

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. September 2019 (26.09.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2019/180095 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

B22C 9/02 (2006.01) B22C 9/10 (2006.01)  
B33Y 80/00 (2015.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/056987

(22) Internationales Anmeldedatum:  
20. März 2019 (20.03.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 106 725.9 21. März 2018 (21.03.2018) DE  
10 2018 115 087.3 22. Juni 2018 (22.06.2018) DE

(71) Anmelder: **SCHUBERT & SALZER FEINGUSS LOBENSTEIN GMBH** [DE/DE]; Poststrasse 31, 07356 Bad Lobenstein (DE). **LITHOZ GMBH** [AT/AT]; Mollardgasse 85a/2/64-69, 1060 Wien (AT).

(72) Erfinder: **HOMA, Johannes**; Gutzkowplatz 8/16/7, 1130 Wien (AT). **SPITZBART, Manfred**; Koppstrasse 103/1/1207, 1160 Wien (AT). **REICHARTZEDER, Dominik**; Otto-Weininger-Gasse 8/8, 1130 Wien (AT). **SCH-**

**NEIDER, Peter**; Pappenheimgasse 66-68/14, 1200 Wien (AT). **KAWLATH, Bertram**; Ewaldstrasse 34, 90491 Nürnberg (DE). **RAAB, Armin**; Chr. Krauthelm Str. 10, 95100 Selb (DE). **REICHENBAECHER, Holger**; Landsehdorf Nr. 13, 07338 Leutenberg (DE).

(74) Anwalt: **BERGMEIER, Werner**; Friedrich-Ebert-Strasse 84, 85055 Ingolstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A CASTING MOULD FOR FILLING WITH MELT AND CASTING MOULD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER GUSSFORM ZUM EINFÜLLEN VON SCHMELZE SOWIE GUSSFORM

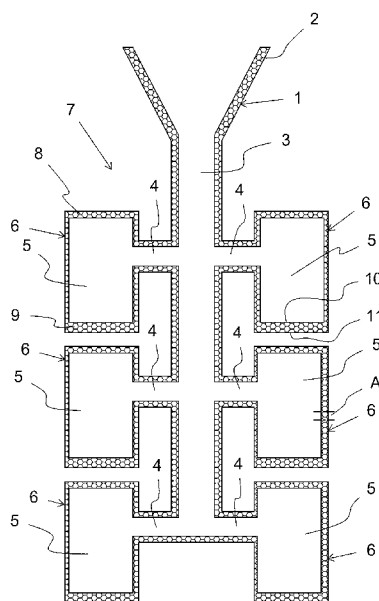


Fig. 1

(57) Abstract: Method for producing a casting mould (6), in particular a shell (7), for filling with melt and/or a core for producing a cavity in a cast part, with a wall (8) of a refractory and gas-permeable material, wherein the casting mould (6) is built up by a generative manufacturing process. According to the invention, it is provided that the wall (8) of the casting mould (6) is formed with a supporting structure (9) especially designed for the casting mould and formed by open and/or closed voids and/or that different wall thicknesses are provided, in order to support the casting mould largely independently against the casting pressure in a dimensionally stable manner and also to specifically isolate thermal energy in the melt or dissipate it from the melt.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstellung einer Gussform (6), insbesondere einer Schale (7) zum Einfüllen von Schmelze und/oder eines Kerns zum Erzeugen eines Hohlraums in einem Gussteil, mit einer Wand (8) aus einem feuerfesten und gasdurchlässigen Material, wobei die Gussform (6) mit einem generativen Fertigungsverfahren aufgebaut wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Wand (8) der Gussform (6) mit einer auf die Gussform abgestimmte Stützstruktur (9) ausgebildet wird, welche durch offene und/oder geschlossene Hohlräume ausgebildet wird und/oder unterschiedliche Wandstärken vorgesehen werden, um die Gussform weitgehend eigenständig formstabil gegen den Gussdruck abzustützen sowie gezielt Wärmeenergie in der Schmelze zu isolieren oder aus der Schmelze abzuführen.



WO 2019/180095 A1

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,  
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,  
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

**Verfahren zur Herstellung einer Gussform zum Einfüllen von Schmelze  
sowie Gussform**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Gussform, insbesondere einer Schale zum Einfüllen von Schmelze und/ oder eines Kerns zum Erzeugen eines Hohlraums in einem Gussteil, mit einer Wand aus einem feuerfesten und gasdurchlässigen Material, wobei die Gussform mit einem generativen Fertigungsverfahren aufgebaut wird sowie eine entsprechende Gussform.  
10

Aus der DE 103 17 473 B3 ist eine Gussform für den metallischen Guss oder Feinguss von Präzisionsbauteilen bekannt, wobei der wesentliche Anteil der Gussform aus einer, mittels einem generativen Rapid Prototyping Verfahren gefertigten, porösen Keramik im Grünen oder gesinterten Zustand besteht.  
15 Dabei werden die den Formkernen entsprechenden Strukturen bzw. die von Metall zu umfließenden Strukturen mittels generativem Rapid Prototyping Verfahren hergestellt. Durch das Rapid Prototyping Verfahren kann ebenso die Außengestalt der Gussform gefertigt werden. Beispielsweise werden auf  
20 oder in der Außenseite der Gussform Kühlkanäle vorgesehen oder Steiger ausgebildet oder außenliegende Rippen, die als Kühlkanäle wirken, angeordnet. Es ist weiterhin offenbart, dass Stützrippen vorgesehen sein können, welche auf der der von einer Kavität abgewandten Seite angeordnet sind. Um dem Druck zu widerstehen, ist die Gussform mit einer Schüttung aus loser Keramik hinterfüllt. Die Schüttung gibt der vergleichsweise dünnen,  
25 mittels generativem Rapid Prototyping Verfahren hergestellten Gussform die zum Guss benötigte mechanische Stabilität. Alternativ ist eine Schale vorgesehen, in welche die Gussform eingelegt wird, um dem Druck beim Gießen widerstehen zu können.

30

Nachteilig hierbei ist es, dass die Gussform zur Aufnahme der Schüttung in einen Behälter aufgenommen werden muss, damit die Schüttung mit loser

Keramik die Gussform ausreichend abstützen kann. Dies erfordert neben zusätzlichem Material auch manuelle Eingriffe und führt somit zu einem zeitaufwändigen und kostenintensiven Verfahren. Gleiches gilt auch bei der alternativen Ausführung mit einer Schale. Außerdem kann die Wärmeabfuhr  
5 des frisch gegossenen Gussstückes nicht beeinflusst werden, da die Schüttung und die Schale die Gussform weiter isoliert.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine Gussform sowie einen Verfahren zur Herstellung einer Gussform zu schaffen, mit welchem weitgehend  
10 automatisiert eine Gussform hergestellt werden kann, welche alleine und ohne weitere Maßnahmen dem Gussdruck widerstehen kann und somit kostengünstig und schnell geschaffen werden kann sowie die beim Gießen entstehende Wärme gezielt, das heißt abhängig von der gewünschten Abkühl-  
dauer einzelner Bereiche des Gussstückes, abführen kann und die Qualität  
15 des Gussstückes damit auch noch erhöht.

Die Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren und einer Gussform gemäß den unabhängigen Patentansprüchen.

20 Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer Gussform, insbesondere einer Schale zum Einfüllen von Schmelze und/oder eines Kerns zum Erzeugen eines Hohlraums in einem Gussteil, wird eine Wand aus einem feuerfesten und gasdurchlässigen Material, beispielsweise Keramik, hergestellt. Die Gussform wird mit einem generativen Fertigungsverfahren  
25 aufgebaut. Derartige generative Fertigungsverfahren sind beispielsweise 3-D-Druckverfahren, bei welchen flüssiges Material schichtweise aufgetragen und anschließend ausgehärtet wird. Erfindungsgemäß wird die Wand der Gussform mit einer auf die Gussform abgestimmten Stützstruktur ausgebildet, welche durch offene und/oder geschlossene Hohlräume ausgebildet wird  
30 und/oder welche unterschiedliche Wandstärken vorsieht, um die Gussform weitgehend eigenständig formstabil gegen den Gussdruck abzustützen sowie gezielt Wärmeenergie in der Schmelze zu isolieren oder aus der Schmelze

abzuführen. Durch die Stützstruktur, welche vorzugsweise integral mit der Wand der Gussform verbunden ist, wird eine stabile Gussform geschaffen, welche geeignet ist, sehr präzise Gussteile zu gießen. Darüber hinaus wird mit diesem Herstellungsverfahren eine Gussform ermöglicht, welche weitgehend automatisiert hergestellt werden kann. Die Automatisierung erfolgt bis  
5 unmittelbar vor dem Eingießen des Materials in die Gussform. Es sind keine weiteren Stützmaßnahmen, wie beispielsweise das Ausfüllen von Hohlräumen mit Sand oder anderen Materialien, erforderlich, da die Gussform selbst bereits ausreichend stabil ist, um dem Gussdruck widerstehen zu können.

