

(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES
(PCT)

(19) Organização Mundial da
Propriedade Intelectual
Secretaria Internacional



(43) Data de Publicação Internacional
3 de Outubro de 2013 (03.10.2013) **WIPO | PCT**

(10) Número de Publicação Internacional
WO 2013/144881 A2

- (51) **Classificação Internacional de Patentes :** Sem
classificação
- (21) **Número do Pedido Internacional :**
PCT/IB2013/052459
- (22) **Data do Depósito Internacional :**
27 de Março de 2013 (27.03.2013)
- (25) **Língua de Depósito Internacional :** Português
- (26) **Língua de Publicação :** Português
- (30) **Dados Relativos à Prioridade :**
106228 27 de Março de 2012 (27.03.2012) PT
- (71) **Requerente :** UNIVERSIDADE DO MINHO [PT/PT];
Largo do Paço, P-4704-553 Braga (PT).
- (72) **Inventor :** CORREIA PEREIRA DA SILVA, Filipe
Samuel; Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade do Minho, P-4800-058 Guimarães (PT).
- (74) **Mandatário :** VIEIRA PEREIRA FERREIRA, Maria
Silvina; Clarke, Modet & Co., Rua Castilho, 50-9º, P-
1269-163 Lisboa (PT).
- (81) **Estados Designados** (*sem indicação contrária, para todos
os tipos de proteção nacional existentes*) : AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

- (84) **Estados Designados** (*sem indicação contrária, para todos
os tipos de proteção regional existentes*) : ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), Europeu (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicado:

- *sem relatório de pesquisa internacional; será republicado
após receção do mesmo (Regra 48.2(g))*

(54) **Title :** LIGHT-WEIGHT METALLIC STRUCTURE AND RESPECTIVE PRODUCTION METHOD

(54) **Título :** ESTRUTURA METÁLICA LEVE E RESPECTIVO MÉTODO DE PRODUÇÃO

(57) **Abstract :** The present invention discloses a structure and respective method for production of a light-weight metal component comprising a cellular internal structure and a dense outer wall around the inner core, which delimits the latter. Both structures are developed in accordance with the forces/stresses to which the component is subjected locally and the component is obtained by casting, as a single article. The method for producing the structure comprises prototyping from a 3D design; plaster mould casting by a lost-wax casting process under vacuum, with the use of overpressure to an atmospheric pressure of 0.5 MPa and vibration, or centrifugal casting under vacuum and with vibration and, lastly, removal of the excess material. These components may be used for various purposes and in building or machine elements.

(57) **Resumo :** A presente invenção divulga uma estrutura e respetivo método de produção de uma peça metálica leve, que é composta por uma estrutura interna celular e uma parede exterior densa em torno do núcleo interior de forma a limitá-lo. Ambas as estruturas são desenvolvidas de acordo com os esforços/tensões a que está sujeita a peça, a nível local, e em que a peça é obtida por fundição, num único componente. O método de produção da estrutura compreende a prototipagem a partir de um desenho 3D; a fundição de gesso por cera perdida por vácuo, sobrepressão a uma pressão atmosférica a 0,5 MPa e vibração ou fundição centrífuga com vácuo e vibração e por fim a remoção do excesso de material. Estas peças podem ser utilizadas em várias funções e em elementos de construção ou de máquinas.



WO 2013/144881 A2

DESCRIÇÃO

"ESTRUTURA METÁLICA LEVE E RESPECTIVO MÉTODO DE PRODUÇÃO"

Domínio da Invenção

A presente invenção divulga uma estrutura e respectivo método de produção de uma peça metálica leve, que é composta por um núcleo interior metálico com estrutura oca celular e uma parede exterior densa em torno do núcleo interior de forma a limitá-lo. O processo consiste num só vazamento de fundição, onde o núcleo interior, bem como a parede exterior é obtida simultaneamente. A parte interna é composta por uma estrutura metálica fundida e áreas ocas entre a estrutura e onde as áreas ocas são obtidas por fundição, sendo removido o material da moldação através de furos na parede exterior da peça.

