(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 596 142 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2017 Patentblatt 2017/22

(21) Anmeldenummer: **11733890.5**

(22) Anmeldetag: **20.07.2011**

(51) Int Cl.:
C22F 1/00 *(2006.01)* ***C21D 1/60*** *(2006.01)*
C21D 1/607 *(2006.01)* ***C22F 1/04*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/062471

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/022577 (23.02.2012 Gazette 2012/08)

(54) **VERFAHREN ZUM WÄRMEBEHANDELN EINES GUSSBAUTEILS**

METHOD FOR HEAT-TREATING A CAST COMPONENT

PROCÉDÉ DE TRAITEMENT THERMIQUE D'UNE PIÈCE COULÉE

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

(30) Priorität: **24.11.2010 DE 102010061895**
21.07.2010 DE 102010031612

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.05.2013 Patentblatt 2013/22

(73) Patentinhaber: **MAGNA BDW technolgies GmbH**
85570 Markt Schwaben (DE)

(72) Erfinder:
- **WÜST, Jürgen**
85435 Erding (DE)
- **WESTERHEIDE, Dirk E. O.**
33775 Versmold (DE)

(74) Vertreter: **Rausch, Gabriele et al**
Magna International (Germany) GmbH
Patent Department Magna Europe
Kurfürst-Eppstein-Ring 11
63877 Sailauf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 051 549
EP-A1- 0 997 550
WO-A2-02/36842
DE-A1- 2 810 958
US-A- 4 420 345

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 596 142 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Wärmebehandeln eines Gussbauteils nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

[0002] Solche Verfahren zum Wärmebehandeln von Gussbauteilen sind allgemein bekannter Stand der Technik. So beschäftigt sich z.B. die DE2810958 mit der Wärmebehandlung von aushärtbaren Aluminium Gusslegierungen. Beim Abkühlen von Gussbauteilen aus Aluminiumbasislegierungen nach dem Gießen scheidet sich eine intermetallische Phase in einer Matrix aus aluminiumreichen Mischkristallen ab. Beim System AlMgSi handelt es sich dabei beispielsweise um eine Mg_2Si Phase, die in einer α-Mischkristallmatrix eingelagert wird. Diese intermetallische Phase beeinflusst die Härte des Gussbauteils nachteilig.

[0003] Zur Verbesserung der Materialeigenschaften wird daher ein so genanntes Lösungsglühen durchgeführt, bei welchem das Gussbauteil auf eine Temperatur oberhalb der Sättigungslinie aber unterhalb der eutektischen Temperatur erhitzt und für eine vorgegebene Zeit gehalten wird. Während des Lösungsglühens löst sich die ausgeschiedene intermetallische Phase im aluminiumreichen Mischkristall.

[0004] Um eine Wiederausscheidung der intermetallischen Phasen nach dem Lösungsglühen zu verhindern, wird das Bauteil nach der Glühbehandlung üblicherweise unmittelbar abgeschreckt. Nach dem Abschrecken kann noch eine Auslagerung erfolgen.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Wärmebehandeln von Gussbauteilen bereitzustellen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0007] Bei einem derartigen Verfahren zum Wärmebehandeln eines Gussbauteils aus einer Aluminiumbasislegierung wird das Gussbauteil bei einer vorgegebenen Glühtemperatur für einen vorgegebenen Glühzeitraum in einem ersten Wärmeübertragungsmedium geglüht und anschließend in ein Wasserbad überführt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Gussbauteil zwischen dem Glühen und dem Überführen in das Wasserbad in ein zweites Wärmeübertragungsmedium mit einer vorgegebenen Zwischenabkühltemperatur überführt und dort für einen vorgegebenen Zwischenabkühlzeitraum gehalten wird.

[0008] Durch ein derartiges Verfahren werden die Temperaturführung und die damit einhergehende Gefügeveränderung des Gussbauteils während seiner Abkühlung besonders kontrollierbar gestaltet. Durch die geeignete Wahl von Zwischenabkühltemperatur und Zeitraum ist es möglich, beispielsweise bei magnesiumhaltigen Aluminiumlegierungen die Vorausscheidung des Magnesiumsilizids (Mg_2Si) besonders gut zu kontrollieren.

[0009] Vorzugsweise beträgt die Zwischenabkühltemperatur 150° C bis 380° C und insbesondere 240 C bis 280 C. Bei dieser Temperatur bleibt das zuvor gelöste Magnesiumsilizid weitgehend in Lösung und steht damit für die spätere Auslagerungsbehandlung vollständig zur Verfügung. Dazu ist es besonders zweckmäßig, einen Zwischenabkühlzeitraum von 3 s bis 10 min, insbesondere von 3 s bis 10 s, zu wählen.

[0010] Besonders vorteilhaft ist die Anwendung eines solchen Zwischenabkühlschrittes, wenn während des Haltens des Gussbauteils im zweiten Wärmeübertragungsmedium eine besonders hohe Abkühlrate erzielt wird. Vorteilhaft sind Abkühlraten von weniger als - 40 K pro s, und insbesondere - 55 bis - 65 K pro s. Hierdurch wird ein besonders zuverlässiges Einfrieren des im Glühschritt gelösten Anteils erzielt.