10 Durch die Stützstruktur wird es außerdem ermöglicht, dass die beim Guss entstehende Wärme der Schmelze gezielt gehalten oder abgeführt wird, um ein optimal ausgekühltes Gussstück zu erhalten.

Die erfindungsgemäße Gussform ist insbesondere für den metallischen, industriellen Feinguss vorgesehen. Dabei wird eine Vielzahl von Gussformen erstellt, wobei es besonders wirtschaftlich ist, wenn diese Gussformen schnell und automatisiert geschaffen werden können. Mit der Stützstruktur kann die gesamte Form oder nur ein Teil davon hergestellt werden. Es können einfache Formen ohne Kern oder kompliziertere Formen mit einem oder  
20 mehreren Kernen (Core-Shell-Formen) gefertigt werden.

Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Feingussverfahren, welches üblicherweise über ein Wachsausschmelzverfahren realisiert wird, ist die Herstellung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wesentlich wirtschaftlicher  
25 möglich. Bei dem herkömmlichen Wachsausschmelzverfahren wird nämlich zuerst ein Wachsmodell hergestellt, welches zusammen mit weiteren Wachsmodellen zu einer Gießeinheit verbunden wird. Sodann wird diese Gießeinheit aus Wachs in flüssige Keramik getaucht und besandet. Dieser Prozess wird mehrfach wiederholt bis eine ausreichend dicke und stabile  
30 Schalenform entstanden ist. Anschließend wird das Wachs aus der Schalenform geschmolzen und die Schalenform wird gebrannt. Erst dann kann mit dem Gießen des Teiles fortgefahren werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren hingegen entfällt die Herstellung eines Wachsmodells ebenso wie die Montage einer Gießeinheit aus Wachs und das Tauchen und Besanden zum Erhalt der Schalenform. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird vielmehr die Schalenform direkt durch das generative Fertigungsverfahren geschaffen. So wird entweder die Gussform alleine oder sogar die einzelne Gussform zusammen mit einem Angusssystem und weiteren Gussformen, welche mit dem Angusssystem verbunden sind, erzeugt. Um eine Wandstärke realisieren zu können, welche dennoch in der Lage ist, dem zu erwartenden Gussdruck zu widerstehen, werden die Stützstrukturen vorgesehen, welche je nach Bedarf mehr oder weniger stabil die Kavität abstützen und stabilisieren können. Durch den strukturierten Aufbau der Stützstruktur ist es möglich, dass die Stützstruktur in Bereichen, in welchen ein höherer Gussdruck zu erwarten ist, stabiler ausgebildet wird und in Bereichen, in welchen der Gussdruck weniger stark sein wird, einfacher und weniger stabil gestaltet und hergestellt wird. Somit kann auch auf eine sehr wirtschaftliche Weise die Herstellung der Gussform erfolgen, da der Materialeinsatz - und damit die Herstellungszeit, welche durch das generative Verfahren in gewisser Weise abhängig von der Menge der zu erzeugenden Wände und Stützstrukturen ist - gezielt auf die vorliegenden Anforderungen abgestimmt sein kann. Außerdem kann durch die Stützstruktur die Abkühlung des frischen Gussstückes beeinflusst werden. Mehr Hohlräume, insbesondere geschlossene Hohlräume isolieren das Gussstück länger und mehr Material der Stützstruktur kann die Wärmeabfuhr beschleunigen. So kann beispielsweise ein gleichmäßig abkühlendes Bauteil geschaffen werden oder einzelne Bereiche des Gussstückes können länger warmgehalten werden. Ein spannungs- und lunkerfreies Gussstück kann somit erzeugt werden. Offene Strukturen unterstützen die Wärmeabfuhr. Selbst Kühlkanäle sind denkbar, durch welche Luft geblasen wird. Insbesondere in der Ausgestaltung der Kühlkanäle bestehen bei der vorliegenden Erfindung gegenüber herkömmlichen Fertigungen große Freiheiten.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung im Vergleich zu einer hinterfüllten Form wie bei der DE 103 17 473 B3 ist, dass der Energieaufwand zum Brennen einer hinterfüllten Form um ein Vielfaches höher ist, als bei einer Form mit Stützstruktur. Dies hat vor allem bei einem Serienprozess Auswirkungen auf

5 Durchlaufzeiten und Produktionskosten.

Besonders vorteilhaft ist als generatives Fertigungsverfahren ein 3-D Druckverfahren, mit welchem die Gussform schichtweise aufgebaut wird. Um eine besonders feine Gussform herstellen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die

10 einzelnen Schichten möglichst ansatzfrei ineinander übergehen und somit eine gleichmäßige Struktur ermöglichen. Dies ist insbesondere im Bereich der der Kavität zugewandten Innenseite der Gussform vorteilhaft.

Gemäß einer vorteilhaften Ausbildung der Erfindung ist das generative Fertigungsverfahren schlickerbasiert ausgeführt, insbesondere als Stereolithographie, in digitaler Lichtverarbeitungs-Technologie (DLP), als Direct Inkjet Writing (DIW) oder mit Slip-Casting-basierter Technologie, zum Beispiel mit

15 lagenweiser Schlickerdeposition (LSD) oder LIS. Damit kann die Gussform in guter Qualität, insbesondere mit geringer Rauigkeit und mit ausreichender

20 Geschwindigkeit hergestellt werden.

Wird die Stützstruktur an der dem späteren Gussstück bzw. der Kavität abgewandten Außenseite der Gussform angeordnet, so wird die Kavität, in welcher das Gussteil später gegossen werden soll, durch die erfindungsgemäße

25 Stützstruktur nicht beeinflusst. Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren nimmt nämlich grundsätzlich keinen Einfluss auf eine bestimmte Gestaltung der Gussteile und ist somit universell einsetzbar. Die Stützstruktur richtet sich nach dem herzustellenden Gussteil und das Gussteil muss nicht an die Stützstruktur angepasst werden.

30

Wird in einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung die Stützstruktur von der dem späteren Gussstück zugewandten Innenseite zu der dem späteren

Gussstück abgewandten Außenseite der Gussform gröber ausgebildet, so kann eine optimale Gestaltung bei möglichst geringem Materialeinsatz der Stützstruktur erfolgen. Die gröbere Ausbildung der Stützstruktur kann insbesondere mit von innen nach außen größer werdenden, offenen und/oder geschlossenen Hohlräumen realisiert werden. Während nahe der Kavität kleinere Hohlräume vorgesehen sind, sind mit größerem Abstand von der Kavität größere Hohlräume vorteilhaft. Die Stützwirkung wird somit optimal erzeugt, ohne dass ein großer Materialeinsatz für die Stützstruktur erforderlich wäre. Außerdem kann die Wärmeabfuhr durch diese Gestaltung gezielt beeinflusst werden.

Werden mit dem Angusssystem traubenförmig mehrere gleichartige oder unterschiedliche Gussformen verbunden, so kann ähnlich dem herkömmlichen Wachsschmelzverfahren entsprechend eine traubenförmige Gießeinheit geschaffen werden, mit welcher mit einem Guss eine Vielzahl von Teilen erzeugt werden. Auch dies führt zu einem wirtschaftlichen Herstellungsverfahren der Teile.

