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

# (21) PI 0717427-6 A2

* B R P I 0 7 1 7 4 2 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 21/09/2007
**(43) Data da Publicação: 12/11/2013**
**(RPI 2236)**

***(51) Int.Cl.:***
**B23Q 1/01**
**B23Q 16/00**
**B23C 3/00**

**(54) Título:** DISPOSITIVO DE USINAGEM PARA PEÇAS FIXADAS NO TETO

**(57) Resumo:**

**(30) Prioridade Unionista:** 21/09/2006 FR 0653873, 21/09/2006 FR 0653875

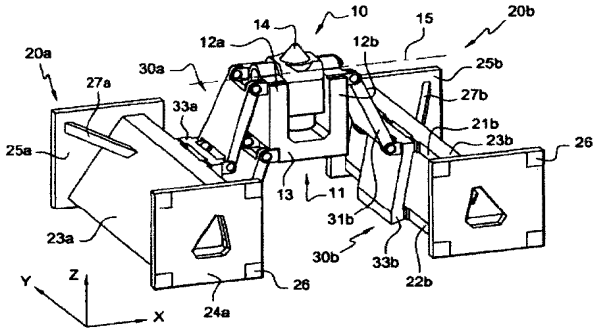
**(73) Titular(es):** Airbus France

**(72) Inventor(es):** André Greffioz, Michel Vives

**(74) Procurador(es):** Orlando de Souza

**(86) Pedido Internacional:** PCT FR2007001549 de 21/09/2007

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/037883de 03/04/2008



**MEIO DE USINAGEM PARA PEÇAS FIXADAS NO TETO**

A presente invenção se refere às ferramentas de máquinas de controle numérico para usinar peças ou peças a trabalhar com ao menos uma grande dimensão. Mais especificamente ela se refere a um dispositivo de usinagem no qual a peça a trabalhar é posicionada de uma maneira fixa, em uma mesa fixa, acima do meio de usinagem, e na qual as ferramentas de usinagem se deslocam durante operações de usinagem.

Quando as peças a trabalhar são de dimensões grandes e, portanto, difíceis de fixar e manter em uma posição exata, a solução empregada é a de manter a peça a trabalhar imóvel sobre uma mesa, a qual também é imóvel, rígida, e fixada muito firmemente, e mover as ferramentas que devem usinar a peça a trabalhar por intermédio de um cavalete acima da mesa.

O cavalete geralmente compreende um membro transversal horizontal sustentado por dois postes laterais.

O cavalete se desloca ao longo de um dos eixos da mesa, especificamente o eixo mais longo, e se apoia sobre trilhas de deslizamento de elevada precisão fixadas na mesa. O mesmo carrega uma ou mais cabeças de usinagem que se deslocam ao longo do membro transversal horizontal do cavalete.

A cabeça ou cabeças de usinagem também são capazes de executar vários movimentos necessários para usinagem - movimentos de translação para trazer a ferramenta de usinagem em direção à mesa, e em certos casos, movimentos de rotação para inclinar o eixo de rotação da ferramenta de usinagem.

Máquinas desse tipo são muito comuns na indústria e permitem que sejam usadas mesas muito longas, algumas vezes excedendo várias dezenas de metros.

Contudo, as máquinas desse tipo têm várias desvantagens que complicam a utilização das mesmas e reduzem a rentabilidade industrial das mesmas.

Por outro lado, os cavaletes, devido à complexidade das cabeças de usinagem que eles sustentam e à necessária exatidão das operações de usinagem, têm que ser tão rígidos quanto possível. Para conseguir essa rigidez, os cavaletes têm que ser muito volumosos e muito pesados, com pesos de 20 toneladas a 30 toneladas, ou mais, o que complica os seus movimentos e na prática limita as velocidades de deslocamento, particularmente quando não engajados em usinagem.

Por outro lado, os cavaletes operam mediante usinagem de peças a trabalhar colocadas no topo da mesa, a partir de cima, causando um acúmulo de aparas de material removidas pela ação de usinagem e necessitam da provisão de meios de remoção que podem tornar necessária a interrupção das operações de usinagem.

Um objetivo da presente invenção é o de prover um conjunto compreendendo uma cabeça de usinagem e meio de mover a cabeça cuja massa é muito pequena em comparação com os sistemas utilizando um cavalete, e tendo rigidez superior adequada para usinagem das peças a trabalhar suspensas, isto é, no lado inferior de uma mesa sobre a qual a peça a trabalhar é mantida durante a usinagem.

Para obter esse resultado uma máquina de usinagem compreende uma cabeça de usinagem que é móvel em ao menos

três eixos de translação, denominado o eixo X, eixo transversal Y e eixo vertical Z para usinar uma peça a trabalhar imóvel fixada acima da cabeça de usinagem no eixo Z. A cabeça de usinagem é mantida em uma orientação constante por intermédio de meio de conexão compreendendo ao menos três conexões articuladas. Duas conexões das três conexões formam com a cabeça de usinagem e com um primeiro carro Y ao qual elas são articuladas um primeiro paralelogramo articulado que é deformável no plano definido pelas direções X e Z. Ao menos outra conexão das três ou mais conexões é articulada não somente com a cabeça de usinagem como também com um segundo carro Y, de modo que o conjunto articulado formado pela ao menos uma conexão, cabeça de usinagem, e segundo carro Y, é deformável no plano definido pelas direções X e Z. O primeiro carro Y é móvel em uma direção paralela ao eixo Y em um primeiro carro X que é móvel em uma direção paralela ao eixo X e o segundo carro Y é móvel em uma direção paralela ao eixo Y em um segundo carro X que é móvel em uma direção paralela ao eixo X.

Em uma modalidade específica, para aumentar a rigidez do dispositivo, o dispositivo compreende ao menos quatro conexões articuladas, das quais ao menos duas conexões formam com a cabeça e com o segundo carro Y, ao qual elas são articuladas, um segundo paralelogramo articulado que é deformável no plano definido pelas direções X e Z, similar ao primeiro paralelogramo articulado formado por ao menos duas conexões, a cabeça de usinagem e o primeiro carro Y.

Para produzir os movimentos da cabeça de usinagem com a amplitude desejada nas direções X e Z, a posição ao longo

do eixo X da cabeça de usinagem é modificada por um movimento simultâneo de ambos os carros X, e no qual a posição ao logo do eixo Z da cabeça de usinagem é modificada por um movimento relativo dos dois carros X com relação um ao outro.

Para prover a estabilidade da cabeça de usinagem e a rigidez necessária dos paralelogramos, cada conexão compreende ao menos duas forquilhas, em cada uma das suas extremidades articuladas; cujos eixos são essencialmente paralelos à direção Y. Os formatos das conexões preferivelmente são trapezoidais, com a base curta articulada com a cabeça de usinagem e a base longa articulada com o carro Y, E as conexões são articuladas por intermédio de mancais de rolos de afilamento montados em posição.

