

(19)



(11)

EP 2 393 619 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.04.2013 Patentblatt 2013/14

(51) Int Cl.:
B22D 17/00 ^(2006.01) **B22D 25/00** ^(2006.01)
B22D 17/10 ^(2006.01) **C22C 1/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10743166.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/062089

(22) Anmeldetag: **19.08.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/116838 (29.09.2011 Gazette 2011/39)

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON DRUCKGUSSTEILEN

METHOD FOR PRODUCING DIE-CAST PARTS

PROCÉDÉ DE FABRICATION DE PIÈCES MOULÉES SOUS PRESSION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **24.03.2010 EP 10157519**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.12.2011 Patentblatt 2011/50

(73) Patentinhaber: **Rheinfelden Alloys GmbH & Co.
KG
79618 Rheinfelden (DE)**

(72) Erfinder: **Franke, Rüdiger
79539 Lörrach (DE)**

(74) Vertreter: **Rentsch Partner AG
Rechtsanwälte und Patentanwälte
Fraumünsterstrasse 9
Postfach 2441
8022 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 0 590 402 EP-A1- 0 645 206
WO-A2-98/16334 CH-A- 278 575
DE-C1- 19 907 118 GB-A- 2 354 471
US-A1- 2001 023 755 US-A1- 2003 006 020
US-A1- 2003 201 088 US-B1- 7 509 993**

EP 2 393 619 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Druckgussteilen aus einer Aluminiumlegierung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Druckgussteile aus Aluminiumlegierungen finden u. a. in der Automobilindustrie aus Gründen einer zunehmend geforderten Gewichtsreduktion immer häufiger Anwendung. Aus giesstechnischen Gründen kann beispielsweise bei Knoten für Space Frame Strukturen mit konventionellen Druckgiessverfahren eine Gussteil-Wandstärke von etwa 2 mm in der Regel nicht unterschritten werden. Die Füllung der Druckgiessform mit teilsten Metallschmelzen durch Anwendung von Thixo- oder Rheocasting führt zu einer besseren Formfüllung und in der Folge zu einer möglichen weiteren Reduktion der Gussteil-Wanddicke auf etwa 1 mm. Mit abnehmender Wanddicke wird aber das verminderte Kraftaufnahmevermögen zunehmend zum limitierenden Faktor. Diesem Nachteil könnte an sich durch Zusatz von Nanopartikeln zu einer Aluminiumlegierungsmatrix begegnet werden. Jedoch mangelt es an geeigneten Verfahren zur kostengünstigen Herstellung von mit nanoskaligen Partikeln verstärkten Aluminiumlegierungen und deren Aufbereitung zu teilsten Metallschmelzen zum Druckgiessen.

[0003] Bei einem in US 2003/0201088 A1 offenbarten Verfahren wird eine Metallschmelze in flüssigem Zustand in ein Zylinderrohr eingefüllt, in welchem eine Druckstange coaxial angeordnet ist. Der Aussendurchmesser der Druckstange ist hierbei kleiner als der Innendurchmesser des Zylinderrohrs, so dass das flüssige Metall im Zwischenraum zwischen Zylinderrohr und Druckstange fliesst. Die Druckstange ist zur Ausführung einer axialen Hin- und Herbewegung und einer Rotation um ihre Längsachse vorgesehen. Eine die Druckstange umfangendes und an der Innenwand des Zylinderrohrs unter Überwindung eines Reibwiderstands gleitend verschiebbares Ventil unterteilt das Zylinderrohr in eine obere und in eine untere Kammer. Abhängig von der axialen Verschiebungsrichtung der Druckstange öffnet bzw. schliesst das Ventil und ermöglicht bzw. blockiert den Metallfluss zwischen der oberen und der unteren Kammer. Bei Vorwärtsbewegung der Druckstange bleibt das Ventil geschlossen und das Metall in der unteren Kammer des Zylinderrohrs wird durch eine Auslassöffnung in die Füllkammer einer Druckgiessmaschine gestossen. Mittels Heizelementen wird das Temperaturprofil der Metallschmelze im Zylinderrohr so gesteuert, dass sich eine teilsten Schmelze mit einem bestimmten Feststoffanteil einstellt. Von der Mantelfläche der Druckstange ragen Flügel radial ab. Die Flügel dienen einerseits der coaxialen Lagerung der Druckstange im Zylinderrohr, indem sich die Flügel an der Innenwand des Zylinderrohrs abstützen. Andererseits führen die Flügel durch die Rotation der Druckstange um ihre Längsachse zu einem Rühren der Metallschmelze mit dem Ziel einer gleichmässigen Temperaturverteilung im Metall.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchem kontinuierlich eine teilsten Aluminiumlegierungsschmelze kostengünstig bereitgestellt und zu Druckgussteilen weiterverarbeitet werden kann. Eine weitere Aufgabe der Erfindung liegt in der Schaffung eines Verfahrens zur Herstellung von mit Nanopartikeln verstärkten Druckgussteilen aus einer Aluminiumlegierung, mit welchem kontinuierlich eine teilsten Aluminiumlegierungsschmelze unter der Wirkung verfahrensty-
pischer

[0005] Scherkräfte mit einer hohen Fein-Dispersion von Nanopartikeln kostengünstig bereitgestellt und zu Druckgussteilen weiterverarbeitet werden kann.

[0006] Zur erfindungsgemässen Lösung der ersten Aufgabe führt ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Dabei bewirken die im teilerstarten Phasen-
zustand im Knetprozess vorhandenen hohen Scherkräfte ein ständiges Zerkleinern von sich bildenden Dendriten-
ästen, was zu einer erhöhten Duktilität der Druck-
gussteile führt. Die hohen Kompressionskräfte führen zudem zu einem höheren Wärmeübergang, was letztlich eine präzisere Einstellung des Festanteils in der Aluminiumlegierung ermöglicht.

