



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

(11) PI 0203609-6 B1

(22) Data do Depósito: 17/07/2002

(45) Data de Concessão: 11/07/2017



(54) Título: APARELHOS PARA A EXECUÇÃO DE UMA CISALHOGRAFIA ELETRÔNICA E MÉTODO PARA ANÁLISE DE UM OBJETO DE TESTE

(51) Int.Cl.: G01M 17/02

(30) Prioridade Unionista: 17/07/2001 US 09/907.027

(73) Titular(es): BANDAG, INCORPORATED

(72) Inventor(es): JOHN LINDSAY; JASON GRIDLEY; MERLE MEIER; ANDY TURNER

**APARELHOS PARA A EXECUÇÃO DE UMA CISALHOGRAFIA ELETRÔNICA E
MÉTODO PARA ANÁLISE DE UM OBJETO DE TESTE**

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS DE PATENTE RELACIONADOS

[001] Este pedido é uma continuação em parte do Pedido de Patente U.S. co-pendente N° 09/835.598, depositado em 16 de abril de 2001, o qual é uma continuação do Pedido de Patente U.S. N° 09/334.311, depositado em 16 de junho de 1999, emitido como a Patente U.S. N° 6.219.143.

CAMPO DA INVENÇÃO

[002] A presente invenção se refere, em geral, ao campo de ensaios não destrutivos. Especificamente, a presente invenção se refere à técnica de cisalhografia eletrônica.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[003] A técnica de interferometria de cisalhamento, ou cisalhografia envolve a interferência de duas imagens deslocadas lateralmente do mesmo objeto, para a formação de uma imagem de interferência. Os métodos cisalhográficos convencionais requerem que uma primeira imagem de interferência (ou uma imagem de linha de base) seja tomada, enquanto o objeto está em uma condição não tensionada ou em uma primeira condição tensionada, e que uma outra imagem de interferência seja tomada enquanto o objeto está em uma segunda condição tensionada. A comparação dessas duas imagens de interferência (preferencialmente pelos métodos de subtração de imagem) revela uma informação sobre as concentrações de tensões e, assim, a integridade do objeto em uma única imagem, denominada cisalhograma. Em particular, a cisalhografia mostrou ser útil para a detecção de concentrações de tensões e, assim, de defeitos em pneus de veículo, especialmente em pneus de veículo

recauchutados.

[004] Em uma cisalhografia eletrônica convencional, as imagens de interferência são armazenadas em uma memória de computador e são comparadas eletronicamente, para a produção de cisalhogramas estáticos únicos. Devido ao fato de todos os dados serem processados eletronicamente, os resultados da análise podem ser vistos em "tempo real". "Tempo real" como usado na técnica anterior se refere à capacidade de visualização do cisalhograma de forma quase instantânea, após a segunda imagem de interferência ter sido tomada.

[005] Um aparelho e um método para a execução de uma cisalhografia eletrônica são descritos na Patente U.S. Nº 4.887.899, emitida para Hung. O aparelho descrito na patente citada produz uma imagem de interferência, passando luz, refletida do objeto de teste, através de um material birrefringente e de um polarizador. O material birrefringente, o qual pode ser um cristal de calcita, divide o raio de luz, refletido do objeto, em dois raios, e o polarizador torna possível que os raios de luz refletidos de um par de pontos interfiram um com o outro. Assim, cada ponto no objeto gera dois raios, e o resultado é uma imagem de interferência formada pela interferência ótica de duas imagens deslocadas lateralmente do mesmo objeto.

[006] Antes do desenvolvimento mostrado na patente de Hung, a frequência espacial da imagem de interferência produzida na análise cisalhográfica era relativamente alta, requerendo o uso de um filme fotográfico de resolução alta, para a gravação de uma imagem de interferência útil. O desenvolvimento mostrado na patente de Hung produz uma

imagem de interferência com uma frequência espacial relativamente baixa, porque os ângulos efetivos entre os raios interferindo são pequenos. Portanto, as imagens de interferência podem ser registradas por uma câmera de vídeo, uma câmera de vídeo, normalmente, tendo muito menos capacidade de resolução do que um filme fotográfico de alta densidade ou de alta resolução. Pelo armazenamento de uma imagem de interferência do objeto em sua condição inicial não tensionada, e comparando-se aquela imagem de interferência, de forma virtualmente instantânea, por computador, com uma outra imagem de interferência tomada sob um nível de tensão diferente, uma imagem em "tempo real" ou um cisalhograma das deformações resultantes no objeto podem ser observadas. Cada ponto sobre a imagem de interferência real é gerado pela interferência de luz emanando de um par de pontos distintos no objeto. Portanto, cada pixel da câmera de vídeo é iluminado por uma luz refletida daqueles dois pontos. Se a iluminação total permanecer constante, então, quaisquer variações na intensidade de pixel, na imagem de interferência, serão devidas apenas a mudanças na relação de fase dos dois pontos de luz.

[007] Quando a imagem de vídeo inicial da imagem de interferência é armazenada, uma intensidade inicial para cada pixel é gravada, como descrito acima. Se deformações diferenciais ocorrerem no objeto, essas deformações causarão mudanças na imagem de interferência subsequente. Em particular, a intensidade de um dado pixel mudará de acordo com uma mudança na relação de fase entre os dois raios de luz, refletidos a partir dos dois pontos sobre o

objeto, os quais iluminam o pixel. As diferenças de fase podem ser mudanças positivas, fazendo com que o pixel se torne mais brilhante, ou mudanças negativas, fazendo com que o pixel se torne mais escuro. O pixel se tornar mais brilhante ou mais escuro depende da relação de fase inicial e da direção da mudança de fase. Devido à natureza cíclica de interferências de fase, como a deformação do objeto aumenta continuamente, a intensidade em um dado pixel pode passar por um ciclo completo. Isto é, a intensidade do pixel poderia aumentar até uma diferença máxima (positiva), então, retornar para a intensidade original, e, então, continuar até uma diferença máxima (negativa), e assim por diante.

[008] Em sistemas da técnica anterior, um cisalhograma único é derivado a partir de duas imagens de interferência estáticas únicas, tomadas em dois níveis de tensão distintos. O cisalhograma único, então, é visto por um operador, para análise; se múltiplos cisalhogramas forem tomados, a análise é feita um cisalhograma de cada vez. Assim, o tempo de assistência do operador, requerido para a execução de uma análise de tensões completa, é substancial. Ainda, um único cisalhograma pode mostrar, falsamente, aspectos de luz que parecem ser defeitos (referidos como "falsos positivos"). Esses "falsos positivos" são causados por características reflexivas diferentes sobre a superfície do objeto de teste, e aparecem como defeitos, quando um cisalhograma estático é visto. Mais ainda, em um cisalhograma estático, alguns defeitos reais podem estar "lavados" e, assim, não são visíveis (referidos como "faltos negativos"), em certos níveis de tensão

(particularmente nos altos). Esses efeitos "lavados" são causados por linhas de franja que não são espacialmente separadas o bastante para serem visivelmente distinguíveis e, portanto, parecem ser efeitos de luz de aberração, ao invés de defeitos reais no objeto de teste. Assim, um único cisalhograma estático pode conter uma informação imprecisa em relação aos defeitos realmente presentes. Mais ainda, um operador tendo de analisar um grande número de cisalhogramas requer uma grande quantidade de tempo de assistência do operador.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[009] A presente invenção se refere a um aparelho para a execução de uma cisalhografia eletrônica em um objeto de teste, tal como um pneu. O aparelho de teste de cisalhografia da presente invenção pode incluir um sistema de manipulação de pneu, o qual carrega um pneu e automaticamente o centraliza em relação à câmara de cisalhografia. O sistema de manipulação de pneu também utiliza um movimento de carregamento pivotante que facilita o carregamento de pneus e minimiza o espaço de piso requerido.

[010] O aparelho de teste de cisalhografia da presente invenção também pode incluir uma câmara de vácuo, que tem um sistema de manipulação de ar, o qual pode reduzir a umidade relativa no interior da câmara de vácuo, durante um ciclo de teste. Isso pode impedir a formação de uma condição como de névoa, a qual poderia reduzir, substancialmente, a qualidade das imagens de interferência tomadas pela câmara de cisalhografia.

[011] Um outro aspecto da presente invenção pode

compreender um sistema e um método para o arquivamento das imagens animadas criadas durante os testes de cisalhografia, de modo que elas possam ser revistas em um momento posterior. O dado de imagem animada é comprimido, antes do armazenamento no meio de arquivo, de maneira tal que permita um armazenamento mais eficiente dos resultados de teste, sem uma degradação significativa da qualidade da imagem. Assim, o dado pode ser arquivado de uma maneira mais efetiva em termos de custos, sem se sacrificar qualquer perda de precisão nos resultados de teste.

[012] Essas e outras vantagens da invenção, bem como aspectos inventivos adicionais, serão evidentes a partir da descrição da invenção provida aqui.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[013] A invenção, a partir deste ponto, será descrita com referência aos desenhos em anexo, onde números de referência iguais denotam elementos iguais nos vários desenhos, e:

[014] A figura 1 é um diagrama de blocos esquemático de um sistema de formação de imagem cisalhográfica.

[015] A figura 2 é um diagrama esquemático de um sistema de formação de imagem cisalhográfica, que mostra uma seção transversal de um pneu como o objeto de teste.

[016] A figura 3 é um diagrama esquemático de uma câmera cisalhográfica em duas orientações diferentes em relação ao pneu; e

[017] A figura 4 é uma representação gráfica da deformação de um objeto de teste, que mostra o padrão de franja cisalhográfico correspondente produzido.

[018] A figura 5 é um diagrama esquemático de uma

exibição de exemplo para a exibição de uma pluralidade de animações cisalhográficas.

[019] A figura 6 é um diagrama esquemático de um sistema de formação de imagem cisalhográfica adaptado para o arquivamento dos dados de teste, de acordo com um aspecto da invenção.

[020] A figura 7 é um fluxograma de um processo de arquivamento de exemplo, de acordo com um aspecto da invenção.

[021] A figura 8 é uma vista em perspectiva de um aparelho de testes com cisalhografia de exemplo, de acordo com um outro aspecto da presente invenção, com a câmara de vácuo em uma posição aberta e o sistema de manipulação de pneu na posição de carregamento.

[022] A figura 9 é uma vista em elevação frontal do aparelho de testes com cisalhografia da figura 8, com a câmara de vácuo em uma posição aberta e o sistema de manipulação de pneu na posição de carregamento.

[023] A figura 10 é uma vista em elevação lateral do aparelho de testes com cisalhografia da figura 8, com a câmara de vácuo em uma posição aberta e o sistema de manipulação de pneu na posição de carregamento.

[024] A figura 11 é uma vista em perspectiva do aparelho de testes com cisalhografia da figura 8, com a câmara de vácuo em uma posição aberta e o sistema de manipulação de pneu na posição de inspeção.

[025] A figura 12 é uma vista em elevação frontal do aparelho de testes com cisalhografia da figura 8, com a câmara de vácuo em uma posição aberta e o sistema de manipulação de pneu na posição de inspeção.

[026] A figura 13 é uma vista em elevação lateral do aparelho de testes com cisalhografia da figura 8, com a câmara de vácuo em uma posição aberta e o sistema de manipulação de pneu na posição de inspeção.

[027] A figura 14 é uma vista em plano de topo de uma montagem de exemplo de um sistema de manipulação de pneu para o aparelho de testes com cisalhografia da figura 8 na posição de inspeção.

[028] A figura 15 é uma vista em elevação frontal do sistema de manipulação de pneu da figura 14 na posição de inspeção.

[029] A figura 16 é uma vista em corte do sistema de manipulação de pneu da figura 14, tomada ao longo da linha 16-16 na figura 15.

[030] A figura 17 é uma vista em corte do sistema de manipulação de pneu da figura 14, tomado ao longo da linha 17-17 na figura 15.

[031] A figura 18 é uma vista em elevação lateral do sistema de manipulação de pneu da figura 14, tomada no plano da linha 18-18 na figura 15.

[032] A figura 19 é uma vista em corte do sistema de manipulação de pneu da figura 14, tomada ao longo da linha 19-19 na figura 18.

[033] A figura 20 é um diagrama esquemático de um sistema de manipulação de ar de exemplo para o aparelho de testes com cisalhografia da figura 8.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE MONTAGENS DE EXEMPLO

[034] A presente invenção utiliza os conceitos básicos da cisalhografia eletrônica. Maiores detalhes da cisalhografia eletrônica são dados na Patente U.S. N°

4.887.899, cuja exposição é incorporada aqui como referência.

[035] Com referência, agora, à figura 1, um diagrama de blocos esquemático de um arranjo para a prática da cisalhografia eletrônica é descrito. Uma radiação eletromagnética coerente ou uma luz coerente é produzida por um laser 10, a luz do laser sendo dirigida através de um cabo de fibra ótica 15 (ou, alternativamente, dirigida por um espelho ou por um conjunto de espelhos, ou provida diretamente) para um expensor de feixe ou iluminador 20. O expensor de feixe 20 dirige a luz coerente para um objeto de teste 25. A superfície do objeto de teste 25 é iluminada, e reflete a luz para uma câmera de cisalhografia 30. A câmera de cisalhografia 30 inclui um elemento ótico 35, uma lente 40, para focalização da luz, e um detector 45. O elemento ótico 35 pode ser um material birrefringente e um polarizador, o material birrefringente sendo um material de calcita, tal como um prisma de Wallestein. O elemento ótico, entretanto, não está limitado a um material birrefringente e um polarizador, outros elementos, tais como uma grade de desfracionamento, um espelho de Mickelson, ou uma placa de onda apropriada, podendo ser aplicados. Ainda, o elemento ótico 35 pode conter outros itens óticos, tais como, mas não limitado a uma placa de um quarto de onda. O detector 45 pode ser uma câmera de vídeo tradicional, uma câmera de vídeo digital, um dispositivo acoplado de carga (CCD), ou um outro equipamento de detecção fotossensível.

[036] A saída do detector 45 é acoplada a um dispositivo de animação, tal como um computador 50. O

computador 50 inclui um circuito de captura de vídeo 55, uma unidade de processamento central 60 e uma memória 65. Alternativamente, o computador 50 pode incluir um extrator lógico que é configurado para extrair imagens cisalhográficas da memória, de uma maneira predeterminada. O extrator lógico pode ser realizado em um hardware ou, alternativamente, em um software no computador 50. O circuito de captura de vídeo 55 pode ser uma placa de vídeo dedicada ou um grabber de quadro preferencialmente capaz de capturar imagens de vídeo inteiras a uma taxa de pelo menos 15 quadros por segundo. Entretanto, um circuito de captura de vídeo 55 pode ser capaz de capturar imagens de vídeo a qualquer taxa adequada. A unidade de processamento central 60 pode ser qualquer um de vários microprocessadores convencionais, ou um dispositivo com microprocessador dedicado. O detector 45 é acoplado à unidade de processamento central 60, a unidade de processamento central 60 sendo acoplada ao circuito de captura de vídeo 55 e ao dispositivo de memória 65. A unidade de processamento central 60 ainda é acoplada a uma unidade de exibição 70, a qual pode ser um visor de CRT (tubo de raios catódicos), um LCD (visor de cristal líquido), ou similares.

[037] Em operação, a luz coerente que emana do expensor de feixe 20 é refletida a partir do objeto de teste 25. O elemento ótico 35 coleta a luz refletida do objeto 25, fazendo com que uma imagem de interferência seja criada. A imagem de interferência é focalizada em um detector 45, através da lente 40. Convencionalmente, uma primeira imagem de interferência é tomada, enquanto o objeto de teste 25

está em uma primeira condição tensionada, e uma segunda imagem de interferência é tomada com o objeto 25 em uma segunda condição tensionada. As duas imagens de interferência, então, são comparadas por um processo de diferenciação de uma imagem em relação à outra, e o cisalhograma é criado e exibido em um monitor.

[038] Na presente invenção, o objeto de teste 25 sofre uma sequência de ou um contínuo de níveis de tensão variáveis. O detector 45 continuamente captura a imagem de interferência a partir do elemento ótico 35, e comunica a imagem de interferência para o computador 50, durante o ciclo de tensão. O circuito de captura 55 captura, eletronicamente, todas as imagens de interferência, a uma taxa de pelo menos 15 quadros por segundo. O circuito de captura 55 comunica as imagens de interferência para a unidade de processamento central 60. A unidade de processamento central 60 compara a imagem de interferência com uma imagem de interferência de linha de base do objeto no estado não tensionado ou quase não tensionado (ou, alternativamente, em qualquer estado de tensão escolhido), por um processo de diferenciação de uma imagem de interferência a partir da imagem de interferência de linha de base, desse modo formando um cisalhograma. Cada imagem de cisalhograma é simultaneamente exibida na unidade de exibição 70 e armazenada no dispositivo de memória 65. Após a série de níveis de tensão variáveis ter sido completada, o microprocessador 60 (ou, alternativamente, um extrator lógico) chama de novo a sequência de imagens de cisalhograma capturadas pelo circuito de captura 55 e as reexibe em sequência na unidade de exibição 70. A exibição

sequencial dessas imagens de cisalhograma, a uma taxa de pelo menos 15 quadros por segundo, produz uma animação cisalhográfica dos cisalhogramas produzidos durante ou após o tensionamento do objeto de teste 25.

