



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 858 517 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**09.08.2000 Patentblatt 2000/32**
- (21) Anmeldenummer: **96930971.5**
- (22) Anmeldetag: **28.08.1996**
- (51) Int Cl.7: **C22F 1/043**, B22F 3/115,  
**C22C 1/04**
- (86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP96/03779**
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 97/09458 (13.03.1997 Gazette 1997/12)**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON DÜNNEN ROHREN**

PROCESS FOR MANUFACTURING THIN PIPES  
PROCEDE DE FABRICATION DE TUYAUX MINCES

- (84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**
- (30) Priorität: **01.09.1995 DE 19532244**
- (43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.08.1998 Patentblatt 1998/34**
- (73) Patentinhaber: **Erbslöh Aktiengesellschaft  
42553 Velbert (DE)**
- (72) Erfinder:  
• **COMMANDEUR, Bernhard  
D-42489 Wülfrath (DE)**
- **SCHATTEVOY, Rolf  
D-42115 Wuppertal (DE)**
- **HUMMERT, Klaus  
D-48653 Coesfeld (DE)**
- (56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 366 134 EP-A- 0 411 577**  
**EP-A- 0 592 665 US-A- 3 325 279**  
**US-A- 4 155 756**
- **CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 98, no. 20, 16.Mai  
1983 Columbus, Ohio, US; abstract no. 165644,  
RIKEN CORP., JAPAN: "Abrasion-resistant  
aluminum alloy" XP002021916 & JP 57 198 237  
A (RIKEN CORP., JAPAN)**

**EP 0 858 517 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen Rohren, welche aus einem warmfesten und verschleißfesten Aluminiumwerkstoff bestehen, insbesondere zum Einsatz als Zylinderlaufbuchsen für Verbrennungsmotoren.

**[0002]** Laufbuchsen sind dem Verschleiß ausgesetzte Bauteile, die in die Zylinderöffnungen der Kurbelgehäuse des Verbrennungsmotors eingesetzt, eingepreßt oder eingegossen werden.

**[0003]** Die Zylinderlauflächen eines Verbrennungsmotors sind starken Reibbeanspruchungen durch den Kolben bzw. durch die Kolbenringe und örtlich auftretenden hohen Temperaturen ausgesetzt. Es ist daher erforderlich, daß diese Flächen aus verschleißfesten und warmfesten Materialien bestehen.

**[0004]** Um dieses Ziel zu erreichen, gibt es u.a. zahlreiche Verfahren, die Oberflächen der Zylinderbohrung mit verschleißfesten Beschichtungen zu versehen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, eine Laufbuchse aus einem verschleißfesten Material im Zylinder anzuordnen. So wurden u.a. Graugußlaufbuchsen verwendet, die aber eine im Vergleich zu Aluminium-Werkstoffen geringe Wärmeleitfähigkeit besitzen und andere Nachteile aufweisen.

**[0005]** Das Problem wurde vorerst durch einen gegossenen Zylinderblock aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung gelöst. Aus gießtechnischen Gründen ist der Silizium-Gehalt auf maximal 20 Gew.-% begrenzt. Als weiterer Nachteil des Gießverfahrens ist festzuhalten, daß während der Erstarrung der Schmelze Silizium-Primärteilchen mit verhältnismäßig großen Abmessungen (ca. 30 - 80µm) ausgeschieden werden. Aufgrund der Größe und ihrer winkligen und scharfkantigen Form führen sie zu Verschleiß an Kolben und Kolbenringen. Man ist daher gezwungen, die Kolben und die Kolbenringe durch entsprechende Überzüge / Beschichtungen zu schützen. Die Kontaktfläche der Si-Teilchen zum Kolben / Kolbenring wird durch mechanische Bearbeitung eingeebnet. Einer solchen mechanischen Bearbeitung schließt sich dann eine elektrochemische Behandlung an, wodurch die Aluminiummatrix zwischen den Si-Körnern leicht zurückgesetzt wird, so daß die Si-Körner als Traggerüst aus der Zylinderlaufläche geringfügig herausragen. Der Nachteil derartig gefertigter Zylinderlaufbahnen besteht zum einen in einem beachtlichen Herstellungsaufwand (teure Legierung, aufwendige mechanische Bearbeitung, eisenbeschichtete Kolben, armierte Kolbenringe) und zum anderen in der mangelhaften Verteilung der Si-Primärteilchen. So gibt es große Bereiche im Gefüge, die frei von Si-Teilchen sind und somit verstärktem Verschleiß unterliegen. Um diesen Verschleiß zu vermeiden, ist ein relativ dicker Ölfilm als Trennmedium zwischen Laufbahn und Reibpartnern erforderlich. Für die Einstellung der Ölfilmdicke ist u.a. die Freilegungstiefe der Si-Teilchen entscheidend. Ein verhältnismäßig dicker Ölfilm führt zu höheren Reibungs-

verlusten in der Maschine und zu einer stärkeren Erhöhung der Schadstoffemission.

