



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0706965-0 B1



(22) Data do Depósito: 29/01/2007

(45) Data de Concessão: 22/01/2019

(54) Título: DISPOSITIVO PARA FABRICAÇÃO DE APARELHOS ORTODÔNTICOS

(51) Int.Cl.: A61C 7/14; B23H 1/00.

(30) Prioridade Unionista: 18/10/2006 US 11/583,103; 27/01/2006 US 60/763,022.

(73) Titular(es): 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY.

(72) Inventor(es): RUEDGER RUBBERT; HANS-CHRISTIAN KRUEGER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2007050847 de 29/01/2007

(87) Publicação PCT: WO 2007/085656 de 02/08/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/07/2008

(57) Resumo: DISPOSITIVO E PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE APARELHOS ORTODÔNTICOS A presente invenção refere-se à fabricação de aparelhos ortodônticos, a um programa produto e a métodos associados. Uma modalidade de um sistema inclui um design de computador de um aparelho ortodôntico virtual que tem um programa produto para design de um aparelho ortodôntico fornecido para projetar uma representação dimensional virtual de um aparelho ortodôntico incluindo corpos de bráquetes e bases de bráquetes, e um aparelho de molde posicionado para formar cada corpo de bráquete e cada bloco de bráquete. O sistema inclui também um computador para processamento de dados que inclui um programa produto para produção auxiliado por computador fornecido para gerar instruções de controle para o dispositivo de descarga elétrica incluindo uma representação dimensional virtual de uma canaleta (sítot) no bráquete e um aparelho de usinagem por descarga elétrica. O aparelho de usinagem por descarga elétrica pode incluir um controlador incluindo um programa produto de controle para gerar um sinal de controle contendo instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica.

“DISPOSITIVO PARA FABRICAÇÃO DE APARELHOS ORTODÔNTICOS”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se genericamente ao campo da ortodontia, particularmente à fabricação de aparelhos ortodônticos. A presente invenção refere-se também ao sistema, produto programa, e métodos relacionados para projetar e fabricar aparelhos ortodônticos com o propósito de nivelar os dentes de um paciente e bráquetes de precisão personalizados feitos de acordo com os métodos da presente invenção.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] O tratamento ortodôntico para endireitar ou alinhar os dentes de um paciente remonta a centenas de anos. O tratamento geralmente incluía o uso de fios enrolados em torno dos dentes do paciente. Em meados da década de 1970, principalmente devido ao aperfeiçoamento da tecnologia de adesivos, o método preferencial mudou para bráquetes colados diretamente aos dentes e fios elásticos de seção transversal retangular passados através de canaletas (slots) nos bráquetes. Tipicamente, os bráquetes são produtos de prateleira. Na maioria dos casos, eles são adaptados para um certo dente, por exemplo um canino superior, mas não para o dente individual de um paciente específico. A adaptação do bráquete no dente individual é geralmente realizada pelo enchimento do vão entre a superfície do dente e a superfície do bráquete com adesivo para, dessa forma, colar o bráquete ao dente de forma que a canaleta (slot) do bráquete, quando os dentes são movidos para a posição final, fique no plano horizontal. A força impulsora que move os dentes para a desejada posição final é fornecida pelo fio (archwire). Para bráquetes linguais, foi desenvolvido um sistema por Thomas Creekmore, por exemplo, que tem canaletas (slots) de bráquete verticais. Isto permite a inserção mais fácil do fio. O lado mais longo do fio é, portanto, orientado verticalmente.

[003] Os fios usados nos tratamentos ortodônticos atuais são também geralmente produtos de prateleira. Se eles precisam ser personalizados pelo ortodontista, a meta é fazer isto com o menor número de modificações possível. De acordo com tal método, os bráquetes são projetados de modo que ao final do tratamento, quando os dentes estão alinhados, as canaletas (slots) do bráquete estejam localizadas e orientadas de forma plana. Isto significa que um fio que passaria através das canaletas (slots) passivamente, sem a aplicação de nenhuma força, seria plano (achatado). Este regime de tratamento é conhecido como "fio reto". Quanto mais distante o fio (archwire) estiver da superfície dental, mais difícil será alcançar uma posição final precisa para cada dente. Um erro de apenas 10 graus, por exemplo, em torque (rotação em redor do eixo do fio) pode induzir um erro na posição do dente de mais que 1 mm. Assim, é reconhecida pelo Requerente a necessidade de canaletas (slots) de bráquetes de precisão posicionadas tão perto quanto possível das superfícies dentais, em conjunto com um fio (archwire) personalizado, que podem formar uma interface de precisão da canaleta de bráquete e do fio (archwire) para por meio disto minimizar o erro de torque.

[004] Um outro problema em ortodontia é determinar a posição correta dos bráquetes. Durante a colagem, os dentes podem estar orientados bem distantes da posição desejada. Então a tarefa de posicionar os bráquetes de modo que o fio (archwire) plano dirija os dentes para a posição correta exige muita experiência e imaginação visual. O resultado é que ao final do tratamento muito tempo é perdido para executar os ajustes necessários de posição do bráquete ou do formato do fio. O problema pode ser resolvido pela criação de uma configuração ideal: virtualmente, usando dados de uma imagem digitalizada tridimensional da dentição, ou fisicamente separando-se os dentes de um modelo da dentição e configurando-os na posição ideal em um leito de cera. Por exemplo, a patente U.S. N° 6.648.640 por Rubbert et al., intitulada "Interactive

Orthodontic Care System Based On Intra-Oral Scanning of Teeth," descreve uma abordagem baseada em fios para ortodontia baseada em bráquetes genéricos e fios ortodônticos (archwire) personalizados. Os fios podem ter flexões e torções complexas, logo eles não são necessariamente fios planos. Este documento de patente descreve também um sistema de digitalização para a criação de modelos virtuais tridimensionais de uma dentição e um sistema interativo de planejamento de tratamento computadorizado baseado nos modelos da dentição obtidos por digitalização. Como parte do planejamento do tratamento, bráquetes virtuais são colocados em dentes virtuais e os dentes são movidos para a posição desejada por um operador humano exercendo julgamento clínico. O modelo virtual tridimensional da dentição mais os bráquetes em uma condição de mal oclusão são exportados para um dispositivo de criação rápida de protótipos para a fabricação de um modelo físico da dentição mais os bráquetes.

[005] A patente U.S. N° 6.776.614 por Wiechmann et al., intitulada "Modular System for Customized Orthodontic Appliances", descreve uma abordagem baseada em fios para ortodontia baseada em bráquetes personalizados e fios ortodônticos personalizados. Este documento de patente adicionalmente descreve o projeto de bráquetes em computador como uma combinação de objetos virtuais tridimensionais que inclui uma base de colagem de bráquete virtual e um corpo de bráquete virtual encontrado em uma biblioteca virtual de corpos de bráquete. Os bráquetes virtuais podem ser representados como arquivos contendo dados de formato digital e que podem ser exportados para um dispositivo de formação rápida de protótipos.

[006] Desenvolvimentos recentes em ortodontia incluem o uso de tecnologia de criação rápida de protótipos para formar os bráquetes. As máquinas de criação rápida de protótipos podem ser usadas para criar modelos de bráquetes que são então usados para formar moldes que formarão os bráquetes. Estes moldes geralmente tem uma cavidade definindo o bráquete e

podem ter um canal formando uma rota para verter o material de formação de bráquete no molde. O material de formação de bráquete que fica no canal forma um jito que precisa ser removido. Além disso, se a canaleta (slot) do bráquete não for formada como parte do processo de modelagem, uma canaleta (slot) do bráquete precisa ser cortada no corpo do bráquete.

[007] Os vários métodos para formação da canaleta (slot) do bráquete podem incluir fundição, trituração ou moagem. Por exemplo, o WO94/10935 por Andreiko et al., intitulado "Custom Orthodontic Appliance Forming Method and Apparatus" descreve a formação de bráquetes pelo corte personalizado de canaletas (slots) em blocos brutos ("blanks") de bráquete, preservando-se o ângulo de inclinação da base ou, alternativamente, inclinando-se as bases de bráquete e formando bases de bráquete com contornos para a adaptação à superfície do dente ou em interface com um agente adesivo para preencher o espaço entre a base do bráquete e o dente. Andreiko et al., embora descreva primariamente a formação de bráquetes usando uma lâmina cortadora mecânica, também introduz sem elaboração adicional que outros meios como usinagem por descarga elétrica, usinagem, fundição ou estereolitografia podem ser empregados.

[008] Tais processos são deficientes em descrever sistemas, aparelhos ou métodos para a criação de uma canaleta (slot) de bráquete altamente precisa, para a criação de um rebaixo nas paredes laterais da canaleta (slot) do bráquete, para o corte de um molde de revestimento de um bráquete de um jito, ou para o corte de um tubo altamente preciso no corpo do bráquete. Embora o desejo por bráquetes de precisão tenha sido notado por Wiechmann, D., "A New Bracket sistema for Lingual Orthodontic Treatment, Part 2: First Clinical Experiences and Further Development," J. Orofac. Orthop. (2003), até agora não se tem reconhecido a necessidade de um sistema, aparelho, programa produto e métodos de formação de canaletas (slots) ou tubos do bráquete de precisão aprimorada, tendo tais características desejadas que podem ser obtidas usando

tecnologia de usinagem por descarga elétrica, por exemplo superfícies usinadas de baixas tolerâncias permitindo o ajuste preciso de um fio (archwire) adjacente.

OBJETIVOS DA INVENÇÃO

[009] Em vista do mencionado anteriormente, é um objetivo da presente invenção superar as deficiências dos bráquetes conhecidos e dos métodos de produção conhecidos.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[010] A presente invenção atinge os objetivos acima mencionados ao providenciar um sistema, programa produto, e método de fabricação de aparelhos ortodônticos os quais podem providenciar precisão aprimorada na formação de uma canaleta (slot) do bráquete personalizada de precisão em cada corpo do bráquete corpo do aparelho ortodônticos. Por exemplo, de acordo com modalidades da presente invenção, configurações da canaleta (slot) do bráquete que podem agora ser formadas não eram possíveis anteriormente. Adicionalmente, de acordo com modalidades da presente invenção, um fio (archwire) personalizado e cada uma das canaletas (slot) do bráquete personalizadas de precisão podem formar uma interface de alta precisão entre o fio (archwire) e a canaleta (slot) do bráquete à qual pode reduzir ou minimizar significativamente o erro de torque. O fio (archwire) é geralmente um fio com um formato de U ou um formato arqueado tendo forma e dimensões que correspondem genericamente à superfície interna da disposição de dentes na cavidade oral. Os presentes inventores descobriram que o uso de usinagem por descarga elétrica em conjunto com o design virtual do bráquete, se forem usados para formar a canaleta (slot) do bráquete no corpo de bráquete, podem fornecer precisão aprimorada e podem permitir a remoção do jito. Mais ainda, de acordo com uma modalidade da presente invenção, a usinagem por descarga elétrica em conjunto com o design virtual do bráquete podem fornecer precisão aprimorada e podem permitir um processo de fabricação que inclui a remoção

efetiva do jito. De preferência, a remoção do jito é efetuada simultaneamente com a usinagem da canaleta (slot) do bráquete, por exemplo o processo de usinagem da canaleta (slot) é efetivamente integrado com a remoção do jito. Isto é concretizado em modalidades da invenção nas quais o jito ou uma seção de acessório, respectivamente, são fixados na seção do corpo de bráquete que é disposta no plano ou fixada ao plano da superfície aberta da canaleta (slot) do bráquete para ser usinado. Consequentemente, a usinagem da canaleta (slot) do bráquete em combinação com a remoção de material que preenche a canaleta (slot) do bráquete resulta em concomitante remoção do jito ou da seção de acessório fixados ao bráquete.

[011] Mais especificamente, em uma modalidade da presente invenção, um sistema para fabricação de aparelhos ortodônticos pode incluir um computador de design de aparelho ortodôntico virtual tendo um processador, memória acoplada ao processador e programa produto de design de aparelho ortodôntico armazenado na memória. O programa produto de design para aparelho ortodôntico pode incluir instruções para executar a operação de recepção dos dados de dentição do paciente, tipicamente obtidos através de vários métodos conhecido pelos versados na técnica e podem incluir aqueles métodos para executar a operação de projetar uma representação virtual dimensional do aparelho ortodôntico, definindo os dados do design virtual do aparelho ortodôntico em resposta aos dados de dentição do paciente recebidos. O aparelho ortodôntico pode incluir um fio (archwire) que, por exemplo, pode ser personalizado, e uma pluralidade de bráquetes personalizados de precisão que inclui um corpo de bráquete tendo uma superfície adesiva voltada para um dente, uma base de bráquete conectada ao corpo de bráquete e uma canaleta (slot) do bráquete. Consequentemente, um bráquete compreende um corpo de bráquete com uma canaleta (slot) do bráquete e uma base de bráquete com uma superfície adesiva ao dente. Em uma modalidade preferencial, um bráquete é um elemento

em peça única que compreende um corpo do bráquete, uma canaleta (slot) do bráquete, e uma base do bráquete.

[012] O sistema pode também incluir um aparelho de formação de molde que pode utilizar várias técnicas como, por exemplo, rápida criação do protótipo para criar um molde usado para a formação de bráquetes personalizados. De acordo com uma modalidade da presente invenção, o molde pode ser configurado para simultaneamente formar ambos, o corpo do bráquete e a base do bráquete, e é posicionado para receber o material de formação de bráquete. O aparelho de formação de molde inclui, também um dispositivo posicionado para dispensar o material de formação de bráquete no molde. Cada molde geralmente tem uma cavidade para cada um dos bráquetes e para definir as periferias do bráquete quando o material de formação de bráquete é posicionado nele, e um canal para as periferias definidas de um jito quando cheio com o material de formação de bráquete. Cada corpo de bráquete moldado pode ser conectado ao jito quando removido do molde. De preferência, o jito compreende uma seção de acessório que pode ser posicionada em uma seção de recepção do sistema para orientar o bráquete para usinagem pelo aparelho de usinagem por descargas elétricas. Desta forma, a seção de acessório pode ser usada para orientar o bráquete para usinagem independentemente dos dados de dentição do paciente que compreendem, por exemplo, o formato da superfície adesiva ao dente ou, de preferência, de acordo com dados de dentição do paciente, por exemplo definindo a superfície adesiva ao dente e/ou uma inclinação da canaleta (slot) do bráquete na direção da superfície adesiva ao dente.

[013] Em uma alternativa para moldar um corpo de bráquete tendo um jito que compreende uma seção de acessório, um corpo de bráquete pode compreender uma seção de acessório independente do jito. Adicionalmente, o corpo de bráquete pode ser produzido por um outro processo de produção, por

exemplo pela geração de seu formato tridimensional por usinagem ou, de preferência, pela fusão de um material precursor produzindo um material desejado no formato tridimensional predeterminado. A última técnica pode, por exemplo, empregar irradiação a laser para seletivamente fundir um material precursor ao longo de um padrão predeterminado de uma maneira controlada numericamente, essencialmente dentro do formato predeterminado do corpo do bráquete. No caso de uma liga metálica ser o material que constitui o corpo do bráquete, um material precursor pode compreender partículas da liga metálica.

[014] O sistema pode também incluir um computador de processamento de dados posicionado, por exemplo, em comunicação com o computador para design virtual do aparelho ortodôntico através de uma rede de computadores e tendo memória e programa produto de fabricação auxiliado por computador armazenado na memória. O programa produto de fabricação auxiliado por computador pode incluir instruções para executar a operação de derivar instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica legíveis por uma máquina para executar uma operação de formação da canaleta (slot) do bráquete responsiva aos dados de design virtual do aparelho ortodôntico.

[015] O sistema inclui, também um aparelho de usinagem por descargas elétricas em comunicação com o computador de processamento de dados, por exemplo, através da rede de computadores ou outros meios de comunicação conhecidos pelos versados na técnica. O aparelho de usinagem por descargas elétricas pode incluir um controlador tendo memória que pode fornecer controle numérico computadorizado. O controlador pode também incluir um programa produto de comunicação de dados armazenado na memória que pode incluir instruções para executar a operação de recepção ou importação das instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica. O controlador pode também incluir um programa produto controle que pode incluir instruções para derivar um sinal de controle transportando as instruções de controle do dispositivo

de descarga elétrica responsivo às instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica.

[016] O aparelho de usinagem por descargas elétricas pode também incluir um dispositivo de descarga elétrica tendo um conjunto de eletrodo para aplicar descarga elétrica incluindo um eletrodo. Os eletrodos do dispositivo de descarga elétrica, por exemplo, podem vir em duas formas, um eletrodo de descarga elétrica de fio móvel ou eletrodo de fio móvel e um eletrodo de descarga elétrica gravador de matriz. O dispositivo de descarga elétrica pode incluir pelo menos uma seção de acionamento adaptada para posicionar o bráquete em contato de descarga elétrica com o eletrodo para formar a canaleta (slot) do bráquete e para simultaneamente separar o bráquete do jito quando formar a canaleta (slot) do bráquete responsiva ao sinal de controle, dependendo do tipo de canaleta (slot) do bráquete sendo formada.

[017] De acordo com uma modalidade da presente invenção um sistema para a fabricação de aparelhos ortodônticos pode incluir um processador de dados de controle numérico definindo um controlador tendo memória e programa produto de controle armazenados na memória. O programa produto de controle pode incluir instruções para executar a operação de derivar um sinal de controle numérico transportando instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica para formar uma canaleta (slot) do bráquete em um corpo de bráquete de um bráquete de um aparelho ortodôntico e para separar o corpo de bráquete de um jito conectado ao corpo de bráquete. O sistema pode também incluir um dispositivo de descarga elétrica em comunicação com o controlador. O dispositivo de descarga elétrica pode ter um conjunto de eletrodos de descarga elétrica incluindo um eletrodo e pelo menos uma seção de acionamento adaptada para posicionar o corpo de bráquete do bráquete em contato de descarga elétrica com o eletrodo responsivo ao sinal de controle numérico para formar a canaleta (slot)

do bráquete e para simultaneamente separar o corpo de bráquete do jito quando da formação da canaleta (slot) do bráquete.

[018] De acordo com uma modalidade da presente invenção, o sistema para fabricação de aparelhos ortodônticos pode incluir um controlador tendo memória, programa produto de comunicação de dados armazenado na memória que inclui instruções para executar a operação de recepção de instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica descrevendo uma representação dimensional virtual de uma canaleta (slot) do bráquete em um corpo de bráquete de um bráquete de um aparelho ortodôntico e programa produto de controle também armazenado na memória que inclui instruções para executar a operação de derivar um sinal de controle transportando as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica responsivo para as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica. O sistema pode também incluir um dispositivo de descarga elétrica em comunicação com o controlador tendo um conjunto de eletrodos de descarga elétrica que inclui um eletrodo e tendo pelo menos uma seção de acionamento adaptada para posicionar o corpo de bráquete de um bráquete em contato de descarga elétrica com o eletrodo, responsivo ao sinal de controle, para formar a canaleta (slot) do bráquete de acordo com um predefinido padrão de corte por descarga elétrica, por exemplo, derivar para substancialmente comparar dimensões associadas de um fio (archwire) selecionado previamente. De maneira benéfica, por exemplo, isto permite a formação de uma interface de precisão aprimorada com o fio (archwire).

[019] Adicionalmente, modalidades da presente invenção também incluem métodos de fabricação de aparelhos ortodônticos. Por exemplo, de acordo com uma modalidade da presente invenção, um método de fabricação de aparelhos ortodônticos inclui executar a etapa de derivar um sinal de controle transportando instruções de controle do dispositivo de uma representação dimensional virtual de uma canaleta (slot) do bráquete em um corpo de bráquete de um bráquete de um

aparelho ortodôntico. Para os propósitos desta descrição, uma representação dimensional virtual pode se referir ao conjunto de dados definindo uma representação dimensional, por exemplo dimensões, contorno e/ou precisão ou tolerância da superfície. As instruções de controle do dispositivo, por exemplo, descrevem operações para executar um padrão de corte por descarga elétrica estendendo-se ao longo do perímetro da canaleta (slot) do bráquete e personalizado para substancialmente comparar dimensões associadas de um fio (archwire) selecionado previamente para por meio disso formar uma interface de precisão com o fio (archwire). O método pode também incluir uma etapa para executar o padrão de corte por descarga elétrica responsivo ao sinal de controle para formar a canaleta (slot) do bráquete, por exemplo por controle do aparelho de descarga elétrica e/ou da seção de acionamento do mesmo por dados de instrução de controle numérico servindo como um sinal de controle. Se o corpo de bráquete está conectado ao jito, por exemplo, o método pode também incluir a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica que inclui por meio de um corte separar o corpo de bráquete do jito quando da formação da canaleta (slot) do bráquete. No ponto que a canaleta (slot) do bráquete é uma extremidade aberta, a canaleta pode ser formada adjacente ao jito de tal forma que o bráquete pode ser de maneira substancialmente simultânea separado do jito ao terminar-se a formação da canaleta (slot) do bráquete. De acordo com uma modalidade da presente invenção, uma extensão transversal definindo um rebaixo na canaleta (slot) do bráquete pode, também, ser formada no corpo de bráquete adjacente à extremidade fechada da canaleta (slot) do bráquete. Ainda mais, vantajosamente, quando a canaleta (slot) do bráquete é um tubo, a canaleta pode ser cortada primeiro com um primeiro padrão de corte e um jito associado, se conectado, pode ser separado do corpo de bráquete de acordo com um segundo padrão de corte.

