



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.12.2009 Patentblatt 2009/49

(51) Int Cl.:
C21D 1/34 (2006.01) **C21D 1/62** (2006.01)
B22D 47/00 (2006.01) **C22F 1/04** (2006.01)
C22F 1/05 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09160644.2**

(22) Anmeldetag: **19.05.2009**

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

(30) Priorität: **21.05.2008 DE 102008024524**

(71) Anmelder: **BDW technologies GmbH**
85570 Markt Schwaben (DE)

(72) Erfinder:
• **Westerheide, Dirk E. O.**
33775, Versmold (DE)
• **Wüst, Jürgen**
85435, Erding (DE)

(74) Vertreter: **Schwarz, Michael Stefan**
Hofstetter, Schurack & Skora
Patentanwälte
Balanstrasse 57
81541 München (DE)

(54) **Verfahren und Anlage zur Herstellung eines Gussbauteils**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Gussbauteils (10), insbesondere eines Druckgussbauteils, insbesondere aus einer Aluminiumlegierung, bei welchem das Gussbauteil (10) im Anschluss an den Gießprozess und das Entformen aus seiner Gießform (12) zumindest partiell einem Wärmebehandlungs-

verfahren unterzogen wird, wobei dass das Gussbauteil (10) bei der Wärmebehandlung nach Erreichen einer Solltemperatur (T_s) unmittelbar abgekühlt oder vor dem Abkühlen während einer Haltezeit (t_h) von bis zu 3 min wärmebehandelt wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Anlage zum Herstellen eines derartigen Gussbauteils (10).

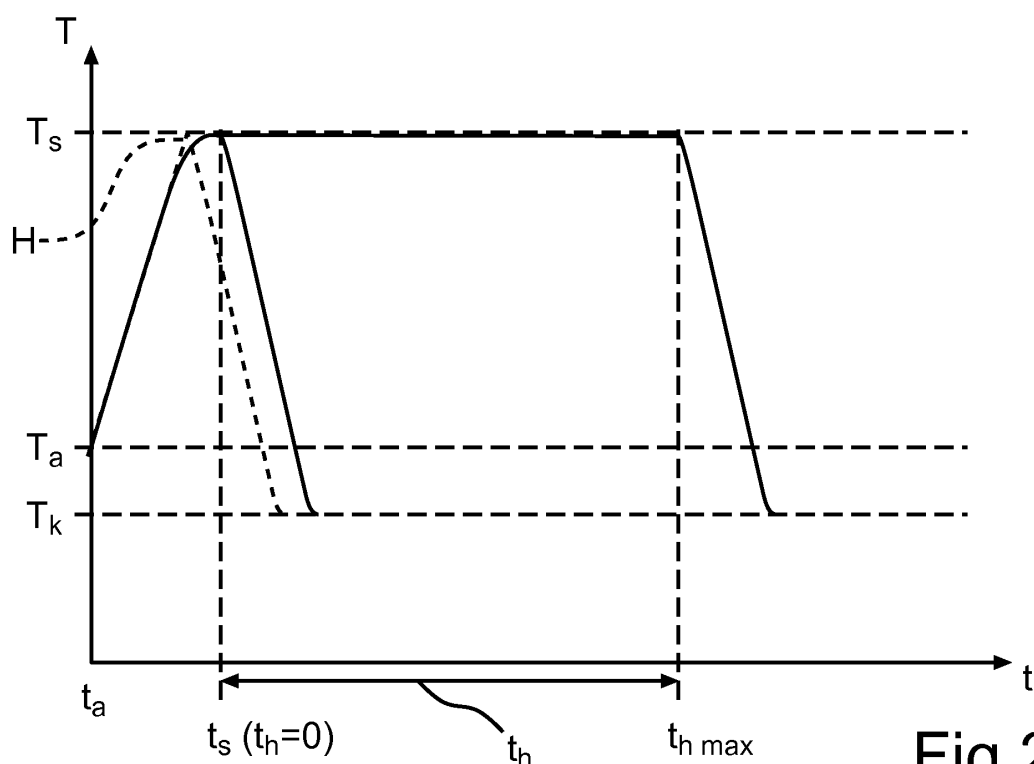


Fig.2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anlage zur Herstellung eines Gussbauteils, insbesondere eines Druckgussbauteils, insbesondere aus einer Aluminiumlegierung der in den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 bzw. 20 angegebenen Art.

[0002] Bei heute gängigen Verfahren zur Herstellung eines Gussbauteils ist es üblich, das Gussbauteil nach dem Abgießen und Erstarren mit der Gießschmelze aus seiner Gießform zu entformen. Dabei weist das Gussbauteil noch eine Entformungstemperatur von beispielsweise 50° bis 400° Celsius auf. Die weitere Abkühlung der Gussbauteile erfolgt dann üblicherweise durch Abschrecken an ruhender oder bewegter Luft, oder aber in einem Becken bzw. durch Absprühen mit einem flüssigen Kühlmedium, insbesondere mit Wasser. Nachdem das Gussbauteil im Wesentlichen auf eine handhabbare Temperatur abgekühlt ist, werden die Gießreste wie beispielsweise das Angussystem abgetrennt und das Gussbauteil insgesamt grob entgratet. Soll eine nachfolgende Wärmebehandlung zur Steigerung der mechanischen Eigenschaften des Gussbauteils durchgeführt werden, wird das Gussteil üblicherweise mehrere Stunden oder Tage zwischengelagert, bevor eine nachfolgende Wärmebehandlung vorgenommen wird.

[0003] Die nachfolgende einstufige oder zweistufige Wärmebehandlung findet dann üblicherweise in einer separaten Anlage statt. Dabei wird das Gussbauteil üblicherweise auf eine Solltemperatur erwärmt und auf dieser Temperatur für längere Zeit gehalten. Anschließend erfolgt dann ein entsprechendes Abkühlen von der Soll- bzw. Haltetemperatur auf eine niedrigere Temperatur, beispielsweise Raumtemperatur.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren sowie eine Anlage der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchen das Gussbauteil besonders günstig wärmebehandelt werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren sowie eine Anlage zur Herstellung eines Gussbauteils mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 20 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen und nicht-trivialen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0006] Um ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mittels welchem das Gussbauteil besonders günstig wärmebehandelbar ist, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Gussbauteil bei der Wärmebehandlung nach Erreichen einer Solltemperatur unmittelbar abgekühlt oder vor dem Abkühlen während einer Haltezeit von bis zu fünf, und insbesondere von bis zu drei Minuten wärmebehandelt wird. Mit anderen Worten kann somit beim vorliegenden Verfahren die Wärmebehandlung nach zwei Varianten erfolgen. Entweder das Gussbauteil wird unmittelbar nach Erreichen der Solltemperatur bzw. Haltetemperatur abgekühlt oder aber nach dem Erreichen der Solltemperatur wird das

Gussbauteil für bis zu maximal fünf, und insbesondere bis zu maximal drei Minuten auf dieser Haltetemperatur gehalten. Dabei hat man insbesondere herausgefunden, dass mit einem derartigen Wärmebehandlungsverfahren beispielsweise bei Gussbauteilen aus Aluminium-Silizium-Legierungen eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ im Bereich von 100 N/mm² bis 210 N/mm² und eine Bruchdehnung A_5 im Bereich von etwa 8 % bis 20 % erreicht werden kann. Je nachdem, in welchem Bereich das Gussbauteil eingesetzt werden soll, können somit durch eine äußerst kurzzeitige Wärmebehandlung besonders günstige Werte der Streckgrenze $R_{p0,2}$ bzw. der Bruchdehnung A_5 erreicht werden. So sind beispielsweise hohe Werte der Bruchdehnung A_5 beispielsweise oberhalb 15 % der vorliegenden Wärmebehandlung erreichbar, wenn die Gussbauteile beispielsweise in Crashstrukturen von Personenkraftwagen eingesetzt werden und dementsprechend- unter Energieabsorption - nachgiebig sein sollen, wenn die jeweilige Fahrzeugstruktur in eine Kollision und eine unfallbedingte Kraftbeaufschlagung eingebunden wird. Darüber hinaus sind beispielsweise entsprechend hohe Festigkeitswerte der Streckgrenze $R_{p0,2}$ von oberhalb 180 N/mm² mittels der vorliegenden Wärmebehandlung erreichbar, wenn beispielsweise ein aus einer Aluminium-Silizium-Legierung geschaffenes Gussbauteil bei Fahrwerkgliedern oder dergleichen eines Kraftwagens eingesetzt wird und eine entsprechend hohe Festigkeit bzw. Steifigkeit aufweisen muss.

