

(19)



(11)

EP 3 027 341 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.09.2019 Patentblatt 2019/36

(51) Int Cl.:
B22D 19/00 (2006.01) B22D 18/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14744340.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/066168

(22) Anmeldetag: **28.07.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/014787 (05.02.2015 Gazette 2015/05)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES LEICHTMETALLKOLBENS UNTER VERWENDUNG EINES EINLEGETEILS**

METHOD OF MANUFACTURING A LIGHT METAL PISTON USING AN INSERT

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN PISTON À METAL LÉGER À L'AIDE D'UN INSERT

(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

- **RUCH, Roland**
79650 Schopfheim (DE)
- **SUTTER, Patrick**
79650 Schopfheim (DE)
- **WINGER, Frank**
70186 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **31.07.2013 DE 102013215020**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.06.2016 Patentblatt 2016/23

(74) Vertreter: **BRP Renaud & Partner mbB**
Rechtsanwälte Patentanwälte
Steuerberater
Königstraße 28
70173 Stuttgart (DE)

(73) Patentinhaber: **Mahle International GmbH**
70376 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **ROTMANN, Udo**
35043 Marburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 138 418 DE-A1- 19 635 326
DE-A1-102011 122 626 DE-A1-102012 101 055

EP 3 027 341 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 vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetallkolbens unter Verwendung eines Einlegeteils.

[0002] Leichtmetallkolben werden aufgrund ihres geringeren Gewichts und ihrer geringeren Trägheitskräfte bereits seit langem in Brennkraftmaschinen eingesetzt. Um insbesondere eine erste Ringnut eines derartigen Leichtmetallkolbens, beispielsweise eines Aluminiumkolbens, gegen Schwellendruckbelastungen zu sichern, werden Bewehrungen in Form von sogenannten Ringträgern eingesetzt. Als Werkstoff für derartige Ringträger kommen insbesondere Eisenlegierungen in Betracht, die in der Regel einen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, der dem des Kolbenwerkstoffs möglichst ähnlich ist. Da jedoch beispielsweise Eisen- und Aluminiumlegierungen sehr unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten haben, kann es bei thermischen Wechselbelastungen an den Grenzflächen zu hohen Spannungen kommen, die umso größer sind, je unterschiedlicher die Wärmeausdehnungskoeffizienten der beiden verwendeten Materialien für den Kolben einerseits und den Ringträger andererseits sind. Ein Riss zwischen dem Ringträger und dem Kolben führt üblicherweise zum Versagen des Motors und muss daher unbedingt vermieden werden. Die Bindung zwischen dem Ringträger und dem Kolben wird in der Regel metallurgisch durch den bekannten Alfinierprozess erreicht, bei welchem der Ringträger so lang in eine Aluminiumschmelze getaucht wird, bis sich eine Diffusionsschicht gebildet hat. Dann wird dieser alfinierte Ringträger beim Abguss des Kolbens von der Schmelze der Kolbenlegierung umgossen, wobei während der folgenden Erstarrung die Alfinbindung entsteht.

[0003] Bedingt durch die hohen Zünddrücke moderner Dieselmotoren werden nahezu alle hierfür verwendeten Kolben in der ersten Ringnut mit gusseisernen Ringträgern, zumeist aus Austenit, bewehrt. Der Trend zur Direkteinspritzung des Brennstoffs bei Benzinmotoren, verbunden mit steigenden Zünddrücken erfordert nun ebenfalls eine höhere Verschleißfestigkeit in der ersten Ringnut als dies übliche Kolbenlegierungen bieten können. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei jedoch allgemein der Verbund zwischen dem Leichtmetall des Kolbens und dem darin eingegossenen Ringträger.

[0004] Aus der DE 34 18 405 C2 ist ein Verbund-Druckgießverfahren zur Herstellung von Aluminiumkolben für Brennkraftmaschinen bekannt, bei welchem ein Ringträger aus Metallschaum der Werkstoffe Nickel, Kupfer, Eisen oder Legierungen davon mit einem Volumenanteil des Kolbens von 3-50% bei einem Gießdruck von mindestens 392 bar im Druckguss zum Verbund mit der Kolbenlegierung infiltriert werden. Eine metallurgische Bindung kann durch eine anschließende mehrstufige Wärmebehandlung, beispielsweise Lösungsglühen, Altern, oder ähnliches erzeugt werden.

