



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 848 760 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.08.2000 Patentblatt 2000/32

(51) Int Cl.7: **C22F 1/043**, B22F 3/115,
C22C 1/04

(21) Anmeldenummer: **96930114.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP96/03778

(22) Anmeldetag: **28.08.1996**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 97/09457 (13.03.1997 Gazette 1997/12)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON LAUFBUCHSEN FÜR VERBRENNUNGSMOTOREN**
PROCESS FOR MANUFACTURING CYLINDER LINERS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES
PROCEDE DE FABRICATION DE CHEMISES DE CYLINDRE POUR DES MOTEURS A
COMBUSTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

- **HUMMERT, Klaus**
D-48653 Coesfeld (DE)
- **RINGHAND, Dirk**
D-89077 Ulm (DE)

(30) Priorität: **01.09.1995 DE 19532253**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.06.1998 Patentblatt 1998/26

(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

(73) Patentinhaber: **Erbslöh Aktiengesellschaft**
42553 Velbert (DE)

- **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)**

(72) Erfinder:

- **COMMANDEUR, Bernhard**
D-42489 Wülfrath (DE)
- **SCHATTEVOY, Rolf**
D-42115 Wuppertal (DE)

EP 0 848 760 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 Laubbuchsen für Verbrennungsmotoren, welche aus einem warmfesten und verschleißfesten Aluminiumwerkstoff bestehen.

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

[0003] Die Zylinderlaufflächen 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 Oberfläche der Zylinderbohrung mit verschleißfesten Beschichtungen zu versehen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, eine Laubbuchse aus einem verschleißfesten Material im Zylinder anzuordnen. So wurden u.a. Graugußlaubbuchsen 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 - 80 µm) 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 Zylinderlauffläche geringfügig herausragen. Der Nachteil derartig gefertigter Zylinderlaubbahnen 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 Reibungsverlusten in der Maschine und zu einer stärkeren Erhö-

hung der Schadstoffemission.

[0006] Demgegenüber ist ein Zylinderblock gemäß DE 42 30 228, der aus einer untereutektischen AlSi-Legierung gegossen und mit Laubbuchsen 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 Laubbuchsenmaterial 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 Laubbuchsenwerkstoff.

[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 Laubbuchsen aus einer übereutektischen AlSi-Legierung bekannt. Hier wird die Laubbuchse durch Strangpressen bei Drücken von 1000 bis 10000t und einer Strangpreßgeschwindigkeit von 0,5 bis 12m/min gefertigt. Um kostengünstig durch Strangpressen Laubbuchsen 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 Laubbuchsen 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 Laubbuchsen zur Verfügung zu stellen, wobei die gefertigten Laubbuchsen 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 Verfahren angewendet werden, die eine weit höhere Erstarrungsgeschwindigkeit einer hochlegierten Schmelze erlauben.

[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. Dabei kann der Si-Gehalt der Legierungen bis zu 40Gew.% betragen. 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 Gefügestand des sprühkompaktierten Bolzens oder der sprühkompaktierten Rohrluppe 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. In diesem Prozeß spielt jedoch die Zeit eine untergeordnete Rolle. Geeignete Temperaturen liegen bei etwa 500°C, wobei eine Glühdauer von 3 - 5 Stunden ausreichend ist.

[0017] Ist ein Zustand mit feiner Si-Ausscheidungsgröße erwünscht, ist ein Glühprozeß nicht erforderlich. Eine Anpassung der Si-Ausscheidungsgröße erreicht man in diesem Fall durch das "Gas zu Metall - Verhältnis" während des Prozesses. Über das Sprühkompaktierverfahren hergestellte Bolzen oder Rohrluppen weisen in der Regel eine Dichte von mehr als 95% der theoretischen Dichte der Legierung auf. Zur vollständigen Verdichtung und Schließung der Restporosität ist das Warmstrangpressen bei Temperaturen von 350°C bis

550°C erforderlich.

