



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

(21) PI 0718669-0 A2



\* B R P I 0 7 1 8 6 6 9 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 13/11/2007  
(43) Data da Publicação: 26/11/2013  
(RPI 2238)

(51) Int.Cl.:  
B23Q 1/28

(54) Título: APARELHO, SISTEMA E MÉTODOS PARA USINAGEM ISOTÉRMICA A SECO DE PEÇA DE TRABALHO E DISPOSITIVO DE MONTAGEM

(30) Prioridade Unionista: 08/11/2007 US 11/937.231, 13/11/2006 US 60/865.537

(73) Titular(es): Robert M. Jensen

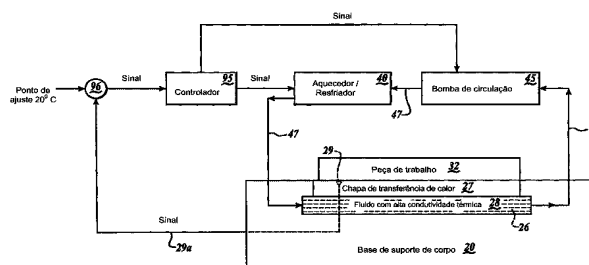
(72) Inventor(es): Robert M. Jensen

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT US2007084506 de 13/11/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/063991 de 29/05/2008

(57) Resumo: UM DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA USO DE UM SERVIÇO PROVIDO POR UM SISTEMA DE SERVIÇO REMOTO COMPREENDE UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO E UM APLICATIVO DE SELEÇÃO DE SERVIÇO. O sistema de comunicação recebe uma mensagem de serviço do sistema de serviço remoto. A mensagem de serviço compreende pelo menos um descritor de serviço. Cada pelo menos um descritor de serviço identifica um dentre pelo menos um serviço provido pelo sistema de serviço remoto. O aplicativo de seleção de serviço aplica pelo menos uma regra de contexto ao pelo menos um descritor de serviço, para determinar um dos serviços selecionado provido pelo sistema de serviço remoto. Aplicar a pelo menos uma regra de contexto pode compreender i) identificar fatores de contexto correntes do dispositivo portátil; e ii) identificar um dos serviços selecionado, identificando qual pelo menos um descritor de serviço está associado aos fatores de contexto correntes do dispositivo portátil. O aplicativo de serviço então aciona o sistema de comunicação para trocar dados com o sistema de serviço remoto para iniciar o uso de um dos serviços selecionados provido pelo sistema de serviço remoto.



10

## “APARELHO, SISTEMAS E MÉTODOS PARA USINAGEM ISOTÉRMICA A SECO DE PEÇA DE TRABALHO E DISPOSITIVOS DE MONTAGEM”

### CAMPO

A presente invenção se relaciona com suportes para peças de trabalho sendo usadas, principalmente em processos de usinagem a seco, e mais especificamente, com um aparelho, sistemas automáticos de controle e métodos para continuamente atenuar as vibrações de alta frequência e impedir o desenvolvimento de calor, em peças de trabalho com múltiplas várias partes, grandes, com seção transversal fina, contornadas e / ou com formato complexo, enquanto simultaneamente mantendo as peças de trabalho isotermicamente estáveis durante uma operação de usinagem e / ou de inspeção. Os sistemas isotérmicos de suporte de peça de trabalho da invenção reduzem os erros de usinagem surgindo a partir da vibração e do TCE devido à geração de calor da usinagem e resultam em usinagem com alta precisão, em curto tempo de trabalho em uma produção mais elevada de peças usinadas por acaso. O sistema da invenção também é aplicável para dispositivos para a montagem de peças de precisão de uma maneira que essencialmente elimina o desalinhamento de peças induzido pelo TSE por manter as mesmas isotermicamente isoladas durante a montagem. O sistema da invenção também é aplicável para impedir as distorções induzidas pelo TCE de armações de máquina e de mesas de fresagem a partir de motores de indução linear que geram extremas quantidades de calor. Um sistema magnético localizador também é revelado para ajudar na perfuração a cega e na rebiteagem por máquinas de rebite automático durante a montagem da asa e da fuselagem de componentes de aeronaves.

### ANTECEDENTE DA TÉCNICA

Na indústria de máquina operatriz de alta precisão, é vital rapidamente usinar todas as peças de trabalho para tolerâncias dimensionais justas com acabamento de superfície suave de uma maneira repetitiva. De particular interesse é a produção de peças de trabalho grandes, com seção transversal relativamente fina, contornadas e / ou complexas, rapidamente e repetidamente. Estes tipos de peças de trabalho são muito difíceis de suportar de forma rígida, de forma precisa e de forma barata, devido a elas serem, inerentemente, suscetíveis a vibração. A vibração é a vibração de alta frequência da superfície da peça de trabalho contra, por exemplo, a uma ferramenta de corte móvel ou rotativa. A vibração causa diferenças individuais de altura em cada passo da ferramenta através da superfície da peça de trabalho. Sempre que tais diferenças na altura ocorrem, um canto agudo ( $90^{\circ}$ ) é criado, em cada um dos quais são concentradas forças de tração estáticas, dinâmicas e cíclicas.

As concentrações de força podem iniciar tanto trincas por corrosão sob pressão como fadiga / corrosão na presença de corrosivo atmosférico. A trinca por corrosão sob tensão é um mecanismo de fratura progressivo nos metais que é causado pela interação simultânea de um corrosivo com uma força de tração constante durante o serviço. A fadiga indu-

zida por corrosão também pode causar um mecanismo de fratura alguma coisa similar que causa ruptura progressiva devido à carga de tensão cíclica durante o serviço. Ambos os mecanismos de fratura podem levar a uma falha catastrófica de uma peça de trabalho durante o serviço normal.

5 Tentativas anteriores de reduzir a vibração da peça de trabalho incluem modificações na própria peça de trabalho, bem como projetar novamente as geometrias das ferramentas de corte, os parâmetros de usinagem e as configurações de peça de trabalho. Nenhuma proporciona amortecimento de vibração de peças de trabalho com seção transversal fina ou controle de temperatura da peça de trabalho. Outras abordagens de redução de vibração incluem o uso de argila de modelagem, molas metálicas não lineares, amortecedores 10 a gás e hidráulicos, estruturas ressonantes reguladas e pré-carga mecânica. Tentativas de utilizar materiais elásticos contam com a compressão parcial de um material compatível, resultando em uma falta de rigidez ao suportar a peça de trabalho. Desde que a peça de trabalho não é mantida de forma rígida, profundidades mais rasas de corte em rotações 15 mais lentas da ferramenta, menores avanços e / ou menores taxas de alimentação são requeridas para usinar de forma limpa sem produzir ondulações ou ombros pontiagudos no acabamento de superfície.

Materiais compatíveis ou viscoelásticos possuem uma condutividade térmica muito baixa e atuam como isoladores de calor, ao invés do que como dissipadores de calor. Desde 20 que o processo de usinagem cria energia térmica, alguma parte da energia térmica se transfere para longe da peça de trabalho, à medida que lascas muito quentes são ejetadas a partir da peça de trabalho. Entretanto, na melhor das hipóteses, somente 75% da energia térmica é exportada para as lascas. A energia térmica remanescente é absorvida tanto pela ferramenta / eixo como pela peça de trabalho. Qualquer energia térmica remanescente que 25 não se transfira para a ferramenta / eixo se estabelece na peça de trabalho. Além disso, materiais compatíveis podem configurar um conjunto totalmente novo de frequências de oscilação na peça de trabalho. Assim, enquanto eles podem amortecer algumas frequências de vibração, eles podem configurar uma frequência de vibração diferente, tipicamente inferior, que possui um movimento de amplitude mais elevada na peça de trabalho. Onde o material viscoelástico é aplicado ao longo das bordas marginais exteriores da peça de trabalho, 30 ou uma quantidade insuficiente é utilizada, outras oscilações são estabelecidas, as quais não estavam presentes quando a peça de trabalho foi suportada sem o seu uso. Experiências apresentam que a combinação de tais métodos de redução de vibração, tanto prolongam os tempos de ciclo como concentram calor nas peças de trabalho. Devido às deficiências 35 de tais métodos anteriores de suporte anti-vibração da peça de trabalho, quantidades significativas de peças de trabalho rejeitadas são criadas, requerendo um novo trabalho manual oneroso com resultados ruins.

Tanto a vibração como o desenvolvimento térmico são exacerbados na usinagem “a seco”, onde nenhum refrigerante ou lubrificante é utilizado. A indústria aeroespacial utiliza peças de trabalho de máquinas a seco porque elas são muito grandes para usinar “por via úmida”. A maioria das peças de trabalho longas aeroespaciais são usinadas a seco a partir de alumínio, devido ao tamanho da peça variar em comprimento de 15,24 metros até 34,14 metros (de 50 pés até 112 pés). O alumínio possui uma alta Condutividade Térmica e um alto Coeficiente Térmico de Expansão (TCE ou CTE). Uma peça de trabalho de alumínio assimétrica, grande, fina, contornada, é na vida real um alvo móvel dimensional durante a usinagem. As taxas de expansão e de contração podem variar muito de uma peça de trabalho para a próxima.

Recentes especificações de precisão emitidas por companhias aeroespaciais domésticas e estrangeiras têm ditado que a espessura dessas peças de trabalho longas, finas, com superfície contornada, devem ser fabricadas para tolerâncias extremamente rígidas. Estas novas especificações exigem que a espessura de cada peça de trabalho individual seja medida em quaisquer pontos representativos para tolerâncias de alta precisão de mais ou menos  $\pm 0,008$  centímetros ( $\pm 0,003$  polegadas). Estas medidas e localizações devem ser gravadas de modo a atender os requerimentos contratuais. Esta nova especificação apresenta um problema com duas dobras: Primeiro, a própria máquina operatriz deve ser muito mais precisa e repetitiva. Em segundo lugar, as alterações de espessuras provocadas pelo TCE da peça de trabalho devem ser controladas para permanecerem dentro da tolerância dimensional como um todo. Atualmente, esta nova especificação de qualidade não é atendida pelos vendedores de fabricação de equipamento original (OEM) de componentes da armação estrutural.

Mesmo após a peça de trabalho inspecionada ser pendurada verticalmente entre as operações, ela esquenta até a temperatura ambiente. Se uma peça de trabalho de 15,24 metros (50 pés) for usinada a  $10^0$  C ( $50^0$  F), quando removida da mesa da máquina, ela esquenta, por exemplo, até  $20^0 \pm 1^0$  C ( $68^0 \pm 1^0$  F), a expansão total promovida pelo TCE de extremidade a extremidade é aproximadamente + 0,356 centímetros (+ 0,14 polegadas). Qualquer aspecto dimensional que estava inicialmente no centro da janela de tolerância de  $\pm 0,076$  centímetros ( $\pm 0,030$  polegadas), mas está localizado a mais do que 381 centímetros (150 polegadas, 12,5 pés) da extremidade de referência terá se expandido além da distância permitida a partir da extremidade. A peça de trabalho que era aceitável quando fria, se expandiu termicamente para um rejeito de baixa qualidade que não pode ser vendido, e deve ser novamente trabalhada ou inutilizada. Estas questões são exacerbadas pela adoção pela indústria aeronáutica da liga Alcoa 7075-B de alta resistência, desde que os problemas de vibração podem tornar a usinagem mais eficiente da liga A1 de alta resistência mais lenta, ao mesmo tempo em que o TCE induzido pelo calor da usinagem tornaria a precisão im-

possível.

Assim, permanece uma necessidade severa, urgente, e não satisfeita na técnica, de proporcionar uma solução para os problemas sérios e onerosos da expansão induzida pelo TCE pelo acionamento da fricção do cortador a seco da peça de trabalho, e da vibração  
5 peça interação do cortador / peça de trabalho que resulta em irregularidades de acabamento de superfície da peça de trabalho e erros de dimensão fora de especificação. Também existe uma necessidade de um sistema adaptável para uma ampla variedade de operações de usinagem em peças de trabalho com formatos complexos, tamanhos grandes e seções transversais finas, que ainda seja simples de instalar e operar, e seja relativamente barata,  
10 que possa ser ajustada para as máquinas operatrizes grandes anteriormente instaladas e possa ser utilizada para produzir peças usinadas a seco de alta qualidade, em um curto tempo de funcionamento e em uma produção maior, particularmente na indústria aeroespacial.

## INVENÇÃO

### Sumário, Incluindo Objetivos e Vantagens

15 A invenção é direcionada para um dispositivo isotérmico de amortecimento de vibração de alta frequência, de suporte e montagem de peça de trabalho, sistema de controle e métodos de operação, particularmente para a usinagem a seco de grandes peças de trabalho cuja precisão dimensional atende especificações mais rigorosas.

20 Na aplicação de suporte da peça de trabalho, o sistema da invenção é utilizado principalmente na usinagem a seco para substancialmente e de forma significativa reduzir a vibração da peça de trabalho, e para reduzir os erros de TCE por manter a peça de trabalho em uma temperatura pré-selecionada substancialmente isotérmica. Mais especificamente, a invenção se relaciona com um aparelho, com sistemas e métodos automáticos de controle  
25 para continuamente atenuar vibrações de alta frequência e impedir a formação de calor em grandes peças de trabalho com múltiplas partes com seção transversal fina, contornadas e / ou com formato complexo, enquanto simultaneamente mantendo as peças de trabalho isotermicamente estáveis durante as operações de usinagem, inspeção e / ou de montagem. Os sistemas de dispositivo de montagem / suporte isotérmico de peça de trabalho da invenção  
30 reduzem os erros de usinagem e / ou de montagem surgindo a partir da vibração e do TCE devido à geração de calor da usinagem e resultam em usinagem de alta precisão, com rendimento em menor tempo de trabalho em alta produção de peças usinadas ao acaso. A invenção é particularmente útil na usinagem a seco de peças grandes utilizadas na indústria aeroespacial, incluindo espaçonaves e aeronaves grandes ou pequenas, civis, comerciais e  
35 militares.

O sistema da invenção compreende o seguinte:

- Um Corpo de Suporte de Peça de Trabalho, compreendendo: um material rígido,

não viscoelástico, e substancialmente não compressível, não maleável, eletricamente não condutivo, possuindo excelente amortecimento de vibração de alta frequência e excelentes propriedades de ultra baixa condutividade térmica, como um suporte rígido com dimensões precisas para uma peça de trabalho, onde uma parte substancial deste corpo de suporte é mantida em contato íntimo com pelo menos uma superfície (neste documento, “Superfície Estabilizada”) da peça de trabalho;

- Um Sistema de Fixação, compreendendo: várias fixações mecânicas, ou de preferência, um Sistema de Fixação a Vácuo, compreendendo: condutos de vácuo formados ou colocados no corpo de suporte da peça de trabalho, e vedações, tubos de distribuição e tubulação adequada para uma ou mais bombas de vácuo para estirar e manter a Superfície Estabilizada da peça de trabalho em contato íntimo com um corpo de suporte da peça de trabalho e incluindo válvulas, medidores e sensores apropriados para monitorar e controlar o sistema de vácuo durante a configuração, operação e paralisação;

- Um Sistema Isotérmico de Resfriamento / Aquecimento, compreendendo: condutos, canais, ou sulcos formados ou colocados no corpo de suporte da peça de trabalho, ou associados com a superfície do corpo de suporte da peça de trabalho que está em contato com a Superfície Estabilizada da peça de trabalho, e vedações, tubos de distribuição e tubulação apropriada para uma ou mais unidades de aquecimento ou de refrigeração para uso com um refrigerante fluido não corrosivo para manter toda a peça de trabalho verdadeiramente isotérmica durante a usinagem, e incluindo válvulas, medidores, e sensores de temperatura apropriados para manter e controlar o Sistema Isotérmico durante a configuração, operação e paralisação; e

- Um Sistema Controlador, compreendendo: uma unidade de controlador programável, um console do operador incluindo entrada de dados e comandos, e um vídeo, vários condutores de entrada e saída, software operacional, um módulo de comunicações para monitoramento remoto e controle operacional, um dispositivo de gravação com memória, juntos funcionando para implementar a operação e o controle de todo o sistema.

- Opcionalmente, o sistema pode incluir: uma ou mais Chapas Auxiliares de Transferência de Calor, compreendendo um material moldável altamente termicamente condutivo, disposto intermediário à Superfície Estabilizada da peça de trabalho e ao corpo de suporte; a chapa (s) de transferência de calor pode incluir vedações e conexões de conduto ou sulco com um ou mais dentro o sistema de vácuo e o sistema de resfriamento, e sensores embutidos ou seguros juntos às chapas de transferência de calor para monitorar a performance durante a operação.

