



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

(11) PI 0813532-0 B1



(22) Data do Depósito: 17/07/2008

(45) Data de Concessão: 08/06/2021

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO PARA CAPTURAR, MEDIR E ANALISAR PARÂMETROS DE RODA DE MATERIAL RODANTE E MÉTODO PARA PROVER UM SISTEMA PARA CAPTURAR, MEDIR E ANALISAR PARÂMETROS DE RODA DE MATERIAL RODANTE

(51) Int.Cl.: E01B 29/04.

(30) Prioridade Unionista: 17/07/2007 US 60/950,216.

(73) Titular(es): LYNXRAIL CORPORATION.

(72) Inventor(es): KRZYSZTOF KILIAN; VLADIMIR MAZUR; STUART HALL.

(86) Pedido PCT: PCT US2008070318 de 17/07/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/012380 de 22/01/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 18/01/2010

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODO PARA ANALISAR RODAS DE MATERIAL RODANTE. Um sistema e um método exemplificativos para analisar rodas de material rodante que ajude a permitir que uma roda seja analisada em velocidade, reduzindo quaisquer necessidades de inspeções manuais ou de outros retardes relacionados. Um sistema exemplificativo pode incluir uma ou mais luzes estroboscópicas e uma ou mais câmeras de alta velocidade para capturar imagens das rodas de material rodante em velocidade. As imagens podem incluir um ou mais marcadores para auxiliar na análise dos vários parâmetros da roda de material rodante. O sistema exemplificativo pode incluir uma ou mais placas de iluminação indireta para auxiliar na iluminação das rodas de material rodante e/ou de um ou mais marcadores

**SISTEMA E MÉTODO PARA CAPTURAR, MEDIR E ANALISAR PARÂMETROS
DE RODA DE MATERIAL RODANTE E MÉTODO PARA PROVER UM SISTEMA
PARA CAPTURAR, MEDIR E ANALISAR PARÂMETROS DE RODA DE
MATERIAL RODANTE**

5 Esse pedido de patente de invenção reivindica
prioridade do pedido de patente provisional US nº
60/950.216, depositado em 17 de julho de 2007, que é
incorporado aqui como referência em sua totalidade.

FUNDAMENTOS

10 Campo

A presente invenção refere-se a um sistema e método
para a análise de rodas de material rodante (estrada de
ferro). A presente invenção, mais especificamente, refere-
se a um sistema e método envolvendo múltiplas câmeras e
15 iluminação para medir os perfis de tais rodas.

Estado da técnica relacionada

O material rodante de uma ferrovia, tal como carros
caixa, carros planos, carros tanque, carros tremonha,
vagões abertos, transportadores de ferro gusa para carros
20 reboque, semi-tratores e/ou receptáculos, carros de
passageiros, e similares, são sujeitos a desgaste, fadiga e
similar. Isso é especialmente verdadeiro para as rodas e
caminhões de tal material rodante. Desse modo, é
tipicamente necessário ou desejável inspecionar tal
25 material rodante e, especialmente, os caminhões e rodas de
tal material rodante, ocasionalmente para assegurar que o
material rodante permaneça seguro para uso e não seja
experimentada uma quebra ou ruptura no intervalo entre a
inspeção atual e a próxima inspeção daquela peça de
30 material rodante.

Tradicionalmente, tais inspeções eram executadas manualmente. Não somente tal inspeção manual é demorada e dispendiosa, quanto é difícil assegurar que uma dada peça de material rodante tenha sido inspecionada em qualquer
5 programação razoável.

Conseqüentemente, como mencionado nas patentes US 6.911.914; 6.909.514; 6.872.945; 6.823.242; 6.768.551; 5.793.492; 5.677.533; 5.596.203; 5.448.072; 5.247.338; 3.253.140 e 3.206.596, cada uma das quais é aqui
10 incorporada como referência a esses ensinamentos, ao longo de trinta anos, vários sistemas e métodos foram desenvolvidos para automaticamente inspecionar vários aspectos e parâmetros de material rodante de estrada de ferro, tal como temperatura das rodas de ferrovias e
15 mancais, superfícies quentes de carros de ferrovia, perfis de rodas e similares. Convencionalmente, tais sistemas e métodos têm usado sensores passivos que geram um sinal de variação temporal de uma dimensão, conforme o material rodante passa pelo sensor. Para prover uma informação
20 dimensional adicional, sensores múltiplos podem ser dispostos tanto ao longo quanto perpendicular ao trilho da ferrovia. Mais recentemente, sistemas com base óptica que geram imagem bi dimensionais de vários componentes de material rodante de ferrovia, tal como rodas, conjuntos de
25 caminhões, corpos de carros de material rodante similar, têm sido usados para inspecionar tal material rodante.

Alguns sistemas com base óptica proporcionam um sistema de medição de perfil de roda de material rodante com base em laser. Tais sistemas (freqüentemente instalados
30 em um lado de passagem) tipicamente derivam de medições do

perfil da roda pela projeção de linhas de laser em uma superfície da roda e, então, capturam uma imagem da superfície da roda com a linha de laser projetada sobre a mesma. Contudo, tais sistemas conhecidos não percebem
5 certas características vantajosas (e/ou combinações das características).

Por exemplo, a acuidade das medições obtidas usando tais sistemas de laser é altamente dependente da calibragem dos sistemas. Mesmo pequenas mudanças no ajuste e/ou
10 calibragem podem não ser detectáveis imediatamente, portanto, aumentando o risco de dados não confiáveis. A revisão visual ou outros procedimentos manuais de um objeto capturado na imagem é difícil devido ao fato de que qualquer imagem obtida usando tais sistemas é direcionada
15 principalmente para uma linha de laser projetada no objeto, ao invés de uma imagem do próprio objeto. Como resultado, qualquer de tal processo é difícil, não confiável e tem valor reduzido. Por exemplo, os sistemas conhecidos tipicamente derivam de certos parâmetros de roda (tal como,
20 rodas vazadas) ao assumir que devido ao fato de que os parâmetros das rodas podem não ser claramente visto nas imagens capturadas por tais sistemas.

Tais sistemas conhecidos freqüentemente requerem calibração corrente do objeto a ser medido. Se o objeto
25 real sendo medido diferir do objeto que foi calibrado, então irão ocorrer erros. Adicionalmente, os padrões de rodas vazadas tipicamente variam em tamanho, tal variação tipicamente requer a interpolação e/ou a extrapolação, que podem introduzir em erros.

30 O aparelho de tais sistemas é tipicamente sujeito a

vibração ao passar pelo material rodante. Grandes vibrações podem resultar em movimento incluindo o movimento relativo entre a linha de laser e o centro óptico do aparelho de captura de imagem. Tais vibrações e movimentos podem levar a, ou resultar em erro.

Adicionalmente, a linha de laser de tais sistemas conhecidos pretendidos para se sobreporem ao material relativo da roda de material rodante podem, ao contrário, sobrepor os materiais estranhos que não são parte da roda (por exemplo, graxa nos flanges de lubrificadores, etc.). Devido ao fato de que o processamento típico dos algoritmos assume que a linha de laser sobrepõe somente o material relativo da roda, o material estranho pode afetar negativamente a acuidade e a confiabilidade de quaisquer medidas obtidas a partir de tais sistemas.

Os lasers de tais sistemas conhecidos também apresentam um dano de segurança potencial. Apesar de que tais sistemas incluem medidas protetoras na hipótese de uma falha do sistema, tais medidas protetoras não podem eliminar o risco da exposição ao laser.

