

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0709189-3 A2**

(22) Data de Depósito: 25/12/2007
(43) Data da Publicação: 28/06/2011
(RPI 2112)



(51) *Int.Cl.:*
F02F 1/20 2006.01

(54) Título: **COMPONENTE DE MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA E MÉTODO PARA PRODUZIR O MESMO**

(30) Prioridade Unionista: 28/12/2006 JP 2006-354551

(73) Titular(es): Yamaha Hatsudoki Kabushiki Kaisha

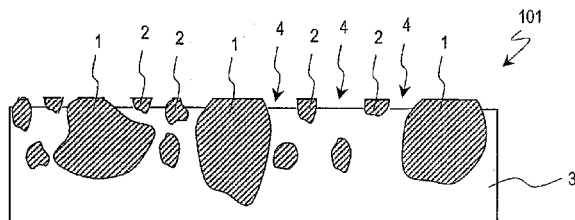
(72) Inventor(es): Hiroshi Yamagata, Hitataka Kurita, Shinya Iwasaki

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT JP2007075362 de 25/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/081964 de 10/07/2008

(57) Resumo: COMPONENTE DE MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA E MÉTODO PARA PRODUZIR O MESMO. Um componente de motor de combustão interna é composto de uma liga de alumínio contendo silício, e inclui uma pluralidade de grãos de cristal de silício localizados em uma superfície de deslizamento. A superfície de deslizamento tem uma rugosidade média em dez pontos Rz_{jis} de cerca de $0,54\ \mu\text{m}$ ou mais, e uma relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de cerca de 30% da superfície de deslizamento é cerca de 20% ou mais.



"COMPONENTE DE MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA E MÉTODO PARA PRODUZIR O MESMO"

CAMPO TÉCNICO

A presente invenção refere-se a um componente de motor de combustão interna, por exemplo, a bloco dos cilindros ou um pistão, e um método para produzir o mesmo. Mais particularmente, a presente invenção refere-se a um componente de motor de combustão interna composto de uma liga de alumínio que inclui silício, e um método para produzir o mesmo. A presente invenção da mesma forma refere-se a um motor de combustão interna e um aparato de transporte incorporando um tal componente de motor de combustão interna.

TÉCNICA ANTECEDENTE

Nos anos recentes, em uma tentativa de reduzir o peso de motores de combustão interna, houve uma tendência para utilizar uma liga de alumínio para os blocos dos cilindros. Visto que um bloco dos cilindros é requerido ter uma resistência alta e resistência à abrasão alta, ligas de alumínio que contém uma quantidade grande de silício, isto é, ligas de alumínio-silício tendo uma composição hipereutética, são esperadas ser ligas de alumínio promissoras para os blocos dos cilindros.

Em um bloco do cilindro composto de uma liga de alumínio-silício, grãos de cristal de silício localizados na superfície de deslizamento contribuirão para melhoria da resistência e resistência à abrasão. Um exemplo de uma técnica para obter grãos de cristal de silício expostos na superfície de uma matriz de liga é um processo de polimento para permitir grãos de cristal de silício permanecerem ressaltados (chamado "polimento em gravação em relevo"). Além disso, Patente japonesa No. 2885407 descreve uma técnica de realizar um processo de cauterização para permitir grãos de cristal de silício permanecerem ressaltados na superfície de uma liga de alumínio-silício, e depois disso realizar uma oxidação anódica para formar uma camada de óxido, e também pulverizar com chama um fluoroplástico sobre esta camada de óxido para formar uma camada de resina fluoroplástica.

Visto que um lubrificante é retido entre os grãos de cristal de silício que permane-

cem ressaltados na superfície da deslizamento (isto é, nos intervalos entre os grãos de cristal de silício funcionando como poças de óleo), uma lubricidade melhorada é obtida quando um pistão desliza dentro do cilindro, pelo qual a resistência à abrasão e resistência ao emperramento do bloco dos cilindros são melhoradas.

5 Entretanto, os inventores constataram que outras melhorias na resistência à abrasão e resistência ao emperramento torna-se necessária ao utilizar o bloco dos cilindros de liga de alumínio descrito acima para certos tipos de motor de combustão interna.

 Convencionalmente, blocos dos cilindros de liga de alumínio foram utilizados em motores de combustão interna que são montados em automóveis de quatro rodas. Em um
10 automóvel de quatro rodas, um mecanismo (por exemplo, uma bomba de óleo) para compulsoriamente fornecer um lubrificante para o bloco dos cilindros e pistão é fornecido no motor de combustão interna, e o motor de combustão interna é operado em uma velocidade de revolução relativamente baixa (especificamente, sob uma velocidade de revolução máxima de 7500 rpm o menos), caso em que os problemas anteriormente mencionados não ocorre-
15 rão. Entretanto, em um motor de combustão interna que é operado em uma velocidade de revolução relativamente alta (especificamente, sob uma velocidade de revolução máxima de 8000 rpm ou menor), ou em um motor de combustão interna em que um lubrificante é fornecido ao cilindro apenas por meio de borrifação do lubrificante associado com rotação do eixo de manivela (isto é, a bomba de óleo é omitida, como no caso de um motor de combustão
20 interna que é montado em uma motocicleta), o bloco dos cilindros de liga de alumínio pode experimentar o emperramento e/ou abrasão significativa. Além disso, quando uma liga de alumínio é utilizada como o material de pistão para obter uma outra redução de massa, há uma probabilidade aumentada de emperramento.

 Para também melhorar a resistência à abrasão e resistência ao emperramento do
25 bloco dos cilindros, é necessário melhorar a lubricidade na partida do motor de combustão interna, que requer boa retenção de lubrificante na superfície de deslizamento. Os inventores constataram através de seu estudo que um bloco dos cilindros que foi submetido ao processo de polimento em gravação em relevo anteriormente mencionado ou processo de

cauterização não pode alcançar uma retenção de lubrificante suficiente, de forma que menos do que a lubricidade adequada exista quando uma operação em alta velocidade é alcançada imediatamente depois da partida do motor de combustão interna.

DESCRIÇÃO DE INVENÇÃO

5 Para resolver os problemas anteriormente mencionados, modalidades preferidas da presente invenção fornecem um componente de motor de combustão interna com uma superfície de deslizamento que tem uma boa capacidade de retenção de lubrificante, e um método para produzir o mesmo.

Um componente de motor de combustão interna de acordo com uma modalidade preferida da presente invenção é um componente de motor de combustão interna composto de uma liga de alumínio contendo silício, incluindo: uma pluralidade de grãos de cristal de silício localizados em uma superfície de deslizamento, em que a superfície de deslizamento tem uma rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} de cerca de $0,54\text{ }\mu\text{m}$ ou mais, e uma relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de cerca de 30% da superfície de deslizamento é cerca de 20% ou mais.

Em uma modalidade preferida, a pluralidade de grãos de cristal de silício inclui uma pluralidade de grãos de silício de cristal primário e uma pluralidade de grãos de silício eutéticos.

Em uma modalidade preferida, a pluralidade de grãos de silício de cristal primário tem um tamanho de grão de cristal médio de não menor do que $12\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que cerca de $50\text{ }\mu\text{m}$.

Em uma modalidade preferida, a pluralidade de grãos de silício eutéticos tem um tamanho de grão de cristal médio de cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ ou menor.

Em uma modalidade preferida, a pluralidade de grãos de cristal de silício tem uma distribuição de tamanho de grão tendo um primeiro pico existindo em uma faixa de tamanho de grão de cristal de não menor do que cerca de $1\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que cerca de $75\text{ }\mu\text{m}$ e um segundo pico existindo em uma faixa de tamanho de grão de cristal de não menor do que cerca de $12\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que cerca de $50\text{ }\mu\text{m}$.

Em uma modalidade preferida, uma frequência no primeiro pico é pelo menos cerca de cinco vezes maior do que uma frequência no segundo pico.

Em uma modalidade preferida, a liga de alumínio contém: não menos do que cerca de 73,4% em massa e não mais do que cerca de 79,6% em massa de alumínio; não menos
5 do que cerca de 18% em massa e não mais do que cerca de 22% em massa de silício; e não menos do que cerca de 2,0% em massa e não mais do que cerca de 3,0% em massa de cobre.

Em uma modalidade preferida, a liga de alumínio contém não menos do que cerca de 50 ppm em massa e não mais do que cerca de 200 ppm em massa de fósforo e não mais
10 do que cerca de 0,01% em massa de cálcio.

Em uma modalidade preferida, um componente de motor de combustão interna de acordo com a presente invenção é um bloco dos cilindros.

Um motor de combustão interna de acordo com outra modalidade preferida da presente invenção inclui um componente de motor de combustão interna tendo a construção
15 acima mencionada.

Em uma modalidade preferida, a motor de combustão interna de acordo com a presente invenção inclui um pistão composto de uma liga de alumínio; e o componente de motor de combustão interna é um bloco dos cilindros.

Um aparato de transporte de acordo com outra modalidade preferida da presente invenção inclui um motor de combustão interna tendo a construção acima mencionada.
20

Um método de produzir um componente de motor de combustão interna é um método de produzir um componente de motor de combustão interna tendo uma superfície de deslizamento, incluindo: uma etapa de fornecer uma moldura que é composta de uma liga de alumínio contendo silício e que inclui grãos de silício de cristal primário e grãos de silício eutéticos próximos a uma superfície; uma etapa de polir a superfície da moldura utilizando uma pedra tendo um número de grit de #1500 ou mais; e uma etapa de cauterizar a superfície polida da moldura para formar uma superfície de deslizamento a partir da qual os grãos de silício de cristal primário e grãos de silício eutéticos estendem-se.
25

Em um componente de motor de combustão interna de acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, a superfície de deslizamento preferivelmente tem uma rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} de cerca de $0,54\text{ }\mu\text{m}$ ou maior e uma relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de cerca de 30% da superfície de deslizamento é cerca de 20% ou mais. Como resultado, uma capacidade de retenção de lubrificante melhorada e uma resistência à abrasão excelente e resistência ao emperramento pode ser obtida.

Tipicamente, a pluralidade de grãos de cristal de silício inclui uma pluralidade de grãos de silício de cristal primário e uma pluralidade de grãos de silício eutéticos. Visto que não apenas grãos de silício de cristal primário, mas também os grãos de silício eutéticos permanecem ressaltados na superfície de deslizamento, a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} e a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ podem facilmente ajustar-se dentro das faixas numéricas acima mencionadas.

A partir do ponto de vista de melhorar a resistência à abrasão e resistência do componente de motor de combustão interna, é preferível que a pluralidade de grãos de silício de cristal primário tenha um tamanho de grão de cristal médio não menor do que cerca de $12\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que cerca de $50\text{ }\mu\text{m}$ e que a pluralidade de grãos de silício eutéticos tenha um tamanho de grão de cristal médio de cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ ou menor. É da mesma forma preferível que a pluralidade de grãos de cristal de silício tenha uma distribuição de tamanho de grão tendo um primeiro pico existindo em uma faixa de tamanho de grão de cristal de não menor do que cerca de $1\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ e um segundo pico existindo em uma faixa de tamanho de grão de cristal não menor do que cerca de $12\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que cerca de $50\text{ }\mu\text{m}$. É também preferível que a frequência no primeiro pico seja pelo menos cerca de cinco vezes maior do que a frequência no segundo pico.

Para realçar suficientemente a resistência à abrasão e resistência do componente de motor de combustão interna, é preferível que a liga de alumínio contenha: não menos do que cerca de 73,4% em massa e não mais do que cerca de 79,6% em massa de alumínio;

não menos do que cerca de 18% em massa e não mais do que cerca de 22% em massa de silício; e não menos do que cerca de 2,0% em massa e não mais do que cerca de 3,0% em massa de cobre.

Além disso, é preferível que a liga de alumínio contenha não menos do que cerca
5 de 50 ppm em massa e não mais do que cerca de 200 ppm em massa de fósforo e não mais do que cerca de 0,01% em massa de cálcio. Quando a liga de alumínio contém não menos do que cerca de 50 ppm em massa e não mais do que cerca de 200 ppm em massa de fósforo, a tendência dos grãos de cristal de silício tornar-se gigantesca pode ser suprimida, pela qual os grãos de cristal de silício podem ser uniformemente dispersos dentro da liga. Ga-
10 rantindo-se que o teor de cálcio na liga de alumínio não é maior do que cerca de 0,01% em massa, o efeito de fornecer grãos de cristal de silício finos devido ao fósforo é garantido, e uma estrutura metalúrgica com resistência à abrasão excelente pode ser obtida.

Várias modalidades preferidas da presente invenção são amplamente aplicáveis em uma variedade de componentes de motor de combustão interna tendo superfícies de desli-
15 zamento, e podem ser adequadamente utilizadas para um bloco dos cilindros, um pistão, uma bucha do cilindro, uma peça de came, e similares.

O componente de motor de combustão interna de acordo com várias modalidades preferidas da presente invenção pode ser adequadamente utilizado em motores de combustão interna para vários tipos de aparatos de transporte.

20 De acordo com o método para produzir o componente de motor de combustão interna de acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, a superfície de uma moldura que tem grãos de silício de cristal primário e grãos de silício eutéticos próximos à superfície é polida utilizando-se uma pedra que tem um número de grit de #1500 ou mais, e depois disso cauterizada para formar uma superfície de deslizamento. Portanto, uma super-
25 fície de deslizamento é obtida, na qual não só grãos de silício de cristal primário, mas da mesma forma grãos de silício eutéticos permanecem ressaltados. Como um resultado, podem ser formadas poças de óleo de profundidade suficiente com um fino passo, e desse modo um componente de motor de combustão interna que tem resistência à abrasão exce-

lente e resistência ao emperramento, pode ser produzido.

De acordo com as modalidades preferidas da presente invenção, é fornecido um componente de motor de combustão interna que tem uma superfície de deslizamento com uma excelente capacidade de retenção de lubrificante, bem como um método para produzir o mesmo.

Outros aspectos, elementos, processos, etapas, características e vantagens da presente invenção ficarão mais aparentes a partir da seguinte descrição detalhada de modalidades preferidas da presente invenção com referência aos desenhos anexados.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIG. 1 é uma vista perspectiva esquematicamente mostrando um bloco dos cilindros de acordo com uma modalidade preferida da presente invenção.

