



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

(21) BR 102014005143-0 A2



(22) Data do Depósito: 06/03/2014

(43) Data da Publicação: 01/12/2015

(RPI 2343)

(54) **Título:** CABEÇOTE VERTICAL DE EXTRUSÃO PARA IMPRESSORAS 3D E PROCESSO DE EXTRUSÃO POR ROSCA UTILIZANDO O REFERIDO CABEÇOTE

(51) **Int. Cl.:** B29C 47/00; B29C 67/00

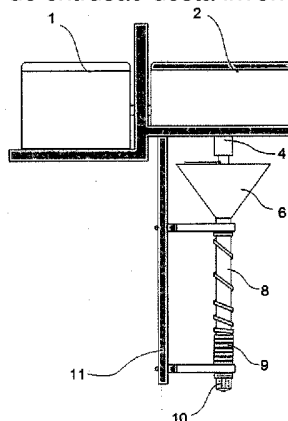
(52) **CPC:** B29C 47/0069; B29C 67/0077

(73) **Titular(es):** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP, CENTRO FEDERAL DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO RENATO ARCHER-CTI

(72) **Inventor(es):** ZILDA DE CASTRO SILVEIRA, PAULO INFORÇATTI NETO, MATHEUS STOSHY DE FREITAS, PEDRO YOSHITO NORITOMI, JORGE VICENTE LOPES DA SILVA

(74) **Procurador(es):** MARIA APARECIDA DE SOUZA

(57) **Resumo:** CABEÇOTE VERTICAL DE EXTRUSÃO PARA IMPRESSORAS 3D E PROCESSO DE EXTRUSÃO POR ROSCA UTILIZANDO O REFERIDO CABEÇOTE. Esta invenção descreve um cabeçote vertical de extrusão a quente para impressoras 3D, preferencialmente impressoras 3D portáteis. O cabeçote apresenta um parafuso de extrusão com rosca de seção variável intercambiável e foi projetado para o uso de matéria-prima em pó, efetuando a deposição de materiais na forma de filamentos ou pontos. Adicionalmente, provê-se um processo de extrusão por rosca utilizando o cabeçote de extrusão desta invenção.



**CABEÇOTE VERTICAL DE EXTRUSÃO PARA IMPRESSORAS 3D E
PROCESSO DE EXTRUSÃO POR ROSCA UTILIZANDO O REFERIDO
CABEÇOTE**

Campo da invenção:

[1] Esta invenção se insere no campo das tecnologias de apoio a engenharia e descreve um cabeçote vertical de extrusão a quente para impressoras 3D, preferencialmente impressoras 3D portáteis.

[2] O cabeçote apresenta um parafuso de extrusão com rosca de seção variável intercambiável e foi projetado para o uso de matéria-prima em pó, efetuando a deposição de materiais sob a forma de filamentos ou de pontos.

[3] Adicionalmente, provê-se um processo de extrusão por rosca utilizando o cabeçote de extrusão desta invenção.

Fundamentos da invenção:

[4] Nos últimos anos, o ciclo de desenvolvimento de novos produtos, bem como a adaptação e melhoria de produtos já consolidados, têm incorporado novas tecnologias advindas das mais diversas áreas do conhecimento humano.

[5] Com a evolução da tecnologia e as novas demandas de aplicação dos protótipos, a aplicação da tecnologia da prototipagem rápida também evoluiu deixando o âmbito da mera visualização para soluções funcionais.

[6] Com isso, o projeto de modelos virtuais passou a considerar a materialização com a finalidade de cumprimento das funções previstas no projeto.

[7] A lógica embarcada na técnica de prototipagem rápida pode ser traduzida por um conjunto de "tecnologias aditivas" baseadas na construção, camada a camada, de uma estrutura tridimensional física, a partir de seus modelos

digitais gerados preliminarmente por meio de software de sistema CAD, resultando em um protótipo propriamente dito.