**[0006]** Demgegenüber ist ein Zylinderblock gemäß DE 42 30 228, der aus einer untereutektischen AlSi-Legierung gegossen und mit Laufbuchsen aus übereutektischen AlSi-Legierungsmaterial versehen wird, kostengünstiger. Die zuvor genannten Probleme werden aber auch hier nicht gelöst.

**[0007]** Um die Vorteile der übereutektischen AlSi-Legierungen als Laufbuchsenmaterial nutzen zu können, ist das Gefüge hinsichtlich der Si-Körner zu verändern. Aluminiumlegierungen, die gießtechnisch nicht realisierbar sind, können bekanntlich durch pulvermetallurgische Verfahren oder Sprühkompaktieren maßgeschneidert hergestellt werden.

**[0008]** So sind auf diese Weise übereutektische AlSi-Legierungen herstellbar, die aufgrund des hohen Si-Gehaltes, der Feinheit der Si-Teilchen und der homogenen Verteilung eine sehr gute Verschleißfestigkeit besitzen und durch Zusatzelemente wie beispielsweise Fe, Ni oder Mn die erforderliche Warmfestigkeit erhalten. Die in diesen Legierungen vorliegenden Si-Primärteilchen haben eine Größe von ca. 0,5 bis 20 µm. Damit sind die auf diese Weise hergestellten Legierungen geeignet für einen Laufbuchsenwerkstoff.

**[0009]** Obwohl Aluminium-Legierungen im allgemeinen leicht zu verarbeiten sind, ist das Umformen dieser übereutektischer Legierungen problematischer. Aus der EP 0 635 318 ist ein Verfahren zum Herstellen von Laufbuchsen aus einer übereutektischen AlSi-Legierung bekannt. Hier wird die Laufbuchse durch Strangpressen bei sehr hohen Drücken und Strangpreßgeschwindigkeiten von 0,5 bis 12m/min gefertigt. Um kostengünstig durch Strangpressen Laufbuchsen auf Endmaß zu produzieren, sind sehr hohe Preßgeschwindigkeiten notwendig. Es hat sich gezeigt, daß bei derartig schwer preßbaren Legierungen und den zu erzielenden geringen Wandstärken der Laufbuchsen die hohen Preßgeschwindigkeiten zum Aufreißen der Profile beim Strangpressen führen.

**[0010]** Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein verbessertes, kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen Rohren, insbesondere für Zylinderlaufbuchsen von Verbrennungsmotoren, zur Verfügung zu stellen, wobei die gefertigten Laufbuchsen die geforderten Eigenschaftsverbesserungen bezüglich Verschleißfestigkeit, Warmfestigkeit und Reduzierung der Schadstoffemissionen aufweisen sollen.

**[0011]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Verfahrensschritten gelöst.

**[0012]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0013]** Die erforderlichen tribologischen Eigenschaften werden insbesondere dadurch erreicht, daß Silizium - Partikel als Primärausscheidungen in einem Größenbereich von 0,5 bis 20 µm, oder als zugesetzte Partikel in einem Größenbereich bis 80µm im Werkstoff vorhan-

den sind. Zur Herstellung solcher Al-Legierungen müssen Verfahren angewendet werden, die eine weit höhere Erstarrungsgeschwindigkeit einer hochlegierten Schmelze erlauben, als es mit konventionellen Gießverfahren möglich ist.

**[0014]** Dazu gehört einerseits das Sprühkompaktierverfahren (im nachfolgenden "Sprühkompaktieren"). Zur Erzielung der gewünschten Eigenschaften wird eine mit Silizium hochlegierte Aluminium-Legierungsschmelze verdüst und im Stickstoffstrahl mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 1000°C/s abgekühlt. Die teilweise noch flüssigen Pulverteilchen werden auf einen rotierenden Teller gesprüht. Der Teller wird während des Vorganges kontinuierlich abwärts bewegt. Durch die Überlagerung beider Bewegungen entsteht ein zylindrischer Bolzen, der Abmessungen von ca. 1000 bis 3000 mm Länge bei einem Durchmesser von bis zu 400 mm hat. Aufgrund der hohen Abkühlgeschwindigkeiten entstehen in diesem Sprühkompaktierprozeß Si-Primärausscheidungen bis zu 20 µm Größe. Eine Anpassung der Si-Ausscheidungsgröße erreicht man durch das "Gas zu Metall - Verhältnis" (Normkubikmeter Gas pro Kilogramm Schmelze), mit dem die Erstarrungsgeschwindigkeit im Prozeß eingestellt werden kann. Aufgrund der Erstarrungsgeschwindigkeiten und der Übersättigung der Schmelze können Si-Gehalte der Legierungen bis zu 40Gew.% realisiert werden. Aufgrund der schnellen Abschreckung der Aluminium-Schmelze im Gasstrahl wird der Übersättigungszustand im erhaltenen Bolzen quasi "eingefroren".