[0005] Aus der DE 196 35 326 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines Leichtlegierungs-Verbundstoffele-

ments bekannt, bei welchem zunächst ein poröses Verbundstoffbildungsmaterial in einem Hohlraum einer Gussform gehalten wird. Anschließend wird eine geschmolzene leichte Legierung in dem Hohlraum der Gussform durch Anlegen eines Gasdrucks eingegossen, wodurch die Poren des porösen Verbundstoffbildungsmaterials mit der geschmolzenen leichten Legierung getränkt werden. Hierdurch bildet sich ein Verbundstoffabschnitt, der aus einem Verbundstoffmaterial aus der leichten Legierung und dem Verbundstoffbildungsmaterial gebildet ist.

[0006] Ein weiteres Verfahren zum Herstellen eines Kolbens ist aus der EP 1 138 418 A2 bekannt.

[0007] Aus der DE 26 39 294 C2 ist für unterschiedliche hochporöse Sinterwerkstoffe auf Chrom-Nickel-Basis sowie Cu, Ni, Fe, Ni-Fe-Schaumwerkstoffe durch Infiltration unter Erstarrungsdrücken zwischen 2500 und 1000 bar für offene Porositäten von 25-38% zur Verwendung als Ringträger beschrieben.

[0008] In der DE 10 2011 122 626 A1 wird zur Herstellung eines Kolbens ein Einlegeteil aus einem Pulver hergestellt. Das Einlegeteil wird anschließend in eine Metallschmelze getaucht und abgekühlt. Danach wird das Einlegeteil in einer Gussform eingelegt und mit einer Metallschmelze umgossen.

[0009] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für ein Verfahren zum Herstellen eines Aluminiumkolbens mit einem Einlegeteil eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die insbesondere eine bessere Infiltrierbarkeit des Einlegeteils ermöglicht.

[0010] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0011] Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, für einen Sinterwerkstoff für ein infiltrierbares Einlegeteil ein Pulver mit einer völlig neuartigen Kornzusammensetzung in der Art einer neuen Sieblinie zu wählen, wodurch die offene Porosität und damit auch die Infiltrierbarkeit des aus diesem Sinterwerkstoff hergestellten Einlegeteils deutlich verbessert wird. Erreicht wird dies beispielsweise dadurch, dass die Sieblinie enger gefasst ist, das heißt die Größenverteilung der einzelnen Sinterpartikel enger und damit das Sinterpulver, aus dem der Sinterwerkstoff erzeugt wird, homogener als üblicherweise ist. Das erfindungsgemäß eingesetzte Pulver enthält zumindest Eisen oder dessen Legierungen, vorzugsweise auch Nickel, Kupfer oder deren Legierungen, und umfasst dabei Partikel unterschiedlicher Korngrößen, wobei höchstens 4 Volumenprozent des Pulvers aus Partikeln mit einem Durchmesser von kleiner als 75 µm bestehen. Dabei können zumindest 28%Vol., bevorzugt mindestens 50%Vol. und in einer besonders bevorzugten Ausführungsform mindestens 88%Vol. des Pulvers Sinterpartikel mit einem Durchmesser von größer als 150 µm aufweisen. Hierdurch ist es möglich, den pulverförmigen Sinterwerkstoff gröber als üblich auszubilden, wobei üblicherweise 90% der Sin-

terpartikel einen Durchmesser von kleiner als 150 μm aufweisen. Neben der Begrenzung der Partikel mit einem Durchmesser von kleiner als 75 μm auf maximal 4% Vol. wird die Größenverteilung der einzelnen Partikel deutlich enger gefasst, wobei die Beschränkung der Korngrößen unterhalb des Schwellenwertes insbesondere das bisher auftretende Füllen von Poren, die dann nicht mehr zur Infiltration zur Verfügung stehen, beschränkt. Bei herkömmlichen Sinterwerkstoffen ist eine derart enge Beschränkung der Partikelgrößen nach unten nicht vorgesehen, wodurch ein deutlich erhöhter Füllgrad auch der zwischen größeren Sinterpartikeln verbleibenden Poren erreicht wird.