Seria desejável prover um sistema, método ou similar para capturar, medir e/ou analisar parâmetros de roda de material rodante do tipo descrito no presente pedido que inclua qualquer uma ou mais dessas ou de outras características vantajosas: um sistema e/ou método que não dependa substancialmente da calibragem detalhada do sistema ou do objeto a ser medido; um sistema e/ou método que seja pouco afetado pelos materiais estranhos que não são parte da roda de material rodante original; um sistema e/ou método que não utilize lasers e, portanto, elimine o risco

de exposição a tais lasers; e um sistema e/ou método que não necessite derivar os parâmetros de roda ao assumir, mais ao contrário, pode acuradamente medir parâmetros da roda completos incluindo a roda vazada.

5 Tais sistemas e métodos para capturar, medir e/ou analisar os parâmetros de roda de material rodante podem ser vantajosos por um número de razões. Essas razões incluem permitir que os sistemas ou as estações de inspeção que utilizam tais sistemas, sejam localizados em pontos
10 onde a maioria do material rodante seja provavelmente inspecionada em intervalos razoáveis, tal como as entradas ou saídas dos campos de ferrovia, sem ter que, de forma significativa, envolver o pessoal da ferrovia na atual inspeção. Adicionalmente, tais sistemas e métodos são
15 definidos para inspecionar o material rodante em velocidade. Isso é, a inspeção pode ocorrer enquanto o material rodante se move em sua taxa normal de viagem passando pela estação de inspeção. Em contraste, inspeções manuais tipicamente requerem que o material rodante seja
20 parado para permitir que o acesso do pessoal da ferrovia a vários componentes para fazer as medições. Ao permitir que o material rodante se mova em uma velocidade através da estação de inspeção, a inspeção pode ocorrer sem substancialmente afetar de forma negativa a programação de
25 um trem particular, assim reduzindo os custos da invenção e os retardos no transporte de mercadorias.

Adicionalmente, tais sistemas e métodos podem evitar limitações diversas e/ou desvantagens dos sistemas com base em laser e/ou são inerentemente seguros dos que os sistemas
30 com base em laser.

SUMÁRIO

A presente invenção refere-se a um sistema para capturar, medir e/ou analisar os parâmetros das rodas rodantes compreendendo uma primeira câmera de flange provida adjacente a um lado de pista de um primeiro trilho, em que a primeira câmera de flange é posicionada para capturar uma imagem de pelo menos uma parte de uma primeira roda acima do primeiro trilho; uma primeira câmera de aro interno provida adjacente a um lado de pista de um segundo trilho, em que a primeira câmera de aro interno é posicionada para capturar uma imagem de pelo menos uma parte da primeira roda; uma primeira câmera de aro externo provida adjacente a um lado de campo do primeiro trilho, em que a primeira câmera de aro externo é posicionada para capturar uma imagem de pelo menos uma parte da primeira roda incluindo pelo menos uma parte de um diâmetro interno da primeira roda; pelo menos uma luz estroboscópica posicionada para ajudar a iluminar pelo menos uma parte da primeira roda; e pelo menos uma placa de iluminação indireta provida adjacente ao lado de pista do primeiro trilho e posicionada para refletir a luz na direção da primeira roda.

A presente invenção refere-se a um método para capturar, medir e analisar parâmetros de roda de material rodante, compreendendo refletir a luz na direção de uma primeira roda com uma placa de iluminação indireta provida adjacente a um lado de pista de um primeiro trilho; capturar uma imagem de pelo menos uma parte da primeira roda acima do primeiro trilho com uma primeira câmera de flange provida adjacente ao lado de pista do primeiro

trilho; capturar uma imagem de pelo menos uma parte da primeira roda acima do primeiro trilho com uma primeira câmera de aro interno provida adjacente a um lado de pista de um segundo trilho; e capturar uma imagem de pelo menos
5 uma parte da primeira roda acima do primeiro trilho, incluindo pelo menos uma parte de um diâmetro interno da primeira roda, com uma primeira câmera de aro externo provida adjacente a um lado de campo do primeiro trilho.

A presente invenção refere-se a um método para prover
10 um sistema para capturar, medir e analisar parâmetros de roda de material rodante, compreendendo posicionar e orientar uma primeira câmera de flange adjacente a um lado de pista de um primeiro trilho para capturar uma imagem de pelo menos uma parte de uma primeira roda acima do primeiro
15 trilho; posicionar e orientar uma primeira câmera de aro interno adjacente a um lado de pista de um segundo trilho para capturar uma imagem de pelo menos uma parte da primeira roda acima do primeiro trilho; posicionar e orientar uma primeira câmera de aro externo adjacente a um
20 lado de campo do primeiro trilho para capturar uma imagem de pelo menos uma parte da primeira roda acima do primeiro trilho; posicionar e orientar pelo menos uma luz estroboscópica, tal que a pelo menos uma luz estroboscópica ajude a iluminar pelo menos uma parte da primeira roda; e
25 posicionar e orientar pelo menos uma placa de iluminação indireta adjacente ao lado de pista do primeiro trilho para refletir a luz na direção da primeira roda.

Essas e outras características e vantagens das várias modalidades exemplificativas dos sistemas e métodos de
30 acordo com essa invenção são descritos em, ou são aparentes

a partir, das descrições detalhadas a seguir das várias modalidades exemplificativas dos vários dispositivos, estruturas, e/ou métodos de acordo com essa invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

5 As várias modalidades exemplificativas dos sistemas e dos métodos de acordo com essa invenção irão ser descritos em detalhes, com referência às figuras a seguir, em que:

 A Figura 1 é uma vista em corte de uma parte de um cabeçote de roda em um trilho.

10 A Figura 2 é uma vista em corte parcial de um perfil de roda de uma roda de material rodante posicionada em um trilho.

 A Figura 3 é uma vista superior de uma modalidade exemplificativa de um sistema para capturar, medir e/ou
15 analisar os parâmetros de roda de material rodante.

 A Figura 4 ilustra uma imagem que pode ser produzida por uma câmera de flange de uma modalidade exemplificativa de um sistema para capturar, medir e/ou analisar os parâmetros de roda do material rodante.

20 A Figura 5 ilustra uma imagem que pode ser produzida por uma câmera de aro interno de uma modalidade exemplificativa de um sistema para capturar, medir e/ou analisar os parâmetros da roda de material rodante.

 A Figura 6 ilustra uma imagem que pode ser produzida
25 por uma câmera de aro externo de uma modalidade exemplificativa de um sistema para capturar, medir e/ou analisar os parâmetros de roda de material rodante.

 A Figura 7 é uma vista em corte parcial de um elemento de iluminação indireta e marcadores posicionados em torno
30 de um trilho e um cabeçote de roda.

A Figura 8 é uma fotografia produzida por uma câmera de flange de uma modalidade exemplificativa de um sistema para capturar, medir e/ou analisar parâmetros de roda de material rodante.

5 A Figura 9 é uma fotografia produzida por uma câmera de flange de uma modalidade exemplificativa de um sistema para capturar, medir e/ou analisar parâmetros de roda de material rodante, cujo sistema inclui um elemento de iluminação indireto.

10 Deve ser entendido que os desenhos não estão necessariamente em escala. Em certas circunstâncias, os detalhes que não são necessários para uma compreensão da invenção ou que passem outros detalhes difíceis de se perceber podem ter sido omitidos. Deve ser entendido,
15 claro, que a invenção não está necessariamente limitada às modalidades particulares ilustradas aqui.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Uma ferrovia pode conter dezenas de milhares, se não mais, de peças de material rodante. Tal material rodante
20 inclui ambas as locomotivas e frete e/ou carros de passageiros. Tipicamente, uma ferrovia contém dezenas de diferentes tipo de carros para frete, tal como carros caixa, carros tanque, vagões abertos, tremonhas, carros plano, carros planos para ferro gusa, transportadores de
25 recipientes, carros para gado vivo e similares. Se uma ferrovia proporciona serviço para passageiros, o material rodante pode conter carros de passageiros, carros de bagagens, carros de correio, carros dormitórios, carros restaurantes, carros observatórios, e similares.
30 Inspeccionar material rodante é tipicamente problemático

(por exemplo, devido a sua natureza móvel). Conseqüentemente, conforme citado nas patentes US acima incorporadas, inspecionar material rodante automaticamente conforme ele passa por uma estação de inspeção pode ser
5 mais eficiente do que a inspeção manual do material rodante.

