

(19)



(11)

EP 3 550 036 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.01.2022 Patentblatt 2022/01

(51) Int Cl.:

C21D 1/02 (2006.01)

B22D 17/00 (2006.01)

C22F 1/04 (2006.01)

C22F 1/043 (2006.01)

C22F 1/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18166034.1**

(22) Anmeldetag: **06.04.2018**

(54) **DIRECT AGING**

DIRECT AGING

VIEILLISSEMENT DIRECT

(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**

• **HOSSINGER, Julian**
78224 Singen (DE)

• **JUST, Michael**
8212 Neunkirch (CH)

• **VAISSIERE, Loic**
78640 Neauphle le Vieux (FR)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.10.2019 Patentblatt 2019/41

(74) Vertreter: **Fenner, Seraina**

Georg Fischer AG
Amsler-Laffon-Strasse 9
8201 Schaffhausen (CH)

(73) Patentinhaber: **GF Casting Solutions AG**
8200 Schaffhausen (CH)

(72) Erfinder:

• **BUCH, Christophe**
78333 Stockach (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 0 796 926

US-A1- 2004 140 026

US-A1- 2010 101 691

US-B1- 6 224 693

EP 3 550 036 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils vorzugsweise eines im Druckgussverfahren hergestellten Leichtmetallgusslegierungsbauteils vorzugsweise mit mechanischen Eigenschaften von $R_{p0,2} \geq 120$ MPa und einer Bruchdehnung A grösser 5%.

[0002] Beim Herstellen bzw. bei der anschliessenden Wärmebehandlung von Bauteilen aus Aluminiumlegierungen, insbesondere von Druckgussbauteilen vorzugsweise für die Anwendung im Fahrzeugbau, müssen die Bauteile nach dem Giessen in der Regel einer Wärmebehandlung unterzogen werden, um die notwendigen Materialeigenschaften zu erreichen.

[0003] Für Bauteile aus Aluminium-Silizium-Legierungen, die eine besonders gute Härte bzw. Festigkeit aufweisen sollen, wird nach Stand der Technik hierfür nach dem Giessen und dem Abkühlen des Bauteils ein Lösungsglühen bzw. erneutes Aufheizen angewandt. Beim Lösungsglühen werden möglichst viele aushärtende Legierungsbestandteile im Mischkristall gelöst. Die eigentliche Aushärtung erfolgt im Anschluss an die Lösungsglühung durch ein Warmauslagern bei erhöhten Temperaturen ≥ 150 °C. Beim Warmauslagern scheiden sich die mit sinkender Temperatur weniger gut löslichen Legierungsbestandteile wieder aus, was den gewünschten Aushärtungseffekt ergibt.

[0004] Die DE 10 2008 046 803 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Gussbauteils bei dem das Gussbauteil nach dem Giessprozess lösungsgeglüht wird und anschliessend in einem mehrstufigen Prozess ausgelagert wird.

[0005] In der DE 10 2010 061 895 A1 wird ein Verfahren offenbart, bei dem das Gussbauteil auf eine Glüh-temperatur gebracht und über eine vorgegebene Zeit dort gehalten und anschliessend abgeschreckt wird, wobei zwischen dem Glühen und Abschrecken eine Zwischenabkühlung und ein Auslagern erfolgt, wobei nach der Zwischenabkühlung das Gussbauteil wieder eine Erwärmung auf die Auslagerungstemperatur erfährt und dort über eine vorgegebene Zeitdauer gehalten wird.

[0006] Auch die DE 10 2012 008 245 A1 offenbart ein Verfahren in dem es vorteilhaft ist das Gussbauteil vor einem Auslagern einem Lösungsglühen zu unterziehen. Das Auslagern erfolgt dann in zwei Stufen, wobei die erste Auslagerungstemperatur tiefer ist und das Gussbauteil anschliessend auf eine höhere Auslagerungstemperatur gebracht wird und auch dort über eine gewisse Zeit auf dieser Auslagerungstemperatur gehalten wird.

