República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014027831-8 B1

(22) Data do Depósito: 07/05/2013

(45) Data de Concessão: 29/10/2019

(54) Título: FERRAMENTA DE FABRICAÇÃO DE UM MACHO DE FUNDIÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DE UM CIRCUITO DE RESFRIAMENTO DE UMA PÁ DE TURBOMÁQUINA, E, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM MACHO DE FUNDIÇÃO POR MEIO DA FERRAMENTA

(51) Int.Cl.: B22C 9/10; F01D 5/20.

(30) Prioridade Unionista: 05/09/2012 FR 1258282; 11/05/2012 FR 1254350.

(73) Titular(es): SNECMA.

(72) Inventor(es): FRANCK EDMOND MAURICE TRUELLE; CHRISTIAN BARIAUD; PHILIPPE BOUTHEMY; PATRICK POURFILET; JEAN-LOUIS MARTIAL VERGER; ALAIN GRANDIN; DANIEL QUACH.

(86) Pedido PCT: PCT FR2013051028 de 07/05/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/167847 de 14/11/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 07/11/2014

(57) Resumo: 1/1 RESUMO FERRAMENTA DE FABRICAÇÃO DE UM NÚCLEO DE FUNDIÇÃO PARA UMA PÁ DE TURBOMÁQUINA Trata-se de ferramenta de fabricação de um núcleo de fundição para uma lâmina de turbomáquina. Ferramenta de fabricação de um núcleo de fundição para a realização de um circuito de resfriamento de uma lâmina de turbomáquina que compreende um molde (40) de injeção de uma pasta e que comporta impressões (42, 44) de uma primeira parte e de pelo menos outra parte do núcleo, e meios (50, 54) de suporte e/ou de encaixe de partes de extremidade de pelo menos uma haste de cerâmica que liga as partes precitadas do núcleo e que atravessa a impressão da primeira parte do núcleo caracterizada pelo fato de que compreende, na impressão da primeira parte do núcleo, meios (58) de sustentação de uma parte mediana da haste.

“FERRAMENTA DE FABRICAÇÃO DE UM MACHO DE FUNDIÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DE UM CIRCUITO DE RESFRIAMENTO DE UMA PÁ DE TURBOMÁQUINA, E, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM MACHO DE FUNDIÇÃO POR MEIO DA FERRAMENTA”

[0001] A presente invenção refere-se a uma ferramenta de fabricação de um macho (“core”, em inglês) de fundição para a realização de um circuito de resfriamento de uma pá de turbomáquina.

[0002] Uma pá de turbomáquina e, em particular, de uma roda de uma turbina de turbomáquina, comporta um circuito de resfriamento que é alimentado com ar por orifícios formados no pé da pá, em que esses orifícios desembocam em cavidades internas da pá que se comunicam com uma banheira do pico da lâmina da pá. Essa banheira é formada por um recesso do pico da pá que é separado das cavidades internas da pá por uma parede de fundo de banheira e que está em comunicação fluida com as cavidades internas por orifícios que atravessam essa parede. Em funcionamento, o ar penetra nos orifícios do pé da pá, circula nas cavidades internas da pá e então é expulso, em parte na banheira pelos orifícios precitados e em parte no canal da turbina através de orifícios de saída de ar da lâmina da pá.

[0003] O circuito de resfriamento de uma pá desse tipo compreende notadamente a banheira, as cavidades internas da pá, e os orifícios da parede de fundo de banheira que garantem a comunicação fluida entre a banheira e as cavidades internas.

[0004] Esse circuito de resfriamento tem uma forma complexa e é em geral obtido por meio de um macho de fundição que é inserido em um molde no qual é vertido um metal em fusão para a realização da pá.

[0005] Os documentos nº EP-A1-1661 642, EP-B1-1754 555 e EP-A1-1980 343 descrevem machos desse tipo.

[0006] O macho é, em geral, realizado a partir de uma massa (“paste”, em inglês) que comporta cargas cerâmicas e um ligante à base de polímero, que é injetado em um molde de uma ferramenta e que é em seguida aquecido para solidificar o macho.

[0007] Na técnica atual, o molde da ferramenta compreende impressões de uma primeira parte do macho destinada a formar a banheira da pá, e de uma ou mais outras

partes do macho destinadas a formar uma ou mais cavidades internas, respectivamente, da pá.

[0008] O molde comporta uma parede que separa a primeira parte da impressão da ou das outras partes do macho, sendo essa parede destinada a definir um espaço no macho, entre sua primeira e sua ou suas outras partes. No momento da fabricação da pá, metal em fusão penetra nesse espaço do macho para formar a parede de fundo de banheira precitada da pá.

[0009] Conforme explicado anteriormente, essa parede de fundo de banheira é perfurada por orifícios. Esses orifícios são obtidos com fundição por meio de hastes de cerâmica que são posicionadas no molde, antes da fabricação do macho, e que fazem parte integral do macho após sua fabricação.

[0010] Cada haste de cerâmica liga em geral a primeira parte do macho a uma das outras partes precitadas (EP-B1-1754 555).

[0011] Na técnica atual, o molde de fabricação do macho compreende meios de suporte e/ou de encaixe das partes de extremidade de cada haste. Um desses meios é formado na parede precitada do molde e o outro meio é formado em outra parte do molde, que está oposta à parede precitada em relação à impressão da primeira parte do macho. Cada haste atravessa, então, a impressão da primeira parte do molde.

[0012] O diâmetro dos orifícios da parede de fundo de banheira é notadamente em função do diâmetro das hastes de cerâmica do macho. Para reduzir o diâmetro desses orifícios, é possível reduzir o diâmetro das hastes. Todavia, constatou-se que as hastes de diâmetro pequeno (por exemplo, da ordem de 0,6 mm) são relativamente frágeis e quebram frequentemente no momento da injeção da massa no molde, o que leva à rejeição do macho.

[0013] A presente invenção tem notadamente como objetivo apresentar uma solução simples, eficaz e econômica a esse problema.

[0014] A mesma propõe para esse fim uma ferramenta de fabricação de um macho de fundição, para a realização de um circuito de resfriamento de uma pá de turbomáquina, em que o macho comporta uma primeira parte destinada a definir uma banheira da pá e pelo menos outra parte destinada a definir uma cavidade interna da

pá, e pelo menos uma haste que se estende entre a primeira parte e a outra parte ou cada outra parte e que é destinada a definir um meio de passagem de fluido entre a banheira e a cavidade interna correspondente da pá, em que a ferramenta compreende um molde de injeção de uma massa que comporta impressões da primeira parte e da outra parte ou de cada outra parte do macho, e meios de suporte e/ou de encaixe das partes de extremidade da haste ou de cada haste, em que um desses meios é formado em uma parede do molde que separa a impressão da primeira parte do macho da impressão da parte ou de cada outra parte do macho, caracterizada pelo fato de que compreende, na impressão da primeira parte do macho, meios de sustentação de uma parte sensivelmente mediana da haste ou de cada haste.