Conforme mencionado acima, enquanto a inspeção manual do material rodante pode proporcionar uma medição muito precisa e acurada dos vários parâmetros associados com o
10 material rodante, tais medições manuais são demoradas e dispendiosas. A inspeção manual requer não somente treinamento de pessoal, a inspeção manual requer a parada de um trem contendo o material rodante por um determinado período de tempo. Devido ao fato de que as ferrovias
15 recebem dividendos ao movimentar mercadorias de um local para o outro, o retardo para efetuar a inspeção do material rodante pode impactar negativamente a ferrovia (por exemplo, reduzir diretamente os rendimentos recebidos pela ferrovia).

20 Em várias modalidades, os sistemas incluindo visão de máquina ausente de quaisquer linhas de laser são utilizado devido às desvantagens conhecidas da tecnologia e dos sistemas de linha de laser. Os sistemas com base em laser complicam desnecessariamente as medições de perfil de roda
25 e aumentar os riscos de medições errôneas. Adicionalmente, os sistemas incluindo laser também apresentam um risco na segurança potencial (risco de exposição ao laser no caso de qualquer falha do sistema protetor).

Em várias modalidades, o sistema relacionado na
30 presente invenção utiliza câmeras de iluminação

estroboscópica e de velocidade de luz (sem lasers) para capturar os parâmetros das rodas de material rodante. Em várias modalidades, o sistema proporciona medições acuradas do perfil completo e de cabeçote de roda da roda, incluindo
5 as medições de roda vazada. O sistema não requer suposições para derivar os parâmetros de roda, mas usa os parâmetros capturados a partir de imagens, desse modo, aperfeiçoando as práticas de manutenção das ferrovias pela provisão das operações da ferrovia com um perfil de roda confiável e de
10 fácil manutenção e sistema de medição de parâmetro de roda, e aumentando a segurança das operações de ferrovia. Em adição, o sistema é capaz de medir todas as rodas as rodas de uma variedade de material rodante trafegando em velocidade normal, por exemplo, pelo menos 60 milhas por
15 hora (96,54 Km por hora).

A Figura 1 ilustra uma vista em corte transversal de um cabeçote de roda de material rodante 100 sobre um trilho 110. O cabeçote de roda 100 tipicamente inclui um aro 120 e um flange 130. O cabeçote de roda 100 também tipicamente
20 inclui uma superfície de rodagem 140, que geralmente inclui uma parte de aro 120 em contato com o trilho 110. Devido ao fato de que as rodas são conhecidas para se moverem com relação a um trilho, a superfície de rodagem 140 de uma roda pode ser mais larga do que um trilho e pode mudar ao
25 longo do tempo e/ou durante o uso.

A Figura 2 ilustra um perfil de roda 150 de uma roda de material rodante acima de um trilho. Se um perfil de roda 150 é acuradamente conhecido ou mensurável, uma variedade de parâmetros de roda, tal como a espessura do
30 aro, peso e largura do flange 130 e da roda vazada podem

ser determinados. A roda vazada é geralmente considerada uma redução na espessura do aro substancialmente próxima à superfície de rodagem 140 do cabeçote da roda. O perfil da roda 150 ilustrado na Figura 2 exibe uma roda vazada.

5 A Figura 3 ilustra uma modalidade exemplificativa de uma estação de inspeção 200, como um sistema para capturar, medir e/ou analisar os parâmetros de roda de material rodante de acordo com essa invenção. Como ilustrado na Figura 3, em uma modalidade exemplificativa, a estação de
10 inspeção 200 compreende uma seção 210 de uma trajetória onde uma variedade de dispositivos de captura de imagem, incluindo uma primeira câmera de flange 220 e uma segunda câmera de flange 221, uma primeira câmera de aro interno 222, e uma segunda câmera de aro interno 223, uma primeira
15 câmera de aro externo 224 e uma segunda câmera de aro externo 225 estão localizados. Em várias modalidades exemplificativas, a estação de inspeção 200 também inclui uma iluminação estroboscópica 160 e um ou mais sistemas de gatilho em comunicação com uma ou mais câmeras e/ou com a
20 iluminação estroboscópica 160. O sistema pode também incluir uma ou mais unidades de processamento de dados e/ou um ou mais links de comunicação em comunicação com pelo menos uma das câmeras.

 Como também é ilustrado na Figura 3, em uma
25 modalidade, a seção 210 da trajetória inclui partes de um primeiro trilho 212 e de um segundo trilho 213, que são providos em um ou mais dormentes 214. Os dormentes 214 podem ser engastados em uma massa de lastro 216. Os trilhos 212, 213 podem ser conectados aos dormentes 214 usando
30 qualquer técnica e/ou dispositivo conhecido ou recentemente

desenvolvido. Como ilustrado na Figura 3, os dispositivos de captura de imagem podem ser localizados fora de um ou de ambos os trilhos 212, 213 (isto é, localizados em um lado do campo de um ou de ambos os trilhos 212, 213) e/ou entre os trilhos 212, 213 (isto é, localizados em um lado da trajetória dos trilhos 212, 213).

Em várias modalidades exemplificativas, os vários dispositivos de captura de imagem tal como as câmeras 220-225 ilustradas na Figura 3, utilizadas no sistema são posicionadas e/ou anguladas para capturar pelo menos partes dos cabeçotes de roda das rodas de um ou mais conjuntos de roda. Em várias modalidades exemplificativas, os vários dispositivos de captura de imagem utilizados no sistema podem também ser posicionados e/ou localizados para ajudar a ampliar um ou mais objetos capturados.

Mais especificamente, em várias modalidades exemplificativas, a primeira câmera de flange 220 e a segunda câmera de flange 221 são providas (por exemplo, localizadas e posicionadas) adjacentes ao lado da trajetória de um primeiro trilho 212 e de um segundo trilho 213, respectivamente, e apontando substancialmente um flange de uma primeira roda e um flange de uma segunda roda de um conjunto de rodas, respectivamente, e localizados e posicionados de modo que o conjunto de roda pode passar sem contatar ambas as câmeras 220, 221.

Do mesmo modo, em várias modalidades exemplificativas, uma primeira câmera de aro interno 222 é provida entre o primeiro trilho 212 e o segundo trilho 213 (por exemplo, adjacente ao lado da trajetória do segundo trilho 213) e orientada (por exemplo, ligeiramente em um ângulo vertical

e um ângulo horizontal) para permitir que a primeira câmera de aro interno 222 capture uma imagem de pelo menos uma parte de um aro da primeira roda, enquanto a segunda câmera de aro interno 223 é provida entre o primeiro trilho 212 e o segundo trilho 213 (por exemplo, adjacente ao lado de trajetória do primeiro trilho 212) e orientada (por exemplo, ligeiramente em um ângulo vertical e um ângulo horizontal) para permitir que a segunda câmera de aro interno 223 capture uma imagem de pelo menos uma parte de um aro da segunda roda.

Enquanto isso, em várias modalidades exemplificativas, uma primeira câmera de aro externo 224 e uma segunda câmera de aro externo 225 são providas no lado de campo do primeiro trilho 212 e do segundo trilho 213, respectivamente, e orientadas (por exemplo, ligeiramente em um ângulo vertical e ângulo horizontal) para permitir que a primeira câmera de aro externo 224 e a segunda câmera de aro externo 225 capturem uma imagem de pelo menos uma parte do aro de uma primeira roda e pelo menos uma parte do aro de uma segunda roda, respectivamente.