Em uma modalidade preferida, cada carro X compreende uma viga sobre a qual trilhas de deslizamento são montadas paralelas ao eixo Y e sobre as quais se deslocam os carros Y. Para conseguir uma rigidez adequada, as vigas podem ter, por exemplo, uma seção transversal fechada essencialmente triangular ou trapezoidal, e as faces das vigas sobre as quais os carros Y se deslocam são preferivelmente essencialmente verticais, e preferivelmente inclinadas em menos do que, ou igual a 45° em relação à vertical.

Em uma modalidade os carros Y são acionados ao longo do eixo Y por parafusos esféricos localizados nos topos das vigas para deslocar o centro de gravidade do dispositivo em direção ao seu centro de inércia e para limitar deformações.

Para deslocamento ao longo do eixo X, os carros X

compreendem meios de guia que são montados vantajosamente em chapas de extremidade presas nas extremidades das vigas e aumentam simultaneamente sua inflexibilidade relativa à torção. A inflexibilidade da conexão entre as chapas de extremidade e as vigas é reforçada, se necessário, por ao menos um elemento de endurecimento.

Para produzir os movimentos combinados dos carros X e dos carros Y que geram o percurso complexo da cabeça de usinagem ao longo dos eixos X, Y e Z, os vários movimentos dos carros são controlados pelo meio de controle numérico. Dependendo das exigências das peças a trabalhar, a cabeça de usinagem compreende ao menos um fuso de uma máquina de usinagem cujo eixo pode ser orientado ao longo de direções diferentes da vertical Z.

A invenção também se refere a uma ferramenta de máquina para um centro de usinagem altamente compacto e produtivo que compreende um dispositivo de usinagem conforme descrito aqui posicionado em um túnel, com a peça a trabalhar fixada em seu teto, e em que os carros X se deslocam ao longo do eixo X, sendo sustentados sobre meios de guia na direção X fixados às paredes laterais do túnel.

A descrição detalhada de uma modalidade de um dispositivo de acordo com a invenção é fornecida com referência às figuras, as quais mostram:

Figura 1: uma vista em perspectiva dos elementos principais do dispositivo montado;

Figura 2: uma vista em perspectiva de uma variante do dispositivo;

Figura 3: uma vista parcial do dispositivo;

Figura 4: uma vista esquemática parcial de um centro

de usinagem utilizando o dispositivo em um túnel de usinagem;

Figura 5a: uma vista esquemática parcial de um centro de usinagem usando o dispositivo em um túnel de usinagem e o meio de transporte de aparas;

Figura 5b: uma vista inferior do centro de usinagem usando o dispositivo em um túnel de usinagem;

Figura 6a: uma vista em perspectiva de um centro de usinagem usando dois dispositivos;

Figura 6b: uma vista do leiaute de um centro de usinagem usando dois dispositivos e seus meios de manejo comuns de acordo com a invenção; e

Figura 7: uma vista do leiaute de um centro de usinagem usando quatro dispositivos e uma área de manutenção compartilhada.

Conforme mostrado na Figura 1 o dispositivo compreende uma cabeça de usinagem 10, primeiro e segundo carros 20a, 20b os quais são móveis ao longo de um eixo aproximadamente horizontal X e são referidos como os carros X, e meios de conexão 30a, 30b que mantêm a cabeça de usinagem 10 em posição em relação aos carros X 20a, 20b, respectivamente.

Ao menos um meio de conexão 30a compreende ao menos duas conexões 31a e 32a, cada conexão sendo articulada, em uma extremidade, na cabeça de usinagem 10 e na outra extremidade em um primeiro carro 33a, o carro, denominado carro Y, sendo fixado de forma móvel ao primeiro carro X 20a com a capacidade de se deslocar ao longo do carro X em uma direção aproximadamente horizontal Y, aproximadamente perpendicular ao eixo X de deslocamento do carro.

O segundo meio de conexão 30b compreende ao menos uma

conexão 31b articulada em uma extremidade na cabeça de usinagem 10 e em sua outra extremidade a um segundo carro Y 33b, o carro Y sendo fixado de forma móvel ao segundo carro X 20b com a capacidade de se deslocar junto com o carro X na direção Y.

As conexões 31a, 32a, 31b são projetadas com rigidez apropriadas para as cargas estáticas e dinâmicas da usinagem as quais o centro de usinagem no qual o dispositivo é montado deve exercer. Cada conexão é articulada de tal modo que a cabeça de usinagem 10 pode ser deslocada verticalmente na forma de translação ao longo de um eixo Z em uma armação de referência conectada à cabeça, quer dizer em uma direção aproximadamente perpendicular ao plano definido pelas direções X e Y de deslocamento dos carros, e é mantida em uma posição fixa nos outros eixos seja na forma de translação ou de rotação. Esse resultado é obtido parcialmente mediante articulação das conexões de tal modo que as articulações 31a, 32a entre o primeiro carro Y 33a e a cabeça de usinagem 10 formam um paralelogramo o qual tem o efeito de manter a cabeça de usinagem em uma orientação constante e parcialmente pelo fato de ter os pinos de articulação conectando as conexões 31a, 32a, 31b à cabeça de usinagem 10 e aos carros Y 33a, 33b os quais são paralelos e aproximadamente paralelos ao eixo X.

Em uma modalidade específica ilustrada na Figura 2, o segundo meio de conexão 30b também tem ao menos duas conexões 31b, 32b articuladas na cabeça de usinagem 10 e ao carro Y 33b de tal modo que as duas conexões, o carro X 33b e a cabeça de usinagem 10 formam um paralelogramo similar

àquele formado pelas conexões 31a, 32a do primeiro meio de conexão 30a.

Para prover a rigidez necessária no eixo Y, cada conexão é preferivelmente um trapezóide cuja base curta é articulada na cabeça de usinagem 10 mediante ao menos duas forquilhas de eixo paralelo ao eixo X e cuja base longa é articulada ao carro Y associado também pode intermédio de ao menos duas forquilhas de eixo paralelo ao eixo Y.

Cada carro Y 33a, 33b é fixado ao carro X correspondente 20a, 20b por intermédio de trilhas de deslizamento 21a, 22b e 21b, 22b, respectivamente. Essas são montadas no carro X correspondente e permitem que o carro Y seja deslocado de forma translacional na direção Y junto com o carro X sem qualquer outro movimento relativo sendo permitido entre o carro X e o carro Y.

Cada carro X 20a, 20b tem vantajosamente uma viga 23a, 23b, respectivamente, orientada ao longo do eixo Y e terminando em duas chapas de extremidade 24a, 25a e 24b, 25b, respectivamente. A viga sustenta as trilhas de deslizamento 21a, 22a e 21b, 22b, respectivamente. As chapas 24a, 25a, 24b, 25b nas extremidades das vigas 23a e 23b contribuem para a rigidez de torção das vigas e sustentam os meios de guia 26, tais como blocos de guia, para engate com a estrutura sustentando os carros X 20a e 20b.

As vigas 23a e 23b devem sustentar cargas de usinagem e devem ser suficientemente rígidas para impedir as vibrações incompatíveis com a usinagem.