[020] De acordo com uma modalidade da presente invenção, um método para fabricar um aparelho ortodôntico pode incluir a etapa de derivar um

señal de controle transportando instrucciones de controle do dispositivo de dados de uma representação dimensional virtual da canaleta (slot) do bráquete em um corpo de bráquete de um bráquete de um aparelho ortodôntico descrevendo operações para executar um padrão de corte por descarga elétrica estendendo-se ao longo de um perímetro da canaleta (slot) do bráquete e personalizado para substancialmente comparar dimensões associadas de um fio (archwire) selecionado previamente. De maneira benéfica, o resultado inclui a formação de uma interface de precisão aprimorada com o fio (archwire) e uma canaleta (slot) do bráquete tendo um perímetro fechado para por meio disso definir um tubo de bráquete. O método pode também incluir a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica, responsivo ao sinal de controle, para formar o tubo de bráquete. Consequentemente, isto é uma vantagem do aparelho ortodôntico e do método para sua produção de acordo com a invenção que pelo menos uma superfície da canaleta (slot) do bráquete ou o tubo do bráquete, respectivamente, de preferência dois lados opostos do mesmo, com mais preferência os dois lados opostos bem como a superfície da base, em ambas as modalidades de uma canaleta (slot) do bráquete de extremidade aberta e uma canaleta (slot) do bráquete de extremidade fechada sejam formados para acomodar o fio (archwire) em um ajuste positivo com alta precisão, por exemplo tolerância de no máximo 30 μm , de preferência no máximo 20 μm .

[021] De acordo com uma outra modalidade da presente invenção, um método para fabricar um aparelho ortodôntico pode incluir a etapa de derivar um sinal de controle transportando instrucciones de controle do dispositivo de uma representação dimensional virtual de uma canaleta (slot) do bráquete em um corpo de bráquete de um bráquete de um aparelho ortodôntico descrevendo operações para executar um padrão de corte por descarga elétrica para formar a canaleta (slot) do bráquete. A canaleta (slot) do bráquete, de acordo com essa modalidade, tem uma superfície de extremidade aberta e uma extremidade de

base fechada e dois lados espaçados estendendo-se entre as mesmas. O método pode também incluir a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica responsivo ao sinal de controle. O padrão de corte por descarga elétrica pode se estender ao longo de um perímetro da canaleta (slot) do bráquete e pode formar uma extensão transversal estendendo-se no corpo de bráquete de um dos lados espaçados à extremidade da base da canaleta (slot) do bráquete para por meio disso definir um rebaixo da canaleta (slot) do bráquete.

[022] Um método para fabricar um aparelho ortodôntico pode incluir as etapas de derivar um sinal de controle transportando instruções de controle do dispositivo que descrevem operações para executar um padrão de corte por descarga elétrica para separar um corpo de bráquete de um bráquete de um aparelho ortodôntico de um jito conectado a isso, e que executa o padrão de corte por descarga elétrica responsivo ao sinal de controle.

[023] De maneira benéfica, modalidades da presente invenção fornecem um sistema de fabricação e métodos para fabricar uma altamente precisa canaleta (slot) do bráquete, criando um rebaixo nas paredes laterais da canaleta (slot) do bráquete, cortando um molde de revestimento de um bráquete de um jito, ou cortando um altamente preciso tubo no corpo do bráquete. As modalidades da presente invenção fornecem um sistema para fabricar pelo menos uma característica de design de um aparelho ortodôntico ou uma parte do mesmo que inclui um sistema de processamento de dados derivando um sinal de controle que transporta instruções de controle de máquina de uma representação dimensional virtual da característica de design e um sistema para fabricar a característica de design que inclui usinagem de descarga elétrica, que pode fornecer um nível de precisão e eficiência de outro modo não disponível em sistemas que não empregam laminação por descarga elétrica. As modalidades da presente invenção se relacionam a um sistema para fabricação e métodos para fabricação de características de um aparelho ortodôntico ou

partes do mesmo utilizando usinagem de descarga elétrica, que em uma implementação de uma modalidade fornece o corte de uma canaleta (slot) de um bráquete com tecnologia wire-cut EDM como, por exemplo, o Mitsubishi wire EDM SX 10.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[024] Da maneira que as características e benefícios da invenção, bem como outros que se tornarão aparentes, possam ser entendidos mais detalhadamente, uma descrição mais especificada da invenção brevemente sumarizada acima pode servir de referência para as modalidades da mesma que são ilustradas nos desenhos anexos, que formam uma parte desta reivindicação. Note, entretanto, que os desenhos ilustram somente várias modalidades da invenção e não são, portanto para serem considerados limitadores do escopo da invenção desde que ela pode incluir também outras modalidades efetivas. Nas figuras:

a figura 1 é um diagrama de blocos esquemático de um sistema para fabricação de aparelhos ortodônticos de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 2 é um diagrama esquemático de um fluxo de processo para fabricação de aparelhos ortodônticos de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 3 é uma vista em perspectiva de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 4 é uma vista em perspectiva de um bráquete de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 5 é uma vista em perspectiva de um bráquete de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 6 é uma vista em perspectiva de uma canaleta (slot) do bráquete de um bráquete de um aparelho ortodôntico de acordo com uma

modalidade da presente invenção;

a figura 7 é uma vista em perspectiva de uma canaleta (slot) do bráquete de um bráquete de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 8 é uma vista em perspectiva de um aparelho de formação de molde de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 9 é uma vista em perspectiva de uma árvore de moldes de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 10 é uma vista em perspectiva de um aparelho de descarga elétrica de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 11 é uma vista em perspectiva de um aparelho de descarga elétrica de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 12 é um diagrama de fluxo de um método de fabricação de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 13 é um diagrama de fluxo de um método de fabricação de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 14 é uma vista em perspectiva de um bráquete de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

as figuras 15 a 19 são vistas em perspectiva de uma porção de um aparelho de moldagem e um bráquete moldado de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 20 é um diagrama de fluxo de um método de fabricação de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 21 é uma vista em perspectiva de um bráquete de um aparelho ortodôntico sobreposto com um padrão de corte de uma canaleta (slot) do bráquete de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 22 é um diagrama esquemático de um bráquete de um aparelho ortodôntico sobreposto com um padrão de corte de uma canaleta (slot)

do bráquete de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 23 é uma seqüência de códigos numéricos formato ASCII fornecida para executar um padrão de corte por descarga elétrica ilustrado na figura 22 de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 24 é um diagrama de fluxo de blocos de um método de fabricação de um aparelho ortodôntico de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 25 é uma vista em perspectiva de um bráquete de um aparelho ortodôntico sobreposto com um padrão de corte de uma canaleta (slot) do bráquete de acordo com uma modalidade da presente invenção;

a figura 26 é um diagrama esquemático de um bráquete de um aparelho ortodôntico sobreposto com um padrão de corte de uma canaleta (slot) do bráquete de acordo com uma modalidade da presente invenção; e

a figura 27 é uma seqüência de códigos numéricos formato ASCII fornecida para executar um padrão de corte por descarga elétrica ilustrado na figura 26 de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[025] A presente invenção será descrita mais plenamente mais adiante neste documento com referência aos desenhos em anexo, os quais ilustram modalidades da invenção. Esta invenção pode, no entanto, ser incorporada em muitas formas diferentes e não deve ser entendida como limitada às modalidades ilustradas aqui apresentadas. Números semelhantes referem-se a elementos semelhantes ao longo deste documento. Notação prima, se usada, indica elementos similares em modalidades alternativas.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[026] Como ilustrado nas figuras 1 a 27, as modalidades da presente invenção vantajosamente fornecem novos sistema, programa produto e métodos para fabricar características de um aparelho ortodôntico ou partes do mesmo utilizando usinagem de descarga elétrica, e em uma implementação de uma

modalidade, "cortando" ou modelando várias características do aparelho usando tecnologia de usinagem de descarga elétrica de fio móvel. O significado de "CAD" deve incluir, mas não ser limitado a toda e qualquer tecnologia de design auxiliado por computador. O significado de "CAM" deve incluir, mas não ser limitado a toda e qualquer tecnologia de fabricação auxiliada por computador. O significado de "CNC" ou "controle por máquina" deve incluir, mas não ser limitado a toda e qualquer tecnologia de controle numérico computadorizado quando isto refere-se a maquinário e sistemas de fabricação, incluindo, mas não se limitando a dispositivos e sistemas rápidos de criação de protótipos. O significado de "corte" deve incluir executando erosão elétrica. O significado de "EDM" ou "EDM-ing" deve incluir, mas não ser limitado a toda e qualquer tecnologia de usinagem de descarga elétrica. O termo "3D" deve significar tridimensional. As palavras usadas neste relatório descritivo para descrever a invenção e suas várias modalidades devem ser entendidas não somente em seus significados comumente definidos, mas para incluir por definições especiais na estrutura deste relatório descritivo, material ou atos além do escopo dos significados comumente definidos.

[027] Conforme mostrado nas figuras 1 e 2, uma modalidade de um sistema 30 para fabricar o aparelho ortodôntico pode incluir um computador de design de aparelho ortodôntico virtual 31 tendo um processador 33, memória 35 acoplada ao processador 33, e programa produto de design de aparelho ortodôntico 37 armazenado na memória 35. O programa produto de design de aparelho ortodôntico 37 pode incluir instruções para executar a operação de recepção de dados de dentição do paciente tipicamente obtidos através de vários métodos conhecido pelos versados na técnica e pode incluir aqueles para executar a operação de fazer um design de uma representação dimensional virtual do aparelho ortodôntico 41 que define dados de design do aparelho ortodôntico em resposta aos dados recebidos sobre a dentição do paciente.

[028] Conforme mostrado nas figuras 4 a 7, o aparelho ortodôntico 41 pode incluir um fio (archwire) 43 personalizado e múltiplos bráquetes 45 de precisão personalizados, cada um deles incluindo um corpo de bráquete 47, uma base de bráquete 49 conectada ao corpo de bráquete 47, e uma canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53, no corpo de bráquete 47 tendo uma largura de canaleta (slot) do bráquete 55. O corpo de bráquete 47 pode também incluir uma asa de bráquete 57, gancho de bráquete 59, ou outra característica de design conhecida pelos versados na técnica. A extremidade aberta da canaleta (slot) do bráquete 51 pode incluir uma superfície aberta de extremidade 61, uma extremidade de base fechada 63, e dois lados 65 e 66, estendendo-se entre os mesmos. A extremidade aberta da canaleta (slot) dos bráquetes 51 (vide figuras 4 e 6) pode também incluir uma extensão transversal ou extensão adjacente à extremidade de base 63 e estendendo-se no corpo de bráquete 47 de um ou ambos os lados 65 e 66, formando um rebaixo 67 tendo uma largura superando a largura de canaleta (slot) 55. A porção do corpo de bráquete 47 adjacente à extremidade de superfície aberta 61 pode ser arqueada ou pode ter um formato plano. Os lados 65 e 66 e a base 63 da canaleta (slot) do bráquete 51 pode ter uma superfície substancialmente plana e, de modo correspondente, pode ser especificada como tendo uma tolerância dimensional menor que 30 microns e de preferência tão baixa como aproximadamente oito microns, por exemplo, ao longo da largura da canaleta (slot) 55. A extremidade fechada (tubo) da canaleta (slot) do bráquete 53 (vide figuras 5 e 7) pode incluir uma extremidade de superfície fechada 69, mas fora isso é similar à extremidade aberta da canaleta (slot) do bráquete 51. Isto é, a extremidade fechada da canaleta (slot) dos bráquetes 53 também inclui uma base 63', um par de lados 65', 66', uma largura 55' e pode incluir um rebaixo 67'. Também similarmente, o tubo do bráquete da canaleta (slot) 53 pode ser especificado como tendo uma tolerância menor que 30 microns e de preferência

tão baixa como aproximadamente oito microns ao longo de sua respectiva largura de canaleta (slot) 55'.

[029] Conforme mostrado na figura 8, o sistema 30 pode também incluir um aparelho de formação de molde 71, como conhecido pelos versados na técnica, o qual pode utilizar várias técnicas como, por exemplo, criação de protótipos rápida para formar um molde 73 usado para através deste formar os bráquetes personalizados 45. As várias técnicas de criação de protótipos rápida, por exemplo, podem incluir estereolitografia, fabricação de objeto laminado, sinterização a laser seletiva, modelagem por deposição de material fundido, cura sólida na base (solid ground curing) e impressão por jato de tinta 3-D, só para citar algumas. De acordo com uma modalidade da presente invenção, o molde 73 é configurado para simultaneamente formar ambos, o corpo de bráquete 47 e a base de bráquete 49. O molde 73 é posicionado para receber um material de formação de bráquete 75 e um dispositivo dispensador 77 posicionado para dispensar o material de formação de bráquete 75 no molde 73. Em uma modalidade da presente invenção, como talvez melhor descrita na patente U.S. Nº 6.776.614 por Wiechmann et al. intitulada "Modular System for Customized Orthodontic Appliances," aqui incorporada na íntegra, a título de referência, uma técnica de criação de protótipos rápida é usada de modo que em um design auxiliado por computador do bráquete 45, ambos corpo 47 e base 49, formados a partir de uma varredura tridimensional de impressão dos dentes de um paciente, são usados para fabricar, por exemplo, modelos do bráquete 45 de cera ou resina que são então usados para formar, por exemplo, moldes de cimento 73 dos bráquetes 45. Cada molde 73 genericamente tem uma cavidade 79 para cada um dos bráquetes 45 e para definir as periferias do corpo de bráquete 47 e base de bráquete 49 quando o material de formação de bráquete 75 é colocado neste e um canal 81, definindo as periferias de um jito 83 (figura 9) quando cheio com o material de bráquete 75. Como possivelmente mostrado melhor na figura 14, cada corpo de

bráquete 47 moldado pode ser conectado ao jito 83 quando removido do molde 73.

[030] Conforme mostrado nas figuras 1 e 2, o sistema 30 pode também incluir um computador de processamento de dados 91 posicionado, por exemplo, em comunicação com o computador de design de aparelho ortodôntico virtual 31 através de uma rede de computadores 93 e tendo memória 95 e programa produto de fabricação auxiliado por computador 97 armazenado na memória 95. O programa produto de fabricação auxiliado por computador 97 pode incluir instruções para executar a operação de derivar instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica legíveis por uma máquina para executar a operação of formação da canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53, em resposta aos dados de design do aparelho ortodôntico virtual. Isto é, as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica podem incluir aquelas para executar a operação de execução de um padrão de corte por descarga elétrica que se estende ao longo de um perímetro do canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53. As instruções podem também incluir aquelas para executar a operação de simultaneamente separar o corpo de bráquete 47 da porção de acessório do jito 83 quando da formação da canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53. Nota: de acordo com uma modalidade da presente invenção, os dados de design do aparelho ortodôntico virtual podem ser manualmente inseridos para, ou de outro modo, recebidos pelo computador de processamento de dados 91. Tal método pode ser usado quando uma característica de design, por exemplo, a largura da canaleta (slot) do bráquete 55 e 55', é descrita por um número limitado de parâmetros. Se a característica de design representa uma característica mais complexa, então fornecer a entrada de dados de design de um computador de design de aparelho ortodôntico virtual 31 deve ser preferível. Nota: a memória 95 junto com outras memórias descritas pode incluir memória volátil e não-volátil conhecidas pelos versados na técnica incluindo, por exemplo, RAM, ROM, e discos magnético ou ópticos, só para citar alguns. Note também que o programa produto

de fabricação auxiliado por computador e as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica podem estar sob a forma de microcódigo, programa, rotinas e linguagens simbólicas que fornecem um conjunto ou conjuntos específicos de operações ordenadas que controlam o funcionamento do hardware e dirige sua operação. De acordo com uma modalidade da presente invenção, as instruções são geradas especificamente para utilização pelo dispositivo de controle numérico.

[031] Conforme mostrado nas figuras 1 e 2, o sistema 30 inclui também um aparelho de usinagem por descargas elétricas 101 em comunicação com o computador de processamento de dados 91 através, por exemplo, da rede de computadores 93 usando, por exemplo, uma porta de comunicação serial RS-232-C, ou outro meio de comunicação conhecido pelos versados na técnica. O aparelho de usinagem por descargas elétricas 101 pode incluir um controlador 103, por exemplo, uma unidade de controle de máquina tendo memória 105, que pode fornecer um controle numérico computadorizado. O controlador 103 pode também incluir a usuário dispositivo de entrada ou dispositivos conhecidos pelos versados na técnica and comunicação de dados programa produto 107 armazenado na memória 105 que pode incluir instruções para executar a operação de recepção ou importando as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica. O controlador 103 pode também incluir um programa produto de controle 109, que inclui instruções para derivar um sinal de controle transportando as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica em resposta às instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica recebidas. Nota: de acordo com uma modalidade da presente invenção a comunicação entre o controlador 103 pode alternativamente receber (importar) as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica do computador de processamento de dados 91 através de transferência manual de dados usando, por exemplo, um meio legível por um computador portátil.

[032] Conforme mostrado nas figuras 10 e 11, o aparelho de usinagem por descargas elétricas 101 pode também incluir um dispositivo de descarga elétrica 111 e 111', tendo um conjunto de eletrodos de descarga elétrica 113 e 115 que inclui um eletrodo 117 e 119. Uma fonte de energia de corrente contínua típica e um controlador de faísca em comunicação elétrica com a fonte de energia de corrente contínua (não mostrada) fornecem uma onda de pulso de alta frequência que forma uma correspondente série de alta frequência de arcos de descarga de faíscas elétricas entre o eletrodo 117 e 119 e a porção do corpo de bráquete 47 adjacente ao eletrodo 117 e 119. Os eletrodos do dispositivo de descarga elétrica 111 e 111', por exemplo, podem vir em duas formas: um eletrodo de descarga elétrica de fio móvel ou eletrodo de fio móvel 117 (figura 10) e um eletrodo de descarga elétrica gravador de matriz 119 (figura 11).

[033] Conforme mostrado na figura 10, o conjunto de eletrodos 113 de um dispositivo de descarga elétrica 111 utilizando um eletrodo de fio móvel 117 inclui um carretel ou bobina de suprimento 121 contendo porções não usadas do eletrodo de fio móvel 117 para fornecer um fluxo contínuo de suprimento eletrodo de fio móvel quando executando o corte padrão e um carretel ou bobina de recolhimento 123 contendo porções usadas do eletrodo de fio móvel para coletar o eletrodo de fio móvel fornecido pelo carretel de suprimento 121 quando executando o corte padrão para formar uma canaleta (slot) do bráquete 51 e para fornecer tensão para o eletrodo de fio móvel 117. Posicionadas entre o carretel de suprimento 121 e o carretel de recolhimento 123 estão um acionador de suprimento de fio 125 e um acionador de recolhimento de fio 127. O eletrodo de fio 117, alimentado constantemente do carretel de suprimento 123 durante operações de corte, é mantido entre os acionadores de suprimento e recolhimento de fio 125 e 127. O eletrodo de fio móvel 117 tipicamente usa água como seu dielétrico que pode ser dispensada através de bocais (não mostrados) posicionados adjacentes ao corpo de

bráquete 47. Os eletrodos de polaridade negativa podem ser escolhidos para aprimorar a velocidade de fabricação. Os eletrodos de polaridade negativa podem ser escolhidos para produzir uma superfície da canaleta (slot) do bráquete mais refinada. Uma combinação dos dois pode também ser usada, se desejado ou se necessário.

