



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.06.2022 Patentblatt 2022/25

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B22C 9/06 ^(2006.01) **B22D 17/14** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20214641.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B22D 17/145; B22C 9/067

(22) Anmeldetag: **16.12.2020**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **voestalpine Edelstahl Deutschland GmbH**
40549 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder: **BRAMIGK, Kai**
42287 Wuppertal (DE)

(74) Vertreter: **Lambsdorff & Lange Patentanwälte Partnerschaft mbB**
Grillparzerstraße 12A
81675 München (DE)

(54) **ENTLÜFTUNGSVORRICHTUNG FÜR EINE GIESSFORM ZUM GIESSEN METALLISCHER BAUTEILE**

(57) Eine Entlüftungsvorrichtung für eine Gießform zur Herstellung metallischer Bauteile weist eine erste Chill-Blockhälfte und eine zweite Chill-Blockhälfte mit einander gegenüberliegenden Entlüftungsflächen auf. Die Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte weist eine Mehrzahl von Erhebungen auf, während die Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte eine Mehrzahl von Vertiefungen aufweist. Bei zusammenwirkenden Chill-Blockhälften stehend die Erhebungen der Entlüf-

tungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte in die Vertiefungen der Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte hinein und bilden zwischen den beiden Entlüftungsflächen einen in Längsrichtung der Entlüftungsvorrichtung wellenförmig verlaufenden Spalt aus. Die Mehrzahl der Erhebungen und die Mehrzahl der Vertiefungen weisen eine bezogen auf die Formgebung jeweils einer einzelnen Erhebung bzw. einer einzelnen Vertiefung im Längsschnitt asymmetrische Formgebung auf.

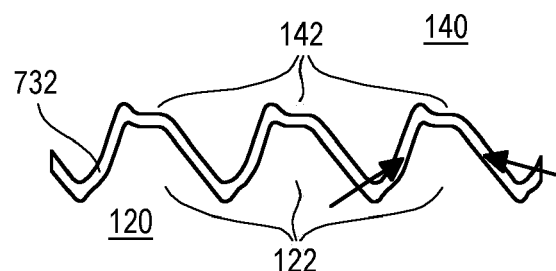


Fig. 8

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Entlüftungsvorrichtung für eine Gießform zur Herstellung metallischer Bauteile.

[0002] Gießformen zur Herstellung von metallischen Bauteilen müssen mit einem Entlüftungssystem gekoppelt sein, damit beim Befüllen der Bauteilkavität die darin enthaltene Luft entweichen kann. Hierfür werden in der Technik Zwangsentlüftungssysteme oder Vakuum-Ventilsysteme eingesetzt. Die Zwangsentlüftung, die auch als Chill-Vent oder "Waschbrett"-Entlüftung bezeichnet wird, besteht aus zwei Entlüftungsblöcken mit einem dazwischenliegenden Spalt, durch den die aus der Bauteilkavität verdrängte Luft entweichen kann und die nachlaufende Schmelze bis zur Erstarrung entschleunigt sowie gekühlt wird.

[0003] Die Entlüftung der Bauteilkavität ist ein wichtiger Faktor zur Reduzierung von Gefügefehlern (beispielsweise Porositäten) im Bauteil. Die Performance der Zwangsentlüftung spielt daher bei der Bauteilfertigung eine zentrale Rolle. Gefordert ist eine möglichst schnelle und vollständige Verdrängung der Luft aus der Bauteilkavität (also eine hohe Entlüftungsleistung), wobei jedoch das Herausspritzen der Schmelze aus der Zwangsentlüftung verhindert werden muss. Weitere wichtige Kriterien der Zwangsentlüftung sind eine möglichst geringe Sprengfläche, eine hohe mechanische Beständigkeit der Entlüftungsvorrichtung gegen Verschleiß und Beschädigungen im rauen Gießereibetrieb, eine hohe Prozesssicherheit bei extremer thermischer Wechselbelastung und eine gute Eignung für die Entformung.

[0004] Eine der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabenstellung kann darin gesehen werden, eine Entlüftungsvorrichtung mit hoher Eignung im praktischen Gießereibetrieb zu schaffen. Insbesondere sollen Probleme herkömmlicher Systeme beim Entformungsprozess überwunden werden. Weitere Aspekte der Offenbarung zielen auf eine hohe Entlüftungsleistung ab.

[0005] Die Aufgabenstellung wird nach einem Aspekt der Erfindung durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst. Weitere Aspekte und Ausführungsbeispiele der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und der Beschreibung.

[0006] Demnach weist eine Entlüftungsvorrichtung für eine Gießform zur Herstellung eines metallischen Bauteils eine erste Chill-Blockhälfte und eine zweite Chill-Blockhälfte mit einander gegenüberliegenden Entlüftungsflächen auf. Die Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte weist eine Mehrzahl von Erhebungen auf, während die Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte eine Mehrzahl von Vertiefungen enthält. Bei zusammenwirkenden Chill-Blockhälften stehen die Erhebungen der Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte in die Vertiefungen der Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte hinein und bilden zwischen den beiden Entlüftungsflächen einen in Längsrichtung der Entlüftungsvorrichtung wellenförmig verlaufenden Spalt aus.

Dabei weisen die Mehrzahl der Erhebungen und die Mehrzahl der Vertiefungen eine bezogen auf die Formgebung jeweils einer einzelnen Erhebung bzw. einer einzelnen Vertiefung im Längsschnitt asymmetrische Formgebung auf.

[0007] Durch die asymmetrische Formgebung der Erhebung sowie gleichermaßen der Vertiefung wird bewirkt, dass der Entlüftungsspalt zwischen der Erhebung und der Vertiefung ebenfalls asymmetrisch ist, d.h. nicht die Eigenschaft besitzt, durch eine Spiegelung an einer Achse auf sich selbst abgebildet zu werden. Die Asymmetrie bewirkt, dass die Entformung der im Entlüftungsspalt erstarrten Schmelze wesentlich erleichtert wird und dass gegebenenfalls bereits eine Selbst- oder Vorentformung beim Abkühlprozess stattfindet. Der Grund hierfür besteht darin, dass es der Schmelze aufgrund der asymmetrischen Formgebung nicht möglich ist, sich beim Erstarren und Schwinden an beiden Seiten der Erhebung in gleichem Maße "festzukrallen" und dann nur schwer entformbar zu sein. Denn das asymmetrische Wellendesign verringert das gleichmäßige Aufschumpfen des Metalls und führt beim Erstarren aufgrund der unterschiedlichen Geometrien an beiden Seiten der Erhebung zu einer Anlösung oder Vorentformung. Dadurch wird die Entformung und der Ausstoßprozess unterstützt und die Prozessfähigkeit der Entlüftungsvorrichtung deutlich erhöht.

[0008] Ein weiterer vorteilhafter Effekt des asymmetrischen Wellendesigns besteht in der Reduzierung der Zugspannungen während des Erstarrens der Schmelze zwischen der Entlüftungsvorrichtung und dem Bauteil. Dies führt zu einer Stabilisierung der Entlüftungsvorrichtung und verhindert so das An- oder Abreißen des in der Entlüftungsvorrichtung erstarrten Gussmaterials.

[0009] Die asymmetrische Formgebung einer Vertiefung kann sich beispielsweise dadurch auszeichnen, dass sich der Scheitelpunkt der Erhebung außermittig der Längserstreckung der Erhebung befindet. Die Erhebung verläuft dann in ihrer ansteigenden Flanke mit anderer Formgebung als in der abfallenden Flanke.

[0010] Beispielsweise kann der Scheitelpunkt der Erhebung innerhalb der ersten Zwei-Fünftel oder des ersten Drittels der Längserstreckung der Erhebung liegen. In diesem Fall weist die ansteigende Flanke der Erhebung zumindest im Mittel eine größere Steilheit als die abfallende Flanke der Erhebung auf.

[0011] Beispielsweise kann eine Winkeldifferenz zwischen dem Vertikalwinkel der aufsteigenden Flanke und dem Vertikalwinkel der abfallenden Flanke gleich oder mehr als 10° betragen. Bei dieser Winkeldifferenz ist sicher von einem positiven Entformungseffekt durch günstigere Aufschumpfungsbedingungen und von einer "gezwungenen" Vorentformung bzw. Ablösung bei der Erstarrung auszugehen.

[0012] Für die aufsteigende Flanke und die abfallende Flanke sind eine Vielzahl unterschiedlicher Formgebungen möglich. Beispielsweise kann die abfallende Flanke einen am Scheitelpunkt der Erhebung beginnenden und

bis zu einer Knickstelle reichenden ersten Flankenabschnitt aufweisen, der einen größeren Vertikalwinkel aufweist als ein zweiter Flankenabschnitt, der sich von der Knickstelle ausgehend weiter nach unten erstreckt. In diesem Fall weist die abfallende Flanke einen oberen "Gleitbereich" mit geringer Steilheit auf, der ein "Festkrallen" der Schmelze in diesem Bereich erschwert oder verhindert.

[0013] Die aufsteigende Flanke kann beispielsweise eine weitgehend konstante Steilheit aufweisen. Es ist aber auch möglich, dass die aufsteigende Flanke im anfänglichen Verlauf der Steigung bis mindestens auf eine Höhe, die einem Viertel der Höhe der Erhebung entspricht, eine stetig zunehmende Steilheit aufweist. In diesem Fall wird im unteren Schmelzflussbereich der Erhebung ein gebogener Spaltverlauf geschaffen, der eine gezielte strömungsmechanische Beeinflussung der Schmelze in später noch näher beschriebener Weise herbeiführt.

[0014] Eine weitere Maßnahme kann darin bestehen, durch eine im Bereich des Scheitelpunktes der Erhebung als Auswölbung geformte Staustufe eine Entschleunigung der Schmelze durch eine Umlenkung der Schmelze an der Staustufe zu realisieren. Solche entschleunigenden Umlenkungen ermöglichen die Realisierung eines größeren Spaltmaßes und damit die Erhöhung der Entlüftungsleistung.