Ist an der Innenseite der Wand der Gussform eine Oberflächenstruktur mit sehr geringer Rauheit ausgebildet, so wird gewährleistet, dass ein besonders glattes Teil erzeugt werden kann. Die sehr geringe Rauheit  $R_z$  ist vorzugsweise kleiner  $100\ \mu\text{m}$ , was in der Regel ausreichend ist, um eine entsprechende Oberflächengüte des Teiles zu erzielen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist ganz besonders vorteilhaft geeignet für ein Feingussverfahren. In dem Feingussverfahren kann die Gussform besonders wirtschaftlich hergestellt und eingesetzt werden, da Feingussverfahren in der Regel industriell verwendet werden und eine relativ große Anzahl von einzelnen Gussteilen in kurzer Zeit hergestellt werden soll. Außerdem sind diese industriell hergestellten Feingussteile auch preislich sehr sensibel, so dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sehr kostengünstige Feingussteile zu schaffen sind.

Wird vorteilhafterweise die Gussform für einen Einkristallguss verwendet, so können beispielsweise Turbinenschaufeln sehr effektiv hergestellt werden.

- 5 Vorzugsweise wird die Form der Stützstruktur auf die beim Gussvorgang zu erwartende mechanische und/oder thermische Belastung optimiert gestaltet. Damit kann je nach Wandstärke oder Hohlräumen des zu gießenden Gussstückes bewirkt werden, dass zum Beispiel die Solidifikation des Metalls gleichmäßig erfolgt. Die erforderliche Wandstärke, Anordnung und Größe der  
10 einzelnen Elemente, wie zum Beispiel der Rippen, wird dabei berechnet und an die Erfordernisse angeglichen.

Eine erfindungsgemäße Gussform, insbesondere eine Schale zum Einfüllen von Schmelze und/oder ein Kern zum Erzeugen eines Hohlraums in einem  
15 Gussteil, mit einer Wand aus einem feuerfesten und gasdurchlässigen Material, insbesondere Keramik, ist mit einem generativen Fertigungsverfahren aufgebaut. Erfindungsgemäß weist die Wand der Gussform eine auf die Gussform abgestimmte Stützstruktur auf, welche durch offene und/oder geschlossene Hohlräume und/oder durch unterschiedliche Wandstärken aus-  
20 gebildet ist. Um die Gussform weitgehend eigenständig formstabil gegen den Gussdruck abzustützen sowie gezielt Wärmeenergie in der Schmelze zu isolieren oder aus der der Schmelze abzuführen, ist die Stützstruktur vorgesehen. Mit der Stützstruktur kann die gesamte Form oder ein Teil davon ausgebildet sein. Es können einfache Formen ohne Kern oder kompliziertere  
25 Formen mit einem oder mehreren Kernen (Core-Shell-Formen) hergestellt werden.

Durch die Stützstruktur ist es nun möglich, dass eine Gussform geschaffen wird, welche ein sehr genaues Teil gießen lässt. Die Gussform verändert ihre  
30 Form durch den Gussdruck der Schmelze nicht, da die Stützstruktur so ausgebildet ist, dass sie die Gussform, in welche die Schmelze eingefüllt wird, so abstützt, dass sie sich nicht verformen kann. Es wird mit der erfindungsge-

mäßigen Gussform somit eine sehr präzise Gussform und damit auch die Erstellung eines sehr präzisen Gussteils ermöglicht.

Durch die Stützstruktur ist außerdem beeinflussbar, wie die Wärmeenergie in  
5 der Schmelze isoliert werden kann oder aus der Schmelze abgeführt werden kann. Für ein hochpräzises Teil ist es ganz entscheidend, dass die Wärmeenergie der Schmelze gezielt abgeführt wird. So kann es Bereiche geben, in welchen es vorteilhaft ist, wenn die Wärme möglichst lange gehalten wird und andererseits wird es Bereiche geben, in denen es vorteilhaft ist, dass die  
10 Wärme möglichst schnell abgeführt wird. Durch eine entsprechende Anordnung der Stützstruktur, welche auf die individuelle Gussform abgestimmt ist, kann ein Halten oder ein Ableiten der Wärme der Schmelze ganz gezielt beeinflusst werden. Die erfindungsgemäße Gussform ermöglicht somit nicht nur die Herstellung eines präzisen Bauteils, sondern darüber hinaus auch tech-  
15 nisch eine hervorragende Beeinflussung der Wärmeabfuhr, um ein genaues und fehlerfreies Gussteil zu schaffen.

Vorzugsweise ist die Gussform eine Feingussform. Besonders beim Feinguss, welcher industriell ausgeführt wird, ist eine sehr präzise Herstellung  
20 des Teils erforderlich. Durch die oben beschriebenen Vorteile der erfindungsgemäßen Gussform ist die Gussform daher ganz besonders vorteilhaft beim Feingussverfahren einsetzbar.

Weist die Gussform eine dem späteren Gussteil zugewandte Innenseite und  
25 eine dem späteren Gussteil abgewandte Außenseite auf, wobei an der Innenseite der Gussform eine Negativform des zu gießenden Stückes in Form einer Kavität ausgebildet ist und die Stützstruktur an der Außenseite, also an der der Kavität abgewandten Seite der Wand der Gussform angeordnet ist, so kann eine Gussform geschaffen werden, welche ein von der Gestaltung  
30 der Stützstruktur der Gussform unabhängiges Teil ermöglicht. Nachdem die Stützstruktur an der Außenseite und nicht an der Innenseite der Gussform, d.h. im Bereich der Kavität der Gussform angeordnet ist, kann die Stützstruk-

tur unabhängig von der Kavität angeordnet sein. Damit ist eine besonders große Gestaltungsfreiheit geschaffen, welche die Stützstruktur optimal sowohl für das Abstützen der Gussform gegen den Gussdruck als auch für eine gezielte Wärmeleitung ermöglicht.

5

Sind mehrere gleichartige oder unterschiedliche Gussformen traubenförmig mit einem Angusssystem verbunden, so können mehrere Teile gleichzeitig gegossen werden.

- 10 Ganz besonders vorteilhaft ist es wenn die Gussform mittels 3-D Druck schichtweise aufgebaut ist. Hierdurch ermöglicht sich eine besonders große Gestaltungsfreiheit der Gussform. Hinterschneidungen der Stützstruktur sind damit ohne weiteres realisierbar. Die Stützstruktur bzw. die Struktur zum Ab-
- 15 leiten der Wärme oder zum Halten der Wärme kann somit individuell und besonders effektiv für jede Gussform gestaltet sein.

Vorzugsweise ist die Stützstruktur von der Innenseite zu der Außenseite der Gussform gröber ausgebildet. Dies bedeutet, dass insbesondere von der Innenseite zu der Außenseite der Gussform hin zunehmend größere Hohlräume

20 vorgesehen sind. Während im Bereich der Kavität vorteilhafterweise kleine Hohlräume bzw. viel Material eine Abstützung und Wärmeleitung bewirken können, so ist es in der Regel ausreichend, wenn weiter von der Kavität entfernt weniger Stützstrukturen vorhanden sind und dementsprechend größere Hohlräume vorgesehen sind. Dies kann sowohl durch eine entsprechende

25 Gestaltung der Stützstruktur selbst erfolgen als auch durch eine Verringerung der Wandstärke, so dass in der Nähe der Kavität eine stärkere Wandstärke vorgesehen ist und weiter von der Kavität entfernt eine geringere Wandstärke der Stützstruktur realisiert ist.

- 30 Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn je nach Bedarf die Hohlräume abgerundet und/oder eckig ausgebildet sind. Durch das generative Fertigungsverfahren besteht ein sehr großer Gestaltungsspielraum. So können die Hohl-

räume, um besonders hohe Stabilität der Stützstrukturen zu bewirken, abgerundet ausgebildet sein. Die eckige Ausgestaltung der Hohlräume kann sich anbieten, wenn eine einfache Konstruktion der Stützstruktur gewünscht wird. Die Hohlräume können insbesondere in Form von Poren, d.h. kugelförmig  
5 oder unregelmäßig geformten Hohlräumen, Waben und/oder quaderförmigen Hohlräumen ausgestaltet sein. Je nach Anforderungen an die Stützkraft oder die Wärmeleitfähigkeit kann sich eine solche Form als besonders vorteilhaft erweisen. Selbstverständlich sind auch andere Formen der Hohlräume möglich und können Vorteile für die entsprechende Gussform aufweisen.

