



(19) INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PORTUGAL

(11) Número de Publicação: PT 700515 E

(51) Classificação Internacional: (Ed. 6)
G01N021/88 A B07C005/342 B

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de depósito: 1994.05.27

(30) Prioridade: 1993.05.28 GB 9311094
1994.02.03 GB 9402064

(43) Data de publicação do pedido:
1996.03.13

(45) Data e BPI da concessão:
2000.09.06

(73) Titular(es):

MILLENNIUM VENTURE HOLDINGS LTD.
THE LARGE BARN, PARK END, SWAFFHAM BULBECK
CAMBRIDGE CB5 0NA

GB

(72) Inventor(es):

MARIE ROSALIE DALZIEL
DAVID JOHN PHILLIPS
ADRIAN WILLIAM GRANGE
NIGEL JOHN MITCHELL
DAVID HUMPHREY

GB

GB

GB

GB

GB

(74) Mandatário(s):

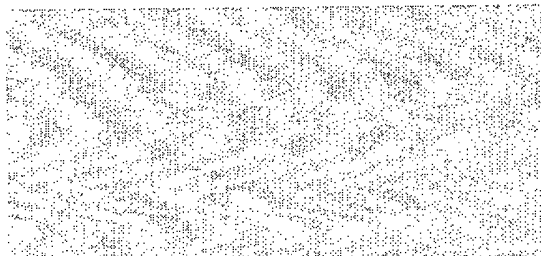
JOSÉ LUÍS FAZENDA ARNAUT DUARTE
RUA DO PATROCÍNIO, 94 1350 LISBOA

PT

(54) Epigrafe: APARELHO DE INSPECÇÃO AUTOMÁTICA

(57) Resumo:

APARELHO DE INSPECÇÃO AUTOMÁTICA



DESCRIÇÃO

"APARELHO DE INSPECÇÃO AUTOMÁTICA"

Campo da Invenção

A invenção refere-se a um aparelho de inspecção automática para classificar um artigo de acordo com uma característica de superfície do artigo, e particularmente, ainda que não exclusivamente, a um aparelho de inspecção automática para classificar azulejos de cerâmica ou de material plástico ou artigos semelhantes.

Antecedentes da Invenção

No campo do fabrico de azulejos cerâmicos decorativos são conhecidos azulejos que têm superfícies decorativas que são desenhadas para imitar materiais naturais, por exemplo pedra, granito ou mármore. A classificação destas e outras espécies de azulejos cerâmicos, que é necessária para assegurar que os azulejos de uma maneira geral condigam uns com os outros, é levada a cabo por pessoal treinado, que olha para a superfície do azulejo decorativo como um todo e faz um julgamento subjectivo, bem como a sua classificação, por exemplo para separar os azulejos em grupos diferentes que têm geralmente características de superfície semelhantes. O processo mental, pelo qual este pessoal treinado pode conseguir a classificação, é complexo e acontece muitas vezes que eles próprios não são capazes de explicar os passos dados para chegar a uma classificação. Constitui um assunto relativamente claro para pessoal treinado verificar que as características primárias de

uma superfície decorativa, por exemplo padrões geométricos ou lineares, estão presentes e correctas, mas as dificuldades tornam-se muito mais subjectivas quando se quer verificar superfícies de azulejos que não têm qualquer padrão pré-determinado, por exemplo o efeito da pedra, do granito ou do mármore acima mencionado.

Mesmo que este tipo de classificação pareça ser uma tarefa difícil, na maioria dos casos, um azulejo pode ser classificado por uma pessoa treinada muito rapidamente e sem muito esforço. Contudo, há problemas significativos associados com a classificação por pessoas, os quais concorrem para limitar a realização do processo de classificação quando usado no fabrico de azulejos. Alguns destes problemas são uma possível falta de consistência, períodos de tempo de classificação limitados devido a fadiga do operador, sensibilidade ao ambiente de trabalho, que vulgarmente se encontra num estaleiro de fabrico de azulejos, e elevados custos de mão-de-obra.

A análise de imagem de artigos para classificação automática é conhecida de, por exemplo, US-A-4882498, US-A-4695157, US-A-4760444, US-A-4486776 e EP-A-0398781.

Objectos e Sumário da Invenção

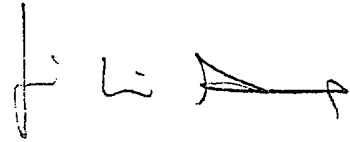
A invenção pretende proporcionar um aparelho de inspecção automática com classificação aperfeiçoada dos artigos por processamento sofisticado de sinais de imagem. A invenção é definida na reivindicação 1.

O dispositivo de transporte é de preferência preparado para transportar o artigo através da referida câmara a uma velocidade constante e a câmara fotográfica é uma máquina de elevada velocidade preparada para obter uma imagem de elevada definição da superfície do artigo quando ele se move através da

câmara. O aparelho pode também compreender dispositivos de controlo para controlar o funcionamento da câmara fotográfica, controlar as condições ambientais dentro da câmara e comunicar ao aparelho de processamento o resultado do processo de classificação levado a cabo pelo dispositivo de processamento, sendo os meios de determinação de posição introduzidos para seguir o movimento dos artigos para dentro, através e para fora da câmara, sendo o funcionamento da câmara fotográfica de preferência dependente das informações dos referidos meios de determinação de posição.

A câmara ("chamber") é de preferência preparada para inibir a entrada de luz na câmara vinda do exterior da câmara e compreende também paredes internas absorvedoras da luz não reflectoras, e os meios de iluminação de preferência compreendem um conjunto de lâmpadas dispostas como uma fonte de luz e uma estrutura de difusão para proporcionar luz difusa dentro da câmara. A estrutura de difusão pode, por exemplo, ser constituída por um difusor grosseiro, por um espelho e por um difusor fino, recebendo o espelho luz difundida pelo difusor grosseiro e reflectindo-a para o difusor fino. A câmara fotográfica ou de vídeo é de preferência posicionada de maneira que, quando um artigo é localizado numa posição pré-determinada na câmara, a câmara fotográfica ou de vídeo receberá apenas luz difusa não reflectida em espelho a partir da superfície do referido artigo, e haverá filtros associados com a referida máquina fotográfica para otimizar a sua sensibilidade para a região visível do espectro electromagnético.

A câmara fotográfica ou de vídeo ("camera") de preferência compreende ela própria uma lente «zoom» e tem capacidades de controlo de «zoom», de foco e de abertura, podendo ser proporcionada na referida câmara ("chamber") uma referência de calibragem para permitir a calibragem da câmara fotográfica. Além disso, são de preferência proporcionados meios para



permitir compensar a imagem da máquina fotográfica para anular o efeito de artefactos, tais como os que podem aparecer devido à falta de uniformidade de iluminação no local de trabalho ou para compensar as variações nas saídas dos vários pixels da máquina. Podem também ser proporcionados meios para inibir a contaminação com pó das superfícies da referida câmara.

Um aparelho de inspecção automática de acordo com a invenção pode ser usado em conjunto com um dispositivo separador mecânico que funcione com o referido aparelho de inspecção automática para separar fisicamente artigos na base da sua classificação que for determinada pelo referido aparelho de inspecção automática.

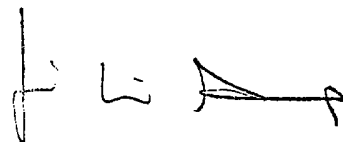
Os aspectos anteriores e seguintes da invenção são especialmente estabelecidos nas reivindicações anexas e em conjunto com as suas vantagens tornar-se-ão de mais clara consideração a partir da descrição pormenorizada seguinte de formas de realização da invenção dadas a título de exemplo com referência aos desenhos anexos.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é um diagrama de blocos esquemático de uma primeira forma de realização de um aparelho separador automático de acordo com a invenção;

A figura 2 é uma vista em corte esquemática da câmara de colheita de imagens do aparelho separador automático da figura 1;

A figura 3 é um diagrama de fluxo, mostrando o funcionamento de um programa de classificação durante um período de treino;



A figura 4 é um diagrama de fluxo, mostrando o funcionamento do programa de classificação durante o período de funcionamento normal;

A figura 5 é uma vista a partir de uma câmara fotográfica ou de vídeo na câmara de tomada de imagens dos objectos de calibragem que são considerados para permitir a calibragem da câmara fotográfica ou de vídeo:

A figura 6 é um diagrama de fluxo, mostrando vários passos de processamento que fazem parte da calibragem do «zoom» da câmara que está incluída no aparelho separador automático da figura 1;

A figura 7 é um diagrama de fluxo, mostrando as várias fases de processamento incluídas na calibragem do foco da câmara;

A figura 8 é um diagrama de fluxo, mostrando uma primeira parte do processo de calibragem da abertura da câmara;

A figura 9 é um diagrama de fluxo, mostrando uma segunda parte do processo de calibragem da abertura da câmara;

As figuras 10A e 10B são, respectivamente, vistas em alçado extremo e lateral do aparelho de inspecção automática de acordo com a figura 1, dado a título de exemplo;

A figura 11 é um diagrama de blocos esquemático de outra forma de realização de um aparelho separador automático de acordo com a invenção;

A figura 12 é uma vista em corte esquemático da câmara de tomada de imagem e dos meios de transporte dos azulejos do aparelho separador automático da figura 11;

A figura 13 é uma vista superior esquemática dos meios de seguimento do azulejo existentes no aparelho separador automático da figura 11;

A figura 14 é uma vista em corte esquemático de um outro aparelho separador automático de acordo com a invenção; e

A figura 15 é uma vista superior esquemática de um meio de transporte de azulejos e janela de imagem do aparelho separador automático da figura 14.

Descrição Pormenorizada das Formas de Realização

Será em primeiro lugar descrito um aparelho de inspecção automática de acordo com uma primeira forma de realização da invenção, que pode ser usado para classificar um artigo, um azulejo cerâmico por exemplo, de acordo com as características de superfície do artigo.

Referindo-nos à figura 1 dos desenhos anexos, está representado um aparelho automático 10 para inspecção e separação de azulejos cerâmicos decorativos ou peças semelhantes, de acordo com as suas características de superfície. O aparelho 10 compreende um aparelho de inspecção 11 e um separador linear (desviando e empilhando) 12. O separador linear 12 agrupa fisicamente em conjunto azulejos que tenham a mesma classificação no que respeita às suas características de superfície, mas não tem capacidade para independentemente determinar qual a classe de cada azulejo. Em vez disso, a unidade separadora linear 12 reage aos sinais de classificação gerados pelo aparelho de inspecção 11 para realização da função de separação. As unidades separadoras lineares 12 são bem conhecidas dos técnicos da arte e não precisam aqui de mais explicações.

O aparelho de inspecção 11 inclui uma câmara de tomada de imagem 13, através da qual os azulejos cerâmicos são transportados antes de atingirem a unidade separadora linear 12. À medida que os azulejos passam através da câmara 13, uma câmara de vídeo 14 localizada dentro da câmara 13 toma uma imagem electrónica digital da superfície decorativa de cada azulejo. As condições sob as quais a imagem é tomada são controladas por sensores 15 e são estritamente controladas por sistemas de controlo ambiental 16. Sinais dos sensores 15 são enviados para um microcontrolador 17, que proporciona o diagnóstico de avarias e controla, tanto a câmara de vídeo 14, como o sistema de controlo de ambiente 16, como será descrito a seguir.

A imagem recolhida é processada por uma unidade de processamento de imagem 18, que avalia a imagem. Os resultados da avaliação são usados para classificar o respectivo azulejo e a informação de classificação é enviada ao microcontrolador 17. O microcontrolador 17 controla um sensor separador 19 localizado na unidade separadora linear 12, para detectar quando sai do microcontrolador 17 para a unidade de controlo 20 da unidade 12 a informação de classificação relativa a este azulejo específico.

O controlo de supervisão do aparelho separador automático 10 é conseguido por um micro-computador final (PC21), que efectua uma gravação não volátil de programas e dados que são usados para processar a imagem electrónica digital recolhida para classificar o artigo. O micro-computador 21 também guarda uma base de dados 22 de informação, que é usada para configurar a unidade de processamento de imagens 18 e o microcontrolador 17. Ainda que o sistema separador 10 seja preparado para funcionar automaticamente, existe ainda uma certa quantidade de interacção necessária do utilizador de elevado nível e para

este fim é proporcionado um interface na forma de ecrã táctil 23.

Referindo-nos agora à figura 2, uma cinta transportadora contínua 30 transporta azulejos cerâmicos 31 através da câmara de recolha de imagem 13 a uma velocidade constante de, por exemplo, 1,0 m/seg. Um sensor de entrada 32 determina a presença do azulejo 31 à entrada da câmara 13 e um codificador de eixo 33 trabalha em conjugação com um tambor 34 da cinta transportadora para seguir o movimento do azulejo 31 para dentro, através e para fora da câmara 13.

O aparelho de inspecção é concebido para classificar o azulejo 31 sem ser necessário parar a cinta transportadora 30. Isto constitui uma vantagem significativa sobre a inspecção humana, na qual os azulejos podem ser separados mais rapidamente sem fadiga do operador.

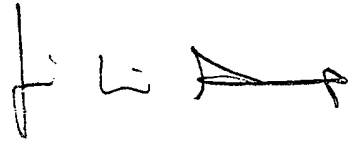
A câmara de vídeo 14 fica situada perpendicularmente por cima de uma posição A ao longo da cinta transportadora 30, de maneira que, quando o azulejo 31 tiver passado pela posição A, como nos informam as saídas do sensor de entrada 32 e o codificador de eixo 33, a câmara de vídeo 14 é disparada para captar uma só estrutura de imagem da superfície do azulejo cerâmico. Um tempo de exposição de aproximadamente 1 mseg é necessário para captar com precisão uma imagem de elevada definição utilizável da superfície do azulejo. O tempo de exposição escolhido toma em consideração a capacidade da câmara de vídeo 14. Problemas tais como manchas por deslocação da estrutura são mais pronunciadas em exposições curtas, enquanto névoas de movimento associadas com a recolha de uma imagem do azulejo móvel 31 são reduzidas nas exposições mais curtas. A câmara de vídeo 14 inclui um elemento sensor de um dispositivo de carga monocromática acoplado que tem uma resolução de 512 X 512 pixels. Um sinal de saída analógico é gerado pela câmara de

vídeo 14 e enviado para a unidade de processamento de imagem 18 (representada na figura 1), onde é amplificado, ajustado no off-set e filtrado antes de ser convertido num sinal digital por meio de um conversor analógico/digital (digitalizador) (não representado).