[0015] Dabei kann das Spaltmaß an der Staustufe im Wesentlichen dem Spaltmaß im Übrigen wellenförmig verlaufenden Spalt entsprechen, d.h. die Staustufe bewirkt bei diesem Beispiel keine lokale Erweiterung des Spaltmaßes.

[0016] Die den wellenförmig verlaufenden Spalt ausbildenden Erhebungen und Vertiefungen können in einer Querdimension einen geradlinigen Verlauf aufweisen. Es ist aber auch möglich, dass ein zickzackförmiger oder wellförmiger Verlauf der Erhebungen und Vertiefungen in Querrichtung vorliegt.

[0017] Gemäß einem weiteren Beispiel kann die Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte einen im Strömungsweg vor der Mehrzahl von Erhebungen angeordneten bogenförmigen Vertiefungsabschnitt aufweisen, in welchen bei zusammenwirkenden Chill-Blockhälften ein formkomplementärer Erhebungsabschnitt an der Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte eingreift und dadurch einen bogenförmigen Eingangsspalt ausbildet. Der bogenförmige Eingangsspalt verlangsamt die Schmelze schon beim Eintritt in die Entlüftungsvorrichtung und ermöglicht daher eine bessere Kühlung bzw. ein schnelleres Erstarren der Schmelze. Dies wiederum ermöglicht es, die Länge und damit auch die Sprengfläche der Entlüftungsvorrichtung vergleichsweise klein zu halten.

[0018] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Entlüftungsvorrichtung eine zwischen der ersten Chill-Blockhälfte und der zweiten Chill-Blockhälfte wirkende Selbstzentrierungsanordnung aufweisen. Durch die formgebundene Selbstzentrierungsanord-

nung kann eine exakte und reproduzierbare Zentrierung der Chill-Blockhälften zueinander erreicht werden, d.h. es wird eine "schleichende" Verschiebung der Chill-Blockhälften zueinander verhindert. Dies sorgt für einen prozesssicheren Entlüftungsspalt über die Lebensdauer der Entlüftungsvorrichtung (d.h. über eine hohe Anzahl von Taktzyklen).

[0019] Die Selbstzentrierungsanordnung kann durch ein benachbart der Entlüftungsfläche einer der Chill-Blockhälften vorstehendes Eingriffsteil mit Zentrierflächen und ein komplementär geformtes Aufnahmeteil benachbart der Entlüftungsfläche der anderen Chill-Blockhälfte bewerkstelligt werden. Dabei wird die Selbstzentrierung durch Zusammenwirken der Zentrierflächen an dem Eingriffsteil und dem Aufnahmeteil unter Druckbeaufschlagung herbeigeführt.

[0020] Beispielsweise kann das Eingriffsteil eine Querrippe und das Aufnahmeteil eine Quernut umfassen. Durch die Erstreckung in Querrichtung der Eingriffs- und Aufnahmeteile wird eine Längsverschiebung der Chill-Blockhälften relativ zueinander verhindert. Außerdem wird durch die Selbstzentrierungsfunktion eine einfache Vorausrichtung und eine verschleißarme Zentrierung ermöglicht.

[0021] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele und Weiterbildung sowie weitere Aspekte der Erfindung in beispielhafter Weise anhand der Zeichnungen erläutert, wobei in den Zeichnungen teilweise ein unterschiedlicher Detaillierungsgrad verwendet wird. Einzelne Merkmale unterschiedlicher Ausführungsbeispiele und Varianten derselben sind miteinander kombinierbar, sofern dies aus technischen Gründen nicht ausgeschlossen ist. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen dieselben oder ähnliche Teile. In maßstabsgetreuen Darstellungen beispielhaft dargestellte Längen- und Winkelverhältnisse sind in verallgemeinerbarer Form (z.B. im Sinne von "größer als", "kleiner als", "länger als", "kürzer als") offenbart.

Figur 1 zeigt eine schematische Schnittbilddarstellung eines beispielhaften Gießwerkzeugs im geschlossenen Zustand.

Figur 2 zeigt eine schematische Schnittbilddarstellung des in Figur 1 dargestellten Gießwerkzeugs im geöffneten Zustand.

Figur 3 zeigt in schematischer Darstellung die Anbindung einer beispielhaften Entlüftungsvorrichtung an die Bauteilkavität in Draufsicht.

Figur 4 zeigt eine perspektivische Ansicht zweier Chill-Blockhälften einer beispielhaften Entlüftungsvorrichtung in geöffneter Stellung.

Figur 5 zeigt eine perspektivische Ansicht der zwei Chill-Blockhälften der Figur 4 in geschlossener Stellung.

Figur 6 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer der Chill-Blockhälften der Figuren 4 und 5.

Figur 7 zeigt eine Längsschnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer Entlüftungsvorrichtung.

Figur 8 zeigt eine Längsschnittdarstellung eines Teilabschnitts eines wellenförmig verlaufenden Entlüftungsspalt zwischen den Chill-Blockhälften einer beispielhaften Entlüftungsvorrichtung.

Figur 9 zeigt den wellenförmig verlaufenden Entlüftungsspalt in vergrößerter und maßstabsgetreuer Darstellung.

Figur 10 zeigt eine Längsschnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer Entlüftungsvorrichtung.

Figur 11 zeigt eine perspektivische Transparentdarstellung der in Figur 10 dargestellten Entlüftungsvorrichtung.

Figur 12A zeigt in schematischer Schnittbilddarstellung eine konventionelle Befestigung der Chill-Blockhälften einer Entlüftungsvorrichtung an einem beispielhaften Gießwerkzeug in geschlossenem Zustand.

Figur 12B veranschaulicht in einer Längsschnittdarstellung die Wirkung einer Relativverschiebung der Chill-Blockhälften auf das Spaltmaß.

Figur 13 zeigt in perspektivischer Ansicht eine beispielhafte Positionszentrierung zwischen Chill-Blockhälfte und Werkzeughälfte mit Passungsspiel.

Figur 14 zeigt in perspektivischer Ansicht ein Ausführungsbeispiel einer zwischen der ersten und der zweiten Chill-Blockhälfte wirkenden Selbstzentrierungsanordnung.

Figur 15 zeigt eine Seitenansicht der in Figur 14 dargestellten beispielhaften Selbstzentrierungsanordnung.

[0022] Figur 1 zeigt ein beispielhaftes Gießwerkzeug 10 in vereinfachter Darstellung. Das Gießwerkzeug 10 weist eine erste Werkzeughälfte 12 und eine zweite Werkzeughälfte 14 auf, die der ersten Werkzeughälfte 12 gegenüberliegt. Im geschlossenen Zustand des Gießwerkzeugs 10 liegen die beiden Werkzeughälften 12, 14 aneinander an. Zwischen den Werkzeughälften befindet sich eine Kavität 16, in welcher das herzustellende Bauteil gegossen wird. Ferner ist an dem Gießwerkzeug 10 eine Entlüftungsvorrichtung 100 vorgesehen, die in noch näher beschriebener Weise mit der Kavität 16 in Fluidverbindung steht. Die Entlüftungsvor-

tung 100 weist eine erste Chill-Blockhälfte 120 und eine zweite Chill-Blockhälfte 140 auf, die beispielsweise als Einsätze in der ersten Werkzeughälfte 12 bzw. der zweiten Werkzeughälfte 14 realisiert können. Ferner umfasst das Gießwerkzeug 10 eine Zuführung (Füllkammer) 18, über die die Metallschmelze in die Kavität 16 eingeleitet werden kann.

[0023] Die beiden Werkzeughälften 12, 14 können mehrteilig sein und beispielsweise jeweils aus einem Formrahmen und einem eine Kavitätskonturfläche enthaltenden Formeinsatz (nicht dargestellt) aufgebaut sein. Die beiden Werkzeughälften 12, 14 können an Maschinenplatten 22, 24 einer Gießmaschine (nicht dargestellt) montiert sein und über diese in Normalrichtung zur Plat-tenerstreckung aufeinander zu in die geschlossene Stellung (siehe Figur 1) oder voneinander wegbewegt werden. Beispielsweise kann es sich bei der Maschinenplatte 24 um eine ortsfeste Platte der Gießmaschine handeln, während die Maschinenplatte 22 die bewegliche Maschinenseite repräsentiert.

[0024] Bei dem Gießwerkzeug 10 kann es sich beispielsweise um eine Gießform für Druckguss (HPDC, High Pressure Die Casting) zum Gießen metallischer Bauteile handeln, z.B. um ein Gießwerkzeug für Aluminiumdruckguss. Über Druckguss können Bauteile aus Aluminium-, Magnesium- oder Zink-Legierungen hergestellt werden.

[0025] Beim Füllen der Kavität 16 (Gießform) über die Füllkammer 18 wird die Luft in der Kavität 16 durch die in die Kavität 16 strömende Metallschmelze verdrängt und über die Entlüftungsvorrichtung 100 aus der Kavität 16 abgeführt. Das heißt, die Entlüftungsvorrichtung 100 (Zwangsentlüftung) hat die Aufgabe, die Bauteilkavität 16 in kurzer Zeit vollständig zu entlüften, um Qualitätseinbußen am Bauteil zu vermeiden.

[0026] Die Entlüftung wird dadurch bewerkstelligt, dass die Luft in einem Spalt zwischen den beiden Chill-Blockhälften 120, 140 der Entlüftungsvorrichtung 100 abgeführt wird. Die nachlaufende Schmelze wird in dem Spalt über eine zur Strömung quer verlaufende wellenförmige Oberflächengeometrie der ersten und zweiten Chill-Blockhälften 120, 140 stark entschleunigt und abgekühlt. Dabei kommt es zur Erstarrung der Schmelze zwischen den beiden Chill-Blockhälften 120 und 140. Die Herausforderung besteht darin, den Entschleunigungsprozess durch die abbremsende Wellengeometrie der Spaltoberflächen so zu steuern, dass einerseits eine hohe Entlüftungsleistung erreicht wird und andererseits das Herausspritzen der Schmelze aus dem Gießwerkzeug 10 (d.h. aus der Entlüftungsvorrichtung 100) vermieden wird. Mit anderen Worten, soll der Spalt zwischen den Chill-Blockhälften 120, 140 eine für die Entlüftung ausreichenden Querschnitt aufweisen und gleichzeitig sicherstellen, dass sich die Schmelze in dem Entlüftungsspalt "totläuft".

