitze und damit der Druckgussdüse insgesamt zu sichern bzw. den Wartungsintervall für das Auswechseln der Düsenspitze zu verlängern.

- 5 Es ist auch günstig, wenn die Druckgussdüse einen Düsenkörper aufweist, der den Kanalträger umhüllt. Hierdurch wird der Kanalträger, gegebenenfalls auch die Düsenspitze der Druckgussdüse geschützt und vor allem der Wärmeabfluss aus dem heißen Kanalträger über die Außenwände der Druckgussdüse mit dem Ziel einer energiesparenden Betriebsweise verringert.

10

Besondere Vorzüge hat ein Düsenkörper oder ein Kanalträger, der aus Titan besteht und/ oder einen Isolator und/ oder zumindest einen Stützring und/ oder wenigstens ein Druckstück als Stützelement aufweist. Titan besitzt eine geringe Wärmeleitfähigkeit und ist daher besonders für die Umhüllung der Druckgussdüse geeignet. Die isolierende

15

Wirkung einer Umhüllung des Kanalträgers wird weiter verbessert, wenn zwischen diesem und dem Düsenkörper ein zusätzlicher Isolator eingebracht ist, der die unerwünschte Wärmeableitung weiter reduziert. Um eine weitere Wärmeableitung vom Düsenkörper auf den Schmelzeverteiler, in dem die Druckgussdüse in einem bevorzugten Einsatzfall eingesetzt ist, zu verhindern, liegt die Druckgussdüse nur mit den Stützringen des

20

Düsenkörpers am Schmelzeverteiler an, alternativ oder zusätzlich auch durch wenigstens ein isolierendes Druckstück. Damit kann ein stark begrenzter Wärmeübergang nur über die verhältnismäßig kleinen Berührungsflächen zwischen der heißen Druckgussdüse und der kühlen Gießform bzw. dem Schmelzeverteiler erfolgen.

25

Es hat sich auch als vorteilhaft erwiesen, wenn der Schmelzekanal eine Kanalbeschichtung aufweist. Eine solche Beschichtung, die besonders bevorzugt aus Emaille besteht, verhindert die Korrosion der Kanäle durch die durch sie hindurch strömende Schmelze. Andere Beschichtungen sind vorgesehen, beispielsweise auf Basis von Keramik oder durch Sputtern aufgebrachte.

30

Es hat sich weiterhin gezeigt, dass es günstig ist, wenn wenigstens ein Thermosensor zur Bestimmung der Schmelzetemperatur in der Heizzone und/ oder der Angusszone vorgesehen ist. Dieser zeichnet sich in der bevorzugten Ausführungsform durch eine geringe Trägheit bei der Erfassung des Temperaturmesswertes aus und ist in direkten

35

Kontakt mit der Schmelze bringbar. Die erfasste Temperatur wird an eine Regelungseinrichtung, alternativ auch eine Steuerungseinrichtung, geliefert. Mittels der Regelungseinrichtung wird wenigstens eines der Heizelemente so angesteuert, dass die

Heizleistung ausreicht, um die gewünschte Schmelzetemperatur in dem vorgesehenen Zeitabschnitt zu erzielen.

5 In einer alternativen Ausführungsform dient eine Dickschichtheizung (z.B. HTCC oder LTCC), bei der ein metallischer Leiter in die Keramik eingebettet bzw. mit Keramik oder Glas überzogen ist, als Thermosensor. Dies erfolgt unter Nutzung des PTC-Effekts, bei dem sich der spezifische Widerstand des Leiters mit der Temperatur ändert. Mit der Auswahl des Metalls für den Leiter, wobei insbesondere ein reines Metall in Frage kommt, ist eine besonders vorteilhafte lineare Kennlinie erreichbar. Ein in die Heizung integrierter, 10 den PTC-Effekt nutzender Thermosensor ohne über den Heizleiter mit dann doppelter Funktionalität als Heizung und Sensor hinausgehende zusätzliche Bauteile ist demnach ausdrücklich umfasst. Bei einem PTC, einem Kaltleiter, ist der Widerstand umso höher, je heißer das Metall mit den im Gitter stark schwingenden Atomen ist. Beim NTC tritt zwar grundsätzlich dieser Effekt ebenso auf, nur gibt es einen zusätzlichen Effekt, der dem 15 entgegen wirkt. Es handelt sich hierbei um einen Halbleiter. Sitzen alle Atome fest im Gitter, ist ein Halbleiter ein perfekter Isolator. Durch Energiezufuhr bei Erwärmung brechen aber die Verbindungen im Kristall auf und Elektronen werden frei, die dann einen Stromfluss hervorrufen. Je schneller sich die Atome im Halbleiterkristall bewegen, desto öfter wird ein Elektron frei.

20

Neben einem metallischen Leiter kann ein Thermosensor nach der vorgenannten Ausführungsform auch einen keramischen Leiter aufweisen und, insbesondere entsprechende Fertigungsgenauigkeit vorausgesetzt, den PTC-Effekt entsprechend zur Temperaturbestimmung nutzen. Gleiches gilt grundsätzlich für den NTC-Effekt, sofern 25 eine Anwendung möglich ist. Hierbei ist bei der Auswertung der Messdaten eine nichtlineare Kennlinie zu berücksichtigen.

Besonders bevorzugt ist eine Schmelzetemperatur, die um 20 K über der Schmelztemperatur des jeweils eingesetzten Materials der Schmelze liegt. Damit ist 30 gewährleistet, dass der hochdynamische Prozess in der erfindungsgemäßen Druckgussdüse bei minimalem Energieeinsatz durchführbar ist. Weiterhin verringert sich die thermische Last auf die Bauteile der Druckgussdüse, so dass Verschleiß oder chemische Veränderungen verringert oder ausgeschlossen werden können. Damit verlängert sich die Nutzungsdauer der Druckgussdüse, es kann auf Beschichtungen der 35 schmelzeführenden Bereiche verzichtet werden und die Druckgussdüse wird insgesamt preisgünstiger.

Besondere Vorteile besitzt eine Druckgussdüse, bei der wenigstens eine Querschnittsveränderung vorgesehen ist, die den Wärmefluss zum Angussbereich hin begrenzt. Eine solche Querschnittsveränderung kann in der Heizzone durch entsprechende Gestaltung des Schmelzekanals erreicht werden, am Angusspunkt durch
5 eine Abrisskante oder aber an der Heizpatrone. Dort ist eine Querschnittsveränderung bevorzugt zwischen Heizbereich und Spitzenbereich angeordnet, die den Wärmefluss zum Angussbereich hin begrenzt.

Durch die Wahl des Querschnitts der Querschnittsveränderung kann die Wärmemenge
10 eingestellt werden, die vom Heizbereich in den Spitzenbereich überströmen kann. Damit lässt sich beeinflussen, bei welcher Temperatur in der Heizzone des Schmelzekanals unter Berücksichtigung der Abkühlzeit im Bereich der Düsen Spitze die dort vorhandene Schmelze erstarrt. Weiterhin lässt sich bei einer Beeinflussung der Temperatur in der Heizzone mittelbar auch die Temperatur im Angussbereich, im Spitzenbereich bzw. in der
15 Düsen Spitze beeinflussen, um den Verschluss des Angusses durch einen erstarrten Schmelzepfropfen taktweise steuern zu können.

Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin gelöst durch ein Heizelement mit elektrischer Beheizung und mit einer hohen Leistungsdichte (Hochleistungsheizelement) in zumindest
20 einem Teilbereich und geringer thermischer Trägheit, ausgeführt in der Weise, dass ein Temperaturänderungsgradient von 20 bis 250 K/s, bevorzugt 150 K/s, an der Oberfläche des Heizelements erreichbar ist. Das Heizelement besteht zur Erreichung der geringen thermischen Trägheit aus Materialien mit geringer Dichte und hoher Wärmeleitfähigkeit, damit geringer Wärmekapazität. Da die Materialien selbst keine große Wärmemenge
25 speichern, sind sie schnell aufheizbar und können sich ebenso schnell abkühlen. Das Heizelement besteht insbesondere an den Oberflächen auch aus elektrisch gut isolierenden Materialien, damit zum Betrieb der elektrischen Heizung höhere Spannungen zum Einsatz kommen können, um hierdurch die Stromstärke und damit den Querschnitt der Zuleitungen sowie die Leitungsverluste begrenzen zu können.

30 Bevorzugt wird dabei ein Heizbereich, ein Spitzenbereich, ein Düschenschaft und/ oder eine Düsen Spitze, die zumindest teilweise als Hochleistungsheizelement ausgeführt sind, einen Schichtaufbau aus einer Isolatorkeramik und einem Heizleiter aufweisen und über Kontakte elektrisch kontaktierbar sind. Die Isolatorkeramik bildet zumindest an der
35 Außenseite und zwischen Heizleitern eine elektrisch isolierende Abdeckung. Als Isolatorkeramik kommen insbesondere auch Glas, Emaille bzw. Fritten (Silikate) in Frage. Der Heizleiter ist über elektrische Anschlüsse (Kontakte) elektrisch kontaktierbar.

Der Heizleiter ist in einer bevorzugten Ausführungsform als Leiterkeramik ausgebildet. Die Keramiken sind kostengünstig, weisen eine besonders geringe Wärmekapazität auf und widerstehen den durch Temperaturänderungen hervorgerufenen Materialspannungen
5 bzw. Leiter und Isolator weisen einen ähnlichen Ausdehnungskoeffizienten auf. Damit sind sie optimal geeignet für schnelle Temperaturwechsel. Die Isolatorkeramik an der Außenwand des Heizelements ist zudem widerstandsfähig gegenüber der flüssigen Schmelze und korrodiert nicht unter deren Einfluss.

10 Als Alternative zu der Leiterkeramik oder ergänzend dazu, beispielsweise in einer Kombination verschiedener Systeme, ist vorgesehen einen metallischen Leiter als Heizleiter in die Isolatorkeramik einzubringen. Hierzu erfolgt der Einsatz eines bevorzugt hochschmelzenden Metallpulvers, dessen Schmelztemperatur über der Sintertemperatur der Keramik liegt. Hierzu alternativ ist jedoch auch vorgesehen, dass das Metallpulver
15 beim Sintern aufschmilzt und in der Isolatorkeramik definiert verfließt.

Eine weitere Alternative für die Ausführung des Heizeiters stellt ein metallischer Leiter dar, der beispielsweise lithografisch mittels eines Druckverfahrens definiert und beispielsweise in Dickschichttechnologie, HTCC oder LTCC in die Isolatorkeramik eingebracht wird. Die
20 Definition von Verlauf und Breite der metallischen Leiterbahnen erfolgt bevorzugt durch Siebdruck oder auf photochemischem Wege. Als Metalle kommen für die Leiterbahnen sowie zur Kontaktierung insbesondere Silber, eine Silber-Palladium-Legierung, Platin, Platinlegierungen oder Goldpasten in Betracht.

25 Eine besonders bevorzugte Ausführungsform weist einen Düsenschaft auf, der mit der Düsenspitze einteilig verbunden ist. Damit wird das Erfordernis einer Anschlussdichtung zwischen Düsenschaft und Düsenspitze vermieden, an deren Dichtigkeit durch hohe Drücke und hohe Fließgeschwindigkeiten der Schmelze in diesem Bereich sehr hohe Anforderungen zu stellen sind. Zudem ist die Herstellung vereinfacht.