Tais inflexibilidades são relativamente fáceis de obter sem aumentar a massa devido ao formato simples das

vigas na ausência de uma estrutura móvel complexa tal como um cavalete. Por exemplo, conforme mostrado na vista parcial, Figura 3, a seção transversal da viga 23a, 23b é vantajosamente fechada e aproximadamente triangular ou trapezoidal, proporcionando à mesma grande rigidez de flexão, e as chapas de extremidade presas à viga proporcionam rigidez de torção adicional ao formato da seção.

Cada carro X 20a, 20b é móvel na direção X de deslocamento. Meios (não mostrados) proporcionam movimento controlado dos carros X: por exemplo, dispositivos de acionamento translacional utilizando parafusos esféricos ou cremalheiras. O deslocamento na direção X dos carros X é um movimento conjunto de ambos os carros X no qual a distância separando os dois carros é constante, ou um deslocamento diferencial no qual a distância entre os dois carros varia, ou uma combinação desses dois movimentos.

Esses movimentos em conjunto, ou relativos, dos dois carros X podem ser causados quer seja por um movimento independente de cada carro X, com a posição de cada carro sendo verificada em relação a um ponto de referência comum, ou por intermédio de um movimento absoluto de um dos carros X e um movimento relativo do outro carro X com relação ao primeiro.

Cada carro Y 33a, 33b é móvel na direção Y ao longo da viga 23a, 23b, respectivamente, sobre a qual ele é montado. Movimento controlado dos carros Y pode ser obtido mediante qualquer meio convencional, tal como um parafuso ou cremalheira. Em uma modalidade específica, apenas um dos carros 33a ou 33b é guiado ao longo de Y pelo referido

meio, enquanto que o carro Y que não é acionado por esse meio é acionado livremente simplesmente devido à rigidez de torção das ligações das conexões 31a, 32a, 31b e 32b. Em outra modalidade ambos os carros Y 33a e 33b são acionados por meio sincronizado para melhorar a exatidão da posição ao longo de Y da cabeça de usinagem 10 e limitar a assimetria do carregamento dentro do dispositivo.

A cabeça de usinagem 10 tem uma estrutura rígida 11 a qual:

- compreende os pontos de fixação das conexões articuladas, de forma variada 31a, 32a e 31b, 32b, para formar os lados 12a, 12b, respectivamente, do paralelogramo do meio de conexão,
- e provê uma conexão rígida 13 entre os dois lados 12a e 12b e, portanto, entre os pontos de fixação das conexões 31a, 32a, 31b, 32b.

Essa estrutura rígida 11, a qual mantém uma orientação constante devido à geometria do paralelogramo ou paralelogramos formado pelas conexões sobre os quais ela é sustentada, sustenta um fuso 14 para girar uma ferramenta de usinagem (não mostrada) em torno de seu eixo. Esse fuso de usinagem 14 é um fuso convencional tal como um fuso hidráulico ou eletricamente acionado montado de uma maneira fixa na estrutura rígida 11 ou de uma maneira articulada em torno de um ou mais eixos se o eixo da ferramenta deve ser ajustado para atender às exigências de usinagem. A Figura 1 ilustra o caso de um fuso 14 capaz de ser pivotado em relação à estrutura rígida 11 em torno de um eixo 15 paralelo ao eixo X de deslocamento.

O dispositivo assim permite que a cabeça de usinagem

10 seja deslocada na forma de translação ao longo dos três eixos principais.

O deslocamento ao longo do eixo X pelos carros X 20a e 20b permite que a cabeça de usinagem 10 se desloque ao longo do eixo X quando os carros X estão se deslocando simultaneamente com uma distância constante entre os carros X.

Deslocamento ao longo do eixo Z, o qual é perpendicular ao plano definido pelos eixos X e Y de deslocamento, por intermédio da cabeça de usinagem 10 é realizado mediante variação da distância entre os dois carros X 20a e 20b.

O deslocamento combinado dos carros X 20a e 20b pelo controle numérico convencional das ferramentas de usinagem desse modo facilita a produção de todos os percursos no plano definido pelos eixos X e Y para a ferramenta montada na cabeça de usinagem, dentro dos limites permitidos pelas dimensões e geografia dos meios empregados.

Movimento simultâneo dos carros Y 33a e 33b permite que a cabeça de usinagem seja deslocada na direção Y dentro dos limites impostos pelo comprimento das vigas 23a e 23b.

Todos esses movimentos de translação são realizados mediante meios que podem ser projetados com rigidez suficiente sem tornar as massas das partes móveis grandes como no caso dos cavaletes.

A razão para isso é que, conforme ilustrado na Figura 4, os carros X 20a e 20b são sustentados durante seus movimentos sobre meios de guia fixos 44. O meio de guia fixo é sustentado por estruturas 41, 42 que são fixadas com relação ao piso e as estruturas podem ser reforçadas tanto

quanto for necessário sem o medo de aumentar a massa do conjunto móvel, o que teria um efeito negativo sobre a performance dinâmica do dispositivo.

Um dispositivo de acordo com a invenção possibilita que se consiga, quando o dispositivo não está efetivamente realizando uma usinagem, velocidades de deslocamento de dez a vinte vezes superiores do que com um cavalete oferecendo capacidades de usinagem equivalentes, ainda assim com muito maior rigidez enquanto usinando. Essa velocidade de deslocamento em tempo de não-usinagem é essencial porque muitas operações, tal como mudança de uma ferramenta ou inspeção da peça a trabalhar durante a usinagem, requerem o afastamento da cabeça de usinagem e a quantidade de tempo perdida para o processo de usinagem efetivo pode ser de até 50% do tempo para o qual a máquina está em uso nas máquinas convencionais.

Testes iniciais mostram que, para capacidades de usinagem equivalentes, o dispositivo de acordo com a invenção não tem dificuldade em obter rigidez superior em operação dinâmica do que a rigidez atualmente conseguida com um cavalete em operação estática.

Os movimentos da cabeça de usinagem e do eixo da ferramenta de usinagem são arranjados de modo a usinar uma peça a trabalhar posicionada acima dos carros X 20a e 20b e acima da cabeça de usinagem 10. A peça a trabalhar, por exemplo, pode ser fixada no teto 43 de um túnel de usinagem 40 cujo comprimento na teoria é ilimitado e o qual vantajosamente é adaptado para acomodar o maior comprimento das peças a trabalhar, considerando os volumes necessários para alojar as várias partes do dispositivo que se estendem

além da zona que pode ser alcançada pela cabeça de usinagem.

O túnel de usinagem 40 vantajosamente é grande o suficiente para acomodar a maior peça a trabalhar 104, o dispositivo de usinagem e seus movimentos, tanto durante as operações de usinagem como durante as operações de manutenção.

Além disso, para manutenção mais fácil do túnel de usinagem, é preferível mover o dispositivo de usinagem para fora de sua zona de trabalho, por exemplo, para uma das extremidades 123 do túnel.