[0007] Zur erfindungsgemässen Lösung der zweiten Aufgabe führt, dass zur Herstellung von mit Nanopartikeln verstärkten Druckgussteilen Nanopartikel in der Misch- und Knetmaschine mit der Aluminiumlegierung vermischt und durch hohe Scherkräfte in der Aluminiumlegierung fein dispergiert werden, wobei flüssige Aluminiumlegierung und Nanopartikel an einem Ende des Gehäuses dem Arbeitsraum zugeführt und am anderen Ende des Gehäuses dem Arbeitsraum als teilsten Aluminiumlegierung mit einem vorgegebenen Festanteil und mit in der Aluminiumlegierung fein dispergierten Nanopartikeln entnommen wird. Dabei bewirken die im teilerstarten Phasenzustand im Knetprozess vorhandenen hohen Scherkräfte neben dem Zerkleinern von sich bildenden Dendriten-
ästen und der damit erzielten höheren
Duktilität eine feine Dispersion der Nanopartikel, die für ihre festigkeitserhöhende Wirkung erforderlich ist.

[0008] Zweckmässigerweise ist der innere Gehäusemantel von einem äusseren Gehäusemantel unter Bildung eines vorzugsweise hohlzylinderförmigen Zwischenraumes umgeben und zum Abkühlen und Aufheizen des Arbeitsraumes werden kalte und/oder heisse Gase durch den Zwischenraum geleitet werden. Zum Abkühlen werden bevorzugt Luft, vorzugsweise Druckluft, und zum Aufheizen Heissgase, vorzugsweise Verbrennungsgase, durch den Zwischenraum geleitet.

[0009] Die Gase werden bevorzugt im Gegenstrom zur Transportrichtung der Aluminiumlegierung durch den Zwischenraum geleitet.

[0010] Der Festanteil der Aluminiumlegierung wird bevorzugt auf 40 bis 80 %, insbesondere auf mehr als 50 %, eingestellt.

[0011] Bei einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die teilsten Aluminium-

umlegierung dem Arbeitsraum als teilfester Metallstrang entnommen. Der kontinuierlich austretende, teilfeste Metallstrang wird in teilfeste Metallportionen unterteilt und die teilfesten Metallportionen werden in die Füllkammer der Druckgiessmaschine überführt werden.

[0012] Der Gewichtsanteil der Nanopartikel in der Legierung liegt bevorzugt zwischen etwa 0,1 bis 10 %. Geeignete, kostengünstige Nanopartikel bestehen bevorzugt aus pyrogener Kieselsäure, wie z. B. Aerosil®. Jedoch können auch andere Nanopartikel eingesetzt werden, wie z. B. die bekannten Kohlenstoffnanoröhrchen (carbon nanotubes, CNT), sowie weitere, beispielsweise nach dem bekannten Aerosil® -Verfahren hergestellte, nanoskalige Partikel aus Metall- und Halbmetalloxiden, wie z. B. Aluminiumoxid (Al_2O_3), Titandioxid (TiO_2), Zirkonoxid (ZrO_2), Antimon(III)oxid, Chrom(III)oxid, Eisen(III)oxid Germanium(IV)oxid, Vanadium(V)oxid oder Wolfram(VI)oxid.

[0013] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung, die lediglich zur Erläuterung dient und nicht einschränkend auszulegen ist. Die Zeichnung zeigt schematisch in

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Druckgiessmaschine mit vorangestellter Misch- und Knetmaschine;

Fig. 2 einen Längsschnitt durch einen Teil einer Misch- und Knetmaschine;

Fig. 3 einen Querschnitt durch die Misch- und Knetmaschine von Fig. 1;

Fig. 4 charakteristische Scher- und Dehnungsströmfelder in einer Produktmasse, ausgelöst durch einen sich an einem Knetbolzen vorbeibewegenden Knetflügel;

Fig. 5 die kontinuierliche Herstellung von teilfestem Vormaterial zum Druckgiessen mit einer Anordnung gemäss Fig. 1.

[0014] Ein in Fig. 1 gezeigte Anlage zum Druckgiessen von optional mit Nanopartikeln verstärkten Druckgussteilen aus einer Aluminiumlegierung weist eine Druckgiessmaschine 10 und eine der Druckgiessmaschine 10 vorangestellte Misch- und Knetmaschine 30 auf.

[0015] Die in der Zeichnung nur teilweise wiedergegebene Druckgiessmaschine 10 ist eine handelsübliche Maschine zum konventionellen Druckgiessen von Aluminiumlegierungen und weist u. a. eine mit einer feststehenden Seite 18 einer Giessform verbundene Füllkammer 12 mit einer Öffnung 16 zur Aufnahme des mittels eins Kolbens 20 aus der Füllkammer 12 auszustossenden und in einen Formhohlraum 14 der Giessform einzuschliessenden Metalls auf.

