

알루미늄 표면불량 검사를 위한 영상처리알고리즘 응용에 관한 연구

신신범 · 김학범* · 이양범
전기 전자 및 자동화 공학부

<요 약>

본 연구에서는 알루미늄의 압연 과정에서 발생하는 알루미늄 판재 표면불량을 검출하는 영상처리 알고리즘을 개발하였다. 표면불량의 정상적인 면의 영상과 흠집 영상의 화소 밝기 차이를 이용하여 불량 부분의 경계 부분을 검출하기 위해 다양한 필터를 사용하였다. 먼저 미디언 필터를 이용하여 영상 내의 잡음을 제거하고, 불량부의 경계 부분을 강조하기 위하여 Sharpening 필터를 적용하였다. 그리고 Canny 알고리즘을 이용하여 불량 부분의 경계 점들을 검출하였다. 최종적으로 검출된 경계 부분을 포함하는 사각형의 두 좌표를 찾아 원 영상으로부터 불량에 해당하는 영상을 다시 구성하였다.

알루미늄 압연 판재의 서로 다른 표면불량 샘플 4종을 대상으로 제안한 알고리즘을 적용한 결과, 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

Application of Image Processing Algorithm for Aluminium Mill Strip Defect Inspection

Seen-Beom Shin · Hak-Poum Kim · Yang-Burm Lee
School of Electrical Engineering and Automation, University of Ulsan

<Abstract>

This study is on the application the image processing algorithm for inspection of the

* 가톨릭 상지대학교 전자·컴퓨터응용

aluminium mill strip surface defect.

The image of surface defect data was obtained using the CCD camera with the digital signal processing board. The edge was found from the difference of pixel intensity between the normal image and the defect image .

Two steps were taken to find the edge in the image processing algorithm.

Frist, noise was removed by using the median filter in the image. Second, the edge was sharpened in detail by using the sharpening convolution filter in the image. Canny Algorithm was used to defect the exact edge.

The defect image section was separated from the original image is to find the coordination point p1 and p2 which include the defect image.

Experiments showed that this algorithm is useful enough to inspect the defects.

I. 서 론

알루미늄 압연판재를 생산하는 과정에서 발생하는 다양한 불량들의 특성은 거울처럼 반짝이며 불량부분과 정상적인 표면의 색상 대비 차이가 미세해 불량을 구별하는데 많은 어려움이 있다. 현재 현장에서 검사는 인간의 경험적 판단을 기초로 하여 숙련된 검사원들의 시각 검사에 의존하고 있다. 그러나 실제 많은 불량이 발생하는 압연 과정에서는 고속으로 작업 후 코일로 감는 공정의 특성상 인간의 시각으로는 검사가 불가능하기 때문에 검사 기기의 도입은 공장 자동화에 필수적이다.

최근 검사기기의 동향은 레이저를 이용하여 일차원 정보를 취득하는 방법에서 컴퓨터 비전 시스템을 이용한 2차원 정보를 얻는 쪽으로 바뀌어 가고 있다. 컴퓨터 비전 시스템의 경우, CCD 카메라를 이용하여 영상을 취득한 후 영상 처리 과정이 필요하다. CCD 카메라로 취득한 알루미늄 판재의 영상은 노이즈가 포함되어 있으므로 영상 처리 과정에서 노이즈를 적절하게 제거하고 알루미늄 검사에 적합한 검사 알고리즘의 개발이 요구된다.

따라서 본 논문은 실제 압연판재 생산 과정에서 발생한 알루미늄 압연 표면 불량을 대상으로 알루미늄 판재표면 불량 처리에 적합한 영상 처리 알고리즘을 개발하였다.

영상 전처리 과정으로는 알루미늄 판재표면의 빛의 산란과 신호처리 과정에서 발생하는 잡음을 제거하기 위해 미디언 필터를 사용하였다. 또한 잡음 제거 과정에서 일그러진 영상의 경계 부분을 강조하기 위해 Sharpening 필터를 적용한 후, Canny 알고리즘을 이용하여 불량이 포함된 알루미늄 표면 불량 영상에서 경계 부분을 추출하였다.

추출된 경계를 중심으로 원래의 불량영상을 재구성함으로써 제품불량 판별 및 설비의 상태 대한 정보를 알 수 있었다. 제안된 알고리즘을 이용한 검사 시스템의 특징은 불량을 포함하는 영상만을 재구성하여 데이터의 양을 줄여 실시간으로 전량을 검사 할 수 있는 체제로 전환할 수 있어 제품의 품질 향상 및 제품 회수율 상승으로 생산성 향상을 기대할 수 있다.