[039] O objeto de teste 25 pode ser um objeto relativamente grande, tal como um pneu 200, como descrito na figura 2. Uma câmera cisalhográfica 230, que é rotativa no interior do talão 202 do pneu 200, é descrita na figura 2. (Alternativamente, o pneu 200 pode ser girado e a câmera 230 pode ser estacionária.) A câmera cisalhográfica 230 inclui um laser 235, que produz um feixe coerente de luz, para iluminar o interior do pneu 200. A câmera cisalhográfica 235 é acoplada, adicionalmente, a um computador 240, que tem um visor 245, o computador 240 e o visor 245 sendo usados para a aquisição de dados e para a animação das imagens cisalhográficas resultantes.

[040] Quando usada para a detecção de defeitos em pneus ou em pneus recauchutados, a câmera de formação de imagem cisalhográfica 230 pode ser posicionada no interior do pneu, descrito como a posição A na figura 3, ou no exterior do pneu, descrito na figura 3 pela posição B. Ter a câmera cisalhográfica 230 na posição A permite a detecção de defeitos na área da banda de rodagem do pneu 200. Ter a câmera cisalhográfica 230 na posição B provê o exame da área de talão e da área de parede lateral do pneu 200.

[041] Com referência, de volta, à figura 2, em operação, a câmera cisalhográfica 230 e o pneu 200 podem ser colocados em uma câmara de vácuo, capaz de submeter o pneu 200 a um vácuo, produzindo tensões no pneu 200, pela produção de uma pressão positiva (em relação à pressão no

interior da câmara de vácuo) em vazios no pneu 200, causando um abaulamento 250. Com referência à figura 4, o abaulamento pode ser causado por um defeito 260, o defeito 260 possivelmente sendo, mas não limitado a uma deslaminação entre duas camadas do pneu ou um vazio no material moldado. Quando submetido a um vácuo, o abaulamento 250 aparece, por causa da pressão positiva no espaço vazio de ligação 260. O gráfico da figura 4 descreve a inclinação do abaulamento 250 pela linha 270. O gráfico da figura 4 ainda descreve um padrão de franja, incluindo grupos de anéis 280 e 290, produzidos pela diferenciação de duas imagens de interferência óticas produzidas pela câmera cisalhográfica 230. Os padrões de franja 280 e 290 de uma imagem de cisalhograma, que é produzida pelo computador 240 (pelo método de diferenciação ou por qualquer outra técnica de resolução de imagem), aparecem como um conjunto de linhas de franja aproximadamente concêntricas e substancialmente circulares correspondentes à inclinação 270 do abaulamento 250. Os padrões de franja 280 e 290 são um mapeamento de contorno do valor absoluto da inclinação 270 do abaulamento 250. Portanto, devido ao fato de o abaulamento 250 ser substancialmente simétrico, os padrões de franja 280 e 290 parecem ser imagens espelhadas um do outro.

[042] Com referência de volta à figura 2, em operação, a câmera cisalhográfica 230 toma uma série de imagens de interferência, que são comunicadas para o computador 240, enquanto o pneu 200 sofre um ciclo de vácuo ou de tensão variável. Em uma montagem preferida, o pneu 200 sofre um ciclo de despressurização e, então, um ciclo de

pressurização, para se retornar o pneu para um estado não tensionado. Devido ao fato de o campo de visão da câmera cisalhográfica 230 ser limitado pelo campo de visão dos elementos óticos e pelo tamanho do pneu, um pneu deve ser seccionado em vários setores, variando de quatro a doze, ou mais. Em uma montagem de exemplo, o pneu 200 é seccionado em nove setores diferentes. A câmera cisalhográfica 230, portando, vê uma área correspondente a 40° de arco do pneu 200. Após o ciclo de despressurização e pressurização, a câmera 230 é girada para o próximo setor, onde o ciclo de despressurização e pressurização é repetido. O computador 240 continua a coletar dados e pode, em uma montagem preferida, simultaneamente exibir dados no visor 245, por toda a inteireza do ciclo de nove setores. Os cisalhogramas são gerados e exibidos a uma taxa tal que eles pareçam ser animados.

[043] Com referência, agora, à figura 5, uma exibição 300 é descrita, a exibição sendo dividida em nove setores diferentes, cada setor 310 correspondendo a um arco aproximado de 40° do interior de um pneu. Alternativamente, entretanto, cada setor 310 poderia corresponder a qualquer campo de visão específico de um pneu para uma câmera cisalhográfica, tal como a câmera cisalhográfica 230. O computador 240, como descrito na figura 2, o qual pode ser conectado à exibição 300, é capaz de exibir uma pluralidade de animações simultaneamente, como descrito na figura 5. A figura 5 descreve um instantâneo de tela estática de uma exibição típica, embora a exibição 300 mostre, na realidade, animações ou uma formação de imagem sequencial de imagens de cisalhograma produzidas pelo computador 240,

a uma taxa provendo um efeito animado e, em uma montagem preferida, a uma taxa de 30 quadros por segundo. Uma exibição tendo janelas de animação múltiplas ou setores de tela provê a clara vantagem de um operador poder observar as animações simultaneamente olhando o aparecimento de indicações de deformações devido a defeitos. Esta observação simultânea permite menos tempo de assistência por um operador, portanto provendo economias de tempo substanciais, sem uma perda substancial de precisão. A captura e a provisão de animação, preferencialmente a 30 quadros por segundo (ou, alternativamente, a qualquer taxa de animação adequada) provê animações que são suficientemente suaves para serem úteis para um operador.

[044] As vantagens de animação da sequência de imagens é que a animação melhora a precisão na detecção de defeitos. Efeitos de luz, que apareceriam como "falsos positivos" em um cisalhograma estático não são manifestados como defeitos, quando animados, devido à ausência de movimento aparente induzido pela animação. Um padrão de franja causado por um defeito real tenderá a "crescer" ou a se "retrair", e a intensidade das linhas de franja parecerá alternar, durante a animação, devido ao estado de tensão continuamente mudando no objeto de teste. Mais ainda, os defeitos reais, que podem ser "lavados" em um cisalhograma estático ou mesmo em uma integração de múltiplas imagens cisalhográficas, se tornam aparentes com a animação das imagens cisalhográficas.

[045] A animação de imagens cisalhográficas permite uma visualização de defeitos em uma multiplicidade de estados de tensão, alguns dos estados de tensão podendo não causar

o efeito "lavado" e, ainda o movimento aparente criado pela animação das imagens manifesta um defeito real como oposto ao efeito de luz. A animação dos cisalhogramas passa por uma continuidade substancial de estados de tensão, portanto, os defeitos que podem não estar presentes em dois estados de tensão escolhidos se tornam aparentes na animação. Essas vantagens na animação das imagens cisalhográficas proveem uma melhor precisão na detecção de defeitos e provê tempos de análise mais curtos por um operador.

[046] Foi reconhecido que várias técnicas de processamento de sinal, tais como, mas não limitado ao uso de lógica polivalente, redes neurais, inteligência artificial e técnicas de reconhecimento de padrão, podem ser aplicadas para a execução da identificação automática de um defeito. Entretanto, sistemas, tais como este, tendem a ser inerentemente complexos e substancialmente caros. Portanto, manter um operador humano, mas diminuindo-se o tempo de assistência requerido dos operadores pela provisão ao operador de numerosas animações simultâneas, tem o efeito de prover economias de custo substanciais.

[047] Embora a animação de imagens cisalhográficas possa ser preferível a uma taxa de pelo menos 15 quadros por segundo, deve ser notado que taxas de quadro de menos de 15 quadros por segundo também podem ser usadas efetivamente, embora a animação possa parecer discretizada, se comparado com uma animação rodando a pelo menos 15 quadros por segundo. Ainda, deve ser apreciado que taxas de quadro de mais de 30 quadros por segundo podem ser vantajosas em aplicações específicas e podem se tornar mais

simples de implementar, conforme a tecnologia de microprocessador e de captura de vídeo for melhorada.

[048] Deve ser apreciado que embora uma abordagem de diferenciação para a produção de cada cisalhograma seja descrita acima, os métodos e os aparelhos mostrados podem ser aplicados a técnicas de resolução de imagem diferentes, incluindo, mas não limitando uma integração contínua. A integração contínua descreve o processo de tomada de uma primeira imagem de interferência e diferenciação de uma segunda imagem de interferência, para a produção de um primeiro cisalhograma. Uma terceira imagem de interferência é tomada e subtraída do primeiro cisalhograma, para a produção de um terceiro cisalhograma. Uma quarta imagem de interferência é tomada, então, e subtraída do segundo cisalhograma, para a produção de um terceiro cisalhograma. Esta sequência é continuada por todo o ciclo de testes. A técnica de integração contínua e outras técnicas conhecidas por aqueles de conhecimento comum na técnica se prestam às técnicas de animação mostradas acima, e podem ser aplicadas a elas, sem se desviar do espírito e do escopo da presente invenção.

[049] O processo e o aparelho descrito acima devem ser apreciados para a otimização de vários fatores competidores associados à formação de imagem cisalhográfica, especialmente quando aplicada aos testes de defeitos em pneus recauchutados (embora claramente não limitados a esta aplicação). Esses fatores competidores incluem, mas não estão limitados a maximização de dados, maximização de precisão, minimização do tempo de assistência do operador, comprimentos de onda de luz disponíveis, tamanho do objeto,

custos de equipamento, e campo de visão ótica. Ao se animarem os cisalhogramas em uma pluralidade de setores em uma tela de exibição, vários desses fatores competidores são otimizados.

[050] O dado de imagem de cisalhograma coletado pode ser arquivado, para se permitir que o mesmo dado de imagem de pneu usado pelo operador para a avaliação do pneu, durante o ensaio com cisalhografia, seja revisto em uma data posterior. A capacidade de arquivamento dos dados de imagem pode prover várias vantagens, incluindo permitir que uma decisão em relação à presença de defeitos em um certo pneu seja reavaliada em uma data posterior, tal como durante a investigação de uma potencial questão de garantia. Adicionalmente, os dados de pneu arquivados podem ser usados para a avaliação da condição de um pneu em particular ao longo do tempo, quando o pneu é testado múltiplas vezes.

[051] As vantagens associadas à animação da sequência de imagens, durante a avaliação original do pneu, são igualmente aplicáveis à revisão dos dados de imagem arquivados. Mais ainda, para se reavaliar, de forma razoável e precisa, uma decisão em relação a um pneu em particular, por exemplo, em uma situação de garantia, os dados arquivados devem ser substancialmente os mesmos que o dado que foi revisto durante a avaliação original. Assim, a animação das imagens, preferencialmente, deve ser parte do registro arquivado.

[052] Entretanto, o armazenamento das imagens animadas pode requerer uma enorme quantidade de espaço de memória. Por exemplo, em uma montagem da invenção, os dados brutos

coletados para cada pneu podem compreender cerca de 250 MB de informação, na forma de imagens animadas, o que pode limitar substancialmente o número de resultados de teste que pode ser armazenado em um dado meio de armazenamento. Assim sendo, na presente invenção, o aspecto de arquivamento pode ser adaptado de modo que antes do armazenamento, o dado seja comprimido, de modo a permitir um armazenamento mais eficiente dos resultados de teste. Por exemplo, em uma montagem de exemplo, durante um teste, todo o dado de imagem de cisalhograma que é produzido é armazenado em uma memória de computador de cisalhamento, tal como na RAM do computador. Como explicado acima, este dado pode ser exibido na forma de animações, para se permitir a análise do objeto de teste quanto a possíveis defeitos por um operador. Este dado também pode ser transferido para uma memória de arquivo, por exemplo, um disco rígido, um CD-ROM ou uma fita magnética, onde o dado pode ser armazenado em uma base de longa duração. Antes desse armazenamento de longa duração, o dado é comprimido, de modo que um número substancialmente maior de resultados de teste possa ser armazenado em um dado meio de armazenamento. Assim, o custo do armazenamento de dados e o custo de chamada do dado armazenado são reduzidos. Como explicado abaixo, o dado é comprimido de maneira que os resultados de teste possam ser armazenados eficientemente, sem uma degradação significativa na qualidade da imagem, desse modo permitindo que os resultados de teste sejam revistos em um momento posterior, sem qualquer perda de precisão na detecção de defeitos.

[053] Em uma montagem de exemplo, para a implementação

do arquivamento de dados, um computador de arquivamento 340 é provido, o qual está em comunicação com o computador de cisalhamento, através de um cabo paralelo ou similar, como mostrado, por exemplo, na figura 6. Adicionalmente, o software no computador de cisalhamento, tal como, por exemplo, o software de boot e o software de suporte de hardware, é modificado para suportar a transferência de dados para o computador de arquivo. Uma vez que todo o dado tenha sido coletado pelo computador de cisalhamento, o processo de arquivamento pode ser iniciado. Um fluxograma, que ilustram um conjunto de etapas de exemplo, a serem realizadas no processo de arquivamento, é mostrado na figura 7 e descrito abaixo. Como será apreciado, essas etapas não têm de ser realizadas na sequência ilustrada. Mais ainda, as etapas individuais podem ser realizadas pelo computador de cisalhografia 240, pelo computador de arquivo 340 ou qualquer outro processador adequado. Por exemplo, o processamento de imagem, a compressão e a retenção dos dados poderiam ser realizados por um único computador ou processador. Como notado acima, a memória na qual o dado é arquivado pode ser qualquer memória adequada, na qual os dados podem ser armazenados, incluindo, por exemplo, a unidade de disco rígido do computador de cisalhografia, o computador de arquivo ou um outro computador, um disco flexível carregado em uma unidade de disco flexível externa com o computador de cisalhografia, o computador de arquivo ou um outro computador, um CD-ROM carregado em uma unidade de CD-ROM associada ao computador de cisalhografia, ao computador de arquivo ou a um outro computador, ou uma fita magnética carregada em uma unidade de fita associada ao

computador de cisalhografia, ao computador de arquivo ou a um outro computador.

[054] Para associar o pneu (ou um outro objeto de teste), o qual foi testado, ao seu resultado de teste específico correspondente no banco de dados de arquivo, um identificador único pode ser introduzido uma vez que todos os dados sejam coletados pelo computador de cisalhamento 240. Na montagem de exemplo, isso é realizado comutando-se a tela de exibição para uma interface de operador, a qual é rodada pelo computador de arquivamento 340. Através da interface, o operador é alertado para introduzir um identificador único para o pneu, o qual foi testado. Para assegurar que um identificador único seja introduzido pelo operador, o programa de interface pode ser adaptado, de modo que os resultados de teste coletados para um pneu não sejam exibidos, até que o identificador seja introduzido. Em outras palavras, a interface do operador permanecerá no visor até que um identificador apropriado seja introduzido para o pneu. Uma vez que um identificador de pneu tenha sido introduzido, o visor pode ser comutado de volta para o computador de cisalhamento, para exibir as imagens de cisalhograma animadas do ciclo de teste recém completado. O identificador de pneu pode ser introduzido através de qualquer dispositivo de entrada adequado, incluindo, por exemplo, um teclado ou uma leitora de código de barras.

[055] O programa de interface do operador também pode permitir a entrada de uma outra informação referente ao pneu, tal como, por exemplo, uma identificação de cliente ou notas. A entrada da outra informação pode ser tornada opcional, de modo que a entrada do identificador de pneu

seja a única medida do operador necessária para a implementação do arquivamento de dados. A interface do operador também pode exibir uma outra informação referente ao processo de arquivamento, tal como, por exemplo, uma lista de arquivos arquivados e um status da quantidade de capacidade de armazenamento usada.

