

DESCRIÇÃO
DA
PATENTE DE INVENÇÃO

N.º 100.405

REQUERENTE: LNETI-Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Instituição de Investigação, portuguesa, com sede na Estrada do Paço do Lumiar 22, Lisboa

EPÍGRAFE: "SISTEMA DE VISÃO PARA DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE DEFEITOS EM ARTIGOS DA INDÚSTRIA DE PORCELANA"

INVENTORES: FERNANDO ARNALDO DUARTE DE CARVALHO,
JERÓNIMO FRANCISCO ARAÚJO SILVA, CASSIANO
ANTÓNIO PEIXÃO PAIS e JOSÉ ANTÓNIO CABRITA
FREITAS

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4.º da Convenção de Paris de 20 de Março de 1883.

100.405



"SISTEMA DE VISÃO PARA DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE
DEFEITOS EM ARTIGOS DA INDÚSTRIA DE PORCELANA"

=====

MEMORIA DESCRITIVA

RESUMO

O presente invento diz respeito a um sistema de visão para detecção e classificação automática de defeitos em artigos da indústria de porcelana, nomeadamente em pratos de porcelana vidrada, defeitos esses cuja natureza, extensão e localização têm repercursões no produto fabricado em particular no estabelecimento de classes de qualidade. É essencialmente constituído pelo módulo óptico formado por uma fonte de luz diafragmada, dois polarizadores lineares dicróicos, uma lente colectora, uma câmara de video e um monitor TV; e um módulo de processamento digital da imagem composto por uma câmara de visão e um microprocessador equipado com uma carta de processamento de imagem cuja função consiste em adquirir, digitalizar, memorizar, processar, colocar saída de resultados e apresentar medidas.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas, de relevante importância, com que se debate a Indústria de Porcelanas é o da detecção e identificação de defeitos cuja natureza, extensão e localização têm repercursões no produto fabricado, em particular, no estabelecimento de classes de qualidade.

Este invento tem por objectivo a construção e implementação na linha de produção de um sistema de visão para a detecção e classificação automática de defeitos em pratos de porcelana vidrada.

Os defeitos correntes encontrados neste tipo de produto são: picos ou elevações do revestimento vidrado, vales ou depressões sobre a superfície vidrada, pontos negros resultantes de impurezas existentes na matéria prima do revestimento, riscos, manchas e abrasões, lascas nos bordos, bolhas, deformações, etc.

São tidos em conta apenas os defeitos cujas dimensões sejam compatíveis com o limite de resolução do olho, ou seja, cujo tamanho se situa acima de 0,1 mm, considerando o intervalo convencional de visão de perto (250-330 mm).

O método tradicional de controlo de qualidade do produto, ainda hoje seguido na Indústria, consiste na inspecção visual de cada unidade fabricada, iluminando-a com uma fonte de luz branca fluorescente ou de incandescência, sendo a observação feita a partir da luz difundida pelo objecto.

É óbvio que tal método, mau grado a experiência e prática de técnicos envolvidos nessa tarefa, apresenta desvantagens consideráveis, entre as quais se podem nomear o carácter

subjectivo da operação, certa morosidade na sua execução, cansaços físico e psicológico do operador resultante de um período relativamente longo de observação, com uma eventual diminuição da capacidade de observação e discernimento da pessoa afecta a esta tarefa.

Face às limitações inerentes ao método tradicional desenvolveu-se um protótipo laboratorial de visão que permite, de forma automática, identificar e reconhecer os defeitos de superfície, tornando deste modo, o processo de inspecção independente do observador.

Para mais fácil compreensão do invento junta-se em anexo dusa folhas de desenhos em que:

A figura 1 representa em esquema o equipamento utilizado no sistema objecto do invento;

A figura 2 representa uma imagem adquirida de um defeito neste caso uma elevação; e

A figura 3 representa uma imagem adquirida de um defeito neste caso de um ponto negro.

VISÃO

O equipamento de visão utilizado para a inspecção de defeitos em pratos de porcelana, encontra-se representado na Fig.1, sendo constituído por dois módulos ou sistemas conexos: o óptico e o processador digital da imagem.

Sistema Óptico

O sistema óptico encontra-se montado numa coluna com hastes articuladas cuja rotação permite um fácil ajuste dos componentes que o integram, a saber:

- . Fonte de luz diafragmada
- . Dois polarizadores lineares dicróicos
- . Lente colectora
- . Câmara video CCD
- . Monitor TV

O sistema óptico, como mostra a Fig.1, é constituído por dois braços: o de iluminação e o de formação da imagem.

