



## DIRECÇÃO DE SERVIÇOS DE PATENTES

CAMPO DAS CEBOLAS, 1100 LISBOA  
TEL.: 888 51 51 / 2 / 3 TELEX: 18356 INPI  
TELEFAX: 87 53 08

## FOLHA DO RESUMO

Modalidade e n.º (11) 101122	T D	Data do pedido: (22)	Classificação Internacional (51)
Requerente (71): NISSAN EUROPEAN TECHNOLOGY CENTRE LIMITED. britânica, Washington Road, Sunderland, Tyne & Wear SR5 3ND, Reino Unido			
Inventores (72): Kevin James Puddephatt, Reino Unido			
Reivindicação de prioridade(s) (30)			Figura (para interpretação do resumo)
Data do pedido	País de Origem	N.º de pedido	
12/12/91	Reino Unido	9126458.0	
Epigrafe: (54) "Processo de produção de ferramenta de formação"			
Resumo: (máx. 150 palavras) (57)  O presente invento refere-se a um processo de produção de uma ferramenta experimental para moldação por injeção, em que se submete um esboço de ferramenta, em liga de Zn vazada, a uma operação de maquinagem por descarga eléctrica (MDE) rápida, usando um primeiro eléctrodo e uma folga de maquinagem por descarga eléctrica relativamente grande, para produzir uma superfície grosseira que se aproxima da forma requerida, submetendo em seguida a ferramenta grosseira a uma operação de maquinagem por descarga eléctrica lenta, utilizando um segundo eléctrodo e uma folga de maquinagem por descarga eléctrica menor, para produzir uma ferramenta experimental, tendo uma superfície operativa com a forma desejada. É depois feita uma			

NÃO PREENCHER AS ZONAS SOMBREADAS




## DIRECÇÃO DE SERVIÇOS DE PATENTES

CAMPO DAS CEBOLAS, 1100 LISBOA  
TEL.: 886 51 51 / 2 / 3 TELEX: 18356 INPI  
TELEFAX: 87 53 08

## FOLHA DO RESUMO (Continuação)

Modalidade e n.º ⑪	T D	Data do pedido ⑫	Classificação Internacional ⑬
<b>Resumo (continuação) ⑮</b>  ferramenta de produção, submetendo um esboço de ferramenta em aço vazado a uma operação de maquinagem por descarga eléctrica rápida, utilizando o segundo eléctrodo, submetendo depois a ferramenta de produção grosseira a um operação de maquinagem por descarga eléctrica lenta, usando um terceiro eléctrodo.  O presente invento é aplicável na produção de ferramentas de formação para produção de peças, especialmente na fase de experimentação e aperfeiçoamento.			

NÃO PREENCHER AS ZONAS SOMBREADAS



Processo de produção de ferramenta de formação

O presente invento refere-se a um processo de produção de ferramentas de formação, em particular, ferramentas para moldação por injeção como as que são usadas para definir uma ou mais superfícies de uma cavidade para moldação de uma peça feita de material plástico, por exemplo uma peça de guarnição ou de carroçaria a utilizar num veículo motorizado.

A expressão "ferramentas de formação" abrange pressupostamente e sem limitações, as ferramentas para moldação por injeção, moldação por sopragem, prensagem, prensagem a quente e matrizes de moldação.

Nesta especificação usam-se as seguintes abreviaturas:

CAD: desenho assistido por computador;

CN (NC): controlo numérico ou controlado numericamente, de acordo com o contexto;

MDE: maquinagem por descarga eléctrica.

Um processo conhecido para produzir uma ferramenta para moldação por injeção é a maquinagem de CN de um bloco rectangular de material. A forma requerida pode ser obtida exclusivamente por maquinagem de CN ou em combinação com MDE, usando quer um fio ou um eléctrodo de matriz mergulhante para o acabamento final da superfície. No entanto, para moldes de injeção relativamente grandes, como os usados para moldar pára-choques de automóveis, o processo de produção pode levar vários meses até se obter uma ferramenta acabada.

Outro processo conhecido é o de maquinar a ferramenta a partir de um bloco rectangular de material, usando técnicas de MDE convencionais, o que representa um grande consumo de tempo e constitui um processo dispendioso, exigindo muitas vezes várias semanas de MDE contínua para obter a forma desejada, com os elevados custos de produção inerentes.

Num aspecto, o invento proporciona um processo para

produzir uma ferramenta de formação na qual é fundida um esboço de ferramenta e o esboço é sujeito a determinadas operações de MDE.

Num outro aspecto, o invento proporciona um processo de produção de uma ferramenta de formação na qual o esboço de ferramenta é submetido a MDE rápida para produzir uma ferramenta grosseira, que é então submetida a MDE lenta.

Num aspecto adicional os dados de CN, derivados do desenho da ferramenta, são usados para maquinagem de CN de um modelo de fundição e a maquinagem de CN de um eléctrodo para MDE.