[0007] EP0 796 926 A1 und US 6 224 693 B1 offenbaren Verfahren zur Wärmebehandlung Leichtmetallgusslegierungsbauteils.

[0008] Die aus dem Stand der Technik bekannten Wärmebehandlungsverfahren zum Erreichen der geforderten Materialeigenschaften weisen den Nachteil auf, dass sie durch ein Abkühlen auf Raumtemperatur nach dem

Entformen und ein anschliessendes Lösungsglühen wieder einen hohen Energieaufwand einbringen müssen um das Lösungsglühen nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur umzusetzen. Ebenso sind diese Arten von Wärmebehandlungen sehr zeitaufwendig.

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung ein Verfahren vorzuschlagen, welches den Energie- und Zeitaufwand optimiert und vergleichbare Materialeigenschaften des Leichtmetallgusslegierungsbauteils erreicht werden wie bei Bauteilen, die der aus dem Stand der Technik bekannten Wärmebehandlung unterzogen wurden. Des Weiteren ist es Aufgabe die Prozesszeit eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils zu verkürzen.

[0010] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäss durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Das erfindungsgemässe Verfahren zur Wärmebehandlung eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils vorzugsweise eines im Druckgussverfahren hergestellten Leichtmetallgusslegierungsbauteils beinhaltet folgende Schritte:

Das Leichtmetallgusslegierungsbauteil wird direkt nach dem Entformen, somit also nach dem Giessprozess, auf eine Auslagerungstemperatur oberhalb der Raumtemperatur gebracht. Es wird darauf verzichtet eine komplette Abkühlung auf Raumtemperatur zu diesem Zeitpunkt durchzuführen wie das aus dem Stand der Technik bekannt und üblich ist.

[0012] Die Abkühlung des Leichtmetallgusslegierungsbauteils auf Auslagerungstemperatur erfolgt kontrolliert und geregelt, das heisst, aufgrund der Ermittlung der Bauteiltemperatur wird entsprechend die Intensität der Kühlung geregelt. Vorzugsweise erfolgt die Abkühlung stetig.

[0013] Vorzugsweise erfolgt die Kontrolle der Bauteiltemperatur und die entsprechende Regelung der Kühlung in Zeitintervallen oder auch eine konstante Überwachung mit konstanter Regelung ist denkbar.

[0014] Als vorteilhafte Ausgestaltung hat sich auch gezeigt, dass beim erfindungsgemässen Verfahren die Abkühlung bis auf Warmauslagerungstemperatur mittels eines flüssigen Mediums unterstützt wird, wobei dies partiell oder auf das ganze Leichtmetallgusslegierungsbauteil angewandt wird. Dies unterstützt das Erreichen der geforderten Materialeigenschaften, sowie bei der partiellen Anwendung des flüssigen Mediums, dass gezielte Bereiche gewisse Materialeigenschaften aufweisen und die Bereiche, die nicht mittels des flüssigen Mediums gekühlt werden, andere Eigenschaften bzw. tiefere Werte aufweisen.

[0015] Das Leichtmetallgusslegierungsbauteil wird direkt nach dem Entformen und der daran anschliessenden kontrollierten und geregelten Abkühlung während einer definierten Auslagerungszeit auf der Auslagerungstemperatur gehalten. Anschliessend wird das Leichtmetallgusslegierungsbauteil auf Raumtemperatur abgekühlt, wobei dies vorzugsweise an der Umgebungsluft

durchgeführt wird.

[0016] Vorzugsweise wird die Bauteiltemperatur während des Abkühlens überwacht und die Kühlung entsprechend geregelt, dadurch wird eine kontrollierte Abkühlung des Bauteils erreicht. Unter anderem gewährleistet die kontrollierte Abkühlung das Erreichen der geforderten Materialeigenschaften, welche den Eigenschaften eines Bauteils hergestellt nach einem Verfahren aus dem Stand der Technik entsprechen, die mittels einer Wärmebehandlung erreicht werden, die ein Lösungsglühen beinhaltet und mechanische Eigenschaften von $R_{p0,2} \geq 120$ MPa und einer Bruchdehnung A grösser 5% aufweist.

