

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

(21) PI 0808478-5 A2



(22) Data de Depósito: 11/03/2008
(43) Data da Publicação: 01/07/2014
(RPI 2269)

(51) Int.Cl.:
B26D 1/12

(54) **Título:** FERRAMENTA DE REMOÇÃO DE MATERIAL, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DA MESMA, E, MÉTODO DE USINAGEM DE UMA PEÇA DE TRABALHO

(57) **Resumo:**

(30) **Prioridade Unionista:** 03/04/2007 US 11/730690, 14/03/2007 US 60/906814

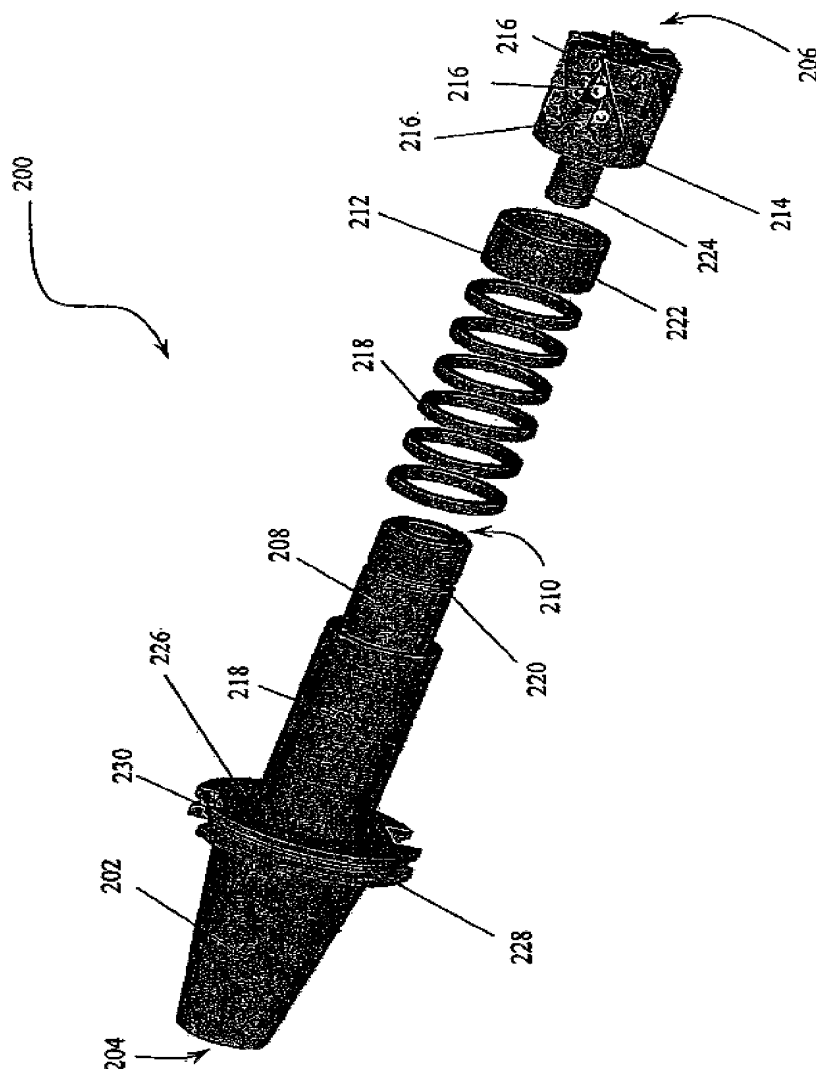
(73) **Titular(es):** Valenite LLC

(72) **Inventor(es):** Brian Hoefler, Don Azzopardi

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2008003157 de 11/03/2008

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/112197 de 18/09/2008



“FERRAMENTA DE REMOÇÃO DE MATERIAL, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DA MESMA, E, MÉTODO DE USINAGEM DE UMA PEÇA DE TRABALHO”

CAMPO

5 A presente exposição refere-se a uma ferramenta de remoção de material e um método de usinagem. Especificamente, a presente exposição refere-se a uma ferramenta de remoção de material incorporando um ou mais espaçadores, tais como uma arruela, um disco ou outro tipo de espaçador, arranjado ao longo de um comprimento da ferramenta. O espaçador pode ser
10 formado de materiais rígidos, por exemplo, carbeto cementado (WC), metal pesado (um composto de aço-WC) ou carbeto sem ligante, e contribui para a usinagem melhorada de peças de trabalho.

ANTECEDENTES

15 Na discussão dos antecedentes que segue, referência é feita a certas estruturas e/ou métodos. Todavia, as seguintes referências não devem ser entendidas como uma admissão que essas estruturas e/ou métodos constituem arte anterior. A depositante reserva expressamente o direito de demonstrar que tais estruturas e/ou métodos não qualificam a arte anterior.

20 A usinagem de peças de trabalho de materiais de alta resistência e, particularmente, grandes componentes estruturais forjados de materiais de alta resistência, geralmente requer muitas horas para completar a usinagem até especificações acabadas. Como um resultado do grande tamanho dos componentes acabados, ferramentas de material de remoção, de longo alcance, montadas em máquinas-ferramentas, são usadas para realizar a
25 usinagem.

Todavia, peças de trabalho de materiais de alta resistência, tais como, por exemplo, titânio, são difíceis de serem usinadas, parcialmente em virtude da força de "impulsão para trás" sobre as ferramentas, que é característica à usinagem de muitos materiais. A combinação de força de

“impulsão para trás” e uma ferramenta de longo alcance (flexível) requerer compensação extra de máquina para assegurar que o material seja adequadamente removido. Na prática, até 30% do tempo total gasto na usinagem dessas peças de trabalho é gasto em passagens de salto para trás, isto é, passagens múltiplas sobre a mesma área da peça de trabalho sendo usinada para limpar material deixado atrás devido à deflexão de ferramenta para atingir as especificações finais.

É bem conhecido que materiais de carbetto cementado têm um módulo de Young de aproximadamente o dobro daquele de aço. Tentativas foram feitas para aplicar ferramentas com hastes de carbetto cementado na usinagem de peças de trabalho de materiais de alta resistência. Por exemplo, a figura 1 ilustra uma ferramenta de remoção de material 10 com uma haste de carbetto cementado unitária 12. A haste de carbetto cementado 12 estende-se da extremidade de conjugação 14 da ferramenta de remoção de material 10 em direção à extremidade de corte 16 da ferramenta de remoção de material 10 e é formada de uma peça. A haste de carbetto cementado 12 pode ter uma peça de aço, disposta internamente, tal como a barra de aço 18 mostrada na figura 1. Na extremidade de conjugação 14 está uma apropriada superfície de conjugação 20 que se adapta à base da máquina-ferramenta de operação (não mostrada). Na extremidade de corte 16, está um acoplamento 22, o qual, em uma primeira extremidade 24, conecta-se à haste de carbetto cementado 12 e que, em uma segunda extremidade 26, tem um conector 28. Tipicamente, uma tampa com insertos de corte montados (não mostrados) é afixada ao conector 28.

A ferramenta de remoção de material, típica da arte anterior, exhibe rompimento catastrófico de uma haste de carbetto cementado. Sem ser restrito a uma teoria de falha, acredita-se que o dobramento, por exemplo, a deflexão da extremidade distal, das ferramentas com hastes unitárias aplica uma carga compressiva em um lado da haste e uma carga de tração no outro

lado da haste. Todavia, carbetto cementado é geralmente granulado fino (aproximadamente 1 $\square$ m a 2 $\square$ m) e o trajeto livre de meio de rompimento é pequeno, características que geralmente facilitam a propagação de fissura e falha. Assim, quando sob forças de tração, a haste de carbetto cementado unitária falha facilmente.