O invento será adicionalmente descrito, apenas a título de exemplo, com referência aos desenhos anexos, nos quais:

A Figura 1 é um fluxograma de um processo preferido para a produção de uma ferramenta experimental e, subsequentemente, uma ferramenta de produção com base nos dados CAD, que definem a forma de uma peça a ser fabricada por moldação por injeção; e

As Figuras 2 a 6 são cortes transversais esquemáticos representando várias fases sucessivas da produção de um molde de fundição para a moldação de um par de esboços de ferramenta, macho e fêmea, para moldação por injeção;

As Figuras 7a e 7b são cortes transversais esquemáticos representando o estado superficial das peças de obra depois da MDE rápida e lenta, respectivamente; e

A Figura 8 é um esquema representando testes comparativos de MDE.

No processo representado na Figura 1 a peça de guarnição é desenhada, usando CAD, no passo 1, e uma ferramenta para moldação por injeção correspondente é desenhada, usando CAD, no passo 2.



No passo 3 os dados de CN são derivados dos dados CAD, definindo a forma da superfície tanto da peça como da ferramenta.

No passo 12 um corpo de espuma de plástico rígida, em particular uma espuma rígida de elevada densidade, virtualmente não deformável, tal como a espuma de resina de poliuretano produzida pela CIBA GEIGY com a especificação nº XB 5120, é submetida a maquinagem de CN de acordo com os dados de CN do passo 3, de maneira a formar um modelo de fundição. A massa volúmica da espuma é de, pelo menos,  $0,25 \text{ g/cm}^3$  (por exemplo,  $0,25$  a  $1,1 \text{ g/cm}^3$ ); a sua resistência à compressão é de, pelo menos, cerca de  $4 \text{ N/mm}^2$  (por exemplo  $4$  a  $30 \text{ N/mm}^2$ ).

Como será evidente a partir da descrição seguinte, o modelo de fundição destina-se a produzir um corpo de moldação que, por sua vez, é usado para produzir uma forma prévia de ferramenta de fundição. A produção de uma ferramenta a partir de uma forma prévia de fundição minimiza os custos da produção porque, com um controlo rigoroso do processo de fundição, pode reduzir-se ao mínimo a maquinagem subsequente para se obter a ferramenta acabada.

No passo 14 aplica-se um material fluidificável endurecível sobre a superfície maquinada do modelo. O material fluidificável endurece formando um revestimento sólido que, se necessário, pode ser alisado por lixagem, e que bloqueia os poros que ficaram expostos depois da maquinagem do corpo de espuma. Um material adequado é o gesso de Paris, tinta ou uma resina curável (por exemplo epoxi ou uma resina de carroçarias de automóveis). O revestimento de gesso ou de resina pode ser revestido adicionalmente com um verniz ou tinta. O revestimento é suportado pelo corpo de espuma e pode, por conseguinte, ser delgado, não necessitando de ser auto-portante.

No passo 16 a areia de moldação de uma consistência fluidificável, por exemplo sob a forma de lama ou de uma mistura de areia/resina é compactada contra a superfície revestida do

modelo de fundição colocado dentro de uma caixa de fundição, de maneira a formar um corpo de moldação de acordo com a superfície revestida. Como se depreenderá da descrição seguinte, o material preferido para formar a ferramenta de formação é uma liga de zinco, dadas as suas vantajosas propriedades de maquinagem. No entanto, a liga de zinco é um material relativamente pesado e é importante, por conseguinte, que o corpo de moldação suporte a liga de zinco sem fracturar, tanto durante o passo de vazamento, como durante o arrefecimento do material vazado. Por esta razão a compactação de elevada densidade da mistura areia/resina é efectuada, usando-se, por exemplo, ferramentas de compactação pneumáticas, por exemplo operando a uma pressão de cerca de 0,55 MPa de maneira a assegurar uma compactação suficiente da mistura areia/resina que proporcione a resistência requerida no corpo de moldação. Por essa razão escolhe-se uma espuma rígida de elevada densidade para produzir o modelo de fundição, visto esta ser capaz de suportar o passo de compactação sem deformação ou compactação consequente, como se torna evidente se forem usadas espumas para modelos de fundição usuais de densidade relativamente baixa, tais como STYROFOAM (marca registada).

No passo 18 o modelo de fundição é retirado do corpo de moldação. A remoção é facilitada pelo revestimento liso, que se separa facilmente do corpo de moldação e não tende a arrastar grãos de areia. Por consequência, a superfície do corpo de moldação é comparativamente lisa e proporciona um bom acabamento de superfície da fundição. Uma vez que o revestimento está fortemente fixado nos poros do modelo, o modelo pode ser reutilizado. Adicionalmente, uma vez que o modelo é retirado antes de o esboço de ferramenta ser vazado no molde, não se geram fumos tóxicos durante o vazamento.

As Figuras 2 a 6 representam fases sucessivas da produção de um molde de fundição para vazamento de um esboço de ferramenta de cavidade fêmea e um esboço de ferramenta de núcleo macho, que são subsequentemente maquinados para formar um par de ferramentas para moldação por injeção.

Como descrito anteriormente, em primeiro lugar, para a produção de modelos de fundição, são construídos um bloco de esboço fêmea 51 e um bloco de esboço macho 52 a partir de camadas de espuma de plástico rígida de elevada densidade (Fig. 2).