[056] Antes da transferência dos dados para o computador de arquivamento 340, pode ser benéfico selecionar os dados de imagem bruta, de modo a reduzir o número de imagens que deve ser transferido para o computador de arquivamento. Em particular, os requerentes descobriram que quando um número significativo de imagens de cisalhograma é coletado, durante um ciclo de teste, não há qualquer perda apreciável na qualidade da animação se apenas imagens selecionadas a partir da sequência de animação forem exibidas a uma taxa relativamente mais lenta. Por exemplo, em uma montagem da invenção, vinte e oito imagens de cisalhograma são coletadas para cada seção do pneu. Durante uma análise pelo operador, essas imagens são exibidas a uma taxa de cerca de 60 quadros por segundo. Entretanto, não há qualquer diferença apreciável na qualidade da animação se apenas cada terceira imagem da sequência de vinte e oito imagens for exibida a uma taxa de cerca de 20 quadros por segundo. Assim, o armazenamento de apenas dez das vinte e oito imagens para aquela seção em particular pode produzir um registro preciso do teste.

[057] Uma vez que as imagens a serem transferidas para o computador de arquivamento sejam selecionadas, uma sequência de compressão inicial pode ser realizada, neste caso, pelo computador de cisalhamento 240. Nesta sequência

de compressão inicial, as imagens individuais da sequência de animação que devem ser transferidas para o computador de arquivo 340 podem ter o tamanho reduzido. Em uma montagem, os mapas de bit de imagem armazenados no computador de cisalhamento têm 512 pixels de largura, 480 pixels de altura e têm oito bits por pixel. Cada mapa de bit de imagem a ser transferido para o computador de arquivo 340 pode ter o tamanho reduzido em 9:1 para 172 pixels de largura e 160 pixels de altura, usando-se os dados de cada terceira coluna e cada terceira linha do mapa de bit. Para ajudar a garantir que a imagem arquivada pareça tão próximo quanto possível com a imagem original, uma técnica de ponderação de pixel pode ser usada, para a redução do tamanho da imagem. Com a técnica de ponderação de pixel, um pixel único é criado, que é a média do pixel original e dos oito pixels que circundam o pixel original na imagem original. Para os pixels na borda do mapa de bit, a média do pixel original e dos cinco pixels circundantes é usada. Isto tem o efeito de suavizar os dados, reduzindo o ruído na imagem. Após a imagem ser reduzida, um cabeçalho é adicionado à imagem, para instruir um espectador da imagem quanto a como exibir a imagem.

[058] Para iniciar a transferência das imagens reduzidas do computador de cisalhamento 240 para o computador de arquivamento 340, uma comunicação é estabelecida entre os dois computadores. Isso pode ser implementado por qualquer software adequado. Na montagem de exemplo, ao término do processo de coleta de dados, o computador de cisalhamento 240 envia uma mensagem para o computador de arquivamento 340, que contém um nome de

arquivo para os dados de imagem. Opcionalmente, a mensagem também pode incluir uma escala para a criação de uma grade na vista de cume nos dados arquivados associados ao pneu. Uma vez que a mensagem de nome do arquivo seja recebida, o computador de arquivamento 340 cria um diretório de trabalho no diretório raiz da unidade na qual as imagens transferidas serão colocadas. Em seguida, um arquivo de texto é criado naquele diretório, com uma única linha dizendo o nome do arquivo. O computador de arquivamento 340, então, responde para o computador de cisalhamento 240 com o mesmo nome de arquivo originalmente enviado pelo computador de cisalhamento. Esta resposta sinaliza para o computador de cisalhamento 240 transferir os arquivos contendo as imagens reduzidas. O processo de transferência não começa até que o computador de arquivamento 340 envie a resposta de nome de arquivo apropriada. Conforme cada arquivo é transferido, ele é armazenado no diretório de trabalho criado pelo computador de arquivamento 340. As imagens reduzidas podem ser transferidas para o computador de arquivamento em um formato ".BMP".

[059] Após todos os arquivos de imagem terem sido transferidos para o computador de arquivamento 340, o computador de arquivamento adicionalmente comprime os dados. Isso pode ser feito pela conversão dos conjuntos de imagens para cada uma das seções de pneu em um arquivo gráfico animado, por exemplo, um arquivo GIF. A compressão GIF padrão inclui um aspecto de transparência embutido, o qual permite que uma das cores seja tornada transparente. No contexto de uma animação, a cor transparente é usada quando um pixel em um quadro da animação é o mesmo que no

quadro precedente. Assim, o primeiro quadro do arquivo de GIF animada tem os dados de imagem completos. Entretanto, os quadros sucessivos podem usar o bit de transparência, o qual avisa ao programa de exibição para não mudar a cor do pixel sendo exibido. Isso aumenta significativamente a relação de compressão, criando mais padrões de repetição. Os detalhes adicionais referentes aos arquivos GIF e à compressão podem ser encontrados na Graphic Interchange Form Programming Reference, publicada pela CompuServe Inc., e datada de 31 de julho de 1990.

[060] A compressão provida pela compressão padrão GIF pode ser adicionalmente melhorada, pela modificação do aspecto de transparência, de modo a produzir uma compressão com perdas. Especificamente, os requerentes descobriram que em uma animação de cisalhografia, pode ser difícil discernir entre valores de pixel, os quais mudam apenas uma quantidade relativamente pequena de intensidade de um quadro para o próximo. Assim, a esses pixels pode ser atribuída uma cor transparente, sem qualquer degradação substancial da qualidade da animação. Especificamente, no fluxo de entrada alimentando o agente de compressão, o pixel sendo exibido está sendo comparado, constantemente, com o pixel o qual é para substituí-lo no quadro sucessivo, de modo que pixels transparentes possam ser gerados. De acordo com um aspecto da presente invenção, a geração dos pixels transparentes é alterada pela atribuição da cor transparente a pixels em um quadro da animação, os quais não mudaram mais do que um nível predeterminado a partir do quadro precedente, em oposição a apenas aqueles pixels que são idênticos. Assim, pixels transparentes têm uma

tendência muito maior a serem gerados.

[061] A compressão GIF utiliza a técnica de compressão LZW, a qual cria "fichas", que representam sequências de repetição mais longas de bytes. Essas fichas são criadas conforme a compressão estiver ocorrendo. O uso de uma tolerância em relação à geração dos pixels transparentes aumenta a tendência a cadeias mais longas nas fichas, desse modo provendo uma maior compressão. O programa decodificador para as animações simplesmente se desvia diante dos pixels, os quais têm o valor transparente, deixando a mesma cor exibida.

[062] Por exemplo, quando se usa uma escala de 0 a 255 de claro para escuro, o gatilho para a atribuição de um pixel transparente pode ser regulado quando o nível de brilho não tiver mudado mais de 8 contagens do brilho exibido. Com um gatilho como esse, se o pixel exibido do primeiro quadro da animação tiver um nível de brilho de 10 e o pixel correspondente no segundo quadro tiver um nível de brilho de 17, o valor de pixel transparente (por exemplo, 252) seria atribuído àquele pixel no segundo quadro. Se no terceiro quadro o pixel correspondente tiver um nível de brilho de 24, o valor de pixel transparente não seria atribuído, de modo que o novo valor de pixel de 24 seria salvo e mais tarde exibido. Ao usarem a escala de 0 a 255 de claro para escuro, os requerentes descobriram que mudanças no brilho de menos de 16 níveis são difíceis para o olho humano discernir visualmente. Assim, o algoritmo de compressão da presente invenção poderia utilizar, por exemplo, qualquer nível de brilho de 16 ou menos como o gatilho para a atribuição do valor de pixel transparente,

durante a compressão. Como será apreciado, se outras escalas forem usadas para valores de pixel, considerando-se a invenção, um gatilho deve ser selecionado de modo que reflita uma mudança que não seja discernível pelo olho humano. Assim, o algoritmo de compressão não está limitado a qualquer valor de gatilho em particular para a atribuição do valor de pixel transparente, mas, ao invés disso, pode envolver qualquer valor que represente uma mudança na imagem, a qual seja difícil para o olho humano discernir.

[063] Ao final do processo de compressão executado pelo computador de arquivamento 340, uma série de arquivos de GIF animada, cada um dos quais podendo corresponder a uma seção em particular do pneu sendo testado (ou um outro objeto de teste), é salva no meio de armazenamento de arquivo, em um diretório ou subdiretório correspondente ao nome de arquivo em particular. Para se permitir a exibição dos arquivos de GIF animada, um documento em HTML é criado, o qual permite que os arquivos GIF sejam exibidos em um navegador da internet. O documento em HTML também pode conter o identificador do pneu, o nome do cliente, quaisquer notas introduzidas pelo operador, a data e a hora. Este documento em HTML também pode ser salvo usando-se o nome de arquivo e ser substituído pelos arquivos GIF no meio de armazenamento de arquivo. Um documento em HTML de índice também é atualizado com o nome de arquivo, o identificador do pneu e qualquer outra informação desejada, de modo a permitir que pesquisas quanto aos resultados de teste sejam realizadas. Por exemplo, uma função de busca poderia ser provida através da interface de operador. Uma vez que isso esteja completado, o diretório de trabalho, o

qual continha os arquivos originais transferidos do computador de cisalhamento, pode ser removido.

[064] Com referência, agora, às figuras 8 a 20 dos desenhos, é mostrado um aparelho ilustrativo 410, para a condução do ensaio de cisalhografia em um pneu de veículo. Será compreendido que embora o aparelho de teste de cisalhografia ilustrado 410 possa ser usado para a produção de imagens cisalhográficas animadas de um pneu, o aparelho não está limitado à execução de testes que produzam animações. Ao invés disso, o aparelho de teste de cisalhografia 410 pode ser configurado para a execução de qualquer método desejado de ensaio cisalhográfico. Como mostrado nas figuras 8 a 13, o aparelho de teste de cisalhografia 410 inclui uma câmara de vácuo 412, na qual um pneu pode ser carregado e submetido a um ciclo de teste a vácuo (isto é, despressurização e pressurização). Na montagem ilustrada, a câmara de vácuo 412 tem uma configuração geralmente cilíndrica, a qual é dividida em porções superior e inferior 414, 416. Como mais bem mostrado nas figuras 8 e 11, as porções superior e inferior 414, 416 são conectadas de forma pivotante em conjunto, ao longo de uma porção traseira 418 da câmara de vácuo 410, de modo que, neste caso, a porção superior 414 seja móvel em relação à porção inferior 416 entre as posições aberta e fechada. A separação da câmara de vácuo 412 nas porções superior e inferior 414, 416 é ao longo de um ângulo em relação à base 421 da câmara de vácuo. Especificamente, a câmara de vácuo 412 é dividida nas porções superior e inferior 414, 416 ao longo de um plano que se inclina para baixo, conforme ela se estende a partir da porção traseira

418 para a frente 420 da câmara de vácuo. Assim sendo, quando a porção superior 414 está na posição aberta, as porções superior e inferior 414, 416 definem uma boca aberta, que tem um bordo dianteiro relativamente baixo 422. Este bordo dianteiro baixo 422 facilita o carregamento e o descarregamento de pneus, como descrito abaixo.

[065] Para a tomada de imagens de interferência do pneu, durante o ciclo de vácuo, um conjunto de câmera de cisalhografia é provido. O conjunto de câmera, o qual é mostrado esquematicamente na figura 2, inclui uma câmera cisalhográfica 230 e um laser 235, para iluminação do pneu com um feixe de luz coerente. A câmera cisalhográfica 230 é suportada em um mastro 233, que é disposto em uma relação centralizada em relação à câmara de vácuo 412. O mastro 233 é extensível ao longo do eixo central da câmara de vácuo 412, para permitir que a câmera 230 seja posicionada no interior do pneu, para exame da área de banda de rodagem e do exterior do pneu, para exame do talão e da parede lateral do pneu. Adicionalmente, o mastro 233 é rotativo, de modo que a câmera 230 possa ser posicionada para se ver as diferentes seções ou os setores do pneu. Como descrito acima, após cada ciclo de vácuo, a câmera 230 é girada, para se ver o próximo setor de pneu, e o ciclo de vácuo é repetido.

[066] O aparelho de teste de cisalhografia ilustrado 410 ainda inclui um sistema de manipulação de pneu, o qual carrega um pneu na câmara de vácuo 412, e automaticamente centraliza o pneu em relação à câmara e, por sua vez, à câmera de cisalhografia. Especificamente, o sistema de manipulação de pneu provê um mecanismo de centralização

mecânico simples, o qual, de forma confiável e precisa, centraliza pneus de diâmetro diferente, sem a necessidade de quaisquer ajustes por um operador. Mais ainda, o sistema de manipulação de pneu utiliza um conjunto de carregamento pivotante 424, que minimiza as exigências de espaço no piso para a operação de carregamento / descarregamento e substancialmente facilita o processo de carregamento / descarregamento, permitindo que um pneu seja carregado e descarregado em uma posição substancialmente vertical. Para essa finalidade, o conjunto de carregamento pivotante 424 inclui uma placa de suporte de pneu 426, que é móvel entre uma posição de carregamento e uma posição de inspeção, quando a câmara de vácuo 412 estiver na posição aberta. Na posição de carregamento, a placa de suporte de pneu 426 é disposta substancialmente no exterior e em frente à câmara de vácuo 412. Adicionalmente, a placa de suporte de pneu 426 se estende em um ligeiro ângulo a partir da vertical em direção à traseira 418 da câmara de vácuo 412, com uma extremidade inferior 446 da placa de suporte sendo disposta geralmente em frente ao bordo dianteiro baixo 422 da boca da câmara de vácuo, como mostrado nas figuras 8 a 10. Na posição de inspeção, a placa de suporte de pneu 426 é disposta horizontalmente dentro da câmara de vácuo 412 e centralizada em relação à câmara (e, por sua vez, à câmera de cisalhografia), como mostrado nas figuras 11 a 13. A placa de suporte 426 é configurada de modo que sua porção de centro esteja substancialmente aberta, de modo que, quando a placa estiver na posição de inspeção, a câmera possa ver o talão inferior do pneu suportado sobre ela, sem a necessidade de qualquer manipulação adicional do pneu.

[067] Uma montagem de exemplo de um sistema de manipulação de pneu é mostrada, em maiores detalhes, nas figuras 14 a 19. Na montagem de exemplo, a placa de suporte de pneu 426 é montada em um carrinho 428 que, por sua vez, é conectado a um quadro de pivô 430, através de um par de braços 432, como mostrado nas figuras 16 a 18. Neste caso, o carrinho 428 (veja, por exemplo, as figuras 14 e 15) compreende um par de elementos de suporte paralelos 434, os quais são interconectados por um par de braçadeiras que se estendem lateralmente 436, as quais se estendem entre os elementos de suporte adjacentes às extremidades dos mesmos. Quando a placa de suporte 426 está na posição de carregamento, os elementos de suporte 434 são inclinados ligeiramente para trás a partir de uma posição verticalmente ereta, como mostrado nas figuras 8 e 10. Os elementos de suporte 434 são horizontais, e se estendem em uma relação da frente para trás até a câmara de vácuo 412, quando a placa de suporte 426 estiver na posição de inspeção. Cada braço 432 é conectado a um respectivo elemento de suporte dos elementos de suporte 434, e conecta o carrinho a um eixo 438 (figuras 15, 16 e 19), o qual é suportado de forma rotativa pelo quadro de pivô 430, e define o pivô em torno do qual os braços 432 e o carrinho 428 giram. O eixo 438 se estende lateralmente entre um par de pernas 440, dispostas adjacentes a uma extremidade dianteira do quadro de pivô 430, como mostrado na figura 19.

[068] O conjunto de carregamento pivotante 424 também inclui um atuador linear 442, o qual é conectado de forma pivotante em uma extremidade ao quadro de pivô 430 e na

extremidade oposta a um dos braços 432 (veja, por exemplo, as figuras 17 e 19). Assim, a extensão e a retração do atuador linear 442 giram o eixo 438 e os braços 432 em relação ao quadro de pivô 430 e, desse modo, pivotam o carrinho 428 e a placa de suporte 426 entre as posições de carregamento e de inspeção. O bordo dianteiro baixo 422 da câmara de vácuo 412 facilita o movimento pivotante do carrinho 428 e da placa de suporte 426, apresentando uma barreira de altura mínima que o carrinho e a placa de suporte devem passar. Uma vez que o carrinho 428 e a placa de suporte 426 estão substancialmente verticais, quando na posição de carregamento, eles consomem uma quantidade relativamente pequena de espaço de piso, particularmente se comparado com sistemas de carregamento do tipo de transportador horizontal. O espaço de piso requerido também é minimizado pelo fato de o pneu ser carregado para e descarregado da câmara de vácuo 412 na mesma posição.

[069] Para o suporte de um pneu, conforme ele é carregado sobre a placa, a placa de suporte 426 inclui um par de colunas espaçadas lateralmente 444. As colunas 444 são dispostas adjacentes à extremidade inferior 446 da placa de suporte 426, e são espaçadas uma distância suficiente para suportarem pneus de diâmetro diferente. Uma vez que a placa de suporte 426 é disposta de forma substancialmente vertical na posição de carregamento e as colunas 444 estão na extremidade inferior 446 da placa, um pneu tem apenas de ser elevado uma distância curta, para ser carregado sobre a placa de suporte.