[0012] Erfindungsgemäß weist das für den Sinterwerkstoff des Einlegeteils verwendete Pulver einen Anteil von 0-4,0% Vol. Partikel mit einem Durchmesser von 0-75 μm auf. In einer Ausführungsform entfallen höchstens 10% Vol., bevorzugt höchstens 2% Vol. des Pulvers auf Partikel mit einem Durchmesser von 75-106 μm . In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weisen ferner höchstens 6% Vol. des Pulvers Partikeldurchmesser im Bereich von 106-150 μm auf. Demnach weisen in dieser bevorzugten Ausführungsform mindestens 88% Vol. des Pulvers Partikeldurchmesser größer als 150 μm auf. Bereits durch diese enge Beschränkung der Feinstbestandteile des Pulvers kann erreicht werden, dass die zwischen den einzelnen Partikeln im Sinterwerkstoff verbleibenden und von einem späteren Leichtmetall beim Gießen des Leichtmetallkolbens infiltrierbaren Poren nicht vollständig gefüllt werden, so dass diese Poren für die Infiltration mit dem Leichtmetall zur Verfügung stehen, wodurch ein deutlich verbesserter Verbund zwischen dem Einlegeteil, welches beispielsweise als Ringträger, als Muldenrand oder als Bolzenauge in einem Kolben ausgebildet sein kann, erreicht werden kann.

[0013] Dazu weisen in einer Ausführungsform mindestens 50% Vol. des Pulvers Partikeldurchmesser von 106-212 μm auf. Durch den hohen Pulveranteil innerhalb einer relativ engen Korngrößenbandbreite wird die Entstehung einer hohen Porosität und damit eines leicht infiltrierbaren Sinterwerkstoffs gefördert. In einer anderen Ausführungsform entfallen mindestens 50% Vol. auf Partikel mit Durchmessern größer als 212 μm . Durch den hohen Anteil größerer Partikel wird eine grobporigere Struktur erzielt, die ebenfalls die Infiltration erleichtert.

[0014] Zweckmäßig weist ein zur Herstellung des erfindungsgemäßen Sinterwerkstoffs geeignetes Pulver einen Anteil von 0,5 bis 6,0% Vol. Partikel mit einem Durchmesser von 106-150 μm auf. Insbesondere die genannte Untergrenze macht deutlich, dass bei einer derartigen Sieblinie bzw. Korngrößenverteilung Feinstpartikel zum vollständigen Füllen der für die Infiltration erforderlichen Poren nicht oder nur im unzureichenden Maße vorhanden sind. Hierdurch kann beispielsweise erreicht werden, dass das aus dem erfindungsgemäßen Sinterwerkstoff hergestellte, das heißt gesinterte Einlegeteil, 50-80 % Poren, das heißt eine 50-80%-ige Porosität aufweist, die gegebenenfalls zumindest teilweise durch das

Leichtmetall ausgefüllt werden kann. Durch ein hinsichtlich der Partikelgröße relativ homogenes Pulver ist nicht nur die Porosität des erzeugten Sinterwerkstoffs höher, sondern die einzelnen Poren sind auch wesentlich größer, was die Durchströmbarkeit mit einer Leichtmetallschmelze weiter verbessert.

