



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

(11) PI 0502176-6 B1

(22) Data do Depósito: 13/06/2005

(45) Data de Concessão: 28/11/2017



(54) Título: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A INSPEÇÃO DE CONTORNOS EM RABO DE ANDORINHA DE BORDA DENTADA

(51) Int.Cl.: G01B 5/20

(52) CPC: G01B 5/20

(30) Prioridade Unionista: 16/06/2004 US 10/869,019

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): JASON BRIAN FASCINATO; TIMOTHY M. MARTINKOVIC

Método e dispositivo para a inspeção de contornos em rabo de andorinha de borda dentada.

Embasamento da Invenção

A presente invenção se refere em geral a um método e a um dispositivo para a inspeção de motores a turbina. Mais especificamente, a presente invenção se refere a um método e a um dispositivo para a inspeção do contorno da superfície da borda de um vão ou quebra formada em um disco para receber de forma fixa uma palheta de turbina.

Em um motor de turbina a gás (jato) de um avião, o ar entra pela parte frontal do motor, é comprimido pelo compressor montado no eixo, e mistura com o combustível. A mistura é queimada, e os gases quentes de exaustão passam através da turbina montada no mesmo eixo. O fluxo do gás de combustão gira a turbina através de sua interação contra a secção em forma de aerofólio das palhetas e das pás defletoras de turbina. Em uma versão mais complexa do motor de turbina a gás, o compressor e a turbina de alta pressão são montados em um eixo, e o aspirador e a turbina de baixa pressão são montados em um eixo separado. Os gases quentes de exaustão fluem pela parte de trás do motor impulsionando-o e ao avião para frente.

A turbina é composta de um disco, o qual apresenta uma pluralidade de ranhuras complexas e de pequena tolerância usinadas ou desbastadas ao longo da periferia do disco para receber uma parte das palhetas de turbina referidas como o encaixe em rabo de andorinha. O contorno das ranhuras é tipicamente formado por mandrilagem. A mandrilagem é uma técnica de produção na qual uma faca, tipicamente referida como o mandril, é empregada para dar o acabamento nas interrupções ou aberturas que apresentam secção circular, quadrada ou irregular. Na mandrilagem, a ação do próprio mandril serve como um meio de agarre de tal forma que a operação pode ser completada dentro de um tempo mínimo. A ferramenta de corte ou mandril é tipicamente dotada de vários dentes de tamanhos graduados de tal forma que cada qual tira uma pequena lasca quando a ferramenta é dirigida contra a abertura de guia previamente preparada.

No caso dos discos de fixação dos encaixes em rabo de andorinha das palhetas de turbina, a mandrilagem produz uma quantidade de rasgos no material do disco os quais se estendem passando a superfície do disco a qual é oposta à superfície do disco na qual o mandril é inicialmente dirigido, ou até o lado de saída do disco. O rasgo tem a forma de uma descontinuidade dentada ou triangular tipicamente formada ao longo substancialmente de toda a periferia do rasgo ou abertura mandrilada. O material ao longo da área mandrilada apresenta propriedades de resistência reduzidas. Uma vez que esta região mandrilada é altamente estressada ou submetida a tensão durante a operação, deve se tomar cuidado na remoção destas descontinuidades para

evitar a possibilidade de rachaduras ou quebras induzidas pelo estresse, as quais podem reduzir de forma significativa a vida útil do componente. O processo de remoção das descontinuidades em rasgo é identificado como a quebra de uma borda ou como a produção de uma borda dentada, quebrada ou interrompida. O material é tipicamente removido da periferia da ranhura, tal como através de técnicas de desbaste, para formar os pequenas bordas arredondadas ao longo do lado de saída do disco. Infelizmente, foi recentemente descoberto que as bordas arredondadas de um número considerável de periferias de ranhuras tinham um tamanho insuficiente para remover as regiões descontínuas formadas pela mandrilagem, e portanto as técnicas de desbaste fino ou outras técnicas de remoção de material são ora necessárias para aumentar o raio da borda arredondada de modo a formar um chanfro para preservar a vida útil do componente. Assim, um número significativo de discos de motores a turbina em operação estão igualmente precisando desta operação de reajuste. Para determinar se o disco necessita um desbaste de reajuste, é realizada uma inspeção. Estas novas inspeções nos discos são adicionadas, é claro, como uma necessidade corrente de inspeção nos discos de turbina recém fabricados ou novos.

Em um outro aspecto complicador, as técnicas usualmente empregadas para a inspeção das bordas dentadas despendem uma grande quantidade de tempo e estão sujeitas à erro. Por exemplo, a técnica de "moldar em cera e delinear" (*wax-and-trace*) envolve a colocação manual de cera quente na superfície do disco, a espera para que a cera esfrie, a remoção apropriada da cera, isto é, sem deformar ou distorcer a impressão na cera, e então alinhar visualmente a impressão para um delineamento mecânico para assegurar que a direção do delineamento seja normal em relação às linhas centrais do contorno. Não apenas esta técnica gasta até 10 minutos para cada ranhura periférica, mas também a capacidade de reprodução e de repetição da calibragem chegam a 50 por cento. Em outras palavras, a imprecisão associada à técnica de moldar em cera e delinear, mesmo se realizada de forma correta, pode contribuir com metade da faixa possível de permissão para a variação na dimensão do contorno da borda da ranhura. Devida a natureza de grande consumidora de tempo da técnica de moldar em cera e delinear, as inspeções nas bordas dentadas pode ser anda mais limitada, assim aumentando a possibilidade de se ignorar um defeito.

É assim necessário um método ou um dispositivo para a inspeção dos discos de turbina que pode ser realizado mais rapidamente e que apresente uma capacidade incrementada de repetição e de reprodução de calibragem.

Síntese da Invenção

A presente invenção é dirigida a um método de inspeção do contorno da borda de um vão dentre uma pluralidade de vãos formados em um disco, cada vão dentre a pluralidade de vãos sendo designado para receber de forma fixa uma

palheta de turbina. O método inclui as etapas de: prover um primeiro dispositivo para receber o disco; prover um segundo dispositivo apresentando um sensor e um instrumento em associação com o sensor, o primeiro dispositivo segurando o disco com uma orientação predeterminada em relação ao sensor; segurar o disco no primeiro
 5 dispositivo; posicionar o instrumento adjacente a um vão dentre uma pluralidade de vãos formados no disco; direcionar a ponteira do instrumento sobre um ponto de tangência ao longo da borda do vão dentre a pluralidade de vãos, a ponteira seguindo um caminho ao longo da superfície do contorno que é substancialmente coincidente com um plano definido por um eixo de tangência, com o ponto de tangência e a linha sendo
 10 substancialmente normais em relação à borda do contorno, este instrumento estando em contato físico com a superfície do contorno; transmitir um sinal a partir do sensor com base no movimento do instrumento para um algoritmo; converter o sinal recebido pelo algoritmo em uma pluralidade de posições ao longo do caminho; e comparar a pluralidade de posições com faixas de valores predeterminados para determinar a
 15 aceitabilidade do contorno da borda de uma vão dentre uma pluralidade de vãos.

Uma vantagem da presente invenção está em que esta requer significativamente menos tempo para inspecionar o contorno de extremidade da ranhura do disco para receber as palhetas de turbina.

Outra vantagem da presente invenção está em que esta
 20 apresenta uma capacidade melhorada de repetição e de reprodução.

Uma outra vantagem da presente invenção está em que esta pode ser facilmente realizada.

Outras características e vantagens da presente invenção ficarão aparentes a partir da seguinte descrição em detalhes da forma de realização
 25 preferida, tida em conjunto com os desenhos que a acompanham, os quais ilustram, a título de exemplo, os princípios da invenção.

Breve Descrição dos Desenhos

- A figura 1 ilustra uma vista em perspectiva de um disco de turbina;
- A figura 1A é uma vista em planta parcial e ampliada do disco de turbina;
- 30 - A figura 1B é uma vista em elevação lateral tida ao longo da secção 1-1 da figura 1A da presente invenção;
- A figura 2 é uma vista em perspectiva do dispositivo de inspeção da presente invenção;
- A figura 3 ilustra um diagrama de fluxo detalhando o método de inspeção da presente
 35 invenção; e
- As figuras 4-14 são vistas em perspectiva mostrando a seqüência de etapas para a realização da inspeção de um disco de turbina empregando o dispositivo de inspeção de presente invenção.

Sempre que possível, os mesmos números de referência serão usados nos desenhos para se referirem a partes iguais ou semelhantes.

Descrição Detalhada da Invenção

A figura 2 ilustra uma forma de realização de um dispositivo de inspeção 10 para inspecionar um contorno da borda dentada de um encaixe em forma de rabo de andorinha formado em um disco de turbina 200. Com referência às figuras 1 e 1A, o disco de turbina 200 inclui uma porção de disco 206 que se estende até uma porção de luva 208. Um núcleo 204 é formado através tanto da porção de disco 206 quanto da porção de luva 208 para se acoplar a um eixo de um motor a jato para girar o disco de turbina 200. A periferia da porção de disco 206 é usualmente referida como a forma de raiz 202. A forma de raiz 202 inclui uma pluralidade de balizas 210 que se estendem radialmente para fora e que são uniformemente distanciadas ou separadas. Cada baliza 210 inclui uma pluralidade de saliências em rabo de andorinha 214 e de reentrâncias em rabo de andorinha 212 que são formadas em lados opostos ao longo do comprimento da baliza 210. Um vão ou ranhura 222 é definido pelas superfícies de frente as balizas 210 adjacentes, conectadas por uma base 216. Um vão ou ranhura 222 recebe uma porção de engate em forma de rabo de andorinha 218 de uma palheta de turbina 220.

O vão ou ranhura 222 de preferência compreende um eixo de simetria 224. Na interseção entre a base 216 e o eixo de simetria 224 está um ponto de tangência 226. A base 216 de preferência compreende um contorno curvo o qual prove a pontos de tangência 230, 232 simétricos em lados opostos da ranhura 222 que apresenta entalhes e saliências 212 e 214 em rabo de andorinha, tal como ao longo do eixo 228. Como será melhor descrito abaixo, o dispositivo de inspeção 10 inclui um processo para a inspeção de uma ranhura 222, tal como nos pontos de tangência 224, 230 e 232, apesar de que deve ser entendido que o dispositivo de inspeção 10 pode ser empregado para inspecionar um número qualquer desejado de pontos de tangência ao longo da ranhura 222.

