



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0043033
(43) 공개일자 2011년04월27일

(51) Int. Cl.

G01B 11/24 (2006.01) H05K 13/08 (2006.01)
H05K 3/32 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0099955

(22) 출원일자 2009년10월20일

심사청구일자 2009년10월20일

(71) 출원인

삼성전기주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 314

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

이중문

경기도 성남시 분당구 분당동 셋별마을삼부아파트
403동 503호

김학일

인천광역시 남구 용현동 인하대학교 정보통신공학
부

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

청운특허법인

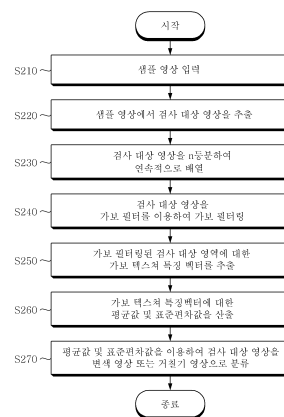
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 가보 필터를 이용한 금속 패드의 상태 검사 방법

(57) 요약

가보 필터를 이용한 금속 패드의 상태 검사 방법이 개시된다. 본 발명에 따른 금속 패드의 상태 검사 방법은, 샘플 영상을 입력받는 제1 단계; 검사 대상 영상으로 추출하는 제2 단계; 부분 검사 대상 영상으로 변환하여 일렬로 배열하여 변환된 검사 대상 영상을 형성하는 제3 단계; 상기 변환된 검사 대상 영상을 가보 필터링하는 제4 단계; 가보 텍스처(texture) 특징 벡터를 추출하는 제5 단계; 및 평균값 및 표준편차값을 산출하여 상기 금속 패드의 상태를 분류하는 제6 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

최학남

인천광역시 남구 용현동 인하대학교 일반대학원 정
보공학과 하이테크 525

최효훈

경기도 수원시 영통구 영통2동 건영아파트 663동
403호

특허청구의 범위

청구항 1

원형의 금속 패드 영상을 포함한 샘플 영상을 입력받는 제1 단계;

상기 입력된 샘플 영상에서 원형의 금속 패드 영상을 검사 대상 영상으로 추출하는 제2 단계;

상기 검사 대상 영상을 다수의 부분 검사 대상 영상으로 분리한 후에 사각 형상의 부분 검사 대상 영상으로 변환하여 일렬로 배열하여 변환된 검사 대상 영상을 형성하는 제3 단계;

상기 변환된 검사 대상 영상을 가보(gabor) 필터를 이용하여 가보 필터링하는 제4 단계;

상기 가보 필터링된 검사 대상 영상에 대한 가보 텍스처(texture) 특징 벡터를 추출하는 제5 단계; 및

상기 추출된 가보 텍스처 특징 벡터에 대한 평균값 및 표준편차값을 산출하여 상기 금속 패드의 상태를 분류하는 제6 단계를 포함하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제2 단계는,

상기 입력된 원형의 금속 패드 영상을 포함한 샘플 영상을 이진화시키는 제1 공정;

상기 이진화된 샘플 영상을 형태 연산하여 노이즈를 제거하는 제2 공정;

상기 노이즈가 제거된 상기 샘플 영상에서 금속 패드 영상의 무게 중심을 측정하여 상기 금속 패드 영상의 중심을 검색하는 제3 공정; 및

검색된 상기 금속 패드 영상의 중심으로부터 상기 금속 패드 영상의 가장자리까지의 거리를 측정하여 상기 금속 패드 영상의 반경을 검색하는 제4 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제3 공정은,

하기 수학적 식 1 및 2를 이용하여 상기 금속 패드 영상의 중심을 검색하는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

수학적 식 1 :

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^2 C_{x-1} + i}{N}, \text{ if } B_{src}(i, j) = 0, \text{ 여기서 } N \text{ 은 } B_{src}(i, j) = 0 \text{ 인 픽셀의 개수이다.}$$

수학적 식 2 :

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^2 C_{y-1} + i}{N}, \text{ if } B_{src}(i, j) = 0, \text{ 여기서 } N \text{ 은 } B_{src}(i, j) = 0 \text{ 인 픽셀의 개수이다.}$$

(C_x 는 x축의

중심점, C_y 는 y축의 중심점,

B_{src} 는 이진화된 상기 샘플 영상,

h 는 샘플 영상의 높이, w 는 샘플 영상의 폭)

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 제4 공정은,

하기 수학적식을 이용하여 상기 금속 패드 영상의 반경을 검색하는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

$$R = \frac{R_x + R_{-x} + R_y + R_{-y}}{4}$$

(R_x 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 x 축의 양의 방향 반경,

R_{-x} 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 x 축의 음의 방향 반경,

R_y 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 y 축의 양의 방향 반경.

R_{-y} 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 y 축의 음의 방향 반경)

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제4 단계에서 상기 가보 필터는 하기 수학적식으로 표현되는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right)$$

(x' 는 $x\cos\theta + y\sin\theta$, y' 는 $-x\sin\theta + y\cos\theta$,

λ 는 코사인함수의 파장, θ 는 가보 함수의 방향성,

ψ 는 위상차, σ 는 가우시안 함수의 표준 편차,

γ 는 가보 필터의 모양을 결정하는 요소)

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제4단계는,

하기의 수학적식을 이용하여 상기 검사 대상 영상을 가보 필터링하는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

$$G_F(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = I(x, y) * g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma)$$

(λ 는 코사인함수의 파장, θ 는 가보 함수의 방향성,

ψ 는 위상차, σ 는 가우시안 함수의 표준 편차,

γ 는 가보 필터의 모양을 결정하는 요소

I 는 검사 대상 영상,

$I * g$ 는 검사 대상 영상(I)과 가보 필터(g)의 컨볼루션(convolution) 연산)

