

(19)



(11)

EP 3 322 547 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.01.2019 Patentblatt 2019/05

(51) Int Cl.:
B22C 9/10 (2006.01) B22C 9/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16744851.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/IB2016/000999

(22) Anmeldetag: **14.07.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/009708 (19.01.2017 Gazette 2017/03)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES GIESSKERNS UND GIESSKERN**

METHOD FOR PRODUCING A CASTING CORE, AND A CASTING CORE

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN NOYAU DE COULÉE ET NOYAU DE COULÉE

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

(72) Erfinder:
 • **TEWES, Sebastian**
52072 Aachen (DE)
 • **FEIKUS, Franz-Josef**
53123 Bonn (DE)

(30) Priorität: **14.07.2015 DE 102015111418**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- & Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.05.2018 Patentblatt 2018/21

(73) Patentinhaber: **Nemak, S.A.B. de C.V.**
66000 García, Nuevo León (MX)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102008 023 336 DE-U1- 29 717 661

EP 3 322 547 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 zum Herstellen eines Gießkerns für die gießtechnische Herstellung eines Gussteils sowie einen Gießkern als solchen. Dabei besteht der Gießkern jeweils aus einem Formstoff, der aus einem Binder und einem Formsand sowie optional zugegebenen Additiven gemischt ist.

[0002] Gießkerne der hier in Rede stehenden Art werden typischerweise für die gießtechnische Herstellung von Gussteilen aus einer Metallschmelze verwendet. Sie werden als "verlorene Teile" bezeichnet, da sie zerstört werden, wenn das Gussteil aus der jeweiligen Gießform entformt wird.

[0003] Wie beispielsweise in der DE 102 09 183 A1 beschrieben, wird zur Herstellung eines Gusstücks Metallschmelze in den von der jeweiligen Gießform umschlossenen Formhohlraum abgegossen. Nach oder im Zuge der Erstarrung der Metallschmelze zu dem Gusstück wird die Gießform von dem Gusstück getrennt.

[0004] Üblicherweise umfasst eine Gießform mehrere Gießkerne. Diese bilden innerhalb des Gussteils Hohlräume, Kanäle und sonstige Ausnehmungen ab. Bei Gießformen, die als so genanntes "Kernpaket" zusammengesetzt sind, formen sie jedoch auch die Außenkontur des Gussteils ab.

[0005] Die Gießkerne werden in Formwerkzeugen, so genannten "Kernschießmaschinen" hergestellt, die einen in eine obere und eine untere Kernkastenhälfte geteilten Kernkasten umfassen. Der Kernkasten umgrenzt mit seinen Kernkastenhälften einen den herzustellenden Gießkern abbildenden Formhohlraum. In diesen Formhohlraum wird bei geschlossenem Kernkasten mit Druck ein Formstoff geschossen. Dieser Vorgang wird als "Kernschießen" bezeichnet. Anschließend erfolgt das Aushärten des Gießkerns im Kernkasten. Dann wird der Kernkasten durch eine Bewegung mindestens einer der Kernkastenhälften geöffnet, um den Gießkern zu entnehmen. Sofern ihre Größe dies zulässt, werden in der industriellen Massenfertigung in der Regel mehrere Gießkerne gleichzeitig in einem Kernkasten abgeformt.

[0006] Für die Herstellung von Gießkernen der in Rede stehenden Art verwendete Formstoffe sind üblicherweise aus einem Formgrundstoff, beispielsweise einem anorganischen, feuerfesten Formsand, und einem Binder gemischt. In der Praxis werden hierzu anorganische oder organische Binder eingesetzt. Bei der Verwendung anorganischer Binder erfolgt die Aushärtung des Formstoffs im Kernkasten durch Wärmezufuhr und Feuchtigkeitsentzug ("Hot-Box-Verfahren"), wogegen bei Verwendung organischer Binder die Kerne im Formwerkzeug mit einem Reaktionsgas begast werden, um durch eine chemische Reaktion des Binders mit dem Reaktionsgas die Verfestigung zu bewirken ("Cold-Box-Verfahren"). Sowohl auf anorganischen als auch auf organischen Bindersystemen beruhende Formstoffe sind im Markt in vielfältiger Ausführung erhältlich. Dabei enthalten solche Formstoffe erforderlichenfalls Additive, um ih-

re Eigenschaften insbesondere im Hinblick auf Lagerfähigkeit, Fließverhalten etc. einzustellen.

[0007] Mit den bekannten, beispielsweise in der schon erwähnten DE 102 09 183 A1 beschriebenen und marktüblichen Formstoffen ist es möglich, filigran geformte, d.h. geringe Durchmesser, langgestreckte dünne Abschnitte und ebenso fein geformte Verästelungen aufweisende Gießkerne herzustellen, deren Formstabilität ausreicht, um von der Gießkernherstellung zum Formenbau transportiert zu werden, in der jeweiligen Gießform sicher zu halten und auch die beim Abgießen der Schmelze auftretenden Belastungen aufzunehmen. Jedoch bringen es die Art ihrer Herstellung und des zu ihrer Herstellung verwendeten Formstoffs mit sich, dass die Gießkerne im hohen Maße spröde und dementsprechend bruchempfindlich sind.

[0008] Die voranstehend beschriebene, in der industriellen Massenfertigung übliche Vorgehensweise und auf dem Einsatz wiederverwendbarer Formen beruhende Art und Weise der Herstellung bringt einige Beschränkungen bei der Formgebung der Gießkerne mit sich. So müssen im Formhohlraum des Kernkastens Ausformschrägen vorgesehen sein, um eine betriebs sichere, zerstörungsfreie Entnahme des fertigen Gießkerns aus dem Kernkasten zu ermöglichen. Bei Verwendung eines in der betrieblichen Praxis üblichen zweigeteilten Kernkastens können die Gießkerne keine Hinterschnidungen aufweisen, die das Entformen behindern würden. Sollen dennoch Gießkerne mit derartigen Hinterschnidungen hergestellt werden, müssen mehrteilige Kernkastenkonstruktionen verwendet werden, die einen hohen technischen Aufwand und einen entsprechend hohen Investitionseinsatz erfordern.