[0007] Ein besonderer Vorteil des äußerst kurzzeitigen Wärmebehandlungsverfahrens besteht des Weiteren darin, dass dieses besonders günstig an bestehende Taktzeiten des Gießprozesses angepasst werden kann. Üblicherweise beträgt beispielsweise beim Druckgießen ein Takt zwischen 50 und 100 sec. Die vorliegende Wärmebehandlung kann somit auf günstige Weise gegebenenfalls so eingestellt werden, dass nach Entformung eines Druckgussbauteils dieses unter Ausnutzung der Rest-Gießwärme, über den die Wärmebehandlungseinrichtung eingebracht werden kann, um dieses der anschließenden kurzzeitigen Wärmebehandlung zu unterziehen. Wird - wie im vorliegenden Fall - gar keine oder lediglich eine kurze Haltezeit bei der Wärmebehandlung gewählt, so verbleibt das Gussbauteil im Wesentlichen lediglich während seiner Aufheizphase auf die Solltemperatur innerhalb der Wärmebehandlungseinrichtung. Das Aufheizen auf die Solltemperatur kann dabei entsprechend so kurz eingestellt werden, dass die gesamte Wärmebehandlung auf die Taktzeit des Druckgießens angepasst ist. Somit kann gegebenenfalls auf Pufferöfen oder dergleichen verzichtet werden.

[0008] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird das Gussbauteil bei der Wärmebehandlung nach Erreichen der Solltemperatur vor dem Abkühlen während einer Haltezeit von bis zu 120 Sekunden, und insbesondere während einer Haltezeit von bis zu 90 Sekunden, wärmebehandelt. Eine weiter bevorzugte Ausführungsform sieht des Weiteren vor, dass diese Haltezeit lediglich bis zu 60 Sekunden, und insbesondere lediglich bis

zu 30 Sekunden, beträgt. Je kürzer diese Haltezeit gestaltet werden kann, umso wirtschaftlicher kann das vorliegende Verfahren dargestellt werden. Die Reduzierung der Haltezeit ermöglicht nicht zuletzt eine Einfügung der Wärmebehandlung in den vorhergehenden Gießprozess, so dass insgesamt ein Verfahren zum Herstellen des Gussbauteils geschaffen ist, bei welchem die Gussbauteile besonders schnell, ohne Zwischenlagerung und besonders kostengünstig geschaffen werden können.

[0009] Die Solltemperatur bei der Wärmebehandlung wird in einer weiter bevorzugten Ausführungsform besonders so eingestellt, dass diese in einen Bereich von 420° C bis 560° C, und insbesondere in einem Bereich von 490° C bis 540° C, liegt. Hierdurch wird insbesondere eine Lösungsglühung erreicht, welchem eine Auslagerung angeschlossen werden kann.

[0010] Als zudem vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn das Gussbauteil zumindest im Wesentlichen mit einem Temperaturgradienten von 2 K/s (Kelvin/Sekunde) bis 12 K/s, und insbesondere mit einem Temperaturgradienten von 4 K/s bis 8 K/s bis auf Solltemperatur erwärmt wird. Somit wird erreicht, dass das Gussbauteil in relativ kurzer Zeit auf die Solltemperatur gebracht wird. Insbesondere wenn zusätzlich die Gießwärme des Gussbauteils ausgenutzt wird, wenn also das Gussbauteil nach dem Abgießen und Entformen unmittelbar bzw. innerhalb von kurzer Zeit der Wärmebehandlung zugeführt wird, können somit äußerst kurze Aufheizzeiten bis auf die Solltemperatur erreicht werden. Diese betragen beispielsweise etwa 30 bis 180 sec. Wenn darüber hinaus gar keine oder eine relativ geringe Haltezeit auf der Solltemperatur bzw. Haltetemperatur von bis zu fünf, bzw. insbesondere bis zu drei Minuten gewählt wird, so ist hierdurch ersichtlich, dass die gesamte Wärmebehandlung in einem äußerst kurzen Zeitraum erfolgen kann.

[0011] Die Erwärmung des Gussbauteils auf die Solltemperatur wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung durch bewegte warme bzw. heiße Luft - oder ein anderes bewegtes Gas - vorgenommen. Hierdurch werden die erwünschten hohen Temperaturgradienten erreicht.

[0012] Dabei hat es sich in weiterer Ausgestaltung der Erfindung als vorteilhaft gezeigt, eine Mehrzahl von Warmluftströmen einzusetzen, mittels welchen das Gussbauteil zu erwärmen ist. Die Mehrzahl von Warmluftströmen können dabei gegebenenfalls unterschiedlich temperiert werden, so dass ein unterschiedliche Bauteildicken oder dergleichen aufweisendes Gussbauteil gleichmäßig erwärmt wird und einheitlich an allen Stellen die Solltemperatur erreicht.

[0013] Das Erwärmen des Gussbauteils auf die Solltemperatur wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung bei einer Temperatur in einem Bereich von 20° C bis 400° C, und insbesondere bei einer Temperatur in einem Bereich von 100° C bis 300° C, oberhalb der Solltemperatur vorgenommen. Mit anderen Worten wird beispielsweise das Gussbauteil mit bewegter warmer bzw. heißer Luft beaufschlagt, welche deutlich heißer bzw. höher ist als

die gewünschte Soll- bzw. Haltetemperatur des Bauteils. Hierdurch wird insbesondere eine besonders schnelle Erwärmung des Gussbauteils auf die Solltemperatur ermöglicht, ohne dass sich diese überhöhte Temperatur nachteilig auf das Gefüge des Gussbauteils auswirkt.

[0014] Dabei hat es sich in weiterer Ausgestaltung der Erfindung als vorteilhaft gezeigt, wenn eine Temperatur - beispielsweise der bewegten warmen bzw. heißen Luft - in einem Bereich von 500° C bis 750° C, und insbesondere bei einer Temperatur in einem Bereich von 600° C bis 720° C, genutzt wird. Hierdurch wird eine besonders schnelle Aufheizung beispielsweise eines aus einer Aluminium-Silizium-Legierung bestehenden Gussbauteils gesichert.

[0015] Als weiterhin vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn das Gussbauteil von der Solltemperatur aus auf eine Temperatur unterhalb von 200° C, und insbesondere auf eine Temperatur in einem Bereich von 100° C bis 150° C, abgekühlt wird. Dies kann in weiterer Ausgestaltung der Erfindung beispielsweise mittels bewegter Luft erreicht werden, wobei diese beispielsweise durch eine Mehrzahl von Kühlluftströmen erzeugt wird. Die Mehrzahl von Kühlluftströmen kann dabei wiederum in Intensität oder Temperatur über das Bauteil schwanken, um hierdurch beispielsweise unterschiedlich dicke Bauteilbereiche gleichmäßig abkühlen zu können. Durch die bewegte kalte Luft wird in jedem Fall jedoch eine beschleunigte Abkühlung erreicht, welche beispielsweise einen negativen Temperaturgradienten aufweist, welcher im Bereich des Temperaturgradienten beim Erwärmen des Gussbauteils auf die Solltemperatur liegt.

[0016] Um das Gussbauteil weitaus energiesparender einer Wärmebehandlung unterziehen und in einer deutlich reduzierten Herstellungszeit fertigen zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass mit der Wärmebehandlung des Gussbauteils unmittelbar bzw. innerhalb eines Zeitraums von bis zu 15 min nach dem Entformen aus seiner Gießform begonnen wird. Mit anderen Worten ist es also vorgesehen, dass das Gussbauteil nach dem Entformen aus seiner Gießform nicht mehr auf Umgebungs- bzw. Raumtemperatur abgekühlt wird, sondern dass vielmehr die Erstarrungswärme bzw. Restwärme des Gussbauteils ausgenutzt wird, um das Gussbauteil zur Wärmebehandlung neuerlich zu erwärmen. Dabei soll das Gussbauteil insbesondere ausgehend von einer Temperatur nahe seiner Entformungstemperatur neuerlich erwärmt bzw. der Wärmebehandlung unterzogen werden. Ein weiterer Vorteil ist es darüber hinaus, dass nunmehr der zeitliche und wirtschaftliche Aufwand zur Lagerung der Gussbauteile zwischen dem Entformen und dem nachfolgenden Wärmebehandeln signifikant reduziert werden kann.

[0017] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass mit dem Wärmebehandlungsverfahren des Gussbauteils innerhalb eines Zeitraums von bis zu 2 min, und vorzugsweise innerhalb eines Zeitraums von bis zu 15 sec nach dem Entformen aus seiner Gießform begonnen wird. Hierdurch wird er-

reicht, dass das Gussbauteil noch eine möglichst hohe Temperatur nahe seiner Entformungstemperatur aufweist. In einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es hierzu vorgesehen, dass mit dem Wärmebehandlungsverfahren unmittelbar bzw. innerhalb eines Zeitraums von 3 bis 8 sec nach dem Entformen begonnen wird, so dass das Gussbauteil zumindest annähernd ausgehend von seiner Entformungstemperatur aufgeheizt werden kann. Es ist klar, dass sich bei einem derartig kurzen Zeitraum besonders schnelle Taktzeiten und eine besonders schnelle Herstellung der Gussbauteile realisieren lassen.

[0018] Von Vorteil ist es zudem, wenn mit dem Wärmebehandlungsverfahren bei einer Temperatur des Gussbauteils in einem Bereich von 50° bis 400° Celsius, und vorzugsweise oberhalb von 150° Celsius des Gussbauteils begonnen wird. Hierdurch lässt sich eine Erwärmung des Gussbauteils auf die sich bei Aluminium-Silizium-Legierungen üblicherweise im Rahmen von 400° bis 540° Celsius bewegend Temperatur äußerst wirtschaftlich erreichen, da das Gussbauteil um einen deutlich geringeren Temperaturunterschied erwärmt werden muss, als dies beim Erwärmen ausgehend von der Umgebungs- bzw. Raumtemperatur nötig wäre. Da somit lediglich der Temperaturunterschied zwischen beispielsweise etwa 150° Celsius beim Entformen bzw. Einbringen des Gussbauteils in die Wärmebehandlungseinrichtung und etwa 490° Celsius beim Wärmebehandeln des Gussbauteils überwunden werden muss, ergibt sich ein äußerst großes Einsparungspotenzial an Energie und Zeit, so dass sich ein äußerst wirtschaftliches und darüber hinaus ökologisch sinnvolles Herstellungsverfahren realisieren lässt.