[0027] Konventionelle Zwangsentlüftungsvorrichtungen aus Stahl verwenden ein Spaltmaß von weniger 1,2 mm, da ansonsten die Schmelze durchschießen könnte,

d.h. den Chill-Block durchquert ohne zu erstarren. Auf der anderen Seite muss das Spaltmaß größer als 0,8 mm betragen, weil ansonsten keine ausreichende Entlüftungsleistung erreichbar ist. Werden die Werkzeughälften 12, 14 aus einem Werkstoff mit besserer Wärmeleitfähigkeit als Stahl hergestellt, können gegebenenfalls auch höhere Spaltmaße realisiert werden. Allerdings weisen derartige Werkstoffe (beispielsweise Kupfer oder Kupfer-Wolfram-Legierungen) eine geringere Beständigkeit und damit geringere Lebensdauern sowie eine schlechtere Tauglichkeit im rauen Gießereibetrieb auf. Diese Materialien sind empfindlich, werden rissig, verschleissen schneller, können nicht repariert werden und haben eine begrenzte Haltbarkeit (nur etwa 80000 Gießvorgänge). Ferner sind sie nicht oder nur schlecht mit PVD Hartstoffschichten beschichtbar.

[0028] Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Dimensionierung der Entlüftungsvorrichtung 100 besteht darin, dass die Entlüftungsvorrichtung 100 zur Sprengfläche des Gussstückes hinzuzählt. Die Sprengfläche ist die in die Teilungsebene der Druckgießform projizierte Abgussfläche, zu der das erstarrte Material im Chill-Block ebenfalls hinzuzählt. Das bedeutet, dass eine Verlängerung oder Verbreiterung der ersten und zweiten Chill-Blockhälften 120, 140, d.h. eine Vergrößerung der Längs- und Querdimensionen des Spaltes, eine höhere Zuhaltkraft der Gießmaschine erforderlich macht. Es müssen dann größere und aufwändiger gebaute Gießmaschinen eingesetzt werden, so dass die gesamte Anlage wesentlich teurer wird. Insofern soll die Grundfläche der Entlüftungsvorrichtung (d.h. die Länge und die Breite derselben) nach Möglichkeit nicht vergrößert bzw. so gering wie möglich gehalten werden. Demgegenüber wird durch eine Vergrößerung des Spaltmaßes die Sprengfläche des Gussstückes nicht vergrößert.

[0029] Nach dem Gießvorgang wird das Gießwerkzeug 10 geöffnet, so dass das Bauteil 200 entnommen werden kann. Wie in Figur 2 dargestellt befindet sich an dem Bauteil 200 das in der Entlüftungsvorrichtung 100 erstarrte Gussmaterial 210.

[0030] Bei der Entformung des Bauteils 200 zusammen mit dem Gussmaterial 210 können verschiedene Probleme auftreten. Das wellenförmig erstarrte Gussmaterial 210 kann an den Oberflächen der Chill-Blockhälften 120, 140 hängenbleiben und wird dann nicht oder nicht vollständig aus der Entlüftungsvorrichtung 100 ausgeworfen. Das Gussmaterial 210 oder Teile davon können abreißen und in die Kavität 16 fallen und so das System beschädigen oder die Entlüftungsvorrichtung 100 verschließen. Ferner kann es zu einem An- oder Abreißen des Gussmaterials 210 von dem Bauteil 200 im Bereich der Anbindung der Entlüftungsvorrichtung 100 an die Kavität 16 kommen. Figur 3 zeigt in schematischer Darstellung Entlüftungskanäle 310, die zwischen der Bauteilkavität 16 und dem Spalt in der Entlüftungsvorrichtung 100 (zwischen den Chill-Blockhälften 120, 140) verlaufen. Die kurzen Pfeile deuten dabei die beim Erstarrungsprozess auftretenden Spannungsrichtungen an. In der Ent-

lüftungsvorrichtung 100 treten Schrumpfspannungen in beiden Richtungen auf, im Bauteil führt die Schrumpfung nur einseitig zu Spannungen. Insbesondere treten an den Punkten P besonders hohe Zugspannungen auf, die zu einem An- oder Abreißen des Gussmaterials in den Zuführungskanälen von dem Bauteil 200 (untere Pfeile P) oder dem Gussmaterial 210 (obere Pfeile P) führen können.

[0031] Die Entlüftungsvorrichtung 100 kann sowohl vertikal als auch horizontal eingebaut werden. Ferner können mehr als eine Entlüftungsvorrichtung vorgesehen sein, d.h. es können beispielsweise auch 2 oder 3 Entlüftungsvorrichtungen mit dem Bauteil 200 in Verbindung stehen.

[0032] Figur 4 veranschaulicht in perspektivischer Darstellung die beiden Chill-Blockhälften 120, 140 einer beispielhaften Entlüftungsvorrichtung 100 im geöffneten Zustand. Die Chill-Blockhälften 120, 140 werden in der Technik als auch Chill-Blöcke bezeichnet. Die Entlüftungsfläche 120A (siehe Figur 6) der ersten Chill-Blockhälfte 120 weist eine Mehrzahl von Erhebungen 122 auf, die eine zur Strömung der Schmelze querverlaufende Wellengeometrie realisieren. Die Strömungsrichtung der Schmelze ist in Figur 6 durch die Pfeile S dargestellt.

[0033] Die Erhebungen 122 stehen bei geschlossener Entlüftungsvorrichtung 100 (siehe Figur 5) in eine Mehrzahl von Vertiefungen 142 (siehe Figur 7) der Entlüftungsfläche 140A der zweiten Chill-Blockhälfte 140 ein. Zwischen den beiden Entlüftungsflächen 120A und 140A erstreckt sich der wellenförmig verlaufende Spalt 732 der Entlüftungsvorrichtung 100. Die Spaltgeometrie ergibt sich somit aus der Geometrie der Mehrzahl von Erhebungen 122 und der gegenüberliegenden Mehrzahl von Vertiefungen 142 der beiden Chill-Blockhälften 120 bzw. 140. Wie in Figur 7 dargestellt können die Erhebungen 122 und die Vertiefungen 142 formkomplementär zueinander sein, wodurch (bei idealer Zentrierung der ersten und zweiten Chill-Blockhälften 120, 140 zueinander) ein über den gesamten Spaltverlauf konstantes Spaltmaß realisierbar ist.

[0034] Figur 7 veranschaulicht ferner ein Kühlsystem 720 der ersten Chill-Blockhälfte 120 und ein Kühlsystem 740 der zweiten Chill-Blockhälfte 140 der Entlüftungsvorrichtung 100. In dem in Figur 7 dargestellten Beispiel können die Kühlsysteme 720, 740 jeweils eine oder mehrere Kühlbohrungen umfassen, die sich in Längsrichtung (d.h. in Richtung der Pfeile S) entlang den Entlüftungsflächen 120A bzw. 140A der ersten bzw. zweiten Chill-Blockhälfte 120, 140 erstrecken. Die Kühlsysteme 720, 740 bewirken eine Temperierung der Entlüftungsflächen 120A, 140A in konventioneller Art und ermöglichen eine rasche Abführung der Wärme zur Beschleunigung des Erstarrungsvorgangs der hindurchfließenden Schmelze. Die Pfeile deuten die Richtung des Wärmeflusses von den Erhebungen 122 bzw. den Vertiefungen 142 zu den jeweiligen Kühlsystemen 720 bzw. 740 an.

[0035] Figur 8 zeigt einen Teilabschnitt des wellenförmig verlaufenden Spaltes 732 zwischen der Mehrzahl

von Erhebungen 122 der ersten Chill-Blockhälfte 120 und der Mehrzahl von Vertiefungen 142 der zweiten Chill-Blockhälfte 140. Figur 9 zeigt eine vergrößerte und maßstabsgetreue Darstellung des Spalt- bzw. Oberflächenverlaufes der Chill-Blockhälften 120, 140.

[0036] Jede Erhebung 122 weist eine im Längsschnitt asymmetrische Formgebung auf. Gleiches gilt analog für jede Vertiefung 142 und somit auch für den Verlauf des Spalts 732.

[0037] Die Asymmetrie kann sich beispielsweise dadurch kennzeichnen, dass ein Scheitelpunkt SP der Erhebung 122 außermittig der Längserstreckung der Erhebung 122 liegt. Mit PL ist die Periodenlänge PL einer Erhebung 122 dargestellt. Beispielsweise kann sich der Scheitelpunkt SP der Erhebung im ersten Zwei-Fünftel oder im ersten Drittel der Periodenlänge PL befinden.

[0038] Eine asymmetrische Formgebung einer Erhebung 122 kann auch durch andere oder weitere Merkmale charakterisiert sein. Die Erhebung 122 kann eine aufsteigende Flanke 122_1 und eine abfallende Flanke 122_2 aufweisen, wobei die aufsteigende Flanke 122_1 steiler als die abfallende Flanke 122_2 sein kann.

[0039] In Figur 9 wird die Steilheit der aufsteigenden Flanke 122_1 durch den Vertikalwinkel α und die Steilheit der abfallenden Flanke durch den Vertikalwinkel β ausgedrückt. Beide Winkel treten gegenüber dem Lot L auf. In der in Figur 9 dargestellten Wellengeometrie beziehen sich α und β auf die Steigungen von im Wesentlichen geradlinig verlaufenden Abschnitten der aufsteigenden Flanke 122_1 bzw. der abfallenden Flanke 122_2. Beispielsweise die ansteigende Flanke 122_1 einen Anfangsabschnitt 122_1a und einem Hauptabschnitt 122_1b umfassen oder sich aus diesen Abschnitten zusammensetzen, wobei der Anfangsabschnitt 122_1a beispielsweise eine stetig zunehmende Steilheit aufweist und der Hauptabschnitt 122_1b dann weitgehend geradlinig von dem Anfangsabschnitt 122_1a bis zum Scheitelpunkt SP oder bis kurz davor führt. Dabei kann sich der Anfangsabschnitt 122_1a beispielsweise über mindestens ein Viertel der Höhe der Erhebung 122 erstrecken, während der Hauptabschnitt 122_1b beispielsweise mehr als die Hälfte oder zwei Drittel der Höhe der Erhebung 122 ausmachen kann.

