



(11)

**EP 3 645 192 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**14.12.2022 Patentblatt 2022/50**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**B22D 17/10** <sup>(2006.01)</sup> **B22D 17/22** <sup>(2006.01)</sup>  
**B22D 18/04** <sup>(2006.01)</sup> **B22D 27/04** <sup>(2006.01)</sup>  
**B22C 9/28** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **18768857.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**B22C 9/28; B22D 17/10; B22D 17/2218;**  
**B22D 18/04; B22D 27/04**

(22) Anmeldetag: **10.09.2018**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2018/074299**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2019/048675 (14.03.2019 Gazette 2019/11)**

(54) **VERFAHREN, GIESSFORM UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES FAHRZEUGGRADS**

METHOD, CASTING MOLD AND DEVICE FOR PRODUCING A VEHICLE WHEEL

PROCÉDÉ, MOULE DE COULÉE ET DISPOSITIF POUR LA FABRICATION D'UNE ROUE DE VÉHICULE

(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:

- **BUX, Ralf**  
**73431 Aalen (DE)**
- **KLEIN, Friedrich**  
**73431 Aalen (DE)**

(30) Priorität: **11.09.2017 DE 102017008497**

**16.04.2018 DE 102018003077**

**19.06.2018 DE 102018004819**

**20.06.2018 DE 102018004857**

(74) Vertreter: **Schmid, Wolfgang**

**Lorenz & Kollegen**  
**Patentanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Alte Ulmer Strasse 2**  
**89522 Heidenheim (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**06.05.2020 Patentblatt 2020/19**

(56) Entgegenhaltungen:

**DE-U1- 9 421 365 JP-A- H01 237 067**  
**US-A1- 2017 120 322 US-B1- 6 763 879**

(73) Patentinhaber:

- **Entec-Stracon GmbH**  
**73433 Aalen (DE)**
- **Bux, Ralf**  
**73431 Aale5n (DE)**
- **Klein, Friedrich**  
**73431 Aalen (DE)**

- **YING-CHUN WANG, DA-YONG LI, YING-HONG PENG, XIAO-QIN ZENG: "Numerical simulation of low pressure die casting of magnesium wheel", INT J ADV MANUF TECHNOL, Nr. 32, 2007, XP002787654, DOI: 10.1007/s00170-005-0325-1**

**EP 3 645 192 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 eines Fahrzeugs aus einem Leichtmetallwerkstoff, wobei der Leichtmetallwerkstoff in flüssiger Form in einen Formhohlraum einer Gießform eingeleitet wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Gießform zur Herstellung eines Fahrzeugs aus einem Leichtmetallwerkstoff, mit einem Formhohlraum zur Aufnahme des Leichtmetallwerkstoffs in flüssiger Form bildenden Formteilen sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines Fahrzeugs.

**[0002]** Die Grundlage für Fahrsicherheit und Fahrkomfort bei Leichtmetallrädern für PKW sind die ungefederten Massen, wobei entscheidend ist, dass das Gewicht der Räder möglichst gering ist. Durch die Massenträgheit und das Rotationsmoment ist man bestrebt, leichte Räder einzusetzen. Aus diesem Grund wird zum einen versucht, konstruktiv Leichtbau bei Rädern umzusetzen. Zum anderen gibt es Bestrebungen, über die Auswahl der Werkstoffe Gewicht zu reduzieren. Stand der Technik sind derzeit gegossene oder geschmiedete Räder aus Aluminium oder Magnesiumlegierungen, die zu einem sehr hohen Prozentsatz im Niederdruckkokillengussverfahren hergestellt werden.

**[0003]** Neben diesen fahrdynamischen Ansprüchen spielen zunehmend auch aerodynamische oder crashrelevante Auslegungen der Räder eine größere Rolle. Da die aerodynamischen Eigenschaften der Räder direkt in den Verbrauch und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß eingehen, entstand auch seitens der Gesetzgebung erhöhter Handlungsbedarf. Durch Homologationsanforderungen innerhalb der Gesamtzulassung bei Personenkraftwagen, insbesondere der WVTA (Whole Vehicle Type Approval) in Verbindung mit der WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure), verschärfen sich diese Anforderungen, sodass nicht mehr die Grundausstattung des Gesamtfahrzeugs innerhalb des Genehmigungsverfahrens (WVTA) das Fahrzeug beschreibt, sondern alle Ausstattungsvarianten. Diese Änderung der Typprüfung durch die weltweit einheitliche Leichtfahrzeuge-Testverfahren (WLTP) fordert ein Umdenken beim Gestalten der Fahrzeugteile in Bezug auf Aerodynamik und Leichtbau. Zusätzlich werden diese Leichtbau- und Aerodynamikanforderungen durch den steigenden Einsatz der Elektromobilität nach dem Vorsatz "Leichtbau erhöht Reichweite" unterlegt. Je nach Fahrzeugtyp kommen dabei unterschiedliche Raddimensionen zum Einsatz, die aerodynamisch schlechter sind und eine höhere Blockfunktion im Frontal- und Offsetcrash verursachen, was das Einstufungsergebnis der gesamten PKW-Reihe verschlechtert.

**[0004]** Diese steigenden Ansprüche, bestehend aus Leichtbau, Aerodynamik und Crash erfordern einen Verfahrenswechsel bei der Herstellung von Fahrzeugrädern, da die Standardgussverfahren wie Niederdruckkokillengussverfahren diese Anforderungen verfahrenstechnisch nicht optimal erfüllen können.

**[0005]** Bei dem Kaltkammergussverfahren mit herkömmlichen Kaltkammer-Gießanlagen zur Herstellung von Gussteilen bauen diese eine Schließkraft auf, indem sie durch eine Schließeinheit aus drei Maschinenplatten, nämlich einem Maschinenschild, einer beweglichen Aufspannplatte und einer festen Aufspannplatte, vier Säulen, entlang denen die bewegliche Aufspannplatte hin und her bewegbar ist, und einer Antriebseinheit zum Antreiben der beweglichen Aufspannplatte, in der Regel über einen hydraulisch angetriebenen Kniehebel oder Doppelkniehebel, eine Verriegelung erzeugen. Eine Gießform wird mit einer beweglichen Formhälfte auf der beweglichen Aufspannplatte und mit einer festen Formhälfte auf der festen Aufspannplatte aufgemustert. Die notwendige Zuhaltkraft wird über die Schließeinheit durch Spannen der Säulen zwischen dem Maschinenschild und der festen Aufspannplatte aufgebracht.

**[0006]** An die feste Aufspannplatte schließt sich bei herkömmlichen Kaltkammer-Gießanlagen in axialer Richtung eine Gießeinheit an, mit der eine Schmelze einem durch die Gießform gebildeten Formhohlraum senkrecht zur Teilungsebene, d.h. senkrecht zur Trennebene der beiden Formhälften, über eine Gießkammer durch die feststehende Aufspannplatte und die feste Formhälfte der Gießform hindurch zugeführt wird. Die Gießeinheit weist dazu einen üblicherweise hydraulisch angetriebenen, in der Gießkammer bewegbaren Gießkolben auf.

**[0007]** In der Schließeinheit ist hinter der beweglichen Aufspannplatte eine Auswerfeinheit integriert, die üblicherweise ebenfalls hydraulisch angetrieben wird, um Auswerferbolzen in der Gießform vor- und zurückbewegen zu können. Diese werden durch die bewegliche Aufspannplatte hindurchgeführt, um die gegossenen Teile von der beweglichen Formhälfte nach dem Öffnen der Gießform abzustreichen. Des Weiteren ist üblicherweise eine Kernzieheinrichtung vorhanden, die maschinenseitig z.B. aus Hydraulikzylindern besteht, die meist auf der beweglichen Aufspannplatte, manchmal auch auf der festen Aufspannplatte montiert sind.

**[0008]** Der Gießprozess bei Kaltkammer-Gießanlagen verläuft bekanntermaßen in vier aufeinanderfolgenden Phasen, nämlich der Dosierung, der Vorfüllphase, der Formfüllphase und der Nachdruckphase.

**[0009]** Die Dosierung kann z. B. mechanisch über einen Löffel oder druckgasbeaufschlagt aus einem Warmhalteofen über eine Rinne oder über ein Steigrohr, wie beim sogenannten Vacuralverfahren, erfolgen. Die Dosierzeiten liegen je nach Dosierart und Dosiermenge typischerweise zwischen 3 s und 15 s. Bei einer relativ langen Dosierzeit besteht die Gefahr, dass ein Teil der Schmelze bereits in der Gießkammer erstarrt. Die Gießkolbengeschwindigkeit in der Vorfüllphase ist je nach Maschinenauslegung typischerweise in einem Bereich zwischen 0,2 m/s bis 0,6 m/s einstellbar, so dass einerseits die Schmelze möglichst rasch gefördert wird und andererseits Luft einschlüsse z.B. durch Überschlagen einer sich vor dem Gießkolben aufbauenden Welle der Schmelze, durch Gichtbildung und/oder durch Re-

flexion im Gießrestbereich möglichst vermieden werden.

**[0010]** In der Vorfüllphase wird die Gießkammer mit Schmelze gefüllt und der Gießkolben fördert die Schmelze bis in Anschnittnähe.

**[0011]** Zur Vermeidung von Kaltfließstellen ist die Formfüllphase möglichst kurz; sie liegt in ihrer Dauer meist zwischen 5 ms bis 60 ms. In der Formfüllphase bewegt der Gießkolben die Schmelze mit hoher Geschwindigkeit, einstellbar typischerweise in einem Bereich bis zu 10 m/s und mehr. Am Ende der Formfüllphase treten durch Umwandlung der kinetischen Energie in einen Druckimpuls hohe Drücke auf, so dass die Gefahr eines Aufreißens der Gießform besteht. Moderne Gießmaschinen verfügen daher über Mittel, um die kinetische Energie gegen Ende der Füllphase zu absorbieren.

**[0012]** In der Nachdruckphase wird bei einer Kaltkammer-Gießanlage in der Regel über einen Multiplikator ein Nachdruck von 300 bar bis 1500 bar, in manchen Fällen auch mehr, eingestellt. Die Schmelze erstarrt unter dem Nachdruck und während der Formfüllung eingeschlossene Luft wird unter dem statischen Nachdruck komprimiert. Der Anteil der unter dem Nachdruck eingeschlossenen Luft an der Volumenporosität ist gering. Die Volumenporosität besteht in der Regel aus Lunkern, deren Ursache die unzureichende Nachspeisung eines schwindungsbedingten Anteils der Schmelze beim Übergang von flüssig zu fest ist.

**[0013]** Bei herkömmlichen Kaltkammer-Gießanlagen sind die Anschnitte in der Regel dünnwandig im Verhältnis zur Wanddicke der Gussteile, was dazu führt, dass die Schmelze in manchen Bereichen des Gussteiles noch flüssig ist, während sie im Anschnittbereich schon teilweise bis vollständig erstarrt ist, was ein weiteres Nachspeisen nicht mehr ermöglicht oder jedenfalls erschwert. Die Bildung einer erstarrten Randschale in der Gießkammer nach der Dosierung hat zur Folge, dass ein Teil der Schmelze weder für die Formfüllung noch für die Nachspeisung des schwindungsbedingten Anteils im Formhohlraum zur Verfügung steht. Das Herausdrücken von Restschmelze aus dem Gießrestbereich zur Nachspeisung erfordert einen hohen Nachdruck.

**[0014]** Die hohen Drücke am Ende der Formfüllphase und in der Nachdruckphase bedingen hohe Zuhaltekräfte der Form, die über die Schließeinheit der Gießmaschine aufgebracht werden müssen.

**[0015]** Hohe Gießkräfte führen zu elastischen Verformungen der Gießform und unter Umständen zu einem Aufbauchen um den Formhohlraum herum, was Gratbildung um den Abguss in der Teilungsebene sowie in den Bereichen von Schiebern und Schieberführungen verursachen kann.