[0015] De acordo com a invenção, a parte mediana da haste ou de cada haste que é a parte da haste mais solicitada em deformação no momento da injeção da massa no molde é sustentada por meios que mantêm em posição a haste ou cada haste para evitar que a mesma se deforme e quebre sob o efeito de esforços aplicados no momento da injeção da massa. A invenção permite realizar um macho de fundição para uma pá de turbomáquina, cuja ou cujas hastes têm um diâmetro relativamente pequeno, inferior a 0,8 mm e, por exemplo, de 0,6 mm, aproximadamente.

[0016] Os meios de sustentação de uma haste podem ser independentes de meios de sustentação de outras hastes. Os meios de sustentação das hastes podem ser separados uns dos outros e os meios de sustentação de uma haste podem ser situados à meia distância de meios de suporte e/ou de encaixe dessa haste.

[0017] Os meios de sustentação compreendem, por exemplo, pelo menos um membro em projeção no fundo da impressão da primeira parte do macho, em que esse membro tem, por exemplo, uma forma sensivelmente semi-oval.

[0018] O membro ou cada membro pode compreender em seu pico um entalhe no qual a parte mediana de uma haste é destinada a ser engatada.

[0019] O entalhe pode ter uma seção sensivelmente em L que compreende, de preferência, duas faces planas e secantes que são destinadas a serem sensivelmente paralelas ao eixo geométrico longitudinal da haste correspondente. A haste é

destinada a ser suportada em cada uma dessas faces por meio de uma linha de suporte que é sensivelmente paralela ao eixo geométrico da haste.

[0020] O entalhe pode ter também uma seção sensivelmente em U ou em C que compreende duas faces laterais planas sensivelmente paralelas entre si e ao eixo geométrico longitudinal da haste correspondente.

[0021] Quando o entalhe tem uma forma sensivelmente em L, constatou-se no momento da injeção da massa na ferramenta que a massa pode exercer uma força lateral na haste que pode então se deslocar e se quebrar. Este é notadamente o caso quando a massa exerce na haste uma força direcionada do lado em que a haste não é completamente sustentada por seu membro de sustentação.

[0022] Assim, o entalhe com seção em U ou em C de cada membro recebe a parte mediana da haste, que é então sustentada de cada lado por esse membro. Quando a massa injetada na ferramenta exerce forças laterais na haste, essa haste é mantida em posição pelo membro e não pode ser deslocada ou fendida. Essa forma particular com seção em U ou em C garante uma manutenção melhor que a forma em L.

[0023] Cada uma das faces laterais do entalhe é ligada a uma face superior do membro por uma borda arredondada convexa para facilitar notadamente a inserção da haste no entalhe.

[0024] A haste é assim destinada a ser suportada nessas faces laterais por meio de uma linha de suporte que é sensivelmente paralela ao eixo geométrico da haste. Alternativamente, a haste pode estar, em posição de montagem, em pequena distância (inferior a 0,1 mm) de uma dessas faces ou dessas duas faces.

[0025] Uma das faces do entalhe pode ser sensivelmente perpendicular a uma direção de injeção da massa no molde, e em particular em sua impressão da primeira parte do macho. No momento da injeção da massa no molde, a haste se sustenta sobre essa face que se opõe ao fluxo de escoamento da massa e garante uma boa manutenção da haste em posição.

[0026] Quando a haste é com seção em U ou em C, as faces laterais podem ser sensivelmente perpendiculares a uma direção de injeção da massa no molde, de maneira que, no momento da injeção da massa no molde, a haste seja sustentada

sobre essas faces que se opõem ao fluxo de escoamento da massa e garantem uma boa manutenção da haste em posição.

[0027] O membro ou cada membro pode ser formado por uma única peça com o molde ou ser transportado e fixado sobre esse molde.

[0028] A ferramenta pode igualmente compreender um contramolde que comporta igualmente meios de sustentação de uma parte mediana da haste ou de cada haste.

[0029] Vantajosamente, a ferramenta de acordo com a invenção compreende um contramolde que comporta meios de imobilização da haste ou de cada haste no entalhe do membro correspondente, em que esses meios de imobilização comportam pelo menos um calço formado em projeção em uma impressão do contramolde e que comporta em seu pico uma patilha de engate na parte superior do entalhe e/ou de suporte sobre a parte da haste alojada nesse entalhe.

[0030] Em posição de montagem do molde e do contramolde, o calço ou cada calço é destinado a se posicionar de frente para o membro correspondente para impedir a haste de deixar o entalhe do membro, em particular quando a massa injetada na ferramenta exerce sobre a haste uma força que tende a desalojar a mesma do entalhe (por exemplo, uma força direcionada de baixo para cima). A haste é então mantida em posição por um membro e um calço que impedem qualquer movimento da haste em um plano perpendicular a seu eixo geométrico longitudinal, e que limita então os riscos de quebra.

[0031] O calço ou cada calço compreende, de preferência, meios de suporte e de posicionamento sobre o pico do membro correspondente.

[0032] O contramolde pode compreender um número de calços inferior ao número de membros do molde, de modo que apenas alguns dos membros do molde sejam associados a calços do contramolde.

[0033] Os meios de sustentação podem compreender pelo menos três ou quatro membros em projeção. O contramolde pode compreender um único calço destinado, em posição de montagem, a cooperar com um membro do molde situado do lado do bordo de fuga do macho a ser realizado.

[0034] A presente invenção se refere igualmente a um método de fabricação de

um macho de fundição por meio da ferramenta, tal como descrito acima, que compreende etapas de injeção de uma massa que comporta cargas cerâmicas na ferramenta, na solidificação e na extração do macho, caracterizado pelo fato de que compreende uma etapa suplementar que consiste, após a extração do macho, em preencher o ou os recessos do macho definidos pelos meios de sustentação da ferramenta, por exemplo, com um material cerâmico.

[0035] O macho realizado por meio da ferramenta de acordo com a invenção apresenta pelo menos um ligeiro reforço ou recesso, em sua primeira parte destinada a definir a banheira da pá, devido à presença de meios de sustentação no molde. De modo simples, esse recesso é preenchido com um material próximo daquele do macho.

[0036] A invenção será mais bem compreendida e outras características, detalhes e vantagens da mesma se tornarão mais claras com a leitura da descrição que segue, feita a título de exemplo não limitante e em referência aos desenhos anexos, nos quais:

- a Figura 1 é uma vista esquemática em perspectiva de uma pá de rotor de uma turbomáquina;

- a Figura 2 é uma vista esquemática em corte de acordo com a linha II-II da Figura 1 e representa um circuito de resfriamento da pá;

- a Figura 3 é uma vista muito esquemática de um macho de fundição para a realização de uma pá de turbomáquina;

- as Figuras 4 e 5 são vistas esquemáticas parcial e em perspectiva da ferramenta de acordo com a invenção de fabricação por moldagem de um macho de fundição, em que essa ferramenta que porta uma haste de cerâmica do macho; e

- a Figura 6 é uma vista esquemática parcial e em perspectiva de outra ferramenta de acordo com a invenção de fabricação por moldagem de um macho de fundição, em que essa ferramenta porta quatro hastes de cerâmica do macho;

- a Figura 7 é uma vista similar àquela da Figura 5 e que representa uma ferramenta de acordo com a invenção de fabricação por moldagem de um macho de fundição;

- a Figura 8 é uma vista muito esquemática em perspectiva de membros de sustentação das hastes em uma ferramenta de acordo com a invenção, e compreende igualmente uma vista esquemática em corte transversal do macho a ser formado nessa ferramenta;

- a Figura 9 é uma vista em maior escala de uma parte da Figura 8 e mostra igualmente um calço de um contramolde da ferramenta; e

- a Figura 10 é uma vista em corte de acordo com a linha X-X da Figura 9.