30 Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des einteiligen Düsenschafts weist getrennt ansteuerbare Heizungen zumindest im Bereich des Düsenschafts und der Düsenspitze auf. Damit kann die Schmelztemperatur in den verschiedenen Bereichen der Druckgussdüse so gezielt beeinflusst werden, dass bei minimalem Energieeinsatz eine
35 optimale Prozessdynamik erzielbar ist. Insbesondere kann damit beispielsweise der Schaft auf einer gleichmäßigen Temperatur knapp oberhalb des Schmelzpunktes gehalten werden, wobei besonders bevorzugt ein oder mehrere Sensoren die Temperatur

in diesem Bereich überwachen und die Heizleistung entsprechend steuern.

Demgegenüber erfolgt im Bereich der Düsenspitze eine fluktuierende Beheizung, die durch den verhältnismäßig kleinen Angussbereich in der Düsenspitze und die geringe Wärmekapazität in diesem Bereich mit hoher Dynamik erfolgen kann. Damit sind kurze
5 Taktzeiten und eine hohe Produktivität bei geringem Energieeinsatz möglich. Auch ist alternativ der Einsatz eines Temperatursensors, beispielsweise wie vorstehend beschrieben, vorgesehen.

Günstig ist es dabei, wenn das Heizelement eine äußere bzw. Oberflächenbeschichtung.

10 In dem Fall, dass nicht die gesamte Heizpatrone aus Keramik besteht, ermöglicht eine Beschichtung die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber der angreifenden Schmelze. Andere Materialien zur Beschichtung, beispielsweise Emaille oder Glas bzw. Fritten, sind vorgesehen.

15 Alternativ ist anstelle der Beschichtung insbesondere im Angussbereich ein Inneneinsatz vorgesehen, der bevorzugt den hochbelasteten Angussbereich auskleidet und dort die Auswirkungen des Verschleißes durch die strömende Schmelze bei dennoch guter Wärmeleitfähigkeit im Interesse erhöhter Standzeit mindert. Ein solcher Einsatz besteht bevorzugt aus gering wärmeleitender Keramik, Titan oder anderen Materialien mit
20 niedriger Wärmeleitfähigkeit, sofern es sich um eine ausschließlich durch eine Heizpatrone beheizte Druckgussdüse handelt. Ist die Wandung der Düsenspitze gleichfalls mit einer eigenen Heizung ausgestattet, dann muss das Material, aus dem der Inneneinsatz besteht, eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweisen. In jedem Fall sind günstige Verschleißigenschaften gefordert, also ein hoher Verschleißwiderstand.

25 Durch eine geeignete Isolation, beispielsweise einen äußeren Isolierkörper aus Titan, wird ein übermäßiger Wärmeabfluss von der Düse in die Form vermieden und die Wärme in der Düse gehalten. Dies ist nicht nur aus energetischer Sicht wünschenswert, sondern auch im Interesse der Standzeit der Gießform geboten. So ist der Angussbereich der
30 Form durch eine nur geringe Wandstärke gekennzeichnet. Dieser Bereich wäre bei einem Wärmeeintrag durch die Düse stark belastet und es entstünde die Gefahr einer Materialschädigung.

Zudem erfordern es die kurze Taktzeit und die dazu notwendige geringe thermische
35 Trägheit der Druckgussdüse, die hohe Heizleistung und die schnelle Temperaturabsenkung, dass äußere Faktoren wie ein unkontrollierter Wärmeabfluss aus der Düsenspitze in die Gießform in ihrer Wirkung eingeschränkt werden. Dies wird auch

durch eine thermische Isolation zwischen Düsenspitze und Angussbereich der Gießform und weiterhin in einer Isolation sowie einer Reduktion der Kontaktflächen zwischen Druckgussdüse und Gießform bzw. Schmelzeverteiler erreicht.

- 5 Besonders vorteilhaft kommt hierzu ein bevorzugt nahe des Angusses angeordneter Thermosensor zum Einsatz, durch den die Temperaturverhältnisse im Bereich der Düsenspitze genau erfasst und zur Grundlage einer Regelung gemacht werden können.

- 10 In einer alternativen Ausführungsform führt eine genaue Temperaturregelung dazu, dass auf eine Beschichtung der Bereiche der Druckgussdüse verzichtet werden kann und diese einfach und kostengünstig aus Stahl bestehen können. Mittels der sehr genau geregelten Temperatur wird eine zu Verschleiß und unerwünschter Legierung zwischen Schmelze und Düsenmaterial führende Übertemperatur vermieden, ohne eine unerwünschte Erhöhung der Viskosität oder ein Einfrieren der Schmelze zu riskieren. Insbesondere
15 werden das Düsenmaterial gefährdende Temperaturen $> 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ vermieden, da Zink bereits bei einer Temperatur von $390\text{ }^{\circ}\text{C}$ schmilzt und für eine schnelle und genaue Regelung dieser Spielraum bereits ausreicht, wie sich überraschend gezeigt hat. Bei der bevorzugten Ausführungsform wird die Temperatur so genau geregelt, dass bereits bei einer Temperatur von weniger als 20 K über der Schmelztemperatur eine problemlose
20 Prozessführung möglich ist.

- Eine besonders vorteilhafte Prozessführung, v.a. im vorgenannten Sinne, ist mit einer Heizpatrone möglich, die im Heizbereich und im Spitzenbereich über jeweils gesonderte elektrische Anschlüsse bzw. Kontakte einzeln ansteuerbar ist, demnach über getrennt
25 ansteuerbare Heizungen verfügt. Hierdurch ist es möglich, sowohl in der Heizzone, als auch im Spitzenbereich jeweils eine optimale und voneinander unabhängige Temperaturführung zu erreichen. So kann beispielsweise unter Einsparung von Energie die Aufheizung in der Heizzone kontinuierlich oder zu Beginn jedes Gießvorgangs mit geringerer Intensität erfolgen, da der den Angussbereich verschließende
30 Schmelzepfropfen durch eine gezielte Erwärmung allein des Spitzenbereichs und der dort vorhandenen geringen Menge an Schmelze aufgeschmolzen werden kann.

- Eine einfach zu fertigende, kostengünstige Alternative hierzu weist nur eine einzige Heizung auf, die nur eine Zuleitung und eine Ansteuerung erfordert. Um dennoch die
35 Temperatur in den unterschiedlichen Bereichen der Druckgussdüse lokal beeinflussen zu können, wird beispielsweise die Leiterdichte, deren Querschnitt und/ oder im Falle eines Halbleitermaterials deren Dotierung variiert. Somit ist auf besonders einfache Weise eine

Feinststeuerung möglich, wobei sich auch die Einbeziehung von Messwerten von Thermosensoren als vorteilhaft erwiesen hat. Eine besonders gute Feinststeuerung ist bei Heizungen möglich, die auf Basis der Dickschichttechnologie gefertigt wurden. Besonders für ein ausgereiftes Serienprodukt mit hoher Reproduktionsgenauigkeit bietet sich der
5 Einsatz einer einzelnen Heizung als günstige Variante an.

Vorteilhaft ist eine Heizpatrone, die einen verlängerten Schaft bzw. einen zu einem Schaft verlängerten Kopf aufweist, der durch den Schmelzeverteiler hindurch geführt ist, so dass die Kontakte leicht erreichbar außerhalb des Schmelzeverters liegen. Hierdurch wird es
10 erleichtert, die elektrischen Anschlüsse der Heizpatrone herzustellen und zu überprüfen. Weiterhin werden geringere Anforderungen an die Wärmebeständigkeit der Isolation der Zuleitungen gestellt, da diese nicht durch den Schmelzeverteiler, der eine hohe, das Isoliermaterial schädigende Temperatur aufweist, geführt werden müssen. Damit wird insgesamt die Funktions- und Betriebssicherheit der Druckgussdüse verbessert.

15 Es ist günstig, wenn die Heizpatrone mittig bzw. konzentrisch in der Heizzone angeordnet ist, so dass bevorzugt Heizzone und Heizpatrone dieselbe Zentralachse besitzen. Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Heizpatrone zwischen dem Schaft und dem Heizbereich eine zentrierende Führung aufweist. Hierdurch erhält die Heizpatrone einen
20 besonders sicheren Sitz im Kanalträger und die mittige Anordnung im Schmelzekanal, insbesondere im Bereich der Heizzone, ist auch bei mechanischer Belastung durch die einschießende Schmelze gesichert. Dadurch wird die Qualität des Druckgussbauteils erhöht, da die Schmelze mit einem umfänglich gleichmäßigen Volumenstrom und ohne Temperaturunterschiede zwischen den Teilströmen innerhalb der Schmelzekanäle oder
25 des Schmelzekanals zum Angussbereich und in die Gießform gelangt.

Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn eine Kompensationseinrichtung zum Ausgleich unterschiedlicher thermischer Ausdehnungen des Kanalträgers und der in den Kanalträger gefügten Heizpatrone vorgesehen ist, wobei der Kanalträger einen Sitz für die
30 Heizpatrone aufweist. Gegen diesen wird die Heizpatrone gedrückt, wobei ein Dehnbolzen, aufweisend eine mit dem Kanalträger in einer Krafteinleitungszone in Verbindung stehende Druckschraube vorgesehen ist. Der Dehnbolzen steht in einer Kontaktzone mit der Heizpatrone in Verbindung, so dass bei einer Erwärmung von Kanalträger, Heizpatrone und Dehnbolzen die Heizpatrone durch den Dehnbolzen gegen
35 den Sitz gedrückt wird. Die Krafteinleitungszone ist dabei in der bevorzugten Ausführungsform durch das Ende eines Gewindes in einem Nutenstein definiert, in das eine Druckschraube eingreift, die mit dem Dehnbolzen verbunden ist.

Hierdurch erfolgt der Ausgleich von thermisch bedingten Ausdehnungen der Bauteile, die zu einer Lockerung der Heizpatrone in ihrem Sitz führen könnte, weil sich metallische Elemente, wie der Düsenkörper, stärker ausdehnen als keramische Elemente, wie die Heizpatrone. Dieses Problem wird jedoch vermieden durch den Einsatz des vorgespannten Dehnbolzens, der sich ebenso stark ausdehnt wie der Kanalträger und einer Lockerung des Sitzes nicht nur entgegenwirkt, sondern die Vorspannung je nach Materialpaarung und Dimensionierung in der vorgesehenen Weise erhält oder sogar noch verstärkt.

Weiterhin wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb einer Druckgussdüse mit den Schritten Betrieb eines oder mehrerer der beheizbaren Elemente, insbesondere der Heizpatrone, des beheizbaren Düsenschaftes oder der beheizbaren Düsenspitze, mit erhöhter Leistung, wobei zumindest in einem Teilbereich die Leistungsdichte so hoch und thermische Trägheit so gering sind, dass ein Temperaturgradient von 20 bis 250 K/s, bevorzugt 150 K/s, an der Oberfläche des Heizelements erreichbar ist. Zugleich oder unmittelbar darauffolgend kommt es zum Einschießen der Schmelze in die Form. Es folgen eine Reduktion der Leistung oder ein Abschalten der beheizbaren Elemente und ein Stoppen des Schmelzestroms. Schließlich werden die beheizbaren Elemente mit einer solchen Leistung betrieben, mit der die Schmelze in der Heizzone flüssig bleibt, die Wärme jedoch nicht ausreicht, die Schmelze auch im Bereich zwischen Düsenspitze und Spitzenbereich auf Schmelztemperatur zu halten, worauf dort die Schmelze erstarrt, den Angussbereich verschließt und ein Nach- oder Rückströmen der Schmelze verhindert. Im Einzelnen vollziehen sich während des Verfahrensablaufs folgende Vorgänge:

1. Schließen einer Gießform.

Das Schließen der Gießform erfolgt im Anschluss an die Entnahme des zuvor gefertigten Gussteils, das im vorausgegangenen Arbeitszyklus gefertigt wurde. Die Gießform wird dabei so fest verschlossen, dass sie dem hohen Druck der Schmelze standhält.