Na Figura 3 os blocos são submetidos a maquinagem de CN (usando-se uma ferramenta de corte 53) para formar modelos de fundição de esboços macho e fêmea 54, 55 (passo 12 anterior). Os blocos são maquinados de modo a deixar um excesso de material (por exemplo 1 a 5 mm) sobre as superfícies correspondentes de formação e fecho das ferramentas para moldação por injeção.

Na Figura 4 o material endurecível é aplicado aos modelos 54, 55 por cabeças de pulverização 56 (passo 14 anterior).

Na Figura 5, os modelos revestidos 54, 55 são colocados numa caixa de moldação 57 e junta-se areia verde 58 (misturada com um ligante de resina) e compacta-se a elevada densidade por meio de um compactador pneumático 59 (passo 16 acima mencionado).

A caixa de moldação 57 é então voltada e os modelos 54, 55 são cuidadosamente retirados da areia compactada 58 (passo 18 anterior) deixando uma cavidade 60 de moldação de um esboço de ferramenta fêmea e uma cavidade 61 de um esboço de ferramenta macho, dentro das quais pode ser vazado um metal em fusão (liga de Zn) a partir de um cadinho 62.

O processo de produção do modelo e o processo de fundição acima descritos é objecto do nosso pedido co-pendente, apresentado simultaneamente, com o presente pedido e com o título "Processo de fundição".

No passo 20, um esboço de ferramenta aproximadamente com a forma desejada da ferramenta é fundido, usando-se o corpo de moldação do passo 18. O esboço é, com vantagem, fundido numa liga de zinco (Zn-Al-Pb) contendo, por exemplo, 92-98% em peso

de Zn, como a que é vendida com a marca registada KIRKSITE ou KAYEM. As fundições de liga de zinco tem uma vantagem de apresentar uma microporosidade reduzida em comparação com as fundições de liga de alumínio. Isto foi pensado para tirar partido do conteúdo de chumbo no material, que permanece fluido a uma temperatura mais baixa do que a dos outros componentes e, por conseguinte, flui para o interior enchendo os orifícios microporosos do material, quando este é vazado. Também, podem facilmente ser recicladas e, como se depreenderá da descrição seguinte, verificou-se que podem ser maquinadas muito rapidamente de modo a obter-se uma forma desejada, utilizando MDE.

No passo 22 usam-se os mesmos dados de CN do passo 3 na maquinação de, pelo menos, dois eléctrodos de MDE, de preferência de grafite.

No passo 24 um primeiro eléctrodo de MDE é utilizado para a maquinação comparativamente rápida do esboço de ferramenta de fundição (do passo 20) para produzir uma ferramenta grosseira com uma superfície relativamente grosseira, que requer uma maquinação adicional de acabamento.

No passo 26 é usado um segundo eléctrodo de MDE para a maquinação comparativamente lenta ou normal da ferramenta grosseira para as dimensões desejadas.

Em MDE o limite superior da folga entre o eléctrodo e a peça de obra (geralmente conhecida como folga MDE) tem sido geralmente admitida como sendo de 0,4 mm. Se se usarem folgas acima destes limites, a rugosidade superficial da peça maquinada será geralmente considerada inaceitável para utilização prática.

No entanto, a MDE rápida, no passo 24, usa regulações de máquina que proporcionam uma folga de MDE acima deste valor. Como se pode compreender mais claramente da descrição subsequente, a adopção desta folga excepcionalmente grande





proporciona uma grande melhoria do tempo de MDE. Um dos resultados dos nossos testes mostra que, quando se maquina liga de zinco, por exemplo, a MDE rápida, usando uma folga de 0,68 mm é mais de 100 vezes mais rápida do que a MDE normal usando uma folga característica de 0,073 mm.

Embora o uso de uma tal folga de MDE excepcionalmente grande resulte numa superfície grosseira ou rugosa o que, num processo normal de MDE é considerado prejudicial ou inadequado para uma superfície acabada para uma ferramenta para moldação por injeção, isto não constituirá um problema no âmbito do presente processo visto que a MDE rápida (passo 24) só é levada até um ponto em que a superfície grosseira pode ser ainda recuperada para as dimensões desejadas por MDE lenta ou normal (passo 26).

No passo 26, devido à ferramenta grosseira estar próxima das dimensões desejadas, o grau de maquinagem subsequente requerido por MDE lenta ou normal (de maneira a tornar a superfície grosseira numa superfície utilizável com as dimensões requeridas) é reduzida a um mínimo. A MDE lenta apenas necessita de um tempo relativamente curto e resulta num acabamento superficial que pode ter uma rugosidade muito baixa, adequada a uma ferramenta para moldação por injeção.

A Figura 7a mostra esquematicamente o estado superficial de uma peça de obra depois de MDE rápida e a Figura 7b mostra o estado superficial da mesma peça de obra depois de MDE lenta. A MDE rápida permite uma erosão rápida mas deixa uma superfície S grosseira e rugosa, como se vê na Figura 7a. Esta superfície é cortada a uma profundidade  $d$  (por exemplo 1 mm) por meio de MDE lenta deixando uma superfície lisa S' (Figura 7b) que é adequada como superfície acabada para o artigo produzido.