[0016] Die Misch- und Knetmaschine 30 ist in den Fig. 2 und 3 detailliert dargestellt. Der grundsätzliche Aufbau einer derartigen Misch- und Knetmaschine ist beispielsweise aus der CH-A- 278 575 bekannt. Die Misch- und Knetmaschine 30 weist ein Gehäuse 31 mit einem von einem inneren Gehäusemantel 32 umschlossenen Arbeitsraum 34 auf, in welchem eine im inneren Gehäusemantel 32 um eine Längsachse x rotierende und sich translatorisch in der Längsachse x hin und her bewegendes Schneckenwelle 36 angeordnet ist. Die Schneckenwelle 36 ist in Umfangrichtung unter Bildung einzelner Knetflügel 38 unterbrochen. Auf diese Weise entstehen zwischen den einzelnen Knetflügeln 38 axiale Durchtrittsöffnungen 40. Von der Innenseite des inneren Gehäusemantels 32 ragen Knetbolzen 42 in den Arbeitsraum 34 hinein. Die gehäuseseitigen Knetbolzen 42 greifen in die axialen Durchtrittsöffnungen 40 der auf der Haupt- oder Schneckenwelle 36 angeordneten Knetflügel 38 ein. Eine konzentrisch zur Schneckenwelle 36 angeordnete Antriebswelle 44 ist stirnseitig aus dem inneren Gehäusemantel 32 herausgeführt und mit einer in der Zeichnung nicht dargestellten Antriebseinheit zur Ausführung einer Rotationsbewegung der Schneckenwelle 36 verbunden. In der Zeichnung ebenfalls nicht dargestellt ist eine mit der Schneckenwelle 36 zusammenwirkende Einrichtung zur Ausführung der translatorischen Bewegung der Schneckenwelle 36.

[0017] Der den Arbeitsraum 34 begrenzende, zylindrische innere Gehäusemantel 32 der Misch- und Knetmaschine 30 ist von einem zylindrischen äusseren Gehäusemantel 46 umgeben. Der innere Gehäusemantel 32 und der äussere Gehäusemantel 46 bilden einen Doppelmantel und schliessen dabei einen hohlzylinderförmigen Zwischenraum 48 ein.

[0018] An dem der Antriebseite der Schneckenwelle 36 nahen Ende des Gehäuses 31 ist eine Einfüllöffnung 50 zur Zuführung von flüssiger Aluminiumlegierung und optional von Nanopartikeln in den Arbeitsraum 34 vorgesehen. Obschon in der Zeichnung nur eine Einfüllöffnung 50 gezeigt ist, können für die Aluminiumlegierung und für die Nanopartikel zwei separate Einfüllöffnungen vorgesehen sein. Grundsätzlich ist es auch möglich, die Nanopartikel der flüssigen Aluminiumlegierung bereits vor dem Einfüllen des Metalls in die Knet- und Mischmaschine 30 beizumischen. An dem der Antriebseite der Schneckenwelle 36 fernen Ende des inneren Gehäusemantels 32 ist eine Auslassöffnung 52 zur Entnahme von teilfester Aluminiumlegierung mit optional in dieser dispergierten Nanopartikeln vorgesehen.

[0019] An dem der Antriebseite der Schneckenwelle 36 fernen Ende des Gehäuses 31 sind im äusseren Gehäusemantel 46 Einlassöffnungen 54, 56 zum Einleiten von kalten bzw. heissen Gasen in den Zwischenraum 48 vorgesehen. Entsprechend sind an dem der Antriebseite der Schneckenwelle 36 nahen Ende des Gehäuses 31 Austrittsöffnungen 58, 60 für den Austritt der Gase aus dem Zwischenraum 48 vorgesehen. Um einen maximalen und über den Umfang des inneren Gehäusemantels

32 gleichmässigen verteilten Gasdurchfluss von den Einlassöffnungen 54, 56 zu den Austrittsöffnungen 58, 60 und damit einen gleichmässigen Wärmeaustrag aus dem Arbeitsraum 34 bzw. einen gleichmässigen Wärmeeintrag in den Arbeitsraum 34 zu gewährleisten, sind die Ein- und Auslassöffnungen 54, 56 bzw. 58, 60 gemäss Fig. 3 gleichmässig um den Umfang des äusseren Gehäusemantels 46 verteilt angeordnet.

[0020] Fig. 4 zeigt in schematischer Darstellung charakteristische Scher- und Dehnungsströmfelder in einer Produktmasse P, wie sie bei einer nach dem Stand der Technik ausgebildeten Misch- und Knetmaschine 30 durch einen sich an einem Knetbolzen 42 vorbeibewegenden Knetflügel 38 auftreten. Die Drehrichtung des Knetflügels 38 ist durch einen gekrümmten Pfeil A schematisch angedeutet, während die translatorische Bewegung des Knetflügels 38 durch einen Doppelpfeil B angedeutet ist. Durch die Drehbewegung des Knetflügels 38 teilt dessen Spitze die Produktmasse P auf, wie dies durch Pfeile C, D angedeutet ist. Zwischen dem Knetbolzen 42 und der dem Knetbolzen 42 zugewandten Hauptfläche 39 des Knetflügels 38 und dem sich daran vorbeibewegenden Knetflügel 38 besteht ein Spalt 41, dessen Breite durch die Drehung und translatorische Bewegung der Schneckenwelle 36 variiert. In diesem Spalt 41 wird ein Schervorgang in der Produktmasse P bewirkt, was durch Pfeile E angedeutet ist. Sowohl vor wie auch hinter dem Knetbolzen 42 entspannt und reorientiert sich die Produktmasse P, wie dies durch Rotationspfeile F, G angedeutet ist. Wie bereits eingangs ausgeführt, entsteht pro Scherzyklus durch die sinusförmige Axialbewegung des jeweiligen Knetflügels 38 an einer Linie eine maximale Annäherung von Knetflügel 38 und Knetbolzen 42 und damit eine maximale Schergeschwindigkeit in der Produktmasse P.

[0021] Nachfolgend wird anhand der Fig. 1 und 2 die Funktionsweise der Anlage zum Druckgiessen von optional mit Nanopartikeln verstärkten Druckgussteilen aus einer Aluminiumlegierung beispielhaft näher erläutert.