Uma vez que, ao contrário do cavalete, o túnel 40 é fixo, ele não limita as acelerações dos movimentos da cabeça de usinagem. Os materiais usados, portanto, podem ser muito densos, antivibratórios, com as espessuras necessárias para a rigidez desejada.

Quando um túnel de usinagem 40 é usado, os blocos de guia 26 dos carros X 20a e 20b se apoiam vantajosamente sobre o meio de guia fixo 44, fixados às paredes laterais aproximadamente verticais 41, 42 do túnel 40.

Uma vantagem importante da usinagem superior é que, embora um meio de retenção de trabalho especial possa ser exigido, as aparas do material usinado são levadas naturalmente pela gravidade. Portanto, não existe a necessidade de usar grandes quantidades de óleo de corte em uma tentativa de levar a destino as aparas, e usinagem a seco é possível sem o medo de danificar a peça a trabalhar a partir das aparas muito quentes.

Vantajosamente, conforme ilustrado na Figura 5a, o túnel de usinagem 40 é provido com um dispositivo de coleta

de aparas 105, localizado preferivelmente em uma extremidade 123 do túnel 40. Em um exemplo de uma modalidade, as aparas são coletadas por um meio de transporte de aparas 151, o qual pode ser uma correia ou semelhante, posicionada embaixo da cabeça de usinagem, para levar a destino as aparas para o dispositivo de coleta.

Para facilitar o carregamento da ferramenta pelo operador, o túnel 40 é provido vantajosamente com um depósito de ferramentas de corte 106.

Para permitir controle automático de ferramenta e mudança de ferramenta sem intervenção do operador, o depósito 106 é adaptado vantajosamente com um dispositivo automático de mudança de ferramenta.

O depósito 106 e o dispositivo de mudança de ferramenta estão situados preferivelmente em uma extremidade do túnel, o depósito 106 sendo fixado a uma parte superior do teto 43 do túnel 40, denominado topo 212, e o dispositivo de mudança de ferramenta situado sob o depósito 106, dentro do túnel 40. O depósito é grande o suficiente para compreender quantas sejam as ferramentas exigidas para produzir uma peça 104, sem exigir a intervenção do operador durante o processo de usinagem.

Vantajosamente, devido à sua configuração fechada, o túnel de usinagem 40 permite lubrificação de alta pressão, em pressões, por exemplo, superiores a 15 bares, impossíveis de usar em máquinas abertas em uma oficina. O lubrificante é evacuado naturalmente pela gravidade a partir da peça a trabalhar 104 durante a usinagem e simultaneamente ajuda a drenar as aparas para o piso. Além disso, a configuração virtualmente elimina a poluição da

atmosfera da oficina com os óleos de corte.

Em um exemplo de uma modalidade, conforme ilustrado na Figura 5b, para instalar e fixar a peça a trabalhar 104, no teto 43 do túnel 40, a peça a trabalhar é posicionada no teto 43 por intermédio de um segundo carro (não mostrado), e o dispositivo de usinagem com a cabeça de usinagem é mantido em uma extremidade 123 do túnel. Um operador então prende a peça a trabalhar no teto 43.

Em outro exemplo de uma modalidade, o teto 43 do túnel 40 contém uma abertura 125 para acomodar uma mesa 126 sobre a qual a peça a trabalhar 104 é mantida por intermédio de meios convencionais. A mesa é erguida a partir do topo 212 por intermédio de um meio de içamento tal como uma ponte de deslocamento (não mostrada), antes de ser colocada sobre um suporte o qual é então usado para inverter a mesa para preparar a peça a trabalhar. O meio de içamento permite que a mesa seja apoiada outra vez na abertura 125. Vantajosamente, meios tais como prendedores são providos para prender a mesa 126 no teto de túnel 43 para impedir qualquer movimento da mesa 126 e, portanto, da peça a trabalhar 104 durante a usinagem.

Em outro exemplo de uma modalidade, operações de preparar as peças a trabalhar enquanto uma peça a trabalhar anterior está sendo usado podem ser realizadas utilizando uma mesa reversível 126. Essa mesa reversível não aumenta a área ocupada no piso pela máquina para preparação da peça a trabalhar. Portanto, é possível simultaneamente usinar uma peça a trabalhar 104 em uma face 251 da mesa 126 enquanto ao mesmo tempo preparando outra peça a trabalhar 41 em uma segunda face 262, oposta à primeira face 261. São então

providos meios para permitir que a mesa seja virada de cabeça para baixo.

Em uma forma específica desse exemplo de uma modalidade, a mesa reversível gira em torno de seu eixo longitudinal.

A mesa é necessariamente projetada para lidar com todas as cargas de usinagem. Ela é preferivelmente suficientemente rígida de modo que a colocação das peças a trabalhar 141 enquanto outras peças a trabalhar estão sendo usinadas não interfere com a operação de usinagem em andamento dentro do túnel, tais como vibrações a partir da fixação das peças a trabalhar 141.

Em uma primeira modalidade do túnel 40, para facilitar o carregamento das peças a trabalhar 141 sobre a mesa 126 e o descarregamento das mesmas, o topo 212 do túnel 40 está aproximadamente nivelado com o piso da oficina ou ligeiramente erguido acima do mesmo. O dispositivo de coleta de aparas 105 está preferivelmente no nível do piso. Isso permite uma oficina ventilada, com uma redução perceptível em poluição atmosférica e ruído dentro da oficina.

Em uma segunda modalidade do túnel 40, o túnel 40 é montado no piso da oficina e um piso falso, situado aproximadamente em nível com o topo 212 do túnel, simplifica as operações de preparar a peça a trabalhar 141 enquanto uma peça a trabalhar anterior está sendo usinada, sobre a face 262 da mesa situada fora do túnel 40. O dispositivo de coleta de aparas 105 está localizado preferivelmente em uma extremidade 123 do túnel 40. Nesse caso é vantajosamente possível prover uma abertura em uma

extremidade do túnel para fácil acesso ao túnel 40 para manutenção.

Para usinar várias peças a trabalhar simultaneamente, é possível ampliar o túnel 40 e montar duas cabeças de usinagem no mesmo dispositivo de usinagem. Contudo, como no caso das máquinas de cavalete, convencionais, ainda existem muitas restrições, tal como acoplamento das cabeças de usinagem (ajustar as ferramentas aproximadamente na mesma altura, selecionando a mesma classe de ferramentas) ou parar todas as cabeças de usinagem para manter uma delas. Devido à simplicidade relativa e massa reduzida do dispositivo de usinagem, é preferível usar dois dispositivos de usinagem independentes, cada um com uma cabeça de usinagem, mais propriamente do que um dispositivo de usinagem tendo duas cabeças de usinagem. Além disso, tal arranjo com dois dispositivos de usinagem independentes não ocupam significativamente mais espaço no piso do que um dispositivo de usinagem com duas cabeças de usinagem.

No modelo prático de tal máquina é particularmente importante considerar os problemas de rigidez, os quais têm um impacto em relação à qualidade de usinagem. As várias partes (vigas e conexões especificamente) que influenciam a rigidez e o comportamento vibratório do dispositivo têm rigidez a qual, em número e posição, é adaptada para as condições de usinagem cargas de usinagem e frequências das vibrações que provavelmente ocorrerão.