Verificou-se surpreendentemente, em particular que se se usar liga de zinco como material para a peça de obra e se se aumentar a folga MDE para além de 0,4 mm, então o grau de remoção do material, usando MDE rápida (para aproximadamente o



mesmo acabamento superficial), é muito melhor na liga de zinco em comparação com outros materiais que se podem considerar para o fabrico de ferramentas para moldação por injeção (em particular ligas de alumínio e aço). Efectuaram-se testes por maquinagem de reentrâncias usando MDE em blocos B de aço, liga de alumínio e liga de zinco, com eléctrodos E rectangulares de grafite, como se mostra esquematicamente na Figura 8, usando MDE rápida e lenta (normal), com os seguintes resultados:

	<u>MDE lenta</u>			<u>MDE rápida</u>		
material	Aço	Al	Zn	Aço	Al	Zn
duração, t	35h04	11h13	7h56	1h58	41min	4min
C, mm	20,20	20,15	20,18	21,05	21,80	21,20
A, mm	20,10	20,10	20,05	20,10	20,10	20,10
C-A, mm	0,10	0,05	0,13	0,95	1,70	1,10
rugosidade, $R_a$ , $\mu\text{m}$	3,04	3,43	4,06	não mensurável (grosseiro e rugoso)		
t(lento)/t(rápido)	17,83	16,41	119,00			

Pode ver-se através destes resultados que, quando se usa a folga MDE anormalmente grande, há para a liga de zinco uma melhoria de aproximadamente oito vezes na remoção do material quando comparada com a liga de alumínio, um material com aproximadamente a mesma dureza. Verificou-se também que se pode obter um efeito de faísca muito mais regular com liga de zinco, quando comparado com o obtido com liga de alumínio.

Na prática, as velocidades efectivas de remoção do material durante as MDE rápida e lenta dependerá também da corrente que pode ser fornecida pela máquina de MDE usada. Além disso, verificou-se também que a velocidade de remoção do material no passo 24 pode ser aproximadamente duplicada, mudando a



polaridade do eléctrodo de grafite de positiva para negativa. O desgaste do eléctrodo é (como se esperava) dramaticamente aumentado neste caso, tipicamente, na ordem de 25 a 35 vezes, dependendo das regulações da máquina usada, o que pode danificar a precisão dimensional do acabamento se for adoptada para maquinagem de acabamento. No entanto, no processo de produção de ferramentas aqui descrito, este maior desgaste do eléctrodo pode ser tolerado, uma vez que o primeiro eléctrodo é usado apenas para maquinagem grosseira do esboço de ferramenta e não é crítico para a qualidade final da ferramenta produzida.

A folga entre o eléctrodo e a peça de obra para MDE grosseira pode, no presente processo, ser de 0,5 mm ou mais (e apenas limitada pela potência da máquina), ao passo que a folga para a MDE fina pode ser inferior a 0,5 mm.

Como se mencionou anteriormente, ocorre um faiscamento irregular entre o eléctrodo e a peça de obra quando se maquina liga de alumínio e verificou-se que esta irregularidade aumenta dramaticamente com o aumento da velocidade do processo, isto é, o aumento da folga MDE. Como resultado deste faiscamento irregular, a menos que a maquinagem grosseira seja cuidadosamente controlada, é possível obter-se uma rugosidade de superfície que não é recuperável pelo processo de acabamento por MDE. Assim, verificou-se ser particularmente vantajoso o uso de liga de zinco, visto que permite a maximização da MDE rápida, com folga MDE anormalmente grande minimizando portanto a maquinagem de acabamento relativamente lenta e reduzindo os custos totais de produção.

No projecto de veículos automóveis, por exemplo, usa-se a moldação por injeção para produzir muitas das peças exteriores da carroçaria e painéis de guarnição interiores. Tendo em vista a interacção entre muitas destas peças assim como a dimensão e complexidade dos desenhos, estas são testadas até se atingir o fim em vista. Isto é conseguido produzindo peças experimentais e usando ferramentas para moldação por injeção experimentais. Como o número requerido de peças experimentais é relativamente

pequeno, as ferramentas experimentais são feitas geralmente de uma liga relativamente macia, como ligas de alumínio. Uma vez que as peças experimentais tenham provado, tanto estética como funcionalmente, faz-se uma ferramenta de produção com a forma final desejada num material mais durável, tal como aço, tendo em consideração as grandes séries de produção requeridas para as peças.

O produto do passo 26 é uma ferramenta que, depois de um passo de polimento opcional, pode ser usada na produção experimental das peças moldadas por injeção, isto é, uma ferramenta experimental, como se descreveu anteriormente. Em seguida a este ensaio, pode-se fazer uma ferramenta de produção de aço (ou um outro material adequado dependendo da utilização da ferramenta, incluindo liga de alumínio ou liga de zinco) pelo seguinte processo.

No passo 30, a areia de moldação é compactada contra a superfície revestida do modelo de fundição (do passo 18) dentro de uma caixa, de maneira a formar um corpo de moldação. No passo 32 o modelo é retirado do corpo de moldação. No passo 34 funde-se um outro esboço de ferramenta, de preferência de aço, usando o corpo de moldação do passo 32, que pode no final ser usado como ferramenta de produção.