**[0016]** Die hohen Drücke erfordern eine relativ große Dicke der festen Aufspannplatte und folglich eine entsprechend lange Gießkammer, was wiederum den Füllgrad in der Gießkammer auf typischerweise 15 % bis höchstens etwa 70 % begrenzt, mit entsprechend großem Luftvolumen der Gießkammer. Die herkömmliche

Orientierung der Gießeinheit relativ zur Schließeinheit bedingt relativ lange Fließwege der Schmelze in der Gießkammer und im Gießsystem und häufig ein Kröpfen des Gießsystems bzw. des Amboss. Das Anwenden hoher Drücke kann zudem zu einer elastischen Verformung des erstarrten Gießrestes und der Gießkammer im Gießrestbereich und dadurch zum Klemmen des Gießrestes in der Gießkammer führen, so dass unter Umständen hohe Öffnungskräfte benötigt werden, um den Gießrest aus der Gießkammer herauszureißen. Dies kann zu einem hohen und/oder vorzeitigen Verschleiß der Gießkammer und des Gießkolbens führen. Das Klemmen des Gießrestes in der Gießkammer hat zudem häufig die Anwendung einer übermäßigen Menge an Kolbensmischerstoff zur Folge, was zu Einschlüssen im Gussteil führen kann.

**[0017]** Bei horizontal angeordneten Gießkammern werden diese beim Füllen durch die heiße Schmelze im unteren Bereich stärker als im oberen Bereich erhitzt, sodass durch die thermische Belastung eine Verformung der Gießkammer auftritt, was Reibvorgänge zwischen der Gießkammer und dem Gießkolben verursacht, der dem Verlauf der Gießkammer in der Vorfüllphase und der Formfüllphase folgen muss. Die herkömmliche Orientierung der Gießkammer relativ zur Form bzw. zum Lauf bedingt eine senkrechte Umlenkung der Schmelze beim Übergang von der Gießkammer in die Form bzw. den Lauf in der Teilungsebene, was strömungsmechanisch und thermisch problematisch ist. Jede Umlenkung der Schmelze führt zu Turbulenzen bei der Formfüllung, zu einem höheren Energiebedarf im Gießantrieb und zur Gefahr von merklichen Luft einschlüssen und Erosionen im Bereich der Gießgarnitur und der Gießform.

**[0018]** Die beschriebenen, systembedingten Nachteile herkömmlicher Kaltkammergießanlagen verschlechtern das Gießergebnis und erfordern einen sehr stabilen und kostenintensiven Maschinenaufbau. Darüber hinaus ist, bedingt durch den Gesamtaufbau bei den herkömmlichen Gießanlagen, das Aufspannen der Gießform ein zeit- und kostenintensiver Aufwand.

**[0019]** Die JP H01 237067 A beschreibt die Verhinderung eines Gießfehlers durch Variation der Wärmeleitfähigkeit einer Gießform entsprechend der Dicke eines zu gießenden Rades.

**[0020]** In der DE 94 21 365 U1 ist ein Leichtmetallrad für Kraftfahrzeuge sowie eine Vorrichtung zu dessen Herstellung beschrieben.

**[0021]** Aus der US 6 763 879 B1 ist ein Formtemperatursteuersystem mit einem Formabschnitt mit einem Hohlraum, einem Fluidkreislauf zum Verteilen eines Stroms eines Konditionierungsfluids und einem in der Form angeordneten Temperatursensor bekannt.

**[0022]** Die US 2017/120322 A1 stellt eine wassergekühlte Form zum Gießen von Aluminiumlegierungsradern und ein Herstellungsverfahren dafür bereit. Die wassergekühlte Form ist mit Wasserkühlkanälen vom ersten Typ mit hohem Wärmeaustauschwirkungsgrad und Wasserkühlkanälen vom zweiten Typ mit geringem Wär-

meaustauschwirkungsgrad versehen.

**[0023]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Gießform zur Herstellung eines Fahrzeuggrads aus einem Leichtmetallwerkstoff zu schaffen, die in der Lage sind, diesen ständig steigenden Anforderungen in Sachen Leichtbau, Aerodynamik und Crashverhalten des Fahrzeuggrads gerecht zu werden.

**[0024]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die in Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

**[0025]** Das erfindungsgemäße Verfahren bietet neben der geringen Maschinen- und Werkzeugbeanspruchung die besten Voraussetzungen, den genannten, sich bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren und Anlagen gestiegenen Ansprüchen gerecht zu werden. Durch die Verwendung von druckbeaufschlagtem Gießen statt des bislang eingesetzten Niederdruckkokillengießens bei Fahrzeugrädern mit dessen eingeschränkten Möglichkeiten oder dem herkömmlichen Kaltkammergießverfahrens für sonstige Gussteile mit dessen aktuellen verfahrenstechnischen Nachteilen, können neben diversen Leichtbauoptimierungen, Aerodynamikoptimierungen und Craschoptimierungen auch systembedingte Formgestaltungen als Leichtbau- und Prozessoptimierung vorgenommen werden.

**[0026]** Ein Verfahrenswechsel vom Niederdruckkokillenguss mit dessen eingeschränkten Möglichkeiten bezüglich Gussquerschnitt, Qualität des Gussergebnisses durch hohe Werkzeugtemperaturen mit über 500°C, in druckbeaufschlagtes Gießen, ermöglicht also neben diversen Optimierungen bezüglich Leichtbau, Aerodynamik und Crashverhalten auch systembedingte Formgestaltung als Leichtbau und Prozessoptimierungen.

**[0027]** Die erfindungsgemäße Temperierung der Gießform führt zu einer sehr schnellen und vollständigen Füllung des Formhohlraums, wobei Entmischungen des flüssigen Leichtmetallwerkstoffs vermieden werden. Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht dabei ein gewünschtes Temperaturniveau innerhalb des Formhohlraums, so dass neben dem ungleichen Erwärmen der Gießform auch die damit verbundene Verformung der Gießkammer vermieden wird und somit das frühzeitige Erstarren des geschmolzenen Leichtmetallwerkstoffs in bestimmten Bereichen verhindert wird. Neben der Erhöhung der Standzeit der Kolben und der Gießform können auf diese Weise auch die Kolbenkräfte reduziert werden.

**[0028]** Durch den Einsatz von druckbeaufschlagtem Gießen und der Temperierung der Gießform in unterschiedlichen Bereichen auf unterschiedliche Temperaturen treten während des Gießvorgangs sehr niedrige Kräfte auf und es ergibt sich ein turbulenzarmes bzw. turbulenzfreies Vergießen des Fahrzeuggrads. Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden zwar die Vorteile des Kaltkammergießverfahrens zur Herstellung von Leichtmetallrädern genutzt, die sich ansonsten aus diesem Verfahren ergebenden Probleme werden jedoch vermieden.

**[0029]** Des Weiteren ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren in bestimmten Bereichen des Fahrzeu-

grads sehr geringe Wanddicken bzw. Wandstärken von bis zu 1 mm und in bestimmten Fällen sogar weniger. Durch die mögliche Verringerung der Wandstärken lässt sich ein Fahrzeuggrad gestalten, das bezüglich des Crashverhaltens wesentlich bessere Eigenschaften aufweist als bekannte Fahrzeugräder. Insbesondere lässt sich das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Fahrzeugrad auf ein gewünschtes Crashverhalten hin optimieren.

**[0030]** Durch solche dünnen Wandstärken kann die Sichtseite des Fahrzeuggrads annähernd vollständig geschlossen ausgeführt werden, ohne dass das Gewicht des Fahrzeuggrads wesentlich erhöht wird. Dadurch kann die Aerodynamik des Fahrzeuggrads wesentlich verbessert werden. Selbstverständlich können auch Öffnungen, beispielsweise zur Belüftung einer Fahrzeugbremse, in eine solche Sichtseite integriert werden. Eine die Festigkeit des Fahrzeuggrads erhöhende Struktur kann sich innerhalb einer solchen scheibenartigen Ausführung der Sichtseite befinden. Auch hinsichtlich der Aerodynamik des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Fahrzeuggrads lassen sich demnach wesentliche Verbesserungen gegenüber bekannten Lösungen erreichen.

**[0031]** Ein weiterer, sich durch die Verwendung des Verfahrens ergebender Vorteil ist die geringe Ausformschräge von bis zu 1 Grad und weniger, wodurch sich bislang nicht bekannte stilistische Gestaltungsmöglichkeiten für das Fahrzeugrad ergeben. Des Weiteren können sehr feine Oberflächen mit einem sehr geringen Radius von 1 mm oder weniger dargestellt werden.

**[0032]** Dadurch, dass das Fahrzeugrad in einem Guss fertiggestellt werden kann, wird die nach dem Gießen erforderliche Bearbeitung um ca. 80 % oder mehr verringert. Durch die geringere erforderliche Nachbearbeitung wird weniger Abfall produziert, was zur Schonung der Umwelt beiträgt. Das erfindungsgemäße Verfahren verringert dabei die Gießzeit erheblich und ermöglicht einen nahezu gratfreien Abguss, wobei auch ein geringerer Rohstoffeinsatz und ein geringerer Energiebedarf benötigt werden. Des Weiteren kann durch das schnelle Gießen und Erstarren mit Gushaut eine ansonsten erforderliche Warmauslagerung komplett oder teilweise entfallen. Das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Fahrzeugrad weist einen geringen Verzug auf, der auch die für ein Glanzdrehen benötigten feinen Abstufungen ermöglicht.

**[0033]** Der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielbare Leichtbau erhöht die Reichweite von mit solchen Fahrzeugrädern ausgestatteten Kraftfahrzeugen, was zu einer Verringerung der Belastung für die Umwelt beiträgt.

**[0034]** Bezüglich einer raschen Füllung des Formhohlraums und einer damit verbundenen gleichmäßigen Erstarrung des flüssigen Leichtmetallwerkstoffs hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, dass der flüssige Leichtmetallwerkstoff mit hoher Geschwindigkeit von mehr als 5 m/s in den Formhohlraum eingeleitet wird.

**[0035]** Eine erfindungsgemäße Gießform zur Herstellung eines Fahrzeugrads ist in Anspruch 2 angegeben.

**[0036]** Die erfindungsgemäße Gießform ermöglicht durch den Einsatz der Temperiereinrichtungen ein sehr einfaches Einstellen unterschiedlicher Temperaturbereiche innerhalb der Gießform, so dass das jeweils zu gießende Fahrzeugrad zu den jeweils optimalen Bedingungen hergestellt werden kann. Die erfindungsgemäße Gießform kann dabei verhältnismäßig einfach ausgebildet sein und wird mittels der Temperiereinrichtungen stets auf den eingestellten Temperaturen gehalten.

**[0037]** Erfindungsgemäß weist wenigstens eines der Formteile mehrere Abstimmelemente zum Einstellen des Formteils auf unterschiedliche auf die Gießform einwirkende Temperaturen auf. Mittels dieser Abstimmelemente lässt sich wenigstens eines der Formteile und dadurch die gesamte Gießform bezüglich des Zusammenpassens der einzelnen Bauteile sehr gut aufeinander abstimmen, da die Abstimmelemente dazu geeignet sind, Toleranzen zwischen den einzelnen Bauteilen der Gießform auszugleichen. Außerdem kann dadurch die Gießform auch bei anderen Temperaturen eingesetzt werden als denjenigen, für die sie an sich konstruiert wurde, wodurch eine wesentliche Verringerung der Kosten erzielt werden kann. Die Abstimmelemente können auch aus verschiedenen Werkstoffen hergestellt sein und je nach Formteilherstellung und Formteilwärmeeintrag die unterschiedlichen Größen der beteiligten Bauteile ausgleichen. Neben dem Größenausgleich können die Abstimmelemente entweder die Wärme isolieren oder die Wärme gezielt übertragen, sodass neben der Formteilherstellung und dem Formteilwärmeeintrag die unterschiedlichen Größen ausgeglichen werden und eine Isolierwirkung erreicht oder Wärme übertragen wird. Des Weiteren sind die Abstimmelemente in der Lage, neben dem Größenausgleich die eingeleiteten Schläge und/oder Kräfte zu absorbieren und/oder zu dämpfen.