[0015] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung sind zumindest einzelne Sinterpartikel des Sinterwerkstoffs mit einem Binder, beispielsweise mit einem Harz, beschichtet, welches die Grünstandfestigkeit erhöht und beim Sintern verbrennt. Nach dem Pressen des Grünlings hält das Harz die einzelnen Sinterpartikel jedoch fest aneinander und verbessert somit die Festigkeit des gepressten Grünlings. Ein derartiges Harz erhöht somit die Formtreue des zunächst noch nicht gesinterten Einlegeteils und erleichtert dadurch dessen beschädigungsfreie Handhabung. Der Binder bzw. das Harz stellt dabei eine die Porosität des Einlegeteils reduzierende Beschichtung einzelner Sinterpartikel dar, welche beim späteren Gießen des Leichtmetallkolbens die Infiltration und damit die Verbindung zwischen dem Leichtmetall des Kolbens und dem Einlegeteil verschlechtert. Beim Sintern des Einlegeteils jedoch verbrennt der Binder das Harz und somit die zuvor von diesem reduzierte Porosität wieder frei, so dass diese für den Infiltrationsprozess genutzt werden kann. Alternativ kann der Binder auch dazu eingerichtet sein, beim Sintern durch eine andere chemische Reaktion als eine Oxidation abgebaut zu werden. Dazu wird dem Einlegeteil während des Sinterns statt Luft ein anderes geeignetes Gas, z.B. ein Endogas zugeführt.

[0016] Eine Dichte des Einlegeteils liegt bei ca. 2,5-4,7 g/cm³. Die Dichte von Aluminium liegt beispielsweise bei ca. 2,7 g/cm³, so dass bei einer Infiltration des Einlegeteils mit Leichtmetall, beispielsweise Aluminium, stets noch eine Dichte von unter 5 g/cm³ erreicht werden kann. Das Einlegeteil erhöht somit aufgrund seiner hohen Porosität und seiner vergleichsweise geringe Dichte das Gewicht des Leichtmetallkolbens um einen wesentlich geringeren Betrag als ein aus einer Eisenlegierung gefertigtes massives Eingussteil.

[0017] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetallkolbens, beispielsweise eines Magnesium- oder Aluminiumkolbens, unter Verwendung eines zuvor beschriebenen Einlegeteils, bei welchem das flüssige Leichtmetall unter einem Gießdruck von ca. 0,5-15 bar in eine Gussform eingefüllt wird und das in der Gussform angeordnete Einlegeteil infiltriert. In einer bevorzugten Ausführungsform werden untereutektische Legierungen des Aluminiums mit Silizium und/oder Kupfer verwendet. Dadurch wird eine Bildung von Si- oder Cu-Phasen vermieden, die insbes. in einer übereutektischen Al-Legierung entstehen können. Dies ist deswegen unerwünscht, weil der Sinterwerkstoff beim Infiltrieren wie ein Filter wirken kann, dessen Poren diese Phasen nicht durchlassen, so dass sie sich an dessen Oberfläche ansammeln. Die dadurch gebildete Schicht trennt das Einlegeteil von dem gegossenen Kolbenkörper und

bildet eine Schwachstelle, die zu Ausschuss oder einem späteren Ausfall des Kolbens führen kann. Das Gießen des Leichtmetallkolbens kann dabei mit oder ohne Gegendruck erfolgen, wobei der Gießdruck um mindestens 0,1 bar größer sein sollte als der Gegendruck.

[0018] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung erfolgt das Gießen des Leichtmetallkolbens, beispielsweise des Aluminiumkolbens, unter Schutzgas, insbesondere unter Nutzung von Stickstoff oder Argon. Hierdurch kann eine Oxidation des Leichtmetalls beim Gießen verhindert werden, wobei eine derartige unerwünschte Oxidation des Leichtmetalls zum Verstopfen der Poren des Sinterwerkstoffs durch Oxide führen und dadurch eine gute Infiltration des Einlegeteils und dessen mechanische Bindung an den Kolbenkörper wie zuvor beschrieben erschweren kann. Durch die Verwendung des Schutzgases kann die Oxidation verhindert und damit die Infiltration des Einlegeteils verbessert werden.

[0019] Zweckmäßig wird der gegossene Kolben lösungsgeglüht bzw. überaltert. Insbesondere bei Aluminiumlegierungen kann durch das Lösungsglühen ein sogenanntes Ausscheidungshärten erfolgen, wodurch die Festigkeit des Leichtmetallkolbens gesteigert werden kann. Das Aushärten kann dabei prinzipiell in drei Stufen erfolgen, nämlich dem eigentlichen Lösungsglühen, dem Abschrecken und dem anschließenden Auslagern (warm oder kalt). Das Lösungsglühen erfolgt dabei bei Temperaturen von ca. 480° bis über 50°C, wobei eine Temperatur gewählt wird, bei welcher eine ausreichende Menge von den Legierungselementen im Mischkristall gelöst ist, so dass der Aushärtungseffekt nach dem Abschrecken und der Auslagerung eintritt. In entsprechender Weise kann auch das Überaltern einer derartigen Aluminiumlegierung erfolgen.