[0017] Vorteilhaft ist es, wenn die Bauteiltemperatur optisch oder mittels Kontakt am Leichtmetallgusslegierungsbauteil überwacht wird. Eine optische Temperaturmessung kann beispielsweise mittels einer Wärmebildkamera durchgeführt werden sowie eine Kontaktmessung mittels Wärmestaster durchgeführt werden kann.

[0018] Die Leichtmetallgusslegierungsbauteile werden keinem Lösungsglühen unterziehen, dies bringt den Vorteil mit sich, dass zur Erreichung der gewünschten Materialeigenschaften nur eine geringe Energiezufuhr erforderlich ist, da die gewünschten Materialeigenschaften mittels blosser kontrolliertem und regeltem Abkühlen der Bauteile bis zur Auslagerungstemperatur und dem dortigen Halten für eine gewisse Zeit erreicht werden. Dadurch wird mindestens ein erneuter Aufwärmvorgang eingespart, was eine Energie- und Zeitreduktion mit sich bringt.

[0019] Das Leichtmetallgusslegierungsbauteil wird nach dem Entformen nicht mehr erwärmt bzw. das Bauteil erfährt keinen Temperaturanstieg nach dem Entformen wodurch eine Energiereduktion möglich ist, da nur so viel Energie eingebracht werden muss, um das Bauteil während der Auslagerung auf Temperatur zu halten.

[0020] Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens liegt darin, dass das Leichtmetallgusslegierungsbauteil auf eine Auslagerungstemperatur gebracht wird die zwischen 80 - 280°C liegt, vorzugsweise zwischen 120 - 260°C. Vorteilhaft ist es wenn das Leichtmetallgusslegierungsbauteil auf der Auslagerungstemperatur T_A über eine Auslagerungszeit von 10 min. bis 10 h gehalten wird, bevorzugt über eine Auslagerungszeit von 20 min. bis 400 min. speziell bevorzugt über eine Auslagerungszeit von 30 min. bis 240 min. Diese Zeitintervalle wie auch Temperaturbereiche unterstützen die Bildung der gewünschten Materialeigenschaften.

[0021] Vorzugsweise erfolgt das Abkühlen auf Raumtemperatur nach dem Auslagern an beruhigter oder bewegter Luft oder mit Wasser, vorzugsweise im Wasserbad. Dies ermöglicht die Bauteile in einem blossen Speicher zu lagern oder auch mittels eines Lüfters die Luftzirkulation zu unterstützen.

[0022] Als vorteilhafte Ausgestaltung hat sich gezeigt, dass beim erfindungsgemässen Verfahren das Abkühlen auf Raumtemperatur nach dem Auslagern mittels eines

flüssigen Mediums unterstützt wird, wobei dies partiell oder auf das ganze Leichtmetallgusslegierungsbauteil angewandt wird. Dies unterstützt das Erreichen der geforderten Materialeigenschaften, sowie bei der partiellen Anwendung des flüssigen Mediums gezielte Bereiche gewisse Materialeigenschaften aufweisen werden und die Bereiche, die nicht mittels des flüssigen Mediums gekühlt werden andere Eigenschaften bzw. tiefere Werte aufweisen werden.

[0023] Vorzugsweise wird das Leichtmetallgusslegierungsbauteil nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur einem nachgeschalteten Oberflächenveredelungsprozess unterworfen, vorzugsweise einem Kathodentauchlackierprozess, wobei dieser Oberflächenveredelungsprozess eine Wiedererwärmung beinhaltet, vorzugsweise mittels Ofen, und die Auslagerungszeit um die Zeit der Wiedererwärmung verkürzt wird. Dadurch kann die Verfahrenszeitdauer reduziert werden und die geforderten Materialeigenschaften werden dennoch erreicht. Somit verkürzt sich die Auslagerungszeit um die Zeitdauer in der sich das Leichtmetallgusslegierungsbauteil in der Wiedererwärmung des nachgeschalteten Oberflächenveredelungsprozesses befindet und die gesamte Verfahrensdauer nach dem Entformen des Leichtmetallgusslegierungsbauteils verlängert sich nicht durch einen nachgeschalteten Prozess.