[034] De acordo com uma modalidade da presente invenção, o dispositivo de descarga elétrica 111 inclui uma mesa de acionamento para aparelho de descarga elétrica 129, como será entendido pelos versados na técnica, adaptada para ser movida no plano XY, por exemplo, usando motores de passo (stepper) ou motores CC (não mostrados) em resposta ao sinal de controle para posicionar o corpo de bráquete 47 em contato de descarga elétrica com o eletrodo de fio móvel 117 para, por meio disso, executar o corte padrão para formar a canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53. De acordo com uma outra modalidade da presente invenção, os acionadores de suprimento e recolhimento 125 e 127, são movidos em resposta ao sinal de controle no plano XY, por exemplo, usando motores de passo (stepper) ou motores CC (não mostrados), como será entendido pelos versados na técnica, para posicionar o eletrodo de fio móvel 117 para executar o padrão de corte. De acordo com uma modalidade da presente invenção, o acionador de suprimento 125 ou o acionador de recolhimento 127 podem ainda ser posicionados independentemente para por meio disso permitir a formação de vários formatos geométricos tendo superfícies não paralelas e não planares. Nota: o eletrodo de fio móvel 117 através de um ou de ambos os acionadores 125 e 127, ou através da mesa de acionamento 129 pode também simultaneamente separar o corpo de bráquete 47 do jito 83 em resposta ao sinal de controle.

[035] Conforme mostrado na figura 11, o conjunto de eletrodos 115 de um dispositivo de descarga elétrica 111' utilizando um eletrodo de descarga elétrica gravador de matriz 119 pode incluir um aríete (não mostrado) para

estender o eletrodo adjacente ao corpo do bráquete 45 quando executando uma porção de formação de orifício de um padrão de corte para formar a canaleta (slot) do bráquete 53. Nota: ao invés de usar um específico eletrodo gravador de matriz 119, uma porção do eletrodo de fio móvel 117 desconectado do carretel de recolhimento 125 pode ser usado para funcionar como um eletrodo gravador de matriz. Nota: de acordo com modalidades da presente invenção outros métodos de fabricação incluindo, por exemplo, perfurando um orifício de partida através do corpo de bráquete 47 ou formando um orifício de partida através do corpo de bráquete 47 como parte do processo de modelagem, estão dentro do escopo da presente invenção. Independentemente do método usado para formar o orifício inicial, uma vez que o orifício inicial tenha sido formado através do corpo de bráquete 47, a extremidade do eletrodo de fio móvel 117 pode ser conectada para o carretel de recolhimento 125 para, por meio disso funcionar conforme descrito acima para formar a canaleta (slot) do bráquete 53 sob a forma de um tubo, que será descrito depois.

[036] Conforme mostrado nas figuras 1 a 27, modalidades da presente invenção também incluem métodos de fabricação do aparelho ortodôntico. Por exemplo, conforme mostrado na figura 12, de acordo com uma modalidade da presente invenção, um método de fabricação de aparelho ortodôntico pode incluir a recepção de dados de dentição do paciente (bloco 141) obtida através, por exemplo, de exame ou diagnóstico de uma mal oclusão usando técnicas conhecidas pelos versados na técnica, fazendo o design de uma representação dimensional virtual de um aparelho ortodôntico a partir dos dados recebidos da dentição do paciente (bloco 143), então fabricando o aparelho ortodôntico (bloco 145). Por exemplo, um ortodontista ou outro profissional médico executa um exame de um paciente no consultório do ortodontista para recolher dados necessários para determinar a condição do paciente, prescrever o tratamento adequado, e especificar as características do aparelho ortodôntico

para implementar o tratamento. Um modelo físico incluindo um modelo mandibular e um modelo maxilar da mandíbula superior e inferior do paciente, respectivamente, pode ser formado usando um molde físico usado para formar um modelo virtual. Alternativamente, um modelo virtual pode ser formado diretamente usando várias técnicas de digitalização. Independentemente do método empregado, um modelo virtual junto com uma prescrição estabelecendo o tratamento a ser adotado para o paciente e o resultado a ser atingido pelo tratamento pode ser usado para formar os dados de dentição. Esses dados podem ser comunicados para um aparato de fabricação e design de aparelho onde o design do aparelho ortodôntico 41 personalizado pode ser executado com a utilização de um computador, por exemplo, um computador de design de aparelho ortodôntico virtual 31, uma estação de trabalho ou outro processador de dados conhecido pelos versados na técnica, que pode armazenar um modelo virtual tridimensional da dentição do paciente e o software de planejamento do tratamento ou programa produto para mover os dentes no modelo virtual para decidir as posições finais.

[037] O aparelho ortodôntico 41 pode incluir um fio (archwire) 43 personalizado e múltiplos bráquetes 45 personalizados cada um incluindo um corpo de bráquete 47, uma base de bráquete 49 conectada ao corpo de bráquete 47, e uma canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53, no corpo de bráquete 47. Vários sistemas e métodos de formação de fio (archwire) como, por exemplo, aquele descrito na patente U.S. N° 6.928.733 por Rubbert et al. intitulada "Method and System for Customizing an Orthodontic Archwire," aqui incorporada na íntegra, a título de referência, podem ser usados para formar um fio (archwire) 43 de precisão personalizado para serem posicionados nas canaletas (slots) do bráquete 51 ou 53, para formar uma interface de precisão a qual pode fornecer na canaleta (slot) do bráquete dimensão de largura, por exemplo, uma tolerância combinada de igual a ou menor que vinte microns e tão baixo quanto

aproximadamente oito microns. O fio (archwire) 43 é tipicamente formado de um aço inoxidável, ligas à base de níquel-titânio, à base de titânio-nióbio ou à base de titânio-molibdênio, mas pode ser fabricado usando vários outros materiais conhecidos pelos versados na técnica. Os bráquetes 45 são tipicamente formados de aço inoxidável, titânio ou uma liga à base de titânio, mas podem também ser prontamente formados de vários outros materiais conhecido pelos versados na técnica.

[038] Vários métodos de formação da base virtual de bráquete e corpo de bráquete podem ser empregados. A patente U.S. N° 6.776.614 por Wiechmann et al. intitulada "Modular System for Customized Orthodontic Appliances" aqui incorporada na íntegra, a título de referência, descreve métodos para fazer o design de uma representação dimensional virtual do aparelho ortodôntico 41 usado para fabricação dos bráquetes 45, incluindo sistemas e métodos para fazer o design de um bráquete 45 ortodôntico personalizado para um paciente individual com o auxílio de um computador tendo acesso à biblioteca de descrições virtuais de características de bráquete. Por exemplo, de acordo com um método, a geometria de base de bráquete pode ser derivada diretamente de representações digitais dos dentes do paciente de forma a produzir uma base adesiva de bráquete 49 que se adapta substancialmente ao formato da superfície dos dentes. De acordo com um outro método, descrito por Wiechmann et al., um algoritmo de software é empregado para calcular automaticamente ou semi-automaticamente uma área de base adesiva de bráquete adequada através da análise da curvatura da superfície dental e determinar uma superfície que é larga o suficiente para cobrir características de curvatura substanciais para permitir posicionamento manual confiável do bráquete 45 sobre a superfície dental. Tal algoritmo pode, por exemplo, começar com um tamanho de base predefinido. A superfície dental por aquele tamanho de base iria formar um "montículo" virtual tendo pelo menos uma porção elevada em relação a anatomia em volta ao dente,

já que uma superfície dental completamente plana não proporcionaria a ela mesmo posicionamento único de um bráquete. O volume do montículo pode ser calculado desde que as bordas da base sejam unidas pela superfície contínua de qualquer maneira conveniente. Quanto menos curvatura a superfície dental apresenta, mais achatado o montículo e o seu volume será menor. Se o volume do "montículo" não excede um valor predefinido, a base seria automaticamente alargada por um valor predefinido, com a ideia que o volume maior incluiria mais provavelmente as adequadas características em relevo do dente. Novamente, o volume seria calculado. Este ciclo seria continuado até que um valor de volume mínimo fosse alcançado por cada base. Isto é somente uma abordagem exemplificadora para esse tipo de algoritmo automatizado. Outras podem ser prontamente escolhidas dos princípios ensinados na presente invenção.

[039] A porção da base de bráquete 49 afastada dos dentes do paciente pode também ter um design para se adaptar à geometria dos dentes do paciente. Os corpos de bráquete 47 podem também ser projetados e combinados com a base de bráquete 49. Por exemplo, uma biblioteca de corpos de bráquete 47 é criada previamente e armazenada no computador para permitir rápida seleção, entretanto, os corpos de bráquete 47 podem também ser prontamente personalizados para satisfazer as necessidades do paciente. As canaletas (slot) do bráquete 51 ou 53 podem também ser projetada de acordo com as necessidades do paciente. Por exemplo, as canaletas (slots) do bráquete 51 ou 53 podem também ser projetadas para se alinharem com a geometria dos dentes do paciente. As canaletas (slot) do bráquete 51 ou 53 podem estar sob a forma de uma extremidade aberta de canaleta (slot) 51 se estendendo na superfície do corpo de bráquete ou uma extremidade fechada de canaleta (slot) 53 formando um tubo através do corpo de bráquete 47. De maneira benéfica, usando tal método de fabricação, a tolerância ao longo da largura 55 da canaleta (slot) do bráquete de cada tipo de canaleta 51 ou 53, por exemplo, pode ser menor que

trinta e tão baixo quanto aproximadamente oito microns correspondendo a um ângulo de rotação calculado de somente 0,7 graus. Este pode ser um aprimoramento significativo em relação à técnica anterior que tem tolerâncias tão altas quanto 40 microns para canaletas (slots) de extremidade aberta, e tão altas quanto entre 40 e 100 microns para canaletas (slots) de extremidade fechada. Tal precisão pode resultar, de maneira benéfica, em um processo de acabamento mais previsível.

[040] Adicionalmente, outros acessórios como, por exemplo, asas de bráquete 57 ou ganchos de bráquete 59, podem ser integrados no design do bráquete. Uma vez que o design tridimensional da base de bráquete 49, do corpo de bráquete 45 e de outros acessórios são combinados, o processo é repetido para cada bráquete 45 formando o aparelho ortodôntico.

[041] Conforme mostrado na figura 13, de acordo com uma modalidade da presente invenção, o método de fabricação de um aparelho ortodôntico pode incluir o uso de várias técnicas de moldagem como conhecido e entendido pelos versados na técnica. Isto é, o método pode incluir vertendo, injetando ou, de outro modo, transferindo material de formação de bráquete 75 em um molde 73 (bloco 151). O molde 73 (figura 8) pode ter uma cavidade 79 para cada dos bráquetes 45 os quais definem periferias do corpo de bráquete 47 e base de bráquete 49 quando o material de formação de bráquete 75 é posicionado nele. Conectado a cada cavidade 79 no interior do molde 73, por exemplo, está um canal separado ou jito 81, que fornece um conduto separado para o material de formação de bráquete 75 ser transferido na respectiva cavidade 79. Cada canal 81 define periferias de um jito 83 quando cheio com o material de bráquete 75. De acordo com uma modalidade da presente invenção, quando o material de formação de bráquete 75 é solidificado e quando os bráquetes 45 são removidos do molde 73 cada corpo de bráquete 47 moldado permanece conectado ao jito 83 (vide figuras 9 e 14 a 19). Quando os jitos 83

são conectados junto, os jitos 83 formam o que é comumente chamado uma árvore de moldes (mold tree).

[042] De acordo com uma modalidade da presente invenção, o método de fabricação de um aparelho ortodôntico pode incluir o uso de técnicas de usinagem automatizadas. Isto é, um método de fabricação de um aparelho ortodôntico 41 pode incluir derivar instruções de controle do dispositivo, por exemplo, usando um computador de processamento de dados, por exemplo, computador de processamento de dados 91 que inclui software ou programa produto, por exemplo, programa produto de fabricação auxiliado por computador 97 (figura 1), descrito anteriormente, que pode ser usado para formular as instruções de controle do dispositivo da representação dimensional virtual da canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53, no corpo de bráquete 47 (bloco 153). As instruções de controle do dispositivo descrevem operações para executar um padrão de corte que se estende ao longo de um perímetro da canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53, que pode ser personalizado para substancialmente comparar dimensões associadas de um fio (archwire) 43 de precisão personalizado selecionado previamente, para por meio disso formar uma interface de precisão com o fio (archwire) 43. As instruções de controle do dispositivo podem ser fornecidas manualmente ou através de uma rede de computadores, para um controlador, por exemplo, controlador 103, de um dispositivo de fabricação de bráquete, por exemplo, dispositivo de descarga elétrica 111 e 111' (bloco 155). Sinais de controle transportando as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica são então derivados (bloco 157) em resposta às instruções recebidas de controle do dispositivo de descarga elétrica usando, por exemplo, o controlador 103 transportando o programa produto de controle 109. O padrão de corte por descarga elétrica é então executado em resposta aos sinais de controle para formar a canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53 (bloco 159).

[043] Conforme mostrado na figura 20, de acordo com uma modalidade da presente invenção onde a canaleta (slot) do bráquete é uma canaleta (slot) do bráquete de extremidade aberta 51 um método de fabricação de aparelhos ortodônticos 42 pode incluir executar o padrão de corte por descarga elétrica responsivo ao sinal de controle para formar a canaleta (slot) do bráquete como ilustrado nas figuras 21 e 22. Na configuração de canaleta (slot) do bráquete de extremidade aberta, a canaleta (slot) do bráquete 51 tem uma extremidade aberta 61, uma extremidade de base fechada 63, e dois lados espaçados 65 e 66 estendendo-se entre a extremidade de base 63 e a extremidade aberta 61 e, por exemplo, pode ser formada para aceitar ser orientada paralelamente à superfície interna do dente de forma que o bráquete é posicionado sobre e/ou alinhado de acordo com a orientação geral da base de bráquete 49. Isto é, a canaleta (slot) do bráquete 51 pode ser orientada de forma substancialmente paralela para uma orientação da superfície do dente, da geometria da base de bráquete, ou de ambas. Semelhantemente, de acordo com uma modalidade da presente invenção, o corpo de bráquete 47 pode ter um formato que coincide substancialmente com o formato de um dente associado.

[044] De acordo com uma modalidade da presente invenção, a canaleta (slot) do bráquete 51 é "cortada" no corpo de bráquete 47 usando-se um aparelho de descarga elétrica 101 incluindo um dispositivo de descarga elétrica 111 equipado com um eletrodo de fio móvel 117 (vide figura 10). Um controlador 103 do aparelho de descarga elétrica recebe instruções de controle do dispositivo diretamente do usuário ou através de um link de comunicação para um computador de processamento de dados 91 ou o sistema fornece instruções de controle do dispositivo descrevendo movimentos do eletrodo 117 ou dos bráquetes 45 para formar o padrão de descarga elétrica (bloco 171). Por exemplo, o computador de processamento de dados 91 pode ter programa ou código de fabricação auxiliado por computador 97, que pode receber dados

de um computador de design de dispositivo ortodôntico virtual 31 incluindo um programa de design ortodôntico ou outro tipo de programa de design auxiliado por computador, ou pode receber dados de ou um programa de design ortodôntico ou outro programa de design auxiliado por computador residente com o programa de fabricação auxiliado por computador no computador de processamento de dados 91. De acordo com uma modalidade da presente invenção, o programa de fabricação auxiliado por computador 97 pode ser usado para formar instruções de controle do dispositivo, por exemplo, um programa computadorizado de controle numérico, similar àquele criado usando programação manual por operador, por exemplo, programa nível código G (G-code) como o ilustrado na figura 23, (bloco 173), como entendido pelos versados na técnica. Conforme declarado anteriormente, este código pode ser prontamente transferido para o controlador do aparelho de descarga elétrica 103 para processamento de controle do padrão de corte por descarga elétrica (bloco 175).

[045] Depois da moldagem, os bráquetes 45 podem ser configurados sob a forma de uma árvore de moldes conectados via jitos 83. Depois de removidos os bráquetes 45 do molde 73, cada um dos bráquetes 45 e associados jitos 83 são posicionados em uma mesa de acionamento do aparelho de descarga elétrica para ter uma canaleta (slot) do bráquete "cortada" no corpo de bráquete de cada bráquete e para ser removido da árvore de moldes. Depois do posicionar a árvore de moldes adjacente ao eletrodo 117 (bloco 177), o padrão de corte por descarga elétrica pode ser iniciado (bloco 179). A iniciação do padrão pode ser manual através de um operador do aparelho de descarga elétrica ou automática através da utilização de sensores como conhecido pelos versados na técnica. De acordo com uma modalidade da presente invenção, uma mesa de acionamento do aparelho de descarga elétrica 129 transportando a árvore de moldes pode individualmente posicionar cada corpo de bráquete 47 em contato

de descarga elétrica com o eletrodo de fio móvel 117. De acordo com uma outra modalidade da presente invenção, isto é conseguido através do movimento dos acionadores associados 125 e 127.

[046] Após iniciado o padrão de corte por descarga elétrica, o primeiro bráquete 45 na árvore de moldes é posicionado de modo que o primeiro bráquete 45 está em própria justaposição com o eletrodo de fio móvel 117 em um ponto de partida, por exemplo, ponto de partida P_0 mostrado na figura 21 (bloco 181), o qual é relatado ao programa ponto zero do aparelho 101 como conhecido pelos versados na técnica. Adicionalmente, o carretel de suprimento 121 contendo porções não usadas do eletrodo de fio móvel 117 começa fornecendo um fluxo contínuo de suprimento de eletrodo de fio móvel 117 e o carretel de recolhimento 123 contendo porções usadas do eletrodo de fio móvel 117 começa coletando o eletrodo de fio móvel 117 fornecido pelo carretel de suprimento 121. A corrente elétrica de alta frequência é também passada através do eletrodo de fio móvel 117 e um fluido dielétrico (não mostrado) é fornecido de modo que a tensão no vão entre o eletrodo de fio móvel 117 e o corpo de bráquete 47 pode ionizar o fluido dielétrico e permitir que a "faísca" execute o processo de erosão no corpo de bráquete 47 para formar a canaleta (slot) do bráquete 51.

[047] De acordo com uma modalidade da presente invenção, em resposta às instruções de controle de acionamento, a mesa de acionamento 129, e assim o corpo de bráquete 47, é posicionada para trasladar o bráquete 45 de acordo com a primeira perna L_1 do padrão de corte de modo que o eletrodo de fio móvel 117 engata eletricamente, mas não entra em contato direto com o corpo de bráquete 47. No ponto P_1 , o eletrodo 117 está em engate elétrico com o corpo de bráquete 47 e o processo de erosão começa (bloco 183), fundindo ou vaporizando uma porção da superfície do bráquete 45. O corpo de bráquete 47 é então trasladado ao longo da perna L_2 até alcançar o ponto de início desejado P_2 do primeiro lado 65 da canaleta (slot) do bráquete 51. Efetivamente, a porção inicial

do padrão, particularmente a segunda perna L₂, pode estender o padrão de corte ao longo da porção de uma superfície externa do corpo de bráquete 47 substancialmente transversal ao primeiro lado 65 e na porção do jito 83.

[048] O corpo de bráquete é então transladado ao longo da perna L₃ até alcançar a profundidade desejada no corpo de bráquete 47, formando o comprimento do primeiro lado 65 (bloco 185). O corpo de bráquete 47 é então transladado ao longo da perna L₄ até alcançar a profundidade transversal desejada no corpo de bráquete 47 formando uma extensão transversal que se estende no corpo de bráquete do primeiro lado. O corpo de bráquete 47 é então retraído ao longo da perna L₄ e transladado ao longo da perna L₅ até alcançar a profundidade transversal desejada no corpo de bráquete 47 formando a base da canaleta (slot) do bráquete 63 e formando uma extensão transversal que se estende no corpo de bráquete do segundo lado 66 (bloco 187). O corpo de bráquete 47 é então retraído ao longo da perna L₅ até alcançar o ponto de início desejado P₃ no corpo de bráquete para iniciar a formação do segundo lado 66. As extensões transversais além do primeiro e o segundo lados 65 e 66 formam um rebaixo da canaleta (slot) do bráquete 67 (bloco 189). O corpo de bráquete 47 é então transladado ao longo da perna L₆ até alcançar o ponto de extremidade P₄ do padrão de corte da canaleta (slot) do bráquete genericamente posicionado adjacente ao ponto de início P₁ do primeiro lado 65 formando o comprimento do segundo lado 66 (bloco 191). Nota: embora mostrados como paralelos, o primeiro e o segundo lados 65 e 66 podem formar um ângulo agudo com a base 63 da canaleta (slot) do bráquete 51 de modo que os dois lados espaçados 65 e 66 convergem estendendo-se a partir da base da canaleta (slot) do bráquete 63 até a abertura da canaleta (slot) do bráquete 61 ou da abertura da canaleta (slot) do bráquete 61 até a base da canaleta (slot) do bráquete 63.