O prato é posicionado sobre um suporte horizontal rotativo com a frequência de 2,5 voltas/min, e fazendo o seu eixo de rotação vertical 20° com os eixos ópticos dos braços de iluminação e de captação da imagem.

Ao longo do eixo óptico de iluminação encontra-se uma fonte de luz diafragmada e um conjunto de dois polarizadores lineares dicróicos que permitem, pela orientação relativa dos seus eixos, regular a intensidade de luz que incide sobre a superfície do prato.

O braço de captação da imagem, difundida pelo prato, comporta ao longo do seu eixo óptico uma lente colectora ($f=25$ cm, $\Phi=12,5$ cm) em associação com uma câmara de video CCD bidimensional munida de uma objectiva zoom ($f=12,5-75$ mm).

Atendendo a que a superfície do prato é vidrada, existe, nestas condições, uma percentagem apreciável de

componente especular de reflexão. O controlo desta componente, em particular, a resultante dos bordos onde existem desenhos em relevo, actuando como minúsculos espelhos convexos, responsáveis pela formação de pequenas imagens virtuais da fonte.

A persistência na imagem destes pontos luminosos poderá conduzir a erros de avaliação, levando-os a confundir com possíveis defeitos.

A atenuação destes reflexos e a minimização dos seus efeitos obtêm-se iluminando tais regiões em campo escuro, isto é, iluminação controlada pelo diafragma da fonte e orientação adequada dos eixos dos polarizadores.

Aquisição de Imagem

A imagem formada pela lente é captada pela câmara monocromática CCD de 565x400 linhas de resolução, apresentando 50 dB de razão sinal/ruído.

A carta de processamento de imagem tem por função adquirir, digitalizar, memorizar, processar e apresentar medidas.

A carta de processamento pela qual nos decidimos é a carta PC- OEIL para microcomputadores AT com 512x512x8 bits, com uma cascata de 4 processadores u PD7281 NEC, em regime de "pipe-line" e fluxo-de-dados. O software do sistema, contendo uma biblioteca de cerca de 70 funções, cobre as necessidades básicas de processamento. Com a finalidade de tornar a detecção e classificação automáticas, foram desenvolvidas funções em linguagem "C".

As figuras 2 e 3 são exemplos de imagens adquiridas de elevações e ponto negro, respectivamente.

ANÁLISE DE IMAGEM

Processamento de Imagem com Transformações Morfológicas

Os procedimentos de trabalho que se nos afiguram mais capazes são os métodos da análise morfológica. Esta abordagem do processamento de imagem tem raízes na teoria matemática dos conjuntos. A primeira preocupação desta abordagem era avaliar a proximidade entre dois conjuntos.

Para o efeito define-se um conjunto chamado elemento estruturante ϵ , o qual é levado a percorrer o conjunto da imagem completa X (o espaço ocupado pelos pixels da imagem). Este elemento consiste, nuns casos, de um pequeno quadrado para defeitos de forma cheia, de um segmento para formas lineares ou, então, de um par de pontos distantes de h .

As transformações utilizadas derivam das técnicas de erosão e dilatação. Em cada transformação deste tipo, o elemento estruturante ϵ é deslocado de modo a que a sua origem x passe por todos os pontos da imagem. A cada ponto y da imagem é atribuído o valor da função indicatriz booleana ($I_{(x)}$). O contradomínio está contido no conjunto formado pelos números 0 e 1. Em face da definição dada, a indicatriz ou degenera na constante 0, ou degenera na constante 1, ou assume os dois valores 0 e 1. O conjunto de pontos em que a condição é verificada, isto é, ($I_{(x)}=1$) forma um novo conjunto que constitui a imagem transformada. No caso da relação entre ϵ e X ser de inclusão tem-se

$$I(x) = \begin{cases} 1 & \text{sse } \epsilon \in CX \\ 0 & \text{sse } \epsilon \notin CX \end{cases}$$

O que corresponde à transformação de erosão, que passamos a representar por $E^\epsilon(X)$.