**[0038]** Hinsichtlich des Einstellens der gewünschten Temperaturen an dem Übergang der Gießform in den Formhohlraum ist es besonders vorteilhaft, wenn die Temperiereinrichtungen als Druckwasserkreisläufe, elektrische Heizpatronen und/oder Druckölkreisläufe ausgebildet sind. Wenn die Formteile und/oder mit den Formteilen verbundene Einsatzteile und/oder Entlüftungselemente aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen, lässt sich auf relativ einfache Weise der Wärmeabfluss und/oder der Wärmezuffluss steuern.

**[0039]** Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass die Temperiereinrichtungen mit einer Steuereinrichtung zur Steuerung und/oder Regelung der Temperaturen der temperierten Bereiche in Wirkverbindung stehen. Auf diese Weise können die Temperaturen der einzelnen Bereiche des Formhohlraums bzw. der Gießform sehr einfach gesteuert bzw. geregelt werden.

**[0040]** Bezüglich eines einfachen Aufbaus der erfindungsgemäßen Gießform kann eine vorteilhafte Weiterbildung darin bestehen, dass wenigstens zwei zueinander bewegliche Formteile vorgesehen sind.

**[0041]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann darin bestehen, dass wenigstens eines der Formteile mehrere Abstimmelemente zum Einstellen des Formteils auf unterschiedliche auf die Gießform einwirkende Temperaturen aufweist. Mittels dieser Abstimmelemente lässt sich wenigstens eines der Formteile und dadurch die gesamte Gießform bezüglich des Zusammenpassens der einzelnen Bauteile sehr gut aufeinander abstimmen, da die Abstimmelemente dazu geeignet sind, Toleranzen zwischen den einzelnen Bauteilen der Gießform auszugleichen. Außerdem kann dadurch die Gießform auch bei anderen Temperaturen eingesetzt werden als denjenigen, für die sie an sich konstruiert wurde, wodurch eine wesentliche Verringerung der Kosten erzielt werden kann. Die Abstimmelemente können auch aus verschiedenen Werkstoffen hergestellt sein und je nach Formteilherstellung und Formteilwärmeeintrag die unterschiedlichen Größen der beteiligten Bauteile ausgleichen. Neben dem Größenausgleich können die Abstimmelemente entweder die Wärme isolieren oder die Wärme gezielt übertragen, sodass neben der Formteilherstellung und dem Formteilwärmeeintrag die unterschiedlichen Größen ausgeglichen werden und eine Isolierwirkung erreicht oder Wärme übertragen wird. Des Weiteren sind die Abstimmelemente in der Lage, neben dem Größenausgleich die eingeleiteten Schläge und/oder Kräfte zu absorbieren und/oder zu dämpfen.

**[0042]** Um das Austreten der Schmelze durch die Entlüftung der Gießform zu verhindern, kann des Weiteren vorgesehen sein, dass in einem Entlüftungsbereich des Formhohlraums der Gießform eine Oberflächenänderung in Form einer temperierten labyrinthartigen Struktur und/oder wenigstens eine Querschnittsänderung und/oder wenigstens eine Umlenkung vorgesehen ist. Eine Vorrichtung zur Herstellung eines Fahrzeugrads mit einer solchen Gießform ist in Anspruch 8 angegeben.

**[0043]** Die Vorrichtung, die beispielsweise in Form einer Gießanlage ausgeführt sein kann, lässt sich besonders vorteilhaft zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens einsetzen.

**[0044]** Um ein einfaches und sicheres Öffnen und Schließen der Gießform zu erreichen, ist dabei vorgesehen, dass wenigstens eines der Formteile der Gießform mittels wenigstens eines nicht zu der Gießform gehörenden Führungselements in Schließrichtung der Gießform relativ zu einem weiteren Formteil bewegbar ist. Auf diese Weise ist es außerdem möglich, zusätzliche Führungen innerhalb der Gießform zu vermeiden und die Formteile der Gießform ohne solche Führungen zu bewegen. Durch dieses Anordnen der Führungselemente innerhalb der Vorrichtung und gerade nicht innerhalb der Gießform können die Führungselemente für die unterschiedlichsten Gießformen eingesetzt werden, so dass wesentliche Kosteneinsparungen erzielt werden können. Auf diese Weise sind außerdem schnelle Werkzeugwechsel, d. h. schnelle Wechsel der Formteile der Gießform, möglich.

**[0045]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Er-

findung kann darin bestehen, dass die Formteile von dieselben bewegenden Führungselementen thermisch getrennt sind. Auf diese Weise wird eine zu starke Erwärmung der Führungselemente verhindert, so dass sich diese nicht verziehen können und eine hohe Genauigkeit bei der Bewegung der Bauteile der Vorrichtung erreicht wird und Störungen vermieden werden.

**[0046]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Vorrichtung kann darin bestehen, dass wenigstens zwei der Formteile mittels jeweiliger Greifelemente in einer zu der Schließrichtung senkrechten Richtung bewegbar sind. Dies erlaubt ein sehr schnelles Öffnen und Schließen der Gießform, wodurch die Produktivität der erfindungsgemäßen Vorrichtung erheblich gesteigert werden kann.

**[0047]** Eine einfache und schnelle Verbindung der Formteile mit den Führungs- und/oder Greifelementen ergibt sich, wenn wenigstens eines der Formteile mittels Schnellverbindungseinrichtungen mit dem wenigstens einen Führungselement und/oder mit den Greifelementen verbindbar ist. Um die Temperiereinrichtungen auf effektive Art und Weise versorgen bzw. betreiben zu können, kann des Weiteren vorgesehen sein, dass jeweilige Aggregate zur Versorgung der Temperiereinrichtungen in die Vorrichtung integriert sind.

**[0048]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann darin bestehen, dass wenigstens eine Unterdruckeinheit zur Absaugung von Luft aus dem Formhohlraum vorgesehen ist. Diese Unterdruckeinheit ermöglicht eine einfache und schnelle Absaugung der Luft aus dem Formhohlraum, um diesen mit dem flüssigen Leichtmetallwerkstoff füllen zu können.

**[0049]** Nachfolgend sind Ausführungsbeispiele der Erfindungen anhand der Zeichnung prinzipiell dargestellt.

**[0050]** Es zeigt:

- Fig. 1 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem ersten Zustand;
- Fig. 2 eine Ansicht gemäß dem Pfeil II aus Fig. 1;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung aus Fig. 1;
- Fig. 4 eine Seitenansicht der Vorrichtung aus Fig. 1 in einem zweiten Zustand;
- Fig. 5 eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung aus Fig. 4;
- Fig. 6 eine Seitenansicht der Vorrichtung aus Fig. 1 in einem dritten Zustand;
- Fig. 7 eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung aus Fig. 6;
- Fig. 8 eine Seitenansicht der Vorrichtung aus Fig. 1 in einem vierten Zustand;
- Fig. 9 eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung aus Fig. 8;
- Fig. 10 eine erfindungsgemäße Gießform;
- Fig. 11 eine weitere Ansicht eines Teils der erfindungsgemäßen Gießform; und
- Fig. 12 eine weitere Ansicht eines Teils der erfindungsgemäßen Gießform.

ungsgemäßen Gießform.

**[0051]** Die Figuren 1 bis 9 zeigen verschiedene Ansichten einer Vorrichtung 1 zur Herstellung eines in den Figuren 6 bis 9 dargestellten Fahrzeuggrads 2 mittels druckbeaufschlagten Gießens. Das Fahrzeuggrad 2 kann grundsätzlich jede beliebige Größe und Form aufweisen. Das in den Figuren 6 bis 9 zu erkennende Fahrzeuggrad 2 ist daher als rein beispielhaft anzusehen. Zum druckbeaufschlagten Gießen des Fahrzeuggrads 2 wird ein Leichtmetallwerkstoff eingesetzt, vorzugsweise ein Aluminium- oder Magnesiumwerkstoff. Hierfür können an sich bekannte und für das nachfolgend beschriebene Verfahren zur Herstellung des Fahrzeuggrads 2 geeignete Leichtmetallwerkstoffe eingesetzt werden.

**[0052]** Die Vorrichtung 1 weist eine Gießform 3 auf, die sich in der Darstellung der Figuren 1, 2 und 3 in einer geschlossenen Position befindet. Im vorliegenden Fall weist die Gießform 3 vier Formteile auf, nämlich eine starre bzw. unbewegliche Formhälfte 4, eine bewegliche Formhälfte 5, einen oberen Schieber 6 und einen unteren Schieber 7. Die Formteile der Gießform 3 können mit oder ohne Nullpunktsystem aufgenommen werden und sie können eine sehr glatte und hochwertige Oberfläche aufweisen, die nicht oder nur in äußerst geringem Maße mit einer Schlichte oder ähnlichem behandelt werden muss, so dass sich eine sehr hohe Oberflächenqualität des Fahrzeuggrads 2 ergibt. Selbstverständlich kann die Gießform 3 auch mehr als die vier hierin beschriebenen und dargestellten Formteile aufweisen. Die beweglichen Formteile, also die bewegliche Formhälfte 5, der obere Schieber 6 und der untere Schieber 7, sind mittels jeweiliger nachfolgend beschriebener Führungselemente von dem in den Figuren 1, 2 und 3 dargestellten Zustand in die Zustände gemäß den Figuren 4 und 5, 6 und 7 sowie 8 und 9 bringbar. Sämtliche dieser nachfolgend beschriebenen Führungselemente sind dabei Teil der Vorrichtung 1 und gehören nicht zu der Gießform 3.

**[0053]** Zur Führung der Bewegung der beweglichen Formhälfte 5 in der in Fig. 1 mit dem Pfeil "x" bezeichneten Schließrichtung der Gießform 3 und entgegen dieser Schließrichtung x dienen mehrere horizontal verlaufende Führungssäulen 8, die einerseits an einer beweglichen Aufspannplatte 9 und andererseits an einem hinteren Maschinenschild 10, das ein Gegenlager bildet, gelagert sind. Durch Bewegen der ebenfalls ein Führungselement für die Gießform 3 darstellenden beweglichen Aufspannplatte 9 entgegen der Schließrichtung x wird die bewegliche Formhälfte 5 von ihrer in Fig. 1 dargestellten Position in die in Fig. 4 dargestellte Position gebracht. Bei der Bewegung der beweglichen Formhälfte 5 relativ zu der starren Formhälfte 4 werden auch der obere Schieber 6 und der untere Schieber 7 entgegen der Schließrichtung x relativ zu der starren Formhälfte 4 bewegt. Zum Antrieb der beweglichen Aufspannplatte 9, die im vorliegenden Fall auf Schienen 11 der Vorrichtung 1 beweglich gelagert ist, können an sich bekannte und nicht dargestellte Antriebseinrichtungen verwendet werden. Die Füh-

rungssäulen 8 bilden dabei eine Führung für die bewegliche Aufspannplatte 9 und nehmen die horizontalen Schließkräfte beim Gießen auf. Die starre Formhälfte 4 ist an einer festen Aufspannplatte 12 angebracht, die mit einer Gießereinheit 13 verbunden ist, die dazu dient, den flüssigen Leichtmetallwerkstoff in einen zwischen den Formteilen der Gießform 3 gebildeten Formhohlraum 14, der in an sich bekannter Weise die Negativform des herzustellenden Fahrzeuggrads 2 aufweist, einzuleiten. Die Füllung des Formhohlraums 14 mit dem flüssigen Leichtmetallwerkstoff erfolgt insbesondere vom Außenumfang des Formhohlraums 14 her. Dabei ist die Gießform 3 vorzugsweise so ausgelegt, dass beim Einleiten des flüssigen Leichtmetallwerkstoffs in den Formhohlraum 14 ein Sprühen des Werkstoffs vermieden wird. Der flüssige Leichtmetallwerkstoff wird dabei mit relativ geringem Druck von bis zu 100 bar oder geringfügig mehr in den Formhohlraum 14 eingeleitet.