[0020] Die Gussform wird während des Gießens des Aluminiumkolbens üblicherweise entlüftet, um ein vollständiges Füllen der Gussform und einen optimierten Infiltrationsprozess des Einlegeteils erzielen zu können.

Patentansprüche

1. Verfahren zu Herstellung eines Leichtmetallkolbens, insbesondere eines Aluminiumkolbens, bei welchem

- ein Einlegeteil unter Verwendung eines Pulvers, das aus einem zumindest Eisen oder dessen Legierungen aufweisenden Pulver besteht, wobei das Pulver Partikel unterschiedlicher Korngrößen umfasst und höchstens 4%Vol. des Pulvers aus Partikeln mit einem Durchmesser von kleiner als 75 µm bestehen, durch sintern hergestellt wird,
- das flüssige Leichtmetall, insbesondere Aluminium, unter einem Gießdruck von 0,5 bis 15 bar in eine Gussform eingefüllt wird und das in der

Gussform angeordnete Einlegeteil infiltriert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** das Gießen des Leichtmetallkolbens unter Schutzgas, insbesondere Stickstoff oder Argon, erfolgt, und/oder
- **dass** das Gießen unter Gegendruck erfolgt, wobei der Gegendruck 0,1 bar kleiner ist als der Gießdruck.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,**

dass der gegossene Kolben lösungsgeglüht oder überaltert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,**

dass zum Herstellen des Einlegeteils ein Pulver verwendet wird, das einen Anteil von höchstens 10%Vol. Partikel mit einem Durchmesser von 75-106µm aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**

dass zum Herstellen des Einlegeteils ein Pulver verwendet wird, das einen Anteil von mindestens 28%Vol. Partikel mit einem Durchmesser von größer als 150µm aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**

dass zum Herstellen des Einlegeteils ein Pulver verwendet wird, das einen Anteil von mindestens 50%Vol. Partikel mit einem Durchmesser von größer als 150µm aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,**

dass zum Herstellen des Einlegeteils ein Pulver verwendet wird, das einen Anteil von mindestens 88%Vol. Partikel mit einem Durchmesser von größer als 150µm aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,**

dass zum Herstellen des Einlegeteils ein Pulver verwendet wird, das einen Anteil von mindestens 50%Vol. Partikel mit einem Durchmesser von 106-212µm aufweist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**

dass zum Herstellen des Einlegeteils ein Pulver verwendet wird, das einen Anteil von mindestens 50%Vol. Partikel mit einem Durchmesser größer als 212µm aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Herstellen des Einlegeteils ein Pulver verwendet wird, das ferner Nickel, Kupfer oder Legierungen derselben enthält.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest einzelne Sinterpartikel mit einem Binder, insbesondere einem Harz, beschichtet werden, welcher dazu eingerichtet ist, eine zur Handhabung des Grünlings vor dem Sintern geeignete Grünstandfestigkeit herzustellen und beim Sintern zu verbrennen.

Claims

1. Method of manufacturing a light metal piston, in particular an aluminium piston, in which
- an insertion part is manufactured by sintering by using a powder which consists of a powder having at least iron or its alloys, wherein the powder comprises particles of different granule sizes and maximum 4% by volume of the powder consists of particles having a diameter of less than 75 μm ,
 - the liquid light metal, in particular aluminium, is filled into a mould at a pouring pressure of 0.5 to 15 bar and infiltrates the insertion part disposed in the mould.
2. Method according to claim 1,
characterised in
- **that** the pouring of the light metal piston is carried out in the presence of protective gas, in particular nitrogen or argon, and/or
 - **that** the pouring is carried out under counterpressure, wherein the counterpressure is 0.1 bar less than the pouring pressure.
3. Method according to claim 2,
characterised in
that the poured piston is solution annealed or overaged.
4. Method according to any of claims 1 to 3,
characterised in
that for manufacturing the insertion part a powder is used which has a proportion of maximum 10% by volume of particles having a diameter of 75-106 μm .
5. Method according to any of claims 1 to 4,
characterised in
that for manufacturing the insertion part a powder is used which has a proportion of at least 28% by vol-

ume of particles having a diameter of greater than 150 μm .