A FIG. 2 é uma vista plana esquematicamente mostrando uma imagem aumentada de uma superfície de deslizamento do bloco dos cilindros da FIG. 1.

A FIG. 3 é uma vista em corte transversal esquematicamente mostrando uma imagem aumentada de uma superfície de deslizamento do bloco dos cilindros da FIG. 1.

A FIG. 4 é um fluxograma que mostra as etapas de produção para o bloco dos cilindros da FIG. 1.

A FIG. 5 é um fluxograma que mostra as etapas de produção para o bloco dos cilindros da FIG. 1.

As FIGs. 6A a 6D são vistas em corte transversal passo a passo que mostram esquematicamente, em parte, as etapas de produção para o bloco dos cilindros da FIG. 1.

As FIGs. 7A a 7C são diagramas para explicar uma razão pela qual os grãos de sílício eutéticos não contribuem para a retenção de lubrificante quando um processo de polimento em gravação em relevo é realizado.

As FIGs. 8A a 8C são diagramas para explicar uma razão pela qual os grãos de sílício eutéticos não contribuem para a retenção de lubrificante, quando um processo de cauterização é realizado sem primeiro realizar um processo de polimento de acabamento espelhado.

A FIG. 9 é um gráfico no qual os Exemplos 1 a 10 e Exemplos Comparativos 1 a 7, são plotados, em um eixo horizontal que representa uma aspereza média de dez pontos Rz_{JIS} e um eixo vertical que representa uma relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de 30%.

5 As FIGs. 10A e 10B, são gráficos de microscópio de força atômica (AFM) que mostram superfícies de deslizamento de blocos de cilindro do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2, respectivamente.

As FIGs. 11A e 11B, são gráficos que mostram perfis em corte transversal de superfícies de deslizamento do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2.

10 As FIGs. 12A e 12B, são gráficos que mostram os perfis de carga de superfícies de deslizamento do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2.

As FIGs. 13A e 13B, são fotografias que mostram as superfícies de deslizamento dos blocos de cilindro do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2 depois de ser submetido a um teste de operação.

15 As FIGs. 14A e 14B, são fotografias que mostram os resultados de um teste de umectabilidade realizado para superfícies de deslizamento dos blocos de cilindro do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2.

A FIG. 15, é uma vista em corte transversal que mostra esquematicamente superfícies de deslizamento nas quais não só grãos de silício de cristal primário, mas da mesma
20 forma grãos de silício eutéticos permanecem ressaltados.

A FIG. 16, é uma vista em corte transversal que mostra esquematicamente uma superfície de deslizamento na qual substancialmente apenas os grãos de silício de cristal primário permanecem ressaltados.

A FIG. 17 é um diagrama para explicar uma rugosidade média tomada em dez pon-
25 tos Rz_{JIS} .

A FIG. 18 é um diagrama para explicar uma relação de comprimento de carga $Rmr(c)$.

A FIG. 19 é um diagrama para explicar uma razão pela qual uma altura da moldura

constante não pode ser obtida, quando um processo de polimento em gravação em relevo é empregado.

A FIG. 20 é um diagrama para explicar uma razão pela qual uma altura da moldura constante é obtida quando um processo de cauterização é empregado.

5 A FIG. 21 é um gráfico que mostra um exemplo de uma distribuição de tamanho de grão preferível de grãos de cristal de silício.

A FIG. 22 é uma vista em corte transversal que mostra esquematicamente um motor de combustão interna, incluindo o bloco dos cilindros da FIG. 1.

10 A FIG. 23 é uma vista lateral que mostra esquematicamente uma motocicleta que incorpora a motor de combustão interna mostrado na FIG. 22.

MELHOR MODO PARA REALIZAR A INVENÇÃO

Em seguida, AS modalidades preferidas da presente invenção serão descritas com referência aos desenhos acompanhantes. Embora as seguintes descrições sejam principalmente direcionadas aos blocos de cilindro como um exemplo, a presente invenção não
15 está limitada a isto. A presente invenção é extensamente aplicável aos componentes de motor de combustão interna que têm uma superfície de deslizamento.

A FIG. 1 mostra um bloco dos cilindros 100 de acordo com a presente modalidade preferida. O bloco dos cilindros 100 é formado de uma liga de alumínio que contém silício, e mais especificamente, uma liga de alumínio-silício de uma composição hipereutético que
20 contém uma grande quantidade de silício.

Como mostrado na FIG. 1, o bloco dos cilindros 100 inclui preferivelmente: uma porção de parede (chamada uma "parede do diâmetro do cilindro) 103 que define um diâmetro do cilindro 102; e uma porção de parede (chamada uma "parede externa do bloco do cilindro") 104 cercando a parede do diâmetro do cilindro 103 e definindo o contorno externo do
25 bloco do cilindro 100. Entre a parede do diâmetro do cilindro 103 e a parede externa do bloco do cilindro 104, uma camisa hidráulica 105 para reter um refrigerante é fornecida.

A superfície 101 da parede do diâmetro do cilindro 103 que reveste o diâmetro do cilindro 102, define uma superfície de deslizamento que entra em contato com um pistão. A

superfície de deslizamento 101 é mostrada aumentada na FIG. 2. A FIG. 2 é uma vista plana que mostra esquematicamente a superfície de deslizamento 101.

Como mostrado na FIG. 2, o bloco dos cilindros 100 inclui uma pluralidade de grãos de cristal de silício 1 e 2 na superfície de deslizamento 101. Estes grãos de cristal de silício 1 e 2 estão presentes, de uma maneira dispersa, em uma matriz (metal de base de liga) 3 de solução sólida que contém alumínio.

Os grãos de cristal de silício que são os primeiros a ser formados quando uma fusão de uma liga de alumínio-silício que tem uma composição hipereutética, são chamados “grãos de silício de cristal primário”. Os grãos de cristal de silício que são em seguida formados são chamados “grãos de silício eutéticos”. Entre os grãos de cristal de silício 1 e 2 mostrados na FIG. 2, os grãos de cristal de silício relativamente grandes 1, são os grãos de silício de cristal primário. Os grãos de cristal de silício relativamente pequenos 2 presentes entre os grãos de silício de cristal primário, são os grãos de silício eutéticos.

A FIG. 3 mostra uma estrutura em corte transversal da superfície de deslizamento 101. Como mostrado na FIG. 3, a pluralidade de grãos de cristal de silício 1 e 2, incluindo os grãos de silício de cristal primário 1 e grãos de silício eutéticos 2, projeta-se (isto é, permanecem ressaltados) a partir de uma matriz 3. Os rebaixos 4 formados entre os grãos de cristal de silício 1 e 2 funcionam como poças de óleo nas quais um lubrificante será retido.

Como parâmetros que representam a rugosidade de superfície da superfície de deslizamento 101, os inventores prestaram atenção a uma rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} e uma relação de comprimento de carga Rmr , e descobriram que o ajuste destes parâmetros a estar dentro das faixas específicas, pode melhorar grandemente a capacidade da superfície de deslizamento 101 de reter um lubrificante.

Especificamente, prescrevendo-se a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} da superfície de deslizamento 101 ser cerca de $0,54 \mu m$ ou mais, e prescrevendo-se a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ da superfície de deslizamento 101 em um nível de corte de cerca de 30% ser cerca de 20% ou mais, a capacidade de retenção de lubrificante da superfície de deslizamento 101, pode ser suficientemente realçada. As definições destes dois pa-

rômetros, a rugosidade média em dez pontos RzJIS e a relação de comprimento de carga Rmr, serão mencionadas mais tarde com referência às FIG. 17 e FIG. 18.

Os inventores estudaram as razões pelas quais o processo de polimento em gravação em relevo convencional ou processo de cauterização, pode não perceber uma capacidade de reter lubrificante suficiente. Desse modo, foi constatado que a maioria dos grãos de silício eutéticos é realmente removida da superfície de deslizamento de acordo com estas técnicas convencionais, tal que dificilmente qualquer contribuição de grãos de silício eutéticos para retenção de lubrificante é obtida, desse modo resultando em uma baixa capacidade de reter lubrificante. O fato que grãos de silício eutéticos são removidos da superfície de deslizamento, também torna difícil manter a rugosidade de superfície da superfície de deslizamento dentro da faixa numérica acima mencionada.

Por outro lado, no bloco dos cilindros 100 de acordo com a presente modalidade preferida, os grãos de silício eutéticos 2 na superfície de deslizamento 101, são permitidos contribuir suficientemente para a retenção de lubrificante, desse modo assegurando que a rugosidade média em dez pontos RzJIS da superfície de deslizamento 101 seja cerca de $0,54 \mu\text{m}$ ou mais, e que a relação de comprimento de carga Rmr(30) em um nível de corte de cerca de 30%, é cerca de 20% ou mais. Como resultado, a capacidade de retenção de lubrificante da superfície de deslizamento 101 é grandemente melhorada.

Um método para produzir o bloco dos cilindros 100 da presente modalidade preferida será descrito com referência à FIG. 4, à FIG. 5, e às FIGs. 6A a 6D. A FIG. 4 e a FIG. 5 são fluxogramas que mostram as etapas de produção para o bloco dos cilindros 100. As FIGs. 6A a 6D são vistas em corte transversal passo a passo que mostram esquematicamente, em parte, as etapas de produção.

Primeiro, uma moldura que é formada de uma liga de alumínio que contém silício e que inclui grãos de silício de cristal primário e grãos de silício eutéticos próximos a superfície, é fornecida (etapa S1). A etapa S1 de fornecer a moldura pode incluir, por exemplo, as etapas S1a a S1e mostradas na FIG. 5.

Primeiro, uma liga de alumínio contendo silício é preparada (etapa S1a). Para as-

segurar uma força e resistência à abrasão suficientes do bloco dos cilindros 100, é preferível utilizar uma liga de alumínio que contém: não menor do que cerca de 73,4% em massa e não maior do que cerca de 79,6% em massa de alumínio; não menor do que cerca de 18% em massa e não maior do que cerca de 22% em massa de silício; e não menor do que cerca de 2,0% em massa e não maior do que cerca de 3,0% em massa de cobre.

Logo, a liga de alumínio preparada é aquecida e fundida em um forno de fundição, pelo qual uma fusão é formada (etapa S1b). É preferível que cerca de 100 ppm em massa de fósforo sejam adicionados à liga de alumínio antes da fusão ou à fusão. Se a liga de alumínio contém não menor do que cerca de 50 ppm em massa e não maior do que cerca de 200 ppm em massa de fósforo, fica possível reduzir a tendência dos grãos de cristal de silício ficarem gigantescos, desse modo permitindo a dispersão uniforme dos grãos de cristal de silício dentro da liga. Por outro lado, se o teor de cálcio na liga de alumínio for cerca de 0,01% em massa ou menor, o efeito de fornecer grãos de cristal de silício finos devido a fósforo é garantido, e uma estrutura metalúrgica com resistência à abrasão excelente pode ser obtida. Em outras palavras, a liga de alumínio contém preferivelmente não menor do que cerca de 50 ppm em massa e não maior do que cerca de 200 ppm em massa de fósforo, e não maior do que cerca de 0,01 % em massa de cálcio.

Logo, a fundição é realizada utilizando-se a fusão de liga de alumínio (etapa S1c). Em outras palavras, a fusão é resfriada dentro de um molde para formar uma moldura. Neste momento, a redondeza da superfície de deslizamento é resfriada em uma grande taxa de resfriamento (por exemplo, não menor do que cerca de 4°C/segundo e não maior do que cerca de 50°C/segundo), desse modo formando integralmente um bloco dos cilindros no qual os grãos de cristal de silício que contribuem para a resistência à abrasão, existem próximo à superfície. Esta etapa de fundição S1c pode ser realizada utilizando-se, por exemplo, um aparato de fundição que é descrito na Publicação Internacional No. 2004/002658.

Logo, o bloco dos cilindros 100 que foi tirado do molde é submetido a um dos tratamentos térmicos geralmente conhecidos como "T5", "T6", e "T7" (etapa S1d). Um tratamento T5 é um tratamento no qual a moldura é resfriada rapidamente (com água ou similar)

imediatamente depois de ser tirada do molde, e depois disso submetida ao envelhecimento artificial a uma temperatura predeterminada durante um período predeterminado de tempo, para obter estabilidade dimensional e propriedades mecânicas melhoradas, seguido por resfriamento a ar. Um tratamento T6 é um tratamento no qual a moldura é submetida a um tratamento de solução a uma temperatura predeterminada durante um período predeterminado 5 depois de ser tirada do molde, em seguida resfriada com água, e depois disso submetida ao envelhecimento artificial a uma temperatura predeterminada durante um período predeterminado de tempo, seguido por resfriamento a ar. Um tratamento T7 é um tratamento para causar um grau mais forte de envelhecimento do que no tratamento T6; embora o tratamento 10 T7 possa assegurar melhor estabilidade dimensional do que o tratamento T6, a dureza resultante será mais inferior que aquela obtida a partir do tratamento T6.

Logo, a usinagem predeterminada é realizada para o bloco dos cilindros 100 (etapa S1e). Especificamente, uma superfície que está em contato com um cabeçote dos cilindros e uma superfície que está em contato com um cárter, são submetidas a esmerilhamento ou 15 similar.

Depois que a moldura é preparada como descrito acima, como mostrado na FIG. 6A, a superfície da moldura, especificamente, a superfície interna da parede do diâmetro do cilindro 103 (isto é, a superfície a se tornar a superfície de deslizamento 101) é submetida a um processo de mandrilagem fina(etapa S2).

20 Logo, como mostrado na FIG. 6B, a superfície que sofreu um processo de mandrilagem fina é submetida a um processo de polimento grosseiro (etapa S3). Em outras palavras, a superfície a se tornar a superfície de deslizamento 101, é polida utilizando-se uma pedra que tem um número de grit relativamente pequeno (especificamente, com um número de grit de #800 ou mais). Este processo de polimento grosseiro pode ser realizado utilizando-se 25 um aparato de polimento descrito na Publicação de Patente Depositada em Aberto Japonesa No. 2004-268179, por exemplo.

Logo, como mostrado na FIG. 6C, um processo de polimento de acabamento espolhado é realizado (etapa S4). Em outras palavras, a superfície da moldura (a superfície a se

tornar a superfície de deslizamento 101) é polida utilizando-se uma pedra que tem um número de grit relativamente grande (especificamente, com um número de grit de #1500 ou mais). Este processo de polimento de acabamento espelhado pode ser realizado da mesma forma utilizando-se um aparato de polimento tal como aquele descrito na Publicação de Patente Depositada em Aberto Japonesa No. 2004-268179.