Deve ser entendido que os dispositivos de captura de imagem podem ser posicionados, orientados e alinhados em qualquer número de formas. Em várias modalidades exemplificativas, contudo, os dispositivos de captura de imagem são posicionados, alinhados e orientados para ajudar a permitir que os dispositivos de captura de imagem capturem precisamente uma área de interesse, por exemplo, a maior parte do perfil de uma roda.

Deve também ser observado que em vários dispositivos de captura de imagem, tal como as câmeras 220-225, pode ser

implementada pela incorporação de um ou mais sistemas de imagem distintos fisicamente, tal como câmeras digitais completas, em um corpo do dispositivo de captura de imagem. Em uma modalidade, os vários dispositivos de captura de
5 imagem podem ser implementados com uma pluralidade de sistemas de captura de imagem independentes fisicamente, tal como câmeras digitais completas. Em uma modalidade, os vários dispositivos de captura de imagem podem ser implementados em um ou mais sistemas de imagem usando
10 conjuntos de lentes fisicamente distintos e equipamentos eletrônicos de captura de imagem, com armazenamento de dados comum, equipamentos eletrônicos de controle de entrada/saída e outros. Deve ser entendido que qualquer tipo ou tipos conhecidos ou posteriormente desenvolvidos de
15 sistema de captura de imagem podem ser usados para implementar qualquer um de ou alguns múltiplos e vários dispositivos de captura de imagem, incluindo as câmeras 220-225.

As Figuras 4 a 6 ilustram várias imagens que podem ser
20 capturadas por três câmeras do sistema pretendido para capturar imagens de uma ou mais rodas posicionadas substancialmente acima, por exemplo, de um segundo trilho (por exemplo, a segunda câmera de flange, a segunda câmera de aro interno e a segunda câmera de aro externo). Por
25 exemplo, como ilustrado nas Figuras 4 a 6, a maioria de um perfil de uma roda 250 pode ser visualizada e/ou medida utilizando as imagens produzidas pela segunda câmera de flange, a segunda câmera de aro interno e a segunda câmera de aro externo. Mais especificamente, como ilustrado na
30 Figura 6, pelo menos uma parte de um sistema interno da

roda 250 deve ser visível a partir da localização de uma câmera de aro externo, por exemplo, a segunda câmera de aro externo.

Devido à roda 250 ser posicionada no segundo trilho 213, a segunda câmera de flange, segunda câmera de aro interno e segunda câmera de aro externo podem não capturar qualquer das imagens da superfície de rodagem completa da roda 250. Contudo, qualquer parte da superfície de rodagem da roda 250 que não seja capturada nas imagens deve estar em contato substancialmente com o segundo trilho 213. Mais especificamente, a parte da superfície de rodagem da roda 250 deve estar em contato com o perfil do segundo trilho 213. O perfil do segundo trilho 213 pode ser medido acuradamente antes e depois da instalação do sistema de medição novamente em intervalos regulares, por exemplo, um trilho tipicamente desgasta vagarosamente e uma medição anular do perfil do trilho é geralmente considerada suficiente, mesmo sob condições muito pesadas de tráfego e uso. Devido ao perfil do segundo trilho 213 ser conhecido ou pelo menos mensurável, pela combinação do perfil do segundo trilho 213 com dados das imagens capturadas pela segunda câmera de flange 221, a segunda câmera de aro interno 223 e a segunda câmera de aro externo 225, uma 'imagem' substancialmente completa ou completa da superfície de rodagem da roda 250 pode ser construída ou determinada.

As 'imagens' completas das superfícies de rodagem de outras rodas trafegando em ambos os trilhos podem ser determinadas de forma similar. Em várias modalidades, a superfície de rodagem de um cabeçote de roda acima do

primeiro trilho pode ser determinada usando o perfil de trilho do primeiro trilho e as imagens capturadas pela primeira câmera de flange, a primeira câmera de aro interno e a primeira câmera de aro externo.

5 Adicionalmente, a partir das imagens e dos perfis de trilho conhecidos, podem ser feitas medições acuradas dos parâmetros da roda incluindo da roda vazada. Adicionalmente, um perfil de roda pode ser acuradamente determinado devido ao fato de que substancialmente todo o
10 cabeçote de roda é visível nas imagens coletadas. Todas as referencias necessárias do cabeçote de roda são visíveis, e usando algoritmo automático para o processamento de imagem, o perfil da roda e o cabeçote de roda podem ser determinados e todos os parâmetros do perfil da roda
15 medidos acuradamente, incluindo a roda vazada. Uma vez que o processamento dos algoritmos tiver determinado os parâmetros do cabeçote da roda, o processamento final dos algoritmos irá incluir a parte da roda que está em contato com o trilho, e assim permitir a determinação do perfil da
20 roda e todo o cabeçote da roda.

 Como ilustrado nas Figuras 3 a 9, o sistema pode também incluir um ou mais marcadores 260 providos em torno do primeiro e ou do segundo trilhos, tal como aqueles marcadores descritos no pedido de patente PCT número de
25 série PCT/US07/063499, cujo pedido é incorporado aqui como referência em sua totalidade. Devido a tais marcadores 260 poderem ser incluídos em uma ou mais imagens capturadas pelo sistema, o inter-relacionamento correto das imagens pode ser mais facilmente determinado e, como resultado,
30 podem ser obtidas medições acuradas dos parâmetros da roda

e do perfil da roda.

Mais especificamente, os marcadores 260 podem ser localizados em áreas a serem capturadas em imagens para capacitar a referência à parte superior do trilho ou a cada
5 uma das imagens. Isso pode assegurar medições mais acuradas dos parâmetros da roda (incluindo as rodas vazadas) e do perfil da roda.

Como ilustrado nas Figuras 3 e 6, o sistema da presente invenção pode também incluir um ou mais sensores
10 270 tal como aqueles descritos na patente US 7.278.305 e no pedido de patente número de série 60/588.910, que é incorporado aqui como referência em sua totalidade. Tais sensores 270 podem ser usados para determinar a existência de quaisquer variações de velocidade de cada conjunto de
15 roda em um trem. Em adição, tais sensores 270 podem ser usados para aperfeiçoar a temporização das câmeras e ajudar a assegurar que todas as imagens sejam capturadas a tempo. Adicionalmente, onde são conhecidas as distâncias das câmeras para os objetos capturados, todas as medições podem
20 ser corrigidas em qualquer ângulo de ataque ou trajetória dos objetos capturados.

Como ilustrado nas Figuras 7 e 9, o sistema pode também incluir uma ou mais placas de iluminação indireta
280 providas entre o primeiro trilho 212 e o segundo trilho
25 213 (por exemplo, adjacente ao lado de trajetória do primeiro trilho 212 e/ou do segundo trilho 213) e orientadas para refletir a luz na direção do flange e/ou aro de uma ou mais rodas trafegando ao longo do primeiro trilho 212 e/ou do segundo trilho 213. Por exemplo, a placa
30 de iluminação indireta 280 pode ser montada verticalmente e

orientada na direção da câmera, 10 a 15 graus com relação à direção longitudinal geral do trilho. Em várias modalidades, a placa de iluminação indireta 280 é provida para evitar contato com qualquer uma das rodas.

5 Adicionalmente, em várias modalidades, a placa de iluminação indireta 280 pode ser montada de forma flexível (por exemplo, montada em uma mola), de modo que se ela contatar a roda ou qualquer componente ou equipamento do material rodante, ela pode flexionar e/ou recuar e
10 substancialmente retornar à sua posição original e/ou otimizada. Cada placa de iluminação indireta 280 pode ser construída de qualquer tipo de material. Em várias modalidades, a placa de iluminação indireta 280 irá ser construída de pelo menos um material de superfície tendo
15 características reflexivas.