No passo 36 é maquinado um terceiro eléctrodo de MDE, de preferência novamente de grafite, usando os mesmos dados de CN (do passo 3) como nos passos 12 e 22 ou derivados destes dados, se houver uma alteração do desenho posterior à produção da ferramenta experimental.

No passo 38 o segundo eléctrodo de MDE (usado no passo 26) é usado para maquinagem rápida do esboço de ferramenta de aço vazado (do passo 34) para produzir uma ferramenta grosseira. Este (segundo) eléctrodo de MDE ficou apenas ligeiramente desgastado durante a MDE que produziu a ferramenta experimental, visto que a MDE foi lenta e o tempo do processamento relativamente curto. Por conseguinte, a reutilização do segundo



eléctrodo de MDE para MDE rápida na produção de ferramentas é exequível e económica.

No passo 40 o terceiro eléctrodo de MDE (do passo 36) é usado para maquinagem final lenta da ferramenta grosseira para as dimensões desejadas, produzindo-se assim a ferramenta de produção.

Deve considerar-se que cada passo individual descrito acima pode ser substituído por um passo diferente com um efeito semelhante e que cada série de dois ou mais passos proporciona a sua própria vantagem (em combinação) que pode ser independente dos passos precedentes e seguintes. Em particular, obtêm-se vantagens pelas seguintes características, individual e independentemente:

o uso de uma folga de eléctrodo excepcionalmente grande para MDE rápida e uma folga de eléctrodo mais pequena para MDE lenta ou de acabamento;

o uso de polaridade inversa para aumentar adicionalmente a remoção do material por MDE rápida;

o uso de dois eléctrodos distintos da mesma forma ou semelhantes para MDE rápida e lenta;

o uso da mesma máquina de MDE com o mesmo fluido dieléctrico (óleo) para MDE rápida e lenta;

o uso do segundo eléctrodo (usado na produção de uma primeira ferramenta) como o primeiro eléctrodo na produção subsequente de uma segunda ferramenta;

o uso de apenas três eléctrodos na produção de uma ferramenta experimental e de uma ferramenta de produção;

submeter-se uma fundição de precisão a um acabamento por MDE;



o uso de um corpo de espuma maquinado reutilizável como um modelo de fundição (isto é, o uso do mesmo modelo de fundição na produção de uma ferramenta experimental e de uma ferramenta de produção) seguido por MDE;

o uso de um esboço de ferramenta feita, de preferência por fundição, de liga de zinco num processo MDE de duas fases.

No processo especificamente descrito acima, o uso de um determinado número de operações de maquinagem de CN e fundição permite que o desenvolvimento do trabalho tolere alterações do desenho da peça. O uso de maquinagem de CN, como descrito, reduz também a mão-de-obra necessária e aumenta o grau de utilização da máquina de CN. Além disso, o uso de MDE melhora a qualidade superficial e a precisão dimensional.

Apreciar-se-á, em particular, que no fabrico de ferramentas experimentais e de produção, como as usadas geralmente na indústria automóvel, podem ser facilmente conciliadas as pequenas alterações de desenho entre a produção de qualquer dos dois eléctrodos a utilizar no processo global. Isto é considerado particularmente vantajoso no desenho e fabrico de peças de guarnição e de carroçaria de veículos automóveis, visto que proporciona a máxima flexibilidade no processo global de desenho/fabrico, com custos mínimos. Se for necessária uma alteração de desenho, os dados de CN, assim produzidos, podem ser imediatamente usados para modificar o modelo mestre ou de fundição e nos eléctrodos usados no processo MDE. Esta flexibilidade pode ser implementada em qualquer fase do processo de produção de ferramentas, por exemplo quer entre os dois eléctrodos usados para produzir a primeira ferramenta ou ferramenta experimental ou entre as ferramentas experimental e de produção.

O uso da maquinagem de CN para produzir o modelo de fundição pode também ser usado para testar a precisão dos dados de CN a usar para a produção de eléctrodos, antes da maquinagem efectiva dos materiais de eléctrodo, relativamente dispendiosos,



tais como a grafite. Pode ser assim, produzido um eléctrodo usando os dados de CN ou seus derivados.

Além disso, embora a descrição atrás se refira a um determinado número de eléctrodos, deve ter-se em conta que todos os eléctrodos, dependendo da forma desejada da ferramenta, podem ser fabricados a partir de um bloco comum de grafite, reduzindo, ainda mais, os custos de produção das ferramentas. Os eléctrodos usados incluem uma parte conformada de acordo com a forma da peça desejada, que se prolonga de uma parte do corpo que, com efeito, serve apenas para suportar a parte conformada que é eficaz no processo MDE. Portanto, seleccionando-se um bloco de grafite de dimensões adequadas, o primeiro eléctrodo, por exemplo, quando desgastado pela maquinagem relativamente grosseira da primeira ferramenta, pode ser remaquinado, usando quer os dados de CN originais quer modificados, para proporcionar o perfil original ou modificado (incorporando possíveis alterações de desenho) que pode actuar como qualquer um ou todos os eléctrodos subsequentes. Embora o tempo de produção, total, possa ser ligeiramente aumentado, a quantidade de grafite usada é mantida ao mínimo.