**[0054]** Beim eigentlichen Gießvorgang wird durch die bewegliche Aufspannplatte 9 und die feste Aufspannplatte 12, an der sich die bewegliche Aufspannplatte 9 abstützt, auch die Zuhaltkraft erzeugt. Hierzu können die zum Bewegen der beweglichen Aufspannplatte 9 dienenden Antriebselemente bzw. -einrichtungen zum Beispiel Hydraulikzylinder und/oder Kniehebel- oder Formschlusselemente aufweisen. Die Gießform 3 kann mittels manueller, teilautomatischer oder vollautomatischer Spannelemente über Form- und/oder Kraftschluss gespannt werden. Die feste Aufspannplatte 12 kann eine nicht dargestellte Formsprüheinrichtung und/oder ein integriertes Druckmediumsystem aufweisen.

**[0055]** Der obere Schieber 6 kann mittels eines oberen Greifelements 15 von seiner in Fig. 1 bzw. Fig. 4 dargestellten Position in die in Fig. 6 dargestellte Position gebracht werden, in der der obere Schieber 6 relativ zu der beweglichen Formhälfte 5 vertikal nach oben verfahren wurde. In ähnlicher Weise kann auch der untere Schieber 7 mittels eines unteren Greifelements 16 von seiner in den Figuren 1 und 4 dargestellten Position in seine in Fig. 6 dargestellte Position relativ zu der beweglichen Formhälfte 5 nach unten verschoben werden. Die Greifelemente 15 und 16 sowie die bewegliche Aufspannplatte 9 können dabei manuell, teilautomatisch oder vollautomatisch betrieben werden. Die beiden Greifelemente 15 und 16 stellen ebenfalls Führungselemente für die Gießform 3 dar. Die Führungselemente zum Bewegen der Formteile der Gießform 3 können in nicht dargestellter Weise auch mit einem Druckmedium ausgestattet sein.

**[0056]** Während im vorliegenden Fall der obere Schieber 6 und der untere Schieber 7 in vertikaler Richtung bewegt werden, wäre es auch möglich, die Gießform 3 im Bereich der beiden Schieber 6 und 7 in vertikaler Richtung zu trennen und die beiden Schieber demnach in horizontaler Richtung zu bewegen. Die beiden Greifelemente 15 und 16 wären in diesem Fall linke und rechte Greifelemente. Vorzugsweise werden in jedem Fall die beiden Schieber 6 und 7 mittels jeweiliger Greifelemente

15 und 16 in einer zu der Schließrichtung x senkrechten Richtung bewegt.

**[0057]** Bei dem mit der Vorrichtung 1 und der Gießform 3 durchgeführten Verfahren zur Herstellung des Fahrzeuggrads 2 wird demnach der Leichtmetallwerkstoff mittels der Gießereinheit 13 in flüssiger Form in den Formhohlraum 14 der Gießform 3 eingeleitet. Dieses Einleiten des flüssigen Leichtmetallwerkstoffs erfolgt mit einer hohen Geschwindigkeit von mehr als 5 m/s. Diese hohe Geschwindigkeit wird durch eine entsprechende Bewegung eines nicht dargestellten Kolbens der Gießereinheit 13 erreicht. Das Fahrzeuggrad 2 wird dabei mittels druckbeaufschlagten Gießens hergestellt, wobei die Gießform 3 in unterschiedlichen Bereichen auf unterschiedliche Temperaturen temperiert wird. Dieses unterschiedliche Temperieren der Gießform 3 wird anhand eines Beispiels zu einem späteren Zeitpunkt näher beschrieben. Vorzugsweise wird in Bereichen, in denen das Fahrzeuggrad 2 einen kleinen Querschnitt aufweist, die Gießform 3 auf hohe Temperaturen temperiert und in Bereichen, in denen das Fahrzeuggrad 2 einen großen Querschnitt aufweist, wird die Gießform 3 auf niedrige Temperaturen temperiert. Durch die Temperierung der Gießform 3 kann das Erstarrungsverhalten des flüssigen Leichtmetallwerkstoffs gesteuert bzw. eingestellt werden, obwohl das Fahrzeuggrad 2 sehr unterschiedliche Querschnitte aufweist. Des Weiteren wird ein Bereich, in dem die Gießform 3 entlüftet wird, auf eine wesentlich niedrigere Temperatur als die anderen Bereiche der Gießform 3 temperiert. Dieser Bereich, in dem die Gießform 3 entlüftet wird, wird zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls näher beschrieben.

**[0058]** Die Formteile der Gießform 3, also die starre Formhälfte 4, die bewegliche Formhälfte 5, der obere Schieber 6 und der untere Schieber 7, können ganz oder teilweise aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen. Insbesondere kann die Auswahl der Werkstoffe der einzelnen Formteile in Abhängigkeit von den bei der Temperierung der Gießform 3 einzustellenden Temperaturen erfolgen.

**[0059]** Nach dem Erstarren des flüssigen Leichtmetallwerkstoffs werden die Formteile auf die oben beschriebene Art und Weise auseinandergefahren, um die Gießform 3 zu öffnen. Das Auswerfen des durch das Verfahren hergestellten Gussteils, also des Fahrzeuggrads 2, erfolgt mittels einer Auswerfereinheit 17, die wie die Führungssäulen 8 zum einen an der beweglichen Aufspannplatte 9 und zum anderen an dem hinteren Maschinenschild 10 gelagert ist. Die Auswerfereinheit 17 weist im vorliegenden Fall eine Hydraulikeinheit 18 auf, die in an sich bekannter Weise für die Bewegung der Auswerfereinheit 17 sorgt. Nach dem Auswerfen des Fahrzeuggrads 2 aus der Gießform 3 kann die Gießform 3 in umgekehrter Richtung, also von dem Zustand gemäß der Figuren 8 und 9 über den Zustand gemäß der Figuren 6 und 7, den Zustand gemäß der Figuren 4 und 5 in den Zustand gemäß der Figuren 1, 2 und 3 gebracht werden, um das nächste Fahrzeuggrad 2 durch Einleiten des flüs-

sigen Leichtmetallwerkstoffs in den Formhohlraum 14 herzustellen.

**[0060]** Nach der Fertigstellung kann das dargestellte Fahrzeugrad 2 selbstverständlich mit einem mit Luft oder Gas zu füllenden, nicht dargestellten Reifen verbunden werden. Das Fahrzeugrad 2 kann auch aus mehreren Einzelteilen bestehen, die mit dem hierin beschriebenen Verfahren ebenfalls erzeugt werden können.

**[0061]** Die Figuren 10, 11 und 12 zeigen eine beispielhafte Ausführungsform der Gießform 3. Dabei sind die starre Formhälfte 4, die bewegliche Formhälfte 5, der obere Schieber 6 und der untere Schieber 7 zu erkennen. Auch das obere Greifelement 15 und das untere Greifelement 16 gehen aus diesen Figuren hervor. Aus Fig. 10 ergibt sich des Weiteren, dass der obere Schieber 6 und der untere Schieber 7 mit dem oberen Greifelement 15 bzw. dem unteren Greifelement 16 mittels Schnellverbindungseinrichtungen 19 bzw. 20 verbunden sind, mit denen ein schnelles Verbinden der zu der Vorrichtung 1 gehörenden Führungselemente mit den zu der Gießform 3 gehörenden Formteilen möglich ist, um ein schnelles Öffnen bzw. Schließen der Gießform 3 durch Bewegen der Formteile relativ zueinander, wie oben beschrieben, sicherzustellen.

**[0062]** Außerdem ist in Fig. 10 erkennbar, dass der obere Schieber 6, der untere Schieber 7 sowie die bewegliche Formhälfte 5 von den entsprechenden Führungselementen, also dem oberen Greifelement 15, dem unteren Greifelement 16 und der beweglichen Aufspannplatte 9 thermisch getrennt sind. Hierzu sind entsprechende Isolierelemente 21 vorgesehen, die aufgrund des Schnittverlaufs nicht alle zu erkennen sind und die auch zwischen der starren Formhälfte 4 und der festen Aufspannplatte 12 vorgesehen sein können. Durch diese thermische Trennung der Formteile von den Führungselementen wird ein ungewolltes Erwärmen der Führungselemente verhindert, so dass auch bei Temperaturänderungen die Funktion der Vorrichtung 1 bezüglich des Öffnens und Schließens der Gießform 3 gewährleistet ist.

**[0063]** In Fig. 10 sind auch mehrere Temperiereinrichtungen erkennbar, mit denen die Gießform 3 auf unterschiedliche Temperaturen temperiert werden kann, um ein gleichmäßiges Erstarren des Leichtmetallwerkstoffs innerhalb des Formhohlraums 14 zu ermöglichen. Bei den Temperiereinrichtungen handelt es sich vorzugsweise um Druckwasserkreisläufe, von denen in Fig. 10 mehrere Bohrungen 22 erkennbar sind, um elektrische Heizpatronen 23 und um Druckölkreisläufe, von denen in Fig. 10 ebenfalls mehrere Bohrungen 24 dargestellt sind. Gegebenenfalls lassen sich auch andere Heiz- oder Kühlelemente als Temperiereinrichtungen verwenden.

**[0064]** Die Temperiereinrichtungen, also die Druckwasserkreisläufe, die elektrischen Heizpatronen 23 und/oder die Druckölkreisläufe sind mit einer in Fig. 10 ebenfalls dargestellten Steuereinrichtung 25 verbunden, so dass die Temperaturen der durch die Temperiereinrichtungen temperierten Bereiche gesteuert und/oder

geregelt werden können. Die Steuereinrichtung 25 kann auch mit nicht dargestellten Temperaturfühlern in Wirkverbindung stehen, welche die tatsächliche Temperatur der einzelnen Teile der Gießform 3 messen und so eine korrekte Einstellung der Temperatur ermöglichen. Die Steuereinrichtung 25 ist auch in der Lage, die Formteil- bzw. Formzonentemperaturen neben anderen Prozessdaten und/oder geografischen Daten und/oder sonstigen Überwachungsinformationen zu überwachen und an ein übergeordnetes System, beispielsweise eine Maschinensteuerung, zu übermitteln. Dadurch kann die Gießform 3 während der Produktion und/oder zum Vorheizen gezielt temperiert werden, wobei alle Einflussparameter, wie beispielsweise unterschiedliche Wärmeausdehnungen der beteiligten Bauteile, basierend auf den unterschiedlichen Temperaturen und Wärmeausdehnungskoeffizienten der Formteile, überwachen und steuern zu können.

**[0065]** Die Temperierung der Gießform 3 kann selbstverständlich für jede einzelne Gießform und damit für jedes einzelne, mit der Gießform 3 bzw. der Vorrichtung 1 herzustellende Fahrzeugrad 2 unterschiedlich ausgelegt werden.

**[0066]** In den Figuren 1, 4, 6 und 8 sind sehr schematisch Aggregate 26 dargestellt, die zur Versorgung der Temperiereinrichtungen zur Temperierung der Gießform 3 dienen und die in die Vorrichtung 1 integriert sind. Im vorliegenden Fall sind die Aggregate 26 als in die Schienen 11 integriert dargestellt. Selbstverständlich können sich die Aggregate 26 jedoch auch an anderen Positionen innerhalb der Vorrichtung 1 befinden oder angebracht sein.

**[0067]** Des Weiteren ist in den Figuren 1, 4, 6 und 8 eine Unterdruckeinheit 27 dargestellt, die zur Absaugung von Luft aus dem Formhohlraum 14 dient. Auch die Unterdruckeinheit 27, mit der ein entsprechender Unterdruck erzeugt wird, ist in die Vorrichtung 1 integriert und wiederum rein beispielhaft in den Schienen 11 dargestellt. Die Verbindung der Aggregate 26 mit den Temperiereinrichtungen und die Verbindung der Unterdruckeinheit 27 mit dem Formhohlraum 14 sind in den Figuren nicht dargestellt; diese können auf die unterschiedlichsten und dem Fachmann geläufigen Arten erfolgen.