[0011] Um unerwünschte Gefügeveränderungen des Gussbauteils während der Überführung aus dem ersten in das zweite Wärmeübertragungsmedium zu vermeiden, ist es besonders vorteilhaft, diese Überführung besonders schnell durchzuführen. Vorzugsweise beträgt der Zeitraum für das Überführen des Gussbauteils aus dem ersten und das zweite Wärmeübertragungsmedium 0 s bis 15 s. Dies kann beispielsweise durch benachbart angeordnete Wärmebehandlungsvorrichtungen erzielt werden, wobei das Gussbauteil beispielsweise von einem Roboter unmittelbar und direkt zwischen den beiden Wärmeübertragungsmedien überführt wird.

[0012] Unabhängig vom Zeitrahmen für die Überführung des Gussbauteils zwischen den beiden Wärmeübertragungsmedien ist zu beachten, dass während des Überführens des Gussbauteils aus dem ersten und das zweite Wärmeübertragungsmedium eine Temperatur des Gussbauteils oberhalb einer Temperatur von 450°C gehalten wird. Im Wesentlichen soll das Gussbauteil also Glühtemperatur beibehalten, so dass es nicht zu einer frühzeitigen, unkontrollierten Gefügeänderung kommt.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es, wenn während des Überführens des Gussbauteils aus dem ersten und das zweite Wärmeübertragungsmedium die Temperatur des Gussbauteils oberhalb einer Temperatur von 420°C gehalten wird. Diese Temperatur hat noch einen hinreichenden Abstand zur Schwellentemperatur für die Ausscheidung so dass ein Unterschreiten dieser Temperaturschwelle bei geeigneter Anlagenkonzeption vermieden werden kann, ohne dass zusätzliche Heizvorrichtungen im Überführungsbereich des Gussbauteils zwischen den beiden Wärmeübertragungsmedien notwendig werden. Selbstverständlich kann bei entsprechend langen Überführungsvorgängen auch eine solche Zwischenheizung vorgesehen sein, was sich beispielsweise mit Wärmestrahlern im Überführungsbereich zwischen den beiden Wärmeübertragungsmedien realisieren lässt.

[0014] Das geschilderte Verfahren kann auch mit zusätzlichen Behandlungsschritten kombiniert werden. Es ist beispielsweise vorteilhaft, das Gussbauteil vor dem Überführen in das Wasserbad in ein drittes Wärmeübertragungsmedium mit einer vorgegebenen Auslagerungstemperatur zu überführen und dort für einen vorgegebenen Auslagerungszeitraum zu halten. Ein solches Ver-

fahren kombiniert also das Glühen, beispielsweise ein Lösungsglühschritt, mit einer kontrollierten Abkühlung und mit einer unmittelbar folgenden Auslagerung, so dass mit einem derartigen Verfahren eine besonders kurze Taktzeit erzielt werden kann. Gleichzeitig wird die Restwärme des Gussbauteils nach der Entnahme aus dem zweiten Wärmeübertragungsmedium für die Auslagerung genutzt, so dass ein derartiges Verfahren besonders energiesparend ist. Durch die unmittelbare Koppelung von Glühen und Auslagern werden zudem unerwünschte Gefügeveränderungen vermieden, welche bei einer längerfristigen Zwischenlagerung des Gussbauteils bei Raumtemperatur auftreten könnten.

[0015] Vorzugsweise beträgt die Auslagerungstemperatur während dieses Auslagerungsschrittes 220 °C bis 300 °C, und insbesondere 160°C bis 280°C. Der Auslagerungszeitraum wird vorzugsweise auf eine Zeit zwischen 1 min und 30 min festgelegt. Mit einem derartigen Verfahren lassen sich trotz der kurzen Auslagerungszeiten vergleichbare Materialqualitäten erzielen, wie mit einer konventionellen mehrstündigen Auslagerung. Dieses besonders schnelle Verfahren lässt sich daher vorteilhafterweise unmittelbar in Druckgussanlagen mit kurzen Taktzeiten integrieren, ohne dass eine logistisch aufwendige Zwischenlagerung oder Pufferung der Gussbauteile notwendig wird.

[0016] Da sich die Temperaturbereiche für die Zwischenabkühlung und die Auslagerung überschneiden, kann gegebenenfalls auf ein Auslagern in einem dritten Wärmeübertragungsmedium verzichtet werden. Das Gussbauteil wird dann stattdessen für den gewünschten Auslagerungszeitraum nach dem Zwischenabkühlen im zweiten Wärmeübertragungsmedium gehalten, so dass die Schritte des Zwischenabkühlens und Warmauslagerns zu einem einzigen Verfahrensschritt zusammengefasst werden. Dies ermöglicht eine besonders ökonomische Durchführung des Verfahrens.