2. Heizen der Druckgussdüse und vollständiges Aufschmelzen des Pfropfens im Angussbereich der Druckgussdüse durch Erhöhung der Leistung der beheizbaren Elemente.

Die Erhöhung der Leistung erfolgt aus einem Ruhestrom oder, im Sinne eines Einschaltens, aus einem vollständig unterbrochenen Stromfluss heraus. Die

eingetragene Wärmeleistung ist dabei so groß, dass der Pfropfen aus erstarrter Schmelze nicht einfach nur im Randbereich anschmilzt und somit von der Wand des Angussbereichs gelöst wird, sondern er schmilzt vollständig auf. Dadurch vermischt er sich mit der Schmelze, die nachfolgend in die Form gepresst wird, und hinterlässt
5 keinerlei Spuren, beispielsweise in Form von Inhomogenitäten, im Gussteil. Wegen der geringen thermischen Trägheit erfolgt das Aufschmelzen in so kurzer Zeit, dass eine hohe Taktfrequenz beim Gießen realisierbar ist.

3. Ausschalten der beheizbaren Elemente zumindest teilweise durch Verminderung der
10 Leistung.

Das vollständige Ausschalten bzw. die deutliche Reduzierung der Wärmeleistung ist insbesondere dann wichtig, wenn es sich um ein Verfahren mit Abheben der Düse von der Gießform handelt. Eine weitere Beheizung ist jedoch in jedem Falle, auch ohne ein Abheben der Düse, nicht mehr erforderlich, weil die im Schmelzestrom enthaltene
15 Wärmemenge die Aufrechterhaltung der Schmelztemperatur durch die mit hoher Temperatur nachströmende Schmelze sichert.

4. Einspritzen der Schmelze in die Gießform.

Die Schmelze durchströmt die Düse, gelangt in die Gießform hinein, bis diese
20 vollständig mit Schmelze ausgefüllt ist und der Schmelzestrom zum Stehen kommt.

5. Halten des Druckes der Schmelze.

Wenn keine weitere Schmelze nachströmt, wird bis zum Erstarren der Schmelze in der Gießform der Druck, mit dem die Schmelze auch beim Einströmen in die Gießform beaufschlagt war, weiter gehalten. Damit wird ein sicheres Ausfüllen aller Hohlräume
25 in der Form gewährleistet und Lufteinschlüsse und andere Gießfehler vermieden.

6. Erstarren der Schmelze in der Gießform.

In der gefüllten Gießform erstarrt die Schmelze zum Gussteil. Das Erstarren kann
30 durch Kühlkanäle, die von einem Kühlmittel durchströmt werden, in der Form beschleunigt werden. Über das Kühlmittel wird die Wärme des Gussteils abgeführt.

7. Erstarren der Schmelze im Angussbereich der Druckgussdüse. Mit dem Erstarren der Schmelze im Gussteil, das noch mit der Druckgussdüse in direktem Kontakt steht,
35 wird auch die Wärme der Schmelze im Angussbereich der Druckgussdüse in das (v.a. durch Kühlung der Gießform) nun kühle Gussteil hin abgeleitet. Dadurch kommt es zum Erstarren der Schmelze in diesem Bereich, was zugleich zum Abdichten dieses Bereichs führt. Der Angussbereich der Druckgussdüse ist damit durch einen Pfropfen verschlossen, der sich wegen der geringen thermischen Trägheit der Bauteile der

Düse sehr schnell ausgebildet, so dass kurze Taktzeiten realisierbar sind. Die hinter dem Pfropfen in der Druckgussdüse befindliche Schmelze kann weder aus dieser hinaus strömen, noch Luft in die Druckgussdüse hineinziehen und durch die Kanäle zurück in den Schmelztiegel fließen. Die Druckgussdüse und die Kanäle bleiben mit flüssiger Schmelze gefüllt.

Beim alternativen Einsatz einer Düse mit hoher thermischer Trägheit, einem Sonderfall des erfindungsgemäßen Verfahrens, ist ein Wärmeabfluss aus der Düsenspitze in die Gießform erwünscht, um deren Abkühlung mit Ziel des Einfrierens der Schmelze zu unterstützen.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform schließt zusätzlich ein Rückschlagventil in wenigstens einem der Schmelzeverteiler und hindert zusätzlich die Schmelze am Rückfluss.

8. Öffnen der Gießform.

Zur Entnahme des Gussteils ist es erforderlich, die Gießform zu öffnen. Da die Druckgussdüse durch den Schmelzepfropfen verschlossen ist, kommt es beim Öffnen der Gießform nicht zu einem Austritt von Schmelze, auch nicht, nachdem der Anguss vom Artikel abgerissen ist.

9. Entformen eines Gussteils aus der Gießform.

Nach dem Öffnen der Gießform kann das Gussteil entformt, also aus der Gießform entnommen werden. Hierbei kommt es zum erleichterten Abriss des Artikels im Angussbereich durch eine Abrisskante, die eine Verjüngung und Sollbruchstelle unmittelbar am Anguss darstellt.

Werden alle oder einzelne beheizbare Elemente, insbesondere die Heizpatrone und/ oder der beheizbare Düsenschaft, mit erhöhter Leistung betrieben, bleibt die Temperatur der Schmelze erhalten, während sie durch die Druckgussdüse hindurch strömt. Ein vorzeitiges Erkalten oder eine unerwünschte Zunahme der Viskosität, was zu einer Minderung der Qualität des Druckgussbauteils führen würde, werden vermieden. Wird danach die Leistung der beheizbaren Elemente reduziert, führt dies zwar zu einer Absenkung der Temperatur der Schmelze, jedoch bleibt diese weiterhin in der Heizzone fließfähig.

Sofern als beheizbares Element nur eine Heizpatrone zur Anwendung kommt, führt die Reduktion der Leistung im Spitzenbereich zu einer stärkeren Abkühlung unter die

Schmelztemperatur des Metalls bzw. anderen gießbaren Materials, aus dem die Schmelze besteht. Dadurch kommt es zum Erstarren und zur Bildung eines Schmelzepfropfens im Spitzenbereich der Heizpatrone, wodurch der Angussbereich verschlossen wird.

5

Somit ist zum Verschluss des Angussbereichs kein Ventil oder ein anderes bewegliches Element erforderlich. Dieses wäre nämlich durch die Schmelze einem hohen Verschleiß ausgesetzt, denn die korrosive Wirkung der zwischen die beweglichen Teile unweigerlich eindringenden Schmelze würde zu einem frühzeitigen Ausfall des Ventils oder der sonstigen beweglichen Elemente führen.

10

Dennoch können die Vorteile eines verschlossenen Angusses genutzt werden, die vor allem darin bestehen, dass ein Zurückfließen der Schmelze in die Heißkanäle und in das Schmelzebad vermieden wird. Ein Zurückfließen hätte nämlich zur Folge, dass neu in die Kanäle einströmende Schmelze Schlacke oder oxidiertes Metall mitführen und in die Gießform drücken könnte mit der Folge einer verminderten Bauteilqualität. Weiterhin wird die Taktfrequenz der Gießvorgänge erhöht, da ein Entleeren und Neubefüllen der Heißkanäle entfällt, diese vielmehr ständig mit flüssiger Schmelze gefüllt sind.

15

Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn der Anteil der aus dem Heizbereich in den Angussbereich zwischen Düsenspitze und Spitzenbereich abfließenden Wärme durch die Querschnittsveränderung in Zusammenwirken mit der Menge der in diesem Bereich befindlichen Schmelze und dem Wärmeabfluss über den Angussbereich in die Form und die Düsenspitze von außen bestimmt wird. Hierdurch kann, insbesondere abgestimmt auf eine Schmelze mit bestimmten Eigenschaften, die Aufgabe der Erfindung auf eine sehr einfache und elegante Weise gelöst werden.

20

25

Zusätzlich zur Querschnittsveränderung der Heizpatrone oder alternativ dazu ist vorgesehen, dass der Schmelzekanal selbst eine Querschnittsveränderung aufweist. Eine weitere Querschnittsveränderung ist ergänzend oder alternativ im Angussbereich in Form einer Abrisskante vorgesehen. Diese Abrisskante stellt zudem eine Wärmebarriere, einen Bereich mit erhöhtem Wärmewiderstand zwischen Druckgussdüse und Schmelze dar und ermöglicht weiterhin bereits vor dem Entformen eine Trennung der erstarrten Schmelze in der Druckgussdüse vom Artikel, wenn sich die Schmelze beim Erkalten zusammenzieht.

30

35

Bei einer alternativen Ausführungsform wird die Schmelze im Angussbereich zwischen Düsenspitze und Spitzenbereich über den gesondert beheizbaren Spitzenbereich

temperiert. Gegenüber einer anderen vorgesehenen Lösung, die allein mit der Querschnittsverringung arbeitet, ist hierbei eine flexiblere Anpassung an veränderte Schmelzeigenschaften oder bei geänderten Anforderungen an die Funktionalität des Systems möglich. Die dennoch vorhandene Querschnittsveränderung mindert dabei die gegenseitige Beeinflussung von Spitzenbereich und Heizbereich. Verbesserte Einflussmöglichkeiten ergeben sich mit dem Einsatz weiterer getrennt ansteuerbarer beheizbarer Elemente oder Bereiche, wie oben im Einzelnen dargestellt.

Besondere Vorteile bringt ein Thermosensor, der einen Temperaturwert einer Schmelzetemperatur an eine Temperaturregelungseinrichtung liefert, die die Schmelzetemperatur in der Heizzone und/ oder in der Angusszone regelt, so dass die Schmelzetemperatur nur so weit über der Schmelztemperatur der Schmelze liegt, dass ein sicherer Schmelzefluss gewährleistet ist. Hierdurch wird eine ineffiziente Energieverwendung vermieden sowie bei gleichwohl sicherer Prozessführung ein Verschleiß durch eine zu hohe thermische Belastung der Bauteile der Druckgussdüse verhindert.

Insgesamt hat die vorliegende Lösung in allen vorgesehenen Varianten den Vorteil, dass kein Pfropfen entsteht, der sich nach dem Anschmelzen ablösen und als solcher mit den eingangs genannten Folgen in die Form gelangen kann. Die Schmelze kann stattdessen erst wieder in die Gießform einströmen, wenn sie im Bereich des Angusses vollständig aufgeschmolzen ist.

Soweit vorstehend die Bezugnahme auf Metallschmelzen erfolgt, so ist eine Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens auch für andere Materialien, z.B. Kunststoffschmelzen mit entsprechender Anpassung des Verfahrensablaufs (Temperaturführung, Temperaturgradient) vorgesehen.