10

Häufig ist es vorteilhaft, wenn die Stützstruktur von der Innenseite zu der Außenseite der Gussform hin mit dünner werdenden Wandstärken ausgebildet ist. Dünnere Wandstärken sind in der Regel schneller herstellbar, so dass sich durch eine derartige Gestaltungsfreiheit eine noch kostengünstigere  
15 Gussform herstellen lässt.

Ist an der Innenseite der Gussform eine Oberflächenstruktur mit sehr geringer Rauheit ausgebildet, so kann mit der Gussform ein Gussteil gegossen werden, welches eine sehr glatte und feine Oberfläche aufweist. Eine sehr  
20 geringe Rauheit ist eine Rauheit  $R_z$  von kleiner als 100  $\mu\text{m}$ .

Die Wandstärke der Gussform, das heißt die komplette Wand mit Stützstruktur bzw. eine einzelne Stützwand der Stützstruktur kann zwischen 0,1 mm und 75 mm betragen. Insbesondere die einzelne Wandstärke der Stützwand  
25 kann sehr dünn, beispielsweise mit 0,1 mm ausgeführt sein, kann aber auch eine Wandstärke von mehreren Millimetern aufweisen. Die gesamte Wandstärke der Gussform inklusive der Stützstruktur, kann je nach Größe des zu gießenden Teiles auch viele Millimeter, bis zu 75 mm, aufweisen. Insbesondere wenn die Wandstärke auch dazu geeignet sein soll eine Verbindung mit  
30 dem Angussystem zu schaffen, wird eine höhere Wandstärke erforderlich sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist die Gussform eine Einkristallgussform zum Gießen von Einkristall-Gussteilen. Damit können beispielsweise Turbinenschaufeln sehr effektiv hergestellt werden.

5 Vorzugsweise ist die Gussform mit einem schlickerbasierten generativen Fertigungsverfahren hergestellt. Damit kann die Gussform in guter Qualität, insbesondere mit geringer Rauigkeit und mit ausreichender Geschwindigkeit hergestellt werden.

10 Weitere Vorteile der Erfindung sind in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigt:

**Figur 1** einen Querschnitt durch einen an System mit mehreren Gussformen,

15

**Figur 2** einen Ausschnitt aus einer Wand mit einer rautenförmigen Stützstruktur,

**Figur 3** einen Ausschnitt aus einer Wand mit einer quaderförmigen Stützstruktur,

20

**Figur 4** einen Ausschnitt aus einer Wand mit einer wabenförmigen Stützstruktur,

25 **Figur 5** einen Ausschnitt aus einer Wand mit einer Stützstruktur mit kreisförmigen Hohlräumen

**Figur 6** einen Ausschnitt aus einer Wand mit einer rippenförmigen Stützstruktur und

30

**Figur 7** eine Gussform mit einem Kern.

Bei der nachfolgenden Beschreibung der dargestellten alternativen Ausführungsbeispiele werden für Merkmale, die in ihrer Ausgestaltung und/oder Wirkweise identisch und/oder zumindest vergleichbar sind, gleiche Bezugszeichen verwendet. Sofern diese nicht nochmals detailliert erläutert werden, entspricht deren Ausgestaltung und/oder Wirkweise der Ausgestaltung und Wirkweise der vorstehend bereits beschriebenen Merkmale.

In Figur 1 ist ein Querschnitt durch ein Angusssystem 1 skizziert dargestellt. Das Angusssystem 1 weist einen Trichter 2 auf, welcher in eine Eingussröhre 3 mündet. Ausgehend von der Eingussröhre 3 erstrecken sich mehrere Angüsse 4, welche in die Kavität 5 einzelner Gussformen 6 münden. Eine Schmelze, welche in den Trichter 2 gegossen wird, fließt somit durch die Eingussröhre 3 hindurch und über die Zuflussöffnungen 4 in die Kavität 5 hinein. Dort erstarrt die Schmelze und bildet ein Gussteil, welches die Form der Kavität 5 annimmt.

Die Kombination aus dem Angusssystem 1 und den Gussformen 6 wird als Schalenform 7 bezeichnet. Im Stand der Technik wurde diese Schalenform 7 mittels eines Wachsmodells hergestellt, welches mehrfach in flüssige Keramik und in Sand getaucht wurde. Anschließend wurde diese rohe Schalenform 7 getrocknet und gebrannt, wodurch eine feste Schalenform 7 entstanden ist, welche zum Ausgießen mit Schmelze geeignet war.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung weisen die Gussformen 6 Wände 8 mit einer Stützstruktur 9 auf, welche mit einem generativen Fertigungsverfahren, beispielsweise 3-D Druck, hergestellt wurden. Die Stützstruktur 9 ist in der Darstellung der Figur 1 als wabenförmige Schraffur skizziert dargestellt. Die Stützstrukturen 9 erstreckt sich hier nicht nur über die Gussformen 6, sondern auch über das Angusssystem 1 mit Trichter 2, Eingussröhre 3 sowie Angüsse 4. Alternativ ist es auch möglich, dass der Trichter 2 und/oder die Eingussröhre 3 nicht mit einer derartigen Wabenstruktur bzw. Stützstruktur

tur 9 hergestellt wurde, sondern auf herkömmliche oder andere, einfache Weise geschaffen wurde.

Die Schalenform 7 ist derart ausgeführt, dass an dem Angussystem 1 trau-  
5 benförmig mehrere, hier sechs Gussformen 6 angeordnet sind. Es ist damit also möglich, dass gleichzeitig mit einem Guss sechs Gussteile in den sechs Kavitäten 5 gegossen werden.

Jede Wand 8 weist eine Innenseite 10 und eine Außenseite 11 auf. Die In-  
10 nenseite 10 ist in das Innere der Kavität 5 gerichtet, während die Außenseite 11 gleichzeitig die Außenseite der Schalenform 7 bildet. Unterschiedliche Aufbauten der Wände 8 mit Stützstrukturen 9 sind in den Figuren 2-6 entsprechend Ausschnitt A vergrößert dargestellt.

15 Figur 2 zeigt einen Ausschnitt A der Wand 8 der Gussform 6 mit einer Stützstruktur 9, in welcher geschlossene Hohlräume 12 angeordnet sind. Die Stützstruktur 9 ist mit einer Vielzahl von Stützwänden 13 aufgebaut. Die Stützwände 13 bildeten im Querschnitt quadratische Hohlräume 12 unterschiedlicher Größe. So sind die Hohlräume 12 in der Nähe der Innenseite 10  
20 kleiner ausgebildet als im Bereich der Außenseite 11 der Wand 8.

Die Stützwände 13 verlaufen schräg zur Innenseite 10, so dass die quadratischen Hohlräume 12 mit einer Spitze, rautenförmig, zur Innenseite 10 bzw. Außenseite 11 zeigen. Damit ist eine besonders gute Stützwirkung der  
25 Stützwände 13 für die Wand 8 der Gussform 6 bewirkt. Während die Stützstruktur 9 in Richtung zur Außenseite 11 zackenförmige, offene Hohlräume 15 ausbildet, ist sie im Bereich der Innenseite 10 durch eine Innenwand 14 glatt abgeschlossen. Die Innenwand 14 bildet später die Oberfläche des Teiles ab, welches in der Kavität 5 gegossen wurde. Dementsprechend ist es  
30 wichtig, dass die Innenwand 14 eine Oberflächenstruktur mit sehr geringer Rauheit ausbildet, um eine möglichst glatte Oberfläche des Teiles zu erzielen. Die Innenseite 10 bzw. Innenwand 14 ist daher vorzugsweise mit einer

Rauheit von kleiner 100  $\mu\text{m}$  ausgebildet. Außerdem ist darauf zu achten, dass bei dem schichtweisen Aufbau der Wand 8 durch das generative Fertigungsverfahren, insbesondere durch den 3-D Druck, keine oder nur geringe Abstufungen und Rillenmuster erzeugt werden, welche zu einer Qualitäts-

5 minderung des Gussteils führen könnten.