[0017] Der Glühschritt des Verfahrens wird vorzugsweise als Lösungsglühschritt durchgeführt, bei welchem sich ausgeschiedene Legierungselemente in aluminiumreichen Mischkristallen des Gussbauteils lösen und das eutektische Silizium eingeformt wird. Hierzu wird eine Glühtemperatur von 460°C bis 540°C und insbesondere von 485° C bis 495° C gewählt. Der Glühzeitraum beträgt hierbei 10 s bis 10 min, insbesondere 1,5 min bis 3 min und besonders bevorzugt 2 min. Es ist besonders zweckmäßig, das Gussbauteil unmittelbar nach dem Entformen, also aus der Gießhitze, in das erste Wärmeübertragungsmedium zu überführen. Durch den Verzicht auf eine Aufheizung von Raumtemperatur aus können die genannten besonders schnellen Glühzeiten realisiert werden.

[0018] Als erstes und/oder zweites und/oder drittes Wärmeübertragungsmedium kann bewegte Luft Anwendung finden, was apparativ besonders einfach ist. Besonders zweckmäßig ist es jedoch, für die genannten Wärmeübertragungsmedien Salzbäder zu verwenden. Salzbäder ermöglichen aufgrund ihrer hohen Wärmekapazität ein besonders schnelles Aufheizen bzw. Abkühlen von behandelten Gussbauteilen. Da auf langfristige Aufheiz- bzw. Abkühlphasen verzichtet werden kann, ermöglicht die Verwendung von Salzbädern eine besonders hohe Taktrate von Fertigungsanlagen, die derartige Verfahren zur Anwendung bringen. Das Salz nimmt zudem Trennmittel, die während des Gusses Verwendung finden, von der Oberfläche des Gussbauteils auf, so dass auf zusätzliche Reinigungsschritte verzichtet werden kann. Die besonders gute Oberflächenqualität, die so erzielt wird, verbessert zudem die Schweißbarkeit und die Korrosionsbeständigkeit der Gussbauteile.

[0019] Da im Rahmen des geschilderten Verfahrens das Bauteil unmittelbar aus dem zweiten bzw. dritten Wärmebehandlungsmedium in einem Wasserbad abgeschreckt wird, kann eventuell noch an der Oberfläche des Gussbauteils anhaftendes Salz nicht auskristallisieren, sondern haftet zum Zeitpunkt des Eintauchens des Gussbauteils in das Wasserbad noch flüssig an dessen Oberfläche. Das Salz löst sich daher unmittelbar und besonders leicht im Wasser des Wasserbades auf, so dass auf eine spätere Reinigung des Gussbauteils von Salzresten bzw. einer Salzkruste verzichtet werden kann.

[0020] Als Salz für das Salzbad wird bevorzugt eine Salzschmelze verwendet, welche Natriumnitrat und/oder Kaliumnitrat und/oder Natriumnitrit enthält.

[0021] Um eine besonders gute Reinigung des Gussbauteils von anhaftenden Salzresten zu erzielen, wird vorzugsweise ein Wasserbad mit einer Temperatur von 40°C bis 60°C verwendet. Durch die gegenüber der Raumtemperatur leicht erhöhte Temperatur des Wasserbades wird eine besonders gute Löslichkeit des Salzes, welches noch am Gussbauteil anhaftet, gewährleistet. Die Reinigung des Gussbauteils von Salzresten kann zudem durch eine Umwälzung des Wasserbades verbessert werden.

[0022] Im Folgenden soll die Erfindung und ihre Ausführungsformen anhand der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Ablaufs eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 eine grafische Darstellung des Temperaturverlaufs während der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 3 eine alternative schematische Darstellung des Ablaufs eines weiteren Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0023] Nach dem Gießen eines Gussbauteils 10 aus einer Aluminiumbasislegierung wird dieses aus der Gussform 12 entformt und in ein erstes Salzbad 14 überführt. Das Salzbad 14 enthält eine Schmelze eines Gemisches aus Alkalimetallnitraten und -nitriten bei einer Temperatur T_1 von etwa 490° C. Das Gussbauteil 10

wird im ersten Salzbad 14 für eine Zeit t_1 von etwa 2 min gehalten. Die Behandlung des Gussbauteils 10 im Salzbad 14 entspricht einem Stoßglühen, bei welchem sich Legierungselemente im aluminiumreichen Mischkristall des Gussbauteils 10 lösen. Um den gewünschten Effekt zu erzielen, muss die Temperatur T_1 vorzugsweise oberhalb der Sättigungslinie des Metallgemischs des Gussbauteils 10 jedoch stets unterhalb der eutektischen Temperatur ϑ_E liegen.

[0024] Die Salzschmelze des Salzbades 14 löst zudem auf der Oberfläche des Gussbauteils 10 gebundene, während des Gießens verwendete Trennmittel. Dieser Reinigungseffekt verbessert die Oberflächenqualität des Gussbauteils 10 und führt zu einer verbesserten Schweißbarkeit.

[0025] Nach dem Stoßglühen des Gussbauteils 10 im Salzbad 14 wird das Gussbauteil 10 in ein weiteres Salzbad 16 überführt. Auch dieses Salzbad enthält eine Schmelze aus gemischten Alkalimetallnitraten und -nitriten, deren Temperatur T_2 bei etwa 180°C liegt. Hierbei ist zu beachten, dass die Überführung des Gussbauteils 10 zwischen den Salzbädern 14 und 16 in einem kurzen Zeitraum t_2 von höchstens 15 s erfolgt, um ein zu tiefes Abkühlen des Gussbauteils 10 zu vermeiden.