[0022] Eine knapp über der Liquidustemperatur der Legierung gehaltene Aluminiumlegierungsschmelze wird allein oder zusammen mit Nanopartikeln über die Einfüllöffnung 50 dosiert dem Arbeitsraum 34 zugeführt. Durch die Quetschung der teilerstarrten Aluminiumlegierung mit Nanopartikeln zwischen den Knetflügeln 38 und den Knetbolzen 42 werden hohe Scherkräfte aufgebracht, die sowohl zum Zerkleinern von Dendritenästen führen als auch eine Feindispersion der in der Form von Agglomeraten vorliegenden Nanopartikel bewirken. Ein effizientes, homogenisierendes Mischen ergibt sich aus der Überlagerung von Radial- und Längsmischeffekt. Durch Regelung des Gasflusses kalter und heisser Gase durch den Zwischenraum 48 zwischen innerem Gehäusmantel 32 und äusserem Gehäusemantel 46 wird der Festanteil der Aluminiumlegierung im Arbeitsraum 34 so eingestellt, dass dieser bei der Entnahme des Metalls durch die Auslassöffnung 52 im gewünschten Bereich liegt.

[0023] Die Einstellung des gewünschten Festanteils der Aluminiumlegierung erfolgt durch Messung der Änderung der Viskosität der Metallschmelze in der Knet- und Mischmaschine 30. Die mit zunehmendem Festanteil der teilfesten Aluminiumlegierung ansteigende Viskosität lässt sich beispielsweise durch die Messung des Drehwiderstands an der Antriebswelle 44 der Schneckenwelle 36 erfassen. Durch die Bestimmung des Drehwiderstands für definierte Festanteile lassen sich entsprechende Sollwerte festlegen, auf welche gemessene Istwerte durch Steuerung des Durchflusses kalter und heisser Gase durch den Zwischenraum 48 zwischen innerem und äusserem Gehäusemantel 32, 46 geregelt werden.

[0024] Die den gewünschten Festanteil aufweisende und optional fein dispergierte Nanopartikel enthaltende Aluminiumlegierung wird über die Einfüllöffnung 16 in die Füllkammer 12 der Druckgiessmaschine 10 gegeben und aus dieser taktweise mittels des Kolbens 20 in bekannter Art aus der Füllkammer 12 in den Formhohlraum 14 der Giessform eingeschossen.

[0025] Anhand von Fig. 5 wird nachfolgend die kontinuierliche Herstellung von teilfestem, stangenförmigem Vormaterial zum Druckgiessen von optional mit Nanopartikeln verstärkten Druckgussteilen aus einer Aluminiumlegierung beispielhaft näher erläutert. Die vorstehend anhand der Fig. 1 und 2 erläuterte Funktionsweise wird beibehalten.

[0026] Die den gewünschten Festanteil aufweisende und optional fein dispergierte Nanopartikel enthaltende Aluminiumlegierung wird kontinuierlich über die Auslassöffnung 52 in der Form eines teilfesten Metallstranges 70 ausgestossen. Vom teilfesten Metallstrang 70 werden, beispielsweise mit einem mitlaufenden Messer, teilfeste Metallportionen 72 abgelängt. Die teilfesten Metallportionen 72 entsprechen üblicherweise jeweils der zur Herstellung eines einzelnen Druckgussteils benötigten Metallmenge und werden für jeden Schuss einzeln in die Füllkammer 12 der Druckgiessmaschine 10 überführt und aus dieser taktweise mittels des Kolbens 20 in bekannter Art aus der Füllkammer 12 in den Formhohlraum 14 der Giessform eingeschossen.

[0027] Üblicherweise verlässt der teilfeste Metallstrang 70 die Misch- und Knetmaschine 30 in Richtung der Längsachse x der Schneckenwelle 36 in horizontaler Richtung, jedoch ist auch eine andere, z. B. vertikale, Austrittsrichtung denkbar. Der Querschnitt des Metallstranges 70 richtet sich nach dem Querschnitt der Auslassöffnung 52 und ist üblicherweise kreisrund. Die teilfesten Metallportionen 72 können beispielsweise mit einer Zange ergriffen und in die Füllkammer 12 der Druckgiessmaschine 10 überführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Druckgussteilen aus einer Aluminiumlegierung, wobei die Aluminiumle-

gierung eine Maschine mit einem Gehäuse (31) mit einem von einem inneren Gehäusemantel (32) umschlossenen Arbeitsraum (34) und einer im inneren Gehäusemantel (32) um eine Längsachse (x) rotierenden und sich translatorisch in der Längsachse (x) hin und her bewegendes Welle mit Flügeln durchläuft, wobei flüssige Aluminiumlegierung an einem Ende des Gehäuses (31) dem Arbeitsraum (34) zugeführt und am anderen Ende des Gehäuses (31) dem Arbeitsraum (34) als teilfeste Aluminiumlegierung mit einem vorgegebenen Festanteil entnommen, in eine Füllkammer (12) einer Druckgiessmaschine (10) überführt und mittels eines Kolbens (20) in eine Giessform eingestossen wird, wobei der Festanteil der Aluminiumlegierung im Arbeitsraum (34) durch gezieltes Abkühlen und Aufheizen des Arbeitsraumes (34) auf den vorgegebenen Festanteil eingestellt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Aluminiumlegierung in einer Misch- und Knetmaschine (30) mit einer in Umfangrichtung unter Bildung einzelner Knetflügel (38) mit axialen Durchtrittsöffnungen (40) zwischen den Knetflügeln (38) unterbrochenen Schneckenwelle (36) und mit am inneren Gehäusemantel (32) befestigten, in den Arbeitsraum (34) hineinragenden und in die axialen Durchtrittsöffnungen (40) eingreifenden Knetbolzen (42) hohen Scherkräften ausgesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere Gehäusemantel (32) von einem äusseren Gehäusemantel (46) unter Bildung eines vorzugsweise hohlzylinderförmigen Zwischenraumes (48) umgeben ist und zum Abkühlen und Aufheizen des Arbeitsraumes (34) kalte und/oder heisse Gase durch den Zwischenraum (48) geleitet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Abkühlen Luft, vorzugsweise Druckluft, und zum Aufheizen Heissgase, vorzugsweise Verbrennungsgase, durch den Zwischenraum (48) geleitet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gase im Gegenstrom zur Transportrichtung der Aluminiumlegierung durch den Zwischenraum (48) geleitet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Einstellung eines gewünschten Festanteils die Viskosität der Aluminiumlegierung im Arbeitsraum (34) gemessen und durch gezieltes Abkühlen und Aufheizen des Arbeitsraumes (34) auf einen vorgegebenen Wert eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **da-**