Retornado a referência à figura 2, o dispositivo de inspeção 10 inclui um primeiro dispositivo 12 e um segundo dispositivo 14 que interagem para se obter meios de realização acurado, conveniente e rápido para a obtenção das dimensões da borda dentada para a sua comparação aos níveis predeterminados. O primeiro dispositivo 12 pode compreender uma mesa 16, a qual suporta uma placa 18 a qual apresenta uma superfície 20 substancialmente plana. A superfície plana 20 da placa 18 suporta um porta peça obra 22, o qual apresenta uma porção de base 23 a qual se estende até a porção de pescoço 29. Em oposição à extremidade da porção de pescoço 29 que está conectada na porção de base 23, está uma extremidade apresentando uma abertura 27 para receber um pino de localização 26, tal como um pino de trava por

esfera. Interposto entre as extremidades da porção de pescoço 29 está um pivô 24 o qual inclui uma presilha que está direcionada através tanto da porção de pescoço 29 quanto da placa 18, o pivô 24 apresentando um eixo de rotação 25. Em outras palavras, o porta peça obra 22 gira por deslizamento ao redor do pivô 24, o qual apresenta um eixo de rotação 25, sobre a superfície 20 da placa 18. As cavilhas 30 dão o limite angular para a rotação do porta peça obra 22 ao redor do pivô 24 para assegurar que o porta peça obra 22 permaneça totalmente dentro da pegada da placa 18, a qual em uma forma preferencial de realização permite que o porta peça obra 22 gire aproximadamente 180 graus. Para manter o porta peça obra 22 em uma posição desejada, a abertura 27 da porção de pescoço 29 é alinhada com uma dentre um pluralidade de aberturas 28 da mesa, formadas na placa 18, e o pino de localização 26 é dirigido através tanto da abertura 27 quanto da abertura 28 da mesa. A pluralidade de aberturas 28 da mesa define diferentes posições de localização para o porta peça obra 22. Deve ser entendido que pode ser formado qualquer número de aberturas 28 da mesa na placa 18 e que pode ser selecionado qualquer número de espaços angulares entre aberturas da mesa 28 adjacentes ou disposições, conforme desejado. Por exemplo, uma forma de realização preferida pode conter aberturas de mesa 28 em uma primeira posição, ou posição de origem, uma segunda posição que é atingida através da rotação do porta peça obra 22 em aproximadamente 90 graus em sentido anti horário ao redor do pivô 24 a partir da primeira posição, e uma terceira posição a qual é atingida através da rotação do porta peça obra 22 em aproximadamente 90 graus adicionais no mesmo sentido anti horário ao redor do pivô 24 a partir da segunda posição. Assim, a terceira posição está a aproximadamente 180 graus da primeira posição.

Um ponto de referência para uso com as figuras é a posição 84 a qual é adjacente a um lado da mesa 16 o qual é oposto a mesa 44 do segundo dispositivo 14. A partir deste ponto de referência 84, na primeira posição, a porção de base 23 se estende para a direita do pivô 24, definindo a posição de três horas. De forma similar, e para os presentes propósitos, a segunda posição define a posição de doze horas e, da mesma forma, a terceira posição define uma posição de nove horas.

Para permitir que o porta peça obra 22 segure e mantenha o disco de turbina 200, o porta peça obra 22 inclui uma haste 36, que se estende substancialmente na vertical, montada em uma mesa deslizante 42 a qual pode ser girada ao redor do eixo de rotação 38, independentemente do eixo de rotação 25. É preferível que a haste 36 apresente um perfil substancialmente cilíndrico com um elemento cônico suficiente de forma que o diâmetro da extremidade da haste 36, oposta à superfície 20, seja menor que o diâmetro da base da haste 36, de tal forma que o núcleo 204 do disco de turbina 200 seja auto centralizado em uma orientação substancialmente vertical quando o disco de turbina 200 é abaixado sobre a haste 36. De

forma preferencial, a haste 36 é recoberta por uma luva 32, a qual se estende até a base 34, e a qual envolve a periferia da luva 32 adjacente à superfície 20 da placa 18. A luva 32 e a base 34 são de preferência feitas de uma camada de um material relativamente macio quando comparado com o material do disco de turbina 200, tal como qualquer um
 5 dentre os plásticos mecanicamente duros, os materiais não metálicos ou outros materiais apropriados, de tal forma a não danificar o núcleo 204 do disco de turbina 200 quando o disco de turbina 200 é instalado ou disposto sobre a haste 36. Contudo, a luva 32 e a base 34 são feitas de um material que também é rígido o suficiente para não flexionar excessivamente quando comprimido entre o disco de turbina 200 e o porta peça obra 22,
 10 assim provendo a uma orientação consistente e passível de repetição para o disco de turbina 200 quando instalado.

Para instalar o disco de turbina 200 na haste 36, o disco de turbina 200 é posicionado acima do porta peça obra 22 e o centro do núcleo 24 é alinhado com o eixo de rotação 38. Após ser atingido o alinhamento entre a haste 36 e o
 15 disco de turbina 200, o núcleo 204 do disco de turbina 200 é dirigido para o contato com a luva 32 e a base 34.

Em adição, e para permitir o movimento de rotação ao redor do eixo 38, a mesa deslizante 42 incorpora adicionalmente a capacidade de realizar ajustes de minutos em ambas as duas direções axiais mutuamente perpendiculares ao
 20 longo da superfície 20 da placa 18, tal como nos eixos X e Y. Devido ao considerável peso do disco de turbina 200, é preferencialmente incorporado um mancal a ar abaixo do porta peça obra 22. O mancal a ar 40 inclui uma interface com uma fonte pneumática (não mostrada), o qual gera uma camada de ar comprimido a ser aprisionado abaixo da superfície e abaixo do mancal a ar 40 e a superfície 20 da placa 18, de forma a gerar
 25 uma interface substancialmente sem atrito entre o porta peça obra 22 e a superfície 20 da placa 18.

O segundo dispositivo compreende, de preferência, uma mesa 44 que suporta uma base 48 apresentando uma coluna substancialmente vertical 50 que se estende a partir da base 48. A coluna 50 pode ser girada nas direções 68 ou
 30 74 ao redor do eixo 52. Um braço 54 é móvel de forma deslizante ao longo da coluna 50 na direção vertical 72 e na direção horizontal 76, o braço 54 sendo de preferência mantido em uma posição substancialmente horizontal enquanto que é móvel com relação á coluna 50 na direção vertical 72. Fixado em uma extremidade do braço 54 está uma unidade traçadora 46 a qual inclui uma cabeça de traçado 56 a qual apresenta um leitor
 35 58. Quando empregado para fazer leituras a partir de uma superfície substancialmente vertical, tal como uma superfície de uma ranhura 222 de um disco de turbina 200 quando o núcleo 204 está posicionado substancialmente de forma coincidente com o eixo 38 da haste 36 (figura 6), o leitor 58 é preferencialmente orientado com um ângulo 78 que é

substancialmente vertical, enquanto também fornece um componente horizontal quando o leitor atua ao longo de seu eixo 66. O leitor 58 se estende a partir da cabeça de traçado 56 até um apontador 60, o apontador 60 preferencialmente se estendendo de forma substancialmente perpendicular ao leitor 58, e terminando em uma ponteira 62. Quando a ponteira 62 está colocada em contato com a superfície de um objeto a ser inspecionado pelo leitor 58, o qual está sendo guiado para se deslocar ao longo de seu eixo 66, preferencialmente na direção da cabeça de traçado 56, um par de sensores (não mostrados), alojados de preferência dentro da cabeça traçadora 56, fornece sinais para um algoritmo, tal como um programa de computador (não mostrado). Um dos sensores está associado com o movimento do leitor 58 ao longo de seu eixo 66 enquanto que o outro sensor está associado com a rotação angular 82 ao redor do eixo 80 do leitor 58 em resposta ao contato entre a ponteira 62 e a superfície da ranhura 222. O algoritmo converte os sinais provenientes dos sensores em dados de pontos, tal como nas coordenadas dos eixos X e Y. Os dados de pontos podem então ser comparados com uma predeterminada faixa de valores que são considerados como aceitáveis. Opcionalmente, os dados de pontos podem ser transferidos para um mostrador (não mostrado), impressos ou salvados em um dispositivo de memória para uma referência futura ou para uma operação de desbaste.

Preferencialmente, um programa de controle ou algoritmo executado por um microprocessador, por um dispositivo de controle, ou por um painel de controle (não mostrado) pode ser empregado para controlar a operação da cabeça de traçado 56. Este movimento inclui qualquer movimento individual ou combinação de movimentos do leitor 58 da cabeça de traçado 56 ao longo do eixo 66, o movimento horizontal da cabeça de traçado 56 ao longo do eixo 76 do braço 54, o movimento vertical da combinação entre a cabeça de traçado 56 e o braço 54 ao longo do eixo 52 da coluna 50, o movimento de rotação angular 82 da combinação entre o leitor 58 e a ponteira 62 ao redor do eixo 80, e o movimento de rotação da combinação entre a cabeça de traçado 56 e o braço 54 ao redor do eixo 52 da coluna 5. De forma alternativa, todos os movimentos ou qualquer combinação destes movimentos pode ser realizada de forma manual por qualquer operador, se desejado.

A figura 3 ilustra um diagrama de fluxo detalhando o processo de inspeção empregando o dispositivo de inspeção 10 da presente invenção para inspecionar um contorno em forma de rabo de andorinha de borda dentada formado em um disco de turbina 200. O processo de controle da figura 3 pode ser realizado como um programa de controle separado executado por um microprocessador do dispositivo de controle, por um painel de controle ou um processo de controle pode ser implementado como um sub programa no programa de controle para o dispositivo de inspeção 10.

As figuras 4-14 ilustram a sequência de etapas do processo para realizar a inspeção do disco de turbina 200 empregando o dispositivo de inspeção 10 da presente invenção. O processo começa, após a partida do processo na etapa 100, com a iniciação do dispositivo de inspeção 10 na etapa 105 como mostrado na figura 2, o

5 que inclui mover a cabeça de traçado 56 para uma posição de origem ou inicial e mover o porta peça obra 22 para uma posição inicial, tal como a posição a três horas, se a cabeça de traçado 56 e o porta peça obra 22 já não se encontram em suas posições originais. Apesar do processo para a movimentação do porta peça obra 22 poder ser controlado por um operador, deve ser entendido que todo o processo, isto é, a

10 movimentação do porta peça obra 22 e da cabeça de traçado 56, assim como a carga e a descarga do disco de turbina 200, podem ser completamente automatizadas. Uma vez que o dispositivo de inspeção 10 tenha sido iniciado, na etapa 110, o disco de turbina 200 é carregado ou instalado sobre a haste 36, a qual se estende a partir do porta peça obra 22 como previamente descrito e ilustrado nas figuras 4-6.

15 Após o disco de turbina ter sido carregado na etapa 110, a cabeça de traçado 56 é posicionada na etapa 115 por meio de uma combinação apropriada entre a rotação 74 da cabeça de traçado 56 ao redor do eixo 52, do deslocamento ao longo do eixo 76 do braço 54, e da rotação do leitor 58 ao redor do eixo 80 e do deslocamento vertical 72 ao longo do eixo vertical 52, como mostrado na figura

20 7. Uma vez que a cabeça de traçado 56 tenha sido posicionada de tal forma que a ponteira 62 contate a superfície de uma ranhura 222 a ser inspecionada, a ponteira 62 inicia o traçado ou o delineamento do contorno da ranhura 222 na etapa 120, conforme a ponteira 62 é dirigida na direção da cabeça de traçado 56 ao longo do eixo 66. Por exemplo, se o disco de turbina 200 está posicionado na posição de três horas, a ponteira

25 62 traça o contorno da ranhura 222 ao longo do ponto de tangência 230 (figura 1A). É criticamente importante que a ponteira 62 seja dirigida ao longo de um caminho substancialmente linear o qual é substancialmente normal ao ponto de tangência 230 da ranhura 222, com uma variação aceitável de cerca de mais ou menos três graus entre os eixo que definem o caminho e a superfície da ranhura 222.