[8] O modelo digital do protótipo é importado por um software aplicativo que gera um arquivo específico para ser lido e executado em uma máquina de prototipagem rápida.

[9] O modelo digital do protótipo é primeiramente fatiado e as referidas seções transversais resultantes são reproduzidas fisicamente por processos automatizados de construção camada a camada.

[10] As matérias-primas comumente usadas neste tipo de manufatura de protótipos se apresentam na forma de pó, sólido, líquido (fluídico) ou material pastoso. Estas são determinantes nas diferentes tecnologias desenvolvidas para equipamentos de prototipagem rápida, sendo que, ao final do processo, obtém-se a estruturação tridimensional da matéria-prima utilizada que, por sua vez, é traduzida no protótipo funcional propriamente dito.

[11] O grande diferencial dessa técnica de adição de material reside no fato relevante de que, uma vez aplicada na manufatura de protótipos, estes são obtidos já prontos, ou seja, montados em sua totalidade. A manufatura aditiva, em muitas ocasiões, ainda elimina o desperdício de material e reduz etapas de pós-processo, com conseqüente redução de custos industriais.

[12] Foram desenvolvidos inúmeros equipamentos de uso comercial para colocar esta técnica de adição de matéria camada a camada em prática. As tecnologias são distintas em sua construtividade, conforme a forma de apresentação física da matéria prima utilizada.

[13] Quando a matéria prima está na forma de pó, o

equipamento de prototipagem rápida apresenta quatro características básicas:

- O suporte da peça é o próprio pó;
- O pó é espalhado e comprimido por um rolo sobre uma plataforma de construção, ficando confinado em um volume geralmente de secção quadrada;
- A atmosfera de processo é inerte; e
- A temperatura é mantida acima da ambiente.

[14] Primitivamente, essa tecnologia foi desenvolvida usando o material polimérico "poliamida" (nylon), ficando mundialmente conhecida pela sigla SLS (do inglês *selectivelaser sintering*).

[15] O pó sinterizado é formador do protótipo e ainda tem por função prover suporte a este durante seu desenvolvimento. Ao final do procedimento, a matéria prima ainda em estado de pó pode ser facilmente destacada da matéria prima já sinterizada.

[16] Quando a matéria prima é líquida, o equipamento de prototipagem rápida utiliza, mais especificamente, resinas fotossensíveis alojadas no interior de cartuchos que impedem sua foto-decomposição.

[17] Este conceito de prototipagem rápida é conhecido como técnica SLA (do inglês *stereolithography*).

[18] Diferentemente da sinterização usando o pó, o uso de líquidos não permite a sustentação da peça. Assim, um suporte, na forma de finas estacas, é formado automática e simultaneamente à construção do protótipo.

[19] Quando a matéria prima está na forma sólida, a mesma pode ser fornecida na forma de fio ou na forma de folhas, sendo previamente fundidas para, em seguida, serem

liberadas para a plataforma do equipamento de prototipagem rápida FDM (do inglês *fused deposition modeling*).

[20] Considerando as possibilidades de matérias primas já utilizadas em manufatura aditiva e as gamas de processos já estabelecidos, torna-se desejável uma técnica que gere a capacidade de utilização de matéria prima em pó, bem como a mistura de materiais poliméricos para a formação de blendas ou de matérias compósitos, devido à disponibilidade deste material comercialmente e a quantidade de processos que a utilizam.

[21] Ainda, é desejável que o dispositivo permita a introdução simultânea de aditivos ou de cargas na matéria prima em pó a ser misturada e extrudada.

[22] É também desejável um dispositivo miniaturizado, devido à possibilidade de sua utilização em máquinas de pequeno porte. Ainda, é desejável o controle de processo, no que diz respeito à temperatura e ao fluxo de material.

Objetivos da invenção:

[23] Em vista do acima exposto, a presente invenção provê um cabeçote vertical de extrusão a quente para impressoras 3D, o qual permite a deposição de filamentos camada a camada em um processo de manufatura aditiva.