[0040] Unabhängig von der Formgebung der aufsteigenden Flanke 122_1 kann die abfallende Flanke 122_2 einen am Scheitelpunkt SP der Erhebung 122 beginnenden und bis zu einer Knickstelle K reichenden Flachabschnitt 122_2c aufweisen und ferner einen von der Knickstelle K ausgehenden Hauptabschnitt 122_2d umfassen. Dabei kann der Vertikalwinkel des Flachabschnitts 122_2c größer als der Vertikalwinkel β des Hauptabschnitts 122_2d sein. Der Hauptabschnitt 122_2d kann mehr als die Hälfte oder mehr als zwei Drittel der Höhe der Erhebung 122 überspannen. Der Hauptabschnitt 122_2d kann bis zum unteren Ende der Erhebung 122 reichen. Wie in Figur 9 beispielhaft dargestellt kann er dabei praktisch über seine gesamte Länge geradlinig sein oder es ist auch möglich, dass er im unteren Bereich

eine Abflachung erfährt.

[0041] In dem Beispiel der Figur 9 bezieht sich der Vertikalwinkel α auf den Verlauf des Hauptabschnitts 122_1b und der Vertikalwinkel β auf den Verlauf des Hauptabschnitts 122_2d. Es ist jedoch auch möglich, dass die Vertikalwinkel α und β die durchschnittliche Steilheit der aufsteigenden Flanke 122_1 bzw. der abfallenden Flanke 122_2 bezeichnen.

[0042] Durch die asymmetrische Formgebung der Erhebung 122 bzw. der Vertiefung 124 wird ein positiver Entformungseffekt bewirkt. Die Asymmetrie verhindert gleiche Kräfteverhältnisse beim Aufschmelzen der erstarrten Schmelze auf die aufsteigende Flanke 122_1 und die abfallende Flanke 122_2. Dadurch wird ein kräftegleiches Festkrallen der erstarrten Schmelze an den beiden Seiten der Erhebung 122 vermieden. Beim Öffnen der Chill-Blockhälften 120, 140 kann es zur Vorentformung kommen, wodurch Entformungskräfte insgesamt geringer werden und die Zuführungen (siehe Figur 3) damit weniger mechanisch belastet werden.

[0043] Beispielsweise kann der Flachabschnitt 122_2c als Gleitbereich dienen, an welchem beim Erstarren der Schmelze eine Vorablösung einsetzen kann.

[0044] Der Vertikalwinkel α der aufsteigenden Flanke 122_1 ist kleiner als der Vertikalwinkel β der abfallenden Flanke 122_2. Die Winkeldifferenz zwischen dem Vertikalwinkel α und dem Vertikalwinkel β kann gleich oder mehr als 10° betragen, d.h. $\alpha < \beta$ und z.B. $\beta \geq \alpha + 10^\circ$. Vorzugsweise können auch Winkeldifferenzen von größer als 15° oder 20° oder 25° usw. bis maximal 50° verwendet werden. Im Folgenden werden konkrete Beispiele für geeignete Paarungen $[\alpha, \beta]$ der Vertikalwinkel angegeben: $[10^\circ, 35^\circ]$, $[10^\circ, 40^\circ]$, $[15^\circ, 50^\circ]$, $[15^\circ, 35^\circ]$, $[15^\circ, 40^\circ]$, $[15^\circ, 45^\circ]$, $[20^\circ, 35^\circ]$, $[20^\circ, 40^\circ]$, $[20^\circ, 45^\circ]$, $[20^\circ, 50^\circ]$. In dem in Figur 9 dargestellten Beispiel ist die Winkелеinstellung $[19^\circ, 71^\circ, 38^\circ, 98^\circ]$ gewählt. Alle vorstehenden Werte für α und β sind jeweils auch als Bereichsgrenzen für größere oder kleinere Winkel von α bzw. β offenbart.

[0045] Je größer die Winkeldifferenz desto stärker tritt ein positiver Entformungseffekt infolge einer asymmetrischen Aufschmelzung und einer erzwungenen Vorentformung oder Ablösung bei der Erstarrung zu Tage. Dies gilt sowohl für die Definition der Vertikalwinkel α und β der aufsteigenden bzw. abfallenden Flanke als durchschnittliche Flankensteilheit als auch bei der in Figur 9 beispielhaft angegebenen Definition als Steilheit von Teilabschnitten (hier der jeweiligen Hauptabschnitte 122_1b bzw. 122_2d) der aufsteigenden Flanke 122_1 bzw. der abfallenden Flanke 122_2. Bei den Hauptabschnitten 122_1b bzw. 122_2d kann es sich wie bereits erwähnt um Abschnitte handeln, die mehr als die Hälfte oder zwei Drittel der Höhe der Erhebung 122 ausmachen und/oder die weitgehend geradlinig verlaufen und/oder die jeweils steilsten Abschnitte der aufsteigenden Flanke 122_1 bzw. der absteigenden Flanke 122_2 darstellen.

[0046] Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung der Entlüftungsleistung der Entlüftungsvorrichtung 100 kann

darin bestehen, im Bereich des Scheitelpunktes SP der Erhebung 122 eine Staustufe SS zur lokalen Verwirbelung der Schmelze vorzusehen. Die Staustufe SS kann durch eine Auswölbung im Bereich des Scheitelpunktes SP der Erhebung 122 sowie durch eine gegenüberliegende konturkonforme Ausbuchtung in der Vertiefung 142 gebildet sein. Die Staustufe SS stellt eine Störungsgeometrie in dem Entlüftungsspalt 732 dar, welche beispielsweise ohne eine Variation des Spaltmaßes auskommen kann (d.h., das Spaltmaß kann über die Staustufe SS hinweg konstant bleiben) oder - bei anderen Ausführungsbeispielen - lokal auch ein größeres Spaltmaß aufweisen kann.

[0047] Dabei kann die (optionale) Bogengeometrie des Anfangsabschnitts 122_1a der aufsteigenden Flanke 122_1 und die dadurch erhöhte Steilheit des Hauptabschnitts 122_1b in der Weise mit der Staustufe SS zusammenwirken, dass die Schmelze wirkungsvoller an die gegenüberliegende Wandung der Ausbuchtung in der Vertiefung 142 gedrückt wird. Die dem Schmelzfluss entgegengerichtete Wandung der Ausbuchtung wirkt somit quasi als Prallfläche mit hohem Entschleunigungseffekt (siehe die Umkehrpfeile).

[0048] Durch die asymmetrische Wellengeometrie lässt sich die Wellenhöhe H im Vergleich zum Stand der Technik vergrößern, wodurch mehr Weg pro Fläche erzeugt wird und eine höhere Kühlleistung und Abbremsung der Schmelze bei gegebener Größe der Entlüftungsflächen 120A, 140A (d.h. der Sprengfläche) erreichbar ist. Alternativ kann infolge der größeren Wellenhöhe H die Größe der Entlüftungsflächen 120A, 140A verringert werden (d.h. z.B. die Entlüftungsvorrichtung 100 verkürzt werden) und somit die Sprengfläche reduziert werden. Gleichzeitig kann ein im Vergleich zu bekannten Entlüftungsvorrichtungen vergrößertes Spaltmaß eingestellt werden, da die Entschleunigung der Schmelze z.B. durch den steilen Hauptabschnitt 122_1b und/oder durch Staustufen SS zusätzlich verstärkt wird. Wie bereits erwähnt wird durch die Vergrößerung des Spaltmaßes die Sprengfläche und damit die benötigte Zuhaltkraft der Maschine nicht erhöht.

[0049] Es wird darauf hingewiesen, dass sämtliche Erhebungen 122 (und zugehörige Vertiefungen 142) jeweils eine identische Form und damit auch jeweils die gleiche Periodenlänge PL aufweisen können. Es ist jedoch auch möglich, dass einzelne oder mehrere oder auch sämtlich Erhebungen 122 (und zugehörige Vertiefungen 142) unterschiedlich geformt sind. Beispielsweise könnte durch eine Veränderung der Periodenlänge PL entlang des Verlaufs des Entlüftungsspalts 732 Erhebungen 122 mit unterschiedlichen Periodenlängen (und damit auch unterschiedlichen Flankensteilheiten) geschaffen werden. Darüber hinaus ist es möglich, dass die asymmetrische Formgebung als solche von einer Erhebung 122 zu einer anderen Erhebung 122 variiert. Solange eine ausreichende Anzahl von Erhebungen mit jeweils asymmetrischer Formgebung im Spaltverlauf vorhanden ist, werden die beschriebenen Effekte in mehr

oder weniger starken Umfang auftreten.

[0050] Figur 10 zeigt in Schnittdarstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Entlüftungsvorrichtung 1000. Die Entlüftungsvorrichtung 1000 kann sämtliche Merkmale der Entlüftungsvorrichtung 100 umfassen, weshalb zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird.

[0051] Ferner weist die Entlüftungsvorrichtung 1000 ein Kühlsystem 720 in der ersten Chill-Blockhälfte 120 und/oder ein Kühlsystem 740 in der zweiten Chill-Blockhälfte 140 auf. Das Kühlsystem 720 kann ein oder mehrere Kühlgeometrien (z.B. Kühlkanälen) 1722, 1724 aufweisen, an die Querkäle 1722_1 bzw. 1724_1, 1724_2 angeschlossen sind. Dadurch wird eine Flächenkühlung wenigstens eines Teilabschnitts der Entlüftungsfläche 120A erzielt. Die Querkäle 1722_1 bzw. 1724_1, 1724_2 können beispielsweise jeweils innerhalb einer Erhebung 122 verlaufen und dadurch eine wirksame, konturnahe Flankenkühlung quer zur Strömungsrichtung S der Schmelze durch den Entlüftungsspalt 732 herbeiführen. Die Kühlgeometrien 1722, 1724 und/oder die Querkäle 1722_1 bzw. 1724_1, 1724_2 können beispielsweise runde oder eckige Querschnitte aufweisen.