**[0015]** Alternativ zur Bolzenherstellung können durch das Sprühkompaktieren auch dickwandige Rohrluppen mit Innendurchmessern von 50 - 120 mm und einer Wandstärke bis zu 250 mm hergestellt werden. Dazu wird der Partikelstrahl nach der Verdüstung auf ein horizontal um seine Längsachse rotierendes Trägerrohr gerichtet und dort kompaktiert. Durch einen kontinuierlichen und geregelten Vorschub in horizontaler Richtung wird auf diese Weise eine Rohrluppe hergestellt, die als Vormaterial für die Weiterverarbeitung durch Rohrstrangpressen und/oder andere Warmumformverfahren dient. Das o.g. Trägerrohr besteht aus einer konventionellen Aluminium-Knetlegierung oder aus der gleichen Legierung, wie sie durch das Sprühkompaktieren hergestellt wird (artgleich).

**[0016]** Der Sprühkompaktierprozeß bietet weiterhin die Möglichkeit, über einen Partikelinjektor Teilchen in den Bolzen oder in die Rohrluppe einzubringen, die nicht in der Schmelze vorhanden waren. Da diese Teilchen eine beliebige Geometrie und eine beliebige Größe zwischen 2µm und 400µm aufweisen können, bestehen eine Vielzahl von Einstellungsmöglichkeiten für ein Gefüge. Diese Teilchen können z.B. Si-Partikel im Bereich von 2µm bis 400µm oder oxidkeramische Teilchen (z.B. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) oder nicht oxidkeramische Teilchen (z.B. SiC, B<sub>4</sub>C, etc.) im vorgenannten Teilchengrößenspektrum sein, wie sie kommerziell erhältlich und für den tribologischen Aspekt sinnvoll sind.

**[0017]** Eine weitere Möglichkeit, eine geeignete Gefügeausbildung zu erzeugen, besteht in der schnellen Erstarrung einer mit Silizium übersättigten Aluminium-Legierungsschmelze (im nachfolgenden "Pulverroute"). Dabei wird durch eine Luft- oder Inertgasverdüstung der Schmelze ein Pulver erzeugt. Dieses Pulver kann einerseits vollständig legiert sein, was bedeutet, daß sämtliche Legierungselemente in der Schmelze enthalten waren, oder das Pulver wird aus mehreren Legierungs- oder Elementpulvern in einem folgenden Schritt gemischt. Das vollständig legierte, oder das gemischte Pulver wird anschließend durch kaltisostatisches Pressen oder Heißpressen oder Vakuumheißpressen zu einem Bolzen oder einem dickwandigen Hohlzylinder (Rohrluppe) verpreßt.

**[0018]** Der Gefügestand der sprühkompaktierten Bolzen/ Rohrluppen oder der Bolzen/ Rohrluppen, die über die Pulverroute hergestellt wurden, kann durch anschließende Überalterungsglühungen geändert werden. Durch eine Glühung kann das Gefüge auf eine Si-Korngröße von 2 bis 30 µm eingestellt werden, wie sie für die geforderten tribologischen Eigenschaften wünschenswert ist. Das Heranwachsen größerer Si-Partikel während des Glühprozesses wird durch Diffusion im Festkörper auf Kosten kleinerer Si-Partikel bewirkt. Diese Diffusion ist abhängig von der Überalterungstemperatur und der Dauer der Glühbehandlung. Je höher die Temperatur gewählt wird, desto schneller wachsen die Si-Körner. Geeignete Temperaturen liegen bei etwa 500°C, wobei eine Glühdauer von 3 - 5 Stunden ausreichend ist.

**[0019]** Das so eingestellte und damit maßgeschneiderte Gefüge verändert sich bei den nachfolgenden Verfahrensschritten nicht mehr oder es verändert sich für die geforderten tribologischen Eigenschaften günstig.

**[0020]** Durch Warmumformen, vorzugsweise durch Strangpressen, wird aus dem Bolzenrohling, der über "Sprühkompaktieren" oder über die "Pulverroute" hergestellt wurde, ein dickwandiges Rohr mit einer Wandstärke von 6 bis 20 mm geformt. Dabei liegen die Strangpreßtemperaturen zwischen 300°C und 550°C.

**[0021]** Das Strangpressen dient nicht nur der Formgebung, sondern auch dazu, die Restporosität der sprühkompaktierten Bolzen oder der sprühkompaktierten Rohrluppen (1 - 5%) bzw. der Bolzen oder der Rohrluppen, welche über die Pulverroute hergestellt wurden, (1 - 40%) zu schließen und das Material endgültig zu konsolidieren.

**[0022]** Die weitere, noch erforderliche Wanddickenreduzierung wird durch Rundkneten oder andere Warmumformverfahren bei Temperaturen von 250°C bis 500°C erzielt.

**[0023]** Das auf die Endwanddicke geformte Rohr wird anschließend in Rohrabschnitte der geforderten Länge zerteilt.

**[0024]** Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß das Material für die Laufbuchse maßgeschneidert werden kann. Dem hohen Aufwand beim

Strangpressen sowohl hinsichtlich Preßdruck, Preßgeschwindigkeit als auch Produktqualität wird durch den nachfolgenden zweiten Warmumformverfahrensschritt ausgewichen.