Um exemplo não limitativo de usinagem com ferramentas de material de remoção, de longo alcance, onde o impulso para trás é observado é a usinagem de grandes componentes estruturais, de peça única, forjados, formados de materiais de alta resistência, predominantemente materiais de alta resistência como titânio. Esses componentes estruturais são usados na indústria aeroespacial, tal como para aeronave comercial, e são muito caros. Por exemplo, esses componentes estruturais podem ser >\$200,000 antes de qualquer usinagem ser realizada, e geralmente, muitas horas são requeridas para completar a usinagem até as especificações acabadas. Existe um grande potencial de economia (tempo de máquina & custo de ferramenta) pela minimização de deflexões de ferramenta e a necessidade de passagens de "salto para trás".

SUMÁRIO

Formas de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material usam uma série de espaçadores empilhados ao longo da extensão da ferramenta. Os espaçadores são formados de um material que tem um módulo de Young (E) que é maior que aço, isto é, maior que 146, 47 quilograma-força por milímetro quadrado (kgf/mm^2) ($(30 \times 10^6$ libras-força por polegada quadrada (lbf/in^2)). Os mesmos espaçadores podem ser usados em vários tamanhos, por exemplo, comprimento e/ou diâmetro, de ferramentas com comprimentos variáveis de ferramentas que usam mais ou menos espaçadores em quantidade. A padronização dos espaçadores, combinada com a fabricação em maiores quantidades, permite boas economias. A partir de um ponto de vista técnico, os espaçadores aplicam ao

material mais rígido do espaçador em um local de maior resistência, a momentos de flexão (isto é, módulo de seção máximo). Pelo pré-carregamento opcional, primeiramente com uma porca de pré-carga, e opcionalmente e adicionalmente com uma tampa, se pode obter outra
5 vantagem da resistência compressiva do material de espaçador. Também, são "embutidos" pontos de relevo na metade de tração da ferramenta sob momentos de flexão quando os espaçadores se separam, deslizam ou se movem de outra maneira em relação um ao outro. Em uma forma de realização de exemplo, é possível pré-carregar o sistema de modo suficiente
10 que cargas de tração resultante não seriam experimentadas, quando a ferramenta é usada. Finalmente, partes comuns, tais como um espaçador e uma porca de pré-carga, minimiza partes (baixo custo de fabricação).

Uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material compreende um alojamento em uma extremidade de
15 conjugação, uma extensão estendendo-se longitudinalmente do alojamento para uma extremidade distal, uma pluralidade de espaçadores arranjados ao longo da extensão, e uma porca na extremidade distal da extensão, em que a pluralidade de espaçadores é formada de um material que tem um módulo de Young maior que aproximadamente 1,5 vezes aquele de aço.

20 Uma forma de realização de exemplo de um método de fabricação de uma ferramenta de remoção de material compreende arranjar uma pluralidade de espaçadores ao longo de pelo menos uma porção de uma extensão, a extensão estendendo-se longitudinalmente de um alojamento da ferramenta de remoção de material para uma extremidade distal, fixar uma
25 porca em uma extremidade distal da extensão, e pré-carregar a pluralidade de espaçadores em compressão, em que a pluralidade de espaçadores é formada de um material que tem um módulo de Young maior que aproximadamente 1,5 vezes aquele de aço.

Uma forma de realização de exemplo de um método de

usinagem de uma peça de trabalho compreende remover material a partir da peça de trabalho com Uma ferramenta de remoção de material, em que a ferramenta de remoção de material inclui um alojamento em uma extremidade de conjugação, uma extensão estendendo-se longitudinalmente do alojamento para uma extremidade distal, uma pluralidade de espaçadores arranjados ao longo da extensão, e uma porca na extremidade distal da extensão, e em que a pluralidade de espaçadores é formada de um material que tem um módulo de Young maior que aproximadamente 1,5 vezes aquele de aço.

Deve ser entendido que tanto a descrição geral precedente quanto a seguinte descrição detalhada são exemplificativas e explanatórias e são destinadas a prover ulterior explanação da invenção como reivindicada.

BREVE DESCRIÇÃO DO DESENHO

A seguinte descrição detalhada pode ser lida em conexão com os desenhos acompanhantes, nos quais os mesmos números designam os mesmos elementos e nos quais:

a figura 1 mostra uma ferramenta da arte anterior com uma haste unitária de carbetto cementado.

A figura 2 mostra uma vista esquemática, parcialmente desmontada, de uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores.

A figura 3 mostra uma vista esquemática, montada, de uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores.

As figuras 4A e 4B referem-se à deformação observada quando do uso de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores. A figura 4A mostra uma representação esquemática de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbetto cementado. A figura 4B é um gráfico de força aplicada como uma função de deformação em duas direções para a ferramenta de remoção de material mostrada na figura 4A.

As figuras 5A e 5B referem-se à deformação observada quando o uso de uma ferramenta de remoção de material formada de aço sólido. A figura 5 A mostra uma representação esquemática de uma ferramenta de remoção de material com aço sólido para o comprimento de projeção. A figura 5B é um gráfico de força aplicada como uma função de deformação em duas direções para a ferramenta de remoção de material mostrada na figura 5A.

A figura 6 é um gráfico de torque de flexão aplicado como uma função de angular deformação em duas direções para uma ferramenta de remoção de material com uma extensão de aço sólido e para uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado.

A figura 7 ilustra uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado operando para remover material a partir de uma peça de trabalho.

DESCRIÇÃO DETALHADA

A figura 2 mostra uma vista esquemática, parcialmente desmontada, de uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores. A ferramenta de remoção de material 200 tem um alojamento 202 em uma extremidade de conjugação 204 e tem uma extremidade de remoção de material 206. Uma extensão 208 estende-se longitudinalmente do alojamento 202 para uma extremidade distal 210. Uma porca 212 é na extremidade distal 210 da extensão 208 e uma tampa 214 é montada na extremidade distal 212 da extensão 208. A tampa 214 inclui uma pluralidade de insertos de corte 216.

Disposta ao longo de pelo menos uma porção do comprimento da extensão 208 está uma pluralidade de espaçadores 218. Os espaçadores 218 são formados de um material que tem um módulo de Young de aproximadamente 1,5x, alternativamente aproximadamente o dobro, daquele

do aço, isto é, aproximadamente $195,29 \text{ kgf/mm}^2$ ($40 \times 10^6 \text{ lbf/in}^2$), aproximadamente $219,71 \text{ kgf/mm}^2$ ($45 \times 10^6 \text{ lbf/in}^2$), aproximadamente $244,12 \text{ kgf/mm}^2$ ($50 \times 10^6 \text{ lbf/in}^2$), aproximadamente $292,94 \text{ kgf/mm}^2$ ($60 \times 10^6 \text{ lbf/in}^2$) ou mais alta. Em uma forma de realização de exemplo, os espaçadores 218 são formados de carbetto cementado. Os espaçadores 218 podem ter qualquer formato físico que, quando posicionados sobre a ferramenta de remoção de material, coloca o material mais rígido do espaçador em um local de resistência máxima a momentos de flexão (isto é, módulo de seção máximo) da ferramenta de remoção de material. Uma forma de realização de exemplo do formato físico é a forma de uma arruela. Em uma forma de realização de exemplo adicional, o espaçador é uma arruela que tem uma superfície de diâmetro externo e uma superfície de diâmetro interno e o raio da superfície de diâmetro externo varia de aproximadamente 1,33 até aproximadamente 2 vezes o raio da superfície de diâmetro interno.