As ligações articuladas das conexões 31a, 32a, 31b, 32b compreendem vantajosamente forquilhas, preferivelmente em pares, projetadas generosamente e incorporando pares de mancais de rolos de afilamento montados opostamente para

garantir boa rigidez das conexões.

A rigidez da conexão entre a viga 23a, 23b e a chapa lateral 25a, 25b, respectivamente, pode ser exigido se reforçada com um elemento de enrijecimento 27a, 27b, respectivamente.

Aquelas faces das vigas 23a e 23b que proporcionam suporte para os carros Y 33a, 33b, respectivamente, estão vantajosamente próximas à vertical, preferivelmente inclinadas em um ângulo inferior a 45° com relação ao plano definido pelas direções Y e Z. Isso permite que o conjunto seja feito mais rígido e permite melhor transmissão das cargas envolvidas no deslocamento da cabeça de usinagem (10) na direção Z.

Os meios de acionamento de translação dos carros Y 33a e 33b, os quais podem ser, por exemplo, parafusos esféricos, são posicionados vantajosamente acima dos carros Y, no topo da viga 23a, 23b. Tal arranjo permite que o centro de gravidade do dispositivo seja elevado e permite que o centro de gravidade seja posicionado mais próximo do centro de inércia. A rigidez total desse modo é aperfeiçoada e as deformações da ferramenta de usinagem são reduzidas.

Em uma modalidade, um centro de usinagem 111 com duas cabeças de usinagem 10 compreende:

- duas mesas de usinagem 126,
- um meio de manejo 107, e
- uma área de armazenamento de peça a trabalhar 108.

O meio de manejo 107 está posicionado de tal modo a permitir que o meio de manejo realize todos os movimentos

das peças a trabalhar 141 destinado às duas mesas de usinagem 126.

A área de armazenamento 108 está localizada preferivelmente em uma das extremidades das mesas de modo que ela pode ser compartilhada entre as duas mesas.

Em um exemplo de uma modalidade, conforme ilustrado nas Figuras 6a, 6b, dois túneis 40, cada um deles compreendendo uma mesa 126 e um dispositivo de usinagem com uma cabeça de usinagem 10, são arranjados com seus eixos paralelos e suas extremidades situadas nos mesmos planos verticais e eles são unidos em uma de suas paredes laterais 41, 42. Essa assim chamada configuração de dois túneis permite usinagem simultânea e independente de duas peças a trabalhar com ocupação mínima do espaço de piso da oficina.

Em uma modalidade específica, as duas paredes unidas 41, 42 formam apenas uma única parede. Essa configuração de dois túneis com uma única parede entre os dois túneis, compreendendo vantajosamente um enrijecedor, permite que a espessura do material usado seja reduzida enquanto mantendo a rigidez necessária.

Em outro exemplo de uma modalidade, um único túnel 40, cujo comprimento foi dobrado, compreende as duas mesas 126 se estendendo colinearmente uma em relação à outra, e os dois dispositivos de usinagem tendo uma cabeça de usinagem. Os dois dispositivos de usinagem podem se deslocar pela extensão total do túnel 40 e, desse modo, podem ser usados para usinagem sobre qualquer uma das mesas 126 com igual facilidade. Desse modo, com essa configuração de um único túnel, uma zona de manutenção (não mostrada), preferivelmente no centro do túnel, pode ser compartilhada

por ambos os dispositivos de usinagem para manutenção dos mesmos. As aparas a partir de cada um dos túneis de usinagem 40 são vantajosamente transportadas para um dispositivo de coleta de aparas, compartilhado 105.

Em outra modalidade, conforme mostrado na Figura 7, um centro de usinagem 112 com quatro cabeças de usinagem compreende:

- quatro mesas 126,
- uma zona de manutenção 109,
- dois meios de manejo 107, e
- duas áreas de armazenamento de peça a trabalhar 108.

Nessa modalidade as quatro mesas são dispostas em pares paralelos.

A zona de manutenção 109 é disposta de tal modo que ela utiliza meio de comando e controle compartilhado está situada entre as mesas alinhadas. Se os tetos dos túneis de usinagem estiverem aproximadamente nivelados com o piso da oficina, a zona de manutenção também é usada para levantamento e realização da manutenção necessária nos quatro dispositivos de usinagem.

Cada meio de manejo 107 é posicionado de modo a permitir que cada meio de manejo realize todos os movimentos das peças a trabalhar 141 destinadas para duas mesas de usinagem 126.

Cada área de armazenamento 108 é disposta para ser compartilhada entre as duas mesas e preferivelmente está localizada na extremidade das duas mesas 126 oposta à zona de manutenção 109.

Tal leiaute para um centro de usinagem 112 com quadro

cabeças de usinagem pode ser usado para usinar quatro peças a trabalhar 104 simultaneamente, sem as limitações associadas com acoplamento, ainda assim dentro de um espaço de piso substancialmente idêntico ou mesmo menor do que aquele das ferramentas de máquina convencionais do tipo cavalete de quatro cabeças.

Em um exemplo de uma modalidade, duas configurações de dois túneis; conforme descrito acima; são conectadas em paralelo. Cada configuração de dois túneis tem uma parede dupla conjunta ou uma parede divisória compartilhada.

Em outro exemplo de uma modalidade, dois túneis paralelos independentes 40 do dobro do comprimento e cada um tendo duas mesas 126 se estendendo colinearmente a partir uma da outra e dois dispositivos de usinagem com uma cabeça de usinagem são colocados lado a lado através de uma de suas paredes laterais 41, 42, ou alternativamente compartilham uma parede divisória comum. Os dois dispositivos de usinagem podem se deslocar pela extensão total do túnel 40 e assim podem ser usados para usinagem sobre qualquer uma das mesas 126 com igual facilidade.

Para monitorar potenciais acidentes e garantir a segurança dentro do túnel, ao menos uma câmera de vídeo de vigilância e ao menos um controle de paralisação de emergência são preferivelmente instalados dentro do túnel 40, com um display de vigilância conectado à câmera e montado, por exemplo, nas proximidades do painel de controle do centro de usinagem ou cabeça de usinagem em questão.