#### **Beispiel 1:**

**[0025]** Eine Legierung der Zusammensetzung Al Si<sub>25</sub> Cu<sub>2,5</sub> Mg<sub>1</sub> Ni<sub>1</sub> wird bei einer Schmelztemperatur von 830°C mit einem Gas/ Metall -Verhältnis von 4,5m<sup>3</sup>/kg (Normkubikmeter Gas pro Kilogramm Schmelze) nach dem Sprühkompaktierprozeß zu einem Bolzen kompaktiert. Im sprühkompaktierten Bolzen liegen unter den genannten Bedingungen die Si - Ausscheidungen im Größenbereich von 1µm bis 10µm (Gefüge Fig.1). Der sprühkompaktierte Bolzen wird einer Glühbehandlung von 4h bei 520°C unterzogen. Nach dieser Glühbehandlung liegen die Si-Ausscheidungen im Größenbereich von 2µm bis 30µm. Durch Warmstrangpressen bei 420°C und einer Profilaustrittsgeschwindigkeit von 0,5 m/min in einem Kammerwerkzeug entsteht ein Rohr mit einem Außendurchmesser von 94mm und einem Innendurchmesser von 69,5 mm (Gefüge Fig. 2). Die anschließende Warmumformung durch Rundkneten bei 420°C von einem Außendurchmesser von 94mm auf einen Außendurchmesser von 79mm und einem Innendurchmesser von 69mm, der durch einen Dorn geformt wird, führt zu keiner Gefügeänderung.

#### **Beispiel 2:**

**[0026]** Eine Legierung der Zusammensetzung Al Si<sub>8</sub> Fe<sub>3</sub> Ni<sub>2</sub> wird bei einer Schmelztemperatur von 850°C mit einem Gas/ Metall -Verhältnis von 2,0m<sup>3</sup>/kg nach dem Sprühkompaktierprozeß zu einem Bolzen kompaktiert. Dieser Legierung werden über den Partikelinjektor 20% Si-Partikel im Größenbereich von 40µm bis 71µm zugeführt. Durch den Prozeß kann ein homogenes Gefüge erzeugt werden (Gefüge Fig.3). Da das gewünschte Gefüge über den Sprühkompaktierprozeß eingestellt wurde, ist eine Glühbehandlung nicht erforderlich. Durch Warmstrangpressen bei 450°C und einer Profilaustrittsgeschwindigkeit von 0,3m/min in einem Kammerwerkzeug entsteht ein Rohr mit einem Außendurchmesser von 94mm und einem Innendurchmesser von 69,5 mm (Gefüge Fig. 4). Die anschließende Warmumformung durch Rundkneten bei 440°C von einem Außendurchmesser von 94mm auf einen Außendurchmesser von 79mm führt zu keiner Gefügeänderung.

#### **Beispiel 3:**

**[0027]** Eine Legierung der Zusammensetzung Al Si<sub>25</sub> Cu<sub>2,5</sub> Mg<sub>1</sub> Ni<sub>1</sub> wird bei einer Schmelztemperatur von 830°C mit Luft verdüst. Das entstehende Pulver wird gesammelt und kaltisostatisch bei 2700bar zu einem Bolzen mit einem Außendurchmesser von 250mm und einer Länge von 350 mm gepreßt. Die Dichte des Bolzen

beträgt 80% der theoretischen Dichte der Legierung. Die Si-Primärausscheidungen liegen im Bereich von 1µm bis 10µm. Der kaltisostatisch gepreßte Bolzen wird einer Glühbehandlung von 4h bei 520°C unterzogen. Nach dieser Glühbehandlung liegen die Si-Ausscheidungen im Größenbereich von 2µm bis 30µm. Durch Warmstrangpressen bei 420°C und einer Profilaustrittsgeschwindigkeit von 0,5 m/min in einem Kammerwerkzeug wird das Material vollständig verdichtet und zu einem Rohr mit einem Außendurchmesser von 94mm und einem Innendurchmesser von 69,5 mm umgeformt. Die anschließende Warmumformung durch Rundkneten bei 420°C von einem Außendurchmesser von 94mm auf einen Außendurchmesser von 79mm und einem Innendurchmesser von 69mm, der durch einen Dorn geformt wird, führt zu keiner Gefügeänderung.