II. 알루미늄 판재 제조과정 및 표면불량

1 알루미늄 판재의 표면 불량

알루미늄 압연 판재의 불량 검사는 출하 전 재료의 물성 검사와 표면의 불량 검사로 나누어지며 본 연구에서는 표면의 불량 검사에 대해서 다루었다.

알루미늄 소재의 특성은 철에 비해 연성이 매우 좋으나 강도가 떨어져 쉽게 흠집이 발생한다. 대표적인 표면 결함 명이 될 수 있는 것들은 부풀음, 스트링거(Stringer), 결정무늬, 이물 압착, 표피 벗겨짐, 얼룩, 폭단부 균열, 선단자국, 광택불량, 픽업(Pick up), 롤 마크(Roll Mark), 정지 자국, 압연 굽힘, 기름 자국, 소둔 반점 무늬, 기계 굽힘, 마찰 굽힘, 흠집 버클(Buckle)등이 있다. 이러한 불량 판재를 일일이 수작업으로 검사하기에는 많은 시간과 인력이 필요하다.

III. 알루미늄 압연 판재의 표면 불량검출 영상처리 알고리즘

1. 영상 전처리 과정

1.1 미디언 필터

획득한 알루미늄 표면 영상은 미세한 압연 표면 조도의 영향으로 빛의 산란을 일으키게 된다. 이런 표면을 영상으로 취득하면 좁은 범위에서 픽셀의 밝기 차가 심하게 가변 되기 때문에 고주파 영상 잡음이 많이 포함되고 있다. 이 고주파 잡음을 제거하기 위해 저주파 필터들 중 원 영상의 특성을 잘 유지하면서 임펄스 잡음 제거에 뛰어난 미디언 필터가 알루미늄 표면 영상 전처리에 적합하다.

마스크가 2차원인 경우 미디언 필터는 다음과 같이 정의된다.

$$y_{ij} = \text{med} \{x_{i+r} y_{j+s} ; (r, s) \in A\} \quad (i, j) \in R^2 \quad (3.1)$$

여기서

$\text{med} \{ \}$: 중앙 순번에 해당하는 값을 가지는 함수

r : X축 방향의 $\frac{1}{2}n$ (n 은 해당 data 수)

s : Y축 방향의 $\frac{1}{2}n$

x_i : X축의 중앙값에 해당하는 입력

y_j : Y축의 중앙값에 해당하는 입력

y_{ij} : 2차원의 출력

R : 실수의 집합

A : $A \subseteq R^2$ 이며, 중심화소 기준으로 하는 이웃화소의 집합이다.

1.2 Sharpening 콘볼루션 필터

미디어 필터의 사용으로 잡음은 제거되지만 영상은 평활화되어 경계 부분이 일그러져 모호하게 된다. 이런 현상은 색상의 밝기 차이가 뚜렷 구별되지 않아 경계 검출이 안되는 문제점으로 나타나므로 보다 정확한 경계 검출을 위하여 Sharpening 콘볼루션 필터를 사용해 경계를 강조한다. 그림 3.1과 같은 이미지 화소 I_{ij} 가 있으면 마스크 M_{ij} 을 이미지 상부에 놓고 하부의 이미지 화소 값과 마스크의 값을 곱한 후 각각의 곱한 결과를 새로운 출력으로 한다. 보통 이 과정은 좌측 상부 처음부터 우측으로 진행해서 끝까지 실행한다.

| | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| I_{11} | I_{12} | I_{13} | I_{14} | I_{15} | I_{16} | I_{17} | I_{18} | I_{19} |
| I_{21} | I_{22} | I_{23} | I_{24} | I_{25} | I_{26} | I_{27} | I_{28} | I_{29} |
| I_{31} | I_{32} | I_{33} | I_{34} | I_{35} | I_{36} | I_{37} | I_{38} | I_{39} |
| I_{41} | I_{42} | I_{43} | I_{44} | I_{45} | I_{46} | I_{47} | I_{48} | I_{49} |
| I_{51} | I_{52} | I_{53} | I_{54} | I_{55} | I_{56} | I_{57} | I_{58} | I_{59} |
| I_{61} | I_{62} | I_{63} | I_{64} | I_{65} | I_{66} | I_{67} | I_{68} | I_{69} |

| | | |
|----------|----------|----------|
| M_{11} | M_{12} | M_{13} |
| M_{21} | M_{22} | M_{23} |
| M_{31} | M_{32} | M_{33} |