Sumário da invenção

É objectivo da presente invenção descrever uma estrutura metálica leve integral e que compreende uma estrutura interna celular (2) com cavidades internas (3) envolta por uma parede externa (1) que contém pelo menos um orifício (4).

Numa forma de realização preferencial, a estrutura inclui uma parede externa (1) que apresenta dois orifícios.

Numa outra forma de realização preferencial, a estrutura inclui uma parede externa (1) que apresenta uma espessura entre 0,1mm e 1mm.

Ainda numa outra forma de realização preferencial, a estrutura compreende uma geometria e dimensões da estrutura interna celular em forma de gradiente.

É ainda objectivo desta invenção descrever um método de produção da estrutura metálica, o qual compreende os seguintes passos:

- a. A partir de um desenho 3D prototipar um modelo de resina;
- b. Fundição de gesso pelo método de cera perdida utilizando vácuo, uma sobrepressão entre 0,1 e 0,5 MPa e vibração entre 8000 a 24000 mm/s²;
- c. Após o metal ter preenchido completamente a moldação, o nível de aceleração da vibração na moldação baixa para níveis entre 20 e 200 mm/s²;
- d. Remoção do excesso de material com utilização de vibração.

Numa forma de realização preferencial, no passo b. do método, a moldação é efectuada numa câmara (6) sujeita a vácuo e a massa de metal fundida num cadinho numa outra câmara (5) sujeita a uma sobrepressão por um gás inerte.

Numa outra forma de realização preferencial, o método faz uso de uma câmara (5) que está conectada com a câmara (6) por um orifício no cadinho.

Ainda numa outra forma de realização preferencial, o método utiliza um orifício que está tapado por uma haste (8) que quando é levantada permite a passagem do metal fundido para a moldação.

Numa forma de realização preferencial, o passo d. do método ocorre através da imersão da moldação de gesso em água que está em vibração ultrassônica a uma velocidade entre 20 e 200 mm/s².

Numa outra forma de realização preferencial, os materiais obtidos no passo d. do método estão a uma vibração ultrassônica cujo nível de vibração deve variar de 5,000 a 40,000 mm/s².

Ainda numa outra forma de realização preferencial, o passo b. do método é alternativamente efectuado por fundição centrífuga com vácuo e vibração.

Numa forma de realização preferencial, o método utiliza uma moldação que é colocada num equipamento de fundição centrífuga de eixo vertical e sujeita a vibração e vácuo durante o vazamento.

Antecedentes da invenção

Como regra, as peças leves são utilizadas, por exemplo, em várias funções e em elementos de construção ou de máquinas. São projetadas e concebidas para terem resistência mecânica, de fadiga, ou, se necessário, propriedades anti-vibrações, devendo ainda compreender, baixo peso e uma distribuição de massa, ou de material, de tal forma que, quando a peça está carregada ou sujeita a esforços, as tensões mecânicas no material devam ser tão iguais quanto possível, ao longo de todo o componente.

Atualmente, os componentes estruturais fundidos ou são maciços ou são compostos por duas partes, uma oca interna e uma parede externa.

No caso dos componentes obtidos em partes separadas, a parte interna é uma estrutura celular, obtida normalmente por fundição de uma espuma metálica, conforme indicado nos documentos WO06021082A1, US06998535, US06881241, US24079198A1. Todavia o componente interno referido nos documentos não possui parede externa, o que lhe retira grande parte da resistência mecânica. Esta parede externa é normalmente brazada ou ligada de alguma forma à estrutura interna conforme indicado no documento de patente US20063056/A1. Neste documento são obtidas duas partes separadas, uma interna e outra externa, ambas obtidas por fundição, e são posteriormente ligadas por um processo de união. Contudo, o tipo de soluções apresentadas anteriormente são muito limitadas quanto às geometrias das peças que permitem obter. Apenas peças que entrem na parede externa são possíveis de fabricar o que limita muito a geometria das peças a obter. Para além disto existe a necessidade de realizar um processo de união entre as partes externa e interna, o que torna o processo limitado pois existe a necessidade de um ajuste com tolerâncias muito apertadas entre as peças. Para além disto a zona de soldadura ou união será um ponto fraco da peça final.