[24] O cabeçote vertical de extrusão da invenção pode ser, vantajosamente, miniaturizado, o que permite seu uso em máquinas de pequeno porte, porém não somente e nem prioritariamente nestas.

[25] Ainda, o cabeçote permite controle de parâmetros de processo, como temperatura de extrusão e fluxo de saída de material, sendo esses parâmetros associados à qualidade do material constituinte do protótipo obtido.

[26] O cabeçote é alimentado com matéria prima em pó, podendo este ser uma mistura de materiais poliméricos e aditivos.

[27] Por fim, provê-se também um processo de extrusão por rosca utilizando o cabeçote de extrusão descrito.

Estado da técnica:

[28] Inúmeros documentos de anterioridade se referem a tecnologias semelhantes e previamente citadas, como podemos ver a seguir.

[29] O documento US8.287.959B2 apresenta uma das soluções mais utilizadas para impressoras tridimensionais de pequenas dimensões e baixo custo: uma variação na ponta do sistema de injeção, a qual aplica uma pressão entre o cartucho (seringa) de material e o bico injetor.

[30] O documento americano US 6.866.807 B2 consiste em um sistema de modelagem de filamento, o qual é composto por um sistema de extrusão de rosca simples com seção variável, que alimenta um cabeçote de FDM. Um sistema de controle atua após a saída do filamento do sistema de extrusão para corrigir o desvio-padrão do diâmetro do filamento.

[31] O documento português PT 104247 B consiste em um equipamento e um processo de prototipagem rápida por meio de bioextrusão, destinado a produção de próteses ósseas aplicadas no ramo médico, especificamente *scaffolds*. Nesta solução, o cabeçote funciona apenas como um sistema de transporte, uma vez que o material já é inserido na rosca sob a forma amolecida.

[32] Como é possível observar, nenhum dos documentos do estado da técnica propõe um cabeçote vertical de extrusão tal como aquele ora proposto.

Breve descrição da invenção:

[33] A presente invenção descreve um cabeçote vertical de extrusão a quente utilizando um parafuso de extrusão com rosca de seção variável.

[34] O cabeçote é alimentado por matéria prima em pó, sendo acoplado a impressoras 3D.

[35] O cabeçote é capaz de realizar a extrusão de um material polimérico, para deposição de filamentos camada a camada e geração de protótipos ou peças funcionais a partir de modelos gerados em programas tipo CAD.

[36] Vantajosamente, o cabeçote descrito pode ser facilmente miniaturizado, sendo passível de uso em máquinas de pequeno porte.

[37] Ainda, provê-se um processo de extrusão por rosca utilizando o cabeçote de extrusão descrito.

Breve descrição das figuras:

[38] As principais características e vantagens desta invenção serão mais bem compreendidas através da descrição de uma concretização preferida, dada a título ilustrativo e não limitativo, e das figuras que a ela se referem.

[39] A Figura 1 é uma representação em vista frontal de uma modalidade preferida do cabeçote de extrusão, objeto desta invenção.

[40] A Figura 2 é uma representação em vista frontal da modalidade preferida do cabeçote de extrusão, objeto desta invenção, evidenciando suas peças componentes.

[41] A Figura 3 é uma representação em vista frontal da modalidade preferida do cabeçote de extrusão, objeto desta invenção, evidenciando seu conceito operacional.

Descrição detalhada da invenção:

[42] Embora a invenção tenha sido descrita com base em uma modalidade exemplificativa preferida, os técnicos no assunto poderão introduzir modificações dentro do conceito inventivo básico.