O número de espaçadores ao longo da extensão varia com base no comprimento da ferramenta de remoção de material. Como mostrado na vista montada da figura 3, a ferramenta de remoção de material 300 tem comprimento de projeção L, o qual é da linha de gaiola 302 até a extremidade de corte 304, e tem um diâmetro D. A linha de gaiola é o diâmetro máximo da extremidade de conjugação que contata a máquina-ferramenta quando em operação. Em formas de realização de exemplo, uma relação entre o comprimento de projeção e o diâmetro é aproximadamente 2:1 até aproximadamente 18:1. Comprimentos padrão são aproximadamente 2:1, aproximadamente 3:1, aproximadamente 4:1, aproximadamente 5:1, aproximadamente 6:1, aproximadamente 7:1, aproximadamente 8:1 e aproximadamente 12:1. Todavia, qualquer comprimento de projeção e diâmetro podem ser usados, na medida em que o desempenho é melhorado usando os espaçadores revelados. Quando o comprimento da extensão varia entre ferramentas de material de remoção, o número de os espaçadores

arranjados ao longo da extensão varia.

A extensão é uma peça interna feita de aço ou outro material de alta resistência. A extensão pode ser fixada ao alojamento por quaisquer dispositivos apropriados. Por exemplo, e como visto na figura 1, a extensão
5 pode ser aparafusada no alojamento. Alternativamente e como mostrado, por exemplo, na figura 2, a extensão pode ser integralmente formada com o alojamento, por exemplo, moldada, forjada ou usinada.

A porca 212 da ferramenta de remoção de material 200 é fixada à extensão 108 por, por exemplo, uma conexão rosqueada 220. Se um
10 conector rosqueado for usado, qualquer tipo de conector rosqueado pode ser usado. Todavia, é preferido que o conector rosqueado seja roscas retificadas. Roscas forjadas ou cortadas podem também ser usadas, mas esses tipos de roscas podem perder pré-carga por fricção.

Um adaptador 222, tais como um rebaixo ou um orifício, pode
15 ser incluído na porca para fixação de uma ferramenta de aperto, tal como uma chave de porcas cilíndricas. Um método alternativo pelo qual é feita a fixação da porca na extensão e pelo qual é estabelecida uma pré-carga sobre o sistema, é fixar a porca por meio de uma técnica de ajuste por contração. Aqui, a fixação da porca à extensão aquecida e expandida estabeleceria uma
20 pré-carga quando do resfriamento, pois a extensão retorna para seu original comprimento.

Quando fixada na extensão 208, a porca 212 aplica uma pré-carga compressiva opcional sobre a pluralidade de espaçadores 218. Um exemplo de uma pré-carga compressiva apropriada é aproximadamente 75%
25 de uma carga de prova da conexão rosqueada. Outro exemplo de uma pré-carga compressiva apropriada para uma rosca de aço é atingido pela fixação da porca 212 à extensão 208 com a rosca de M39-4, 7H com um torque de aproximadamente 271,16 até aproximadamente 338,95 N.m (200 até aproximadamente 250 ft.lb), alternativamente aproximadamente 298,28 N.m

(225 ft.lb). A pré-carga compressiva contribui para mitigar quaisquer cargas de tensão que ocorrem durante a operação da ferramenta de remoção de material. Quando os espaçadores 218 são colocados em pré-carga compressiva, a extensão 208 é colocada em pré-carga de tensão.

5 A tampa 214 montada na extremidade distal 210 da extensão 208 inclui uma pluralidade de insertos de corte 216. Cada inserto de corte 216 é montado em uma superfície de assento em uma bolsa formada na tampa 214. Insertos de corte apropriados podem ser de qualquer tipo, por exemplo, fresagem, torneamento, perfuração. Uma forma de realização de exemplo de
10 insertos de corte apropriados é o inserto de travamento lateral, revelado no Pedido US n.º 11/409.089, intitulado " Side Locking Insert and Material Removal Tool with Same," depositado em 24 de abril de 2006, cujos conteúdos do mesmo são aqui incorporados para referência.

 Quando tanto uma porca 212 quanto uma tampa 214 estão
15 presentes na ferramenta de remoção de material 200, a porca 212 é posicionada em torno da circunferência da extensão 208 na extremidade distal 210 e a tampa 214 é montada em uma seção transversal da extremidade distal 210 da extensão 208. Por exemplo, e como mostrado na figura 2, uma porção rosqueada 224 da tampa 214 pode ser rosqueada em roscas feitas na seção
20 transversal da extremidade distal 210 da extensão 208.

 Quando fixada na extensão 208, a tampa 214 pode
 opcionalmente prover uma pré-carga compressiva sobre a pluralidade de
 espaçadores 218. Um exemplo da pré-carga compressiva apropriada que
 resulta da tampa rosqueada na extensão é atingida pela fixação da tampa 214
25 na extensão 208 com um tamanho de rosca de M20-2.5, 7H até um torque de
 aproximadamente 203,37 N.m até aproximadamente 338,95 N.m (150 até
 aproximadamente 250 ft.lb), alternativamente aproximadamente 271,16 N.m
 (200 ft.lb). Quando a tampa 214 provê uma pré-carga compressiva sobre a
 pluralidade de espaçadores 218, a tampa 214 também provê uma pré-carga de

tensão à extensão 208. Quando a porca 212 e a tampa 214 são usadas juntas, a porca 212 provê uma primeira pré-carga compressiva e a tampa 214 provê uma segunda pré-carga compressiva (e, similarmente, para as respectivas pré-cargas de tensão). Alternativamente, a primeira pré-carga compressiva pode ser considerada uma pré-carga primária quando ela for maior que a segunda pré-carga compressiva, e vice versa. Alternativamente, a tampa é montada em uma pré-carga compressiva menor que aquela da porca para permitir a remoção preferencial da tampa sem efeito ou efeito mínimo sobre a porca. Uma tampa de pré-carga também assegura pré-carga adequada e continuada sobre os espaçadores no caso de afrouxamento prematuro de outros aplicadores de pré-carga, tais como a porca, que pode ocorrer durante o uso.

O alojamento 202 na extremidade de conjugação 204 da ferramenta de remoção de material 200 fixa-se à máquina-ferramenta, tal como uma máquina de fresagem HAAS VF6, durante a operação. O alojamento pode assumir qualquer forma apropriada que permite a fixação a uma desejada máquina-ferramenta. In uma forma de realização de exemplo, o alojamento tem uma superfície adelgada, por exemplo, adelgada para trás ou rumo à extremidade de conjugação 204. Uma peça de transição 226 pode opcionalmente ser incluída em uma extremidade do alojamento 202. Um exemplo de uma peça de transição 226 inclui pelo menos uma característica para conjugação com uma máquina de operação ou com um sistema de armazenamento. Por exemplo, a peça de transição 226 pode incluir uma fenda circunferencial 228. A fenda circunferencial 228, ou estrutura similar, pode prover um ponto de fixação para conjugação da ferramenta de remoção de material 200 com um sistema de armazenamento de carrossel, usado em operações de usinagem para armazenar ferramentas múltiplas de material de remoção. Em outro exemplo, a peça de transição 226 pode incluir uma fenda-chave 230. A fenda-chave 230, ou estrutura similar, pode prover uma orientação ou uma conjugação com uma característica correspondente na

máquina-ferramenta quando a ferramenta de remoção de material é montada para o uso. O uso de componentes separados na ferramenta de remoção de material tem várias vantagens. Por exemplo, uma tampa presentemente revelada para a substituição de componente da tampa sem descartar todo o conjunto da ferramenta de remoção de material. Uma vantagem similar é atingida por se ter a porca, espaçadores, e, se aplicável, a extensão e o alojamento, sendo separadamente substituíveis.

A figura 3 mostra uma vista esquemática, montada, de uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores. No uso, a ferramenta de remoção de material 300 observa uma força de impulsão para trás na extremidade de corte 304 que deflete a extremidade de corte 304 na direção P. Isto coloca um lado da ferramenta de remoção de material em compressão C e o outro lado da ferramenta de remoção de material em tensão T. Todavia, a pré-carga em compressão atua para mitigar a tensão realizada naquele lado da ferramenta de remoção de material. Em adição, porque os espaçadores adjacentes não são restritos em seu movimento, os espaçadores podem divergir, deslizar ou se moverem de outra maneira para longe sob a tensão. Isto é análogo à forma de predeterminados pontos de relevo em tensão e contribui à falha reduzida da ferramenta de remoção de material.