Weitere Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung sind den Figuren und ihrer Beschreibung zu entnehmen. Es zeigen:

Fig. 1a: eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse mit Patronenheizung;
Fig. 1b: eine schematische Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse mit Patronenheizung;
Fig. 2: eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Heizpatrone in Teilschnitt;

Fig. 3: eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse mit Patronen- und Schaftspitzenheizung sowie seitlicher Anspritzung;

Fig. 4: eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse mit Patronen- und Spitzenheizung;

Fig. 5a und 6 bis 9: jeweils eine schematische Draufsicht eines Angusschemas einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse;

Fig. 5b: eine schematische Schnittdarstellung eines Details einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse für seitliche Anspritzung;

Fig. 10: eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse als Wendelrohrpatrone; und

Fig. 11: eine schematische Schnittdarstellung eines Details einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse mit Spitzenheizung und Inneneinsatz.

Fig. 1a zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse 1 mit einer Heizpatrone 2, die durch elektrische Anschlüsse 11 kontaktiert wird, einem Kanalträger 3, in den die in der dargestellten Ausgestaltung doppelt ausgeführten Schmelzekanäle 4 eingebracht sind, einen Düsenkörper 5, der den Kanalträger 3 umhüllt und einer Düsenspitze 8 am zur Gießform 22 hin gewandten Ende der Druckgussdüse 1. Die Schmelzekanäle 4 verlaufen aus einer exzentrischen Eintrittsposition der Schmelze aus dem Schmelzeverteiler hin zu einer zentralen Bohrung im Düsenschaft 33, der Heizzone 6, und sind in einer bevorzugten Ausgestaltung durch eine Kanalbeschichtung 20 vor den nachteiligen, insbesondere korrosiven Auswirkungen der Schmelze geschützt. Damit kann ein stählerner Kanalträger 3 weder mit der Schmelze legieren, noch auf andere Weise von dieser geschädigt werden. Als Kanalbeschichtung 20 kommt in der besonders bevorzugten Ausgestaltung Emaille zum Einsatz.

Die Schmelzekanäle 4 sind in der Weise ausgebildet, dass sie mit dem in der Fig. 1 nur angedeuteten Schmelzeverteiler 21 verbindbar sind und von diesem mit der Schmelze versorgt werden. Die Schmelzekanäle 4 münden in die Heizzone 6, die ebenfalls Teil des Schmelzekanals 4 ist und in die die Heizpatrone 2 mit dem Heizbereich 17 hineinragt. Dadurch wird die Schmelze, wenn sie sich in der Heizzone 6 im Düsenschaft 33 befindet, erwärmbar.

Die Heizpatrone 2 ist in einer alternativen Ausführungsform ebenfalls mit einer Beschichtung 13 versehen, die ähnlich der Kanalbeschichtung 20 die betreffenden

Oberflächen vor Korrosion, Anhaften von Schmelze oder unerwünschter Legierung mit dieser schützt. Dies trifft insbesondere zu, wenn es sich um eine Heizpatrone 2 handelt, die nicht aus Keramik besteht.

- 5 Die Druckgussdüse 1 weist weiterhin eine sich in Richtung der in der Figur 1 nur angedeuteten Gießform 22 an den Kanalträger 3 anschließende Düsenspitze 8 auf. Die Düsenspitze 8 weist in ihrem Zentrum einen sich zum Angusspunkt 23 hin verjüngenden Bereich auf, in dem die Schmelze auf den Austritt aus der Druckgussdüse 1 am Angussbereich 10 hin orientiert wird. Die Düsenspitze 8 ist in der bevorzugten
- 10 Ausgestaltung auswechselbar ausgeführt, so dass dieses hoch belastete Bauteil bei Verschleiß leicht gewechselt werden kann, ohne die gesamte Druckgussdüse 1 außer Betrieb nehmen zu müssen. Besonders bevorzugt ist der Einsatz eines sehr verschleißfesten Materials, beispielsweise einer Keramik, für die Herstellung der Düsenspitze 8. Damit wird eine besonders lange Standzeit trotz der hohen Belastung
- 15 durch die mit hoher Geschwindigkeit durch den Angussbereich 10 austretenden Schmelze gewährleistet.

- Zur Verminderung von Wärmeverlusten aus der Druckgussdüse 1 ist der schmelzeführende Bereich, der Kanalträger 3, isoliert. Die Isolation erfolgt bevorzugt
- 20 durch den Düsenkörper 5, dessen Wärmeübergang an die Gießform 22 gemindert ist, da sich die Düsenspitze 1 nur im Bereich der Stützringe 7 an der Gießform 22 abstützt. Eine weitere Verminderung des Wärmeübergangs erfolgt durch den Einsatz eines Isolators 9 zwischen Kanalträger 3 und Düsenkörper 5. Hierzu kann auch Luft dienen.
- 25 Der dauerhaft sichere und feste Halt der Heizpatrone 2 im Kanalträger 3 wird durch einen Sitz 12 einer zentrierenden Führung gesichert.

- Das zum Angusspunkt 23 hin weisende Ende der Heizpatrone 2 wird durch den bevorzugt kegelförmigen Spitzenbereich 18 gebildet. Dieser formt in Zusammenwirken mit der
- 30 inneren Ausnehmung der Düsenspitze 8 einen hohlkegelförmigen Raum, der sich zum Angusspunkt 23 hin verjüngt und durch den die Schmelze mit hoher Geschwindigkeit hindurch strömen muss, ehe sie die Druckgussdüse 1 durch den Angusspunkt 23 verlässt. Sobald die Schmelze in diesem Raum des Angussbereichs 10 erkaltet, bildet sie einen dichten Pfropfen, der ein Auslaufen oder ein Rückströmen der Schmelze verhindert
- 35 und sich auch dann nicht aus dem Angussbereich 10 löst, wenn er bei beginnender Erwärmung anschmilzt und sich von den Wänden ablöst. Das Aufschmelzen selbst erfolgt

sehr schnell und gleichmäßig, da die bevorzugte Hohlkegelform des Pfropfens eine geringe Wanddicke aufweist als ein Vollprofil und die schnell erwärmbar ist.

5 Das sehr schnelle Erstarren des Pfropfens wird dadurch gefördert, dass die durch den engen Raum im Angussbereich 10 strömende Schmelze sich während des Strömens durch Reibung selbst weiter erwärmt und bei einem beginnenden Abkühlen des Spitzenbereiches 18 während des Strömens noch immer fließfähig bleibt. Stoppt der Schmelzefluss hingegen, tritt auch keine Reibungswärme mehr auf und die Schmelze erstarrt sofort zu dem den Anguss 10 verschließenden Pfropfen.

10

Zum Wiederaufschmelzen des Pfropfens wird in der dargestellten Ausführungsform der Heizbereich 17 der Heizpatrone 2 aufgeheizt, so dass die Temperatur der Schmelze in der Heizzone 6 gleichfalls ansteigt. Somit wird die Wärme einerseits über die Schmelze zum Pfropfen und andererseits durch die Zone der Querschnittsveränderung 14 zum
15 Spitzenbereich 18 geleitet. Über die Ausbildung der Querschnittsveränderung 14 kann beeinflusst werden, in welchem Maße die Wärme zum Spitzenbereich 18 hinüberströmt. Damit ist der Zeitpunkt des Aufschmelzens in Abhängigkeit von der Temperatur, die der Heizbereich 17 erreicht, beeinflussbar.

20 Fig. 1b zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse 1' mit Patronenheizung mittels Heizpatrone 2'. Die Heizpatrone 2' weist dabei einen Kopf 44 auf, der zylindrisch ausgeformt ist und durch einen Dehnbolzen 39 in Verbindung mit einer Druckschraube 40 gegen einen Sitz 12' in einer Bohrung des Kanalträgers 3 gedrückt wird. Dabei erzeugt die Druckschraube 40
25 eine Vorspannung des Dehnbolzens 39, verbunden mit einer Kraftwirkung auf den Kopf 44 der Heizpatrone 2'.

Nimmt die Druckgussdüse 1' ihren Betrieb auf, werden sämtliche Bauteile bis zur Betriebstemperatur erwärmt, die bei der bevorzugten Verfahrensführung bis an 450 °C
30 heranreicht. In der Folge kommt es zu einer thermisch bedingten Ausdehnung der Bauteile, wobei metallische Elemente, wie der Kanalträger 3, sich stärker ausdehnen als keramische Elemente wie die Heizpatrone 2. Infolgedessen käme es zu einer Lockerung der Heizpatrone 2 in ihrem Sitz 12'.

35 Dies wird jedoch vermieden durch den Einsatz des vorgespannten Dehnbolzens 39, der sich ebenso stark ausdehnt wie der Kanalträger 3 in einem Ausdehnungsbereich und einer Lockerung des Sitzes 12' entgegenwirkt. Der Ausdehnungsbereich erstreckt sich

von dem Sitz 12' bis zum Ende des Gewindes in einem mit dem Kanalträger 3 formschlüssig verbundenen Nutenstein, in das die Druckschraube 40 eingreift. Vielmehr bleibt die durch die Druckschraube 40 in den Sitz 12' eingetragene Vorspannung hierdurch erhalten und die Heizpatrone 2 bleibt mit ihrem Kopf 44 fest in ihrem Sitz 12'.

- 5 Durch entsprechende Gestaltung der bei der thermischen Ausdehnung zusammenwirkenden Elemente, hier Kanalträger 3 und Dehnbolzen 39, kann auch eine Verstärkung der Spannung bei Erwärmung erzeugt werden. Damit ließe sich im Betrieb eine besserer Festsitz erreichen, ohne das befestigte Element, hier der Kopf 44 der Heizpatrone 2, durch zu starke dauernde Druckbelastung zum Fließen zu bringen, sofern
10 das hierfür verwandte Material zu solch einem Effekt neigen sollte.

- Zur Verminderung des Wärmeflusses aus der Druckgussdüse 1' sind ein Stützring 7 sowie Druckstücken 38 vorgesehen. Mit diesen Elementen stützt sich die Druckgussdüse 1' während der Gießvorgänge an der Gießform 22 ab, wenn diese während des
15 Gießvorgangs auf der Gießform 22 aufsetzt. Durch das nur punktuelle Aufsetzen und die Verwendung von Materialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit wird der Wärmeabfluss von der Druckgussdüse 1' in die Gießform 22 vermindert. Im Bereich der Düsen Spitze 8 ist hierzu weiterhin ein Isolator 9, bevorzugt ein Luftraum, vorgesehen. Alternativ oder zusätzlich ist auch ein isolierendes Element, beispielsweise eine Scheibe, bestehend aus
20 Titan, zur Anordnung im Bereich der Stirnfläche 43 der Düsen Spitze 8 vorgesehen, um den Abfluss von Wärme direkt in den Angussbereich der Gießform zu vermeiden.

- Eine Querschnittsveränderung 14, hier im Querschnitt des Schmelzekanals 4, sorgt für definierten Wärmeübergang über die Schmelze in den Angussbereich 10 der Düsen Spitze
25 8. Alternativ oder zusätzlich ist auch eine Querschnittsveränderung der Heizpatrone 2, entsprechend Fig. 1a, vorgesehen. Zusätzlich ist in der dargestellten Ausführungsform eine weitere Querschnittsveränderung in Form der Abrisskante 42 vorgesehen. Diese vermindert nicht nur den Wärmeabfluss in die Gießform über die Schmelze, sondern stellt auch eine Sollbruchstelle für die erkaltete Schmelze zur Verfügung, an der die bei der
30 Abkühlung schrumpfende, erstarrte Schmelze vom Artikel bereits vor dem Ausformvorgang abreißt. Besteht die Düsen Spitze 8 so wie in der bevorzugten Ausführungsform aus Titan, ist ein Inneneinsatz, bevorzugt aus einer beständigen Keramik oder aus Wolfram bestehend, im Angussbereich 10 von Vorteil, da die dort mit hoher Geschwindigkeit strömende Schmelze anderenfalls starken Verschleiß hervorrufen
35 würde.