Alternativamente, podem ser obtidos componentes num processo de fundição único, estruturados internamente e com parede externa, conforme descrito no pedido de patente US22121157A1. Neste caso, é introduzido um agente que cria bolhas gasosas e que, depois do metal ser vazado, dá origem

a bolhas e cria uma espuma metálica. Mais acrescenta que é possível, através de certos parâmetros de processamento garantir que é formada uma parede externa sem porosidades. Obtém-se assim componentes com uma parede fina exterior e uma estrutura oca interna com aspeto de uma espuma metálica. Todavia no documento de patente referido, a estrutura interna não é controlável quanto à forma nem os gradientes de porosidades são controláveis. Também a espessura da parede não é controlável ao longo da peça sendo apenas referido que se pode mudar a espessura da parede mas de forma homogénea por todo o componente.

O documento de patente US20100158741A1 apresenta uma solução em que esferas metálicas ocas são introduzidas num banho de outro metal. As cavidades esféricas são fechadas, sem ligação ao exterior. Nesta solução a ligação entre materiais dissimilares (esferas e matriz) cria zonas frágeis reduzindo as propriedades do novo material, e apresenta limitações geométricas das peças a obter pois é difícil controlar uma correta dispersão das esferas ocas no interior do metal fundido, em peças com geometria complexa.

Na invenção agora desenvolvida, apresenta-se uma solução para efetuar componentes com uma geometria interna celular, permitindo a obtenção de qualquer geometria de peça exterior dos componentes. Acrescenta-se ainda que permite a obtenção de uma estrutura interna em que cada ponto da geometria é definido de acordo com as cargas/tensões a que esse local do componente estará sujeito. A parte oca da peça obtém-se pois o material da moldação ou dos machos é removido da parte interna da peça através de um ou dois orifícios na parede exterior do componente.

A vantagem desta solução consiste na possibilidade de obtenção de praticamente qualquer geometria de peça oca em que a malha ou estrutura celular interna assim como a parede externa que delimita a estrutura celular, são intencionalmente definidas ou projetadas de acordo com os esforços/tensões a que esta a peça estará sujeita a nível local. Pode assim criar-se qualquer geometria de estrutura interna, qualquer gradiente de geometria da estrutura interna e qualquer geometria da parede externa, variável de ponto para ponto.

Descrição Geral

A presente invenção diz respeito a uma estrutura metálica leve com uma estrutura interna celular oca e uma parede externa que delimita a estrutura interna. Ambas as estruturas são desenvolvidas de acordo com os esforços/tensões a que está sujeita a peça, a nível local, e em que a peça é obtida por fundição, num único componente.

A estrutura interna de metal, bem como a parede exterior, formam um único componente obtido num vazamento de fundição. A estrutura interna forma o núcleo central da peça e possui uma parede superficial densa, que reveste em parte ou em quase toda a totalidade, a estrutura interna. A parede exterior tem pelo menos um orifício tipo furo, de preferência dois, em quaisquer zonas opostas da peça, que liga a estrutura celular interna ao exterior, a fim de que o material da moldação, normalmente gesso, possa ser removido das cavidades internas após a fundição. A estrutura celular interna é projetada de acordo com as

cargas locais / tensões e pode ter uma forma variável de acordo com o tipo de tensões locais de corte ou normais, e esforços de diferente natureza, por exemplo de tração ou de compressão, de flexão ou de torção, ao longo do componente. A parede exterior também é definida de acordo com as tensões locais por nível e tipo de tensões e a sua espessura e geometria também pode variar de ponto a ponto de acordo com as cargas ou tensões locais.

A vantagem desta invenção é que o componente final tem uma resistência específica elevada, alta resistência e baixo peso, uma vez que utiliza apenas o material que é necessário para suportar as tensões locais que existem no componente.

É ainda divulgado o método de produção do componente. A geometria da estrutura celular interna, bem como a geometria da parede exterior são obtidas em primeiro lugar, através da obtenção de um modelo de resina ou polímero com a forma do componente / estrutura e irá então ser usado para obtenção de uma moldação através do processo de fundição por cera perdida. A fundição pode ser obtida essencialmente com recurso a duas vias: fundição com vácuo, sobrepressão e vibração; ou fundição centrífuga com vácuo e vibração.