No caso da relação entre ϵ e X ser de intersecção, tem-se a indicatriz

$$I(x) = \begin{cases} 1 & \text{sse } (\epsilon \cap X) \neq \emptyset \\ 0 & \text{sse } (\epsilon \cap X) = \emptyset \end{cases}$$

correspondente à transformação de dilatação que se representa por $D^\epsilon(X)$. O dilatado de X pelo elemento estruturante ϵ é o lugar geométrico dos centros de ϵ quando ϵ encontra ou atinge X .

Com base nas transformações elementares de erosão e de dilatação compõem-se as transformações necessárias à detecção e inspecção de defeitos, como sejam:

$$\text{Abertura } A^\epsilon(X) = D^\epsilon(E^\epsilon(X))$$

(Erosão seguida de uma dilatação)

$$\text{Fecho } F^\epsilon(X) = E^\epsilon(D^\epsilon(X))$$

(Dilatação seguida de erosão)

Medidas e Classificação

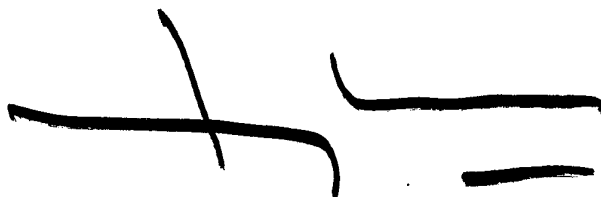
O estudo da imagem do produto cerâmico, adquirida pela câmara, pretende quantificar a textura, em particular, os defeitos correntes enunciados já neste texto.

Os critérios para medida dos defeitos nos pratos, constam de 5 grandes grupos:

- a) O critério do número de defeitos
- b) O critério do tamanho dos defeitos
- c) O critério da forma dos defeitos
- d) O critério da covariância do conjunto dos defeitos
- e) O critério da conectividade entre defeitos

Como será evidente a peritos da técnica são possíveis várias alterações ao exemplo de execução que detalhadamente se descreveu. Essas alterações devem ser entendidas como fazendo parte do invento e como tal abrangidas pelo espírito das seguintes reivindicações.

Lisboa, 20 de Abril de 1992



J. PEREIRA DA CRUZ

Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 10 - A 3.ª
1200 LISBOA



REIVINDICAÇÕES:

1ª - Sistema de visão para detecção e classificação automática de defeitos em artigos da indústria de porcelana, nomeadamente em pratos de porcelana vidrada, caracterizado por ser essencialmente constituído por um módulo óptico formado por uma fonte de luz diafragmada, dois polarizadores lineares dicróicos, uma lente colectora, uma câmara de video CCD e um monitor TV; e um módulo de processamento digital da imagem composto por um microprocessador equipado com uma carta de processamento de imagem cuja função consiste em adquirir, digitalizar, memorizar, processar, colocar saída de resultados e apresentar medidas.

2ª - Sistema de visão para detecção e classificação automática de defeitos em artigos da indústria de porcelana, de acordo com a reivindicação anterior caracterizado por a parte óptica ser ainda constituída por um braço de iluminação e um braço de formação de imagem.

3ª - Sistema de visão para detecção e classificação automática de defeitos em artigos da indústria de porcelana, de acordo com as reivindicações anteriores caracterizado por o artigo de porcelana a ser observado ser colocado num suporte horizontal rotativo com uma frequência determinada, fazendo o seu eixo de rotação vertical 20° com os eixos ópticos dos braços de iluminação e de captação de imagem.

4ª - Sistema de visão para detecção e classificação automática de defeitos em artigos da indústria de porcelana, de acordo com as reivindicações anteriores caracterizado por ao

longo eixo óptico se encontrar a fonte de luz diafragmada e o conjunto dos dois polarizadores lineares dicróicos, que permitem pela orientação relativa dos seus eixos, regular a intensidade de luz que incide sobre a superfície do artigo de porcelana.

5ª - Sistema de visão para detecção e classificação automática de defeitos em artigos da indústria de porcelana, de acordo com as reivindicações anteriores caracterizado por o braço de captação de imagem difundida pelo prato comportar ao longo do seu eixo óptico uma lente colectora em associação com uma câmara de video CCD bidimensional munida de uma objectiva zoom apropriada.

6ª - Sistema de visão para detecção e classificação automática de defeitos em artigos da indústria de porcelana, de acordo com as reivindicações anteriores caracterizado por prever a atenuação de reflexos e a minimização dos seus efeitos através da iluminação controlada pelo diafragma da fonte e orientação adequada dos eixos dos polarizadores.