그림 3.1 이미지와 Sharpening 콘볼루션 필터의 마스크

출력 화소 값을 중심으로 수식을 표현하면 식 (3.2)와 같이 표현된다.

$$O_{45} = I_{34} M_{11} + I_{35} M_{12} + I_{36} M_{13} + I_{44} M_{21} + I_{45} M_{22} + I_{46} M_{23} + I_{54} M_{31} + I_{55} M_{32} + I_{56} M_{33} \quad (3.2)$$

여기서

O_{45} : 원 영상 L_5 위치에 새롭게 결정된 출력 값이다.

원 영상 화소 데이터는 M 개의 행과 N 개의 열을 가진다면 연산에 필요한 입력화소는 $M+2$ 개의 행과 $N+2$ 개의 열을 가진다. 이 의미는 알루미늄 입력 영상은 이웃하는 화소가 밝기 값의 차이가 가장 적다.

마스크는 m 개의 행과 n 개의 열을 갖는다. 실행 출력 이미지를 수식으로 표현하면 식 3.3과 같다.

$$O(i, j) = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n I(i+k, j+l) M(i+k, j+l) \quad (3.3)$$

여기서

입력 영상의 i : 1 에서 M 까지, j : 1 에서 N 까지

마스크는 i : 1 에서 m 까지, j : 1 에서 n 까지

마스크 값들은

$$M_{ij} = (0, -1, 0, -1, 5, -1, 0, -1, 0)$$

알루미늄 압연 판재의 표면 특성인 미세한 거칠기가 영상으로 반영된다. 이 결과를 그림 4.2 명암 종단면도에서 알 수 있다.

마스크의 값들은 불량부분을 포함하고 있는 정상적인 표면은 검출하지 않으며 미세한 불량의 경계까지 추출하는 결과를 기준으로 하여 설정된 값이다.

2. 경계검출 알고리즘

J. Canny는 영상정보를 디지털화시키는 과정에서 발생하는 샘플링 오차와 양자화 오차를 근사적 표현하였으며, 이상적 계단형 경계를 가우시안 노이즈가 포함된 일차원적 사인 함수로 해석하고 가우시안 필터를 사용하여 영상을 평활시켜 미분으로 경계부분을 검출하였다.

1차원 가우시안 함수를 수식으로 표현하면 식 (3.4)과 같다.

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.4)$$

여기서,

σ : 표준편차

영상 처리에서 원형 대칭적인 “+” 형 연산자를 사용하면 2차원 가우시안 함수와 같다. 이 마스크를 식으로 표현하면 식 (3.5)과 같다.

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3.5)$$

Canny 알고리즘은 식 (3.5)을 가우시안 마스크로 사용한다. 평활화된 영상에서 경계는 미분에 의해 찾아진다. 따라서 1차원 가우시안 함수를 나타내는 식 (3.5)을 1차 편미분하면 식 (3.6)과 같이 된다.

$$G'(x) = \frac{-x}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.6)$$

식 (3.6)을 2차 편미분하면 식 (3.7)으로 표현된다.

$$G''(x) = -\frac{1}{2\pi\sigma^3} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \left[1 - \frac{x^2}{\sigma^2} \right] \quad (3.7)$$

이웃하는 화소간 연산하기 위해 8방향 고려하여 연산하면 회전하는 것과 같다. 이 함수는 Y축에 서로 대칭이므로 각 θ 에 관해서는 독립함수이다. 이차원 함수를 가장 쉽게 수식으로 표현하면 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ 극 좌표로 표시된다. 여기서 r 은 실제 반경이다. 이것을 수식으로 표현하면 식 (3.8)과 같다.

$$G(r) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{\frac{-r^2}{2\sigma^2}} \quad (3.8)$$

또한 식 (3.8)을 일차 미분하면

$$G'(r) = \frac{-r}{2\pi\sigma^4} e^{\frac{-r^2}{2\sigma^2}} \quad (3.9)$$

식 (3.9)가 되고, 이 식을 이차 미분하면

$$G''(r) = -\frac{1}{2\pi\sigma^4} e^{\frac{-r^2}{2\sigma^2}} \left[1 - \frac{r^2}{\sigma^2} \right] \quad (3.10)$$

식 (3.10)이 된다.