[0037] Refere-se a princípio à Figura 1, que representa uma pá de rotor 10 de um compressor ou de uma turbina de turbomáquina, em que essa pá de rotor compreende uma lâmina 12 ligada por uma plataforma 14 a um pé 16.

[0038] A pá 10 compreende um circuito interno de resfriamento que é parcialmente visível na Figura 2, sendo esse circuito alimentado com ar por orifícios 18 do pé da pá 16. Esses orifícios desembocam em cavidades internas 20 da pá nas quais circula o ar de resfriamento da pá. Esse ar é em seguida expulso por orifícios 22 do bordo de fuga da lâmina 12 e por orifícios 24 do pico da lâmina.

[0039] Os orifícios 24 do pico de lâmina desembocam em uma banheira 26 que é formada por um reforço no pico da lâmina 12 e que é separada das cavidades internas 20 por uma parede 28 de fundo de banheira, na qual são formados os orifícios 24 precitados.

[0040] O circuito de resfriamento da pá 10 é obtido com fundição por meio de um macho que é montado no molde carapaça de cerâmica no qual é vertido uma liga metálica em fusão. Após a solidificação e extração da pá, o macho é suprimido, por exemplo, por ataque químico.

[0041] A Figura 3 representa de maneira muito esquemática um macho 30 desse tipo, em que esse macho 30 comporta uma primeira parte 32 destinada a formar a banheira 26 da pá, outras partes 34 destinadas, respectivamente, a formar as cavidades internas 20 da pá, e hastes de cerâmica 36 que ligam, cada uma, a primeira parte 32 a uma das outras partes 34.

[0042] A primeira parte 32 do macho 30 tem uma forma e dimensões complementares àquelas da banheira 26 a ser formada, e as outras partes 34 têm

igualmente uma forma e dimensões complementares àquelas das cavidades 20 a serem formadas.

[0043] As hastes de cerâmica 36 garantem duas funções, a ligação mecânica entre as diferentes partes do macho 30 e a manutenção dessas partes em posições predeterminadas e com espaçamentos predeterminados. Conforme é visível na Figura 3, a primeira parte 32 do macho é separada das outras partes 34 por um espaço 38 cuja espessura depende do comprimento das partes de hastes 36 que se estendem entre a primeira parte e as outras partes do macho.

[0044] No momento do vertimento da liga em fusão no molde carapaça de cerâmica, uma parte dessa liga é destinada a penetrar no espaço 38 do macho 30 para formar a parede 28 de fundo de banheira, cuja espessura é imposta pela espessura do espaço 38.

[0045] As hastes de cerâmica 36 do macho 30 são destinadas a formar os orifícios 24 da parede 28, que garantem a comunicação fluida entre a banheira 26 e as cavidades internas 20 da pá. O diâmetro desses orifícios 24 é notadamente em função do diâmetro das hastes de cerâmica 36 do macho 30.

[0046] Essas hastes de cerâmica 36 são montadas no molde da ferramenta de fabricação do macho, antes da injeção da massa nesse molde. Na técnica anterior, o molde compreende uma primeira impressão da primeira parte 32 e uma segunda impressão das outras partes 34 do macho 30, em que essas impressões são separadas uma da outra por uma parede que é destinada a formar o espaço 38 precitado do macho.

[0047] As hastes de cerâmica 36 são montadas no molde, de modo que atravessem integralmente a primeira impressão, em que uma parte de extremidade de cada haste é encaixada em um recesso do molde e a parte de extremidade oposta da haste que se estende na segunda impressão do molde e é sustentada sobre a parede precitada do molde.

[0048] Conforme explicado anteriormente, constatou-se que as hastes de cerâmica 36, em particular aquelas de diâmetro pequeno (por exemplo, da ordem de 0,6 mm), têm tendência a se quebrar no momento da injeção da massa no molde, o

que desencadeia a rejeição do macho.

[0049] A presente invenção propõe uma solução a esse problema graças a meios de sustentação de partes medianas de hastes de cerâmica montadas no molde da ferramenta.

[0050] As Figuras 4 e 5 representam um modo de realização da ferramenta de acordo com a invenção, em que essa ferramenta comporta um molde 40 que compreende uma primeira impressão 42 da primeira parte 32 do macho 30 e uma segunda impressão 44 de outras partes 34 do macho, sendo essas impressões 42, 44 separadas uma da outra por uma parede 46 que é destinada a formar pelo menos uma parte do espaço 38 precitado do macho.

[0051] Uma única haste de cerâmica 36 é representada nas Figuras 4 e 5, em que essa haste comporta uma parte de extremidade 48 encaixada em um recesso 50 do molde e uma parte de extremidade 52 oposta que se estende na segunda impressão 44 do molde e é sustentada sobre a parede 46 do molde.

[0052] A parede 46 do molde comporta um entalhe 54 com seção em U ou em C sensivelmente complementar àquela de uma parte da haste 36, que é sensivelmente cilíndrica no exemplo representado. O recesso 50 do molde 40 tem igualmente uma forma sensivelmente complementar daquela da haste 36. Isso evita que a massa passe entre a haste 36 e as paredes do entalhe 54 e do recesso 50, no momento de sua injeção no molde 40.

[0053] A ferramenta de acordo com a invenção pode comportar um contramolde, não representado, que comporta igualmente uma primeira impressão da primeira parte 32 do macho 30 e uma segunda impressão das outras partes 34 do macho, sendo essas impressões separadas uma da outra por uma parede que é destinada a formar uma parte do espaço 38 precitado do macho. Essa parede do contramolde tem uma borda livre de forma complementar àquela da borda livre da parede 46 do molde, de modo que essas paredes sejam alinhadas uma com a outra e se encaixem uma na outra na montagem da ferramenta. Conforme é visível na Figura 5, a parede 46 pode comportar meios 56 em projeção destinados a cooperar por ligação de formas com meios complementares da parede do contramolde para garantir um bom

posicionamento das paredes na montagem.

[0054] Conforme é visível nas Figuras 4 e 5, a parte mediana da haste 36 se estende através da primeira impressão 42 do molde 40. De acordo com a invenção, meios de sustentação 58 são previstos nessa impressão 42 para sustentar a parte mediana da haste 36 e a manter em posição a fim de limitar suas deformações no momento da injeção da massa no molde.

[0055] No exemplo representado, os meios de sustentação da haste compreendem um membro 58 em projeção sobre o fundo da primeira impressão 42 do molde, sendo esse membro situado sensivelmente à meia distância do recesso 50 e do entalhe 54 do molde.

[0056] Esse membro 58 pode ser transportado e fixado sobre o molde 40, como é o caso no exemplo representado, ou então ser formado por uma única peça com o molde. O mesmo pode ser realizado com o mesmo material que o molde, isto é, em liga metálica.