[049] O corpo de bráquete 47 é então transladado ao longo da perna L₇ até saindo do jito 83, efetivamente separando o corpo de bráquete 47

do jito 83 e dessa forma da árvore de moldes (bloco 193). Se o design de corpo de bráquete inclui uma asa de bráquete 57 como a ilustrada nas figuras 4 e 21, o corpo de bráquete 47 é adicionalmente transladado de modo que o padrão de corte se estende ao longo da superfície lateral da canaleta (slot) da asa de bráquete 57 para por meio disso formar a superfície lateral da canaleta (slot) da asa de bráquete 57, separando o corpo de bráquete 47 do jito 83. Nota: conforme descrito anteriormente, melhor que transladar o corpo de bráquete 47, os acionadores 125 e 127 podem ser transladados para executar as operações descritas acima e aquelas descritas a seguir.

[050] Conforme mostrado na figura 24, de acordo com uma modalidade da presente invenção onde a canaleta (slot) do bráquete é uma canaleta (slot) do bráquete de extremidade fechada 53 definindo um canal ou tubo através do corpo de bráquete 47, um método de fabricação de aparelhos ortodônticos 41 pode incluir a execução do padrão de corte por descarga elétrica em resposta ao sinal de controle para formar a canaleta (slot) do bráquete como ilustrado nas figuras 25 e 26. Na configuração tubular da canaleta (slot) do bráquete, a canaleta (slot) do bráquete 53 tem um perímetro fechado e se estende através do corpo de bráquete 47. A canaleta (slot) do bráquete 53 tubular, similar à canaleta (slot) do bráquete 51 de extremidade aberta pode também, por exemplo, ser formada para se adaptar sendo orientada paralelamente à superfície interna do dente de modo que o corpo de bráquete 47 esteja posicionado sobre e/ou na orientação geral da base de bráquete 49. Isto é, a canaleta (slot) do bráquete 53 pode ser orientada substancialmente paralela a uma orientação da superfície do dente, da geometria da base de bráquete, ou de ambas. Semelhantemente, o corpo de bráquete 47 transportando a canaleta (slot) do bráquete 53 tendo o formato tubular pode também ter um formato que coincide substancialmente com o formato de um dente associado.

[051] De acordo com uma modalidade da presente invenção, em resposta ao sinal de controle um primeiro padrão de corte por descarga elétrica é executado para formar o tubo de bráquete 53. O padrão se estende ao longo de um perímetro do tubo do bráquete 53 e pode ser personalizado para comparar substancialmente as dimensões associadas de um fio (archwire) 43 selecionado previamente para por meio disso formar uma interface de precisão com o fio (archwire) 43. O tubo de bráquete 53 é "cortado" no corpo de bráquete 47 usando, por exemplo, uma combinação de eletrodo gravador de matriz 119 e um eletrodo de fio móvel 117. O controlador do aparelho de descarga elétrica 103, conforme descrito anteriormente, pode receber instruções de controle do dispositivo como, por exemplo, aquelas ilustradas na figura 27, diretamente do usuário ou através de um link de comunicação para um computador de processamento de dados 91 ou sistema fornecendo instruções de controle do dispositivo que descreve movimentos dos eletrodos para formar o padrão de descarga elétrica (bloco 201). Alternativamente, um orifício de partida pode ser pré-formado através de outros meios conhecidos pelos versados na técnica. Depois de posicionar a árvore de moldes (bloco 203), o padrão de corte por descarga elétrica pode ser iniciado (bloco 205) manualmente através de um operador do aparelho de descarga elétrica 101 ou automaticamente através da utilização de sensores, como conhecido pelos versados na técnica.

[052] Ao iniciar o padrão de corte por descarga elétrica, o primeiro bráquete 45 na árvore de moldes exigindo um tubo cortado através do mesmo é posicionado de modo que o bráquete está na justaposição adequada com o eletrodo de fio móvel 117 em um ponto de partida, por exemplo, ponto de partida TP_0 mostrado na figura 25, que pode ser próximo ao programa ponto zero do dispositivo de descarga elétrica 111'. Se um canal de partida 130 não foi formado anteriormente (bloco 207), um eletrodo gravador de matriz 119 ou uma peça desconcertada do eletrodo de fio móvel 117 pode ser usado para formar ou iniciar

o canal de partida 130 (bloco 209). Corrente elétrica de alta frequência é passada através do eletrodo 117 e 119, e o fluido dielétrico é fornecido de modo que a tensão em um vão entre o eletrodo 117 e 119 e o corpo de bráquete 47 pode ionizar o fluido dielétrico para executar o processo de erosão no corpo de bráquete 47 para formar o canal de partida para o tubo do bráquete 53. Após afundando o canal 130 para acomodar a implantação normal do eletrodo de fio móvel 117, o eletrodo de fio móvel 117 é enfiado através do canal 130 até o ponto de partida TP_0 (bloco 211). O carretel de suprimento 121 contendo porções não usadas do eletrodo de fio móvel 117 começa fornecendo um fluxo contínuo de suprimento de eletrodo de fio móvel 117 e o carretel de recolhimento 123 contendo porções usadas do eletrodo de fio móvel 117 começa coletando o eletrodo de fio móvel 117 fornecido pelo carretel de suprimento 121 em uma taxa selecionada pelo usuário ou dependente do material. Conforme descrito anteriormente, corrente elétrica de alta frequência é também passada através do eletrodo de fio móvel 117 e o fluido dielétrico é fornecido para executar o processo de erosão no corpo de bráquete 47 para formar o tubo do bráquete.

[053] De acordo com uma modalidade preferencial da presente invenção, em resposta às instruções de controle do acionador, o corpo de bráquete é transladado de acordo com a primeira perna TL_1 do padrão de corte de modo que o eletrodo de fio móvel 117 eletricamente corrói o material do corpo de bráquete até uma porção do perímetro desejado do tubo do bráquete 53 (bloco 213), por exemplo, até o ponto de partida do perímetro inicial TP_1 . O corpo de bráquete 47 é então transladado ao longo da perna TL_2 até alcançar o ponto de início desejado TP_2 do primeiro lado 65'. O corpo de bráquete 47 é então transladado ao longo da perna TL_3 até alcançar o comprimento desejado do tubo do bráquete 53. O corpo de bráquete 47 é então transladado ao longo da perna TL_4 até alcançar a largura desejada 55' da canaleta (slot) do bráquete 53. O corpo de bráquete 47 é então transladado ao longo da perna TL_5 até alcançar o comprimento desejado do

segundo lado 66'. O corpo de bráquete 47 é então transladado até alcançar o ponto de partida do perímetro inicial TP_1 , completando o perímetro da canaleta (slot) do bráquete 53 (bloco 215). O eletrodo de fio móvel 117 é então removido de dentro do tubo do bráquete 53 (bloco 217). Nota: embora mostrado como paralelos, o primeiro e o segundo lados 65' e 66', podem formar um ângulo agudo com a base da canaleta (slot) do bráquete 63' da canaleta (slot) 53 de modo que os dois lados espaçados 65' e 66' convergem se estendendo da base da canaleta (slot) do bráquete 63' ou na direção da base canaleta (slot) do bráquete 63'. Adicionalmente, similar à canaleta (slot) do bráquete de extremidade aberta 51, descrita anteriormente, o comprimento ou largura de uma ou mais das pernas pode ser estendido de modo que o comprimento do corte excede o comprimento ou largura do tubo de bráquete 53 para por meio disso formar um rebaixo.

[054] De acordo com uma modalidade da presente invenção, em resposta ao sinal de controle, um segundo padrão de corte por descarga elétrica pode também ser executado para separar o corpo de bráquete 47 do jito 83 (vide figuras 25 a 27). Ao iniciar o segundo padrão de corte por descarga elétrica (bloco 221), o corpo de bráquete 47 é reposicionado de modo que o bráquete 45 esteja na justaposição própria com o eletrodo de fio móvel 117 (bloco 223) em um ponto de partida, por exemplo, ponto de partida S_0 mostrado na figura 25. O corpo de bráquete 47 é então reposicionado de acordo com a primeira perna LP_1 do padrão de corte. O corpo de bráquete 47 é então transladado ao longo da perna L_2 até sair do jito 83, efetivamente separando o corpo de bráquete 47 do jito 83 (bloco 225) e dessa forma da árvore de moldes.

[055] É importante notar que enquanto modalidades da presente invenção têm sido descritas no contexto de um sistema completamente funcional, versados na técnica apreciarão que o mecanismo da presente invenção e/ou aspectos do mesmos são capazes de serem distribuídos sob a forma de um meio legível por computador de instruções em diversas formas para execução em um

processador, processadores, ou similares, e que a presente invenção se aplica da mesma forma independentemente do tipo de sinal em particular produzido por mídia usado para realmente executar a distribuição. Exemplos de mídia legível por computador incluem mas não se limitam a: mídia tipo código fixo (hard-coded), não-volátil como memórias somente para leitura (ROMs-read only memories), CD-ROMs e DVD-ROMs, ou memórias somente para leitura programáveis eletricamente apagáveis (EEPROMs-erasable, electrically programmable read only memories), mídia do tipo registrável como disquetes, unidades de disco rígido, CD-R/RWs, DVD-RAMs, DVD-R/RWs, DVD+R/RWs, unidades de memória flash e outros tipos mais novos de memórias e mídias do tipo transmissão como links de comunicação digitais e análogos.

[056] Conforme mostrado nas figuras 1 a 27, modalidades da presente invenção incluem um meio legível por computador que é legível por um computador para fabricar aparelhos ortodônticos. Por exemplo, de acordo com uma modalidade da presente invenção, um meio legível por computador é fornecido contendo um conjunto de instruções que, quando executadas pelo computador, fazem que o computador execute a operação de recepção de uma representação dimensional virtual de uma canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53, em um corpo de bráquete 47 de um bráquete 45 de um aparelho ortodôntico 41, e derivar instruções de controle do dispositivo em resposta à representação dimensional virtual de uma canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53 e/ou em resposta a entrada de dados pelo usuário. As instruções de controle do dispositivo incluem aquelas para executar a operação de executar um padrão de corte por descarga elétrica que se estende ao longo de um perímetro da canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53, com suficiente precisão para substancialmente comparar as dimensões associadas de um fio (archwire) 43 selecionado previamente para por meio disso formar uma interface de precisão com o fio (archwire) 43.

[057] Especificamente, para uma canaleta (slot) de extremidade aberta 51, como talvez melhor mostrado na figura 21, as instruções de controle do dispositivo, por exemplo, podem incluir aquelas para executar as operações de detectar ou determinar uma posição de um corpo de bráquete 47 definindo um ponto de partida do padrão de corte para começar a usinagem de descarga elétrica, que se estende de uma porção inicial do padrão de corte ao longo de uma porção de uma superfície externa do corpo de bráquete adjacente à boca da canaleta (slot) 51, uma trajetória de corte que se estende no corpo de bráquete 47 para formar a primeiro lado 65 da canaleta (slot) 51, uma trajetória de corte que se estende pelo menos parcialmente transversal ao primeiro lado 65 para formar uma extremidade de base de bráquete 63, e estendendo a trajetória de corte até a superfície do corpo de bráquete 47 para formar o segundo lado 66 e para a formação completa da canaleta (slot) do bráquete 51. As instruções podem também incluir aquelas para executar a operação de formação de uma extensão transversal que se estende no corpo de bráquete 47 de um ou ambos lados espaçados 65 e 66, adjacentes à extremidade de base 63 da canaleta (slot) do bráquete 51 para por meio disso formar um rebaixo da canaleta (slot) do bráquete 67. As instruções podem também incluir aquelas para executar a operação de extensão de uma porção do padrão de corte ao longo da superfície lateral da canaleta (slot) da asa do bráquete 57 para por meio disso formar a superfície lateral da canaleta (slot) da asa do bráquete 57. Vantajosamente, de acordo com modalidades da presente invenção, o padrão de corte é selecionado de modo que a conclusão da canaleta (slot) do bráquete 51 ou conclusão do corte da superfície lateral da canaleta (slot) da asa do bráquete 57, se aplicável, resulta na separação do corpo de bráquete 47 do jito 83 associado.

[058] Para uma canaleta (slot) de extremidade fechada 53, como talvez melhor mostrado na figura 25, as instruções de controle do dispositivo, por

exemplo, podem incluir aquelas para executar as operações de detectar ou determinar uma posição de um corpo de bráquete 47 definindo um primeiro ponto de partida do padrão de corte para começar a usinagem de descarga elétrica, que se estende de uma porção inicial do padrão de corte até um ponto adjacente ao perímetro interno da canaleta (slot) do bráquete 53, e estende o padrão de corte ao longo do perímetro interno da canaleta (slot) do bráquete 53 para por meio disso formar a canaleta (slot) do bráquete 53. As instruções podem também incluir aquelas para executar a operação de formação de uma extensão transversal que se estende no corpo de bráquete 47 de um dos lados 65 e 66, adjacentes à extremidade de base 63 da canaleta (slot) do bráquete 53 para por meio disso formar um rebaixo da canaleta (slot) do bráquete. Nota: para corpos de bráquete 47 desprovidos de um canal de partida pré-formado 130, as instruções podem também incluir aquelas para executar a operação de formação do canal de partida 130. As instruções podem também incluir aquelas para executar as operações de detectar ou determinar uma posição em um corpo de bráquete 47 definindo um segundo ponto de partida do padrão de corte para começar a usinagem de descarga elétrica e estendendo o segundo padrão de corte através de um jito 83 para por meio disso separar o corpo de bráquete 47 do jito 83.

[059] De acordo com modalidades da presente invenção, um meio legível por computador é fornecido contendo um conjunto de instruções que, quando executadas pelo computador, fazem que o computador execute a operação de recepção de uma representação dimensional virtual de uma canaleta (slot) do bráquete 51 ou 53, em um corpo de bráquete 47 de um bráquete 45 de um aparelho ortodôntico 41, e derivar um sinal de controle transportando as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica responsivo para as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica para executar as operações descritas acima.

[060] A invenção foi descrita em considerável detalhe com referência específica para as modalidades ilustradas. Será aparente, entretanto, que várias modificações, alterações e outras mudanças podem ser feitas dentro do espírito e escopo da invenção conforme descrito no anteriormente mencionado relatório descritivo. Por exemplo, o bráquete sem a canaleta (slot) foi descrito como produzido em um molde. Outros métodos de produção de bráquetes pré-processados estão incluídos nos ensinamentos acima. Além disto, por exemplo, a canaleta (slot) do bráquete foi descrita como sendo formada de acordo com instruções de controle do dispositivo. Em uma modalidade alternativa da presente invenção, outros métodos de usinagem incluindo "mailing", perfuração, torneamento, brunidura, usinagem ultrassônica, corte por água sob alta pressão ou esmerilhagem, conhecidos pelos versados na técnica, sozinhos ou combinados, ou com usinagem de descarga elétrica, podem ser usados para executar o acima descrito padrão de usinagem que se estende ao longo de um perímetro da canaleta (slot) do bráquete para fornecer uma canaleta (slot) do bráquete personalizada formada para comparar substancialmente dimensões associadas de um fio (archwire).

[061] Adicionalmente, alterações não substanciais do assunto reivindicado como visto por uma pessoa com habilidade normal na técnica, agora conhecida ou desenvolvida depois, são expressamente contempladas como sendo equivalentes dentro do escopo nas reivindicações. Portanto, substituições óbvias agora ou conhecidas depois por um com habilidade normal na técnica são definidas como dentro do escopo dos elementos definidos. Além disto, as palavras usadas neste relatório descritivo para descrever a invenção e suas várias modalidades devem ser entendidas não somente em seus significados definidos comumente, mas incluem por especial definição nesta estrutura de relatório descritivo, material ou atos além do escopo dos significados definidos comumente.

[062] Consequentemente, a presente invenção refere-se a um dispositivo para a fabricação de aparelhos ortodônticos, o dispositivo que compreende um computador de design de aparelho ortodôntico virtual tendo um processador, memória acoplada ao processador, e programa produto de design de aparelho ortodôntico armazenado na memória que inclui instruções para executar as operações de recepção de dados de dentição do paciente e fazer o design de uma representação dimensional virtual de um aparelho ortodôntico definindo dados de design do aparelho ortodôntico virtual responsiva aos dados recebidos da dentição do paciente, o aparelho ortodôntico que inclui um fio (archwire) personalizado e uma pluralidade de bráquetes de precisão personalizados, cada incluindo uma superfície adesiva voltada para o dente e uma canaleta (slot) do bráquete; um aparelho de formação de molde posicionado para formar cada bráquete incluindo um molde posicionado para receber um material de formação de bráquete e um dispositivo dispensador posicionado para dispensar o material de formação de bráquete no molde, o molde tendo uma cavidade para cada um da pluralidade de bráquetes que define as periferias do bráquete quando o material de formação de bráquete é posicionada no molde e tendo um canal definindo as periferias de um jito quando cheio com o material de formação de bráquete, cada bráquete moldado conectado ao jito quando removido do molde; um computador de processamento de dados em comunicação com o computador de design de aparelho ortodôntico virtual e tendo memória e programa produto de fabricação auxiliado por computador armazenado na memória, que inclui instruções para executar a operação de derivar instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica, inclusive aquelas para executar a operação de formação de um padrão descrevendo uma representação dimensional virtual da canaleta (slot) do bráquete responsivo aos dados de design do aparelho ortodôntico virtual; e um aparelho de usinagem por descargas elétricas em comunicação com o computador de processamento de dados e que compreende um controlador tendo memória e

programa produto de comunicação de dados armazenado na memória que inclui instruções para executar a operação de recepção de instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica e programa produto de controle também armazenado na memória e incluindo instruções para derivar um sinal de controle transportando as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica responsiva às instruções recebidas de controle do dispositivo de descarga elétrica, e um dispositivo de descarga elétrica que compreende um conjunto de eletrodos de descarga elétrica que inclui um eletrodo e pelo menos uma seção de acionamento adaptada para posicionar cada bráquete em contato de descarga elétrica com o eletrodo para formar a canaleta (slot) do bráquete e adaptado para simultaneamente separar o bráquete do jito quando forma a canaleta (slot) do bráquete responsiva ao sinal de controle.

[063] De preferência, as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica incluem aquelas para executar a operação de executar um padrão de corte por descarga elétrica que se estende ao longo de um perímetro da canaleta (slot) do bráquete.

[064] Adicionalmente, é preferencial que a canaleta (slot) do bráquete inclua uma extremidade de superfície aberta e uma extremidade de base fechada e dois lados espaçados que se estendem entre os mesmos, e sendo que uma porção inicial do padrão de corte se estende ao longo de uma superfície externa do bráquete substancialmente transversal a pelo menos um dos lados.

[065] Alternativamente, a canaleta (slot) do bráquete inclui uma extremidade de superfície aberta e uma extremidade de base fechada e dois lados espaçados que se estendem entre os mesmos, sendo que o bráquete inclui uma asa de bráquete tendo uma superfície lateral com uma canaleta (slot), e sendo que uma porção do padrão de corte se estende ao longo da superfície lateral com canaleta (slot) da asa do bráquete para por meio disso formar uma superfície lateral com canaleta (slot) da asa do bráquete.

[066] De preferência, a canaleta (slot) do bráquete inclui uma extremidade de superfície aberta e uma extremidade de base fechada e dois lados espaçados que se estendem entre os mesmos, e sendo que o padrão de corte inclui uma extensão transversal que se estende no bráquete a partir de um dos lados espaçados até a extremidade de base da canaleta (slot) do bráquete para por meio disso definir um rebaixo da canaleta (slot) do bráquete.

[067] A canaleta (slot) do bráquete pode incluir uma extremidade aberta e uma extremidade de base fechada e dois lados espaçados que se estendem entre as mesmas, espaçados para definir uma largura da canaleta (slot) do bráquete, sendo que o padrão de corte inclui pelo menos uma extensão transversal que se estende no bráquete de pelo menos um dos lado espaçados correspondentes adjacentes à base para por meio disso definir um rebaixo da canaleta (slot) do bráquete tendo uma largura de rebaixo, a largura de rebaixo excedendo a largura da canaleta (slot).

[068] As instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica podem incluir aquelas para executar a operação de detectar uma posição em um bráquete definindo um ponto de partida do padrão de corte para começar a usinagem de descarga elétrica.

[069] O eletrodo pode incluir a eletrodo de descarga elétrica de fio móvel definindo um eletrodo de fio móvel, sendo que o conjunto de eletrodos inclui um carretel de suprimento contendo porções não usadas do eletrodo de fio móvel para fornecer um fluxo contínuo de suprimento de eletrodo de fio móvel enquanto executando o padrão de corte e um carretel de recolhimento contendo porções usadas do eletrodo de fio móvel para coletar o eletrodo de fio móvel fornecido pelo carretel de suprimento enquanto executando o padrão de corte para formar a canaleta (slot) do bráquete e para fornecer tensão ao eletrodo de fio móvel para por meio disso fornecer uma superfície de corte substancialmente plana, sendo que a canaleta (slot) do bráquete e o fio (archwire) formam uma interface entre a

canaleta (slot) do bráquete e o fio (archwire) quando o fio (archwire) é posicionado na canaleta (slot) do bráquete, e sendo que a interface canaleta (slot) do bráquete e fio (archwire) fornece em ao menos uma dimensão uma tolerância igual a ou menor que aproximadamente 20 microns (μm).