Os corpos de suporte de peça de trabalho da invenção permitem o suporte estrutural dimensional preciso, rígido, de peças de trabalho mantidas em posição em qualquer ângulo a partir da vertical para a horizontal. O corpo de suporte é disposto em contato íntimo

de superfície com pelo menos uma Superfície Estabilizada da peça de trabalho. A peça de trabalho é mantida de forma segura no local no corpo de suporte por vácuo. Ou seja, o sistema de vácuo de forma eficaz funciona como um “sistema de fixação completa de superfície” que mantém a peça de trabalho de forma uniforme por toda a área da peça de trabalho, mas, a partir do lado não trabalhado. Ao invés de possuir fixações espaçadas que proporcionam pressão não uniforme essencialmente pontual sobre a peça de trabalho como na técnica anterior, a montagem de suporte a vácuo da invenção mantém toda a peça através de toda a sua superfície junto ao corpo de suporte de peça de trabalho. Ao invés do suporte ou pega pontual, o sistema da invenção proporciona suporte estendido da superfície por sucção.

O corpo de suporte de peça de trabalho cobre uma maioria substancial da pelo menos uma face da peça de trabalho para criar uma Superfície Estabilizada. O corpo de suporte, de preferência, é uma superfície substancialmente contínua, contornada à medida que necessário para manter o contato íntimo de superfície com a peça de trabalho. Diferentes peças de trabalho podem possuir corpos de suporte dedicados, ou seja, corpos de suporte especialmente contornados para uma peça de trabalho particular, os quais são mantidos em estoque na instalação de usinagem para colocação na mesa da máquina operatriz à medida que necessário.

Em uma alternativa importante, o corpo de suporte pode ser feito modular com uma ou mais extensões, proporcionando acomodações para peças de trabalho com tamanhos, contornos e / ou formatos diferentes. Através deste sistema modular, uma lista limitada de corpos de suporte de peça de trabalho estocados pode ser misturada e combinada para proporcionar uma ampla faixa de cobertura de superfície pra um conjunto completo de peças de trabalho.

O corpo de suporte é eletricamente não condutivo, é moldável (por exemplo, por modelagem), possui uma condutividade térmica muito baixa, e é proporcionado como uma massa térmica relativamente grande, se comparado com a massa da peça de trabalho sendo usinadas. Sulcos de vedação encaixados com vedações, por exemplo, anéis em O, com configuração com esboço apropriado, por exemplo, cilíndrica, são proporcionadas nos corpos de suporte e nas extensões do corpo ou em chapas de transferência de calor, para definir na superfície do corpo de suporte ou das chapas, tanto portas de vácuo como de refrigerante líquido, sulcos, e condutos. Tipicamente, os sulcos são semi-circulares ou ligeiramente maiores (e em formato de C aberto) para reter o anel em O ou outro tipo de membros de vedação viscoelásticos que são encaixados por pressão dentro dos sulcos de vedação.

Vários condutos de vácuo em comunicação com as aberturas ou sulcos são proporcionados ou colocados no corpo de suporte ou nas chapas de transferência de calor para permitir a evacuação do ar atmosférico a partir de baixo da peça de trabalho. Em adição, o

sistema inclui pelo menos uma bomba de vácuo para extrair ar atmosférico para fora de baixo da peça de trabalho via os condutos de vácuo e as linhas de transferência de vácuo. As vedações comprimem para permitir que a peça de trabalho seja puxada para baixo para contato com a superfície associada do corpo de suporte, desse modo proporcionando uma fixação total da superfície da Superfície Estabilizada. Vários sulcos, canais, ou condutos expostos formados na face do corpo de suporte, permitem que um fluido refrigerante seja circulado em contato térmico íntimo com a peça de trabalho via as chapas de transferência de calor. A combinação da fixação a vácuo de toda a superfície com o resfriamento isotérmico, ambos no lado que não é de trabalho da peça de trabalho, cria a Superfície Estabilizada.

Entretanto, deve ser entendido que o sistema da invenção pode ser utilizado com uma mistura de fixação a vácuo e fixações mecânicas, ou o sistema isotérmico de resfriamento e o corpo de suporte podem ser utilizados em conjunto somente com um sistema de fixação mecânica. Onde a fixação mecânica é utilizada, vários elementos de fixação mecânica são dispostos em associação com a peça de trabalho para mecanicamente manter contato térmico íntimo entre uma peça de trabalho e a chapa de transferência de calor e o corpo de suporte, as fixações sendo arranjadas à medida que necessário para proporcionar boa cobertura da peça de trabalho.

As chapas de transferência de calor proporcionadas na, sobre, ou em associação com a face do corpo de suporte, funcionam para transferir energia térmica a partir da peça de trabalho para o fluido refrigerante circulante. Como no caso de aberturas ou sulcos de vácuo, o sistema refrigerante inclui vedações resilientes flexíveis adequadas, de preferência dispostas nos sulcos no corpo de suporte, ou inversamente, na chapa de transferência de calor, para lacrar e confinar o líquido refrigerante dentro dos sulcos ou condutos de refrigerante.

De preferência, as chapas de transferência de calor são confinadas à área dos sulcos de refrigerante na face do corpo de suporte, de modo que a Superfície Estabilizada da peça de trabalho "vê" na superfície associada do corpo de suporte uma série, padrão, ou arranjo de chapas de transferência de calor, debaixo das quais estão os sulcos de refrigerante. As chapas de transferência de calor lacram os sulcos de refrigerante, de modo que o refrigerante entra em contato com o lado de baixo das chapas de transferência de calor, ao invés de estarem em contato direto com a peça de trabalho.

O Sistema Isotérmico compreende: um fluido de alta condutividade térmica que flui através dos condutos de fluido que funcionam para transferir energia térmica para fora da peça de trabalho para o aquecedor / resfriador de fluido, ou inverso, para transferir calor do aquecedor / resfriador de fluido para a peça de trabalho; uma bomba de líquido para transferir o fluido com alta condutividade térmica a partir da unidade de aquecedor / resfriador atra-

vés das linhas de transferência de líquido para o corpo de suporte da peça de trabalho; um conjunto de linhas de transferência de líquido para facilitar a transferência de fluido.

O Sistema de Controle inclui: pelo menos um dispositivo de percepção de temperatura para medir a temperatura direta da própria peça de trabalho para proporcionar realimentação utilizada para calcular o grau de aquecimento ou de resfriamento requerido para o fluido de alta condutividade térmica manter a peça de trabalho isotérmica dentro de cerca de  $\pm -17,5^{\circ}$  C até  $-17,2^{\circ}$  C ( $\pm 0,5$  até  $1,0^{\circ}$  F), e um Controlador de Modelo Preditivo (MPC) para calcular e controlar a quantidade de aquecimento / resfriamento necessário para manter a peça de trabalho em uma temperatura isotérmica. Consoles de operador adequados com várias entradas e saídas são proporcionados à medida que necessários, por exemplo, painéis de vídeo, teclado, mouse, tela de ponto de toque, gravadores de dados, armazenamento magnético, e sistemas de comunicação para monitorar, relatar, arquivar e controlar o sistema em relação e a partir de um ou mais locais remotos.

Por consequência, percebido em combinação de seus elementos e aspectos, o sistema de suporte isotérmico de peça de trabalho da invenção é totalmente compatível com as operações atuais de máquina operatriz. Ele não requer alterações onerosas para a infraestrutura da máquina operatriz instalada ou conhecimentos de operadores, e ainda proporciona produção substancialmente aumentada e maior produtividade. Em adição, ele pode ser de forma compatível dimensionado, tanto em tamanho como em uso, com os cortadores operatrizes modernos de alta velocidade. Ao invés do que restrito a abaixo de 10.000 RPM, o sistema da invenção satisfaz os requerimentos aumentados de performance de maquinário de alta velocidade, permitindo a operação em velocidades de cortador de até a ordem de 30.000 RPM.

Em uma primeira concretização preferida do aparelho do sistema da invenção, a peça de trabalho é de forma rígida mantida na posição precisa junto ao corpo de suporte da peça de trabalho por vácuo, por fixações mecânicas ou por uma combinação de fixações por vácuo, e mecânicas. Este posicionamento preciso e proteção rígida garantem uma profundidade precisa do corte na peça de trabalho.

O material preferido do corpo de suporte é uma composição de polímero composta moldável de granulação fina, incluindo (na forma seca): a) uma base possuindo propriedades relativas ao cimento tal como um cimento de Portland, uma cinza pozolânica, e / ou coisa parecida; b) enchimentos, tal como um ou mais agregados, fibras e / ou coisa parecida; e c) um ou mais aglutinantes de polímero. Vários outros aditivos, tal como corantes, plastificantes, catalisadores, retardadores, fibras de reforço e / ou assim por diante, podem ser utilizados na mistura. A composição é misturada em temperatura ambiente com água, moldada em um molde no qual ela se forma em um corpo rígido. Os moldes podem ser especialmente configurados para peças de trabalho individuais, ou podem ser "blocos" básicos que

são então acabados / esmerilhados até a dimensão e aos contornos, incluindo os sulcos de refrigerante, as inserções com roscas, e assim por diante, à medida que necessário. Um composto de polímero preferido, conhecido como “concreto de polímero” possui a propriedade requerida (para o sistema da invenção) de rapidamente absorver as vibrações de alta frequência induzidas pela ferramenta via a Superfície Estabilizada da peça de trabalho. Cada corpo de suporte de composto de polímero é um verdadeiro “corpo morto de absorção de vibração”, ao contrário do metal que possui uma resposta lenta para a atenuação de vibração, bem como sendo um conduto para a propagação interna de vibração e reverberação refletiva dentro do próprio corpo de metal. Os materiais de composto de polímero utilizados no sistema da invenção não “soam” como metal (aço ferro fundido, alumínio, etc.) ou vidro. Juntas, a capacidade de fundição e de usinagem dos corpos de composto de polímero resultam em dimensões usinadas precisas e suaves para o acoplamento altamente preciso do contorno das peças de trabalho. Materiais do composto do polímero moldável adequados para os corpos de suporte da invenção incluem compostos de polímero comercialmente disponíveis, tal como composto de polímero da marca Anocast, a partir da ITW Polymer Castings Inc., o qual inclui resina de epóxi com alta resistência, agregado de quartzo e aditivos selecionados.

As chapas de transferência de calor de alta eficiência, ligas de Cu ou Al sendo preferidas, são empurradas para cima contra a Superfície Estabilizada da peça de trabalho para contato térmico íntimo. Aletas podem ser dispostas no lado de baixo da chapa de transferência de calor. As aletas são dimensionadas e configuradas para se encaixarem dentro dos sulcos de refrigerante na face do corpo de suporte. Anéis em O ou outros elementos de vedação são dispostos nas bordas dos sulcos ou canais para manter uma vedação de modo que o refrigerante não vaze e entre em contato com a peça de trabalho. Deve ser entendido que onde o termo “refrigerante” ou “resfriamento” é utilizado, o fluido pode aquecer ou esfriar a peça de trabalho à medida que necessário.

O fluxo do fluido refrigerante de preferência é controlado em uma taxa constante, mas pode variar à medida que as ferramentas progressivamente fiam sem fio ou se diferentes ferramentas forem utilizadas durante diferentes estágios de usinagem e produzirem diferentes saídas de calor. Se durante o ciclo de usinagem, o sensor de temperatura do controlador medir um aumento de temperatura, o MPC irá iniciar o aquecedor / resfriador para começar o resfriamento do fluido de transferência de calor. À medida que este fluido frio circula abaixo das chapas de transferência de calor, elas se tornam mais frias. À medida que a energia térmica de usinagem eleva a temperatura da peça de trabalho, um gradiente de temperatura começa a se ampliar. À medida que o gradiente se amplia, a energia térmica se transfere da localização do aquecedor na peça de trabalho para as chapas de transferência de calor do resfriador. A energia térmica continua a se transferir a partir das chapas para o

fluido refrigerante que é bombeado através dos sulcos e dali, via as linhas de transferência de fluido, para o aquecedor / resfriador, onde a energia térmica é transferida para o meio ambiente ou para outro dissipador (por exemplo, uma torre de resfriamento). À medida que o gradiente de temperatura se amplia, o MPC progressivamente requer uma temperatura de fluido menor e menor, a qual adicionalmente acelera a transferência de energia térmica. Este processo continua até que um equilíbrio seja alcançado, no qual o calor a partir da usinagem é transferido tão rápido quanto ele é gerado, para manter a temperatura da peça de trabalho o mais próximo quanto for possível de um datum pré-selecionado, por exemplo, 20<sup>o</sup> C (68<sup>o</sup> F). Assim, o sistema da invenção mantém a peça de trabalho isotérmica através de uma ampla faixa de diferentes tamanhos e configurações de peças de trabalho, cortadores, velocidades, alimentações e profundidades da usinagem de corte, e vários outros tipos de operações de usinagem.

O sistema e método de suporte isotérmico de peça de trabalho da invenção resulta na criação de um acabamento de superfície suave na peça de trabalho, o qual não requer novo trabalho manual subsequente e os custos de produção associados. Eliminar o novo trabalho manual elimina a nova inspeção obrigatória e seus custos de produção associados. O sistema de suporte isotérmico de peça de trabalho proporciona suporte contínuo ao longo do lado de trás da peça de trabalho, o qual mantém peças de trabalho com seção transversal fina de forma rígida e assim, de forma muito precisa durante a usinagem. Assim, o controle muito preciso da espessura da peça de trabalho pode ser obtido.

Como resultado, o sistema da invenção permite que a máquina faça profundidades maiores de um corte em velocidades mais rápidas, desse modo reduzindo tanto os tempos de ciclo como os custos. Por aumentar a rigidez e a precisão, o sistema da invenção também acentua a precisão dimensional da peça de trabalho e a capacidade de repetição como um todo da operação de usinagem. Isto aumenta a qualidade da peça de trabalho individual e a consistência de funcionamento de múltiplas mesmas peças. O sistema de suporte isotérmico de peça de trabalho da invenção permite usinar a peça de trabalho para satisfazer ou exceder a tolerância dimensional a cada momento. Outra vantagem da invenção é que ela é o método mais efetivo para cortar custos de produção e é o caminho mais confiável para proporcionar o método de produção com o custo mais baixo possível.

Outra vantagem da invenção é que ela mantém a temperatura da peça de trabalho constante (isotérmica) durante a usinagem. Isto impede a variação da TCE termicamente induzida, surgindo a partir de todas as fontes possíveis, de afetar a peça de trabalho, levando a mesma para fora dos limites de tolerâncias dimensionais permitidas. A invenção é objetiva, pelo fato de que ela se ajusta à indústria de máquinas operatrizes atualmente instalada sem componentes complexos, de ordem especial, ou não disponíveis. Os versados na técnica podem prontamente entender que os componentes do sistema da invenção têm sido

individualmente comprovados no contexto de outros usos, e são comercialmente disponíveis. Em adição, o custo de montagem, de instalação e de operação do sistema da invenção é mínimo comparado com o custo de uma peça de trabalho grande de refugo onerosa.

5 O sistema da invenção é efetivamente imediatamente operacional quando instalado. Quando do começo de usinagem de um novo projeto ou nova configuração de peça de trabalho, existe um "período de auto-ajuste inicial" do sistema da invenção. Neste período de ajuste, um aumento temporário de temperatura de  $-16,111^{\circ}\text{C}$  até  $-15^{\circ}\text{C}$  ( $3^{\circ}\text{F}$  até  $5^{\circ}\text{F}$ ) acima da temperatura padrão isotérmica desejada da peça de trabalho, pode ocorrer de modo que o controlador pode quantificar e mapear a resposta térmica deste tipo de peça de trabalho para o processo de usinagem particular que está sendo feito na mesma. Desde que os cortes iniciais são para desbastar a peça, as alterações do TCE acompanhantes nas dimensões na peça de trabalho não são significativas ou relevantes para os estágios de precisão seguintes de usinagem.

15 Uma vez que a configuração é ajustada através de uma única peça de trabalho, não é necessário sujeitar peças de trabalho similares ou idênticas subseqüentes a uma etapa de ajuste inicial. A CPU do MPC recebe os dados de perfil térmico à medida que o corte progride e estes dados são utilizados para mapear a resposta térmica, cujos resultados são uma das entradas para a base de dados do MPC e do algoritmo do programa de aplicações que controla a operação do sistema refrigerante, por exemplo, ciclo da bomba e fluxo volumétrico de fluido refrigerante para manter a peça de trabalho em condições isotérmicas. Depois disso, durante a operação normal, o controlador do sistema da invenção continuamente se adapta a todas as alterações requeridas para manter a temperatura da peça de trabalho, tal como quando os cortadores progressivamente se tornam sem fio. Este processo de auto-ajuste não interrompe a produção, de modo que a produtividade é aumentada.

20 Apesar da descrição abaixo ser relacionar, a título de exemplo, com uma máquina com três eixos geométricos, deve ser entendido que o sistema da invenção é facilmente adaptado para um sistema com cinco eixos geométricos, no qual a peça de trabalho pode ser girada em pelo menos dois eixos geométricos. Em adição, enquanto o sistema da invenção é descrito, por exemplo, como utilizando um único sensor de temperatura tocando a peça de trabalho para medição direta de temperatura, com seu sinal sendo enviado para o controlador como totalmente representativo do perfil térmico de toda a peça de trabalho (uma única entrada de temperatura permite o uso de um sistema de controle simples), múltiplos sensores de temperatura ou sensores diferentes de dispositivos de temperatura resistivos de contato (RTD) ou termopares, podem ser utilizados, e podem ser preferidos para algumas configurações de peça de trabalho.

