

(11) *Número de Publicação:* **PT 848760 E**

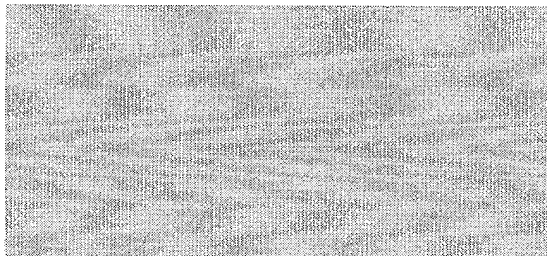
(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
C22F001/043 A B22F003/115 B
C22C001/04 B

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de depósito: 1996.08.28	(73) Titular(es): ERBSLOH AKTIENGESELLSCHAFT SIEBENEICKER STRASSE 235 42553 VELBERT DE
(30) Prioridade: 1995.09.01 DE 19532253	
(43) Data de publicação do pedido: 1998.06.24	(72) Inventor(es): BERNHARD COMMANDEUR ROLF SCHATTEVOY KLAUS HUMMERT DIRK RINGHAND DE DE DE DE
(45) Data e BPI da concessão: 2000.08.09	(74) Mandatário(s): LUÍS MANUEL DE ALMADA DA SILVA CARVALHO RUA VITOR CORDON, N° 14 - 3° 1200 LISBOA PT

(54) Epígrafe: PROCESSO PARA O FABRICO DE CAMISAS DE CILINDRO PARA MOTORES DE COMBUSTÃO

(57) Resumo:



DESCRIÇÃO

"PROCESSO PARA O FABRICO DE CAMISAS DE CILINDRO PARA MOTORES DE COMBUSTÃO"

O presente invento refere-se a um processo para a fabrico de camisas de cilindro para motores de combustão. Estas camisas são fabricadas de alumínio resistente ao calor e ao desgaste.

As camisas de cilindros são componentes sujeitos ao desgaste que são introduzidos à pressão ou vazados pelo processo de fundição nos orifícios cilíndricos dos blocos dos motores de combustão.

As superfícies de trabalho dos cilindros de um motor de combustão encontram-se submetidas a fortes solicitações desgastantes por parte dos êmbolos ou dos segmentos e das elevadas temperaturas que se desenvolvem localmente. Torna-se portanto necessário que estas superfícies sejam constituídas por materiais resistentes ao desgaste e ao calor.

Para alcançar este objectivo, existe uma multiplicidade de processos destinados a prover a superfície interna do furo do cilindro com um revestimento resistente ao desgaste. Uma outra possibilidade consiste na guarnição do cilindro com uma camisa de cilindro fabricada num material resistente ao desgaste. Neste sentido, foram utilizadas camisas de cilindro obtidas por um processo de fundição cinzenta, embora estas se caracterizam, quando comparadas com as fabricadas em materiais à base de alumínio, por uma reduzida condutibilidade térmica e estejam associadas ainda a outras desvantagens.

O problema começou por ser resolvido através de um bloco de cilindros fabricado numa liga AlSi hipereutética. Por motivos que se prendem com a fundição, o teor de silício foi restringido a 20% em peso. Outra desvantagem verificada do processo de fundição reside na precipitação de partículas primárias de silício com dimensões relativamente grandes (cerca de 30 a 80 μm) no decurso do endurecimento do material fundido. Em virtude das suas dimensões e da sua forma angulosa dotada de arestas vivas, estas partículas provocam o desgaste dos cilindros e segmentos. É-se portanto forçado a proteger os cilindros e segmentos com revestimentos apropriados. A superfície de contacto entre as partículas de Si e o cilindro / segmento é aplanada através de um processamento mecânico. A um tal processamento mecânico segue-se depois um tratamento electroquímico destinado a fazer recuar ligeiramente a matriz de alumínio entre os grãos de Si por forma a que estes sobressaíam ligeiramente da superfície de trabalho do cilindro enquanto estrutura de suporte. A desvantagem das superfícies de trabalho a que foi dado este acabamento reside, por um lado, em serem de fabrico significativamente oneroso (liga cara, processamento mecânico moroso, cilindros revestidos a ferro, anéis de segmento armados) e, por outro, na deficiente distribuição das partículas primárias de Si. Existem por isso grandes zonas da estrutura que estão isentas de partículas de Si e, por conseguinte, submetidas a um desgaste mais intenso. Para evitar este desgaste torna-se necessária uma película de óleo enquanto meio de separação entre a superfície de trabalho e os parceiros no desgaste. Para a regulação da espessura da película de óleo é decisiva, entre outros factores, a profundidade desocupada pelas partículas de Si. Uma película de óleo relativamente espessa provoca perdas por atrito superiores na máquina e um aumento mais significativo da emissão de substâncias poluentes.