**[0068]** Fig. 11 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Teils der Gießform 3, in dem der obere Schieber 6, der untere Schieber 7, die bewegliche Formhälfte 5, die Steuereinrichtung 25 sowie ein Teil des Formhohlraums 14 zu erkennen sind. Auch die beiden Greifelemente 15 und 16 sowie deren Anbindung an die beiden Schieber 6 und 7 ist in Fig. 11 gut zu erkennen. Des Weiteren ergibt sich aus Fig. 11, dass wenigstens eines der Formteile, im vorliegenden Fall sowohl der obere Schieber 6 als auch der untere Schieber 7 mehrere Abstimmelemente 28 aufweist, mit denen die Formteile aufeinander abgestimmt werden können. Im vorliegenden Fall werden mittels der Abstimmelemente 28 die beiden Schieber 6 und 7 auf die in Fig. 11 nicht dargestellte starre Formhälfte 4 abgestimmt. Dadurch können sich bei der Herstellung der



einzelnen Formteile unweigerlich ergebende Toleranzabweichungen ausgeglichen werden. Des Weiteren dienen die Abstimmeelemente 28 dazu, die Formteile der Gießform 3 auf unterschiedliche auf die Gießform 3 einwirkende Temperaturen einzustellen. Die Abstimmeelemente 28, die auch als Einsatzteile bezeichnet werden können, können aus einem unterschiedlichen Werkstoff als die Schieber 6 bzw. 7, in bzw. an denen sie angeordnet sind, bestehen.

[0069] Mittels der Abstimmeelemente 28, die die unterschiedlichsten Stärken aufweisen und gegebenenfalls auch als Abstimmzylinder ausgebildet sein können, ist es möglich, in Trennbereichen zwischen den Formteilen der Gießform 3 die Gießform 3 so abzustimmen, dass alle Formteile derselben auch unter Sprengdruck geschlossen bleiben, um ein Austreten des flüssigen Leichtmetallwerkstoffs zu verhindern. Dadurch können die Formteile der Gießform 3 mit ihren Temperaturzonen so eingestellt werden, dass bei der Herstellung der Fahrzeugräder 2 neben dem technologischen und wirtschaftlichen Anspruch, der sich bei Fahrzeugrädern 2 zwangsläufig ergibt, auch der technologischen und wirtschaftlichen Ausführung der Gießform 3 in Verbindung mit den Problemen, die sich bei herkömmlichen Gießformen ergeben, Sorge getragen wird. Die Abstimmeelemente 28 können nach entsprechendem Testen auch überarbeitet oder getauscht werden, so dass ein sicheres Abdichten der Gießform 3 gewährleistet ist.

[0070] In Fig. 12 ist eine Ansicht auf ein weiteres Formteil der Gießform 3 dargestellt, nämlich auf die starre Formhälfte 4. Diese weist einen sich an den Formhohlraum 14 anschließenden Entlüftungsbereich 29 auf, zu dem die sich am Beginn des Gießvorgangs innerhalb des Formhohlraums 14 befindende Luft entweichen kann. Um zu verhindern, dass zusätzlich zu der Luft auch der flüssige Leichtmetallwerkstoff aus dem Entlüftungsbereich 29 austritt, wird der Entlüftungsbereich, wie bereits erwähnt, auf eine wesentlich niedrigere Temperatur als die anderen Bereiche der Gießform 3 temperiert. Zusätzlich ist in dem Entlüftungsbereich 29 eine temperierte, labyrinthartige Struktur 30 vorgesehen, durch die es dem flüssigen Leichtmetallwerkstoff erschwert wird, aus dem Formhohlraum 14 auszutreten. Zusätzlich oder alternativ zu der labyrinthartigen Struktur 30 kann der Bereich 29 auch Querschnittsänderungen, Oberflächenvergrößerungen oder Oberflächenverkleinerungen und/oder Umlenkungen aufweisen. Der Entlüftungsbereich 29 bzw. ein den Entlüftungsbereich 29 bildendes Entlüftungselement kann aus einem anderen Werkstoff bestehen als die anderen Bauteile der Gießform 3. Beispielsweise können Kupferwerkstoffe, wie zum Beispiel Messing oder Bronze, für den Entlüftungsbereich 29 eingesetzt werden. Selbstverständlich können sich auch an anderen Stellen des Formhohlraums 14 gleiche oder ähnliche Entlüftungsbereiche wie der Belüftungsbereich 29 befinden.

[0071] Der Belüftungsbereich 29, der auch als Entlüftungseinheit bezeichnet werden kann, ermöglicht durch

sein eigenes Wärmemanagement in Verbindung mit der beschriebenen geometrischen Formgebung ein den flüssigen Leichtmetallwerkstoff in sich bremsendes System, so dass, je nach Anforderung variabel mit vollem Querschnitt oder reduziertem Querschnitt über eine oder mehrere Bohrungen 31 eine Verbindung zur Unterdruckeinheit 27 gezielt gesteuert werden kann, um auf diese Weise kurze Entlüftungsstrecken realisieren zu können. Teilweise können diese Belüftungsbereiche 29 auch mit Unterdruckventilanbindung versehen sein oder auch ohne anschließende Unterdruckanbindung eingesetzt werden, um der Gießform 3 ganz oder teilweise als Überlauf zu dienen.

[0072] In Fig. 12 ist auch ein geschlossener Gurt bzw. Ring 32 erkennbar, der durch einen Versatz der Ebenen der starren Formhälfte 4 gebildet ist. An dem Ring 32 liegen in dem geschlossenen Zustand der Gießform 3 die Abstimmeelemente 28 an, um die Dichtigkeit der Gießform 3 zu gewährleisten. Der Ring 32 nimmt damit die beim Gießen auftretenden Kräfte auf.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Fahrzeugrads (2) aus einem Leichtmetallwerkstoff, wobei der Leichtmetallwerkstoff in flüssiger Form in einen Formhohlraum (14) einer Gießform (3) eingeleitet wird, wobei das Fahrzeugrad (2) mittels druckbeaufschlagten Gießens hergestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gießform (3) in unterschiedlichen Bereichen auf unterschiedliche Temperaturen temperiert wird, und dass der flüssige Leichtmetallwerkstoff mit hoher Geschwindigkeit von mehr als 5 m/s in den Formhohlraum (14) eingeleitet wird.
2. Gießform (3) zur Herstellung eines Fahrzeugrads (2) aus einem Leichtmetallwerkstoff, mit einem Formhohlraum (14) zur Aufnahme des Leichtmetallwerkstoffs in flüssiger Form bildenden Formteilen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gießform (3) mittels Temperiereinrichtungen auf unterschiedliche Temperaturen temperierte Bereiche aufweist, und dass wenigstens eines der Formteile mehrere Abstimmeelemente (28) zum Einstellen des Formteils auf unterschiedliche auf die Gießform (3) einwirkende Temperaturen aufweist.
3. Gießform (3) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperiereinrichtungen als Druckwasserkreisläufe, elektrische Heizpatronen (23) und/oder Druckölkreisläufe ausgebildet sind.
4. Gießform (3) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formteile und/oder mit den Formteilen verbundene Einsatzteile und/oder Entlüftungselemente

aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.

5. Gießform (3) nach Anspruch 2, 3 oder 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Temperiereinrichtungen mit einer Steuereinrichtung (25) zur Steuerung und/oder Regelung der Temperaturen der temperierten Bereiche in Wirkverbindung stehen. 5
6. Gießform (3) nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
wenigstens zwei zueinander bewegliche Formteile vorgesehen sind. 10
7. Gießform (3) nach einem der Ansprüche 2 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
in einem Entlüftungsbereich (29) des Formhohlraums (14) der Gießform (3) eine Oberflächenänderung in Form einer temperierten labyrinthartigen Struktur (30) und/oder wenigstens eine Querschnittsänderung und/oder wenigstens eine Umlenkung vorgesehen ist. 15 20
8. Vorrichtung (1) zur Herstellung eines Fahrzeugs (2) mit einer Gießform (3) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei wenigstens eines der Formteile der Gießform (3) mittels wenigstens eines nicht zu der Gießform (3) gehörenden Führungselements in Schließrichtung (x) der Gießform (3) relativ zu einem weiteren Formteil bewegbar ist. 25 30
9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Formteile von dieselben bewegenden Führungselementen thermisch getrennt sind. 35
10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8 oder 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
wenigstens zwei der Formteile mittels jeweiliger Greifelemente (15,16) in einer zu der Schließrichtung (x) senkrechten Richtung bewegbar sind. 40
11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8, 9 oder 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
wenigstens eines der Formteile mittels Schnellverbindungseinrichtungen (19,20) mit dem wenigstens einen Führungselement und/oder mit den Greifelementen (15,16) verbindbar ist. 45
12. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
jeweilige Aggregate (26) zur Versorgung der Temperiereinrichtungen in die Vorrichtung (1) integriert sind. 50
13. Vorrichtung (1) einem der Ansprüche 8 bis 12,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
wenigstens eine Unterdruckeinheit (27) zur Absaugung von Luft aus dem Formhohlraum (14) vorgesehen ist. 55

gung von Luft aus dem Formhohlraum (14) vorgesehen ist.

## Claims

1. Method for producing a vehicle wheel (2) from a light-metal material, the light-metal material being introduced in liquid form into a mold cavity (14) of a casting mold (3), the vehicle wheel (2) being produced by means of pressurized casting,  
**characterized in that**  
the casting mold (3) is tempered to different temperatures in different areas, and **in that** the molten light-metal material is introduced into the mold cavity (14) at a high speed of more than 5 m/s.
2. Casting mold (3) for producing a vehicle wheel (2) from a light-metal material, having mold parts forming a mold cavity (14) for receiving the light-metal material in liquid form,  
**characterized in that**  
the casting mold (3) has areas tempered to different temperatures by means of tempering devices and **in that** at least one of the mold parts has a plurality of tuning elements (28) for adjusting the mold part to different temperatures acting on the casting mold (3).
3. Casting mold (3) according to claim 2,  
**characterized in that**  
the tempering devices are formed as pressurized water circuits, electric heating cartridges (23) and/or pressurized oil circuits.
4. Casting mold (3) according to claim 2 or 3,  
**characterized in that**  
the mold parts and/or inserts connected to the mold parts and/or venting elements consist of different materials.
5. Casting mold (3) according to claim 2, 3 or 4,  
**characterized in that**  
the tempering devices are in operative connection with a control device (25) for controlling and/or regulating the temperatures of the tempered areas.
6. Casting mold (3) according to one of claims 2 to 5,  
**characterized in that**  
at least two mold parts movable relative to each other are provided.
7. Casting mold (3) according to one of claims 2 to 6,  
**characterized in that**  
in a venting area (29) of the mold cavity (14) of the casting mold (3) a surface change in the form of a tempered labyrinth-like structure (30) and/or at least one change in cross-section and/or at least one deflection is provided.