A invenção desse modo possibilita a construção de uma ferramenta de usinagem de controle numérico, mais

produtiva, mais rápida do que as máquinas do tipo com cavalete, convencionais, para usinagem de peças a trabalhar montadas em mesas fixas.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Dispositivo de usinagem compreendendo ao menos uma cabeça de usinagem (10) que é móvel em ao menos três eixos de translação, denominados eixo longitudinal X, eixo transversal Y, e eixo vertical Z, para usinar uma peça a trabalhar imóvel, o dispositivo de usinagem sendo caracterizado pelo fato de que:

- a peça a trabalhar é fixada acima da cabeça de usinagem (10) no eixo Z;
- a cabeça de usinagem é mantida em uma orientação constante pelo dispositivo de conexão (30a, 30b) compreendendo ao menos três conexões articuladas (31a, 32a, 31b);
- duas conexões (31a, 32a) das três ou mais conexões formam com a cabeça de usinagem e com um primeiro carro Y (33a), com o qual elas são articuladas, um primeiro paralelogramo que é deformável no plano definido pelas direções X e Y;
- ao menos outra conexão (31b) das três ou mais conexões é articulada tanto com a cabeça de usinagem (10) como também com um segundo carro Y (33b), de modo que o conjunto articulado formado pela ao menos uma conexão (31b), a cabeça de usinagem (10) e o segundo carro Y (33b) é deformável no plano definido pelas direções X e Z;
- o primeiro carro Y (33a) é móvel em uma direção paralela ao eixo Y em um primeiro carro X (20a) que é móvel em uma direção

paralela ao eixo X; e

- o segundo carro Y (33b) é móvel em uma direção paralela ao eixo Y em um segundo carro X (20b) que é móvel em uma direção paralela ao eixo X.

2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender ao menos quatro conexões articuladas (31a, 31b, 32a, 32b) e no qual ao menos duas conexões (32a, 32b) formam com a cabeça (10) e com o segundo carro Y (33b), com a qual elas são articuladas, um segundo paralelogramo articulado que é deformável no plano definido pelas direções X e Y.

3. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a posição ao longo do eixo X da cabeça de usinagem (10) é modificada por um movimento simultâneo de ambos os carros X (20a, 20b), e no qual a posição ao longo do eixo Z da cabeça de usinagem (10) é modificada por um movimento relativo dos dois carros X (20a, 20b) com relação um ao outro.

4. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que cada conexão (31a, 32a, 31b, 32b) compreende ao menos duas forquilhas em cada uma de suas extremidades articuladas; cujos eixos são essencialmente paralelos à direção Y.

5. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que os formatos das conexões são trapezoidais, a base curta sendo articulada com a cabeça de usinagem (10) e a base longa sendo articulada com o carro Y (33a; 33b).

6. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1, 2, 3, 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que cada carro X (20a, 20b) compreende uma viga (23a, 23b) sobre a qual trilhas de deslizamento (21a, 22a, 21b, 22b) são montadas paralelas ao eixo Y e nas quais se deslocam os carros Y (33a, 33b).

7. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que as vigas (23a, 23b) têm uma seção transversal fechada essencialmente triangular ou trapezoidal.

8. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que as faces das vigas (23a, 23b) nas quais se deslocam os carros Y (33a, 33b) são inclinadas em menos do que ou igual a 45° em relação à vertical.

9. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que os carros X (20a, 20b) compreendem dispositivos de guia (26) para deslocamento ao longo do eixo X.

10. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que a cabeça de usinagem (10) compreende ao menos um eixo (14) para uma ferramenta de usinagem cujo eixo pode ser orientado ao longo de direções exceto a vertical Z.

11. Ferramenta de máquina para usinar peças a trabalhar fixadas durante operações de usinagem, caracterizada por compreender um dispositivo de qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, em cuja ferramenta de máquina o dispositivo é posicionado em um túnel (40), com a peça a trabalhar fixada em seu teto

(43), e em que os carros X (20a, 20b) se deslocam ao longo do eixo X, sendo sustentados sobre dispositivos de guia (44) na direção X fixados nas paredes laterais (41, 42) do túnel (40).

12. Ferramenta de máquina, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que o comprimento do túnel (40) é maior do que o comprimento da peça a trabalhar (104) de modo a permitir que o dispositivo de usinagem se estenda para fora da zona de usinagem.

13. Ferramenta de máquina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 ou 12, caracterizada por compreender dispositivo (151) para transportar aparas geradas durante a usinagem das peças a trabalhar (104) para uma das extremidades (123) do túnel, em direção a um dispositivo de coleta de aparas (105).

14. Ferramenta de máquina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11, 12 ou 13, caracterizada pelo fato de que o teto (43) do túnel (40) compreende uma abertura (125) capaz de acomodar uma mesa (126) sobre a qual é presa a peça trabalhar (104).

15. Ferramenta de máquina, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que a mesa reversível (126) é reversível e gira em torno de um eixo horizontal.

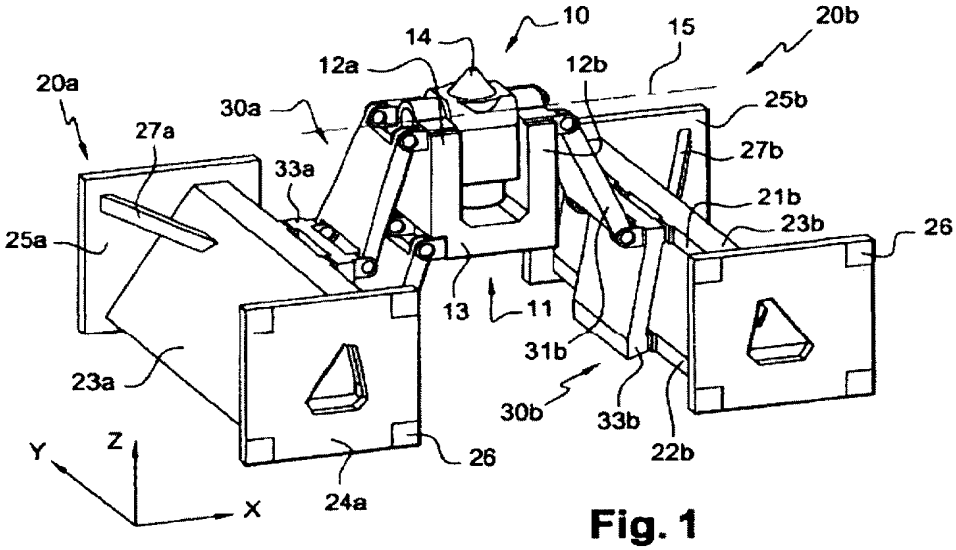

10
14
15
20b
12a
12b
20a
30a
25b
27a
27b
33a
21b
23b
26
25a
13
11
31b
23a
30b
33b
22b
Y
Z
X
24a