Depois disso, como mostrado na FIG. 6D, a superfície polida da moldura é submetida a uma cauterização (por exemplo, uma cauterização alcalina), desse modo formando a superfície de deslizamento 101 a partir da qual os grãos grão de cristal de silício de silício de cristal primário, desse modo formando a superfície de deslizamento 101 a partir da qual os grãos de silício de cristal primário 1 e os grãos de silício eutéticos 2 estendem-se (etapa S5). Através deste processo de cauterização, a matriz 3 próxima à superfície, é removida em uma espessura predeterminada, desse modo permitindo as poças de óleo 4 ser formadas entre os grãos de silício de cristal primário 1 e os grãos de silício eutéticos 2. A profundidade das poças de óleo 4 pode ser ajustada como apropriado com base na concentração e na temperatura do líquido de gravar, tempo de cauterização (tempo de imersão), e similar.

Note que as etapas de classificação a ser realizadas antes do processo de polimento de acabamento espelhado (etapa S4), não estão limitadas às duas etapas exemplificadas acima, isto é, um processo de mandrilagem fina (etapa S2) e um processo de polimento grosseiro (etapa S3). A classificação pode ser realizada através de uma única etapa, ou a classificação pode ser realizada através de três ou mais etapas.

Como descrito acima, na presente modalidade preferida, a superfície de deslizamento 101 é formada realizando-se uma cauterização depois de um polimento utilizando-se uma pedra que tem um número de grit de #1500 ou mais. Em outras palavras, um processo suavizador de superfície (através de um processo de polimento de acabamento espelhado) é realizado primeiro, e em seguida um esmerilhamento químico (através de cauterização) é realizado, por meio do qual as poças de óleo 4 são formadas. Formando-se a superfície de deslizamento 101 desta maneira, os grãos de silício eutéticos 2 permanecer são permitidos permanecer na superfície de deslizamento 101 sem cair, de forma que os grãos de silício

eutéticos 2 podem contribuir suficientemente para a retenção de lubrificante. Em seguida, as razões atrás disto serão descritas em mais detalhes, comparado com o processo de polimento em gravação em relevo convencional ou processo de cauterização.

No caso onde um processo de polimento em gravação em relevo é empregado para
5 formar a superfície de deslizamento 101, uma moldura que tem grãos de silício de cristal primário e grãos de silício eutéticos próximos a sua superfície, é primeiro preparada (mesma etapa como a etapa S1 mostrada na FIG. 4), e em seguida a superfície da moldura é submetida a um processo de mandrilagem fina, como mostrado na FIG. 7A. Em seguida, depois de realizar um processo de polimento grosseiro como mostrado na FIG. 7B, um
10 processo de polimento em gravação em relevo é realizado como mostrado na FIG. 7C. O processo de polimento em gravação em relevo é realizado utilizando-se uma escova de resina na qual grãos abrasivos são aderidos, e é realizada de uma tal maneira que principalmente a matriz 3 será cortada. Entretanto, o processo de polimento em gravação em relevo, que é um processo de moagem mecânica, inevitavelmente removerá uma porção de grãos
15 de silício eutéticos 2 junto com a matriz 3, como esquematicamente mostrado na FIG. 7C. Portanto, os grãos de silício eutéticos 2 não contribuem muito para retenção de lubrificante.

Por outro lado, no caso onde a superfície de deslizamento 101 é formada através de um processo de cauterização que não é precedido por um processo de polimento de acabamento espelhado, uma moldura que tem grãos de silício de cristal primário e grãos de
20 silício eutéticos perto de sua superfície é primeiro preparada (mesma etapa como a etapa S1 mostrada na FIG. 4), e em seguida a superfície da moldura é submetida em um processo de mandrilagem fina como mostrado na FIG. 8A. Em seguida, um processo de polimento grosseiro é realizado como mostrado na FIG. 8B, e depois disso um processo de cauterização é realizado como mostrado na FIG. 8C. Neste caso, estes grãos de silício eutéticos 2
25 cujas superfícies foram danificadas (isto é, rachado ou quebrado) através do processo de polimento grosseiro permanecerão ressaltados. Tais grãos de silício eutéticos 2 cairão eventualmente na superfície de deslizamento 101 como esquematicamente mostrado na FIG. 8C. Portanto, os grãos de silício eutéticos 2 não contribuem muito para a retenção de lubrifi-

cante.

Na presente modalidade preferiu, um processo de polimento de acabamento espelhado é realizado antes de um processo de cauterização, caso em que o processo de cauterização (que é um processo de moagem química) não remove os grãos de silício eutéticos 2 junto com a matriz 3, ao contrário do processo de polimento em gravação em relevo (que é uma moagem mecânica). Além disso, visto que a superfície é alisada através de um processo de polimento de acabamento espelhado (que também abrange a superfície dos grãos de silício eutéticos 2) antes do processo de cauterização, a queda dos grãos de silício eutéticos 2 ocorre menos freqüentemente que no caso onde o processo de cauterização é realizado imediatamente depois de um processo de polimento grosseiro. Portanto, os grãos de silício eutéticos 2 suficientemente contribuem para retenção de lubrificante.

Em seguida, resultados da prototipação de fato do bloco do cilindro 100 de acordo com a modalidade preferida presente e de submetê-lo a um teste de avaliação de resistência à abrasão serão descritos.

Utilizar uma liga de alumínio da composição mostrada na Tabela 1 abaixo, um bloco do cilindro 100 foi produzido por uma técnica de fundição de matriz em alta pressão como aquela descrita no folheto da Publicação Internacional No. 2004/002658.

Tabela

Si	Cu	Mg
22,0 % em massa	2,5 % em massa	0,50 % em massa
Fe	P	Al
0,3 % em massa	0,01 % em massa	equilíbrio

Os processos de polimento (processo de polimento grosseiro e processo de polimento de acabamento espelhado) foram realizados utilizando um aparato de polimento descrito na Publicação de Patente Depositada em Aberto Japonesa No. 2004-268179, enquanto fornecendo óleo de resfriamento sobre a superfície a ser polida (isto é, polimento úmido). Uma pedra com um número de grit de #600 foi utilizada para o processo de polimento grosseiro, considerando que uma pedra com um número de grit de #1500 ou #2000 foi utilizado

para o processo de polimento de acabamento espelhado. Nota-se que um número de grit mais alto indica que a pedra tem grãos abrasivos mais finos e, portanto, a superfície polida atingirá uma suavidade mais alta. Entretanto, quando os grãos abrasivos ficam mais finos, a velocidade do corte diminuirá, desse modo resultando em um tempo de processo mais longo e produtividade mais baixa. Em outras palavras, o método de produção de acordo com a modalidade preferida presente arrisca de realizar o processo de polimento de acabamento espelhado que é desvantajoso em termos de produtividade.

O processo de cauterização foi realizado utilizando-se uma solução de hidróxido de sódio de aproximadamente 5 % em massa, sob condições tal que a temperatura da solução foi de cerca de 70°C. A quantidade de cauterização (profundidade de cauterização) foi ajustada variando-se o tempo de imersão.

Um motor de combustão interna foi montado utilizando-se o bloco do cilindro bem como um pistão de liga de alumínio que foi produzido separadamente através de forjamento. Imediatamente depois de um estado onde a motor de combustão interna ainda estava frio e o lubrificante não tinha penetrado no cilindro, este motor de combustão interna foi operado durante 5 minutos em uma velocidade de revolução de 8000 rpm, e os arranhões que ocorrem na superfície de deslizamento (isto é, desgastando) foram observado através de inspeção visual para determinar se o bloco dos cilindros qualificaria para uso. Os resultados são mostrados na Tabela 2 abaixo. Tabela 2 da mesma forma mostra uma rugosidade média em dez pontos RzJIS e uma relação de comprimento de carga Rmr(30) em um nível de corte de cerca de 30% da superfície de deslizamento 101, como medido utilizando-se SURFCOM 1400D fabricado por TOKYO SEIMITSU CO., LTD. Como será descrito depois em mais detalhes, a rugosidade média em dez pontos RzJIS é um parâmetro que pode ser utilizado para avaliar a profundidade das poças de óleo 4, considerando que a relação de comprimento de carga Rmr(30) é um parâmetro que pode ser utilizado para avaliar o número de grãos de silício eutéticos 2 que permanece ressaltados (isto é, permanecendo sem queda) na superfície de deslizamento 101.

Tabela 2

	etapa	Rmr(30)[%]	Rz _{JIS} [μ m]	Resultados da avaliação
Exemplo 1	# 600⇒ # 2000⇒ cauterização alcalina	40	0,54	OK
Exemplo 2	# 600⇒ # 2000⇒ cauterização alcalina	45	1,32	OK
Exemplo 3	# 600⇒ # 2000⇒ cauterização alcalina	30	0,82	OK
Exemplo 4	# 600⇒ # 2000⇒ cauterização alcalina	50	1,10	OK
Exemplo 5	# 600⇒ # 2000⇒ cauterização alcalina	20	2,76	OK
Exemplo 6	# 600⇒ # 1500⇒ cauterização alcalina	75	1,15	OK
Exemplo 7	# 600⇒	30	1,97	OK

	# 1500⇒ cauterização alcalina			
Exemplo 8	# 600⇒ # 1500⇒ cauterização alcalina	60	0,65	OK
Exemplo 9	# 600⇒ # 1500⇒ cauterização alcalina	35	1,62	OK
Exemplo 10	# 600⇒ # 1500⇒ cauterização alcalina	50	0,75	OK
Exemplo Com- parativo 1	# 600⇒ # 2000	8	0,28	NG
Exemplo Com- parativo 2	# 600⇒ polimento em gravação em relevo	5	0,37	NG
Exemplo Com- parativo 3	# 600⇒ # 2000⇒ polimento em gravação em relevo	15	0,43	NG
Exemplo Com- parativo 4	# 600⇒ # 2000⇒ polimento em gravação em	12	0,45	NG

	relevo			
Exemplo Comparativo 5	# 600⇒ # 2000⇒ polimento em gravação em relevo	5	0,43	NG
Exemplo Comparativo 6	# 600⇒ # 2000⇒ polimento em gravação em relevo	3	0,76	NG
Exemplo Comparativo 7	# 600⇒ # 2000⇒ cauterização alcalina	50	0,40	NG
Exemplo Comparativo 8	# 600⇒ # 2000⇒ cauterização alcalina	15	4,05	NG
Exemplo Comparativo 9	# 600⇒ cauterização alcalina	15	1,20	NG

Como pode ser visto a partir da Tabela 2, nos Exemplos 1 a 10, onde o processo de cauterização foi realizado depois de um processo de polimento de acabamento espelhado, a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} foi cerca de $0,54 \mu m$ ou mais e a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ foi cerca de 20% ou mais, e desse modo o desgaste não ocorreu.

- 5 Nota-se que a razão pela qual os valores da rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} e a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ varia entre os Exemplos 1 a 5, embora as pedras com o mesmo número de grit (#2000) tenham sido utilizadas no processo de polimento de

acabamento do espelho, é que o tempo de cauterização é diferente. Pela mesma razão, os valores da rugosidade média em dez pontos $R_{z_{JIS}}$ e relação de comprimento de carga $R_{mr(30)}$ variam entre os Exemplos 6 a 10 embora as pedras com o mesmo número de grit (#1500) tenham sido utilizadas no processo de polimento de acabamento do espelho. Os tempos de cauterização (segundos) nos Exemplos 1 a 10 foram como mostrado na Table 3 abaixo.

Tabela 3

Exemplo	Tempo de cauterização (segundos)
1	10
2	25
3	15
4	20
5	40
6	20
7	35
8	10
9	30
10	10

Por outro lado, no Exemplo Comparativo 1 (onde nem um processo de cauterização nem um processo de polimento em gravação em relevo foi realizado depois de um processo polimento grosseiro e um processo de polimento de acabamento espelhado) e Exemplo Comparativo 2 (onde um processo de polimento em gravação em relevo foi realizado depois de um processo de polimento grosseiro), a rugosidade média em dez pontos $R_{z_{JIS}}$ foi menor que $0,54 \mu m$, e a relação de comprimento de carga $R_{mr(30)}$ foi menor que 20%, indicativos de desgaste.

Além disso, nos Exemplos Comparativos 3 a 6 onde um processo de polimento em gravação em relevo foi realizada depois de um processo de polimento grosseiro e um processo de polimento de acabamento espelhado, a relação de comprimento de carga $R_{mr(30)}$

foi menor que 20%, e a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} foi menor que $0,54 \mu m$ (com exceção do Exemplo Comparativo 6), indicativos de desgaste.

No Exemplo Comparativo 7, a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} foi menor que $0,54 \mu m$ embora um processo de cauterização tenha sido realizado depois de um processo de polimento de acabamento espelhado. Isto é porque o tempo de cauterização foi muito curto para fornecer uma quantidade de cauterização suficiente. No Exemplo Comparativo 8, a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ foi menor que 20% embora um processo de cauterização tenha sido realizado depois de um processo de polimento de acabamento espelhado. Isto é porque o tempo de cauterização foi muito longo, desse modo resultando em uma quantidade de cauterização excessiva e causando a queda dos grãos de silício eutéticos. Os tempos de cauterização nos Exemplos 1 a 10 foram 10 a 40 segundos como mostrado na Tabela 3, considerando que o tempo de cauterização no Exemplo Comparativo 7 foi de 8 segundos, e o tempo de cauterização no Exemplo Comparativo 8 foi de 70 segundos.

Da mesma forma no Exemplo Comparativo 9, onde um processo de cauterização foi realizado diretamente depois de um processo de polimento grosseiro (isto é, sem realizar um processo de polimento de acabamento espelhado), a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ foi menor que 20%, indicativo de desgaste.

FIG. 9 é um gráfico em que os Exemplos 1 a 10 e os Exemplos Comparativos 1 a 7 e 9 são plotados em um eixo horizontal que representa a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} e um eixo vertical que representa a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$.