8. Apparatus (1) for producing a vehicle wheel (2) having a casting mold (3) according to one of claims 2 to 7, at least one of the mold parts of the casting mold (3) being movable in the closing direction (x) of the casting mold (3) relative to another mold part by means of at least one guide element not belonging to the casting mold (3). 5
9. Apparatus (1) according to claim 8, **characterized in that** the mold parts are thermally separated from guide elements moving the same. 10
10. Apparatus (1) according to claim 8 or 9, **characterized in that** at least two of the mold parts are movable by means of respective gripping elements (15, 16) in a direction perpendicular to the closing direction (x). 15
11. Apparatus (1) according to claim 8, 9 or 10, **characterized in that** at least one of the mold parts can be connected to the at least one guide element and/or to the gripping elements (15, 16) by means of quick-connection means (19, 20). 20 25
12. Apparatus (1) according to one of claims 8 to 11, **characterized in that** respective units (26) for supplying the tempering devices are integrated into the apparatus (1). 30
13. Apparatus (1) according to one of claims 8 to 12, **characterized in that** at least one vacuum unit (27) is provided for extracting air from the mold cavity (14). 35

## Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'une roue de véhicule (2) en matériau métallique léger, selon lequel le matériau métallique léger est injecté sous forme liquide dans une cavité de moulage (14) d'un moule de coulée (3) et selon lequel la roue de véhicule (2) est fabriquée par coulée sous pression, **caractérisé en ce que** le moule de coulée (3) est tempéré dans différentes zones à différentes températures et que le matériau métallique léger est injecté dans la cavité de moulage (14) à une vitesse élevée supérieure à 5 m/s. 40 50
2. Moule de coulée (3) pour la fabrication d'une roue de véhicule (2) en matériau métallique léger, avec des pièces de moule formant une cavité de moule (4) pour recevoir le matériau métallique léger sous forme liquide, **caractérisé en ce que** ce moule de coulée (3) présente des zo-

nes tempérées à différentes températures au moyen de dispositifs de régulation de température et qu'au moins une des pièces de moule présente plusieurs éléments d'accord (28) pour régler la pièce de moule à différentes températures agissant sur le moule de coulée (3).

3. Moule de coulée (3) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les dispositifs de régulation de température sont configurés comme des circuits d'eau sous pression, des cartouches de chauffage électriques (23) et/ou des circuits d'huile sous pression.
4. Moule de coulée (3) selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** les pièces de moule et/ou les inserts reliés aux pièces de moule et/ou les éléments de ventilation sont constitués de différents matériaux.
5. Moule de coulée (3) selon la revendication 2, 3 ou 4, **caractérisé en ce que** les dispositifs de régulation de température sont en liaison active avec un dispositif de commande (25) pour contrôler et/ou réguler les températures des zones tempérées.
6. Moule de coulée (3) selon une des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce qu'**au moins deux pièces de moule mobiles entre elles sont prévues.
7. Moule de coulée (3) selon une des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** dans une zone de ventilation (29) de la cavité de moule (14) du moule de coulée (3), un changement de surface sous la forme d'une structure labyrinthique tempérée (30) et/ou au moins un changement de section transversale et/ou au moins un changement de direction est prévu.
8. Dispositif (1) pour la fabrication d'une roue de véhicule (2) avec un moule de coulée (3) selon une des revendications 2 à 7, dans lequel au moins une des pièces de moule du moule de coulée (3) peut être mue au moyen d'un élément de guidage n'appartenant pas au moule de coulée (3) dans une direction de fermeture (x) du moule de coulée (3) par rapport à une autre pièce de moule.
9. Dispositif (1) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les pièces de moule sont isolées thermiquement des mêmes éléments de guidage mobiles.
10. Dispositif (1) selon la revendication 8 ou 9,

**caractérisé**

**en ce qu'**au moins deux des pièces de moule peuvent être mues au moyen d'éléments de préhension (15, 16) respectifs dans une direction perpendiculaire à la direction de fermeture (x).

5

11. Dispositif (1) selon la revendication 8, 9 ou 10,

**caractérisé**

**en ce qu'**au moins une des pièces de moule peut être reliée au moyen de dispositifs de liaison rapide (19, 20) avec l'au moins un élément de guidage et/ou avec les éléments de préhension (15, 16).

10

12. Dispositif (1) selon une des revendications 8 à 11,

**caractérisé**

**en ce que** des groupes moteurs (26) pour alimenter les dispositifs de régulation de température sont intégrés dans le dispositif (1).