A câmara de vídeo 14 é usada em conjunto com uma lente «zoom» controlável 35, que pode variar o campo de visão da câmara de vídeo 14 de maneira a adaptar as dimensões da imagem recolhida às várias dimensões dos azulejos cerâmicos 31 que podem ser inspeccionados. A este respeito, é também necessária uma máquina de foco variável, uma vez que a alteração do valor do «zoom» muitas vezes exige o reajustamento do foco. Uma espessura variável do azulejo e um brilho variável do azulejo são também aceites, em virtude da câmara de vídeo 14 ter um foco, um ganho e uma abertura controláveis por software.

O elemento sensor do dispositivo de carga acoplado da câmara de vídeo 14 é extremamente sensível aos comprimentos de onda dos raios infravermelhos (IV). Contudo, o aparelho é exigido para separar os azulejos 31 na base das suas características de superfície visíveis e, portanto, existe um filtro IV 36 para otimizar a sensibilidade da câmara de vídeo na zona visível do espectro electromagnético. Outra vantagem de se usar um filtro de IV 36 é que os azulejos quentes recebidos directamente de um forno não afectam a imagem recebida da superfície do azulejo.

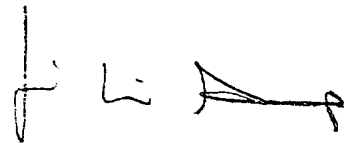
As capacidades de zoom, foco, ganho e abertura da câmara de vídeo 14 têm de ser calibradas de vez em quando, e para este fim são proporcionados vários objectos de calibragem 37 fixos na posição A mesmo por baixo da cinta transportadora 30. O processo de calibragem é descrito em pormenor mais tarde.



Nesta forma de realização, ao azulejo cerâmico 31 são tiradas imagens sob cuidadosas condições de luz controlada, em que nenhuma luz exterior poderá iluminar o azulejo 31. Um sistema de luz controlado é proporcionado por dois conjuntos de estruturas de iluminação idênticas posicionadas no interior da câmara 13. Por conveniência, apenas uma só estrutura de iluminação será descrita a seguir. A estrutura de iluminação compreende uma fiada de bolbos halogéneos de quartzo 38, que são alimentados por uma fonte de corrente contínua (CC) de 12 volts constante (não representada). É preferível não usar corrente alternada convencional, uma vez que os seus 50 Hz não são suficientemente rápidos para garantir que cada azulejo seja sujeito ao mesmo grau de iluminação durante o período em que a câmara de vídeo 14 recolhe uma imagem.

A fiada de bolbos halogéneos 38 gera uma significativa quantidade de calor dentro da estrutura de iluminação. Um sistema de arrefecimento de ar (não representado) é proporcionado por, por exemplo, um ventilador que força o ar para dentro da estrutura e gera uma corrente de ar através da fiada de bolbos 38 para evitar o sobreaquecimento da estrutura de iluminação.

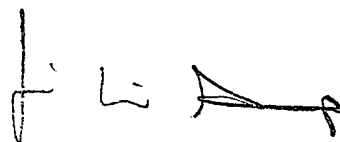
A luz das lâmpadas 38 é dirigida na direcção de uma estrutura de difusão de duas fases 39, que é concebida para assegurar na medida do possível que os azulejos 31 são uniformemente iluminados com luz difusa. A estrutura de difusão 39 compreende um difusor de plástico prismático grosseiro 40, um espelho 41 e um difusor de plástico opalescente fino 42, que são fixados uns aos outros para definir um espaço de difusão interna 43. As lâmpadas 38 dirigem a luz para o difusor prismático grosseiro 40, que difunde a luz no espaço de difusão 43. A luz difusa passa através do difusor fino 42 após ter sido primeiro reflectida pelo espelho 41 e ilumina o campo de recolha de imagem 13.



Para melhorar a iluminação do azulejo 31, a estrutura de difusão de duas fases 39 está posicionada a uma distância e a um ângulo óptimos do azulejo 31 para se obter uma iluminação reflectida, exclusiva e uniforme do campo de visão. Esta geometria que produz iluminação exclusiva reflectida é particularmente importante para as superfícies reflectoras. As reflexões de luz secundárias dentro da câmara 13 são também evitadas, construindo-a com paredes internas absorventes da luz não reflectoras 44.

O aparelho de inspecção 11 é concebido para ser integrado numa linha de produção de azulejos e para funcionar eficazmente nos ambientes típicos industriais do fabrico de azulejos. Para ultrapassar o problema potencial da entrada de pó na câmara 13, quer transportado pelos azulejos 31, quer pelo ar, a câmara 13 é provida de um sistema de limpeza do ar 58 (ver figura 10) que, respectivamente, fornece ar limpo e extrai pó e ar sujo da câmara 13. O sistema de ar limpo 58 pode ser preparado para aspirar ou soprar o pó das superfícies dos azulejos 31 e/ou pode ter meios mecânicos de limpeza para limpar os azulejos quando eles entram na câmara 13. Além disso, o sistema de limpeza de ar 58 evita que os azulejos de calibragem 37 se tornem sujos e desta maneira uma recalibragem com precisão pode ser levada a cabo sempre que necessário.

O microcontrolador 17 (representado na figura 1, mas não na figura 2) é dedicado ao controlo funcional da captação de imagens dentro da câmara 13 e verifica e controla todos os outros necessários parâmetros do aparelho de inspecção para assegurar o funcionamento correcto. Especificamente, o microcontrolador 17 verifica o sensor de entrada 32 e o codificador de eixo 33 para determinar a posição do azulejo 31 quando ele passa pela câmara 13. Quando o azulejo 31 atinge a posição A, o microcontrolador 17 envia um impulso de controlo electrónico para a câmara de vídeo 14 recolher uma imagem. O



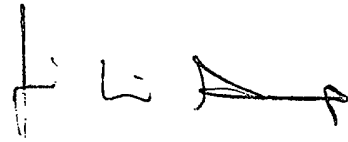
comprimento do impulso determina o tempo de exposição da câmara de vídeo 14.

O microcontrolador 17 verifica e também controla os parâmetros variáveis da câmara de vídeo 14, como por exemplo os seus foco, zoom e abertura. Os sensores de posição com potenciômetro (não representados) são introduzidos na câmara de vídeo 14 e ligados ao microcontrolador 17, que determina o ajustamento do foco, do zoom e da abertura. As informações do sensor de posição são usadas para controlo de retorno quando se ajustam o foco, o zoom e a abertura das lentes da câmara de vídeo.

O microcontrolador 17 é também ligado aos sensores de temperatura (não representados), que estão localizados em vários lugares do aparelho de inspecção 11. Os sinais destes sensores de temperatura permitem ao microcontrolador 17 verificar, controlar e compensar variações dependentes da temperatura no funcionamento do aparelho de inspecção 11. Isto é particularmente importante para a electrónica analógica usada no aparelho de inspecção 11, uma vez que os seus desempenhos podem deslizar significativamente com as alterações da temperatura. Os ventiladores e os parâmetros do sistema de iluminação 38 são também verificados e então o microcontrolador 17 pode determinar quando um ventilador ou o sistema de iluminação não está a funcionar correctamente e necessita de uma acção correctiva. Além disso, o invólucro que aloja o aparelho de inspecção (ver figura 10) tem várias portas para acesso à iluminação, à electrónica, etc. do aparelho de inspecção. São proporcionados sensores (não representados) nas portas 55 para a câmara 13, e o microcontrolador 17 está preparado para verificar estes sensores de maneira a assegurar que as portas estão fechadas durante o funcionamento do aparelho de maneira que o processo de captação de imagem não seja afectado por luz indesejável entrando na câmara 13.

Um conjunto de luzes indicadoras 45 multicoloridas, que são ligadas ao e controláveis pelo microcontrolador 17, é proporcionado no alojamento do aparelho de inspecção 11, para indicar a um operador o estado do aparelho de inspecção 11 durante o seu funcionamento. Este conjunto de luzes indicadoras 45 permite a um operador responsável pelo controlo do funcionamento de um grande número de aparelhos de inspecção notar facilmente quando ocorre uma avaria num determinado aparelho de inspecção 11 como, por exemplo, uma lâmpada fundida. O funcionamento automático do aparelho de inspecção 11 depende de, em primeiro lugar, não ter sido treinado para recolher as características de superfície dos azulejos para proceder ao necessário julgamento durante a inspecção automática. No processo de «treino», o sistema toma conhecimento de quais as características a considerar para efectuar a classificação dos azulejos. O treino do sistema é efectuado, fazendo passar pelo aparelho várias amostras de azulejos de todas as categorias que o aparelho possa ter de reconhecer. O sistema processa estas amostras de azulejos, usando um grande número de algoritmos determinantes das características e rotinas de análise estatística, dos quais um número limitado de algoritmos e rotinas são então seleccionados. Estes algoritmos e rotinas são escolhidos na base de (a) a discriminação óptima entre o número exigido de classes de azulejos e (b) o custo computacional. Os algoritmos escolhidos e a rotina de análise estatística são usados no período de funcionamento normal (período de classificação em tempo real) do aparelho. A duração do período de treino poderá variar de acordo com vários factores que incluem o número de classes de azulejos a serem classificados, o número de exemplos de cada classe usado e a facilidade com que as diferentes classes de azulejos podem ser distinguidas.

No período de funcionamento, uma imagem de uma superfície de azulejo é processada em tempo real quando o azulejo 31 passa



pelo aparelho de inspecção 11. Após a imagem da superfície do azulejo ser colhida, os algoritmos escolhidos e as rotinas criam uma lista de valores característicos que descrevem as características necessárias da superfície do azulejo. Esta lista é então usada para classificar o azulejo 31 e para gerar a ordem apropriada para o azulejo 31 ser mecanicamente separado.

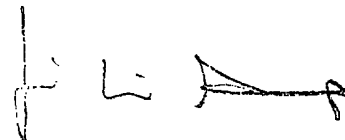
O micro-computador 21 guarda um grande número de algoritmos de extracção de características e de rotinas de análise estatística que são usados para determinar o grau em que a superfície do azulejo contém uma ou mais características particulares. A base de dados 22 armazena um índice dos algoritmos e das rotinas que devem ser usados para cada tipo de azulejo. Exemplos de características que são examinadas são a escala de cinzento geral, as variações de contraste e textura, em termos de densidade e distribuição de «texton». No período de treino, algoritmos e rotinas relevantes para um determinado tipo de azulejo são passados em cada imagem dos azulejos amostra formando as várias classes, e um conjunto de números (índice) é determinado para cada tipo de azulejo que define um subconjunto de todos os algoritmos e rotinas usados para classificar azulejos. Este subconjunto é determinado no período de treino. Os algoritmos e rotinas escolhidos para uso no período de funcionamento normal são escolhidos com vários critérios, por exemplo a velocidade a que produzem resultados e o grau em que estes resultados estabelecem diferença entre as várias classes de azulejos. O hardware no processador de imagens é configurado de maneira a executar com mais eficiência os algoritmos escolhidos para classificação em tempo real. A faixa dos valores das características que definem uma determinada classe/categoria é usada para configurar o programa classificador, residente também no processador de imagens 18. Durante a inspecção, os valores de características gerados dos

azulejos desconhecidos são analisados para se deduzir a categoria à qual um determinado azulejo 31 pertence.

Quando uma imagem de um azulejo é tomada durante um período de funcionamento é processada pelos algoritmos e rotinas escolhidas residentes no hardware da unidade de processamento de imagens 18. A lista resultante destes valores é usada pelo programa classificador para obter um código de classificação para o azulejo 31. A classificação é comunicada ao microcontrolador 17 que gera o código separador apropriado e o envia para a unidade separadora 12 no momento em que o azulejo 31 atinge a unidade separadora 12. Este tempo é determinado pelo microcontrolador 17, que monitoriza o sensor separador 19 e o codificador de eixo 33.

O software, que é responsável pela concretização da função nuclear do aparelho de inspeção automática acima descrito, é chamado o programa classificador. Este programa é implementado em software no micro-computador 21 para aquisição e processamento de dados durante o período de treino e em hardware configurável em software no processador de imagens 17 para aquisição e processamento de dados durante o período de funcionamento normal. O funcionamento do classificador no período de treino é apresentado no diagrama de fluxos da figura 3 e o seu funcionamento no período normal é apresentado no diagrama de fluxos da figura 4. Deve notar-se que, tanto a figura 3 como a figura 4 incluem uma referência abreviada em cada caixa de processamento no hardware, no qual o processamento correspondente tem lugar. A abreviatura PC refere-se ao micro-computador 21, a abreviatura IP à unidade de processamento de imagens 18, a abreviatura UI ao interface do utilizador 23 e a abreviatura μ C ao microcontrolador 17.

Referindo-nos à figura 3, o período de treino é iniciado em 70 no micro-computador 21 por meio do interface do utilizador



23. O programa manda então instruções para a unidade de processamento de imagens 18 e do microcontrolador 17 para calibrar em 71 o zoom, o foco e a abertura da câmara de vídeo 14. Os pormenores de como as lentes da câmara são calibradas não serão apresentados neste momento, mas aparecerão noutra lugar desta descrição.

O passo de processamento seguinte envolve o uso de um conjunto de azulejos de amostra representativos de diferentes classes dentro de um determinado tipo de azulejo a ser separado. Estes azulejos são pré-classificados por pessoal treinado apropriado e o conhecimento das suas classes é necessário para treinar o sistema. Durante o período de treino, um azulejo amostra é introduzido no aparelho de inspeção 11 e o respectivo grau ou classe deste azulejo é introduzido em 72 no micro-computador 21 através do interface do utilizador 23. Uma imagem da superfície do azulejo de amostra é captada em 73 e então começa um processo de obtenção de tanta informação de imagem quanto possível sendo os dados de imagem obtidos correlacionados com o grau conhecido correspondente do azulejo de amostra.