Como pode ser visto a partir da FIG. 9, nos Exemplos 1 a 10, onde nenhum desgaste ocorreu (mostrado como ex1 a ex10 no gráfico), a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} foi cerca de $0,54 \mu m$ ou mais e a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ foi cerca de 20% ou mais. Por outro lado, nos Exemplos Comparativos 1 a 7 e 9 que sofreram desgaste (mostrado como ce1 a ce7 e ce9 no gráfico), pelo menos um dentre a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} e relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ cai fora da(s) faixa(s) numérica(s) acima mencionada. Portanto, pode ser visto que a capacidade de retenção de

lubrificante é melhorada e o desgaste é prevenido sob as condições que a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} é cerca de $0,54\ \mu\text{m}$ ou mais e a relação de comprimento de carga $R_{mr}(30)$ em um nível de corte de cerca de 30% é cerca de 20% ou mais. Nota-se que, quando a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} excede cerca de $4,0\ \mu\text{m}$ como mostrado no

5 Exemplo Comparativo 8, a queda significativa dos grãos de silício eutéticos finos pode ocorrer de forma que as lacunas finas para reter o lubrificante (poças de óleo 4 com um passo fino) possam diminuir. Portanto, preferivelmente, a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} é aproximadamente $4,0\ \mu\text{m}$ ou menor.

FIGS. 10A e 10B mostra fotografias de microscópio de força atômica (AFM) de su-

10 perfícies de deslizamento dos blocos de cilindro do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2. Como mostrado na FIG. 10A, protrusões e depressões existem geralmente uniformemente com um passo fino sobre a superfície de deslizamento do Exemplo 2, tal que não apenas os grãos de silício de cristal primário 1 mas também um número grande de grãos de silício eu-

téticos 2 permanecem ressaltados. Por outro lado, como mostrado na FIG. 10B, apenas al-

15 gumas protrusões existem na superfície de deslizamento do Exemplo Comparativo 2, indicando que principalmente os grãos de silício de cristal primário 1 permaneçam ressaltados.

FIGS. 11A e 11B mostra perfis em corte transversal das superfícies de deslizamen-

to do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2. Como mostrado na FIG. 11A, um número gran-

20 de de depressões de profundidade suficiente existe na superfície de deslizamento do Exemplo 2 com um passo fino, indicativo de poças de óleo 4 que são criadas pelos grãos de silício eutéticos 2. Por outro lado, como mostrado na FIG. 11B, nenhuma depressão de profundidade suficiente existe na superfície de deslizamento do Exemplo Comparativo 2, indicando que os grãos de silício eutéticos 2 não estão substancialmente criando poças de óleo

25 4.

FIGS. 12A e 12B mostram perfis de carga das superfícies de deslizamento do Ex-

emplo 2 e Exemplo Comparativo 2. Como mostrado na FIG. 12A, a superfície de deslizamento do Exemplo 2 tem uma relação de comprimento de carga alta R_{mr} mesmo em um

nível de corte relativamente baixo (por exemplo, em torno de 30%), desse modo indicando que não apenas os grãos de silício de cristal primário 1 mas também um grande número de grãos de silício eutéticos 2 permanece ressaltado. Por outro lado, como mostrado na FIG. 12B, a superfície de deslizamento do Exemplo Comparativo 2 tem uma relação de comprimento de carga inferior Rmr em um nível de corte relativamente baixo (por exemplo, cerca de 30%), indicando que não muitos grãos de silício eutéticos 2 permanecem ressaltados.

FIGS. 13A e 13B mostram fotografias das superfícies de deslizamento dos blocos do cilindro do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2 depois de ser submetidas a um teste de operação. Como mostrado na FIG. 13A, a superfície de deslizamento do Exemplo 2 dificilmente tem qualquer arranhão, indicativo de nenhum desgaste. Por outro lado, como mostrado na FIG. 13B, a superfície de deslizamento do Exemplo Comparativo 2 tem um número grande de arranhões, indicativo de desgaste.

A razão pela qual o Exemplo 2 está livre de desgaste porém o Exemplo Comparativo 2 sofre desgaste, como da mesma forma comprovado pelas FIGS. 13A e 13B, é que há uma diferença na capacidade de retenção de lubrificante entre o Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2. FIGS. 14A e 14B mostra os resultados da realização de teste de umectabilidade nas superfícies de deslizamento de blocos de cilindro do Exemplo 2 e Exemplo Comparativo 2. Considerando que a superfície de deslizamento do Exemplo 2 absorve o lubrificante em um nível alto como mostrado na FIG. 14A (onde a absorção até 2,70 mm está ocorrendo), a superfície de deslizamento do Exemplo Comparativo 2 não absorve o lubrificante em um nível alto como mostrado na FIG. 14(b) (onde a absorção está ocorrendo apenas até cerca de 0,94 mm). Desse modo, pode ser visto que a superfície de deslizamento do Exemplo 2 tem uma capacidade de retenção de lubrificante mais alta que a superfície de deslizamento do Exemplo Comparativo 2.

Como foi descrito acima, uma capacidade de retenção de lubrificante é obtida quando não apenas grãos de silício de cristal primário 1 mas também um número grande de grãos de silício eutéticos 2 permanecem ressaltados na superfície de deslizamento 101. Como esquematicamente mostrado na FIG. 15, poças de óleo 4 de profundidade suficiente

são formadas com um passo fino quando um número grande de grãos de silício eutéticos 2 permanecem ressaltados, pelos quais a capacidade de retenção de lubrificante é realçada e a resistência de emperramento é melhorada. Visto que um número grande de grãos de silício eutéticos 2 permanecem ressaltados, a área das porções que de fato entram em contato com um anel do pistão 122a é aumentada quando comparada ao caso onde apenas os grãos de silício de cristal primário 1 permanecem ressaltados. Como um resultado, a área de unidade por carga que é aplicada durante um deslizamento é reduzida, pela qual uma resistência à abrasão melhorada é obtida.

Por outro lado, como esquematicamente mostrado na FIG. 16, quando substancialmente apenas os grãos de silício de cristal primário 1 permanecem ressaltados, as poças de óleo 4 são formadas com um passo largo, resultando em uma resistência ao emperramento e capacidade de retenção de lubrificante mais baixa. Visto que dificilmente quaisquer grãos de silício eutéticos 2 permanecem ressaltados, a área das porções que de fato entram em contato com o anel do pistão 122a é pequena, desse modo resultando em uma resistência à abrasão baixa.

Como parâmetros que representam a rugosidade de superfície da superfície de deslizamento 101, a modalidade preferida presente presta atenção à rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} e a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de cerca de 30%.

A rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} é, com respeito a uma porção retirada de um perfil em corte transversal, a porção que prolonga-se a um comprimento de referência L (como mostrado na FIG. 17), uma diferença entre um valor médio de alturas R1, R3, R5, R7, e R9 do cinco ápices mais altos e um valor médio das alturas R2, R4, R6, R8, e R10 das cinco calhas inferiores, como expresso pela eq. 1 abaixo.

eq. 1

$$Rz_{JIS} = \frac{(R1+R3+R5+R7+R9) - (R2+R4+R6+R8+R10)}{5}$$

Portanto, uma rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} grande significa que as poças

de óleo 4 têm uma profundidade suficiente. Como já foi descrito com respeito aos resultados experimentais acima, uma rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} de cerca de $0,54 \mu m$ é preferível em termos de capacidade de retenção de lubrificante.

Uma relação de comprimento de carga $Rmr(c)$ em um determinado nível de corte c é, com respeito a uma porção retirada de um perfil de rugosidade, a porção que prolonga-se a um comprimento de avaliação $1n$ (como mostrado na FIG. 18), uma relação da soma de comprimentos de corte quando o perfil de rugosidade é cortado em um nível de corte c que é paralelo a uma linha que conecta os ápices (isto é, comprimento da carga) $MI(c)$ ao comprimento de avaliação $1n$, como expresso pela eq. 2 abaixo.

eq. 2

$$Rmr(c) = \frac{100}{1n} \sum_{i=1}^m MI(c)_i \quad (\%)$$

Portanto, a relação de comprimento de carga $Rmr(c)$ é um índice que indica quantos grãos de silício 1 e 2 permanecem ressaltados na superfície de deslizamento 101. Uma relação de comprimento de carga grande $Rmr(c)$ significa que um número grande de grãos de silício eutéticos 2 permanece ressaltados. Em um estágio precoce de operação de um motor de combustão interna, a superfície externa da superfície de deslizamento 101 é desgastada aproximadamente em uma profundidade que corresponde a um nível de corte de cerca de 30%. Portanto, pode ser dito que uma relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de cerca de 30% serve como um parâmetro que indica quantos ou poucos grãos de silício eutéticos 2 permanecem ressaltados durante uma operação atual. Como já foi descrito com respeito aos resultados experimentais acima, é preferível que a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de cerca de 30% é cerca de 20% ou mais em termos de capacidade de retenção de lubrificante.

Como já foi descrito acima, com o processo de polimento em gravação em relevo convencional, é difícil assegurar que a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} e relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ estão dentro das faixas numéricas acima mencionadas. A razão disto será descrita com referência à FIG. 19.

Em um processo de polimento em gravação em relevo que é um processo de moagem mecânica, a quantidade da moagem difere-se entre as regiões onde os grãos de cristal de silício 1 e 2 estão escassos e as regiões onde eles são densos. Especificamente, como mostrado no lado à direita na FIG. 19, a moagem profunda ocorre em uma região onde os grãos de cristal de silício 1 e 2 estão escassos, desse modo resultando em uma altura da gravação em relevo grande h . Entretanto, como mostrado no lado à esquerda na FIG. 19, apenas a moagem superficial ocorre em uma região onde os grãos de cristal de silício 1 e 2 são densos, desse modo resultando em uma altura da gravação em relevo pequena h . Portanto, é difícil obter uma rugosidade média em dez pontos grande Rz_{JIS} sobre a superfície de deslizamento inteira 101. Além disso, visto que alguns dos grãos de silício eutéticos 2 serão moídos junto com a matriz 3, é da mesma forma difícil obter uma relação de comprimento de carga alta $Rmr(30)$.

Por outro lado, em um processo de cauterização (que é um processo de moagem química), como mostrado na FIG. 20, a moagem ocorre em uma profundidade constante independente de se os grãos de cristal de silício 1 e 2 estão escassos ou densos, de forma que uma altura da gravação em relevo constante h seja obtida. Portanto, ajustando-se a concentração e temperatura do líquido de gravar e o tempo de cauterização, a rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} pode ser aumentada facilmente. Além disso, visto que os grãos de silício eutéticos 2 não serão moídos junto com a matriz 3, a relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ pode ser aumentada facilmente.

Em seguida, tamanhos de grão de cristal médios preferíveis e distribuições de tamanho de grão preferíveis dos grãos de cristal de silício 1 e 2 na superfície de deslizamento 101 serão descritos. Os inventores têm conduzido um estudo detalhado na relação entre o desenvolvimento específico dos grãos de cristal de silício 1 e 2 sobre a superfície de deslizamento 101 e a força e resistência à abrasão do bloco dos cilindros 100. Como um resultado, foi constatado que a força e resistência à abrasão podem ser melhoradas grandemente ajustando-se os tamanhos de grão de cristal médios dos grãos de cristal de silício 1 e 2 dentro de faixas específicas, e/ou prescrevendo-se as distribuições de tamanho de grão especí-

ficas para os grãos de cristal de silício 1 e 2.

Primeiro, ajustar o tamanho de grão de cristal médio de grãos de silício de cristal primário 1 para estar dentro da faixa de não menos que cerca de 12 μm e não mais que cerca de 50 μm , a resistência à abrasão do bloco dos cilindros 100 pode ser melhorada.

5 Se o tamanho de grão de cristal médio dos grãos de silício de cristal primário 1 excede cerca de 50 μm , o número de grãos de silício de cristal primário 1 por área unitária da superfície de deslizamento 101 torna-se pequeno. Portanto, uma carga grande será aplicada a cada grão de silício de cristal primário 1 durante a operação do motor de combustão interna, de forma que os grãos de silício de cristal primário 1 possam ser destruídos. Os resíduos
10 dos grãos de silício de cristal primário destruído 1 agirão como partículas abrasivas, causando possivelmente uma abrasão considerável da superfície de deslizamento 101.

Se o tamanho de grão de cristal médio dos grãos de silício de cristal primário 1 for menor que cerca de 12 μm , a porção de cada grão de silício de cristal primário 1 que é escondido dentro da matriz 3 será pequena. Portanto, a queda dos grãos de silício de cristal
15 primário 1 é provável ocorrer durante a operação do motor de combustão interna. Os grãos de silício de cristal primário 1 tendo caído agirão como partículas abrasivas, possivelmente causando uma abrasão considerável da superfície de deslizamento 101.

Por outro lado, quando o tamanho de grão de cristal médio dos grãos de silício de cristal primário 1 não é menor que cerca de 12 μm e não maior que cerca de 50 μm , um
20 número suficiente de grãos de silício de cristal primário 1 exista por área unitária da superfície de deslizamento 101. Portanto, a carga aplicada a cada grão de silício de cristal primário 1 durante a operação do motor de combustão interna será relativamente pequena, pela qual a destruição dos grãos de silício de cristal primário 1 é suprimida. Como a porção de cada grão de silício de cristal primário 1 que é escondido dentro da matriz 3 é suficientemente
25 grande, a queda dos grãos de silício de cristal primário 1 é reduzida, pela qual a abrasão da superfície de deslizamento 101 devido aos grãos de silício de cristal primário 1 ter caído é da mesma forma suprimido.

Além disso, os grãos de silício eutéticos 2 servem a função de reforçar a matriz 3.

Portanto, fornecendo-se grãos de silício eutéticos finos 2, a força e resistência à abrasão do bloco dos cilindros 100 podem ser melhoradas. Especificamente, assegurando-se que os grãos de silício eutéticos 2 têm um tamanho de grão de cristal médio de cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ ou menor, um efeito de melhorar a força e resistência à abrasão é obtido.