#### **Beispiel 4:**

**[0028]** Eine Legierung der Zusammensetzung Al Si<sub>25</sub> Cu<sub>2,5</sub> Mg<sub>1</sub> Mn<sub>1</sub> wird bei einer Schmelztemperatur von 860°C mit einem Gas/Metall-Verhältnis von 2,5 m<sup>3</sup>/kg nach dem Sprühkompaktierverfahren zu einer Rohrluppe mit einem Außendurchmesser von 250 mm und einem Innendurchmesser von 80 mm kompaktiert. Dabei dient ein dünnwandiges Rohr mit einem Außendurchmesser von 84 mm bei 2 mm Wandstärke aus einer konventionellen Aluminium-Knetlegierung (AlMgSi<sub>0,5</sub>) als rotierendes Trägerrohr, auf das die oben genannte Legierung aufgesprüht wird. In der sprühkompaktierten Rohrluppe liegen unter den genannten Bedingungen die Silizium-Ausscheidungen im Größenbereich von 0,5 µm bis 7 µm. Um die Silizium-Ausscheidungen auf eine Größe von 2 bis 30 µm einzustellen, wird die sprühkompaktierte Rohrluppe einer Glühbehandlung von 5 h bei 520°C unterzogen. Durch Rohrstrangpressen bei 400°C und einer Profilaustrittsgeschwindigkeit von 1,5 m/min entsteht ein Rohr mit einem Außendurchmesser von 94 mm und einem Innendurchmesser von 69,5 mm. Hierbei wirkt sich insbesondere das Trägerrohrmaterial AlMgSi<sub>0,5</sub> positiv auf die erforderlichen Preßkräfte und Geschwindigkeiten aus, da es zum Dorn hin als Schmiermittel agiert. Die anschließende Warmumformung durch Rundkneten bei 430°C von einem Außendurchmesser von 94 mm auf einen Außendurchmesser von 79 mm und einem Innendurchmesser von 69 mm, der durch einen Dorn geformt wird, führt zu keiner Gefügeänderung.

50

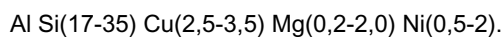
#### **Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung von Lauffbuchsen für Verbrennungsmotoren aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung, dadurch gekennzeichnet, daß
  - durch Sprühkompaktieren einer Legierungsschmelze oder durch Warm- bzw. Kaltverdich-

ten einer Mischung von über Luft- oder Inertgasverdüsung in einer Partikelgröße von kleiner 250 µm erhaltenem Metall- oder Legierungspulver Bolzen oder Rohrluppen hergestellt werden, wobei die enthaltenen Si-Primärteilchen eine Größe von 0,5 bis 20 µm, vorzugsweise eine Größe von 1 bis 10 µm besitzen,

- diese Bolzen oder Rohrluppen im Bedarfsfall zur Vergrößerung der enthaltenen Si-Primärteilchen einer Überalterungsglühung unterzogen werden, wobei die Si-Primärteilchen zu einer Größe von 2 bis 30 µm anwachsen,
- die auf Strangpreßtemperatur von 300 bis 550 °C gehaltenen Bolzen oder Rohrluppen zu dickwandigen Rohren von 6 bis 20 mm Wandstärke stranggepreßt werden und
- die Wandstärke der dickwandigen Rohre durch ein Warmumformverfahren bei Temperaturen von 250 bis 500 °C auf 1,5 bis 5 mm reduziert wird.

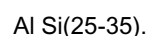
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Bolzen oder Rohrluppen eine Pulvermischung, ein legiertes Pulver oder eine Legierungsschmelze der folgenden Zusammensetzung eingesetzt wird:



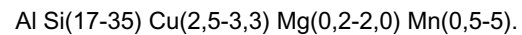
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Bolzen oder Rohrluppen eine Pulvermischung, ein legiertes Pulver oder eine Legierungsschmelze der folgenden Zusammensetzung eingesetzt wird:



4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Bolzen oder Rohrluppen eine Pulvermischung, ein legiertes Pulver oder eine Legierungsschmelze der folgenden Zusammensetzung eingesetzt wird:



5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Bolzen oder Rohrluppen eine Pulvermischung, ein legiertes Pulver oder eine Legierungsschmelze der folgenden Zusammensetzung eingesetzt wird:



6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß beim Sprühkompaktieren ein Teil des Siliziums über die Schmelze der eingesetzten AlSi-Legierung und ein Teil des Siliziums in Form von Si-Pulver mittels eines Partikelinjektors in den Bolzen oder die Rohrluppe eingebracht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Überalterungsglühung zur Vergrößerung der Si-Primärteilchen bei Temperaturen von 460 bis 540 °C über einen Zeitraum von 0,5 bis 10 Stunden vorgenommen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Rundkneten oder Rundhämmern erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Rohrwalzen mit Innenwerkzeug erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Drückwalzen erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Rohrziehen erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Ringwalzen erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das im Durchmesser und in der Wandstärke auf Endmaß geformte Rohr in Rohrab-schnitte gewünschter Länge zerteilt wird.

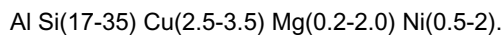
#### Claims

1. Method for manufacturing liners for combustion engines from a hypereutectic AlSi alloy, **characterised in that**

- billets or tube blanks are provided by spray compacting an alloy melt or by hot or cold compacting a mixture of metal powder or an alloy powder, which was made received by air or inert gas atomising in a particle size of smaller than 250 µm, wherein the contained primary Si particles have a size of from 0.5 to 20 µm, and preferably a size of from 1 to 10 µm,

- said billets or tube blanks, in case of need for coarsening the contained primary Si particles, are subjected to an overaging annealing, wherein the primary Si particles grow to a size of 2 to 30  $\mu\text{m}$ ,
- the billets or tube blanks, kept at an extrusion temperature of from 300 to 500°C, are extruded to thick-walled tubes with a wall thickness of from 6 to 20 mm, and
- the wall thickness of the thick-walled tubes is reduced by a hot-deformation process at temperatures of from 250 to 500°C to between 1.5 and 5 mm.