A Figura 8 é uma fotografia do primeiro trilho 212, uma roda e marcadores 260 utilizando uma modalidade exemplificativa de um sistema não incluindo uma placa de iluminação indireta. A Figura 9 é uma fotografia do
20 primeiro trilho 212, uma roda e marcadores 260 capturados em uma modalidade exemplificativa de um sistema incluindo a placa de iluminação indireta 280. Conforme mostrado pelas Figuras 8 e 9, em várias modalidades exemplificativas, a placa de iluminação indireta 280 ajuda a iluminar pelo
25 menos uma parte de uma face traseira da roda capturada em uma imagem para aumentar a qualidade e a clareza da imagem capturada. Em várias modalidades, a utilização de uma placa de iluminação indireta 280 pode também ajudar a iluminar quaisquer marcadores utilizados.

30 É importante notar que a construção e a disposição dos

elementos do sistema como ilustrado e descrito nas modalidades preferidas e em outras modalidades exemplificativas são somente ilustrativas. Apesar de somente umas poucas modalidades da presente invenção terem sido descritas em detalhes nessa descrição, aqueles versados na técnica que irão rever essa descrição irão prontamente compreender que muitas modificações são possíveis (por exemplo, variações em tamanhos, dimensões, estruturas, formatos e proporções dos vários elementos, valores de parâmetros, disposições de montagem, uso de materiais, cores, orientações, etc.) sem fugir materialmente dos ensinamentos de novidade e das vantagens da matéria descrita. Por exemplo, elementos ilustrados como formados integralmente podem ser construídos de múltiplos elementos e/ou partes ou elementos ilustrados como partes múltiplas podem ser formados integralmente, a operação de interfaces pode ser invertida ou de outro modo variada, o comprimento e/ou largura das estruturas e/ou membros ou conexões ou outros elementos do sistema podem ser variados, a natureza ou o número de posições de ajuste providos entre os elementos pode ser variados, a posição dos elementos pode ser invertida ou de outro modo variada, e a natureza ou o número dos elementos discretos ou posições pode ser alterado ou variado. Deve ser observado que os elementos e/ou conjuntos do sistema podem ser construídos a partir de qualquer de uma grande variedade de materiais que proporcionam tensão ou durabilidade, em qualquer de uma grande variedade de cores, texturas e combinações. Desse modo, todas de tais modificações são pretendidas para serem incluídas dentro do escopo da presente invenção. Outras

substituições, modificações, mudanças e omissões podem ser feitas no projeto, condições de operação e disposição das modalidades preferenciais e outras modalidades exemplificativas sem fugir do escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para capturar, medir e analisar parâmetros de roda de material rodante, caracterizado por compreender:

uma primeira câmera de flange (220) provida entre um
5 primeiro trilho (212) e um segundo trilho (213), em que a primeira câmera de flange (220) é posicionada para capturar uma imagem de pelo menos uma parte de uma primeira roda acima do primeiro trilho (212), a referida primeira roda tendo um flange (130) provido entre o referido primeiro
10 trilho (212) e o referido segundo trilho (213);

uma primeira câmera de aro interno (222) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213), em que a primeira câmera de aro interno (222) é posicionada para capturar uma imagem de pelo menos uma
15 parte da referida primeira roda;

uma primeira câmera de aro externo (224) provida fora da área entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213), em que a primeira câmera de aro externo (224) é posicionada para capturar uma imagem de
20 pelo menos uma parte da referida primeira roda incluindo pelo menos uma parte de um diâmetro interno da referida primeira roda;

pelo menos uma luz estroboscópica (160) posicionada para iluminar pelo menos uma parte da referida primeira
25 roda; e

pelo menos uma placa de iluminação indireta (280) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213) e posicionada para refletir a luz na direção da referida primeira roda.

30 2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado por compreender ainda:

pelo menos um sensor (270) em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira câmera de aro interno (222) e da primeira câmera de aro
5 externo (224); e

pelo menos um marcador (260) posicionado para ser pelo menos parcialmente incluído em uma imagem de pelo menos uma parte da primeira roda capturada por pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira câmera de aro
10 interno (222) e da primeira câmera de aro externo (224).

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender ainda uma unidade de processamento de dados em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), primeira câmera de aro
15 interno (222) e primeira câmera de aro externo (224).

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender ainda:

uma segunda câmera de flange (221) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho
20 (213), em que a segunda câmera de flange (221) é posicionada para capturar uma imagem de pelo menos uma parte de uma segunda roda acima do segundo trilho (213), a referida segunda roda tendo um flange (130) provido entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho
25 (213);

uma segunda câmera de aro interno (223) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213), em que a segunda câmera de aro interno (223) é posicionada para capturar uma imagem de pelo menos uma
30 parte da referida segunda roda;

uma segunda câmera de aro externo (225) provida fora da área entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213), em que a segunda câmera de aro externo (225) é posicionada para capturar uma imagem de
5 pelo menos uma parte da referida segunda roda incluindo pelo menos uma parte de um diâmetro interno da referida segunda roda;

pelo menos uma luz estroboscópica (160) posicionada para iluminar pelo menos uma parte da referida segunda
10 roda; e

pelo menos uma placa de iluminação indireta (280) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213) e posicionada para refletir a luz na direção da segunda roda.

15 5. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por compreender ainda:

pelo menos um sensor (270) em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira câmera de aro interno (222), da primeira câmera de aro
20 externo (224), da segunda câmera de flange (221), da segunda câmera de aro interno (223) e da segunda câmera de aro externo (225); e

pelo menos um marcador (260) posicionado para ser pelo menos parcialmente incluído em uma imagem de pelo menos uma
25 parte da primeira roda capturada por pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira câmera de aro interno (222), da primeira câmera de aro externo (224), da segunda câmera de flange (221), da segunda câmera de aro interno (223) e da segunda câmera de aro externo (225).

30 6. Sistema, de acordo com a reivindicação 4,

caracterizado por compreender ainda uma unidade de processamento de dados em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), primeira câmera de aro interno (222), primeira câmera de aro externo (224),
5 segunda câmera de flange (221), segunda câmera de aro interno (223) e segunda câmera de aro externo (225).

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que:

a primeira câmera de flange (220) inclui uma lente da
10 câmera e a lente da câmera é direcionada em um ângulo não ortogonal em relação à primeira roda, onde o ângulo não ortogonal é formado entre duas pernas, a primeira perna é o primeiro trilho (212) e a segunda perna é uma linha imaginária da primeira roda para a primeira lente da câmera
15 de flange (220);

a primeira câmera de aro interno (222) inclui uma lente da câmera e a lente da câmera é direcionada em um ângulo não ortogonal com a primeira roda, onde o ângulo não ortogonal é formado entre duas pernas, a primeira perna é o
20 primeiro trilho (212) e a segunda perna é uma linha imaginária da primeira roda até a primeira lente da câmera de aro interno (222);

a primeira câmera de aro externo (224) inclui uma lente da câmera e a lente da câmera é direcionada em um
25 ângulo não ortogonal à primeira roda, onde o ângulo não ortogonal é formado entre duas pernas, a primeira perna é o primeiro trilho (212) e a segunda perna é uma linha imaginária da primeira roda até a lente da câmera do primeiro aro externo (224);

30 a segunda câmera de flange (221) inclui uma lente da

câmera e a lente da câmera é direcionada em um ângulo não ortogonal em relação à segunda roda, onde o ângulo não ortogonal é formado entre duas pernas, a primeira perna é o segundo trilho (213) e a segunda perna é uma linha
5 imaginária da segunda roda para a segunda lente da câmera de flange (221);

a segunda câmera de aro interno (223) inclui uma lente da câmera e a lente da câmera é direcionada em um ângulo não ortogonal em relação à segunda roda, onde o ângulo não
10 ortogonal é formado entre duas pernas, a primeira perna é o segundo trilho (213) e a segunda perna é uma linha imaginária da segunda roda para a segunda lente da câmera de aro interno (223); e

a segunda câmera de aro externo (225) inclui uma lente
15 da câmera e a lente da câmera é direcionada em um ângulo não ortogonal em relação à segunda roda, onde o ângulo não ortogonal é formado entre duas pernas, a segunda perna é o segundo trilho (213) e a segunda perna é uma linha imaginária da segunda roda até a lente da câmera do segundo
20 aro externo (225).

8. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

a primeira câmera de flange (220) inclui uma lente da câmera e a lente da câmera é direcionada em um ângulo não
25 ortogonal em relação à primeira roda, onde o ângulo não ortogonal é formado entre duas pernas, a primeira perna é o primeiro trilho (212) e a segunda perna é uma linha imaginária da primeira roda para a primeira lente da câmera de flange (220);

30 a primeira câmera de aro interno (222) inclui uma

lente da câmera e a lente da câmera é direcionada em um ângulo não ortogonal com a primeira roda, onde o ângulo não ortogonal é formado entre duas pernas, a primeira perna é o primeiro trilho (212) e a segunda perna é uma linha
5 imaginária da primeira roda até a primeira lente da câmera de aro interno (222); e

a primeira câmera de aro externo (224) inclui uma lente da câmera e a lente da câmera é direcionada em um ângulo não ortogonal à primeira roda, onde o ângulo não
10 ortogonal é formado entre duas pernas, a primeira perna é o primeiro trilho (212) e a segunda perna é uma linha imaginária da primeira roda até a lente da câmera do primeiro aro externo (224).

9. Método para capturar, medir e analisar parâmetros
15 de roda de material rodante, caracterizado por compreender:

refletir luz na direção de uma primeira roda utilizando uma placa de iluminação indireta (280) provida entre um primeiro trilho (212) e um segundo trilho (213);

capturar uma imagem de pelo menos uma parte da
20 referida primeira roda acima do primeiro trilho (212) tendo um flange (130) provido entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213) com uma primeira câmera de aro interno (220) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213);

25 capturar uma imagem de pelo menos uma parte da referida primeira roda acima do primeiro trilho (212) com uma primeira câmera de aro interno (222) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213); e

30 capturar uma imagem de pelo menos uma parte da

referida primeira roda acima do primeiro trilho (212), incluindo pelo menos uma parte de um diâmetro interno da primeira roda, com uma primeira câmera de aro externo (224) provida fora da área entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213).

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por compreender:

detectar a presença da primeira roda acima do primeiro trilho (212) com um sensor (270) em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira câmera de aro interno (222) e da primeira câmera de aro externo (224); e

posicionar pelo menos um marcador (260) para ser pelo menos parcialmente incluído em pelo menos uma da imagem capturada pela primeira câmera de flange (220), da imagem capturada pela primeira câmera de aro interno (222) e da imagem capturada pela primeira câmera de aro externo (224).

11. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por compreender ainda transmitir pelo menos uma da imagem capturada pela primeira câmera de flange (220), da imagem capturada pela primeira câmera de aro interno (222) e da imagem capturada pela primeira câmera de aro externo (224), para uma unidade de processamento de dados.

12. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por compreender ainda:

refletir a luz na direção de uma segunda roda com uma placa de iluminação indireta (280) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213);
capturar uma imagem de pelo menos uma parte da

referida segunda roda acima do segundo trilho (213) tendo um flange (130) provido entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213) com uma segunda câmara de flange (221) provida entre o referido primeiro
5 trilho (212) e do referido segundo trilho (213);

capturar uma imagem de pelo menos uma parte da referida segunda roda acima do segundo trilho (213) com uma segunda câmara de aro interno (223) provida entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho
10 (213); e

capturar uma imagem de pelo menos uma parte da referida segunda roda acima do segundo trilho (213), incluindo pelo menos uma parte de um diâmetro interno da segunda roda, com uma segunda câmara de aro externo (225)
15 provida fora da área entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213).

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por compreender ainda:

detectar a presença de pelo menos uma da primeira roda
20 acima do primeiro trilho (212) e da segunda roda acima do segundo trilho (213) com um sensor (270) em comunicação com pelo menos uma dentre a primeira câmara de flange (220), primeira câmara de aro interno (222), primeira câmara de aro externo (224), segunda câmara de flange (221), segunda
25 câmara de aro interno (223) e segunda câmara de aro externo (225); e

posicionar pelo menos um marcador (260) para ser pelo menos parcialmente incluído em pelo menos uma da imagem capturada pela primeira câmara de flange (220), da imagem
30 capturada pela primeira câmara de aro interno (222), da

imagem capturada pela primeira câmera de aro externo (224), da imagem capturada pela segunda câmera de flange (221), da imagem capturada pela segunda câmera de aro interno (223) e da imagem capturada pela segunda câmera de aro externo (225).

14. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por compreender ainda transmitir pelo menos uma da imagem capturada pela primeira câmera de flange (220), da imagem capturada pela primeira câmera de aro interno (222), da imagem capturada pela primeira câmera de aro externo (224), da imagem capturada pela segunda câmera de flange (221), da imagem capturada pela segunda câmera de aro interno (223) e da imagem capturada pela segunda câmera de aro externo (225), para uma unidade de processamento de dados.

15. Método para prover um sistema para capturar, medir e analisar parâmetros de roda de material rodante, caracterizado por compreender:

posicionar e orientar uma primeira câmara de flange (220) entre um primeiro trilho (212) e um segundo trilho (213) para capturar uma imagem de pelo menos uma parte de uma primeira roda acima do referido primeiro trilho (212) tendo um flange (130) provido entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213);

posicionar e orientar uma primeira câmera de aro interno (222) entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213) para capturar uma imagem de pelo menos uma parte da referida primeira roda acima do referido primeiro trilho (212);

posicionar e orientar uma primeira câmera de aro

externo (224) fora da área entre o referido primeiro trilho (212) e do referido segundo trilho (213) para capturar uma imagem de pelo menos uma parte da referida primeira roda acima do referido primeiro trilho (212);

5 posicionar e orientar pelo menos uma luz estroboscópica (160), tal que a pelo menos uma luz estroboscópica (160) ilumine pelo menos uma parte da referida primeira roda; e

10 posicionar e orientar pelo menos uma placa de iluminação indireta (280) entre o referido primeiro trilho (212) e referido segundo trilho (213) para refletir a luz da luz estroboscópica (160) na direção da referida primeira roda.

15 16. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por compreender ainda:

prover pelo menos um sensor (270), que está em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), primeira câmera de aro interno (222) e primeira câmera de aro externo (224); e

20 posicionar pelo menos um marcador (260), tal que o pelo menos um marcador (260) seja pelo menos parcialmente visível em uma imagem de pelo menos uma parte da roda capturada por pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), primeira câmera de aro interno (222) e primeira
25 câmera de aro externo (224).

17. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por compreender ainda prover uma unidade de processamento de dados, que está em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira
30 câmera de aro interno (222) e da primeira câmera de aro

externo (224).

18. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por compreender ainda:

5 posicionar e orientar uma segunda câmera de flange (221) entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213) para capturar uma imagem de pelo menos uma parte de uma segunda roda acima do referido segundo trilho (213), tendo um flange (130) provido entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho
10 (213);

 posicionar e orientar uma segunda câmera de aro interno (223) entre o referido primeiro trilho (212) e referido segundo trilho (213) para capturar uma imagem de pelo menos uma parte da referida segunda roda acima do
15 referido segundo trilho (213);

 posicionar e orientar uma segunda câmera de aro externo (225) fora da área entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213) para capturar uma imagem de pelo menos uma parte da referida segunda roda
20 acima do referido segundo trilho (213);

 posicionar e orientar pelo menos uma luz estroboscópica (160), tal que a pelo menos uma luz estroboscópica (160) ilumine pelo menos uma parte da referida segunda roda; e

25 posicionar e orientar pelo menos uma placa de iluminação indireta (280) entre o referido primeiro trilho (212) e o referido segundo trilho (213) para refletir a luz da luz estroboscópica (160) na direção da referida segunda roda.

30 19. Método, de acordo com a reivindicação 18,

caracterizado por compreender ainda:

prover pelo menos um sensor (270), que está em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira câmera de aro interno (222), da primeira
5 câmera de aro externo (224), da segunda câmera de flange (221), da segunda câmera de aro interno (223) e da segunda câmera de aro externo (225); e

posicionar pelo menos um marcador (260), tal que o pelo menos um marcador (260) seja pelo menos parcialmente
10 visível em uma imagem capturada de pelo menos uma parte da roda por pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira câmera de aro interno (222), da primeira câmera de aro externo (224), da segunda câmera de flange (221), da segunda câmera de aro interno (223) e da segunda câmera de
15 aro externo (225).

20. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por compreender ainda prover uma unidade de processamento de dados, que está em comunicação com pelo menos uma da primeira câmera de flange (220), da primeira
20 câmera de aro interno (222), da primeira câmera de aro externo (224), da segunda câmera de flange (221), da segunda câmera de aro interno (223) e da segunda câmera de aro externo (225).