[0009] Um bei der bekannten Gießkernfertigung Hinterschnitte abbilden zu können, werden so genannte "Losteile" verwendet (s. Giesserei Lexikon, 19. Auflage, 2007, Fachverlag Schiele & Schön, Stichworte "Losteil" / "Ansteckteil"). Diese werden in den Kernkasten eingesetzt, dann mit Formstoff umschlossen und mit dem Gießkern aus dem Kernkasten entnommen. Aufgrund des durch die jeweils abzubildende Hinterschnidung bedingten Ineinandergreifens von Losteil und Formstoff des Gießkerns können die Losteile erst nach der Entnahme aus dem Gießkern gezogen werden. Neben den mit ihrer Verwendung einhergehenden zusätzlichen Arbeitsgängen haben solche Losteile aus produktionstechnischer Sicht in der Serienfertigung den Nachteil, dass sehr viele Losteile im Umlauf sein müssen, um einen ordnungsgemäßen, taktgerechten Arbeitsablauf zu gewährleisten.

[0010] Hinzukommt, dass selbst bei Verwendung von mehrteiligen Kernkästen die Freiheit bei der Formgebung der Gießkerne limitiert ist. So muss in jedem Fall sichergestellt sein, dass der Formstoff so in die Kernkastenhöhle geschossen werden kann, dass er den Formhohlraum vollständig füllt und ausreichend verdichtet wird.

[0011] Mit der konventionellen Gießkernherstellung

lassen sich daher bestimmte Kerngeometrien, wie beispielsweise nach Art einer Sanduhr, nach Art einer gewundenen Helixgeometrien oder vergleichbar komplex geformte Körper, gar nicht oder nur mit extremem Aufwand gefertigt werden. Trotz der prinzipiell hohen Gestaltungsfreiheit, die eine auf den Prinzipien des Urformens beruhende Kernherstellung bietet, kann daher nicht das volle Gestaltungspotenzial ausgeschöpft werden, das beim Gießen mit verlorenen Kernen theoretisch möglich wäre.

[0012] Ein Beispiel für den Versuch, komplex geformte Gießkerne aus mehreren Kernteilen zusammenzusetzen, ist in der DE 297 17 661 U1 beschrieben. Die zu dem Gießkern zusammengesetzten Kernteile werden dabei mittels eines Spreitzelements gegeneinander verriegelt.

[0013] Gemäß der DE 10 2008 023 336 A1 lässt sich die Festigkeit auch von filigran geformten Gießkernen durch Aufbringen einer Folie auf den Umfang der Kerne steigern.

[0014] Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik hat sich die Aufgabe ergeben, ein Verfahren zu nennen, das auf einfache Weise die Herstellung auch komplex geformter oder hinsichtlich ihrer Beschaffenheit optimierter Gießkerne ermöglicht.

[0015] Ebenso sollte ein entsprechend gestalteter Gießkern geschaffen werden.

[0016] In Bezug auf das Verfahren hat die Erfindung diese Aufgabe dadurch gelöst, dass bei der Herstellung von Gießkernen mindestens die in Anspruch 1 angegebenen Arbeitsschritte durchlaufen werden.

[0017] Ein die voranstehend genannte Aufgabe erfindungsgemäß lösender Gießkern zeichnet sich dementsprechend dadurch aus, dass er aus einem Formstoff hergestellt ist, der aus einer Mischung aus einem Binder und einem Formsand sowie optional zugegebenen Additiven besteht, wobei der Gießkern durch eine durch äußere Krafteinwirkung bewirkte Verformung in seine fertige Form gebracht ist. Ein solcher Gießkern lässt sich insbesondere durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugen.

[0018] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines aus einem Formstoff, der aus einem Binder und einem Formsand sowie optional zugegebenen Additiven gemischt ist, bestehenden Gießkerns für die gießtechnische Herstellung eines Gussteils umfasst folgende Arbeitsschritte:

- a) Formen des Gießkerns durch Einbringen des Formstoffs in eine Gießkernform;
- b) Verfestigen des Formstoffs;
- c) Entnehmen des Gießkerns aus der Gießkernform;

d) Erwärmen des Gießkerns auf eine Verformungstemperatur;

e) Verformen des erwärmten Gießkerns durch Aufbringen einer Verformungskraft auf den Gießkern;

f) Abkühlen des Gießkerns.

[0020] Die Erfindung beruht auf der überraschenden, den bisherigen Einschätzungen der Fachwelt entgegenstehenden Erkenntnis, dass sich in konventioneller Weise hergestellte Gießkerne bei einer geeigneten Temperatur auch noch verformen lassen, wenn sie bereits ihre Grundform in einer konventionellen Kernschießmaschine erhalten haben. Die Verformung kann durch Biege-, Druck-, Zug-, Schub-, Torsionsverformung oder jede andere durch Aufbringen äußerer Kräfte bewirkte Verformung auf den jeweiligen Kern bewirkt werden. Durch die erfindungsgemäße Verformung können aus handelsüblichen Formstoffen hergestellte Gießkerne nachträglich eine Form erhalten, die mit konventionellen Kernschießmaschinen gar nicht, nur mit beschränkter Qualität oder nur mit besonders hohem Aufwand erzeugt werden können.

[0021] Die Erfindung gewährt so ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit und Komplexität bei der Gussteilentwicklung. Damit können neuartige Gießkerndesigns technisch einfach umgesetzt werden. Insbesondere wird durch das erfindungsgemäße nachträgliche Umformen der Kerne die Erzeugung von Hinterschnitten möglich, ohne dass dazu komplexe Kernkästen mit Losteilen zum Einsatz kommen müssen.

[0022] Auch kann das erfindungsgemäße Verfahren zur nachträglichen Optimierung von Eigenschaften der nach dem Kernschießen erhaltenen Gießkerne eingesetzt werden. So lassen sich Gießkerne in der erfindungsgemäßen Weise nachträglich verdichten mit dem Erfolg, dass sie eine höhere Formstabilität und verbesserte Oberflächenbeschaffenheit haben.

[0023] Abhängig von der Sprödigkeit, die der jeweilige Formstoff bei Erwärmung noch zeigt, und unter Berücksichtigung der Grundform, die der jeweilige Gießkern nach dem Entnehmen aus der Kernschießmaschine hat, sollte die erfindungsgemäß vorgenommene Verformung mit einer langsamen Verformungsgeschwindigkeit erfolgen. Die jeweils geeignete maximale Verformungsgeschwindigkeit kann auf einfache Weise experimentell ermittelt werden. Anhand von praktischen Tests konnte hier gezeigt werden, dass sich auch filigran geformte Gießkerne betriebssicher in erfindungsgemäßer Weise verformen lassen, wenn die Verformungsgeschwindigkeit auf höchstens 2 mm/s beschränkt ist, wobei in der Praxis Verformungsgeschwindigkeiten von mindestens 0,01 mm/s die Regel sein sollten. Optimale Verformungsgeschwindigkeiten liegen im Bereich von 0,1 - 1,0 mm/s, insbesondere 0,3 - 0,7 mm/s. Bei Wahl dieser Verformungsgeschwindigkeiten lassen sich insbesondere Gießkerne, die eine langgestreckte, filigrane Form besit-

zen, sicher biegen, tordieren, ziehen oder stauchen.