Por comparação, um bloco de cilindros de acordo com a patente DE 42 30 228, fundido numa liga AlSi hipereutética e provido de camisas de

cilindro fabricadas em liga AlSi hipereutética revela-se economicamente vantajoso. Contudo, os problemas atrás mencionados também não são por ele solucionados.

Para que possam ser exploradas as vantagens das ligas AlSi hipereutéticas como material para o fabrico de camisas de cilindro, é necessário alterar a estrutura no que respeita aos grãos de Si. É sabido que as ligas à base de alumínio, tecnicamente irrealizáveis por um processo de fundição, podem ser fabricadas por medida por processos metalúrgicos envolvendo pós ou mediante compactação por pulverização.

Por esta via podem ser fabricadas ligas AlSi hipereutéticas que possuem uma elevada resistência ao desgaste em virtude do seu elevado teor de Si, do carácter fino das suas partículas de Si e da sua distribuição homogénea e às quais é conferida a necessária resistência ao calor mediante a adição de elementos tais como, por exemplo, Fe, Ni ou Mn. As partículas primárias de Si presentes nestas ligas possuem dimensões compreendidas entre cerca de 0,5 e cerca de 20 μm . Assim sendo, as ligas deste modo fabricadas revelam-se adequadas como material para o fabrico de camisas de cilindro.

Embora as ligas de alumínio, na generalidade, sejam fáceis de manipular, a transformação destas ligas hipereutéticas é problemática. O documento EP 0 635 318 descreve um processo de fabrico de camisas de cilindro a partir de uma liga hipereutética AlSi. Neste, a camisa de cilindro é fabricada por prensagem por extrusão a pressões entre 1.000 e 10.000 t e a velocidades entre 0,5 e 12m/min. Para produzir, por este processo, camisas de cilindro a medidas de extremos, são necessárias velocidades de prensagem extremamente elevadas. Ficou demonstrado que estas ligas são de difícil prensagem e para se obter camisas de cilindro de baixas espessuras de parede as elevadas velocidades

de prensagem conduzem, na prensagem por extrusão, ao rompimento dos perfis.

A tarefa do presente invento consiste em criar um processo melhorado de fabrico de camisas de cilindro e de baixos custos, sendo que as camisas prontas deverão possuir os necessários aperfeiçoamentos relativamente à resistência ao desgaste, à resistência ao calor e à redução das emissões de substâncias nocivas.

De acordo com a presente invenção, esta tarefa é resolvida por meio das operações vinculadas ao processo indicado na reivindicação 1.

Outros aspectos da presente invenção estão indicados nas reivindicações dependentes.

As propriedades "tribológicas" (de atrito) necessárias são particularmente obtidas pelo emprego de processos, que permitam a elevada velocidade de solidificação de uma pasta de liga de alto teor.