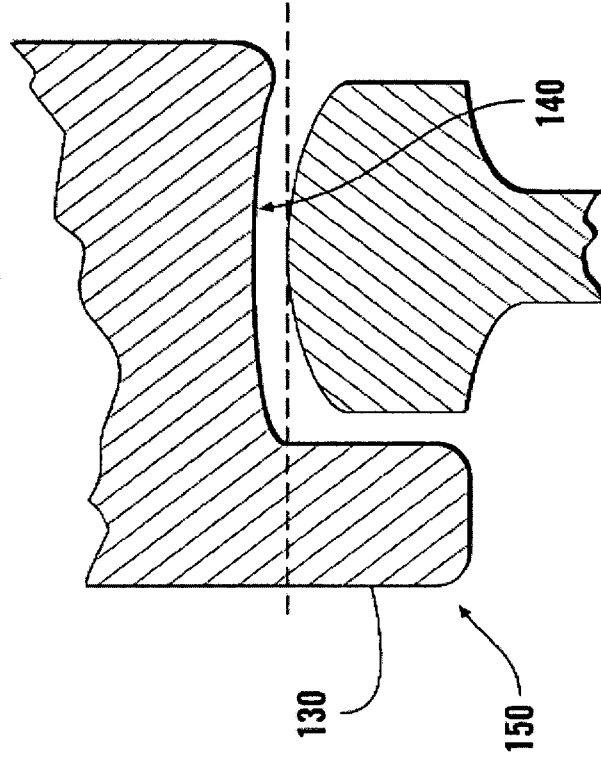


FIG. 2

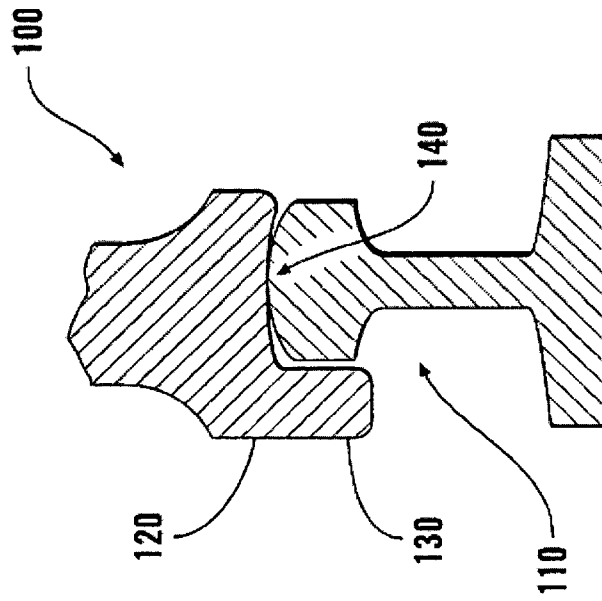
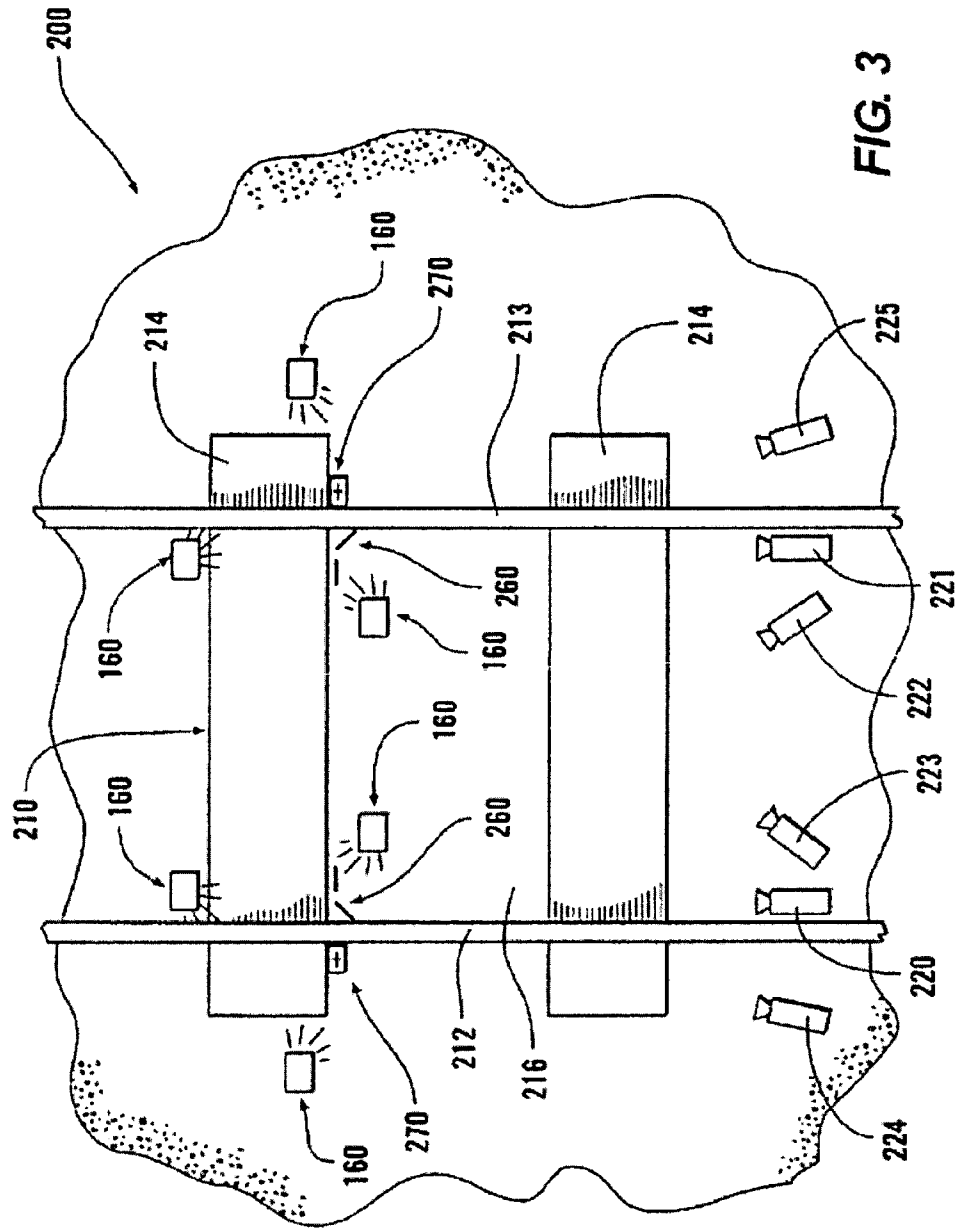
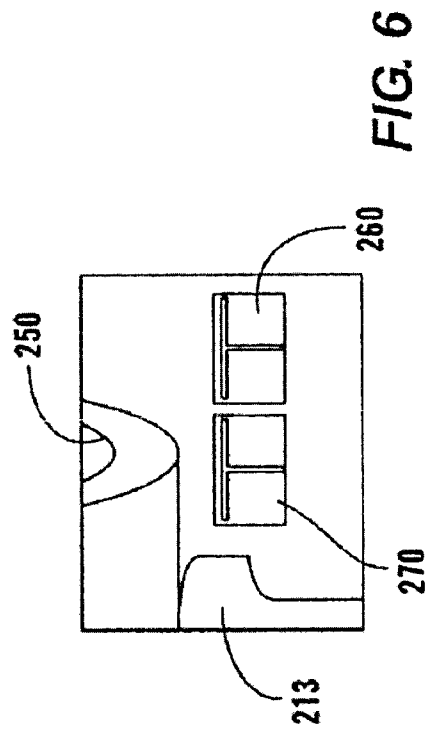
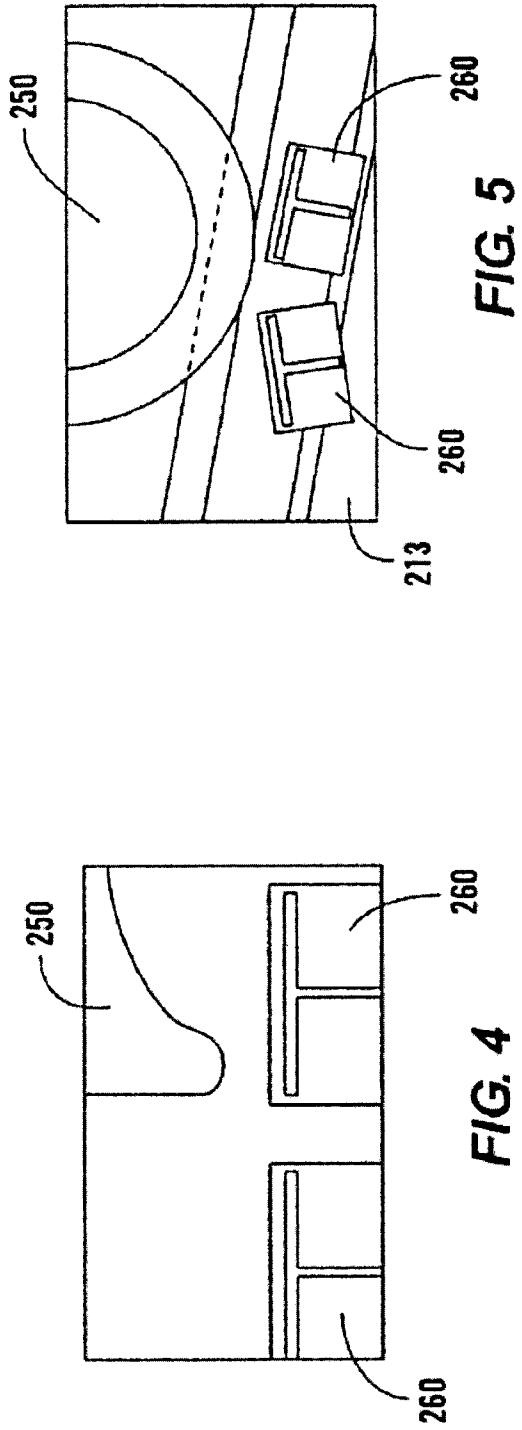


FIG. 1





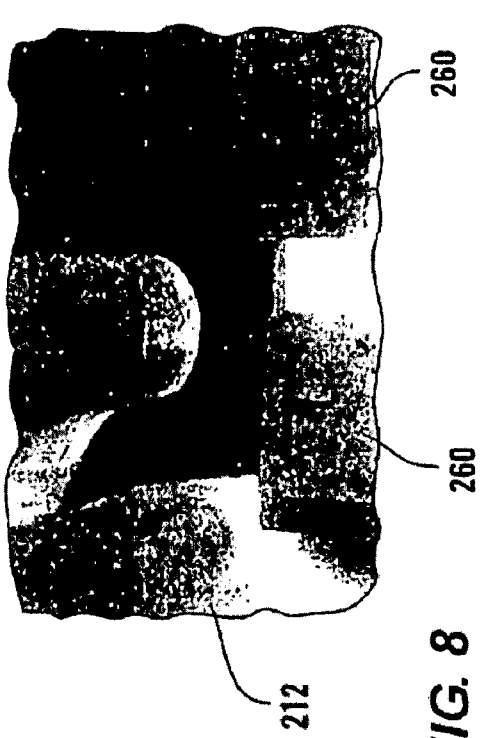


FIG. 8

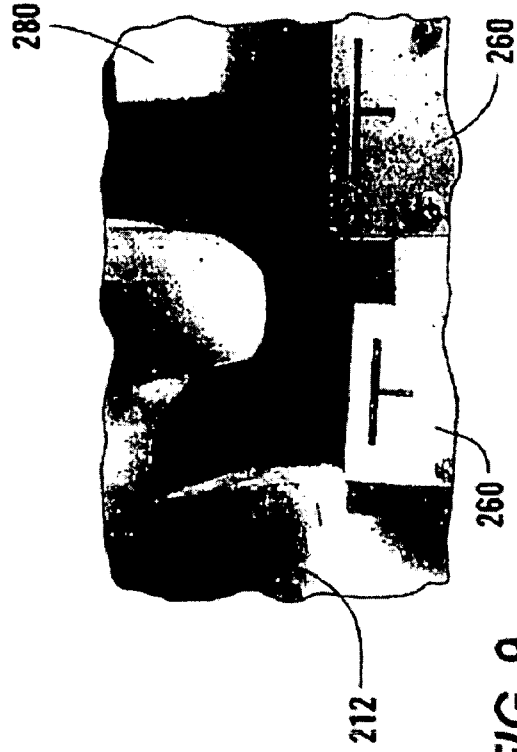


FIG. 9

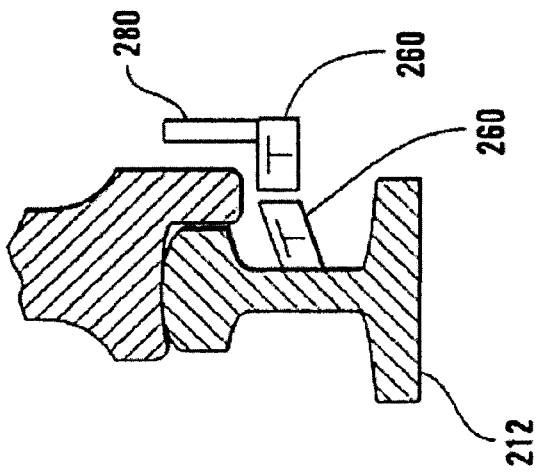


FIG. 7