30 Por exemplo, com referência às figuras 1A e 1B, na posição de três horas, o leitor 58 e a ponteira 62 contatam a ranhura 222 no ponto de contato 238 e são de preferência dirigidos pela direção de deslocamento 86 a qual está ao longo do eixo 66, e que é coplanar com o eixo 228 que é normal a linha normal 236, a linha normal 236 sendo substancialmente normal à parte superior da superfície 250 e coincidente com

35 o ponto de tangência 230. O ponto de tangência 230 está ao longo de uma borda da porção de base 216 da ranhura 222. Quando a ponteira 62 é dirigida ao longo da direção 86, a ponteira 62 traça um caminho desde o ponto de contato 238 até o ponto de tangência 230, ou segmento normal 240 o qual é coincidente com a linha 236, e então

até o ponto de terminação 246 o qual está localizado ao longo da parte superior da superfície 250 da baliza 210. Contudo, se o leitor 58 e a ponteira 62 são direcionadas ao longo de um eixo alternativo de deslocamento 88 apresentando um ângulo de desvio 90 a partir da direção de deslocamento 86, o caminho de deslocamento da ponteira 62 é diferente. Apesar do ponto de contato 238 ser o mesmo em ambos os casos, o direcionamento do leitor 58 e da ponteira 62 a longo da direção 88 faz com que a ponteira 62 trace um caminho 244 o qual se estende desde o ponto de contato 238 até o ponto de contato 242 ao longo da borda dentada do disco de turbina 200, e então até o ponto de terminação 248, o qual está localizado ao longo da superfície superior 250 da baliza 210. Está claro que o segmento normal 240 é coincidente com a linha normal ao ponto de tangência 230, ou linha 236, e define a menor distância ao longo da borda dentada do disco de turbina 200. Qualquer desvio a partir da linha normal ao ponto de tangência 240, tal como um segmento de desvio 244, aumenta o comprimento desta linha como percebida pela ponteira 62 e detectada pelos sensores associados a este movimento, e assim pode prover informações errôneas ao operador em relação a se a borda dentada está dentro das tolerâncias permitidas como previamente reportado.

Deve ser entendido que, ao invés do ponto de tangência 23 ser coincidente com a superfície superior 250, o ponto de tangência 230 pode alternativamente ser coincidente com a superfície inferior 252, a qual é oposta e substancialmente paralela à superfície superior 250. Portanto, a descrição em relação ao parágrafo imediatamente antecedente é invertida. O eixo 228, o ponto de tangência 230 e os pontos de terminação 246 e 248 são coincidentes com a superfície inferior 252. Isto é, ao invés da ponteira 62 ser dirigida a partir do ponto de contato 238 até o ponto de tangência 230 e então até o ponto de terminação 246 ao longo da superfície superior 250, a ponteira 62 é dirigida desde o ponto de contato 238 até o ponto de tangência 230 e então até o ponto de terminação 246 ao longo da superfície inferior 252. Assim, a despeito de uma referência relativa a superfície superior 250 e a superfície inferior 252, o conceito da operação é de qualquer forma o mesmo.

Conforme a cabeça de traçado 56 traça a superfície de contorno da ranhura 222 conforme o leitor 58 é dirigido ao longo do eixo 66, os sensores associados com o movimento do leitor 58 e da ponteira 62 ao longo do eixo 66 e da rotação do leitor 58 e da ponteira 62 ao longo do eixo 80, respectivamente, é transmitido um sinal na etapa 125 ao painel de controle, o qual converte o sinal em dados de pontos, tais como em relação às coordenadas X e Y, na etapa 130 como previamente descrito. Após o sinal ter sido convertido em dados de pontos, os dados de ponto são comparados a faixas de valores predeterminados 135 para determinar se um contorno aceitável, isto é, em termos de chanfro, raio e outras formas de transição lisas entre superfícies, foi produzido ao longo da borda dentada da ranhura 222. A etapa 135 inclui salvar os dados

de pontos e outras informações, tais como a aceitação da borda dentada, em um dispositivo de memória.

Uma vez que os dados tenham sido comparados na etapa 135, pode ser desejável inspecionar a mesma porção de uma ranhura 222 diferente ou adicional. Se o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 140 que seja realizado um traçado similar em uma ranhura 222 adicional, o disco de turbina 200 é girado ao redor do eixo 38 para localizar a ranhura 222 desejada seguinte a ser inspecionada. Uma vez que o disco de turbina tenha sido girado até a próxima ranhura a ser inspecionada, as etapas 115 até 135 são realizadas de forma similar como previamente descrito. Após a etapa 135 ter sido realizada, o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 140 se deve ser conduzido um novo traçado em uma ranhura 222 adicional. Se não deve ser realizado um traçado adicional na etapa 140, o controle do processo é deslocado para a etapa 150, na qual o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 150 se deve-se realizar um traçado adicional para a mesma ou para outra ranhura 222 do disco de turbina 200. Se deve ser realizado um traçado adicional, o disco de turbina é movido ao longo da superfície 20 da placa 18 na etapa 155 até uma nova posição, tal como a posição de doze horas. A movimentação do disco de turbina 200 envolve a rotação do disco de turbina 200 ao redor do eixo 25, o qual é coincidente com o pivô 24, através da remoção do pino de localização 26 da abertura 28 da mesa, e atuando sobre o mancal de ar 40 como previamente descrito e ilustrado nas figuras 8 e 9.

Antes da ou contemporaneamente com a rotação do disco de turbina 200 ao redor do eixo 25, a ponteira 62 é retraída ao longo do eixo 66 até que exista um afastamento suficiente entre a ponteira 62 e o disco de turbina 200, ou girado ao redor do eixo 80, para evitar danos à ponteira 62 ou ao leitor 58. Uma vez que o disco de turbina 200 tenha sido suficientemente girado ao redor do eixo 25 e a abertura 27 da porção de pescoço 29 tenha sido alinhada com a correspondente abertura 28, o pino de localização 26 é direcionado através da abertura 27 e da abertura 28 da mesa para ajustar a posição tanto do porta peça obra 22 quanto do disco de turbina 200. Após o ajuste da posição do disco de turbina 200, o disco de turbina 200 é então girado ao redor do eixo 38 em uma direção 70 (figura 9), se necessário, para prover a uma orientação favorável para a ponteira 62 para engrenar uma porção diferente da ranhura 222 previamente inspecionada ou mesmo uma ranhura 222 diferente. Em adição, pode ser necessário prover a ajustes menores, tais como nos eixos de ajuste X e Y como provido pela mesa deslizante 42, para permitir o acesso a uma diferente região da ranhura 222. Contudo, Acredita-se que se as mesas 16 e 44 são apropriadamente distanciadas, o tamanho efetivo do braço 54 é ajustado e se a porção de pescoço 29 do porta peça obra 22 inclui aberturas adicionais de tal forma que o raio efetivo de rotação definido pela

rotação do porta peça obra 22 ao redor do pivô 24 também pode ser modificado sem necessitar de uma alteração nas aberturas 28 da mesa, se não todas as configurações dos discos de turbina podem ser acomodadas pelo dispositivo de inspeção 10.

Uma vez que o disco de turbina é movido ao longo da
5 superfície 20 da placa 18 na etapa 155 para a posição de doze horas, como mostrado na figura 9, a cabeça de traçado 56 é movida para a posição na etapa 115, de tal forma que a ponteira 62 entre em contato com a ranhura 222. Contudo, a cabeça de traçado 56 já está substancialmente na posição desejada uma vez que esta já foi movida durante a etapa 145 precedente. Portanto, a posição da ponteira 62 em contato com uma região
10 diferente da ranhura 222 do disco de turbina 200, tudo isto sendo necessário para atuar o leitor 58 ao longo do eixo 66 ou para girar o leitor 58 ao redor do eixo 80, apesar de que ajustes menores podem ser necessários para mover a cabeça de traçado 56 ao longo do eixo 72 e/ou ajustes menores na mesa deslizante 42 para mover o disco de turbina 200 com relação ao porta peça obra 22. Após a cabeça de traçado 56 ter sido posicionada,
15 as etapas 120 até 135 são realizadas de uma forma substancialmente idêntica à previamente descrita. Com a finalização da etapa 135, o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 140 se deve-se conduzir o mesmo traçado em uma ranhura 222 diferente. Se o mesmo traçado deve ser realizado em uma ranhura 222 diferente, o disco de turbina 200 é girado ao redor do eixo 38 na etapa 145 da forma
20 previamente descrita. O controle então retorna para as etapas 115-135 como previamente descrito.

Após as etapas 115-135 terem sido realizadas, o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 140 se deve-se inspecionar uma ranhura 222 adicional. Se não existe a necessidade de realizar uma inspeção de uma ranhura
25 222 adicional na etapa 140, o controle do processo é deslocado para a etapa 150, na qual o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 150 se deve-se realizar um traçado adicional na mesma ou em outra ranhura 222 do disco de turbina 200. Se o painel de controle determina que um traçado adicional deve ser realizado na mesma ranhura 22, na etapa 155, o porta peça obra 22 é movido ao longo da superfície 20 da
30 placa 18 ao redor do pivô 24 para a posição de nove horas, como previamente descrito e ilustrado na figura 6. Uma vez que tenha sido movido o disco de turbina 200, as etapas 115 até 135 são realizadas de forma substancialmente similar ao quanto previamente descrito. Após a etapa 135 ter sido realizada, o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 140 se deve-se realizar o mesmo traçado em uma ranhura adicional
35 222. Se deve ser realizado o mesmo traçado em uma ranhura adicional 222 na etapa 140, o controle do processo é deslocado para a etapa 145, e então para as etapas 115 até 135 como previamente descrito. Após a etapa 135 ter sido realizada, o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 140 se deve-se realizar o mesmo traçado

em uma ranhura adicional 222. Se deve ser realizado o mesmo traçado em uma ranhura 222 adicional na etapa 140, o controle do processo é deslocado para a etapa 150, na qual o painel de controle (ou o operador) determina na etapa 150 se deve-se realizar uma traçado adicional para a mesma ou para outra ranhura 222 no disco de turbina 200.

5 Se o painel de controle determina que não deve ser realizado um traçado adicional para a mesma ranhura 222, os ajustes do dispositivo são iniciados na etapa 160 a qual preferencialmente move a cabeça de traçado 56 e o porta peça obra 22 para as suas respectivas posições de início como previamente descrito. Após os ajustes do dispositivo terem sido iniciados o disco de turbina 200 é removido do dispositivo de inspeção 10 na

10 etapa 165 antes de terminar o processo na etapa 170.

Apesar da invenção ter sido descrita em relação a uma forma preferida de realização, deve ser entendido pelos peritos na área que podem ser feitas várias alterações e que os equivalentes podem ser substituídos por elementos deste sem com isto escapar ao escopo da invenção. Em adição, várias modificações

15 podem ser feitas para adaptar os ensinamentos da invenção a uma situação ou a um material particular, sem com isto escapar do escopo essencial desta. Portanto, é a intenção de que a invenção não seja limitada à forma de realização em particular descrita como a melhor forma contemplada para a condução da invenção, mas que a invenção irá incluir todas as formas de realização que recaem dentro do escopo das reivindicações

20 em anexo.

Reivindicações

1. Um método de inspeção do contorno da borda de um vão dentre uma pluralidade de vãos formados em um disco (200), cada vão dentre a pluralidade de vãos sendo designado para receber de forma fixa uma palheta de turbina (220), o método **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

- prover um primeiro dispositivo (12) para receber o disco (200);
- prover um segundo dispositivo (14) apresentando ao menos dois sensores e um instrumento em associação com o ao menos dois sensores, o primeiro dispositivo (12) segurando o disco (200) com uma orientação predeterminada em relação ao sensor;
- segurar o disco (200) no primeiro dispositivo (12);
- posicionar o instrumento adjacente a um vão dentre uma pluralidade de vãos formados no disco (200);
- direcionar uma ponteira (62) do instrumento sobre um ponto de tangência (266, 230, 232) ao longo da borda do vão dentre a pluralidade de vãos, a ponteira (62) seguindo um caminho ao longo da superfície do contorno que é substancialmente coincidente com um plano definido por um eixo de tangência, com o ponto de tangência (266, 230, 232) e uma linha sendo substancialmente normais em relação à borda do contorno, o instrumento estando em contato físico com a superfície do contorno;
- transmitir um sinal a partir do pelo menos dois sensores com base no movimento do instrumento para um algoritmo;
- converter o sinal recebido pelo algoritmo em uma pluralidade de posições ao longo do caminho; e
- comparar a pluralidade de posições com faixas de valores predeterminados para determinar a aceitabilidade do contorno da borda de uma vão dentre uma pluralidade de vãos.