[070] O sistema de manipulação de pneu automaticamente centraliza o pneu em relação à câmara de vácuo 412 e, desse

modo, a câmara de cisalhografia, tirando vantagem da configuração circular do pneu. Em relação à direção ou ao eixo lateral, as colunas 444 na placa de suporte 426 podem atuar como o mecanismo de centralização. Em particular, as colunas 444 são dispostas sobre a placa de suporte 426, de modo que, quando a placa estiver na posição de inspeção, as colunas 444 estejam posicionadas em um lado e espaçadas equidistantes do centro da câmara de pressão 412. Assim sendo, independentemente de qual diâmetro de pneu seja colocado sobre as colunas 444, o pneu será centralizado lateralmente em relação à câmara e à câmara, quando a placa de suporte 426 for pivotada para a posição de inspeção.

[071] A centralização do pneu na direção ou no eixo da frente para trás da câmara de vácuo é realizada através da placa de suporte de pneu 426 e de um braço de detecção de pneu 448, os quais são móveis um em direção ao outro, de modo a grampearem um pneu entre eles. Como mostrado, por exemplo, nas figuras 14, 16, 18, antes do começo de uma operação de centralização / carregamento, o braço de detecção 448 é disposto adjacente a uma extremidade superior 450 do carrinho 428, em alinhamento lateral com uma das colunas de suporte de pneu 444. Mais ainda, o braço de detecção 448 e as colunas 444 são espaçados equidistantes do centro do carrinho 428. O braço de detecção 448 é deslizável longitudinalmente ao longo do carrinho 428, em um trilho 452 (figura 14) provido em um dos elementos de suporte 434. Da mesma forma, a placa de suporte 426 é deslizável longitudinalmente ao longo do carrinho 428 em trilhos correspondentes 454 (figura 15) providos nos elementos de suporte 434.

[072] A placa de suporte 426 e o braço de detecção 448 são acionados ao longo do carrinho 428 através, neste caso, de um mecanismo de acionamento de fuso. O fuso de avanço 458 do mecanismo de acionamento se estende longitudinalmente em relação ao carrinho 428 paralelo aos trilhos e é suportado em uma extremidade do carrinho por mancais adequados, como mostrado na figura 14. Um motor 460 é disposto na extremidade superior do carrinho 428, para rotação do fuso de avanço 458. A placa de suporte 426 é acoplada através de uma porca a uma porção inferior 463 do fuso de avanço 458, enquanto o braço de detecção 448 é acoplado através de uma porca a uma porção superior 465 do fuso de avanço. As porções inferior e superior 463, 465 do fuso de avanço 458 são rosqueadas de forma idêntica, mas em direções opostas. Assim, uma rotação do fuso de avanço 458 move a placa de suporte 426 e o braço de detecção 448 em direções opostas, à mesma velocidade.

[073] Durante uma operação de carregamento do pneu, o motor 460 gira o fuso de avanço 458, de modo que a placa de suporte de pneu 426 se mova em direção à extremidade superior do carrinho 428, enquanto o braço de detecção 448 se move em direção à extremidade inferior, de modo que um pneu se apoiando sobre as colunas de suporte 444 termine grampeado entre as colunas de suporte e o braço de detecção. O braço de detecção 448 é suportado de forma pivotante de modo que, quando o braço de detecção contatar a superfície externa do pneu, ele seja empurrado diante de uma posição centralizada. Este movimento pivotante do braço de detecção 448 dispara um comutador de limite, que interrompe o motor de acionamento de fuso 460. Uma vez que

a placa de suporte 426 e o braço de detecção 448 se moveram uma distância igual ao longo do carrinho 428 e começaram a sequência lateralmente alinhados e espaçados equidistantes do centro do carrinho, o pneu está em uma posição centralizada em relação ao carrinho, quando o braço de detecção 448 contatar o pneu. Assim, pela configuração do carrinho 428 de modo que ele esteja centralizado em relação à câmara de vácuo 414, quando o carrinho pivotar para a posição de inspeção, o pneu também estará centralizado em relação à câmera.

[074] Como será apreciado, a sequência de centralização pode ocorrer a qualquer momento antes do começo do ciclo de inspeção. Por exemplo, de modo a reduzir o tempo requerido para a operação de carregamento, a sequência de centralização pode ocorrer ao mesmo tempo em que o carrinho estiver pivotando da posição de carregamento para a de inspeção. Entretanto, a sequência de centralização também pode ocorrer antes ou depois do carrinho ser pivotado.

[075] Para sujeição do pneu ou de um outro objeto de teste a um ciclo de vácuo (isto é, despressurização e pressurização), o aparelho de teste de cisalhografia ilustrado 410 inclui um sistema de manipulação de ar 446. O sistema de manipulação de ar 446 inclui, neste caso, uma bomba de vácuo 468, a qual retira ar através de uma saída 470 na parede da câmara de vácuo 412, como mostrado na figura 20. Uma válvula de entrada 472 também é provida na parede da câmara de vácuo 412. Durante a porção de despressurização do ciclo de vácuo, a válvula de entrada 472 está fechada, e a bomba de vácuo 468 retira ar para fora da câmara de vácuo 412. Quando a câmara de vácuo 412

está fechada, isso reduz a pressão na câmara de vácuo e tensiona o pneu. Enquanto o pneu está tensionado, a câmera cisalhográfica 230 toma uma série de imagens de interferência do pneu. Uma vez que um número desejado de imagens de interferência tenha sido tomado, a porção de pressurização do ciclo de vácuo começa. Durante a pressurização da câmara, a bomba de vácuo 468 continua a operar, mas a válvula de entrada 472 está aberta. Assim, o ar é circulado através da câmara de vácuo 412 fechada, através da entrada de ar e da saída. Isso retorna a câmara de vácuo para uma pressão atmosférica normal, e retorna o pneu para um estado não tensionado. A câmera 230, então, pode ser girada para o próximo setor de pneu e o ciclo de vácuo repetido.

[076] Preferencialmente, o ar entre o objeto de teste e a câmera de cisalhografia deve ter uma densidade uniforme e consistente, durante o ciclo de tensionamento de vácuo. Os requerentes descobriram que se a umidade relativa for alta, durante o ciclo de vácuo, ocorre uma condição ambiente como de névoa na câmara de vácuo 412. Isso causa refração e reflexão da luz usada no processo cisalhográfico, substancialmente reduzindo a qualidade das imagens de interferência tomadas pela câmera de cisalhografia 230. A condição como névoa é produzida porque a redução na pressão ambiente na câmara de vácuo 412, durante o ciclo de vácuo, leva a uma redução correspondente na temperatura ambiente do ar e de qualquer água mantida em suspensão no ar. Conforme a temperatura do ar e da água é reduzida, a água sai de suspensão, produzindo a névoa.

[077] De modo a evitar que a condição como névoa se

desenvolva, o aparelho de teste de cisalhografia 410 da presente invenção pode incluir um mecanismo em comunicação com o interior da câmara de vácuo 412, o que pode reduzir a umidade relativa na câmara de vácuo, durante o ciclo de vácuo. Por exemplo, o sistema de manipulação de ar 466 pode ser adaptado para aquecer o ar levado para a câmara de vácuo 412 através da válvula de entrada 472, desse modo aquecendo o ar no interior da câmara de vácuo. Isso contraria o calor que é removido como resultado da redução de pressão, permitindo que o ar mantenha mais água. Assim, a umidade relativa é reduzida, e o vapor d'água permanece em suspensão. Como mostrado na figura 20, uma forma pela qual isso pode ser realizado é pela provisão de um elemento de aquecimento 474 na entrada de ar para a câmara de vácuo 412. O ar levado para a câmara de vácuo 412 através da entrada passa sobre o elemento de aquecimento 474 e, desse modo, é aquecido.

[078] O aquecimento do ar pode ser realizado de forma mais eficiente pelo uso do calor gerado pela operação da bomba de vácuo 468. Em particular, um duto pode ser provido, o qual toma o ar do lado de exaustão da bomba de vácuo 468, o qual foi aquecido pela operação da bomba de vácuo, e o direciona sobre o elemento de aquecimento 474. O ar aquecido é, então, dirigido para a câmara de vácuo 412 através da válvula de entrada de ar 472. O elemento de aquecimento 474 pode ser manualmente atuado, de modo que ele possa ser ativado, quando desejado, tal como durante condições de umidade alta. Adicionalmente, o elemento de aquecimento 474 pode ser ligado a um sensor, o qual atua o elemento de aquecimento, quando a umidade relativa exceder

a um valor predeterminado. Para ajudar a impedir um superaquecimento, o elemento de aquecimento 474 pode ser adaptado de modo que ele seja interrompido, quando a bomba de vácuo 468 não estiver funcionando. Embora o elemento de aquecimento 474 na entrada para a câmara de vácuo 412 seja mostrado, será apreciado que o elemento de aquecimento pode ser disposto em qualquer lugar adequado, o qual permita que ele aqueça o ar na câmara de vácuo 412, tal como dentro da câmara de vácuo em si. Mais ainda, qualquer tipo adequado de mecanismo de aquecimento pode ser usado.

[079] Alternativamente, ao invés de se usar um elemento de aquecimento, o sistema de manipulação de ar 466 pode incluir um desumidificador, para a remoção de vapor d'água do ar na câmara de vácuo. O desumidificador inclui placas de resfriamento, as quais resfriam o ar, conforme ele é circulado durante a porção de pressurização do ciclo de vácuo. Isso faz com que o vapor d'água saia da suspensão sobre as placas de resfriamento. O ar, então, pode ser deixado aquecer de volta, produzindo uma umidade relativa mais baixa e levado de volta para a câmara de vácuo 412.

[080] Todas as referências citadas aqui, incluindo patentes, pedidos de patente e publicações são, desse modo, incorporadas em suas totalidades como referência.

[081] Embora esta invenção tenha sido descrita com uma ênfase nas montagens preferidas, variações das montagens preferidas podem ser usadas, e pretende-se que a invenção possa ser praticada de outra forma além da especificamente descrita aqui. Assim sendo, esta invenção inclui todas as modificações envolvidas no espírito e no escopo da invenção, como definido pelas reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para a execução de uma cisalhografia eletrônica em um pneu, sendo o aparelho, caracterizado pelo fato de compreender:

uma câmara de pressão (412), que tem uma porta móvel entre posições aberta e fechada;

um sistema de manipulação de ar (446) em comunicação com o interior da câmara de pressão, para mudança da pressão ambiente na câmara de pressão (412), o sistema de manipulação de ar (446) incluindo um mecanismo de redução da umidade (474) em comunicação com o interior da câmara de pressão (412) e sendo seletivamente operável para reduzir a umidade relativa no interior da câmara de pressão (412);

uma câmera de cisalhografia (230), disposta na câmara de pressão (412), para a tomada de uma imagem de interferência de um pneu;

um processador de imagem (60) acoplado à câmera de cisalhografia (30), o processador de imagem (60) sendo adaptado para receber uma pluralidade de imagens de interferência seqüenciais da câmera de cisalhografia (30), produzir um conjunto de uma pluralidade de imagens de cisalhograma seqüenciais do pneu a partir das imagens de interferência e produzir uma animação a partir do conjunto de imagens de cisalhograma seqüenciais, para representarem estados de tensão que mudam dinamicamente em um pneu;

uma memória de arquivo para reter dados correspondentes à animação recebida do processador de imagem, os dados de animação retidos sendo comprimidos, de maneira tal que o dado de animação retido incluía apenas imagens de cisalhograma individuais pré-selecionadas a

partir do conjunto de imagens de cisalhograma seqüenciais;
e

um sistema de carregamento de pneu (424), para o carregamento de um pneu na câmara de pressão (412), através da porta de câmara de pressão (414,416), o sistema de carregamento de pneu (424) incluindo uma placa de suporte de pneu (426), a qual é pivotante entre uma posição de carregamento, onde a placa de suporte de pneu (426) é disposta para suportar um pneu em uma posição geralmente vertical, substancialmente fora da câmara de pressão (412), e uma posição de inspeção, onde a placa de suporte (426) é disposta para suportar um pneu em uma posição substancialmente horizontal no interior da câmara de pressão (412), a placa de suporte (426) sendo móvel ao longo de um carrinho (428), o qual é adaptado para automaticamente centralizar um pneu suportado na placa de suporte (426) em relação à câmara de cisalhografia (230).

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as imagens de cisalhograma individuais pré-selecionadas compreenderem imagens de cisalhograma tomadas em um intervalo regular pré-selecionado a partir do conjunto de imagens de cisalhograma seqüenciais.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as imagens de cisalhograma individuais pré-selecionadas nos dados de animação retidos serem de tamanho reduzido, usando-se uma técnica de ponderação de pixel.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada imagem de cisalhograma

compreender uma pluralidade de pedaços individuais de dados de imagem e de o dado retido ser comprimido de maneira tal que apenas inclua os pedaços individuais de dado de imagem os quais mudaram mais do que uma quantidade predeterminada da imagem de cisalhograma precedente no conjunto de imagens de cisalhograma seqüenciais.

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a placa de suporte de pneu (426) ter uma porção central, a qual é substancialmente aberta.

6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o sistema de carregamento de pneu (424) incluir um quadro de pivô (430) disposto na câmara de pressão (412) e um braço de pivô (432), que se estende entre o quadro de pivô (430) e o carrinho (428).

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de a porta da câmara de pressão ser definida por uma porção superior (414) da câmara de pressão (412), a qual é montada de forma pivotante em uma porção inferior (416) da câmara de pressão (412), e onde uma junta separa as porções superior e inferior da câmara de pressão (412), a junta se estendendo em um ângulo para cima a partir de uma porção dianteira (420) da câmara de pressão (412), adjacente ao que a placa de suporte de pneu (426) é disposta na posição de carregamento em direção a uma porção traseira (410) oposta da câmara de pressão (412).

8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a placa de suporte de pneu (426) incluir um par de colunas de suporte (444) espaçadas, dispostas adjacentes a uma extremidade inferior da placa de suporte (426) e adjacentes a uma extremidade inferior do

carrinho (428).

9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o sistema de carregamento de pneu (424) incluir um braço de detecção (448) disposto adjacente a uma extremidade superior (450) do carrinho (428) oposta às colunas de suporte (444) e um mecanismo de acionamento centralização (458), o mecanismo de acionamento de centralização (458) sendo operável para mover o braço de detecção (448) e as colunas de suporte (444) em direções opostas ao longo do carrinho (428) distâncias iguais em velocidades iguais, e o braço de detecção (448) sendo operável para parar a operação do mecanismo de acionamento (458), quando o braço de detecção (448) contatar um pneu suportado na placa de suporte (426).

10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o mecanismo de redução de umidade compreender um elemento de aquecimento (474) operável para prover ar aquecido para o interior da câmara de pressão (412).

11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de o elemento de aquecimento (474) ser disposto fora da câmara de pressão (412) adjacente a uma entrada da câmara de pressão através da qual o sistema de manipulação (426) de ar envia ar para o interior da câmara de pressão (412).

12. Aparelho para a execução de uma cisalhografia eletrônica em um objeto de teste, sendo o aparelho, caracterizado pelo fato de compreender:

uma câmara de pressão (412) dentro da qual o objeto de teste é suportável;

uma câmera de cisalhografia (230) disposta na câmara de pressão (412), para tomada de uma imagem de interferência do objeto de teste; e

um sistema de manipulação de ar (446) em comunicação com o interior da câmara de pressão (412), para mudança da pressão ambiente na câmara de pressão (412), o sistema de manipulação de ar (446) incluindo um mecanismo de redução de umidade (474) em comunicação com o interior da câmara de pressão (412) e sendo seletivamente operável para reduzir a umidade relativa no interior da câmara de pressão (412).

13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de o mecanismo de redução de umidade (474) compreender um elemento de aquecimento (474) operável para prover ar aquecido para o interior da câmara de pressão (412).

14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de o elemento de aquecimento (474) ser disposto fora da câmara de pressão (412) adjacente a uma entrada na câmara de pressão (412) através da qual o sistema de manipulação de ar (446) envia ar para o interior da câmara de pressão (412).

15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de o sistema de manipulação de ar (446) incluir uma bomba de vácuo (468) em comunicação com o interior da câmara de pressão (412) e operável para retirar ar da câmara de pressão (412) através de uma saída e levar ar para a câmara de pressão (412) através da entrada.

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de o elemento de aquecimento (474) ser disposto para aquecer o ar a partir de um lado de saída

da bomba de vácuo (468), o qual é levado para a câmara de pressão (412) através da entrada.