청구항 7

청구항 1항에 있어서,

상기 제5 단계는,

상기 가보 필터링된 검사 대상 영상에 대한 패턴맵 영상을 형성하는 제1 공정; 및

상기 패턴맵 영상에서 특징 윈도우를 설정하고, 상기 특징 윈도우상에서 가보 텍스처 특징 벡터를 추출하는 제2 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제2 공정은,

하기의 수학적식을 이용하여 상기 특징 윈도우 영역에서 가보 텍스처 특징점을 검출하는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

$$f_l(i, j) = \sum_{x=i-\frac{F_H-1}{2}}^{i+\frac{F_H-1}{2}} \sum_{y=j-\frac{F_W-1}{2}}^{j+\frac{F_W-1}{2}} h_l(x, y), l = 1, \dots, m$$

단,

$$h_l(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } PM(x, y) = l \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

(F_H 는 상기 특징 벡터 추출 영역의 높이,

F_W 는 상기 특징 벡터 추출 영역의 폭, $PM(x, y)$ 는 패턴맵, m 은 가보필터의 방향성 인덱스)

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 제2 공정에서 상기 가보 텍스처 특징 벡터는,

아래의 함수를 이용하여 추출되는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

$$F_G = (f_1, \dots, f_m)$$

(f1, ..., fm은 1에서 m까지의 가보 텍스처 특징점)

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 제6 단계는,

상기 추출된 텍스처 특징 벡터에 대한 평균값 및 표준편차 값을 산출하고, 상기 평균값 및 상기 표준편차 값을 기 설정된 문턱값과 비교하여 상기 검사 대상 영상을 변색 영상 또는 거칠기 영상으로 분류하는 것을 특징으로 하는 금속 패드의 상태 검사 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가보 필터를 이용한 금속 패드의 상태 검사 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에 생산되는 인쇄 회로 기판(PCB:Printed Circuit Board)은 패턴이 점점 미세해지고, 복잡해지고 있다. 따라서, PCB 품질 및 정밀도가 제품 성능에 막대한 영향을 미치고 있다. 그렇기 때문에 PCB는 부품의 조립과 납땜을 하기 전에 패턴 인쇄와 에칭 과정에서 발생될 수 있는 결함을 검사해야 한다.

[0003] 기존의 PCB 검사 방법에는 참조 영상을 이용하는 영상 비교 방법과, 참조 영상을 이용하지 않는 디자인 특징 비교 방법, 두 가지를 혼합한 hybrid 검사 방법 등이 있었다. 그러나, 이 같은 방법들은 검사대상체의 결점을 검사하기 위한 것으로, 인쇄 회로 기판의 금속 패드 변색이나 거칠기에 대해서는 검사가 이루어지지 않았다. 따라서, 종래 인쇄 회로 기판의 금속 패드 변색이나 거칠기는 작업자가 육안으로 확인하는 방법을 통해 검사하는 것으로, 검사 시간 및 검사 비용 증가라는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0004] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 금속 패드 영상을 포함한 샘플 영상에서 검사 대상 영상을 검출하고, 가보 필터를 이용하여 검사 대상 영상에서 가보 텍스처 특징 벡터를 산출함으로써 금속 패드 영상의 상태를 검사할 수 있는 금속 패드의 상태 검사 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0005]

과제 해결수단

[0006] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 패드의 변색 검사 방법은 원형의 금속 패드 영상을 포함한 샘플 영상을 입력받는 제1 단계; 상기 입력된 샘플 영상에서 원형의 금속 패드 영상을 검사 대상 영상으로 추출하는 제2 단계; 상기 검사 대상 영상을 다수의 부분 검사 대상 영상으로 분리한 후에 사각 형상의 부분 검사 대상 영상으로 변환하여 일렬로 배열하여 변환된 검사 대상 영상을 형성하는 제3 단계; 상기 변환된 검사 대상 영상을 가보(gabor) 필터를 이용하여 가보 필터링하는 제4 단계; 상기 가보 필터링된 검사 대상 영상에 대한 가보 텍스처(texture) 특징 벡터를 추출하는 제5 단계; 및 상기 추출된 가보 텍스처 특징 벡터에 대한 평균값 및 표준편차 값을 산출하여 상기 금속 패드의 상태를 분류하는 제6 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 또한, 본 발명의 상기 제2 단계는, 상기 입력된 원형의 금속 패드 영상을 포함한 샘플 영상을 이진화시키는 제1 공정; 상기 이진화된 샘플 영상을 형태 연산하여 노이즈를 제거하는 제2 공정; 상기 노이즈가 제거된 상기 샘플

영상에서 금속 패드 영상의 무게 중심을 측정하여 상기 금속 패드 영상의 중심을 검색하는 제3 공정; 및 검색된 상기 금속 패드 영상의 중심으로부터 상기 금속 패드 영상의 가장자리까지의 거리를 측정하여 상기 금속 패드 영상의 반경을 검색하는 제4 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 상기 제3 공정은, 하기 수학적식 1 및 2를 이용하여 상기 금속 패드 영상의 중심을 검색하는 것을 특징으로 한다.

수학적식 1 :

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^2 C_{x-1} + i}{N}, \text{ if } B_{src}(i, j) = 0, \text{ 여기서 } N \text{은 } B_{src}(i, j) = 0 \text{인 픽셀의 개수이다.}$$

수학적식 2 :

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^2 C_{y-1} + i}{N}, \text{ if } B_{src}(i, j) = 0, \text{ 여기서 } N \text{은 } B_{src}(i, j) = 0 \text{인 픽셀의 개수이다.}$$

(C_x 는 x축의 중심점, C_y 는 y축의 중심점,

B_{src} 는 이진화된 상기 샘플 영상,

h는 샘플 영상의 높이, w는 샘플 영상의 폭)

또한, 본 발명의 상기 제4 공정은, 하기 수학적식을 이용하여 상기 금속 패드 영상의 반경을 검색하는 것을 특징으로 한다.

$$R = \frac{R_x + R_{-x} + R_y + R_{-y}}{4}$$

(R_x 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 x축의 양의 방향 반경,

R_{-x} 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 x축의 음의 방향 반경,

R_y 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 y축의 양의 방향 반경.