[0018] Der Sprühkompaktierprozeß bietet weiterhin die Möglichkeit, über einen Partikelinjektor in den Bolzen oder in die Rohrluppe Teilchen 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. Al₂O₃) oder nicht oxidkeramische Teilchen (z.B. SiC, B₄C, etc.) im vorgenannten Teilchengrößenspektrum sein, wie sie kommerziell erhältlich und für den tribologischen Aspekt sinnvoll sind.

[0019] Eine weitere Möglichkeit, eine geeignete Gefügebildung 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 einer Rohrluppe verpreßt. Der Bolzen oder die Rohrluppe können dann durch Warmstrangpressen vollständig verdichtet werden. Auch bei dieser Herstellungsweise lassen sich tribologisch sinnvolle Gefüge einerseits durch eine Glühbehandlung und andererseits durch Zumischung von Teilchen (Oxidkeramiken, Nichtoxidkeramiken, etc.) einstellen.

[0020] 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.

[0021] 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 oder eine Rundstange mit einem Durchmesser zwischen 50mm und 120mm geformt. Dabei liegen die Strangpreßtemperaturen zwischen 300°C und 550°C. Das Strangpressen einer Rundstange bietet Vorteile hinsichtlich der erreichbaren Preßgeschwindigkeiten, was die Herstellung von Rundstangen kostengünstiger macht.

[0022] Ebenso können aus den Rohrluppen, welche durch "Sprühkompaktieren" oder über die "Pulverroute" hergestellt wurden, dickwandige Rohre mit reduzierten Wandstärken erhalten werden.

[0023] Die erforderliche Umformung wird durch Fließpressen erreicht. Dazu werden entweder Rohrab-schnitte oder Stangenabschnitte mit einem etwas größeren Volumen als das zu erzeugende dünnwandige Rohr verwendet. Bei der Verwendung von Rohrab-schnitten kann sowohl Hohl - Vorwärts -Fließpressen als

auch Hohl - Rückwärts - Fließpressen mit oder ohne Gegendruck zur Anwendung kommen. Bei der Verwendung von Stangenabschnitten kann sowohl Napf - Vorwärts - Fließpressen als auch Napf - Rückwärts - Fließpressen mit oder ohne Gegendruck zur Anwendung kommen.

[0024] Der Gegendruck kann bei allen Verfahren über einen Stempel aufgebracht werden. Ein Gegendruck ermöglicht die Herstellung eines Spannungszustandes im umzuformenden Material, der verhindert, daß Risse im umgeformten Material entstehen. Dies ist insbesondere erforderlich bei Werkstoffen, die bei Raumtemperatur nur ein begrenztes Umformvermögen besitzen.

[0025] Der Temperaturbereich, in dem die Umformung stattfinden kann, ohne daß es zu Änderungen des maßgeschneiderten Gefüges kommt, bewegt sich von Raumtemperatur bis zu Temperaturen von 480°C. Eine Umformung in Temperaturbereichen (abhängig vom Legierungssystem zwischen 520°C und 600°C), in denen es zum Auftreten einer flüssigen Phase kommt, ist ebenfalls möglich. In diesem Falle wird eine Vergrößerung der Si-Ausscheidungen auf Größen von 10µm bis 30µm, wie sie auch noch tribologisch sinnvoll sind, erreicht, wenn von nicht geglühtem Vormaterial ausgegangen wird.

[0026] Das auf die Endwanddicke oder nahe an die Endwanddicke geformte Rohr wird anschließend spannend an den Rohrenden fertigbearbeitet. Im Falle des Napf - Vorwärts und des Napf - Rückwärts - Fließpressens wird der dünnwandige Boden durch Zerspannung oder Stanzen entfernt.

[0027] 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:

[0028] Eine Legierung der Zusammensetzung Al Si₂₅ Cu_{2,5} Mg₁ Ni₁ wird bei einer Schmelztemperatur von 830°C mit einem Gas/ Metall -Verhältnis von 4,5m³/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. 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 68mm. Da die Strangpreßtemperatur unterhalb der Glühtemperatur liegt, bleibt das eingestellte Gefüge er-

halten.