durch gekennzeichnet, dass der Festanteil der Aluminiumlegierung auf 40 bis 80 %, vorzugsweise auf mehr als 50 %, eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die teilfeste Aluminiumlegierung dem Arbeitsraum (34) als teilfester Metallstrang (70) entnommen, der teilfeste Metallstrang (70) in teilfeste Metallportionen (72) unterteilt und die teilfesten Metallportionen (72) in die Füllkammer (12) der Druckgiessmaschine (10) überführt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstellung von mit Nanopartikeln verstärkten Druckgussteilen Nanopartikel in der Misch- und Knetmaschine (30) mit der Aluminiumlegierung vermischt und durch hohe Scherkräfte in der Aluminiumlegierung fein dispergiert werden, wobei flüssige Aluminiumlegierung und Nanopartikel an einem Ende des Gehäuses (31) dem Arbeitsraum (34) zugeführt und am anderen Ende des Gehäuses (31) dem Arbeitsraum (34) als teilfeste Aluminiumlegierung mit einem vorgegebenen Festanteil und mit in der Aluminiumlegierung fein dispergierten Nanopartikeln entnommen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Volumenanteil der Nanopartikel in der Legierung 0,1 bis 10 % beträgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Nanopartikel pyrogene Kieselsäure, Kohlenstoffröhrchen (carbon nanotubes, CNT), sowie weitere, nanoskalige Partikel aus Metall- und Halbmetalloxiden, wie z. B. Aluminiumoxid (Al_2O_3), Titandioxid (TiO_2), Zirkonoxid (ZrO_2), Antimon(III)oxid, Chrom(III)oxid, Eisen(III)oxid, Germanium(IV)oxid, Vanadium(V)oxid oder Wolfram(VI)oxid, verwendet werden.

Claims

1. A process for producing die-cast parts made of an aluminum alloy, wherein the aluminum alloy runs through a machine, having a housing (31) with a working space (34), which is surrounded by an inner housing sleeve (32), and a worm shaft (36), which rotates about a longitudinal axis (x) and moves back and forth translationally in the longitudinal axis (x) in the inner housing sleeve (32) and is provided with blades, wherein liquid aluminum alloy is fed to the working space (34) at one end of the housing (31) and, at the other end of the housing (31), is removed from the working space (34) as partially solid aluminum alloy with a predefined solids content, is transferred into a filling chamber (12) of a die-casting machine (10) and is introduced into a casting mold by

means of a piston (20), wherein the solids content of the aluminum alloy in the working space (34) is set to the predefined solids content by cooling and heating the working space (34) in a targeted manner, **characterized in that**

the aluminum alloy is exposed to high shearing forces in a mixing and kneading machine (30) with a worm shaft (36) interrupted in the circumferential direction such that individual kneading blades (38) are formed and with axial through openings (40) in between the kneading blades (38) and kneading bolts (42), which are fastened to the inner housing sleeve (32) and protrude into the working space (34).

2. The process as claimed in claim 1, **characterized in that** the inner housing sleeve (32) is surrounded by an outer housing sleeve (46) such that an intermediate space (48) preferably in the form of a hollow cylinder is formed, and cold and/or hot gases are conducted through the intermediate space (48) for cooling and heating the working space (34).

3. The process as claimed in claim 2, **characterized in that** air, preferably compressed air, is conducted through the intermediate space (48) for cooling, and hot gases, preferably combustion gases, are conducted through the intermediate space (48) for heating.

4. The process as claimed in claim 2 or 3, **characterized in that** the gases are conducted through the intermediate space (48) in countercurrent to the direction in which the aluminum alloy is transported.

5. The process as claimed in one of claims 1 to 4, **characterized in that**, in order to set a desired solids content, the viscosity of the aluminum alloy in the working space (34) is measured and set to a predefined value by cooling and heating the working space (34) in a targeted manner.

6. The process as claimed in one of claims 1 to 5, **characterized in that** the solids content of the aluminum alloy is set to 40 to 80%, preferably to more than 50%.

7. The process as claimed in one of claims 1 to 6, **characterized in that** the partially solid aluminum alloy is removed from the working space (34) as a partially solid metal strand (70), the partially solid metal strand (70) is split into partially solid metal portions (72) and the partially solid metal portions (72) are transferred into the filling chamber (12) of the die-casting machine (10).

8. The process as claimed in one of claims 1 to 7, **characterized in that**, in order to produce die-cast parts reinforced with nanoparticles, nanoparticles are mixed with the aluminum alloy and finely dispersed

in the aluminum alloy by high shearing forces in the mixing and kneading machine (30), wherein liquid aluminum alloy and nanoparticles are fed to the working space (34) at one end of the housing (31) and, at the other end of the housing (31), are removed from the working space (34) as partially solid aluminum alloy with a predefined solids content and with nanoparticles finely dispersed in the aluminum alloy.