R_{-y} 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 y축의 음의 방향 반경)

또한, 본 발명의 상기 제4 단계에서 상기 가보 필터는 하기 수학적식으로 표현되는 것을 특징으로 한다.

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right)$$

(x' 는 $x\cos\theta + y\sin\theta$, y' 는 $-x\sin\theta + y\cos\theta$,

λ 는 코사인함수의 파장, θ 는 가보 함수의 방향성,

ψ 는 위상차, σ 는 가우시안 함수의 표준 편차,

γ 는 가보 필터의 모양을 결정하는 요소)

또한, 본 발명의 상기 제4단계는, 하기의 수학적식을 이용하여 상기 검사 대상 영상을 가보 필터링하는 것을 특징

으로 한다.

$$G_F(x,y;\lambda,\theta,\psi,\sigma,\gamma)=I(x,y)*g(x,y;\lambda,\theta,\psi,\sigma,\gamma)$$

[0029]

[0030]

(λ 는 코사인함수의 파장, θ 는 가보 함수의 방향성,

[0031]

ψ 는 위상차, σ 는 가우시안 함수의 표준 편차,

[0032]

γ 는 가보 필터의 모양을 결정하는 요소

[0033]

I는 검사 대상 영상,

[0034]

I*g는 검사 대상 영상(I)과 가보 필터(g)의 컨볼루션(convolution) 연산)

[0035]

또한, 본 발명의 상기 제5 단계는, 상기 가보 필터링된 검사 대상 영상에 대한 패턴맵 영상을 형성하는 제1 공정; 및 상기 패턴맵 영상에서 특징 윈도우를 설정하고, 상기 특징 윈도우상에서 가보 텍스처 특징 벡터를 추출하는 제2 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0036]

또한, 본 발명의 상기 제2 공정은, 하기의 수학식을 이용하여 상기 특징 윈도우 영역에서 가보 텍스처 특징점을 검출하는 것을 특징으로 한다.

$$f_l(i,j)=\sum_{x=i-\frac{F_H-1}{2}}^{i+\frac{F_H-1}{2}}\sum_{y=j-\frac{F_W-1}{2}}^{j+\frac{F_W-1}{2}}h_l(x,y),l=1,\cdots m$$

[0037]

[0038]

단,

$$h_l(x,y)=\begin{cases} 1 & \text{if } PM(x,y)=l \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0039]

[0040]

(F_H 는 상기 특징 벡터 추출 영역의 높이,

[0041]

F_W 는 상기 특징 벡터 추출 영역의 폭, $PM(x,y)$ 는 패턴맵, m 은 가보필터의 방향성 인덱스)

[0042]

또한, 본 발명의 상기 제2 공정에서 상기 가보 텍스처 특징 벡터는, 아래의 함수를 이용하여 추출되는 것을 특징으로 한다.

$$F_G=(f_1,\cdots,f_m)$$

[0043]

[0044]

($f_1, \cdots, f_m$ 은 1에서 m 까지의 가보 텍스처 특징점)

[0045]

또한, 본 발명의 상기 제6 단계는, 상기 추출된 텍스처 특징 벡터에 대한 평균값 및 표준편차 값을 산출하고, 상기 평균값 및 상기 표준편차 값을 기 설정된 문턱값과 비교하여 상기 검사 대상 영상을 변색 영상 또는 거칠기 영상으로 분류하는 것을 특징으로 한다.

[0046]

이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

효 과

[0047] 본 발명에 따르면, 금속 패드 영상에서 검사 대상 영상을 검출하고 가보 필터를 이용하여 검사 대상 영상을 가보 필터링함으로써 가보 텍스처 특징 벡터를 산출하는 가보 텍스처 특징점 추출 알고리즘을 이용하여, 인쇄 회로 기판의 금속 패드 상태를 보다 용이하게 검사할 수 있게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0048] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

[0049] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0050] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 패드의 상태 검사 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 1을 참조하면, 인쇄 회로 기판에 포함된 금속 패드를 라인 스캐닝하여 금속 패드 영상을 포함하는 샘플 영상을 입력 받아 변색을 검사하기 위한 방법으로써, 가보(Gabor) 텍스처 특징벡터 추출 알고리즘을 이용한다.

[0051] 가보 필터에 의한 상태 검사는 다음과 같은 순서로 이루어진다.

[0052] 먼저, 인쇄 회로 기판에 포함된 금속 패드를 라인 스캐닝하여 형성된 샘플 영상(금속 패드 영상과 그 주변 영상으로 이루어짐)을 입력받고(S210), 입력된 샘플 영상에서 검사 대상 영상을 추출한다(S220). 구체적으로, 검사 대상 영상은 다음과 같은 과정을 통해 추출할 수 있다.

[0053] 우선, 입력된 샘플 영상을 이진화하여 이진화된 샘플 영상(B_{src})을 얻어낸다. 이 경우, 샘플 영상의 이진화는 Otsu 알고리즘을 이용하여 이루어질 수 있다. 그리고, 이진화된 샘플 영상(B_{src})에 대해 형태(morphology) 연산을 수행하여 금속 패드 영상이나 그 주변 영상에 포함되어 있는 노이즈 성분을 제거한다.