1차 미분으로 최고점을 찾으며, 2차 미분으로 0점과의 교차점을 찾으므로 경계를 구별한다. 즉, 1차 미분했을 때 최고점을 경계로 선택하고 2차 미분했을 때는 0점과 교차점을 경계로 선택한다.

가우시안 함수와 영상 함수의 관계식은 식 (3.11)과 같다.

$$g(x, y) = D[Gauss(x, y) * f(x, y)] \quad (3.11)$$

여기서,

$f(x, y)$: 입력 영상 함수

$Gauss(x, y)$: 가우시안 함수

D : 미분 연산자

$g(x, y)$: 출력 영상 함수

가우시안 함수를 먼저 1차 미분하고 이미지 함수로 콘볼루션한 식은 동등하다. 이 관계를 식으로 나타내면 식 (3.12)와 같다.

$$g(x, y) = D[Gauss(x, y)] * f(x, y) \quad (3.12)$$

따라서 가우시안 함수를 먼저 미분하여 그 결과를 이미지 함수에 콘볼루션하는 것은 같다. 이미지는 2차원이므로 X축과 Y축에 대해 미분하므로 라플라시안과 같다.

이때 LOG(Laplacian of Gaussian)을 수식으로 표현하면

$$LOG(x, y) = \frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma_1^2} \right] e^{-\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (3.13)$$

식 (3.13)이다.

또한 LOG함수 표현은 마스크의 크기가 35×35로 계산량이 많아 시간이 많이 소요되며 노이즈에 민감하다. 본 논문에서는 단점을 보완하기 위해 컴퓨터로 수치해석을 할 때는 LOG와 유사한 DOG(Difference of Gaussian)를 사용한다. DOG를 사용함으로써 Canny 알고리즘은 가우시안 함수의 변수인 표준편차 “σ”를 상수로 사용한다.

DOG를 이용한 수식은 다음과 같다.

$$DOG(x, y) = \frac{e^{-\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma_1^2}}}{2\pi\sigma_1^2} - \frac{e^{-\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma_2^2}}}{2\pi\sigma_2^2} \quad (3.14)$$

여기서

σ_1, σ_2 : 서로 다른 표준편차

표준편차가 다른 두 가우시안 함수의 차이 값 DOG의 출력 값이며, 식 (3.12)과 같이 계산한다. DOG에 의한 기울기 검출 후 기울기가 가장 큰 화소들을 Double Thresholding 알고리즘을 이용하여 연결한다.

3. 경계 정보를 이용한 영상 재구성

영상 재구성의 목적은 알루미늄 영상의 많은 데이터 중에서 불량에 해당하는 데이터를 추출하여 필요한 데이터만을 얻는데 있다. 알루미늄 압연 판재의 검사에서 이 알고리즘의 장점은 필요한 부분만을 저장함으로써 압축의 효과를 가지며, 고속 동영상 검사 실현에 기초가 된다. 본 연구에서 불량 부분 추출을 위해 경계 추출 알고리즘의 출력 영상의 결과를 비교하여 그림 3.2와 같이 불량이 포함된 P1, P2점을 구하여 필터링 된 영상 데이터를 재구성한다.

본 논문에서 제안하는 P1, P2점을 구하는 알고리즘은 다음과 같다.

1) 영상을 재구성하기 위해 불량이 포함된 사각형 영역을 정한다.

경계 추출 알고리즘의 출력을 비교하여 불량 영상을 포함하는 P1 점과 P2점의 좌표를 구한다.

$$P1 = (i_{\min}, j_{\min}) \quad (3.15)$$

$$P2 = (i_{\max}, j_{\max}) \quad (3.16)$$

여기서 P1은 불량 부분을 포함하는 사각형의 좌 상부 좌표 값

P2는 불량 부분을 포함하는 사각형의 우 하부 좌표 값이며, 이 좌표를 찾는 조건은 다음과 같다.

먼저 경계 추출결과 영상을 좌측 상부에서 우측 하부까지 비교하여 조건 1을 만족하는 좌표를 기억한다.

조건 1.

$$g(x, y) \neq 0$$

여기서 $g(x, y)$ 는 경계 추출결과 영상의 출력 값.

2) 좌표 값에 상수 k를 더해 준다.

불량 부분의 영상과 정상적인 영상을 동시에 보여주어 어떠한 불량인지 알 수 있다.