17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de ainda incluir um sistema de carregamento de pneu (424) para o carregamento de um pneu na câmara de pressão (412), através da porta da câmara de pressão (414,416), o sistema de carregamento de pneu (424) incluindo uma placa de suporte de pneu (426), o qual é pivotante entre uma posição de carregamento, onde a placa de suporte de pneu (426) é disposta para suportar um pneu em uma posição geralmente vertical substancialmente fora da câmara de pressão (412), e uma posição de inspeção, onde a placa de suporte (426) é disposta para suportar um pneu em uma posição substancialmente horizontal no interior da câmara de pressão (412), a placa de suporte (426) sendo móvel ao longo de um carrinho (428), o qual é adaptado para automaticamente centralizar um pneu suportado na placa de suporte (426) em relação à câmara de cisalhografia (230).

18. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de a placa de suporte de pneu (426) ter uma porção de centro, a qual é substancialmente aberta.

19. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de o sistema de carregamento de pneu (424) incluir um quadro de pivô (430) disposto na câmara de pressão (412) e um braço pivô (432) que se estende entre o quadro de pivô (430) e o carrinho (428).

20. Aparelho, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de a porta da câmara de pressão ser definida por uma porção superior (414) da câmara de pressão (412), a qual é montada de forma pivotante em uma porção

inferior (416) da câmara de pressão (412), e onde uma junta separa as porções superior e inferior da câmara de pressão (412), a junta se estendendo em um ângulo para cima a partir de uma porção dianteira (420) da câmara de pressão (412), adjacente ao que a placa de suporte de pneu (426) é disposta na posição de carregamento em direção a uma porção traseira oposta (410) da câmara de pressão (412).

21. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de a placa de suporte de pneu (426) incluir um par de colunas de suporte espaçadas (444), dispostas adjacentes a uma extremidade inferior da placa de suporte (426) e adjacentes a uma extremidade inferior do carrinho (428).

22. Aparelho, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de o sistema de carregamento de pneu (424) incluir um braço de detecção (448) disposto adjacente a uma extremidade superior (450) do carrinho (428) oposta às colunas de suporte (444) e um mecanismo de acionamento centralização (458), o mecanismo de acionamento de centralização (458) sendo operável para mover o braço de detecção (448) e as colunas de suporte (444) em direções opostas ao longo do carrinho (428) distâncias iguais em velocidades iguais, e o braço de detecção (448) sendo operável para parar a operação do mecanismo de acionamento (458), quando o braço de detecção (448) contatar um pneu suportado na placa de suporte (426).

23. Aparelho, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de ainda incluir um processador de imagem (60) acoplado à câmera de cisalhografia (30), o processador de imagem (60) sendo adaptado para receber uma

pluralidade de imagens de interferência seqüenciais a partir da câmera de cisalhografia (30), produzir um conjunto de uma pluralidade de imagens de cisalhograma seqüenciais do pneu a partir das imagens de interferência e produzir uma animação a partir de um conjunto de imagens de cisalhograma seqüenciais, para representar estados de tensão que mudam dinamicamente no objeto de teste.

24. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de incluir uma memória de arquivo para retenção de dados correspondentes à animação, o dado de animação retido sendo comprimido de maneira tal que o dado de animação retido inclua apenas imagens de cisalhograma individuais pré-selecionadas a partir do conjunto de imagens de cisalhograma seqüenciais e menos do que todos os dados de imagem associados a cada imagem de cisalhograma individual pré-selecionada.

25. Método para análise de um objeto de teste, que compreende:

(a) a tomada de uma imagem de interferência de um objeto de teste;

(b) a comparação da imagem de interferência com uma imagem de interferência de linha de base, para a produção de uma imagem de cisalhograma;

(c) a repetição das etapas (a) e (b), em níveis de tensão variáveis do objeto de teste, para a produção de um conjunto de uma pluralidade de imagens de cisalhograma seqüenciais;

(d) a seleção de imagens de cisalhograma individuais a partir do conjunto de imagens de cisalhograma seqüenciais, para a produção de um conjunto de arquivo de imagens de

cisalhograma seqüenciais, cada uma das imagens de cisalhograma selecionadas compreendendo um conjunto de pedaços individuais de dados de imagem;

caracterizado pelo fato de ainda compreender:

(e) a compressão do dado de imagem associado a cada uma das imagens individuais selecionadas, para a produção de um arquivo gráfico animado, o arquivo gráfico animado sendo comprimido de maneira tal que os pedaços individuais de dados de imagem, os quais mudaram menos do que uma quantidade predeterminada da imagem de cisalhograma precedente no conjunto de arquivo de imagens de cisalhograma seqüenciais;

(f) o armazenamento do arquivo gráfico animado.

26. Método, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de os pedaços individuais de dados de imagem compreenderem valores de pixel.

27. Método, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de a quantidade predeterminada ser uma mudança no valor de pixel, a qual não é discernível pelo olho humano em uma animação.

28. Método, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de ainda incluir a etapa de atribuição de um identificador ao objeto de teste.

29. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de ainda incluir a etapa de criação de um arquivo de índice que associa o identificador de objeto de teste ao arquivo gráfico animado.

30. Método, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de a etapa de seleção de imagens de cisalhograma individuais para o conjunto de arquivo de

imagens de cisalhograma seqüenciais ser realizada tomando-se imagens de cisalhograma em um intervalo regular pré-selecionado a partir do conjunto de imagens de cisalhograma seqüenciais.

31. Método, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de ainda incluir a etapa de diminuição do tamanho de cada uma das imagens de cisalhograma selecionadas, para compressão dos dados de imagem.

32. Método, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de ainda incluir a etapa de exibição do arquivo gráfico animado em uma taxa de quadro rápida o bastante para gerar uma animação representativa de estados de tensões que mudam dinamicamente no objeto de teste.

33. Método, de acordo com a reivindicação 32, caracterizado pelo fato de ainda incluir a etapa de exibição do conjunto de pluralidade de imagens de cisalhograma seqüenciais em uma taxa de quadro rápida o bastante para gerar uma animação representativa de estados de tensões que mudam dinamicamente no objeto de teste.

34. Método, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de o conjunto de pluralidade de imagens de cisalhograma seqüenciais ser exibido a uma taxa de quadro mais rápida do que o arquivo gráfico animado.

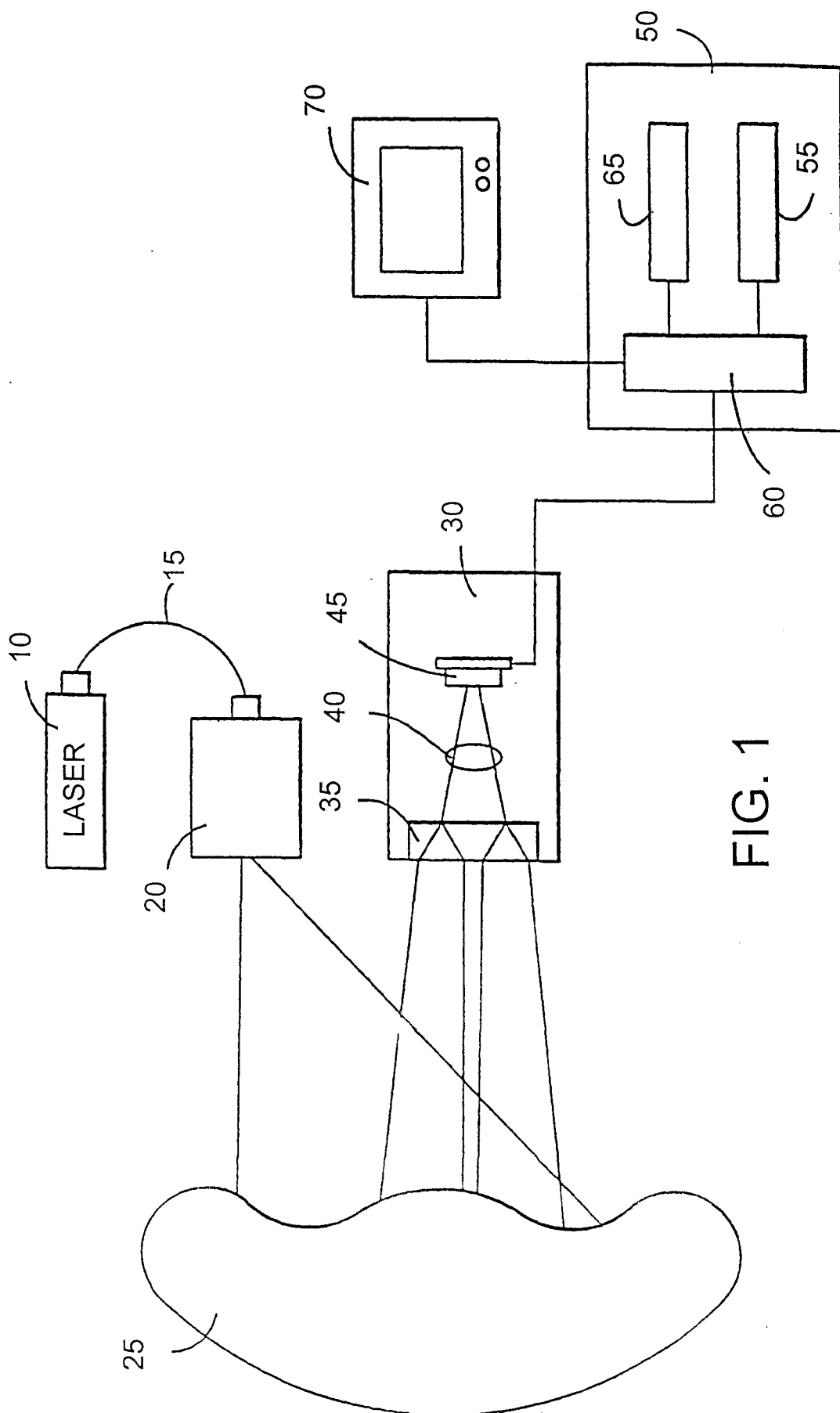


FIG. 1

FIG. 2

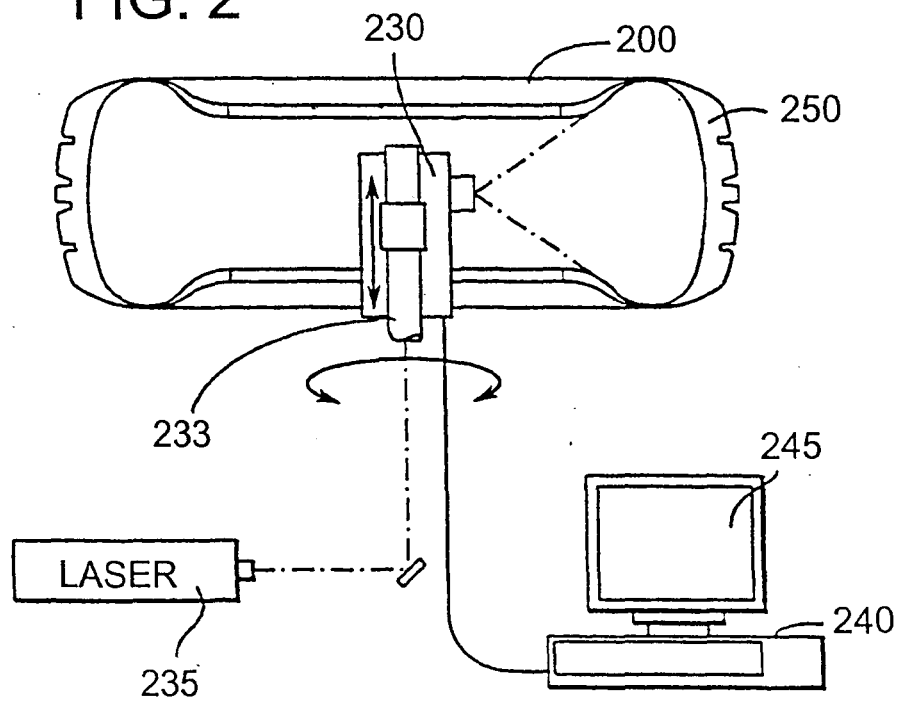


FIG. 3

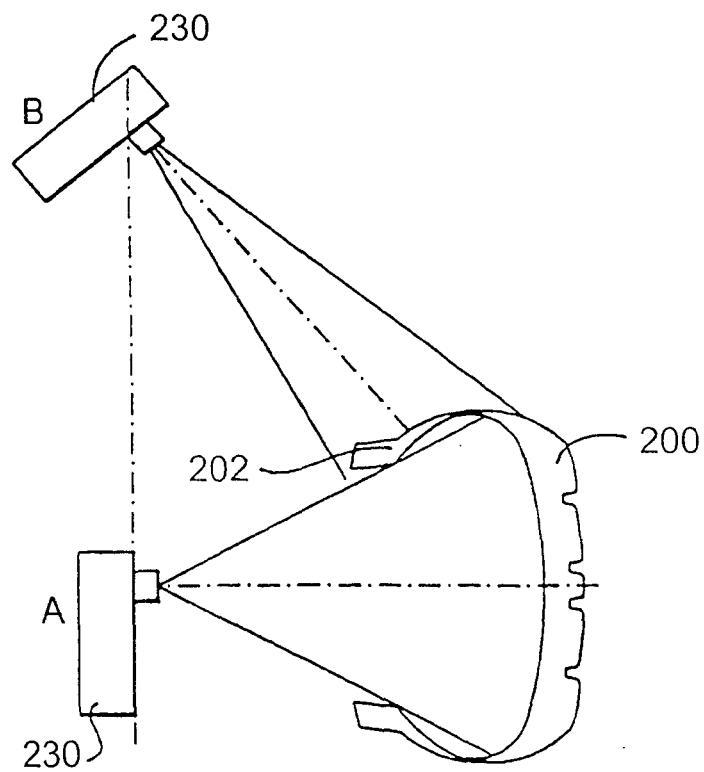
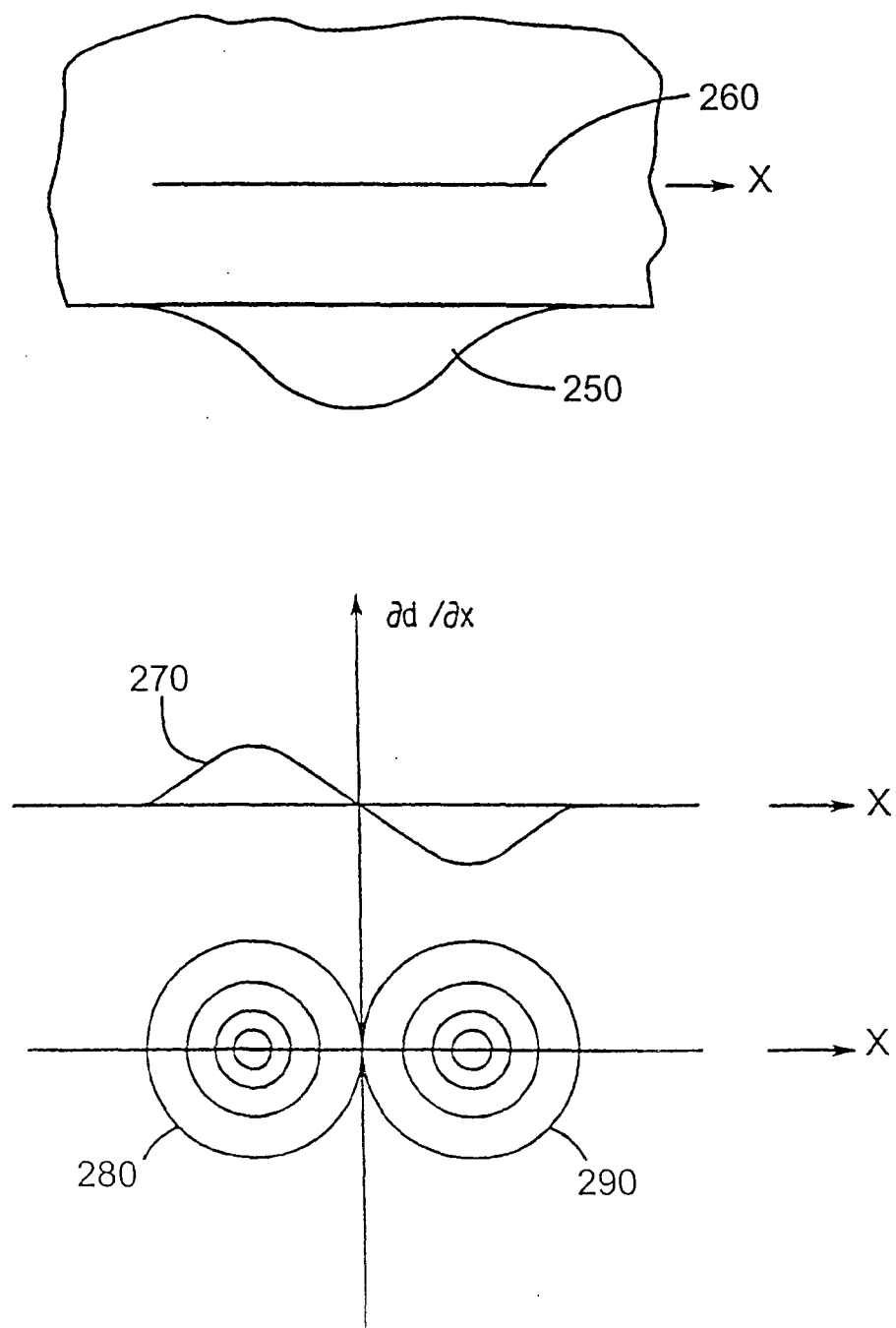