[0054] 이 후, 노이즈 성분이 제거된 샘플 영상에서 금속 패드 영상의 중심과 반경을 검색하여 검사 대상 영역을 검출할 수 있다. 금속 패드 영상에서 원형의 중심과 원형의 반경(R)은 아래의 수학적 식 1을 이용하여 x축에서의 중심점(C_x)과 y축에서의 중심점(C_y)을 산출하여 검색할 수 있다. 여기에서, h는 샘플 영상의 높이이고(h는 좌표값으로 1부터 시작해서 h까지 할당됨), w는 샘플 영상의 폭이다(w는 좌표값으로 1부터 시작하여 w까지 할당됨)(이해를 돕기 위하여 도 2a에 이를 좌표값으로 표시하였다).

수학적 식 1

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^2 C_{x-1} + i}{N}, \text{ if } B_{src}(i, j) = 0, \text{ 여기서 } N \text{ 은 } B_{src}(i, j) = 0 \text{ 인 픽셀의 개수이다.}$$

[0055]

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^2 C_{y-1} + i}{N}, \text{ if } B_{src}(i, j) = 0, \text{ 여기서 } N \text{ 은 } B_{src}(i, j) = 0 \text{ 인 픽셀의 개수이다.}$$

[0056]

$$R = \frac{R_x + R_{-x} + R_y + R_{-y}}{4}$$

[0057]

[0058] 상기 수학적 식 1에서, R_x 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 x축의 양의 방향 반경, R_{-x} 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 x축의 음의 방향 반경, R_y 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 y축의 양의 방향 반경 및 R_{-y} 는 금속 패드 영상의 중심으로부터 y축 음의 방향 반경이다.

[0059] 수학적 식 1을 이용하여 금속 패드 영상의 중심과 반경이 검색되면, 이를 이용하여 검사 대상 영상을 추출한다.

[0060] 도 2a 및 도 2b는 상술한 바와 같은 검사 대상 영상 추출 과정을 나타내는 도면이다. 도 2a를 참조하면, 샘플 영상(100)을 이진화하여, 이진화된 샘플 영상(105)을 생성한다. 이 샘플 영상(105)을 형태 연산하여 노이즈 성분이 제거된 샘플 영상(110)을 생성한다(도 2a의 금속 패드 영상의 중심에 노이즈 성분이 존재하였으나 형태 연산을 수행하여 노이즈 성분이 제거됨). 그리고, 도 2b에 도시된 바와 같이, 수학적 식 1을 이용하여 샘플 영상(110)에서 금속 패드 영상의 중심점(210) 및 반경을 검색하여 검사 대상 영상(200)을 추출한다(S220).

[0061] 다음, 원형의 검사 대상 영상을 n등분하여 부분 검사 대상 영상으로 분리한 후에 각각을 사각 형상의 부분 검사대상 영상으로 변환한다.

[0062] 여기에서, 원형의 검사 대상 영상을 n등분하여 부분 검사 대상 영상으로 분리하여 각각을 사각 형상의 부분 검사 대상 영상으로 변환하는 방법으로 원형의 검사 대상 영상을 중심을 기준으로 하여 부채꼴 형상으로 n등분하여 부분 검사 대상 영상으로 분리한 후에, 로그-폴라 좌표변환(log-polar coordination transform)과 유사하게 각각의 부채꼴 형상을 사각 형상의 부분 검사대상 영상으로 변환한다.

[0063] 도 3a 내지 도 3c는 원형의 검사 대상 영역을 부채꼴 형상의 다수의 부분 검사 대상 영역으로 분리한 후에 사각 형상의 검사 대상 영상으로 변환하는 과정을 나타내는 도면이다. 먼저, 도 3a에 도시된 바와 같이 원형의 검사 대상 영역을 중심을 기준으로 하여 부채꼴 형상으로 n개, 일예로 4등분하여 1 부분 검사 대상 영상, 2 부분 검사 대상 영상, 3 부분 검사 대상 영상 및 4 부분 검사 대상 영상으로 나눈다.

[0064] 그리고, 도 3b에 도시된 바와 같이 부채꼴 형상의 각 부분 검사 대상 영상을 로그 폴라 좌표변환과 유사하게 사각 형상의 부분 검사 대상 영상으로 변환한다. 도 3b를 보게 되면 부채꼴 형상의 점들이 어떻게 사각 형상의 부분 검사 대상 영상의 점들로 변화되는지 부채꼴 형상에 도시된 사선과 이에 대응되게 사각 형상에 도시된 직선의 대응관계를 통하여 잘 알 수 있다. 이와 같이 변환된 4개의 부분 검사 대상 영상은 도 3c에 도시된 바와 같이 직각좌표계상에 일렬로 정렬한다(S230).

[0065] 이 후, 가보(Gabor) 필터를 이용하여 직각좌표계에 부분 검사 대상 영상이 일렬로 배열되어 형성된 검사 대상 영상을 가보 필터링한다(S240). 검사 대상 영상에 대한 가보 필터는 아래의 수학적 식 2로 표현된다.

수학적 식 2

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \frac{\gamma^2}{\sigma^2} y'^2}{2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right)$$

[0066]

[0067] 수학적 식 2에서, x' 는 $x\sin\theta + y\cos\theta$, y' 는 $-x\cos\theta + y\sin\theta$, λ 는 코사인 함수의 파장, θ 는 가보 함수의 방향성, ψ 는 위상차, σ 는 가우시안 함수의 표준편차이며, γ 는 가보 필터의 모양을 결정하는 요소를 나타낸다. 그리고, x 와 y 는 검사 대상 영상의 직각 좌표계에서 좌표값을 나타낸다.