In Figur 3 ist eine weitere Ausführung einer Wand 8 der Gussform entsprechend des Ausschnitts A dargestellt. Die Stützstruktur 9 der Wand 8 ist hier im Querschnitt mittels rechteckiger Hohlräume 12 und 15 gebildet. Die meis-

10 ten der Hohlräume sind geschlossene Hohlräume 12. Es ist aber auch ein offener Hohlraum 15 vorgesehen. Durch die Kombination der geschlossenen und offenen Hohlräume 12 bzw. 15 ist neben der Abstützung der Wand 8 der Gussform 6 auch eine gezielte Wärmeabfuhr bzw. ein gezielter Wärmestau zu ermöglichen. Die Stützstruktur 9 kann dafür geeignet sein, dass die Wär-

15 meabfuhr möglichst schnell bewirkt wird. Durch eine entsprechende Gestaltung, insbesondere durch geschlossene Hohlräume wird die Wärmeabfuhr jedoch verzögert, da die geschlossenen Hohlräume 12 eher als Isolierung wirken als die offenen Hohlräume 15.

In dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 ist weiterhin ersichtlich, dass die Stützwände 13 unterschiedliche Wandstärken  $W$  aufweisen. Die Stützwände 13, welche näher an der Innenseite 10 angeordnet sind, weisen eine größere Wandstärke  $W$  auf, als die Stützwände 13, welche weiter von der Innenseite 10 entfernt und näher an der Außenseite 11 angeordnet sind. Dies ist in Fi-

25 gur 3 mit unterschiedlichen Strichstärken angedeutet. Durch die unterschiedlichen Wandstärken  $W$  ist es möglich, dass die Stützstruktur 9 ganz gezielt auf die benötigte Stützwirkung und die gewünschte Wärmeabfuhr eingestellt wird. Die Wandstärken  $W$  der Stützwände 13 können variieren von vorzugsweise 0,1 mm bis hin zu mehreren Millimetern, beispielsweise 5 oder 6 mm.

30 Die gesamte Wand 8 kann eine Stärke von vielen Millimetern, beispielsweise bis zu 75 mm aufweisen. Insbesondere wenn die Wand 8 eine besonders starke Stützwirkung ausüben soll oder wenn die Wärme ganz besonders lan-

ge in der Kavität 5 gehalten werden soll, sind sehr starke Wände 8 vorteilhaft.

In Figur 4 ist eine weitere Möglichkeit einer Ausgestaltung einer Stützstruktur 9 entsprechend Ausschnitt A der Figur 1 dargestellt. Die Stützstruktur 9 weist hier wabenförmige Hohlräume 12 und 15 auf. Neben den geschlossenen Hohlräumen 12 sind auch offene Hohlräume 15 dargestellt. Die offenen Hohlräume 15 weisen zur Außenseite 11 hin. An der Innenwand 14 der Innenseite 10 sind die wabenförmigen Hohlräume 12 mit der Innenwand 14 abgeschlossen, so dass eine glattflächige Oberfläche der Innenseite 10 entsteht, um eine entsprechende Oberfläche des Gussteiles zu erhalten. Die wabenförmige Stützstruktur 9 ist besonders stabil und durch das 3-D Druckverfahren einfach herzustellen.

In Figur 5 ist eine weitere Ausführung der Stützstruktur 9 des Ausschnitts A dargestellt, bei welcher die Hohlräume 12 einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen. Sie können kugelförmig oder zylindrisch ausgebildet sein. Die Stützwand 13 weist unregelmäßige Dicken auf. Sie befindet sich zwischen den kreisförmigen Hohlräumen 12. Die Durchmesser der kreisförmigen Hohlräume 12 werden von der Innenseite 10 hin zu der Außenseite 11 größer. Selbstverständlich kann die Anordnung auch anders sein, nämlich, dass im Bereich der Innenseite 10 größere Hohlräume 12 angeordnet sind als im Bereich der Außenseite. Dies gilt auch für alle übrigen Ausführungsbeispiele.

Die Innenseite 10 ist mit der Innenwand 14 abgeschlossen. Die Innenwand 14 kann eine besonders geringe Rauheit aufweisen. Bezüglich den Stützwände 13 ist dies nicht erforderlich. Hier kann eine entsprechend größere Rauigkeit gewählt werden, insbesondere, wenn hierdurch die Herstellung der gesamten Stützstruktur 9 schneller und einfacher zu realisieren ist.

30

In Figur 6 ist eine weitere Ausführung des Ausschnitts A mit einer entsprechenden Stützstruktur 9 dargestellt. Die Stützstruktur 9 weist Stützwände 13

auf, welche rippenartig von der Innenwand 14 in Richtung zur Außenseite 11 ragen. Die Stützwände 13 haben bei diesem Ausführungsbeispiel abnehmende Wandstärken  $W$ , so dass sie im Querschnitt keilförmig ausgebildet sind. Dies kann die Wärmeabfuhr erleichtern. Um eine gute Stabilität zu erreichen, können sowohl geschlossene Hohlräume 12 als auch offene Hohlräume 15 vorgesehen sein. Der hier dargestellte geschlossene Hohlraum 12 ist im Querschnitt trapezförmig und weist abgerundete Ecken auf. Dies verbessert die Stabilität der Stützstrukturen 9 und demonstriert, dass je nach Festigkeitsanforderungen oder Anforderungen an die Wärmeabfuhr eine weitgehend beliebige Gestaltung der Stützstruktur 9 möglich ist.

Figur 7 zeigt eine Ausführung der Erfindung, bei der die Gussform 6 wiederum eine Zuflussöffnung 4 in die Kavität 5 aufweist. In der Kavität 5 ist ein Kern 16 angeordnet. Der Kern 16 kann, wie hier dargestellt, in die Gussform 6 integriert sein, das heißt in einem Stück mit einer Schale 17 der Gussform 6 hergestellt sein. Er kann aber auch als einzelnes Teil hergestellt sein und mit der Schale 17 der Gussform 6 verbunden werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann ebenso die Schale 17 als auch alternativ der Kern 16 oder sowohl Schale 17 als auch Kern 16 hergestellt sein.

20

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Abwandlungen im Rahmen der Patentansprüche sind ebenso möglich wie eine Kombination der Merkmale, auch wenn diese in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellt und beschrieben sind.

25

**Bezugszeichenliste**

	1	Angusssystem
5	2	Trichter
	3	Eingussröhre
	4	Anguss
	5	Kavität
	6	Gussform
10	7	Schalenform
	8	Wand
	9	Stützstruktur
	10	Innenseite
	12	Hohlraum
15	13	Stützwand
	14	Innenwand
	15	Hohlraum
	16	Kern
	17	Schale
20		
	A	Ausschnitt
	W	Wandstärke

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Gussform (6), insbesondere einer Schale (17) zum Einfüllen von Schmelze und/oder eines Kerns (16) zum Erzeugen eines Hohlraums in einem Gussteil, mit einer Wand (8) aus einem feuerfesten und gasdurchlässigen Material, wobei die Gussform (6) mit einem generativen Fertigungsverfahren aufgebaut wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Wand (8) der Gussform (6) mit einer auf die Gussform (6) abgestimmte Stützstruktur (9) ausgebildet wird, welche durch offene und/oder geschlossene Hohlräume (12,15) ausgebildet wird und/oder unterschiedliche Wandstärken (W) vorgesehen werden, um die Gussform (6) weitgehend eigenständig formstabil gegen den Gussdruck abzustützen sowie gezielt Wärmeenergie in der Schmelze zu isolieren oder aus der Schmelze abzuführen.
2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass als generatives Fertigungsverfahren ein 3-D-Druckverfahren verwendet wird, mit welchem die Gussform (6) schichtweise aufgebaut wird.
3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das generative Fertigungsverfahren schlickerbasiert ist, insbesondere als Stereolithographie, in digitaler Lichtverarbeitungs-Technologie (DLP), als Direct Inkjet Writing (DIW) oder mit Slip-Casting-basierter Technologie, zum Beispiel mit lagenweiser Schlickerdeposition (LSD) oder LIS, ausgeführt wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützstruktur an der dem späteren

Gussstück abgewandten Außenseite der Gussform (6) angeordnet wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützstruktur (9) von der dem späteren Gussstück zugewandten Innenseite zu der dem späteren Gussstück abgewandten Außenseite der Gussform (6) gröber, insbesondere mit größeren offenen und/oder geschlossenen Hohlräumen (12,15), ausgebildet wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Angusssystem (1) traubenförmig mehrere gleichartige oder unterschiedliche Gussformen (6) verbunden werden.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der Innenseite der Wand (8) der Gussform (6) eine Oberflächenstruktur mit sehr geringer Rauheit ( $R_z < 100 \mu\text{m}$ ) ausgebildet wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gussform (6) für ein Feingussverfahren hergestellt wird.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gussform (6) für einen Einkristallguss verwendet wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Form der Stützstruktur (9) auf die beim Gussvorgang zu erwartende mechanische und/oder thermische Belastung optimiert gestaltet wird.