9. The process as claimed in claim 8, **characterized in that** the content of the nanoparticles in the alloy is 0.1 to 10% by volume.

10. The process as claimed in claim 9, **characterized in that** the nanoparticles used are fumed silica, carbon nanotubes (CNT) and also further, nanoscale particles of metal and semimetal oxides, such as e.g. aluminum oxide (Al_2O_3), titanium dioxide (TiO_2), zirconium oxide (ZrO_2), antimony(III) oxide, chromium(III) oxide, iron(III) oxide, germanium(IV) oxide, vanadium(V) oxide or tungsten(VI) oxide.

Revendications

1. Procédé de fabrication de pièces moulées sous pression en un alliage d'aluminium, dans lequel l'alliage d'aluminium traverse une machine comportant une enceinte (31) avec une chambre de travail (34) entourée par une enveloppe d'enceinte intérieure (32) et avec un arbre muni d'ailettes tournant autour d'un axe longitudinal (x) dans l'enveloppe d'enceinte intérieure (32) et se déplaçant en translation alternée selon l'axe longitudinal (x), dans lequel on introduit l'alliage d'aluminium liquide dans la chambre de travail (34) à une extrémité de l'enceinte (31) et on le prélève hors de la chambre de travail (34) à l'autre extrémité de l'enceinte (31) sous la forme d'un alliage d'aluminium partiellement solide avec une proportion de solide prédéterminée, on le transfère dans une chambre de remplissage (12) d'une machine de coulée sous pression (10) et on le refoule dans un moule de coulée au moyen d'un piston (20), dans lequel on règle la proportion de solide de l'alliage d'aluminium à la proportion de solide prédéterminée dans la chambre de travail (34) par un refroidissement et un chauffage ciblés de la chambre de travail (34), **caractérisé en ce que** l'on soumet l'alliage d'aluminium à des forces de cisaillement élevées dans une machine de mélange et de pétrissage (30) avec un arbre à vis sans fin (36) interrompu en direction périphérique en formant des ailettes de pétrissage individuelles (38) avec des ouvertures de passage (40) entre les ailettes de pétrissage (38) et avec des plots de pétrissage (42) fixés à l'enveloppe d'enceinte intérieure (32), pénétrant dans la chambre de travail (34) et s'engageant dans les ouvertures

res de passage axiales (40).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'enveloppe d'enceinte intérieure (32) est entourée par une enveloppe d'enceinte extérieure (46) en formant une chambre intermédiaire (48) de préférence cylindrique creuse et on conduit des gaz froids et/ou chauds à travers la chambre intermédiaire (48) pour refroidir et chauffer la chambre de travail (34). 5
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'on conduit pour le refroidissement de l'air, de préférence de l'air comprimé, et pour le chauffage des gaz chauds, de préférence des gaz de combustion, à travers la chambre intermédiaire (48). 10
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'on conduit les gaz à travers la chambre intermédiaire (48) à contre-courant par rapport à la direction de transport de l'alliage d'aluminium. 15
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que**, pour le réglage d'une proportion de solide désirée, on mesure la viscosité de l'alliage d'aluminium dans la chambre de travail (34) et on la règle à une valeur prédéterminée par un refroidissement et un chauffage ciblés de la chambre de travail (34). 20
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'on règle la proportion de solide de l'alliage d'aluminium à 40 à 80 %, de préférence à plus de 50 %. 25
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'on prélève l'alliage d'aluminium partiellement solide hors de la chambre de travail (34) sous la forme d'une barre métallique partiellement solide (70), on divise la barre métallique partiellement solide (70) en portions métalliques partiellement solides (72) et on transfère les portions métalliques partiellement solides (72) dans la chambre de remplissage (12) de la machine de coulée sous pression (10). 30
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que**, pour la fabrication de pièces moulées sous pression renforcées par des nanoparticules, on mélange des nanoparticules avec l'alliage d'aluminium dans la machine de mélange et de pétrissage (30) et on les disperse finement dans l'alliage d'aluminium à l'aide de forces de cisaillement élevées, dans lequel on introduit l'alliage d'aluminium liquide et des nanoparticules dans la chambre de travail (34) à une extrémité de l'enceinte (31) et on les prélève hors de la chambre de travail (34) à l'autre extrémité de l'enceinte (31) sous la forme d'un alliage d'aluminium partiellement soli- 35

de avec une proportion de solide prédéterminée et avec des nanoparticules finement dispersées dans l'alliage d'aluminium.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la part en volume des nanoparticules dans l'alliage vaut 0,1 à 10 %. 40
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme nanoparticules l'acide silicique pyrogène, des nanotubes de carbone (carbon nanotubes, CNT), ainsi que d'autres particules nanométriques d'oxydes de métaux et de métalloïdes, comme par exemple l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3), le dioxyde de titane (TiO_2), l'oxyde de zirconium (ZrO_2), l'oxyde d'antimoine(III), l'oxyde de chrome (III), l'oxyde de fer(III), l'oxyde de germanium(IV), l'oxyde de vanadium(V) ou l'oxyde de tungstène(VI). 45