[0057] O membro 58 tem aqui uma forma semi-oval e apresenta em seu pico um entalhe 60 de montagem da haste 36. Conforme é visível na Figura 5, esse entalhe tem em seção uma forma em L e compreende duas faces 62, 64 planas e secantes que se estendem sensivelmente paralelamente ao eixo geométrico longitudinal da haste 36, quando essa última é montada no molde. Essas faces 62, 64 formam um ângulo da ordem de 90 graus.

[0058] A haste de cerâmica 36 é destinada a ser suportada sobre essas faces 62, 64 por linhas de suporte, sensivelmente paralelas ao eixo geométrico da haste.

[0059] A massa é injetada no molde e é destinada a ser vertida na primeira impressão 42 do molde de acordo com a direção indicada pela seta 66. A face 64 do entalhe 60 é sensivelmente perpendicular a essa direção, o que permite reter eficazmente a haste 36 em posição quando a massa é vertida ao redor da haste, e limitar suas deformações.

[0060] A Figura 6 representa outro modo de realização da invenção, no qual o molde da ferramenta compreende meios 58 de sustentação de quatro hastes de cerâmica 36, sendo esses meios de sustentação similares àqueles descritos

anteriormente e sendo independentes e à distância uns dos outros.

[0061] Após a fabricação, o macho 30 comporta em sua primeira parte 32 tantos recessos quanto meios de sustentação presentes no molde de fabricação desse macho. No caso das Figuras 4 e 5, o macho comportará um recesso e, no caso da Figura 6, o macho comportará quatro recessos. Esses recessos têm formas complementares àquelas de meios de sustentação. A presente invenção propõe um método que compreende uma etapa na qual esses recessos são preenchidos com um material cerâmico de recarga cuja composição é de preferência próxima daquela do material do macho.

[0062] Conforme indicado anteriormente, a massa injetada no molde da Figura 5 pode exercer uma força sobre a haste 36 em uma direção oposta àquela da seta 66. Devido à forma do entalhe 60 do membro 58, a haste não é sustentada pelo membro do lado oposto à face 64 e pode, então, se deslocar ou se quebrar sob o esforço exercido pela massa.

[0063] Os modos de realizações descritos abaixo solucionam esse inconveniente particular graças a um membro de sustentação cujo entalhe de recepção da haste tem em seção uma forma em U ou em C.

[0064] A Figura 7 representa um primeiro modo de realização no qual os elementos já descritos anteriormente são designados pelas mesmas referências.

[0065] O membro 58 difere daquele representado na Figura 5 em que seu entalhe 60' compreende duas faces laterais 64, 65 que são sensivelmente paralelas entre si e ao eixo geométrico longitudinal da haste 36 e cujas extremidades inferiores são ligadas entre si por uma face 62 do fundo do entalhe.

[0066] Em posição de montagem representada na Figura 7, a haste 36 é destinada a ser suportada sobre as faces 62, 64 e 65. Todavia, devido às tolerâncias de fabricação das peças, uma folga de algumas dezenas ou centenas de milímetros pode existir entre a haste e as faces 62, 64 e 65.

[0067] A haste 36 é assim sustentada de cada lado pelo membro 58 e é mantida no lugar mesmo se a massa injetada na ferramenta exercer sobre a haste forças laterais sobre os dois lados da haste (setas 66 e 66').

[0068] As Figuras 8 a 10 representam uma variação de realização da invenção na qual a ferramenta compreende quatro hastes 36, cujas partes medianas são sustentadas por membros que comportam entalhes 60' com seção em U ou em C de alojamento das hastes.

[0069] No exemplo representado, as faces laterais 64, 65 do entalhe 60' de cada membro 58 são ligadas por bordas 70 arredondadas convexas com faces superiores 72 do membro (Figuras 9 e 10). As faces 64, 65 são aqui ligeiramente inclinadas uma em relação à outra, sendo essas faces mais afastadas uma da outra em suas extremidades superiores do que em suas extremidades inferiores.

[0070] O contramolde (não representado) da ferramenta compreende um calço 74 que é formado em projeção em uma impressão do molde e que, em posição de montagem, é destinado a estar voltado para um dos membros 58 do molde 40.

[0071] Esse calço 74 tem uma forma alongada cujo pico comporta uma patilha 76 que é destinada a ser engatada na parte superior do entalhe 60' do membro 58 e a ser sustentada sobre a parte mediana da haste 36.

[0072] Conforme é visível na Figura 10, o pico do calço 74 tem uma forma sensivelmente complementar do pico do membro 58 e é sustentado sobre as faces 72 superiores precitadas desse membro.

[0073] Uma seção 78 do macho a ser formado é esquematicamente representada nas Figuras 8 a 10. O calço 74 do contramolde coopera com um membro 58 do molde que é situado do lado da borda de fuga do macho. O calço 74 impede que a haste 36 sustentada por esse membro 58 se desloque e deixe o entalhe desse membro, visto que se constatou que a massa injetada na ferramenta pode exercer uma força sobre essa haste direcionada de baixo para cima e é suscetível de desalojar a haste do entalhe do membro. A massa injetada na ferramenta não exerce tal força sobre as hastes 36 sustentadas pelos outros membros 58, que não podem então ser associados aos calços 74 do contramolde.

[0074] Conforme é visível nos desenhos, os membros 58 têm, de preferência, perfis externos arredondados, de modo a garantir uma função de desvio e de amortecimento do esforço do fluxo de massa sofrido pelas hastes 36.

REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta de fabricação de um macho (30) de fundição, para a realização de um circuito de resfriamento de uma pá (10) de turbomáquina, em que o macho comporta uma primeira parte (32) destinada a definir uma banheira (26) da pá e pelo menos outra parte (34) destinada a definir uma cavidade interna (20) da pá, e pelo menos uma haste (36) que se estende entre a primeira parte e a outra parte ou cada outra parte e que é destinada a definir um meio (24) de passagem de fluido entre a banheira e a cavidade interna correspondente da pá, em que a ferramenta compreende um molde (40) de injeção de uma massa e comporta impressões (42, 44) da primeira parte e da outra parte ou de cada outra parte do macho, e meios (50, 54) de suporte e/ou de encaixe de partes de extremidade da haste ou de cada haste do macho, sendo que um desses meios é formado em uma parede (46) do molde que separa a impressão da primeira parte do macho da impressão da parte ou de cada outra parte do macho, caracterizada pelo fato de que compreende, na impressão da primeira parte do macho, meios (58) de sustentação de uma parte mediana da haste ou de cada haste.

2. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que os meios (58) de sustentação de uma haste (36) são independentes dos meios de sustentação da outra ou das outras hastes.

3. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que os meios de sustentação compreendem pelo menos um membro (58) em projeção no fundo da impressão (42) da primeira parte (32) do macho (30).

4. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que o membro (58) compreende em seu pico um entalhe (60, 60') no qual a parte mediana de uma haste (36) é destinada a ser engatada.

5. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que o entalhe (60) tem uma seção em forma de L.

6. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de que o entalhe (60) compreende duas faces (62, 64) planas e secantes que são destinadas a serem paralelas ao eixo geométrico longitudinal da haste (36)

correspondente.

7. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que o entalhe (60') tem uma seção em forma de U ou de C.

8. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que o entalhe (60') compreende duas faces laterais (64, 65) planas paralelas entre si e ao eixo geométrico longitudinal da haste (36) correspondente.

9. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que cada uma das faces laterais (64, 65) do entalhe é ligada a uma face superior (72) do membro por uma borda arredondada (70) convexa.

10. Ferramenta, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 9, caracterizada pelo fato de que uma das faces (64, 65) do entalhe (60, 60') é perpendicular a uma direção (66) de injeção da massa no molde (40).

11. Ferramenta, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 6, caracterizada pelo fato de que o membro (58) é formado por uma única peça com o molde (40) ou é aplicado e fixado nesse molde.

12. Ferramenta, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizada pelo fato de que compreende um contramolde que comporta igualmente meios de sustentação de uma parte mediana da haste ou de cada haste (36).

13. Ferramenta, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizada pelo fato de que compreende um contramolde que comporta meios de imobilização da haste ou de cada haste (36) no entalhe do membro correspondente, em que esses meios de imobilização comportam pelo menos um calço (74) formado em projeção em uma impressão do contramolde e que comporta em seu pico uma patilha (76) de engate na parte superior do entalhe e/ou de suporte na parte da haste alojada nesse entalhe.

14. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que o calço ou cada calço (74) compreende meios de suporte e de posicionamento no pico do membro (58) correspondente.

15. Ferramenta, de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizada pelo fato de que o contramolde compreende um número de calços (74) inferior ao

número de membros (58) do molde, de modo que apenas alguns membros do molde sejam associados a calços do contramolde.

16. Ferramenta, de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 15, caracterizada pelo fato de que o contramolde compreende um único calço (74).

17. Ferramenta, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, caracterizada pelo fato de que os meios de sustentação compreendem pelo menos três ou quatro membros (58) em projeção.

18. Ferramenta, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 17 tomadas em conjunto, caracterizada pelo fato de que o membro ou cada membro (58) em projeção tem uma forma oval e/ou perfis externos arredondados aptos a desviar e amortecer o esforço do fluxo de massa sofrido pelas hastes (36).

19. Método de fabricação de um macho (30) de fundição por meio da ferramenta conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 18, compreendendo etapas de injeção de uma massa que comporta cargas cerâmicas na ferramenta, a solidificação e a extração do macho, caracterizado pelo fato de que compreende uma etapa suplementar que consiste, após a extração do macho, em preencher o recesso do macho definido pelos meios de sustentação da ferramenta, por exemplo, com um material cerâmico.