[0024] Auch die bei der erfindungsgemäßen Verformung aufzubringenden, von außen auf den jeweiligen Gießkern wirkenden Verformungskräfte können durch einfache Experimente ermittelt werden. Praktische Erprobungen haben hier gezeigt, dass sich mit Verformungskräften, die bei 8 mm betragenden Durchmesser einer im Querschnitt kreisrunden Proben im Bereich von 5 - 100 N liegen bzw. spezifischen Festigkeiten der Gießkerne von 0,2 - 0,6 N/mm² entsprechen, auch filigran geformte Gießkerne nachträglich in erfindungsgemäßer Weise verformen lassen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Verformung mit Verformungsgeschwindigkeiten erfolgt, die in den im voranstehenden Absatz genannten Bereichen liegen. Verformungskräfte von 20 - 80 N (entsprechend spezifischen Festigkeiten von 0,1 - 0,4 N/mm²), insbesondere 30 - 70 N (entsprechend spezifischen Festigkeiten von 0,15 - 0,35 N/mm²), haben sich hier als besonders wirkungsvoll erwiesen.

[0025] Grundsätzlich lässt sich die Erfindung bei jeder Art von aus Formstoffen der hier in Rede stehenden Art hergestellten Gießkernen anwenden. Dies gilt sowohl für Formstoffe, die einen anorganischen Binder enthalten, als auch für Formstoffe, die auf einem organischen Binder basieren. Praktische Versuche haben hier ergeben, dass sich die Erfindung besonders gut bei Gießkernen nutzen lässt, bei denen ein organischer Binder zum Einsatz kommt. Dabei wird davon ausgegangen, dass insbesondere derartige organische Binder in Folge der erfindungsgemäßen Erwärmung der Gießkerne nach Art eines Klebers wirken und so die Körner des Formstoffs, aus dem die Gießkerne geformt sind, miteinander verkleben.

[0026] Auch die jeweils optimale Verformungstemperatur, auf die die Gießkerne vor der erfindungsgemäßen Verformung erwärmt werden, kann durch einfache Experimente ermittelt werden. Praktische Versuche haben hier ergeben, dass Verformungstemperaturen, die im Bereich von 150 - 320 °C, insbesondere 180 - 300 °C, liegen, praxisgerecht sind. Die Obergrenze von 300 °C erweist sich insbesondere bei Formstoffen mit organischen Bindern als wichtig, weil andernfalls die Gefahr eines vorzeitigen Verfalls des Binders besteht.

[0027] Die Verformungstemperatur sollte während der nachträglichen Verformung im voranstehend genannten Bereich gehalten werden, wobei optimaler Weise ein konstantes Temperaturlevel eingehalten wird.

[0028] Die Aufheizrate bei der Erwärmung der Gießkerne sollte 1 - 15 °C/s, insbesondere 4 - 8 °C/s, betragen.

[0029] Für die erfindungsgemäße Erwärmung können beispielsweise ein beheiztes Werkzeug, ein Umluftofen oder eine Infrarotlampe als Wärmequelle dienen. Denkbar ist auch eine allgemeine oder lokale Erwärmung des Gießkerns mittels eines konzentrierten heißen Luftstrahls oder desgleichen.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich auch, um im Sinne einer Kalibrierung die Form eines

Gießkerns zu optimieren. Dazu wird der Gießkern nach der Entformung aus der Kernschießmaschine in erfindungsgemäßer Weise erwärmt und durch äußere Kraftwirkung so verformt, dass er den jeweiligen Vorgaben an seine Geometrie exakt entspricht.

[0031] Ebenso ist es denkbar, durch eine erfindungsgemäße Verformung zwei Kerne form- oder kraftschlüssig zu fügen, die andernfalls miteinander verklebt werden müssten. Hierzu kann im Zuge der Ausführung der Arbeitsschritte a) - c) ein erster Gießkern erzeugt werden, der eine Ausnehmung aufweist. Daneben wird ein zweiter Gießkern bereitgestellt, der einen Vorsprung aufweist, welcher an die Form der Ausnehmung des ersten Gießkerns angepasst ist. Der zweite Gießkern kann nun so mit dem ersten Gießkern gefügt werden, dass der Vorsprung des zweiten Gießkerns unter Ausbildung einer Fügezone in die Ausnehmung des ersten Gießkerns greift. Anschließend durchläuft mindestens einer der Gießkerne die Arbeitsschritte d) - f) und wird dabei im Arbeitsschritt e) derart verformt, dass im Bereich der Fügezone eine dichte formschlüssige Verbindung gebildet ist, durch die die beiden Gießkerne miteinander verbunden sind. Auf diese Art und Weise lassen sich zwei oder mehr Gießkerne durch Verbindungen, die beispielsweise nach Art von Steck- oder Schnappverbindungen ausgebildet sind, miteinander verbinden.

[0032] Alternativ zur Bereitstellung eines Gießkerns mit einem an die Ausnehmung des anderen Gießkerns angepassten Vorsprung ist es auch möglich, einen ohne ausgeprägten Vorsprung ausgebildeten Gießkern an dem mit der Ausnehmung versehenen ersten Gießkern ordnungsgemäß zu positionieren und dann Material des zweiten Gießkerns in die Öffnung des ersten Gießkerns zu drücken. Hierzu kann gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens durch Ausführung der Arbeitsschritte a) - c) ein erster Gießkern mit einer Ausnehmung (A) erzeugt und ein zweiter Gießkern bereitgestellt werden, der dann am ersten Gießkern in einer vorbestimmten Lage positioniert wird, wobei nach dem Positionieren mindestens der zweite Gießkern die Arbeitsschritte d) - f) durchläuft und im Arbeitsschritt e) durch Aufbringen einer äußeren Kraft derart verformt wird, dass Material des zweiten Gießkerns, welches im Bereich der Ausnehmung des ersten Gießkerns angeordnet ist, in die Ausnehmung des ersten Gießkerns eintritt und diese Ausnehmung füllt, so dass eine dichte formschlüssige Verbindung gebildet ist, durch die die beiden Gießkerne miteinander verbunden sind. Auf diesem Weg wird nach Art eines Durchsetzfügeverfahrens eine form- oder kraftschlüssige Verbindung zwischen den Gießkernen geschaffen. Dabei können selbstverständlich an dem Gießkern, dessen Material in die Ausnehmung des jeweils anderen Gießkerns gedrückt wird, Marken, Absätze, Erhebungen oder desgleichen vorhanden sein, um die ordnungsgemäße Positionierung der Gießkerne aneinander zu erleichtern. Handelt es sich bei der Ausnehmung des ersten Gießkerns um eine Durchgangsöffnung, so ist es auch denkbar, das Material des