A isso, pertence, por um lado, o "processo de compactação por pulverização" (doravante "compactação por pulverização"). Para obtenção das características pretendidas pulveriza-se com silício uma pasta de liga de alumínio, de alto teor, que é arrefecida num jacto de azoto a uma velocidade de arrefecimento de 1000°C/s . As partículas que se encontram parcialmente ainda em estado líquido, são pulverizadas num prato rotativo. Durante o processo, o prato move-se continuamente de forma descendente. Através da sobreposição dos dois movimentos forma-se um bloco cilíndrico, cujas dimensões são de cerca de 1000 a 3000 mm de comprimento com um diâmetro de até 400 mm. Devido às elevadas velocidades de arrefecimento formam-se durante o processo de compactação por pulverização, segregações primárias Si até 20 μm . Nesse caso, o teor de Si das ligas atinge até 40% peso. Devido ao brusco arrefecimento da pasta

de alumínio por jacto de gás o estado de hipersaturação obtido é quase de "congelamento".

Alternativamente à fabrico do bloco também podem ser fabricados, por compactação de pulverização, elementos tubulares de parede espessa com um diâmetro interno entre 50 e 120 mm e uma espessura de parede até 250 mm. Para isso, o jacto das partículas após a atomização é dirigido a um tubo de suporte horizontal rotativo em volta do seu eixo longitudinal e aí compactado. Através de um avanço regulado e contínuo em sentido horizontal, fabrica-se, deste modo, um elemento tubular, que serve como material de preparação para a transformação por prensagem por extrusão e/ou outros processos térmicos de transformação. O tubo de suporte mencionado anteriormente consiste de uma liga convencional de alumínio em pasta ou da mesma liga, como é fabricada por compactação de pulverização.

A situação da estrutura do bloco ou do elemento tubular compactada pode ser alterada por meio de recozimentos sucessivos de supraenvelhecimento. A estrutura pode ser modificada para um grão Si de 2 a 30 μm de tamanho, como será desejável para as características "tribológicas" (por atrito) exigidas. O crescimento de maiores partículas Si durante o processo de recozimento é provocado por difusão em corpos sólidos às custas de partículas Si menores. Esta difusão está dependente da temperatura de superenvelhecimento e da duração do tratamento por recozimento. Quanto mais alta for a temperatura escolhida, tanto mais rapidamente crescem os grãos Si. Todavia, o factor tempo tem uma importância relativa neste processo. As temperaturas apropriadas situam-se aproximadamente a 500°C, sendo que a duração do recozimento de 3 a 5 horas é suficiente.

Pretendendo-se uma situação de um valor fino de segregação Si, não é necessário um processo de recozimento. Um ajustamento do valor de

- 6 - *Uma Seta Curva*

segregação Si obtém-se, neste caso, através da relação "Gás para Metal". O bloco ou o elemento tubular, fabricados pelo processo de compactação de pulverização, apresentam, por via de regra, uma espessura de mais de 95% da espessura teórica da liga. Para a compressão completa e fecho da porosidade residual, é necessária a prensagem por extrusão a quente com temperaturas entre 350°C até 550°C.

O processo de compactação oferece ainda a possibilidade de inserir partículas nos blocos ou no elemento tubular através de um injector apropriado, que não existiam na pasta. Dado que estas partículas podiam apresentar uma geometria e uma grandeza própria entre 2 μ m e 400 μ m existe uma multiplicidade de possibilidades para uma estrutura. Estas partículas podem ser p. ex. partículas Si na gama de 2 μ m e 400 μ m ou partículas de "óxido-cerâmica" (p. ex. Al₂O₃) ou não óxido-cerâmica (p.ex. SiC, B₄C etc.) no mencionado espectro de valores das partículas, conforme são conhecidas no mercado aquisitivo e como é lógico para o aspecto tribológico (atrato).

Uma outra possibilidade para fabricar uma adequada formação de estrutura, consiste na solidificação rápida de uma pasta com liga de alumínio saturada de silício (doravante designada por "via do pó"). Neste caso é fabricado um pó através da atomização de ar ou de gás inerte da pasta. Este pó pode, por um lado, estar completamente em liga, o que significaria, que todos os componentes da liga estariam presentes na pasta, ou que o pó é misturado numa operação seguinte de pós de vários componentes ou ligas. O pó constituindo completamente a liga ou a mistura, é prensado seguidamente por prensagem isostática fria, prensagem a quente ou, ainda, prensagem quente a vácuo formando o bloco ou uma elemento tubular. O bloco ou o elemento tubular podem, depois, ser completamente comprimidos por prensagem por extrusão. Também nesta forma de fabrico podem-se ajustar, por um lado, estruturas tribologicamente eficazes por meio de tratamento por recozimento e, por outro,

pela adição de partículas óxido-cerâmicas ou cerâmicas não óxido-cerâmicas.