Als besonders vorteilhaft hat sich der Einsatz eines Thermosensors 41 erwiesen. Dieser ist in der bevorzugten Ausführungsform nahe dem Angussbereich 10 in der bevorzugt aus isolierendem Titan bestehenden Düsen Spitze 8 angeordnet. Der Temperaturmesswert, den der Thermosensors 41 liefert, wird bevorzugt in einer Regelungseinrichtung
5 verarbeitet. Diese sorgt dann für eine zeitabhängig exakte Temperaturführung in jedem Abschnitt des Druckgussverfahrens mit dem Ergebnis eines effektiven Energieeinsatzes sowie einer minimalen thermischen Belastung der Schmelze führenden Elemente. Hierdurch kann auf besondere Maßnahmen zur Vermeidung thermischen Verschleißes oder einer unerwünschten Legierung, wie beispielsweise eine Beschichtung, verzichtet
10 werden.

Der Schmelzekanal 4 verläuft vom Verbindungsbereich mit dem Schmelzeverteiler aus abweichend von der Vertikalen durch den Kanalträger 3, bis er auf die Heizzone 6, die die Heizpatrone 2 aufnimmt, trifft und in der Heizzone 6 weiter zur Düsen Spitze 8 hin verläuft.
15 Heizbereich 17 und Spitzenbereich 18 gehen bei dieser Ausführungsform der Heizpatrone 2“ ohne Querschnittsänderung ineinander über. Der Inneneinsatz 31 mindert den Verschleiß und erhöht die Standzeit der Düsen Spitze 8.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer
20 erfindungsgemäßen Heizpatrone 2 in Teilschnitt, der den Heizbereich 17 zeigt. Dort wird ein mehrschichtiger Aufbau der Heizung erkennbar, der in der besonders bevorzugten Ausführungsform zentral als Kern sowie am Umfang und zur Isolation der leitenden Bereiche voneinander jeweils eine Isolatorkeramik 15 aufweist. Eingebettet zwischen diese in der gezeigten Ausführungsform konzentrischen Schichten ist die Leiterkeramik
25 16, die mittels ihrer elektrisch leitenden Eigenschaften als Heizung dient. Bevorzugt sind auch die einzelnen Leiterschleifen durch Isolatorkeramik 15 gegeneinander elektrisch isoliert.

Heizpatronen 2 aus Hochleistungskeramik sind besonders geeignet für Druckgussdüsen
30 mit kurzen Taktzeiten, die mit schnell veränderlichem Wärmebedarf beheizt werden müssen.

Vollkeramische Heizelemente mit isolierender und leitender Keramik sind zwar grundsätzlich bekannt, wobei die Heizfunktion in bisheriger Anwendung nach dem Stand
35 der Technik nur in hochfeste Keramikteile, wie Schneidmesser, Schweißbacken und Werkzeuge integriert wird. Das keramische Heizelement wird nach der Erfindung jedoch in völlig anderer Weise als nach dem Stand der Technik, nämlich in einer Druckgussdüse

als Heizung eingesetzt, wobei es zudem unter Nutzung seiner thermischen Eigenschaften hochdynamisch angesteuert wird.

5 Als Materialien kommen in der bevorzugten Ausführungsform der Heizpatrone 2 nach dem Stand der Technik bekannte Keramiken zum Einsatz, die sich durch vielerlei Vorteile im Vergleich zu metallischen Heizelementen auszeichnen. Als besonders günstig erweist sich die hohe Oberflächenleistung von bis zu 150 W/cm^2 und die Strahlungsemission von $\epsilon > 0,9$, wobei Temperaturen bis zu $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ erreicht werden können, was insbesondere für hochschmelzende Nichteisenmetalle wie Aluminium, die im Druckgussverfahren
10 verarbeitet werden, von Interesse ist.

Weitere Vorzüge liegen in den kurzen Aufheizzeiten, der geringen Nachwärme, die ein schnelles Abkühlen ermöglicht, und einer sehr guten Regelbarkeit dank geringer thermischer Masse. Insbesondere durch die geringe Wärmekapazität der Keramik auf
15 Grund ihrer niedrigen Dichte können bei niedriger Energieaufnahme hohe Aufheizraten realisiert werden. Hohe Wärmeleitfähigkeit und geringe Masse des keramischen Heizkörpers bewirken letztlich eine geringe thermische Trägheit.

Die vollkeramischen Heizelemente sind beständig gegen Oxidation und Säuren. Sie
20 weisen eine geringe Benetzbarkeit mit flüssigen Metallen, eine hohe mechanische Festigkeit, eine gute Wärmeleitfähigkeit sowie zugleich einen hohen elektrischen Isolationswiderstand und eine hohe Durchschlagfestigkeit auf. Zugleich zeichnen sie sich durch hohe Härte und Verschleißbeständigkeit aus.

25 Bedingt durch die gute und sichere elektrische Isolation nach außen ist die Heizpatrone 2 mit höheren Spannungen, bevorzugt 230 V , betreibbar. Dies hat den Vorteil, dass eine geringe Stromstärke zur Heizung geleitet werden muss und die Querschnitte der Zuleitungen entsprechend gering sein können. Kostenersparnis und geringe Leistungsverluste sind die Folgen. Bei einer bevorzugten Leistung von 400 W ist nur eine
30 Stromstärke von $1,8 \text{ A}$ erforderlich.

Die elektrisch leitende Keramik und die Hülle aus isolierender Keramik sind zu einem homogenen Körper versintert und ermöglicht von daher sehr hohe Leistungsdichten bei zugleich hoher mechanischer Stabilität. Die gute Alterungs- und Verschleißbeständigkeit
35 der Keramiken garantiert eine lange Lebensdauer auch bei hohen Temperaturen.

Alternative Ausführungsformen sehen jedoch vor, andere Materialien für die Heizpatrone 2 einzusetzen, wie beispielsweise Stahl. Besonders in diesem Fall macht sich eine Beschichtung 13, bevorzugt Emaille, erforderlich, um entsprechende, vornehmlich verschleißmindernde Eigenschaften der Oberfläche hervorzurufen. Erreicht werden sollen neben einer hohen Verschleißfestigkeit die Verhinderung von Oxidation unter Einfluss der aggressiven Schmelze und eine geringe Neigung des Anhaftens von Metallen an der Oberfläche.

Die Heizpatrone ist alternativ aus einer Keramik mit wenigstens einem in diese eingebrachten metallischen Leiter gefertigt, wobei der metallische Leiter als Metallpulver, bevorzugt hochschmelzend, als massiver Leiter oder in einem lithographischen Verfahren vorbereitet und als Folie eingebracht wird. Hierzu sind bevorzugt Verfahren wie Dickschichttechnologie, HTCC oder LTCC vorgesehen.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Heizpatrone 2 sieht eine getrennte Heizung im Heizbereich 17 und im Spitzenbereich 18 vor, die auch getrennt über die elektrischen Anschlüsse 11, 11' ansteuerbar sind. Damit kann in besonders energiesparender Weise der Heizbereich 17 kontinuierlich mit so viel Energie versorgt werden, dass die Schmelze flüssig bleibt. Der Spitzenbereich 18 kann hingegen getaktet zielgerichtet beheizt und abgekühlt werden, damit das Erstarren und Wiederaufschmelzen der geringen Menge Schmelze, die sich im Bereich der Umgebung des Spitzenbereichs 18 befindet, ermöglicht wird. Über die Querschnittsveränderung 14 wird die wechselseitige Beeinflussung des Heizbereichs 17 und des Spitzenbereichs 18 minimiert und die autarke Funktion beider Bereiche damit unterstützt.

Weiterhin vorgesehen ist eine Beheizung allein des Spitzenbereichs 18 oder anderer abgegrenzter Bereiche der Druckgussdüse.

Der Schaft 19, der unterbrochen dargestellt ist, weist bevorzugt eine so große Länge auf, dass er aus dem Schmelzeverteiler nach oben herausragt, die Kontakte 11, 11' leicht zugänglich sind und eine Kabelführung durch den Schmelzeverteiler hindurch vermieden wird.

Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse 1 mit Patronen- sowie Schaftspitzenheizung und seitlicher Anspritzung 34, hier mit Angusskontor 24 in Sternform, zur Fertigung von Artikeln 29. Dabei kommt ein Düsenschaft 33 zum Einsatz, der direkt beheizbar ist und

- hierzu einen Aufbau aus Isolatorkeramik 15 und Leiterkeramik 16 aufweist, ähnlich der zuvor beschriebenen Heizpatrone 2. Eine Besonderheit besteht darin, dass sowohl der Düsenschaft 33' zusammen mit der Düsenspitze 8' einstückig ausgeführt und beheizbar ist. Bevorzugt entsteht dabei der größte Teil der Heizleistung im Bereich der Düsenspitze 8', besonders bevorzugt in den ersten 1 bis 15 Millimetern vom Angusspunkt 23 aus betrachtet. Dabei wird so viel Heizleistung eingetragen, dass der Wärmeabfall im Frontbereich der Düse kompensiert ist. Dies hängt von äußeren Faktoren wie beispielsweise thermischer Isolierung und wärmeableitenden Berührungsflächen ab.
- 10 Dadurch erfolgt eine gleichmäßige Beheizung der Schmelze sowohl über die Heizpatrone 2, als auch über den Düsenschaft 33'. Der elektrische Anschluss 11, 11' erfolgt dabei von außen, beispielsweise über die Kopfplatte 35, wo die Druckgussdüse 1 mit dem Schmelzeverteiler in Kontakt steht.
- 15 Alternativ dazu kann einer insgesamt zu hohen Schmelzetemperatur im Bereich der Heizpatrone 2 begegnet werden, indem diese mit geringerer Temperatur betrieben wird oder gänzlich unbeheizt ist. Es muss also nicht darauf geachtet werden, dass ausreichend Wärme in den Spitzenbereich 18 einströmt. Vielmehr können die Temperaturverhältnisse im Bereich der Düsenspitze 8 allein zielgerichtet beeinflusst werden.
- 20 Anstelle der dargestellten spitz auslaufenden Form der Heizpatrone 2 ist es alternativ hierzu vorgesehen, dass diese zylinderförmig den vollen Durchmesser bis zum Angusspunkt 23 behält und dort in einer solchen Weise den Ringdurchmesser des Angusses 25 aus Fig. 6 erhöht, dass die Fertigung mehrerer Teile durch seitliche Einspritzung vereinfacht wird oder Teile größerer Dimensionen herstellbar sind. Besonders bevorzugt ist sogar eine Vergrößerung des Durchmessers der Heizpatrone 2 im Spitzenbereich 18 vorgesehen.
- 30 Weiterhin wird einer Lösung der besondere Vorzug gegeben, bei der die gesamte Druckgussdüse 1 im Außenbereich eines Düsenkörpers 5 einen Mantel aus Titan oder zumindest mit einer zum Düsenschaft 33' hin isolierenden Luftschicht aufweist.
- 35 Fig. 4 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse 1 mit Patronen- und Spitzenheizung. Dabei kommt ein Düsenschaft 33 zum Einsatz, der nicht beheizbar ist. Für die Beheizung der Schmelze ist eine separate Düsenspitze 8' vorgesehen, die durch einen Keramikaufbau entsprechend vorstehender Beschreibung ebenfalls leitende und isolierende Keramiken

aufweist und somit beheizbar ist. Der elektrische Anschluss, der hierfür nötig ist, wird bevorzugt durch den Düsenchaft 33 zur Kopfplatte 35 eingeführt oder durch den Düsenkörper 5 direkt nach außen geleitet. Hierdurch wird ein preisgünstigerer Aufbau erreicht, da nur im Bereich der Düsen Spitze 8', wo besonders hohe Temperaturen und vor
5 allen Dingen eine hohe Dynamik zwischen Schmelz- und Erstarrungstemperatur erforderlich sind, eine Heizkeramik benötigt wird. Daneben ist auch der Spitzenbereich 18 beheizbar ausgeführt.