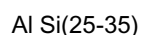
2. Method according to claim 1, **characterised in that** a powder mixture, an alloy powder or an alloy melt of the following composition are employed for manufacturing the billets or tube blanks:



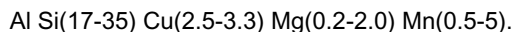
3. Method according to claim 1, **characterised in that** a powder mixture, an alloy powder or an alloy melt of the following composition are employed for manufacturing the billets or tube blanks:



4. Method according to claim 1, **characterised in that** a powder mixture, an alloy powder or an alloy melt of the following composition are employed for manufacturing the billets or tube blanks:



5. Method according to claim 1, **characterised in that** a powder mixture, an alloy powder or an alloy melt of the following composition are employed for manufacturing the billets or tube blanks:



6. Method according to claims 1 to 5, **characterised in that** during spray compacting, a part of the silicon is furnished through the melt of an AlSi alloy into the billet or into the tube blank and a part of the silicon is furnished in the form of Si powder by means of a particle injector into the billet or into the tube blank.

7. Method according to claims 1 to 6, **characterised in that** the overaging annealing for coarsening the primary Si particles is performed at temperatures of

from 460 to 540°C over a time period of 0.5 to 10 hours.

8. Method according to claims 1 to 7, **characterised in that** the hot deformation of the thick-walled tube occurs by round kneading and rotary swaging.

9. Method according to claims 1 to 7, **characterised in that** the hot deformation of the thick-walled tube occurs by tube rolling with an internal tool.

10. Method according to claims 1 to 7, **characterised in that** the hot deformation of the thick-walled tube occurs by press rolling.

11. Method according to claims 1 to 7, **characterised in that** the hot deformation of the thick-walled tube occurs by tube drawing.

12. Method according to claims 1 to 7, **characterised in that** the hot deformation of the thick-walled tube occurs by annular rolling.

13. Method according to claims 1 to 12, **characterised in that** the tube is cut into tube sections of a desired length after having been formed in diameter and in wall thickness to a final dimension.

## 30 Revendications

1. Procédé de fabrication de boîtes de glissement pour moteurs à combustion interne à partir d'un alliage AlSi hypereutectique, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que

- des boulons ou tubes ébauchés sont fabriqués en compactant par pulvérisation une fonte d'alliage ou en densifiant à chaud ou à froid un mélange de poudre métallique ou de poudre d'alliage contenu par atomisation d'air ou de gaz inerte en une particule d'une dimension inférieure à 250  $\mu\text{m}$ , les particules primaires de Si contenues présentant une dimension comprise entre 0,5 et 20  $\mu\text{m}$ , et de préférence une dimension comprise entre 1 et 10  $\mu\text{m}$ ,

- ces boulons ou tubes ébauchés sont soumis en cas de besoin à un recuit de vieillissement afin de rendre les particules primaires de Si contenues plus grossières, les particules primaires de Si prenant alors une dimension de 2 à 30  $\mu\text{m}$ ,

- les boulons ou tubes ébauchés maintenus à une température de filage comprise entre 300 et 550 °C sont filés pour obtenir des tubes à paroi épaisse d'une épaisseur de paroi compri-

se entre 6 et 20 mm et

- l'épaisseur de paroi des tubes à paroi épaisse est réduite à une valeur comprise entre 1,5 et 5 mm par une déformation à chaud à des températures comprises entre 250 et 500 °C.

2. Procédé selon revendication 1, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que pour fabriquer les boulons ou tubes ébauchés, un mélange poudreux, une poudre alliée ou une fonte d'alliage présentant la composition suivante sont utilisés :

Al Si(17-35) Cu(2.5-3.5) Mg(0.2-2.0) Ni(0.5-2).

3. Procédé selon revendication 1, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que pour fabriquer les boulons ou tubes ébauchés, un mélange poudreux, une poudre alliée ou une fonte d'alliage présentant la composition suivante sont utilisés :

Al Si(17-35) Fe(3-5) Ni(1-2).

4. Procédé selon revendication 1, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que pour fabriquer les boulons ou tubes ébauchés, un mélange poudreux, une poudre alliée ou une fonte d'alliage présentant la composition suivante sont utilisés :

Al Si(25-35).

5. Procédé selon revendication 1, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que pour fabriquer les boulons ou tubes ébauchés, un mélange poudreux, une poudre alliée ou une fonte d'alliage présentant la composition suivante sont utilisés :

Al Si(17-35) Cu(2.5-3.3) Mg(0.2-2.0) Mn(0.5-5).

6. Procédé selon revendications 1 à 5, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que lors du compactage par pulvérisation, sont introduites au moyen d'un injecteur de particules dans le boulon ou le tube ébauché une partie du silicium par la fonte de l'alliage AlSi utilisé et une partie du silicium sous forme de poudre de Si.

7. Procédé selon revendications 1 à 6, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que le recuit de vieillissement visant à rendre les particules primaires de Si contenues plus grossières est effectué à des températures comprises entre 460 et 540 °C pendant une durée de 0,5 à 10 heures.