Os dados são obtidos em 74 da imagem captada da superfície do azulejo amostra por meio de um grande número de algoritmos de obtenção de características, e analisados por uma série de rotinas de análise estatística para se encontrar o grau em que a imagem da superfície do azulejo amostra contém características específicas. Cada algoritmo em conjunto com as rotinas de análise estatística são telecarregados na unidade de processamento de imagem 18 e passam pela imagem captada digitalizada da superfície do azulejo amostra. O resultado de cada rotina estatística de cada algoritmo é dado como valor da característica e, uma vez todos os algoritmos relevantes e as respectivas rotinas de análise estatística terem sido passadas, obtém-se uma lista de valores de características que representa

todos os dados úteis pertinentes ao azulejo amostra. Esta lista é subseqüentemente transmitida ao micro-computador 21 e acrescentada em 75 ao ficheiro de dados chamado o ficheiro do conjunto de treino. A classe particular do azulejo amostra ao qual estes dados correspondem, que foi introduzida anteriormente em 72, é também de novo adicionada em 75 ao ficheiro do conjunto de treino.

O processo de extrair e armazenar informação acerca da superfície de um azulejo amostra, em 73, 74 e 75 é depois repetido em 76 para cada um dos azulejos amostra existente no conjunto de azulejos amostra. Além disso, a classe pré-determinada de cada azulejo amostra é também introduzida em 72 através do interface do utilizador 23 e acrescentado em 75 ao ficheiro do conjunto de treino. Pode ser obtida uma elevada precisão na classificação decorrente dos azulejos, tendo um grande número de azulejos amostra bem distribuídos dentro de cada uma das suas classes. Em particular, se dentro de uma só classe houver alguns exemplos de azulejos que estejam nos limites entre classes, o processo de classificação realizar-se-á optimamente.

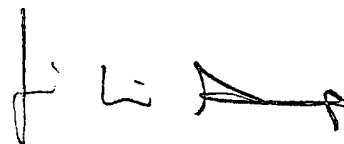
Uma vez todos os azulejos amostra processados como acima se descreve, os resultados são analisados em 77 para determinar o subconjunto de algoritmos de extracção de características e as suas rotinas estatísticas correspondentes são para usar no período de funcionamento normal e para determinar como os resultados desses algoritmos e rotinas devem ser interpretados.

Como o processo de classificação decorre num ciclo contínuo, existe apenas um período limitado de tempo, no qual se pode captar uma imagem do azulejo, processar esta imagem e determinar a sua classe antes de outro azulejo ter de ser graduado. Este constrangimento de tempo significa que o subconjunto de todos os algoritmos de extracção e as suas

rotinas de análise estatística são escolhidos na base de vários critérios incluindo aqueles que podem ser implementados no menor tempo possível e em que podem ser melhor distinguidos os azulejos de uma classe dos de outras classes. Além disso, o método empregado para interpretar os resultados dos algoritmos escolhidos e das suas rotinas de análise estatística na obtenção da classe do azulejo devem ser suficientemente rápidos para serem concretizados no tempo disponível. Portanto, considerando quais os algoritmos e rotinas de análise estatística a escolher e como os resultados devem ser processados, devem ser consideradas capacidades de discriminação em conjunto com custos computacionais (potência computacional X tempo).

A determinação de quais dos algoritmos e rotinas de análise estatística são melhores na separação dos azulejos nas suas classes correctas é levada a cabo pelo algoritmo de classificação de características que analisa as listas dos valores de características e classes conhecidas dos azulejos amostra. Existem várias técnicas diferentes disponíveis para determinar onde ficam os limites na decisão do grau (classe) de um azulejo, tal como por exemplo, o algoritmo «agrupamento de n-meios» o algoritmo «vizinhos k-mais próximos» e análise discriminativa linear. Contudo, para esta forma de realização da invenção, o sistema de classificação baseado em pessoas (análogo à lógica de imprecisão) é considerado como sendo o mais apropriado.

O esquema de classificação baseado na associação envolve a determinação da sobreposição gaussiana ou distribuição associada triangular para cada classe de azulejos, em vez da distribuição próxima de «parede de tijolo», que é usada com outros algoritmos de classificação. A maior vantagem deste método de classificação é que nos limites entre classes, a classificação é feita por análise das probabilidades do azulejo

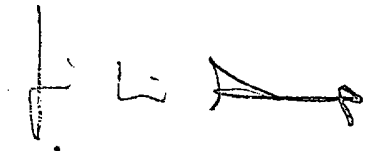


pertencer a cada uma das classes. Assim, quando existem complexas condições de limites, como é o caso do espaço n -dimensional ($n \geq 3$), o esquema de classificação baseado na associação é muito melhor na determinação de qual a classe a que o azulejo pertence.

Quando se determina qual a combinação de algoritmos e rotinas estatísticas podem produzir os melhores resultados no tempo disponível, o tempo que cada algoritmo e sua rotina de análise estatística associada levam a produzir um resultado tem de ser conhecido para cada tipo de azulejo. Esta informação é pré-determinada e armazenada na base de dados 22 do micro-computador 21. Algumas rotinas de análise estatística levadas a cabo num dos algoritmos podem ser equivalentes a partes de outras rotinas e, além disso, vários algoritmos podem ser muito semelhantes nas características que extraem. Para retirar alguma desta redundância e obter melhores resultados, o algoritmo de classificação da característica utiliza o resultado de algumas rotinas para determinar o resultado de outras e também ensaia seleccionar algoritmos e rotinas que extraem diferentes tipos de características.

Uma vez analisado o resultado em 77 e escolhidos os algoritmos e rotinas, toda esta informação é armazenada em 78 na base de dados 22 do micro-computador 21 para telecarga posterior para configurar a unidade de processamento de imagem 18 antes do início do funcionamento normal.

A figura 4 dos desenhos anexos mostra as fases do processamento envolvidas no funcionamento do programa classificador durante o período normal. O programa é iniciado em 80 pelo utilizador por intermédio do interface do utilizador 23, e subsequentemente a informação de identificação definindo o tipo de azulejo para ser separado é introduzida no micro-computador 21. O programa verifica então em 80 se sim ou não o



sistema foi treinado para este particular tipo de azulejo, e se não o treino é iniciado, como se mostra na figura 3. No fim deste treino ou do reconhecimento de que o sistema foi treinado para este tipo de azulejo, os dados do treino correspondente são telecarregados em 81 no processador de imagem 18.

A telecarga dos dados de treino é armazenada numa memória central (não representada) numa unidade de processamento de imagem 18. A referida unidade de processamento é desenhada para executar os algoritmos e rotinas de análise estatística com eficiência pela introdução no processo de hardware distribuído por pontos que são configuráveis em software. Nesta fase, os pontos de processamento de hardware são configurados para implementar um ou mais dos algoritmos /rotinas.

Uma vez a unidade de processamento de imagem 18 configurada em 82, o programa dá ordem à referida unidade 18 e ao micro-computador 17 para calibrar o zoom, o foco e a abertura da câmara de vídeo 14, sendo isto descrito em pormenor mais tarde.

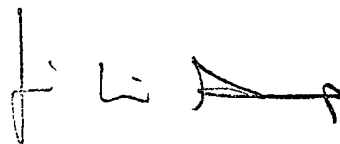
A unidade de processamento de imagens 18 fica então em condições para a classificação on line dos azulejos correspondentes a um tipo de azulejos previamente identificados. A classificação começa com o processador de imagens 18 a captar em 83 uma imagem da superfície decorativa de um azulejo não classificado que passa sob a câmara de vídeo 14. Como foi mencionado anteriormente, a câmara 14 gera um sinal de saída analógico que é amplificado, ajustado no off-set e filtrado (por um filtro apropriado) antes de ser digitalizado pelo conversor analógico/digital. Esta informação digital é então corrigida das anormalidades conhecidas, ou seja, correcção de sombreado (discutida mais tarde) e é enviada para uma estrutura de memória digital (não representada) onde uma representação digital e da imagem captada é guardada para posterior processamento de imagem.

O próximo passo consiste em extrair em 84 características previamente escolhidas da representação armazenada da imagem. A unidade 18 executa os algoritmos/rotinas que tenham sido previamente configurados nos pontos de processamento de hardware, guarda os valores das características resultantes e em seguida reconfigura o hardware para os próximos algoritmos/rotinas a serem implementados. Este procedimento é repetido até que os algoritmos/rotinas telecarregados tenham sido levados a cabo na imagem captada e uma lista de características completa tenha sido compilada.

A lista de características assim obtida é então usada em 85 para classificar o azulejo numa classe de azulejo. Se a lista de características não coloca o azulejo numa classe conhecida, o referido azulejo é colocado numa categoria de rejeição. Uma característica do programa classificador é analisar a categoria de rejeição e determinar na base dos resultados anteriores, se a nova categoria de classificação nasce de alguns dos azulejos rejeitados. Esta característica é particularmente útil se o classificador tiver sido treinado num conjunto de azulejos de treino que não represente todas as classes disponíveis para classificação.

Determinando em 85 a classe do azulejo, o processador de imagens transmite esse valor ao microcontrolador 17, o qual por sua vez gera em 86 um código de separação para o circuito separador 12. O procedimento completo dos passos 83, 84, 85 e 86 é repetido em 87 por cada azulejo que passe pelo aparelho de inspecção 11 até todos os azulejos terem sido classificados.

A unidade separadora 12 tem as caixas correspondentes aos azulejos pertencentes a cada uma das classes conhecidas e uma caixa para azulejos rejeitados. Se se determina uma nova classe da categoria de rejeitados, então para se obter a separação destes azulejos, a unidade 12 é preparada para aceitar a nova

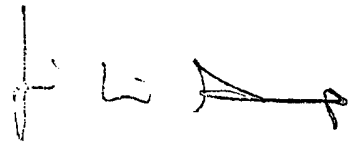


categoria e todos os azulejos anteriormente rejeitados são introduzidos de novo no aparelho de inspecção.

O aparelho de inspecção 11 deverá ser calibrado para funcionamento correcto e isto é feito num processo de duas fases. Na primeira fase, a calibragem das variáveis da câmara de vídeo, tais como, o zoom, a abertura, o ganho e o foco, é concretizada, bem como a optimização do ganho e do off-set do digitalizador e num passo secundário alterações subtis da iluminação e respostas aos elementos sensores da câmara de vídeo 14 podem ser compensadas.

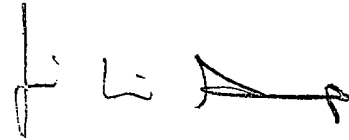
Referindo-nos à figura 5, dois objectos de calibragem 37 são providenciados para usar na primeira fase de calibragem. Os objectos de calibragem 37 são localizados ortogonal e centralmente no campo de visão 50 da câmara de vídeo 14 e compreendem um objecto zoom/foco 51 e um objecto escala de cinzento 52. O objecto zoom/foco 51 compreende um padrão linear (fita de barras 53), que é usado para calibragem automática em processo do zoom e do foco da câmara de vídeo 14. O objecto escala de cinzento 52 compreende uma escala de cinzento de n segmentos (em que $n = 5$, por exemplo) para uma calibragem automática em processo das fixações da abertura e do ganho da câmara de vídeo 14 e das fixações do ganho e do off-set do digitalizador.

Na fase de calibragem secundária, também referida como uma correcção de sombreado, um azulejo de referência não padronizado de cor uniforme é colocado na posição A e obtém-se assim uma imagem do azulejo de referência. A imagem é uma média das múltiplas imagens colhidas do azulejo de referência para minimizar o ruído. Podem então ser detectadas variações na uniformidade da imagem que podem ser causadas pela iluminação não uniforme ou pelas variações na saída dos diferentes pixels da câmara. É então calculado um factor de correcção de maneira



que todas as imagens podem ser corrigidas em software para uniformidade antes de serem processadas pelos algoritmos de característica. Esta correcção é executada imediatamente após os dados de imagem terem sido digitados.

A figura 6 mostra as fases de processamento envolvidas na calibragem das lentes de zoom 35 da câmara 14. O procedimento começa com a obtenção de uma imagem dos objectos de calibragem 37 no bloco 91. Como na correcção do sombreado, podem ser captadas múltiplas imagens dos objectos de calibragem 37 e feita a média para reduzir os efeitos do ruído. A parte da imagem captada, que corresponde ao objecto zoom/foco ou à barra alvo 51, é então analisada para determinar as larguras características de cada uma das barras nos padrões alinhados. Estas larguras das características das barras são comparadas em 92 com as que tiverem sido previamente registadas em 93 como representativas dos valores correctos de fixação de lentes zoom para a dimensão dos azulejos 31 que estão normalmente a ser classificados, tendo a fixação correcta das lentes zoom sido tipicamente determinada durante o período de treino para o tipo de azulejos 31, que estão a ser classificados. Se as diferenças entre as larguras características e as larguras previamente registadas estiverem dentro de limites de tolerância pré-determinados, as lentes zoom 35 não são ajustadas. Contudo, se a diferença ficar fora destes limites, então um novo ajuste das lentes 35 é calculado em 94 de maneira a reduzir a diferença e a nova fixação é comunicada ao microcontrolador 17, que por sua vez actua para corrigir os motores para mudar em 95 a fixação das lentes zoom no valor necessário. O procedimento completo é repetido em 96 até que a diferença entre as larguras das barras características e as larguras das barras armazenadas previamente caia dentro de limites de tolerância pré-determinada.



A figura 7 mostra as várias fases de processamento, que são levadas a cabo na calibragem do foco da câmara de vídeo 14. A calibragem começa em 100 com uma imagem dos objectos de calibragem 37 obtidos pela recolha de imagens múltiplas dos objectos de calibragem 37 e fazendo a sua média, e sendo analisada a barra alvo do objecto zoom/foco 51. É obtido um histograma de imagem em 101 das várias larguras das barras medidas a partir das imagens captadas e em seguida a variância do histograma é calculada em 102. Idealmente, se a imagem está focada, a variância das larguras das barras estará no máximo e assim a variância calibrada é testada em 103 para determinar se foi atingido o valor máximo. Se a variância não tiver atingido o seu máximo, uma nova fixação do foco da câmara 14 é obtida em 104 numa tentativa de aumentar mais a variância. A nova fixação do foco é comunicada ao microcontrolador 17 e o foco da lente da câmara é alterado de acordo com esse facto em 105 para a fixação desejada. O procedimento anterior é repetido em 106 até que a variância tenha atingido um máximo, ponto em que a calibragem do foco é atenuada para ficar completa.