[0026] Die Temperatur des Salzbades 16 liegt unterhalb der Schwellentemperatur für die Ausscheidung des Magnesiumsilizids in Aluminium-Silizium- Magnesiumlegierungen, welche in etwa 240°C bis 250°C beträgt. Der im Glühschritt, also während der Behandlung des Gussbauteils 10 im Salzbad 14 gelöste Anteil wird durch den schnellen Transfer und das Halten im zweiten Salzbad 16 eingefroren, so dass die üblicherweise infolge der mit sinkender Temperatur fallenden Löslichkeit des aluminiumreichen Mischkristalls einsetzende Ausscheidung von intermetallischen Phasen, wie beispielsweise Al_2Cu oder Mg_2Si unterbunden wird. Aufgrund der guten Wärmekapazität des geschmolzenen Salzes kann im Salzbad 16 eine Abkühlrate von in etwa - 60 Ks^{-1} erzielt werden.

[0027] Nach einer Haltezeit t_3 von 3 s bis 10 min im Salzbad 16 wird das Gussbauteil 10 schließlich in ein weiteres Salzbad 18 überführt und dort wieder auf eine Temperatur T_3 von 160°C bis 280°C abgekühlt bzw. erhitzt und für eine Zeit t_4 von etwa 10 min gehalten. Die Behandlung im dritten Salzbad 18 kann hierbei eine Auslagerung ersetzen.

[0028] Anstelle einer Auslagerung im weiteren Salzbad 18 kann die Auslagerung auch nach dem Zwischenabkühlen im Salzbad 16 durchgeführt werden. Nach der Haltezeit t_3 wird dann das Gussbauteil 10 für einen weiteren Zeitraum t_4 im Salzbad 16 gehalten. Auf ein drittes Salzbad 18 kann dann vollständig verzichtet werden. Nach der Auslagerung im Salzbad 16 kann das Gussbauteil 10 direkt in ein Wasserbad 20 zum Abschrecken überführt werden.

[0029] Durch das Stoßglühen und die kurze Auslagerungszeit t_4 wird so eine besonders schnelle Wärmebehandlung des Gussbauteils 10 ermöglicht. Durch die schnelle und direkte Überführung des Gussbauteils 10 aus der Gussform 12 in das Salzbad 14, bzw. zwischen den Salzbädern 14, 16, 18 geht zudem keine Energie durch Abkühlung des Gussbauteils verloren, so dass das geschilderte Verfahren zudem energetisch besonders effizient ist.

[0030] Nach Beendigung der Auslagerung im Salzbad 18 wird das Gussbauteil 10 schließlich in ein Wasserbad 20 bei einer Temperatur von etwa 40°C bis 60°C überführt. Auch die Überführung zwischen dem Salzbad 18 und dem Wasserbad 20 geschieht bevorzugt schnell, d. h. in einem Zeitraum von wenigen Sekunden, um ein Auskristallisieren der Salzschmelze auf der Oberfläche des Gussbauteils 10 zu verhindern. Da am Gussbauteil anhaftende Salzreste so in geschmolzener Form in das Wasserbad 20 überführt werden, lösen sich die Salzreste besonders gut, so dass auf eine zusätzliche Reinigung des Gussbauteils 10 verzichtet werden kann. Durch die Temperierung des Wasserbades auf 40°C bis 60°C wird die Auflösung anhaftenden Salzes noch gefördert. Eine zusätzliche Verbesserung der Löslichkeit von Salzresten kann durch Agitieren des Wasserbades 20 erzielt werden.

[0031] Das Verfahren ist selbstverständlich nicht auf die vorstehend beschriebene T6-Glühung beschränkt. Alternativ kann im Rahmen der Erfindung beispielsweise auch eine Weichglühung durchgeführt werden, bei welchem das Gussbauteil 10 nach dem Lösungsglühen auf eine Temperatur zwischen 280° C und 420° C, bevorzugt zwischen 300° C und 380° C abgeschreckt und 2 min bis 20 min gehalten wird. Im Anschluss daran erfolgt unmittelbar das Abschrecken im Wasserbad 20.

[0032] Insgesamt ist so ein Verfahren zum Wärmebehandeln von Gussbauteilen 10 geschaffen, welches schnell und energieeffizient ist und aufgrund der kurzen Behandlungszeiten Verzüge der Gussbauteile 10 weitestgehend minimiert. Nach der Behandlung im Wasserbad 20 können weitere mechanische Behandlungsschritte wie das Entfernen von Gießresten, Entgraten oder Richten des Gussbauteils folgen. Die kurzen Verweilzeiten des Gussbauteils 10 in den Salzbädern 14, 16, 18 sowie im Wasserbad 20 ermöglichen die unmittelbare Integration der Wärmebehandlung in den Gießprozess und die Anpassung der Wärmebehandlungsschritte an die Taktzeiten des Gießwerkzeugs 12, so dass zudem auf Pufferöfen, logistisch aufwendige Zwischenlagerschritte und dergleichen verzichtet werden kann.