[0052] Analog kann das Kühlsystem 740 in der zweiten Chill-Blockhälfte 140 mit einer oder mehreren Kühlgeometrien (z.B. Kühlkanälen) 1742, 1744 versehen sein, die in der gleichen Weise wie oben beschrieben jeweils mit Querkälen 1742_1, 1742_2 bzw. 1744_1 in Kühlmittelverbindung stehen. Dadurch wird eine Flächenkühlung wenigstens eines Teilabschnitts der Entlüftungsfläche 140A erzielt. Die Querkäle 1742_1 und 1742_2 können beispielsweise in Bereichen zwischen den Vertiefungen 142 verlaufen und ermöglichen daher eine wirksame, konturnahe Flankenkühlung der Vertiefungen 142 in einer Richtung quer zur Strömungsrichtung S der Schmelze. Die Kühlgeometrien 1742, 1744 und/oder die Querkäle 1742_1, 1742_2 bzw. 1744_1 können beispielsweise runde oder eckige Querschnitte aufweisen.

[0053] Mit anderen Worten erlauben die Querkäle 1722_1, 1724_1, 1724_2, 1742_1, 1742_2 eine wirkungsvolle und gleichmäßige Kühlung der Erhebungen 122 bzw. der Vertiefungen 142 über beispielsweise nahezu ihre gesamte Querdimension, d.h. über nahezu die gesamte Breite der Entlüftungsflächen 120A bzw. 140A. Die Kühlgeometrien 1722, 1724 bzw. 1742, 1744 werden im Betrieb mit Kühlmedium gespeist. Eine effiziente Wärmeabfuhr ermöglicht es, große Spaltmaße zu verwenden und die Sprengfläche der Entlüftungsvorrichtung 1000 vergleichsweise klein zu halten.

[0054] Das Kühlsystem 720 bzw. 740 mit Querkanal-Kühlung kann beispielsweise nur einen Teilabschnitt der Entlüftungsfläche(n) 120A bzw. 140A kühlen. Beispielsweise kann ein eingangsseitiger Teilabschnitt mit einer Anzahl von gleich oder weniger oder mehr als 2, 3, 4, 5, 6, ... Erhebungen 122 bzw. Vertiefungen 142 gekühlt werden. Im eingangsseitigen Teilabschnitt ist die Kühlung besonders effizient.

[0055] Figur 10 veranschaulicht ferner ein Merkmal,

das bei sämtlichen Ausführungsbeispielen von Entlüftungsvorrichtungen 100, 1000 vorhanden sein kann und darin besteht, dass die Entlüftungsfläche 120A der ersten Chill-Blockhälfte 120 einen im Strömungsweg vor der Mehrzahl von Erhebungen 122 angeordneten bogenförmigen Vertiefungsabschnitt aufweisen kann, in welchen bei zusammenwirkenden Chill-Blockhälften 120, 140 ein formkomplementärer Erhebungsabschnitt an der Entlüftungsfläche 140A der zweiten Chill-Blockhälfte 140 eingreift und dadurch einen bogenförmigen Eingangsspalt (bei Bezugszeichen 1050) ausbildet. Der bogenförmige Eingangsspalt 1050 wirkt als eingangsseitiger "Bremsbogen", welcher schon vor dem Eintritt der Schmelze in den wellenförmigen Entlüftungsspalt 732 eine Abbremsung/Entschleunigung der Schmelze herbeiführt. Zu diesem Zweck kann ein Querkanal 1744_1 speziell für die Temperierung (Abkühlung) des bogenförmigen Eingangsspalts 1050 vorgesehen sein.

[0056] Erste und zweite Chill-Blockhälften 120, 140 mit querverlaufenden Kühlkanälen können beispielsweise durch additive Fertigung unter Verwendung eines Pulvers (siehe beispielsweise WO 19233962 A1) unter Verwendung eines Pulverbettverfahrens hergestellt werden. Additive Fertigungsverfahren sind z.B. PBF (Powder Bed Fusion), SLS (Selective Laser Sintering), EBM (Electron Beam Melting) oder DMD (Direct Metal Deposition). Ferner ist auch eine Hybrid-Fertigung möglich, bei der auf eine Platte mit bereits vorhandenen Kühlbohrungen eine konturnahe Flächenkühlung sowie die Erhebungen und Vertiefungen der Entlüftungsfläche aufgedruckt werden. Als Materialien können sich verschiedenste Stähle, insbesondere Warmarbeitsstähle eignen.

[0057] Gemäß einem Aspekt dieser Offenbarung kann das beschriebene Kühlsystem 720, 740 mit querverlaufenden Kühlkanälen, die eine konturnahe Flächenkühlung ermöglichen und beispielsweise in die Erhebungen 122 bzw. zwischen die Vertiefungen 142 eintreten, auch bei jedweder Entlüftungsvorrichtung mit einem wellenförmigen Spaltverlauf zwischen Chill-Blöcken vorgesehen sein. D.h., insbesondere umfasst diese Offenbarung auch Entlüftungsvorrichtungen, die eine beliebige (z.B. auch symmetrische) Formgebung jeweils der einzelnen Erhebungen 122 und jeweils der einzelnen Vertiefungen 142 im Längsschnitt aufweisen und mit einem Kühlsystem mit querverlaufenden Kühlkanälen ausgestattet sind. Die weiteren vorstehend beschriebenen Merkmale können wahlweise auch in Ausführungsbeispielen einer solchen Entlüftungsvorrichtung verwirklicht sein.

[0058] In der Praxis kann eine Variation des Spaltmaßes, die bei einer unerwünschten Relativverschiebung der ersten und zweiten Chill-Blockhälften 120, 140 auftritt, einen gravierenden negativen Einfluss auf die Entlüftungsleistung einer Entlüftungsvorrichtung haben.

[0059] Herkömmliche Entlüftungsvorrichtungen werden über Verschraubungen 1222, 1224 und Positionszentrierungen 1212, 1214 an den jeweiligen Werkzeughälften 12 bzw. 14 befestigt, siehe Figur 12A. Verschraubungen und Positionszentrierungen sind nicht formge-

bundene Maße (Definition gemäß DIN 1680 Teil 1), mit denen eine Zentrierung "von außen" erreicht wird. Die Positionszentrierung (beispielsweise Nut und Feder) zwischen den Werkzeughälften 12, 14 und den jeweiligen Chill-Blockhälften 120 bzw. 140 soll die Maßhaltigkeit des Spaltmaßes über die Formtrennung sicherstellen. Ein schlecht geregelter Wärmehaushalt oder auch konstruktive Trennungssprünge können jedoch zu einer Relativverschiebung der ersten und zweiten Chill-Blockhälften 120, 140 zueinander führen. Daraus resultiert ein in Figur 12B dargestelltes verändertes Spaltmaß 1210, 1220 und eine Reduzierung der benötigten Entlüftungsleistung.

[0060] Bereits kleine Relativverschiebungen (Offsets) von beispielsweise 0,1 mm können zu einem Verlust an Entlüftungsleistung von mehr als 25% im Entlüftungsspalt 732 führen. Diese Veränderung führt sofort zu Qualitäts- und Prozessproblemen. Zu enge Spalte 732 (siehe Spaltmaß 1220) lassen nicht mehr ausreichend Luft durch und können somit zum Ausfall der Entlüftungsvorrichtung 100, 1000 führen. Da andererseits breitere Spalte zum "Herausspritzen" oder "Durchschießen" der Schmelze führen würden, ergibt sich in der Praxis bei herkömmlichen Entlüftungsvorrichtungen ein enges, fehleranfälliges Prozessfenster.

[0061] Eine bei sämtlichen Entlüftungsvorrichtungen anwendbare Abhilfe schafft eine zwischen der ersten Chill-Blockhälfte 120 und der zweiten Chill-Blockhälfte 140 wirkende Selbstzentrierungsanordnung. Die Selbstzentrierungsanordnung verhindert die in Figur 12 dargestellte Verschiebung zwischen den Chill-Blockhälften 120, 140 und sorgt somit für einen prozesssicheren Entlüftungsspalt 732.

[0062] Beispielsweise kann die Selbstzentrierungsanordnung ein benachbart der Entlüftungsfläche einer der beiden Chill-Blockhälften angeordnetes Eingriffsteil (bei 1410) sowie ein benachbart der Entlüftungsfläche der anderen Chill-Blockhälfte (in den Figuren 14 und 15 beispielsweise die Chill-Blockhälfte 120) angeordnetes Aufnahmeteil aufweisen. Wie in Figur 14 dargestellt, kann das Eingriffsteil beispielsweise eine Querrippe und das Aufnahmeteil eine Quernut umfassen. Im geschlossenen Zustand der Entlüftungsvorrichtung 100 verblocken sich die Chill-Blockhälften 120, 140 mittels der Selbstzentrierungsanordnung, wodurch die Relativlage der Chill-Blockhälften 120, 140 zueinander mit hoher Präzision festgelegt werden kann (siehe Figur 15). D.h. es findet eine formgebundene Selbstzentrierung "von innen" über Eingriffsteil und Aufnahmeteil (z.B. Querrippe und Quernut) statt. Diese Selbstzentrierungsanordnung ist in den Figuren 4 bis 6 ebenfalls erkennbar.