A estrutura assim ajustada, já não se altera nas operações seguintes ou altera-se positivamente para as características "tribológicas" exigidas.

Por meio de prensagem por extrusão é formado do bloco em bruto, que foi fabricado através de "compactação por pulverização" ou por "via do pó", um tubo de parede com espessura entre 6 e 20 mm ou um varão com um diâmetro entre 50 mm e 120mm. Neste caso, as temperaturas da prensagem por extrusão situam-se entre 300°C e 550°C. A prensagem deste tipo, de um varão, oferece vantagens em relação às velocidades de prensagem que se possam atingir, o que torna a sua fabrico interessante do ponto de vista de custos.

Do mesmo modo se podem fabricar das elementos tubulares, que foram obtidas por "compactação por pulverização" ou por "via do pó" tubos com espessura reduzida de parede.

A transformação necessária é obtida a partir de prensagem de avanço. Para isso utilizam-se ou segmentos de tubo ou segmentos de barras com um volume algo maior do que o tubo de parede delgada a ser fabricado. Na utilização de segmentos de tubo, pode aplicar-se tanto a "prensagem de avanço" como a "prensagem de retorno". Na utilização de segmentos de barra podem aplicar-se os dois tipos de prensagem, com ou sem contrapressão.

A contrapressão pode ser exercida em todos os processos mediante um punção. Uma contrapressão possibilita a constituição de um estado de tensão em materiais a serem transformados, o que evita o aparecimento de fissuras no material transformado. Este sistema é especialmente conveniente em materiais que possuam uma capacidade de transformação limitada à temperatura ambiente.

A gama de temperatura, em que a transformação pode ter lugar, sem que tal provoque alterações na estrutura, oscila entre a temperatura ambiente e temperaturas de 480°C. Uma transformação em gamas de temperatura (entre 520°C e 600°C, dependendo do sistema de liga), nos quais ocorra uma fase fluida, é também possível. Neste caso, chega-se a uma forma mais grosseira das segregações Si entre 10µm e 30µm, em que estas ainda possam ser "tribologicamente" eficazes, desde que não sejam provenientes de material pré-recozido.

O tubo formado a partir da espessura da parede final ou próximo desta é depois, aí acabado.

Na "prensagem de avanço " e na "prensagem de retorno, o fundo de parede delgada é removido por maquinagem ou estampagem.

O processo apresentado por este invento tem a vantagem de o material para a camisa de cilindro poder ser cortado à medida. O elevado custo que ocorre na prensagem por extrusão, é evitado, através da segunda operação do processo de transformação a quente, tanto no que diz respeito à pressão, como à velocidade de prensagem e à qualidade .

Exemplo nº 1

Uma liga composta por Al Si25 Cu2,5 Mg1 Ni1 é compactada num bloco a uma temperatura de fusão de 830°C, numa relação gás/metall de 4,5m³/kg.(metro cúbico normalizado de gás por quilo de fusão) pelo processo de compactação por pulverização. No bloco assim compactado, as segregações de Si situam-se sob as condições mencionadas na gama de valores entre 1µm e 10µm. O bloco é submetido a um tratamento por recozimento de 520°C durante 4

h. Após este tratamento, as segregações Si situam-se na gama de valores entre $2\mu\text{m}$ e $30\mu\text{m}$. Por meio de prensagem por extrusão de 420°C e uma velocidade de saída do perfil de $0,5\text{ m/min}$ numa câmara, forma-se um tubo com um diâmetro externo de 94mm e um diâmetro interno de 68 mm . Dado que a temperatura da prensagem fica abaixo da temperatura de recozimento, a estrutura ajustada mantém-se.