15

13. Dispositif (1) selon une des revendications 8 à 12,

**caractérisé**

**en ce qu'**au moins une unité de dépression (27) pour aspirer l'air hors de la cavité de moule (14) est prévue.

20

25

30

35

40

45

50

55

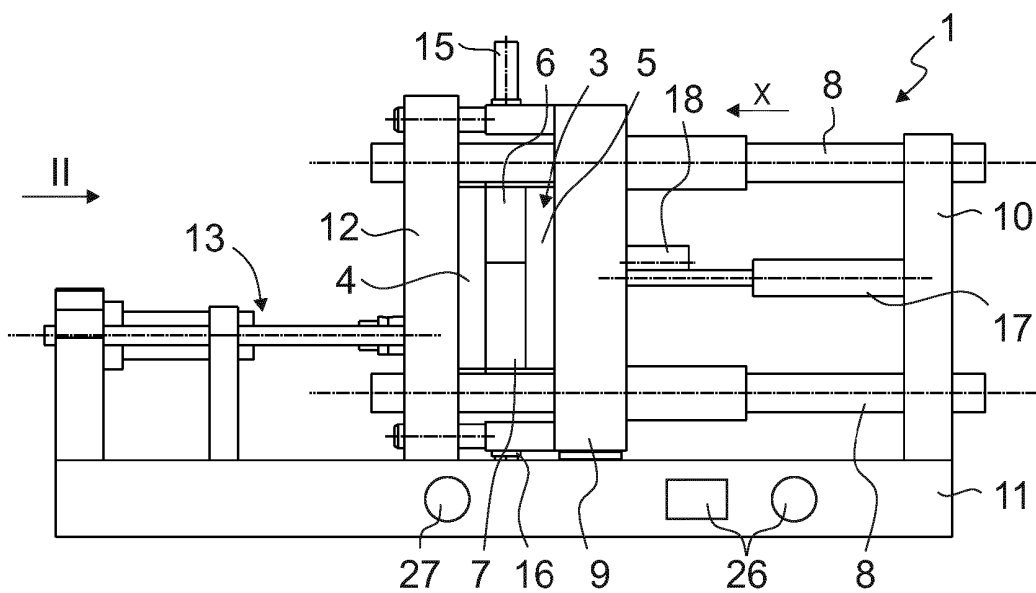


Fig. 1

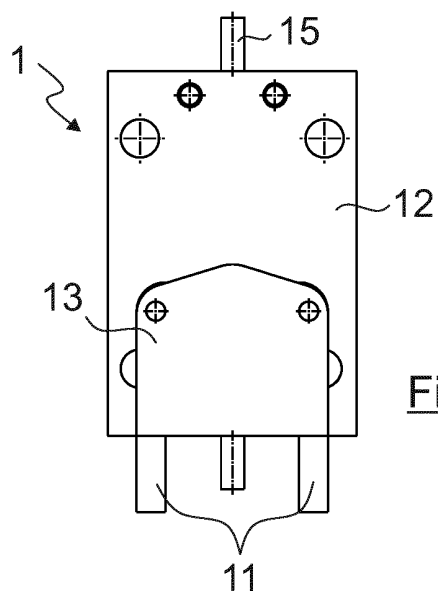


Fig. 2

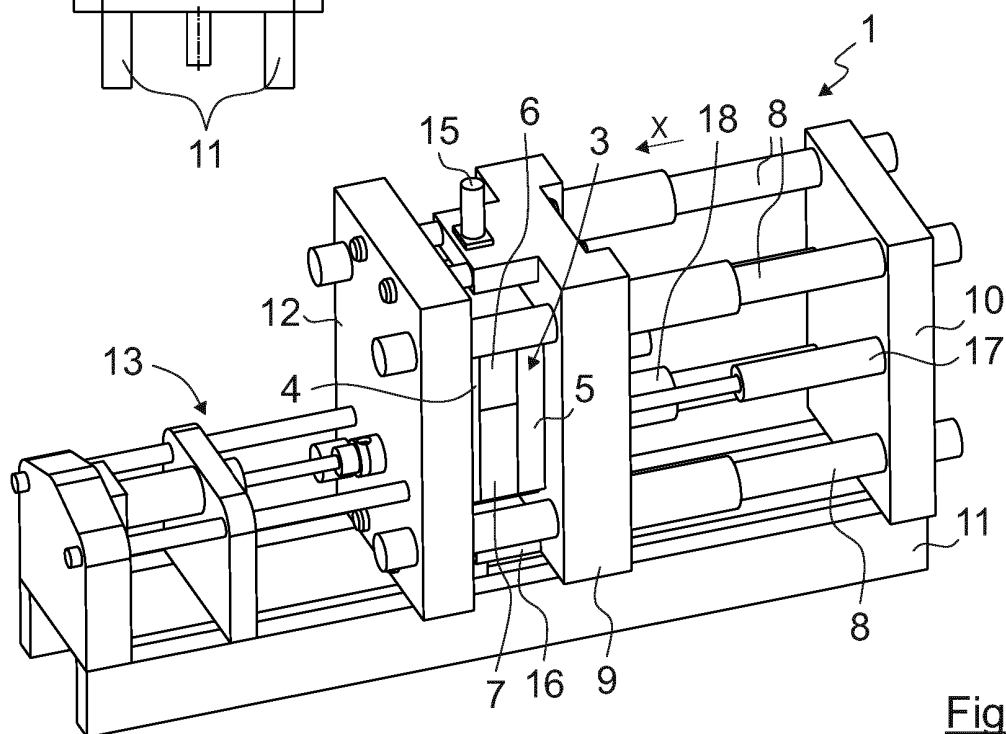


Fig. 3

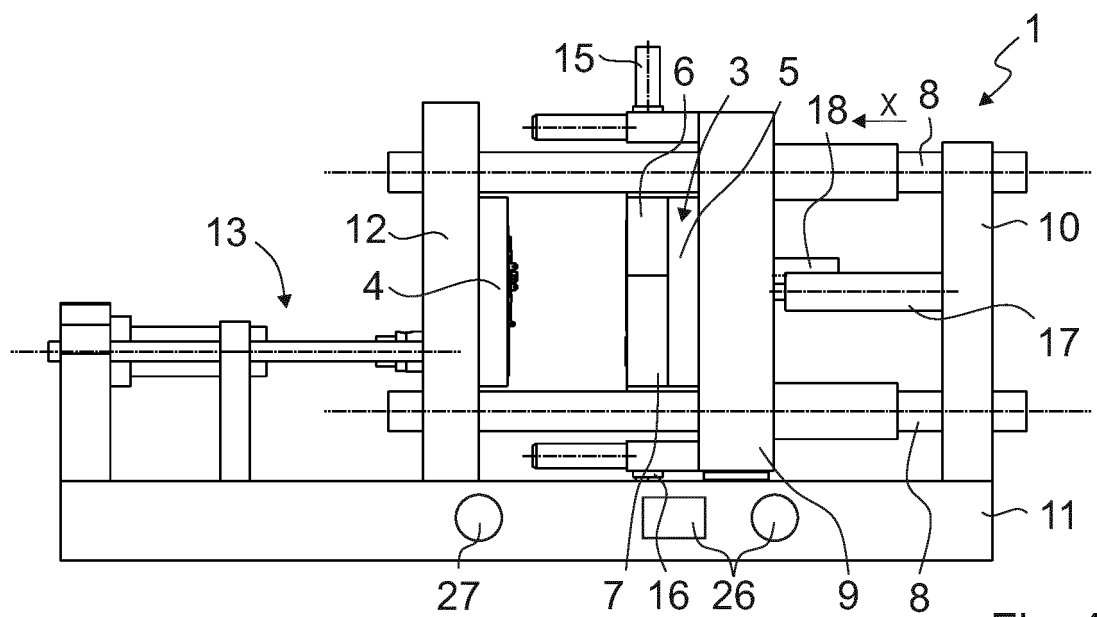


Fig. 4

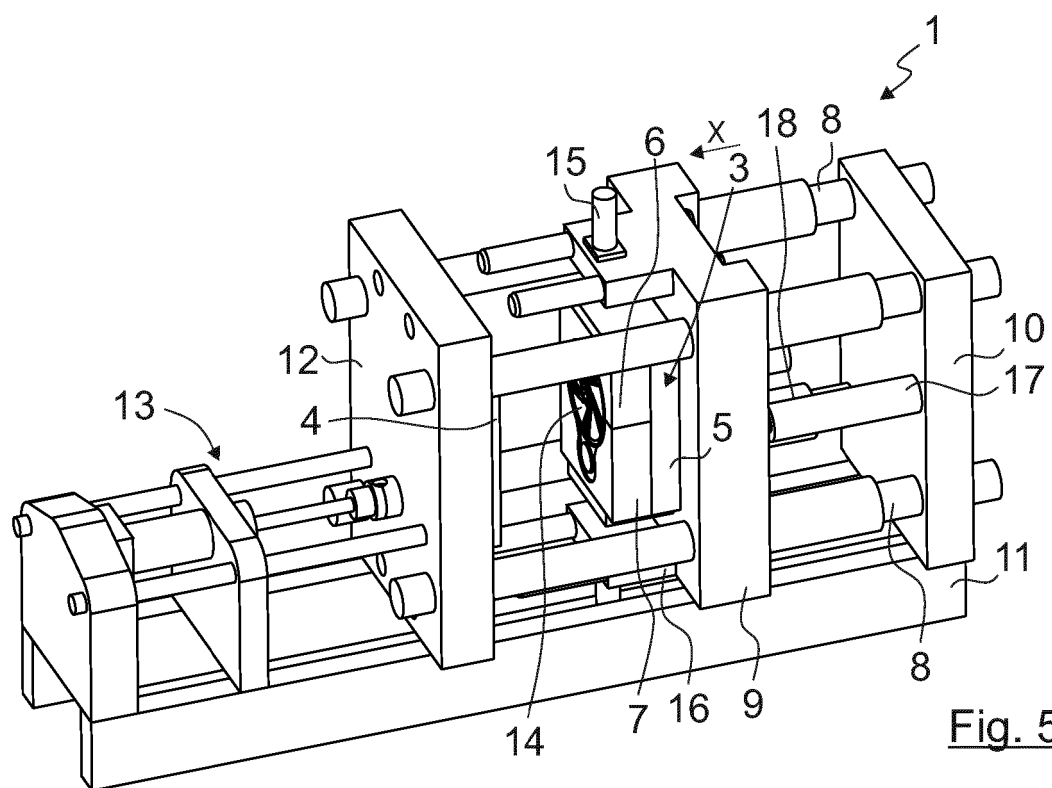
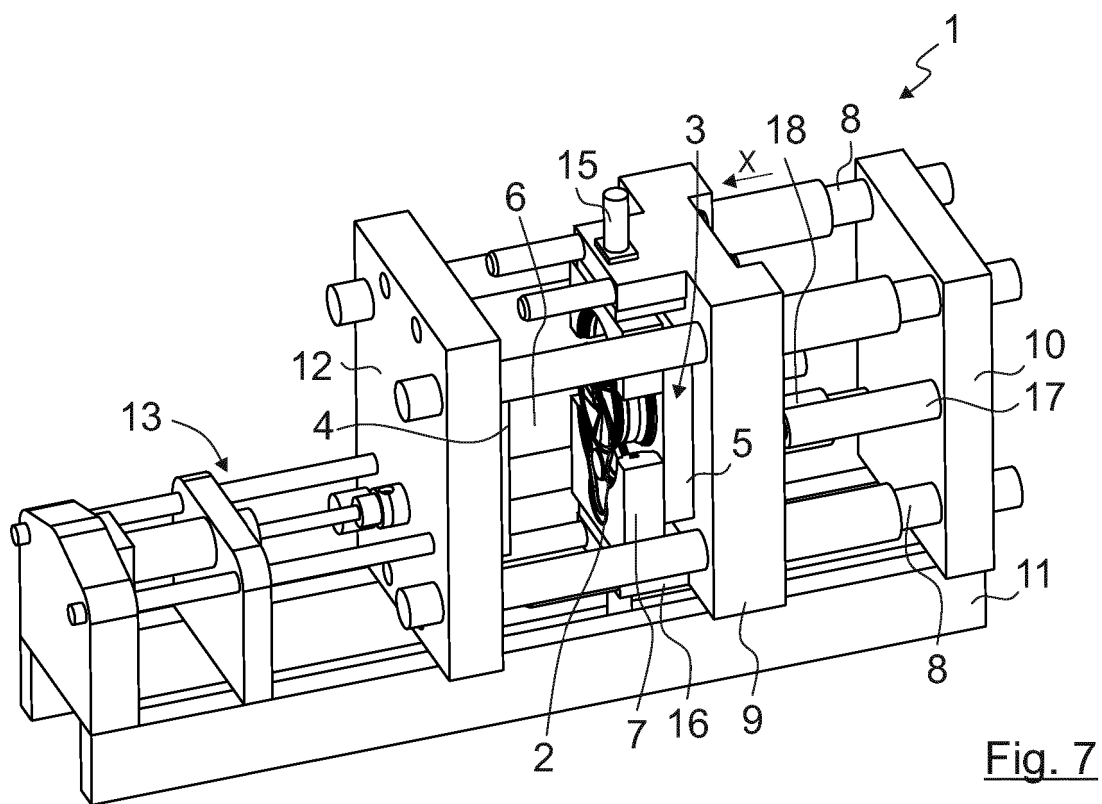
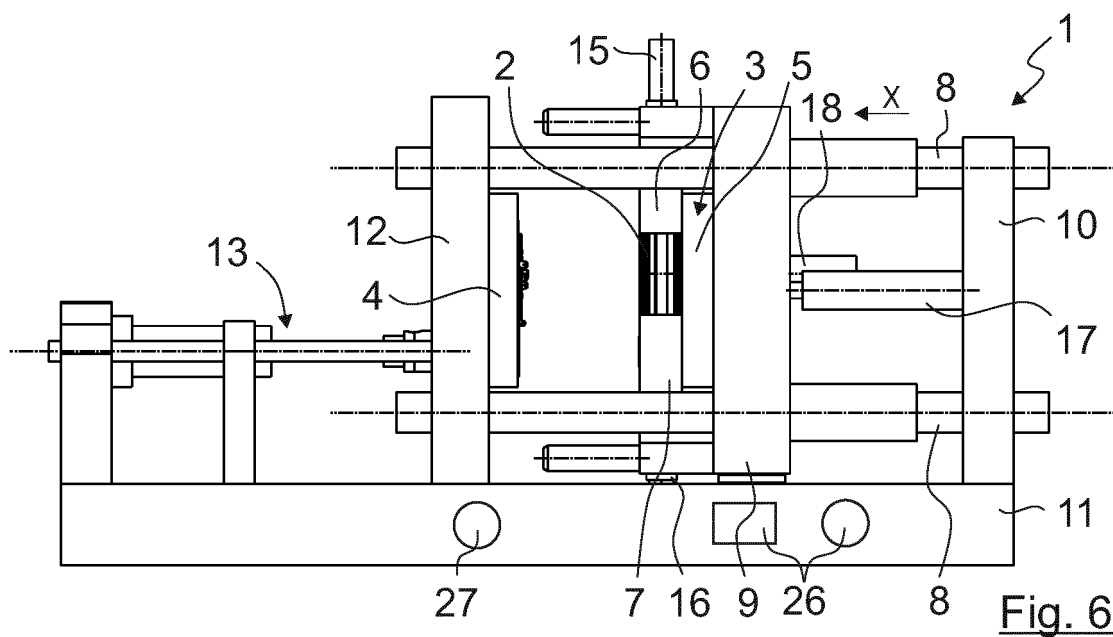
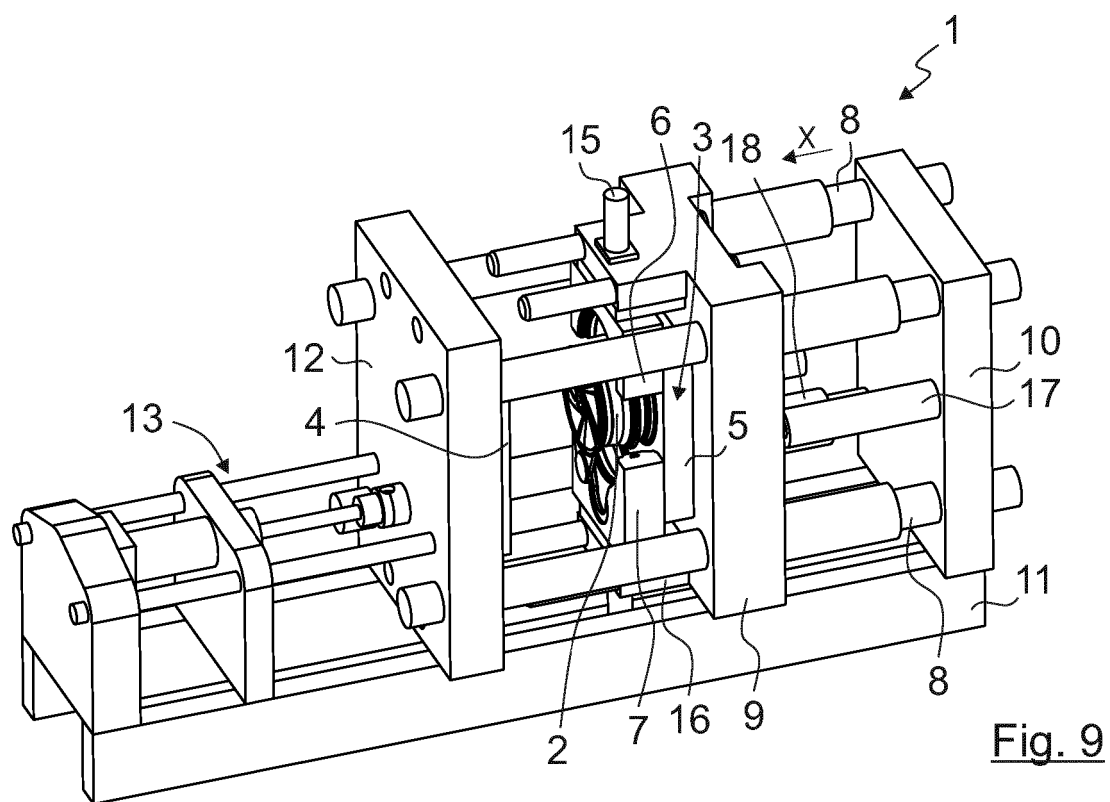
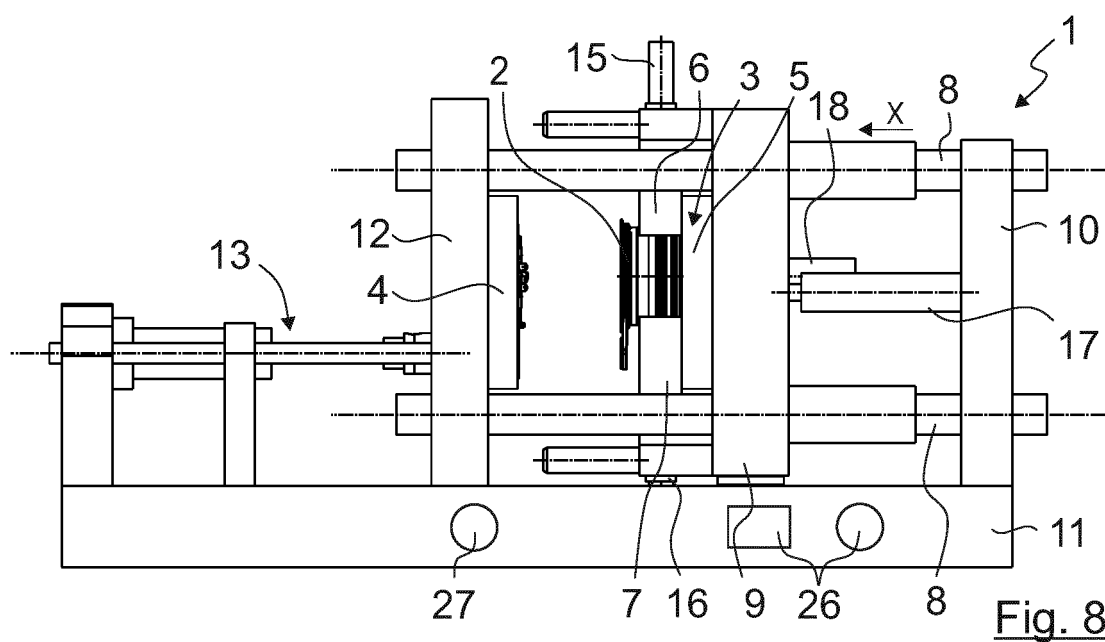