[0019] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird als Wärmebehandlungsverfahren die für Aluminium-Gusslegierungen übliche T6 bzw. T7 Wärmebehandlung, welche ein Lösungsglühen, ein Abkühlen und ein Auslagern vorsehen, eingesetzt. Alternativ kann eine T4 Wärmebehandlung eingesetzt werden, die nur ein Lösungsglühen umfasst, oder aber eine O Wärmebehandlung, bei welcher lediglich eine Weichglühung erfolgt. Eine solche Weichglühung erfolgt bevorzugt in einem Bereich von 280° C bis 440° C, und insbesondere bei einer Temperatur in einem Bereich von 340° C bis 420° C.

[0020] Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren hat sich dabei insbesondere beim Druckgießen von Gussbauteilen aus einer Aluminium-Silizium-Legierung als vorteilhaft gezeigt, da sich dort ein besonders hohes Zeit- und Energieeinsparungspotenziale realisieren lassen. Wird beispielsweise eine warmushärtbare Aluminium-Silizium-Legierung des Typs AlSi10MnMg mit einem Mg-Gehalt von 0,04 bis 0,6 Gew.-%, und insbesondere von 0,08 bis 0,18 Gew.-%, eingesetzt, so können die vorstehend beschriebenen Werte der Streckgrenze Rp0,2 im Bereich von etwa 100 bis 210 N/mm² und der Bruchdehnung A5 im Bereich von etwa 8 bis 20% erreicht werden. Alternativ kann beispielsweise eine Aluminium-Silizium-Legierung insbesondere des hoch siliziumhalti-

gen Typs AlSiMnMgFe mit einem Si-Gehalt von 4 bis 12 Gew.-%, und insbesondere von 7 bis 11 Gew.-%, eingesetzt wird.

[0021] Als im Rahmen der Erfindung mit umfasst ist es jedoch zu betrachten, dass das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren natürlich auch für Gussbauteile aus anderen Legierungen genutzt werden kann. Neben dem Einsatz bei einem Druckgussverfahren ist es dabei insbesondere auch denkbar, das erfindungsgemäße Verfahren beim Sand-oder Kokillenguss einzusetzen.

[0022] Das Gussbauteil muss bei der Wärmebehandlung natürlich nicht vollständig wärmebehandelt werden. Gleichfalls wäre es natürlich auch denkbar, lediglich Teile eines jeweiligen Gussbauteils entsprechend wärmezu behandeln, um dessen Eigenschaften zu verändern. Ebenfalls wäre es denkbar, ein Bauteil beispielsweise mittels warmer bewegter Luft in unterschiedlichen Bereichen auf unterschiedliche Temperaturen zu erwärmen bzw. anschließend zu erwärmen bzw. anschließend auf unterschiedliche Temperaturen ausgehend von der Solltemperatur abzukühlen, um hierdurch in unterschiedlichen Bereichen unterschiedliche Werkstoffeigenschaften zu erzielen.

[0023] Eine Auslagerung der Gussbauteile kann unmittelbar im Anschluss an eine Lösungsglühung erfolgen. Natürlich wäre die Auslagerung auch zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, sofern eine entsprechende Nachbehandlung mit geeignetem thermischen Einfluss vorliegt, wie beispielsweise bei einer kathodischen Tauchlackierung zum Beispiel des Rohbaus eines Kraftwagens.

[0024] Die vorstehend im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Vorteile gelten in ebensolcher Weise für die Anlage gemäß Anspruch 20. Ebenso gelten die nachfolgend beschriebenen Vorteile in ebensolcher Weise für das Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 19.

[0025] Die Anlage gemäß Anspruch 20 zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass deren Temperatur weit aus oberhalb der Solltemperatur der Wärmebehandlung bzw. des zu wärmebehandelnden Gussbauteils liegt. Hierdurch wird die erwünschte Schnellaufheizung des Gussbauteils erreicht, so dass die Wärmebehandlung beispielsweise auf einfache Weise in die Taktzeiten des Gießprozesses des Gussbauteils eingebunden werden können.

[0026] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird eine zusätzliche Verkürzung bzw. Vereinfachung des Herstellungsverfahrens dadurch erreicht, dass das Gussbauteil mittels ein und desselben Transportsystems - beispielsweise in Form eines Roboters - aus der Gießform zu entnehmen und in die Wärmebehandlungseinrichtung zu transportieren ist.

[0027] Ein besonders kostengünstiges und zeitsparendes Herstellungsverfahren lässt sich dabei realisieren, indem das Gussbauteil mittels des Transportsystems ohne eine Zwischenlagerung aus der Gießform zu entnehmen und in die Wärmebehandlungseinrichtung

zu transportieren ist. Darüber hinaus wird auf diese Weise erreicht, dass die Wärmebehandlung ausgehend von einer relativ hohen Entformungstemperatur des Gussbauteils gestartet werden kann.

[0028] Die Wärmebehandlungseinrichtung umfasst bevorzugter Weise einen Wärmebehandlungsabschnitt, in welchem das jeweilige Gussbauteil beispielsweise ausgehend von einer Temperatur von beispielsweise etwa 150° C - also unter Ausnutzung der Restgießwärme - auf dessen Solltemperatur von beispielsweise etwa 490° C bis 560° C erwärmt wird. Dieser Wärmebehandlungsabschnitt kann dabei zumindest eine Wärmebehandlungskammer aufweisen, auf welcher diese Aufheizung auf die Solltemperatur erfolgt. Gegebenenfalls kann der Wärmebehandlungsabschnitt zusätzlich eine Haltekammer aufweisen, nämlich dann, wenn das Gussbauteil nicht unmittelbar nach Erreichen der Solltemperatur abgekühlt werden soll, sondern vielmehr während einer Haltezeit von bis zu 3 Minuten auf der Solltemperatur bzw. Haltetemperatur hingehalten werden soll, bevor eine anschließende Abkühlung erfolgt.

[0029] Vor dem Wärmebehandlungsabschnitt kann die Wärmebehandlungseinrichtung zusätzlich eine Eingabekammer umfassen, so dass beim Öffnen der Wärmebehandlungskammer kein übermäßiger Abfall der Temperatur darin erfolgt. Zudem kann die Wärmebehandlungseinrichtung eine Ausgabekammer aufweisen, um auch hierdurch zu vermeiden, dass beim Öffnen der einzelnen Schleusen zwischen dem Wärmebehandlungsabschnitt und der Ausgabekammer einen übermäßigen Abfall der Temperatur erfolgt.

[0030] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in:

Fig.1 einen schematischen bzw. symbolischen Aufbau der Anlage zur Herstellung eines Gussbauteils, welches vorliegend in einem Druckgussverfahren erzeugt und anschließend in einem Wärmebehandlungsverfahren innerhalb einer Wärmebehandlungseinrichtung und gegebenenfalls eines Auslagerungssofens behandelt wird;

Fig.2 ein schematisches Diagramm des zeitlichen Verlaufs der Temperatur des Gussbauteils während der Wärmebehandlung;

Fig.3 eine schematische Darstellung der Wärmebehandlungseinrichtung zur Durchführung der Wärmebehandlung des Gussbauteils; und in

Fig. 4 eine ausschnittsweise Perspektivansicht auf eine prinzipiell gleich gestaltete Einrichtung zum Erwärmen des Gussbauteils auf die Solltemperatur bzw. zum Abkühlen des Gussbauteils von der Solltemperatur mittels bewegter warmer

bzw. kalter Luft, wobei die Einrichtung eine Mehrzahl von Düsen oder dgl. zum Erzeugen von Warmluftströmen bzw. Kühlluftströmen umfasst.

[0031] Aus Figur 1 ist erkennbar, dass ein Gussbauteil 10 vorliegend in einem Druckgussverfahren hergestellt wird, bei welchem die flüssige Metallschmelze in eine als metallische Dauerform ausgebildete Gießform 12 mit entsprechend hohem Druck bzw. bei entsprechend kurzer Zeit und hoher Geschwindigkeit gefüllt wird. Die Gießform 12 ist dabei in einer entsprechenden Druckgussmaschine 14 gehalten, über welche zwei Formhälften 16, 18 der Gießform 12 zu öffnen bzw. zu schließen sind. Die Gießform 12 wird aus einer Gießkammer 22 mit Metallschmelze aus einem Gießbehälter 20 versorgt. Dabei wird beim vorliegenden Druckgussverfahren eine warmmaushärtbare Aluminium-Silizium-Legierung beispielsweise des Typs AlSi10MnMg eingesetzt, welche beispielsweise einen Mg-Gehalt von 0,04 bis 0,6 Gew-% Mg, und insbesondere von 0,08 bis 0,18 Gew-%, aufweist. Besondere Legierungen weisen dabei einen Mg-Gehalt von 0,08, 0,12 und 0,18 Gew-% Mg auf.