Os tubos de parede grossa prensados por extrusão são cortados em segmentos de 30mm e transformados por meio de prensagem a 420°C em segmentos tubulares de parede delgada, de 74mm de diâmetro externo e 67mm de diâmetro interno e um comprimento de 130 mm . Deste modo, os tubos podem ser completamente transformados sem flange, porque cada secção de tubo é comprimida na secção seguinte.

Como se verifica na fig. 1, na vista A, a peça 1 é inserida na matriz. O punção (3) em combinação com a matriz (2) transforma a primeira peça (1) em bruto parcialmente num tubo (figura 1B). O punção (3) volta a deslocar-se para a posição de saída e a próxima peça em bruto é inserida na matriz (2) (figuras 1C). Na descida seguinte do punção (3), a primeira secção de tubo é completamente formada e expulsa (figura 1D). com o auxílio da segunda peça. Através deste processo, forma-se, simultaneamente uma contrapressão no canal de prensagem moldado, que facilita a correcta transformação.

Exemplo 2

Uma liga, conforme está apresentada no exemplo 1, formada por compactação por pulverização, é prensada por extrusão até atingir a forma de varão com um diâmetro externo de 74 mm .

Devido à geometria simplificada pode-se atingir uma velocidade de prensagem de 1,5 m/mm, o que representa uma economia de custos não desprezível. O varão é cortado em segmentos com 27 mm de comprimento. Estes segmentos são depois transformados por meio de prensagem de retorno, com temperaturas de 420°C, num cadinho, com um diâmetro de 74mm, um diâmetro interno de 67mm e uma altura de 130mm. O delgado fundo, com 4mm de espessura é, seguidamente, ejectado aquando da maquinagem das extremidades do tubo.

Exemplo 3

Ligas, como as fabricadas nos exemplos 1 e 2 por meio de compactação por pulverização, são prensadas por extrusão num varão com 74mm de diâmetro externo, sem prévio recozimento. As segregações primárias de Si situam-se numa ordem de grandeza entre 1 μ m e 7 μ m. O varão é cortado em segmentos de 27 mm de comprimento. Estes segmentos são aquecidos por indução durante 4 a 5 min a uma temperatura de 560°C. A esta temperatura encontra-se a liga entre o estado sólido e o estado líquido. A secção do varão ainda parcialmente líquida é mecanicamente estável e pode ainda ser manipulada.

Conforme se verifica na fig. 2, a secção de varão (1) parcialmente fluída, é transformada numa ferramenta fechada, a qual é constituída por punção de prensagem (3), matriz (2) e ejector (4) a), é transformada por uma prensa, com fluxo de retorno. Para isso, a secção (1) é inserida na ferramenta (figura 2E), transformada por meio do punção (3) e expulsa pelo movimento do ejector (4) (figura 2G). Daí, forma-se um cadinho, com um diâmetro externo de 74mm, um diâmetro interno de 67mm e 130mm de altura. O fundo do cadinho recém formado, tem 4mm de espessura de parede, podendo ser ejectado após a maquinagem das extremidades dos tubos, ou ser removido por estampagem.

Devido ao estado parcialmente fluido são necessários esforços de transformação muito baixos. Devido a este estado, as segregações Si aumentam de 20 μ m a 25 μ m.