30

35

Outra vantagem da invenção é que ela é prontamente extensível para três dimensões e qualquer grupo de formatos de corpo de suporte que possam ser necessários ou

desejados para manter peças de trabalho similares. O sistema da invenção pode ser rapidamente construído em dias, ao invés de um tempo de processo de várias semanas atualmente requerido para construir dispositivos grandes e complexos de aço ou alumínio como os suportes de peça de trabalho para peças grandes. Outra vantagem é que o ferramental do cortador irá durar mais desde que as bordas afiadas das ferramentas não estão sendo marteladas pela exposição a uma vibração constante. Todas as vantagens do sistema da invenção de forma cumulativa eliminam a necessidade de manualmente novamente trabalhar uma peça de trabalho inaceitável (rejeito) de volta para a especificação de acabamento de superfície e eliminação de uma etapa adicional de nova inspeção. Objetivos e vantagens adicionais desta invenção irão se tornar aparentes a partir de uma consideração dos desenhos e da descrição relacionada.

Assim, em contraste com a técnica anterior, o sistema da invenção emprega um suporte de peça de trabalho de concreto de polímero que proporciona formação mais rápida de formatos complexos para se conformarem de forma precisa com uma ampla variedade de formatos de peça de trabalho, proporciona suporte rígido preciso da peça de trabalho através de grandes áreas, utiliza um fluido circulante no suporte da peça de trabalho para aquecer ou esfriar as chapas de transferência de calor com alta eficiência em contato com a peça de trabalho via a condução, a peça de trabalho pode ser mantida de forma rígida no local para usinagem por um arranjo de fixações mecânicas espaçadas ou, de preferência, por um sistema de sucção a vácuo de Superfície Estabilizada plena, e um sensor de temperatura de condução do tipo por contato único pode ser utilizado para de forma precisa medir a temperatura da peça de trabalho diretamente, desse modo simplificando a operação do sistema de controle de resfriamento / aquecimento isotérmico.

O sistema de suporte de peça de trabalho isotérmico da invenção também é aplicável para dispositivos isotérmicos para montagem de componentes de precisão aeroespaciais. Neste Pedido, corpos de suporte especialmente configurados para suportar elementos individuais na localização precisa com respeito um ao outro (dispositivos) para perfuração, rebiteagem, colagem, soldagem, e assim por diante, são proporcionados em uma montagem de dispositivo, utilizando tanto os condutos isotérmicos especiais como os aspectos de fixação por vácuo revelados acima.

O sistema isotérmico da invenção também é aplicável para proporcionar insertos, blocos de retenção, para magnetos de motores de indução linear utilizados em máquinas fresadoras grandes do tipo pórtico, tanto em ímãs permanentes como em eletroímãs na mesa da máquina estacionária e / ou nos pórticos itinerantes. Os condutos de resfriamento e as chapas de transferência de calor, em combinação com os sistemas de circulação de fluido refrigerante, com as bombas e com os controladores, de forma eficiente extraem a energia térmica desenvolvida pelos ímãs, impedindo o calor de migrar através da armação da má-

quina, para as superfícies datum de referência e dali para as peças de trabalho.

Para endereçar o problema de alterações de TCE afetando perfurar furos cegos a partir da superfície exterior de um componente aeroespacial, tal como um revestimento de asa em longarinas de suporte estrutural, longarinas da asa, etc., um sistema localizador magnético é revelado, o qual permite máquinas robóticas automáticas de rebitagem, precisamente localizar as linhas centrais das longarinas, as longarinas de asa e de outros componentes, de modo que possa ser feito ajuste dinamicamente aos padrões de perfuração pré-estabelecidos para compensar a expansão ou a contração das peças promovidas pelo TCE durante a montagem.

Será evidente para os versados na técnica que os sistemas e métodos da invenção podem ser facilmente adaptados para uma ampla faixa de aplicações específicas, todas as quais sendo pretendidas de serem abrangidas dentro do escopo desta invenção.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Os objetivos, aspectos, e vantagens da presente invenção irão se tornar mais apreciados à medida que eles se tornem melhor entendidos quando considerados em conjunto com os desenhos acompanhantes, nos quais caracteres de referência iguais designam a mesma parte ou partes similares por todas as várias vistas, e onde:

A FIG. 1A é uma vista plana de cima de um suporte de peça de trabalho de acordo com uma concretização da presente invenção apresentando uma peça de trabalho mantida de forma vertical;

A FIG. 1B é um esquema de um sistema de controle ilustrativo pra o sistema de suporte e montagem de peça de trabalho da invenção, neste exemplo, um circuito de controle de temperatura de realimentação negativa;

A FIG. 2 é uma vista em seção de elevação vertical do suporte da invenção da FIG. 1 A ao longo das linhas 2-2 apresentando um corpo de suporte vertical, a peça de trabalho, elementos de transferência de energia térmica, linhas internas de vácuo, e elementos de fixação;

A FIG. 3 é um fluxograma apresentando uma sequência de etapas seguidas quando uma peça de trabalho orientada de forma vertical tem a temperatura estabilizada durante uma usinagem e um ciclo de inspeção de dimensão de acordo com o método da invenção;

A FIG. 4 é um fluxograma apresentando a sequência de etapas seguidas quando uma peça de trabalho orientada de forma horizontal tem a temperatura estabilizada durante uma usinagem e um ciclo de inspeção de dimensão de acordo com o método da invenção;

A FIG. 5 é uma vista em seção vertical de uma terceira concretização alternativa da presente invenção em seus aspectos de montagem isotérmica pegos ao longo das linhas 5-5 na FIG. 6, apresentando um suporte de peça de trabalho com os elementos móveis de extensão, superior e inferior, mantendo uma lâmina vertical em orientação para montagem

junto às cordas e às nervuras da longarina da asa;

A FIG. 6 é uma vista em seção horizontal da terceira concretização alternativa da FIG. 5 pega ao longo da linha 6-6 na FIG. 5, apresentando um suporte de peça de trabalho com extensões móveis em ambas as posições, retraída e estendida;

5 A FIG. 7 é uma vista em elevação final de uma quarta concretização alternativa da presente invenção, apresentando várias longarinas horizontais, de forma precisa alinhadas com uma peça de trabalho do painel de revestimento via o corpo de suporte de peça de trabalho, os elementos de transferência de energia térmica e as linhas internas de vácuo;

10 A FIG. 8 é uma vista em elevação final de uma quinta concretização alternativa da presente invenção, apresentando uma mesa da máquina possuindo uma montagem de transferência de energia térmica invertida de modo que a mesa da máquina é mantida isotérmica e ela suporta uma concretização alternativa da presente invenção, que suporta a peça de trabalho; e

15 A FIG. 9 é uma vista em elevação final de uma sexta concretização alternativa da presente invenção, apresentando os elementos de transferência de energia térmica adjacentes a ambas as metades, de cima e de baixo, de um motor de indução linear.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DOS MELHORES MODOS ATUALMENTE CONHECIDOS PARA REALIZAR A INVENÇÃO

20 A descrição detalhada seguinte ilustra a invenção a título de exemplo, não a título de limitação do escopo, dos equivalentes ou dos princípios da invenção. Esta descrição permitirá claramente que os versados na técnica fabriquem e utilizem a invenção, e descreve várias concretizações, adaptações, variações, alternativas e usos da invenção, incluindo o que é atualmente acreditado como sendo os melhores modos para realizar a invenção. Em particular, a invenção é apresentada em várias concretizações, cada uma sendo aplica-  
25 ções ilustrativas do melhor modo de sistema e do método da invenção como aplicados para uma tarefa de usinagem específica ou tipo de operação.

A este respeito, a invenção é ilustrada em várias figuras, e é de complexidade suficiente que as várias peças, inter-relações, e sub-combinações da mesma simplesmente não possam ser totalmente ilustradas em uma único desenho do tipo patente. Para clareza e  
30 exatidão, vários dos desenhos apresentam em esquema, ou omitem, partes que não são essenciais neste desenho para uma descrição de uma característica, aspecto ou princípio particular da invenção sendo revelado. Por consequência, a concretização de melhor modo de um aspecto pode ser apresentada em um desenho, e o melhor modo de outro aspecto será apresentado em outro desenho.

35 Primeira Modalidade, Usinando Peças de Trabalho Planas e Complexas

As Figs. 1A, 1B e 2 apresentam o aparelho do sistema de suporte de peça de trabalho da invenção 10 suportando uma peça de trabalho em formato de L invertido 32 em uma

orientação vertical para usinagem (máquina de fresagem e o cortador do ferramental não são apresentados). O sistema da invenção inclui a montagem de corpo de suporte 12, o sistema de fixação a vácuo / mecânico 14, e um sistema de controle térmico de sistema fechado 16.

5 A montagem de corpo de suporte 12 inclui um corpo de base 20 disposto para se apoiar sobre e ser seguro junto a uma mesa móvel ou estacionária de uma máquina de fresagem 71 pelos parafusos 102, com a peça de trabalho 32 permanecendo em sua parte de perna 32a por sua extremidade de encaixe 32b. A extremidade 32b é retida pela fixação de encaixe 25 segura junto ao corpo de base pelo parafuso de porca 33. O corpo de suporte 21  
10 e a extensão do corpo 22 são alinhadas em acoplamento correspondente uma acima da outra e ao adjacentes à face 32c da parte de perna 32b. Dependendo da configuração da peça de trabalho, a extensão pode ser em múltiplas peças, com o corpo sendo 20, enquanto tanto 21 como 22 são extensões. O corpo 21 e a extensão do corpo 22 possuem vários furos passantes escareados inteiriços 23 que acomodam parafusos de contenção (não apresentados para clareza) para ancoragem dentro dos insertos com rosca 23a moldados ou  
15 colocados no membro de corpo de base 20. Juntos, o corpo de base, o corpo e as extensões, de forma segura e de forma rígida suportam a peça de trabalho em formato de L invertido 32 na orientação vertical.

O corpo de suporte 21 e a extensão 22 suportam a perna 32a por um sistema de fixação a vácuo e / ou mecânico 14. A fixação a vácuo é implementada via vários condutos  
20 de vácuo 24 inteiriços para ambos os corpos. Vários sulcos de vedação 31, geralmente semicirculares em seção transversal, são usinados ou colocados inteiriços nos corpos 21, 22, adjacentes às bordas marginais e contêm os membros de vedação elásticos 30. Estas vedações 30, 31 formam um perímetro ao redor de várias chapas de transferência de calor 27. Trabalhando juntos, as vedações cilíndricas elásticas 30, os sulcos de vedação cilíndricos  
25 31, os condutos de vácuo 24 e a montagem de tubo de distribuição de vácuo 24a, 24b, 24c, 24d, e 24e, permitem que a bomba de vácuo 44 evacue o ar a partir do lado de trás da peça de trabalho 32. A barra de fixação 25 também ajuda a manter a peça de trabalho 32 no local. Assim, vários elementos de fixação a vácuo e mecânicos estão localizados ao longo de  
30 pelo menos uma face do comprimento horizontal da peça de trabalho 32.

A montagem isotérmica de circuito fechado compreende vários sulcos de fluido, canais ou condutos 26 no corpo 21 e na extensão 22. Estes canais de fluido, apresentados a título de exemplo como sulcos em formato de V, são dispostos na orientação horizontal, paralela, separada. A face aberta de cada sulco é fechada com uma chapa de condução de  
35 calor ou de transferência de calor 27, cuja face externa 27a é mantida em contato de acoplamento íntimo com a face da peça de trabalho 32c pela pressão do fluido e pela fixação a vácuo. As chapas de transferência de calor 27 podem incluir uma ou mais aletas 43 que se

projetam para dentro do sulco para ajudar na transferência de calor. Um fluido com alta condutividade térmica 28 é circulado através de cada um dos condutos de fluido 26, de todos os elementos do radiador térmico 43 e em todas as chapas de transferência de calor 27. As linhas de transferência de fluido 47 e a bomba de circulação 45 formam um circuito de circulação de líquido em circuito fechado que move o fluido 28 continuamente através do aquecedor / resfriador 40 para termicamente aquecer ou esfriar o fluido 28 para manter a peça de trabalho 32 em uma temperatura isotérmica. A temperatura real em tempo real da peça de trabalho é monitorada por um dispositivo de percepção de temperatura 29 (sensor) que envia um sinal de entrada para a junção do controlador de temperatura 96 do controlador 95 (veja a FIG. 1B).

Juntos, o sistema de fixação a vácuo e o sistema de aquecimento / resfriamento de circuito fechado, de forma rígida e de forma isotérmica, estabilizam a peça de trabalho; a face 32c é chamada de Superfície Estabilizada. A face oposta, 32d, é a face de trabalho, fresada pela ferramenta. Este dispositivo é o que é conhecido na indústria como um dispositivo de “carga única”. Uma vez que a peça de trabalho seja carregada, todas as operações de fresagem são executadas em operações sequenciais em múltiplas faces da mesma peça de trabalho, nesta posição. Assim, a face 32d é fresada cerca de 1 / 3 para baixo a partir do canto de cima com 90 graus. A face pequena 32e ou borda distante perpendicular a 32c também é fresada.

A FIG. 1B é um diagrama de blocos esquemático de um sistema de controle ilustrativo tanto para o sistema de suporte de peça de trabalho da invenção durante a usinagem como durante um processo de montagem. Neste exemplo, a Figura 1B esboça um circuito de controle de processo de realimentação negativa, consistindo de um Ponto de Ajuste de temperatura desejada, como indicado por uma seta no lado esquerdo, 20<sup>0</sup> C (68<sup>0</sup> F), a título de exemplo. Uma junção de soma 96 que emite um sinal representativo da diferença entre a temperatura do ponto de ajuste e o sinal de temperatura da peça de trabalho a partir do dispositivo de percepção 29 via a linha 29b. Este saída de sinal de diferença de temperatura é enviada para a entrada do controlador de modelo preditivo 95, o qual processa e envia um sinal de controle de modulação para o aquecedor / resfriador 40. O aquecedor / resfriador 40 aquece ou esfria o fluido com alta condutividade térmica 28, o qual flui via a bomba de circulação 45 através dos condutos de fluido 47 a partir e para os condutos 26 no corpo da peça de trabalho 20. As chapas de transferência de calor 27 entram em contato com a peça de trabalho para manter a mesma isotérmica. O dispositivo de percepção de temperatura 29 envia um sinal através dos condutores 29a de volta para a junção de soma 96. As linhas de vácuo para reter a peça de trabalho 32 em posição para a usinagem não são apresentadas para clareza. O controlador também envia sinais apropriados de taxa de ativado / desativado / bombeamento para a bomba 45. À medida que os sinais de desvio de temperatura e de

Ponto de Ajuste continuam a ser recebidos, o MPC 95 continuam a modular o sinal para o aquecedor / resfriador 40 e para a bomba 45 para manter a temperatura da peça de trabalho 32 o máximo possível isotérmica. Obviamente, os versados na técnica de controles irão reconhecer que é uma questão objetiva aplicar qualquer um dentre uma série de sistemas de controle comercialmente disponíveis para o sistema da invenção, e que tais sistemas de controle são facilmente configurados, ou outros, projetados, para esta aplicação específica.

A Fig. 2 é uma vista em seção vertical do aparelho da FIG. 1, apresentando o corpo 20 e a extensão do corpo 21 suportando a peça de trabalho 32 na orientação vertical. Somente um único conjunto de elementos de fixação é apresentado a título de ilustração. Um bloco de fixação de encaixe 25 (bloco do lado traseiro) é mantido pelo parafuso de porca 33 na posição apropriada junto ao lado traseiro da face do encaixe 32b. O cilindro 34, no corpo de base 20, estende ou retrai um eixo 35 que move uma junção esférica 36. Estes elementos giram um suporte angular de fixação do encaixe do lado frontal 38 ao redor da boca de articulação arredondada 37 junto à face exterior do encaixe 32b para completar a fixação a partir do lado frontal (esquerda na Fig. 2). O corpo 21 possui vários furos passantes escareados 23, os quais permitem que parafusos de contenção (não apresentados para clareza) ancorem junto ao suporte do corpo de base 20. Também é apresentado o dispositivo de percepção de temperatura 29 (disposto no sulco 29a), o qual mede a temperatura da peça de trabalho 32.

#### Operação

Em operação, o método de acordo com a presente invenção para usinar superfícies verticais de uma peça de trabalho de alumínio de aeronave extrusada em formato de L 32, é apresentando, a título de exemplo, por referência às Figs. 1A, 1B, e 2, para o aparelho, e as Figs. 3 e 4, para as etapas do método.