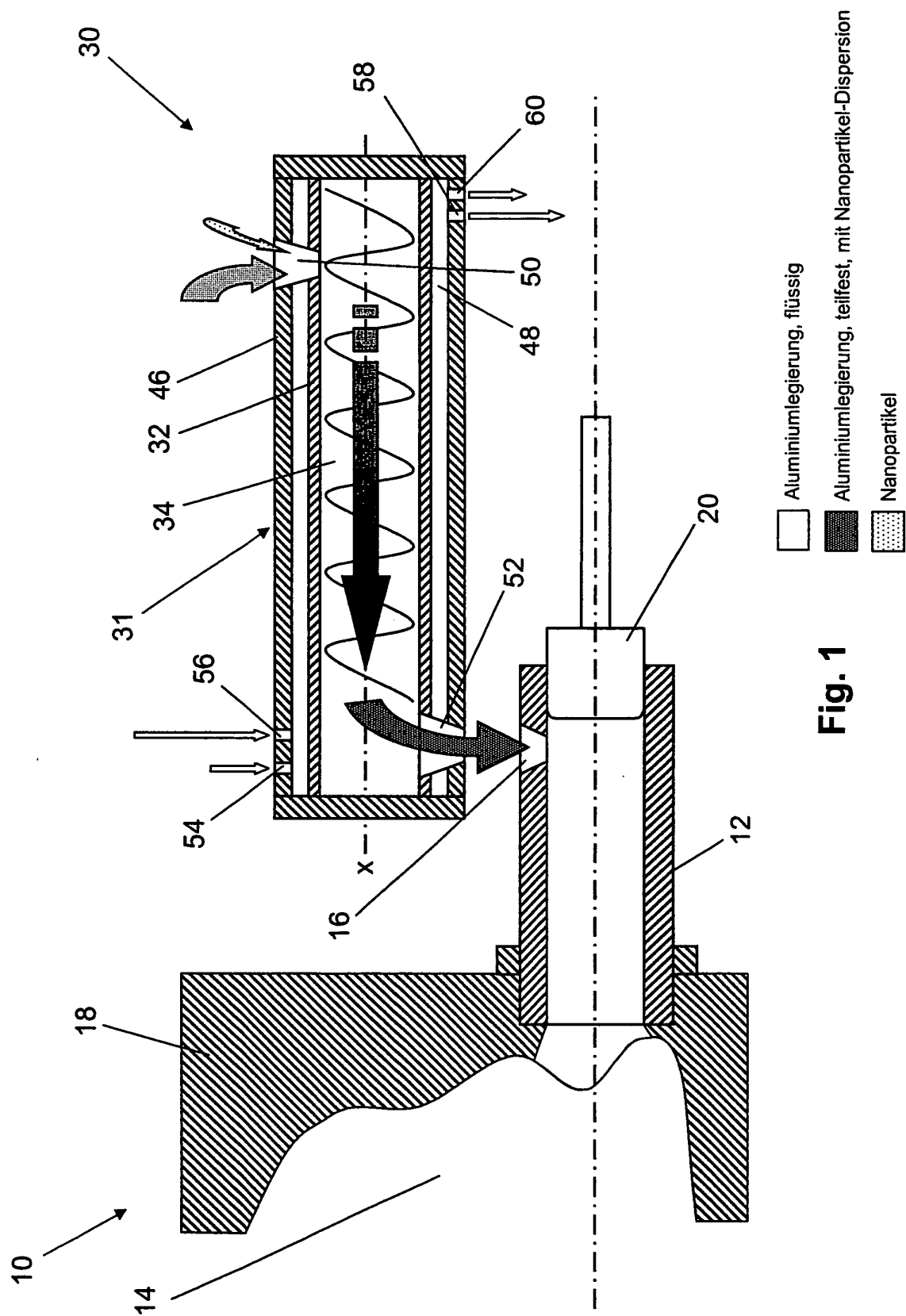


Fig. 1

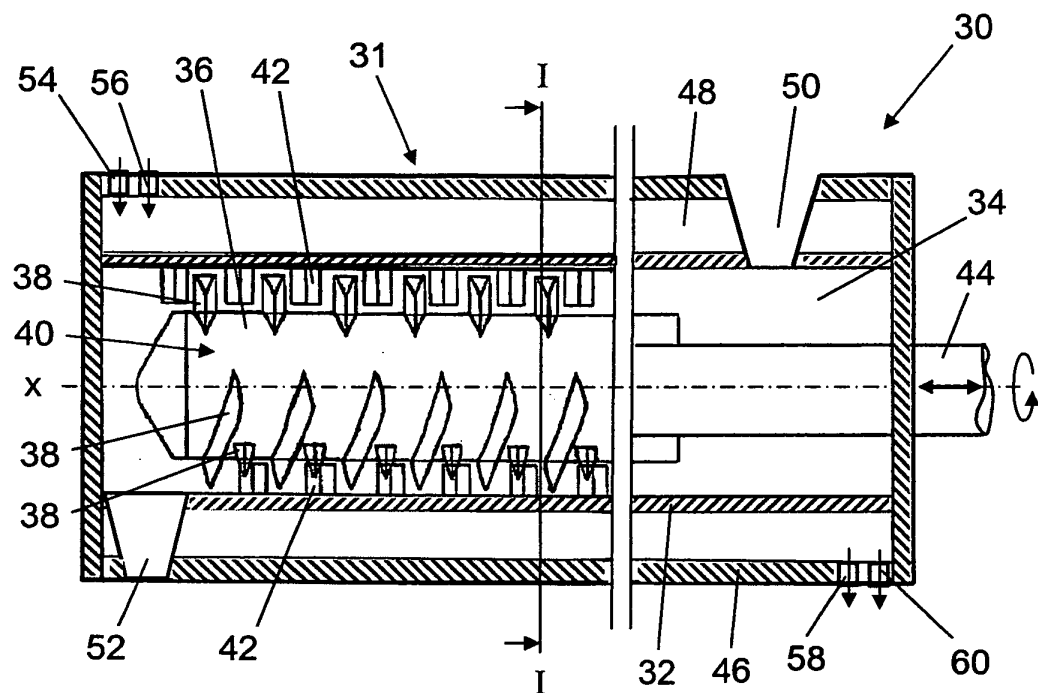


Fig. 2

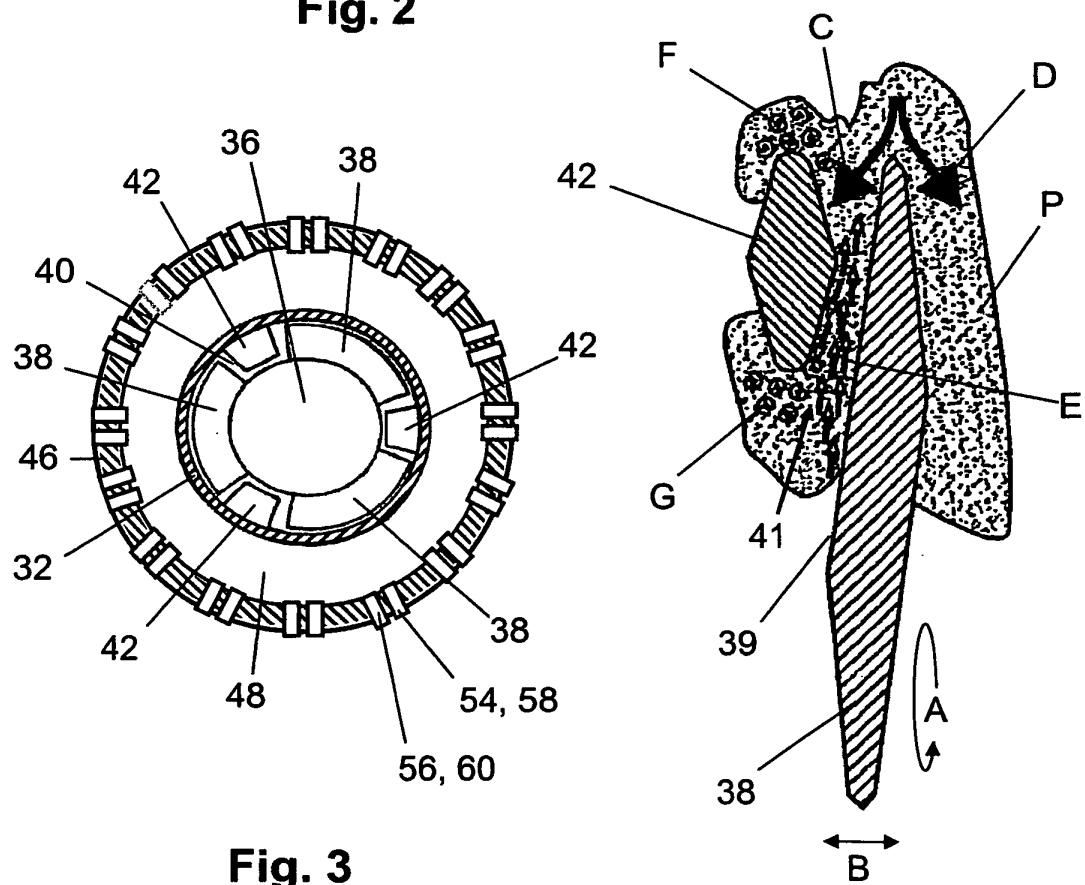


Fig. 3