Fig. 5a zeigt eine schematische Draufsicht eines Angussschemas einer
10 erfindungsgemäßen Druckgussdüse in Sternform 24 und seitlichem Anguss 34. Angedeutet ist weiterhin ein Artikel 29, ein Produkt des vorgesehenen Druckgussvorgangs. Dieser wird mittels der Sternform 24 des Angusses in seitlicher Anspritzung 34 gefertigt. Damit können ohne dass ein Kanalsystem, das bei der Formung einen erstarrten, vom Artikel zu trennenden sogenannten Baum zur Folge hätte, mehrere
15 Teile aus einer Druckgussdüse gefertigt werden. Im vorliegenden Fall mit der beispielhaft dargestellten Angussstruktur in Sternform 24 sind es sechs Artikel 29, die mit einem Mal gefertigt werden können.

Fig. 5b zeigt mit der Düsen Spitze 8'' eine schematische Schnittdarstellung eines Details
20 einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse mit seitlicher Anspritzung 34, wobei der Angusspunkt durch einen Düsenverschluss 37 verschlossen ist. Hierbei ist eine Düsen Spitze, ein Düsenring oder eine Düsenleiste je nach konkreter Ausformung der Struktur der Düsen Spitze 8'', sowohl beheizte als auch unbeheizte Variante, vorgesehen. Weiterhin ist ein separater Düsenverschluss 37 ebenso umfasst
25 wie eine einstückig gefertigte Düsen Spitze ohne Öffnung im Angusspunkt. Durchbrüche in der Wandung der Düsen Spitze 8'' sind als Seitenanguss 36 für den Austritt der Schmelze in den seitlich angeordneten Angussbereich der nicht dargestellten Gießform vorgesehen.

Dabei ist eine rotationssymmetrische Anordnung um eine kegelförmige Wandung der
30 Düsen Spitze 8'' ebenso erfindungsgemäß wie eine längliche Düsen Spitze 8'', bei der die Seitenangüsse 36 linear, in Reihe angeordnet sind. Dargestellt ist der bevorzugte Aufbau der Heizkeramikdüse aus Isolierkeramik 15 und Leiterkeramik 16.

Fig. 6 zeigt eine schematische Draufsicht eines Angussschemas einer
35 erfindungsgemäßen Druckgussdüse in Ringform 25. Eine solche Form entsteht, wenn, wie beispielweise in Fig. 1 dargestellt, der Spitzenbereich 18 bis an den Angusspunkt 23

heranreicht. Ist ein größerer Ringdurchmesser gefordert, ist dies durch einen größeren Durchmesser des Spitzenbereichs 18 am Angusspunkt 23 zu erzielen.

Fig. 7 zeigt eine schematische Draufsicht eines Angussschemas einer

- 5 erfindungsgemäßen Druckgussdüse in Punktform 26. Eine Punktform 26 wird im Unterschied zur in Fig. 6 dargestellten Ringform 25 erreicht, wenn kein Spitzenbereich 18 gemäß Fig. 1 vorhanden ist und stattdessen, wie beispielsweise in Figur 10 dargestellt, die stumpfartige Heizpatrone 2' nicht bis in die Düsen spitze 8 hinein reicht.

- 10 Fig. 8 und Fig. 9 zeigen eine schematische Draufsicht eines Angussschemas einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse in flacher Form 27 bzw. in Kreuzform 28. Die Grundstruktur der Druckgussdüse entspricht der zu Figur 7 erläuterten, nämlich ohne weit in die Düsen spitze 8 reichenden Spitzenbereich 18. Die Form des Angusses 23 als flache Form 27 ergibt sich durch eine entsprechende Ausformung der Düsen spitze 8. Besonders
15 vorteilhaft ist eine flache Form 27 bei Artikeln mit großer Längsausdehnung. Eine gleichmäßigere Materialausströmung der Schmelze in vier Richtungen ergibt sich hingegen bei Anwendung der Kreuzform 28.

- Vorgesehen ist weiterhin, dass die vorgenannten Angusskonturen durch jeweils ein
20 auswechselbares Wolframplättchen mit der entsprechenden Angusskontur, das im Angusspunkt 23 an die Düse angesetzt wird, hervorgerufen werden. Damit können verschiedene Angusskonturen angewendet werden, ohne die Druckgussdüse 1 insgesamt auszuwechseln.

- 25 Fig. 10 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse 1 mit Wendelrohr 30. Hierdurch kann der gesamte Düsenkörper 5 im Außenbereich beheizt werden. Das Wendelrohr 30 ist um den äußeren Mantel gelegt. Durch die Beheizung erhält die gesamte Druckgussdüse 1 eine gleichmäßigere Temperaturverteilung und der Energieeintrag in die Heizpatrone 2', den
30 Düsenschaft 33' oder die Düsen spitze 8' kann mit geringerem Energieaufwand erfolgen. Die auf die letztgenannten Elemente entfallende Energie kann somit eine höhere Dynamik im Interesse schnellerer Gießvorgänge und kürzerer Taktzeiten gemäß eingangs gegebener Beschreibung der Pfropfenbildung im Angussbereich führen. Zudem ist die thermische Belastung empfindlicher Schmelzen, vor allem von Kunststoffen, geringer.

- 35 Fig. 11 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Details einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Druckgussdüse mit Spitzenheizung und Inneneinsatz 31,

ausgeführt als Heizkeramikdüse 32. Dabei kommt in der dargestellten Ausführungsform eine an einen Düsenschaft angesetzte Düsenspitze 8' mit einem Keramikaufbau wie in den Figuren 2, 3 und 4 beschrieben zum Einsatz. Durch den Aufbau von Isolatorkeramik 15 und Leiterkeramik 16 entsteht in diesem Bereich eine hohe Leiterdichte, durch die eine hohe Heizleistung in diesen Bereich eingetragen werden kann. Die Düsenspitze 8' repräsentiert nur eine sehr kleine Materialmenge im Vergleich zu den übrigen Bestandteilen der Druckgussdüse, so dass Beheizung und Abkühlung hier mit einer sehr hohen Dynamik und schnellem Taktwechsel möglich sind. Die Leistungsdichte ist für jeden Bereich einstellbar durch den Querschnitt der leitenden Bereiche der Leiterkeramik 16, und durch entsprechende Dotierung. Zur exakten Formgebung werden diese Teile nach dem Brennen überdreht, wobei außen stets eine Schicht Isolatorkeramik 15 verbleibt.

Um den Verschleiß am hochbelasteten Innenmantel, der von Schmelze berührten Oberfläche zu vermindern, wird hier eine Beschichtung, besonders bevorzugt aber ein Inneneinsatz 31 eingesetzt. Dieser besteht insbesondere aus Wolfram, aber auch andere Materialien mit hoher Widerstandskraft gegen Verschleiß, hohem Schmelzpunkt und guter Wärmeleitfähigkeit, wie beispielsweise eine wärmeleitende Keramik, kommen zum Einsatz.

In alternativen Ausführungsformen, bei denen die Düsenspitze 8' aus Stahl, insbesondere aber wenn sie aus Titan besteht, ist ein verschleißmindernder Inneneinsatz 31 besonders wichtig. Demgegenüber ist vorgesehen, bei einer Düsenspitze 8' aus Keramik, einem seinerseits sehr stabilen, verschleißfesten und nicht zu chemischen Bindungen oder Legierungen neigendes Material, auf den Inneneinsatz 31 zu verzichten. Eine hier nicht dargestellte äußere Isolierung ist jedoch bei bevorzugten Ausführungsformen beider Varianten vorgesehen, um den Wärmeabfluss aus der Druckgussdüse zu vermeiden.

Die Verschleißminderung erfolgt zusätzlich oder alternativ zu den vorgenannten Maßnahmen auch durch eine besondere Verfahrensführung. Es hat sich dabei als günstig erwiesen, wenn die Leistung der beheizbaren Elemente im Angussbereich in der Weise gesteuert wird, dass der Verschleiß des Angussbereiches minimiert wird. Die Steuereinrichtung gibt dabei nur die Leistung ab, die zum Aufschmelzen des Schmelzepfropfens im Angussbereich erforderlich ist. Damit wird der Verschleiß der Druckgussdüse im Angussbereich nochmals vermindert. Die Steuerung der Heizleistung erfolgt dabei entsprechend des Materials der Schmelze sowie anderer Parameter der Druckgussdüse, beispielsweise der Angussgeometrie.

Alternativ zu einer Steuerung durch feste Parameter ist vorgesehen, dass eine Regelung Messwerte von Sensoren verarbeitet und damit die Heizleistung entsprechend bestimmt. Als Sensoren sind Temperatursensoren im Bereich der Druckgussdüse, aber auch andere
5 Sensoren, wie beispielsweise Drucksensoren im Schmelzekanal, vorgesehen. Besonders bevorzugt sind hierzu Temperatursensoren im Bereich des Schmelzekanals innen und/oder an dessen Außenwand sowie alternativ oder in Ergänzung Drucksensoren im Inneren des Schmelzekanals 4 oder im Angussbereich 10 eingesetzt, wie beispielsweise in Fig. 1 dargestellt.

10

Besondere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen in der Erreichbarkeit einer hohen Artikelqualität bei hohen Taktzahlen und geringem Verschleiß der Druckgussdüse. Das angusslose Druckgussheizkanalsystem, das die erfindungsgemäße Druckgussdüse aufweist, ermöglicht zudem gut reproduzierbare Bedingungen, woraus eine hohe,
15 gleichbleibende Gussteilqualität resultiert. Insbesondere sind auch die Wandstärken des Gussteils bei entsprechender Materialeinsparung durch diese erhöhte Qualität unter entsprechender Gewichts- und Materialersparnis minimierbar.