FIG. 4



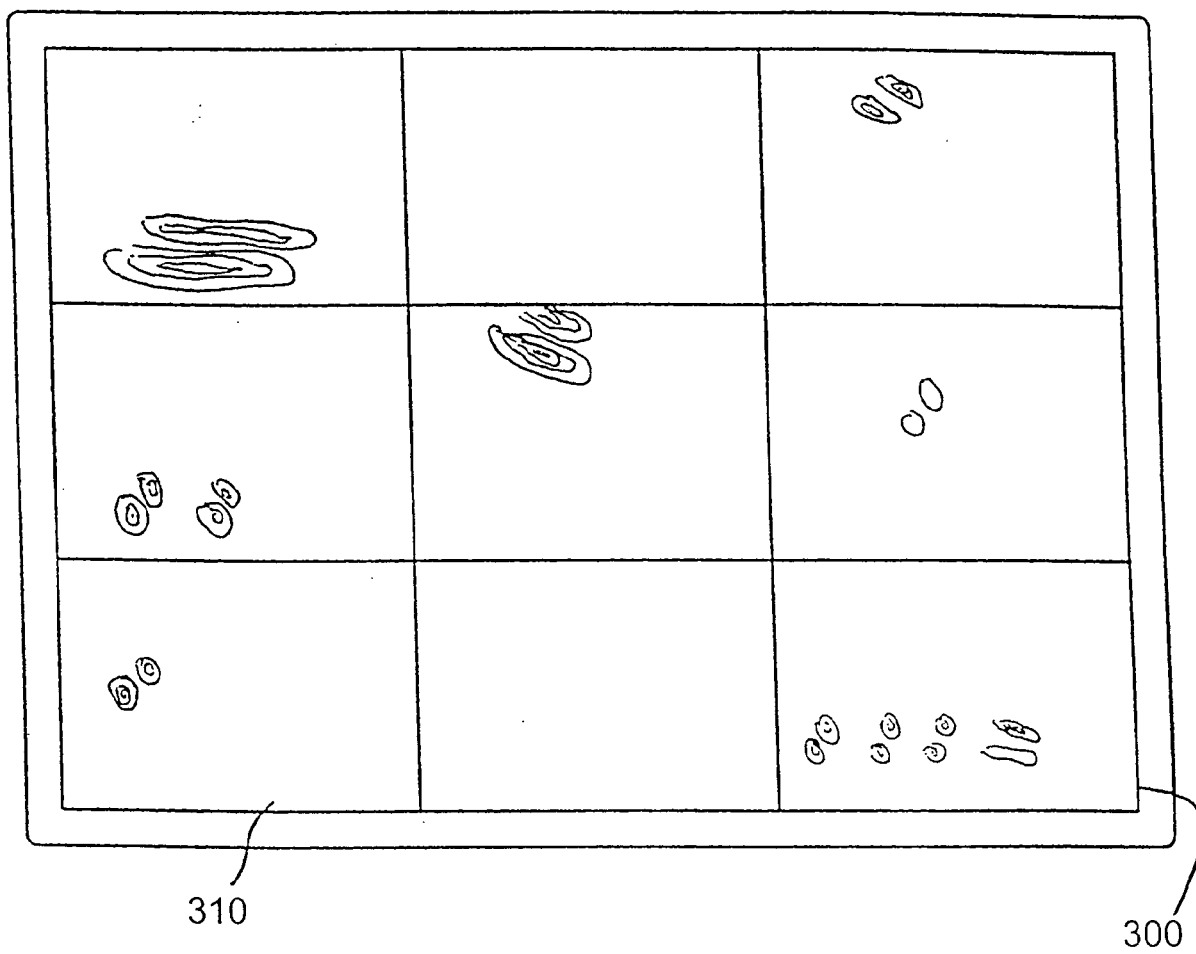


FIG. 5

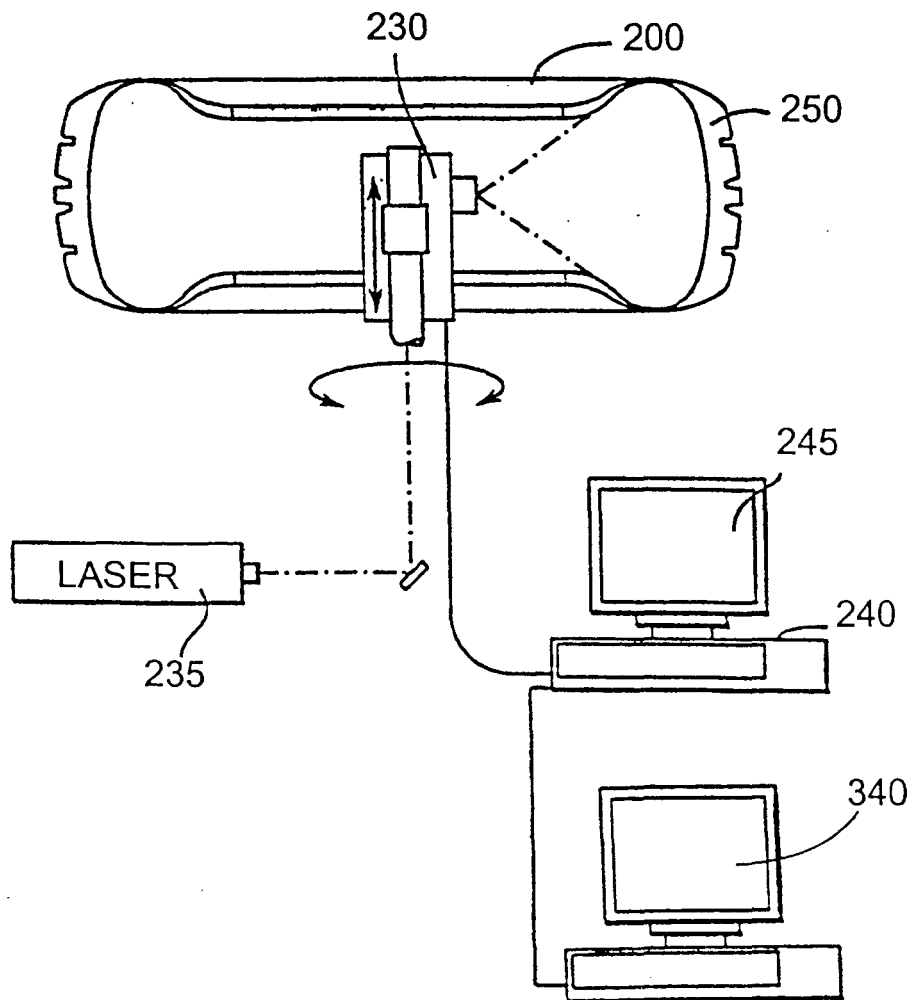


FIG. 6

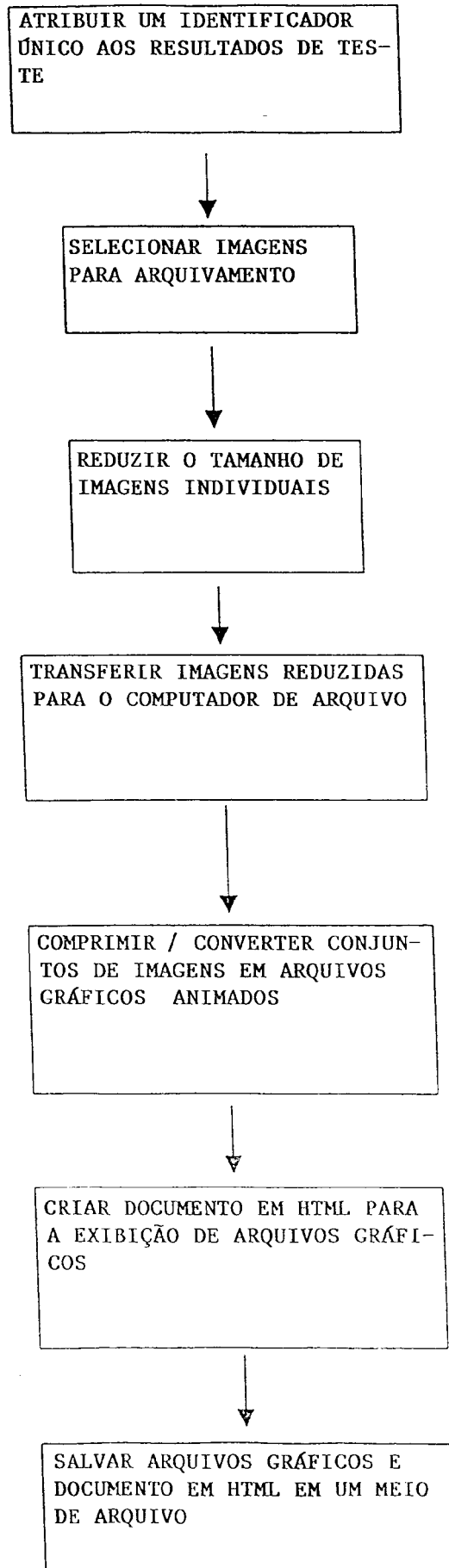


FIG. 7

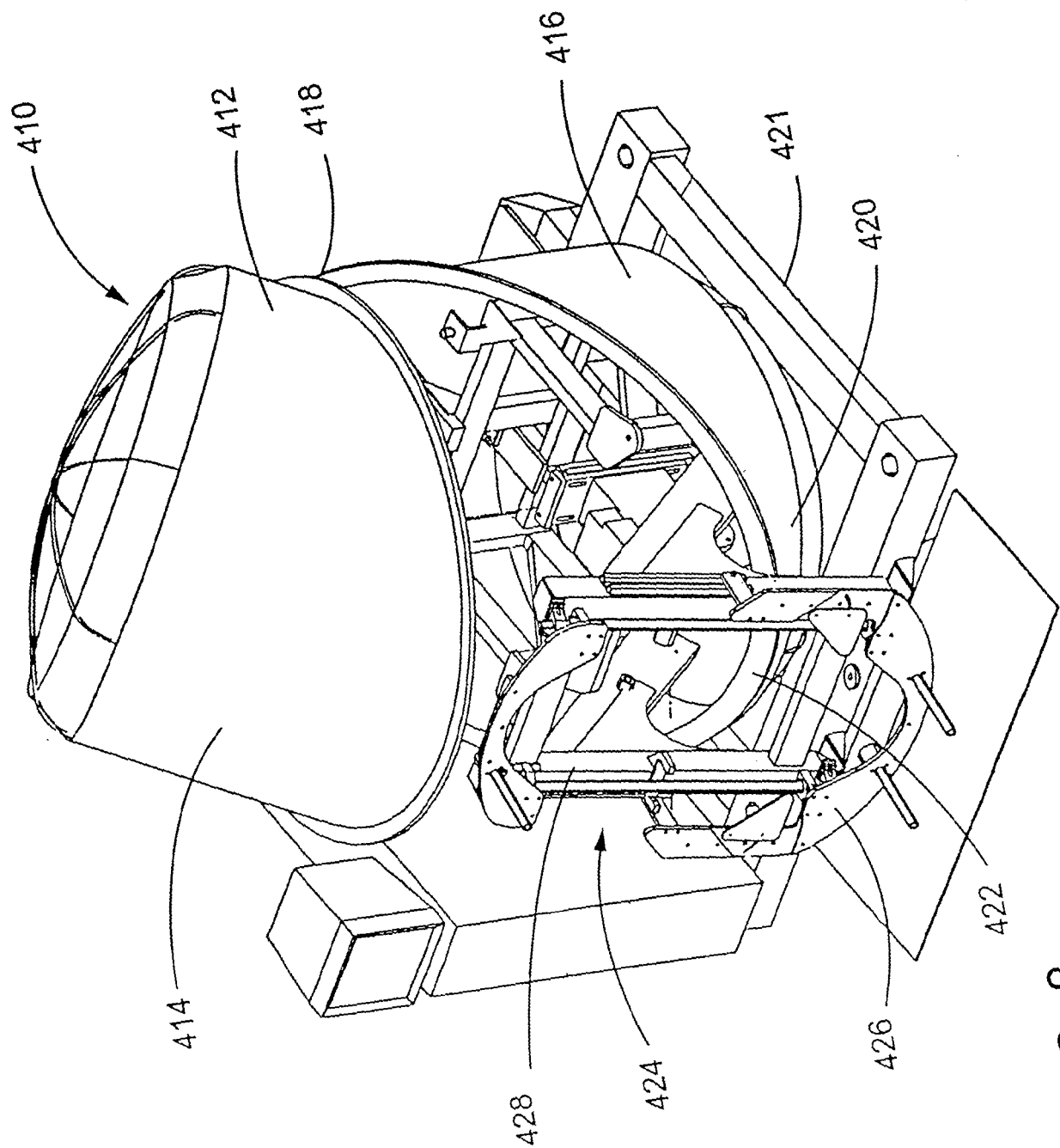


FIG. 8

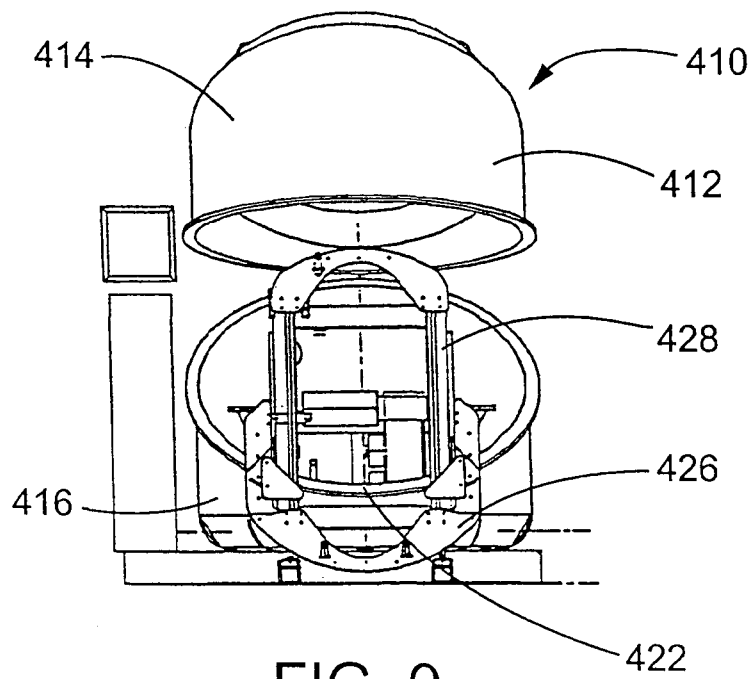


FIG. 9

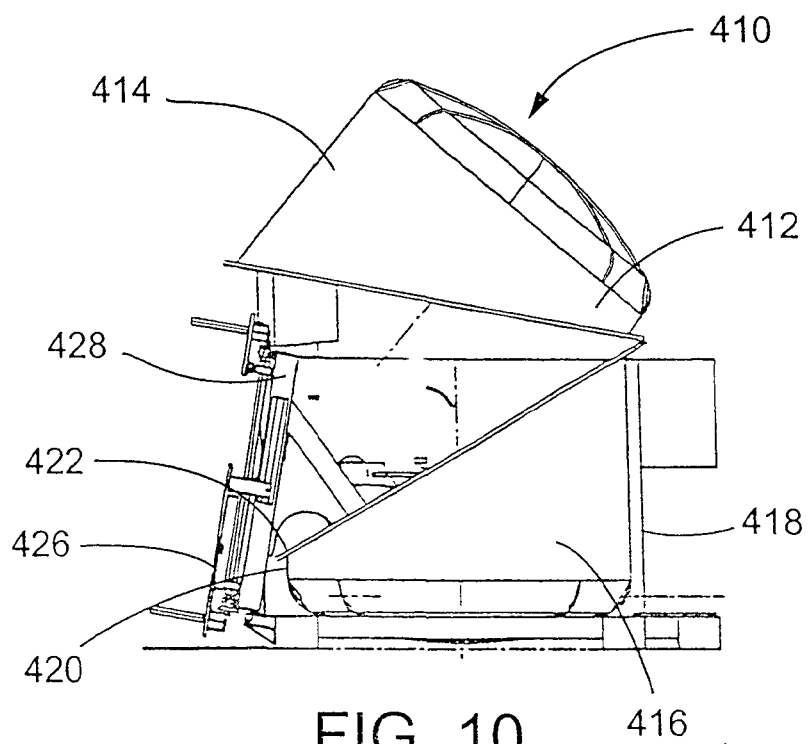
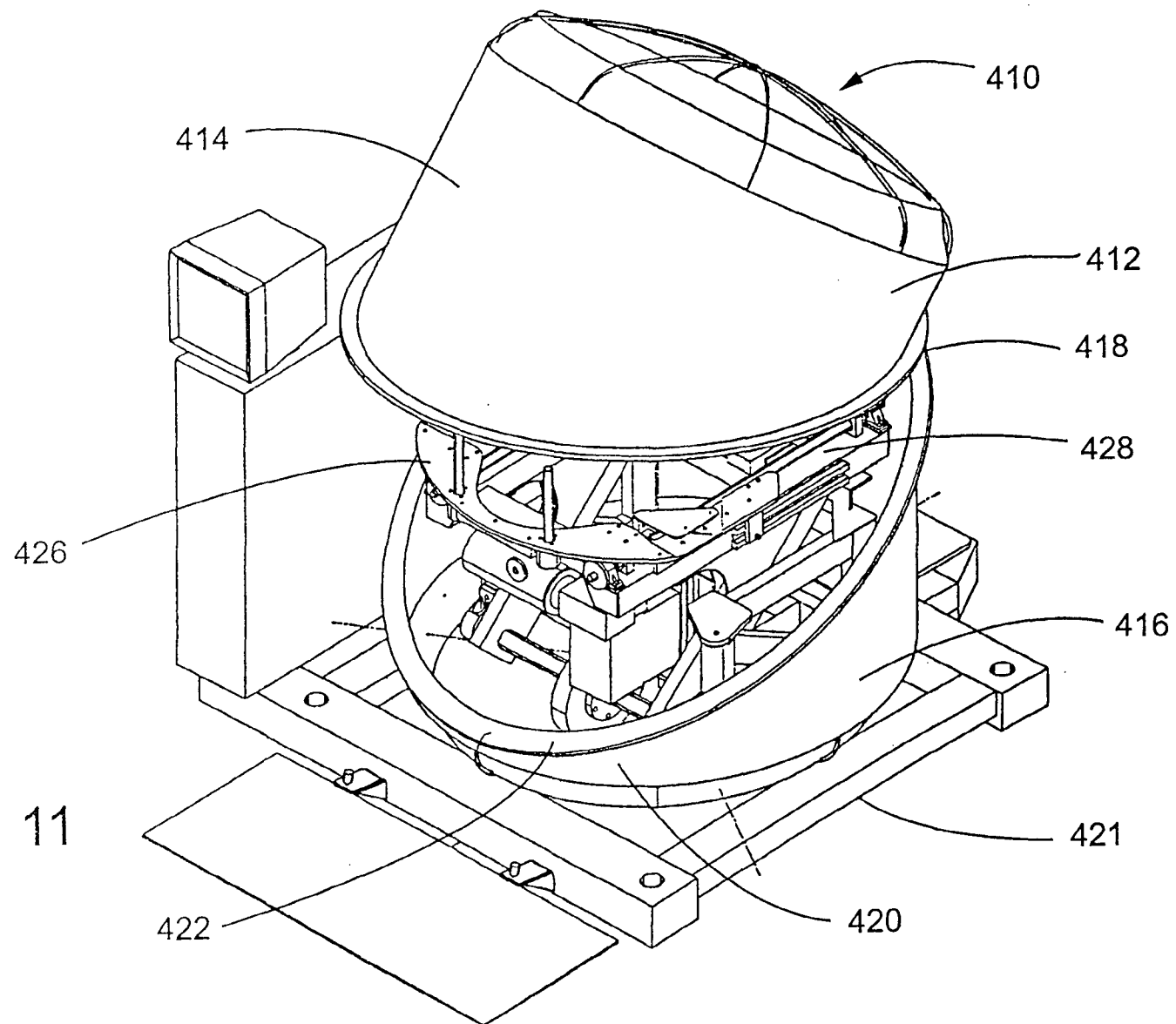