조건 1을 만족하는 좌표에서 가장 작은 좌표와 가장 큰 좌표를 찾아 상수 k를 연장하는 좌표점을 구한다.

조건 2.

$$i_{\min} = \min(\nabla x) - k$$

$$j_{\min} = \min(\nabla y) - k$$

$$i_{\max} = \max(\nabla x) + k$$

$$j_{\max} = \max(\nabla y) + k$$

여기서

$\min(\nabla x)$: 모든 X축에서 조건 1을 만족하는 가장 작은 좌표 값

$\max(\nabla y)$: 모든 Y축에서 조건 1을 만족하는 가장 큰 좌표 값

k : 상수

i_{\min}, j_{\min} : X축, Y축의 가장 작은 좌표에서 상수 고려한 좌표 점.

i_{\max}, j_{\max} : X축, Y축의 가장 큰 좌표에서 상수 고려한 좌표 점.

두 가지 조건을 만족하는 P1점과 P2점 내의 필터를 거친 영상 데이터를 Image Write를

실시하여 영상을 재구성한다.

불량 부분의 경계를 포함하는 점 P_1, P_2 를 그림으로 표현하면 아래와 같다

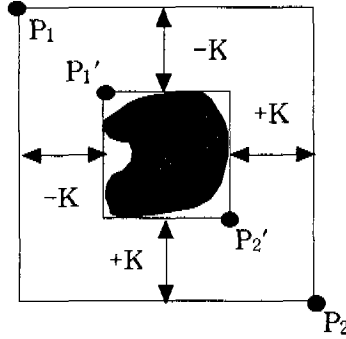


그림3.2 P_1, P_2 점의 영역

IV. 실험 및 결과

명암 분석을 위해 종단면도(Profile Diagram)를 작성해 화소의 밝기 차이를 분석하였다. 명암 종단면도는 여러 표면 불량 영상을 분석하고 처리 과정에서 효과를 잘 보여준다. 종단면도의 X축은 영상의 X축에 해당하는 화소의 수이며 좌에서부터 1~256개이다. 또한 Y축은 픽셀의 밝기를 나타내며 0~255개이다. 내부에 나타나는 선은 각 픽셀에 중간 지점을 연결한 선이다.

1. 알루미늄 표면 불량 검출검사 실험

카메라로 알루미늄 표면의 영상을 취득하면 빛의 산란에 의해 잡음이 심하게 혼합된 영상으로 얻어진다. 이러한 잡음이 많은 영상으로부터 표면 흠을 추출하기 위해서는 먼저 잡음을 제거하고 흠을 명확하게 분할해 내는데 전처리 과정이 필요하다.

본 연구에서는 전처리 과정으로 저주파 필터인 3×3 미디언 필터를 사용하여 노이즈를 제거하고 저주파에 의해 흐려진 이미지를 에지 분리에 적합하도록 고주파 필터인 $[3 \times 3]$ sharpening 필터를 사용하였다. 또한 경계 검출은 Canny알고리즘으로 경계 부분을 검출하였다.

1.1 흠집(DENT) 실험

그림 4.1은 알루미늄이 압연된 인쇄 판재를 CCD 카메라로 촬영한 흠집 영상이다

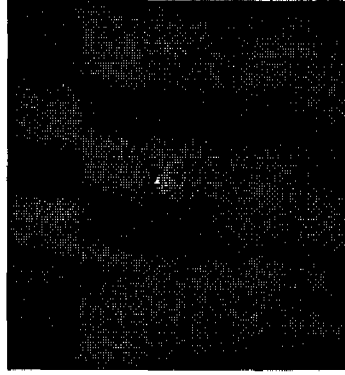


그림 4.1 흠집 원 영상

그림 4.2는 원 영상에 대한 명암 중단면도이며 그림 4.3은 미디언 필터 처리 후 125번째 행의 명암의 단면도이다.

필터링 전후 빛의 산란과 표면의 거칠기가 반영된 원 영상의 중단면도 그림 4.2와 필터링 한 결과를 명암 중단면도 그림 4.3을 비교함으로써 알 수 있다. 즉 그림 4.3은 Y축 125번째 되는 화소의 줄에 대한 명암 중단면도를 나타낸 그림이다. 여기서 그래프의 높이는 0~255색의 명암 도이며 폭은 256개의 원 영상의 화소 수이다.