zweiten Gießkerns soweit durch die Ausnehmung zu drücken, dass es auf der zum zweiten Gießkern gegenüberliegenden Seite sich verbreitert und eine feste Verbindung zwischen den Gießkernen nach Art einer Nietverbindung geschaffen ist.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Ausführungsbeispiele zeigenden Zeichnung näher erläutert. Deren Figuren zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 einen stabförmigen Gießkern vor und nach einer Verformung in seitlicher Ansicht, wobei die Form vor der Verformung gestrichelt und die Form nach der Verformung durchgezogen dargestellt ist;

Fig. 2 einen quaderförmigen Gießkern vor und nach einer Verformung in seitlicher Ansicht, wobei die Form vor der Verformung gestrichelt und die Form nach der Verformung durchgezogen dargestellt ist;

Fig. 3a einen weiteren stabförmigen Gießkern mit einer Vielzahl von daran angeformten Abzweigungen vor einer Verformung in seitlicher Ansicht;

Fig. 3b den Gießkern gemäß Fig. 3a in stirnseitiger Ansicht;

Fig. 4a den Gießkern gemäß Fig. 3 nach einer Verformung in seitlicher Ansicht;

Fig. 4b den Gießkern gemäß Fig. 4a in stirnseitiger Ansicht;

Fig. 5a - 5d zwei Gießkerne in den verschiedenen Arbeitsschritten, die beim Verbinden dieser Gießkerne durchgeführt werden, jeweils in seitlicher, teilgeschnittener Ansicht.

[0034] Die in den Figuren 1 und 3a - 4b dargestellten Gießkerne G1, G3 stehen beispielhaft für langgestreckte, feingliedrige Gießkerne, die beispielsweise beim Gießen von Zylinderköpfen für Verbrennungsmotoren filigran geformte Ölversorgungs- oder Kühlmittelkanäle abbilden. Zylinderköpfe dieser Art werden heute üblicherweise aus Aluminiumgusswerkstoffen gegossen.

[0035] Der in Fig. 2 dargestellte zylindrische Gießkern G2 ist dazu vorgesehen, beispielsweise beim Gießen eines Zylinderkurbelgehäuses für einen Verbrennungsmotor eine Kavität abzuformen.

[0036] Die in den Figuren 5a - 5d dargestellten Gießkerne G4, G5 stehen für solche Gießkerne, die miteinander zu einer Gießkernkombination GK verbunden werden, um komplexe Formen von Hohlräumen oder Kanälen in einem aus einer beliebigen Metallschmelze gegossenen Gussteil abzubilden.

[0037] Die Gießkerne G1 - G5 sind jeweils im so ge-

nannten "PU Cold-Box-Verfahren" hergestellt worden.

[0038] Der beim PU Cold Box Verfahren zum Einsatz kommende Binder umfasst zwei Komponenten, nämlich Phenol-Formaldehyd-Harz als erste Komponente und Isocyanat als zweite Komponente. Durch Begasung mit einem tertiären Amin wird eine Polyaddition dieser beiden Komponenten zu Polyurethan bewirkt.

[0039] Zur Herstellung des Formstoffs ist der Gießereisand in einem geeigneten Mischaggregat, z.B. einem Schwingmischer oder Flügelmischer, dem Phenol-Formaldehyd-Harz und dem Isocyanat für zwei bis fünf Minuten, insbesondere drei Minuten, vermischt. Die zugegebene Menge an den beiden Komponenten des Binders können je nach Anwendung und Gießereisand variieren. Typischerweise liegen sie bezogen auf die zugegebene Menge an Formstoff zwischen 0,4 und 1,2 % je Teil. Als besonders günstig hat sich ein Verhältnis von 0,7 % je Teil herausgestellt.

[0040] Wenn hier von "Teilen" als Dosiermaß die Rede ist, so wird darunter verstanden, dass die Menge des jeweils in Teilen abgemessenen Bestandteils mithilfe eines für alle Bestandteile gleichen Einheitsmaßes abgemessen wird und die erfindungsgemäß für die einzelnen Bestandteile jeweils vorgesehenen "Teile" das jeweilige Vielfache dieses Einheitsmaßes bezeichnen.

[0041] Der fertig gemischte Formstoff ist in einer konventionellen Kernschießmaschine zu den Gießkernen G1 - G5 geformt worden. Dabei ist der Formstoff mit einem Schießdruck von circa 2 - 6 bar, insbesondere 3 bar, in einen Kernkasten geschossen und dort verdichtet worden. Anschließend erfolgte die Begasung der Gießkerne G1 - G5 im Kernkasten mit dem gasförmigen Katalysator, dem tertiären Amin, um die Aushärtung der Kerne zu bewirken. Der Aushärtungsvorgang wurde durchgeführt, bis die Gießkerne G1 - G5 eine für PU Cold-Box-Kerne typische Festigkeit von 150 - 300 N/cm² erreicht hatten. Als Zielvorgabe galt hier ein als optimal angesehener Wert von 220 N/cm².

[0042] Der so erzeugte stabförmige Gießkern G1 wies beispielsweise einen kreisförmigen Querschnitt von 10 mm und eine Länge von 200 mm auf. Der Gießkern G3 war entsprechend dimensioniert.

[0043] Die jeweils erhaltenen Gießkerne G1 - G3 sind nun in einem Umluftofen mit einer Aufheizrate von 5 °C/s auf eine Vorwärmtemperatur von 220 °C durcherwärmt worden.

[0044] Die so erwärmten Gießkerne G1 - G3 sind anschließend verformt worden.

[0045] Der Gießkern G1 ist dazu mit seinen Endabschnitten auf zwei beabstandet zueinander angeordnete Böcke B1, B2 mit abgerundeten Auflagen positioniert worden. Anschließend erfolgte eine Kraftbeaufschlagung durch eine in Schwerkraftichtung wirkende Kraft K. Diese äußere Kraft K ist mittels eines hier im Einzelnen nicht dargestellten Stempels aufgebracht worden, der mittig zur Längserstreckung des Gießkerns G1 ausgerichtet ist und an seiner mit dem Gießkern G1 in Kontakt kommenden Stirnfläche abgerundet ist, um

Druckbelastungsspitzen des Gießkerns G1 bei der Verformung zu vermeiden. Die Belastung durch die Kraft K erfolgte quasi-statisch mit einer Umformgeschwindigkeit von 0,5 mm/s. Die dabei eingeleitete Kraft K betrug 40 N.