FIG. 10

FIG. 11



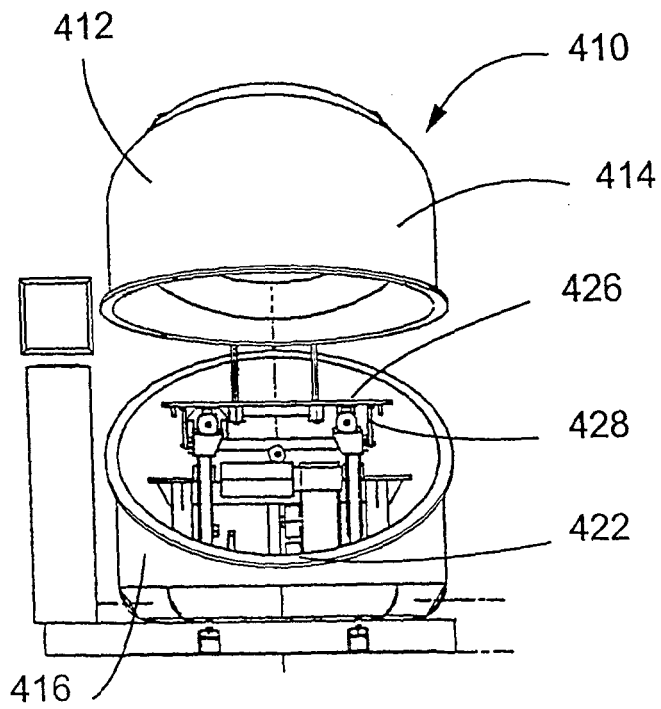


FIG. 12

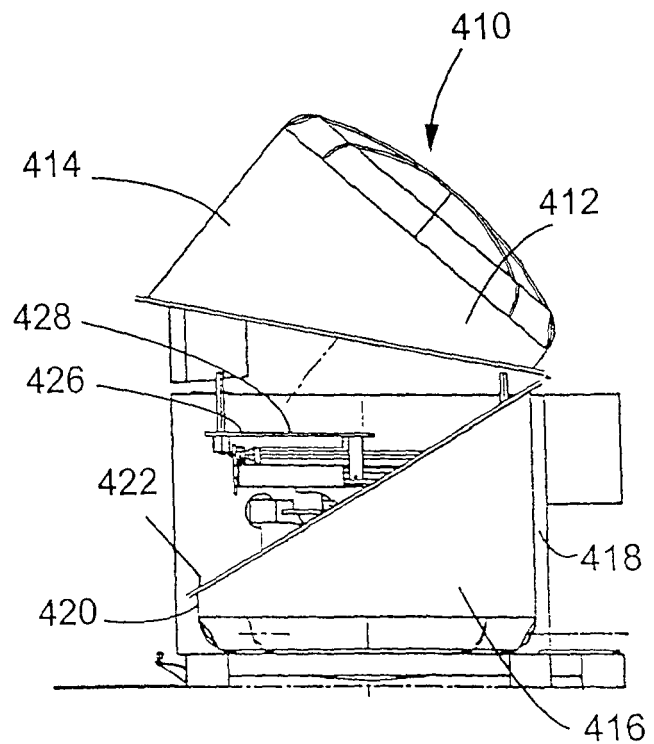


FIG. 13

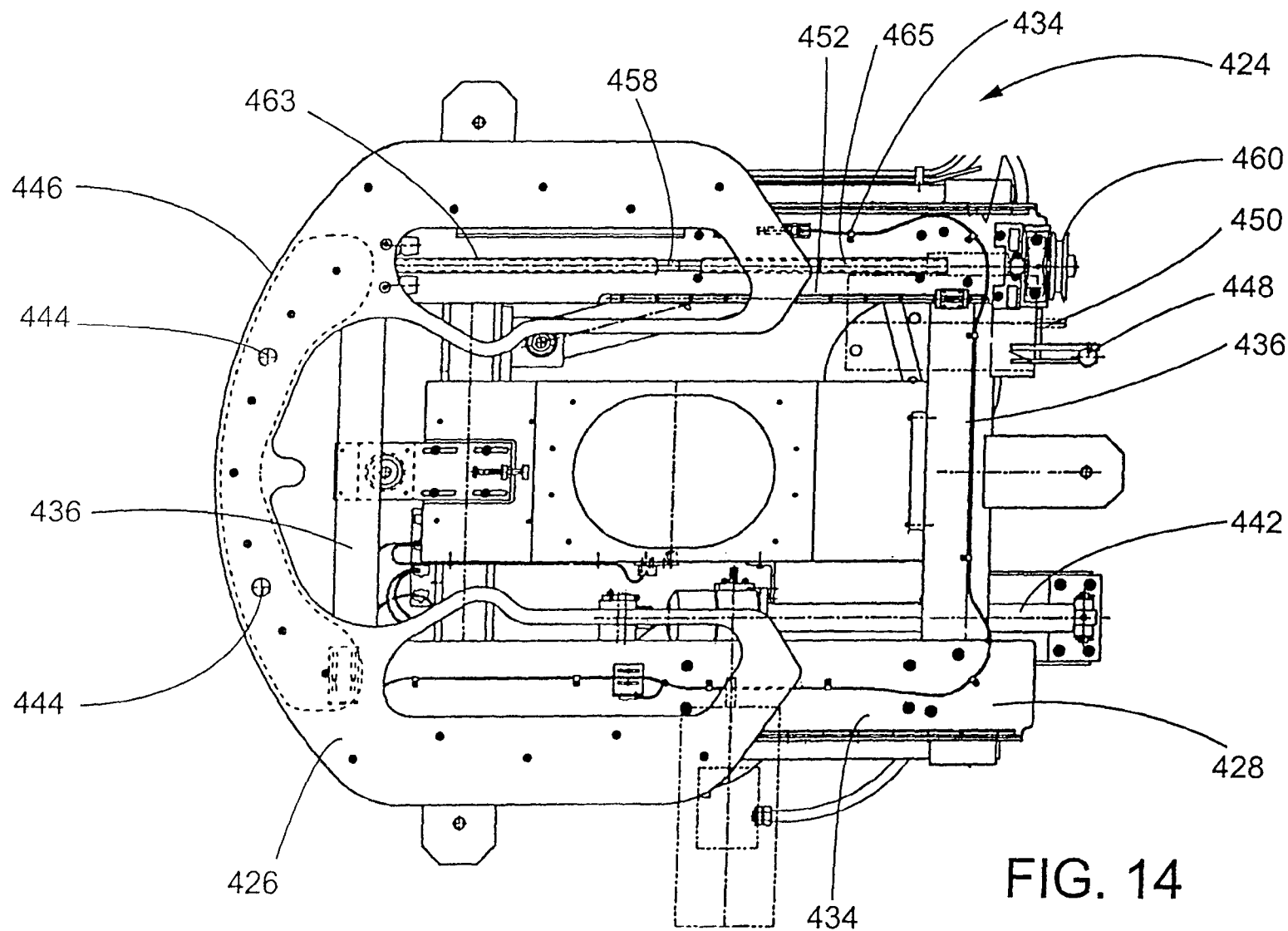


FIG. 14

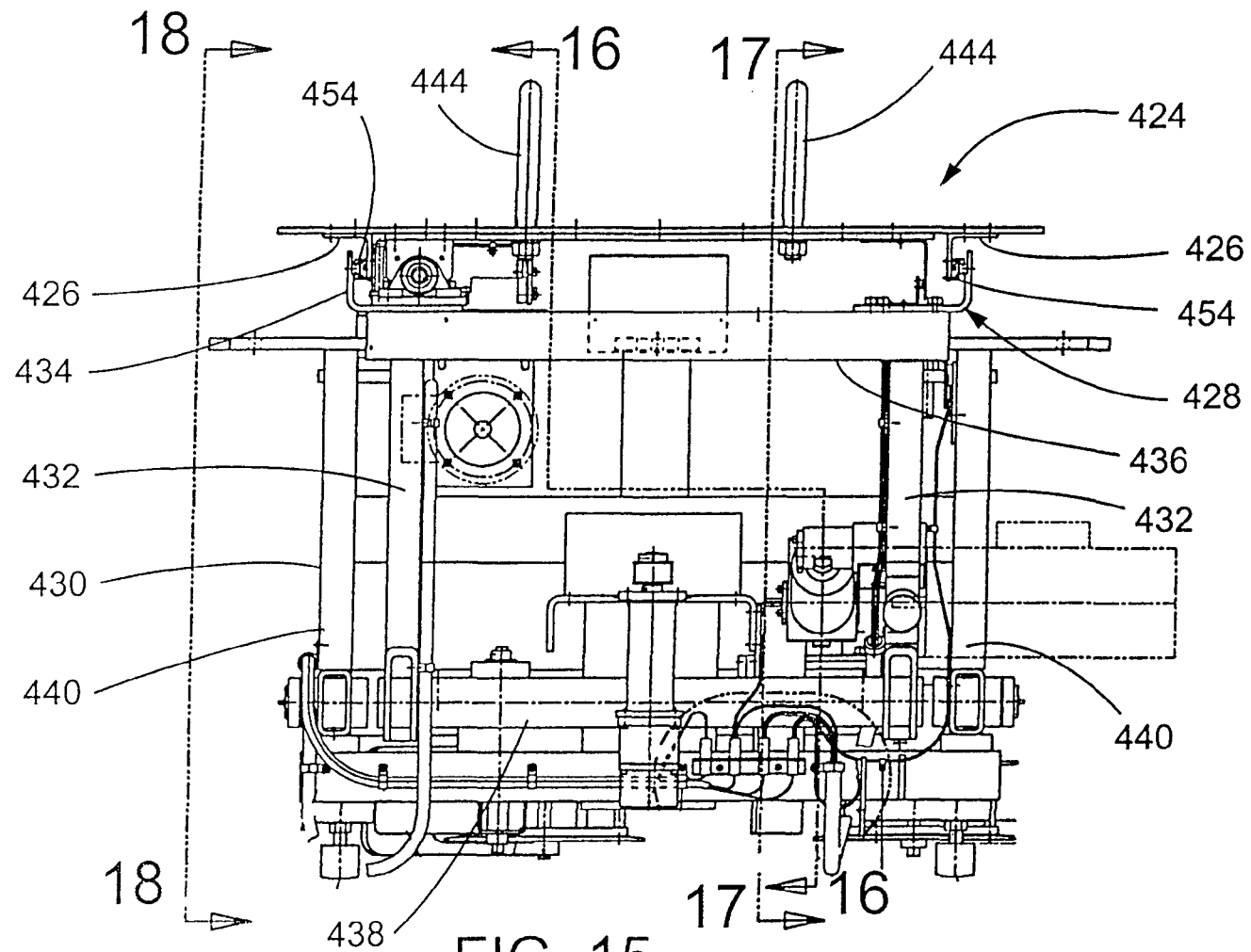


FIG. 15