Como uma etapa preparatória, a superfície traseira 32c (Etapas A até C) e / ou a superfície de baixo 32b (veja também a Fig. 4) da peça de trabalho 2 é / são usinadas planas para servir como as superfícies datum de referência, para usinagem das superfícies restantes. Esta usinagem de referência pode ser executada não isotermicamente, mas quando do resfriamento / aquecimento isotérmico, estas superfícies planas se tornam as Superfícies Estabilizadas, como definido acima. A dimensão da superfície "como extrusada" da peça de trabalho em formato de L 32 não é precisa o suficiente para atuar como a superfície datum de referência sem ser usinada para a especificação. Além disso, uma única extrusão de tamanho 32 é normalmente fresada em vários tamanhos diferentes de longarinas. Assim, a superfície 32c, quando da usinagem, irá se tornar a superfície datum de referência porque ela é mantida pelo dispositivo da invenção em uma posição de carga única. Por consequência, a superfície 32c tem que primeiro ser usinada como referência.

Continuando em relação à Fig. 3, as Etapas A até C, a peça de trabalho 32 é carre-

gada e presa no local junto à base 20 via as fixações de encaixe 25, 30, que comprimem a mesma contra as chapas de transferência de calor 27 e as vedações cilíndricas elásticas 30 do corpo 21. A seguir, a bomba de vácuo 44 é ativada para puxar a peça de trabalho 32 para a posição correta junto ao corpo 21 via os condutos 24. A metade inferior da superfície frontal 32d da peça de trabalho 32 é agora usinada para acabamento até a configuração apropriada e para especificações altamente precisas para se tornar a dimensão de referência para todas as usinagens subsequentes.

A fixação por vácuo é desativada ou liberada, Etapa D. Uma extensão do corpo 22 é colocada na parte de cima do corpo 21 para facilitar o aparafusamento junto ao corpo 21, Etapa E. Tanto o corpo 21 como a extensão do corpo 22 possuem vários furos passantes associados integrais escareados 23 colocados em intervalos regulares ao longo de seu comprimento para maximizar uma junção mecânica rígida. Uma série de parafusos de porca “não apresentados” são inseridos através destes furos passantes escareados 23 e apertados com porcas associadas 23a instaladas no corpo 20. A face frontal da extensão do corpo 22 estende o plano datum dimensional do corpo 21. O vácuo é agora adicionalmente direcionado via linhas de vácuo para vários condutos de vácuo 24 inteiriços com a extensão do corpo 22. A bomba de vácuo 44 é reiniciada para puxar a superfície com dimensão de referência da peça de trabalho 32 firmemente contra o plano datum dimensional da extensão do corpo 22 para o equilíbrio do ciclo de usinagem, Etapa F. As fixações são seguras, Etapa G. A bomba de circulação 45 no sistema de fluido 16 é ligada para continuamente recircular o fluido com alta condutividade térmica 28, enquanto a usinagem restante e a “inspeção na máquina” é executada sem mover a peça de trabalho 32, Etapa H, Fig. 3.

Na Etapa I, à medida que a energia térmica a partir do processo de usinagem começa a aquecer a peça de trabalho 32, o dispositivo de percepção de temperatura 29 registra uma elevação correspondente da temperatura. O sinal de aumento T a partir do dispositivo de percepção de temperatura 29 é conectado remotamente com o MPC, “o controlador”, que proporciona um sinal de saída para o aquecedor / resfriador 40 para iniciar o resfriamento e o bombeamento do fluido com alta condutividade térmica 28 através das linhas de distribuição 47 e dos canais 26. À medida que a temperatura da peça de trabalho 32 progressivamente sobe acima de + 1,0° F, acima da temperatura de ponto de ajuste de 20° C (68° F), o controlador sinaliza o aquecedor / resfriador 40 para progressivamente diminuir a temperatura do fluido com alta condutividade térmica 28 e / ou aumentar a taxa de fluxo do fluido de resfriamento. Com um diferencial de temperatura entre a peça de trabalho mais quente 32 e a chapa de transferência de calor mais fria 27, a energia térmica flui da mais quente para a mais fria, conduzindo a energia térmica para longe da peça de trabalho 32. Este processo continua até que um equilíbrio seja alcançado, onde o fluxo de energia térmica para fora da peça de trabalho 32 fique igual ao fluxo de energia térmica para fora da bo-

bina do condensador do aquecedor / resfriador 40 para a atmosfera.

Na Etapa J, à medida que o processo de usinagem se move da passagem de desbastamento para a passagem de acabamento, muito menos energia térmica é gerada pelo cortador, de modo que o fluxo de energia térmica para a peça de trabalho 32 progressivamente diminui. Simultaneamente, a energia térmica continua a fluir a partir da peça de trabalho ainda quente 32 para a chapa de transferência de calor mais fria 27, para os elementos do radiador térmico mais frio 43 e para o aquecedor / resfriador 40 até que a temperatura da peça de trabalho 32 fique abaixo do mais  $1,0^{\circ}$  C acima do ponto de ajuste. Neste ponto, a temperatura do fluido com alta condutividade térmica 28, circulando através dos condutos de fluido 26 e passando pelo aquecedor / resfriador 40, é quase igual à temperatura da peça de trabalho 32, a qual é igual a quase uma temperatura diferencial zero, desse modo progressivamente minimizando a transferência de energia térmica. Neste ponto, toda a usinagem está acabada, mas o sistema de recirculação de líquido de circuito fechado 16 continua a circular o fluido isotérmico a  $20^{\circ}$  C ( $68^{\circ}$  F) a partir do aquecedor / resfriador 40 para manter a temperatura da peça de trabalho 32 isotérmica enquanto ela é inspecionada.

Na Etapa K, após a peça de trabalho 32 passar pela inspeção, a bomba do sistema de recirculação de líquido de circuito fechado 16 é desligada, Etapa L. A etapa de corte final é feita, a qual quase separa a peça de trabalho 32 do material de encaixe em excesso, Etapa M. A bomba de vácuo é desligada, a extensão do corpo 22 é solta e removida, Etapa N, e a peça de trabalho 32 é separada do encaixe restante suportando a mesma, Etapa O. Um material de encaixe em excesso restante é solto e removido junto com quaisquer lascas restantes, Etapa P.

O método de operação para uma peça de trabalho horizontal é apresentado na Fig. 4. Na Etapa A', o lado de baixo da peça de trabalho 32 é usinado plano, para servir como a superfície datum de referência para todas as superfícies subsequentes a serem usinadas. A peça de trabalho em bruto 32 é colocada plana na parte de cima do sistema de suporte de peça de trabalho com o lado de baixo de frente. A posição da peça de trabalho 32 é então alinhada pelo aperto das fixações laterais apropriadamente colocadas, Etapa B'. A seguir, a bomba de vácuo 44 é ligada para puxar a peça de trabalho 32 firmemente junto às chapas de transferência de calor 27. O lado "de baixo" agora voltado para cima é usinado plano, reto e suave, Etapa C'. A bomba de vácuo 44 é desligada, as fixações laterais são liberadas e a peça de trabalho é levantada do sistema de suporte de peça de trabalho, Etapa D'. A peça de trabalho 32 é novamente colocada de frente, Etapa E', com a face de baixo suave, reta e plana, tocando o corpo de suporte 21. Então, a peça de trabalho 32 é realinhada pelo reaperto das fixações laterais, Etapa F'. A bomba de vácuo 44 é novamente ligada. Na etapa G', a bomba de circulação 45 é ligada para continuamente esfriar a peça de trabalho durante os ciclos de usinagem e de inspeção, que são executados sem mover a peça de traba-

lho 32. O controle de temperatura e as sequências de usinagem descritas acima com referência às Figs. 1 até 3 são agora repetidas com as Etapas H' até N'.

O sistema de suporte de peça de trabalho isotérmico da invenção é capaz de estabilizar a temperatura da peça de trabalho dinamicamente, pelo aquecimento ou resfriamento, à medida que necessário, enquanto usinando, como visto nos fluxogramas da Fig. 3, Etapas J até P e na Fig. 4, Etapas I' até N'. A temperatura da peça de trabalho de toda a base da máquina, e dos dispositivos de suporte da peça de trabalho pode ser controlada para impedir condensação não desejada nas peças. Normalmente, a temperatura de 20° C (68° F) não é fria o suficiente para causar que se forme condensação significativa, mas em condições de extrema umidade e / ou de umidade relativamente alta, a temperatura de ponto de ajuste pode ser elevada para impedir ou reduzir a condensação que pode interferir com as operações. Alternativamente, desumidificadores podem ser utilizados adjacentes às operações de usinagem. Normalmente, o sistema alcança o equilíbrio térmico muito próximo ou na temperatura de ponto de ajuste ideal de 20° C (68° F).

Uma vantagem e função adicionais do sistema de suporte de peça de trabalho da invenção é rapidamente amortecer vibrações da peça de trabalho 37 que causam trepidação. A base do suporte 20, o corpo 21 e a extensão do corpo 22 mais de preferência são formados a partir de um material rígido possuindo uma alta propriedade de amortecimento. Um material de concreto de polímero atualmente preferido é ilustrativo de um material possuindo as propriedades requeridas, mas não é pretendido que ele seja o único, e portanto, um material limitante. Um concreto de polímero adequado é disponíveis a partir da ITW / Philadelphia Resins Corporation, Montgomeryville, PA. Formulações similares sob a categoria genérica de concreto de polímero são vendidas sob vários nomes comerciais, incluindo PolyCAST. Os versados nesta área irão reconhecer esta classe de material como tendo sido utilizada em bases e estruturas de suporte para máquinas operatrizes, máquinas de inspeção de precisão, mesas óticas, suportes de equipamento de litografia a laser semicondutor, e bancadas para elementos óticos de laser e para pesquisa ótica com alta energia. Entretanto, até agora, eles não tem sido utilizados como corpos de suporte para e diretamente em contato com peças de trabalho. A classe preferida de concretos de polímero pode ser moldada em uma ampla variedade de configurações de formato da mesma maneira que o concreto com consistência ("slump") zero, contanto que o volume e o peso não sejam uma restrição. No carregamento por compressão (mas não em tensão), ela possui uma resistência à compressão similar ao ferro fundido, denso, de granulação fina, Meehanite.

Sistemas de fixação alternativos podem ser utilizados na presente invenção, por exemplo, pinos localizadores inteiriços podem ser utilizados em conjunto com fixações mecânicas, de acordo com a invenção, para suportar as peças de trabalho. Ou, pinos localizadores podem ser utilizados em conjunto com a fixação a vácuo, ou com qualquer combina-

ção destas alternativas.

#### Segunda Concretização, Aplicação para Usinagem e Montagem de Longarinas de Asa Aeroespacial

5 Nesta segunda concretização da invenção, como a etapa um (referindo-se às Figs. 1 até 4), todas as peças de trabalho, incluindo as cordas da longarina da asa 50 e as chapas da asa 52, são consistentemente usinadas pelo sistema de suporte de peça de trabalho isotérmico de amortecimento de vibração da invenção.

10 Nas Figs. 5 e 6, o sistema de suporte da invenção é configurado com um dispositivo de montagem isotérmico para manter alinhamento mecânico preciso de cada web individual 52 com as cordas da longarina da asa 52a, 52b, e dos batentes de nervura 51 com os flanges 51a, enquanto prendedores temporários 54 são automaticamente instalados por uma máquina de rebite automática (não apresentada). Menos do que o número usual de prendedores temporários 54 são tensionados para manter os batentes junto à chapa e às longarinas. Observe que as cordas da longarina da asa 50, a, b, e a web 52, são seguras pelos  
15 canais de vácuo, e esfriadas pelo sistema térmico de resfriamento 26, 27, nos corpos de suporte de peça de trabalho superior e inferior, 21U e 21L, e nos suportes traseiros móveis da peã de trabalho 55. Este aparelho de montagem da invenção mantém as peças de trabalho isotérmicas e em alinhamento preciso, independente das variações nominais da temperatura ambiente. A propriedade de amortecimento de vibração do concreto de polímero, de  
20 forma inerente, proporciona tensionamento preciso e que pode ser repetido dos prendedores pelas máquinas automáticas de rebite. Esta concretização elimina na ordem de 95% ou mais as alterações de expansão nominal do CTE, causadas pelos desvios da temperatura ambiente.

25 Por consequência, uma vantagem adicional desta concretização de um sistema e método de dispositivo de montagem isotérmico de peça de trabalho é a eliminação de um custo estimado de 80% dos prendedores de taxa temporariamente manualmente instalados e sua remoção manual imprecisa e problemática.

30 Especificamente, uma chapa da asa 52 é mantida em alinhamento vertical preciso junto às duas cordas da longarina da asa, espaçadas, superior e inferior, 50a, 50b, as quais também são mantidas em alinhamento com os postes da nervura da asa 51 e com seus flanges 51a, separados abaixo do comprimento da asa. Os corpos de suporte de peça de trabalho principais 21U e 21L estão localizados ao longo das bordas marginais superior e inferior da chapa da asa 52 para manter os membros de corda 50a, 50b, em alinhamento preciso. Os elementos do corpo de suporte de peça de trabalho 21U, 21L, são seguros no  
35 local pela base 20, os insertos e os parafusos de porca não sendo apresentados para clareza. Uma série, 55L-a . 55h (veja a Fig. 6), de elementos do corpo de suporte da peça de trabalho, horizontalmente móveis, 55U e 55L, são seguros juntos às paredes de extremida-

de da base 20, juntos a eles mesmos, e opcionalmente, juntos aos corpos de suporte que se estendem, superior e / ou inferior, 21U, 21L, pelas corredeiras 100 (vistas esquematicamente na Fig. 6).

De preferência, mas opcionalmente, em pelo menos algumas das seções da montagem de corpo de suporte 20, 21, 55, ao longo do comprimento da chapa da asa, um espaço central de acesso 56 é proporcionado. Estes elementos móveis 55 podem ter altura total ou parcial entre os corpos 21U e 21L. Estas seções móveis 55U, 55L, estão localizadas em locais onde o acesso é necessário junto ao lado traseiro da web 52 para permitir acesso aos prendedores 54, e sua capacidade de retração permite o acesso requerido. A seta com a letra V indica a conexão dos condutos de vácuo 24 com o sistema de vácuo. Vários condutos de fluido 26 possuindo as chapas de transferência de calor 27 estão localizados para ficarem em contato com a peça de trabalho para esfriar ou aquecer a mesma, à medida que necessário. O refrigerante 28 é circulado através dos condutos 26 para contato com as aletas 43 e com as chapas de transferência de calor 27 mantidas em contato térmico com as respectivas cordas da longarina da asa 50a, 50b, por vácuo. Vários elementos de vedação e sulcos 30, 31, são colocados adjacentes às bordas externas das faces do corpo 21 que entra em contato com as cordas da longarina 50a, 50b,

Um sensor de temperatura 29 mede a temperatura de cada corda da longarina de cima e de baixo 50a, 50b, e seu condutor 29a é direcionado para o controlador (não apresentado nesta figura). Tanto a seção superior como a seção inferior 55U, 55L, do corpo de suporte 21, são encaixadas com mecanismos deslizantes robustos, de trabalho pesado (corredeiras do tipo gaveta com resistência industrial) fundidos nos corpos e nas paredes de extremidade da base do suporte do corpo 20. Isto permite que o suporte traseiro móvel individual 55 mantenha alinhamento preciso com cada corpo de suporte 21, mas ainda translade em um eixo geométrico (aqui, horizontalmente) junto ao lado traseiro da web 52 para suportar sua posição para operações subsequentes. A face frontal de cada suporte traseiro móvel 55 possui espaços vazios ou bolsas inteiriças 49 para permitir que os prendedores se projetem para dentro do mesmo sem perder a vedação de vácuo quando os prendedores 54 são instalados.

Uma sequência ilustrativa das etapas do método de montagem da invenção é como o dito a seguir: Todos os suportes traseiros móveis 55 são retraídos para trás a partir do plano de referência para permitir a fácil inserção da web 52 junto à face de cima e de baixo de cada corpo de suporte 21. Então, os suportes traseiros móveis 55 são movidos para as suas posições alinhadas de precisão e o vácuo é aplicado para puxar a web 52 junto às faces dos suportes traseiros móveis 55. O refrigerante é bombeado através dos condutos 26. A seguir, a corda da longarina de baixo 50a, é colocada em posição alinhada com o plano de referência da borda traseira inferior do corpo 21 até que ela entre em contato com a ve-

dação de vácuo ao longo de todo o comprimento, de modo que o vácuo irá puxar a corda da longarina da asa 50a de forma firme contra o plano de referência dimensional do corpo 21a para o equilíbrio do ciclo de montagem.

5 Sem mover a corda da longarina da asa de baixo 50a, as quatro etapas anteriores da sequência de montagem são agora repetidas para a corda da longarina de asa de cima 50b. A seguir, cada batente de nervura 51 é instalado com prendedores temporários 54, e calços desgarráveis 53 podem ser utilizados, à medida que necessário. Após os furos de precisão em sua posição final alinhada terem sido perfurados e alargados, a fixação mantendo o batente da nervura 51 é removida, e o vácuo mantendo a corda da longarina da asa 10 50a, e 50b, é liberado. Isto permite que estas peças de trabalho possuam um espaço generoso entre as mesmas em preparação para a próxima etapa.