5 Além disso, prescrevendo-se as distribuições de tamanho de grão para os grãos de cristal de silício 1 e 2 tal que os grãos de cristal de silício têm um pico em uma faixa de tamanho de grão de cristal não menor que cerca de $1\text{ }\mu\text{m}$ e não maior que cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ e que os grãos de cristal de silício têm um pico em uma faixa de tamanho de grão de cristal não menor que $12\text{ }\mu\text{m}$ e não maior que cerca de $50\text{ }\mu\text{m}$, a força e resistência à abrasão do
10 bloco do cilindro 100 podem ser grandemente melhoradas. FIG. 21 mostra um exemplo de distribuições de tamanho de grão preferíveis. Os grãos de cristal de silício cujos tamanhos de grão de cristal incluem-se na faixa não menor que cerca de $1\text{ }\mu\text{m}$ e não maior que cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ são grãos de silício eutéticos 2, considerando que os grãos de cristal de silício cujos tamanhos de grão de cristal incluem-se na faixa não menor que cerca de $12\text{ }\mu\text{m}$ e não
15 maior que cerca de $50\text{ }\mu\text{m}$ são grãos de silício de cristal primário 1. Além disso, a partir do ponto de vista de permitir mais grãos de silício eutéticos 2 contribuírem para criação de poças de óleo 4, como é da mesma forma mostrado na FIG. 21, é preferível que a frequência em um primeiro pico existindo na faixa de tamanho de grão de cristal não menor que cerca de $1\text{ }\mu\text{m}$ e não maior que cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ (isto é, o pico associado com os grãos de silício eutéticos 2) é pelo menos cerca de cinco vezes maior que a frequência em um segundo pico existindo na faixa de tamanho de grão de cristal não menor que cerca de $12\text{ }\mu\text{m}$ e não maior que cerca de $50\text{ }\mu\text{m}$ (isto é, o pico associado com os grãos de silício de cristal primário 1).

Para controlar os tamanhos de grão de cristal médio dos grãos de silício de cristal primário 1 e dos grãos de silício eutéticos 2, a taxa de resfriamento da porção para transformar a superfície de deslizamento 101 pode ser ajustada na etapa de fundir a moldura (a
25 etapa S1c mostrada na FIG. 5). Especificamente, realizando-se a fundição acima mencionada de forma que a porção para transformar a superfície de deslizamento 101 seja resfriada em uma taxa de resfriamento não menor que cerca de $4^{\circ}\text{C}/\text{segundo}$ e não maior que cerca

de 50°C/ segundo, os grãos de cristal de silício 1 e 2 serão depositados de uma tal maneira que o grãos de silício de cristal primário 1 têm um tamanho de grão de cristal médio não menor que cerca de 12 μm e não maior que cerca de 50 μm e que os grãos de silício eutéticos 2 têm um tamanho de grão de cristal médio de cerca de 7,5 μm ou menor.

5 Como descrito acima, o bloco do cilindro 100 da modalidade preferida presente inclui a superfície de deslizamento 101 que tem uma excelente capacidade de retenção de lubrificante, e portanto pode ser utilizado adequadamente nas máquinas de combustão interna de vários tipos de aparatos de transporte. Em particular, o bloco do cilindro 100 é apropriadamente utilizada em qualquer motor de combustão interna que é operado em uma
10 velocidade de revolução alta (especificamente, sob uma velocidade de revolução máxima de 8000 rpm ou mais), por exemplo, um motor de combustão interna de uma motocicleta, pelo qual a durabilidade do motor de combustão interna pode ser grandemente melhorado.

FIG. 22 mostra um motor de combustão interna exemplar 150 incorporando o bloco dos cilindros 100 de acordo com uma modalidade preferida da presente invenção. O motor
15 de combustão interna 150 inclui um cárter 110, um bloco do cilindro 100, e um cabeçote dos blocos dos cilindros 130.

Um eixo de manivela 111 é acomodado dentro do cárter 110. O eixo de manivela 111 inclui um pino de manivela 112 e um braço de manivela 113.

O bloco do cilindro 100 é fornecido acima do cárter 110. Um pistão 122 é inserido
20 em um diâmetro de cilindro do bloco dos cilindros 100. O pistão 122 é formado de uma liga de alumínio (tipicamente, uma liga de alumínio contendo silício). O pistão 122 pode ser formado por forjamento, como é descrito, por exemplo, na especificação de USP No. 6.205.836. A descrição da especificação de USP No. 6.205.836 está aqui incorporada em sua totalidade por referência.

25 Nenhuma bucha de cilindro é inserida no diâmetro do cilindro, e nenhum revestimento é fornecido na superfície interna da parede do diâmetro do cilindro 103 do bloco do cilindro 100. Em outras palavras, os grãos de silício de cristal primário 1 e os grãos de silício eutéticos 2 são expostos na superfície da parede de diâmetro do cilindro 103.

Um cabeçote dos blocos dos cilindros 130 é fornecido acima do bloco dos cilindros 100. Juntamente com o pistão 122 no bloco dos cilindros 100, o cabeçote dos blocos dos cilindros 130 define uma câmara de combustão 131. O cabeçote dos blocos dos cilindros 130 inclui um orifício de admissão 132 e um orifício de exaustão 133. Uma válvula de entrada 134 para fornecer mistura de ar-combustível na câmara de combustão 131 é fornecida no orifício de admissão 132, e uma válvula de exaustão 135 para realizar a evacuação da câmara de combustão 131 é fornecida no orifício de exaustão 133.

O pistão 122 e o eixo de manivela 111 são ligados por meio de uma haste de conexão 140. Especificamente, um pino do pistão 123 do pistão 122 é inserido em um furo para passagem em uma extremidade menor 142 da haste de conexão 140, e o pino da manivela 112 do eixo de manivela 111 é inserido em um furo para passagem em uma extremidade grande 144, pela qual o pistão 122 e o eixo de manivela 111 são ligados um ao outro. Rolimãs 114 são fornecidas entre a superfície periférica interna do furo para passagem da extremidade grande 144 e o pino da manivela 112.

O motor de combustão interna 150 mostrado na FIG. 22 tem durabilidade excelente porque o bloco dos cilindros 100 da presente modalidade preferida está incorporado, embora faltando uma bomba de óleo para compulsoriamente fornecer um lubrificante. Visto que os blocos dos cilindros 100 da presente modalidade preferida são caracterizados por uma resistência à abrasão alta da superfície de deslizamento 101, não há necessidade de uma bucha do cilindro. Portanto, as etapas de produção do motor de combustão interna 150 podem ser simplificadas, o peso do motor de combustão interna 150 pode ser reduzido, e o desempenho do resfriamento pode ser melhorado. Além disso, visto que é desnecessário realizar o revestimento para a superfície interna da parede de diâmetro do cilindro 103, é da mesma forma possível reduzir o custo de produção.

FIG. 23 mostra uma motocicleta que incorpora o motor de combustão interna 150 mostrado na FIG. 22. Em uma motocicleta, o motor de combustão interna 150 será operado em uma velocidade de revolução alta.

Na motocicleta mostrada na FIG. 23, um tubo do cabeçote 302 é fornecido na ex-

tremidade dianteira de uma estrutura da carroceria 301. Ao tubo do cabeçote 302, um garfo dianteiro 303 é ligado para ser capaz de oscilação na direção de direita-esquerda do veículo. Na extremidade inferior do garfo dianteiro 303, uma roda dianteira 304 é apoiada para ser capaz de girar.

5 Um rebordo do assento 306 é ligado a uma porção superior da extremidade traseira da estrutura da carroceria 301 para prolongar-se na direção traseira. Um tanque de combustível 307 é fornecido na estrutura da carroceria 301, e um assento principal 308a e um assento de dois lugares 308b são fornecidos no rebordo do assento 306.

10 Braços traseiros 309 que prolongam-se na direção traseira são ligados à extremidade traseira da estrutura da carroceria 301. Na extremidade traseira dos braços traseiros 309, uma roda traseira 310 é apoiada para ser capaz de girar.

Na porção central da estrutura da carroceria 301, o motor de combustão interna 150 mostrado na FIG. 22 é sustentado. O bloco dos cilindros 100 da presente modalidade preferida é utilizado para o motor de combustão interna 150. Um radiador 311 é fornecido na 15 frente do motor de combustão interna 150. Um cano de exaustão 312 é conectado a um orifício de exaustão do motor de combustão interna 150, e um silenciador 313 é ligado à extremidade traseira do cano de exaustão 312.

20 Uma transmissão 315 é ligada ao motor de combustão interna 150. Dentes das rodas propulsores 317 são ligados em um eixo de saída 316 da transmissão 315. Por meio de uma corrente 318, os dentes de roda propulsores 317 são ligados aos dentes de roda da roda traseira 319 da roda traseira 310. A transmissão 315 e a corrente 318 funcionam como um mecanismo de transmissão para transmitir a força motriz gerada no motor de combustão interna 150 para a roda propulsora.

25 Visto que a motocicleta mostrada na FIG. 23 incorpora o motor de combustão interna 150, em que o bloco dos cilindros 100 da modalidade preferida presente é utilizado, a motocicleta tem desempenho excelente.

Embora a presente modalidade preferida tenha sido ilustrada com relação a um bloco dos cilindros como um exemplo, a presente invenção não está limitada a esta. A pre-

sente invenção é amplamente aplicável a qualquer componente de motor de combustão interna tendo uma superfície de deslizamento (isto é, um lubrificante necessita ser retido na superfície). Por exemplo, a presente invenção pode ser utilizada para um pistão, uma bucha do cilindro, ou uma peça de came.

5 APLICABILIDADE INDUSTRIAL

De acordo com as modalidades preferidas da presente invenção, é fornecido um componente de motor de combustão interna tendo uma superfície de deslizamento com uma capacidade de retenção de lubrificante excelente, bem como um método para produzir o mesmo.

10 O componente de motor de combustão interna de acordo com modalidades preferidas da presente invenção pode ser adequadamente utilizado nos motores de combustão interna para vários tipos de aparatos de transporte, e pode ser particularmente adequadamente utilizado para motores de combustão interna que são operados em revoluções altas e para motores de combustão interna em que o lubrificante não é compulsoriamente fornecido
15 em um cilindro por meio de uma bomba.

Enquanto a presente invenção foi descrita com relação às modalidades preferidas desta, ficará aparente para aqueles versados na técnica que a invenção descrita pode ser modificada de numerosas maneiras e pode assumir muitas modalidades diferente daquelas especificamente descritas acima. Desta maneira, é pretendido pelas reivindicações anexas
20 abranger todas as modificações da invenção que incluem-se no verdadeiro espírito e escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Componente de motor de combustão interna composto de uma liga de alumínio contendo silício, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

uma pluralidade de grãos de cristal de silício localizados em uma superfície de deslizamento; em que

a superfície de deslizamento tem uma rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} de cerca de $0,54\text{ }\mu\text{m}$ ou mais, e uma relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de cerca de 30% da superfície de deslizamento é cerca de 20% ou mais.

2. Componente de motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de grãos de cristal de silício inclui uma pluralidade de grãos de silício de cristal primário e uma pluralidade de grãos de silício eutéticos.

3. Componente de motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de grãos de silício de cristal primário tem um tamanho de grão de cristal médio não menor do que cerca de $12\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que cerca de $50\text{ }\mu\text{m}$.

4. Componente de motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de grãos de silício eutéticos tem um tamanho de grão de cristal médio de cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ ou menor.

5. Componente de motor de combustão interna, de qualquer de acordo com as reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de grãos de cristal de silício tem uma distribuição de tamanho de grão tendo um primeiro pico existindo em uma faixa de tamanho de grão de cristal não menor do que cerca de $1\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que cerca de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ e um segundo pico existindo em uma faixa de tamanho de grão de cristal não menor do que cerca de $12\text{ }\mu\text{m}$ e não maior do que $50\text{ }\mu\text{m}$.

6. Componente de motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que uma frequência no primeiro pico é pelo menos cerca de cinco vezes maior do que uma frequência no segundo pico.

7. Componente de motor de combustão interna, de acordo com quaisquer dentre as reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a liga de alumínio contém: não menos do que cerca de 73,4% em massa e não mais do que cerca de 79,6% em massa de alumínio; não menos do que cerca de 18% em massa e não mais do que cerca de 22% em massa de silício; e não menos do que cerca de 2,0% em massa e não mais do que cerca de 3,0% em massa de cobre.

8. Componente de motor de combustão interna, de acordo com quaisquer dentre as reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a liga de alumínio contém: não menos do que cerca de 50 ppm em massa e não mais do que cerca de 200 ppm em massa de fósforo e não mais do que cerca de 0,01% em massa de cálcio.

9. Componente de motor de combustão interna, de acordo com quaisquer dentre as reivindicações 1 a 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a motor de combustão interna é um bloco dos cilindros.

10. Motor de combustão interna, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender o componente de motor de combustão interna de acordo com quaisquer dentre as reivindicações 1 a 9.

11. Motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de o motor de combustão interna compreende um pistão composto de uma liga de alumínio, e o componente de motor de combustão interna é um bloco dos cilindros.

12. Aparato de transporte, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 10 ou 11.

13. Método para produzir um componente de motor de combustão interna tendo uma superfície de deslizamento, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

uma etapa de fornecer uma moldura que é composta de uma liga de alumínio contendo silício e que inclui grãos de silício de cristal primário e grãos de silício eutéticos próximos a uma superfície;

uma etapa de polir a superfície da moldura utilizando-se uma pedra tendo um nú-

mero de grit de #1500 ou mais; e

uma etapa de cauterizar a superfície polida da moldura para formar uma superfície de deslizamento da qual os grãos de silício de cristal primário e grãos de silício eutéticos estendem-se.