Outra vantagem desta invenção é que o componente integral, isto é a estrutura interna celular e parede externa, é obtido num único vazamento ou etapa de fundição podendo as paredes ultra-finas na estrutura interna celular e parede externa atingir uma espessura entre 0,1 mm e 1 mm.

A densidade deste novo componente, quando comparado com o componente maciço comum, pode reduzir até cerca de 90%, ficando com apenas 10% da massa inicial.

É ainda divulgado um processo de remoção de material da moldação que fica nas cavidades ocas internas do componente. De acordo com a presente invenção, o material da moldação deve ser removido pelos orifícios da estrutura celular interna que se encontram localizados na parede externa. A remoção é realizada com recurso aos orifícios na parede externa, à ligação entre os espaços ocos da estrutura interna e à vibração ultrassónica que deve ser aplicada quer à água de imersão da moldação, quer aos componentes ou peças. Assim, com este método o material da moldação retido na estrutura celular interna devido ao processo de fundição pode ser completamente removido do interior da peça fundida através de um processo simples e eficiente e imediatamente após o vazamento. Acrescenta-se ainda que com este método, a peça tem a capacidade de absorver ou transferir, a nível local, elevadas cargas estáticas, dinâmicas e também possui um bom efeito de amortecimento.

Breve descrição das figuras

Para uma mais fácil compreensão da invenção juntam-se em anexo as figuras, as quais, representam realizações preferenciais do invento que, contudo, não pretendem limitar o objecto da presente invenção.

A figura 1 apresenta um exemplo de uma peça leve em que (2) corresponde à estrutura interna celular; (3) às zonas ocas, (1) à parede externa fina e (4) aos orifícios presentes na

parede por onde será removido o material da moldação (gesso).

A Figura 2 apresenta um exemplo de uma porção de micro-estrutura interna com uma geometria da estrutura que pode mudar, intencionalmente, de ponto para ponto da peça.

A figura 3 apresenta um exemplo de uma porção de micro-estrutura interna com uma geometria da estrutura que pode mudar, sob a forma de gradiente de um mesmo elemento estrutural, intencional, de ponto para ponto da peça.

A figura 4 apresenta um esquema do processo de fundição com vácuo, sobrepressão, e vibração onde consta a câmara (5) com a saída de ar (12) para execução do vácuo, onde está o metal líquido (7), e que ficará sujeita a uma sobrepressão ($p_1 > p_2$) devido a gás que entra por um orifício (11), a câmara (6) onde está a moldação (9) e apresenta a saída de ar (13) para execução do vácuo e a mesa (10) que provoca a vibração na moldação (9) em que o vazamento faz-se do cadinho (7) para a moldação (9) através de um orifício, entre as câmaras, que fica livre quando se levanta uma vareta (8).

A figura 5 apresenta um esquema do processo de Fundição centrífuga com vácuo e vibração onde consta o eixo vertical (14), o eixo horizontal (15), e a câmara (16) onde se encontram o cadinho, a moldação, e o sistema de vibração da moldação.

A Figura 6 representa o processo de remoção do material da moldação, de dentro da peça oca onde consta o sistema a

moldação (17) imerso em água (19) dentro de uma tina (20) que provoca vibração na água e a árvore de componentes está ligada a um dispositivo (18) que provoca vibração na árvore.

Descrição detalhada da invenção

A presente invenção diz respeito a um componente leve com uma estrutura interna celular e uma parede externa em que a estrutura interna celular e a parede externa são produzidas por fundição de um único componente, de acordo com os esforços/tensões a que irá estar sujeita a peça, a nível local.

Esta invenção diz respeito ainda a um método para produzir o componente que inclui a remoção do material da moldação que fica nas cavidades ocas da estrutura interna celular do componente.

Conforme a Fig. 1, o componente compreende uma parede exterior (1) e uma área interna que corresponde a estrutura interna celular metálica (2). A estrutura interna celular de metal, bem como a parede exterior, formam um único componente obtido num vazamento de fundição. A estrutura interna consiste na estrutura celular (2) e possui uma parede superficial densa externa(1), que reveste em parte ou em quase toda a totalidade, a estrutura interna.