6. Method according to claim 5,
characterised in
that for manufacturing the insertion part a powder is used which has a proportion of at least 50% by volume of particles having a diameter of greater than 150 μm .
7. Method according to claim 6,
characterised in
that for manufacturing the insertion part a powder is used which has a proportion of at least 88% by volume of particles having a diameter of greater than 150 μm .
8. Method according to any of claims 1 to 7,
characterised in
that for manufacturing the insertion part a powder is used which has a proportion of at least 50% by volume of particles having a diameter of 106-212 μm .
9. Method according to any of claims 1 to 8,
characterised in
that for manufacturing the insertion part a powder is used which has a proportion of at least 50% by volume of particles having a diameter of greater than 212 μm .
10. Method according to any of claims 1 to 9,
characterised in
that for manufacturing the insertion part a powder is used which contains in addition nickel, copper or alloys thereof.
11. Method according to any of claims 1 to 10,
characterised in
that at least individual sinter particles are coated with a binding agent, in particular a resin, which is designed to create a green strength suitable for the handling of the green body prior to the sintering, and to burn off during sintering.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un piston en métal léger, en particulier d'un piston en aluminium, dans lequel
- une pièce d'insertion est fabriquée par frittage en utilisant une poudre, laquelle est constituée d'une poudre présentant au moins du fer ou des alliages de celui-ci, dans lequel la poudre comprend des particules de différentes tailles, et au plus 4 % en volume de la poudre sont constitués de particules avec un diamètre inférieur à 75 μm ,

- le métal léger liquide, en particulier l'aluminium, est introduit dans un moule de coulée sous une pression de coulée de 0,5 à 15 bars, et la pièce d'insertion agencée dans le moule de coulée est infiltrée.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**
- le piston en métal léger est coulé sous gaz inerte, en particulier de l'azote ou de l'argon, et/ou
- la coulée survient sous contre-pression, dans lequel la contre-pression est inférieure à 0,1 bar par rapport à la pression de coulée.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le piston coulé est recuit en solution ou vieilli.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** une poudre est utilisée pour fabriquer la pièce d'insertion, qui présente une proportion d'au plus 10 % en volume de particules avec un diamètre de 75 à 106 μm .
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** une poudre est utilisée pour fabriquer la pièce d'insertion, qui présente une proportion d'au moins 28 % en volume de particules avec un diamètre supérieur à 150 μm .
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** une poudre est utilisée pour fabriquer la pièce d'insertion, qui présente une proportion d'au moins 50% en volume de particules avec un diamètre supérieur à 150 μm .
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** une poudre est utilisée pour fabriquer la pièce d'insertion, qui présente une proportion d'au moins 88 % en volume de particules avec un diamètre supérieur à 150 μm .
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** une poudre est utilisée pour fabriquer la pièce d'insertion, qui présente une proportion d'au moins 50 % en volume de particules avec un diamètre de 106 à 212 μm .
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** une poudre est utilisée pour fabriquer la pièce d'insertion, qui présente une proportion d'au moins 50 % en volume de particules d'un diamètre supérieur à 212 μm .
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** une poudre contenant du nickel, du cuivre ou des alliages de ceux-ci est également utilisée pour fabriquer la pièce d'insertion.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** au moins des particules de frittage individuelles sont revêtues d'un liant, en particulier d'une résine, conçu pour produire une stabilité à l'état vert permettant de manipuler le compact vert avant le frittage et de le brûler pendant le frittage.

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 3418405 C2 [0004]
- DE 19635326 A1 [0005]
- EP 1138418 A2 [0006]
- DE 2639294 C2 [0007]
- DE 102011122626 A1 [0008]