As figuras 4A e 4B se referem à deformação observada quando do uso de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores. A figura 4A mostra uma representação esquemática de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores de concreto cementado. Essa ferramenta de remoção de material é substancialmente como mostrada e descrita com respeito às figuras 2 e 3. A figura 4A também mostra a ferramenta de remoção de material 400 com uma força aplicada (F) que simplesmente representa a força de impulsão para trás force. A força aplicada (F) é aplicada na extremidade de corte da ferramenta e produz a lateral deflexão. A

deformação angular D e o momento de flexão 402 são, ambos, mostrados na figura 4A. A ferramenta de remoção de material testada 400 tinha uma relação de 5:1. Foi assumido que o suporte 404 era rígido e a deflexão lateral foi medida usando um dinamômetro de Força de Kistler 9255A. A figura 4B é um gráfico de a força aplicada como uma função de deformação em duas direções para a ferramenta de remoção de material mostrada na figura 4A. A ferramenta de remoção de material foi medida a partir de duas direções: a primeira paralela à fenda-chave (ver as figuras 2 e 3) e a segunda 90° na fenda-chave. Como visto na figura 4B, o desempenho resultante da ferramenta de remoção de material é substancialmente o mesmo, isto é, com o erro de instrumento, para ambas as direções paralela e a de 90°.

As figuras 5A e 5B referem-se à deformação observada quando do uso de uma ferramenta de remoção de material formada de aço sólido. A figura 5A mostra uma representação esquemática de uma ferramenta de remoção de material 500 com uma haste de aço sólido. A figura 5B é um gráfico de a força aplicada como uma função de deformação em duas direções para a ferramenta de remoção de material mostrada na figura 5A. A ferramenta de remoção de material 500 foi testada sob as mesmas condições que aquelas para a ferramenta de remoção de material 400 in a figura 4A, e o mesmo regime de teste foi usado. Como visto na figura 5B, o desempenho resultante da ferramenta de remoção de material são substancialmente os mesmos, isto é, com o erro de instrumento, tanto para a direção paralela quanto a direção de 90°.

Comparando os resultados da figura 4B com aqueles da figura 5B, é visto que a ferramenta de remoção de material com espaçadores (figura 4A) requerer mais força para atingir a mesma magnitude de deflexão - 500 lb (2224,1 N) (para uma deformação de 0,003 polegadas (914,4 micrômetros) para a ferramenta de remoção de material com espaçadores, enquanto somente 300 lb (1334,5N) de força é necessária para a mesma deflexão na

ferramenta de remoção de material com uma haste de aço sólido (figura 5A). Em outras palavras, a ferramenta de remoção de material com espaçadores é aproximadamente uma e meia vezes para aproximadamente o dobro tão rígida quanto a ferramenta de remoção de material com aço sólido. Pode ser
5 concluído que a ferramenta de remoção de material com espaçadores será mais rígida que a ferramenta de remoção de material com aço sólido por aproximadamente a diferença no módulo de Young entre o material dos espaçadores e aquele de aço. Se diferentes materiais forem usados para diferentes espaçadores na mesma ferramenta de remoção de material, então a
10 predição/comparação da rigidez da ferramenta de remoção de material, em comparação com a ferramenta de remoção de material de aço, pode ser feita usando as equações de Euler-Bernoulli para vigas de dobramento e considerando o valor de variação de comprimento para o módulo de Young que aparece a partir do valor do módulo de Young dos espaçadores
15 individuais e da relação de distância da linha de gaiola.

A figura 6 é um gráfico de torque de flexão aplicado como uma função de angular deformação em duas direções para uma ferramenta de remoção de material com uma haste de aço sólido (legenda "aço sólido" e curvas indicadas com 600) e para uma forma de realização de exemplo de
20 uma ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado (legenda "arruelas de carbeto" e curvas indicadas com 602). As medições foram tomadas em paralelo a e em 90° com relação à fenda-chave, como descrito para as figuras 4B e 5B. Aqui, a ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado exibiu menor deformação
25 com torque de flexão mais alto aplicado, indicativo de uma ferramenta mais rígida. Para a mesma deformação, a ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado requereu aproximadamente uma e meia vezes o torque de flexão aplicado e é consistente com a diferença em propriedades de material entre a haste de aço sólido e a ferramenta enrijecida

com arruela de carbeto cementado.

Com referência à figura 6, a rigidez estática de uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado foi comparada com aquela de uma ferramenta de remoção de material com uma haste de aço sólido. Rigidez estática foi definida como a quantidade de momento de flexão (medida em in*lb), necessária para criar 1 minuto da deformação de adaptador angular. Os resultados são resumidos na Tabela 1:

Tabela 1: Rigidez Estática

Ferramenta de remoção de material com aço sólido	Ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado	Fator
3213 in*lb/min (363,02 N.m/min)	5528 in*lb/min (624,6 N.m/min)	1,7

A figura 7 ilustra uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material com espaçadores 700 operando para remover material a partir de uma peça de trabalho 702. Durante cada passagem da ferramenta de remoção de material com espaçadores 700, material é removido até uma profundidade-de-corte (DOC) e uma largura-de-corte (WOC). A profundidade-de-corte foi determinada para ser a profundidade máxima de material naquela largura que poderia ser removida por uma única passe da ferramenta de remoção de material sem observar "vibrações" - as vibrações que conduzem à deflexão da ferramenta e que tipicamente produzem uma frequência correlacionada com o(s) inserto(s) de corte que saltam para fora da peça de trabalho e então retornando ao contato e usinagem continuada. Cortes de fresagem de comparação foram conduzidos usando uma máquina de fresagem vertical HAAS VF6 (30 HP). Os parâmetros de fresagem foram:

Largura-de-corte: 1,0 polegada (2,54 cm)

Velocidade-de-corte: 400 sfm

Taxa de alimentação: 0,10 polegada por dente (ipt) (0,25 cm)

Os resultados deste teste são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Teste de Comparação de Corte por Fresagem

Parâmetro	Ferramenta de remoção de material com aço sólido	Ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado
Max. DOC	0,040 polegada (0,10 cm)	0,080 polegada (0,20 cm)

A ferramenta de remoção de material com espaçadores de carbeto cementado demonstrou uma profundidade duas vezes maior de corte em um ambiente isento de vibração ou ambiente substancialmente livre de vibração. O Teste de Comparação de Corte por Fresagem indica que a ferramenta de remoção de material com os espaçadores pré-carregados provêm uma capacidade de desempenho mais elevada para ferramentas de material de remoção com relações (comprimento para com diâmetro) de 4:1 a 8: 1 e sugere que ferramentas de material de remoção com relações mais altas demonstrarão resultados consistentes, por exemplo, desempenho substancialmente melhorados.

Embora a invenção tenha sido descrita em conexão com formas de realização preferidas da mesma, será apreciado por aqueles especializados na arte que adições, supressões, modificações, e substituições não especificamente descritas podem ser feitas sem fugir do espírito e escopo da invenção como definidos nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta de remoção de material, caracterizada pelo fato de compreender:

um alojamento em uma extremidade de conjugação;

5 uma extensão estendendo-se longitudinalmente do alojamento para uma extremidade distal;

uma pluralidade de espaçadores arranjados ao longo da extensão;

e

uma porca na extremidade distal da extensão,

10 em que a pluralidade de espaçadores é formada de um material que tem um módulo de Young maior que aproximadamente 1,5 vezes aquele de aço.

2. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma porção da pluralidade de espaçadores é formada de carbetto cementado.