[43] A Figura 1 representa uma modalidade preferida do cabeçote vertical de extrusão, 140x200x250 mm (profundidade x largura x altura) e volume de trabalho de 8000 mm^3 , o qual compreende:

- um motor elétrico de acionamento (1);
- um mecanismo de transmissão de torque (2);
- um conjunto redutor de velocidade (3);
- um eixo de rotação (4);
- um parafuso de extrusão (5);
- um silo (6) em forma de funil;
- um elemento guia de escoamento (7);
- um corpo de extrusão (8);
- uma resistência elétrica (9); e
- um bico de extrusão (10).

[44] Todo o conjunto mecânico do cabeçote é suportado por um chassi especialmente projetado (11) e o material é extrudado sobre uma plataforma de deposição (12).

[45] O motor elétrico de acionamento (1) é acoplado ao mecanismo de transmissão de torque (2) que, por sua vez, aciona um eixo de rotação (4) que movimenta o sistema de extrusão propriamente dito.

[46] O sistema de extrusão é composto por um silo (6) em forma de funil (para o armazenamento da matéria prima em pó) acoplado a um cilindro oco (8), o qual é denominado "corpo de extrusão".

[47] No interior do corpo de extrusão (8), gira um

parafuso de extrusão (5) (mostrado na Figura 2), o qual é acionado pelo eixo de rotação (4).

[48] Na extremidade inferior do corpo de extrusão (8), encontra-se o bico de extrusão (10). Sobre este, encontra-se enrolada e fixada externamente uma resistência elétrica (9) conectada a um dispositivo de controle de temperatura (não mostrado).

[49] A Figura 2 mostra o interior do mecanismo de transmissão (2), onde está representado o conjunto redutor de velocidade (3). O silo (6) é dotado de um elemento guia de escoamento (7), que funciona como um rastelo, com sua base fixada ortogonalmente na parte superior do parafuso de extrusão (5).

[50] Este elemento tem por função evitar a formação de vazios ou mesmo a ocasional compactação da matéria prima em pó, garantindo uma alimentação contínua para o sistema de extrusão. No interior do corpo de extrusão (8), encontra-se o parafuso de extrusão (5) acoplado ao eixo de rotação (4) e, na parte inferior do mesmo, o bico de extrusão (10).

[51] O processo de extrusão por rosca utilizando o cabeçote vertical de extrusão desta invenção compreende as etapas de:

- a) Alimentação da matéria prima;
- b) Acionamento do parafuso de extrusão (5);
- c) Direcionamento da matéria prima para o corpo de extrusão (8);
- d) Compressão e derretimento da matéria prima;
- e) Extrusão do material pelo bico de extrusão (10);
- f) Deposição do filamento formado sobre a plataforma de deposição (12).

[52] A Figura 3 evidencia o funcionamento do cabeçote da invenção.

[53] Na etapa (a), a matéria prima em pó, formada por polímeros ou compósitos e acrescida ou não de aditivos, é introduzido manualmente dentro do silo (6) em forma de funil.

[54] Depois, na etapa (b), o acionamento do mecanismo de transmissão de torque (2) pelo motor elétrico de acionamento (1) promove o movimento da rotação do eixo (4), que, por sua vez, promove a rotação do parafuso de extrusão (5) e conseqüente movimento do elemento guia de escoamento (7), evitando o empelotamento do material ainda em temperatura ambiente.

[55] O elemento guia de escoamento (7) produz uma condição de agitação controlada da matéria prima, tornando seu volume homogêneo e facilitando seu escoamento para as seções cônicas inferiores da rosca dentro do cilindro de extrusão (8) - etapa (c).

[56] Uma vez homogeneizada, a matéria prima escoo pelo espaço formado entre a parede interna do tubo de escoamento (8) e a parte funcional do parafuso de extrusão (5) que, por sua vez, já se encontra em movimento de rotação gerado pelo sistema de transmissão (2).

[57] Na etapa (d), o movimento de rotação do parafuso de extrusão (5) provoca uma condição de aquecimento por compressão do pó, que, em associação ao aquecimento progressivo fornecido pela resistência elétrica (9), passa a um estado de fusão parcial.