[0024] Alle Ausgestaltungsmöglichkeiten sind untereinander frei kombinierbar.

[0025] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Figuren beschrieben, wobei sich die Erfindung nicht nur auf das Ausführungsbeispiel beschränkt. Es zeigen:

Fig. 1 ein Zeit-Temperatur-Diagramm des erfindungsgemässen Verfahrens zur Wärmebehandlung eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils und

Fig. 2 ein Zeit-Temperatur-Diagramm des erfindungsgemässen Verfahrens zur Wärmebehandlung eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils mit anschliessendem Kathodentauchlackieren.

[0026] Das in Fig. 1 dargestellte Diagramm zeigt ein Zeit-Temperatur-Diagramm des erfindungsgemässen Verfahrens zur Wärmebehandlung eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils nach dem Entformen des Leichtmetallgusslegierungsbauteils. Nach dem Entformen wird das Leichtmetallgusslegierungsbauteil, das eine Entformungstemperatur T_E aufweist, direkt auf eine Auslagerungstemperatur T_A gebracht, vorzugsweise durch Abkühlen, bei welcher das Leichtmetallgusslegierungsbauteil über eine Zeit t_A ausgelagert wird. Die Abkühlung bis zur Auslagerungstemperatur T_A erfolgt kontrolliert und geregelt, vorzugsweise über die Erfassung der Temperatur des Bauteils, wobei diese konstant oder über Zeitintervalle erfolgen kann, und die entsprechende Regelung einer vorzugsweise aktiven Kühlung aufgrund der

gemessenen Bauteiltemperatur. Es erfolgt beim erfindungsgemässen Verfahren kein Lösungsglühen oder sonstiger Temperaturanstieg nach dem Entformen und vor dem ersten Abkühlen auf Raumtemperatur. Direkt nach dem Auslagern bei einer Temperatur T_A wird das Leichtmetallgusslegierungsbauteil auf Raumtemperatur T_R abgekühlt, wodurch sich das erfindungsgemässe Verfahren zur Wärmebehandlung eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils auf eine Zeitdauer von t_{DA_Lang} erstreckt.

[0027] Fig. 2 zeigt das erfindungsgemässe Verfahren in einem Zeit-Temperatur-Diagramm bei welchem nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur T_R bzw. dem Durchführen des erfindungsgemässen Verfahrens zur Wärmebehandlung eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils ein nachgeschalteter Oberflächenveredelungsprozess erfolgt, vorzugsweise eine Kathodenlackierung, bei welchem das Leichtmetallgusslegierungsbauteil eine anschliessende Wärmezufuhr einer Temperatur T_{Warm} erfährt und über eine bestimmte Zeit t_{Warm} gehalten wird.

[0028] Aufgrund einer anschliessenden Wärmezufuhr während des Oberflächenveredelungsprozess über die Zeitdauer t_{Warm} wird entsprechend vorab die Zeitdauer des Auslagerns t_A reduziert, wodurch sich die Zeitdauer t_{DA_Kurz} des vorliegenden Verfahrens zur Wärmebehandlung verkürzt, trotz dieser Verkürzung der Auslagerung t_A werden die Materialeigenschaften erreicht wie gefordert bzw. entsprechen den Werten eines aus dem Stand der Technik bekannten Wärmeverfahrens mit Lösungsglühen wie auch dem erfindungsgemässen Verfahren über die Zeitdauer t_{A_Lang} .