[0068] 본 발명에서는 일예로 $\sigma=2.0$, $\lambda=0.55$, $\psi=\pi/2$, $\gamma=1$ 을 취하고, $\theta=\{0, \pi/8, 2\pi/8, 3\pi/8, 4\pi/8, 5\pi/8, 6\pi/8, 7\pi/8\}$ 를 취하였다. 즉, 기타 요소들은 변하지 않고 방향성만 틀리게 하여 적용하였다.

[0069] 검사 대상 영상을 수학적 식 2와 같이 표현되는 가보 필터에 적용함으로써, 가보 필터링 결과값을 얻을 수 있다.

가보 필터링 결과값은 아래의 수학적식 3을 통해 산출할 수 있다.

수학적식 3

$$G_F(x,y;\lambda,\theta,\psi,\sigma,\gamma)=I(x,y)*g(x,y;\lambda,\theta,\psi,\sigma,\gamma)$$

[0070]

[0071]

수학적식 3에서, I는 검사 대상 영상이며, g는 가보 필터를 나타낸다. 수학적식 3은 검사 대상 영상(I)과 가보 필터(g)의 컨볼루션(convolution)을 통해 가보 필터링 결과값(G_F)을 구하는 것을 나타낸다.

[0072]

이 후, 가보 필터링 결과값(G_F)을 이용하여 가보 텍스처 특징 벡터를 추출한다(S250). 이 경우, 가보 텍스처 특징 벡터 추출은 가보 필터를 적용한 검사 대상 영상을 이용하여 패턴맵(pattern map)을 구하는 1 단계와 패턴맵을 이용하여 가보 텍스처 특징 벡터를 추출하는 2 단계를 통해 이루어질 수 있다.

[0073]

먼저, 가보 필터를 적용한 검사 대상 영상을 이용하여 패턴맵을 구하기 위하여 m개의 방향성에 대하여 가보 필터링을 수행한 결과를 얻어 최대값을 얻는다.

[0074]

이를 수학적식으로 나타내면 수학적식 4와 같다.

수학적식 4

$$G_F(\theta(k))=\max[G_F(\theta(1)), G_F(\theta(2)), \dots, G_F(\theta(m))]$$

[0075]

[0076]

수학적식 4에서 m은 θ 의 인덱스를 나타내며, 만약, 방향성(θ)가 위에서 상정한 다른 여덟 개의 가보 필터를 적용하는 경우에 m은 8이 될 수 있다. 그리고, 패턴맵은 이와 같이 구한 최대값에 해당하는 인덱스값들로 정의된다.

[0077]

이를 수학적식으로 나타내면 아래의 수학적식 5와 같다.

수학적식 5

$$PM(x,y)=k \quad (1 \leq k \leq m, \quad m: \text{정수})$$

[0078]

[0079]

수학적식 5에서 PM은 패턴맵(Pattern Map)이며, k는 수학적식 4를 통해 구해진 최대값의 인덱스(m)를 나타낸다. 따라서, PM의 값의 범위는 1~m의 값을 가지게 되며 필터의 개수에 종속된다.

[0080]

도 4는 가보 필터링을 적용하여 가보 텍스처 특징 벡터를 추출하는 과정을 나타내는 도면이다. 도 4에 도시된 바와 같이 먼저 사각 형상의 검사 대상 영상으로 변환된 검사 대상 영상에 가보 필터를 사용하여 가보 필터링을 통해 패턴맵을 형성한다. 이 경우, 패턴맵은 수학적식 6 및 7을 통해 획득할 수 있다. 이 패턴맵 상에서 특징 벡터를 추출하기 위하여 특징점 윈도우(feature window)를 설정하며, 일례로 패턴맵 영상의 높이가 h이고 폭이 w 일 때 h*h 크기의 특징점 윈도우를 설정하였다.

[0081]

이러한 특징점 윈도우를 패턴맵에 적용하여 각 방향성에 대하여 가보 텍스처 특징점을 추출할 수 있으며, 이러한 각 방향성에 대한 가보 텍스처 특징점을 나열하여 가보 텍스처 특징 벡터를 형성할 수 있다.

[0082]

그리고, 특징점 윈도우를 우측으로 이동시키면서 w-h 개수만큼의 가보 텍스처 특징 벡터를 형성할 수 있다.

[0083] 패턴맵 상에서의 특징 윈도우 범위내의 가보 텍스처 특징점 추출은 수학식 6을 통해 이루어질 수 있다.

수학식 6

$$f_l(i, j) = \sum_{x=i-\frac{F_H-1}{2}}^{i+\frac{F_H-1}{2}} \sum_{y=j-\frac{F_W-1}{2}}^{j+\frac{F_W-1}{2}} h_l(x, y), l = 1, \dots, m$$

[0084]

[0085] 단,

$$h_l(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } PM(x, y) = l \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0086]

[0087] 수학식 6에서, F_H 는 특징 윈도우의 높이, F_W 는 특징 윈도우의 폭을 나타낸다. 다음으로, 가보 텍스처 특징 벡터의 형성은 아래의 수학식 7을 통해 표현된다.

[0088] 이렇게 추출된 가보 텍스처 특징 벡터를 w-h 개수만큼 나열한 행렬 가보 텍스처 특징 벡터가 얻어지며, 그 일례가 4에 도시되어 있는데 행이 11이고 열이 8로 행은 w-h를 나타내고, 열은 방향성의 개수 m을 나타낸다.

수학식 7

$$F_G = (f_1, \dots, f_m)$$

[0089]

[0090] 이 후, 추출된 가보 텍스처 특징 벡터에 대한 평균값 및 표준편차값을 산출하고, 이를 이용하여 금속 패드의 변색을 분류한다(S270). 우선, 가보 텍스처 특징 벡터에 대한 평균값과 표준편차 값은 아래의 수학식 8 내지 11을 통해 산출될 수 있다.