15 3. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a porca aplica uma pré-carga compressiva sobre a pluralidade de espaçadores.

20 4. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que a porca é rosqueada na extremidade distal.

5. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que a pré-carga compressiva é aproximadamente 75% de uma carga de prova da porca rosqueada.

25 6. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que a porca aplica uma pré-carga de tensão sobre a extensão.

7. Ferramenta de remoção de material de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 6, caracterizada pelo fato de que compreende

uma tampa montada na extremidade distal da extensão, a tampa incluindo uma pluralidade de insertos de corte.

5 8. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que a tampa aplica uma pré-carga compressiva sobre a pluralidade de espaçadores.

9. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que os insertos de corte são insertos de travamento lateral.

10 10. Ferramenta de remoção de material de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 6 ou 7, caracterizada pelo fato de que a extensão é integralmente formada com o alojamento.

11. Ferramenta de remoção de material de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 6, 7 ou 10, caracterizada pelo fato de que os espaçadores são arruelas.

15 12. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que as arruelas têm um diâmetro externo e um diâmetro interno e o diâmetro externo varia de aproximadamente 1,33 até aproximadamente 2 vezes o diâmetro interno.

20 13. Ferramenta de remoção de material de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 6, 7, 10 ou 11, caracterizada pelo fato de que a porca é posicionada em torno da circunferência da extensão na extremidade distal e a ferramenta de remoção de material compreende uma tampa montada em uma seção transversal da extremidade distal da extensão, a tampa incluindo uma pluralidade de insertos de corte.

25 14. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que a porca aplica uma primeira pré-carga compressiva sobre a pluralidade de espaçadores e a tampa aplica uma segunda pré-carga compressiva sobre a pluralidade de espaçadores.

15. Ferramenta de remoção de material de acordo com qualquer

uma das reivindicações 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11 ou 13, caracterizada pelo fato de que o material da pluralidade de espaçadores tem um módulo de Young de aproximadamente 1,5 vezes até aproximadamente 2,5 vezes aquele de aço.

5 16. Ferramenta de remoção de material de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11 ou 13, caracterizada pelo fato de que o material da pluralidade de espaçadores tem um módulo de Young na faixa de aproximadamente 195,29 kgf/mm² (40 x 10⁶ lbf/in²) até aproximadamente 292,94 kgf/mm² (60 x 10⁶ lbf/in²).

10 17. Ferramenta de remoção de material de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11, 13, 15 ou 16, caracterizada pelo fato de que a ferramenta de remoção de material tem uma relação entre um comprimento de projeção e um diâmetro de aproximadamente 2:1 para aproximadamente 12:1.

15 18. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 17, caracterizada pelo fato de que a relação é aproximadamente 3:1 até aproximadamente 6:1.

20 19. Ferramenta de remoção de material de acordo com a reivindicação 17, caracterizada pelo fato de que o comprimento de projeção e um número da pluralidade de espaçadores arranjados ao longo da extensão variam entre ferramentas de material de remoção que têm diferentes comprimentos de projeção.

20. Método de fabricação de uma ferramenta de remoção de material, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

25 arranjar uma pluralidade de espaçadores ao longo de pelo menos uma porção de uma extensão, a extensão estendendo-se longitudinalmente de um alojamento da ferramenta de remoção de material para uma extremidade distal;

fixar uma porca em uma extremidade distal da extensão; e

pré-carregar a pluralidade de espaçadores em compressão,

em que a pluralidade de espaçadores é formada de um material

que tem um módulo de Young maior que aproximadamente 1,5 vezes aquele de aço.

21. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma porção da pluralidade de espaçadores é formada de carbetto cementado.

22. Método de acordo com a reivindicação 20 ou 21, caracterizado pelo fato de que pré-carregar a pluralidade de espaçadores em compressão inclui pelo menos uma primeira pré-carga compressiva contra fixação da porca.

23. Método de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que compreende montar uma tampa na extremidade distal da extensão, a tampa incluindo uma pluralidade de insertos de corte, e pré-carregar a pluralidade de espaçadores em compressão inclui uma segunda pré-carga compressiva sobre a pluralidade de espaçadores contra montagem da tampa.

24. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 20, 21 ou 22, caracterizado pelo fato de que a ferramenta de remoção de material tem uma relação entre um comprimento de projeção e um diâmetro de aproximadamente 2:1 para aproximadamente 12:1, e em que o comprimento de projeção e um número da pluralidade de espaçadores arranjados ao longo da extensão variam entre ferramentas de material de remoção que têm diferentes comprimentos de projeção.

25. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 20, 21, 22 ou 24, caracterizado pelo fato de que o material da pluralidade de espaçadores tem um módulo de Young de aproximadamente 1,5 vezes até aproximadamente 2,5 vezes aquele de aço.

26. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 20, 21, 22 ou 24, caracterizado pelo fato de que o material da pluralidade de espaçadores tem um módulo de Young na faixa de aproximadamente 195,29 kgf/mm² (40 x 10⁶ lbf/in²) até aproximadamente 292,94 kgf/mm² (60 x 10⁶ lbf/in²).

27. Método de usinagem de uma peça de trabalho, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

remover material a partir da peça de trabalho com uma ferramenta de remoção de material,

em que a ferramenta de remoção de material inclui um alojamento em uma extremidade de conjugação, uma extensão estendendo-se longitudinalmente do alojamento para uma extremidade distal, uma pluralidade de espaçadores arranjados ao longo da extensão, e uma porca na extremidade distal da extensão, e

em que a pluralidade de espaçadores é formada de um material que tem um módulo de Young maior que aproximadamente 1,5 vezes aquele de aço.

28. Método de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma porção da pluralidade de espaçadores é formada de carbetto cementado.

29. Método de acordo com a reivindicação 27 ou 28, caracterizado pelo fato de que a porca aplica uma pré-carga compressiva sobre a pluralidade de espaçadores.

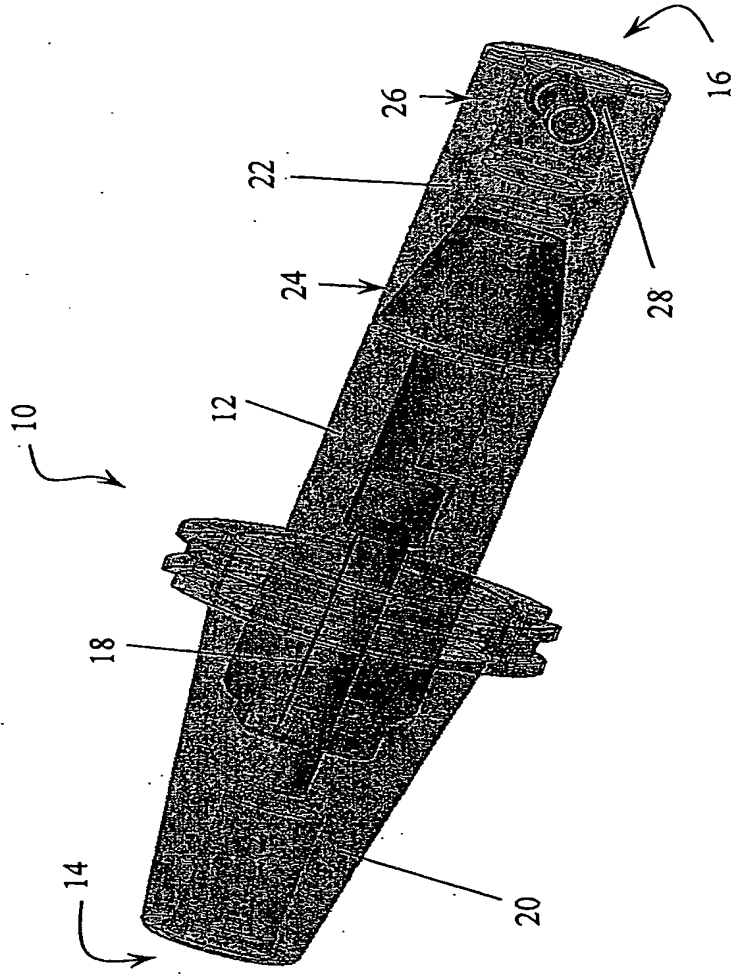
30. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 27, 28 ou 29, caracterizado pelo fato de que a peça de trabalho é formada de uma liga à base de titânio.

31. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 27, 28, 29 ou 30, caracterizado pelo fato de que remover material a partir da peça de trabalho com a ferramenta de remoção de material forma um componente estrutural de um veículo aeroespacial.

32. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 27, 28, 29, 30 ou 31, caracterizado pelo fato de que o material da pluralidade de espaçadores tem um módulo de Young de aproximadamente 1,5 vezes até aproximadamente 2,5 vezes aquele de aço.

33. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 27, 28, 29, 30 ou 31, caracterizado pelo fato de que o material da pluralidade de espaçadores tem um módulo de Young na faixa de aproximadamente 195,29 kgf/mm² (40 x 10⁶ lbf/in²) até aproximadamente 292,94 kgf/mm² (60 x 10⁶ lbf/in²)..

5



TECNICA ANTERIOR

FIG. 1

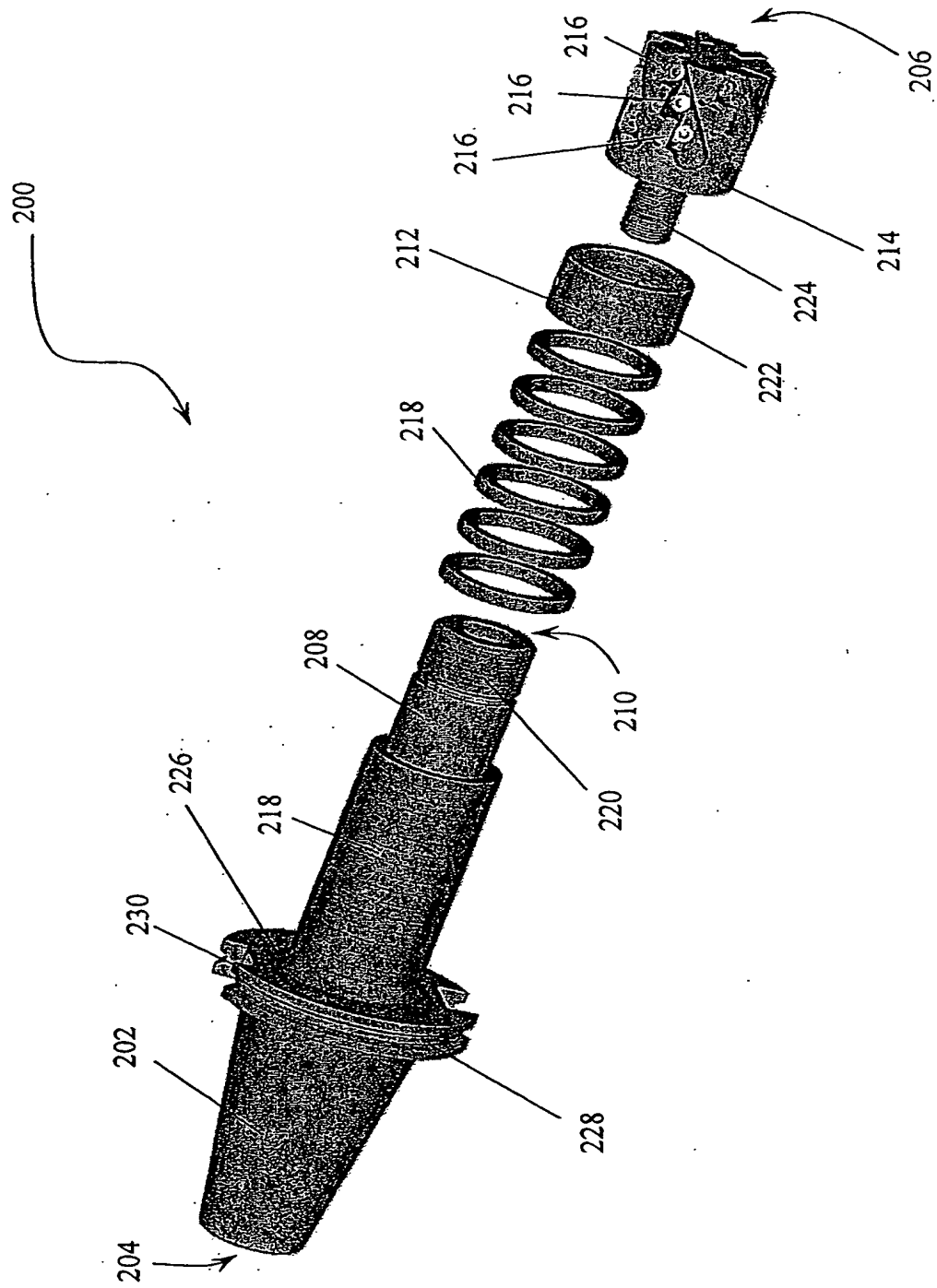


FIG. 2

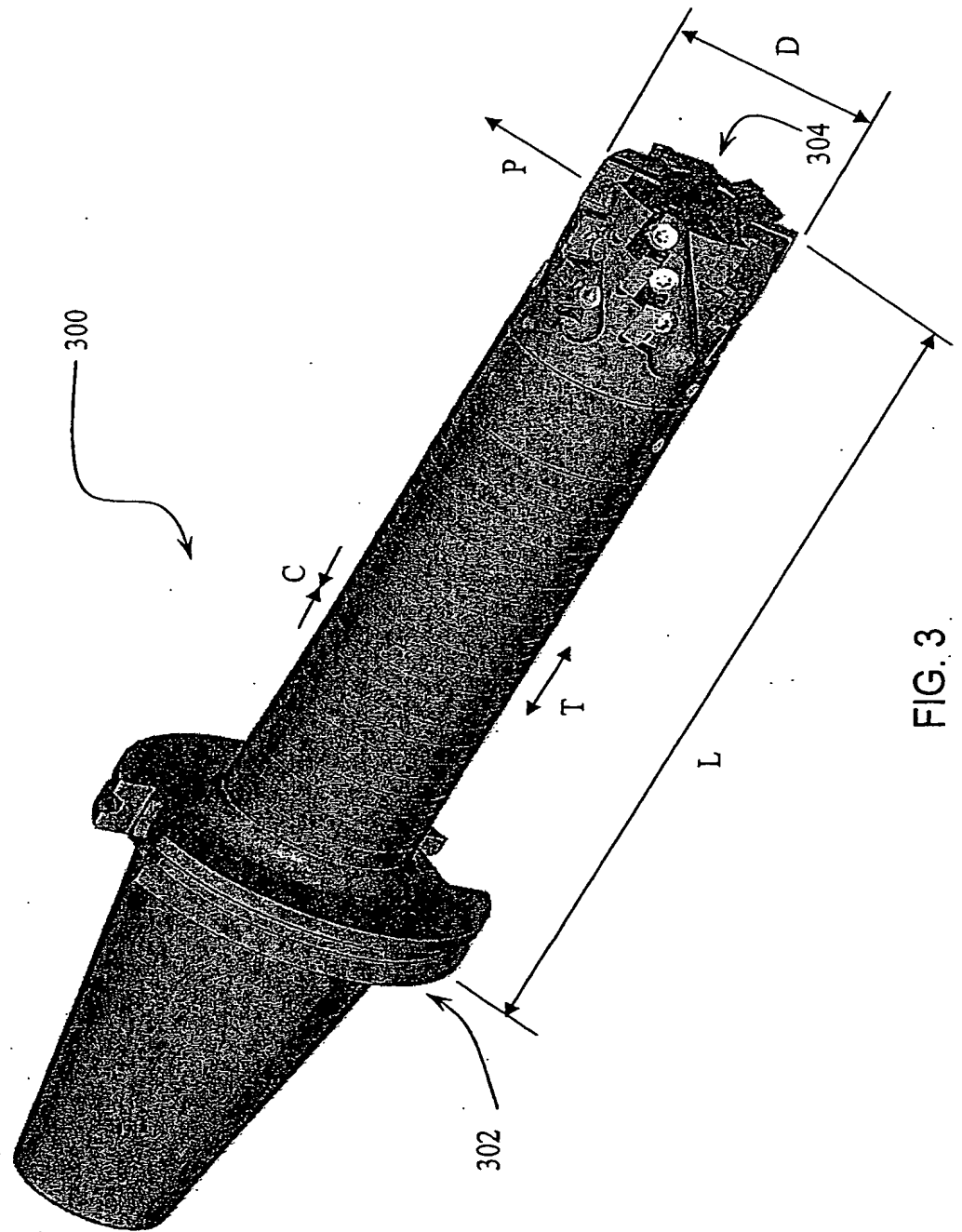


FIG. 3

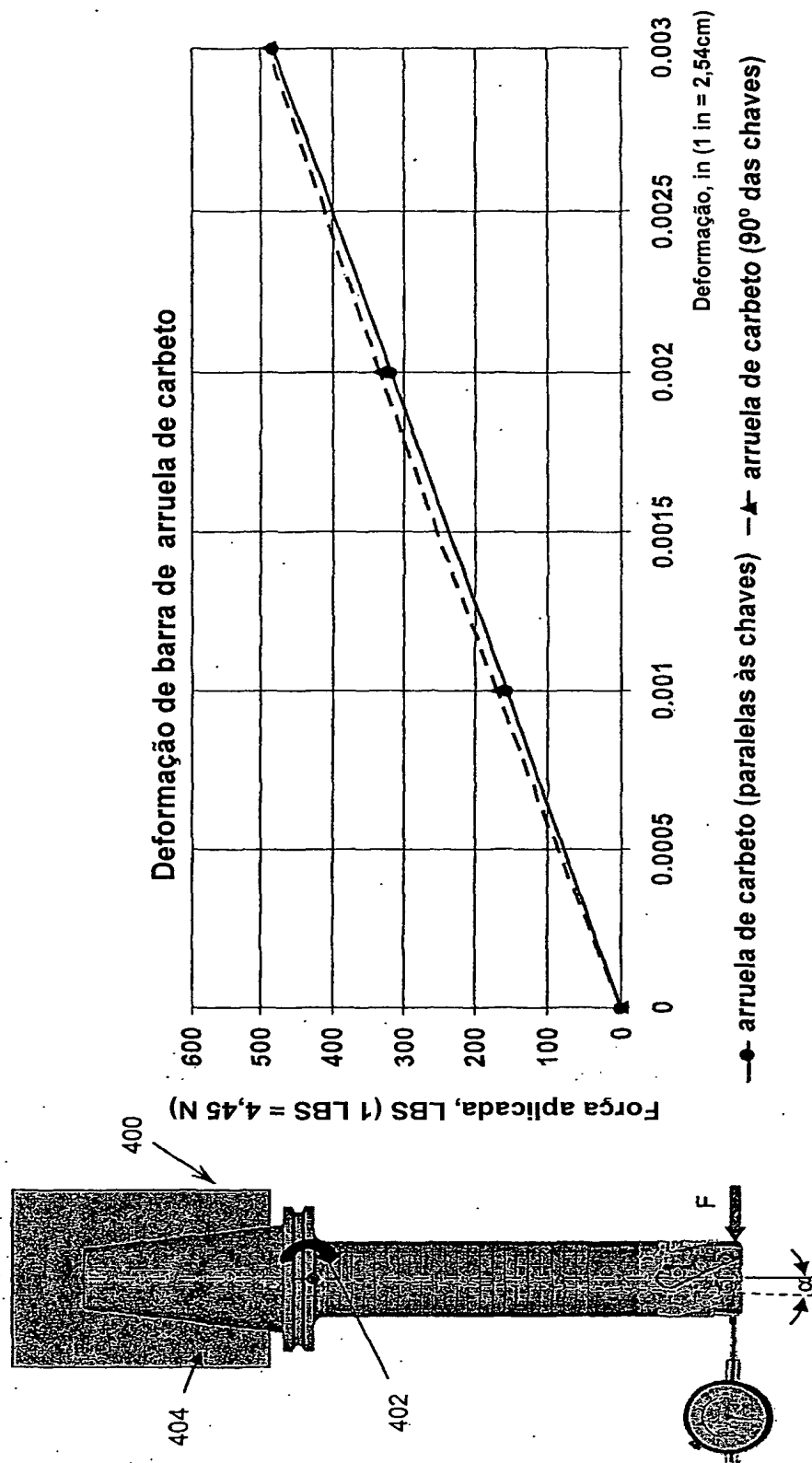


FIG. 4A

FIG. 4B

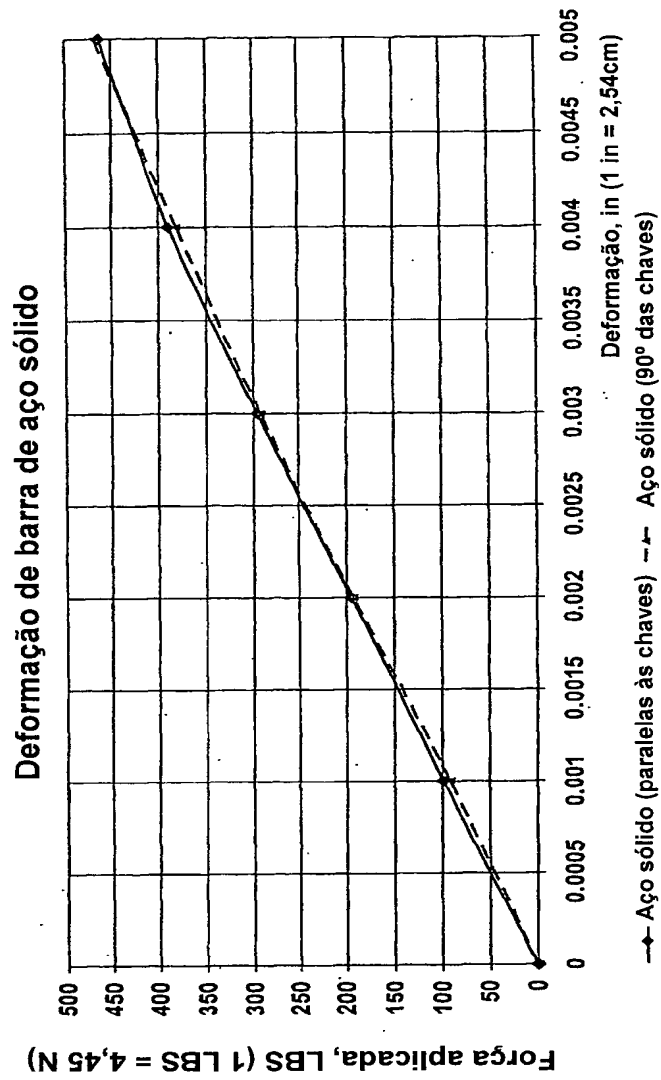
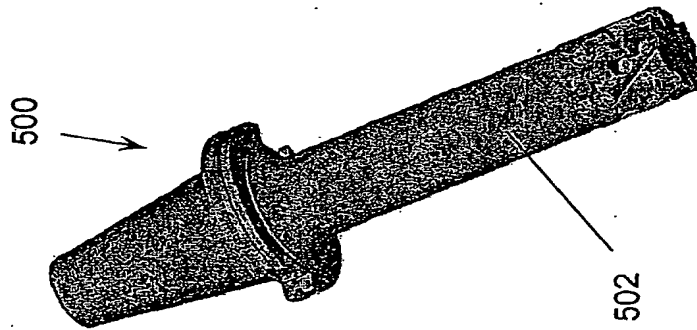