Lisboa, 26 de Outubro de 2000



LUIS SILVA CARVALHO
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 14
1200 LISBOA

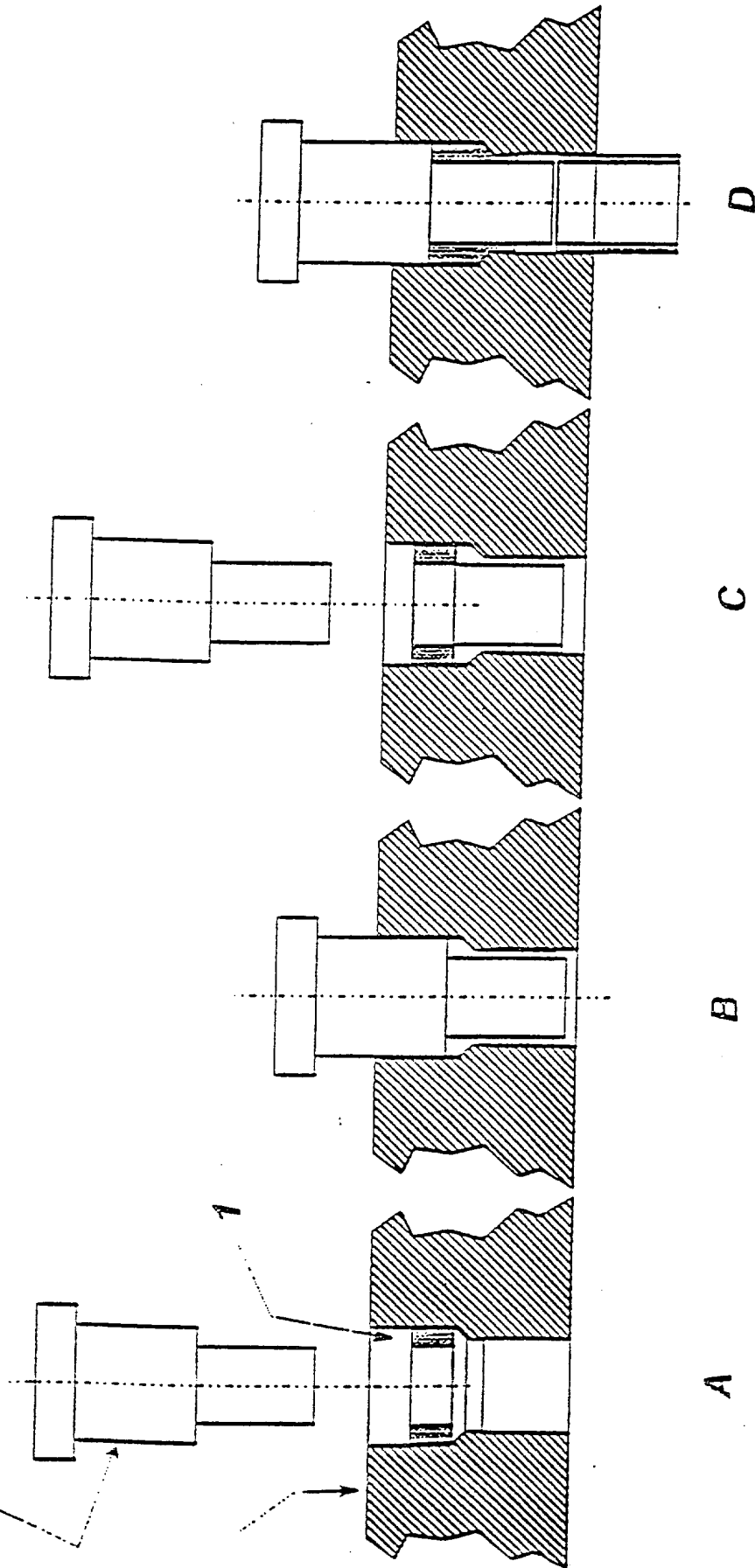
Vazio - Avanço - Prensagem (Exemplo 1)