[0033] Neben der geschilderten dreistufigen Behandlung durch Lösungsglühen, Zwischenabkühlen und Auslagern ist auch eine zweistufige Behandlung von Gussbauteilen möglich, bei der die Auslagerung und das Zwischenabkühlen in einem einzigen Schritt zusammengefasst werden. Das Lösungsglühen wird hier für einen Zeitraum von 2 - 4 Minuten bei 490 °C - 510 °C, vorzugsweise bei 500 °C, durchgeführt. Auch in dieser Variante des Verfahrens wird hierzu vorzugsweise ein Salzbad 14 der beschriebenen Art verwendet. Unmittelbar nach dem Lösungsglühen wird das Gussbauteil 10 in ein weiteres

Salzbad 16 überführt und dort ebenfalls für 2 - 20 Minuten, vorzugsweise von 2 - 12 Minuten und besonders bevorzugt von 2 - 6 Minuten bei einer Temperatur zwischen 180 °C und 300 °C, vorzugsweise zwischen 220 °C und 300 °C gehalten. Besonders zweckmäßig ist eine Temperatur von 240° C bis 280 °C, insbesondere Temperaturen von 240 °C und 260 °C. Nach diesem Behandlungsschritt erfolgt noch ein Abschrecken des so behandelten Gussbauteils 10 im Wasserbad. Auf diese Art lassen sich besonders schnell die gewünschten Materialeigenschaften des Gussbauteils 10 erhalten.

[0034] Das beschriebene Verfahren eignet sich grundsätzlich für alle Druckgusslegierungen auf Aluminiumbasis, insbesondere für Aluminium-Silizium-Legierungen mit Magnesiumanteil. Für Bauteile mit besonders hohen Duktilitätsanforderungen kann beispielsweise eine Legierung der folgenden Zusammensetzung verwendet werden:

Silicium	9,5 - 11,5 Gew.-%;
Mangan	0,3 - 0,7 Gew.-%;
Eisen	0,15 - 0,35 Gew.-%;
Magnesium	0,15 - 0,6 Gew.-%;
Titan	max. 0,1 Gew.-%;
Strontium	90 - 180 Gew.-ppm;

[0035] Sowie wahlweise mit:

Chrom	0,1 - 0,3 Gew.-%;
Nickel	0,1 - 0,3 Gew.-%;
Cobalt	0,1 - 0,3 Gew.-%;

[0036] Der restliche Anteil der Legierung besteht dabei aus Aluminium mit einzeln nicht mehr als 0,05 Gew.-% und insgesamt nicht mehr als 0,2 Gew.-% herstellungsbedingten Verunreinigungen.

[0037] Fig. 3 zeigt in einer schematischen Darstellung den Ablauf eines weiteren Ausführungsbeispiels des Verfahrens, bei welchem nach dem Entformen aus der Gussform 12 zunächst ein Lösungsglühen des Gussbauteils 10 in einem Salzbad 14 erfolgt. Das Salzbad 14 enthält analog zu dem im Zusammenhang mit Fig.1 beschriebenen Ausführungsbeispiel eine Schmelze eines Gemisches aus Alkalimetallnitraten und -nitriten bei einer Temperatur T_1 von etwa 510°C. Das Gussbauteil 10 wird im ersten Salzbad 14 für eine Zeit t_1 von etwa 3 min gehalten.

[0038] Nach dem Lösungsglühen des Gussbauteils 10 im Salzbad 14 wird dieses wiederum in das weitere Salzbad 16 überführt. Auch dieses Salzbad 16 enthält eine Schmelze aus gemischten Alkalimetallnitraten und -nitriten. Hierbei ist zu beachten, dass die Überführung des Gussbauteils 10 zwischen den Salzbädern 14 und 16 vorzugsweise in einem kurzen Zeitraum t_2 von höchstens 15 s erfolgt, um ein zu tiefes Abkühlen des Gussbauteils 10 zu vermeiden.

[0039] Die Temperatur T_2 des Salzbades 16 liegt hier bei etwa 240°C bis 280°C, und insbesondere bei etwa 260 °C. Da die Abkühlrate des Gussbauteils 10 während des Haltens im zweiten Salzbad 16 vorliegend unterhalb von -40 K pro s, und insbesondere bei -55 bis -65 K pro s, liegt, ergibt sich im vorliegenden Fall bereits hier ein Abschrecken des Gussbauteils 10. Dabei wird das Gussbauteil 10 vorzugsweise für eine Haltezeit t_3 von 2 s bis 30 s, und insbesondere etwa 10 s im Salzbad 16 gehalten. Bereits durch die kurze Haltezeit wird hier die Ausscheidung von Mg_2Si verhindert.

[0040] Schließlich wird das Gussbauteil 10 wiederum in ein Wasserbad 20 vorzugsweise etwa bei Raumtemperatur überführt. Auch die Überführung zwischen dem Salzbad 16 und dem Wasserbad 20 geschieht bevorzugt schnell, d. h. in einem Zeitraum von wenigen Sekunden, um ein Auskristallisieren der Salzschmelze auf der Oberfläche des Gussbauteils 10 zu verhindern. Im vorliegenden Fall dient das Wasserbad 20 somit lediglich der Reinigung und nicht der Abschreckung des Gussbauteils 10, welche bereits im Salzbad 16 erfolgt ist. Da am Gussbauteil 10 anhaftende Salzreste so in geschmolzener Form in das Wasserbad 20 überführt werden, lösen sich die Salzreste besonders gut, so dass auf eine zusätzliche Reinigung des Gussbauteils 10 verzichtet werden kann.