[0046] Der Umformprozess wurde beendet, nachdem der angestrebte Verformungswinkel β von ca. 20 - 30 Grad erreicht war. Während des Verformungsvorgangs ist der Gießkern G1 konstant in einem Bereich um die Verformungstemperatur von $220\text{ °C} \pm 30\text{ °C}$ gehalten worden.

[0047] Der auf diese Weise plastisch verformte Gießkern G1 ist an ruhender Luft bis auf Raumtemperatur abgekühlt worden. Anschließend konnte er wie ein konventionell geformter Gießkern im Gießprozess verwendet werden.

[0048] Der Gießkern G2 ist wie der Gießkern G1 in der voranstehend beschriebenen Weise erwärmt und anschließend mit Hilfe eines stempelartigen, hier ebenfalls nicht gezeigten Werkzeugs durch äußere Kraftbeaufschlagung KA so verformt worden, dass er die Form einer Sanduhr erhalten hat. Dabei kam es zu einer Verdichtung des Formstoffs, die sich positiv auf seine Formstabilität und seine Oberflächenbeschaffenheit auswirkte. Gleichzeitig ist der Gießkern kalibriert worden, so dass seine Form optimal den geometrischen Vorgaben entsprach.

[0049] Der Gießkern G3 ist ebenso in der oben für den Gießkern G1 beschriebenen Weise auf die Verformungstemperatur erwärmt worden. Anschließend ist der erwärmte Gießkern G3 mit seinem einen Ende in eine Halterung eingespannt und an seinem anderen Ende als äußere Kraft mit einem um seine Längsachse L wirkenden Drehmoment M beaufschlagt worden. Auf diese Weise konnte der Gießkern G3 um seine Längsachse L um einen Winkel von 90° tordiert werden.

[0050] Die beiden Gießkerne G4, G5 sind ebenfalls in der voranstehend für die Gießkerne G1 - G3 beschriebenen Art erzeugt worden. Dabei wies der Gießkern G4 an seiner einen Stirnseite einen Vorsprung V auf, wogegen in die zugeordnete Stirnseite des Gießkerns G5 eine Ausnehmung A eingeformt worden ist, deren Form mit einem gewissen Übermaß ein Negativ der Form des Vorsprungs V des Gießkerns G4 darstellt.

[0051] Dementsprechend konnte der Gießkern G4 mit seinem Vorsprung V in die Ausnehmung A des Gießkerns G5 eingeführt werden, so dass die Gießkerne G4, G5 im Bereich einer durch die Ausnehmung A umgrenzten Fügezone F gefügt waren.

[0052] Anschließend ist mindestens der Gießkern G5 durch eine konzentrierte Erwärmung beispielsweise im heißen Luftstrahl auf eine im Bereich vom 180 - 300 °C liegende Verformungstemperatur gebracht worden. Dann ist der Gießkern G5 mit Hilfe eines geeigneten, hier nicht gezeigten Werkzeugs mit einer äußeren Kraft KX so beaufschlagt worden, dass das die Ausnehmung A umgebende Material des Gießkerns G5 zusammengepresst worden ist. Das die Ausnehmung A umgebende Material des Gießkerns G5 ist auf diese Weise gegen den Vorsprung V gedrückt worden, bis der Vorsprung V vom

Material des Gießkerns G5 dicht umschlossen ist und eine dichte formschlüssige Verbindung gebildet ist, durch die der Gießkern G4 in jedem Freiheitsgrad in Bezug auf den Gießkern G5 unlösbar festgelegt und die Gießkernkombination GK gebildet ist.

BEZUGSZEICHEN

[0053]

β Verformungswinkel

A	Ausnehmung des Gießkerns G5
B1, B2	Böcke
F	Fügezone
G1 - G5	Gießkerne
GK	Gießkernkombination
K, KA, KX	äußere Kräfte
L	Längsachse des Gießkerns G3
M	Drehmoment
V	Vorsprung des Gießkerns G4

Patentansprüche

- Verfahren zum Herstellen eines Gießkerns (G1 - G5) für die gießtechnische Herstellung eines Gussteils, wobei der Gießkern (G1 - G5) aus einem Formstoff besteht, der aus einem Binder und einem Formsand sowie optional zugegebenen Additiven gemischt ist, umfassend folgende Arbeitsschritte:
 - Formen des Gießkerns (G1 - G5) durch Einbringen des Formstoffs in eine Gießkernform;
 - Verfestigen des Formstoffs;
 - Entnehmen des Gießkerns (G1 - G5) aus der Gießkernform;
 - Erwärmen des Gießkerns (G1 - G5) auf eine Verformungstemperatur;
 - Verformen des erwärmten Gießkerns (G1 - G5) durch Aufbringen einer Verformungskraft (K, KA, KX, M) auf den Gießkern (G1 - G5);
 - Abkühlen des Gießkerns (G1 - G5).
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungskraft (K, KA, KX, M) eine Biege-, Druck-, Zug-, Schub- oder Torsionsverformung des Gießkerns (G1 - G5) bewirkt.
- Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformung mit einer Verformungsgeschwindigkeit von höchstens 2 mm/s durchgeführt wird.
- Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungs-