[0032] Eine solche Aluminium-Druckgusslegierung ist beispielsweise auch aus der EP 0 997 550 B1 als bekannt zu entnehmen, deren Offenbarungsgehalt hiermit als ausdrücklich mit umfasst zu betrachten ist. Deren Mg-Gehalt ist gemäß den obigen Angaben entsprechend verändert worden.

[0033] Nachdem die Metallschmelze erstarrt ist, wird das Gussbauteil 10 nach dem Öffnen der Formhälften 16, 18 und dem Auswerfen mittels der Auswerferstifte 23 mittels eines Roboters 24 entformt. Der Roboter 24 umfasst dabei ein Greifmittel 26, mit welchem er das Gussbauteil 10 vorzugsweise an einem Gießrest 32 wie beispielsweise dem Angusssystem oder dergleichen aufnehmen kann. Hierdurch wird gewährleistet, dass wesentliche Bereiche bzw. das endgültige Formteil des Gussbauteils 10 durch die vom Roboter 24 bzw. von dessen Greifmittel 26 übertragenen Haltekraft nicht unnötig verformt wird.

[0034] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Gussbauteil 10 unmittelbar nach dem Entformen aus seiner Gießform 12 einer im Weiteren noch näher erläuterten, in Fig. 1 lediglich symbolisch angedeuteten Wärmebehandlungseinrichtung 28 eingebracht.

[0035] Durch die unmittelbare bzw. zeitnahe Wärmebehandlung hat das Gussbauteil 10 beim Einbringen in den Wärmebehandlungssofen 28 noch eine sich insbesondere nahe der Entformungstemperatur befindende Temperatur von etwa 50° bis 400° Celsius, und vorzugsweise oberhalb von 150° bis 180° Celsius. Hierdurch wird erreicht, dass das Gussbauteil 10 um einen relativ geringen Temperaturunterschied bis auf eine Soll- bzw. Haltetemperatur erwärmt zu werden braucht.

[0036] Das Wärmebehandlungsverfahren muss im vorliegenden Fall nicht zwingender Maßen unmittelbar nach dem Entformen des Gussbauteils 10 aus seiner

Gießform erfolgen. Vielmehr kann mit dem Wärmebehandlungsverfahren auch innerhalb eines Zeitraums von bis zu 15 min nach dem Entformen aus seiner Gießform begonnen werden. Dabei wäre es denkbar, dass das Gussbauteil 10 auch in einem der Wärmebehandlungseinrichtung 28 zugeordneten Pufferofen zwischengelagert wird. Da die Wärmebehandlung unmittelbar bzw. zeitnah nach dem Entformen erfolgt, kann das Gussbauteil 10 mittels ein und desselben Roboters 24 aus der Gießform 12 entnommen und in die Wärmebehandlungseinrichtung 28 verbracht werden. Es ist klar, dass es hierzu erforderlich ist, dass die Wärmebehandlungseinrichtung 28 im Nahbereich der Druckgussmaschine 14 bzw. der Gießform 12 angeordnet ist.

[0037] Das im Weiteren noch näher beschriebene Wärmebehandlungsverfahren selbst kann aufgrund des bereits mit einer Temperatur nahe der Entformungstemperatur in die Wärmebehandlungseinrichtung 28 eingebrachten Gussbauteils 10 relativ kurz erfolgen. Im Anschluss an die Wärmebehandlung kann das Gussbauteil 10 aus der Wärmebehandlungseinrichtung 28 geführt werden. Da der Gießrest 32 nach wie vor am Gussbauteil 10 vorhanden ist, kann dieses über den Gießrest 32 in einfacher Weise durch das Greifmittel 26 des Roboters 24 gehalten werden. Ein weiterer Vorteil des Gießrestes 32 ist es, dass dieser bei der Abkühlung des Gussbauteils 10 mittels des Ventilators 30 zu dessen Stabilisierung beiträgt und somit den Verzug reduziert.

[0038] Da das hier vorliegende Gussbauteil 10 nach dem Abkühlen noch sehr weich ist, kann es in einem weiteren Verfahrensschritt mittels einer entsprechenden Trenneinrichtung 34 auf einfache Weise mechanisch bearbeitet werden. In der Trenneinrichtung 34 wird nun der Gießrest 32 vom Gussbauteil 10 entfernt, wobei das relativ weiche Material dazu beiträgt, dass kein großer Verzug entsteht. In einem weiteren Verfahrensschritt kann gegebenenfalls ein Richten des Formteils des Gussbauteils 10 erfolgen. Die Überführung des Gussbauteils 10 in die Trenneinrichtung 34 kann wiederum über das Greifmittel 26 des Roboters 24 erfolgen. Innerhalb der Trenneinrichtung 34 kann darüber hinaus der Gießrest 32 als Anschlag bzw. Lehre des Gussbauteils 10 dienen.

[0039] Nachdem die mechanische Bearbeitung innerhalb der Trenneinrichtung 34 abgeschlossen ist, wird das Gussbauteil 10 in einen Auslagerungssofen 36 eingebracht, in welchem das Gussbauteil 10 beispielsweise auf eine Temperatur von 140° bis 240° Celsius während einer Auslagerungszeit von etwa 15 min bis zu 10 h behandelt wird. Die Überführung des Gussbauteils 10 aus der Trenneinrichtung 34 in den Auslagerungssofen 36 kann ggfs. wiederum über den Roboter 24 erfolgen.

[0040] Wie mit der Linie 35 angedeutet, muss der Auslagerungssofen 36 nicht zur Anlage gehören. Vielmehr kann dieser auch separat stehen. Darüber hinaus kann die Auslagerung des Gussbauteils 10 auch zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, sofern eine entsprechende Nachbehandlung mit geeignetem thermischem Einfluss vorliegt, wie beispielsweise bei einer kathodischen

Tauchlackierung zum Beispiel des Rohbaus eines Kraftwagens. Die kathodische Tauchlackierung bzw. die damit verbundene Auslagerung kann dabei über einen Zeitraum von 15 bis 30 min bei einer Temperatur im Bereich von 80° bis 240° Celsius bzw. insbesondere von 160° bis 220° Celsius erfolgen.

[0041] Als von der Erfindung mit umfasst ist es zu betrachten, dass insbesondere das Entfernen des Gießrestes 32 mittels der Trenneinrichtung 34 sowie das Auslagern mittels des Auslagerungssofens 36 auch mit erheblichem Zeitabstand zur Wärmebehandlung, welche vorliegend innerhalb der Wärmebehandlungseinrichtung 28 statt findet, erfolgen kann.

[0042] Ebenfalls im Rahmen der Erfindung liegt es, dass anstelle des Roboters 24 auch ein Werker vorgesehen werden kann, welcher das Entformen des Gussbauteils 10 aus seiner Gießform 12 bzw. die Überführung des Gussbauteils im Rahmen der weiteren Prozessschritte übernehmen kann.

[0043] In Fig. 2 ist in einem schematischen Diagramm der zeitliche Verlauf der Temperatur des Gussbauteils während der Wärmebehandlung innerhalb der Wärmebehandlungseinrichtung 28 dargestellt.

[0044] Auf der Ordinate ist dabei die Temperatur T des Gussbauteils abgetragen, während der Abszisse im zeitlichen Verlauf t wiedergibt.

[0045] Auf der Ordinate ist insbesondere eine Solltemperatur T_s angegeben, auf welche das Gussbauteil 10 bei der Wärmebehandlung bzw. beim vorliegenden Lösungsglühen erwärmt werden soll. Ausgegangen wird dabei im vorliegenden Fall von einer Anfangstemperatur T_a , welche im vorliegenden Fall in einem Bereich von 50° C bis 400° C liegt. Mit anderen Worten ist es im vorliegenden Fall insbesondere vorgesehen, auf bereits vorbeschriebene Weise die restliche Gießwärme auszunutzen und mit der Wärmebehandlung des Gussbauteils 10 in einem relativ kurzen Abstand nach dem Entformen aus der Gießform 12 zu beginnen. Somit weist das Gussbauteil 10 noch die Restwärme im beschriebenen Temperaturbereich auf, so dass das Gussbauteil 10 nicht ausgehend von der Raumtemperatur erwärmt werden muss. Als im Rahmen der Erfindung mit umfasst ist es jedoch zu betrachten, dass dies gegebenenfalls auch denkbar wäre.