[0041] An dieser Stelle sei angemerkt, dass dem Wasserbad 20 Reinigungszusätze beigegeben sein können. Außerdem ist es im Rahmen der Erfindung als mit umfasst zu betrachten, dass ein mehrstufiges Wasserbad 20 vorgesehen sein kann.

[0042] Schließlich findet bei dem in Fig. 3 beschriebenen Verfahren eine separate Auslagerung in einer Auslagerungseinrichtung 22 statt, welche vorzugsweise einen Wärmebehandlungsofen umfasst. Hierbei wird das Gussbauteil 10 beispielsweise in bewegter Luft bei einer Temperatur von 220°C bis 300°C, und insbesondere bei etwa 260 °C in einem Zeitraum von 40 min bis 60 min, und insbesondere etwa 50 min, ausgelagert. Derartige Auslagerungszeiten ergeben eine hohe Duktilität des Gussbauteils 10.

[0043] Das vorliegend beschriebene Verfahren eignet sich dabei insbesondere bei der oben angegebenen Legierung, ist jedoch nicht auf diese beschränkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Wärmebehandeln eines Gussbauteils (10) aus einer Aluminiumbasislegierung, bei welchem das Gussbauteil (1 0) direkt aus der Gussform entnommen bei einer vorgegebenen Glühtemperatur (T1) für einen vorgegebenen Glühzeitraum (t1) in einem ersten Wärmeübertragungsmedium (14) geglüht und anschließend in ein Wasserbad (20) überführt wird,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   das Gussbauteil (10) zwischen dem Glühen und dem Überführen in das Wasserbad (20) in ein zweites

Wärmeübertragungsmedium (16) mit einer vorgegebenen Zwischenabkühltemperatur (T2) überführt wird, wobei das Überführen des Gussbauteils (10) aus dem ersten (14) in das zweite Wärmeübertragungsmedium (16) in einem Zeitraum (t2) von 0 s bis 15 s erfolgt und das Gussteil dort für einen vorgegebenen Zwischenabkühlzeitraum (t3) unterhalb der Schwellentemperatur für Ausscheidung von Magnesiumsilizid gehalten wird gehalten wird und dass während des Überführens des Gussbauteils (10) aus dem ersten (14) in das zweite Wärmeübertragungsmedium (16) eine Temperatur des Gussbauteils (10) oberhalb einer Temperatur von 420 °C, insbesondere oberhalb von 450 °C, gehalten wird und als erstes und/oder zweites Wärmeübertragungsmedium (14, 16) ein Salzbad verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Zwischenabkühltemperatur (T2) 1 50 °C - 380 °C, und insbesondere 240 °C - 280 °C, beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Zwischenabkühlzeitraum (t3) 3 s bis 10 min, und insbesondere 3 s bis 1 0 s, beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Abkühlrate des Gussbauteils (1 0) während des Haltens im zweiten Wärmeübertragungsmedium (1 6) < - 40 K pro s, und insbesondere -55 bis -65 K pro s, beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Gussbauteil (10) vor dem Abschrecken in ein drittes Wärmeübertragungsmedium (18) mit einer vorgegebenen
Auslagerungstemperatur (T3) überführt und dort für einen vorgegebenen Auslagerungszeitraum (t4) gehalten wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Gussbauteil (10) vor dem Abschrecken für einen vorgegebenen Auslagerungszeitraum (t4) bei einer vorgegebenen Auslagerungstemperatur (T3) nach dem Zwischenabkühlzeitraum (t3) in dem zweiten Wärmeübertragungsmedium (16) gehalten wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Auslagerungstemperatur (T3) 220 °C - 300 °C, und insbesondere 160°C -280 °C, beträgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Glühtemperatur (Tl) 460 °C - 540 °C beträgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Glühzeitraum (t_l) 10 s - 10 min, und insbesondere 1 ,5 min - 3 min, beträgt.

10. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Salzbad (14, 16, 18) eine Salzschmelze verwendet wird, welche Natriumnitrat und/oder Kaliumnitrat und/oder Natriumnitrit enthält.

Claims

1. Method for heat-treating a cast component (10) made of an aluminum base alloy, in which method the cast component (10), taken directly out of the casting mold, is annealed at a predefined annealing temperature (T1) for a predefined annealing period (t1) in a first heat transfer medium (14) and then transferred into a water bath (20),
characterized in that,
between being annealed and transferred into the water bath (20), the cast component (10) is transferred into a second heat transfer medium (16) at a predefined intermediate cooling temperature (T2), wherein the cast component (10) is transferred from the first heat transfer medium (14) into the second heat transfer medium (16) over a period (t2) of 0 s to 15 s and the cast component is held there for a predefined intermediate cooling period (t3) below the threshold temperature for depostition of magnesium silicide and **in that**, as the cast component (10) is being transferred from the first heat transfer medium (14) into the second heat transfer medium (16), a temperature of the cast component (10) is held above a temperature of 420°C, in particular above 450°C, and a salt bath is used as the first and/or second heat transfer medium (14, 16).