[0091] 수학식 8은 가보 텍스처 특징 벡터(F_G)의 평균값에 대한 표준편차 값을 산출하는 식이며, 수학식 9는 가보 텍스처 특징 벡터(F_G)의 표준편차 값에 대한 표준편차 값을 산출하는 식이다. 그리고, 수학식 10은 가보 텍스처 특징 벡터(F_G)의 평균값에 대한 평균값을 산출하는 식이며, 수학식 11은 가보 텍스처 특징 벡터(F_G)의 평균값에 대한 표준편차 값을 산출하는 식이다.

수학식 8

$$S_{SM} = std(mean(F_G))$$

[0092]

수학식 9

$$S_{SS} = std(std(F_G))$$

[0093]

수학식 10

$$S_{MM} = mean(mean(F_G))$$

[0094]

수학식 11

$$S_{MS} = mean(std(F_G))$$

[0095]

[0096] 수학식 8 내지 11을 통해 산출된 S_{SM} , S_{SS} , S_{MM} 및 S_{MS} 값 각각을 기 설정된 문턱값과 비교하여 금속 패드 영상을 변색 영상과 거칠기 영상으로 분류한다. 이는 수학식 12 내지 15을 통해 이루어질 수 있다.

수학식 12

$$R_{SM} = \begin{cases} Discolor & \text{if } S_{SM} < T_{SM} \\ Roughness & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0097]

수학식 13

$$R_{SS} = \begin{cases} Discolor & \text{if } S_{SS} < T_{SS} \\ Roughness & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0098]

수학식 14

$$R_{MM} = \begin{cases} Discolor & \text{if } S_{MM} < T_{MM} \\ Roughness & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0099]

수학식 15

$$R_{MS} = \begin{cases} Discolor & \text{if } S_{MS} < T_{MS} \\ Roughness & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0100]

- [0101] 이 경우, T_{SM} , T_{SS} , T_{MM} 및 T_{MS} 는 기 설정된 문턱값이다.
- [0102] 도 5a 내지 도 5d는 본 발명에 따른 금속 패드의 상태 검사 방법을 적용하였을 때 얻을 수 있는 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0103] 도 5a는 1234장의 거칠기가 있는 샘플 영상에 대하여 수학적 식 9와 수학적 식 13을 이용하여 가보 텍스처 특징 벡터의 표준편차값에 대한 표준편차값을 산출하여 그래프 상에 나타낸 것으로 그래프의 X축은 샘플 영상의 개수를 나타내고, Y축은 가보 텍스처 특징 벡터의 표준편차값에 대한 표준편차값을 나타낸다.
- [0104] 이때, 기설정된 문턱값으로 12를 적용하면, 거칠기가 있는 샘플 영상의 대다수를(그래프에서 * 표기로 표시되어 있음) 거칠기가 있는 샘플 영상으로 분류하며, 극소수(그래프에서 □표기로 표시되어 있음)에 대하여 거칠기가 없는 샘플 영상(변색 샘플 영상)으로 분류하게 된다.
- [0105] 따라서, 본 발명에 따른 가보 텍스처 특징 벡터의 표준편차값에 대한 표준편차값을 이용하면 원하는 정도의 정확도로 거칠기가 있는 샘플 영상을 분류할 수 있다.
- [0106] 도 5b는 30장의 변색이 있는 샘플 영상에 대하여 수학적 식 9와 수학적 식 13을 이용하여 가보 텍스처 특징 벡터의 표준편차값에 대한 표준편차값을 산출하여 그래프 상에 나타낸 것으로 그래프의 X축은 샘플 영상의 개수를 나타내고, Y축은 가보 텍스처 특징 벡터의 표준편차값에 대한 표준편차값을 나타낸다.
- [0107] 이때, 기설정된 문턱값으로 12를 적용하면, 변색이 있는 샘플 영상의 대다수에 대하여(그래프에서 □표기로 표시되어 있음) 변색이 있는 샘플 영상으로 분류하며, 극소수(그래프에서 * 표기로 표시되어 있음)에 대하여 변색이 없는 샘플 영상(거칠기가 있는 샘플 영상)으로 분류하게 된다.
- [0108] 따라서, 본 발명에 따른 가보 텍스처 특징 벡터의 표준편차값에 대한 표준편차값을 이용하면 원하는 정도의 정확도로 변색이 있는 샘플 영상을 분류할 수 있다.
- [0109] 도 5c는 1234장의 거칠기가 있는 샘플 영상에 대하여 수학적 식 11과 수학적 식 15를 이용하여 가보 텍스처 특징 벡터의 평균값에 대한 표준편차값을 산출하여 그래프 상에 나타낸 것으로 그래프의 X축은 샘플 영상의 개수를 나타내고, Y축은 가보 텍스처 특징 벡터의 평균값에 대한 표준편차값을 나타낸다.
- [0110] 이때, 기설정된 문턱값으로 12를 적용하면, 거칠기가 있는 샘플 영상의 대다수를(그래프에서 * 표기로 표시되어 있음) 거칠기가 있는 샘플 영상으로 분류하며, 극소수(그래프에서 □표기로 표시되어 있음)에 대하여 거칠기가 없는 샘플 영상(변색 샘플 영상)으로 분류하게 된다.
- [0111] 따라서, 본 발명에 따른 가보 텍스처 특징 벡터의 평균값에 대한 표준편차값을 이용하면 원하는 정도의 정확도로 거칠기가 있는 샘플 영상을 분류할 수 있다.
- [0112] 도 5d는 30장의 변색이 있는 샘플 영상에 대하여 수학적 식 11과 수학적 식 15를 이용하여 가보 텍스처 특징 벡터의 평균값에 대한 표준편차값을 산출하여 그래프 상에 나타낸 것으로 그래프의 X축은 샘플 영상의 개수를 나타내고, Y축은 가보 텍스처 특징 벡터의 평균값에 대한 표준편차값을 나타낸다.
- [0113] 이때, 기설정된 문턱값으로 12를 적용하면, 변색이 있는 샘플 영상의 대다수에 대하여(그래프에서 □표기로 표시되어 있음) 변색이 있는 샘플 영상으로 분류하며, 극소수(그래프에서 * 표기로 표시되어 있음)에 대하여 변색이 없는 샘플 영상(거칠기가 있는 샘플 영상)으로 분류하게 된다.
- [0114] 따라서, 본 발명에 따른 가보 텍스처 특징 벡터의 평균값에 대한 표준편차값을 이용하면 원하는 정도의 정확도로 변색이 있는 샘플 영상을 분류할 수 있다.
- [0115] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만 본 발명은 상술한 특징의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안 될 것이다.