[0046] Ausgehend von der Anfangstemperatur T_a erfolgt dann eine zügige Erwärmung des Gussbauteils auf eine Solltemperatur T_s , welche im vorliegenden Fall in einem Bereich von 420° C bis 560° C, und insbesondere in einem Bereich von 490° C bis 540° C, liegt. Dabei wird ein relativ hoher Temperaturgradient von vorliegend etwa 2 K/s bis 12 K/s, und insbesondere mit einem Temperaturgradienten von 4 K/s bis 8 K/s, vorgesehen. Mit anderen Worten wird im vorliegenden Fall das Gussbauteil 10 um mehrere Kelvin pro Sekunde erwärmt. Diese Erwärmung erfolgt im vorliegenden Fall bei einer Temperatur in einem Bereich von 500° C bis 750° C, und insbesondere bei einer Temperatur in einem Bereich von 600° C bis 720° C. Mit anderen Worten ist beispielsweise

innerhalb eines Wärmebehandlungssofens oder einer Wärmebehandlungskammer eine Temperatur gewählt, welche deutlich höher ist als die anzustrebende Solltemperatur T_s des Gussbauteils 10. Somit wird die beschleunigte Aufheizung des Gussbauteils 10 erreicht. Auf der Abszisse ist dabei der Zeitraum zwischen dem Beginn der Wärmebehandlung t_a und dem Zeitpunkt t_s dargestellt, zu welchem das Gussbauteil 10 die Solltemperatur T_s erreicht hat.

[0047] Mit der ausgezogenen Linie ist dabei ein Temperaturverlauf gezeigt, bei welchem in der Wärmebehandlungseinrichtung 28 beispielsweise eine Temperatur aufweist, welche zumindest in etwa der Solltemperatur T_s entspricht. Wird hingegen eine Temperatur innerhalb der Wärmebehandlungseinrichtung 28 eingestellt, welche deutlich höher ist als die Solltemperatur T_s , so ergibt sich beispielsweise ein Temperaturverlauf H, welcher gestrichelt gezeigt ist. Dieser unterscheidet sich vom mit der ausgezogenen Linie gezeigten Temperaturverlauf durch ein schnelleres Erreichen der Solltemperatur T_s und demzufolge durch eine deutlich ausgeprägtere Spitze.

[0048] Beim vorliegenden Wärmebehandlungsverfahren ist es nun im einen Extremfall denkbar, dass nach Erreichen der Solltemperatur T_s - wie durch die entsprechende Temperaturkurve angedeutet ist - unmittelbar mit dem Abkühlen begonnen wird. Mit anderen Worten wird in diesem Fall das Gussbauteil 10 zumindest im Wesentlichen nicht auf der Solltemperatur T_s gehalten, sondern vielmehr unmittelbar nach Erreichen dieser Temperatur wieder abgekühlt. Es ergibt sich hierdurch ein sägezahnartiger Verlauf der Temperaturkurve.

[0049] Eine weitere Temperaturkurve gemäß Fig. 2 zeigt ein Wärmebehandlungsverfahren, bei welchem das Gussbauteil 10 nach Erreichen der Solltemperatur T_s vor dem Abkühlen während einer Haltezeit t_h auf der Solltemperatur bzw. Haltetemperatur gehalten wird, und erst dann abgekühlt wird. Diese Haltezeit t_h kann in einem Zeitraum zwischen null und fünf Minuten, und insbesondere zwischen null und drei Minuten, liegen. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt diese Haltezeit in einem Bereich bis zu 120 Sekunden, und insbesondere in einem Bereich bis zu 90 Sekunden. Eine weitere spezielle Ausführungsform sieht eine Haltezeit bis zu 60 Sekunden, und insbesondere bis zu 30 Sekunden, vor. Je kürzer die Haltezeit ist, umso kürzere Gießakte des vorgeschalteten Gießprozesses können logischerweise eingehalten werden.

[0050] Des Weiteren ist aus Fig. 2 erkennbar, dass das Gussbauteil 10 vorliegend auch mit einem entsprechend negativen Temperaturgradienten abgekühlt wird, welcher in seiner Größe dem Temperaturgradienten beim Aufwärmen des Gussbauteils 10 entspricht.

[0051] Im vorliegenden Fall wird das Gussbauteil 10 auf eine Temperatur T_k im Bereich von unterhalb 200° C, und insbesondere in einem Bereich von 100° C bis 150° C, abgekühlt. Natürlich wäre auch eine Abkühlung auf Raumtemperatur denkbar.

[0052] In Fig. 3 ist die in Fig. 1 schematisch angedeutete Wärmebehandlungseinrichtung 28 einer entsprechenden Anlage zur Herstellung des Gussbauteils 10 in einer schematischen Darstellung gezeigt. Die Wärmebehandlungseinrichtung 28 umfasst im vorliegenden Fall einen Wärmebehandlungsabschnitt 40, welcher vorliegend zumindest eine entsprechende Aufwärmkammer 42 umfasst. In dieser Aufwärmkammer 42 wird das Gussbauteil 10 auf seine Solltemperatur T_s aufgewärmt. Soll das Gussbauteil 10 darüber hinaus über eine gewisse Haltezeit t_h auf der Solltemperatur T_s bzw. der Halte-temperatur gehalten werden, so kann dies gegebenenfalls in einer separaten Haltekammer 44 erfolgen.

[0053] Der Aufwärmkammer 42 kann eine Eingabekammer 46 vorgeordnet sein, um einen starken Temperaturabfall beim Einbringen des Gussbauteils 10 in den Wärmebehandlungsabschnitt 40 zu vermeiden. Zudem kann dem Wärmebehandlungsabschnitt 40 eine Ausgabekammer 48 nachgeordnet sein, innerhalb beispielsweise auch das Abkühlen des Gussbauteils 10 vorgenommen werden kann.

[0054] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die einzelnen Kammern 42, 44, 46, 48 durch entsprechende Schleusen 50 voneinander unterteilt. Diese Schleusen 50 können entsprechend geöffnet und geschlossen werden, so dass sich beim Öffnen der einzelnen Schleusen 50 ein relativ geringer Temperaturabfall insbesondere bei den Kammern 42 und 44 des Wärmebehandlungsabschnitts 40 ergibt.

[0055] Des Weiteren umfasst die Wärmebehandlungseinrichtung 28 vorliegend mehrere Einrichtungen 52, 54, 56 zum Erzeugen von bewegter Luft. Innerhalb des Wärmebehandlungsabschnitts 40 wird dabei bewegte warme bzw. heiße Luft erzeugt. Innerhalb der Ausgabekammer 48 wird hingegen Kühlluft erzeugt.

[0056] Eine derartige Einrichtung 52, 54, 56 ist in Fig. 4 in einer ausschnittsweisen Perspektivansicht dargestellt, wobei diese prinzipiell gleich gestaltet sein kann, egal ob diese zum Erwärmen oder aber zum Abkühlen des Gussbauteils 10 genutzt werden soll.

[0057] Im vorliegenden Fall werden dabei mittels eines nicht dargestellten Gebläses jeweilige Luftströme erzeugt, welche über Zuführungsleitungen 58, 60 zu jeweiligen Ausströmbetten 62, 64 gelangen. Jedes der Ausströmbette 62, 64, welche einander gegenüberliegen und zwischen welchen das jeweils zu erwärmende bzw. zu kühlende Gussbauteil 10 auf einem entsprechenden Ständer 66 positioniert ist, umfasst eine Mehrzahl von Düsen 68, aus welchen ein jeweiliger Luftstrom ausströmen kann. Soll dabei Warm- bzw. Heizluft erzeugt werden, können im Bereich der Düsen 68 jeweilige Brenner vorgesehen sein, welcher den jeweiligen Luftstrom erwärmen. Andere Heizelemente werden natürlich ebenfalls denkbar.

[0058] Die Besonderheit der vorliegenden Düsen 68 liegt nun darin, dass eine Vielzahl von einzelnen Warm- bzw. Kühlluftströmen geschaffen werden können, welche sich gegebenenfalls in Wärme und Intensität von-

einander unterscheiden können.

[0059] So ist es beispielsweise bei den Einrichtungen 52 und 54 zum Erwärmen des Gussbauteils 10 denkbar, Warmluftströme mit unterschiedlicher Temperatur und/oder Intensität austreten zu lassen, um somit über das jeweilige Ausströmbett 62, 64 die unterschiedliche Intensität an Warmluft zu erreichen. Diese unterschiedliche Intensität und/oder Temperatur kann beispielsweise auf unterschiedliche Geometrien oder Wanddicken des Gussbauteils 10 angepasst werden, so dass insgesamt eine gleichmäßige oder falls erwünscht auch lokal unterschiedliche Temperaturverteilung innerhalb des Gussbauteils 10 erreicht wird. Dies kann beispielsweise durch unterschiedlich große Ausströmquerschnitte der Düsen 68 bewerkstelligt werden. Mit anderen Worten kann somit eine gezielte, gegebenenfalls lokal unterschiedliche Aufwärmung mittels der Vielzahl von Düsen 68 erreicht werden. Anstatt der Anordnung der Düsen 68 aufeinander gegenüberliegenden Seiten des Gussbauteils 10 - in diesem Fall ober- und unterseitig - wäre es natürlich auch denkbar, die Düsen 68 an mehr oder weniger Seiten des Gussbauteils 14 zu positionieren.

[0060] Umgekehrt kann auch bei der Einrichtung 56 zum Abkühlen des Gussbauteils 10 die bewegte kühle Luft dadurch variiert werden, dass aus den jeweiligen Düsen 68 ein jeweiliger Kühlluftstrom mit einem jeweils unterschiedlichen Volumenstrom austritt. Auch hier kann wiederum eine einheitliche oder aber eine partiell unterschiedliche Abkühlung des Gussbauteils 10 erreicht werden, beispielsweise um eine gleichmäßige oder aber eine lokal unterschiedliche Abkühlung des Gussbauteils 10 zu erreichen.