[0063] Das Eingriffsteil und das Aufnahmeteil können über Zentrierflächen kraftschlüssig zusammenwirken. Die Zentrierflächen des Eingriffsteils und des Aufnahmeteils können komplementär geformt sein. Die Zentrierflächen des Eingriffsteils und/oder des Aufnahmeteils können beispielsweise als Schrägflächen oder auch als Rundflächen ausgeführt sein. Andere Formgebungen

sind ebenfalls möglich. Die Zentrierflächen sind so geformt, dass bei einem Schließen des Gießwerkzeugs und dem damit einhergehenden Aufeinanderdrücken des Eingriffsteils und des Aufnahmeteils eine Selbstzentrierung durch eine Gleitbewegung der Chill-Blockhälften 120, 140 in Längsrichtung (Fließrichtung der Schmelze) an den Zentrierflächen erfolgt. Die Befestigung der ersten bzw. zweiten Chill-Blockhälften 120, 140 der Entlüftungsvorrichtung 100, 1000 am Gießwerkzeug kann beispielsweise wie in Figur 12A gezeigt erfolgen. Die Figur 13 zeigt ein Beispiel für nicht formgebundene Maße wie Positionszentrierungen 1212, 1214, die in den den Entlüftungsflächen 120A, 140A gegenüberliegenden maschinenseitigen Flächen 120B bzw. 140B der ersten bzw. zweiten Chill-Blockhälfte 120, 140 eingearbeitet sind. Die in Figur 13 dargestellte Positionszentrierung ist eine Rundaussparung, die mit einem formkomplementären Fortsatz an der gegenüberliegenden Werkzeughälfte 12 bzw. 14 zusammenwirkt, andere Formgebungen sind ebenfalls möglich. Die Positionszentrierungen 1212, 1214 müssen mit einem definierten Passungsspiel (in Längsrichtung) eingearbeitet sein, damit die Selbstzentrierungsanordnung 1410 zwischen den Chill-Blockhälften 120, 140 die möglichen Verschiebungen der Chill-Blockhälften 120, 140 ausgleichen kann.

[0064] Gemäß einem Aspekt dieser Offenbarung kann eine zwischen der ersten Chill-Blockhälfte 120 und der zweiten Chill-Blockhälfte 140 wirkende Selbstzentrierungsanordnung auch bei jedweder Entlüftungsvorrichtung mit einem wellenförmigen Spaltverlauf zwischen Chill-Blöcken vorgesehen sein. D.h., insbesondere umfasst diese Offenbarung auch Entlüftungsvorrichtungen, die eine beliebige (z.B. auch symmetrische) Formgebung jeweils der einzelnen Erhebungen 122 und jeweils der einzelnen Vertiefungen 142 im Längsschnitt aufweisen und mit einer Selbstzentrierungsanordnung ausgestattet sind. Die vorstehend beschriebenen Merkmale können wahlweise auch in Ausführungsbeispielen einer solchen Entlüftungsvorrichtung verwirklicht sein.

[0065] Zusammenfassend wirken die Aspekte eines asymmetrischen Entlüftungsspalts und einer Flächenkühlung in der Weise zusammen, dass sie ein größeres Spaltmaß ermöglichen infolge einer verbesserten Entschleunigung der Schmelze und/oder höherer Wellen (d.h. mehr Fläche zur Wärmeabgabe) und/oder der Flächenkühlung (effizientere Wärmeabfuhr). Auf diese Weise (oder auch nur durch eine der beiden Maßnahmen) können Spaltmaße von z.B. über 1,2 oder über 1,3 mm oder über 1,4 mm bei Entlüftungsvorrichtungen aus einem Stahlwerkstoff erreicht werden. Ferner erhöhen die genannten Maßnahmen sowie das durch die Selbstzentrierung geschaffene garantierte, definierte Spaltmaß die Prozesssicherheit der gesamten Anlage.

BEISPIELE

[0066] Die folgenden Beispiele betreffen weitere Aspekte der vorliegenden Offenbarung:

Beispiel 1 ist eine Entlüftungsvorrichtung für eine Gießform zur Herstellung metallischer Bauteile, wobei die Entlüftungsvorrichtung aufweist: eine erste Chill-Blockhälfte und eine zweite Chill-Blockhälfte mit einander gegenüberliegenden Entlüftungsflächen, wobei die Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte eine Mehrzahl von Erhebungen aufweist, die Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte eine Mehrzahl von Vertiefungen aufweist, und bei zusammenwirkenden Chill-Blockhälften die Erhebungen der Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte in die Vertiefungen der Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte hineinstehen und zwischen den beiden Entlüftungsflächen einen in Längsrichtung der Entlüftungsvorrichtung wellenförmig verlaufenden Spalt ausbilden, wobei die Entlüftungsvorrichtung ein Kühlsystem in der ersten Chill-Blockhälfte und/oder ein Kühlsystem in der zweiten Chill-Blockhälfte aufweist, das ein oder mehrere Kühlgeometrien aufweist, an die Querkäle angeschlossen sind, die eine Flächenkühlung zumindest eines Teilabschnitts der jeweiligen Entlüftungsfläche bewirken.

[0067] In Beispiel 2 kann der Gegenstand des Beispiels 1 optional umfassen, dass die Entlüftungsvorrichtung ein Kühlsystem in der ersten Chill-Blockhälfte aufweist und die Querkäle in Bereichen innerhalb von Erhebungen verlaufen und dabei eine Flankenkühlung dieser Erhebungen herbeiführen.

[0068] In Beispiel 3 kann der Gegenstand des Beispiels 1 oder 2 optional umfassen, dass die Entlüftungsvorrichtung ein Kühlsystem in der zweiten Chill-Blockhälfte aufweist und die Querkäle in Bereichen zwischen Vertiefungen verlaufen und dabei eine Flankenkühlung dieser Vertiefungen herbeiführen.

[0069] In Beispiel 4 kann der Gegenstand eines der vorhergehenden Beispiele optional umfassen, dass die Querkäle über im Wesentlichen die gesamte Breite der jeweiligen Entlüftungsfläche verlaufen.

[0070] In Beispiel 5 kann der Gegenstand eines der vorhergehenden Beispiele optional umfassen, dass sowohl die erste Chill-Blockhälfte als auch die zweite Chill-Blockhälfte das Kühlsystem aufweisen.

[0071] In Beispiel 6 kann der Gegenstand eines der vorhergehenden Beispiele optional umfassen, dass die Entlüftungsvorrichtung ein Kühlsystem in der zweiten Chill-Blockhälfte aufweist, ein bogenförmiger Eingangsspalt dem wellenförmig verlaufenden Spalt vorgelagert ist und ein weiterer Querkanal in der zweiten Chill-Blockhälfte zur Kühlung des bogenförmigen Eingangsspalts vorhanden ist.

[0072] In Beispiel 7 kann der Gegenstand eines der vorhergehenden Beispiele optional umfassen, dass die Mehrzahl der Erhebungen und die Mehrzahl der Vertiefungen eine bezogen auf die Formgebung jeweils einer einzelnen Erhebung bzw. einer einzelnen Vertiefung im Längsschnitt asymmetrische Formgebung aufweisen.

[0073] Beispiel 8 ist eine Entlüftungsvorrichtung für eine Gießform zur Herstellung metallischer Bauteile, wobei die Entlüftungsvorrichtung aufweist: eine erste Chill-

Blockhälfte und eine zweite Chill-Blockhälfte mit einander gegenüberliegenden Entlüftungsflächen, wobei die Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte eine Mehrzahl von Erhebungen aufweist, die Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte eine Mehrzahl von Vertiefungen aufweist, und bei zusammenwirkenden Chill-Blockhälfen die Erhebungen der Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte in die Vertiefungen der Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte hineinstehen und zwischen den beiden Entlüftungsflächen einen in Längsrichtung der Entlüftungsvorrichtung wellenförmig verlaufenden Spalt ausbilden, die ferner eine zwischen der ersten Chill-Blockhälfte und der zweiten Chill-Blockhälfte wirkende Selbstzentrierungsanordnung aufweist.

[0074] In Beispiel 9 kann der Gegenstand des Beispiels 8 optional umfassen, dass die Selbstzentrierungsanordnung ein benachbart der Entlüftungsfläche einer der Chill-Blockhälften vorstehendes Eingriffsteil mit Zentrierflächen und ein komplementär geformtes Aufnahmeteil benachbart der Entlüftungsfläche der anderen Chill-Blockhälfte aufweist.

[0075] In Beispiel 10 kann der Gegenstand des Beispiels 9 optional umfassen, dass das Eingriffsteil eine Querrippe und das Aufnahmeteil eine Quernut umfassen.

[0076] In Beispiel 11 kann der Gegenstand eines der Beispiele 8 bis 10 optional ferner eine zwischen der ersten Chill-Blockhälfte und/oder der zweiten Chill-Blockhälfte sowie einer die jeweilige Chill-Blockhälfte tragenden Werkzeughälfte vorgesehene Positions-zentrierung mit Passungsspiel aufweisen.

[0077] In Beispiel 12 kann der Gegenstand eines der Beispiele 8 bis 11 optional umfassen, dass die Mehrzahl der Erhebungen und die Mehrzahl der Vertiefungen eine bezogen auf die Formgebung jeweils einer einzelnen Erhebung bzw. einer einzelnen Vertiefung im Längsschnitt asymmetrische Formgebung aufweisen.

Patentansprüche

1. Entlüftungsvorrichtung für eine Gießform zur Herstellung metallischer Bauteile, wobei die Entlüftungsvorrichtung aufweist:

eine erste Chill-Blockhälfte und eine zweite Chill-Blockhälfte mit einander gegenüberliegenden Entlüftungsflächen, wobei die Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte eine Mehrzahl von Erhebungen aufweist, die Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte eine Mehrzahl von Vertiefungen aufweist, und bei zusammenwirkenden Chill-Blockhälften die Erhebungen der Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte in die Vertiefungen der Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte hineinstehen und zwischen den beiden Entlüf-

tungsflächen einen in Längsrichtung der Entlüftungsvorrichtung wellenförmig verlaufenden Spalt ausbilden, wobei die Mehrzahl der Erhebungen und die Mehrzahl der Vertiefungen eine bezogen auf die Formgebung jeweils einer einzelnen Erhebung bzw. einer einzelnen Vertiefung im Längsschnitt asymmetrische Formgebung aufweisen.

2. Entlüftungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Scheitelpunkt der Erhebung außermittig der Längserstreckung der Erhebung liegt.
3. Entlüftungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Scheitelpunkt der Erhebung innerhalb der ersten Zwei-Fünftel oder des ersten Drittels der Längserstreckung der Erhebung liegt.
4. Entlüftungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Erhebung eine aufsteigende Flanke und eine abfallende Flanke aufweist und die aufsteigende Flanke steiler als die abfallende Flanke ist.
5. Entlüftungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei eine Winkeldifferenz zwischen dem Vertikalwinkel der aufsteigenden Flanke und dem Vertikalwinkel der abfallenden Flanke gleich oder mehr als 10° beträgt.
6. Entlüftungsvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei die abfallende Flanke einen am Scheitelpunkt der Erhebung beginnenden und bis zu einer Knickstelle reichenden ersten Flankenabschnitt und einen von der Knickstelle ausgehenden zweiten Flankenabschnitt umfasst, wobei der Vertikalwinkel des ersten Flankenabschnitts größer ist als der Vertikalwinkel des zweiten Flankenabschnitts.
7. Entlüftungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die aufsteigende Flanke im anfänglichen Verlauf der Steigung bis zumindest auf eine Höhe, die einem Viertel der Höhe der Erhebung entspricht, eine stetig zunehmende Steilheit aufweist.
8. Entlüftungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer im Bereich des Scheitelpunktes der Erhebung als Auswölbung geformten Staustufe zur lokalen Verwirbelung der Schmelze.
9. Entlüftungsvorrichtung nach Anspruch 8, wobei das Spaltmaß an der Staustufe im Wesentlichen dem Spaltmaß im übrigen wellenförmig verlaufenden Spalt entspricht.
10. Entlüftungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die den wellenförmig verlaufenden Spalt ausbildenden Erhebungen und Vertiefungen in einer Querdimension einen geradlinigen

Verlauf aufweisen.

11. Entlüftungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Entlüftungsfläche der ersten Chill-Blockhälfte einen im Strömungsweg vor der Mehrzahl von Erhebungen angeordneten bogenförmigen Vertiefungsabschnitt aufweist, in welchen bei zusammenwirkenden Chill-Blockhälften ein formkomplementärer Erhebungsabschnitt an der Entlüftungsfläche der zweiten Chill-Blockhälfte eingreift und dadurch einen bogenförmigen Eingangsspalt ausbildet. 5 10
12. Entlüftungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner eine zwischen der ersten Chill-Blockhälfte und der zweiten Chill-Blockhälfte wirkende Selbstzentrierungsanordnung aufweist. 15
13. Entlüftungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Selbstzentrierungsanordnung ein benachbart der Entlüftungsfläche einer der Chill-Blockhälften vorstehendes Eingriffsteil mit Zentrierflächen und ein komplementär geformtes Aufnahmeteil benachbart der Entlüftungsfläche der anderen Chill-Blockhälfte aufweist. 20 25
14. Entlüftungsvorrichtung nach Anspruch 13, wobei das Eingriffsteil eine Querrippe und das Aufnahmeteil eine Quernut umfassen. 30