Bezugszeichenliste

29

1, 1'	Druckgussdüse
2, 2'	Heizpatrone
3	Kanalträger
4	Schmelzekanal
5	Düsenkörper
6	Heizzone
7	Stützring
8, 8', 8''	Düsenspitze
9	Isolator
10	Angussbereich
11, 11'	elektrischer Anschluss
12, 12'	Sitz
13	Beschichtung
14	Querschnittsveränderung
15	Isolatorkeramik
16	Leiterkeramik
17	Heizbereich
18	Spitzenbereich
19	Schaft
20	Kanalbeschichtung
21	Schmelzeverteiler
22	Gießform
23	Angusspunkt
24	Angusskontur Stern
25	Angusskontur Ring
26	Angusskontur Punkt
27	Angusskontur flach
28	Angusskontur Kreuz
29	Artikel
30	Wendelrohr
31	Inneneinsatz
32	Heizkeramikdüse
33, 33'	Düsenschaft
34	seitliche Anspritzung
35	Kopfplatte
36	Seitenanguss
37	Düsenverschluss

38	Druckstück, Stützelement
39	Dehnbolzen
40	Druckschraube
41	Thermosensor
42	Abrisskante
43	Stirnfläche

Patentansprüche

1. Druckgussdüse zum Einsatz in einem Druckgussheißkammersystem für Metallschmelzen mit wenigstens einem Schmelzekanal (4) in einem mit einem Schmelzeverteiler (21) verbindbaren Kanalträger (3), wobei der Schmelzekanal (4) in eine Heizzone (6) und eine Düsen spitze (8) übergeht, an die sich ein Angussbereich (10) anschließt, in dem ein Schmelze fluss unterbrechender Pfropfen aus erstarrter Schmelze ausbildbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizzone (6) eine Heizpatrone (2) und/ oder einen beheizbaren Düsen schaft (33') aufweist und/ oder die Düsen spitze (8) als beheizbare Düsen spitze (8') ausgeführt ist und wenigstens die Heizpatrone (2), der beheizbare Düsen schaft (33') oder die beheizbare Düsen spitze (8') als Heizelement mit elektrischer Beheizung ausgeführt ist, das in zumindest einem Teilbereich eine hohe Leistungsdichte und geringe thermische Trägheit aufweist, ausgeführt in der Weise, dass ein Temperaturänderungsgradient von 20 bis 250 K/s, bevorzugt 150 K/s, an der Oberfläche des Heizelements erreichbar ist.
2. Druckgussdüse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Düsen spitze (8) separat einsetzbar ist und/ oder aus Keramik ausgeführt ist.
3. Druckgussdüse nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckgussdüse einen Düsenkörper (5) aufweist, der den Kanalträger (3) umhüllt und der Düsenkörper (5) oder der Kanalträger (3) aus Titan bestehen und/ oder einen Isolator (9) und/ oder wenigstens einen Stützring (7) und/ oder wenigstens ein Druckstück (38) aufweist.
4. Druckgussdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schmelzekanal (4) eine Kanalbeschichtung (20) aufweist.
5. Druckgussdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Thermosensor (41) zur Bestimmung der Schmelzetemperatur in der Heizzone (6) und/ oder der Angusszone (10) vorgesehen ist.
6. Druckgussdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Querschnittsveränderung (14) vorgesehen ist, die den Wärmefluss zum Angussbereich (10) hin begrenzt.

7. Heizelement für eine Druckgussdüse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest teilweise ein Schichtaufbau aus einer Isolatorkeramik (15) und wenigstens einem Heizleiter vorgesehen ist, wobei die Isolatorkeramik (15) zumindest an wenigstens einer Außenseite des Heizelements und um wenigstens einen Heizleiter eine elektrisch isolierende Abdeckung bildet, und der Heizleiter über Kontakte (11, 11') elektrisch kontaktierbar ist.
8. Heizelement nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Heizleiter als Leiterkeramik (16) oder als metallischer Leiter ausgeführt ist.
9. Heizelement nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Heizelement zumindest teilweise eine Oberflächenbeschichtung (13) oder einen Inneneinsatz (31) aufweist.
10. Heizelement nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eines der Heizelemente getrennt ansteuerbare Heizleiter aufweist.
11. Heizpatrone mit elektrischer Beheizung für eine Druckgussdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizpatrone (2) einen zu einem Schaft (19) verlängerten Kopf (44) aufweist, der durch den Schmelzeverteiler hindurch geführt ist, so dass die Kontakte (11, 11') außerhalb des Schmelzeverters liegen.
12. Heizpatrone nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kompensationseinrichtung zum Ausgleich unterschiedlicher thermischer Ausdehnungen des Kanalträgers (3) und der in den Kanalträger (3) gefügten Heizpatrone (2) vorgesehen ist, wobei der Kanalträger (3) einen Sitz (12') für die Heizpatrone (2) aufweist, gegen den die Heizpatrone (2) gedrückt wird, wobei ein Dehnbolzen (39), aufweisend eine mit dem Kanalträger (3) in einer Krafteinleitungszone in Verbindung stehende Druckschraube (40) vorgesehen ist, der in einer Kontaktzone mit der Heizpatrone (2) in Verbindung steht, so dass bei einer Erwärmung von Kanalträger (3), Heizpatrone (2) und Dehnbolzen (39) die Heizpatrone (2) durch den Dehnbolzen (39) gegen den Sitz (12') gedrückt wird.

13. Verfahren zum Betrieb einer Druckgussdüse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die Schritte

- Betrieb eines oder mehrerer Heizelemente mit elektrischer Beheizung und einer so hohen Leistungsdichte in zumindest einem Teilbereich und geringer thermische Trägheit, dass ein Temperaturänderungsgradient von 20 bis 250 K/s an der Oberfläche des Heizelements erreichbar ist, wobei der Betrieb mit erhöhter Leistung erfolgt,
- unmittelbar anschließend oder zugleich Einschießen der Schmelze in die Form,
- Reduktion der Leistung des oder der Heizelemente oder deren vollständiges Abschalten,
- Stoppen des Schmelzestroms,
- Betrieb des oder der Heizelemente mit einer solchen Leistung, mit der die Schmelze in der Heizzone (6) flüssig bleibt, die Wärme jedoch nicht ausreicht, die Schmelze auch im Angussbereich (10) auf Schmelztemperatur zu halten, worauf dort die Schmelze zu einem Pfropfen erstarrt, den Angusspunkt (23) verschließt und ein Nach- oder Rückströmen der Schmelze verhindert.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil der aus dem Heizbereich (17) der Heizpatrone (2) in den Angussbereich (10) abfließenden Wärme durch wenigstens eine Querschnittsveränderung (14) bestimmt wird und/ oder die Schmelze im Angussbereich (10) über die beheizbare Düsenspitze (8') und/ oder den gesondert beheizbaren Spitzenbereich (18) der Heizpatrone (2) temperiert wird, wobei wenigstens eine der Querschnittsveränderungen (14) die Wechselwirkung zwischen Spitzenbereich (18) und Heizbereich (17) minimiert.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Thermosensor (41) einen Temperaturwert einer Schmelztemperatur an eine Temperaturregelungseinrichtung liefert, die die Schmelztemperatur in der Heizzone (6) und/ oder in der Angusszone (10) regelt, so dass die Schmelztemperatur nur so weit über der Schmelztemperatur der Schmelze liegt, dass ein sicherer Schmelzefluss gewährleistet ist.