Na formação de uma peça por moldação por injeção, usa-se uma ferramenta de cavidade fêmea em conjunto com uma ferramenta de núcleo macho para definir a cavidade de moldação. A ferramenta de cavidade fêmea define a superfície principal da peça, superfície que fica exposta em uso; a ferramenta de cavidade fêmea define uma superfície de moldação geralmente côncava. Uma vez que a ferramenta de núcleo macho apenas define a superfície secundária na peça moldada por injeção, pode ser maquinada por CN convencional, não sendo necessário acabá-la, excepto em torno da face de saída.

Embora se tenha descrito em particular um processo de MDE de duas fases, deve considerar-se que se pode usar também um número superior de passos de MDE. Por exemplo, podem ser usados dois ou mais eléctrodos em sequência, quer na maquinagem grosseira quer na maquinagem fina do material fundido.

74581

LRC/579P64569

-14-

Lisboa, 11. DEZ 1992

Por NISSAN EUROPEAN TECHNOLOGY CENTRE LIMITED

=O AGENTE OFICIAL=

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'C' followed by several loops and a long horizontal stroke extending to the right.





## REIVINDICAÇÕES

1 - Processo de produção de ferramenta de formação, tendo uma superfície operativa com uma forma determinada, caracterizado por compreender os seguintes passos sequenciais:

a) submeter um esboço de ferramenta a uma operação de maquinagem por descarga eléctrica (MDE), utilizando um primeiro eléctrodo, tendo uma superfície operativa, cuja forma é complementar da referida primeira forma predeterminada, e que está espaçado do esboço de ferramenta por uma primeira folga MDE, estabelecida de modo a ser efectuada uma operação de maquinagem por descarga eléctrica do esboço de ferramenta, relativamente rápida, produzindo assim uma ferramenta, tendo uma superfície grosseira, cuja forma se aproxima muito da referida forma predeterminada; e

b) submeter a referida ferramenta a uma operação de maquinagem por descarga eléctrica, utilizando um segundo eléctrodo, tendo uma superfície operativa complementar da referida forma predeterminada, e que está espaçado da referida ferramenta por uma segunda folga MDE, sendo a segunda folga menor do que a primeira folga e sendo estabelecida de modo a ser efectuada uma operação de maquinagem por descarga eléctrica, comparativamente mais lenta, da referida ferramenta, produzindo assim, a partir da superfície grosseira, uma superfície operativa, cuja forma é complementar da forma do segundo eléctrodo.

2 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a primeira folga MDE ser, pelo menos, 0,5 mm e a segunda folga ser inferior a 0,5 mm.

3 - Processo de acordo com as reivindicações 1 ou 2, caracterizado por o primeiro eléctrodo ter polaridade negativa no passo (a) e o segundo eléctrodo ter polaridade positiva no passo (b).

4 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o esboço de ferramenta ser feito em liga de zinco.



5 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o esboço de ferramenta compreender uma peça vazada tendo uma superfície, cuja forma se aproxima da referida forma predeterminada.

6 - Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o esboço de ferramenta ser produzido por um processo que compreende a execução de um modelo de fundição por maquinagem de um corpo, feito de espuma rígida, de modo a obter-se uma superfície maquinada, cuja forma é próxima da forma da referida superfície predeterminada, a formação de um corpo de molde contra o modelo de fundição, e a utilização do corpo de molde para vaziar o esboço de ferramenta.

7 - Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por incluir a aplicação, à superfície maquinada, de um material fluido, por exemplo gesso de Paris, tinta ou uma resina, que solidifica para formar uma cobertura sólida, que bloqueia os poros da superfície maquinada.

8 - Processo de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado por o corpo do modelo de fundição ser produzido por maquinagem controlada numericamente (CN), utilizando dados de controlo numérico (CN) predeterminados derivados da referida forma predeterminada.

9 - Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por pelo menos um dos eléctrodos ser produzido por maquinagem controlada numericamente (CN), utilizando os referidos dados de controlo numérico (CN) predeterminados ou dados derivados dos mesmos.

10 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por compreender ainda os passos subsequentes de:

c) submeter um outro esboço de ferramenta a uma operação de maquinagem por descarga eléctrica, utilizando o segundo eléctrodo, que está espaçado do outro esboço de ferramenta por



uma folga MDE, estabelecida de modo a ser efectuada uma maquina-gem por descarga eléctrica, comparativamente rápida, do outro esboço de ferramenta, produzindo assim uma outra ferramenta, tendo uma superfície grosseira, cuja forma se aproxima muito da referida forma predeterminada; e

d) submeter a referida outra ferramenta a uma operação de maquina-gem por descarga eléctrica, utilizando um terceiro eléctrodo, tendo uma superfície operativa complementar da forma predeterminada que fique espaçado da referida ferramenta adicional de uma folga escolhida de modo a efectuar-se uma operação de maquina-gem por descarga eléctrica comparativamente lenta da referida ferramenta adicional, produzindo-se assim, a partir da superfície grosseira, uma superfície operativa, com a referida forma predeterminada, que é complementar da do terceiro eléctrodo.

11 - Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por o outro esboço de ferramenta ser feito em aço, ou em liga de zinco, ou em liga de alumínio.