kraft 5 - 100 N beträgt.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gießkern (G1 - G5) im Arbeitsschritt b) vollständig ausgehärtet wird.
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Binder des Formstoffs ein organischer Binder ist.
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungstemperatur 180 - 300 °C beträgt.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufheizrate bei der Erwärmung der Gießkerne auf die Verformungstemperatur 1 - 15 °C/s beträgt.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Ausführung der Arbeitsschritte a) - c) ein erster Gießkern (G5) mit einer Ausnehmung (A) erzeugt wird, **dass** ein zweiter Gießkern (G4) bereitgestellt wird, der einen Vorsprung (V) aufweist, welcher an die Form der Ausnehmung (A) des ersten Gießkern (G4) angepasst ist, **dass** der zweite Gießkern (G5) so mit dem ersten Gießkern (G4) gefügt wird, dass der Vorsprung (V) des zweiten Gießkerns (G5) unter Ausbildung einer Fügezone (F) in die Ausnehmung (A) des ersten Gießkerns (G5) greift, und **dass** anschließend mindestens einer der Gießkerne (G4,G5) die Arbeitsschritte d) - f) durchläuft und im Arbeitsschritt e) derart verformt wird, dass im Bereich der Fügezone (F) eine dichte formschlüssige Verbindung gebildet ist, durch die die beiden Gießkerne (G4,G5) miteinander verbunden sind.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Ausführung der Arbeitsschritte a) - c) ein erster Gießkern mit einer Ausnehmung (A) erzeugt wird, **dass** ein zweiter Gießkern bereitgestellt und dieser Gießkern an dem ersten Gießkern in einer vorbestimmten Lage positioniert wird, **dass** mindestens der zweite Gießkern die Arbeitsschritte d) - f) durchläuft und im Arbeitsschritt e) durch Aufbringen einer äußeren Kraft derart verformt wird, dass Material des zweiten Gießkerns, welches im Bereich der Ausnehmung des ersten Gießkerns angeordnet ist, in die Ausnehmung des ersten Gießkerns eintritt und diese Ausnehmung füllt, so dass eine dichte formschlüssige Verbindung gebildet ist, durch die die beiden Gießkerne miteinander verbunden sind.
11. Gießkern, der aus einem Formstoff hergestellt ist,

der aus einer Mischung aus einem Binder und einem Formsand sowie optional zugegebenen Additiven besteht,

dadurch gekennzeichnet, dass der Gießkern (G1 - G5) durch eine durch äußere Krafteinwirkung (K,KA,KX,M) bewirkte Verformung in seine fertige Form gebracht ist.

10 Claims

1. Method for producing a foundry core (G1 - G5) for casting a cast part, wherein the foundry core (G1 - G5) consists of a mould material which is mixed from a binder and a mould sand, as well as optionally added additives, comprising the following production steps:
 - a) moulding the foundry core (G1 - G5) by introducing the mould material into a foundry core mould;
 - b) hardening the mould material;
 - c) removing the foundry core (G1 - G5) from the foundry core mould;
 - d) heating the foundry core (G1 - G5) to a deformation temperature;
 - e) deforming the heated foundry core (G1 - G5) by applying a deformation force (K, KA, KX, M) to the foundry core (G1 - G5);
 - f) cooling the foundry core (G1 - G5).
2. Method according to Claim 1, **characterised in that** the deformation force (K, KA, KX, M) brings about a bending deformation, compressive deformation, tensile deformation, shear deformation or torsional deformation of the foundry core (G1 - G5).
3. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the deformation is carried out at a deformation rate of at most 2 mm/s.
4. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the deformation force is 5 - 100 N.
5. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the foundry core (G1 - G5) is fully hardened in production step b).
6. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the binder of the mould material is an organic binder.
7. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the deformation temperature is 180 - 300°C.
8. Method according to any one of the preceding

claims, **characterised in that** the heating-up rate when heating the foundry cores to the deformation temperature is 1 - 15°C/s.

9. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** by carrying out the production steps a) - c) a first foundry core (G5) is produced with a recess (A), **in that** a second foundry core (G4) is provided which has a protrusion (V) which is adapted to the shape of the recess (A) of the first foundry core (G4), **in that** the second foundry core (G5) is joined to the first foundry core (G4) such that the protrusion (V) of the second foundry core (G5) engages with the recess (A) of the first foundry core (G5) forming a joining zone (F), and **in that** subsequently at least one of the foundry cores (G4, G5) passes through the production steps d) - f) and in production step e) is deformed in such a way that in the area of the joining zone (F) a tight form-fit connection is formed, by means of which the two foundry cores (G4, G5) are joined together.

10. Method according to any one of Claims 1 to 9, **characterised in that** by carrying out the production steps a) - c) a first foundry core is produced with a recess (A), **in that** a second foundry core is provided and this foundry core is positioned on the first foundry core in a predetermined position, **in that** at least the second foundry core passes through production steps d) - f) and in production step e) by applying an external force is deformed in such a way that material of the second foundry core which is located in the area of the recess of the first foundry core enters the recess of the first foundry core and fills this recess, so that a tight form-fit connection is formed, by means of which the two foundry cores are joined together.

11. Foundry core which is produced from a mould material which consists of a mixture of a binder and a mould sand, as well as optionally added additives, **characterised in that** the foundry core (G1 - G5) is brought into its final shape by means of a deformation brought about by external application of force (K, KA, KX, M).

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un noyau de coulée (G1 - G5) pour la fabrication par technique de fonderie d'une pièce coulée, le noyau de coulée (G1- G5) étant constitué d'une matière de moulage obtenue par mélange d'un liant et d'un sable de moulage ainsi que d'additifs ajoutés optionnellement, comprenant les étapes suivantes :

a) moulage du noyau de coulée (G1 - G5) par introduction de la matière de moulage dans un

moule à noyau de coulée ;

b) solidification de la matière de moulage ;

c) retrait du noyau de coulée (G1 - G5) du moule à noyau de coulée ;

d) chauffage du noyau de coulée (G1 - G5) à une température de déformation ;

e) déformation du noyau de coulée (G1 - G5) chauffé par application d'une force de déformation (K, KA, KX, M) au noyau de coulée (G1 - G5) ;

f) refroidissement du noyau de coulée (G1 - G5).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la force de déformation (K, KA, KX, M) suscite une déformation par flexion, pression, traction, poussée ou torsion du noyau de coulée (G1 - G5).

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la déformation est effectuée à une vitesse de déformation maximale de 2 mm/s.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la force de déformation est de 5 à 100 N.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le noyau de coulée (G1 - G5) est entièrement durci à l'étape b).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le liant de la matière de moulage est un liant organique.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de déformation est de 180 à 300 °C.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le taux de montée en température lors du chauffage du noyau de coulée à la température de déformation est de 1 à 15 °C/s.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un premier noyau de coulée (G5) pourvu d'une cavité (A) est produit par l'exécution des étapes a) à c), **en ce qu'**un deuxième noyau de coulée (G4) est fourni, lequel présente une partie saillante (V) adaptée à la forme de la cavité (A) du premier noyau de coulée (G4), **en ce que** le deuxième noyau de coulée (G5) est assemblé avec le premier noyau de coulée (G4) de telle sorte que la partie saillante (V) du deuxième noyau de coulée (G5) vienne en prise dans la cavité (A) du premier noyau de coulée (G5) en formant une zone d'assemblage (F), et **en ce qu'**au moins l'un des noyaux de coulée (G4, G5) est ensuite soumis aux étapes d) à f) et, à l'étape e), est déformé de telle sorte qu'une

liaison étanche par complémentarité de formes, par laquelle les deux noyaux de fonderie (G4, G5) sont assemblés l'un à l'autre, soit formée dans la région de la zone d'assemblage (F).