2. Method according to Claim 1,
characterized in that
the intermediate cooling temperature (T2) is 150°C - 380°C, and in particular 240°C - 280°C.

3. Method according to Claim 1 or 2,
characterized in that
the intermediate cooling period (t3) amounts to 3 s to 10 min, and in particular 3 s to 10 s.

4. Method according to one of Claims 1 to 3,
characterized in that
a cooling rate of the cast component (10) as it is being held in the second heat transfer medium (16) is < -40 K per s, and in particular - 55 to -65 K per s.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that**, before it is quenched, the cast component (10) is transferred into a third heat transfer medium (18) at a predefined age-hardening temperature (T3), where it is held for a predefined age-hardening period (t4).

6. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that**, before it is quenched, the cast component (10) is held for a predefined age-hardening period (t4) at a predefined age-hardening temperature (T3) after the intermediate cooling period (t3) in the second heat transfer medium (16).

7. Method according to Claim 1, **characterized in that** the age-hardening temperature (T3) is 220°C - 300°C, and in particular 160°C - 280°C.

8. Method according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the annealing temperature (T1) is 460°C - 540°C.

9. Method according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the annealing period (t_I) amounts to 10 s - 10 min, and in particular 1.5 min - 3 min.

10. Method according to Claim 1 or 5, **characterized in that** a molten salt containing sodium nitrate and/or potassium nitrate and/or sodium nitrite is used as the salt bath (14, 16, 18).

Revendications

1. Procédé destiné au traitement thermique d'une pièce coulée (10) en un alliage à base d'aluminium, selon lequel la pièce coulée (10) est prélevée directement à partir de la matrice de formage, recuite à une température de recuit (T1) prédéterminée pendant une durée de recuit (t1) prédéterminée dans un premier milieu caloporteur (14), puis transférée dans un bain d'eau (20), **caractérisé en ce que** la pièce coulée (10) est transférée entre le recuit et le passage dans le bain d'eau (20) dans un deuxième milieu caloporteur (16) à une température de refroidissement intermédiaire (T2) prédéterminée, où le passage de la pièce coulée (10) en dehors du premier milieu caloporteur (14) dans le deuxième milieu caloporteur (16) est réalisé dans un intervalle (t2) compris entre 0 s et 15 s et la pièce coulée y est maintenue pendant une durée de refroidissement intermédiaire (t3) prédéterminée au-dessous de la température de seuil pour la séparation du siliciure de magnésium ; et **caractérisé en ce que** pendant le passage de la pièce coulée (10) en dehors du premier milieu caloporteur (14) dans le deuxième milieu caloporteur (16), une température de la pièce coulée (10) est maintenue au-dessus d'une température de 420 °C, en particulier au-dessus de 450 °C, et un bain de sel est utilisé comme premier et/ou comme deuxième milieu caloporteur (14, 16).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la température de refroidissement intermédiaire (T2) est comprise entre 150 °C et 380 °C et, en particulier, est comprise entre 240 °C et 280 °C.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la durée de refroidissement intermédiaire (t3) est comprise entre 3 s et 10 min et, en particulier, est comprise entre 3 s et 10 s.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** une vitesse de refroidissement de la pièce coulée (10) pendant le maintien dans le deuxième milieu caloporteur (16) s'élève à < -40 K par seconde et, en particulier, est comprise à une valeur comprise entre -55 et -65 K par seconde.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** avant le trempage, la pièce coulée (10) est transférée dans un troisième milieu caloporteur (18) à une température de transfert (T3) prédéterminée et y est maintenue pendant une durée de transfert (t4) prédéterminée.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** avant le trempage, la pièce coulée (10) est maintenue pendant une durée de transfert (t4) prédéterminée à une température de transfert (T3) prédéterminée, après la durée de refroidissement intermédiaire (t3) dans le deuxième milieu caloporteur (16).

7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la température de transfert (T3) est comprise entre 220 °C et 300 °C et, en particulier, est comprise entre 160 °C et 280 °C.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la température de recuit (TI) est comprise entre 460 °C et 540 °C.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la durée de recuit (t_I) est comprise entre 10 s et 10 min et, en particulier, est comprise entre 1,5 min et 3 min.

10. Procédé selon la revendication 1 ou 5, **caractérisé en ce que** un sel fondu est utilisé comme bain de sel (14, 16, 18), lequel contient du nitrate de sodium et/ou du nitrate de potassium et/ou du nitrite de sodium.