Bezugszeichenliste

[0029]

T	Temperatur
t	Zeit
T_E	Bauteiltemperatur nach dem Entformen (ca. 280-350°C)
T_A	Auslagerungstemperatur (ca. 80-280°C)
T_{Warm}	Temperatur während der Wiedererwärmung durch den nachgeschalteten Oberflächenveredelungsprozess (ca. 200°C)
T_R	Raumtemperatur
t_A	Zeitdauer Auslagern (ca. 10min.-10h)
t_{DA_Lang}	Zeitdauer des erfindungsgemässen Verfahrens ohne anschliessenden nachgeschalteten Oberflächenveredelungsprozess
t_{DA_Kurz}	Zeitdauer des erfindungsgemässen Verfahrens mit anschliessendem nachgeschalteten Oberflächenveredelungsprozess
t_{Warm}	Zeitdauer während der Wiedererwärmung durch den nachgeschalteten Oberflächenveredelungsprozess

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung eines Leichtmetallgusslegierungsbauteils vorzugsweise eines im Druckgussverfahren hergestellten Leichtmetallgusslegierungsbauteils vorzugsweise mit mechanischen Eigenschaften von $R_{p0,2} \geq 120$ MPa und einer Bruchdehnung A grösser 5% **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Leichtmetallgusslegierungsbauteil direkt nach dem Entformen mit einer Entformtemperatur T_E auf eine Auslagerungstemperatur T_A oberhalb der Raumtemperatur T_R gebracht wird,
- wobei die Abkühlung des Leichtmetallgusslegierungsbauteils auf die Auslagerungstemperatur T_A kontrolliert und geregelt erfolgt, und
- das Leichtmetallgusslegierungsbauteil direkt anschliessend an die Abkühlung während einer definierten Auslagerungszeit t_A auf der Auslagerungstemperatur T_A gehalten wird
- wobei das Leichtmetallgusslegierungsbauteil nach dem Entformen und vor dem Abkühlen auf Raumtemperatur bzw. zwischen Entformen und Erreichen der Raumtemperatur T_R keinen Temperaturanstieg mehr erfährt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauteiltemperatur während des Abkühlens überwacht und die Kühlung entsprechend geregelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauteiltemperatur optisch oder mittels Kontakt am Leichtmetallgusslegierungsbauteil überwacht wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leichtmetallgusslegierungsbauteil nach dem Entformen und vor dem Abkühlen auf Raumtemperatur T_R bzw. zwischen Entformen und Erreichen der Raumtemperatur T_R ausschliesslich gekühlt oder auf Temperatur gehalten wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leichtmetallgusslegierungsbauteil auf eine Auslagerungstemperatur T_A gebracht wird, wobei die Auslagerungstemperatur T_A zwischen 80 - 280°C liegt, speziell bevorzugt zwischen 120 - 260°C.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leichtmetallgusslegierungsbauteil auf der Auslagerungstemperatur T_A über eine Auslagerungszeit t_A von 10 min. bis 10 h gehalten wird, bevorzugt über eine Aus-

lagerungszeit t_A von 20 min. bis 400 min. speziell bevorzugt über eine Auslagerungszeit t_A von 30 min. bis 240 min.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abkühlen auf Raumtemperatur T_R nach dem Auslagern t_A an beruhigter oder bewegter Luft erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abkühlen auf Raumtemperatur T_R nach dem Auslagern t_A mittels eines flüssigen Mediums unterstützt wird, wobei dies partiell oder auf das ganze Leichtmetallgusslegierungsbauteil angewandt wird.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leichtmetallgusslegierungsbauteil nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur T_R einen Oberflächenveredelungsprozess erfährt, wobei die Auslagerungszeit t_A um die Zeit t_{Warm} der Wiedererwärmung des Oberflächenveredelungsprozesses verkürzt wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Oberflächenveredelungsprozess als Kathodentauchlackierung erfolgt.