[070] Alternativamente, o eletrodo inclui um eletrodo de descarga elétrica gravador de matriz, sendo que o conjunto de eletrodos inclui um aríete para estender o eletrodo adjacente ao bráquete quando executando o padrão de corte para formar a canaleta (slot) do bráquete, e sendo que a canaleta (slot) do bráquete é especificada tendo pelo menos em uma dimensão uma tolerância menor que 30 microns.

[071] Em outras palavras, o sistema para a fabricação de aparelhos ortodônticos compreende um processador de dados de controle numérico definindo um controlador tendo memória e programa produto de controle armazenado na memória que inclui instruções que quando executadas pelo controlador fazem que o controlador execute a operação de derivar um sinal de controle numérico transportando instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica para formar a canaleta (slot) do bráquete em um bráquete de um aparelho ortodôntico e para separar o bráquete do jito conectado ao bráquete; e

um dispositivo de descarga elétrica em comunicação com o controlador e tendo um conjunto de eletrodos de descarga elétrica incluindo um eletrodo e tendo pelo menos uma seção de acionamento adaptada para posicionar o bráquete em contato de descarga elétrica com o eletrodo responsivo ao sinal de controle numérico para formar a canaleta (slot) do bráquete e para separar o bráquete do jito quando a canaleta (slot) do bráquete é formada. Consequentemente, o dispositivo compreende um controlador tendo memória, programa produto de comunicação de dados armazenado na memória que inclui instruções que quando executadas pelo controlador fazem que o controlador execute a operação de receber instruções de controle do dispositivo de descarga

elétrica descrevendo uma representação dimensional virtual da canaleta (slot) do bráquete em um bráquete de um aparelho ortodôntico, e programa produto de controle também armazenado na memória que inclui instruções que quando executadas pelo controlador fazem o controlador executar a operação de derivar um sinal de controle transportando as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica responsivo às instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica; e um dispositivo de descarga elétrica em comunicação com o controlador tendo um conjunto de eletrodos de descarga elétrica incluindo um eletrodo e tendo pelo menos uma seção de acionamento adaptada para posicionar o bráquete em contato de descarga elétrica com o eletrodo responsivo ao sinal de controle para formar a canaleta (slot) do bráquete de acordo com um padrão de corte por descarga elétrica predefinido derivado para comparar substancialmente as dimensões associadas de um fio (archwire) para por meio disso formar uma interface de precisão com o fio (archwire).

[072] O método de fabricação de aparelhos ortodônticos de acordo com a invenção compreende as etapas de derivar um sinal de controle transportando instruções de controle do dispositivo de uma representação dimensional virtual de uma canaleta (slot) do bráquete em um bráquete de um aparelho ortodôntico descrevendo operações para executar um padrão de corte por descarga elétrica que se estende ao longo de um perímetro da canaleta (slot) do bráquete e configurado para comparar substancialmente dimensões associadas de um fio (archwire) para por meio disso formar uma interface de precisão com o fio (archwire); e executando o padrão de corte por descarga elétrica responsivo ao sinal de controle para formar a canaleta (slot) do bráquete. De preferência, o padrão de corte por descarga elétrica é personalizado para comparar substancialmente dimensões associadas de um fio (archwire) selecionado previamente.

[073] Antes de executar o padrão de corte por descarga elétrica, o bráquete pode estar conectado a um jito, e a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica inclui cortar o bráquete do jito para de maneira substancialmente simultânea separar o bráquete do jito quando da formação da canaleta (slot) do bráquete.

[074] Antes de executar o padrão de corte por descarga elétrica, o bráquete pode estar conectado a um jito que está conectado a uma árvore de moldes, e a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica pode incluir a etapa de cortar o bráquete da árvore de moldes.

[075] Quando a canaleta (slot) do bráquete inclui uma extremidade de superfície aberta e uma extremidade de base fechada e dois lados espaçados estendendo-se entre as mesmas, a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica pode incluir adicionalmente a etapa de formação de uma extensão transversal que se estende no bráquete de um dos lados espaçados adjacente à extremidade de base da canaleta (slot) do bráquete para por meio disso definir um rebaixo da canaleta (slot) do bráquete.

[076] Quando a canaleta (slot) do bráquete inclui uma extremidade de superfície aberta e uma extremidade de base fechada e dois lados entre as mesmas espaçados para definir uma largura da canaleta (slot) do bráquete, a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica pode incluir adicionalmente a etapa de formação de uma extensão transversal que se estende no bráquete de um dos lados espaçados adjacente à extremidade de base da canaleta (slot) do bráquete para por meio disso definir um rebaixo da canaleta (slot) do bráquete tendo uma largura de rebaixo, a largura de rebaixo excedendo a largura da canaleta (slot) do bráquete.

[077] Quando o bráquete inclui uma asa de bráquete, a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica pode incluir adicionalmente a etapa de estender uma porção do padrão de corte ao longo da superfície lateral

com canaleta (slot) da asa do bráquete para por meio disso formar a superfície lateral com canaleta (slot) da asa do bráquete.

[078] Quando a canaleta (slot) do bráquete inclui uma extremidade de superfície aberta e uma extremidade de base fechada e dois lados espaçados estendendo-se entre as mesmas, a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica pode incluir adicionalmente a etapa de estender uma porção inicial do padrão de corte ao longo de uma superfície externa do bráquete substancialmente transversal para pelo menos um dos lados. Adicionalmente, a etapa de executar o padrão de corte por descarga elétrica pode incluir a etapa de formação de um agudo ângulo entre um dos lados e a base da canaleta (slot) do bráquete de modo que os dois lados espaçados se estendendo a partir da base da canaleta (slot) do bráquete convergem.

[079] Quando a canaleta (slot) do bráquete é um tubo do bráquete, o padrão de corte por descarga elétrica pode ser um primeiro padrão de corte por descarga elétrica, sendo que antes de executar o primeiro padrão de corte por descarga elétrica, o bráquete está conectado a um jito, e sendo que o método compreende, ainda, a etapa de executar um segundo padrão de corte por descarga elétrica responsivo ao sinal de controle para separar o bráquete do jito.

[080] De preferência, o fio (archwire) é personalizado e o método compreende, ainda, a etapa de formação do fio (archwire) personalizado adaptada para ser posicionado na canaleta (slot) do bráquete para formar uma interface da canaleta (slot) do bráquete e fio (archwire) fornecendo em pelo menos uma dimensão uma folga ou tolerância igual a ou menor que aproximadamente 20 microns.

REIVINDICAÇÕES

1. DISPOSITIVO PARA FABRICAÇÃO DE APARELHOS ORTODÔNTICOS (41) caracterizado pelo fato de compreender:

um computador de design de aparelho ortodôntico virtual (31) configurado para gerar dados de instrução de controle numérico a partir de dados que definem uma representação dimensional virtual do aparelho ortodôntico (41) dotado de um processador (33), uma memória (35) acoplada ao processador (33), e um programa produto de design de aparelho ortodôntico (37) armazenado na memória (35) incluindo instruções para executar a operação de recepção de dados de dentição do paciente e projetar uma representação dimensional virtual do aparelho ortodôntico (41) definindo dados de design do aparelho ortodôntico virtual responsiva aos dados recebidos da dentição do paciente,

o aparelho ortodôntico (41) incluindo um fio (43) personalizado e uma pluralidade de bráquetes (45) de precisão personalizados, cada um incluindo uma superfície adesiva voltada para um dente e uma canaleta do bráquete (51, 53);

um aparelho de formação de molde (71) posicionado para formar cada bráquete compreendendo um molde (73) posicionado para receber um material de formação de bráquete (75) e um dispositivo dispensador (77) posicionado para dispensar o material de formação de bráquete (75) no molde (73), o molde (73) tendo uma cavidade (79) para cada um da pluralidade bráquetes (45) que define as periferias do bráquete (45) quando o material de formação de bráquete (75) é colocado nas periferias e tendo um canal (81) definindo as periferias de um jito (83) quando cheio com o material de bráquete (75), cada bráquete (45) moldado sendo conectado ao jito (83) quando removido do molde (73);

um computador de processamento de dados (91) em comunicação com o computador de design de aparelho ortodôntico virtual (31) e tendo uma

memória (95) e um programa produto de fabricação auxiliado por computador (97) armazenado na memória (95), que inclui instruções que quando executadas pelo computador de processamento de dados (91) com que o computador de processamento de dados (91) para executar uma operação de derivar instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica, incluindo executar uma operação de um padrão que descreve uma representação dimensional virtual da canaleta do bráquete (51, 53) responsiva ao computador de design de aparelho ortodôntico virtual (31), e incluindo executar a operação de simultaneamente separar o bráquete (45) do jito (83) quando da formação da canaleta do bráquete (51, 53); e

um aparelho de usinagem por descargas elétricas (101) em comunicação com o computador de processamento de dados (91) e compreendendo:

um controlador (103) tendo uma memória (105) e programa produto de comunicação de dados (107) armazenado na memória (105), que inclui instruções, que quando executadas pelo controlador (103) fazem com que o controlador (103) execute uma operação de recepção de instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica, e um programa produto de controle (109) também armazenado na memória (105) e incluindo instruções que, quando executadas pelo controlador (103), fazem com que o controlador (103) obtenha um sinal de controle transportando as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica responsivos às instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica recebidas, e

um dispositivo de descarga elétrica (111, 111') tendo um conjunto de eletrodos de descarga elétrica (113, 115) que inclui um eletrodo (117, 119) e incluindo pelo menos uma seção de acionamento adaptada para posicionar o bráquete (45) em contato de descarga elétrica com o eletrodo para formar a canaleta do bráquete (51, 53) e configurado para simultaneamente separar o bráquete (45) do jito (836) quando formar a canaleta do bráquete (51, 53)

responsiva ao sinal de controle.

2. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica incluem executar a operação de executar um padrão de corte por descarga elétrica que se estende ao longo de um perímetro da canaleta do bráquete (51, 53).

3. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a canaleta do bráquete (51, 53) inclui uma extremidade de superfície aberta (61) e uma extremidade de base fechada (63) e dois lados espaçados (65, 66) que se estendem entre os mesmos, e sendo que uma porção inicial do padrão de corte se estende ao longo de uma superfície externa do bráquete substancialmente transversal a pelo menos um dos lados.

4. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a canaleta do bráquete (51, 53) inclui uma extremidade de superfície aberta (61) e uma extremidade de base fechada (63) e dois lados espaçados (65, 66) que se estendem entre os mesmos, sendo que o bráquete (45) inclui uma asa de bráquete (57) tendo uma superfície lateral com uma canaleta, e em que uma porção do padrão de corte se estende ao longo da superfície lateral com canaleta da asa do bráquete (57) para formar uma superfície lateral com canaleta da asa do bráquete.

5. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a canaleta do bráquete (51, 53) inclui uma extremidade de superfície aberta (61) e uma extremidade de base fechada (63, 63') e dois lados espaçados (65, 66, 65', 66') que se estendem entre os mesmos, e sendo que o padrão de corte inclui uma extensão transversal que se estende no bráquete (45) a partir de um dos lados espaçados até a extremidade de base da canaleta do bráquete (51, 53) para por meio disso definir um rebaixo da canaleta do bráquete (67, 67').

6. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a canaleta do bráquete (51, 53) inclui uma extremidade de superfície aberta (61) e uma extremidade de base fechada (63, 63') e dois lados espaçados (65, 66, 65', 66') que se estendem entre os mesmos,

em que o padrão de corte inclui pelo menos uma extensão transversal que se estende no bráquete (45) de pelo menos um dos lado espaçados correspondentes adjacentes à base para por meio disso definir um rebaixo da canaleta do bráquete (67, 67') tendo uma largura de rebaixo, a largura de rebaixo excedendo a largura da canaleta do bráquete (51, 53).

7. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que as instruções de controle do dispositivo de descarga elétrica podem incluir executar a operação de detectar uma posição em um bráquete (45) definindo um ponto de partida do padrão de corte para começar a usinagem de descarga elétrica.

8. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o eletrodo inclui a eletrodo de descarga elétrica de fio móvel (117) definindo um eletrodo de fio móvel, em que o conjunto de eletrodos inclui um carretel de suprimento (121) contendo porções novas do eletrodo de fio móvel para fornecer um fluxo contínuo de suprimento de eletrodo de fio móvel enquanto executando o padrão de corte e um carretel de recolhimento (123) contendo porções usadas do eletrodo de fio móvel para coletar o eletrodo de fio móvel fornecido pelo carretel de suprimento (121) enquanto executando o padrão de corte para formar a canaleta do bráquete (51, 53) e para fornecer tensão ao eletrodo de fio móvel para fornecer uma superfície de corte plana, em que a canaleta do bráquete (51, 53) e o fio (43) formam uma interface entre a canaleta do bráquete (51, 53) e o fio (43) quando o fio (43) é posicionado na canaleta (do bráquete (51, 53), e sendo que a interface canaleta (do bráquete (51, 53) e fio (43) fornece em ao menos uma dimensão uma tolerância igual a ou menor que

20 microns.

9. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o eletrodo inclui um eletrodo de descarga elétrica gravador de matriz (119), em que o conjunto de eletrodos inclui um ariete para estender o eletrodo adjacente ao bráquete (45) quando executando o padrão de corte para formar a canaleta do bráquete (51, 53), e em que a canaleta do bráquete (51, 53) é especificada tendo pelo menos em uma dimensão uma tolerância menor que 30 microns.

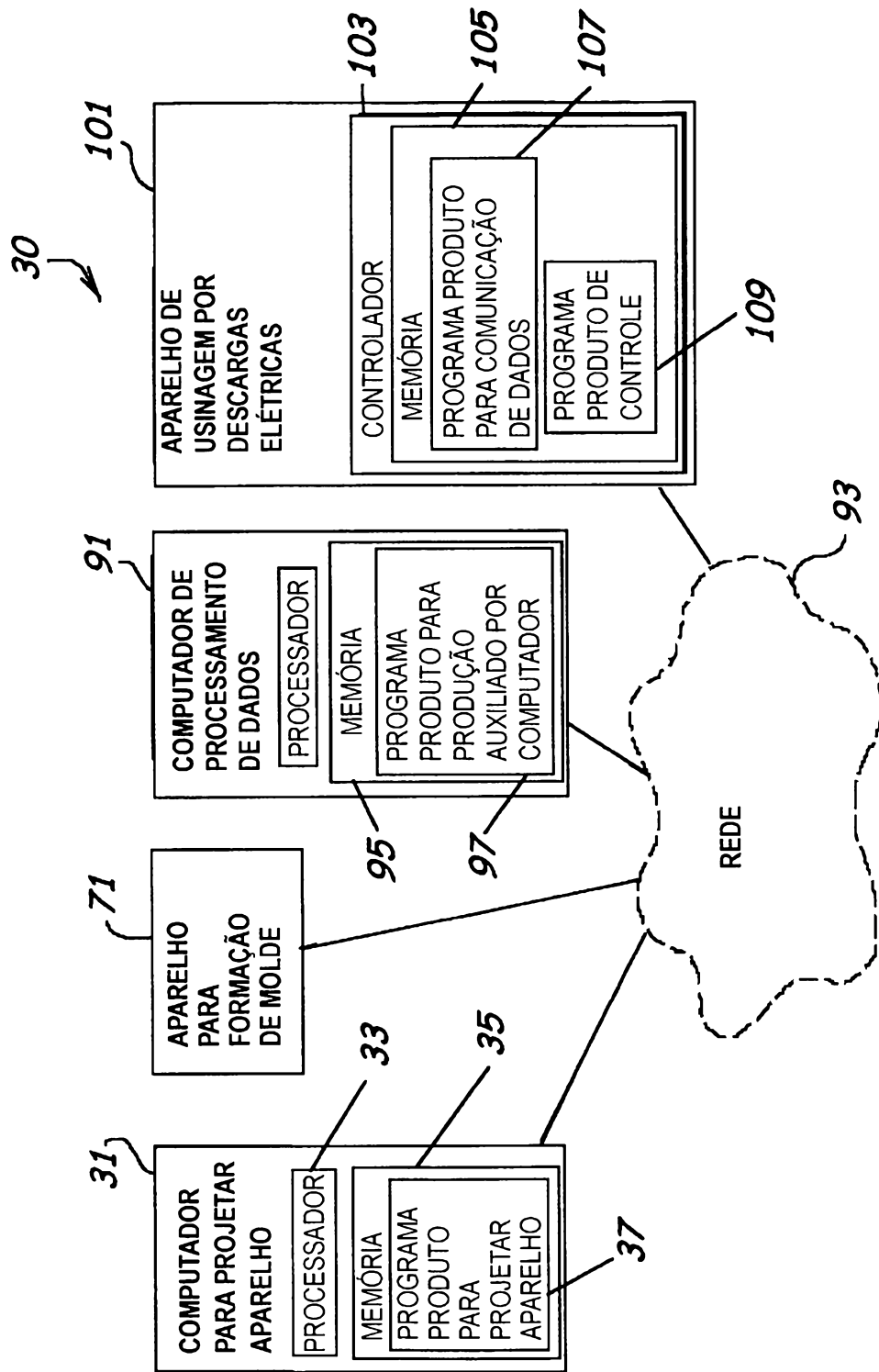


FIG. 1.

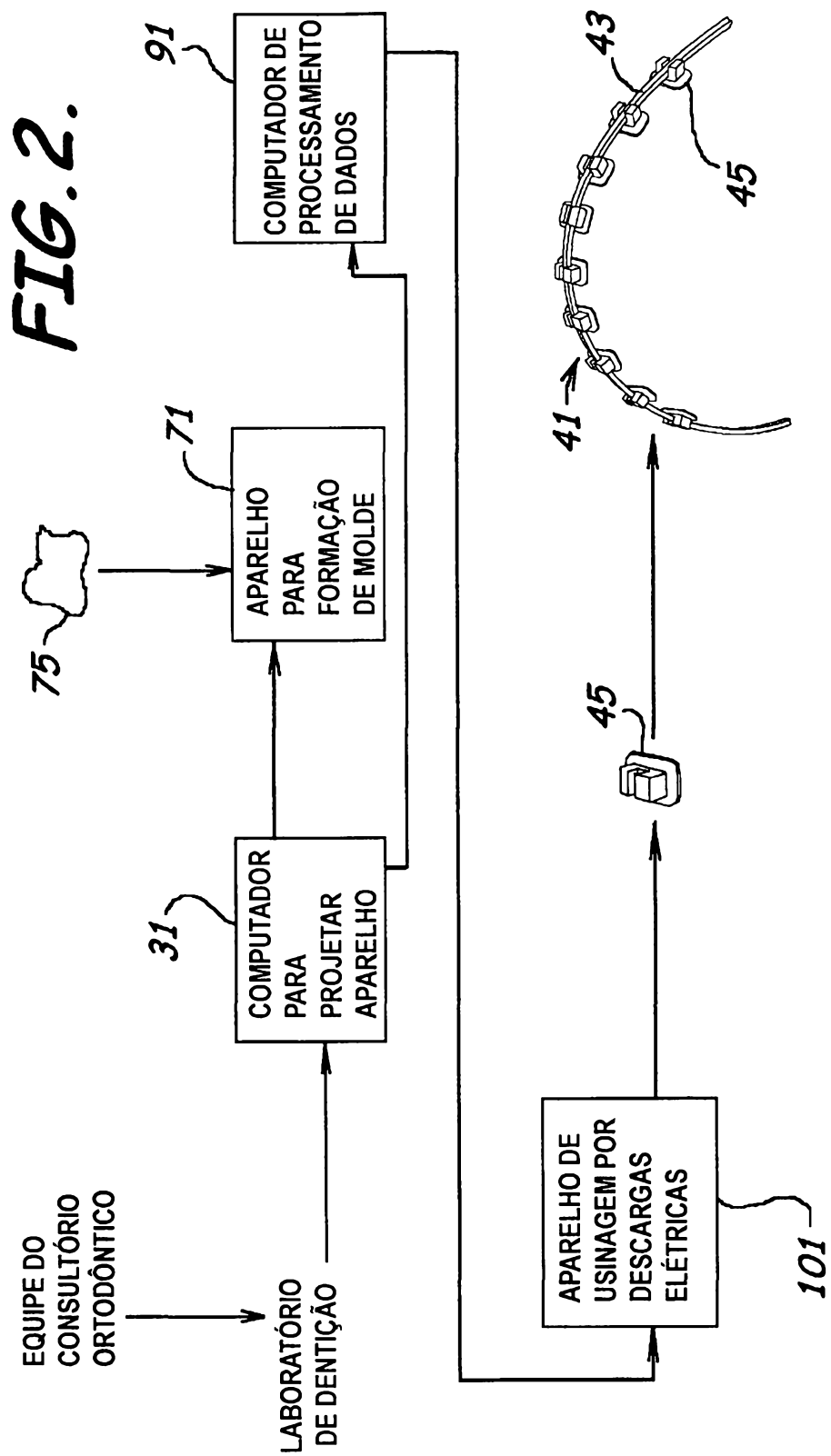


FIG. 3.