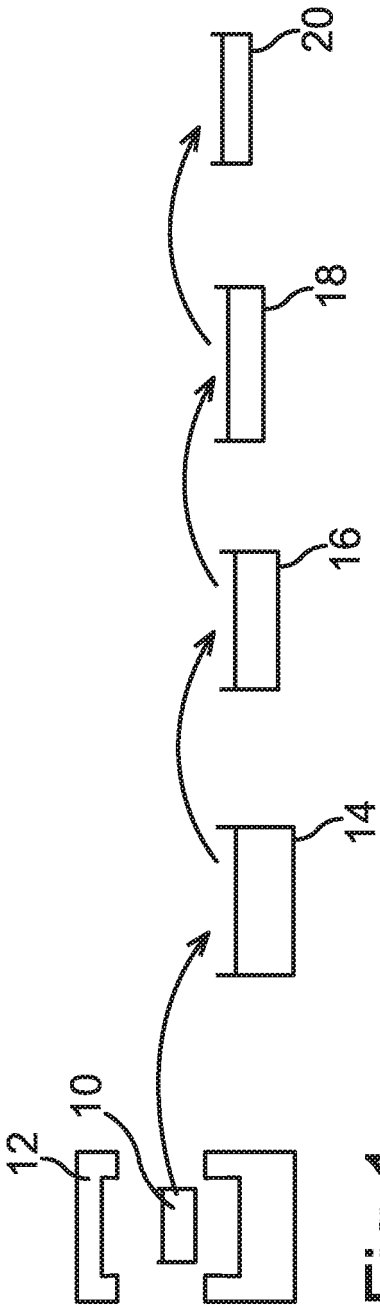


Fig.1

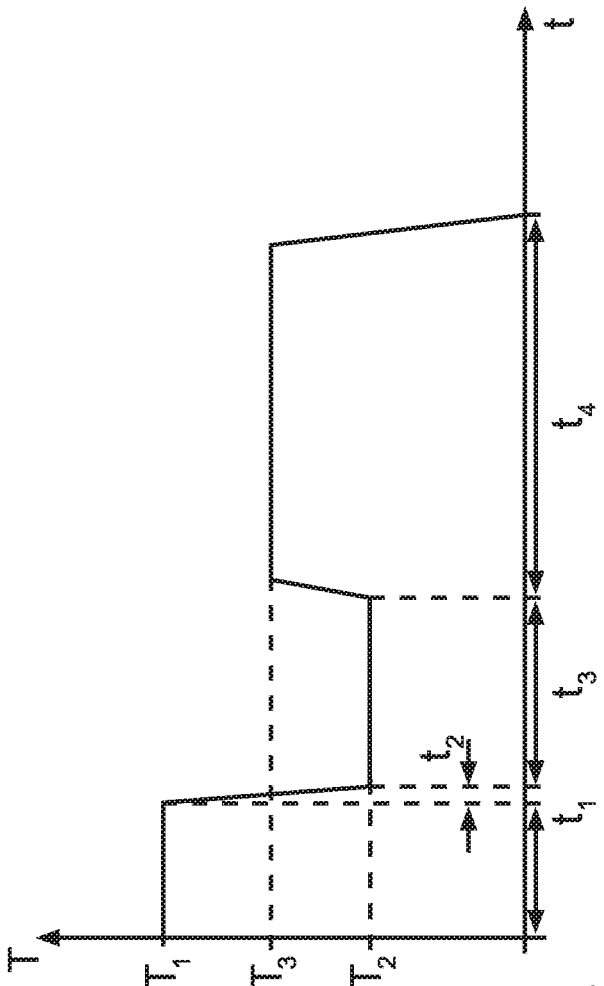


Fig.2

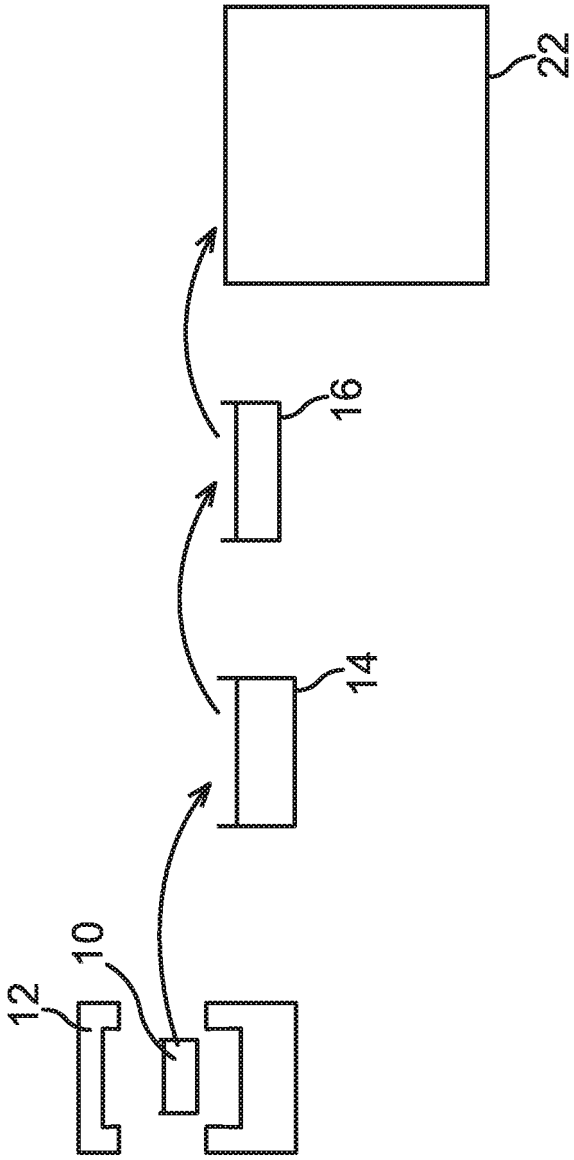


Fig.3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2810958 **[0002]**