11. Gussform, insbesondere eine Schale (7) zum Einfüllen von Schmelze und/oder ein Kern zum Erzeugen eines Hohlraums in einem Gussteil (6), mit einer Wand (8) aus einem feuerfesten und gasdurchlässigen Material, wobei die Gussform mit einem generativen Fertigungsverfahren aufgebaut ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Wand der Gussform (6) eine auf die Gussform (6) abgestimmte Stützstruktur aufweist, welche durch offene und/oder geschlossene Hohlräume (12,15) und/oder unterschiedliche Wandstärken (W) ausgebildet ist, um die Gussform (6) weitgehend eigenständig formstabil gegen den Gussdruck abzustützen sowie gezielt Wärmeenergie in der Schmelze zu isolieren oder aus der Schmelze abzuführen.
12. Gussform nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Gussform (6) eine Feingussform ist.
13. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gussform (6) eine dem späteren Gussteil zugewandte Innenseite und eine dem späteren Gussteil abgewandte Außenseite aufweist, wobei an der Innenseite der Gussform (6) eine Negativform eines zu gießenden Gussstücks ausgebildet ist und die Stützstruktur (9) an der Außenseite der Gussform (6) angeordnet ist.
14. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere gleichartige oder unterschiedliche Gussformen (6) traubenförmig mit einem Angusssystem (1) verbunden sind.
15. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gussform (6) mittels 3-D-Druck schichtweise aufgebaut ist.

16. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützstruktur (9) von der Innenseite zu der Außenseite der Gussform (6) gröber ausgebildet ist, insbesondere von der Innenseite zu der Außenseite der Gussform (6) zunehmend größere Hohlräume (12,15) aufweist.
17. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlräume (12,15) abgerundet und/oder eckig, insbesondere in Form von Poren, Waben und/oder Quadern, sind.
18. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützstruktur (9) von der Innenseite zu der Außenseite der Gussform (6) mit dünner werdenden Wandstärken (W) ausgebildet ist.
19. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der Innenseite der Gussform (6) eine Oberflächenstruktur mit sehr geringer Rauheit ( $R_z < 100 \mu\text{m}$ ) ausgebildet ist.
20. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandstärke (W) der Stützstruktur (9) und/oder einer Stützwand (13) der Stützstruktur (9) zwischen 0,1 und 75 mm beträgt.
21. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gussform (6) eine Einkristallgussform ist.

22. Gussform nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gussform (6) mit einem schlicker-basierten generative Fertigungsverfahren hergestellt ist.