35

40

45

50

55

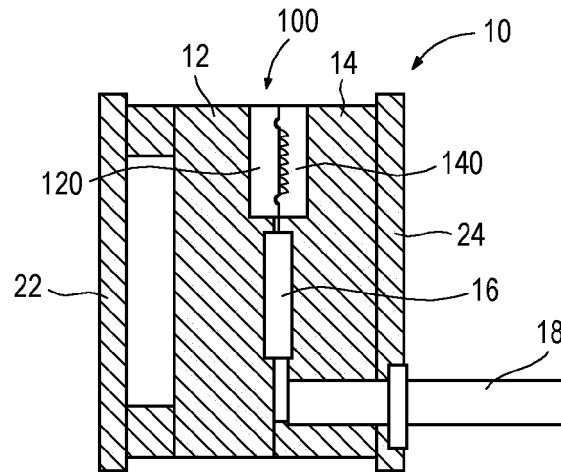


Fig. 1

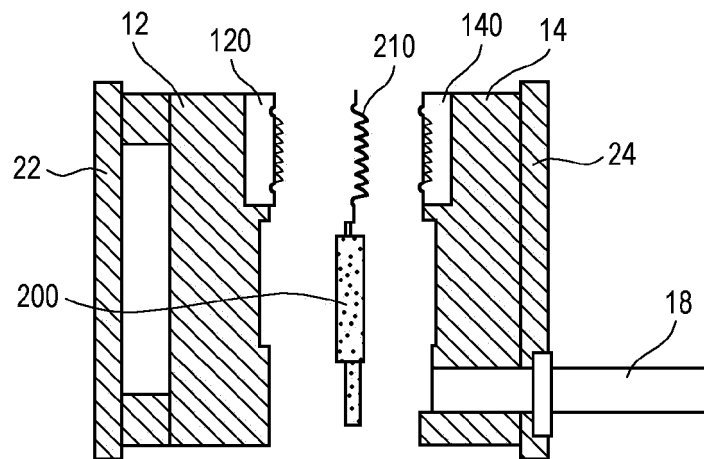


Fig. 2

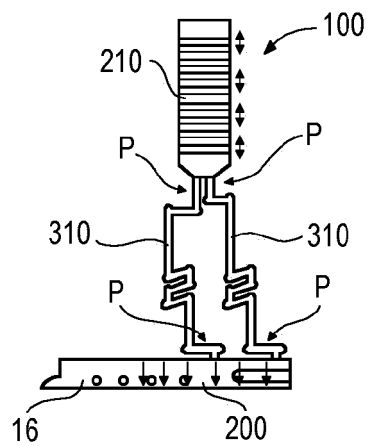


Fig. 3

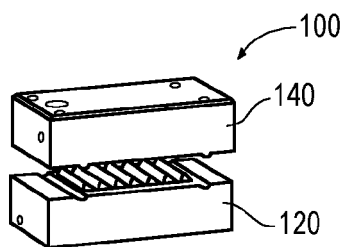


Fig. 4

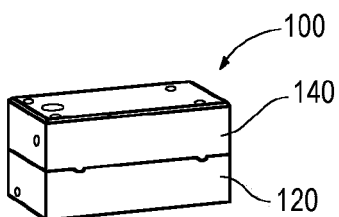


Fig. 5

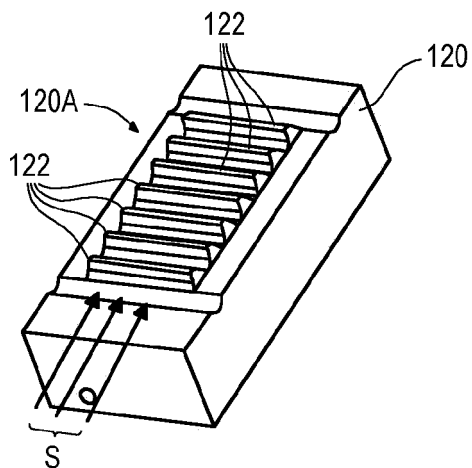


Fig. 6

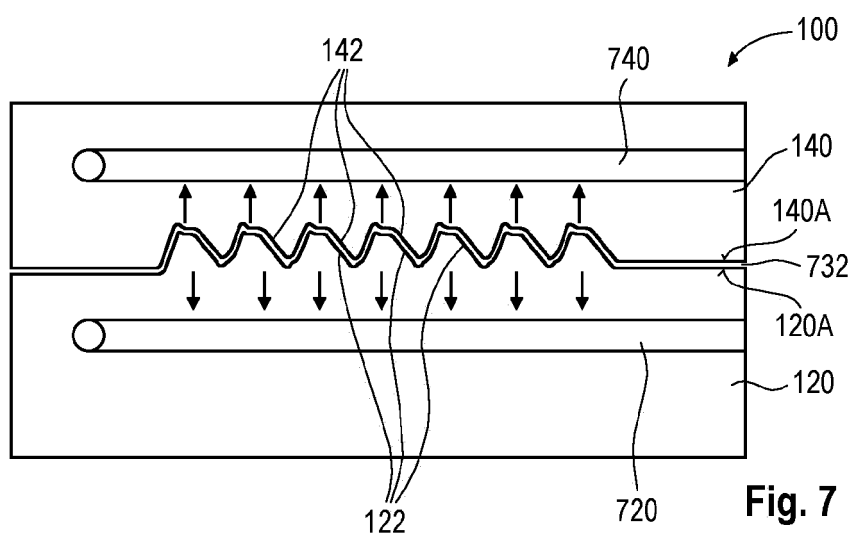


Fig. 7

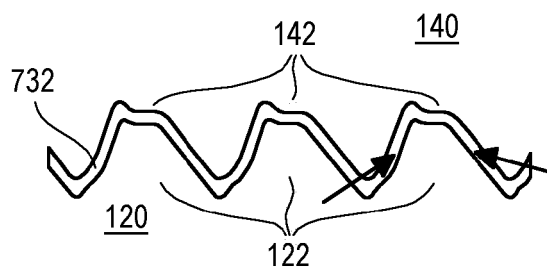


Fig. 8

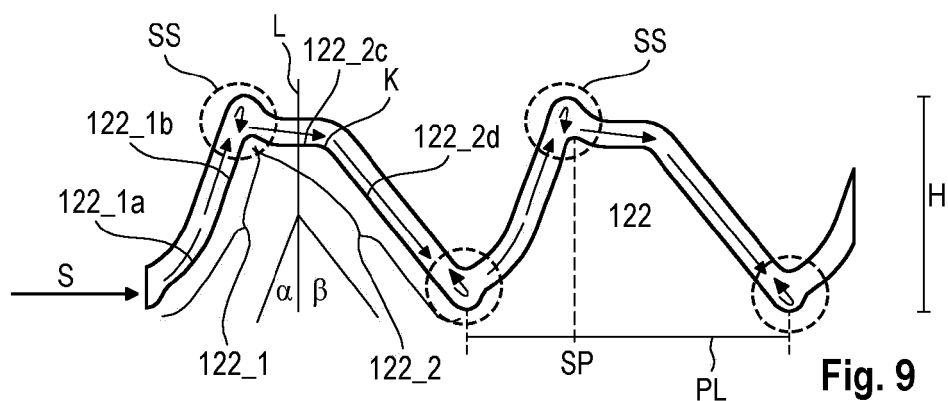


Fig. 9

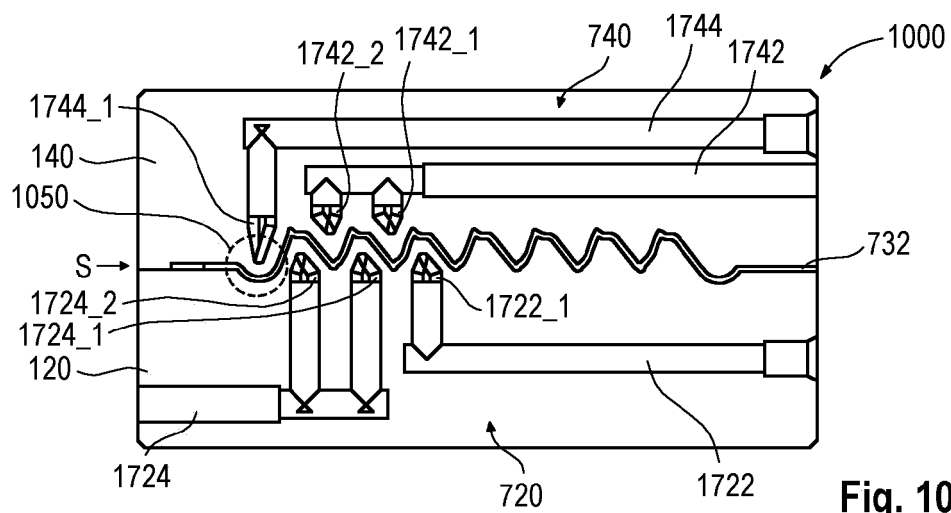


Fig. 10

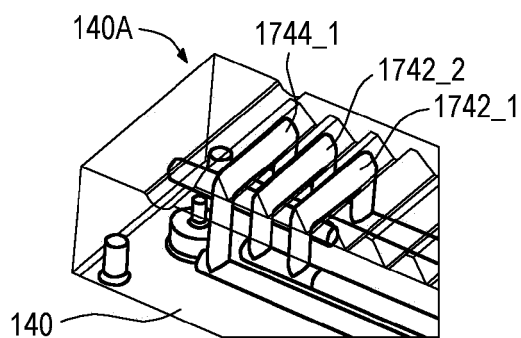


Fig. 11

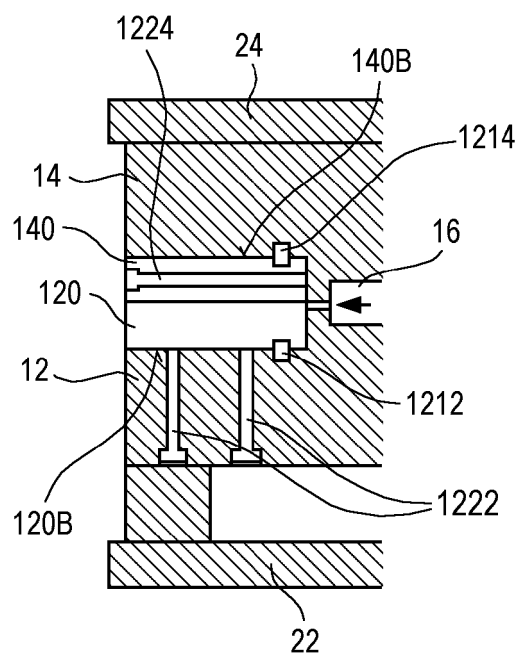


Fig. 12A

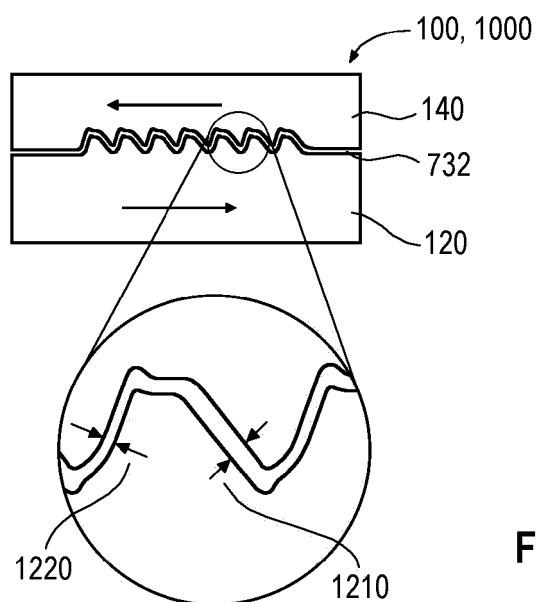


Fig. 12B

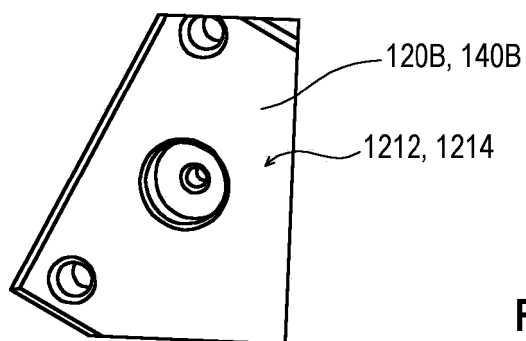


Fig. 13

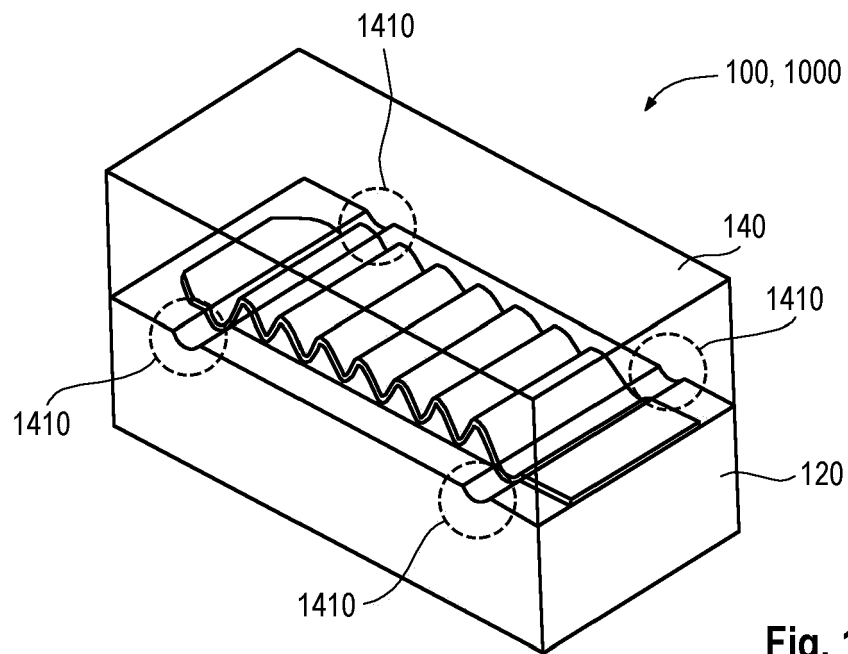


Fig. 14

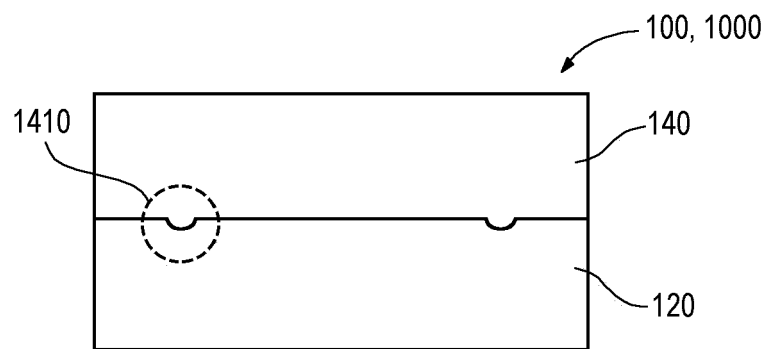


Fig. 15



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 21 4641

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2019 133354 B3 (INTERGUSS GIESSEREIPRODUKTE GMBH [DE] ET AL.) 19. November 2020 (2020-11-19) * Absatz [0009]; Anspruch 1; Abbildungen 2-8 *	1-14	INV. B22C9/06 B22D17/14
X	----- CN 108 838 368 A (XIANGYANG MEILIXIN SCIENCE & TECH CO LTD) 20. November 2018 (2018-11-20) * Absatz [0002]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2,5 *	1-14	
X	----- JP S56 62669 A (YAMAZAKI KOUSAKUSHIYO YUUGEN) 28. Mai 1981 (1981-05-28) * Anspruch 1; Abbildungen 1,2 *	1-14	
X	----- DE 195 00 005 A1 (SEEFELDT RUDOLF [DE]) 4. Juli 1996 (1996-07-04) * Ansprüche 1,2; Abbildung 5 *	1-14	
A	----- JP 2008 080391 A (JAPAN MOLD TRADE KK) 10. April 2008 (2008-04-10) -----	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B22D B22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 28. April 2021	Prüfer Momeni, Mohammad
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 21 4641

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-04-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102019133354 B3	19-11-2020	KEINE	

15	CN 108838368 A	20-11-2018	KEINE	

	JP S5662669 A	28-05-1981	JP S5662669 A	28-05-1981
			JP S5812101 B2	07-03-1983

20	DE 19500005 A1	04-07-1996	KEINE	

	JP 2008080391 A	10-04-2008	KEINE	

25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- WO 19233962 A1 [0056]