[0029] Die stranggepreßten, dickwandigen Rohre werden zu kurzen Abschnitten von 30mm Länge abgelängt und bei 420°C durch Hohl - Vorwärts - Fließpressen zu dünnwandigen Rohrabschnitten mit einem Außendurchmesser von 74 mm bei einem Innendurchmesser von 67 mm und einer Länge von 130 mm umgeformt. Dabei können die Rohre vollständig ohne Bund ausgeformt werden, da jeder Abschnitt mit dem nachfolgenden Abschnitt durchgedrückt wird.

[0030] Wie Fig. 1 bei A zu entnehmen, wird der Rohling (1) in die Matrize (2) eingelegt. Der Preßstempel (3) im Zusammenwirken mit der Matrize (2) formt den ersten Rohling (1) teilweise zu einem Rohr um (1B). Der Preßstempel (3) fährt dann wieder in die Ausgangsstellung und der nächste Rohling wird in die Matrize (2) eingelegt (1C). Beim anschließenden Niederdrücken des Preßstempels (3) wird mit Hilfe des zweiten Rohlings der erste Rohrabschnitt vollständig ausgeformt und ausgeworfen (1D).

[0031] Durch diese Vorgehensweise wird gleichzeitig im formgebenden Preßkanal ein Gegendruck erzeugt, der die fehlerfreie Umformung erleichtert.

Beispiel 2:

[0032] Eine Legierung, wie sie in Beispiel 1 über Sprühkompaktieren hergestellt wurde, wird zu einer Rundstange mit einem Außendurchmesser von 74 mm stranggepreßt. Durch die einfachere Geometrie läßt sich eine Preßgeschwindigkeit von 1,5m/min erreichen, was eine nicht unerhebliche Kosteneinsparung bedeutet. Die Stange wird zu Abschnitten von einer Länge von 27mm zerteilt. Diese Abschnitte werden dann durch Napf - Rückwärts - Fließpressen bei Temperaturen von 420°C zu einem Napf mit einem Außendurchmesser von 74mm, einem Innendurchmesser von 67mm und einer Höhe von 130mm ausgeformt. Der dünne Boden mit einer Dicke von 4mm wird anschließend bei der Bearbeitung der Rohrenden ausgestochen.

Beispiel 3:

[0033] Eine Legierung, wie sie in Beispiel 1 und 2 über Sprühkompaktieren hergestellt wurde, wird ohne vorherige Glühung zu einer Rundstange mit einem Außendurchmesser von 74 mm stranggepreßt. Die Si-Primärausscheidungen liegen in einem Größenbereich von 1µm bis 7µm. Die Stange wird in Abschnitte von einer Länge von 27mm aufgeteilt. Diese Abschnitte werden induktiv innerhalb von 4 - 5 min auf eine Temperatur von 560°C aufgeheizt. Bei dieser Temperatur befindet sich die Legierung zwischen Solidus und Uquidus. Der teilflüssige Stangenabschnitt ist mechanisch stabil und läßt sich noch handhaben.

[0034] Wie der Fig. 2 zu entnehmen, wird der teilflüssige Stangenabschnitt (1) in einem geschlossenen Werkzeug, welches aus Preßstempel (3), Matrize (2)

und Auswerfer (4) besteht, durch Napf-Rückwärts-Fließpressen umgeformt. Dazu wird der Abschnitt (1) in das Werkzeug eingelegt (2E), mittels des Preßstempels (3) umgeformt (2F) und durch die Bewegung des Auswerfers (4) ausgestoßen (2G). Es entsteht ein Napf mit einem Außendurchmesser von 74mm, einem Innendurchmesser von 67mm und einer Höhe von 130mm. Der Boden des ausgeformten Napfes mit einer Dicke von 4mm kann anschließend bei der Bearbeitung der Rohrenden ausgestochen oder über Stanzen entfernt werden.