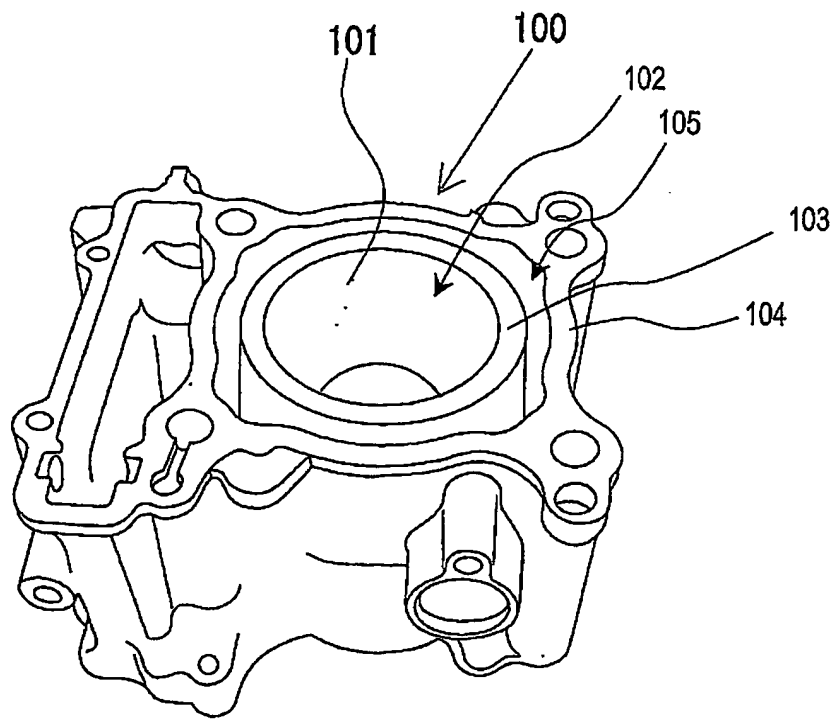
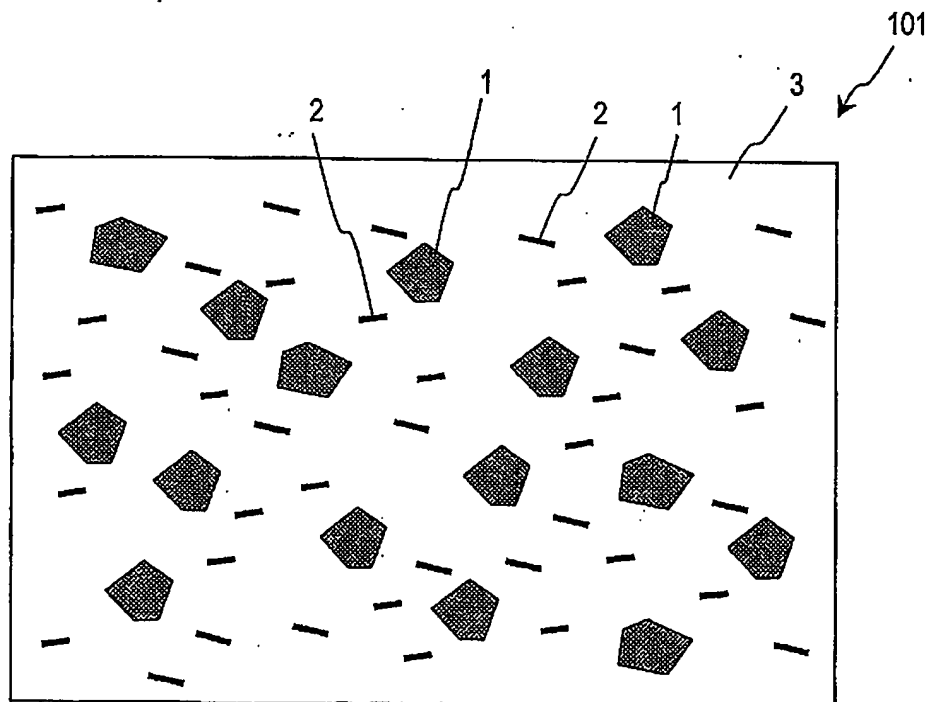
FIG. 1*FIG. 2*

FIG.3

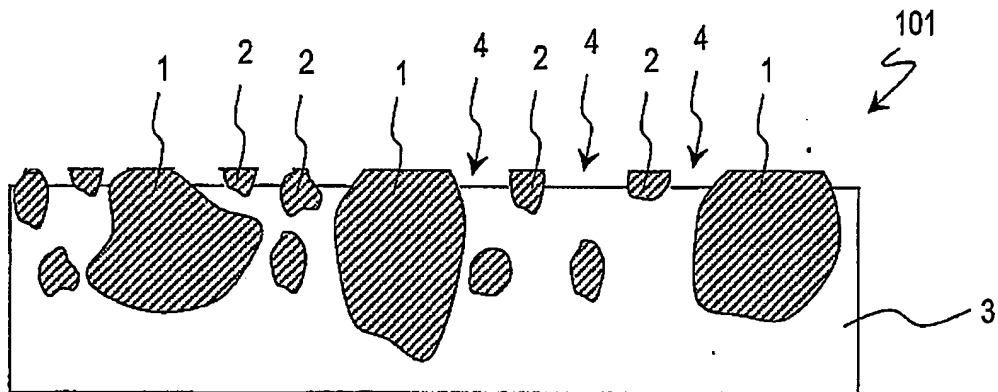


FIG.4

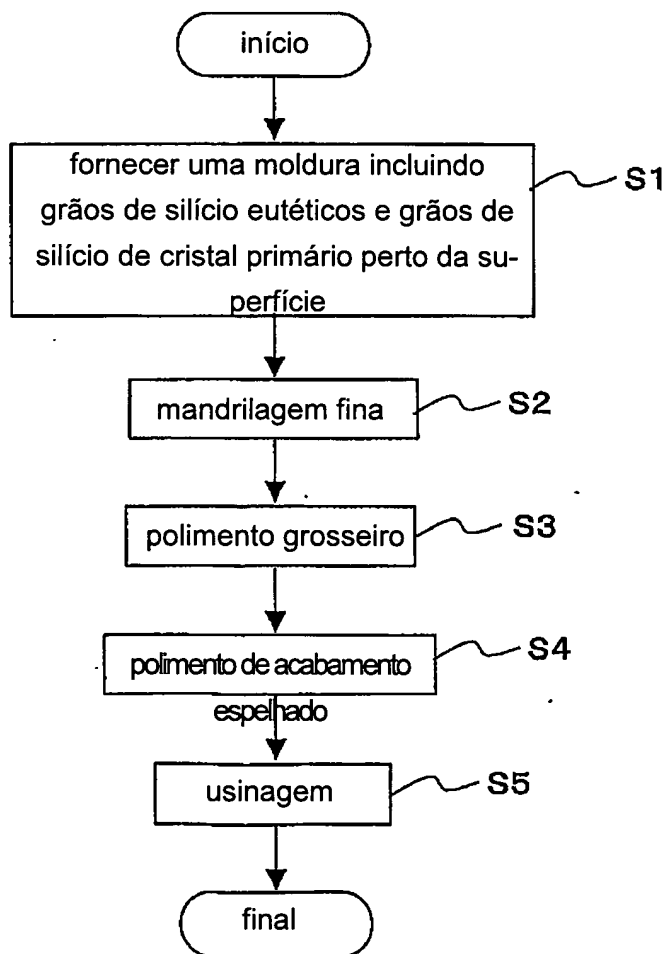


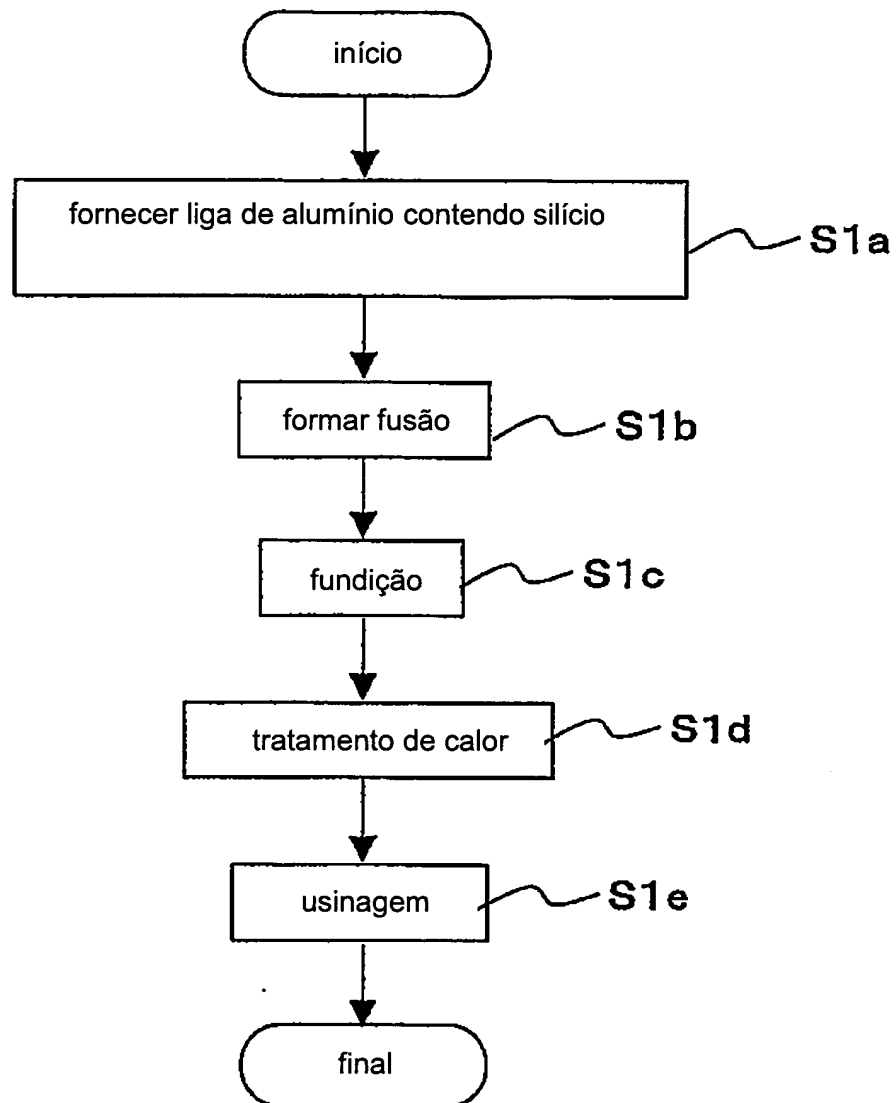
FIG.5

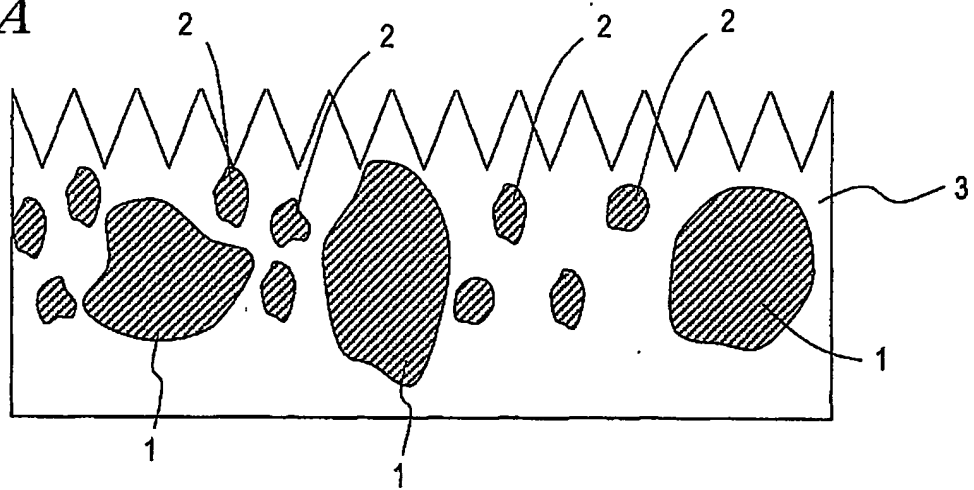
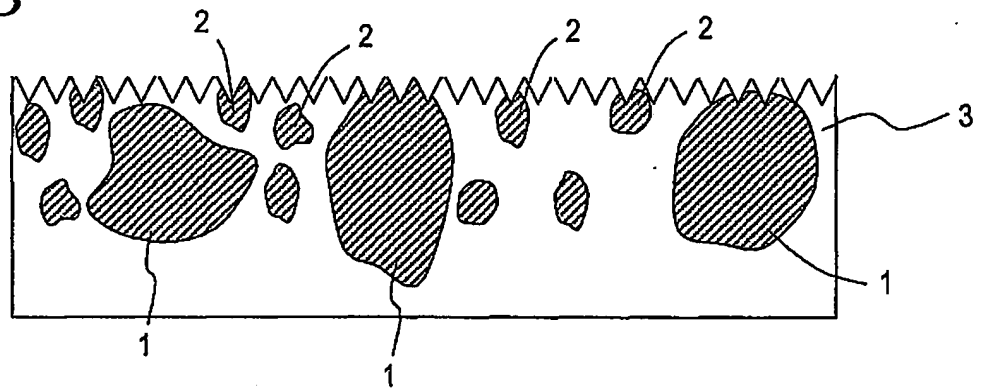
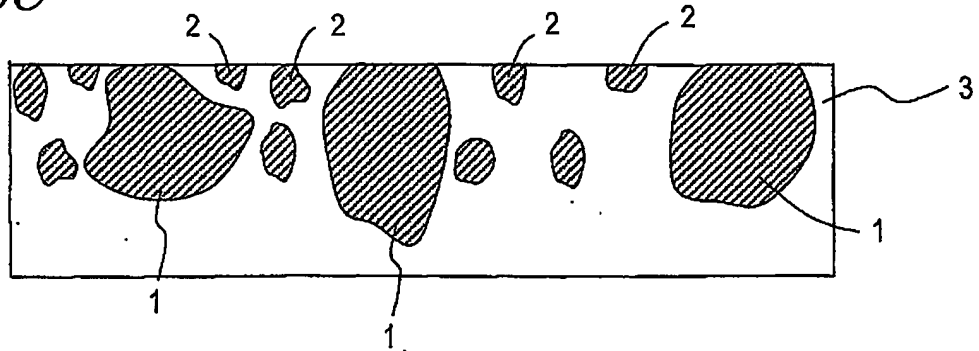
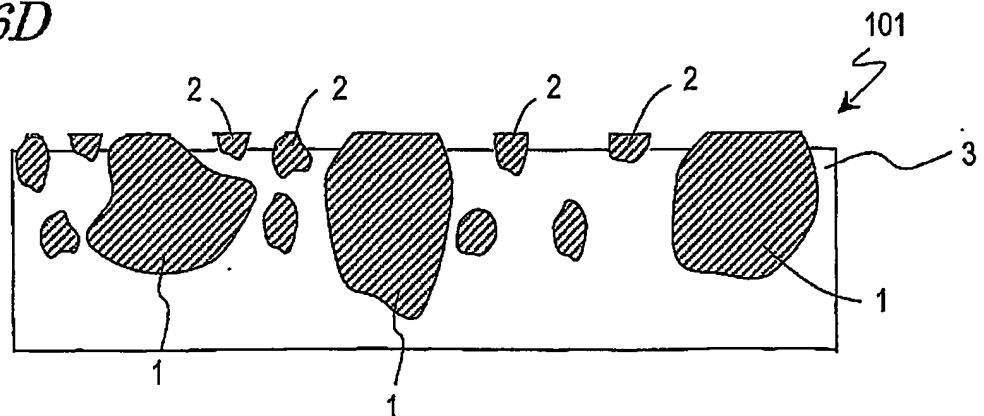
FIG. 6A*FIG. 6B**FIG. 6C**FIG. 6D*