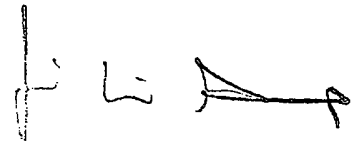
O processo de calibragem da abertura da câmara e do ganho e do off-set do digitalizador está representado nas figuras 8 e 9 dos desenhos anexos. A figura 8 mostra a primeira parte do procedimento que tem lugar no período de treino e na inicialização do período de funcionamento, e a figura 9 mostra a segunda parte do procedimento no período de funcionamento durante o processo de classificação do azulejo.

Referindo-nos à figura 8, o processo de calibragem é iniciado durante o período de treino pela unidade de processamento de imagem 18, obtendo em 110 uma imagem média das imagens múltiplas captadas de um azulejo amostra arbitrário. O contraste do azulejo amostra é determinado em 111 e verificado em 112 para estabelecer se é o contraste máximo disponível. Se o contraste máximo não tiver sido atingido, o ganho do

digitalizador é fixado na unidade em 113 e a abertura da câmara e o off-set do digitalizador são ajustados em 113 para determinar as fixações para o contraste máximo. O processo é repetido em 114 até que as fixações da abertura da câmara e do ganho do digitalizador produzam o máximo contraste do azulejo amostra escolhido. Nestas fixações, o nível de cinzento médio de cada um dos segmentos da escala de n cinzentos (ponto de referência dos níveis de cinzento) é determinado em 115 e estes dados em conjunto com os dados de fixação da abertura e do off-set são enviados ao micro-computador 21. As condições sob as quais o aparelho de inspecção 11 é treinado para cada tipo de azulejo varia e assim é importante gravar em 116 os dados transmitidos na base de dados de azulejos 22. Isto permite que as condições exactas sob as quais o treino foi efectuado sejam recriadas durante o período de funcionamento para cada tipo de azulejo específico.

No início do período de funcionamento, a unidade de processamento de imagens 18 é inicializada com dados a partir do micro-computador 21 (ver figura 4, passo 81). Em particular, dados relativos aos níveis de cinzento padrão, a fixação da abertura e a fixação do off-set do digitalizador são telecarregados em 117 (figura 8) relativamente ao tipo de azulejo a classificar. A abertura da câmara é então fixada em 118 pelo microcontrolador 17 e o ganho do digitalizador (fixado em 1,0) e o off-set do digitalizador são configurados em 118 pela unidade de processamento de imagens 18.

Referindo-nos agora à figura 9 dos desenhos anexos, a calibragem de imagem «em processo» por ajustamento do ganho e do off-set do digitalizador durante o período de funcionamento está representada. Esta é uma calibragem activa que é levada a cabo em qualquer oportunidade para manter uma compensação muito exacta para qualquer diferença nas condições correntes entre as existentes durante o período de treino para um determinado tipo



de azulejo. Em contraste, a calibragem da abertura, do zoom e do foco pode ser considerada como passiva, uma vez que estas calibrações só são levadas a cabo durante a inicialização do período de funcionamento.

A calibragem de imagem «em processo» começa com uma imagem média do objecto 52 do segmento n da escala de cinzento obtida em 120. A imagem é analisada e o nível médio de cinzento de cada um dos n segmentos é então determinado em 121. Os níveis de cinzento medidos são comparados com os níveis de cinzento padrão e o gradiente e o off-set da melhor linha de ajustamento por meio de todos os pontos é determinada. Este gradiente e off-set são, respectivamente, directamente comparáveis com o ganho e o off-set do digitalizador e assim a alteração no ganho e no off-set do digitalizador exigida para compensar as alterações das características de luminosidade/digitalizador entre o período de treino e o período de funcionamento normal pode ser facilmente calculada. O ganho do digitalizador é então ajustado de acordo com a informação em 122 para compensar estas diferenças. De forma semelhante, o off-set do digitalizador é também ajustado em 123 para compensação.

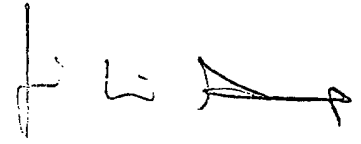
O próximo passo consiste em verificar em 124 se os níveis de cinzento medidos são equivalentes (dentro dos limites de tolerância) aos níveis de cinzento padrão. Se são equivalentes, os ajustamentos previamente calculados serão negligenciáveis e a calibragem da abertura fica completa. Contudo, se não são equivalentes, os ajustamentos previamente calculados proporcionarão uma melhor aproximação às fixações do ganho e do off-set do digitalizador do que anteriormente.

Existem severos constrangimentos de tempo na calibragem «em processo», uma vez que ela tem que ser levada a cabo dentro de pequenos períodos de tempo entre o fim da classificação de um azulejo e o início da classificação do seguinte. Tendo isto em

vista, se os níveis de cinzento padrão não tiverem sido obtidos em 124, o processador de imagens 18 determina em 125 se há tempo suficiente para repetir em 126 todo o procedimento «em processo». Se houver tempo suficiente, o procedimento é repetido em 126, mas de outro modo as fixações de ganho e de off-set do digitalizador obtidas de novo são usadas no processo de classificação subsequente.

As figuras 10A e 10B mostram um invólucro de alojamento 60, a título de exemplo, para o aparelho de inspecção 11 atrás descrito. A câmara 13 tem acesso por duas portas principais 55 e as estruturas de iluminação por duas portas secundárias 56. O alojamento 57 da câmara de vídeo e o sistema de limpeza de ar 58 estão situados, respectivamente, acima e abaixo da câmara de captação de imagens 13. Integrado no invólucro 60, existe um pequeno compartimento 59 para o microcontrolador 17 e um grande compartimento 61 para a unidade de processamento de imagens 18 e o PC 21 e os seus periféricos, por exemplo um teclado, uma impressora, etc. O invólucro de alojamento 60 é montado sobre pés 62 e colocado a uma altura tal que a cinta transportadora 30 pode aceitar e passar azulejos 31 de e para outro equipamento de processamento.

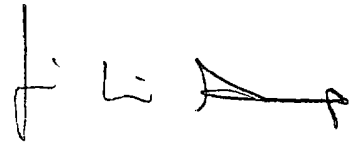
A figura 11 mostra esquematicamente um aparelho de inspecção automática 211 de acordo com uma segunda forma de realização da invenção. O aparelho de inspecção automática 211 compreende uma câmara de recolha de imagens 213 que aloja uma câmara 214, sensores 215 e um sistema de controlo ambiental 216, que são controlados por um dispositivo de processamento. Este dispositivo compreende um microcontrolador 217, uma unidade de processamento de imagens 218 e um micro-computador 221, tendo uma base de dados associada 222 e um ecrã táctil 223. O microcontrolador 217 é ligado a um sensor 219 e uma unidade de controlo 220 de uma unidade de separação linear 212 para separar e empilhar diferentes classes de azulejos. Em



todos estes aspectos acima referidos, o aparelho de inspecção 211 é muito semelhante ao aparelho de inspecção automática 11 da primeira forma de realização (de acordo com a figura 1) e, portanto, a descrição seguinte é dirigida apenas às diferenças entre os dois aparelhos de inspecção.

A diferença principal reside no aparelho considerado e nos métodos usados no processo de recolha de imagens. Em particular, os azulejos não são transportados para a câmara de captação de imagens 213, mas em vez disso passam por baixo de uma janela de recolha de imagem 225 da câmara 213 e a imagem do azulejo é tomada através da janela. Isto permite que a câmara 213 seja reduzida no seu tamanho e complexidade e também que seja completamente selada, aumentando assim a sua protecção contra ambientes industriais duros. Além disso, a câmara de vídeo 214 não capta apenas uma imagem de um azulejo, mas em vez disso faz um grande número de imagens aleatórias lineares quando o azulejo se move por baixo dela. Estas linhas de pesquisa são então combinadas numa estrutura de armazenamento da unidade de processamento de imagens 218 para proporcionar uma representação digital da superfície de um azulejo. Meios de seguimento de elevada precisão 224 são associados com o transportador 230 e geram sinais para disparar a câmara 214 por várias vezes quando um azulejo passa sob a janela 225. Como só são tiradas imagens de linhas aleatórias dos azulejos, a estrutura de iluminação 226 na câmara de recolha de imagens 213 pode ser bastante simplificada.

Referindo-nos agora à figura 12 dos desenhos anexos, a câmara de recolha de imagens 213 compreende uma câmara vedada que inclui a janela de recolha de imagens 225 atrás mencionada na posição A. A janela 225 é feita de um vidro com um índice de refração baixo, propriedades de reflexão baixas e boas propriedades de transmissão do espectro da luz. Uma simples estrutura de iluminação 226 é introduzida junto da janela de



captação de imagens 225 para iluminar o azulejo cerâmico 231 quando ele passa sob a câmara de recolha de imagens 213.

A estrutura de iluminação 226 compreende um par de tubos fluorescentes de corrente alternada e operam a alta frequência, normalmente na zona dos 20-40 Khz e um par de estruturas reflectoras 228 que reflectem a luz na direcção da janela de captação de imagens 225. O tubo de iluminação 227 opera a uma frequência suficientemente elevada para garantir que cada azulejo fica sujeito ao mesmo grau de iluminação durante o período em que a câmara de vídeo 214 capta uma imagem. Além disso, geram muito menos calor do que a iluminação de CC, o que é também vantajoso. O par de estruturas reflectoras 228 tem superfícies espelhadas internas 229 para reflectir a maior parte da luz do tubo 227 na direcção do azulejo 231 e estão preparadas para definir um intervalo no qual a câmara 214 pode captar uma imagem aleatória linear do azulejo 231. A geometria da disposição e o posicionamento das luzes do tubo 227 é tal que se obtém uma iluminação do campo de visão reflectida exclusiva e uniforme. Isto evita especialmente a reflexão directa nos azulejos 231 e adicionalmente reflexões secundárias são também evitadas, proporcionando um revestimento não reflector e absorvedor da luz nas paredes internas 232 da câmara 213 e na superfície externa 233 das estruturas reflectoras 228.

A câmara de vídeo 214 está localizada na parte superior da câmara 213 e tem uma lente 235, que é em primeiro lugar focada num azulejo inicial 231 e em seguida se mantém fixa para subsequente separação dos azulejos. Variar o foco para cada azulejo não é necessário, uma vez que não há zoom variável e a profundidade de campo da lente 235 é suficientemente grande para proporcionar imagens focadas, quer do azulejo 231, quer de um objecto de calibragem 236, que está localizado exactamente por baixo da posição da imagem do azulejo em A. A lente 235 não

necessita de um zoom variável, uma vez que o campo de visão da câmara é fixo. Retirando a necessidade de zoom e foco variáveis, os procedimentos de calibragem são simplificados e não há necessidade de um objecto de calibragem zoom/lente 51, como era o caso na forma de realização anterior.

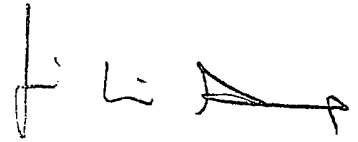
A lente da câmara 235 é provida de um filtro de IV 236 para otimizar a sensibilidade da câmara de vídeo na região visível do espectro electromagnético. Um obturador de cristais líquidos 238 é também provido e fixado à lente da câmara 235. Este dispositivo é usado para evitar a sobre-exposição da câmara 214 à imagem do azulejo, que pode ser causada pela instabilidade (variação da velocidade da cinta) da cinta transportadora 230 e é descrita em mais pormenor a seguir.

O funcionamento da câmara de vídeo 214 e do digitalizador (não representado) é fortemente dependente da temperatura e para se regularem as suas temperaturas de funcionamento, é proporcionado um sistema de ar condicionado (não representado). O digitalizador é posicionado perto da saída da câmara analógica e no interior do invólucro da câmara para minimizar os efeitos de desvio, e é feito circular ar arrefecido num circuito fechado à volta do invólucro da câmara. Para aumentar a precisão do regulador de temperatura, são proporcionadas bombas de calor miniatura 239 ligadas a grandes recipientes de calor 240 no invólucro da câmara de vídeo. O controlo da temperatura ideal será conseguido tendo bombas de calor 239 em todos os circuitos sensíveis às temperaturas das câmaras de vídeo analógicas, por exemplo no próprio DCA (dispositivo de carga acoplada). Em particular, o DCA actuará no seu melhor quando mantido o mais frio possível. Contudo, uma vez que o posicionamento das bombas de calor nos circuitos é mecanicamente difícil e proibitivamente caro, esta não é uma proposta prática com a actual tecnologia e, portanto, as bombas de calor são providas apenas no invólucro da câmara de vídeo.

O circuito fechado de ar condicionado estende-se para o ambiente de computação, isto é, para o microcontrolador 217, para a unidade de processamento de imagens 218 e para o microcomputador 221 com vista também a regular as respectivas temperaturas de funcionamento. A vantagem de se usar um sistema de ar condicionado é que não são necessários filtros, e desta forma a manutenção do aparelho 211, especialmente em ambientes industriais com muito pó, pode ser reduzida.

O microcontrolador 217 acompanha a temperatura do invólucro da câmara de vídeo por meio de um sensor de temperatura (não representado) e controla o funcionamento da bomba de calor 239 e do sistema de ar condicionado de acordo com as informações colhidas. O microcontrolador 217 é também responsável pelo acompanhamento das condições no interior da câmara de recolha de imagens 213 e é provido de um sensor de luz 241, que permite uma medição precisa das alterações na luminosidade dos tubos de luz fluorescente 227 devidas ao envelhecimento, bem como detectam quando os tubos de luz 227 não estão a funcionar correctamente.

A câmara de vídeo 214 toma uma imagem do azulejo 231 numa base linha-a-linha e, portanto, muitos tipos de câmaras de vídeo de linhas aleatórias poderão possivelmente ser usados. Nesta forma de realização particular, é usada uma câmara de vídeo de Integração no Domínio do Tempo (IDT) 214 que integra um conjunto DAC (Dispositivo de Acoplamento Carregado). A câmara IDT 214 capta uma imagem da largura total do azulejo 231 e de x linhas ao longo do seu comprimento, em que $x = 96$, por exemplo. De cada vez que o azulejo 231 se move numa distância correspondente a uma linha de pixel do conjunto DAC, a câmara 214 é disparada para captar uma nova imagem do azulejo 231 na sua nova posição e assim uma linha determinada através de um azulejo é posta em imagem x vezes. À série de imagens de uma



determinada linha pode então ser feita a média para proporcionar uma imagem muito precisa da linha.