[0035] Durch den teilflüssigen Zustand sind nur sehr geringe Umformkräfte erforderlich. Bedingt durch diesen teilflüssigen Zustand wachsen die Si-Ausscheidungen auf 20µm bis 25µm an.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Laufbuchsen für Verbrennungsmotoren aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung, dadurch gekennzeichnet, daß
 - durch Sprühkompaktieren einer Legierungsschmelze oder durch Warm- bzw. Kaltverdichten einer Mischung von über Luft- oder Inertgasverdüsung in einer Partikelgröße von kleiner 250 µm erhaltenen 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 runden Vorformlingen mit einem Außendurchmesser kleiner 120mm stranggepreßt werden,
 - die runden Vorformlinge in Abschnitte gewünschter Länge zerteilt werden und
 - diese Abschnitte der Vorformlinge durch Fließpressen bei Temperaturen von 25 bis 600°C zu rohrförmigen Halbzeug mit einer Wanddicke von 1,5 bis 5mm umgeformt werden.
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:

Al Si(17-35) Cu(2,5-3,5) Mg(0,2-2,0) Ni(0,5-2).

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:

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

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:

Al Si(25-35).

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:

Al Si(17-35) Cu(2,5-3,3) Mg(0,2-2,0) Mn(0,5-5).

6. Verfahren nach den Ansprüchen 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 in die Rohrluppe eingebracht wird.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 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 den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der auf Strangpreßtemperatur gehaltene Bolzen zu einer Rundstange mit einem Durchmesser von 50 bis 120 mm stranggepreßt wird, welche anschließend in Stangenabschnitte zerteilt wird und die Stangenabschnitte durch Napf-Vorwärts-Fließpressen bzw. Napf-Rückwärts-Fließpressen mit oder ohne Gegendruck bei Temperaturen von 25 bis 600 °C zu Näpfen umgeformt werden, wobei die Näpfe eine Wanddicke von 1,5 bis 5 mm und einem dünnwandigen Boden besitzen, welcher zur Bildung der gewünschten Rohre entfernt wird.
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch

gekennzeichnet, daß die auf Strangpreßtemperatur gehaltenen Bolzen oder Rohrluppen zu dickwandigen Rohren von 6 bis 20 mm Wandstärke stranggepreßt werden, welche anschließend in Rohrab-schnitte zerteilt werden und die dickwandigen kurzen Rohrab-schnitte durch Hohl-Vorwärt-Fließpres-sen bzw. Hohl-Rückwärts-Fließpressen mit oder ohne Gegendruck bei Temperaturen von 25 bis 600 °C zu iängeren Rohrab-schnitten mit reduzierter Wanddicke von 1,5 bis 5 mm umgeformt werden.

10. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung durch Fließpressen bei Temperaturen von 25 bis 480°C vorgenommen wird.

11. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung durch Fließpressen bei Temperaturen oberhalb der Solidustemperatur und unterhalb der Liquidustempera-tur des übereutektischen AlSi-Materials vorgenom-men wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekenn-zeichnet, daß auf die Überalterungsglühung ver-zichtet werden kann.

Claims

1. Method for manufacturing liners for combustion en-gines from a hypereutectic AlSi alloy, **character-ised in that**

- billets or tube blanks are provided by spray compacting an alloy melt or by hot or cold com-pacting a mixture of metal or alloy powder, which was received by air or inert gas atomising in a particle size of smaller than 250 µm, where-in 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 µm,
- the billets or tube blanks, kept at an extrusion temperature of 300 to 550°C, are extruded to round preforms having an outer diameter small-er than 120 mm,
- the round preforms are cut into sections of a desired length, and
- these sections of the preforms are formed by

extrusion molding at temperatures of from 25 and 600°C to tubular blanks having a wall thick-ness of 1.5 to 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 man-ufacturing the billets or tube blanks:

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

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 man-ufacturing the billets or tube blanks:

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

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 man-ufacturing the billets or tube blanks:

Al Si(25-35)

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 man-ufacturing the billets or tube blanks:

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

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

8. Method according to claims 1 to 7, **characterised in that** the billet, kept at an extrusion temperature, is extruded to a round bar having a diameter of 50 to 120 mm, wherein said round bar is subsequently cut into bar sections, and wherein the bar sections are formed to cup cans by Cup Can-Forward-Ex-trude or Cup Can-Backward-Extrude with or without counterpressure at temperatures of from 25 to 600°C, wherein the cup cans have a wall thickness

of 1.5 to 5 mm and a thin-walled floor, wherein the floor is removed for forming the desired tubes.

9. Method according to claims 1 to 7, **characterised in that** the billets or tube blanks, kept at extrusion temperature, are extruded to thick-walled tubes having a wall thickness of 6 to 20 mm, wherein the thick-walled tubes are subsequently cut into tube sections, and wherein the thick-walled short tube sections are formed to longer tube sections having a reduced wall thickness of from 1.5 to 5 mm by Hollow-Forward-Extrude or Hollow-Backward-Extrude with or without counterpressure at temperatures of from 25 to 600°C.

10. Method according to claims 1 to 9, **characterised in that** the deformation by extrusion molding is performed at temperatures of between 25 and 480°C.

11. Method according to claims 1 to 9, **characterised in that** the deformation by extrusion molding is performed at temperatures above the solidus temperature and below the liquidus temperature of the hypereutectic AlSi material.

12. Method according to claim 11, **characterised in that** no overaging annealing is required.

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 µm, les particules primaires de Si contenues présentant une dimension comprise entre 0,5 et 20 µm, et de préférence une dimension comprise entre 1 et 10 µm,
- 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 µm,
- les boulons ou tubes ébauchés maintenus à une température de filage comprise entre 300 et 550 °C sont filés pour obtenir des préformes rondes d'un diamètre extérieur inférieur à 120

mm,

- les préformes rondes sont divisées en segments à la longueur souhaitée et
- ces segments des préformes sont transformés en demi-produits tubulaires présentant une épaisseur de paroi comprise entre 1,5 et 5 mm par extrusion à des températures comprises entre 25 et 600 °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 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 le boulon maintenu à température de filage est filé en une barre ronde d'un diamètre de 50 à 120 mm qui est ensuite divisée en lopins et que ces lopins sont transformés en godets par filage avant ou filage arrière d'un corps creux avec ou sans contre-pression à des températures comprises entre 25 et 600 °C, les godets présentant une épaisseur de paroi de 1,5 à 5 mm et un fond à paroi mince qui sera enlevé pour former les tubes souhaités. 5
10
15
9. Procédé selon revendications 1 à 7, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que les boulons ou tubes ébauchés maintenus à température de filage sont filés en tubes à paroi épaisse présentant une épaisseur de paroi de 6 à 20 mm qui sont ensuite divisés en segments de tubes et que ces segments de tube courts à paroi épaisse sont transformés en segments de tubes plus longs présentant une paroi réduite comprise entre 1,5 et 5 mm par filage avant des tubes ou filage arrière des tubes avec ou sans contre-pression à des températures comprises entre 25 et 600 °C. 20
25
10. Procédé selon revendications 1 à 9, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que la transformation s'effectue par filage à des températures comprises entre 25 et 480 °C. 30
11. Procédé selon revendications 1 à 9, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** que la transformation s'effectue par filage à des températures au-dessus de la température solidus et en-dessous de la température liquidus de la matière AISi hypereutectique. 35
40
12. Procédé selon revendication 11, ledit procédé étant **caractérisé par le fait** qu'il est possible de renoncer au recuit de vieillissement. 45

50

55

Hohl - Vorwärts - Fließpressen (Beispiel 1)