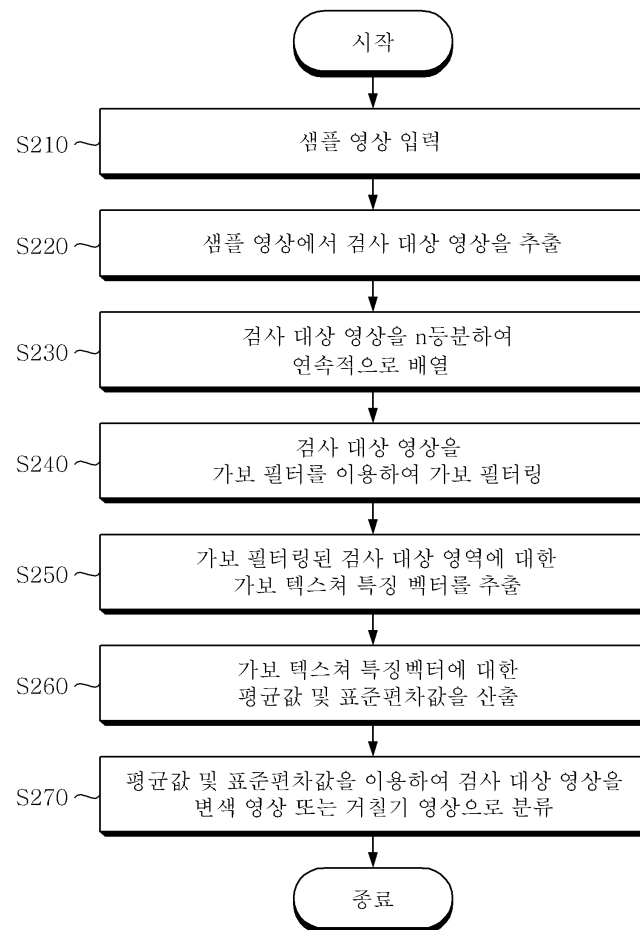
도면의 간단한 설명

- [0116] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 패드의 상태 검사 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

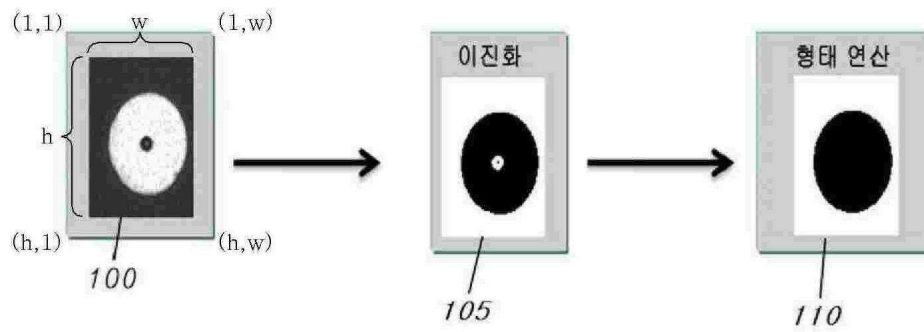
- [0117] 도 2a 및 도 2b는 검사 대상 영역 추출 과정을 나타내는 도면이다.
- [0118] 도 3a 내지 도 3c는 원형의 검사 대상 영역을 부채꼴 형상의 다수의 부분 검사 대상 영역으로 분리한 후에 사각 형상의 검사 대상 영상으로 변환하는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0119] 도 4는 가보 필터링을 적용하여 가보 텍스처 특징 벡터를 추출하는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0120] 도 5a 내지 도 5d는 본 발명에 따른 금속 패드의 상태 검사 방법을 적용하였을 때 얻을 수 있는 결과를 보여주는 그래프이다.