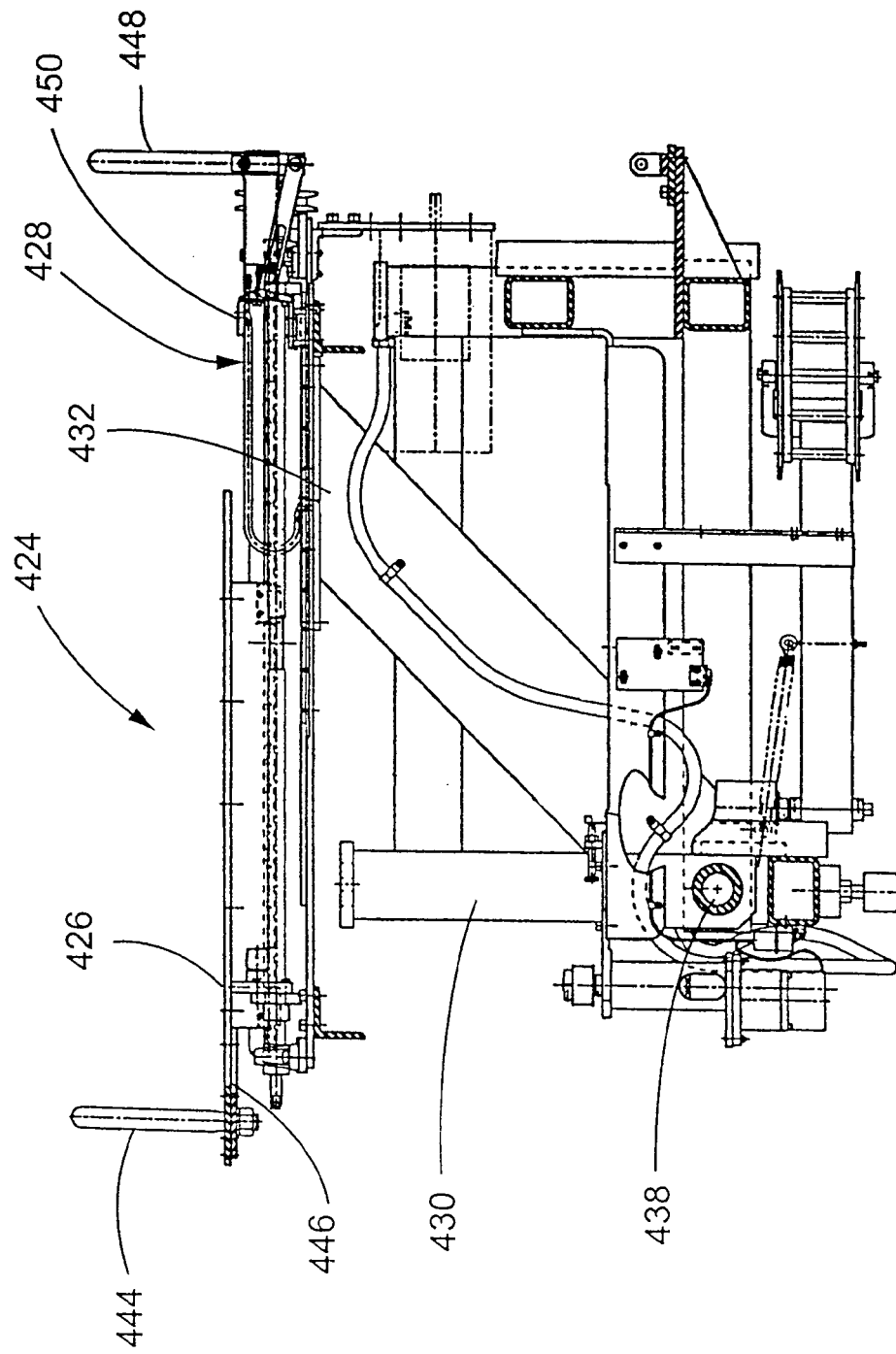


FIG. 16

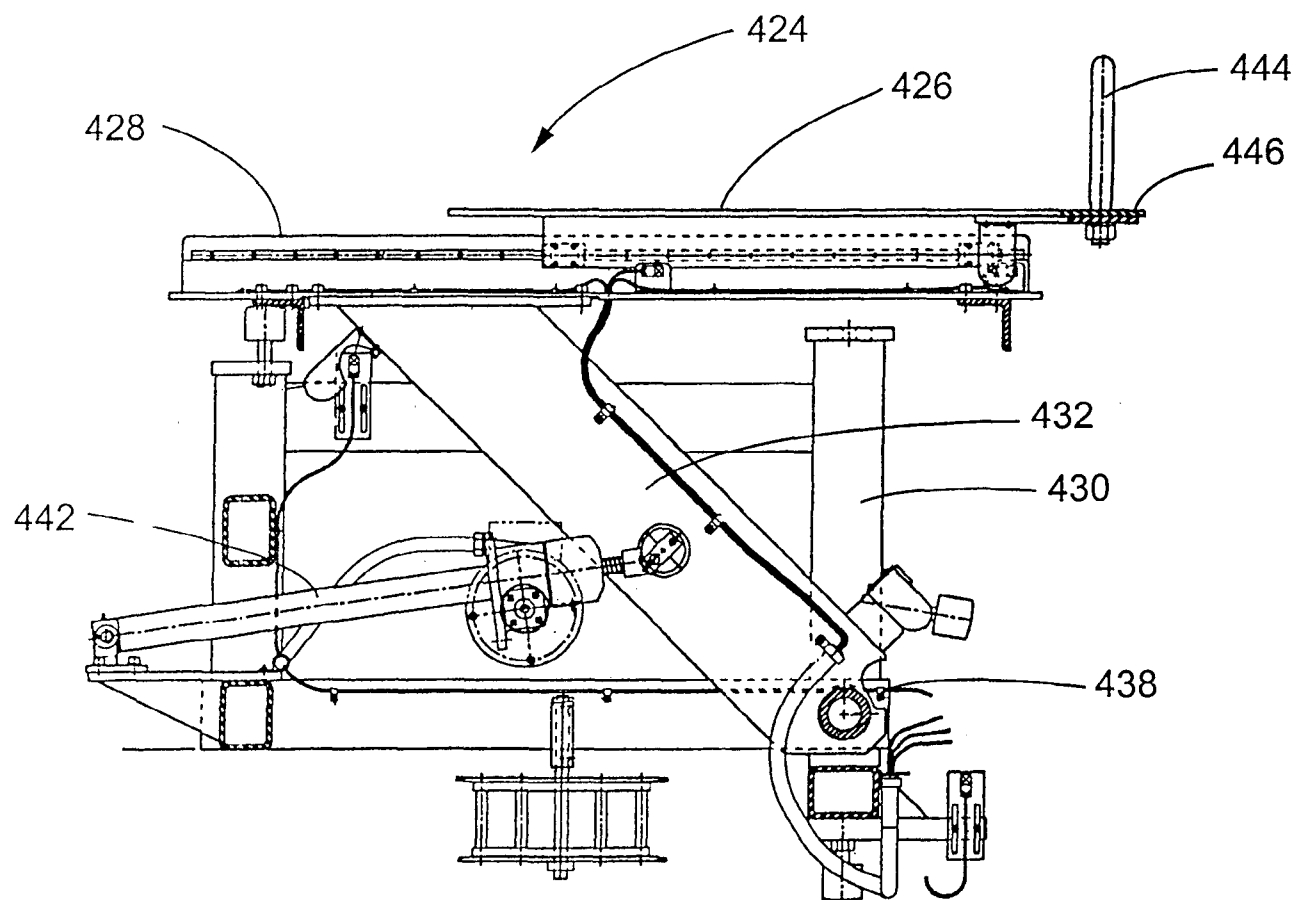


FIG. 17

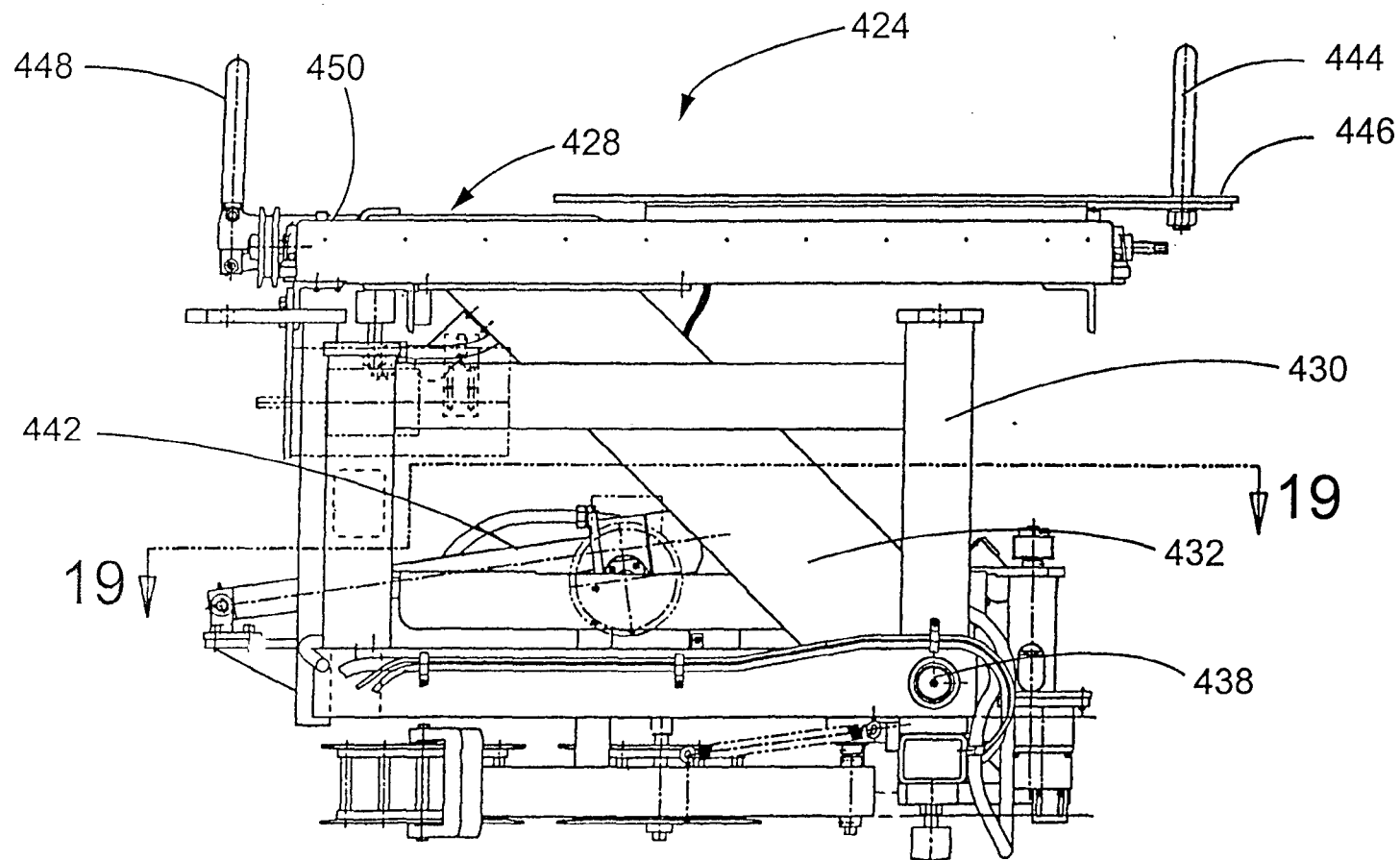


FIG. 18

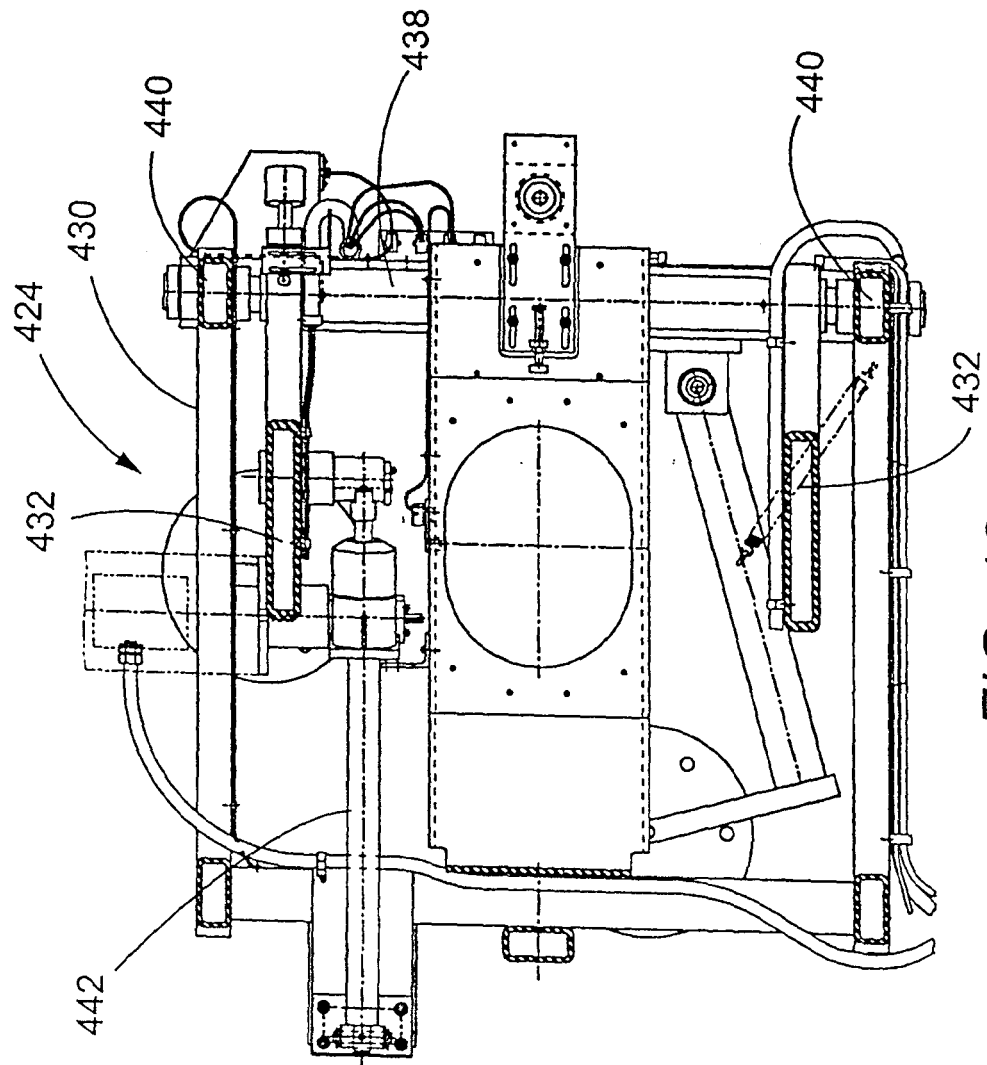


FIG. 19

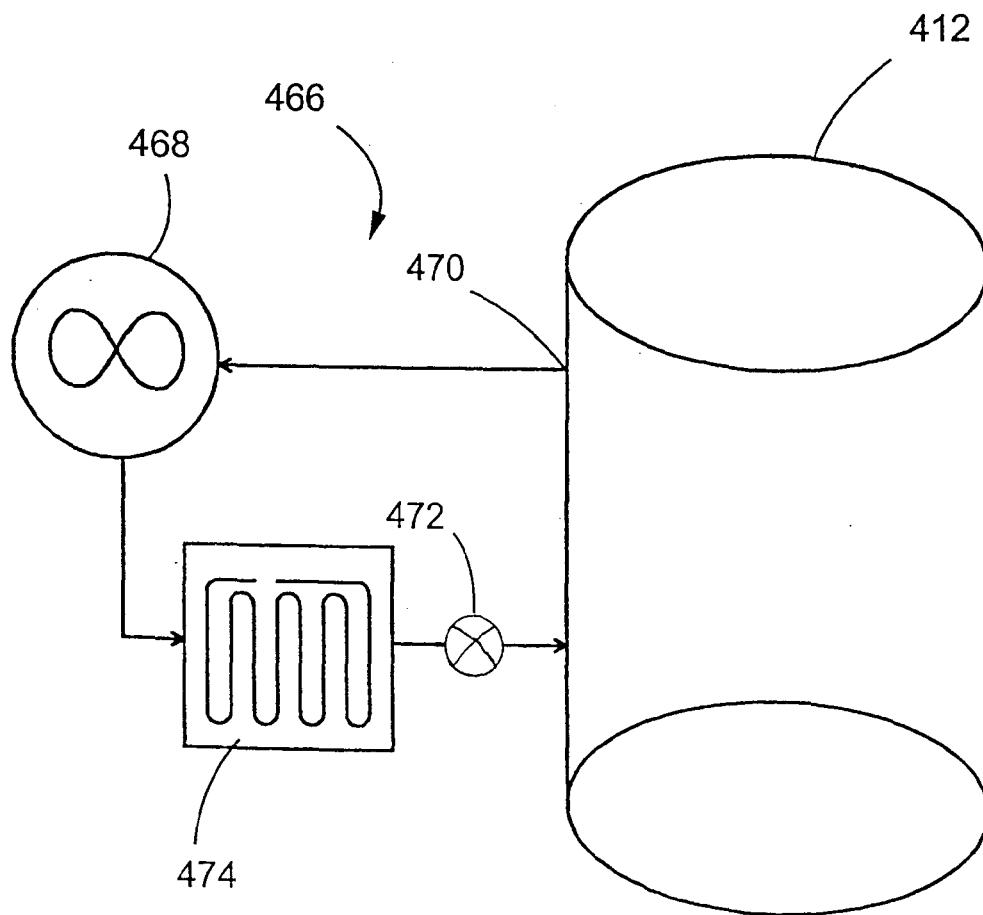


FIG. 20