3

2

1

1/32



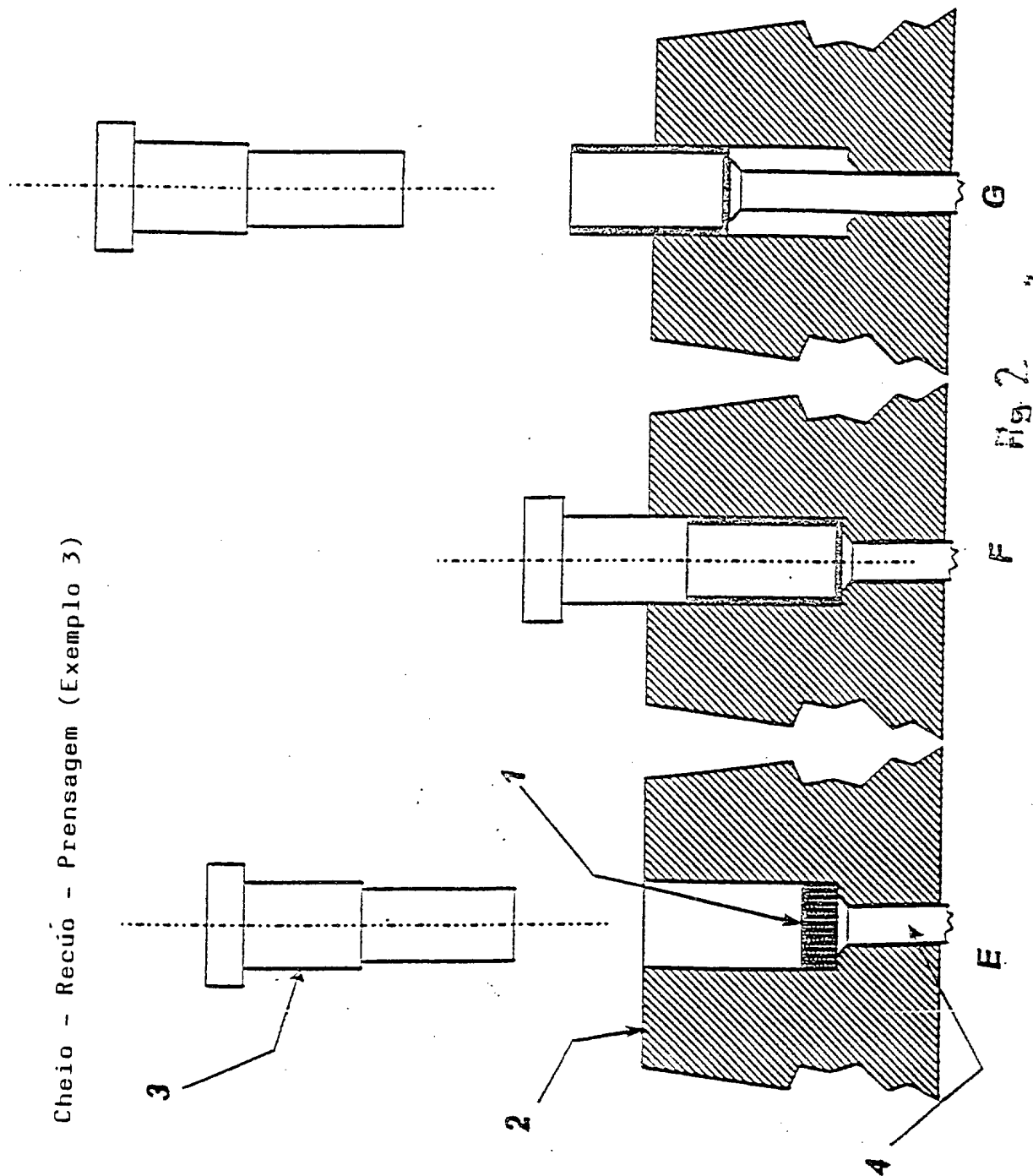
Very Seldom Changing

Fig. 1

Very Seldom Used

2/32

Cheio - Recuo - Prensagem (Exemplo 3)