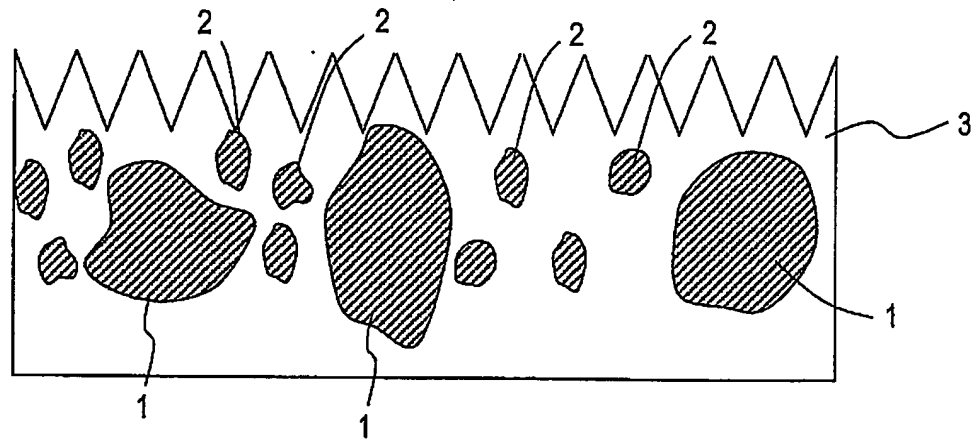
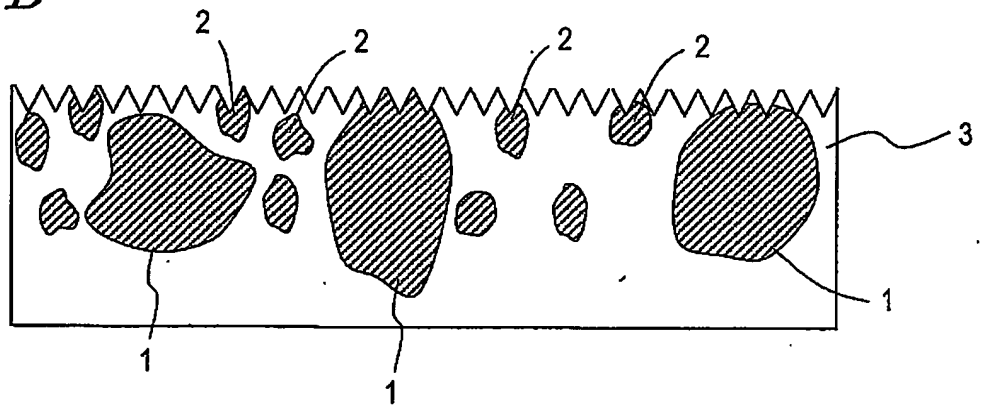
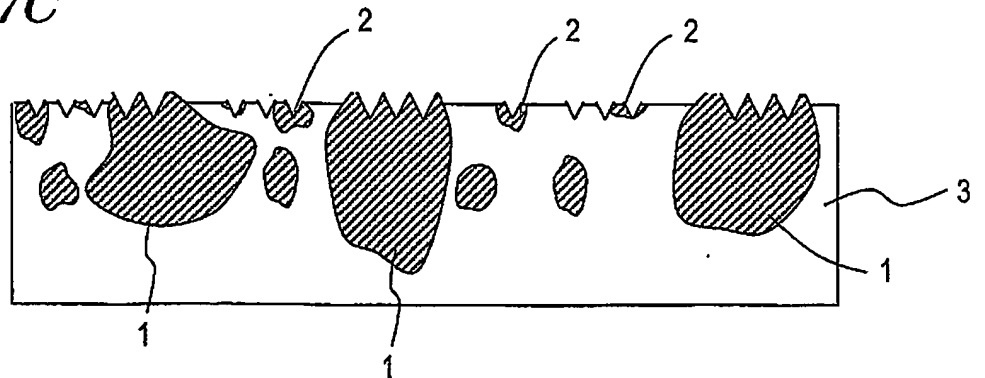
FIG. 7A*FIG. 7B**FIG. 7C*

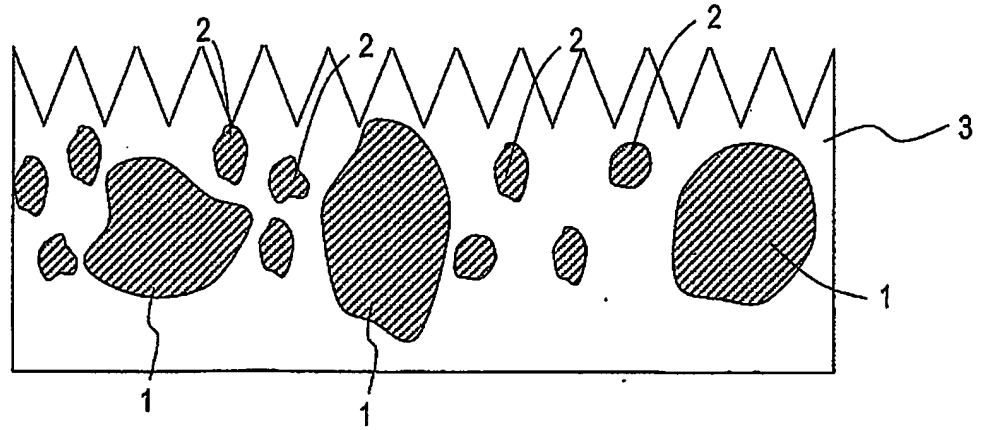
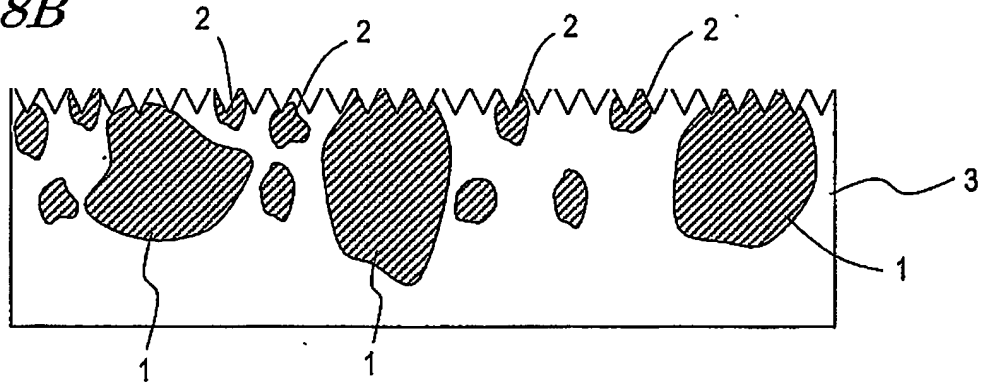
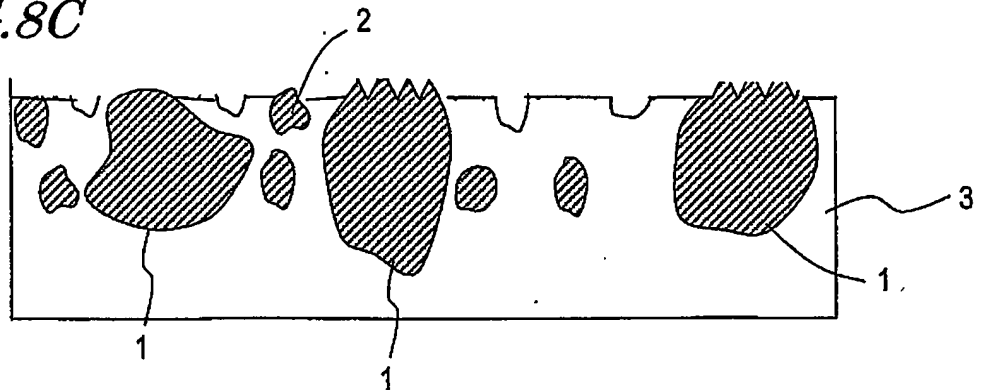
FIG. 8A*FIG. 8B**FIG. 8C*

FIG. 9

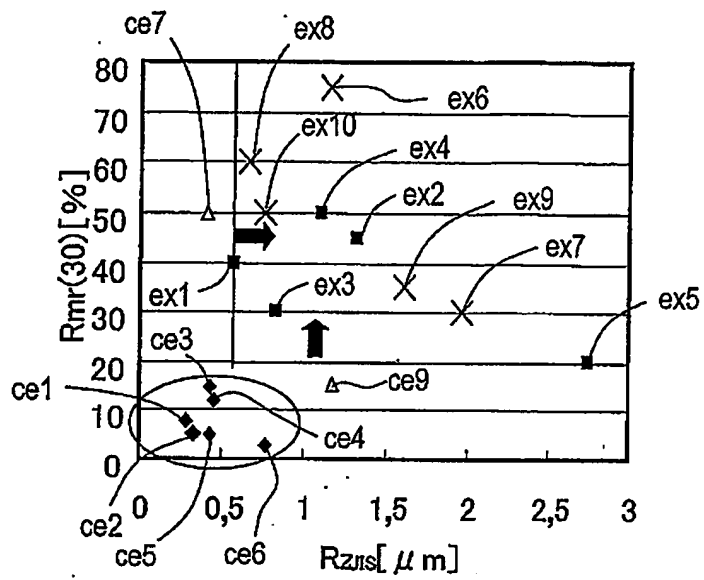


FIG. 10A

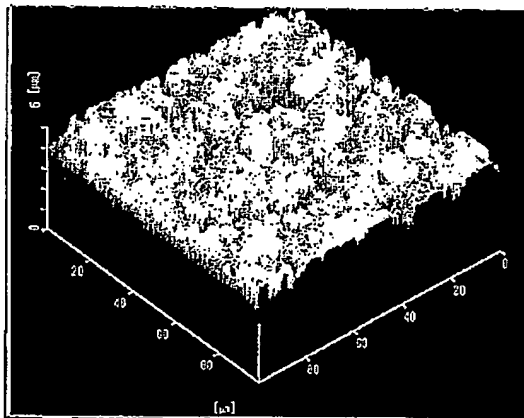


FIG. 10B

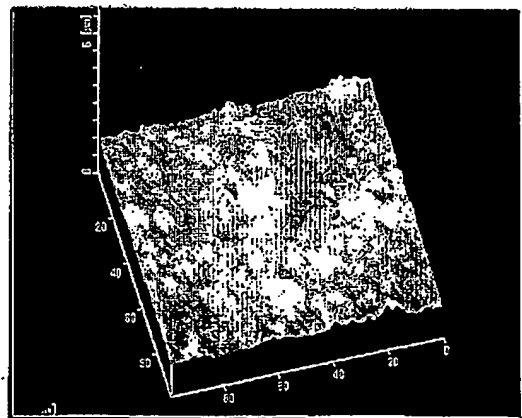
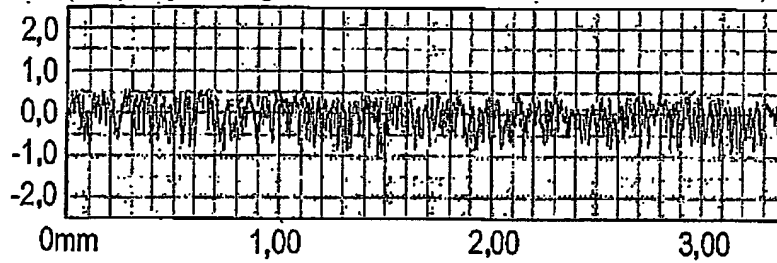


FIG.11A

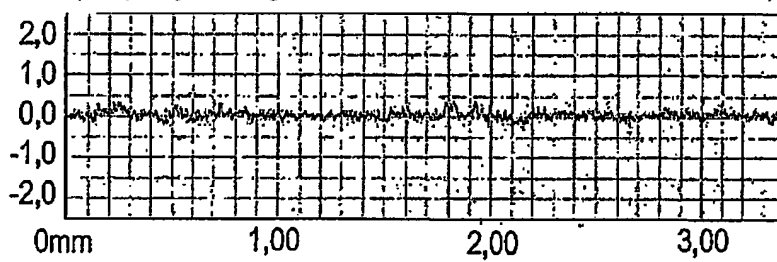
(μm) perfil em corte transversal

(ampliação longitudinal :X 10.000,00 lateral : X 50,00)

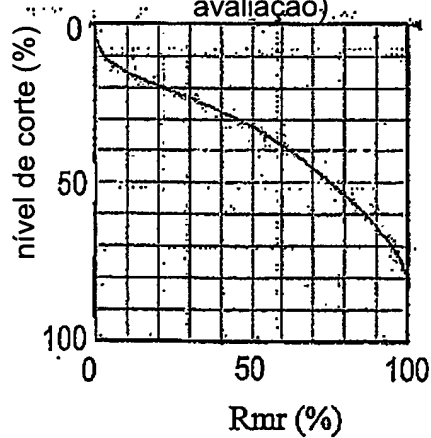
*FIG.11B*

(μm) perfil em corte transversal

(ampliação longitudinal :X 10.000,00 lateral : X 50,00)

*FIG.12A*

perfil de carga
(técnica de duração da
avaliação)

*FIG.12B*

perfil de carga
(técnica de duração da
avaliação)