Fig. 5







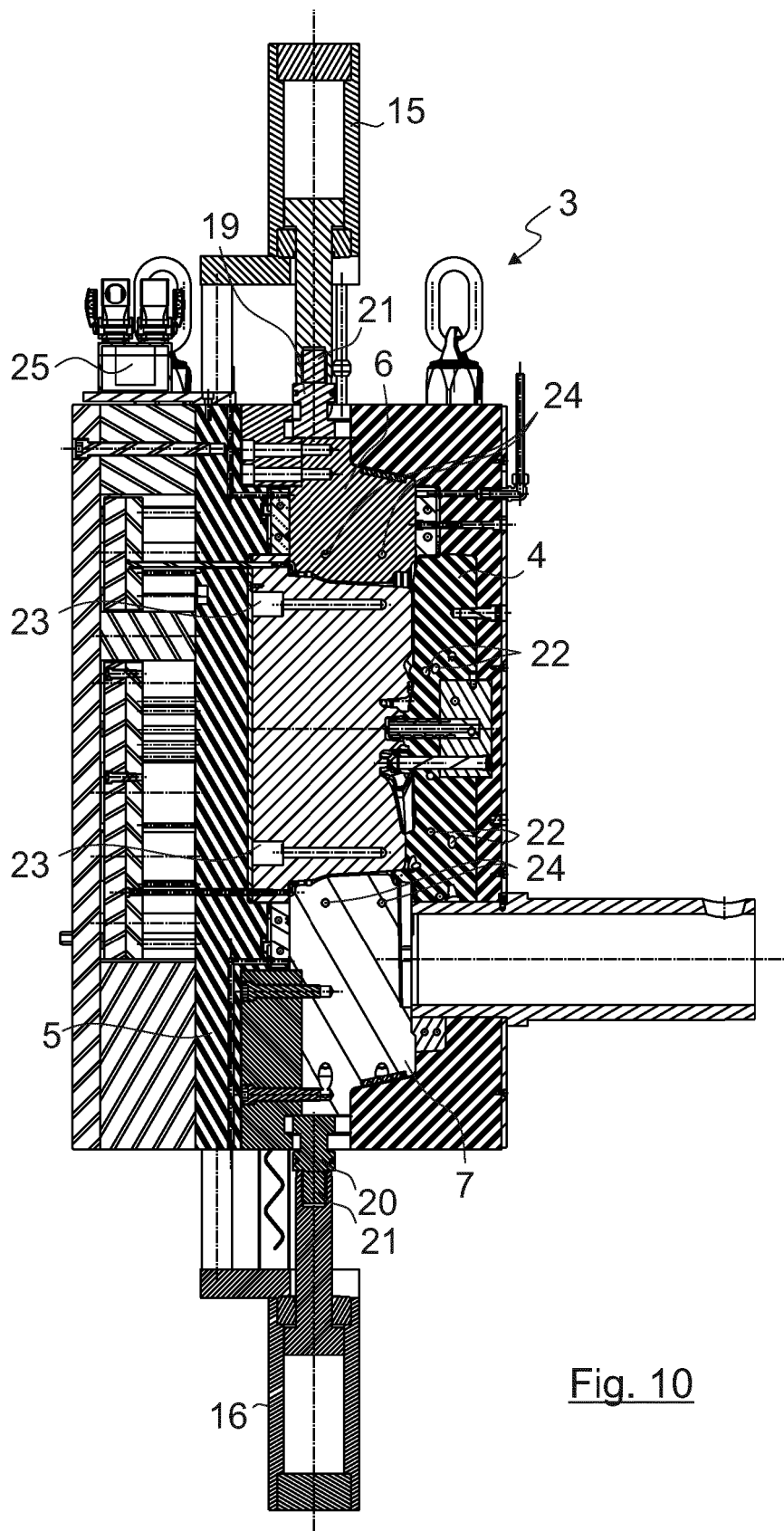


Fig. 10

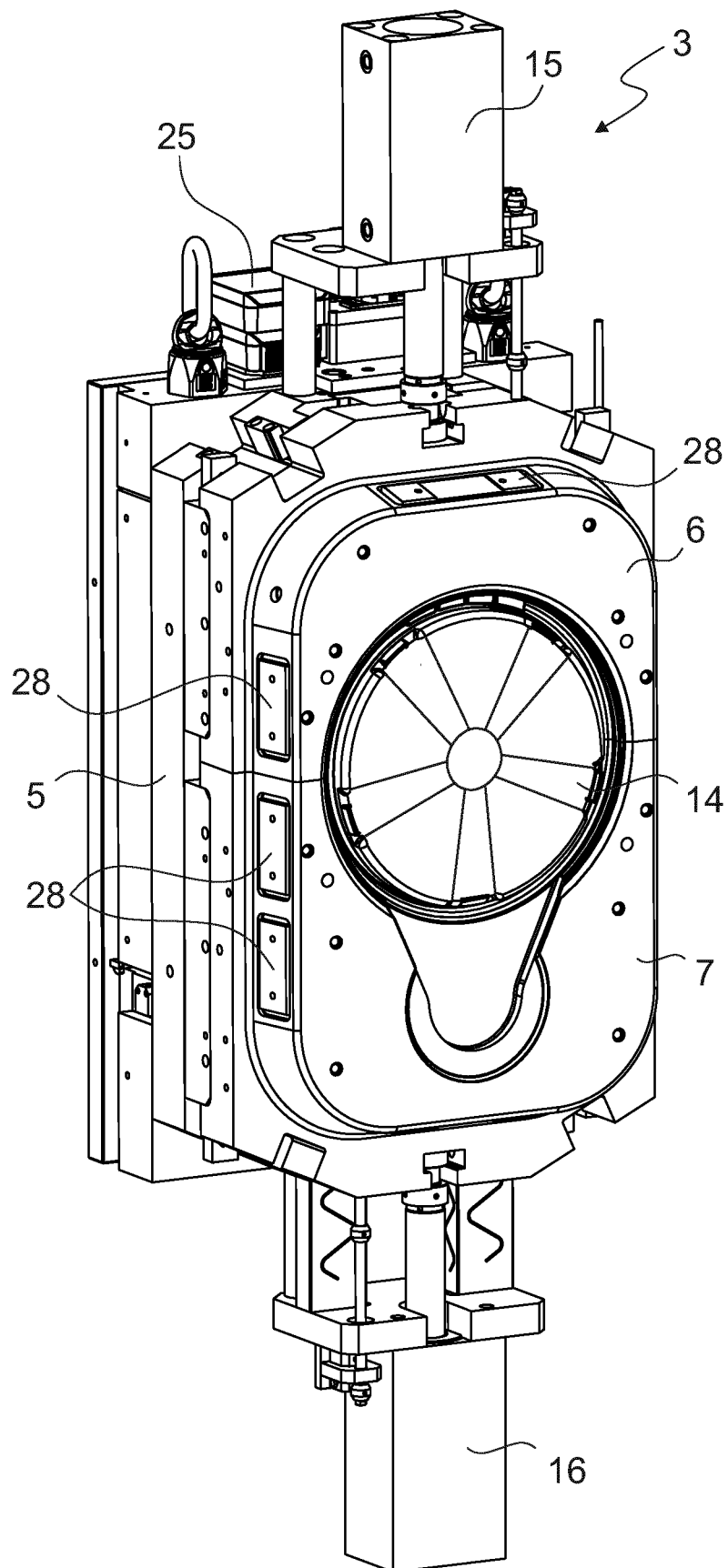


Fig. 11

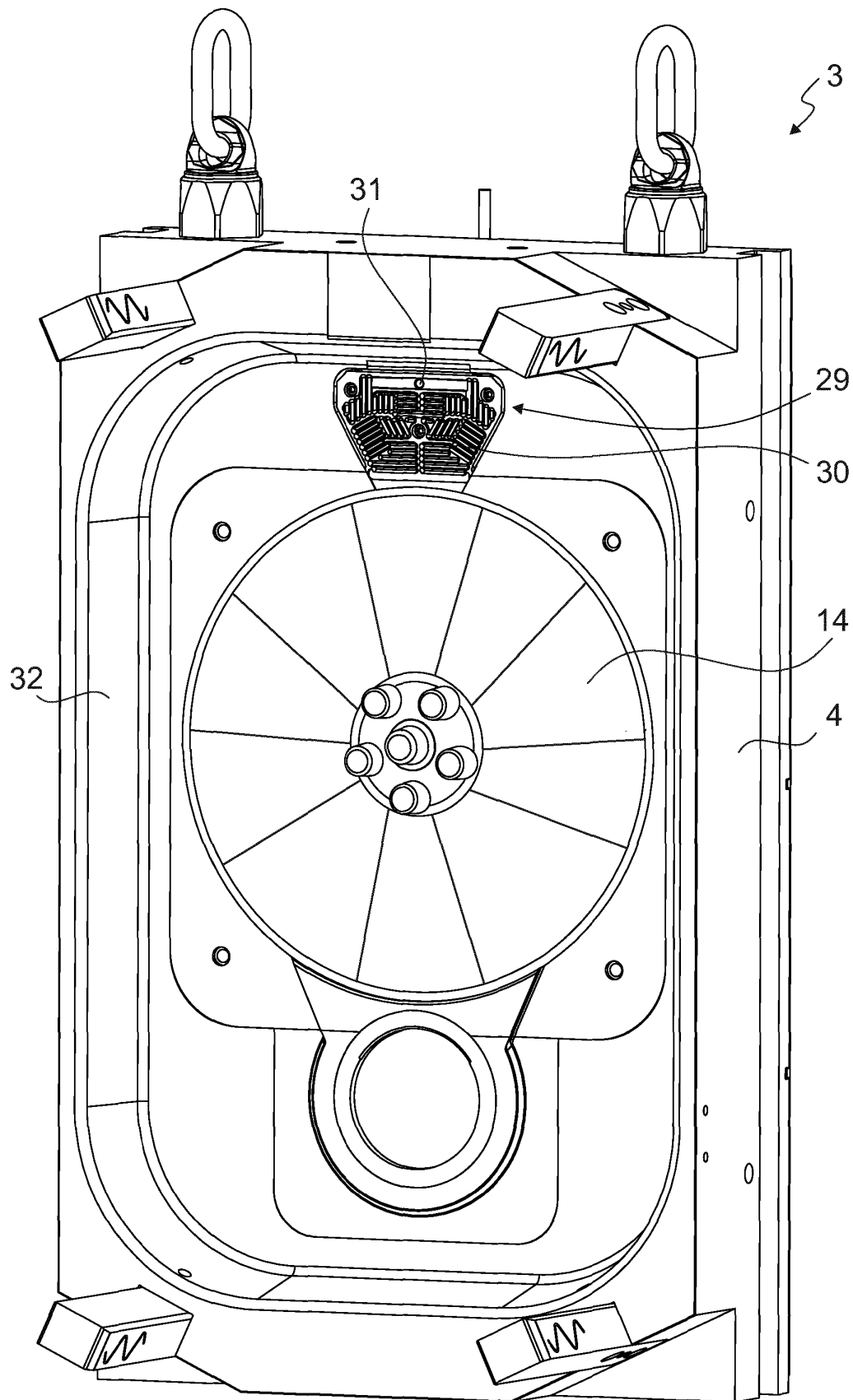


Fig. 12

**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**

- JP H01237067 A **[0019]**
- DE 9421365 U1 **[0020]**
- US 6763879 B1 **[0021]**
- US 2017120322 A1 **[0022]**