8. Procédé selon revendications 1 à 7, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que la transformation à chaud du tube à paroi épaisse s'effectue par malaxage ou matriage.

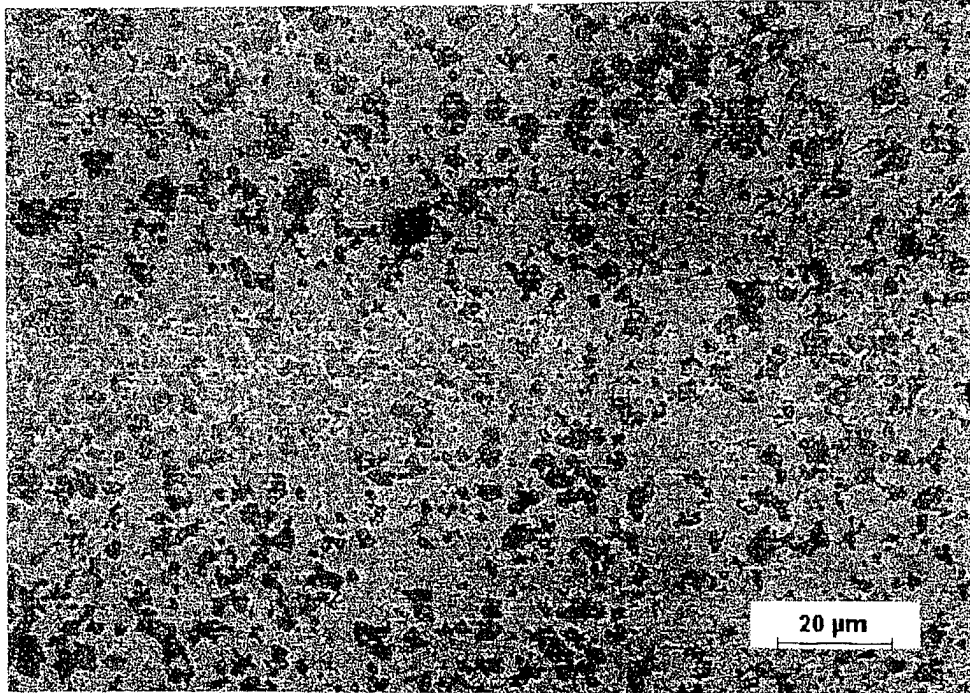
9. Procédé selon revendications 1 à 7, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que la transformation à chaud du tube à paroi épaisse s'effectue par laminage de tubes avec des outils intérieurs.

10. Procédé selon revendications 1 à 7, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que la transformation à chaud du tube à paroi épaisse s'effectue par emboutissage au tour.

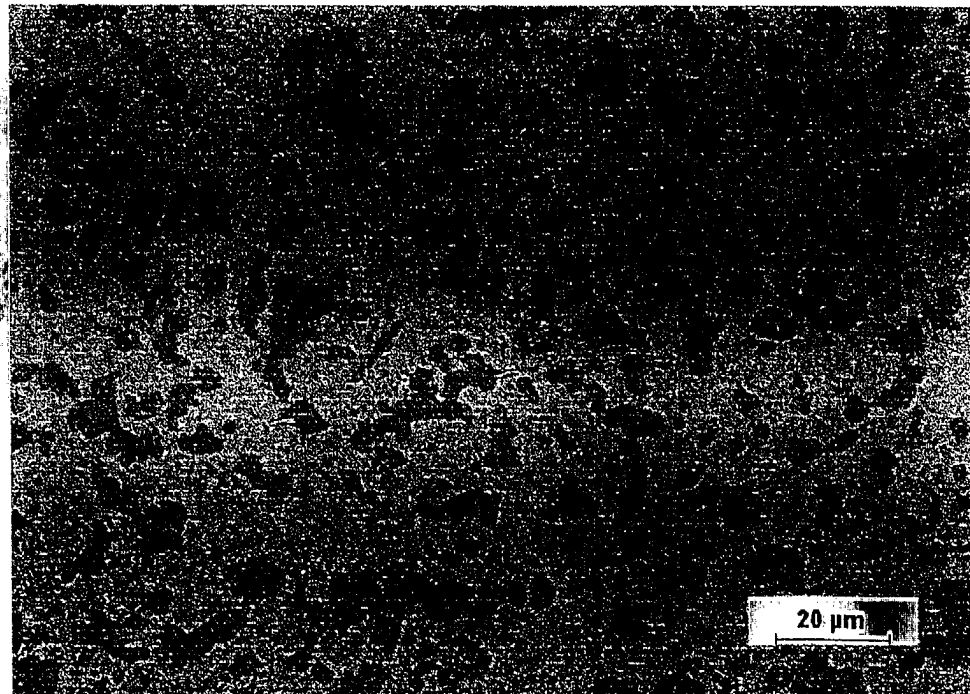
11. Procédé selon revendication 1 à 7, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que la transformation à chaud du tube à paroi épaisse s'effectue par étirage des tubes.