[0061] Gegebenenfalls wäre es auch denkbar, den Auslagerungssofen 36 in die Wärmebehandlungseinrichtung 28 mit einzugliedern.

[0062] Insgesamt ist somit aus den Fig. 2 bis 4 erkennbar, dass mit dem vorliegenden Verfahren bzw. der vorliegenden Anlage eine Wärmebehandlung möglich ist, welche äußerst schnell erfolgt und sich gegebenenfalls unmittelbar an einen Gießprozess anschließen kann. Diese kurzzeitige Wärmebehandlung ermöglicht eine besonders gute Anpassung auf die Taktzeit des Gießprozesses, so dass beispielsweise auf einen Pufferofen verzichtet werden kann. Ergeben sich dennoch unterschiedliche Taktzeiten zwischen dem Gießprozess und der Wärmebehandlung, so kann gegebenenfalls ein Rundofen oder dergleichen eingesetzt werden, wenn beispielsweise die Taktzeit des Gießprozesses kleiner ist als diejenige des Wärmebehandlungsprozesses.

[0063] Im Zusammenhang mit der vorbeschriebenen Legierung werden mittels des Wärmebehandlungsverfahrens gegebenenfalls hohe Werte der Bruchdehnung A_5 beispielsweise im Bereich von 8 % bis 20 % und hohe Werte der Streckgrenze beispielsweise im Bereich von 100 N/mm² bis 200 N/mm² erreicht. Die erreichbaren mechanischen Eigenschaften sind stark legierungsabhängig. Es ist denkbar, dass die Werte höher liegen können. Die Einstellung der Werte insbesondere der Streck-

grenze $R_{p0,2}$ bzw. der Bruchdehnung A_5 hängt dabei in erster Linie vom eingestellten Mg-Gehalt sowie vom jeweiligen positiven und negativen Temperaturgradienten beim Erwärmen bzw. Abkühlen des Gussbauteils 10 ab.

[0064] Als im Rahmen der Erfindung mit umfasst ist es zu betrachten, dass anstelle der Erwärmung durch bewegte Luft natürlich auch eine andere Erwärmung denkbar wäre. Insbesondere wäre es auch denkbar, anstelle bewegter Luft ein bewegtes anderes Gas einzusetzen.

[0065] Zudem könnte eine beschleunigte Erwärmung oder Abkühlung des Gussbauteils 10 auch erreicht werden, indem das Gussbauteil 10 mit einem oder mehreren entsprechend warmen bzw. heißen oder kalten Körpern in Kontakt gebracht wird. So wird es beispielsweise denkbar, das Gussbauteil 10 durch entsprechend kühlen Sand oder durch Wasser abkühlen zu lassen. Eine ebensolche Erwärmung wäre auch denkbar.

[0066] Im vorliegenden Fall wird der bewegte Warmluftstrom deutlich wärmer ausgelegt als die Solltemperatur T_s des Gussbauteils. Beispielsweise wird die Temperatur innerhalb der Ofenkammer 42 in einem Bereich von 20° C bis 400° C, und insbesondere in einem Bereich von 100° C bis 300° C oberhalb der Solltemperatur T_s , eingestellt. Somit wird eine schnelle Erwärmung des Gussbauteils 10 erreicht, wobei dieses gegebenenfalls entsprechend rechtzeitig aus der Aufwärmkammer 42 entnommen werden muss, damit aufgrund von Schlepp- bzw. Trägheitseffekten die Solltemperatur T_s kurzzeitig nicht übermäßig überschritten wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Gussbauteils (10), insbesondere eines Druckgussbauteils, insbesondere aus einer Aluminiumlegierung, bei welchem das Gussbauteil (10) im Anschluss an den Gießprozess und das Entformen aus seiner Gießform (12) zumindest partiell einem Wärmebehandlungsverfahren unterzogen wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gussbauteil (10) bei der Wärmebehandlung nach Erreichen einer Solltemperatur (T_s) unmittelbar abgekühlt oder vor dem Abkühlen während einer Haltezeit (t_h) von bis zu 5 min, und insbesondere bis zu 3 min, wärmebehandelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gussbauteil (10) bei der Wärmebehandlung nach Erreichen der Solltemperatur (T_s) vor dem Abkühlen während einer Haltezeit (t_h) von bis zu 120 sec, und insbesondere während einer Haltezeit (t_h) von bis zu 90 sec wärmebehandelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

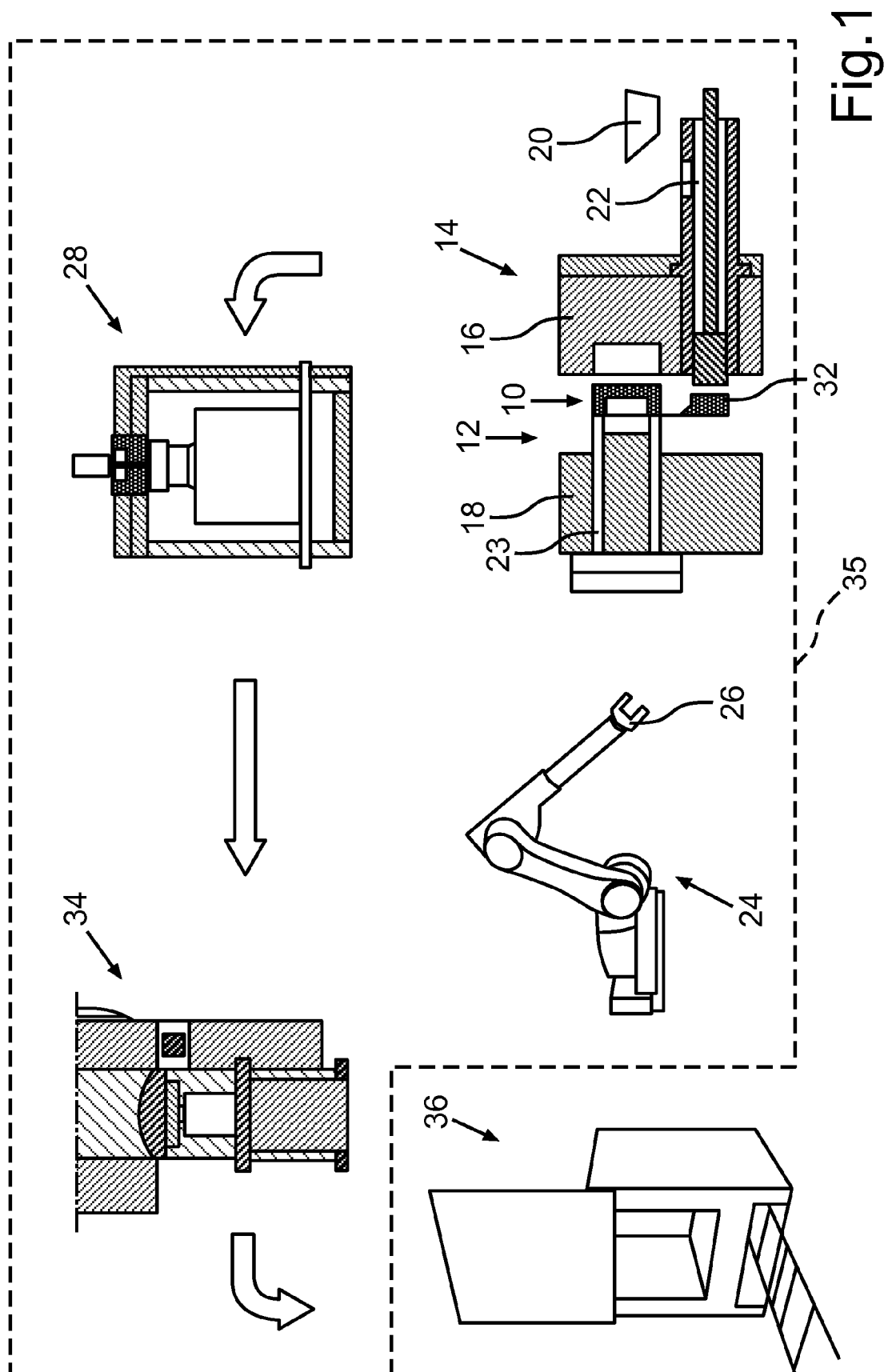
- dass** das Gussbauteil (10) bei der Wärmebehandlung nach Erreichen einer Solltemperatur (T_s) vor dem Abkühlen während einer Haltezeit (t_h) von bis zu 60 sec, und insbesondere während einer Haltezeit (t_h) von bis zu 30 sec wärmebehandelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Solltemperatur (T_s) bei der Wärmebehandlung in einem Bereich von 420 bis 560° C, und insbesondere in einem Bereich von 490 bis 540° C, liegt.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Gussbauteil (10) zumindest im Wesentlichen mit einem Temperaturgradienten von 2 bis 12 K/s, und insbesondere mit einem Temperaturgradienten von 4 bis 8 K/s, bis auf die Solltemperatur (T_s) erwärmt wird.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Erwärmen des Gussbauteils (10) auf die Solltemperatur (T_s) mittels bewegter warmer Luft vorgenommen wird.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Gussbauteil (10) mittels einer Mehrzahl von Warmluftströmen (Düsen 68) erwärmt wird.
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Erwärmen des Gussbauteils (10) auf die Solltemperatur (T_s) bei einer Temperatur in einem Bereich von 20 bis 400° C, und insbesondere bei einer Temperatur in einem Bereich von 100 bis 300° C, oberhalb der Solltemperatur (T_s) vorgenommen wird.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Erwärmen des Gussbauteils (10) auf die Solltemperatur (T_s) bei einer Temperatur in einem Bereich von 500 bis 750° C, und insbesondere bei einer Temperatur in einem Bereich von 600 bis 720° C, vorgenommen wird.
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Gussbauteil (10) von der Solltemperatur (T_s) auf eine Temperatur (T_a) unterhalb von 200° C, und insbesondere auf eine Temperatur in einem Bereich von 100 bis 150° C, abgekühlt wird.
 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Abkühlen des Gussbauteils (10) von der Solltemperatur (T_s) mittels bewegter Luft vorgenommen wird.
 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Gussbauteil (10) mittels einer Mehrzahl von Kühlluftströmen (Düsen 68) abgekühlt wird.
 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** mit dem Wärmebehandlungsverfahren des Gussbauteils (10) innerhalb eines Zeitraums 15 min nach dem Entformen aus seiner Gießform (12) begonnen wird.
 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** mit dem Wärmebehandlungsverfahren des Gussbauteils (10) innerhalb eines Zeitraums von bis zu 2 min, und vorzugsweise innerhalb eines Zeitraums von bis zu 15 sec nach dem Entformen aus seiner Gießform (12) begonnen wird.
 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Wärmebehandlungsverfahren bei einer Temperatur (T_a) des Gussbauteils (10) in einem Bereich von 50° - 400° Celsius begonnen wird.
 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** als Wärmebehandlungsverfahren eine T4, T6, T7 oder O Wärmebehandlung eingesetzt wird.
 17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** für die Gussbauteile (10), insbesondere die Druckgussbauteile, eine warmaushärtbare Aluminiumlegierung eingesetzt wird.
 18. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** für die Gussbauteile (10), insbesondere die Druckgussbauteile, eine Aluminiumlegierung mit einem Mg-Gehalt von 0,04 bis 0,6 Gew-%, und insbe-