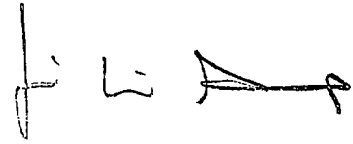
Uma vantagem de se usar uma câmara IDT 214 é que níveis baixos de iluminação podem ser usados uma vez que captando várias imagens da mesma linha aumenta o tempo de exposição desta linha. Além disso, problemas associados com resposta não uniforme do conjunto de pixel DAC podem ser regularizados, uma vez que todos os pixels do conjunto DAC são usados. Além disso, a mancha pelo desvio da estrutura pode também ser evitada.

As vantagens obtidas pela utilização de uma câmara IDT são particularmente dependentes da precisão do seguimento do azulejo 231, quando ele passa pela posição A. Um dispositivo 250 de seguimento da posição do azulejo (representado na figura 13) é proporcionado para geração dos sinais de disparo da câmara 214. O dispositivo de seguimento de posição 250 compreende duas estruturas com tambores idênticos, que são montados nos respectivos lados do transportador 230. Cada estrutura compreende uma fiada de tambores tensores 251, 252, 253, um tambor de engrenagem 255, um tambor de codificação de posição 256. Os tambores tensores 251 nas extremidades de cada fiada são rodas livres que não são ligadas a rodas tensoras adjacentes. Estas rodas livres 251 servem para guiar os azulejos 231 no dispositivo de seguimento 250, corrigindo dessa forma qualquer desalinhamento menor do azulejo 231 que possa estar presente. As rodas de seguimento 252, 253 de cada fiada estão posicionadas simetricamente de um lado e do outro de uma linha divisória 254. Ainda que não representada nos desenhos, a linha divisória 254 corresponde à posição A da imagem do azulejo na figura 12. As rodas de seguimento 252 e 253 estão acopladas por meio da roda de engrenagem 255 que por sua vez está acoplada à roda 256 de codificação de posição. A referida roda 256 tem um raio muito mais pequeno que o da roda de engrenagem 255 e assim qualquer rotação das rodas de seguimento

252, 253 é amplificada pela relação da roda 255 relativamente à roda de codificação de posição 256. Um codificador de eixo 257 é provido em cada posição da roda de codificação 256 para medir a rotação da referida roda 256 e, portanto, proporcionar um sinal determinante de uma posição de elevada resolução para disparo da câmara de vídeo 214.

Cada uma das estruturas das rodas é mantida numa moldura (não representada, que é montada para suportar a estrutura (não representada) do transportador 230. Cada estrutura possui uma disposição com molas para obrigar a estrutura das rodas umas contra as outras. O conjunto de molas proporciona uma força de molas relativamente fraca que, no entanto, é suficientemente forte para assegurar um bom contacto entre o azulejo 231 e as rodas tensoras 251, 252, 253 e que aumenta a precisão do dispositivo de seguimento de posição 250.

Quando um azulejo 231 entra no dispositivo de seguimento de posição 250, o azulejo 231 é em primeiro lugar alinhado pelas rodas livres 251. A aresta frontal 258 do azulejo 231 contacta a seguir a roda de seguimento 252, cuja rotação activa a geração dos sinais que determinam a posição. Outro aspecto da disposição de seguimento é que uma roda de seguimento 253 roda com uma roda de seguimento 252 mesmo que o azulejo 231 ainda não tenha atingido a sua posição. Assim, quando a aresta da frente 258 do azulejo 231 chega à roda de seguimento 253, é suavemente guiada através do dispositivo 250. Além disso, esta característica também permite que os sinais determinantes da posição sejam gerados antes da aresta frontal do azulejo ter atingido a posição A para imagens do azulejo e após a sua aresta de saída 251 ter deixado esta posição, permitindo assim que uma imagem completa da superfície do azulejo tenha sido captada. A figura 13 também mostra as direcções de rotação respectivas de cada uma das rodas quando o azulejo 231 passa pelo dispositivo 250 na direcção da seta 260.



O codificador de eixo 257 e a relação de engrenagem entre a roda de engrenagem 255 e a roda de codificação de posição são escolhidos de maneira a proporcionar sinais de disparo para a câmara de vídeo cada vez que o azulejo se move ao longo de uma distância correspondente a uma linha de pixel na câmara de vídeo. O disparo da câmara está assim dependente da velocidade do transportador 230 e, idealmente, se for constante, também o tempo de exposição da câmara é constante. Contudo, na prática, a velocidade do transportador 230 tende a «oscilar» e, portanto, tem que se introduzir uma compensação para evitar a variação dos tempos de exposição. É proporcionada compensação pelo dispositivo obturador de cristais líquidos 238, apresentado na figura 12. Este dispositivo 238 pode funcionar a velocidades/frequência elevadas para regular simplesmente o tempo de exposição da câmara 214 para cada captação de imagens. Em alternativa, o tempo de exposição pode variar pela aplicação de técnicas de estroboscopia ao azulejo quando este se move através da posição sensora de imagem.

Como foi anteriormente mencionado, a câmara de captação de imagens 213 está selada relativamente ao ambiente externo para protecção contra ambientes industriais com muito pó. Contudo, existe uma tendência para o pó se acumular por baixo da câmara 213 mesmo que, como na forma de realização anterior, os azulejos 231 tenham sido limpos antes de atingirem a posição de imagem A. Uma disposição para limpeza de objectos de calibragem (não representada) é, portanto, proporcionada para manter os objectos de calibragem 236 (ver figura 12) substancialmente livres de pó. A disposição para limpeza compreende uma fiada de orifícios de sopragem de ar posicionados ao longo de uma aresta do objecto de calibragem 236 e, na aresta oposta do objecto de calibragem, uma fiada de orifícios de sucção de ar respectivos são proporcionados, de maneira a ficarem em frente dos orifícios de sopragem de ar correspondentes. Assim, pode ser mantida uma corrente de ar constante através da superfície do

objecto de calibragem 236, evitando desta maneira que o pó se deposite nesta superfície.

O software usado na segunda forma de realização é substancialmente o mesmo que é usado na primeira forma de realização. A alteração mais significativa está associada com a existência de um maior controlo pelo utilizador do processo de classificação do azulejo. Por causa disso, o interface do utilizador foi adaptado para fornecer um elevado grau de informação acerca dos parâmetros de processamento, dos limites da classe do azulejo e outros dados relevantes para o utilizador através de um ecrã táctil interactivo 223. O utilizador tem à mão um grande número de opções de processamento, incluindo a «sintonia» do processo de classificação para ajustar os limites da classe do azulejo, a avaliação do processo de classificação, escolhendo um azulejo para treino bem representativo do centro de uma determinada classe e ajustando o processo de alarme que pode velar pelo desempenho do processo de classificação e notificar o utilizador quando tenham sido atingidos limites pré-determinados. Outra característica apresentada ao utilizador é a criação de novas classes de azulejos a partir de novos dados existentes. Isto permite a utilização de um conjunto de amostras de azulejos para treino que não abranjam todas as classes, sendo as classes adicionais determinadas pela criação de novos limites das classes dos azulejos.

Quando o procedimento de classificação é «sintonizado», o utilizador é apresentado com um gráfico das características escolhidas para classificação, ou seja, o resultado do período de treino ou de classificação no sistema de determinação de limite entre as classes. O utilizador fica então apto a deslocar o limite escolhido para uma nova posição e ver graficamente o efeito que isto faria na associação dos azulejos às várias classes se esta posição limite fosse seleccionada. O

utilizador está em condições de ajustar o desempenho do sistema de uma maneira simples e rápida e também ver os efeitos que estas alterações teriam nos resultados da escolha.

Referindo-nos agora às figuras 14 e 15, uma terceira forma de realização da invenção está representada. Esta forma de realização é quase idêntica à da segunda forma de realização atrás descrita e assim apenas serão discutidas à frente as diferenças.

Na terceira forma de realização, um processo de calibragem «in-line» é usado para se obter um ajustamento fino do dados da imagem recolhida para compensar a variação do desvio da temperatura nas condições de luz e na oscilação. O procedimento envolve uma imagem de um objecto de calibragem 300 presente em todas as pesquisas de linhas da câmara. Isto é conseguido pela pesquisa das linhas da câmara que se estendem para lá da largura do azulejo 301 e o objecto de calibragem 300 tem uma imagem com uma largura extra de pesquisa (ver figura 15). Assim, o objecto de calibragem 300 é posicionado junto de uma cinta transportadora de grande precisão 302 (mais tarde discutida) no campo de visão 303 da câmara IDT. O objecto de calibragem 300 é colado ao lado inferior da janela 225 da câmara de captação de imagem 213. Isto tem a vantagem do dispositivo de limpeza do objecto de calibragem da segunda forma de realização não ser necessário, uma vez que a superfície do objecto está isolada do pó. Em alternativa, o objecto poderia ser colocado dentro da câmara vedada para se obter o mesmo resultado.

Na calibragem «em processo» anteriormente descrita, o ganho e o off-set do digitalizador são ajustados para compensar as alterações entre o período de funcionamento normal e o período de treino. Contudo, como este procedimento não é suficientemente rápido para a calibragem «in-line», os níveis

de cinzento verificados no tempo de funcionamento normal são igualizados aos níveis de cinzento padrão, fazendo passar os dados por uma mesa de consulta digital rápida (não representada). Para facilitar uma multiplicação precisa por fracções na mesa de consulta, são introduzidos dados de intensidade não compensada de 10-bit para produzir uma saída de dados compensados de 8-bit. Usando a mesa de consulta, tem-se a vantagem de se conseguirem rapidamente dados de intensidade compensada e também permite que funções de transferência não linear sejam implementadas para a conversão.

Outra vantagem de se usar a calibragem «in-line» é que não são necessários os meios de seguimento de elevada precisão. Em virtude disso, não é necessário acrescentar o dispositivo de acompanhamento da posição do azulejo 250 (figura 13) no aparelho de inspecção automática. Em vez disso, a câmara de vídeo é disparada independentemente por um oscilador de cristal de alta frequência (não representado), que fornece um tempo de exposição constante, sendo usada uma disposição de transportador com maior precisão (figura 14), que minimiza a instabilidade, mantendo os azulejos 301 a moverem-se a uma velocidade praticamente constante através da área de imagem. O uso desta disposição do transportador retira a necessidade de um obturador LCD ou de luz estroboscópica.

A nova disposição do transportador compreende três transportadores, um de entrada 304, um de saída 305 e um de alta precisão 302 entre o de entrada e o de saída. Cada transportador é accionado por motores, que são auto-reguláveis e ajustados para moverem a cinta transportadora a uma velocidade constante pré-determinada. Esta velocidade é fixada de maneira a ser mais elevada que a das outras partes do sistema fabrico/processamento do azulejo de maneira a assegurar que não se crie uma acumulação de azulejos no separador de

azulejos. Além disso, os três transportadores são ajustados para funcionarem à mesma velocidade.

A existência de transportadores de entrada e de saída 304, 305 serve para acautelar o transportador de alta precisão 302 da carga que inevitavelmente ocorre devido à aceleração e desaceleração dos azulejos que ocorrem com os azulejos que, respectivamente, entram e saem do aparelho de inspecção de azulejos das cintas de transporte mais lentas. Desta maneira, o transportador de alta precisão 302 não fica carregado e mantém uma velocidade constante. Além disso, o transportador de alta precisão 302 tem um comprimento mínimo, que por isso reduz a sua instabilidade. Para manter o caminho dos azulejos, que se movem ao longo dos transportadores, cada transportador é provido de pelo menos um codificador de eixo 306.

Para melhorar ainda mais a qualidade da imagem digital do azulejo, às intensidades da saída de imagem do digitalizador é feita a média para reduzir os efeitos de ruído. Às intensidades de imagem de quatro pixels adjacentes formando um conjunto quadrado 2 X 2 é feita a média para dar um valor único de intensidade de imagem para um novo pixel maior. Assim, a resolução espacial é reduzida num factor de quatro, por exemplo um conjunto de pixels 2 X 2K é reduzido a um conjunto de pixels 1 X 1K. Contudo, a resolução de intensidade é mantida a 10 bits de maneira que os dados médios podem então ser introduzidos na mesa de consulta. Idealmente, o estabelecimento da média da intensidade deverá ser levado a cabo no domínio analógico pelo DAC da câmara de vídeo e este sistema pode facilmente ser adaptado para funcionar com esta câmara. Contudo, esta capacidade não está vulgarmente disponível na câmara e assim a realização de médias é levada a cabo no domínio digital.

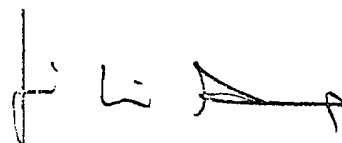
Tendo assim descrito a invenção com referência a formas de realização particulares, deverá apreciar-se que as formas de

realização descritas são dadas apenas a título de exemplo e são susceptíveis de modificação e variação sem saírem do espírito e âmbito da invenção como vem estabelecido nas reivindicações anexas. Por exemplo, ainda que as formas de realização descritas sejam para ser utilizadas com azulejos cerâmicos, podem em alternativa ser usadas para classificar e separar azulejos de plástico ou de cortiça ou outros produtos, tais como blocos de madeira, por exemplo. A invenção pode também ser aplicada à inspecção de têxteis ou outros materiais em folha, tais como, por exemplo, papel de parede, notas de banco, selos de correio, reproduções artísticas, etc. Além disso, embora as formas de realização descritas utilizem a informação sobre escalas de cinzento a partir de uma câmara monocromática, esta pode ser uma câmara a cores e o processamento de imagem ser efectuado para compreender as variações de cor. Além disso, o aparelho pode ser provido de detectores de defeitos na superfície dos azulejos, tais como, riscos e furos na superfície. Estes tipos de distorções podem ser verificados pela projecção de um padrão previamente definido sobre a superfície do azulejo e verificar opticamente quaisquer distorções do padrão devidas a estes defeitos. Adicionalmente, a comunicação entre o micro-computador e o processador de imagens poderá ser alargada para transportar mais dados, e como resultado, a reconfiguração do processador de imagens para cada algoritmo de determinação de característica poderá ser levado a cabo a partir do microcontrolador de forma remota.

Lisboa, 06 de Dezembro de 2000.