Claims

1. Method for the heat treatment of a light metal casting alloy component, preferably of a light metal casting alloy component produced by die casting, preferably having mechanical properties of $R_{p0.2} \geq 120$ MPa and an elongation at break A of greater than 5%, **characterized in that**
 - the light metal casting alloy component is brought to an age-hardening temperature T_A above the room temperature T_R directly after being demoulded at a demoulding temperature T_E ,
 - wherein the light metal casting alloy component is cooled down to the age-hardening temperature T_A with checking and regulation, and,
 - directly after it has been cooled down, the light metal casting alloy component is kept at the age-hardening temperature T_A for a defined age-hardening time t_A ,
 - wherein, after being demoulded and prior to being cooled down to room temperature or between demoulding and reaching the room temperature T_R , the light metal casting alloy component does not undergo any further increase in temperature.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that**

the component temperature is monitored during the cooling down operation and the cooling is regulated accordingly.

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the component temperature is monitored visually or by contact with the light metal casting alloy component.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, after being demoulded and prior to being cooled down to room temperature T_R or between demoulding and reaching the room temperature T_R , the light metal casting alloy component is exclusively cooled or held at a temperature.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the light metal casting alloy component is brought to an age-hardening temperature T_A , wherein the age-hardening temperature T_A is between 80 - 280°C, especially preferably between 120 - 260°C.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the light metal casting alloy component is held at the age-hardening temperature T_A for an age-hardening time t_A of 10 min. to 10 h, preferably for an age-hardening time t_A of 20 min. to 400 min., especially preferably for an age-hardening time t_A of 30 min. to 240 min.
7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling down to room temperature T_R takes place after the age-hardening t_A using calmed or moving air.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling down to room temperature T_R after the age-hardening t_A is assisted by a liquid medium, wherein said liquid medium is applied to part or to all of the light metal casting alloy component.
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, after being cooled down to room temperature T_R , the light metal casting alloy component undergoes a surface finishing process, wherein the age-hardening time t_A is reduced by the time t_{Warm} taken for the reheating of the surface finishing process.
10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the surface finishing process is in the form of cathodic dip coating.

Revendications

1. Procédé pour le traitement thermique d'une pièce coulée en alliage métallique léger de préférence d'une pièce coulée en alliage métallique léger fabriquée dans un procédé de coulée sous pression de préférence comportant des propriétés mécaniques de $R_{p0,2} \geq 120$ MPa et une elongation à la rupture A supérieure à 5 %, **caractérisé en ce que**
 - la pièce coulée en alliage métallique léger est amenée, directement après le démoulage avec une température de démoulage T_E , à une température de recuit T_A supérieure à la température ambiante T_R ,
 - le refroidissement de la pièce coulée en alliage métallique léger à la température de recuit T_A étant réalisée de manière contrôlée et régulée, et
 - la pièce coulée en alliage métallique léger est maintenue, directement après le refroidissement, à la température de recuit T_A pendant un temps de recuit t_A défini
 - la pièce coulée en alliage métallique léger ne subissant plus aucune élévation de température après le démoulage et avant le refroidissement à la température ambiante, respectivement entre le démoulage et l'atteinte de la température ambiante T_R .
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la température de pièce est contrôlée pendant le refroidissement et le refroidissement est régulé en conséquence.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la température de pièce est contrôlée optiquement ou au moyen d'un contact au niveau de la pièce coulée en alliage métallique léger.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce coulée en alliage métallique léger est exclusivement refroidie ou maintenue à température, après le démoulage et avant le refroidissement à la température ambiante T_R , respectivement entre le démoulage et l'atteinte de la température ambiante T_R .
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce coulée en alliage métallique léger est amenée à une température de recuit T_A , la température de recuit T_A se situant entre 80 et 280 °C, notamment préférentiellement entre 120 et 260 °C.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce coulée en alliage métallique léger est maintenue à la température de recuit T_A pendant un temps de recuit t_A de 10 min. à 10 h, préférentiellement pendant un temps de recuit t_A de 20 min. à 400 min., particulièrement préférentiellement pendant un temps de recuit t_A de 30 min. à 240 min..
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le refroidissement à la température ambiante T_R après le recuit t_A est réalisé à l'air calmé ou en mouvement.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le refroidissement à la température ambiante T_R après le recuit t_A est soutenu au moyen d'un milieu liquide, ceci étant appliqué partiellement ou sur la pièce coulée en alliage métallique léger entière.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce coulée en alliage métallique léger, après le refroidissement à la température ambiante T_R , subit un processus d'ennoblissement de surface, le temps de recuit t_A étant raccourci du temps t_{warm} du réchauffage du processus d'ennoblissement de surface.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le processus d'ennoblissement de surface est réalisé en tant qu'électrodéposition de cathode.