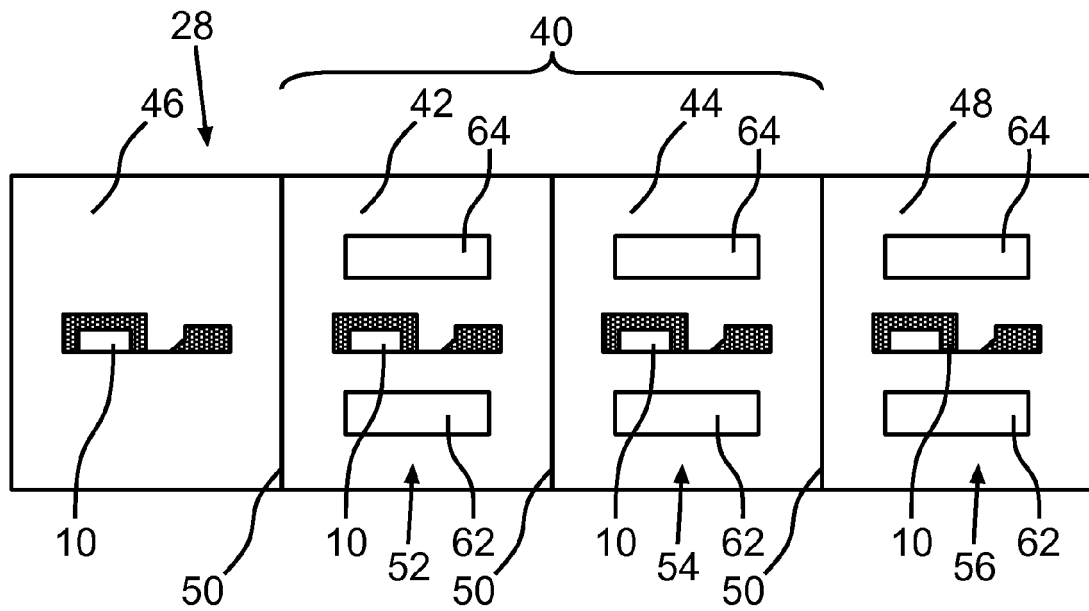
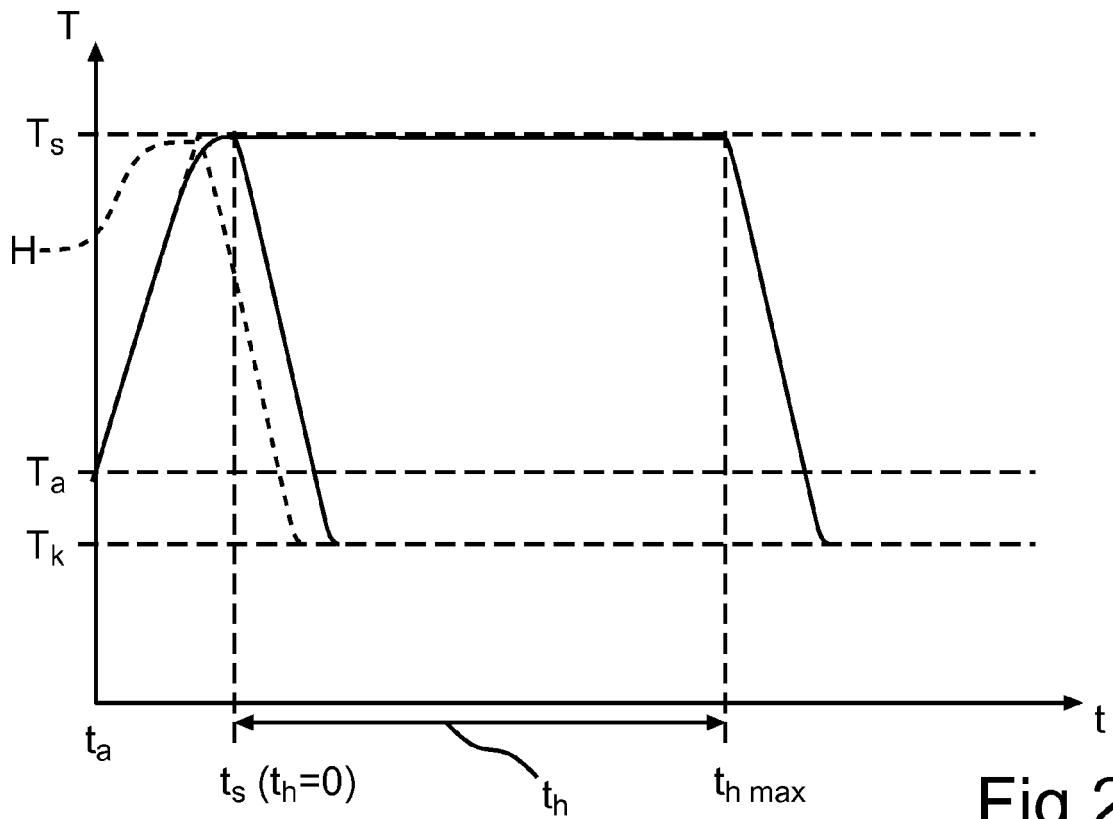
sondere von 0,08 bis 0,18 Gew-%, eingesetzt wird.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gussbauteil (10) zumindest partiell wärmebehandelt wird.
20. Anlage zur Herstellung eines Gussbauteils (10), insbesondere eines Druckgussbauteils, insbesondere aus einer Aluminiumlegierung, mit einer Wärmebehandlungseinrichtung (28), mittels welcher das Gussbauteil (10) im Anschluss an den Gießprozess und das Entformen aus seiner Gießform (12) zumindest partiell einem Wärmebehandlungsverfahren unterzogen wird, 10
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebehandlungseinrichtung (28) in zumindest einem Wärmebehandlungsabschnitt (40) eine Temperatur aufweist, welche in einem Bereich von 20 bis 400° C, und insbesondere in einem Bereich von 100 bis 300° C, oberhalb der Solltemperatur (T_s) der Wärmebehandlung liegt. 15
21. Anlage nach Anspruch 20, 20
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebehandlungseinrichtung (28) in dem zumindest einen Wärmebehandlungsabschnitt (40) eine Temperatur aufweist, welche in einem Bereich von 500 bis 750° C, und insbesondere in einem Bereich von 600 bis 720° C, liegt. 25
22. Anlage nach Anspruch 20 oder 21, 30
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gussbauteil (10) mittels ein und desselben Transportsystems (Roboter 24) aus der Gießform (12) zu entnehmen und in die Wärmebehandlungseinrichtung (28) zu transportieren ist. 35
23. Anlage nach einem der Ansprüche 20 bis 22, 40
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gussbauteil (10) mittels des Transportsystems (Roboter 24) ohne eine Zwischenlagerung aus der Gießform (12) zu entnehmen und in die Wärmebehandlungseinrichtung (18) zu transportieren ist. 45
24. Anlage nach einem der Ansprüche 20 bis 23, 50
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebehandlungseinrichtung (28) eine Einrichtung (52) zum Erwärmen des Gussbauteils (10) auf die Solltemperatur (T_s) mittels bewegter warmer Luft umfasst.
25. Anlage nach Anspruch 24, 55
dadurch gekennzeichnet,
dass die Einrichtung (52) zum Erwärmen des Gussbauteils (10) eine Mehrzahl von Düsen (68)

oder dgl. zum Erzeugen von Warmluftströmen aufweist.