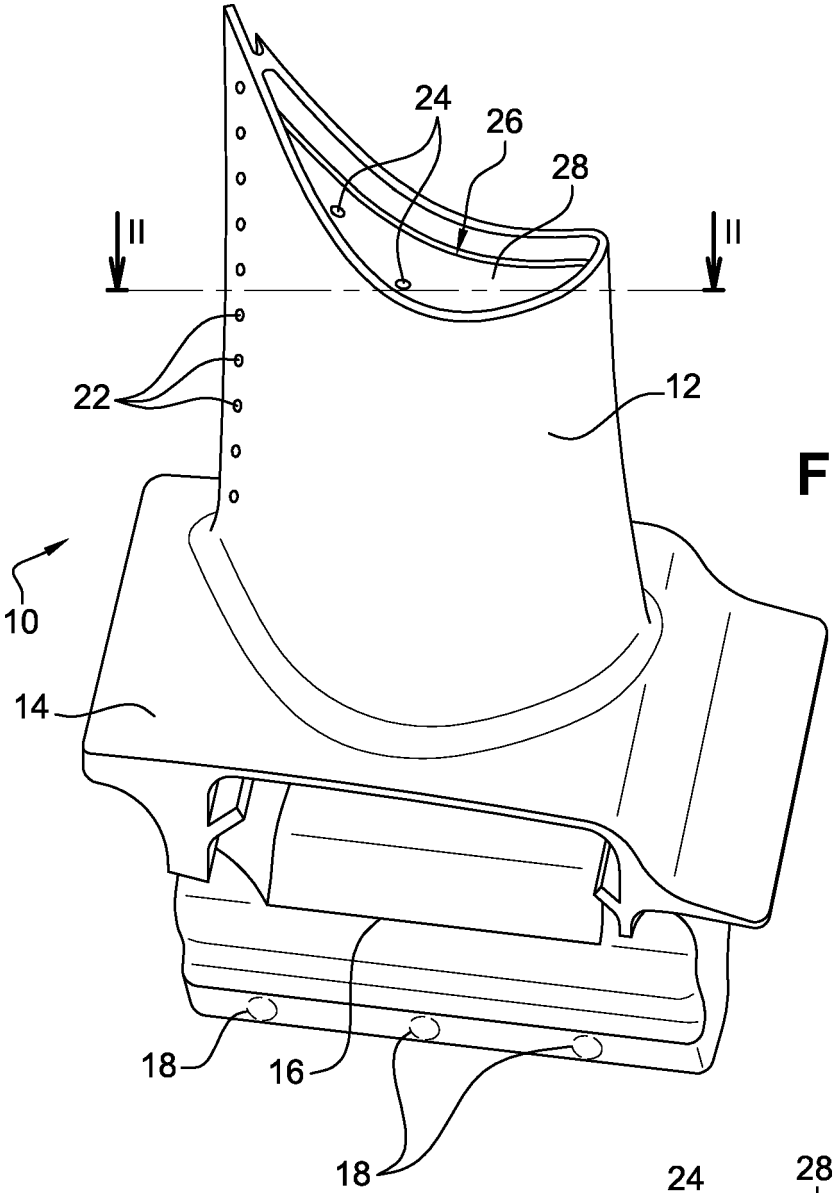


Fig. 1

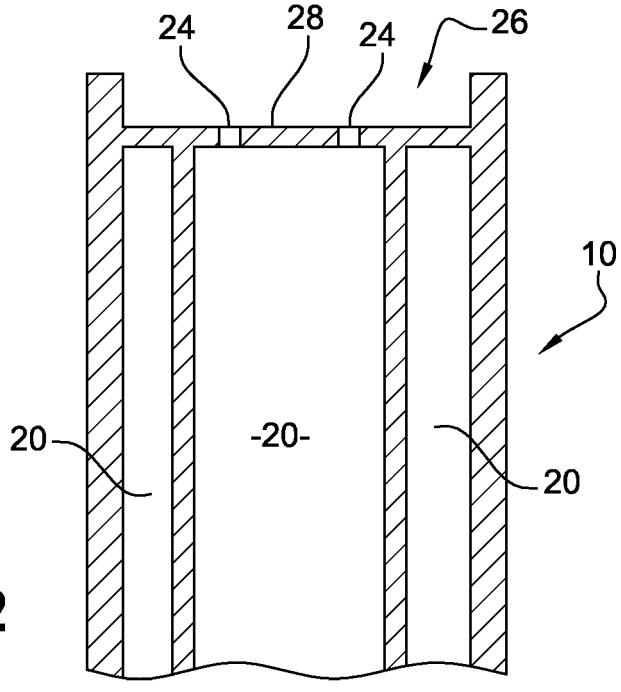


Fig. 2

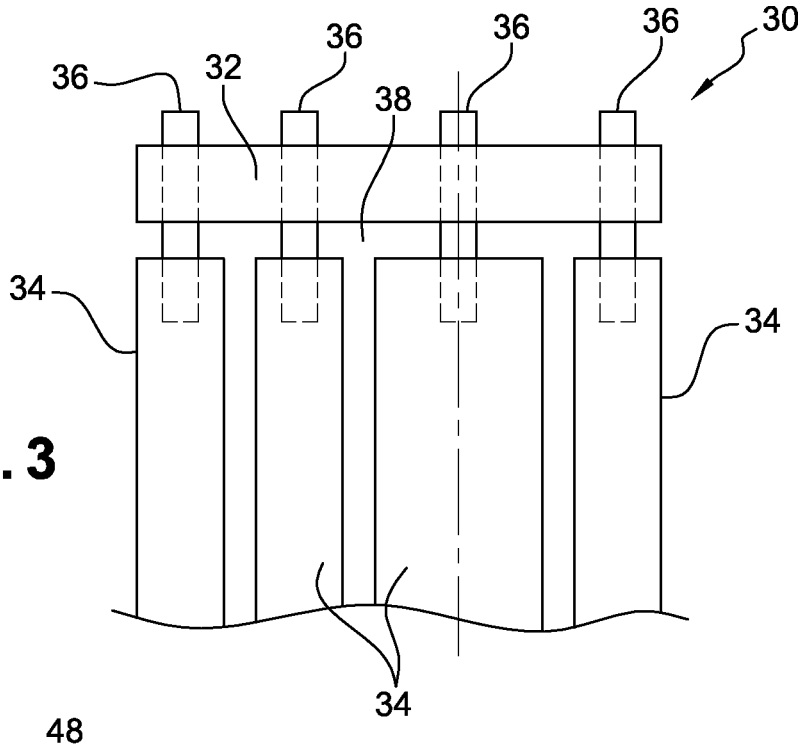


Fig. 3

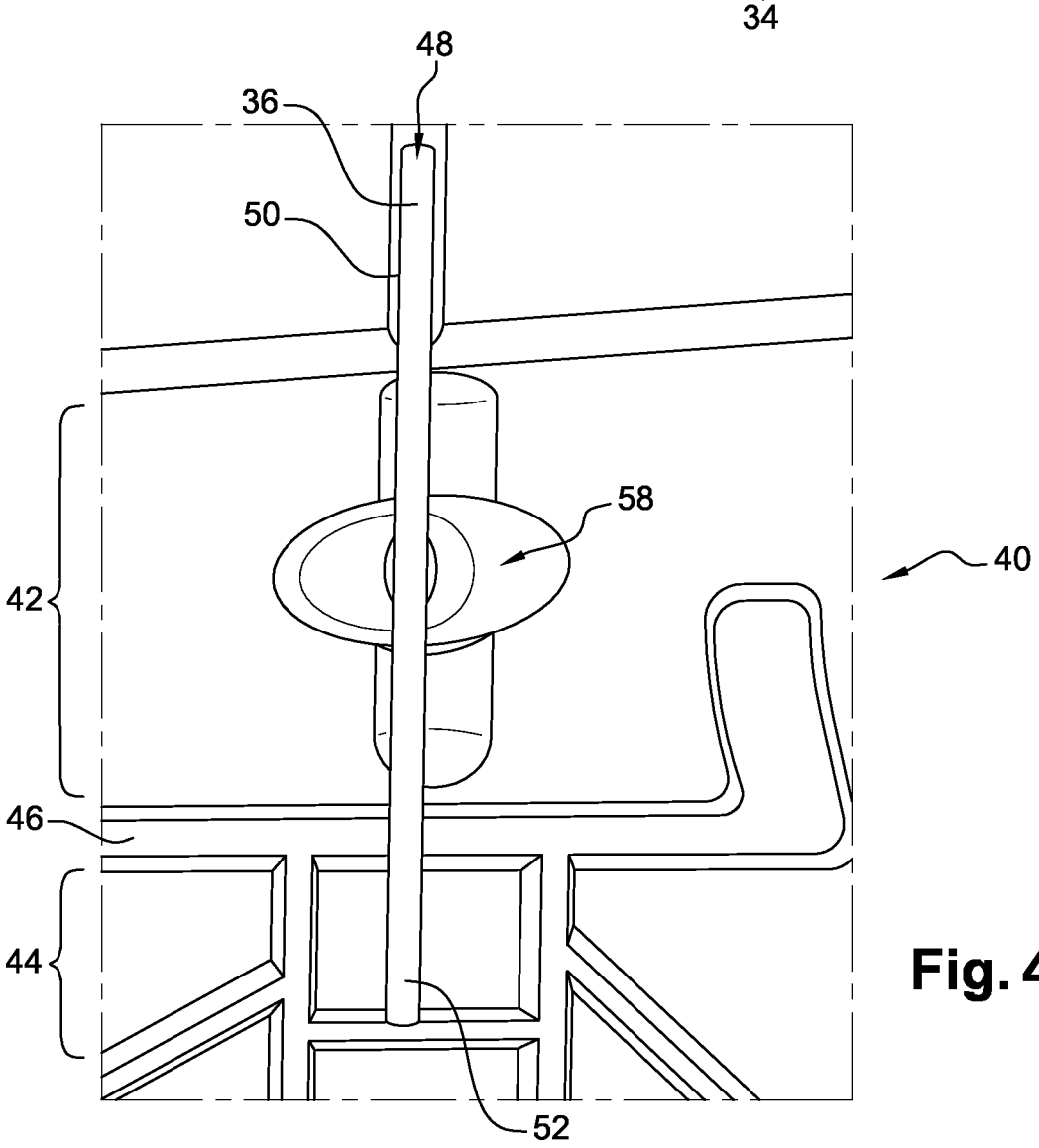