O AGENTE OFICIAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized initial 'J' followed by a horizontal line and a series of loops and strokes.



REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de inspecção automática para classificar um artigo de acordo com uma característica de superfície do artigo, compreendendo o aparelho de inspecção:

meios de transporte para transportar o referido artigo para uma posição de percepção de imagem;

meios de iluminação para iluminarem a superfície do artigo quando ele se encontra na referida posição de percepção de imagem ;

uma câmara fotográfica ou de vídeo ("camera") para captar uma imagem eléctrica da referida superfície quando o artigo passa pela posição de percepção de imagem; e

meios de processamento para processamento da imagem para classificar o artigo, sendo os referidos meios de processamento preparados para detectar características particulares da referida imagem e para determinar o grau em que cada característica está presente na imagem e para classificar o artigo na base da referida determinação;

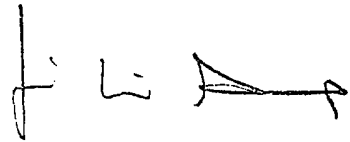
compreendendo os referidos meios de processamento um processador de imagens, que está preparado para converter dados de imagem numa lista de valores de características e para classificar o artigo na base da referida lista; e

compreendendo os referidos meios de processamento um computador programado para executar uma série de algoritmos de extracção de características e um algoritmo de ordenamento que ordena os algoritmos de extracção de características, usando como critério a respectiva eficiência na discriminação entre classes do artigo, e um

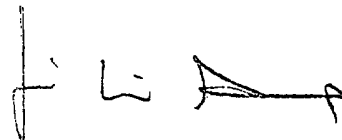
interface do utilizador que permite a um operador especificar o tipo e a classe do artigo quando o aparelho está no módulo de treino e fazer a comutação entre o módulo de treino e o módulo de funcionamento normal.

2. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 1, em que o referido artigo tem uma série de características de superfície.
3. Aparelho de inspecção automática de acordo com as reivindicações 1 ou 2, em que os meios transportadores estão preparados para transportar o artigo para a posição de percepção de imagem a uma velocidade sensivelmente constante e a câmara é uma câmara de elevada velocidade preparada para captar imagens de alta definição da superfície do artigo quando este se move através da posição de percepção de imagem.
4. Aparelho de inspecção automática de acordo com as reivindicações 1 ou 2 ou 3, em que a referida câmara é uma câmara de pesquisa de linha (line scan) preparada para captar imagens de partes do referido artigo, as quais podem ser electronicamente reconstituídas numa imagem completa do referido artigo.
5. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 3, em que a referida câmara é uma câmara de integração do domínio do tempo.

6. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, compreendendo também um dispositivo obturador de alta velocidade para regular o tempo de exposição da câmara.
7. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, compreendendo também meios de controlo do funcionamento da câmara para vigiar as condições ambientais em que a imagem é captada, e para comunicar com o aparelho de processamento o resultado do processo de classificação levado a cabo pelos meios de processamento.
8. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, compreendendo também meios de determinação de posição para seguir o movimento dos artigos dentro, através e fora da posição de percepção de imagem.
9. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 8, em que os referidos meios de determinação de posição estão preparados para alinhar e guiar cada artigo através da referida posição de percepção de imagem.
10. Aparelho de inspecção automática de acordo com as reivindicações 8 ou 9, em que a operação de captação da câmara está preparada para ser dependente dos sinais de saída dos referidos meios de determinação de posição.



11. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, em que a referida câmara está alojada num invólucro que está preparado para permitir a entrada de luz no referido invólucro da referida câmara apenas através de uma janela na posição de percepção de imagens e, o referido invólucro compreende paredes substancialmente não reflectoras e absorvedoras da luz.
12. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 11, em que os referidos meios de iluminação compreendem uma ou mais lâmpadas fluorescentes de elevada frequência dispostas como fonte de luz, no interior do referido invólucro para iluminar o referido artigo através da janela do referido invólucro.
13. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 12, em que os referidos meios de iluminação compreendem reflectores para reflectir a luz na direcção da referida janela.
14. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, compreendendo também uma câmara de captação de imagem (chamber), que está preparada para controlar as condições ambientais, sob as quais o referido artigo que passa por ela é fotografado.
15. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 14, em que a referida câmara está preparada



para não permitir a entrada de luz na câmara e que compreende também paredes internas substancialmente não reflectoras e absorvedoras de luz.

16. Aparelho de inspecção automática de acordo com as reivindicações 14 ou 15, em que os referidos meios de iluminação compreendem uma série de lâmpadas dispostas como uma fonte de luz e, uma estrutura de difusão para providenciar luz difusa dentro da câmara.
17. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 16, em que a estrutura de difusão compreende um difusor grosseiro, um espelho e um difusor fino, recebendo o espelho luz difusa por meio do difusor grosseiro e reflectindo a luz para o difusor fino.
18. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações 14 a 17, compreendendo também meios para não permitir a contaminação com pó das superfícies na referida câmara.
19. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, em que a referida câmara fotográfica ou de vídeo é posicionada de tal maneira que quando o artigo é localizado na referida posição de percepção de imagem, a câmara receberá apenas luz difusa, não reflectida pelo espelho, da superfície do referido artigo.

20. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, compreendendo também filtros associados à referida câmara fotográfica ou de vídeo, sendo os referidos filtros preparados para otimizar a sensibilidade da câmara para a região visível do espectro electromagnético.
21. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, em que a referida câmara fotográfica ou de vídeo compreende lentes com zoom e tem capacidade de controlo de zoom e de foco.
22. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, em que a referida câmara fotográfica ou de vídeo tem capacidade de controlo de abertura.
23. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, que compreende também uma referência de calibragem na referida posição de percepção de imagens para permitir a calibragem da câmara fotográfica ou de vídeo.
24. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 23, que compreende também meios para evitar a contaminação com pó de uma superfície da referida referência de calibragem.

25. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, compreendendo também um sistema de arrefecimento que está preparado para arrefecer os ambientes da câmara fotográfica ou de vídeo e do computador.
26. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 25, em que o referido sistema de arrefecimento compreende um sistema de ar condicionado.
27. Aparelho de inspecção automática de acordo com a reivindicação 25 ou reivindicação 26, em que o referido sistema de arrefecimento compreende uma bomba de calor e um dissipador de calor que são usados para arrefecer a referida câmara fotográfica ou de vídeo.
28. Aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, em que são proporcionados meios para permitir que a imagem da câmara fotográfica ou de vídeo seja compensada para apagar os efeitos de incidentes, tais como, por exemplo, os que podem aparecer devido à iluminação não uniforme da peça de trabalho ou às variações da temperatura ou para compensar as variações na saída (output) dos vários pixels da câmara.
29. Aparelho separador automático que compreende um aparelho de inspecção automática de acordo com qualquer das reivindicações anteriores e um dispositivo separador mecânico que responde ao referido aparelho de inspecção

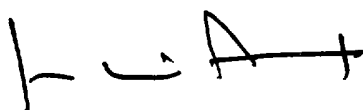
automática para separar fisicamente artigos na base da sua classificação conforme determinado pelo referido aparelho de inspecção automática.

30. Aparelho separador automático de acordo com a reivindicação 29, em que o referido dispositivo separador mecânico compreende um sensor de entrada para determinar quando um artigo previamente classificado tiver atingido o referido dispositivo separador mecânico.

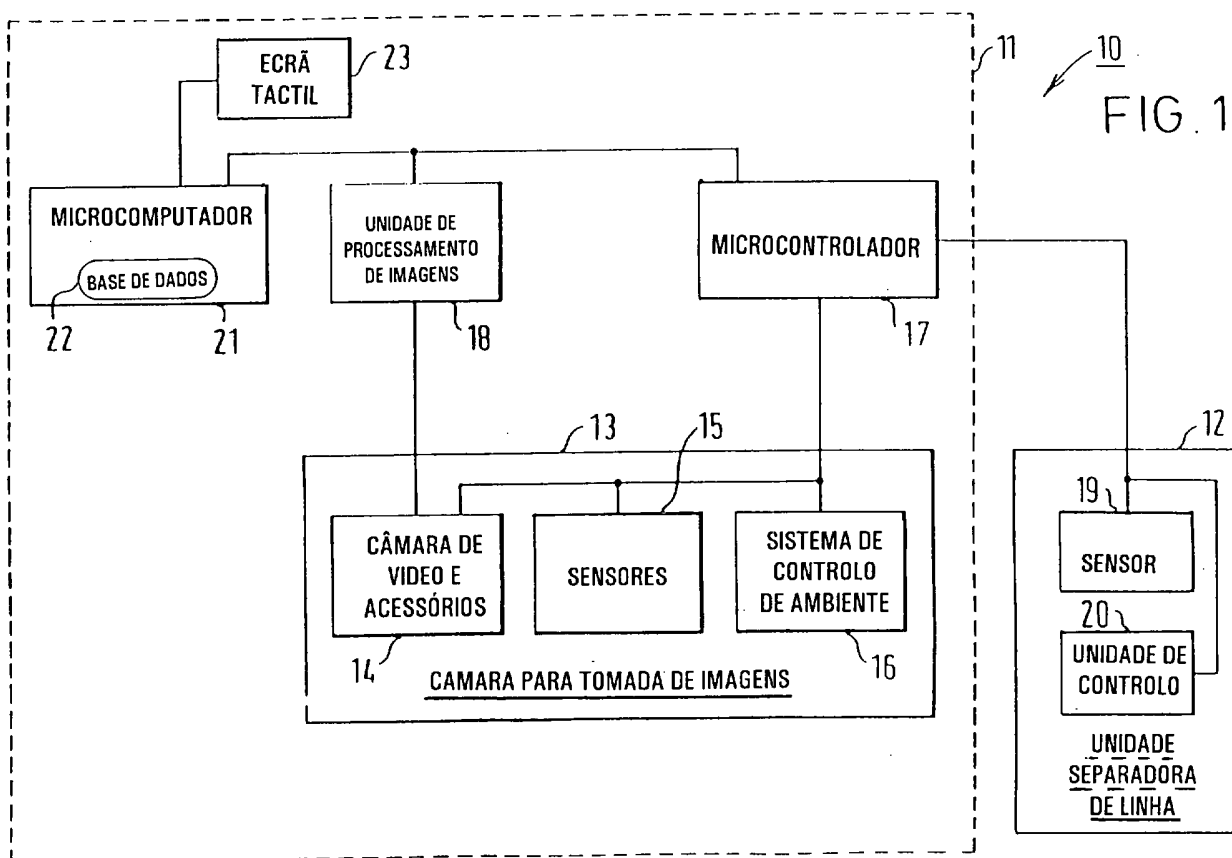
31. Aparelho de inspecção automática ou aparelho separador automático de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, em que o referido artigo inclui um azulejo cerâmico.

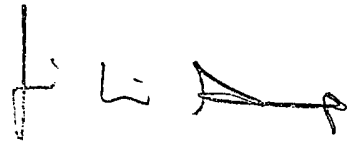
Lisboa, 06 de Dezembro de 2000.

O AGENTE OFICIAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

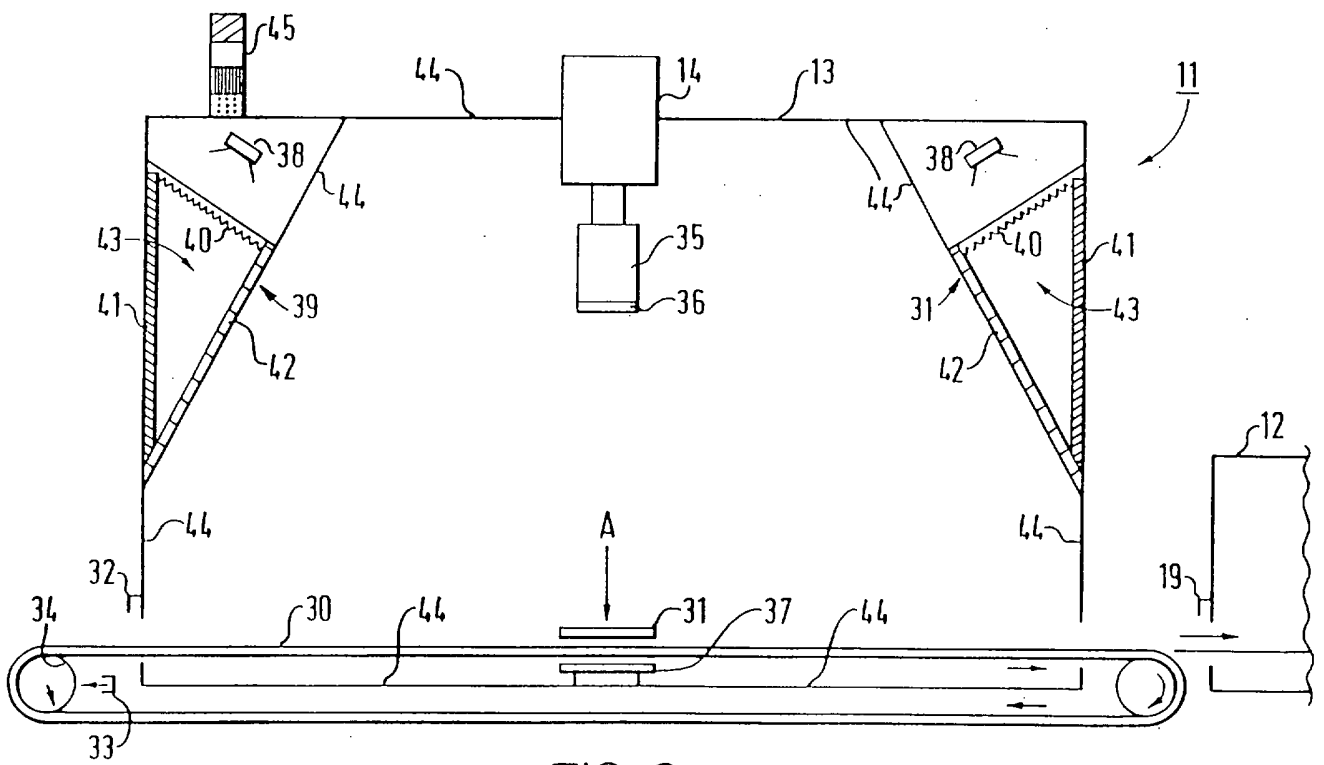
A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'L' followed by a horizontal line and a vertical line, resembling the letters 'L' and 'A'.