26. Anlage nach einem der Ansprüche 20 bis 25, 5
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebehandlungseinrichtung (28) eine Einrichtung (58) zum Abkühlen des Gussbauteils (10) von der Solltemperatur (T_s) mittels bewegter Luft umfasst.
27. Anlage nach Anspruch 26, 10
dadurch gekennzeichnet,
dass die Einrichtung (56) zum Abkühlen des Gussbauteils (10) eine Mehrzahl von Düsen (68) oder dgl. zum Erzeugen von Kühlluftströmen aufweist.
28. Anlage nach einem der Ansprüche 20 bis 27, 15
dadurch gekennzeichnet,
dass der Wärmebehandlungsabschnitt (40) zum Erwärmen des Gussbauteils (10) auf die Solltemperatur (T_s) wenigstens eine Kammer (42) aufweist. 20
29. Anlage nach einem der Ansprüche 20 bis 28, 25
dadurch gekennzeichnet,
dass der Wärmebehandlungsabschnitt (40) zum Erwärmen des Gussbauteils (10) auf die Solltemperatur (T_s) eine Haltekammer (44) aufweist. 30
30. Anlage nach einem der Ansprüche 20 bis 29, 35
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebehandlungseinrichtung (28) eine Eingabekammer (46) und/oder Ausgabekammer (48) aufweist.
31. Anlage nach einem der Ansprüche 28 bis 30, 40
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kammern (42, 44, 46, 48) der Wärmebehandlungseinrichtung (28) durch jeweilige Schleusen (50) voneinander bzw. von Außen getrennt sind.
32. Anlage nach einem der Ansprüche 20 bis 31, 45
dadurch gekennzeichnet,
dass diese zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 19 ausgebildet ist.





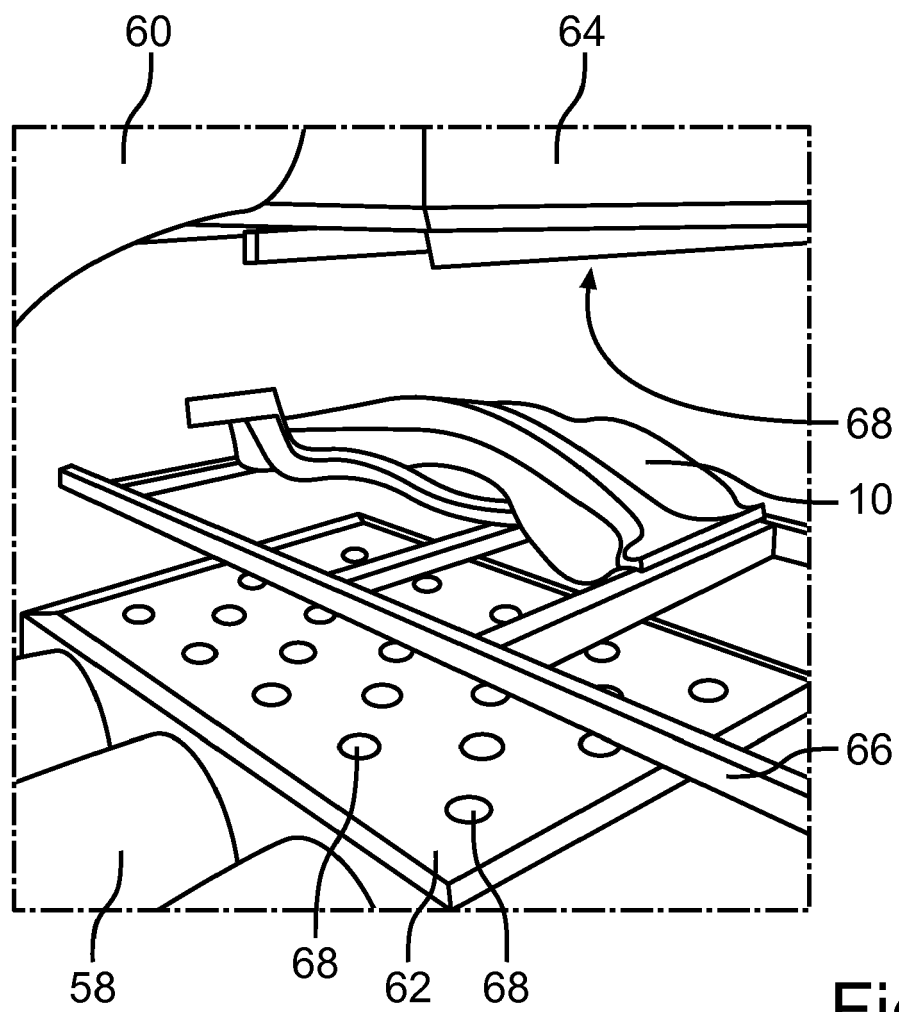


Fig.4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 16 0644

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2008/049739 A1 (BDW TECHNOLOGIES GMBH & CO KG [DE]; WUEST JUERGEN [DE]; WESTERHEIDE DI) 2. Mai 2008 (2008-05-02) * das ganze Dokument *	1,13-23, 26, 28-29, 911	INV. C21D1/34 C21D1/62 B22D47/00 C22F1/04 C22F1/05
X	WO 03/040423 A1 (SALZBURGER ALUMINIUM AG [AT]; OGRIS ERHARD [CH]; UGGOWITZER PETER [CH]) 15. Mai 2003 (2003-05-15) * Seite 7, Absatz 2 - Absatz 3; Ansprüche 1-3; Abbildungen 1,2 *	1-2,4-5, 16-19	
A,D	EP 0 997 550 A1 (ALUSUISSE LONZA SERVICES AG [CH] ALCAN TECH & MAN AG [CH]) 3. Mai 2000 (2000-05-03) * Absatz [0010] *	17-19	
X	US 2006/000571 A1 (CRAFTON SCOTT P [US]; CRAFTON PAUL M [US]; FRENCH IAN [US]; GARRETT J) 5. Januar 2006 (2006-01-05) * Absätze [0029], [0037], [0038], [0041], [0042]; Abbildungen 1,3 *	1,4,6-7, 10-12, 20-24, 26,32	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C21D B22D C22F
X	WO 02/063051 A2 (CONS ENG CO INC [US]) 15. August 2002 (2002-08-15) * Seite 18, Zeile 14 - Seite 25, Zeile 12; Abbildungen 1-6 * * Seite 25, Zeile 13 - Seite 29, Zeile 7 *	1,5-12, 15,20-32	
X	US 2005/072549 A1 (CRAFTON SCOTT P [US]; CRAFTON PAUL M [US]; KNOBLOCH VOLKER R [US]; LE) 7. April 2005 (2005-04-07) * Absätze [0007], [0008], [0028], [0030], [0031], [0034], [0036], [0037], [0039], [0040], [0071] - [0075]; Abbildungen 3,4,9,10 *	20-32	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Oktober 2009	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
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 : nichtschriftliche 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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 16 0644

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 103 30 400 A1 (ALUTEC BELTE AG [DE]) 20. Januar 2005 (2005-01-20) * Ansprüche 6,10; Abbildung 2 * -----	26-27	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Oktober 2009	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 16 0644

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.

07-10-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2008049739 A1	02-05-2008	CA 2667418 A1	02-05-2008
		DE 102006049869 A1	24-04-2008
		EP 2097194 A1	09-09-2009
-----		-----	
WO 03040423 A1	15-05-2003	AT 350507 T	15-01-2007
		AT 411269 B	25-11-2003
		CA 2465683 A1	15-05-2003
		CN 1602368 A	30-03-2005
		DK 1442150 T3	14-05-2007
		EP 1442150 A1	04-08-2004
		ES 2280578 T3	16-09-2007
		HK 1071171 A1	28-09-2007
		HU 0401962 A2	28-01-2005
		JP 2005508446 T	31-03-2005
		KR 20050043748 A	11-05-2005
		PT 1442150 E	30-04-2007
		US 2005000608 A1	06-01-2005
-----		-----	
EP 0997550 A1	03-05-2000	SI 997550 T1	30-04-2003
-----		-----	
US 2006000571 A1	05-01-2006	US 2008011446 A1	17-01-2008
-----		-----	
WO 02063051 A2	15-08-2002	AU 2002239968 B2	13-03-2008
		CA 2436749 A1	15-08-2002
		CN 1526027 A	01-09-2004
		EP 1356128 A2	29-10-2003
		JP 2004523362 T	05-08-2004
		JP 2008296282 A	11-12-2008
		MX PA03006906 A	29-01-2004
-----		-----	
US 2005072549 A1	07-04-2005	KEINE	
-----		-----	
DE 10330400 A1	20-01-2005	AT 395443 T	15-05-2008
		WO 2005007917 A2	27-01-2005
		EP 1651788 A2	03-05-2006
-----		-----	

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

- EP 0997550 B1 [0032]