[58] Ao atingir a extremidade inferior do corpo de extrusão (8), a matéria prima já se encontra totalmente

fundida em estado pastoso, sendo extrudada pelo bico de extrusão (10) - etapa (e).

[59] Assim, na etapa (f), a matéria prima passa a ser depositada em camadas sucessivas sobre a base de deposição (12). O filamento depositado adquire, por perda de energia para o ambiente, a consistência de material sólido, gerando o protótipo preliminarmente definido pelo operador do equipamento.

[60] A base de deposição (12) é constituída por uma mesa que pode se deslocar nas três dimensões X, Y e Z, controlada pelo microprocessador de controle do equipamento (não mostrado na figura).

[61] A deposição de camada sobre camada caracteriza a estruturação de peças ou protótipos, que define o método de manufatura aditiva, também conhecido com prototipagem rápida ou impressão 3D.

REIVINDICAÇÕES

1. Cabeçote vertical de extrusão **caracterizado** pelo fato de compreender:

- um motor elétrico de acionamento (1);
- um mecanismo de transmissão de torque (2);
- um conjunto redutor de velocidade (3);
- um eixo de rotação (4);
- um parafuso de extrusão (5);
- um silo (6) em forma de funil;
- um elemento guia de escoamento (7);
- um corpo de extrusão (8);
- uma resistência elétrica (9); e
- um bico de extrusão (10).

2. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto mecânico do cabeçote é suportado por um chassi (11) e o material é extrudado sobre uma plataforma de deposição (12).

3. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o motor elétrico de acionamento (1) é acoplado ao mecanismo de transmissão de torque (2).

4. Cabeçote, de acordo com as reivindicações 1 ou 3, **caracterizado** pelo fato de que o mecanismo de transmissão de torque (2) aciona um eixo de rotação (4), movimentando o sistema de extrusão.

5. Cabeçote, de acordo com as reivindicações 1 ou 4, **caracterizado** pelo fato de que o sistema de extrusão é composto por um silo (6) em forma de funil acoplado a um cilindro oco ou corpo de extrusão(8), no interior do qual gira um parafuso de extrusão (5).

6. Cabeçote, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que o silo (6) é dotado de um elemento guia de escoamento (7) com base fixada ortogonalmente na parte superior do parafuso de extrusão (5).

7. Cabeçote, de acordo com as reivindicações 1 ou 4, **caracterizado** pelo fato de que o bico de extrusão (10) encontra-se na extremidade inferior do corpo de extrusão (8) e, sobre o bico (10), encontra-se uma resistência elétrica (9) enrolada, fixada externamente e conectada a um dispositivo de controle de temperatura.

8. Cabeçote, de acordo com as reivindicações 1 ou 4, **caracterizado** pelo fato de que no interior do corpo de extrusão (8), encontra-se o parafuso de extrusão (5) acoplado ao eixo de rotação (4) e, na parte inferior do mesmo, o bico de extrusão (10).

9. Processo de extrusão por rosca utilizando o cabeçote vertical de extrusão definido nas reivindicações 1 a 8, **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

- a) Alimentação da matéria prima;
- b) Acionamento do parafuso de extrusão (5);
- c) Direcionamento da matéria prima para o corpo de extrusão (8);
- d) Compressão e derretimento da matéria prima;
- e) Extrusão do material pelo bico de extrusão (10);
- f) Deposição do filamento formado sobre a plataforma de deposição (12).

10. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que, na etapa (a), a matéria prima em pó é introduzido manualmente dentro do silo (6) em

forma de funil.

11. Processo, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que a matéria prima em pó é formada por polímeros ou compósitos e acrescida ou não de aditivos.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que, na etapa (b), o acionamento do mecanismo de transmissão de torque (2) pelo motor elétrico de acionamento (1) promove o movimento da rotação do eixo (4).

13. Processo, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que a rotação do eixo (4) promove a rotação do parafuso de extrusão (5) e movimento do elemento guia de escoamento (7).

14. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que, na etapa (c), o elemento guia de escoamento (7) promove o escoamento da matéria prima para as seções cônicas inferiores da rosca dentro do cilindro de extrusão (8).

15. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que, na etapa (d), o movimento de rotação do parafuso de extrusão (5) provoca o aquecimento por compressão do pó, associado ao aquecimento progressivo fornecido pela resistência elétrica (9).

16. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que, na etapa (e), a matéria prima totalmente fundida é extrudada pelo bico de extrusão (10).

17. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que, na etapa (f), a matéria é

depositada em camadas sucessivas sobre a base de deposição
(12).

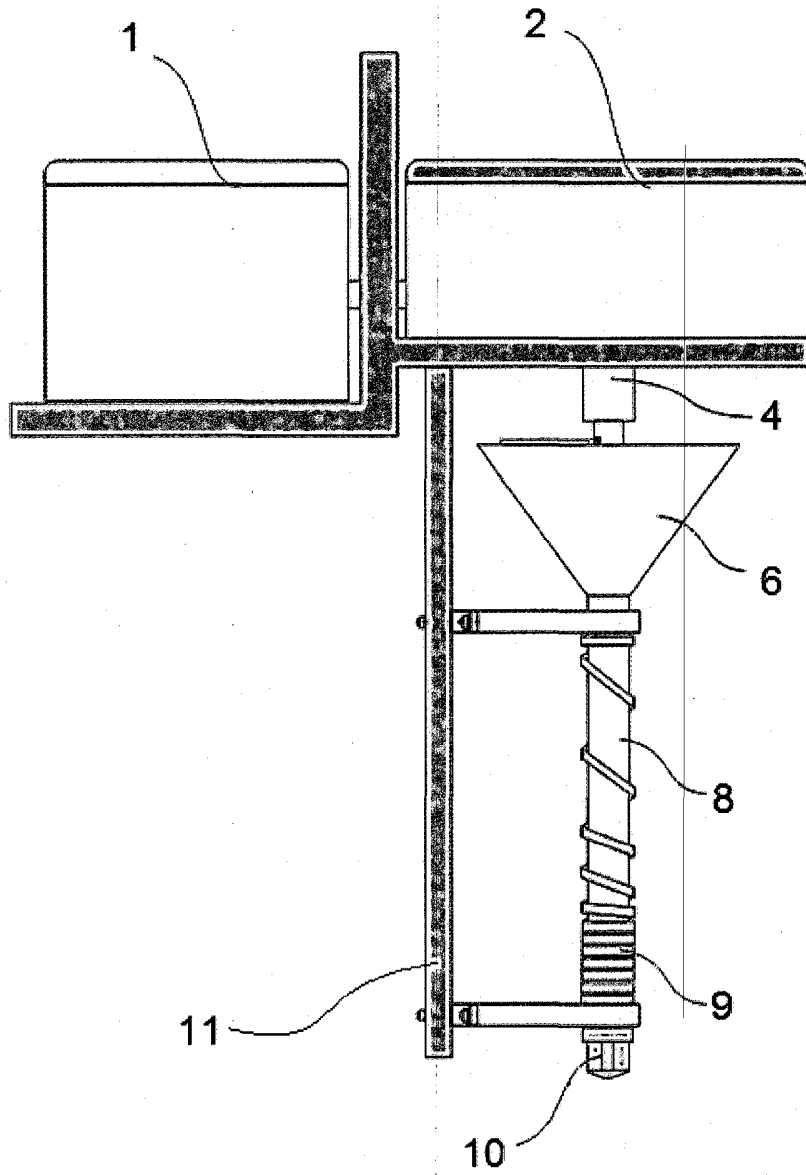


FIGURA 1

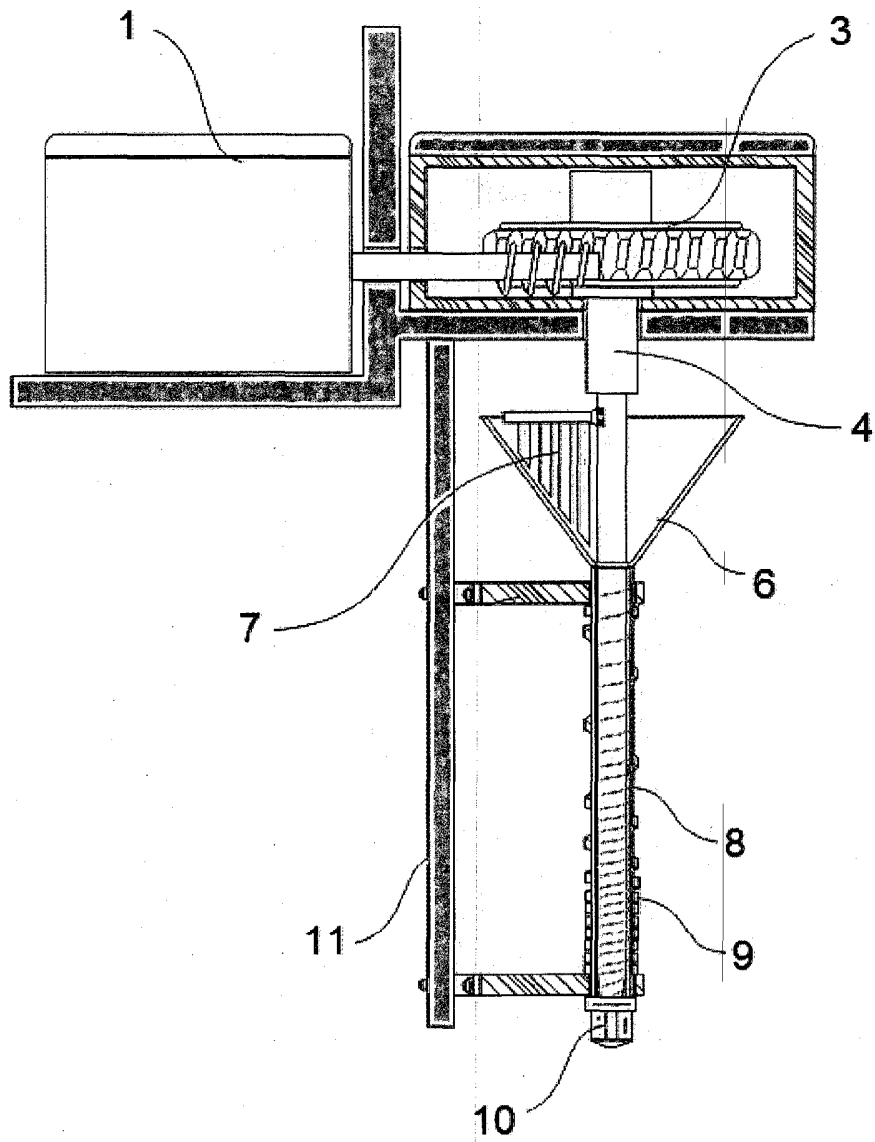


FIGURA 2

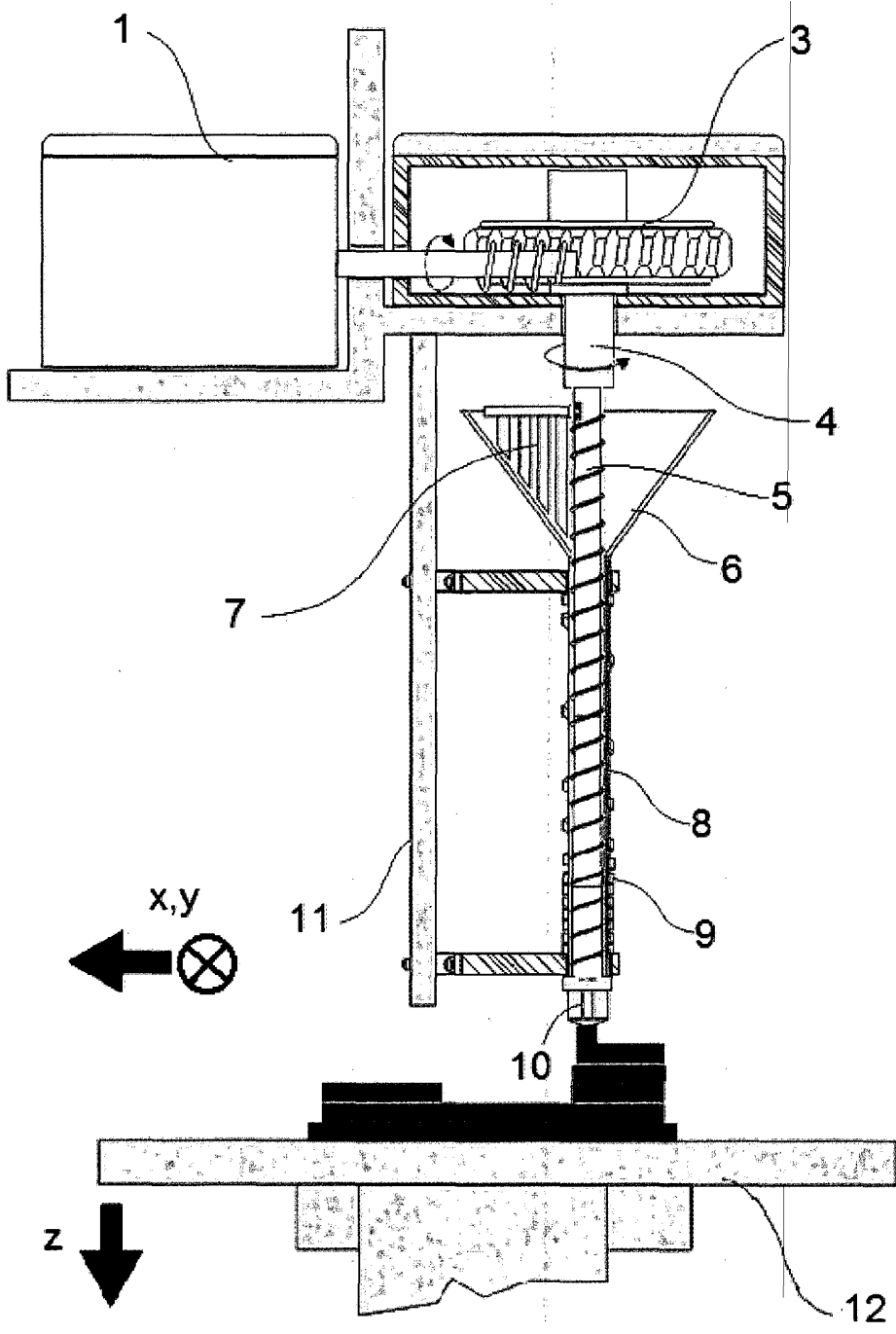


FIGURA 3

Resumo

**CABEÇOTE VERTICAL DE EXTRUSÃO PARA IMPRESSORAS 3D E
PROCESSO DE EXTRUSÃO POR ROSCA UTILIZANDO O REFERIDO
CABEÇOTE**

Esta invenção descreve um cabeçote vertical de extrusão a quente para impressoras 3D, preferencialmente impressoras 3D portáteis. O cabeçote apresenta um parafuso de extrusão com rosca de seção variável intercambiável e foi projetado para o uso de matéria-prima em pó, efetuando a deposição de materiais na forma de filamentos ou pontos. Adicionalmente, provê-se um processo de extrusão por rosca utilizando o cabeçote de extrusão desta invenção.