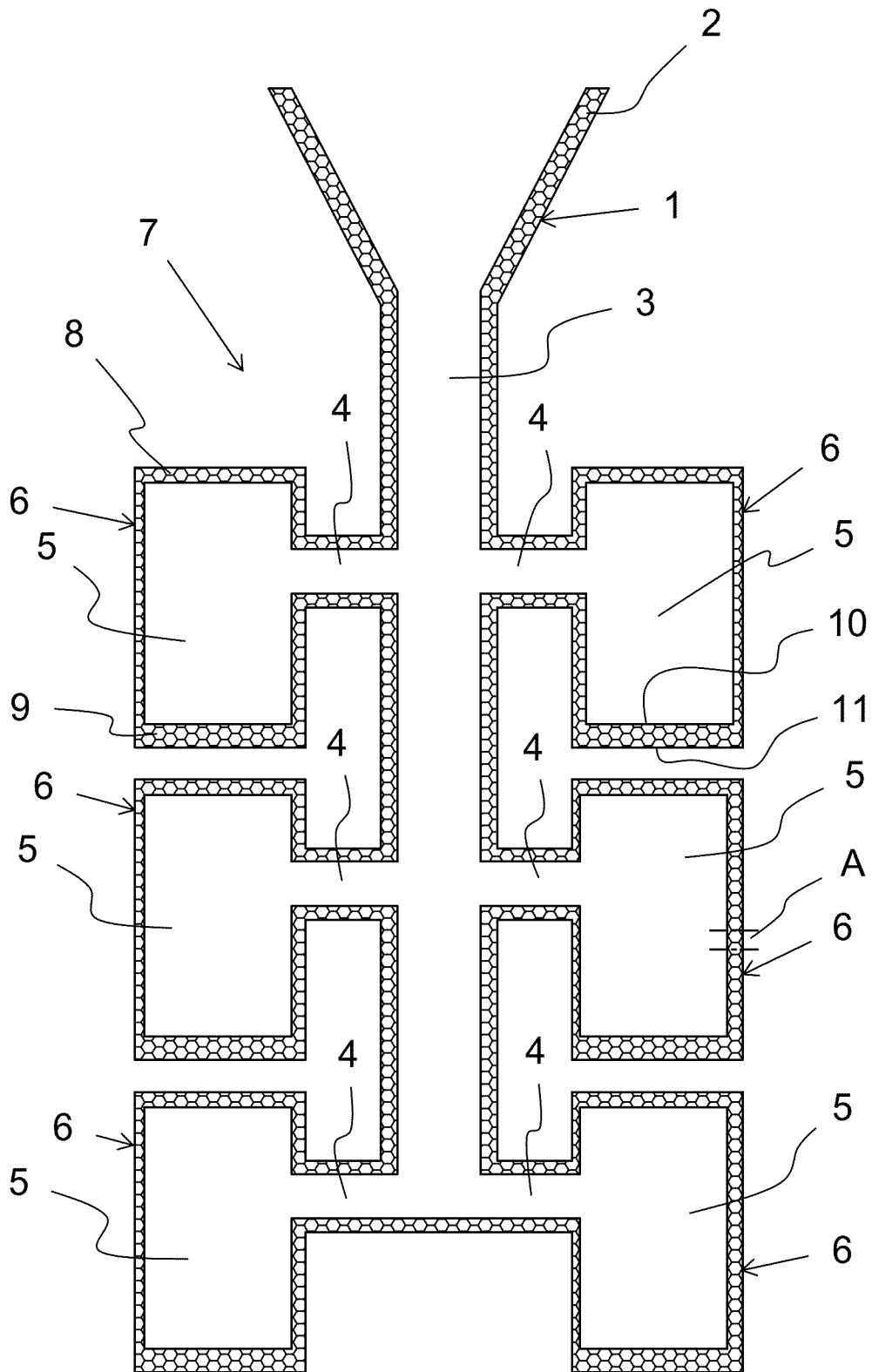


Fig. 1

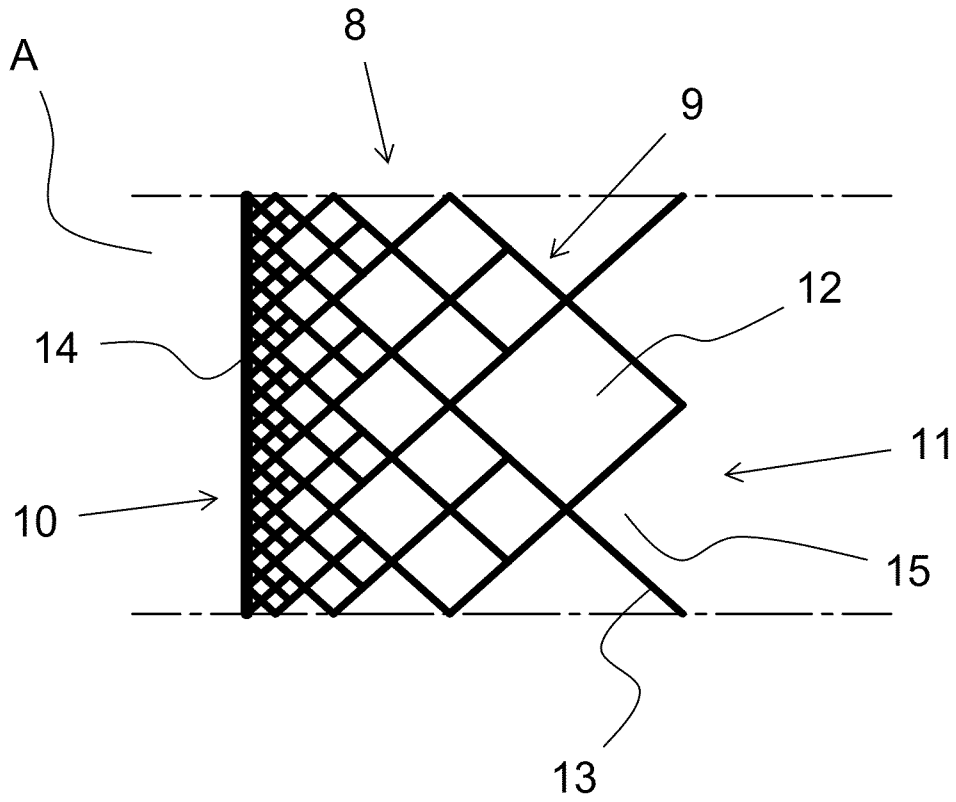


Fig. 2

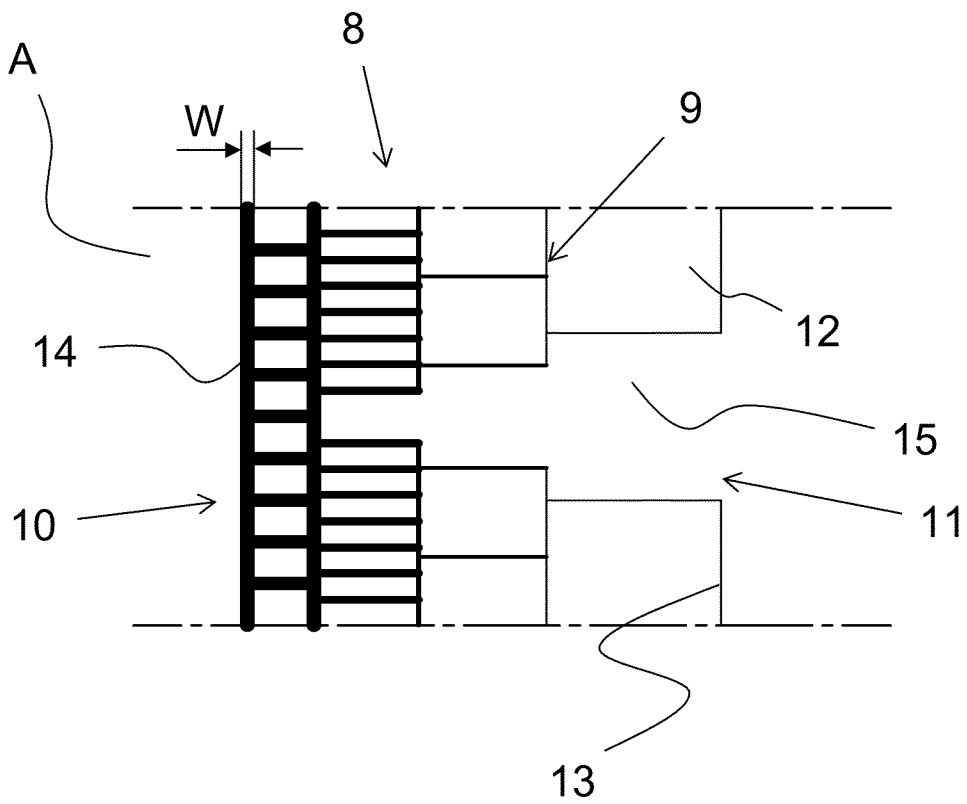
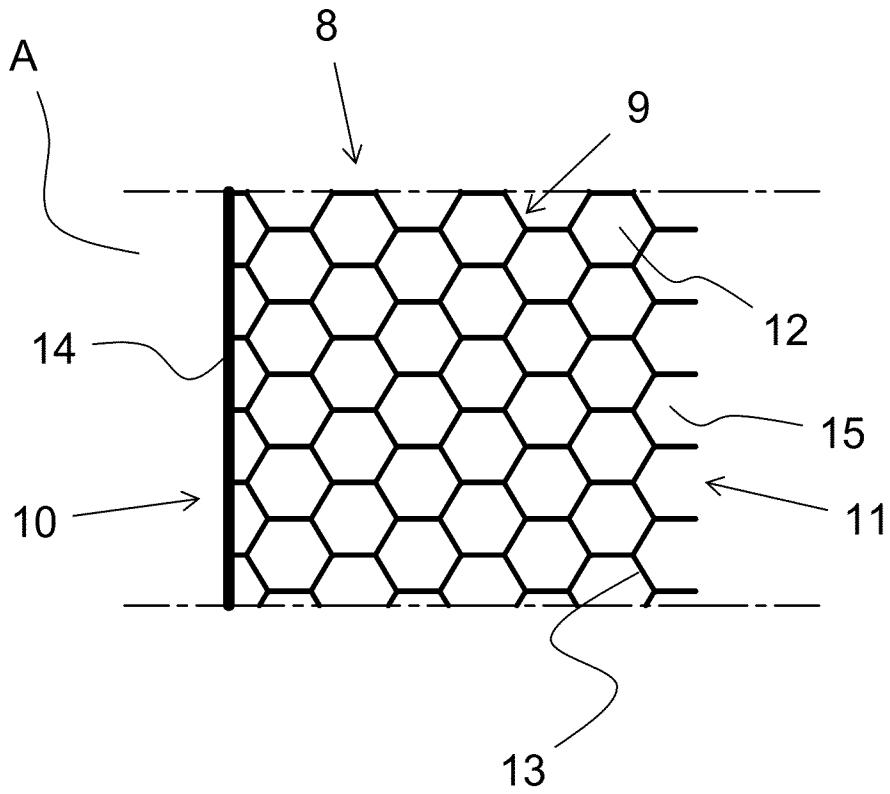
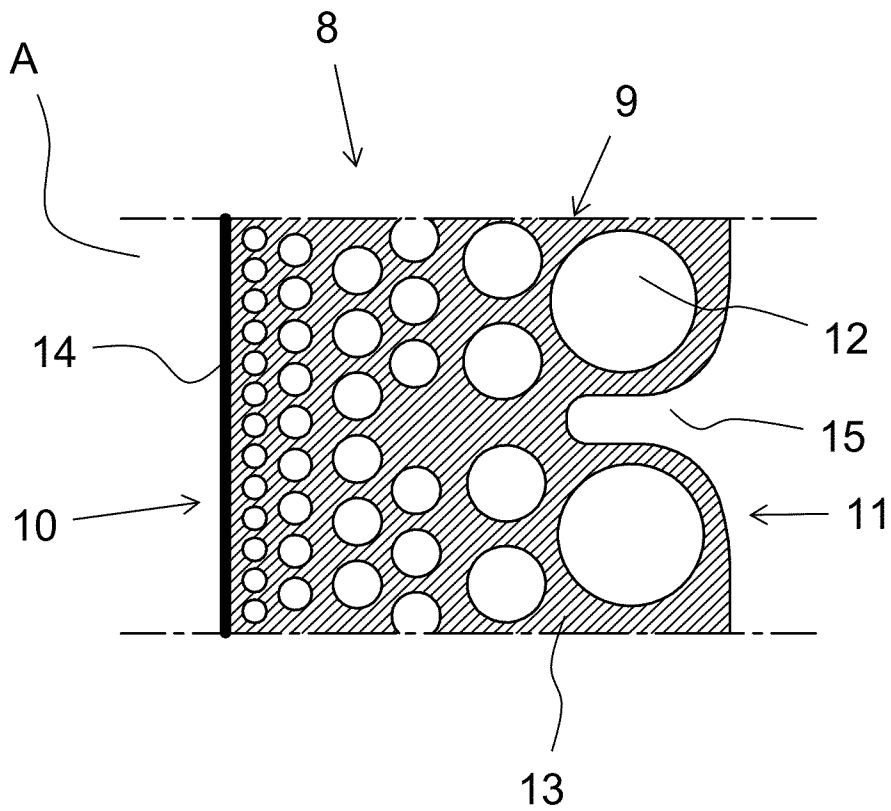