7ª - Sistema de visão para detecção e classificação automática de defeitos em artigos da indústria de porcelana, de acordo com as reivindicações anteriores caracterizado por a carta de processamento de imagem adquirir, digitalizar, memorizar e processar a imagem, e utilizar técnicas de dilatação e erosão da imagem de modo a apresentar resultados para detectar defeitos segundo os seguintes critérios:

- do número de defeitos;
- do tamanho dos defeitos;
- da forma dos defeitos;
- da covariância do conjunto dos defeitos;
- da conectividade entre defeitos;

de modo a permitir identificar e reconhecer os defeitos de superfície, tornando o processo de inspecção independente do observador.

Lisboa, 20 de Abril de 1992



J. PEREIRA DA CRUZ

Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 10 - A 3.º
1200 LISBOA

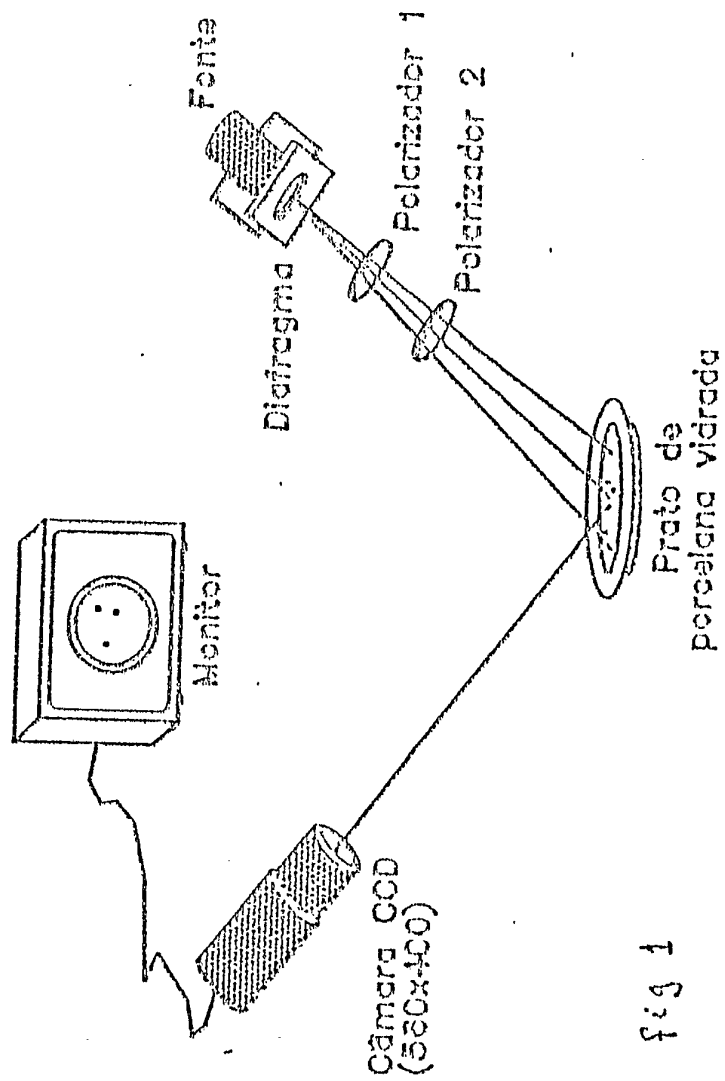


Fig 1

11

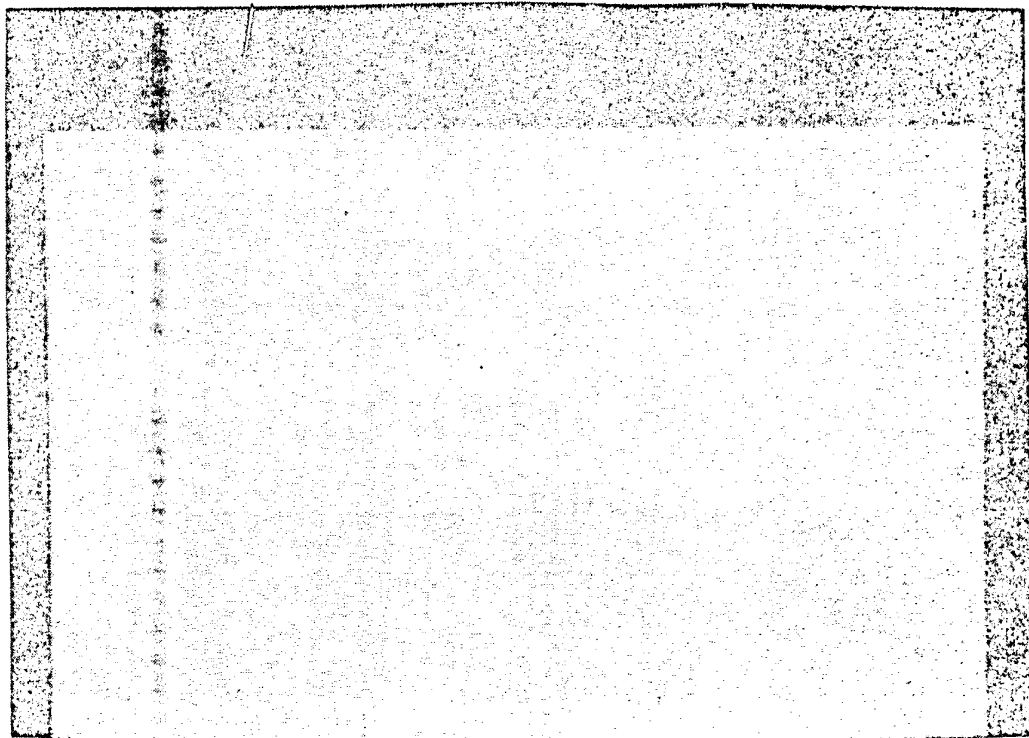


fig 2

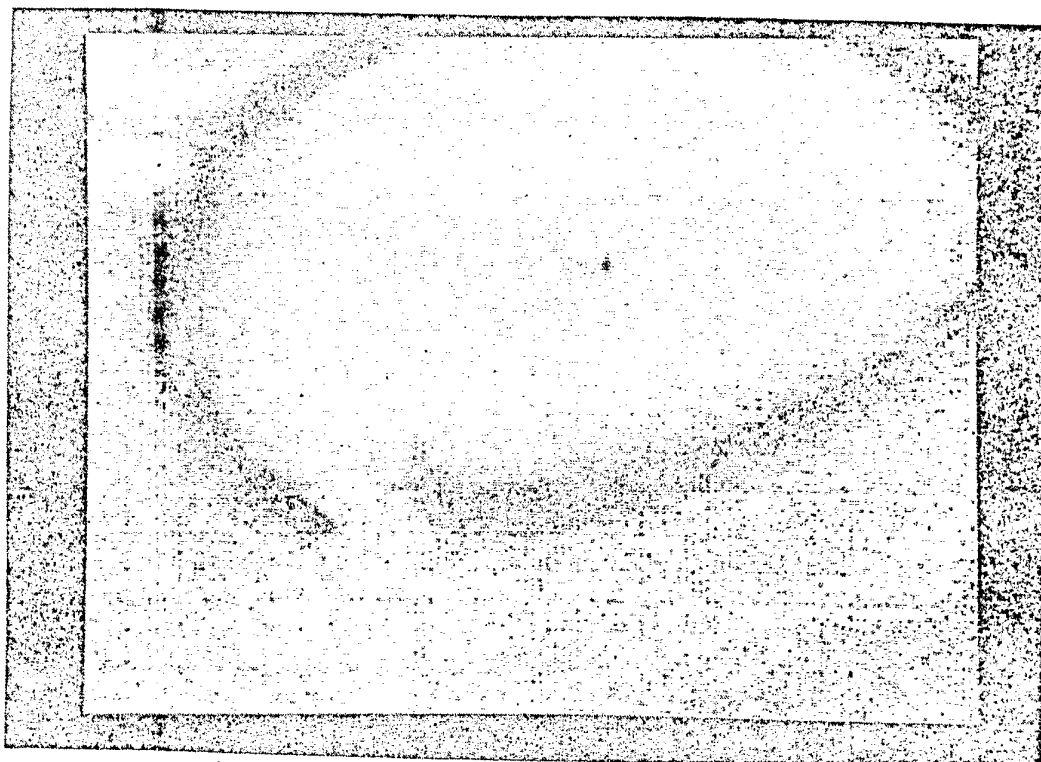


fig 3