Fig. 1

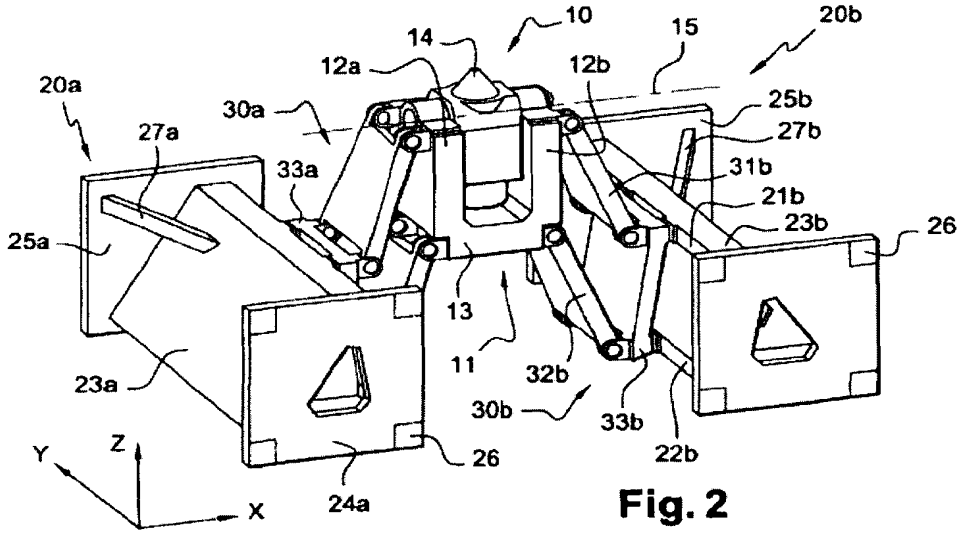

10
14
15
20b
12a
12b
20a
30a
25b
27a
27b
33a
31b
21b
23b
26
25a
13
11
32b
23a
30b
33b
22b
Y
Z
X
24a