Então, estes suportes traseiros móveis 55 são agora estendidos para frente e o vácuo é novamente aplicado para novamente estabelecer o alinhamento da web 52 em todas as seções da montagem.

15 Referindo-se agora à Fig. 6, estas duas últimas etapas são agora repetidas na sequência para o próximo suporte traseiro móvel individual adjacente 55, começando com 55L-a e movendo a cada terceiro ou quarto um 55L-c / d até 55U-h, e assim por diante sequencialmente, para o suporte traseiro móvel individual selecionado 55U para baixo do comprimento da montagem como um todo. O primeiro conjunto de suportes traseiros móveis 20 55 possui seu vácuo liberado e eles são retraídos. A máquina automática de montagem agora alarga todos os furos abertos restantes, insere os prendedores e então aperta todos os prendedores restantes 54, incluindo estes que seguram o batente da nervura 51 junto às cordas da longarina da asa 50a, 50b, na primeira seção. Ela também remove os últimos dois pinos afunilados, alarga os furos até o tamanho e insere os dois últimos prendedores permanentes 54 nesta seção. O primeiro conjunto de suportes traseiros móveis 55 é agora estendido para frente e o vácuo é novamente aplicado para novamente estabelecer o alinhamento. Estas últimas 5 etapas são agora repetidas sequencialmente dentro de cada seção do suporte traseiro móvel 55 abaixo do comprimento da montagem. Finalmente, a bomba de circulação 45 e a bomba de vácuo 44 são ambas desligadas, todo o vácuo é liberado, todos 30 os suportes traseiros móveis 55 são retraídos de volta para fora do caminho e a montagem completada é removida do sistema de suporte de peça de trabalho com o amortecimento de vibração isotérmico da invenção.

Terceira Concretização, Aplicações para Fabricação de Painéis de Revestimento de Aeronave

35 A título de fundamento, historicamente, as asas de aeronave são montadas pela fixação de painéis exteriores grandes, flexíveis, e contornados (chamados revestimentos) junto às longarinas por rebites. Toda operação é executada em três estágios distintos.

- No Estágio 1, todas as peças de trabalho são manualmente colocadas sobre um dispositivo de trabalho, o qual mantém todas as peças de trabalho em alinhamento relativo aproximado, dentro de  $\pm 215,036$  centímetros ( $\pm 0,030$  de 1 polegada) no eixo geométrico Y e  $\pm 107,518$  centímetros ( $\pm 0,060$  de uma polegada) no eixo geométrico X. Os trabalhadores de montagem então manualmente perfuram furos para instalar os primeiros 10 até 15% de todos os prendedores para a colocação de prendedores temporários (chamados de prendedores de taxa) para ligar cada longarina com o revestimento da asa.

- Durante o Estágio 2, as operações automáticas de montagem começam. Uma máquina automática de rebite que utiliza um sistema de orientação de visão encontra a localização de um primeiro prendedor de taxa no exterior do revestimento. A máquina de rebite utiliza esta localização como um ponto de referência para ajustar a posição para perfurar furos para os prendedores permanentes ao longo da longarina.

- Durante o estágio 3, os trabalhadores então movem as montagens semi-completas para uma área de preparo de batente, onde os prendedores de taxa temporários são removidos a partir do lado difícil, com espaço limitado, da asa (interior da asa). Eles manualmente inserem e tensionam prendedores permanentes nos furos dos prendedores de taxa anteriormente perfurados, mas existe a situação comum na qual um trabalhador inexperiente ou cansado poderia danificar o lado de baixo da montagem. Tal dano pode ser muito oneroso, senão, impossível de consertar. Montagens de asa muito caras são rotineiramente inutilizadas no estágio 3, devido a tais tipos de erros do trabalhador.

Os problemas de desalinhamento da longarina com o revestimento são endereçados e superados pela invenção na forma de um aparelho de dispositivo de montagem e método que de forma precisa mantém o alinhamento de todas as longarinas em relação ao painel de revestimento, enquanto todos os prendedores são automaticamente instalados. A invenção elimina o desalinhamento de todas as peças por manter todas as peças de trabalho isotérmicas independente da variação nominal da temperatura ambiente. Quaisquer desvios menores de temperatura restantes resultam somente em minúsculas alterações de dimensão TCE. A habilidade de amortecimento de vibração do aparelho proporciona o tensionamento preciso e que pode ser repetido dos prendedores pelas máquinas automáticas.

A Fig. 7 é uma vista em elevação de extremidade de um dispositivo de montagem de peça de trabalho da invenção para precisamente segurar os revestimentos da asa junto às longarinas, configurado com os suportes de longarina 57 que mantêm as longarinas 58 em uma posição precisa, e uma montagem de suportes de revestimento contornados 59 que mantêm o revestimento 60 em uma posição geralmente horizontal. Ambos os suportes são feitos de material de composto de polímero, descrito acima para os corpos de suporte de peça de trabalho. Como apresentado, existe uma estrutura principal, suporte ou corpo 21 que precisamente mantém os suportes de longarina 57 e os suportes de revestimento 59 em

alinhamento em relação um ao outro por meio de várias fendas 61 (na longarina e nos suportes do revestimento) e pinos transversais 62 que são roscados dentro dos insertos 63 colocados ou fundidos ao longo e no comprimento do corpo de suporte 21. A base do suporte do corpo 20 é apresentada como suportando o corpo de suporte de montagem da peça de trabalho 21. Os versados na técnica podem facilmente implementar uma montagem de suporte de suspensão em balanço ou suspenso para manter o corpo em qualquer orientação desejada. As fendas individuais 61 de cada suporte de longarina 57 e de cada suporte de revestimento 59 estão situadas em diferentes alturas para seguir o contorno de uma dada seção individual do revestimento 60. Cada uma das várias fendas 61 recebe um pino transversal com roscas 62 que possui ombros para associar a largura da fenda 61, a qual aparafusa dentro de um inserto com roscas 63 fundido ou colocado no corpo 21, de modo que quando o pino transversal é apertado para baixo, os suportes de longarina e de revestimento 57, 59, são retidos em alinhamento apropriado. Vários condutos de vácuo 24 internos ao suporte de longarina 57 e ao suporte de revestimento 59 não são apresentados devido à escala do desenho. Estes condutos de vácuo 24 são como dito acima. Um conduto de fluido 26 em cada suporte de longarina 57 e cada suporte de revestimento 59 é disposto em associação com cada chapa de transferência de calor 27 situada na parte de cima do suporte do revestimento 59 e próximo da parte de cima do suporte de longarina 57.

Como antes, o refrigerante esfria a longarina 58 e o revestimento 60 à medida que seus pesos se apóiam nas chapas 27. A localização física do suporte de longarina 57 e do indicador magnético de posição 64, embutido dentro do suporte de longarina 57, proporciona a orientação precisa para posicionar a máquina automática de rebite para perfurar, inserir e tensionar a maioria dos prendedores temporários a partir do lado frontal do revestimento 60.

Observe que em cada um dos suportes de longarina 57, as chapas de transferência de calor 27b são alongadas para se estenderem até um lado da longarina 58 para ajudar a forçar o pé em formato de L da longarina 58 contra o lado de trás do revestimento 60 (o qual estará dentro da asa quando a montagem for completada). A chapa de transferência de calor inclui um entalhe 46 coordenado com a localização de um prendedor (rebite) 54 que é colocado pela máquina automática de rebite, de modo a proporcionar espaço livre para a cabeça do rebite.

Para manter o revestimento em alinhamento correto com respeito às longarinas, várias vedações cilíndricas e montagens de sulco 30, 31, são formados / colocados nas bordas externas da face de cima de cada suporte de revestimento 59. As bordas externas formam uma vedação do perímetro ao redor da periferia de cada chapa de transferência de calor 27 na face do suporte de revestimento 59. Ao mesmo tempo em que opcional, mas não preferido, como essencialmente necessário, as montagens de vedação e sulco para permitir a

fixação a vácuo junto às longarinas, pode ser utilizada para o suporte de longarina 57. É mais simples e menos oneroso apenas mecanicamente fixar as longarinas no local. Um dispositivo de percepção de temperatura 29 mede a temperatura do lado de baixo do revestimento 60.

5 As etapas de fabricação da asa de precisão e da montagem do revestimento 60 junto às longarinas 58 são as seguintes: toda a estrutura de suporte da montagem de suporte de peça de trabalho isotérmica, incluindo os suportes de longarina precisamente alinhados 57 e os suportes de revestimento 59, é alinhada por colocação apropriada de suportes e pelo aperto para baixo dos pinos 62 nas fendas 61. A seguir, o fluido refrigerante é continuamente circulado durante toda a operação de montagem via as tubulações de distribuição 10 47 e os canais 26. Cada longarina usinada com precisão 58 é colocada junto às chapas de transferência de calor 27 e na face de cima do suporte de longarina 57. Estas etapas são repetidas para todas as longarinas 58 necessárias para esta montagem.

Após todas as longarinas 58 estarem precisamente em alinhamento, o revestimento 15 60 é cuidadosamente abaixado sobre os suportes de revestimento 59 como apresentado pelas Setas S. Com as longarinas usinadas de forma isotérmica e resfriadas 58 precisamente confinando com a superfície de baixo do revestimento com temperatura controlada 60, a máquina automática de rebite pode agora procurar pelo indicador magnético de posição 64 montado próximo de uma borda da longarina 58 através do revestimento 60. Os indicadores 20 magnéticos de posição 64 são percebidos através do revestimento de alumínio não magnético 60 a partir do lado frontal do revestimento. O indicador magnético de posição 64 agora serve como a posição de referência absoluta para o alinhamento preciso e que pode ser repetido para perfurar furos na linha central para os prendedores do calço da longarina. Após precisamente perfurar os furos, o sistema de visão da máquina automática de rebite 25 localiza e instala prendedores permanentes em cada furo. Ao instalar todos os prendedores e rebites, as bombas de refrigerante / de vácuo são desligadas. A montagem da seção de asa completada é agora movida para a próxima estação de montagem utilizando um dispositivo especial de levantamento.

30 Quarta Concretização, Aplicação para Manter a Mesa da Máquina de Aço Isotérmica:

Historicamente, a mesa e a armação estrutural de máquinas operatrizes têm sido construídas a partir de várias combinações de ferro fundido, de forjas de aço, e de aço em chapa e concreto de polímero para a base de suporte de novas máquinas pequenas. Entretanto, para máquinas muito grandes ou muito longas, especialmente estas com 9,14 até 35 60,96 metros (30 até 200 pés) de comprimento, o material normal para a mesa e para a armação estrutural tem sido chapa de aço. Entretanto, qualquer mesa de aço da máquina ou coluna da máquina transmite vibrações a partir do ferramental para a peça de trabalho muito

efetivamente. O TCE de aço é relativamente alto, apesar de somente cerca da metade deste das ligas de alumínio aeroespaciais. Se a temperatura de uma estrutura de aço longa, tal como uma mesa da máquina, alternar devido às alterações da temperatura do ar ambiente, isto irá afetar o comprimento e por consequência a precisão absoluta que pode ser repetida da máquina.

Esta quarta concretização da invenção compreende uma montagem e método de aparelho de suporte de peça de trabalho que mantém a mesa de aço da máquina isotérmica, independente da variação nominal da temperatura ambiente para proporcionar dimensões repetidamente precisas. A função de amortecimento de vibração do aparelho da invenção também ajuda a criar superfícies de peça de trabalho usinadas suavemente.

A Fig. 8 é uma vista de extremidade apresentando uma seção interna transversal de uma típica mesa de chapa de aço horizontal 71 de uma máquina de fresagem do estilo pórtico com fuso vertical. O pórtico superior, os fusos, etc., foram omitidos para clareza. Dois sistemas de suporte de peça de trabalho individuais e separados empilhados um sobre o outro com o sistema de baixo invertido, de cabeça para baixo. Estes são aparafusados um com o outro e a mesa de chapa de aço 71. Um primeiro suporte do corpo inferior 20b é o corpo invertido. Várias chapas de transferência de calor 27 formando a face de cobertura dos canais formatados em triângulo 42 são agora em contato térmico com a mesa de chapa de aço 71 de uma máquina de fresagem do estilo pórtico com fuso vertical. As chapas de transferência de calor 27 estão localizadas de modo a estarem diretamente entre os furos existentes de parafuso de porca da mesa 72 para maximizar a transferência térmica para e a partir da mesa de chapa de aço 71 montado na armação / suporte da máquina 70.

O corpo 20b serve como um primeiro sistema de amortecimento de vibração e isotérmico inferior. Os furos passantes escareados 23 são estrategicamente colocados para aparafusar os mesmos junto à mesa 71. Um único sensor de temperatura 29 é colocado aproximadamente no centro para monitorar a temperatura da mesa 71. Adicionalmente, também existem vários condutos de vácuo adequadamente localizados 24 e as vedações cilíndricas externas elásticas 31 na face de baixo para ajudar a segurar o corpo em contato térmico com a mesa 71.

O segundo corpo do sistema de amortecimento de vibração isotérmico superior 20a é essencialmente uma cópia do corpo inferior 20b, mas orientado com o lado direito para cima. Ele inclui vários furos passantes escareados 23 e os condutos de vácuo normais 24, e as chapas de transferência de calor 27 para manter e entrar em contato com as peças de trabalho 32a, 32b. Assim, os corpos superior e inferior, 20a, 20b, são aparafusados juntos para atuarem como um único suporte rígido de peça de trabalho em uma mesa de máquina isotérmica 71.

Quinta Concretização, Aplicação para Resfriamento Isotérmico de um Motor de In-

dução Linear:

Historicamente, as máquinas operatrizes são movidas linearmente por rotação elétrica ou motores lineares. Desde que elas são operadas por corrente, os motores lineares sofrem com a perda termoelétrica  $I^2R$ , a qual gera calor residual conduzido para a armação da máquina operatriz. A quantidade de calor gerado é relacionada diretamente com quanto da corrente está fluindo através dos motores. Uma máquina operatriz grande pode facilmente exigir motores de 6 até 10, 2,5 KW, para mover pórticos grandes pesando até 40.823,313 kg (90.000 libras), e eles geram um total de 40.000 BTU de calor térmico residual. Este calor residual distorce de forma térmica a armação da máquina, a qual, por sua vez, degrada a precisão que pode ser repetida via o desenvolvimento térmico induzido pelo TCE da máquina. A quinta concretização do sistema de suporte de peça de trabalho isotérmico com amortecimento de vibração da invenção intercepta um calor residual que flui a partir dos eletroímãs do motor linear para a armação da máquina, e preserva da precisão absoluta do alinhamento da máquina.

A FIG. 9 é uma vista em elevação de extremidade apresentando uma seção transversal interna detalhada de um a motor linear típico fabricado dentro da armação de um eixo geométrico de uma máquina. Em uma aplicação de motor linear convencional, a armação da metade de baixo da máquina 80 suporta os trilhos lineares fixos 90. Os blocos de deslizamento de rolamento linear 89 rodam na parte de cima e são mantidos cativos com o trilho linear fixo 90 pelos flanges laterais 89b. A armação da metade de cima da máquina 81 é suportada por aparafusamento, via os furos passantes escareados 23, com a parte de cima do bloco de deslizamento de rolamento linear 89 em ambos os lados. Um quantificador linear magnético 92 proporciona dados tanto de posição como de velocidade da armação da metade de cima da máquina 81 com respeito à armação da metade de baixo da máquina 80. Na operação normal, tanto os ímãs do motor linear de baixo 82 como os ímãs do motor linear de cima 83 fornecem desprendem calor residual. Dependendo da configuração do motor linear, um dentre 82 ou 83 é uma unidade de ímã permanente e o outro é um eletroímã.

Nesta concretização, os sistemas de transferência térmica de cima e de baixo 84, 87, são dispostos em contato térmico íntimo com os ímãs do motor linear de cima e de baixo 83, 82, respectivamente. Os sensores de temperatura de cima e de baixo 86, 85, monitoram as temperaturas de ambos os conjuntos de ímãs. À medida que o calor residual gerado pelos ímãs aumenta suas temperaturas, a chapa de transferência de calor 27 conduz o calor residual para o elemento de radiador térmico 43, o qual por sua vez, conduz o calor para o fluido com alta condutividade térmica 28. Este calor residual é transferido via os condutos de fluido 26 para o sistema de circulação de circuito fechado 16 e para o aquecedor / resfriador 40, onde o calor residual é transferido para uma ventilação de ar externa fora da edificação

(veja as Figs. 1A, 1B)

#### Aplicabilidade Industrial

É claro que os sistemas são métodos de suporte de peça de trabalho isotérmicos de amortecimento de vibração da invenção irão possuir ampla capacidade de aplicação na indústria, particularmente, nos campos de fabricação de equipamento aeroespacial e de precisão, à medida que eles proporcionam um sistema para usinagem a seco sem refrigerante líquido entrando em contato com a peça de trabalho, minimizam a vibração da peça de trabalho, minimizam as diferenças de altura entre duas passagens de ferramental adjacente, o que por sua vez, minimiza a concentração de tensão que é a causa raiz induzida pela usinagem de fenda por corrosão por tensão e fadiga por corrosão, ambas possuindo o potencial de induzir falha catastrófica. Várias modificações dentro do escopo desta invenção podem ser feitas pelos versados na técnica, sem afastamento do espírito da mesma, e sem experimentação indevida. Portanto, esta invenção é para ser definida pelo escopo das reivindicações anexas o mais amplamente quanto a técnica anterior irá permitir, e em vista do relatório descritivo se for necessário, incluindo toda a faixa de equivalentes atuais e futuros da mesma.

## REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de suporte de peça de trabalho de amortecimento de vibração isotérmico para usinagem de precisão a seco, em uma máquina operatriz possuindo uma base e uma mesa datum de material com alto Coeficiente Térmico de Expansão (TCE), enquanto  
5 reduzindo imperfeições ou defeitos induzidos por vibração, para a montagem de precisão de peças com alto TCE requerendo componentes mecânicos de fixação, e para manter a mesa da dita máquina operatriz tanto substancialmente isotérmica com propagação reduzida de vibração, **CARACTERIZADO** por compreender na combinação operacional:

a) pelo menos um membro de corpo de suporte de peça de trabalho de material de  
10 composto de polímero com baixo Coeficiente Térmico de Expansão (TCE), com baixa condutividade térmica, de amortecimento de vibração, o dito membro de corpo de suporte de peça de trabalho sendo configurado para suporte estrutural rígido e preciso de peças de trabalho para usinagem, montagem, ou para suporte de uma mesa da máquina operatriz;

b) um sistema de suporte de peça de trabalho compreendendo pelo menos um dos  
15 condutos de vácuo proporcionado no dito corpo de suporte de peça de trabalho, e / ou elementos mecânicos de fixação, para de forma segura reter, na posição apropriada, pelo menos uma peça de trabalho enquanto sendo usinada a seco ou montada;

c) pelo menos um canal para passagem de fluido condutor de calor através do  
mesmo, proporcionado no dito corpo de suporte de peça de trabalho em uma face da mesma que se associa com pelo menos uma face da dita peça de trabalho ou da dita mesa da máquina operatriz;

d) pelo menos uma chapa de transferência de calor fabricada de material com alta  
20 condutividade térmica proporcionada em associação com o dito canal, disposta para ser mantida em contato térmico íntimo com pelo menos uma parte da dita peça de trabalho, ou com a dita mesa da máquina operatriz, para manter a dita peça de trabalho ou a dita mesa da máquina operatriz substancialmente isotérmicas enquanto reduzindo a propagação de vibração induzindo a erro.

2. Aparelho de suporte de peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que ele inclui uma bomba de circulação de fluido para circular  
30 fluido condutor de calor através do dito canal, um dispositivo de aquecimento e de resfriamento para aquecer ou esfriar o dito fluido, um sensor de temperatura disposto em associação com pelo menos uma face do dito corpo de suporte de peça de trabalho e um sistema de controle para manter a dita peça de trabalho ou a dita mesa da máquina operatriz em um valor de temperatura substancialmente isotérmico pré-selecionado, e / ou o dito material de  
35 composto de polímero é um concreto de polímero.

3. Aparelho de suporte de peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito membro de corpo é modular e compreende pelo

menos um componente para proporcionar acomodação para peças de trabalho com tamanhos ou formatos diferentes.

4. Aparelho de suporte de peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito sistema de suporte a vácuo inclui os membros de vedação recebidos em sulcos de vedação correspondentes proporcionados no dito membro de corpo.

5. Aparelho de suporte de peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito membro de corpo é configurado para manter uma peça de trabalho em pelo menos uma posição dentre várias orientações axiais, incluindo vertical, horizontal, e em um ângulo com a horizontal ou a vertical, para permitir a usinagem ou montagem de peças de trabalho em pelo menos uma das ditas orientações.

6. Aparelho de suporte de peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita disposição da dita chapa de transferência de calor em associação com o dito canal é selecionada a partir de pelo menos um dentre:

15 a) a dita chapa de transferência de calor é fabricada de cobre ou alumínio;  
b) a dita chapa de transferência de calor é assentada em ombros no dito corpo ao longo de bordas marginais do dito canal de fluido;

c) os ditos membros de vedação são dispostos em associação com os ditos canais de fluido para ajudar a impedir vazamento do fluido de transferência de calor para fora dos ditos canais de fluido; ou

20 d) a dita chapa de transferência de calor inclui pelo menos um elemento de aleta se projetando para dentro do dito canal para aumentar a área de superfície em contato com o dito fluido, para de forma eficiente transferir energia térmica rapidamente para ou a partir do dito fluido.

25 7. Aparelho de suporte de peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que ele inclui uma mesa datum de uma máquina operatriz montada em associação com um corpo do dito material de composto de polímero, e a dita mesa é mantida substancialmente isotérmica por pelo menos uma primeira chapa de transferência de calor disposta em contato térmico íntimo com a dita mesa e o dito material de composto de polímero reduz a propagação da vibração.

30 8. Aparelho de suporte de peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um corpo de suporte de peça de trabalho é montado na dita mesa da máquina operatriz para suportar uma peça de trabalho, o dito corpo sendo intermediário a dita mesa e à dita peça de trabalho para amortecer vibrações das operações de usinagem na dita peça de trabalho, a dita peça de trabalho estando em contato térmico com pelo menos uma segunda chapa de transferência de calor de modo que o calor não seja conduzido entre a dita mesa e a dita peça de trabalho, e a dita peça de traba-

lho é mantida substancialmente dimensionalmente estável.

9. Um inserto isotérmico de amortecimento de vibração para resfriar um componente fixo ou móvel de um motor de indução linear para um aparelho de máquina operatriz para reduzir o desenvolvimento de dimensão da máquina termicamente induzido que introduz erros na precisão ao usinar peças de trabalho por ferramentas ativadas pela dita máquina operatriz, **CHARACTERIZADO** por compreender, em combinação de operação:

a) pelo menos um membro de corpo de composto de polímero de amortecimento de vibração com baixa condutividade térmica configurado como um inserto em na mesa fixa ou em um elemento móvel de um motor linear;

b) pelo menos um canal para a passagem de fluido condutor de calor através do mesmo, proporcionado no dito corpo do inserto em uma face do mesmo que está associada com pelo menos uma face do dito componente do motor linear;

d) pelo menos uma chapa de transferência de calor fabricada de um material com alta condutividade térmica proporcionada em associação com o dito canal disposta para ser mantida em contato térmico íntimo com pelo menos uma parte do dito motor do dito componente do motor linear, de modo que o calor  $I^2R$  gerado pelo dito motor é conduzido para o dito fluido, desse modo impedindo a migração do calor para a mesa da máquina operatriz ou para o membro móvel.

10. Método para usinar ou montar peças de trabalho, **CHARACTERIZADO** por compreender as etapas de:

a) colocar uma peça de trabalho em um membro de corpo de suporte de peça de trabalho de composto de polímero de amortecimento de vibração com baixa condutividade térmica e baixo coeficiente térmico de expansão, o dito membro de corpo sendo configurado para suporte estrutural rígido e preciso da dita peça de trabalho para usinagem a seco ou montagem em pelo menos uma outra peça de trabalho;

b) fixar a dita peça de trabalho em posição apropriadamente alinhada para a dita usinagem ou montagem, pela aplicação de um vácuo, ou pela aplicação de pelo menos uma fixação mecânica, para puxar a dita peça de trabalho para contato térmico íntimo com pelo menos uma face do dito corpo de suporte de peça de trabalho; e

c) manter a dita peça de trabalho substancialmente isotérmica pela transferência de calor para fora ou para dentro da dita peça de trabalho por pelo menos uma chapa de transferência de calor proporcionada na face do dito corpo em contato térmico íntimo com a dita peça de trabalho e em comunicação com um fluido de transferência de calor, a dita fixação ajudando em manter o dito contato térmico íntimo entre a dita peça de trabalho e a dita chapa de transferência de calor; e

d) por meio do que o Coeficiente Térmico de Expansão (TCE) e os erros dimensionais induzidos pela vibração são reduzidos para permitir usinagem ou montagem mais pre-

cisa da dita peça de trabalho.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** por incluir as etapas de:

5 a) circular um fluido com alta condutividade térmica através de canais de fluido em comunicação com a dita chapa de transferência de calor; e

b) perceber a temperatura da dita peça de trabalho para proporcionar um sinal para um controlador que controla um aquecedor / resfriador para aquecer ou esfriar o dito fluido com alta condutividade térmica para levar e manter a temperatura da dita peça de trabalho em uma temperatura de ponto de ajuste pré-selecionada.

10 12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o método é aplicado para montagem de aeronave, incluindo montagem de chapas para longarinas longarinas de asa e batentes, revestimentos para as longarinas de asa e longarinas, e nervuras do corpo para os revestimentos.

15 13. Método, de acordo com a reivindicação 11, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que ele inclui as etapas de:

a) montar uma mesa de uma máquina operatriz em um corpo do dito material de composto de polímero ou de concreto de polímero, para reduzir a propagação de vibração; e

20 b) manter a dita mesa substancialmente isotérmica por transferência de calor para fora ou para dentro da dita mesa por pelo menos uma chapa de transferência de calor proporcionada na face do dito corpo em contato térmico íntimo com a dita mesa.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que ele inclui as etapas de:

a) circular um fluido com alta condutividade térmica através de canais de fluido em comunicação com a dita chapa de transferência de calor; e

25 c) perceber a temperatura da dita mesa para proporcionar um sinal para um controlador que controla um aquecedor / resfriador para aquecer ou esfriar o dito fluido com alta condutividade térmica para levar a temperatura da dita mesa para uma temperatura de ponto de ajuste pré-selecionada e para manter a dita mesa substancialmente na dita temperatura.

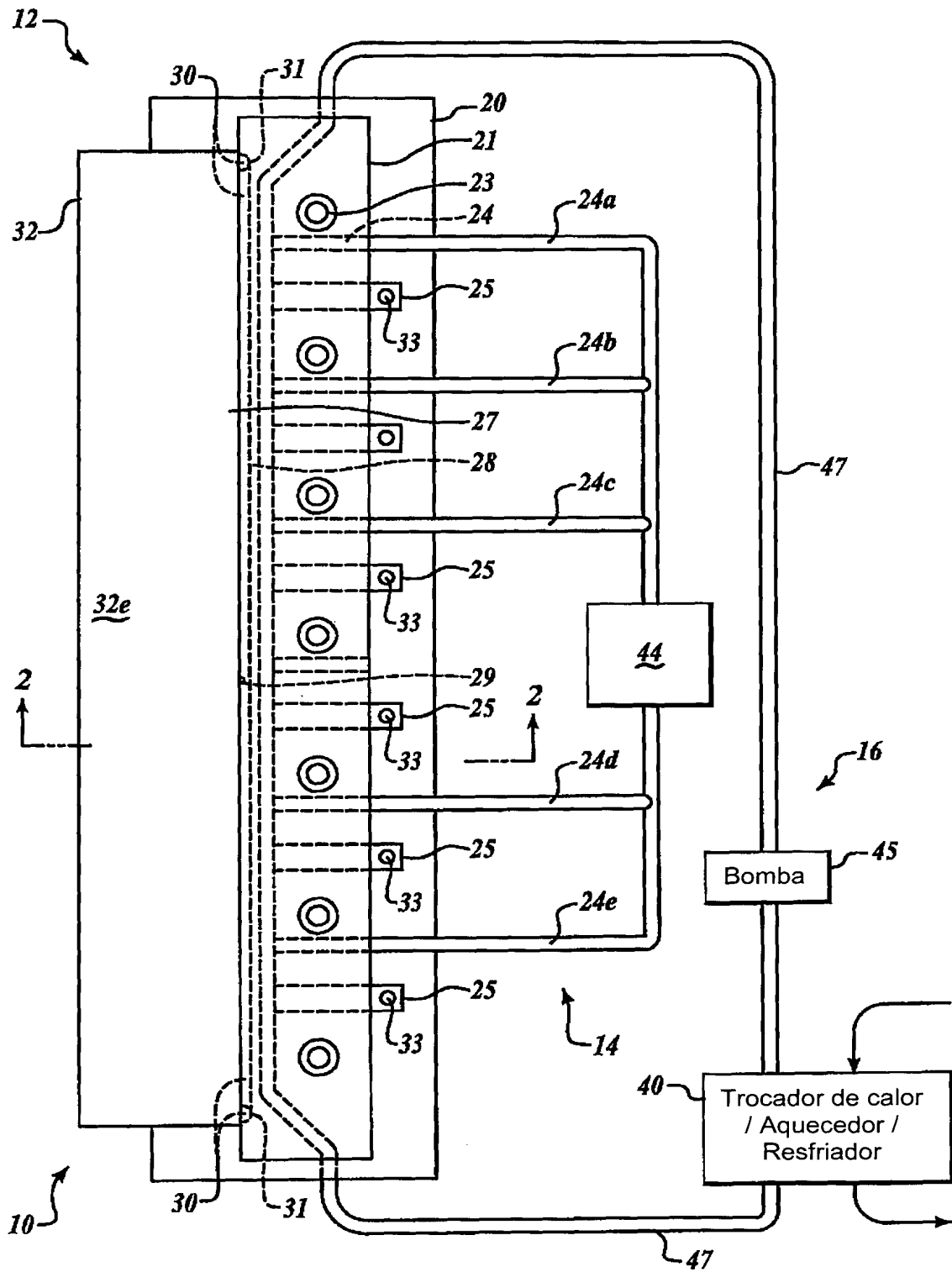
30 15. Método para controlar alterações dimensionais termicamente induzidas em máquinas operatrizes possuindo suportes de ferramenta que se movem em relação à mesa da máquina, movimento este que é ativado por um motor de indução linear possuindo um componente fixo e um móvel, **CHARACTERIZADO** por compreender as etapas de:

35 a) proporcionar um membro composto de polímero com baixo Coeficiente Térmico de Expansão (TCE), com baixa condutividade térmica, de amortecimento de vibração, ou membro de concreto de polímero, configurado como um corpo de inserto no dito componente fixo ou em associação com o dito componente móvel do dito motor de indução linear;

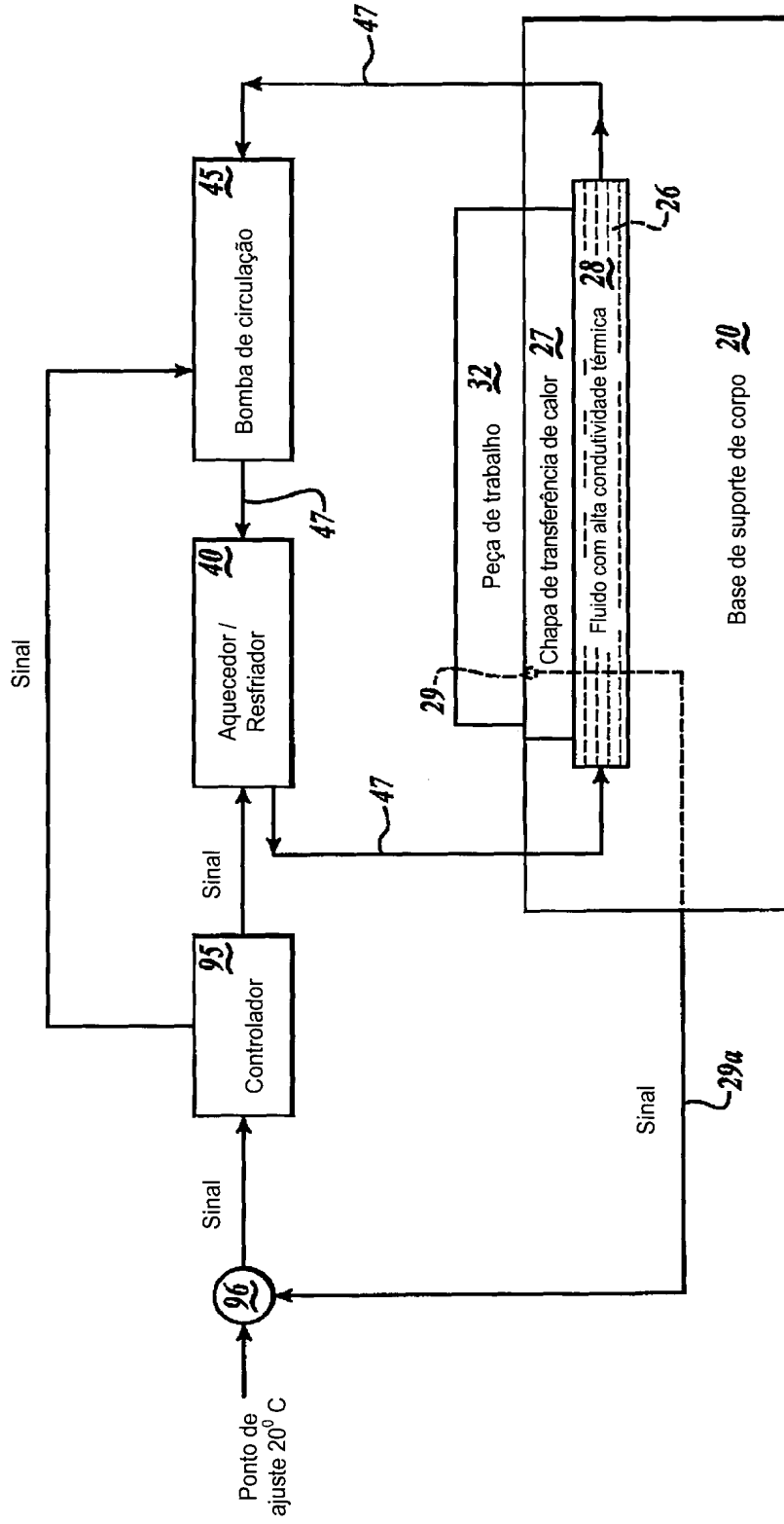
b) proporcionar em pelo menos uma face do dito corpo do inserto pelo menos um canal para a passagem de fluido condutor de calor através do mesmo;

c) proporcionar pelo menos uma chapa de transferência de calor fabricada de um material com alta condutividade térmica em associação com o dito canal, disposta em contato térmico íntimo com pelo menos uma parte dos ditos componentes do motor linear; e

d) circular um fluido condutor de calor através do dito canal em contato com a dita chapa de transferência de calor, de modo que o calor  $I^2R$  gerado pelo dito motor seja conduzido para o dito fluido, desse modo impedindo a migração de calor para a mesa da máquina ou para o suporte de ferramenta móvel.