12. Procédé selon revendication 1 à 7, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que la transformation à chaud du tube à paroi épaisse s'effectue par laminage annulaire.

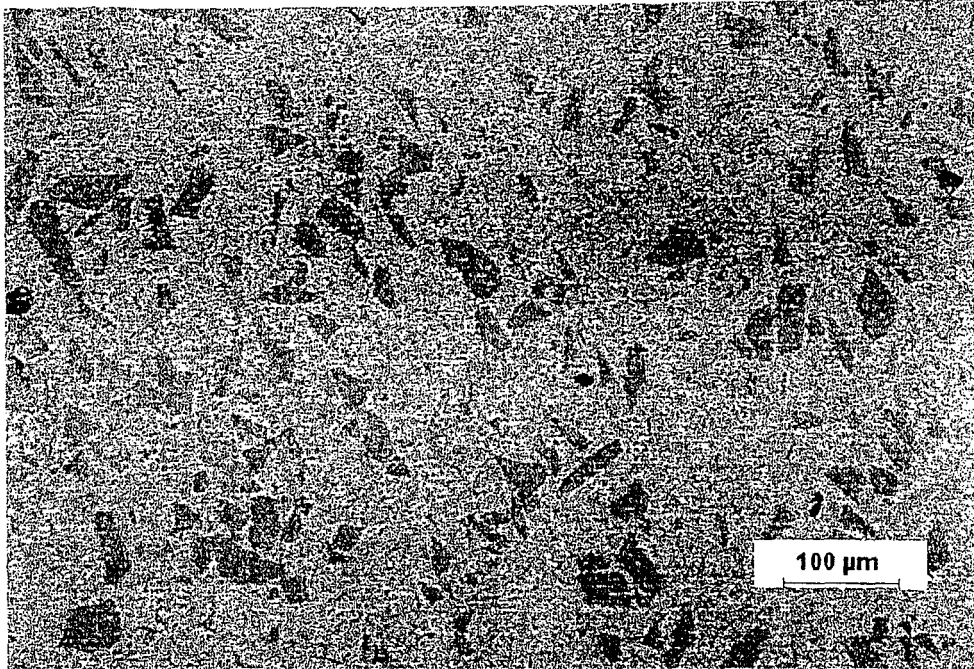
13. Procédé selon revendication 1 à 12, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que le tube formé à la mesure exacte quant à son diamètre et à son épaisseur de paroi est divisé en segments de tubes à la longueur souhaitée.



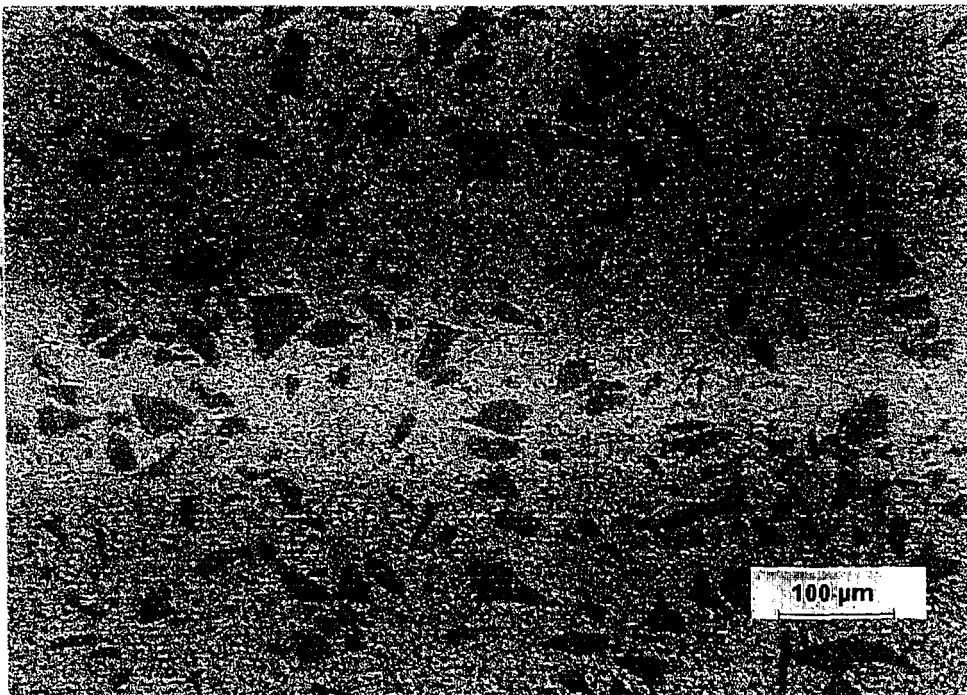
**Fig. 1 : AlSi25Cu2,5Mg1Ni1 ; wie sprühkompaktiert**



**Fig. 2 : AlSi25Cu2,5Mg1Ni1 ; geglüht, stranggepreßt**



**Fig. 3 : AlSi8Fe3Ni2 + 20%Si-Partikel; wie sprühkompaktiert**



**Fig. 4 : AlSi8Fe3Ni2 +20%Si-Partikel; wie stranggepreßt**