2. O método da reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato no qual a etapa de prover a um primeiro dispositivo (12) inclui prover a um primeiro dispositivo (12) compreendendo:

- uma placa (18) apresentando uma superfície (20);
- um portador (22) móvel de forma deslizante ao longo da superfície (20); e
- uma haste (36) que se estende desde o portador (22) para receber um núcleo (204) do disco (200).

3. O método da reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato no qual o primeiro dispositivo (12) ainda compreende: meios para selecionar a rotação por deslizamento do portador (22) ao longo da superfície (20) ao redor de um pivô formado na superfície (20) da placa (18).

4. O método da reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato no

qual o portador (22) ainda compreende: meios de ajuste configurados para prover ao ajuste ao longo de dois eixos mutuamente perpendiculares.

5 5. O método da reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato no qual o portador (22) ainda compreende: meios de rotação para girar o disco (200) ao redor de um eixo definido pela haste (36).

 6. O método da reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender: uma luva (32) instalada sobre a haste (36).

 7. O método da reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato no qual a luva (32) se estende até a base (34).

10 8. O método da reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato no qual a luva (32) e a base (34) são feitas de materiais suficientemente macios de forma a não danificar o núcleo do disco.

 9. O método da reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato no qual o primeiro disco ainda compreende meios para prover uma interface substancialmente sem atrito entre a superfície (20) e o portador (22).

15 10. O método da reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato no qual a etapa de prover um segundo dispositivo (14) inclui prover um segundo dispositivo (14) compreendendo: uma cabeça de traçado (56) suportada de forma móvel a partir do disco (200), a cabeça de traçado (56) direcionável de forma deslizante e portando o
20 instrumento de forma rotativa, um sensor dentre os pelo menos dois sensores associados com o direcionamento deslizante do instrumento substancialmente ao longo do eixo do instrumento e outro sensor dentro os pelo menos dois sensores associado com a rotação do instrumento.

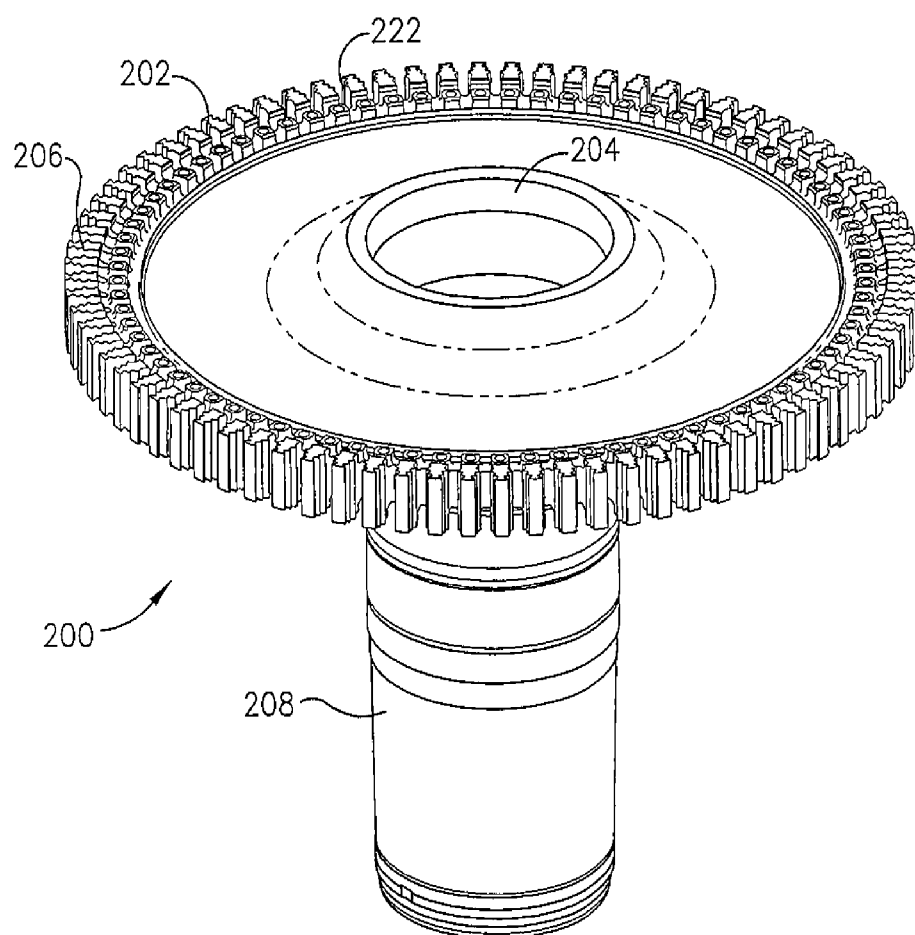
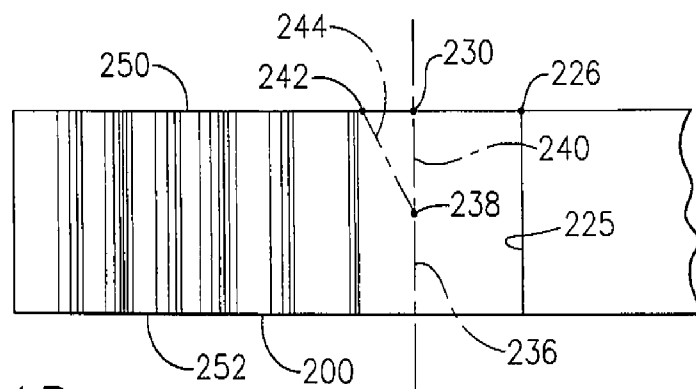
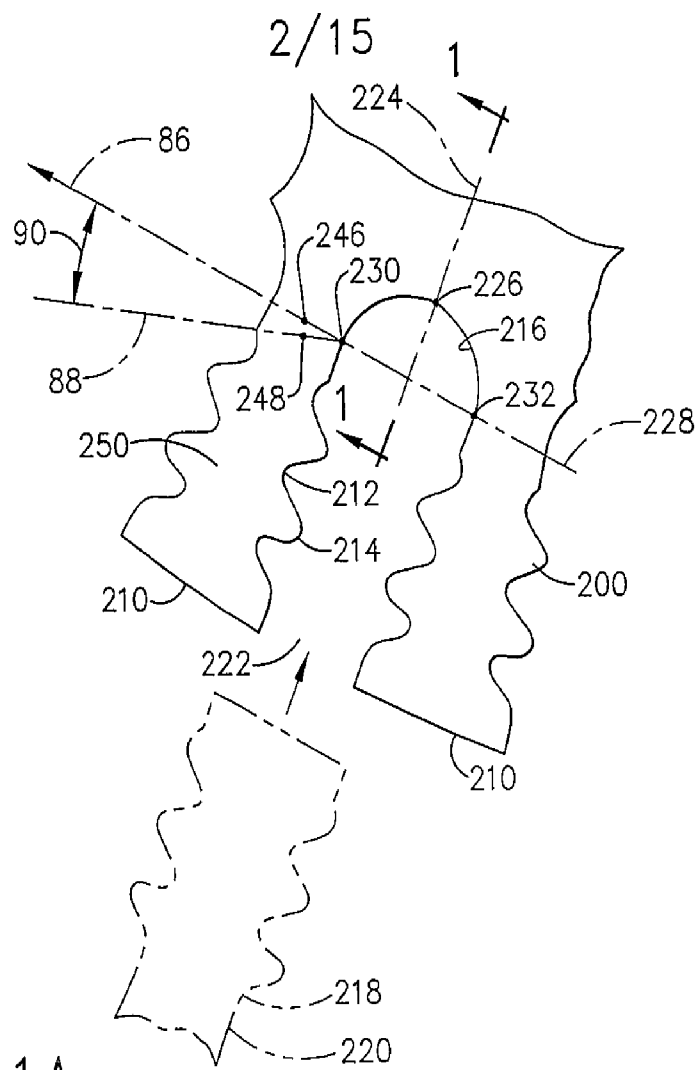


FIG. 1

(Estado da Técnica)