A parede exterior tem dois furos (4) que ligam as cavidades interiores (3) à região exterior, a fim de que o gesso da moldação seja removido das cavidades internas após a fundição.

A estrutura interna celular é definida de acordo com as cargas locais / tensões e pode ter uma forma diferente de acordo com o tipo de tensões locais (de corte ou normais) e esforços de diferente natureza, por exemplo de tração ou de compressão, de flexão ou de torção, ao longo do componente. A estrutura interna celular pode assim ter, numa zona uma estrutura celular de elementos circulares e noutra zona da peça ter elementos elípticos, conforme demonstra a Fig. 2. A estrutura interna pode também ter gradientes de geometrias e dimensões ao longo do componente. Pode assim ter numa determinada zona elementos circulares de pequena dimensão e noutra zona da peça elementos circulares de maior dimensão, conforme demonstra a Fig.3. A forma e a dimensão da estrutura interna é definida de modo a minimizar e uniformizar as tensões internas, a nível local, para os diferentes tipos de esforços ou tensões.

A parede exterior também é definida de acordo com as tensões locais por nível e tipo de tensões e a sua espessura e geometria também pode variar de ponto a ponto de acordo com as cargas ou tensões locais.

A estrutura interna celular pode ser constituída por paredes de estrutura muito fina, a fim de melhorar a resistência específica. As paredes da estrutura interior celular ou da exterior podem ser muito finas, por exemplo 0,1 mm, mas podem também ser mais espessas, por exemplo 1 mm.

Processo de obtenção:

A geometria da estrutura interior celular, bem como a geometria da parede exterior são obtidas, em primeiro lugar, através da obtenção de um modelo de resina ou polímero com a forma do componente / estrutura. Este modelo pode ser obtido, por exemplo, por prototipagem rápida a partir de um desenho 3D de computador do componente.

O modelo de resina irá então ser usado para obtenção de uma moldação, tipicamente em gesso, através do processo de fundição por cera perdida. Pode ainda ser usado para obter um macho em gesso e este ser usado como macho numa coquilha de aço ou macho numa moldação de areia.

De acordo com a presente invenção, o componente integral será então obtido num vazamento de fundição, não requerendo qualquer soldadura entre a estrutura interna e a parede externa. A fundição pode ser obtida essencialmente com recurso a duas vias:

1. Fundição com vácuo, sobrepressão e vibração; e
2. Fundição centrífuga com vácuo e vibração.

Fundição com vácuo, sobrepressão, e vibração.

O componente é obtido através de um processo de fundição num equipamento de duas câmaras assistida com sobrepressão numa câmara e vácuo na outra câmara e vibração da moldação, durante e após a fundição, conforme ilustrado na Fig.4.

O processo de fundição tem as seguintes três

características principais, a fim de permitir que a estrutura obtida tenha elevada resistência específica, apresentando paredes da estrutura muito finas:

- A moldação é efectuada numa câmara (6) sujeita a vácuo. O vácuo melhora a fluidez do material uma vez que o material da moldação, geralmente gesso, tem uma determinada porosidade e permite que o ar do interior da moldação seja aspirado ou sugado ajudando assim o metal fluido a entrar e fluir por entre as cavidades muito finas. Permite ainda reduzir eventuais porosidades de origem gasosa. Os níveis de vácuo podem variar desde a pressão atmosférica até -0,1 MPa de pressão relativa.
- A massa fundida está numa outra câmara (5) estanque em relação à câmara (6) e sujeita a uma sobrepressão, entre 0,1 (pressão atmosférica) e 0,5 MPa, promovida por um gás inerte, por exemplo, árgon. Esta sobrepressão vai empurrar o material para dentro da moldação que se encontra na câmara (6). A câmara (5), onde está o cadinho com a massa fundida, está conectada com a câmara (6), onde se encontra a moldação, através de um pequeno orifício no fundo do cadinho. Este orifício está tapado por uma haste de grafite (8). Quando a haste é levantada o metal fundido passa através do furo do cadinho em direção à moldação. A sobrepressão existente na câmara (5) irá aumentar a fluidez do material e consequentemente o enchimento da estrutura fina do molde. Esta sobrepressão também irá reduzir os defeitos de fundição. A sobrepressão na câmara (5) pode variar desde a pressão atmosférica até cerca de 0,5 MPa de pressão relativa.
- A moldação está sujeita a vibração durante o vazamento. Esta vibração da moldação aumenta a fluidez da massa fundida e consequentemente o enchimento da estrutura muito