f l s





2 / 13



f l A

PC - MICROCOMPUTADOR
IP - PROCESSAMENTO DE IMAGEM
UI - INTERFACE DO UTILIZADOR

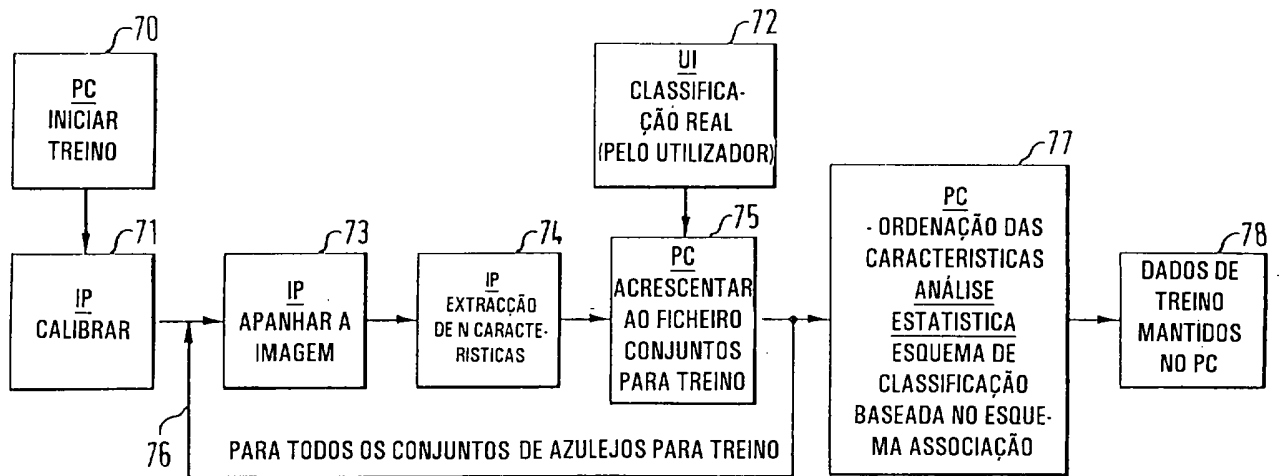


FIG.3.

PC - MICROCOMPUTADOR
IP - PROCESSAMENTO DE IMAGEM
UC - MICROCONTROLADOR

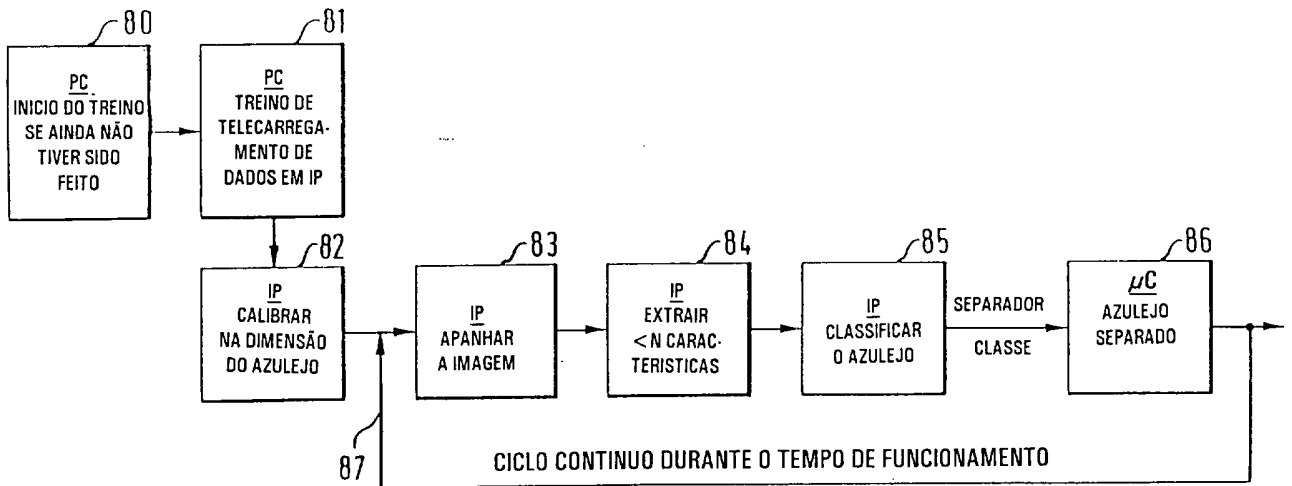


FIG.4.

Handwritten signature or mark.

FIG. 5

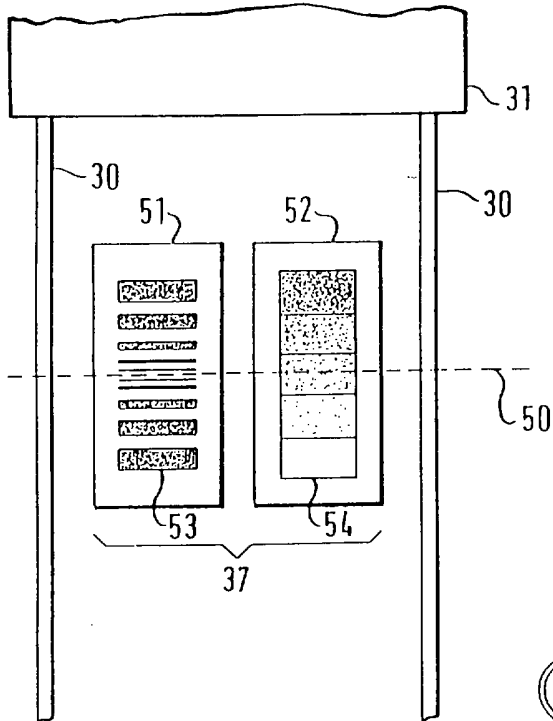
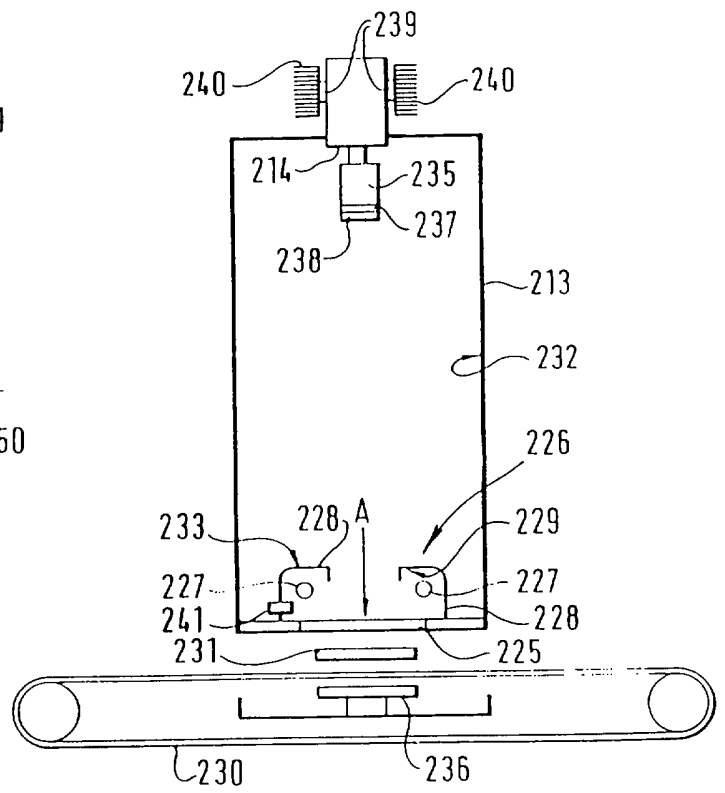
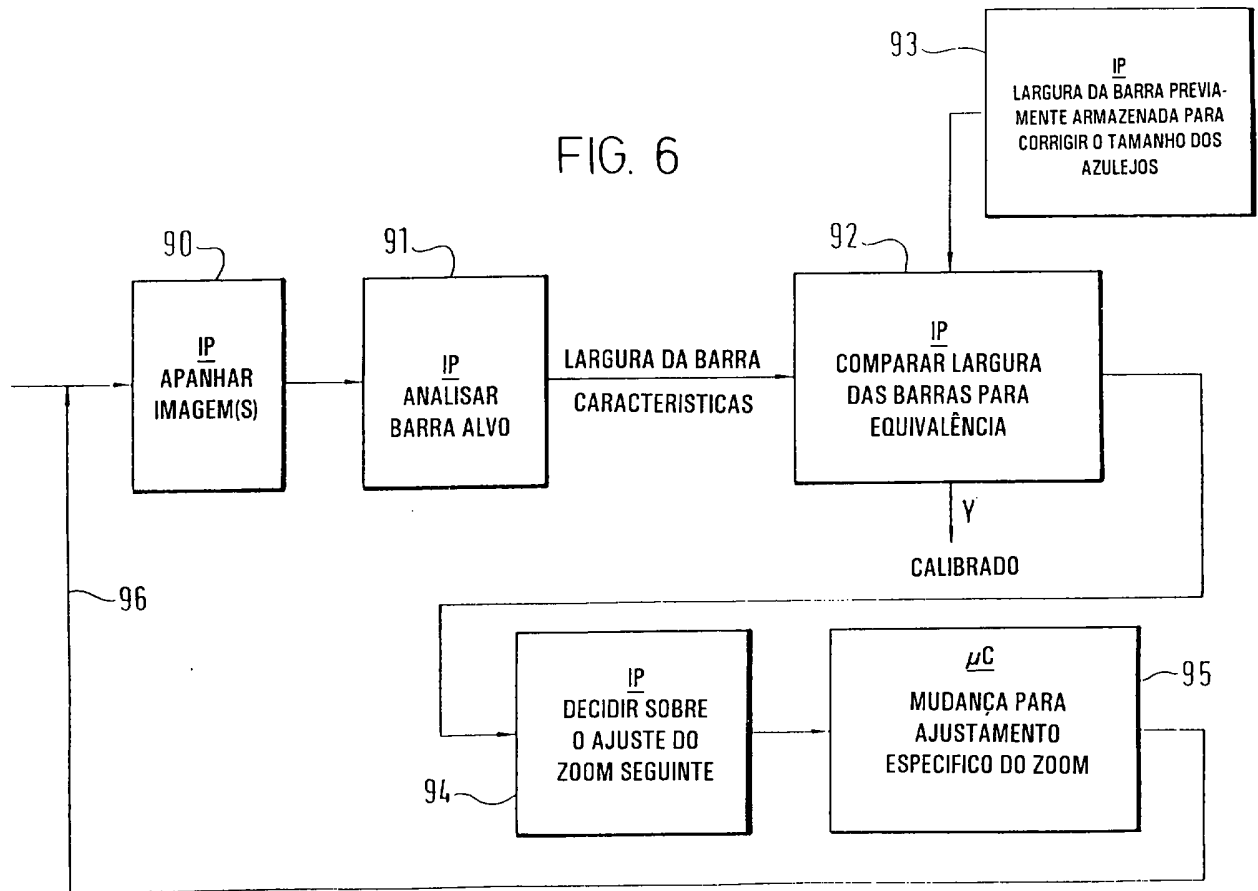