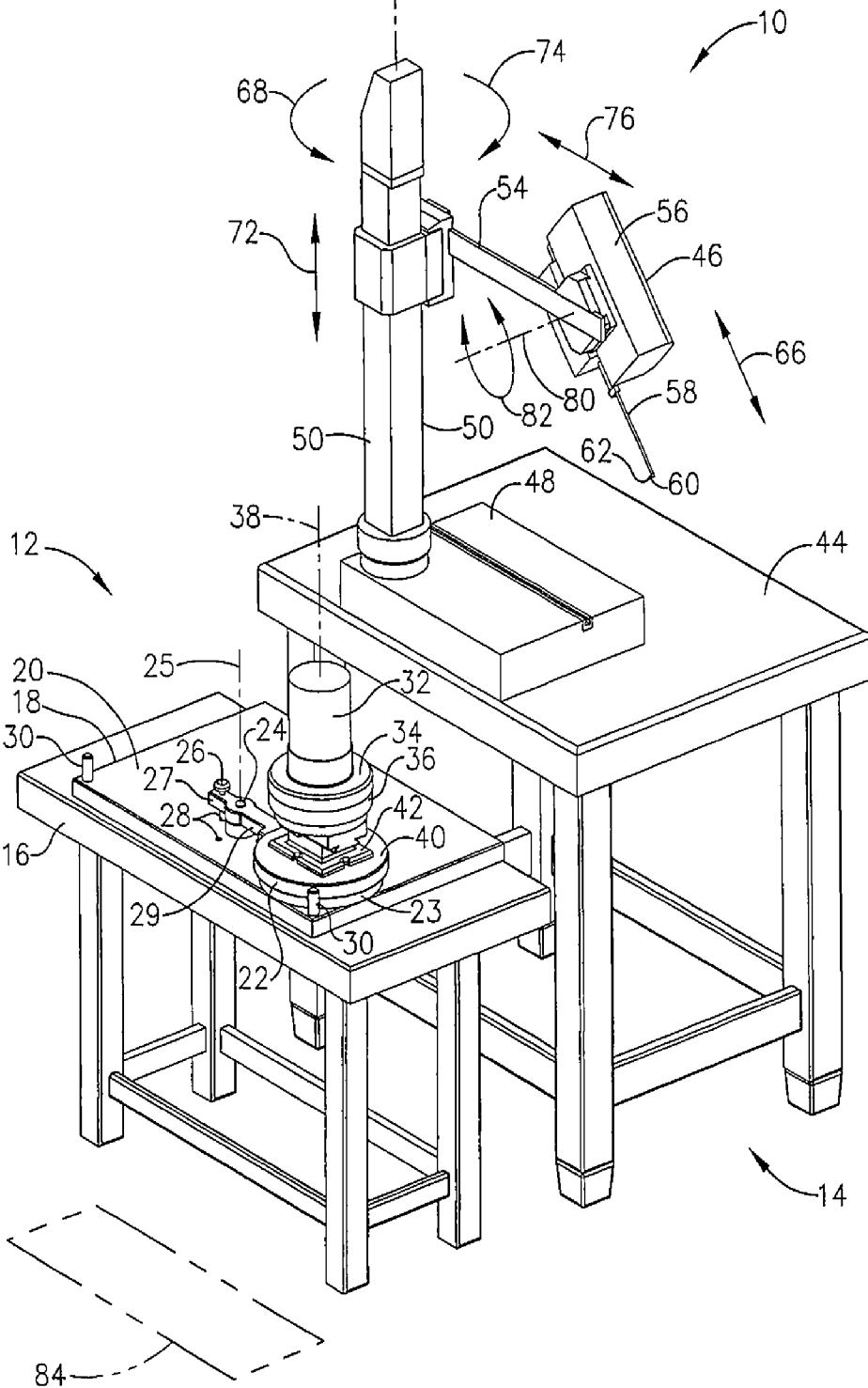


FIG. 2

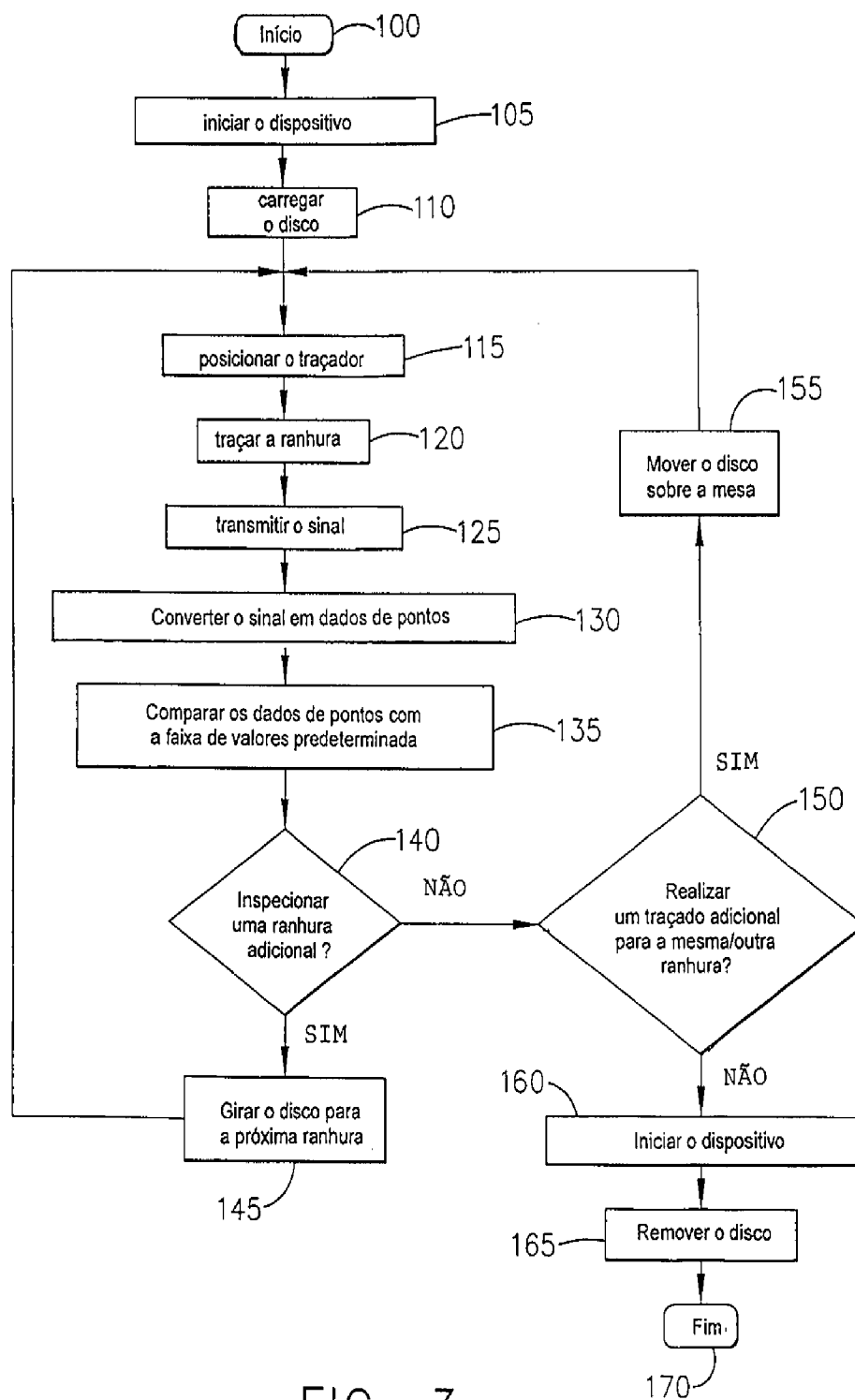


FIG. 3

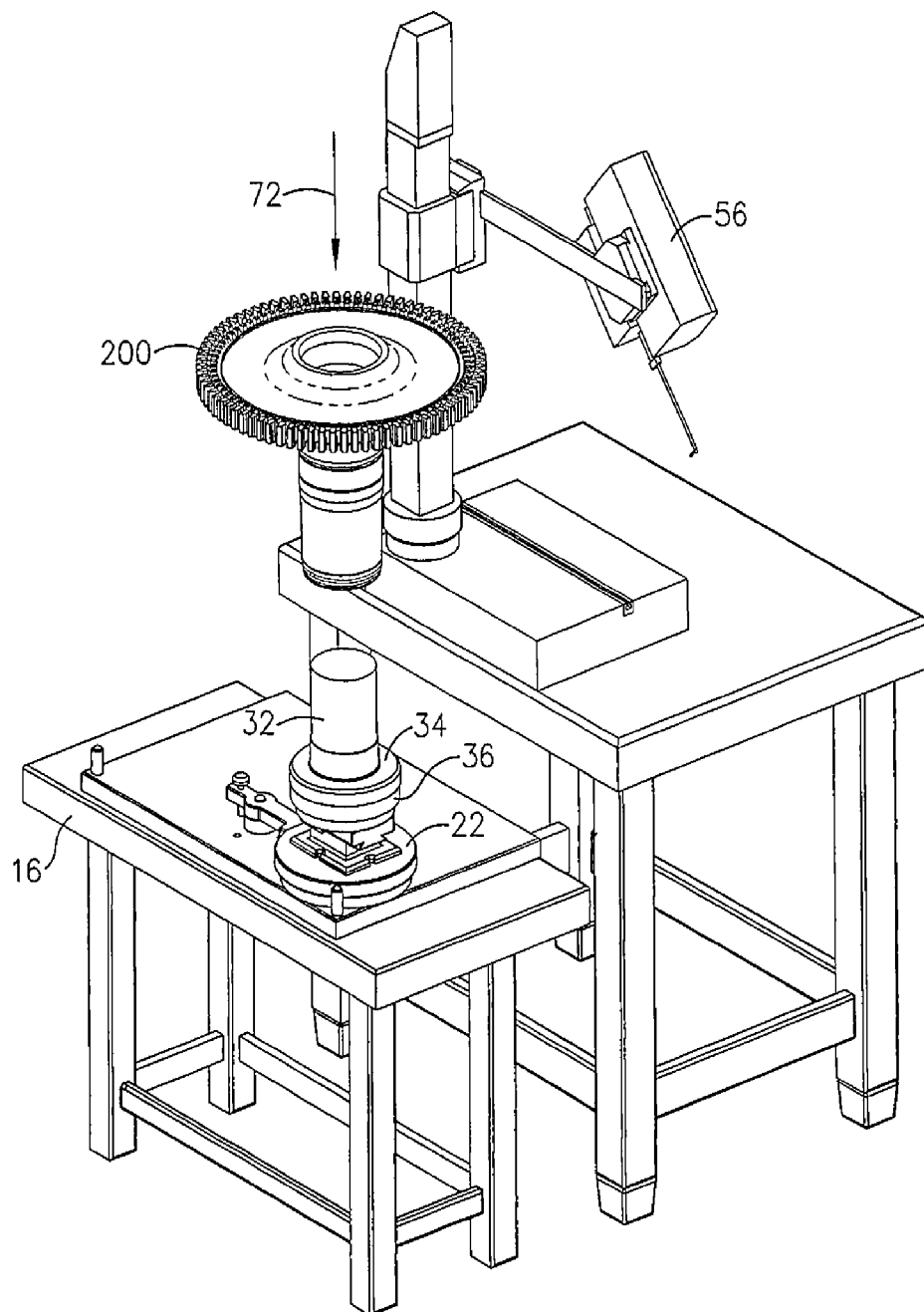


FIG. 4