Fig. 4

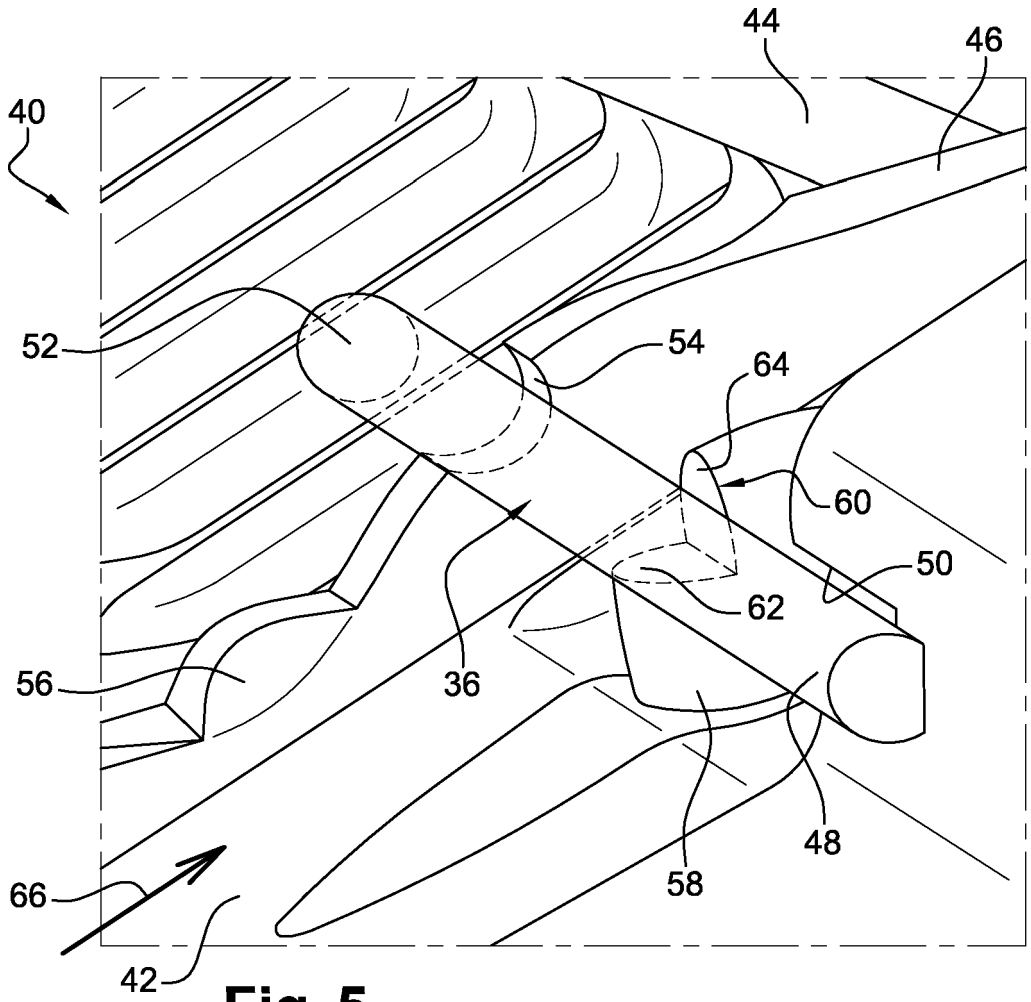


Fig. 5

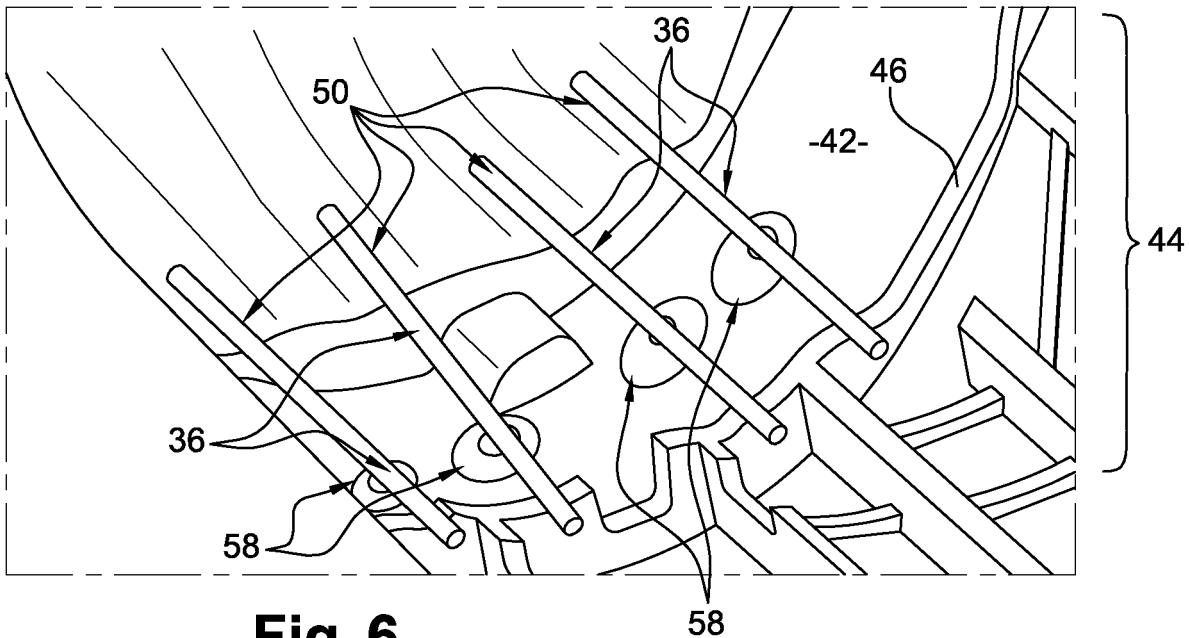


Fig. 6

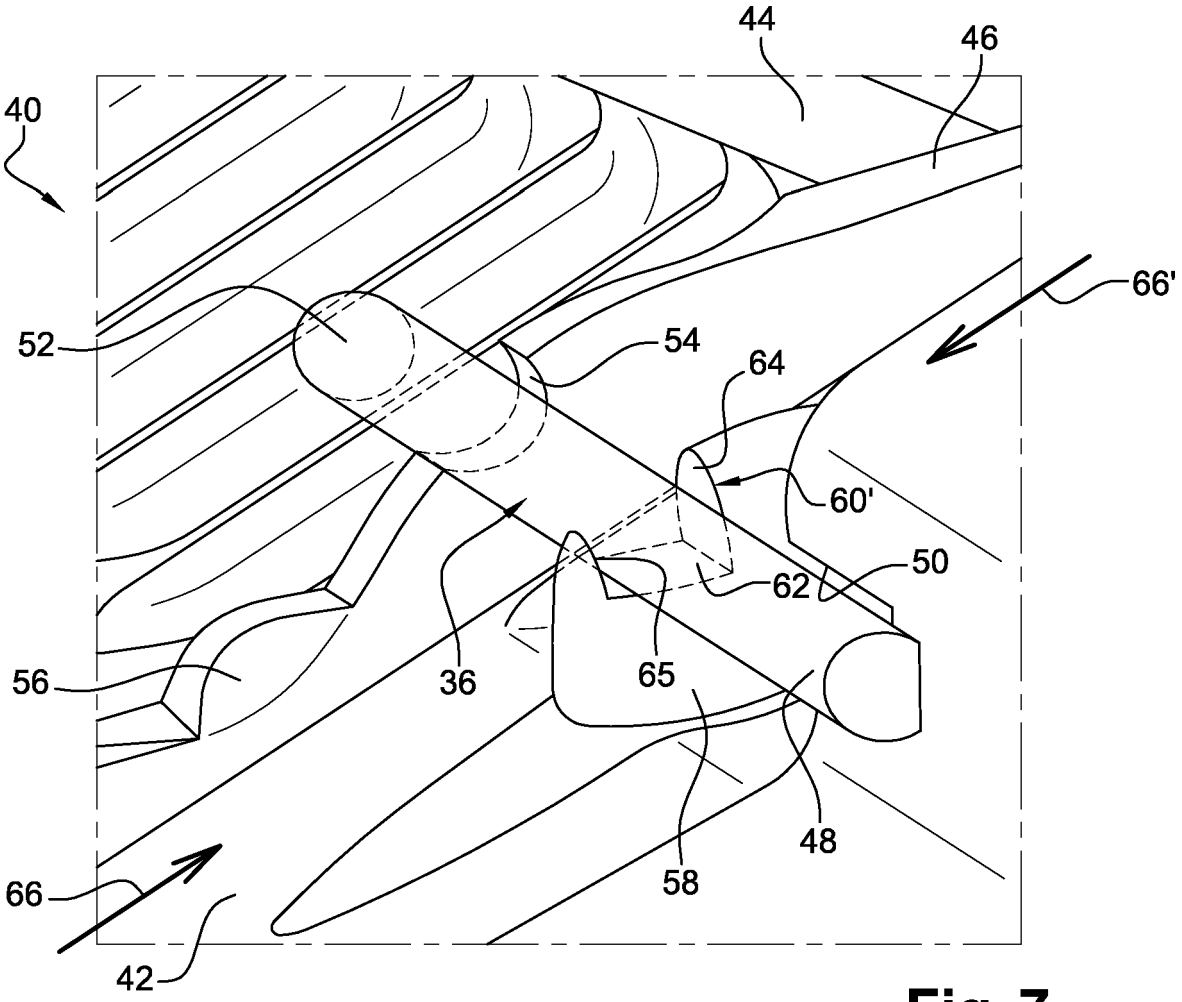

44
46
40
66'
52
54
64
60'
50
62
36
65
56
48