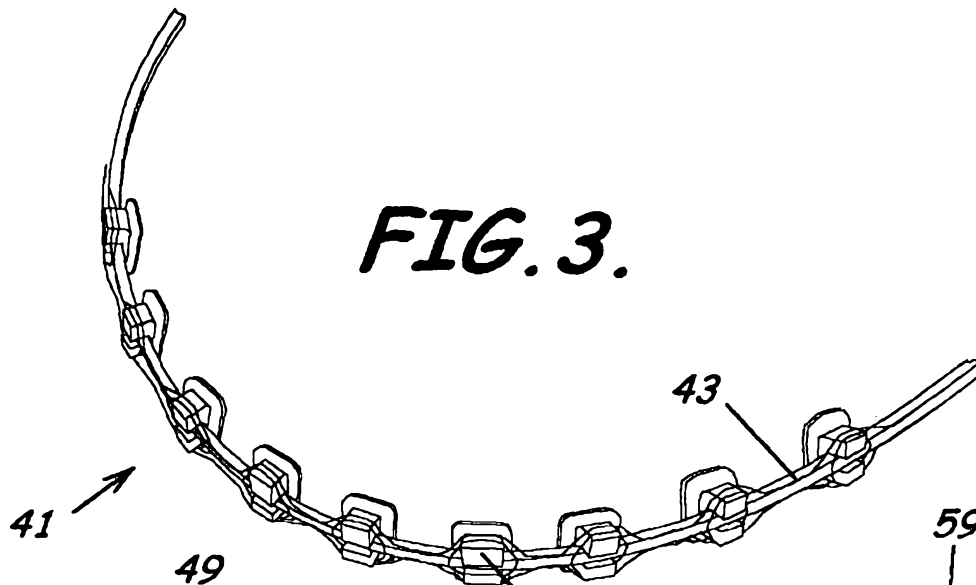


FIG. 5.

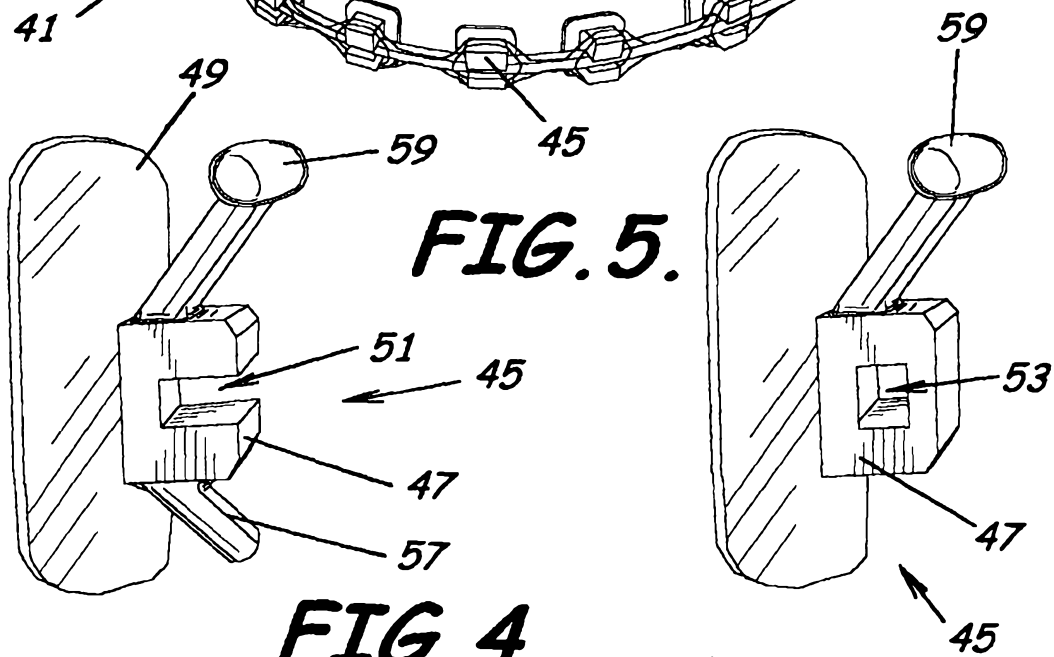


FIG. 4.

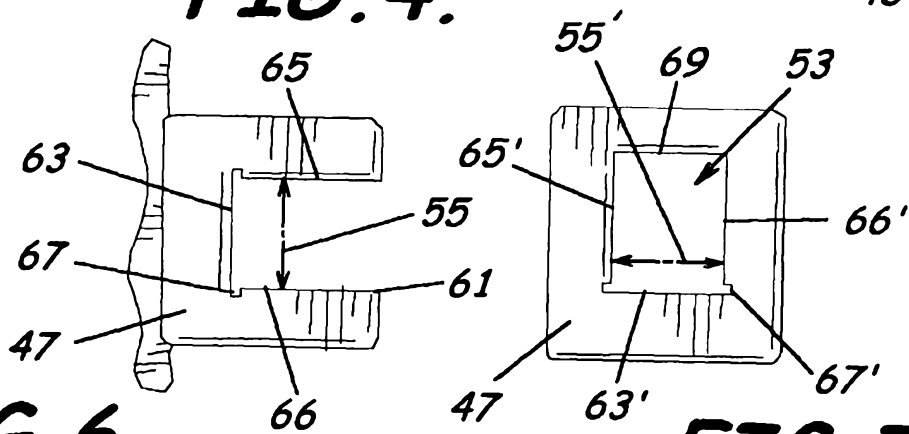


FIG. 6.

FIG. 7.

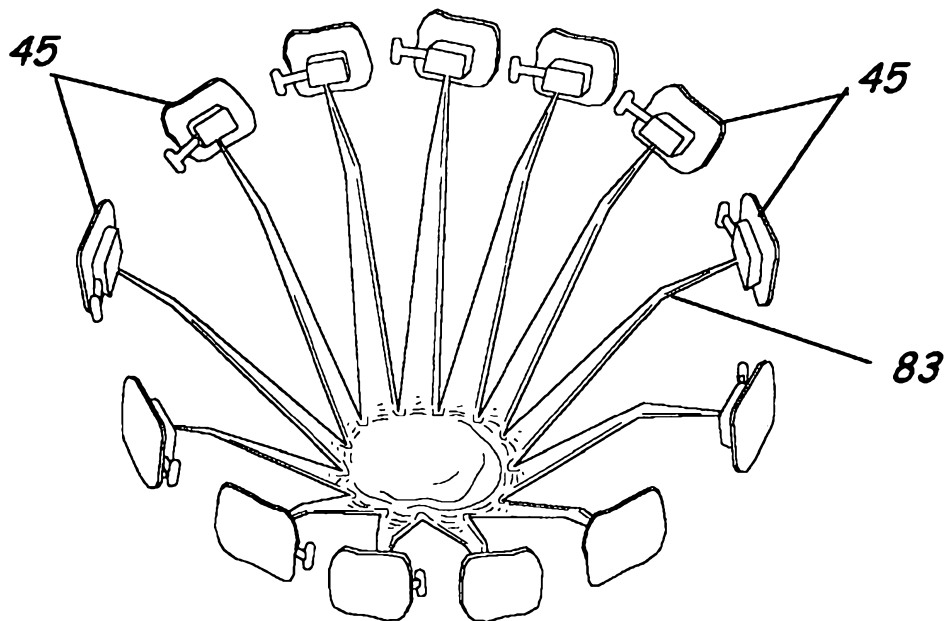
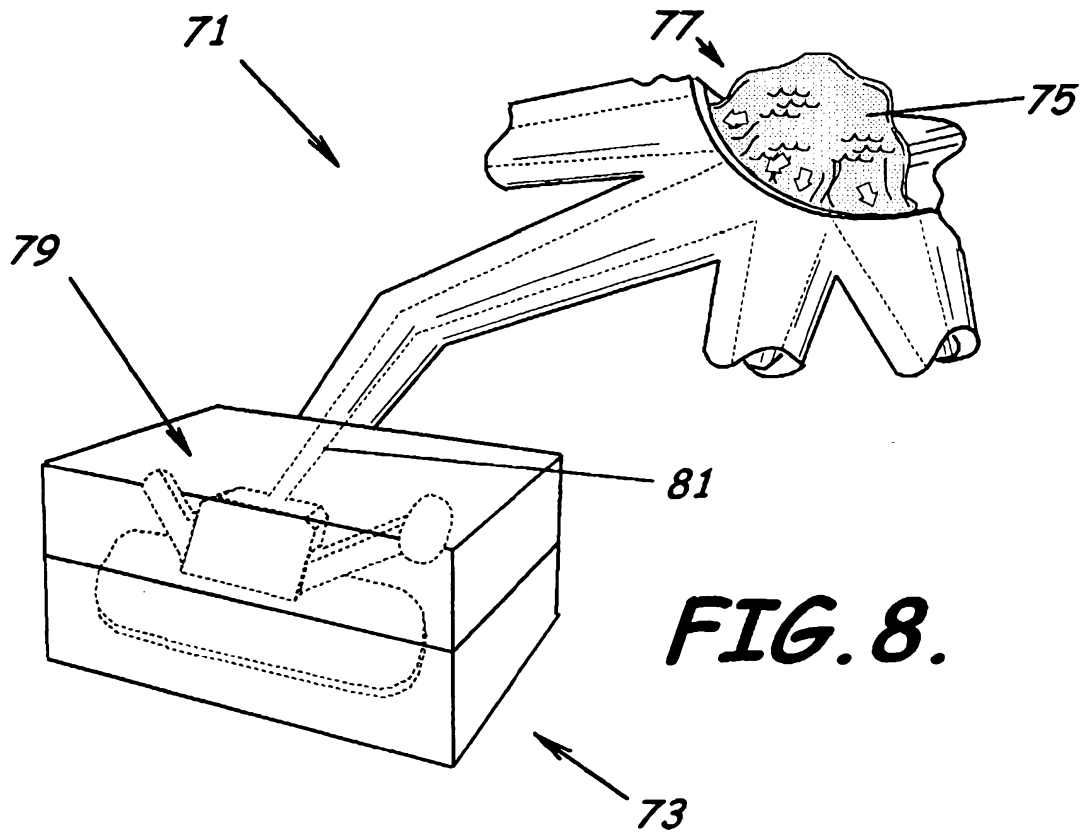
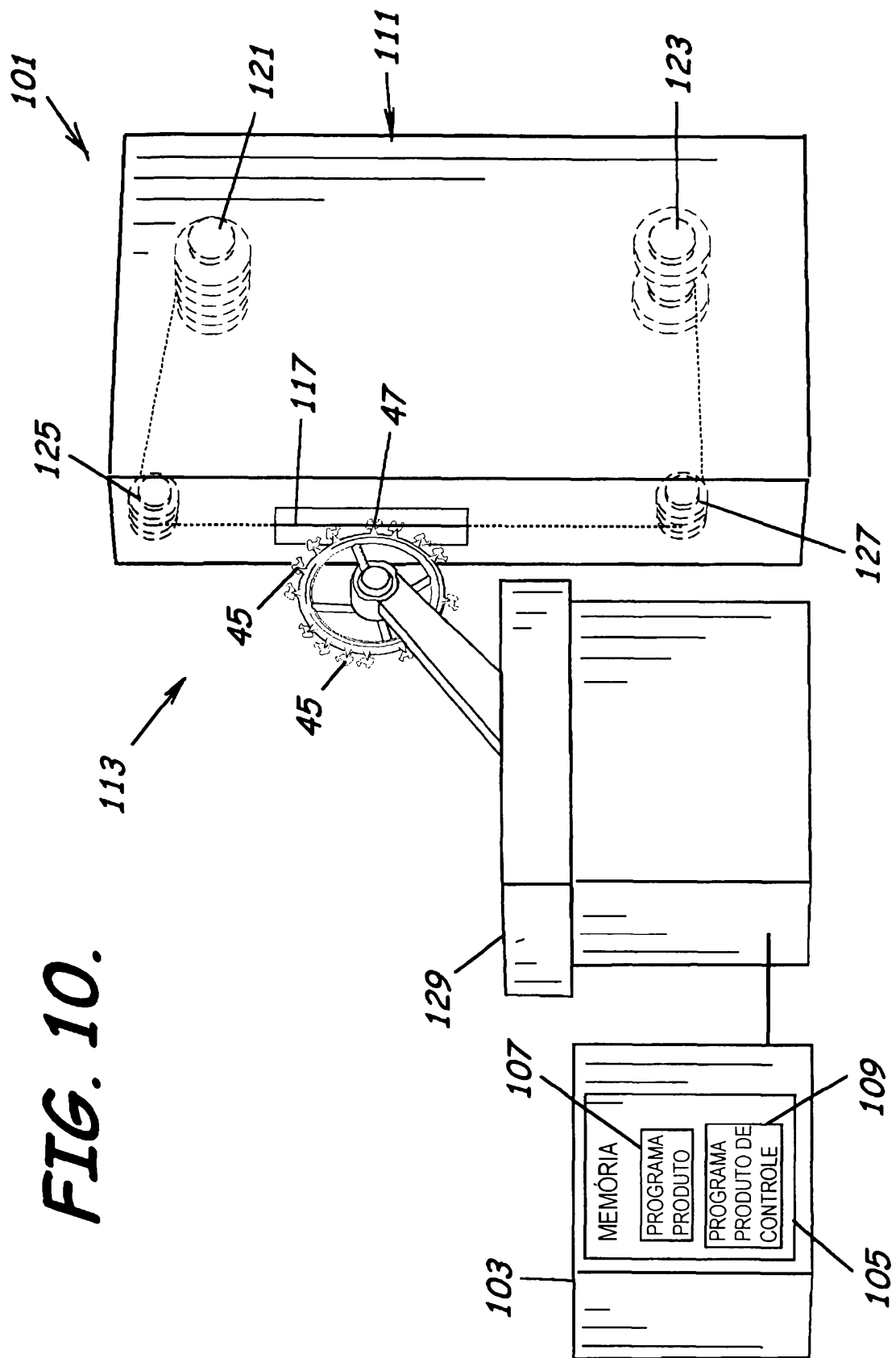


FIG. 10.



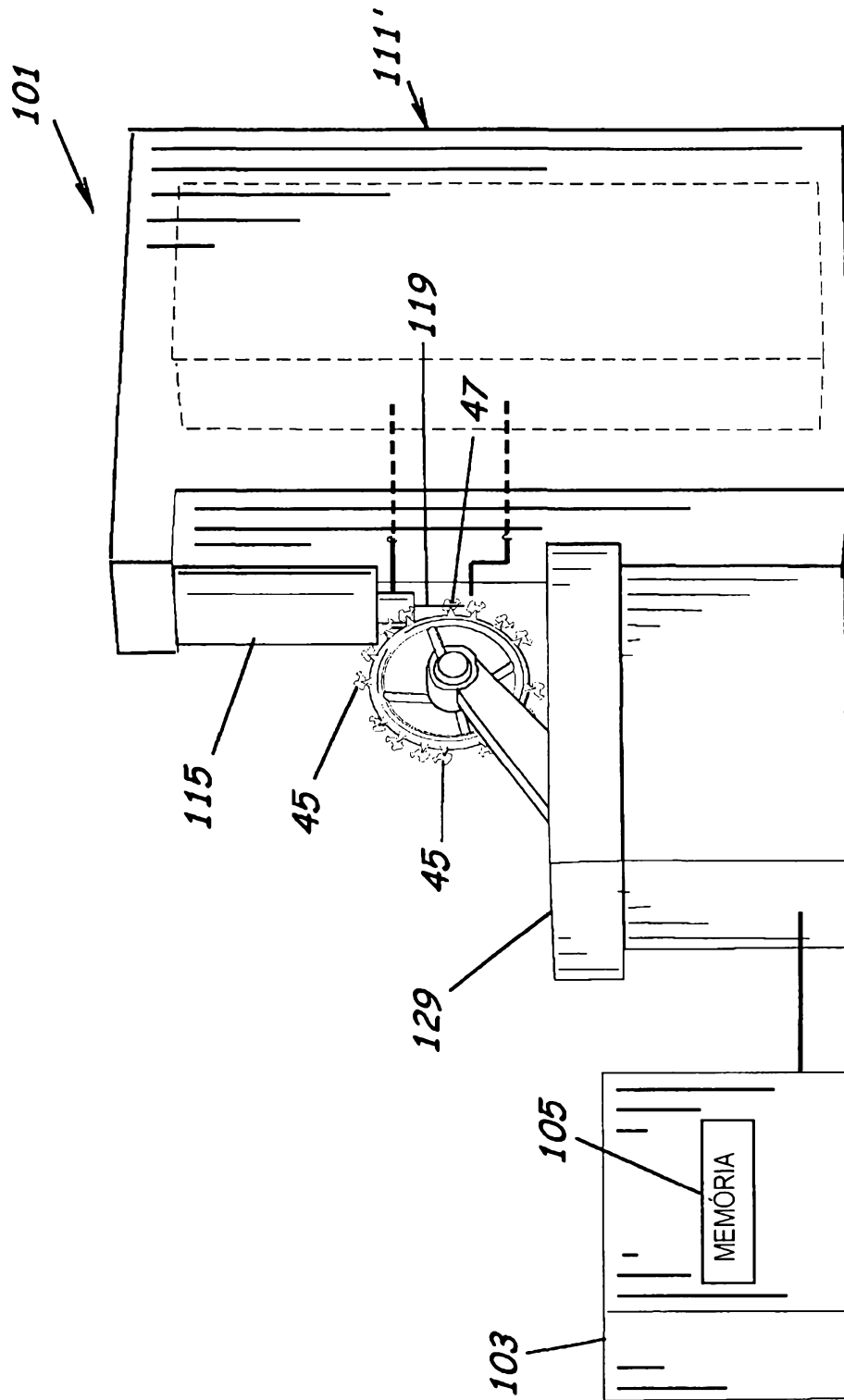
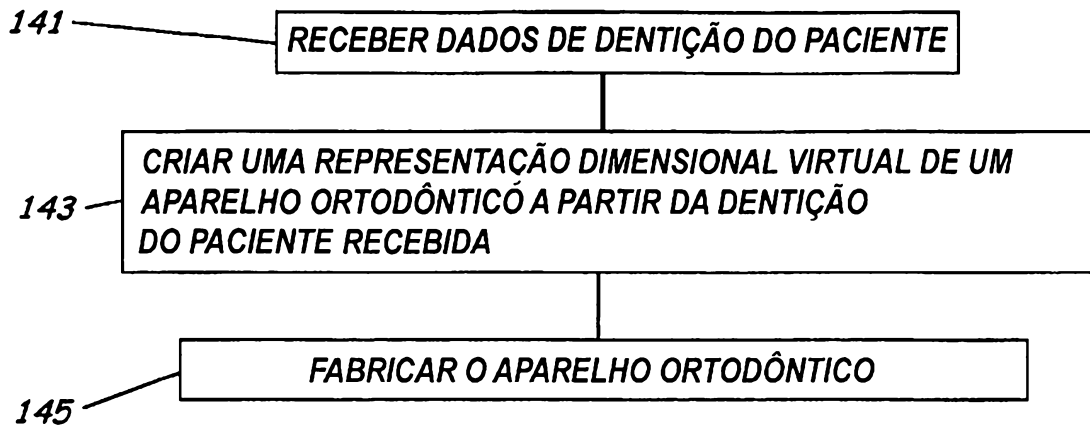
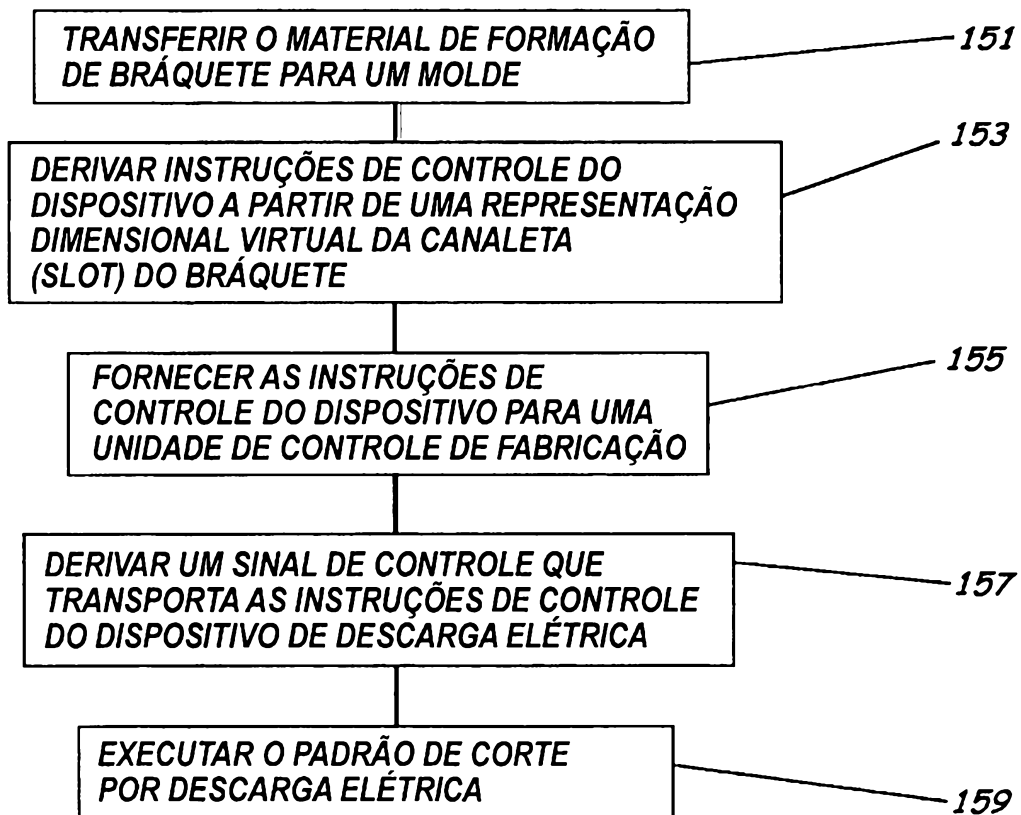


FIG. 11.