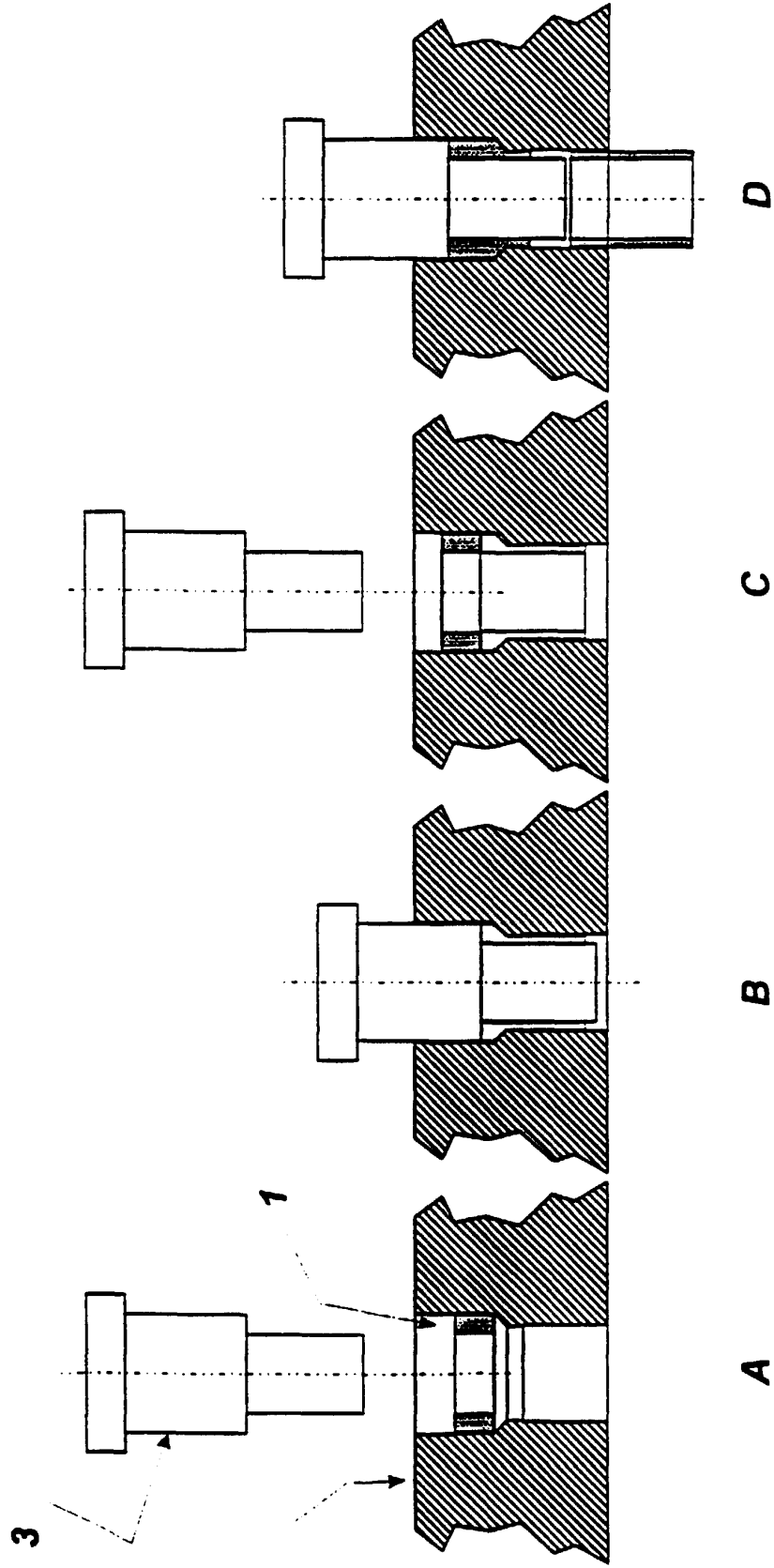


Fig.1

Napf - Rückwärts - Fließpressen (Beispiel 3)