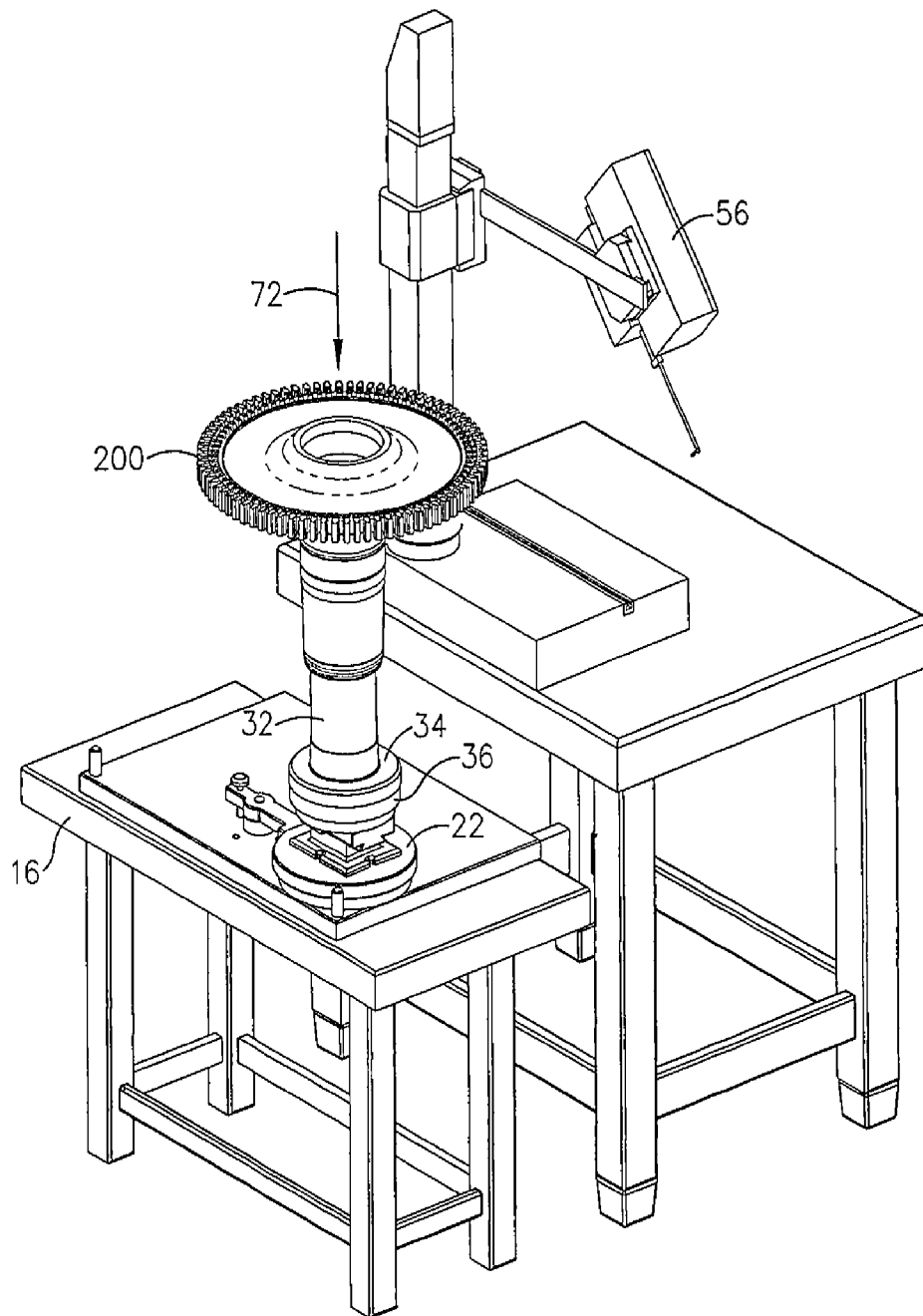


FIG. 5

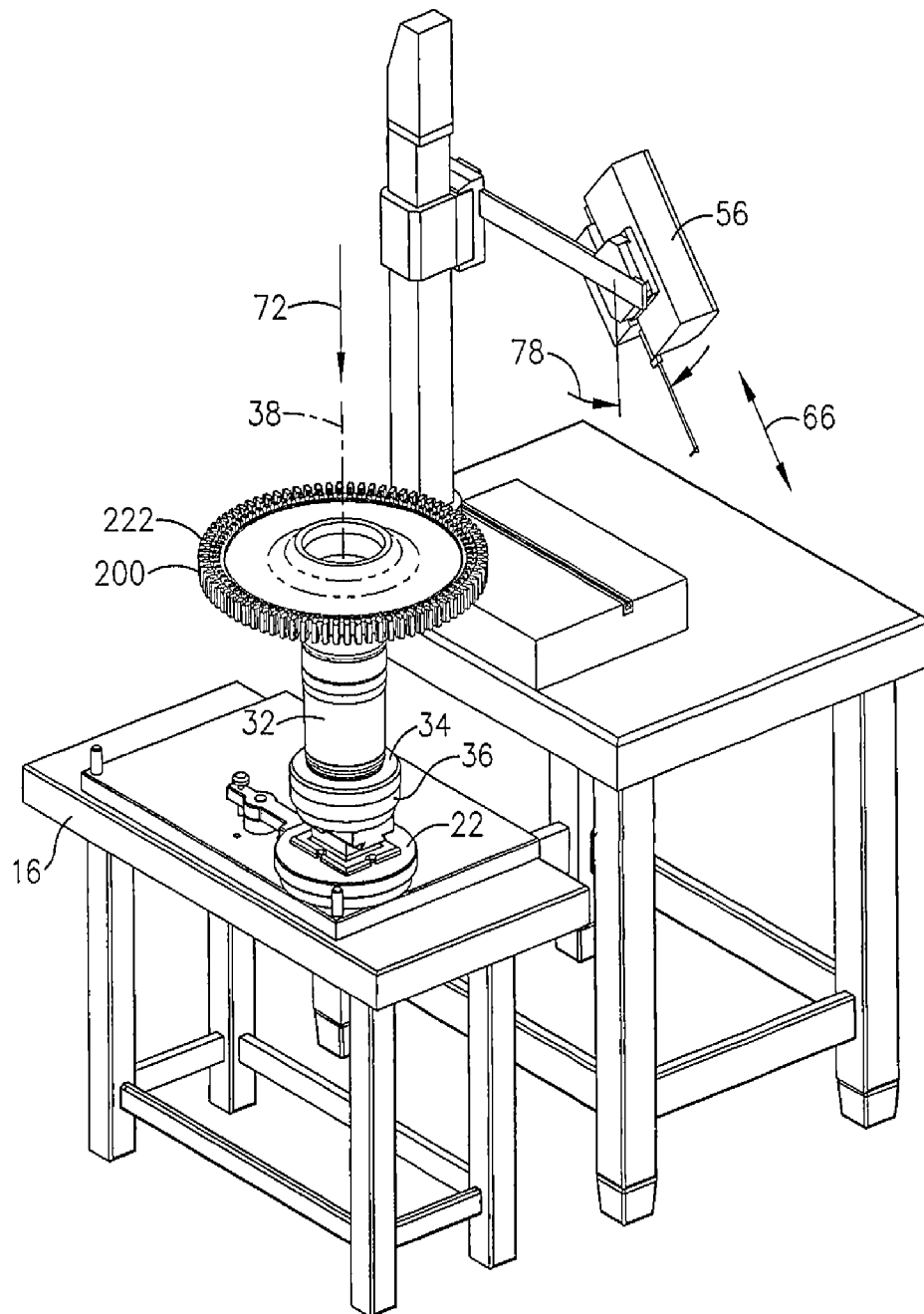


FIG. 6

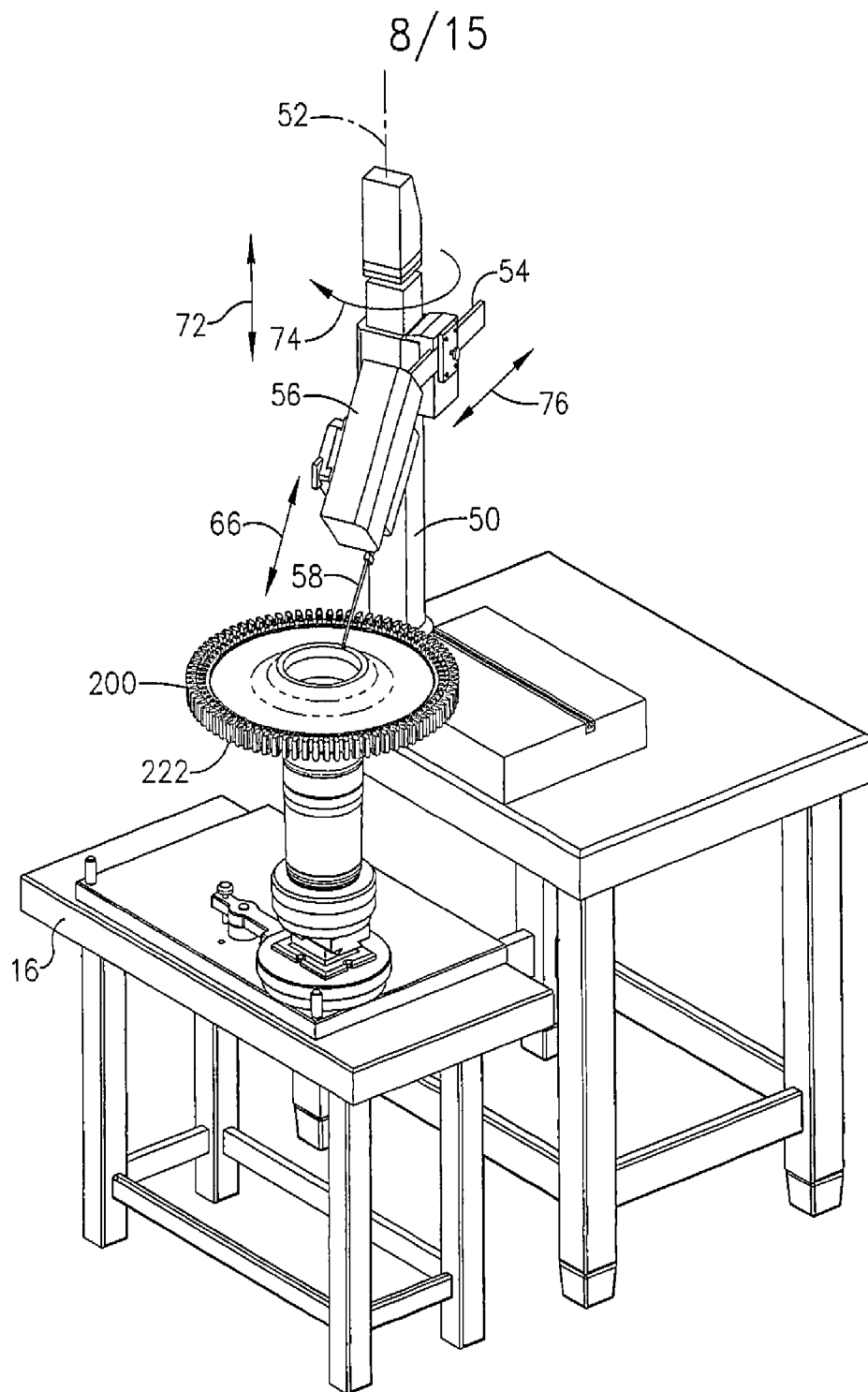


FIG. 7

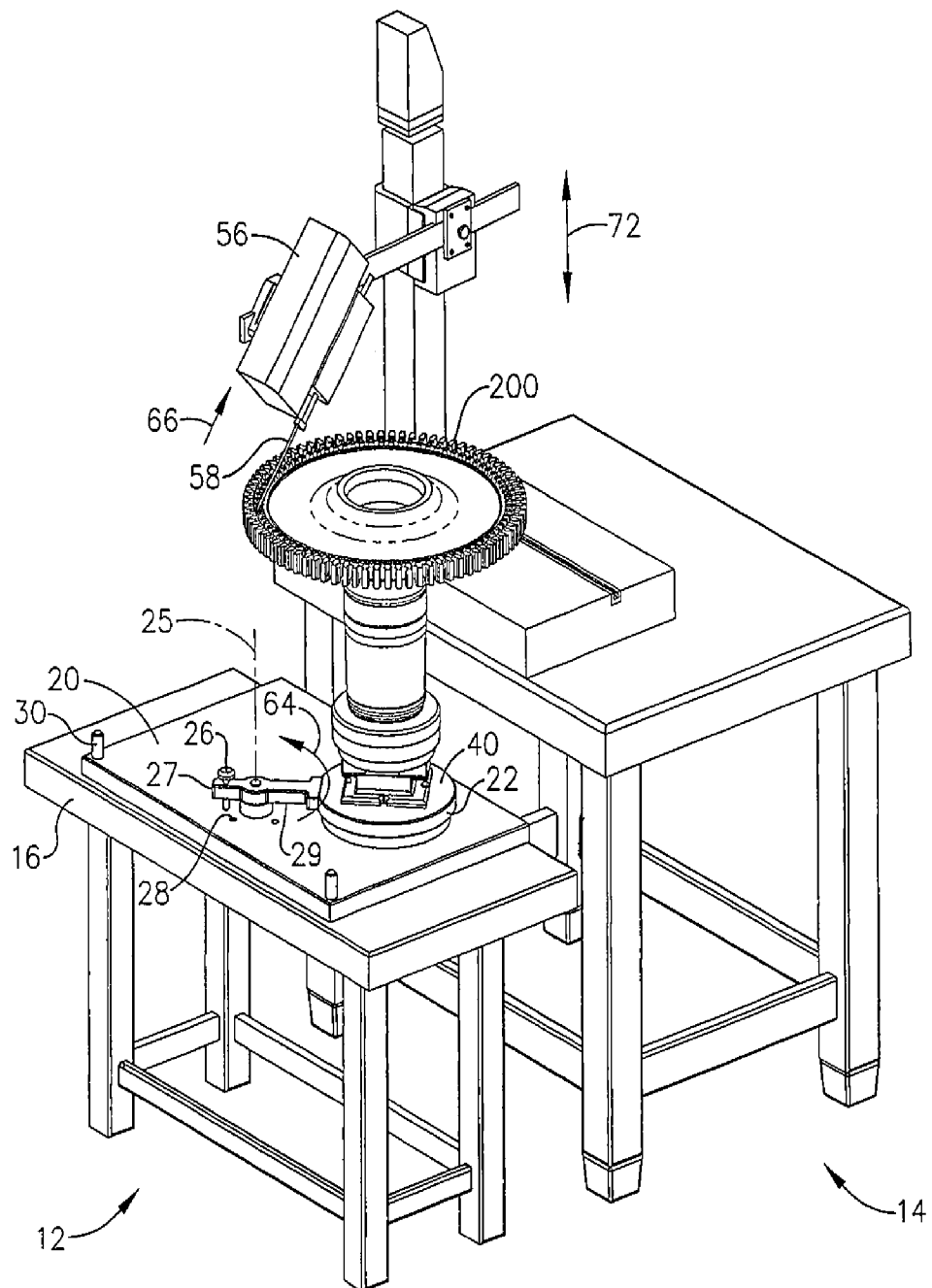