58
66
42

Fig. 7

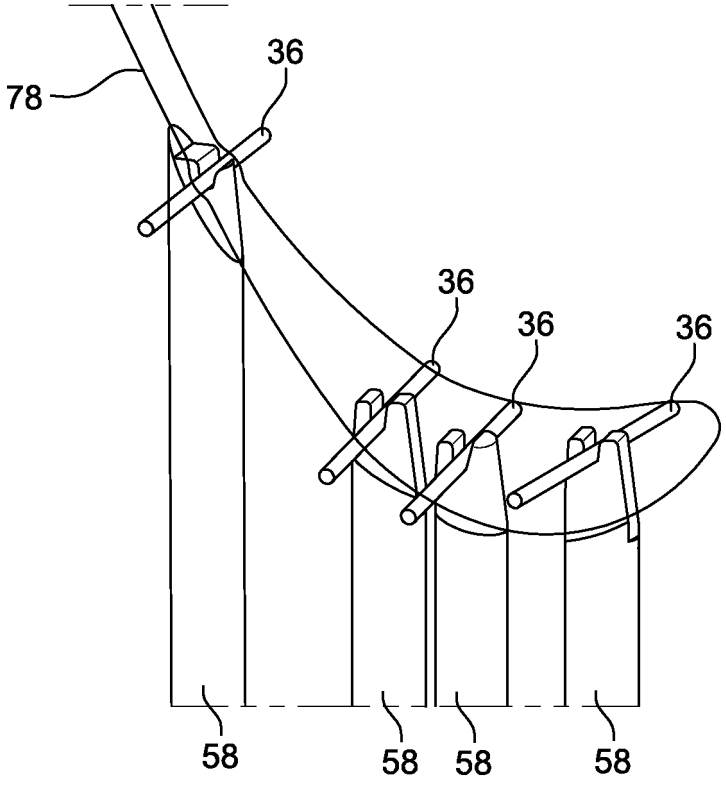

78
36
36
36
36
58
58
58
58

Fig. 8

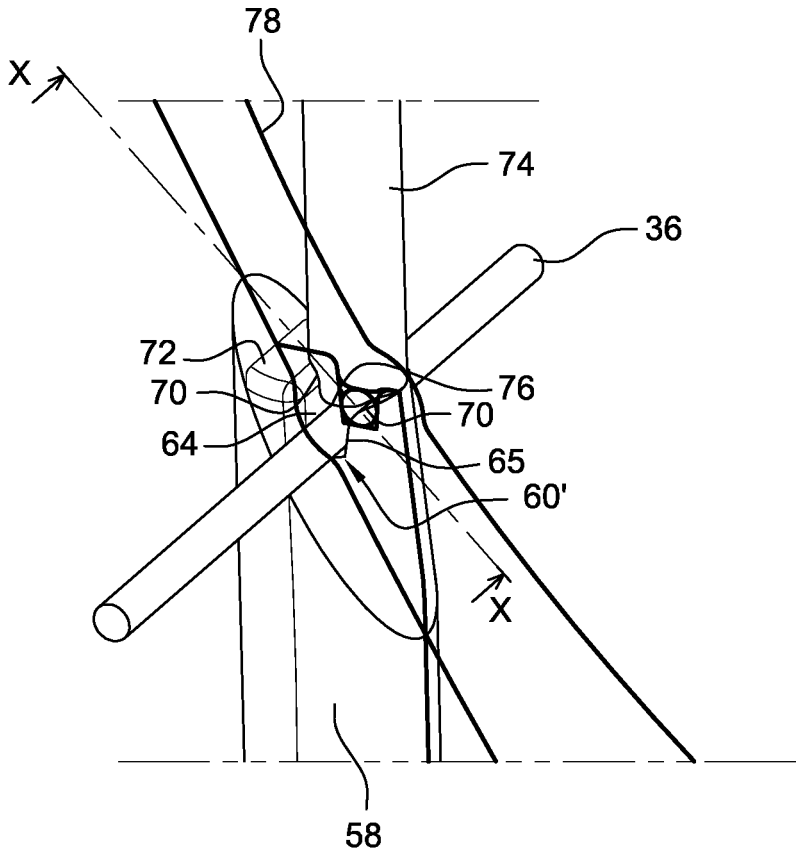


Fig. 9

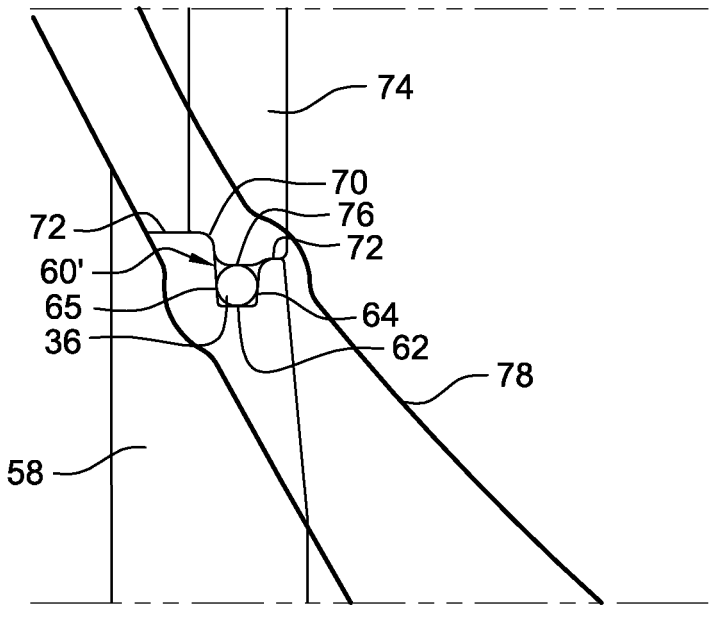


Fig. 10