fina. O nível de aceleração devido à vibração pode variar de 8.000-24,000 mm/s², dependendo do material / liga, da temperatura de fusão e da temperatura da moldação /gesso. Depois do metal ter preenchido completamente a moldação, o nível de aceleração devida à vibração deve baixar para níveis entre 20 e 100 mm/s². Este nível de vibração, após a moldação estar preenchida destina-se a aumentar as propriedades do material fundido através de uma redução do grão. Este nível de vibração não aumenta a fluidez mas melhora as propriedades do produto vazado.

Por exemplo, um componente com paredes da estrutura interna e da parede externa, de 0,4 mm de espessura, com uma dimensão de 40mm*40mm*40mm pode ser obtido por exemplo numa liga de alumínio (Al-Si) da série 4.000, quando o vácuo na câmara (2) for de -1 bar, a sobrepressão na câmara 1 for de 1 bar, o sobreaquecimento da liga for de 50°C, a vibração durante o vazamento tiver uma aceleração de 1000 mm/s², e a temperatura do gesso da moldação for de 350°C.

Fundição centrífuga com vácuo e vibração.

- A moldação pode ainda ser colocada num equipamento de fundição centrífuga de eixo vertical (Fig.5), e deve estar sujeita a vibração e vácuo durante o vazamento. Os níveis de vibração e de vácuo são idênticos aos do processo anterior. O nível de pressão e de velocidade com que o material entra na moldação depende de várias variáveis como distância ao centro de rotação, velocidade de rotação da moldação e devem ser equivalentes aos do processo anterior. Por exemplo um componente com paredes da estrutura interna e da parede externa, de 0,4mm de espessura, com uma

dimensão de 40mm*40mm*40mm pode ser obtido por exemplo numa liga de alumínio (Al-Si) da série 4.000, quando o vácuo na câmara 2 for de -0,1 MPa, a velocidade de rotação for de 300 r.p.m., a distância do componente ao centro de rotação for de 40 cm, a massa fundida for de 400g, o sobreaquecimento da liga for de 50°C, a vibração durante o vazamento tiver uma aceleração de 1000 mm/s², e a temperatura do gesso da moldação for de 350°C.

Verifica-se portanto que o componente integral, ou seja, a estrutura interna celular e parede externa, é obtido num único vazamento ou etapa de fundição podendo as paredes ultra-finas quer da estrutura interna quer da parede externa, serem perfeitamente preenchidas.

Método de remoção:

De acordo com a presente invenção, o material da moldação deve ser removido dos espaços ocultos da estrutura interna celular. Isto será realizado com base nos seguintes 5 aspetos principais:

- A parede externa deve ter pelo menos um furo, de preferência dois furos, como ilustrado na Fig. 3, através do qual o material da moldação será removido dos espaços ocultos da estrutura interna celular para o exterior da peça;
- Os espaços ocultos da estrutura interna celular estão interligados uns aos outros formando uma estrutura celular de célula aberta para permitir que todo o material da moldação seja removido de todas as cavidades internas para fora do componente;
- A moldação de gesso deve ser imersa em água ou outro fluido frio, aproximadamente à temperatura ambiente,

enquanto a moldação está ainda com uma temperatura elevada ($> 300^{\circ}\text{C}$) por forma a ajudar na desintegração do gesso;

- A água em que a moldação é imersa deve estar sob vibração ultra-sónica para ajudar na desintegração do material da moldação. O nível de vibração deve variar entre 20 e 200 mm/s^2 , de acordo com o tipo de material da moldação / gesso e as dimensões das paredes da estrutura interna.

- Os componentes devem ser sujeitos a vibração ultra-sónica. Isto é conseguido pela ligação mecânica dos componentes ao sonotrodo de um dispositivo de vibração ultra-sónica. Isto ajudará na desintegração do material da moldação. O nível de vibração deve variar de 5,000-40,000 mm/s^2 , de acordo com o material da moldação/gesso, temperatura da moldação e material fundido.