12 - Processo de acordo com as reivindicações 10 ou 11, caracterizado por a referida primeira ferramenta ser uma ferramenta experimental e a outra ferramenta ser a ferramenta de produção.

13 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações 10 a 12, quanto dependentes da reivindicação 6, caracterizado por o outro esboço de ferramenta ser produzido por vazamento, utilizando o referido modelo de fundição.

14 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações 10 a 13, enquanto dependentes da reivindicação 9, caracterizado por o terceiro eléctrodo ser produzido por maquina-gem controlada numericamente (CN), utilizando os dados de controlo numérico (CN) predeterminados ou dados derivados dos mesmos.

15 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações 10 a 14, caracterizado por a folga MDE no passo (c) ser, pelo

menos, 0,5 mm e a folga MDE do passo (d) ser inferior a 0,5 mm.

16 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações 10 a 15, caracterizado por o segundo eléctrodo ter polaridade negativa no passo (c) e o terceiro eléctrodo ter polaridade positiva no passo (d).

17 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por, pelo menos, um dos eléctrodos ser de grafite.

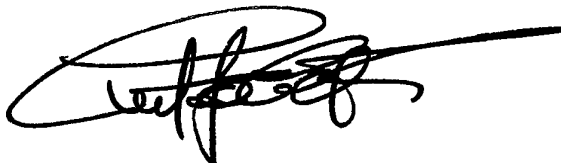
18 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o eléctrodo destinado a proporcionar maquinagem por descarga eléctrica, comparativamente lenta, ter tamanho e forma comuns aos do eléctrodo utilizado para proporcionar a maquinagem por descarga eléctrica, comparativamente rápida.

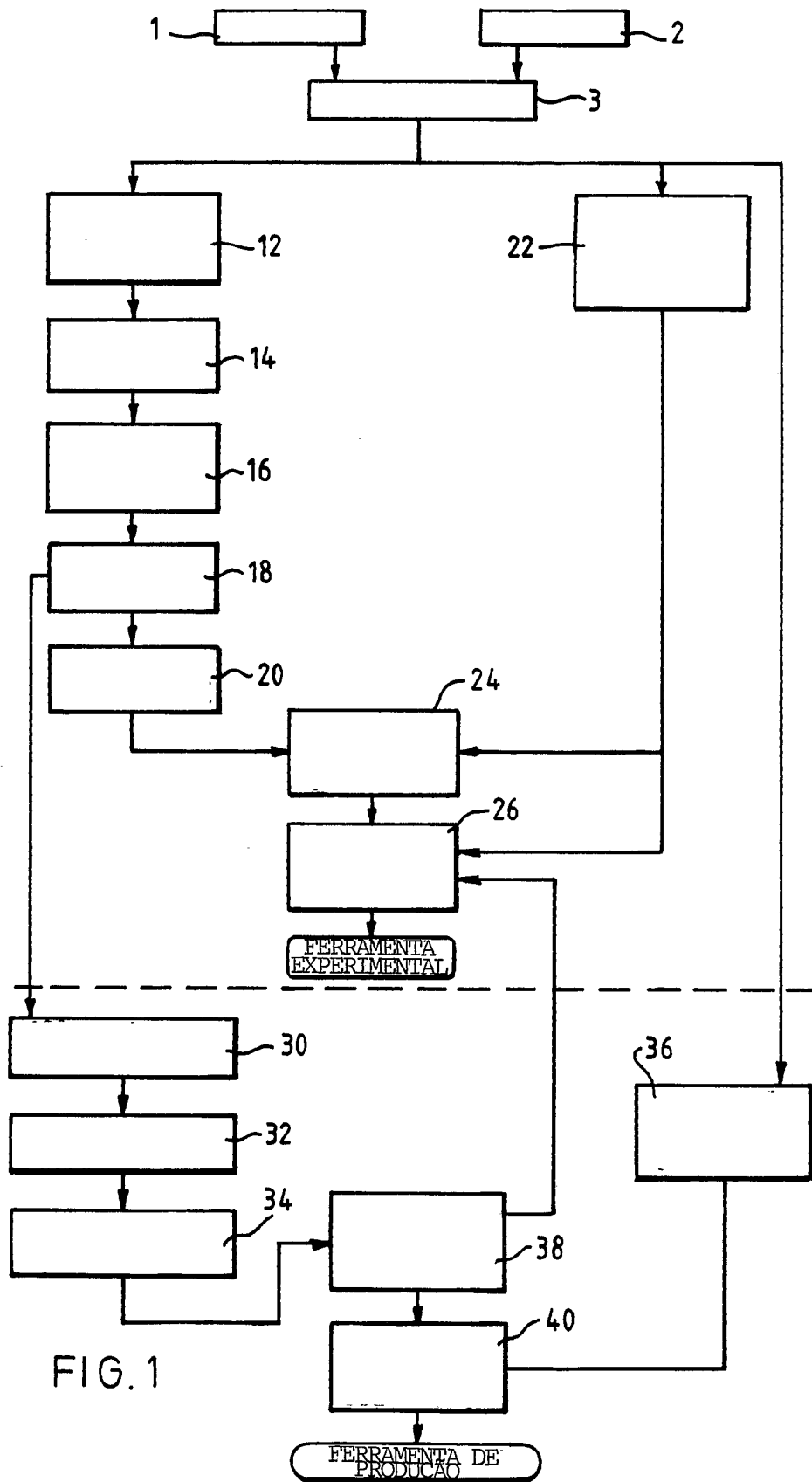
19 - Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o eléctrodo destinado a proporcionar a maquinagem por descarga eléctrica comparativamente lenta, ser produzido a partir de dados, que são modificados a partir dos dados utilizados para produzir o eléctrodo destinado a proporcionar uma maquinagem por descarga eléctrica, comparativamente rápida.