**FIG. 12.****FIG. 13.**

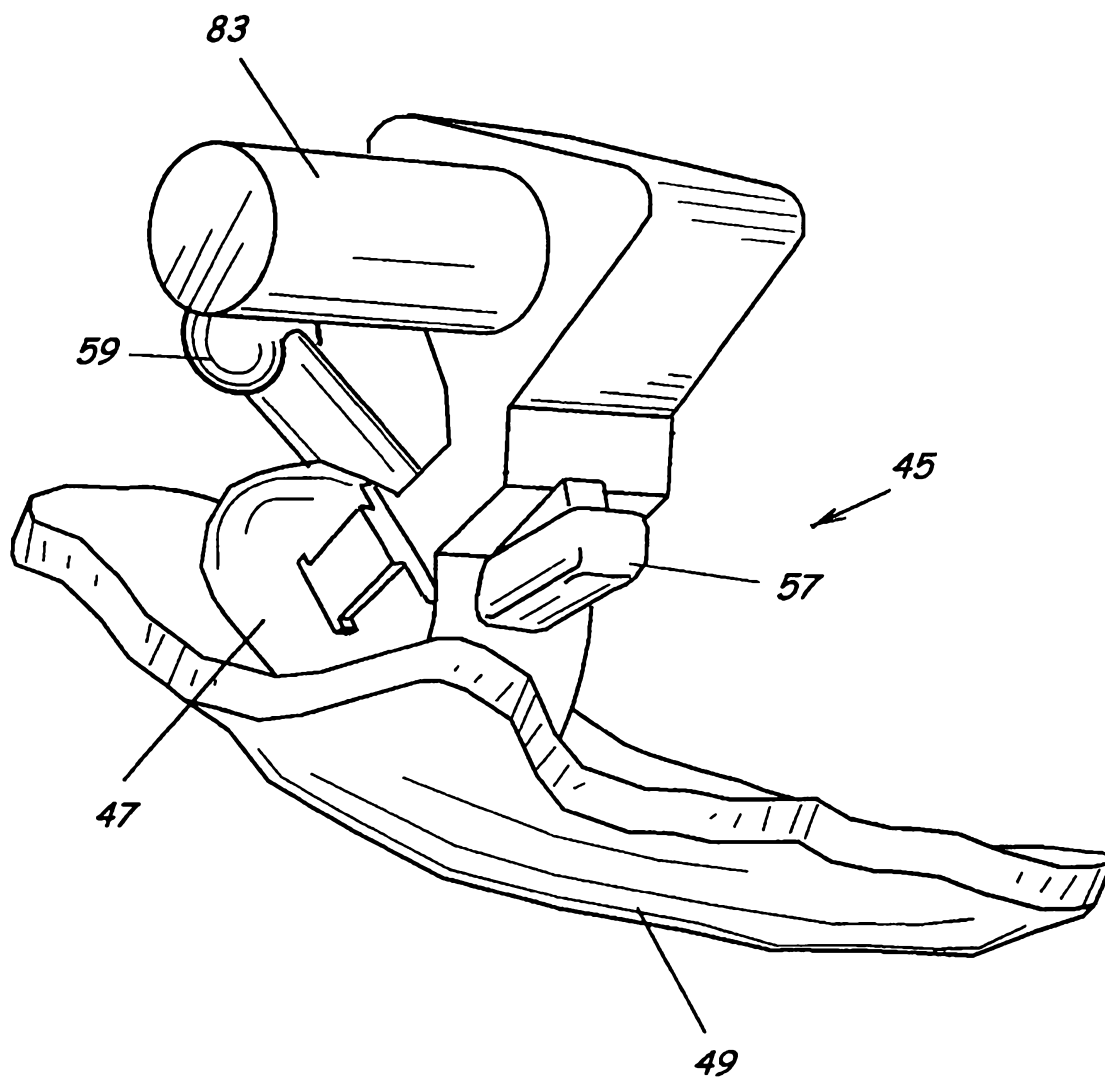
**FIG. 14.**

FIG. 15.

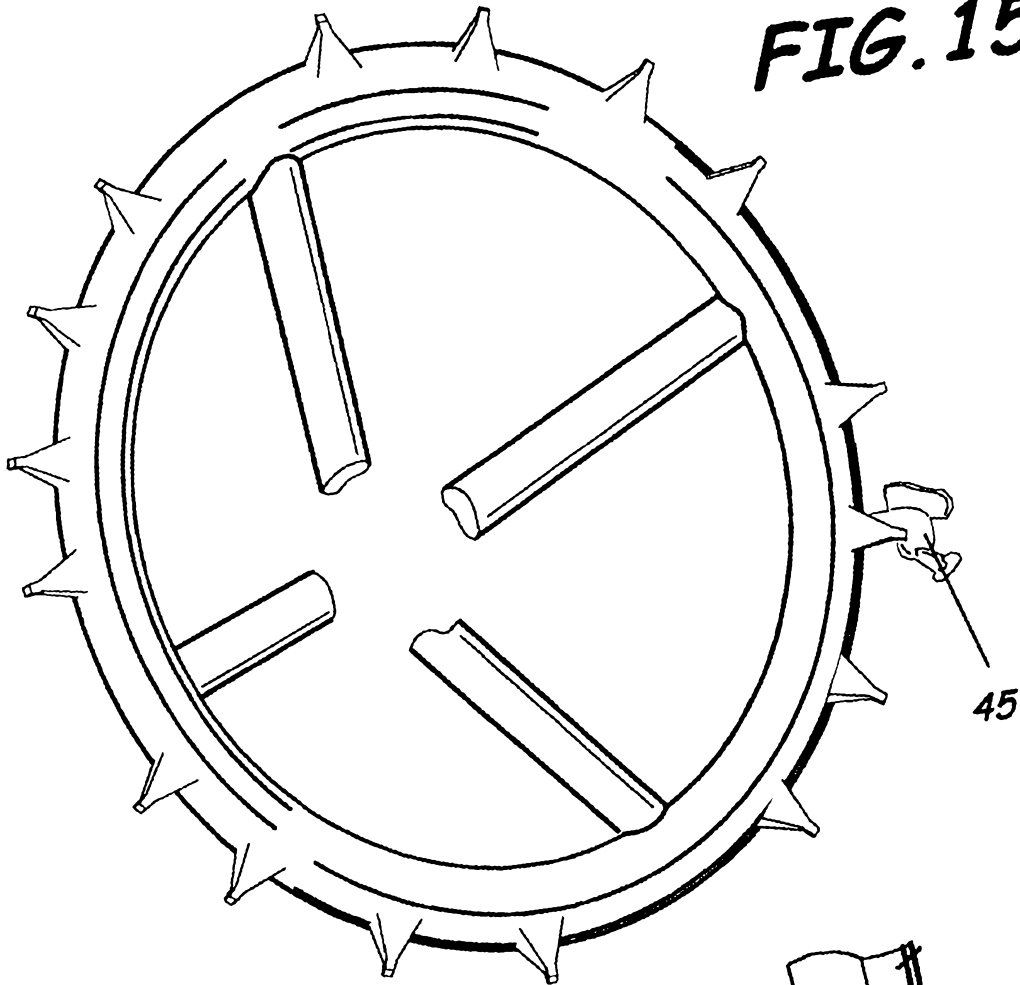


FIG. 16.

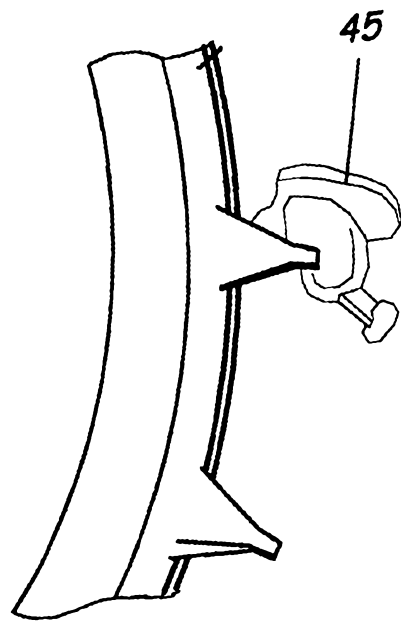


FIG. 17.

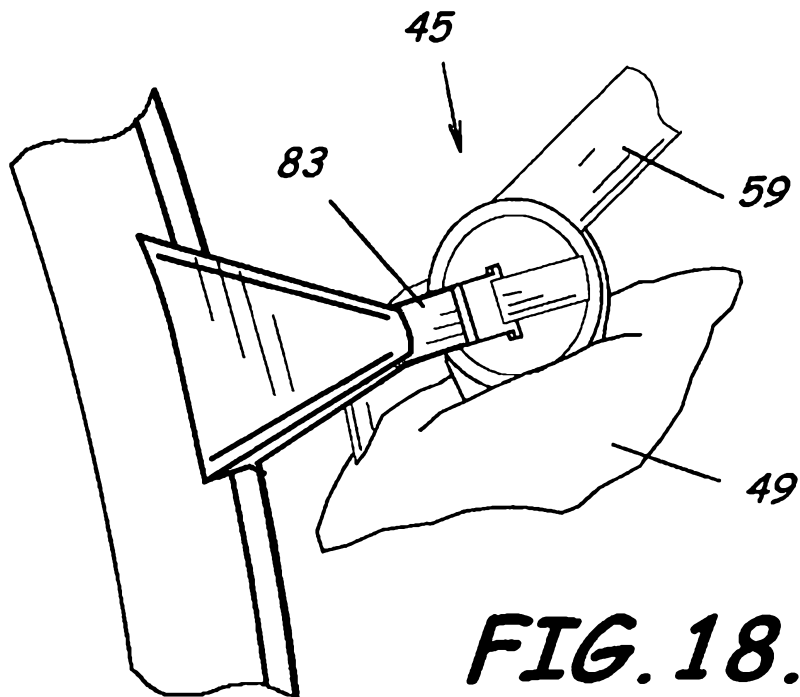
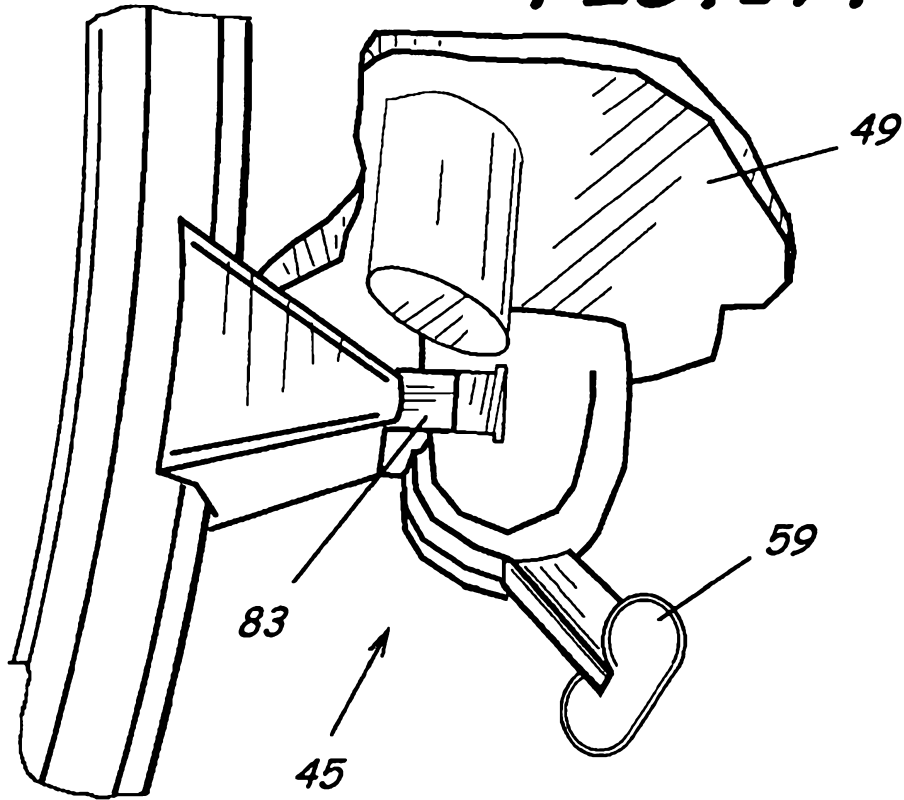


FIG. 18.

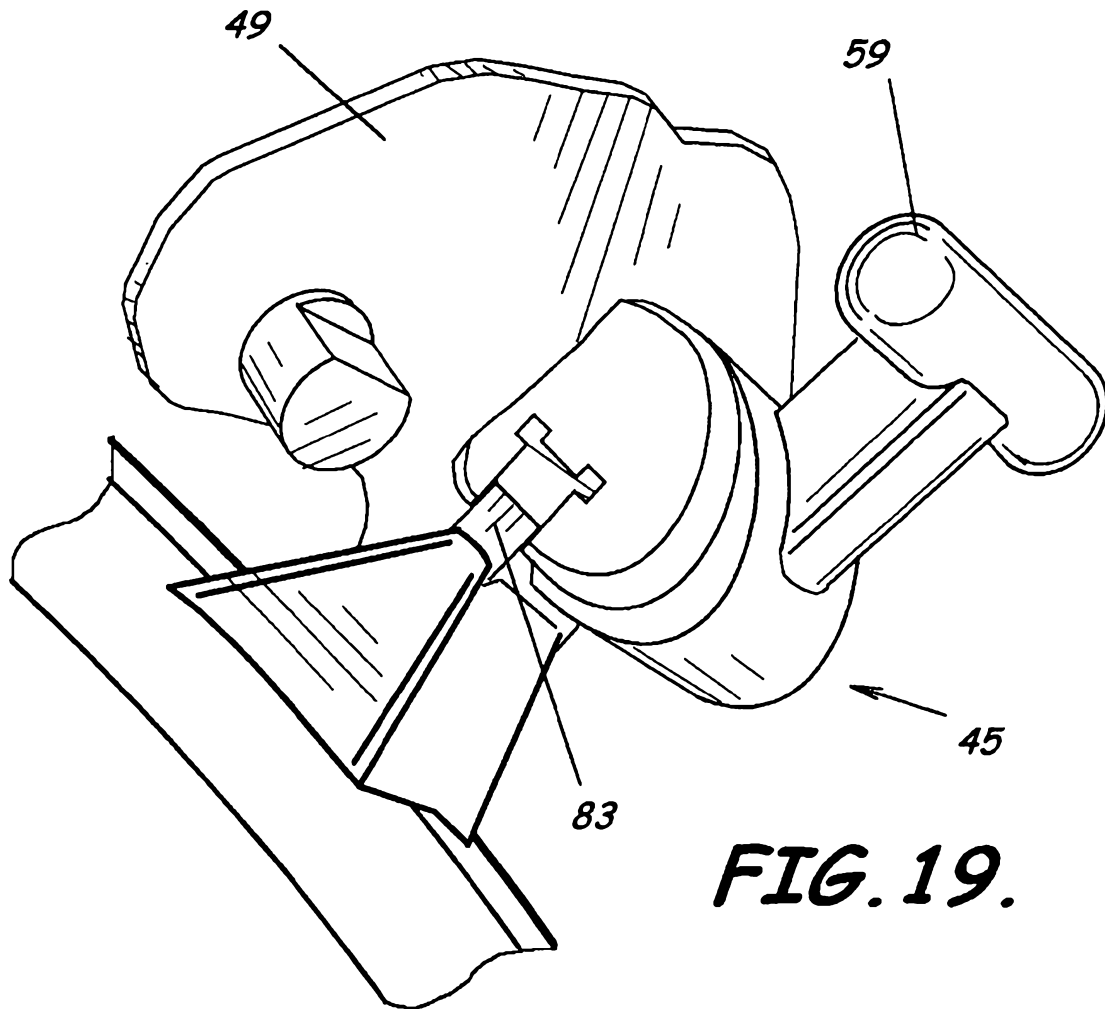
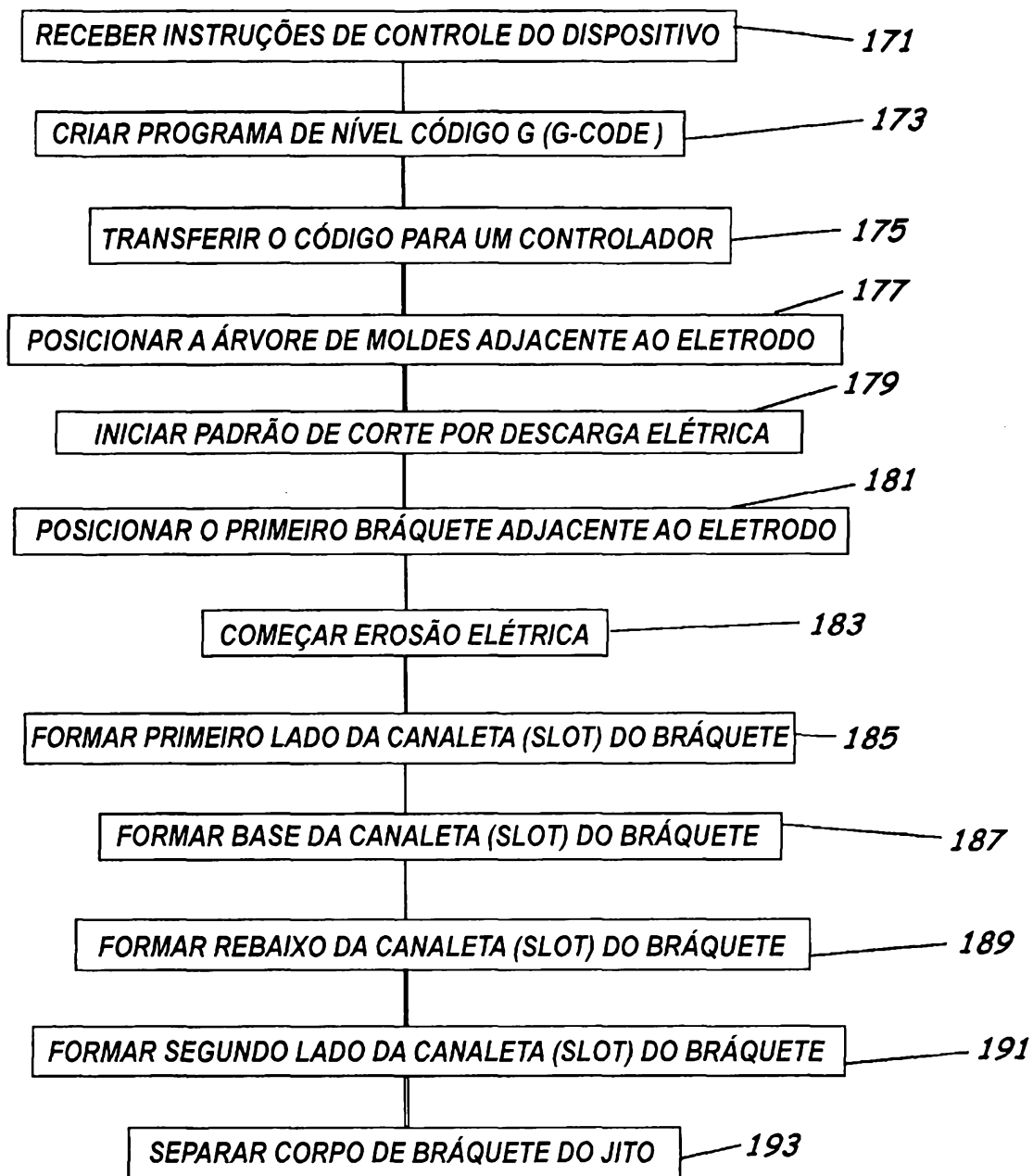
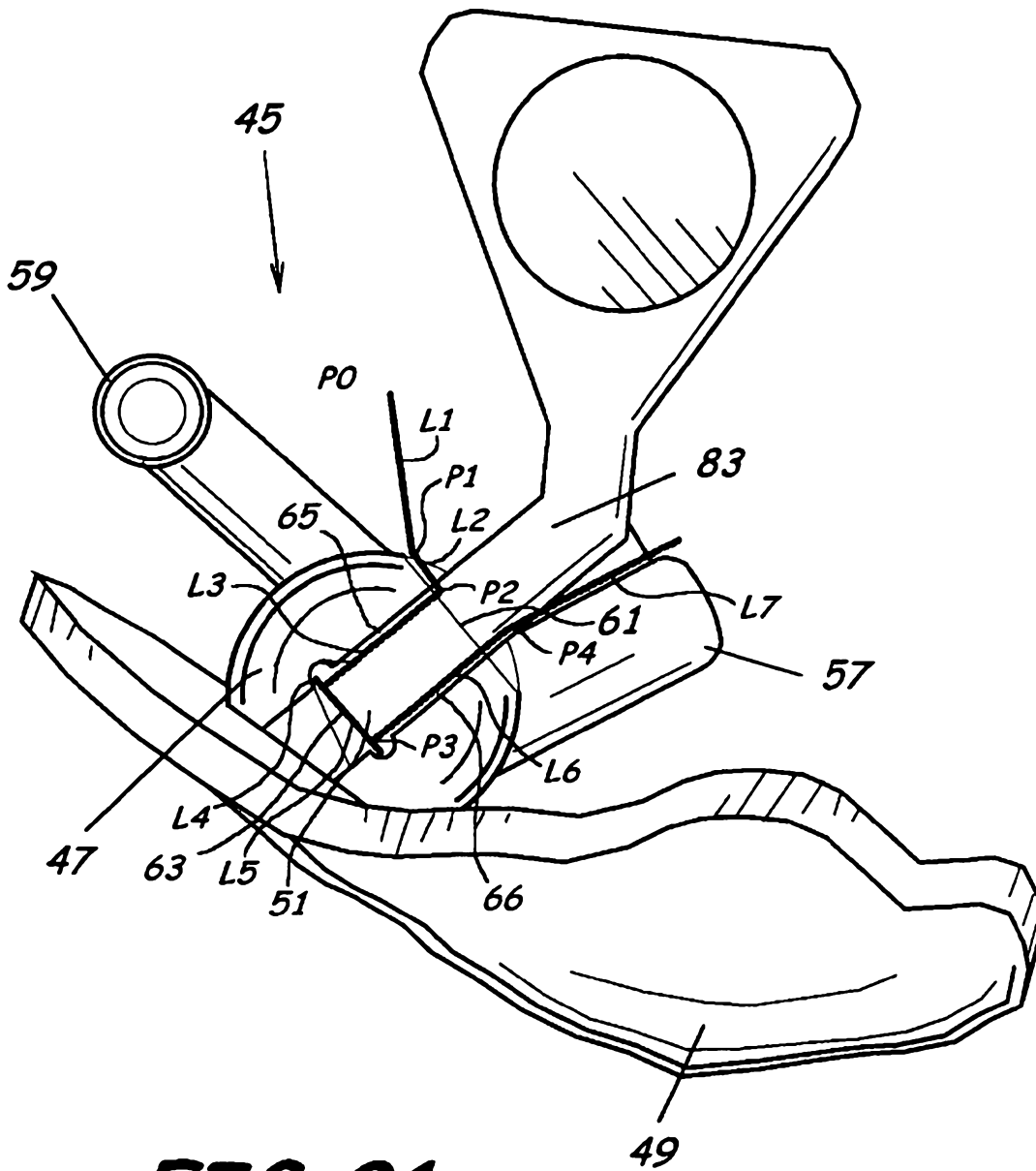