Por exemplo um componente com paredes da estrutura interna e da parede externa, de 0,4 mm de espessura, com uma dimensão de 40mm*40mm*40mm, numa liga de alumínio (Al-Si) da série 4.000, completamente revestida e com dois furos de 5 mm de diâmetro, colocados em faces opostas do cubo, pode ser-lhe completamente removido o gesso das cavidades se a vibração da água tiver uma aceleração de 20mm/s^2 , a aceleração do componente for de 5.000 mm/s^2 , e as temperaturas da água e do gesso da moldação, na altura da imersão, forem respetivamente de 20°C e de 350°C .

Verifica-se que o material da moldação retido na estrutura interna devido ao processo de fundição, pode ser completamente removido do interior da peça fundida através de um processo simples e eficiente, e imediatamente após o vazamento.

A presente invenção não é, naturalmente, de modo algum restrita às realizações descritas neste documento e uma pessoa com conhecimentos médios da área poderá prever muitas possibilidades de modificação da mesma, tal como definido nas reivindicações.

As realizações preferenciais acima descritas são obviamente combináveis entre si. As seguintes reivindicações dependentes definem adicionalmente realizações preferenciais da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Estrutura metálica leve caracterizada por ser integral e compreender uma estrutura interna celular (2) com cavidades internas (3) envolta por uma parede externa (1) que contém pelo menos um orifício (4).
2. Estrutura de acordo com a reivindicação anterior, em que a parede externa (1) apresenta dois orifícios.
3. Estrutura de acordo com a reivindicação anterior, em que a parede externa (1) apresenta uma espessura entre 0,1mm e 1mm.
4. Estrutura de acordo com as reivindicações anteriores, em que a estrutura compreende uma geometria e dimensões da estrutura interna celular em forma de gradiente.
5. Método de produção da estrutura metálica conforme descrita nas reivindicações 1 a 4, o qual compreende os seguintes passos:
 - a. A partir de um desenho 3D prototipar um modelo de resina;
 - b. Fundição de gesso pelo método de cera perdida utilizando vácuo, uma sobrepressão entre 0,1 e 0,5 MPa e vibração entre 8000 a 24000 mm/s²;
 - c. Após o metal ter preenchido completamente a moldação, o nível de aceleração da vibração na moldação baixa para níveis entre 20 e 200 mm/s²;
 - d. Remoção do excesso de material com utilização de vibração.

6. Método, de acordo com a reivindicação anterior, em que no passo b. a moldação é efectuada numa câmara (6) sujeita a vácuo e a massa de metal fundida num cadinho numa outra câmara (5) sujeita a uma sobrepressão por um gás inerte.
7. Método de acordo com a reivindicação anterior, em que a câmara (5) está conectada com a câmara (6) por um orifício no cadinho.
8. Método de acordo com a reivindicação anterior, em que o orifício está tapado por uma haste (8) que quando é levantada permite a passagem do metal fundido para a moldação.
9. Método de acordo com a reivindicação 5, em que o passo d. ocorre através da imersão da moldação de gesso em água que está em vibração ultrassónica a uma velocidade entre 20 e 200 mm/s².
10. Método de acordo com a reivindicação anterior, em que os materiais obtidos no passo d. estão a uma vibração ultra-sónica cujo nível de vibração deve variar de 5,000 a 40,000 mm/s².
11. Método de acordo com a reivindicação 5, em que o passo b. é alternativamente efectuada por fundição centrífuga com vácuo e vibração.
12. Método de acordo com a reivindicação anterior em que a moldação é colocada num equipamento de fundição

centrífuga de eixo vertical e sujeita a vibração e vácuo durante o vazamento.