FIG. 5A

FIG. 5B

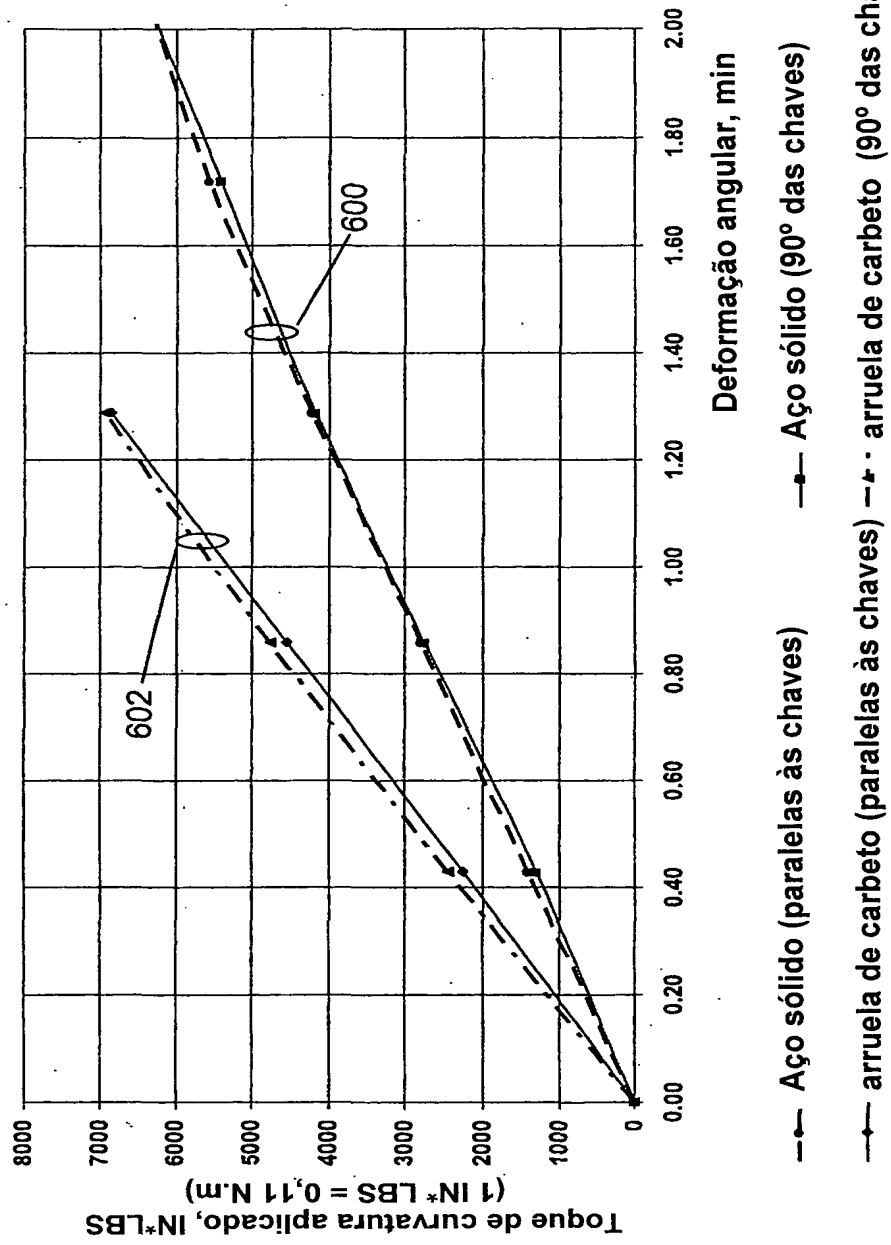


FIG. 6

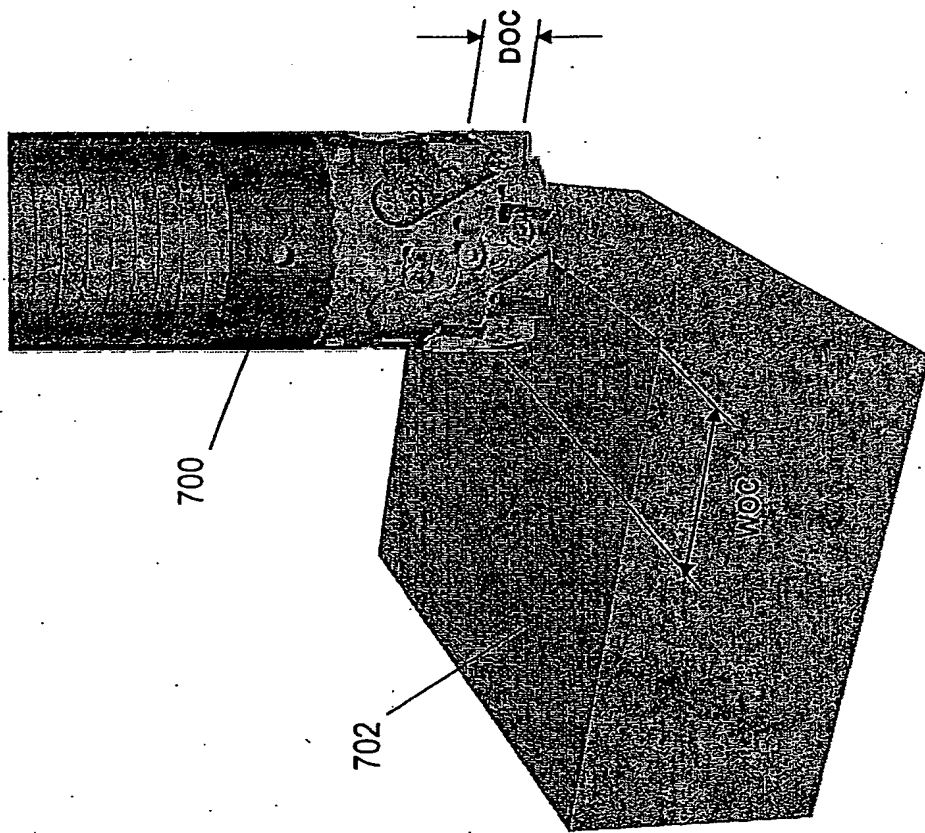


FIG. 7

RESUMO

“FERRAMENTA DE REMOÇÃO DE MATERIAL, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DA MESMA, E, MÉTODO DE USINAGEM DE UMA PEÇA DE TRABALHO”

5 Uma forma de realização de exemplo de uma ferramenta de remoção de material (200, 300) tem um alojamento (202) em uma extremidade de conjugação (204), uma extensão (208) estendendo-se longitudinalmente do alojamento (202) para uma extremidade distal (210), uma pluralidade de espaçadores (218) arranjados ao longo da extensão (208),
10 e uma porca (212) na extremidade distal (210) da extensão (208), em que a pluralidade de espaçadores (218) são formados de um material que tem um módulo de Young maior que aproximadamente 1,5 vezes aquele de aço. Os espaçadores (218) ao longo da extensão (208) da ferramenta (200) colocam o material mais rígido do em um local de resistência máxima a momentos de
15 flexão (isto é, módulos de seção mais altos). Opcionalmente, o pré-carregamento e os pontos de relevo "encaixados" contribuem para desempenho melhorado da ferramenta de remoção de material (200, 300). Um método de fabricação de uma ferramenta de remoção de material (200, 300) e um método de usinagem de uma peça de trabalho são também revelados.