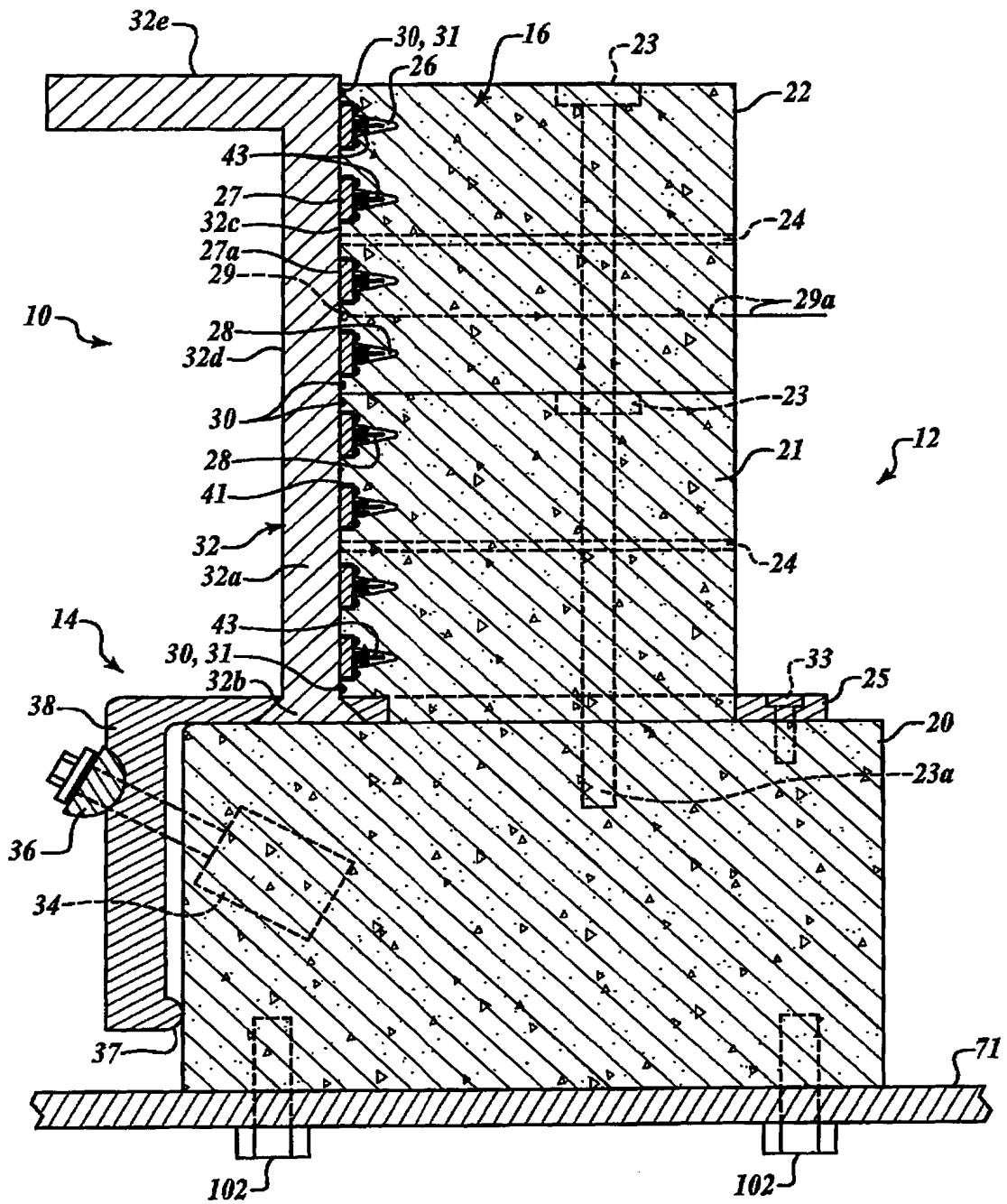


**FIG. 1A**

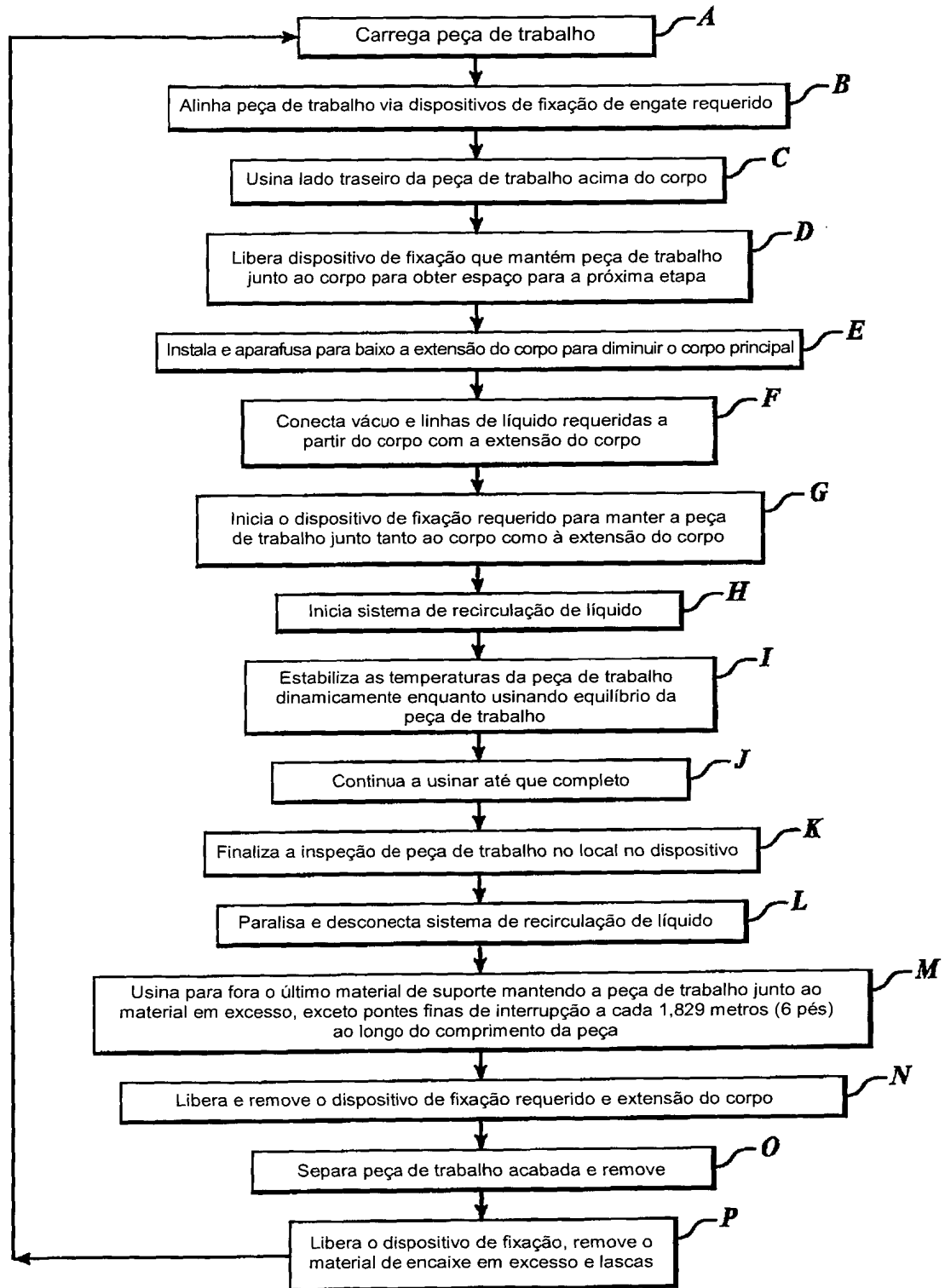


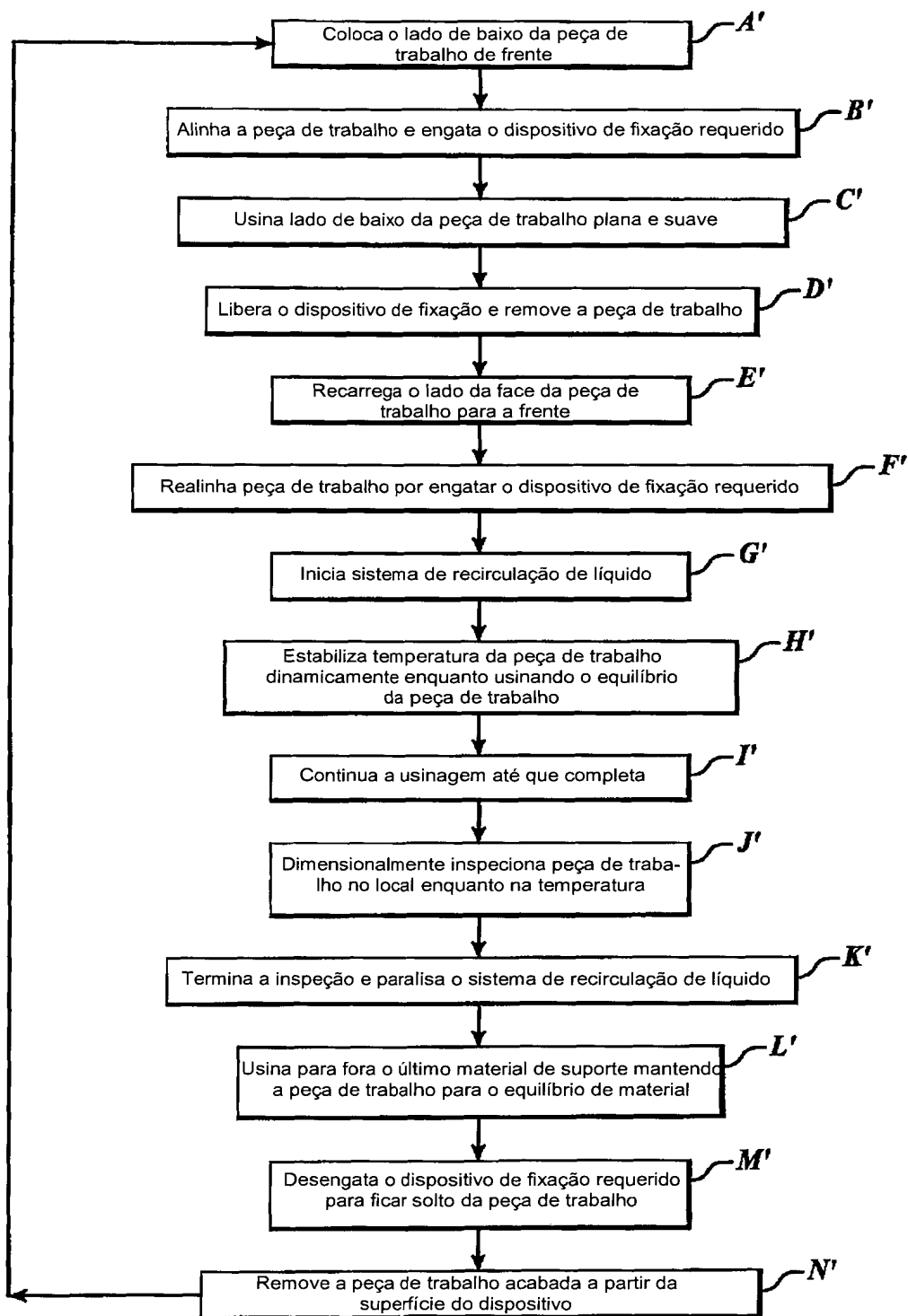
10 ↗

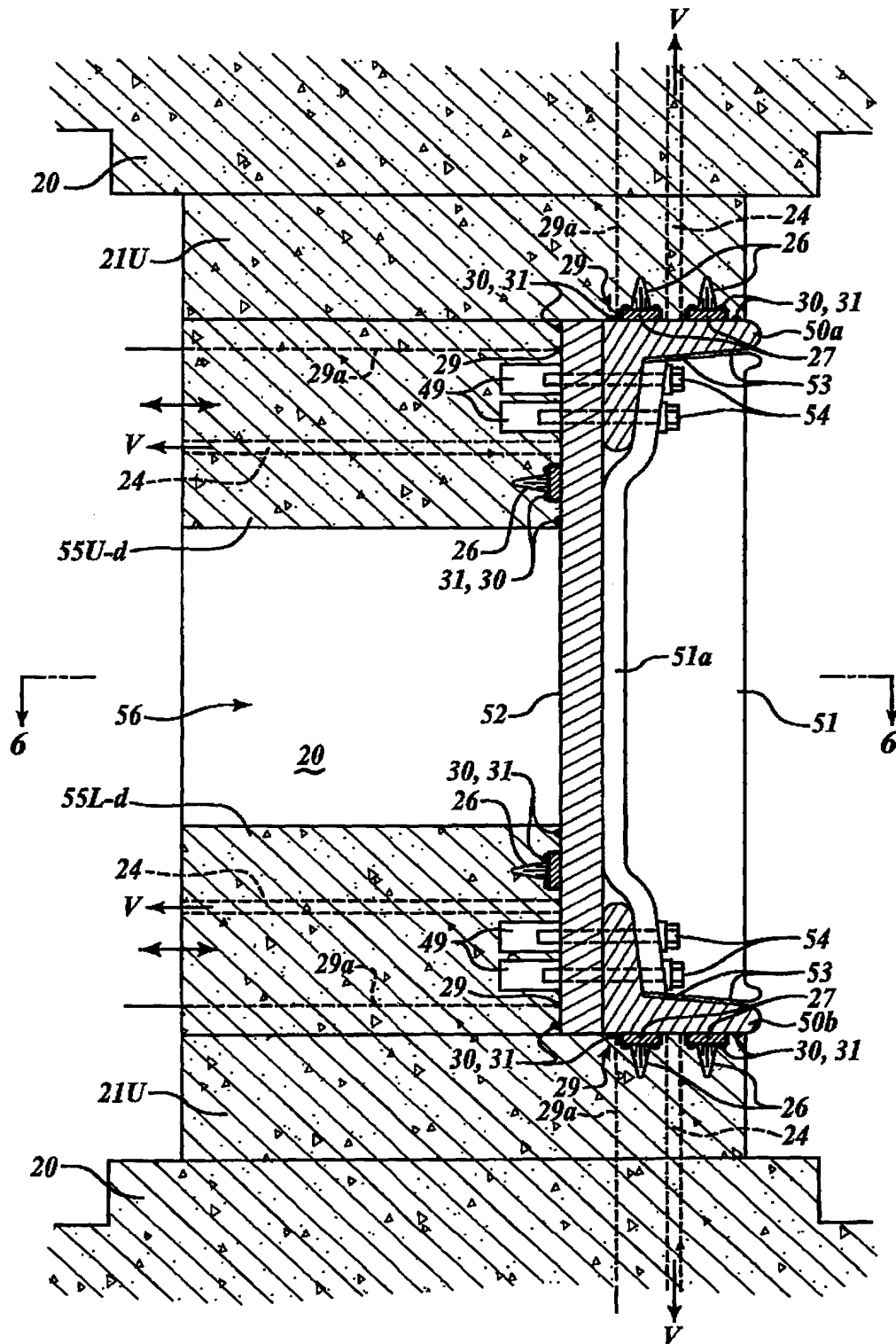
**FIG. 1B**



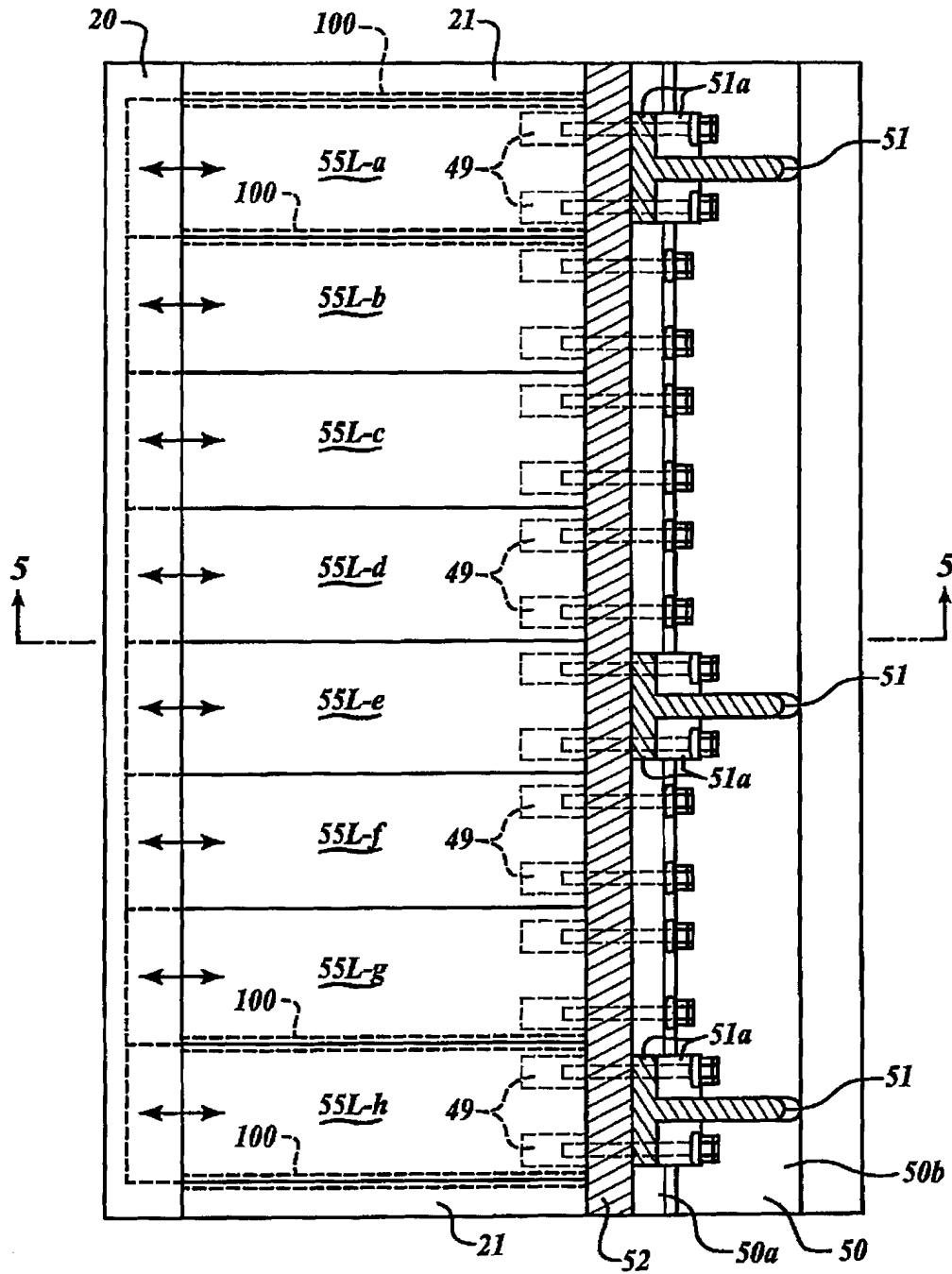
**FIG. 2**

**FIG.3**

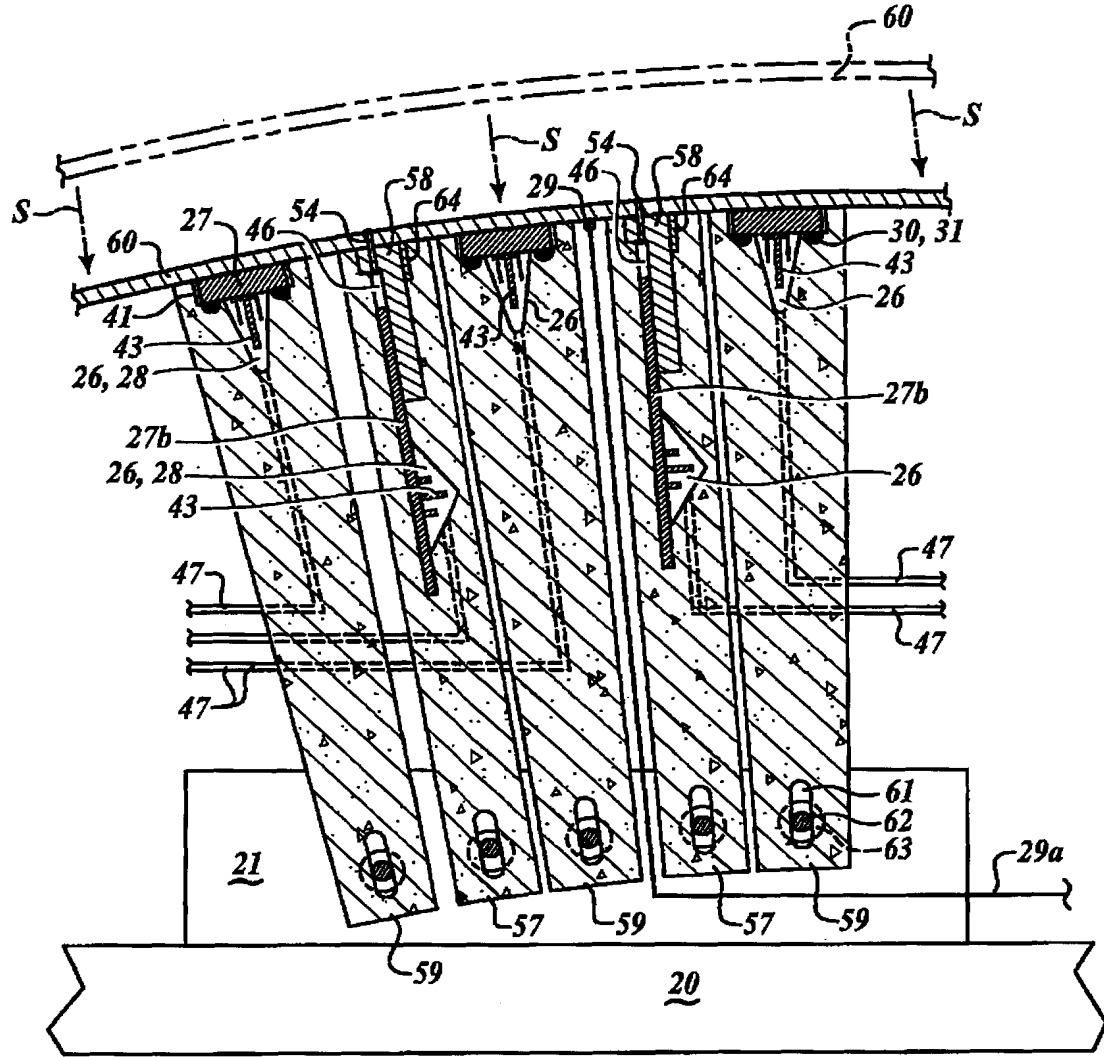
**FIG.4**



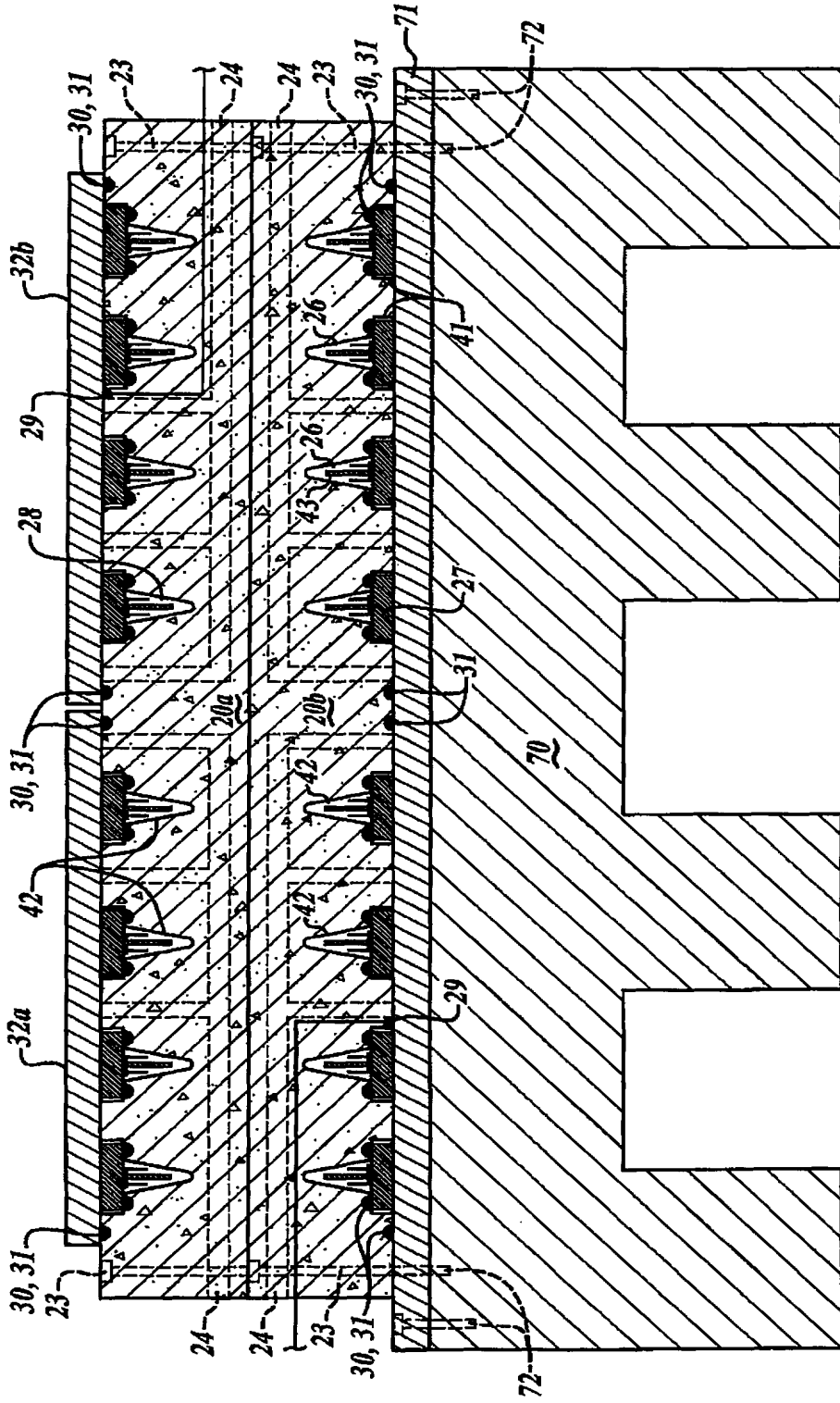
**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**

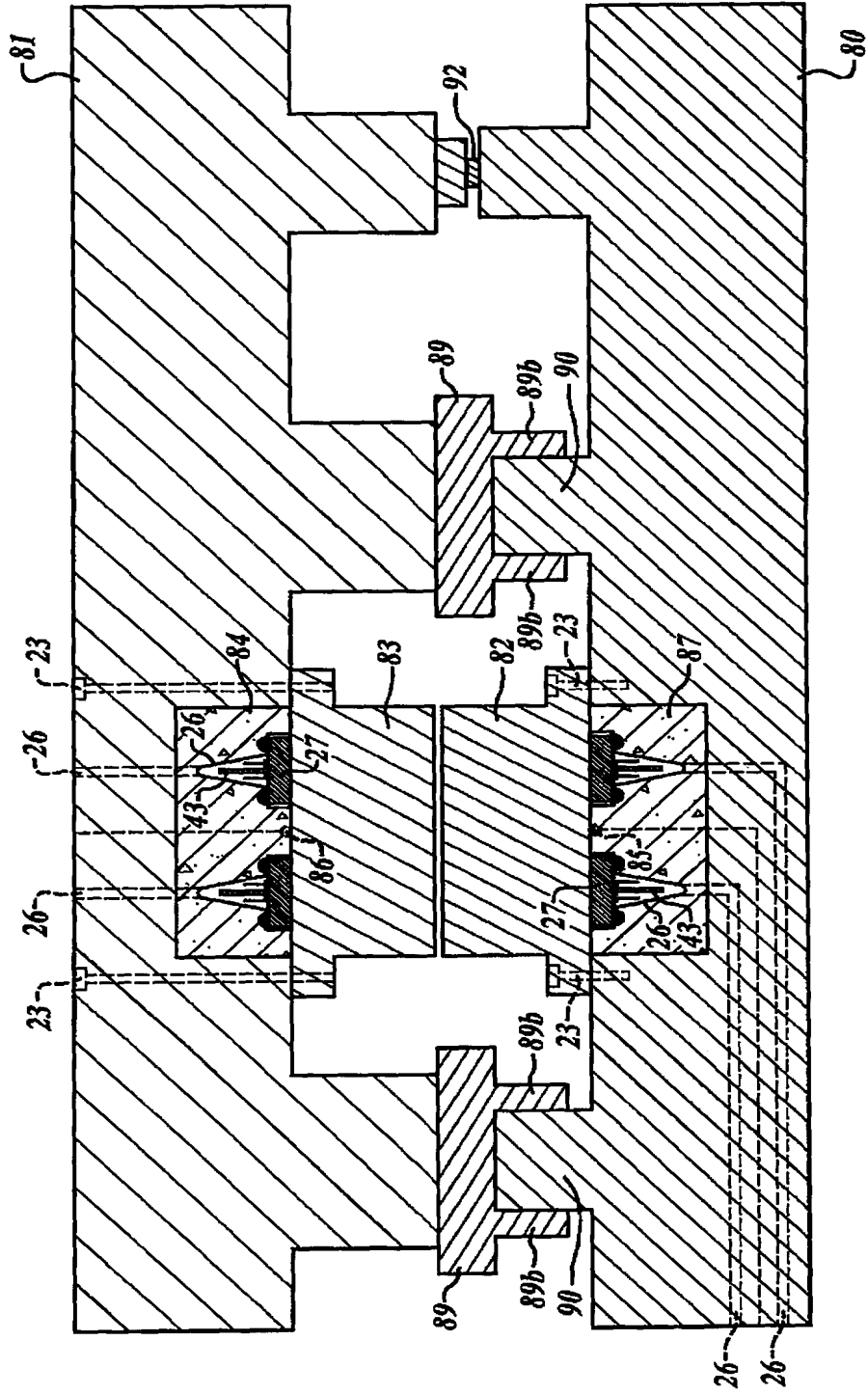


FIG. 9

## RESUMO

### “APARELHO, SISTEMAS E MÉTODOS PARA USINAGEM ISOTÉRMICA A SECO DE PEÇA DE TRABALHO E DISPOSITIVOS DE MONTAGEM”

Trata-se de um sistema de suporte de peça de trabalho isotérmico que utiliza corpos de suporte de composto de polímero com baixo TCE, baixa condutividade térmica, de amortecimento de vibração para amortecer a vibração da máquina operatriz e a trepidação enquanto de forma precisa, de forma rígida, mantendo a peça de trabalho em posição por fixações a vácuo e / ou mecânicas durante a usinagem. Canais de fluido de resfriamento possuindo chapas com alta condutividade térmica em contato com a peça de trabalho transferem energia térmica para / a partir da mesma para manter a mesma isotérmica durante a usinagem, a inspeção e a montagem, eliminando alterações dimensionais e aumentando a capacidade de repetição do processo. Minimizar a vibração reduz o tempo do ciclo e aperfeiçoa o acabamento de superfície, o que elimina o novo trabalho manual. O sistema emprega bombas de vácuo e de fluido refrigerante, aquecedores / resfriadores, sensores de temperatura e controladores para obter usinagem com tolerâncias dimensionais altamente precisas das peças, o que reduz o avanço de erros e os custos de montagem. Dispositivos isotérmicos são revelados para montar peças e configurações automáticas de rebite em localizações precisas com o uso reduzido de calços. O sistema isotérmico da invenção é aplicável para o controle dos efeitos TCE /  $I^2R$  em motores de indução linear.