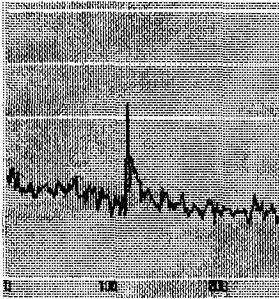


그림 4.2 흠집 영상의 명암 중단면도(125행)

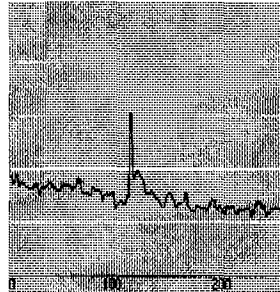


그림 4.3 미디언 필터 후 명암 중단면도 (125행)

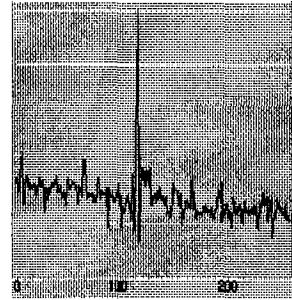


그림 4.4 흠집 영상을 미디언-Sharpning 필터 후

그림 4.4는 미디언 필터링 후 Sharpning filtering 된 영상의 Y축 125번째 줄의 X축 명암의 단면도이다. 이것은 변화된 부분을 국부적으로 강조됨을 보여주고 있다.

또 불량부분을 지나는 125번째 가로줄의(압연방향의 90°방향) 단면 명암 도를 통해 흠집 부분이 확실하게 경계 추출되도록 가공됨을 알 수 있다.

그림 4.5는 원 영상을 $[3 \times 3]$ 미디언 필터를 적용하여 영상을 Sharpning 필터링한 후 Canny 경계 검출 알고리즘을 이용하여 불량 경계를 검출 한 영상이다.

이 결과 영상에 대해 재구성하면 그림 4.6과 같다.

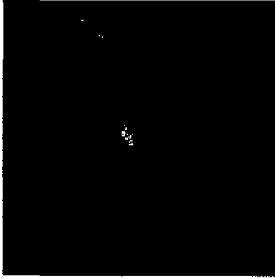


그림 4.5 흠집 영상에서 불량의 경계 추출 결과영상

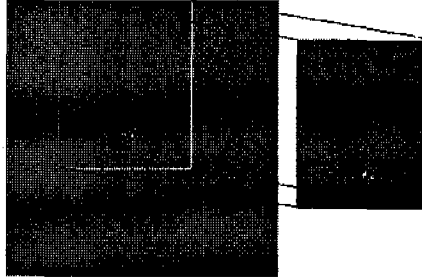


그림 4.6 흠집 영상의 불량 해당하는 영상 재구성

그림 4.6은 추출된 경계를 중심으로 30 화소점을 분리하여 재구성한 영상이다.

1.2 압연 긁힘(Roll in Scratch) 실험

그림 4.7은 냉간 압연 롤에 의한 긁힘 영상이다

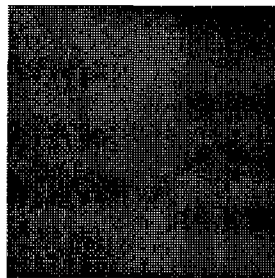


그림 4.7 압연 긁힘 원 영상

그림 4.8은 원 영상에 대한 종단면도 이다.

그림 4.9는 미디언 필터 처리 후 178번째 줄의 명암의 단면도이다.

그림 4.10은 미디언 필터 → Sharpening 필터 후 영상내의 화소의 값을 보여주고 있다.

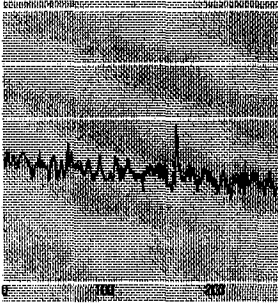


그림 4.8 압연 굽힘 영상의
명암 중단면도(178행)

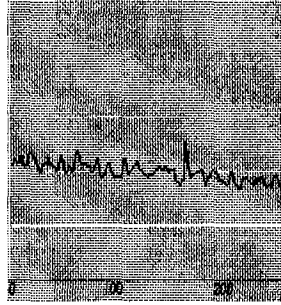


그림4.9 압연 굽힘 영상의
미디언 필터후 명암 중단면도

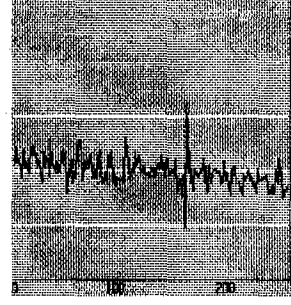


그림 4.10 미디언 Sharpening
필터 후 명암 중단면도

그림 4.11은 원 영상을 $[3 \times 3]$ 미디언 필터 한 후 Sharpening 필터 영상, Canny 경계 검출 알고리즘을 이용하여 불량 경계를 검출 한 영상이다.