Fig. 4

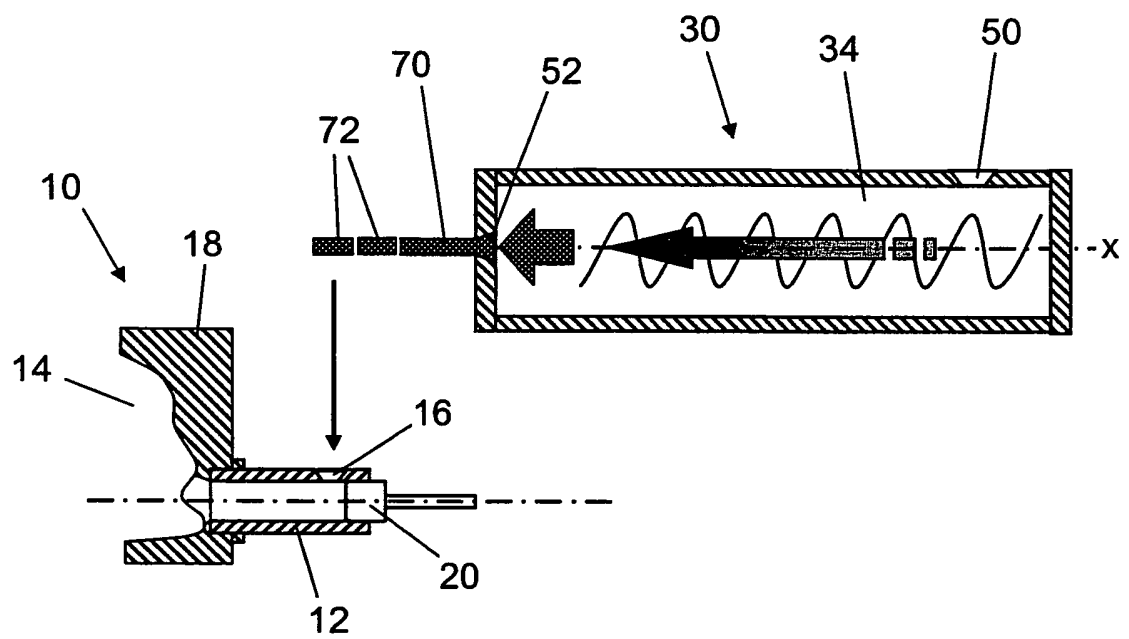


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20030201088 A1 [0003]
- CH 278575 A [0016]