5

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'**un premier noyau de coulée pourvu d'une cavité (A) est produit lors de l'exécution des étapes a) à c), **en ce qu'**un deuxième noyau de coulée est fourni et ce deuxième noyau est positionné au niveau du premier noyau dans une position prédéterminée, **en ce qu'**au moins le deuxième noyau de coulée est soumis aux étapes d) à f) et, à l'étape e), est déformé par application d'une force externe de telle sorte que le matériau du deuxième noyau de coulée, qui est disposée dans la région de la cavité du premier noyau de coulée, pénètre dans la cavité du premier noyau de coulée et remplit ladite cavité, de manière à former une liaison étanche par complémentarité de formes, par laquelle liaison les deux noyaux de fonderie sont liés l'un à l'autre.

10

15

20

11. Noyau de coulée fabriqué à partir d'une matière de moulage, laquelle se compose d'un liant et d'un sable de moulage ainsi que d'additifs ajoutés optionnellement, **caractérisé en ce que** le noyau de coulée (G1 - G5) est amené dans sa forme finie par déformation par application d'une force de déformation (K, KA, KX, M) externe.

25

30

35

40

45

50

55

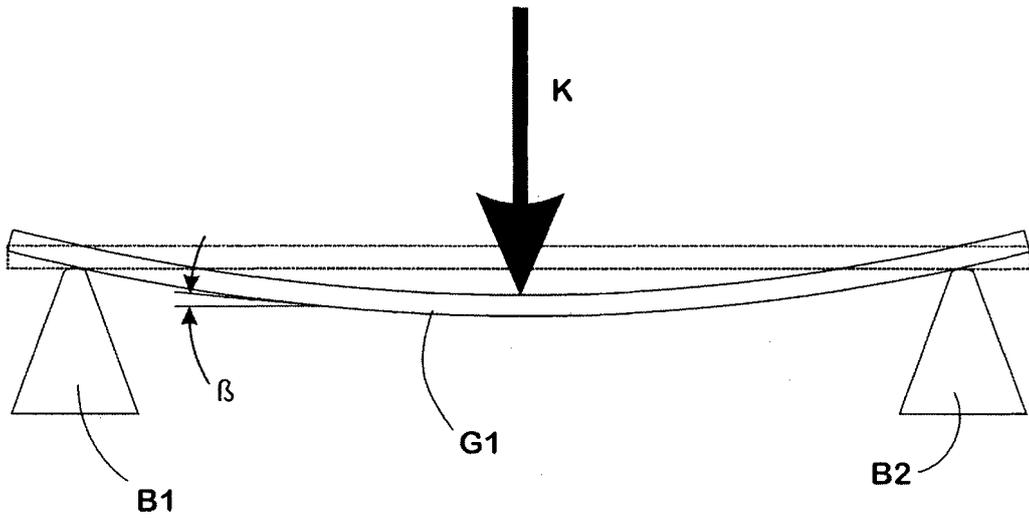


Fig. 1

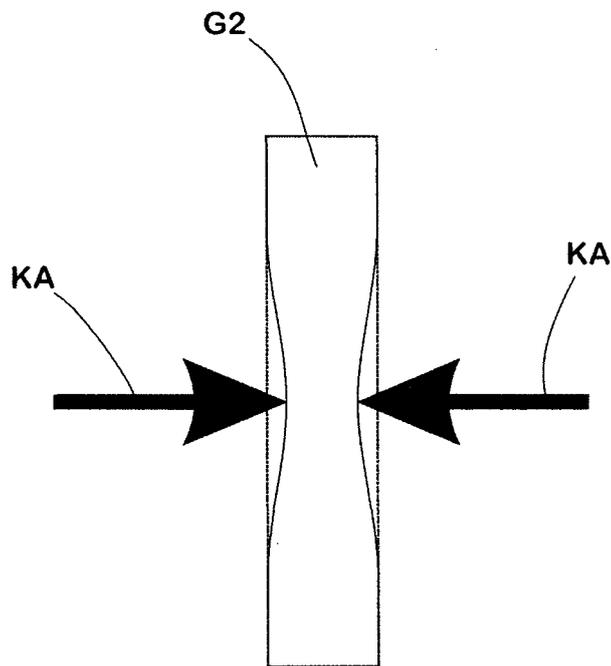


Fig. 2

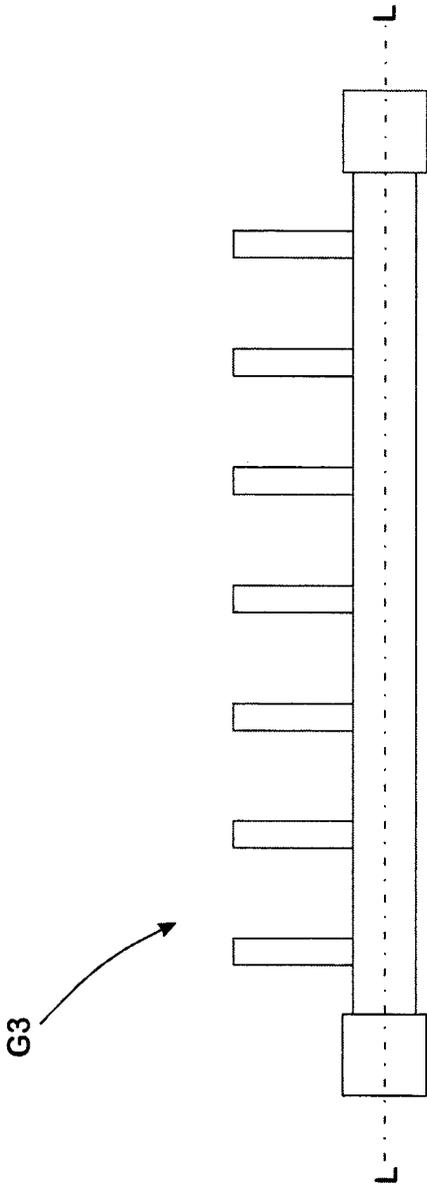


Fig. 3a

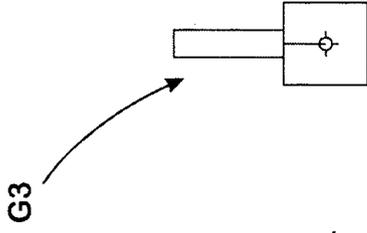


Fig. 3b

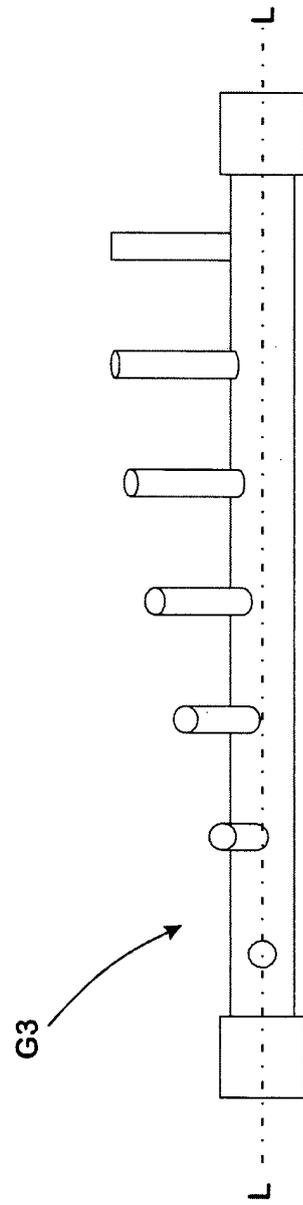


Fig. 4a

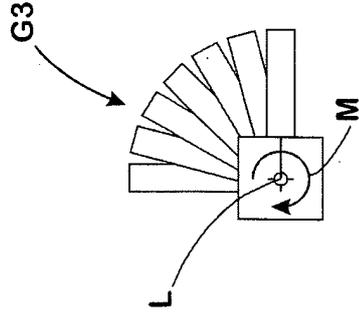


Fig. 4b

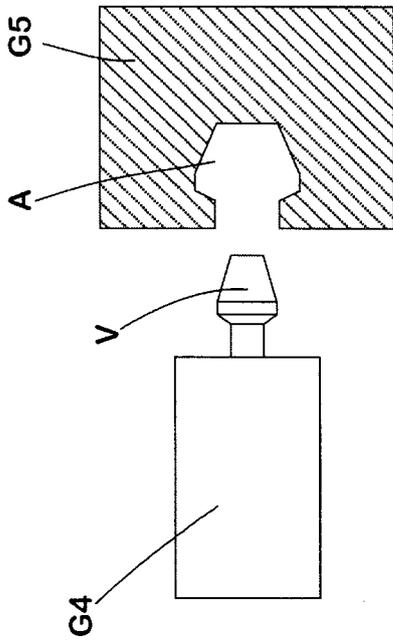
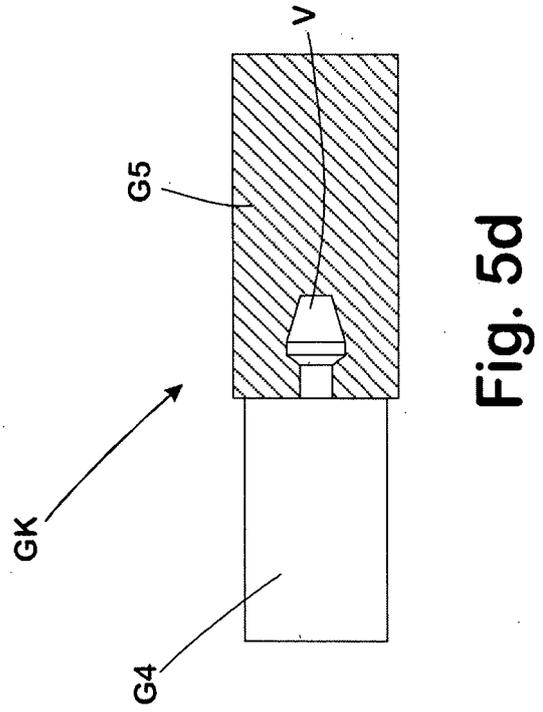
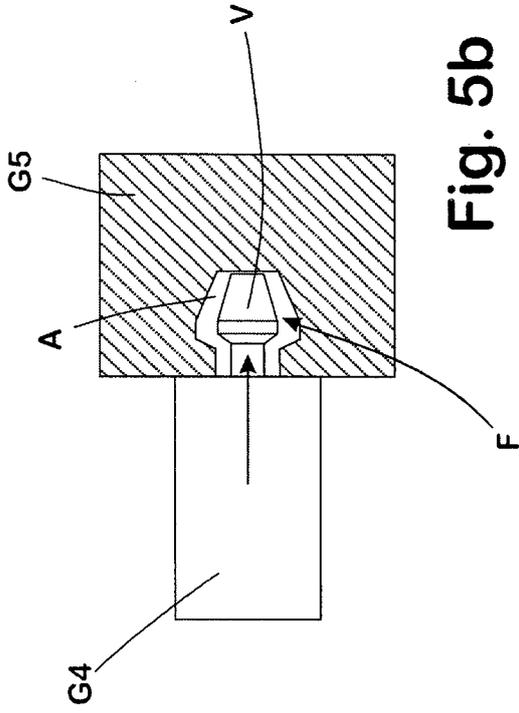


Fig. 5a

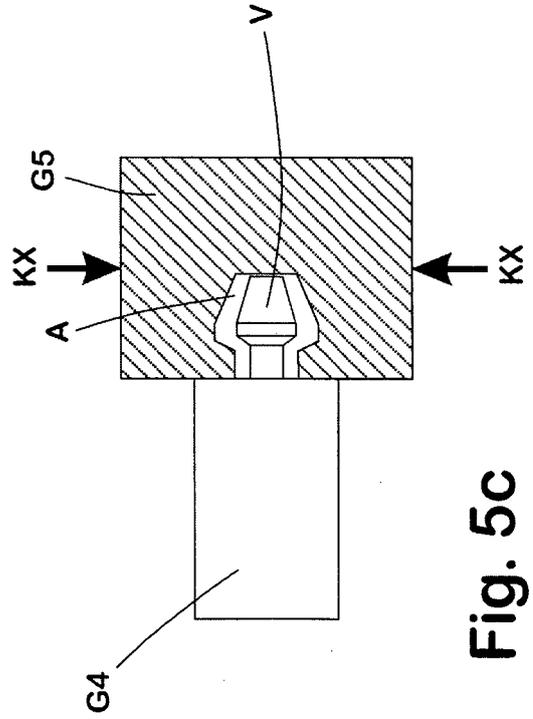


Fig. 5c

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

- DE 10209183 A1 [0003] [0007]
- DE 29717661 U1 [0012]
- DE 102008023336 A1 [0013]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Giesserei Lexikon. Fachverlag Schiele & Schön, 2007 [0009]