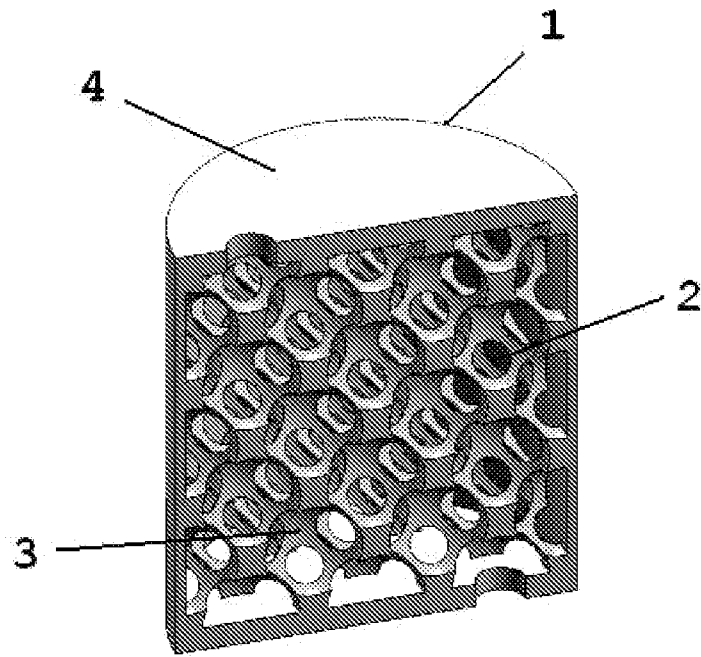


Figura 1

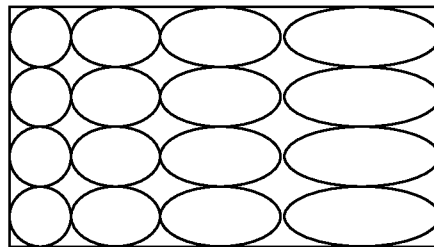


Figura 2

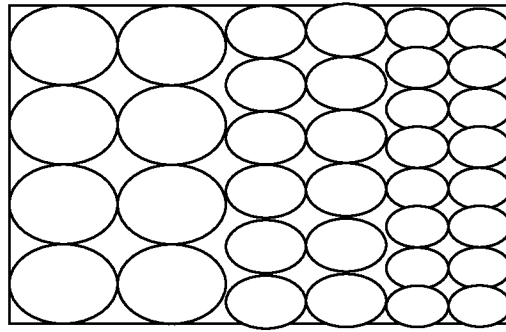


Figura 3

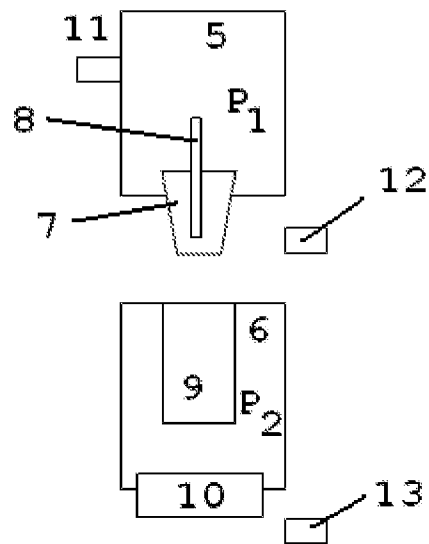


Figura 4

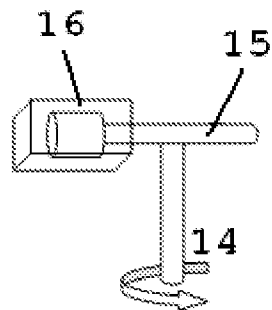


Figura 5

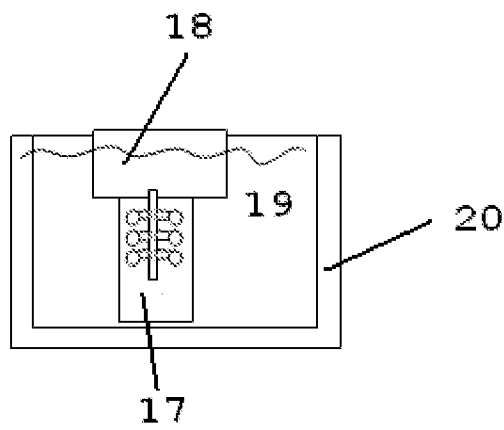


Figura 6