Lisboa, 11. 11. 1992

Por NISSAN EUROPEAN TECHNOLOGY CENTRE LIMITED

=O AGENTE OFICIAL=





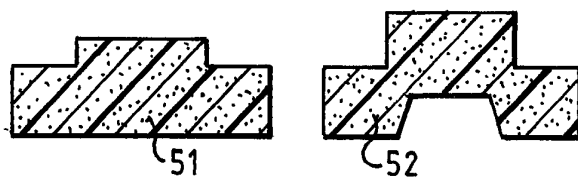


FIG. 2

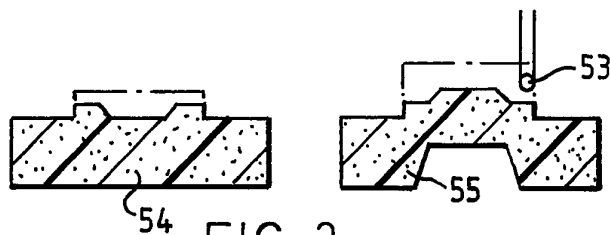


FIG. 3

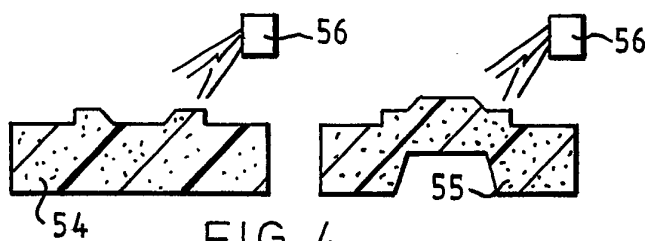


FIG. 4

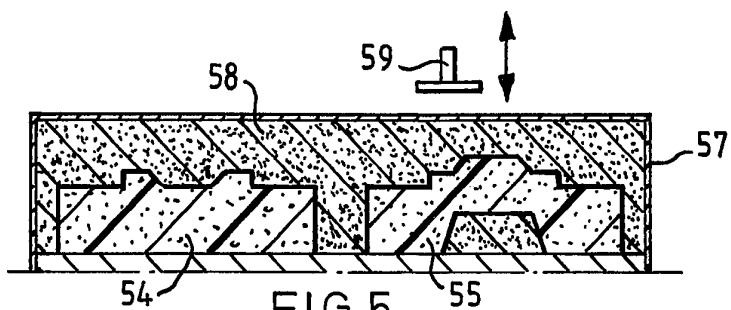


FIG. 5

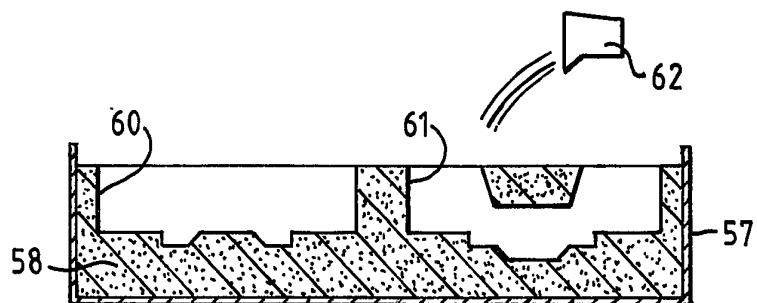


FIG. 6

*[Handwritten signature]*

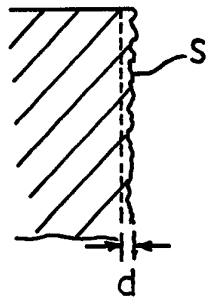


FIG. 7a

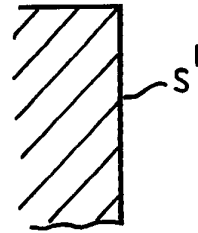


FIG. 7b

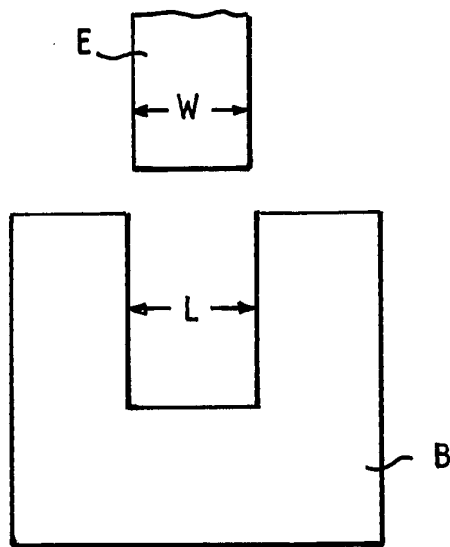


FIG. 8