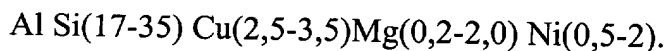


Very Sinter Chemistry

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a fabrico de camisas de cilindro destinadas a motores de combustão, a partir de uma liga hipereutética AlSi, caracterizado por:
 - os blocos ou os elementos tubulares serem fabricados por compactação por pulverização de uma pasta de liga ou por compressão a quente ou a frio de uma mistura de pó metálico ou de liga, obtida a partir de atomização de ar ou de gás inerte numa partícula de uma dimensão menor do que 250 μm , sendo que as partículas primárias de Si possuem uma dimensão de 0,5 a 20 μm , preferencialmente de 1 a 10 μm ,
 - estes blocos ou tubos serem submetidos, em caso de necessidade, a um recozimento de envelhecimento para engrossamento das partículas primárias de Si obtidas, sendo que as partículas de Si aumentam para uma dimensão de 2 a 30 μm ,
 - os blocos ou os tubos mantidos a uma temperatura de 300 a 550°C serem prensados para se obterem préformas redondas com um diâmetro externo inferior a 120mm,
 - estas serem divididas em segmentos com comprimento aleatório,
 - estes segmentos serem transformados por extrusão, a uma temperatura de 25 a 600°C, em semiprodutos de forma tubular com uma espessura de parede entre 1,5 a 5mm

2. Processo de fabrico, de acordo com a reivindicação precedente 1, caracterizado porque para fabricar os blocos ou os tubos são utilizados uma mistura de pó, um pó de liga ou uma pasta de liga composta pela fórmula seguinte:



3. Processo de fabrico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por na fabrico dos blocos ou dos tubos ser aplicada uma mistura em pó, um liga em pó ou uma pasta de liga com a seguinte composição:

Al Si(17-35) Fe(3-5) Ni(1.2)

4. Processo de fabrico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser aplicado na fabrico dos blocos ou dos tubos uma mistura em pó, uma liga em pó, ou uma liga em pasta com a seguinte composição:

Al Si(25-35).

5. Processo de fabrico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser aplicado na fabrico dos blocos ou dos tubos uma mistura em pó, uma liga em pó, ou uma liga em pasta com a seguinte composição:

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

6. Processo de fabrico, de acordo com as reivindicações 1 a 5, caracterizado por na compactação por pulverização serem introduzidas, por meio de um injector de partículas, nos blocos ou nos tubos, uma parte do silicio através da pasta da liga de AlSi aplicada e uma parte do silicio em forma de pó.

7. Processo de fabrico, de acordo com as reivindicações 1 a 6, caracterizado por no recozimento de envelhecimento a obtenção de partículas primárias de Si mais grosseiras ser efectuado a temperaturas de 460° a 540°C durante um período de 0,5 a 10 horas.

8. Processo de fabrico, de acordo com as reivindicações 1 a 7, caracterizado por os blocos mantidos à temperatura de prensagem por extrusão serem transformados num varão redondo, com 50 a 120 mm de diâmetro, que é depois dividido em segmentos e que estes são transformados em cadinhos por

prensagem avante ou prensagem de retorno, com ou sem contrapressão a temperaturas de 25 a 600°C, sendo que o cadinho fica com uma espessura de parede de 1,5 a 5 mm e um fundo de parede delgada, que é removido para formação dos tubos pretendidos.

9. Processo de fabrico, de acordo com as reivindicações 1 a 7, caracterizado por os blocos ou os tubos mantidos à temperatura de prensagem por extrusão serem prensados em tubos, de parede de espessura entre 6 e 20 mm, que são depois divididos em segmentos e que estes são transformados em segmentos mais longos, com espessuras de parede reduzidas, entre 1,5 e 5 mm por prensagem com ou sem contrapressão, com temperaturas entre 25 e 600°C.

10. Processo de acordo com as reivindicações de 1 a 9, caracterizados por a transformação ser efectuada por prensagem a temperaturas entre 25 e 480°C.

11. Processo, de acordo com as reivindicações 1 a 9, caracterizado por a transformação ser efectuada por prensagem a temperatura acima da solidificação e abaixo de temperatura de liquidificação do material AlSi hipereutético.

12. Processo de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por o recozimento de envelhecimento poder ser dispensado.

Lisboa, 26 de Outubro de 2000


LUIS SILVA CARVALHO
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 14
1200 LISBOA