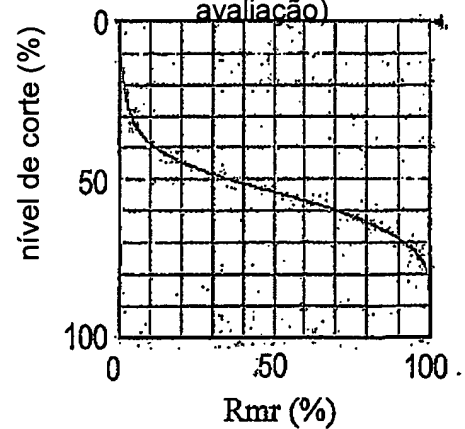


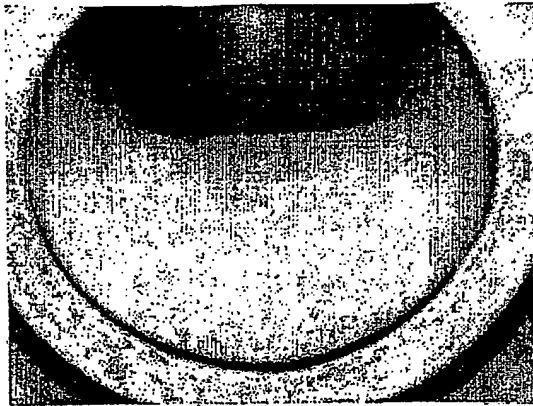
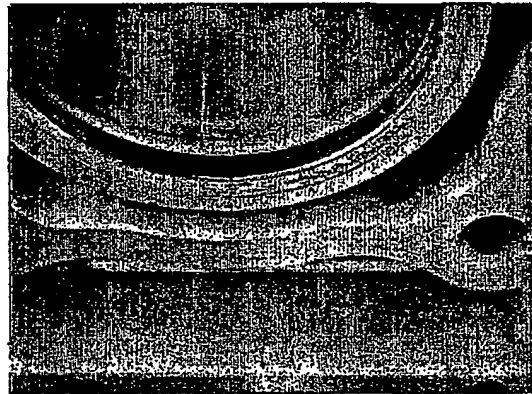
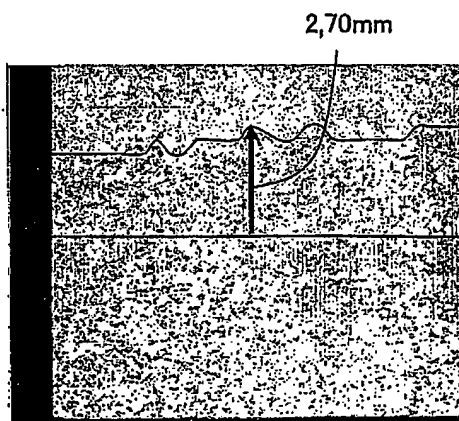
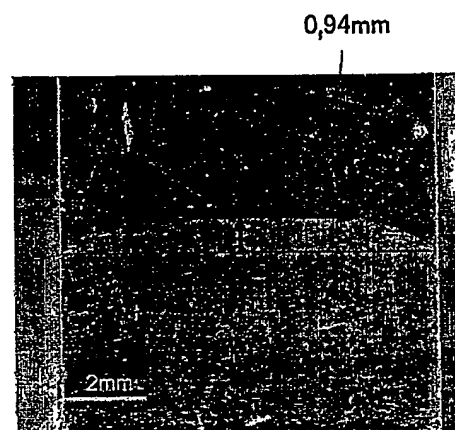
FIG. 13A*FIG. 13B**FIG. 14A**FIG. 14B*

FIG.15

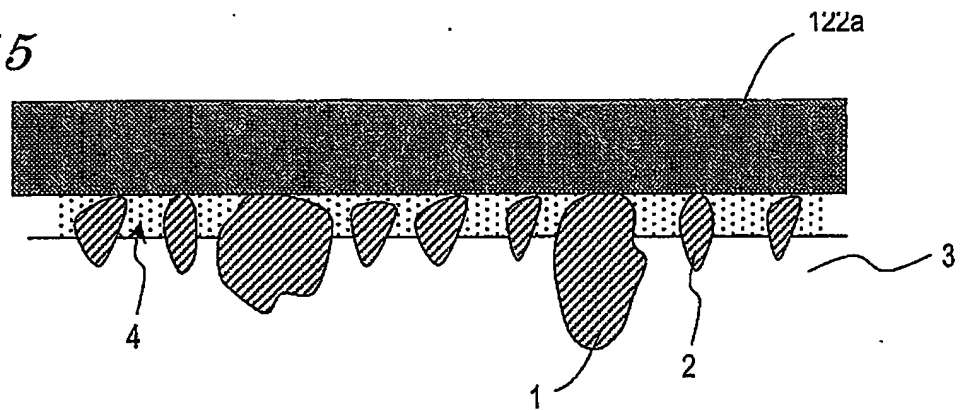


FIG.16

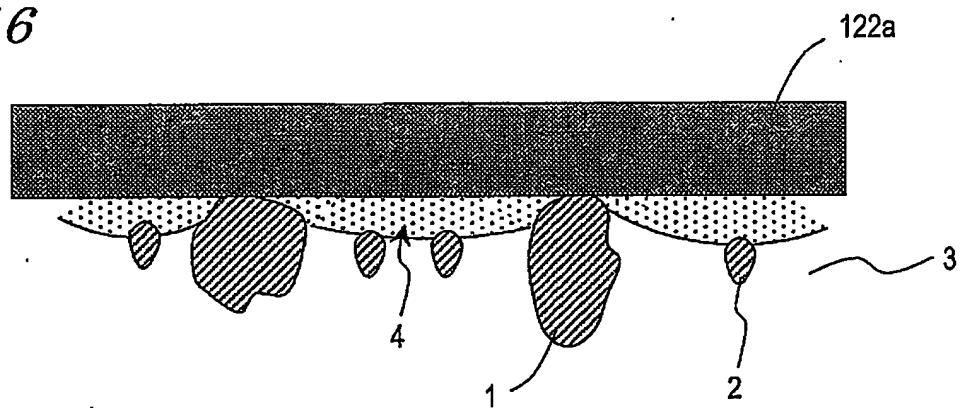


FIG.17

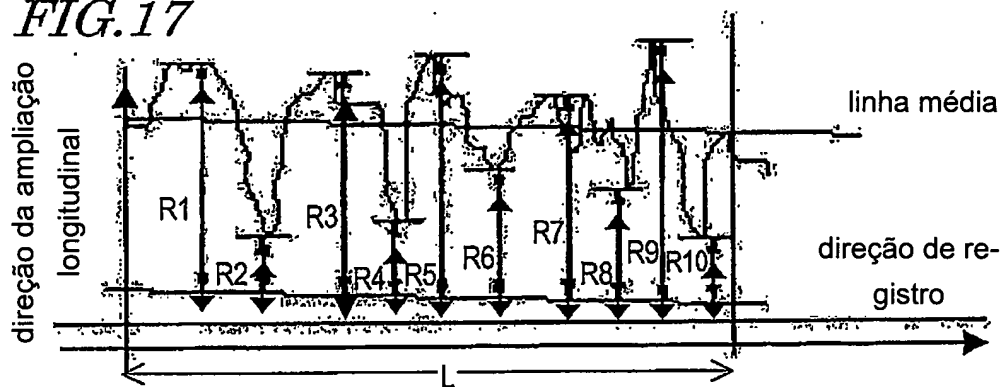


FIG.18

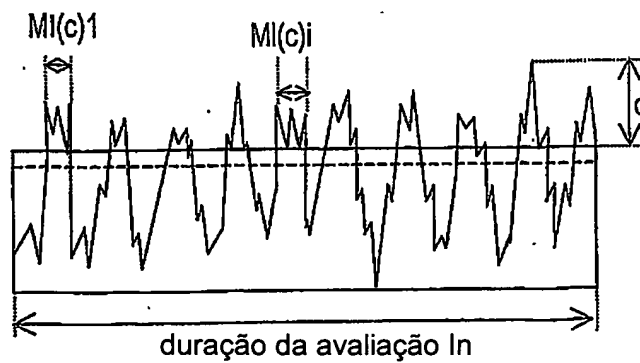


FIG.19

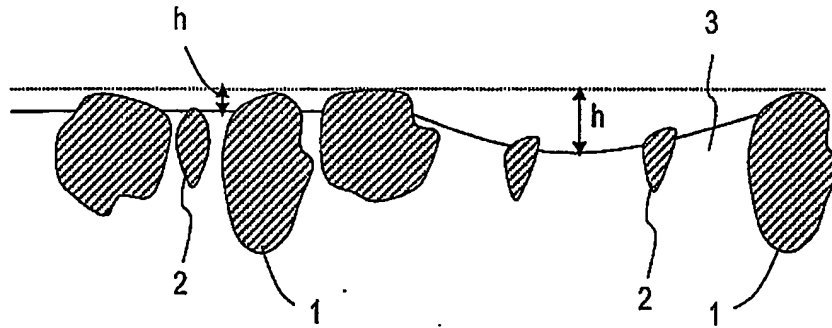


FIG.20

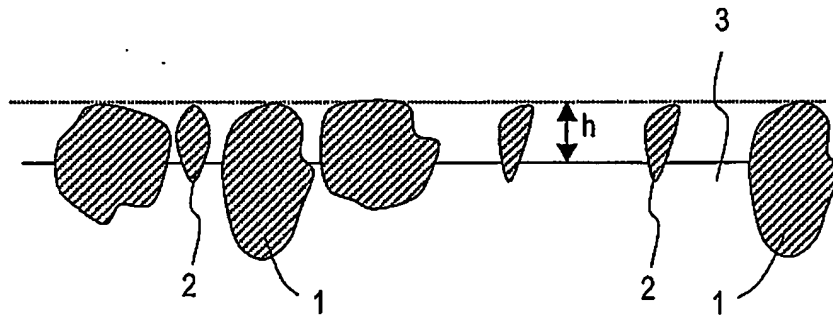


FIG.21

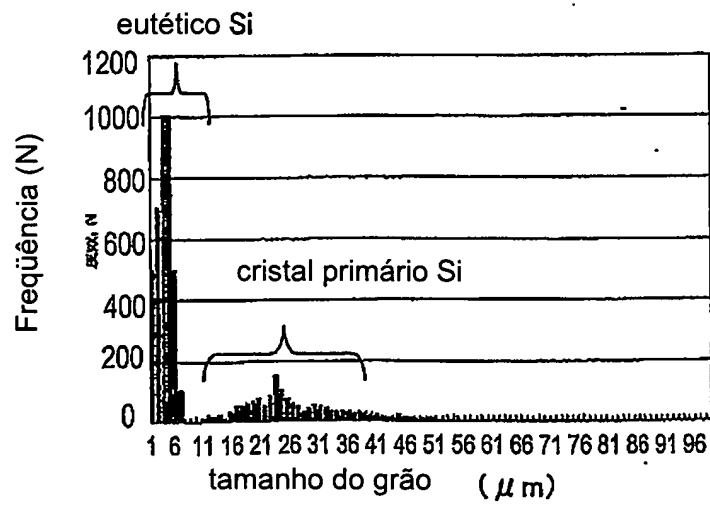
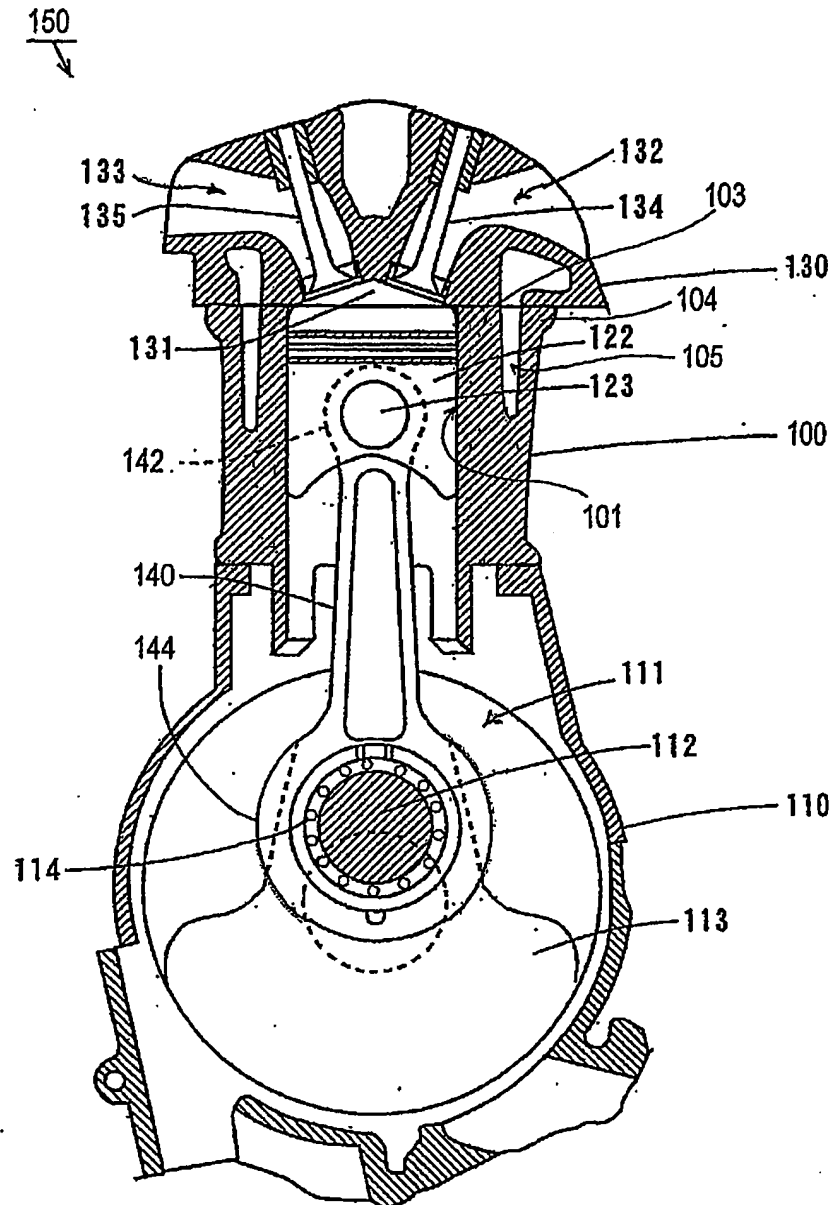


FIG.22

RESUMO

"COMPONENTE DE MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA E MÉTODO PARA PRODUZIR O MESMO"

5 Um componente de motor de combustão interna é composto de uma liga de alumínio contendo silício, e inclui uma pluralidade de grãos de cristal de silício localizados em uma superfície de deslizamento. A superfície de deslizamento tem uma rugosidade média em dez pontos Rz_{JIS} de cerca de $0,54 \mu m$ ou mais, e uma relação de comprimento de carga $Rmr(30)$ em um nível de corte de cerca de 30% da superfície de deslizamento é cerca de 20% ou mais.