FIG. 12



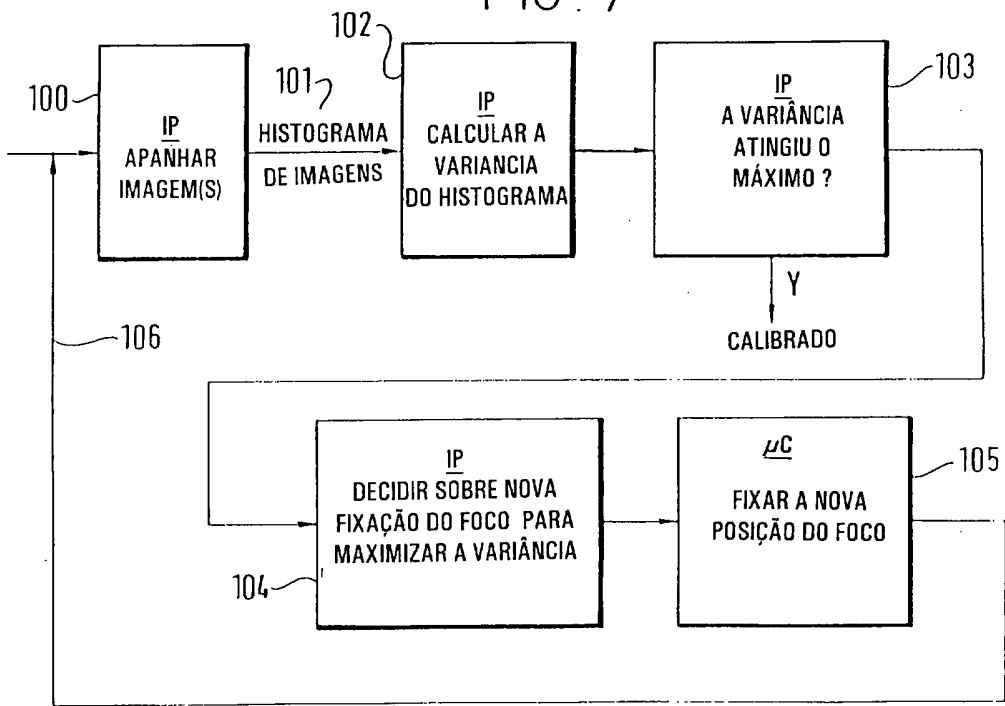
f l a

FIG. 6

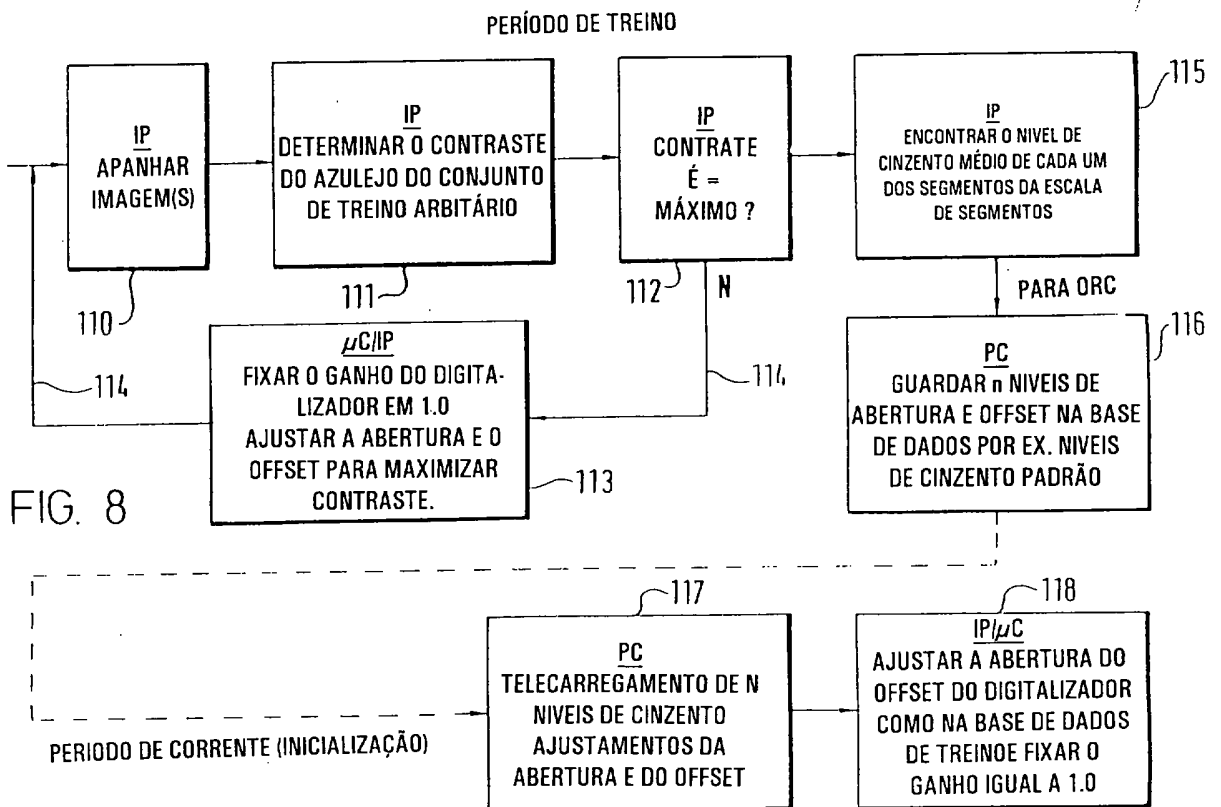


f L A

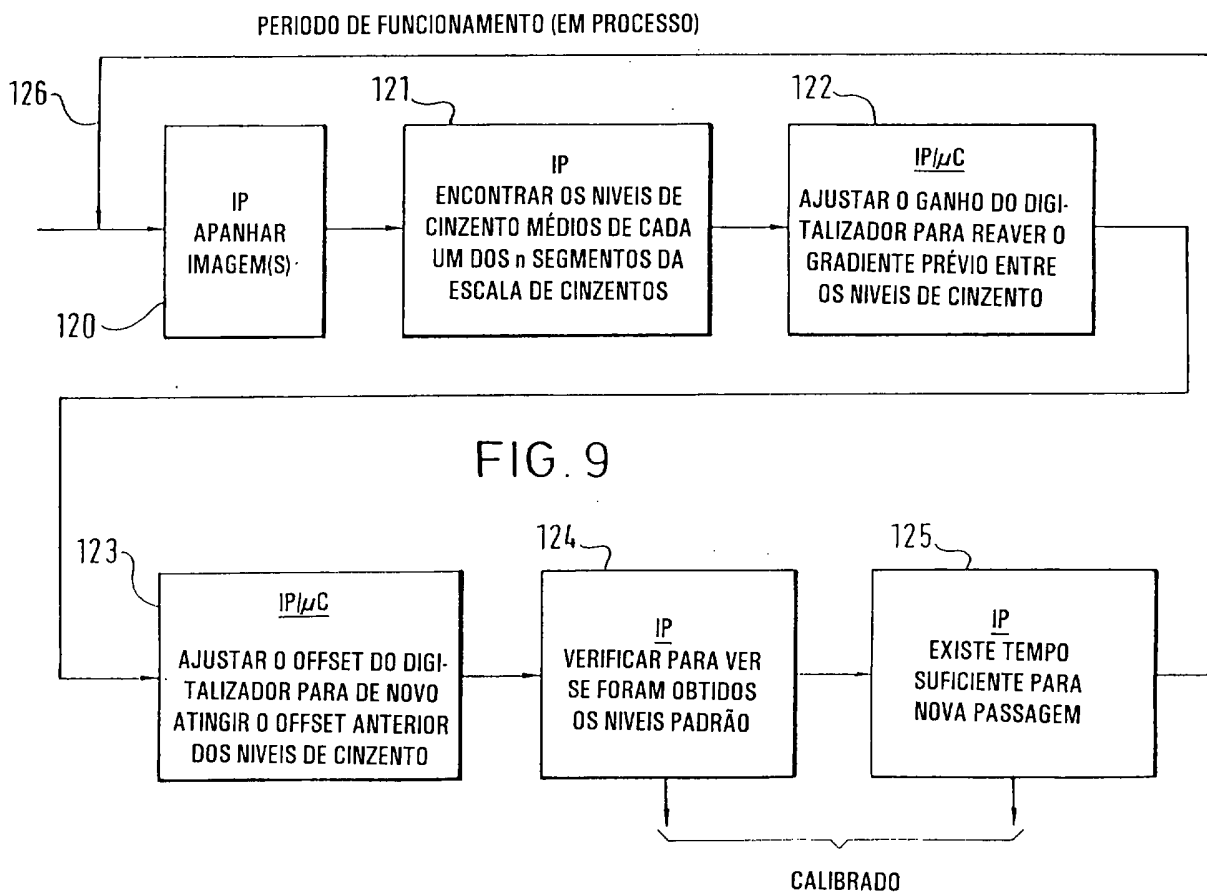
FIG. 7



f. l. 1



f. l. a



f l a

10 / 13

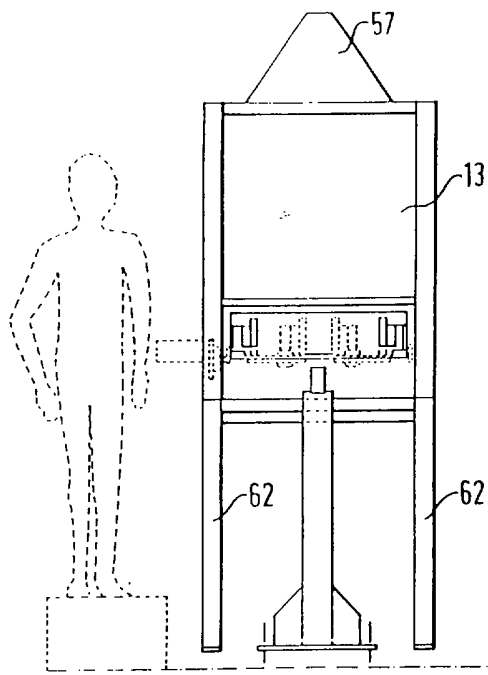


FIG. 10A

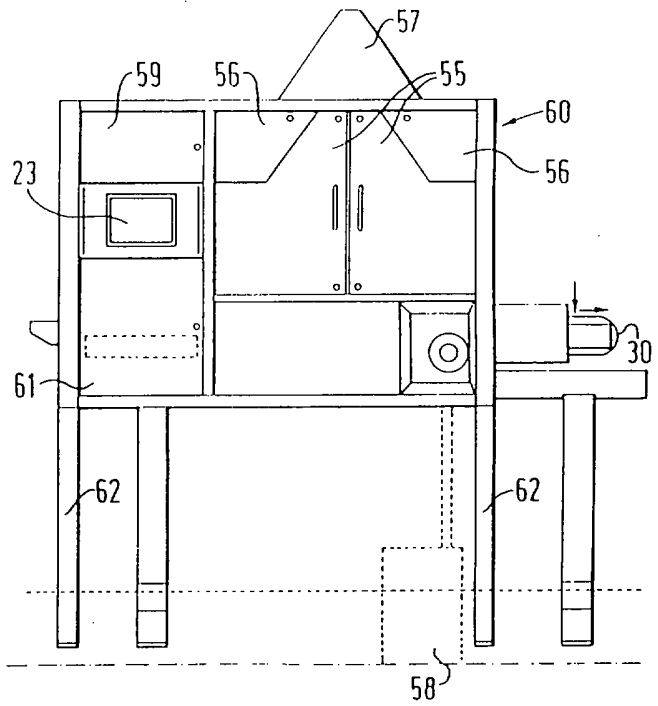


FIG. 10B

f l A

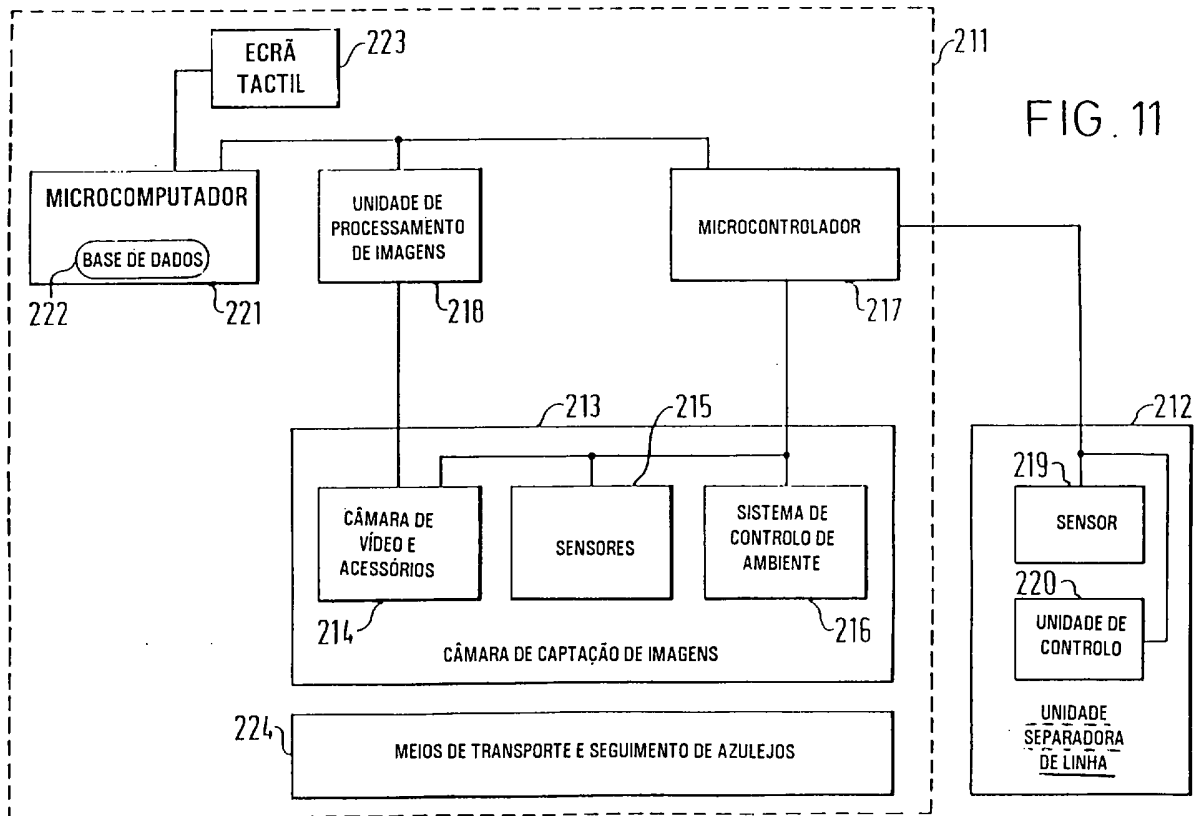
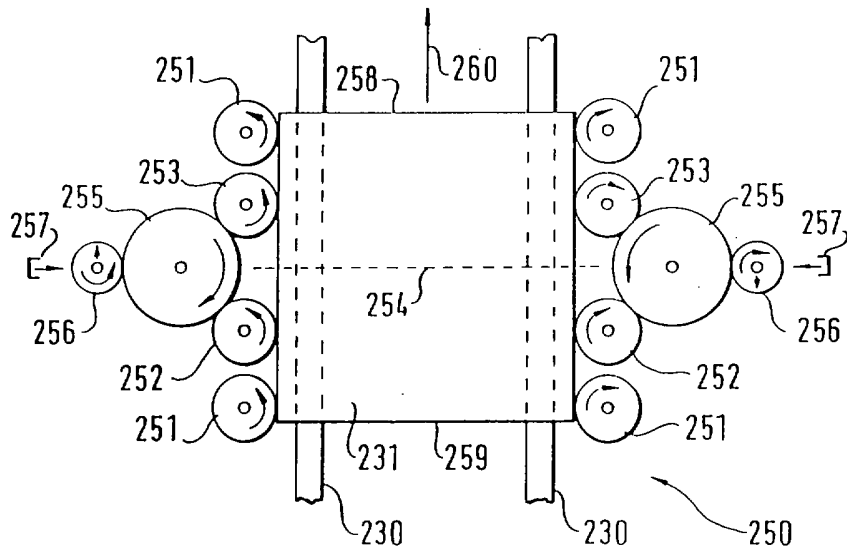


FIG. 11

f L A

12/13

FIG. 13



f l A

FIG. 14

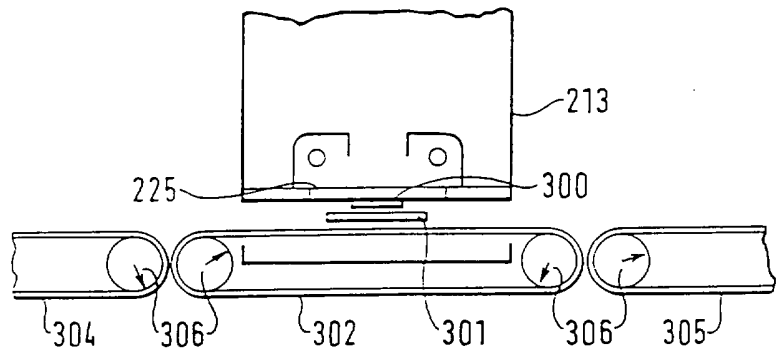


FIG. 15