도면

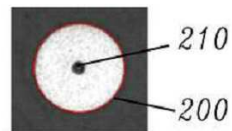
도면1



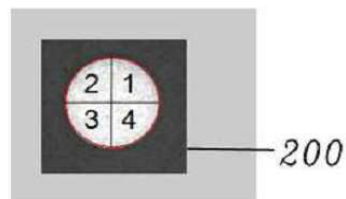
도면2a



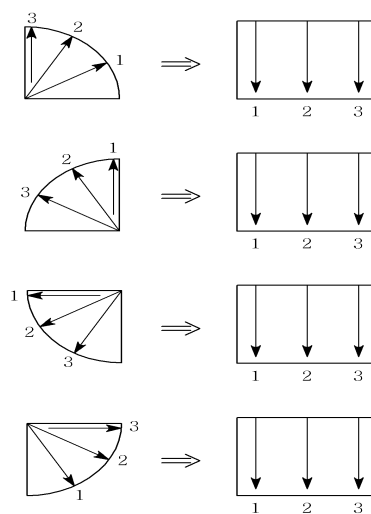
도면2b



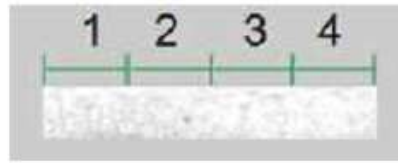
도면3a



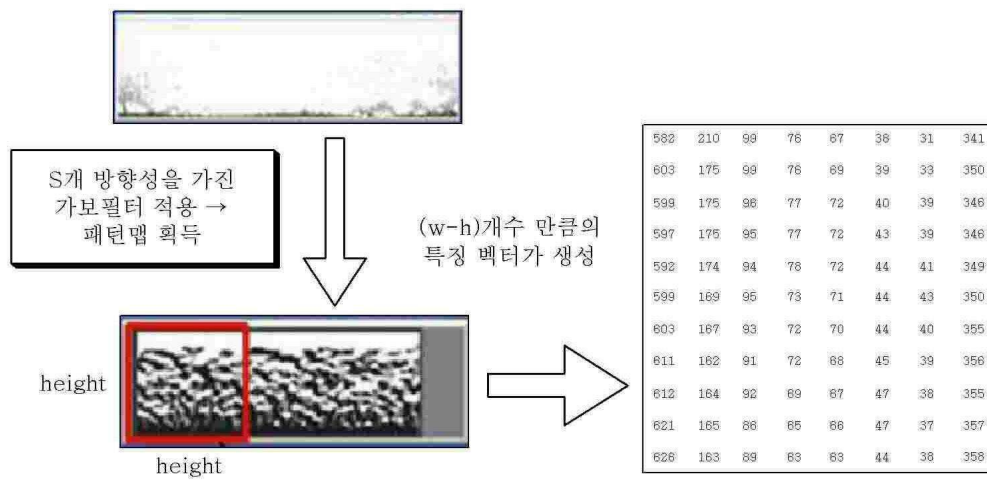
도면3b



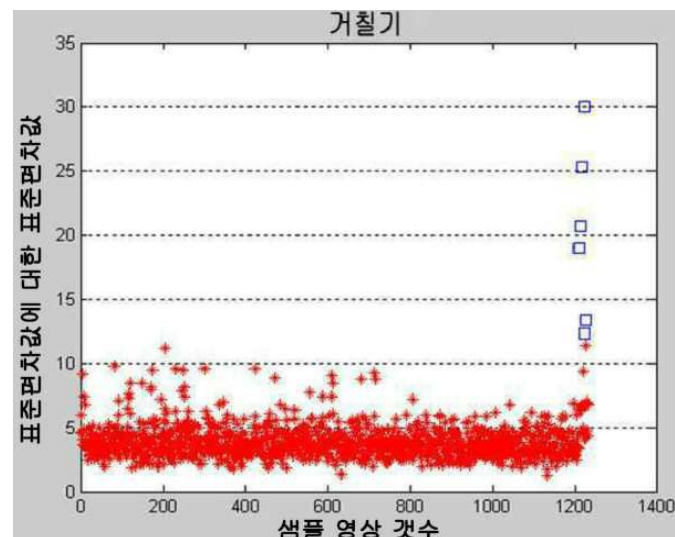
도면3c



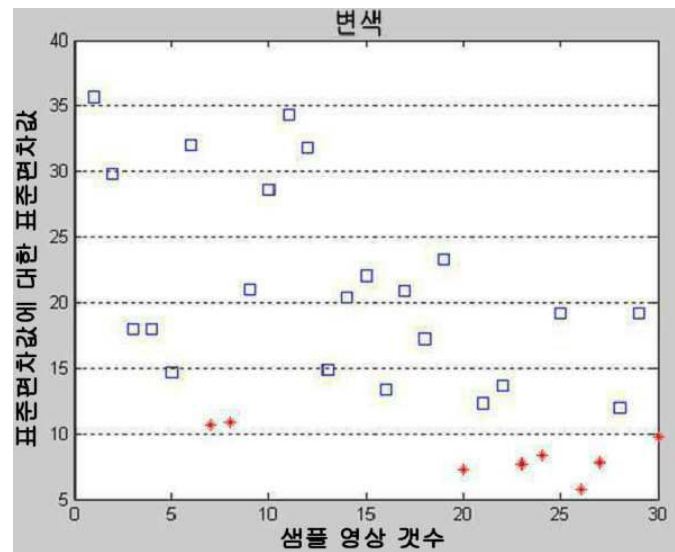
도면4



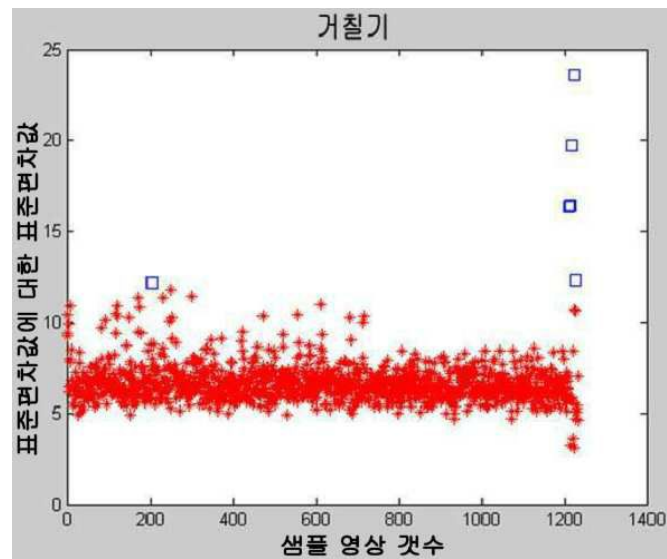
도면5a



도면5b



도면5c



도면5d