FIG. 19.

**FIG. 20.**

**FIG. 21.**

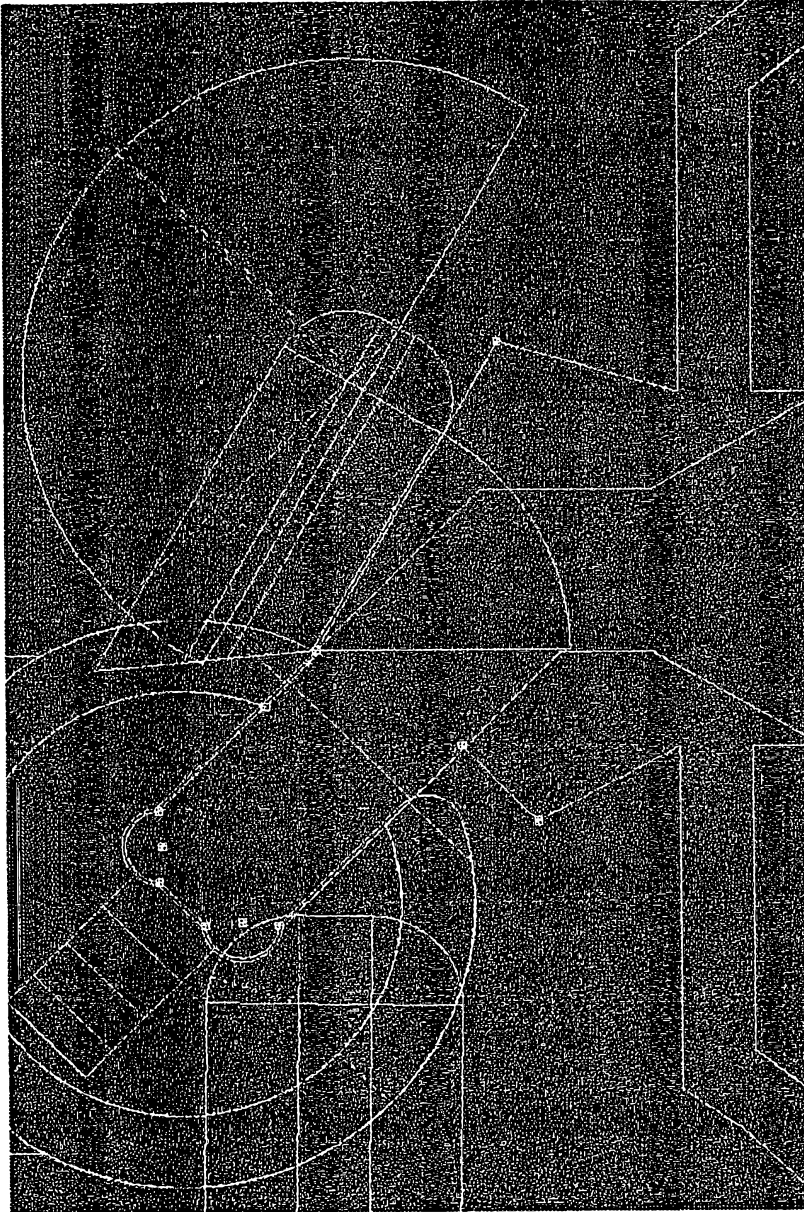
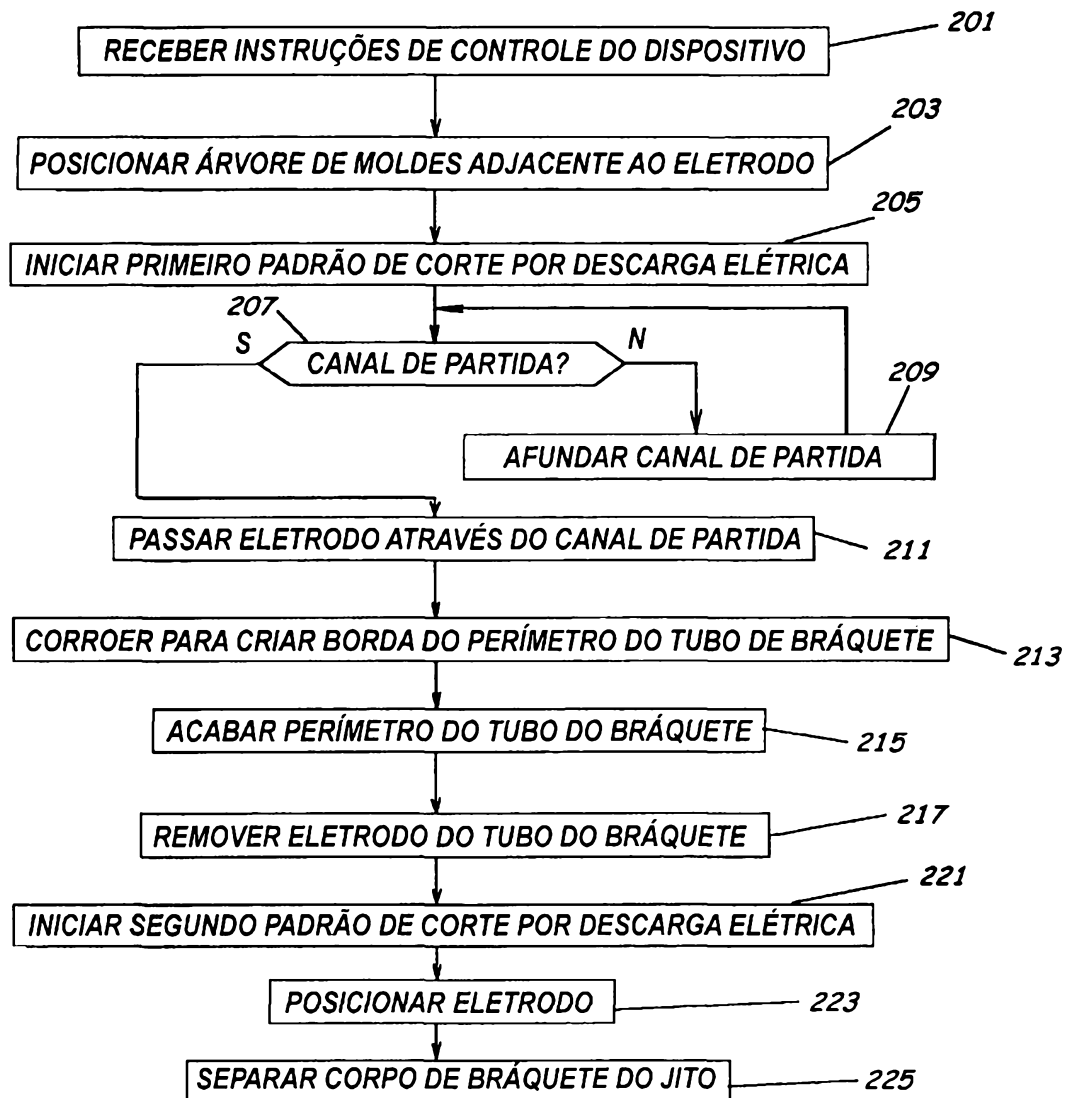
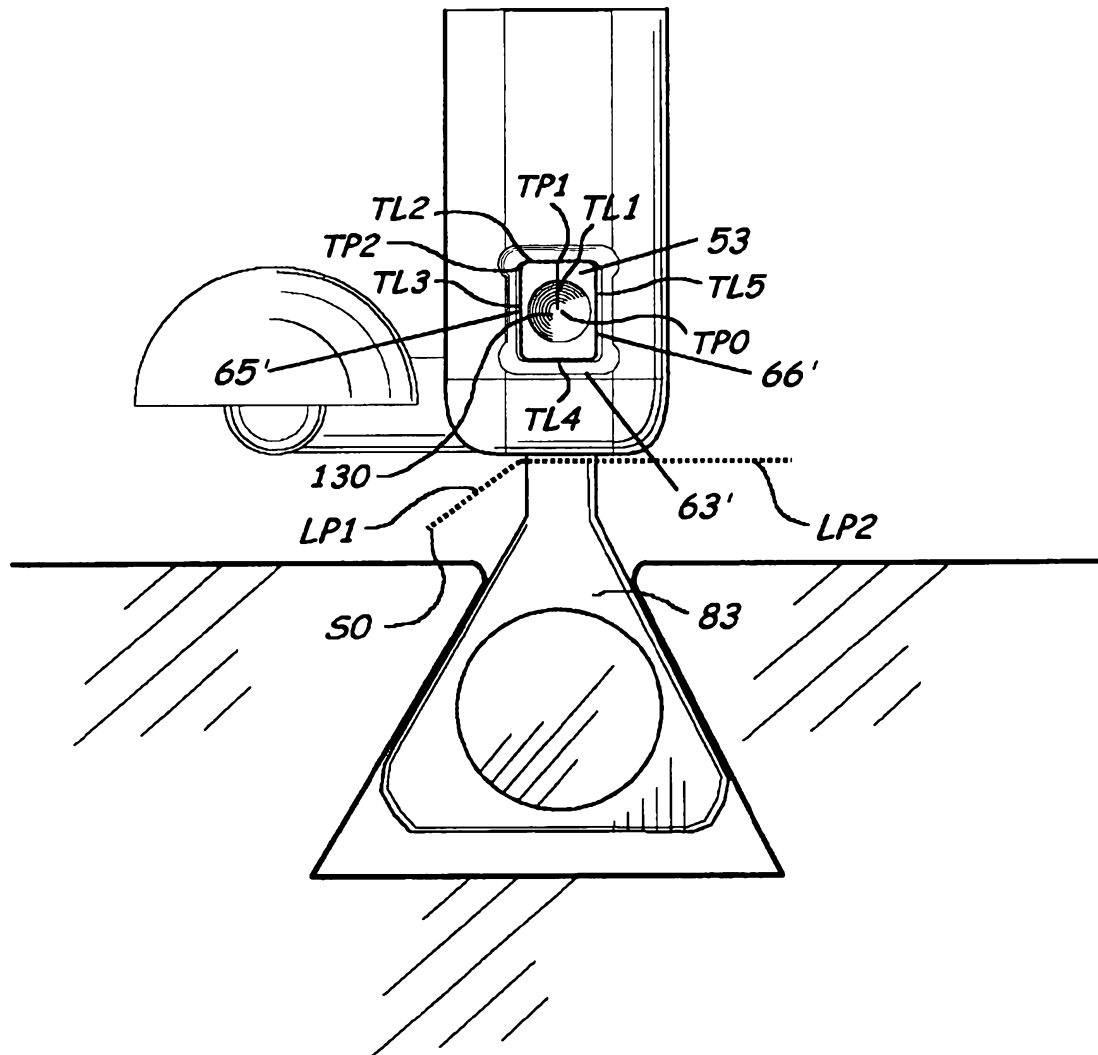


FIG. 22.

G91 G40 G01 X-.207 Y.39;	(PARA CAMINHO 0,2)
G91 G42 G01 X.212 Y.212;	(CONTORNO)
G91 G42 G01 X-.504 Y.504;	
G91 G42 G02 X0 Y.199 I.009 J.1;	
G91 G42 G01 X.126 Y.126;	
G91 G42 G02 X.199 Y0 I-.009 J.1;	
G91 G42 G01 X.413 Y-.413;	
G91 G42 G01 X.903 Y-.521;	
G91 G40 G01 X-.142 Y-.498;	(PARA CAMINHO 0,2)

FIG. 23.

FIG. 24.

**FIG. 25.**

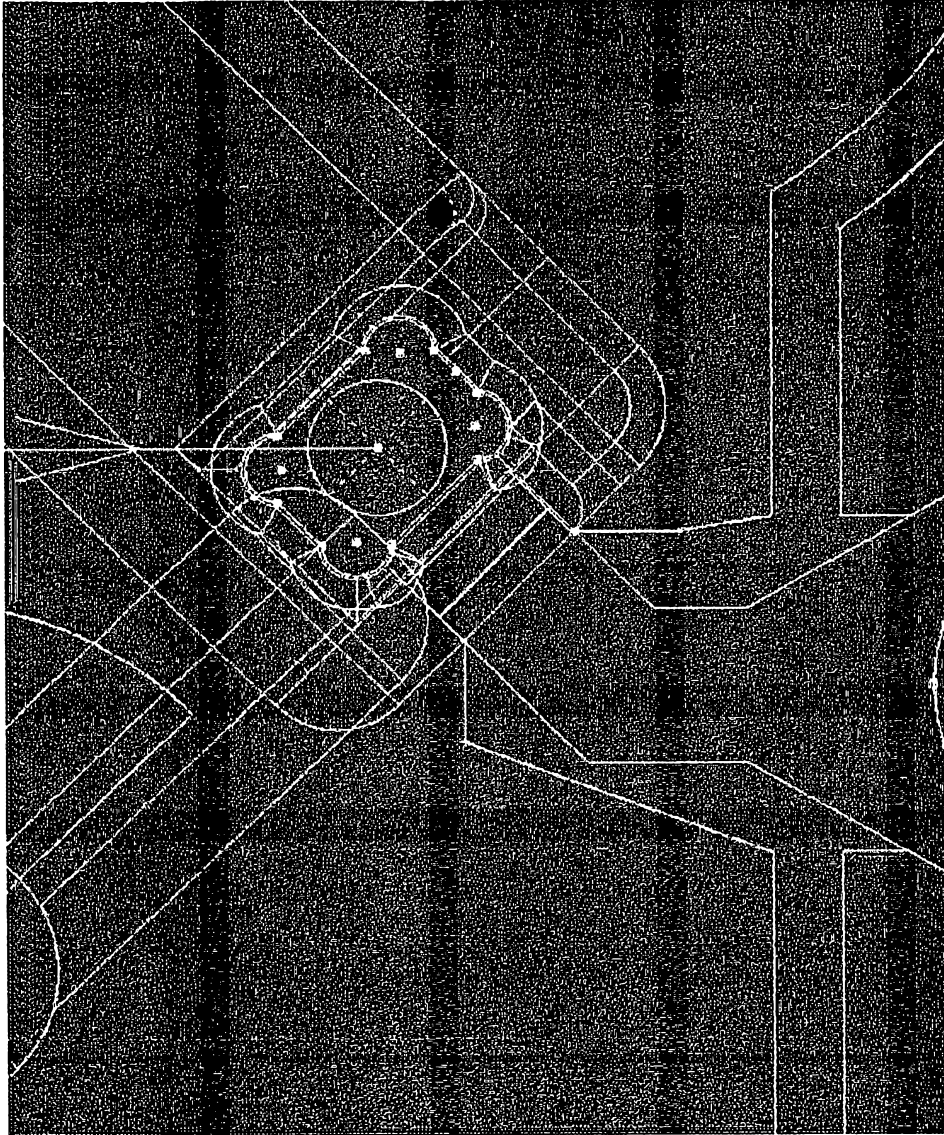


FIG. 26.

```

G91 G40 G01 Y-18,657;      (PONTO DE PARTIDA)
M21;                      (PASSAR O FIO)
G91 G42 G01 X-.226 Y-.226; (TRAJETÓRIA PARA CONTORNO)
G91 G42 G01 X-.063 Y-.063;
G91 G42 G02 X-.19 Y0 I-.01 J.009;
G91 G42 G01 X-.252 Y.252;
G91 G42 G02 X-.002 Y.201 I.008 J.1;
G91 G42 G01 X.126 Y.126;
G91 G42 G02 X.199 Y0 I.1 J-.009;
G91 G42 G01 X.253 Y-.253;
G91 G42 G02 X0 Y-.199 I-.009 J-.1;
G91 G42 G01 X-.063 Y-.063;
G91 G40 G01 X-.226 Y.226; (VOLTAR À ORIGEM)
M22;                      (DESMONTAR)
G91 G40 G01 Y18,657;      (VOLTAR PARA Y ABS 20)

```

+++++

REMOVER (OS BRÁQUETES), APROXIMAÇÃO PELA DIREITA

```

G91 G40 G01 X-.043 Y.27;   (DE CAMINHO 0,2)
G91 G41 G01 X0 Y.3;
G91 G41 G01 X-.326 Y.325;
G91 G40 G01 X-.3 Y0;
G91 G40 G01 X-.332 Y-.895; (PARA CAMINHO 0,2)

```

+++++

FIG. 27.