FIG. 8

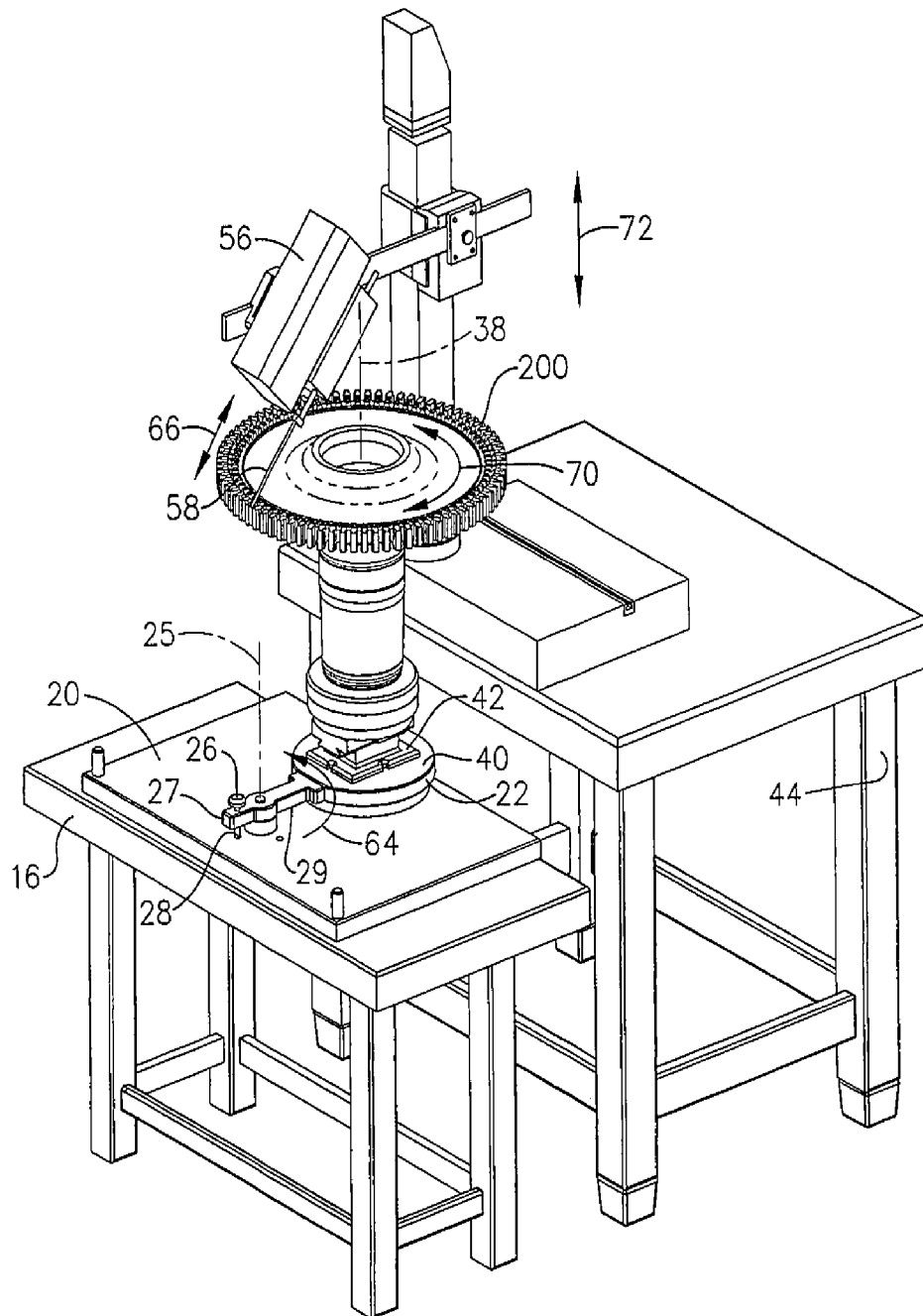


FIG. 9

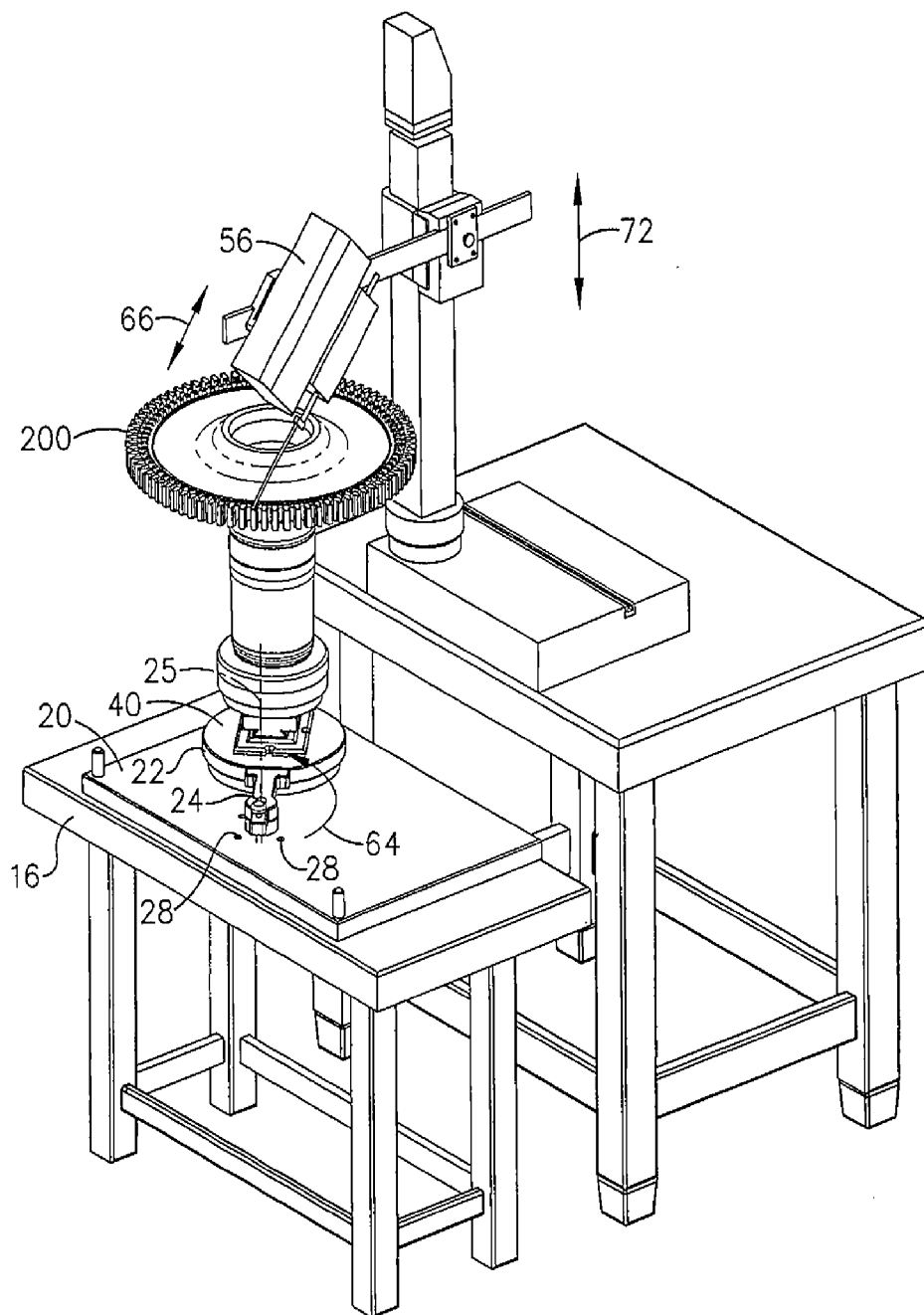


FIG. 10

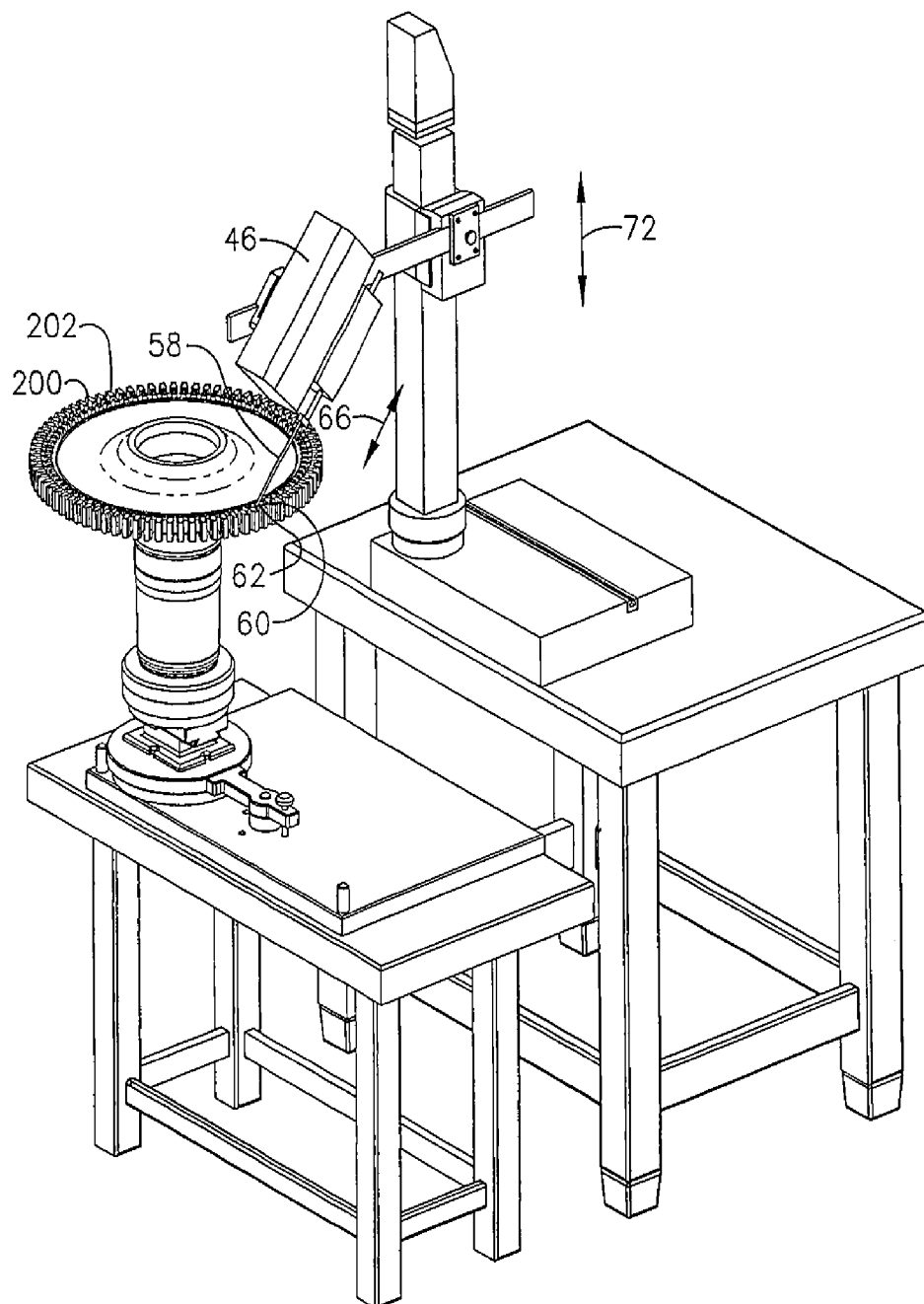