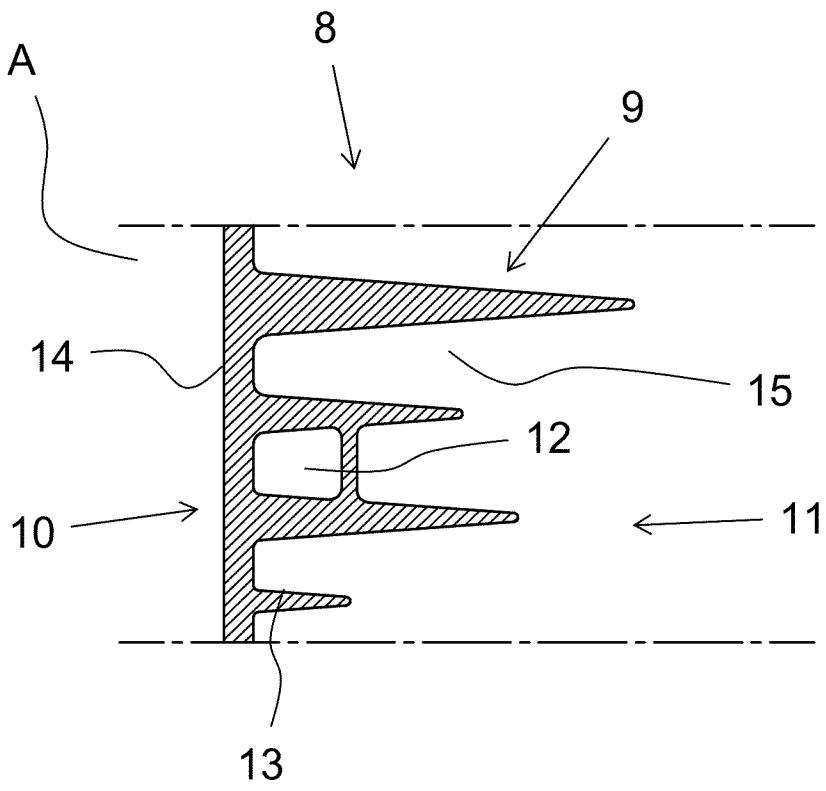
Fig. 3



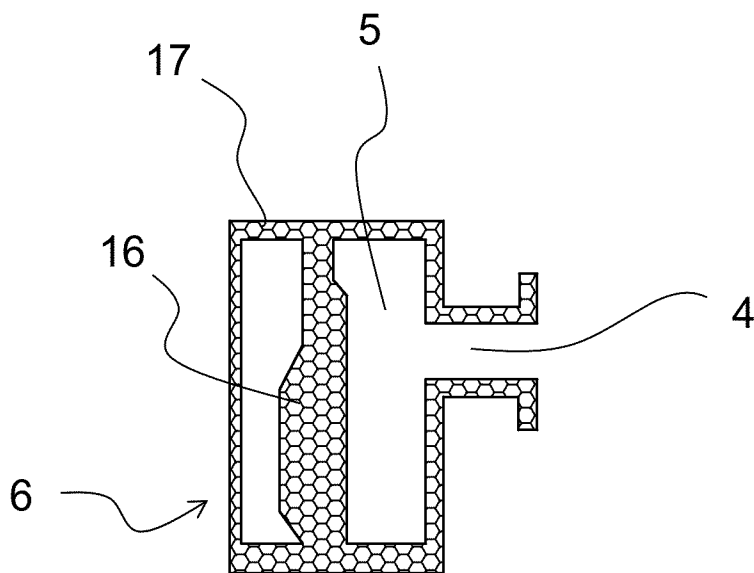
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/056987**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B22C 9/02</i> (2006.01)i; <i>B33Y 80/00</i> (2015.01)i; <i>B22C 9/10</i> (2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22C; B33Y; B29C  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	DE 10317473 B3 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 03 February 2005 (2005-02-03) cited in the application abstract paragraphs [0001], [0012], [0013], [0031], [0042], [0050], [0053], [0058], [0059] figures 1-4	1-17,19-22  18
X A	CN 106513572 A (NINGXIA KOCEL MOULD CO LTD) 22 March 2017 (2017-03-22) abstract paragraphs [0001], [0005], [0038], [0046], [0050] - [0055] figure 1	1-7,10,11,13-20,22 8,9,12,21
X	US 2002157799 A1 (SACHS EMANUEL M [US] ET AL) 31 October 2002 (2002-10-31) abstract paragraphs [0003], [0016], [0017], [0022], [0030], [0035], [0067], [0093], [0125] - [0127], [0137], [0141], [0152] figures 5-8,13,14	1-22
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  <b>14 May 2019</b>		Date of mailing of the international search report  <b>21 May 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP  <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer  <b>Grave, Christian</b>  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/056987**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102004061948 A1 (MUENSTERMANN SIMON [DE]; UIBEL KRISHNA [DE] ET AL.) 27 July 2006 (2006-07-27)	1-5,7-13,15-22
A	abstract paragraphs [0014], [0015], [0030], [0034], [0042], [0046] - [0048], [0051] figure 3	6,14

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/056987**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	10317473	B3	03 February 2005	DE 10317473 B3	03 February 2005
				GB 2400578 A	20 October 2004
				US 2004216860 A1	04 November 2004
<hr/>					
CN	106513572	A	22 March 2017	NONE	
<hr/>					
US	2002157799	A1	31 October 2002	CA 2409349 A1	29 November 2001
				EP 1292408 A1	19 March 2003
				US 6397922 B1	04 June 2002
				US 2002157799 A1	31 October 2002
				WO 0189738 A1	29 November 2001
<hr/>					
DE	102004061948	A1	27 July 2006	NONE	
<hr/>					

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/056987

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B22C9/02 B33Y80/00 B22C9/10  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 B22C B33Y B29C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 103 17 473 B3 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 3. Februar 2005 (2005-02-03) in der Anmeldung erwähnt	1-17, 19-22
A	Zusammenfassung Absätze [0001], [0012], [0013], [0031], [0042], [0050], [0053], [0058], [0059] Abbildungen 1-4	18
X	CN 106 513 572 A (NINGXIA KOCEL MOULD CO LTD) 22. März 2017 (2017-03-22)	1-7,10, 11, 13-20,22
A	Zusammenfassung Absätze [0001], [0005], [0038], [0046], [0050] - [0055] Abbildung 1	8,9,12, 21
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
14. Mai 2019	21/05/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Grave, Christian
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/157799 A1 (SACHS EMANUEL M [US] ET AL) 31. Oktober 2002 (2002-10-31) Zusammenfassung Absätze [0003], [0016], [0017], [0022], [0030], [0035], [0067], [0093], [0125] - [0127], [0137], [0141], [0152] Abbildungen 5-8,13,14 -----	1-22
X	DE 10 2004 061948 A1 (MUNSTERMANN SIMON [DE]; UIBEL KRISHNA [DE] ET AL.) 27. Juli 2006 (2006-07-27) Zusammenfassung Absätze [0014], [0015], [0030], [0034], [0042], [0046] - [0048], [0051] Abbildung 3 -----	1-5, 7-13, 15-22 6,14
A		

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/056987

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10317473 B3	03-02-2005	DE 10317473 B3	03-02-2005
		GB 2400578 A	20-10-2004
		US 2004216860 A1	04-11-2004
-----			
CN 106513572 A	22-03-2017	KEINE	
-----			
US 2002157799 A1	31-10-2002	CA 2409349 A1	29-11-2001
		EP 1292408 A1	19-03-2003
		US 6397922 B1	04-06-2002
		US 2002157799 A1	31-10-2002
		WO 0189738 A1	29-11-2001
-----			
DE 102004061948 A1	27-07-2006	KEINE	
-----			