1 / 4

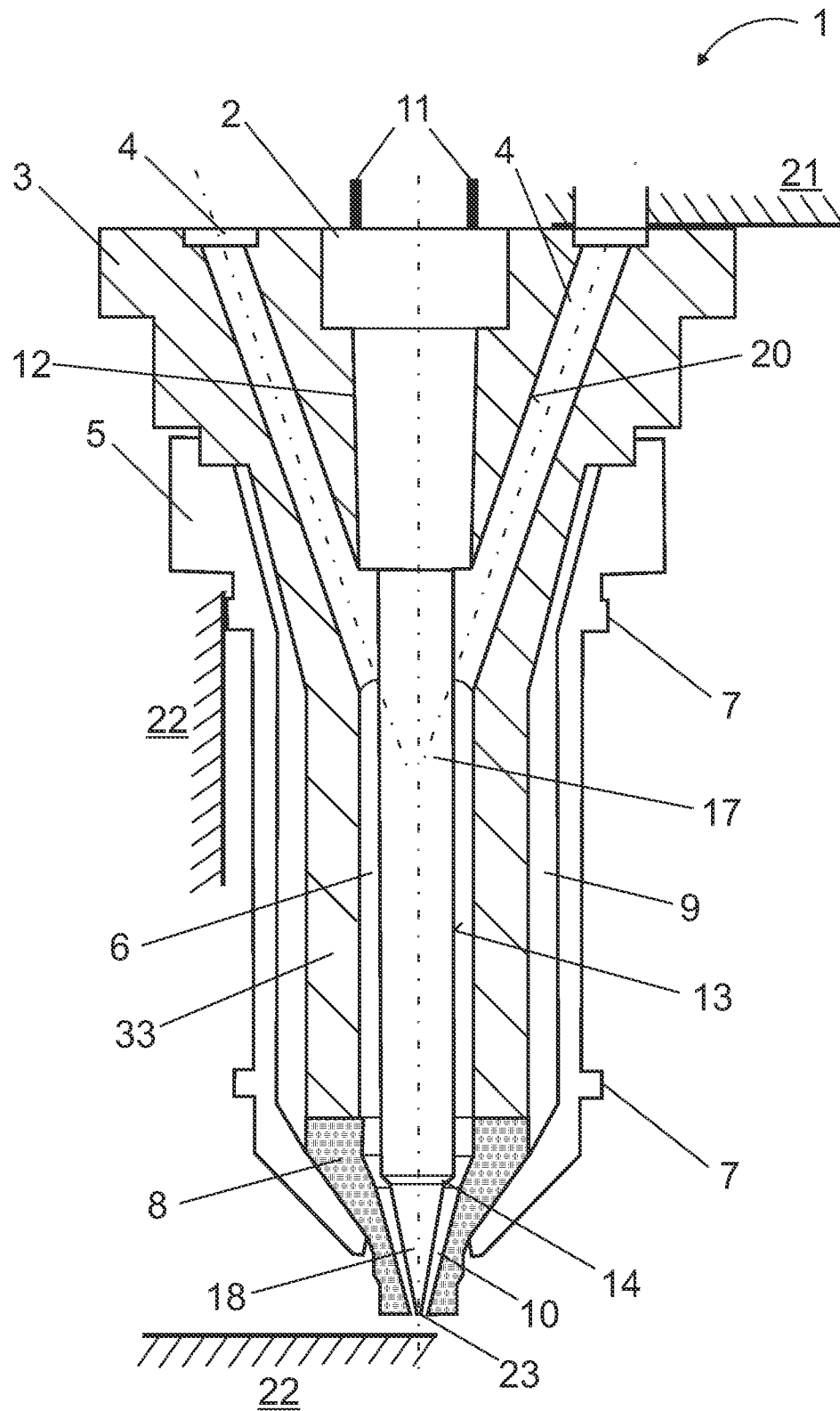


Fig. 1a

2 / 4

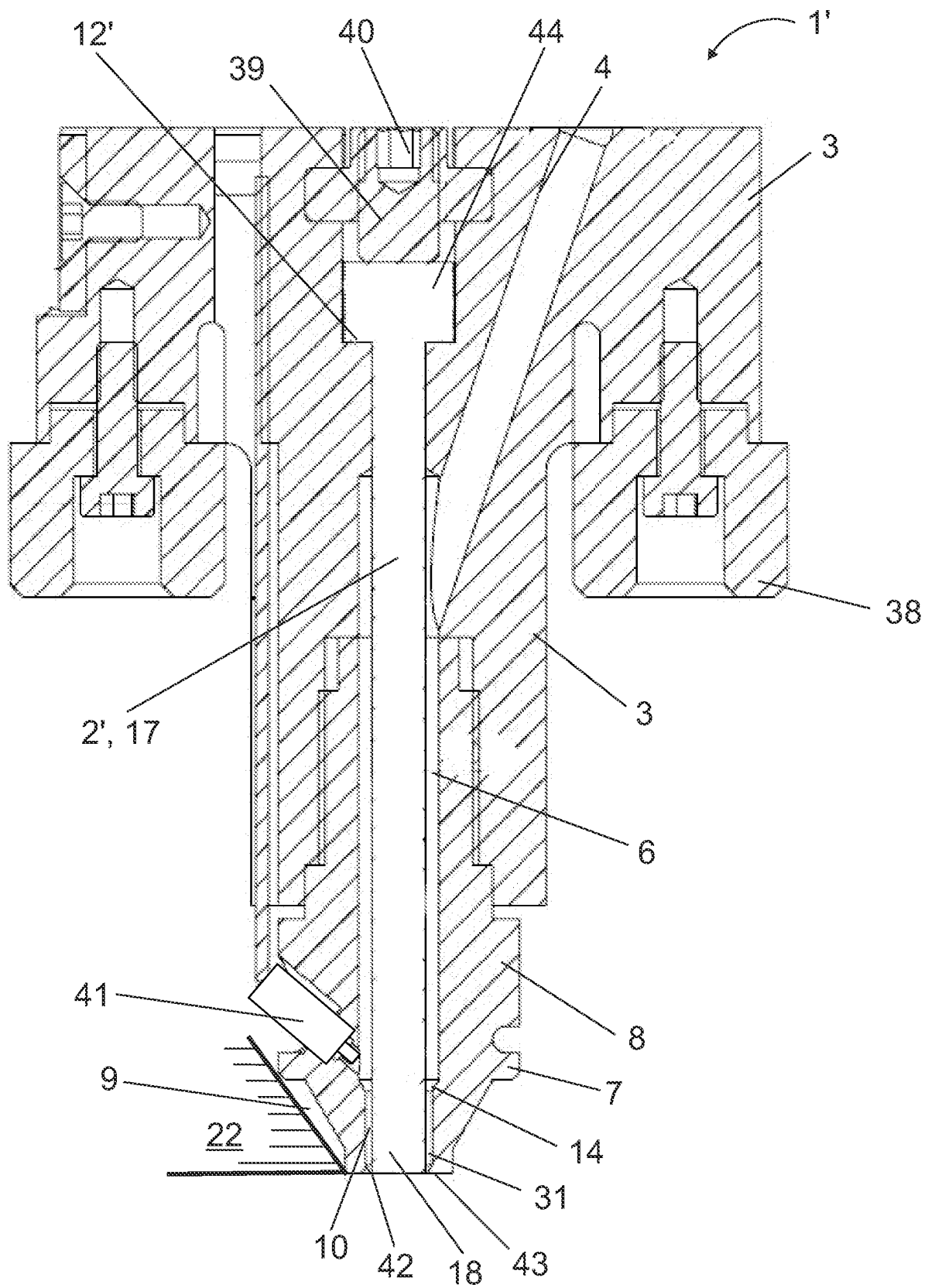


Fig. 1b

3 / 4

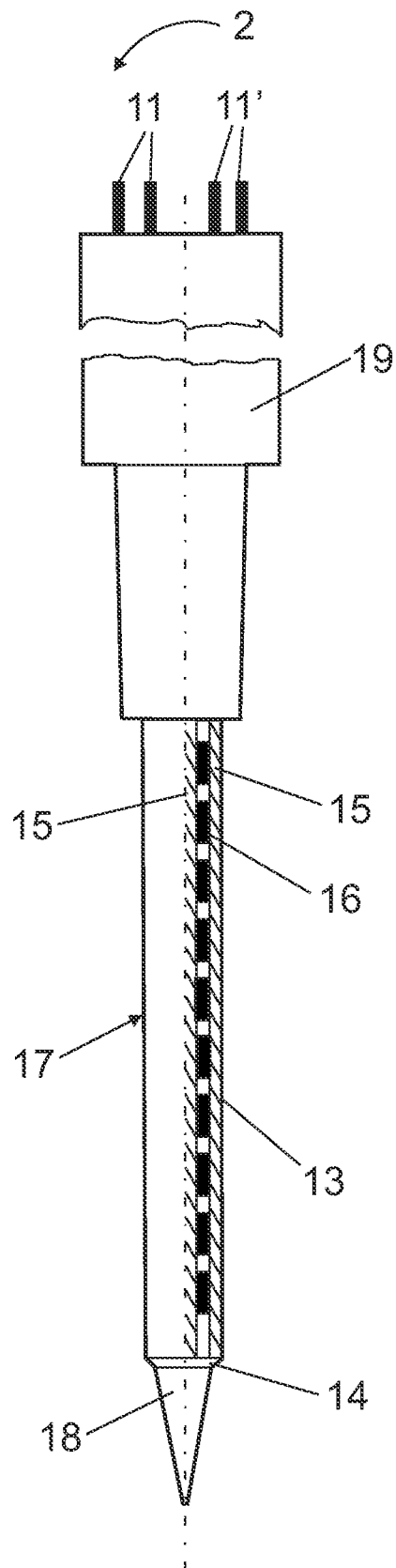


Fig. 2

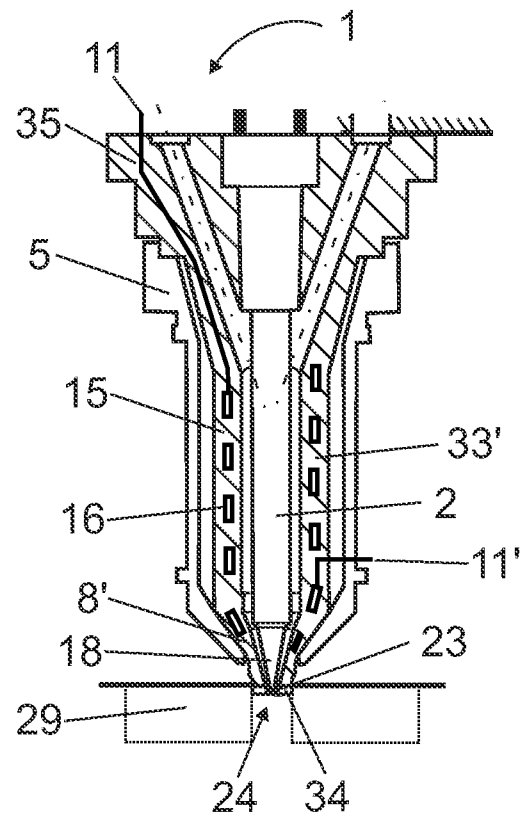


Fig. 3

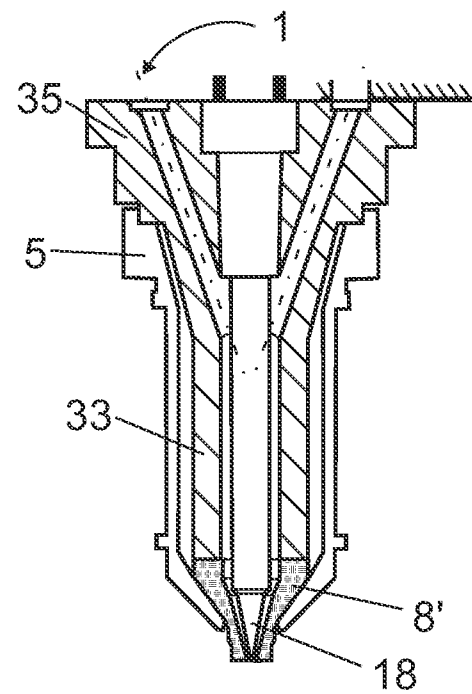


Fig. 4

4 / 4

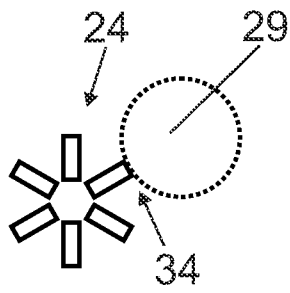


Fig. 5a

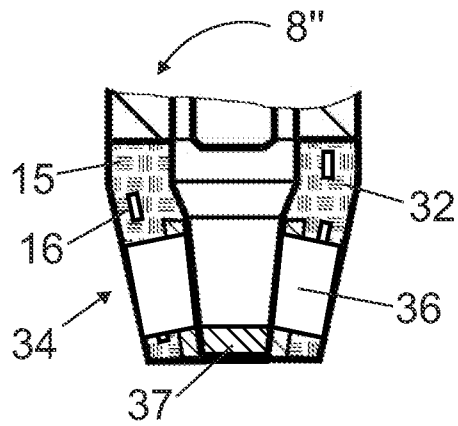


Fig. 5b

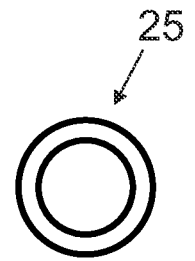


Fig. 6

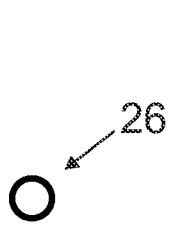


Fig. 7

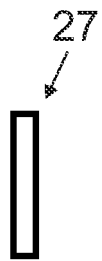


Fig. 8

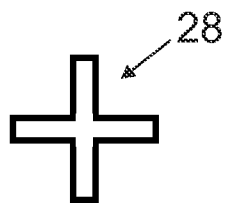


Fig. 9

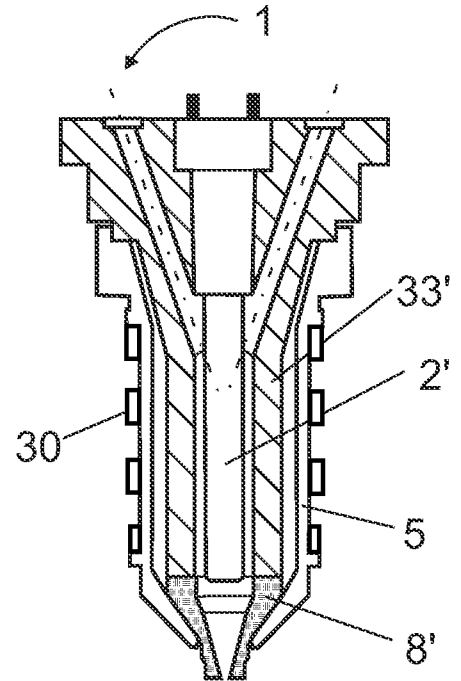


Fig. 10

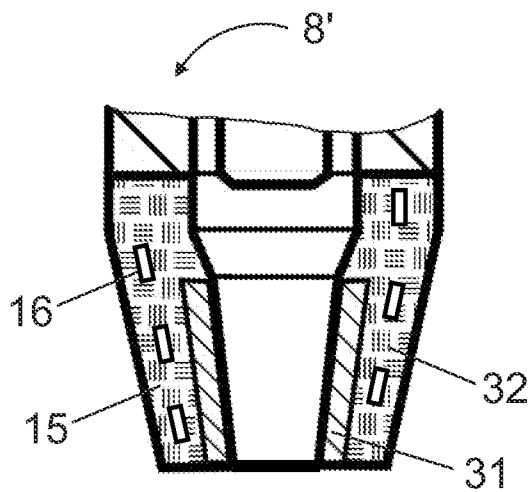


Fig. 11