FIG. 11

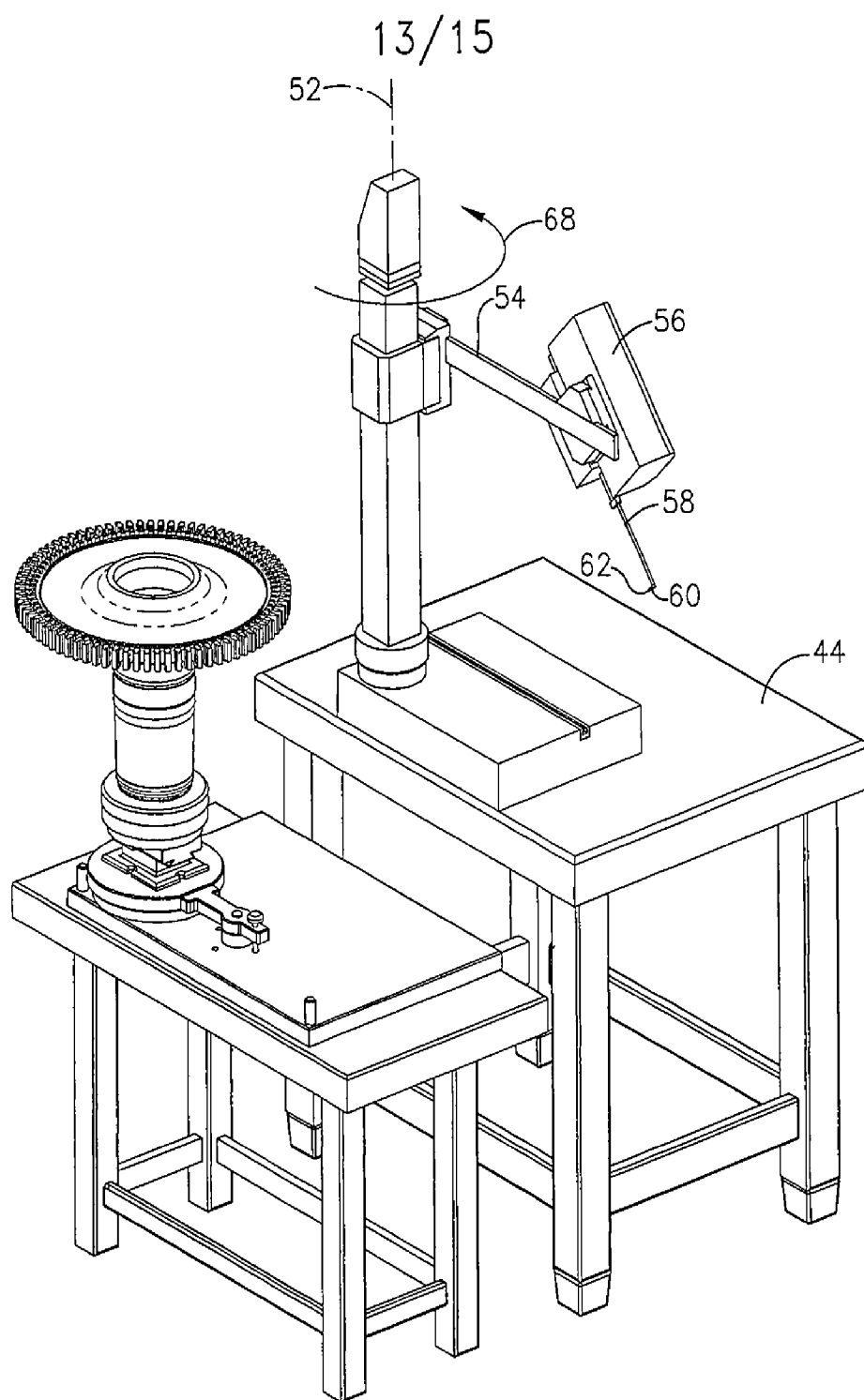


FIG. 12

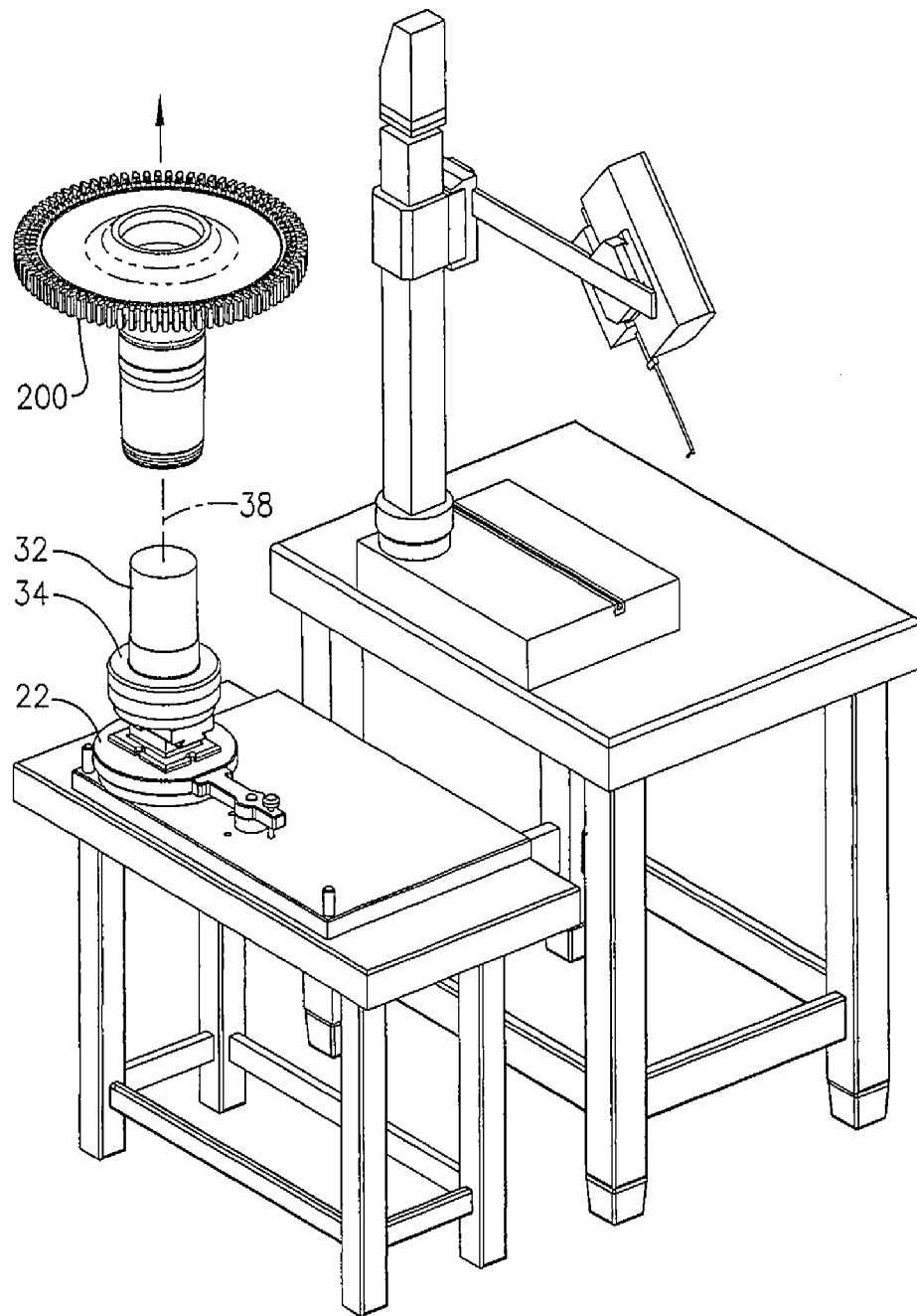


FIG. 13

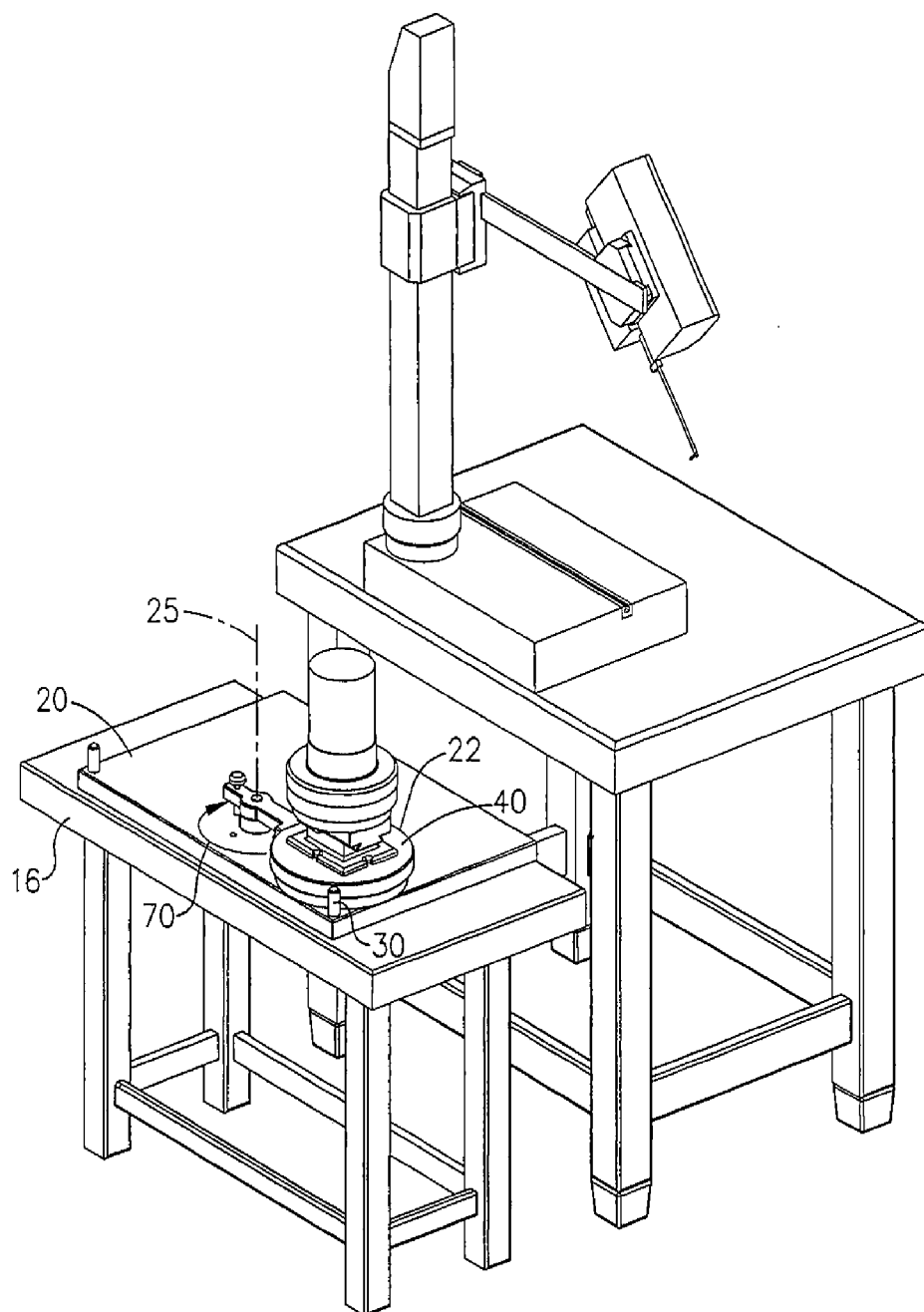


FIG. 14