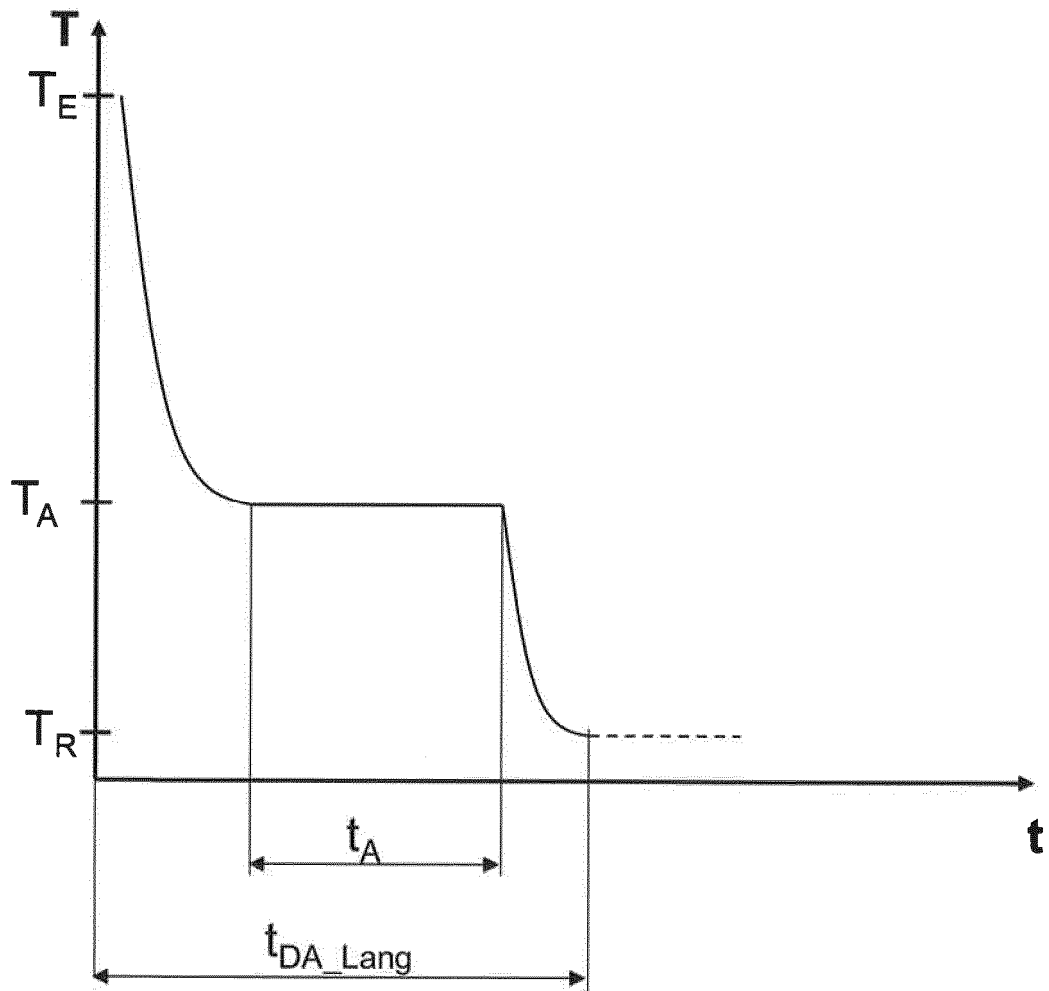


Fig. 1

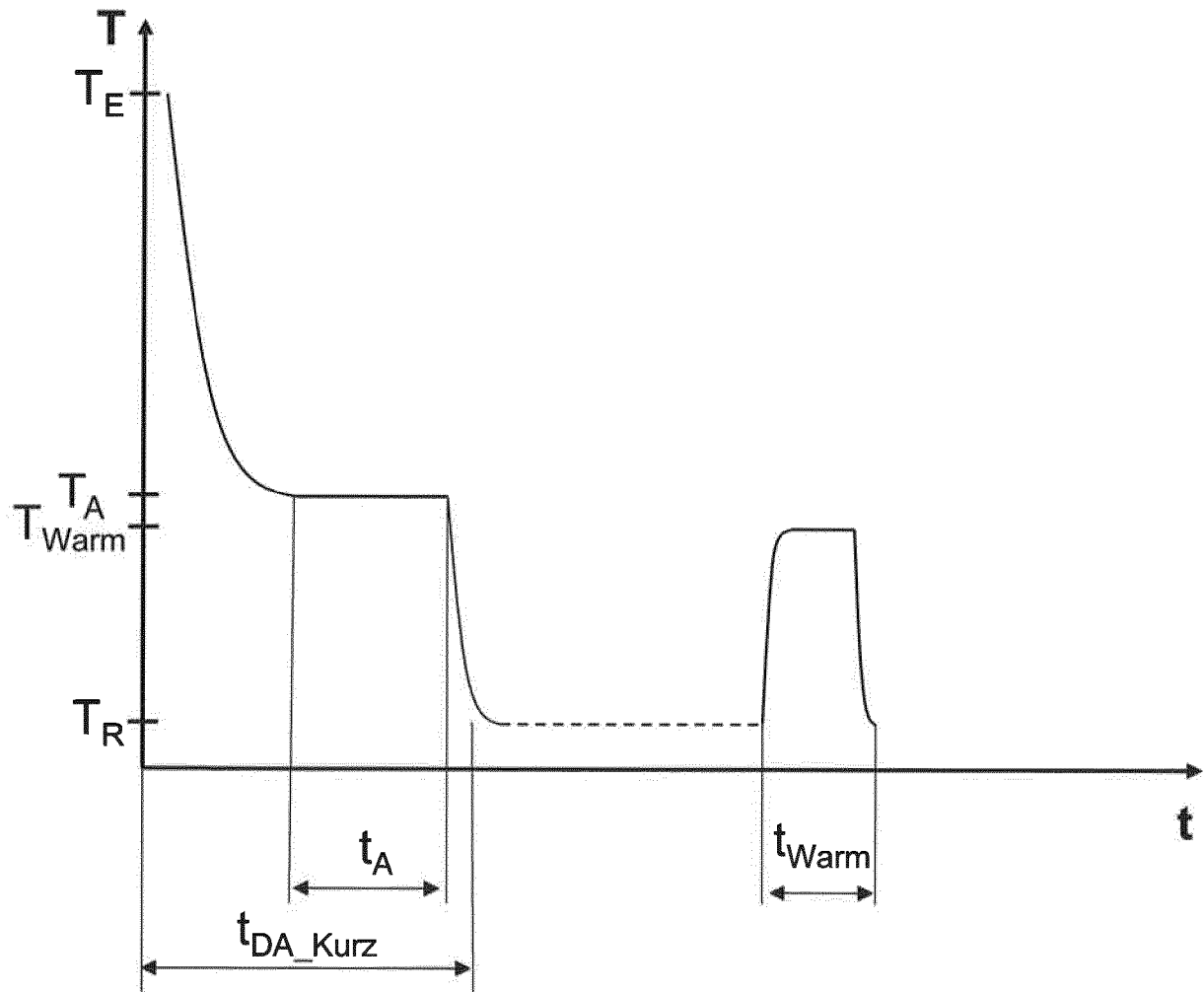


Fig. 2

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 102008046803 A1 **[0004]**
- DE 102010061895 A1 **[0005]**
- DE 102012008245 A1 **[0006]**
- EP 0796926 A1 **[0007]**
- US 6224693 B1 **[0007]**