Fig. 2

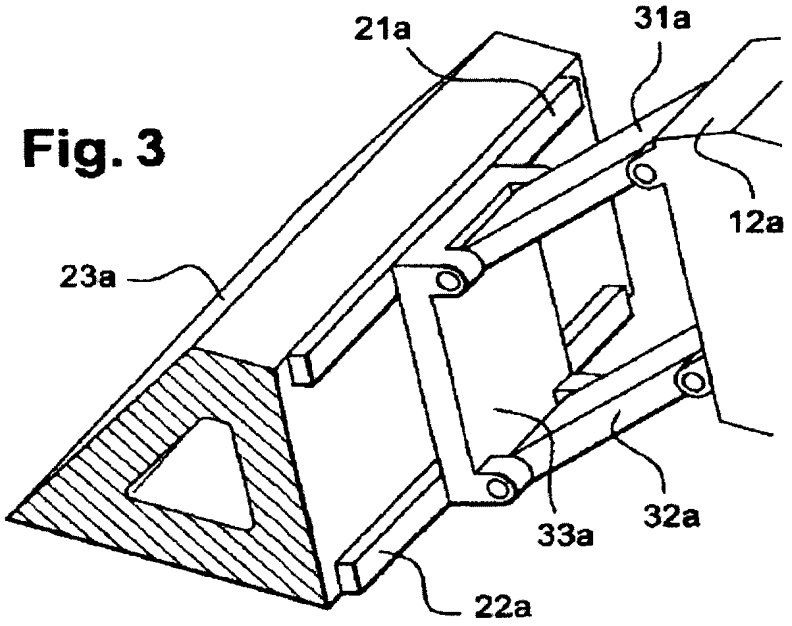



Fig. 3

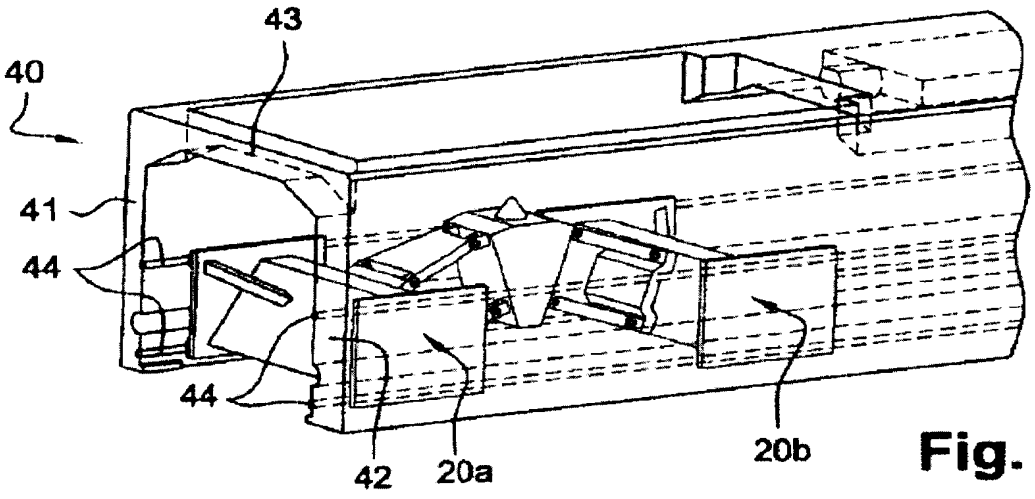



Fig. 4

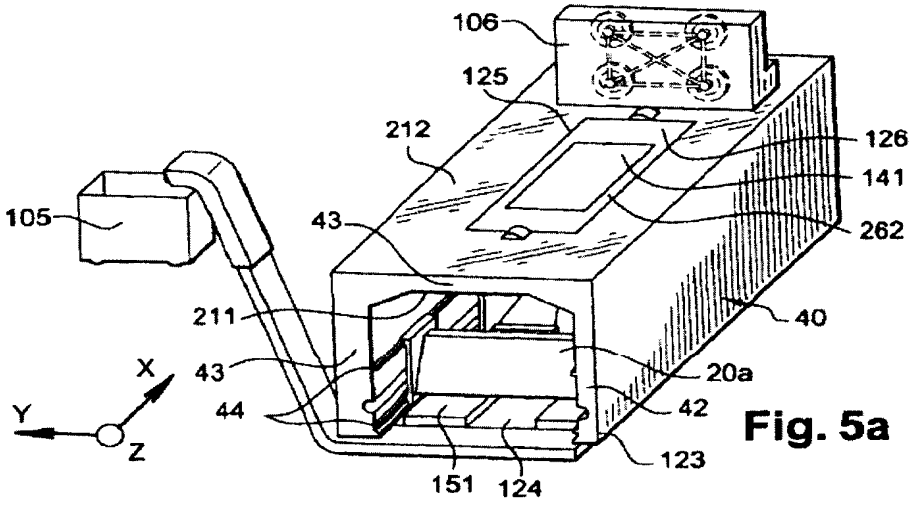

106
125
212
126
141
262
105
43
211
40
43
20a
44
42
123
151
124
X
Y
Z

Fig. 5a

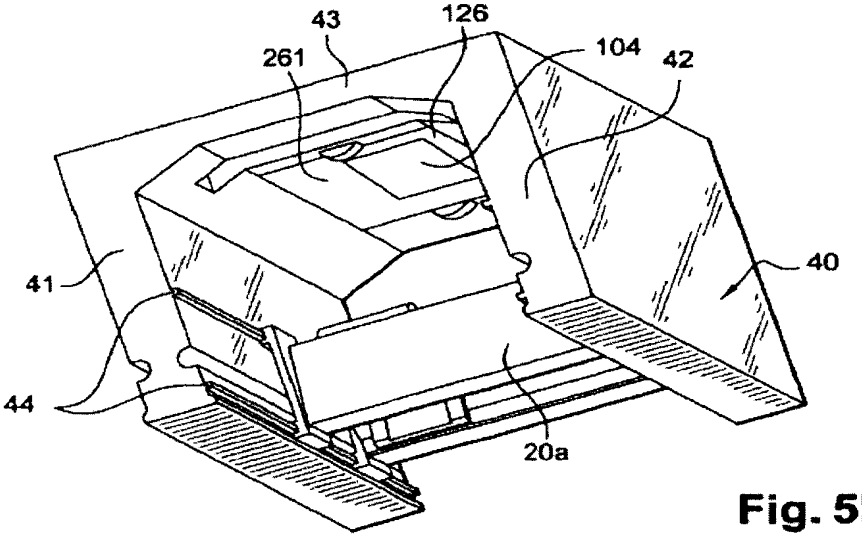

43
126
261
104
42
41
40
44
20a

Fig. 5b

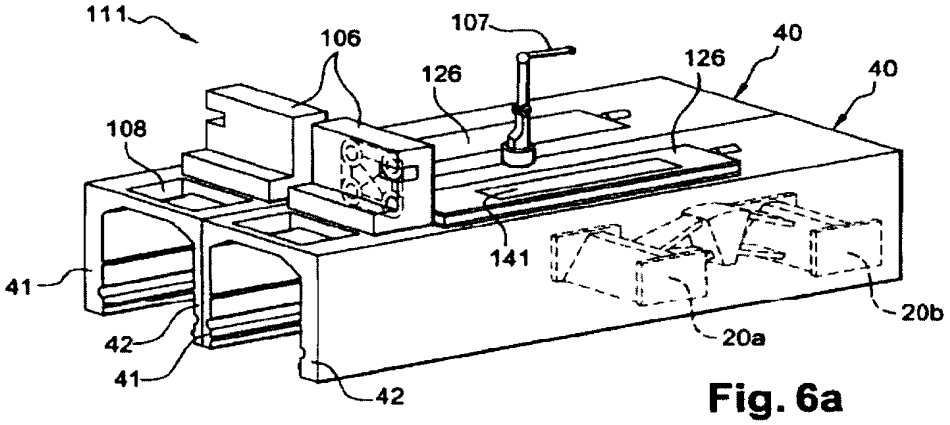

111
106
107
126
126
40
40
108
141
41
20b
20a
42
41
42

Fig. 6a

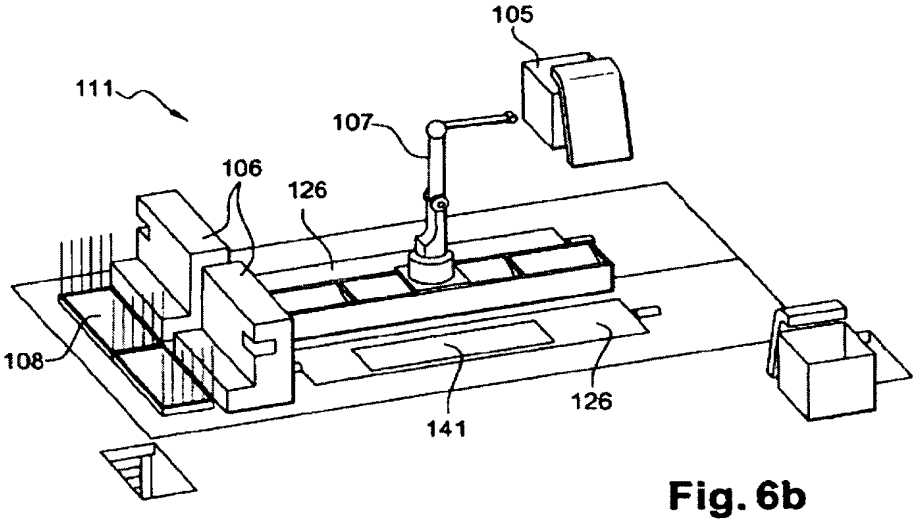

105
111
107
106
126
108
126
141

Fig. 6b

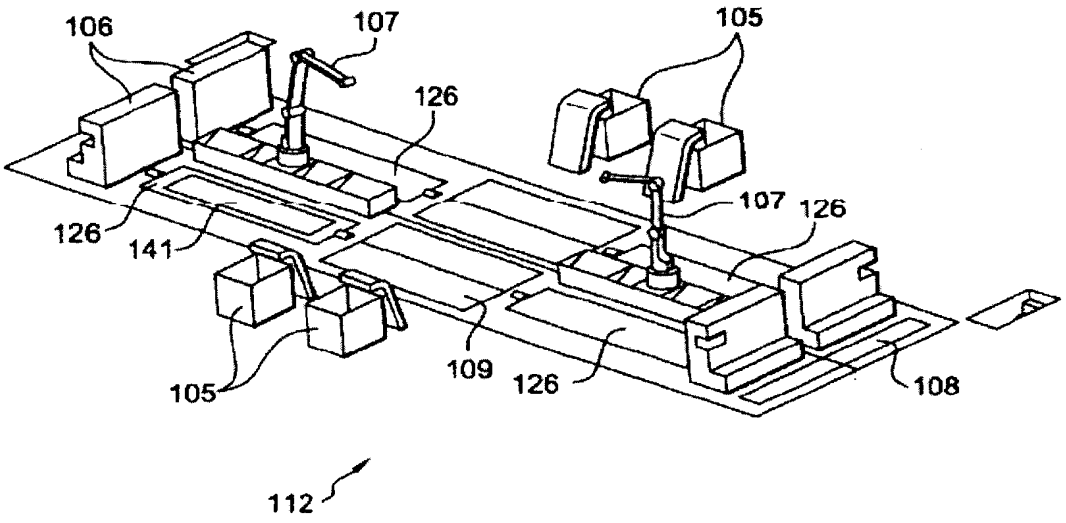



Fig. 7

RESUMO

**DISPOSITIVO DE USINAGEM PARA PEÇAS FIXADAS NO TETO**

A invenção se refere a um dispositivo de máquina compreendendo uma cabeça de usinagem (10) capaz de deslocamento ao longo de ao menos três eixos de translação X, Y, Z para usinar uma peça imóvel fixada acima da cabeça de usinagem (10), a cabeça de usinagem sendo mantida em uma orientação constante por ao menos três hastes de conexão articuladas (31a, 32a, 31b, 31b). Duas hastes de conexão (31a, 32a) definem em conjunto com a cabeça de usinagem e com um primeiro carro Y (33a), no qual elas são articuladas, um paralelograma articulado deformável no plano XZ. Outra haste de conexão (31b) é articulada na cabeça de usinagem (10) e em um segundo carro Y (33b). O primeiro carro Y (33a) é capaz de deslocamento ao longo de Y em um primeiro carro X (20a) capaz de deslocamento ao longo de X, e o segundo carro Y (33b) é capaz de deslocamento ao longo de Y em um segundo carro X (20b) capaz de deslocamento ao longo de X. O movimento relativo ao longo de X dos carros X resulta em um deslocamento na direção Z. Vários dispositivos podem ser posicionados em uma pluralidade de túneis (40), os túneis sendo arranjados de modo a compartilhar vários dispositivos (107, 108, 109).