그림 4.12는 압연 굽힘 영상을 불량 경계중심으로 재구성 한 영상이다.

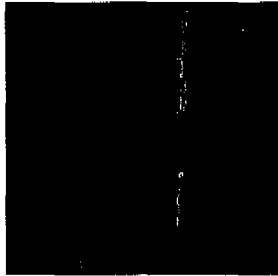


그림 4.11 압연 굽힘 영상을
불량 경계 추출 결과 영상

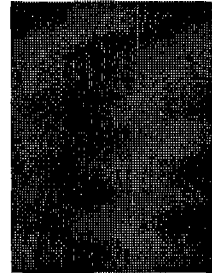


그림 4.12 압연 굽힘
불량 영상 재구성

1.3 롤 마크(Roll mark)실험

그림 4.13은 작업 롤에 의한 발생한 불량 영상이다.

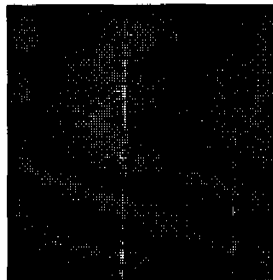


그림 4.13 롤마크 원 영상

그림 4.18은 미디언 필터 처리 후 125번째 줄의 명암의 단면도이다.

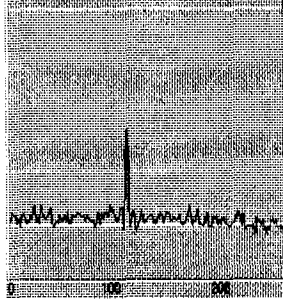


그림 4.14 롤마크 영상의
명암 종단면도(100행)

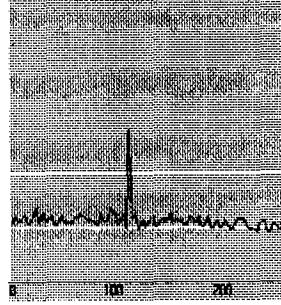


그림 4.15 미디언 필터 후
명암 종단면도

그림 4.16은 원 영상을 3×3 미디언 필터 - Sharpening 후, Canny 경계 검출 알고리즘을 이용하여 불량 경계를 검출 한 영상이다.

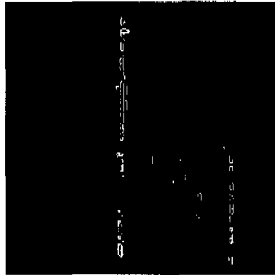


그림 4.16 롤마크 영상의
불량 경계 추출 결과 영상



그림 4.17 롤마크
불량 영상 재구성

V 결 론

본 논문을 통하여 CCD 카메라를 이용하여 알루미늄 압연 판재의 표면 불량을 판별하는 알고리즘을 개발하였다.

정상적인 판재와 불량에 해당하는 부분의 화소 밝기 차이를 이용하여 불량 경계 점들을 포함하는 사각형의 두 점의 좌표를 지정하여 불량 부분의 영상을 재구성하였다. 제안된 알고리즘으로 알루미늄 압연 판재의 표면 불량을 대상으로 실험한 결과 고주파 잡음이 약간 존재하는 영상에서 3~5 화소 밝기 차이의 경계까지 검출이 가능하였다.

알고리즘을 이용한 실험을 통하여 흠집, 압연 굽힘, 롤 마크, 선단마크 등 3종의 불량에 해당하는 부분을 영상으로 검출하였다. 압연 방향으로 폭이 0.2[mm]의 긴 흠집이 발생한 압연 굽힘 영상은 미디언 필터에 의해 평활화되는 과정에서 불량 부분의 영상이 흐려져 끊어진 경계를 추출하지만 영상을 재구성하는 알고리즘을 통하여 보완되어 실제 불량영역의 영상검출에는 영향을 미치지 않았다.

제안된 알고리즘의 장점은 미세한 흠의 작은 화소의 밝기 차이를 경계로 구별 할 수 있

으며 불량 부분의 형태를 시각적으로 볼 수 있을 뿐만 아니라 불량 영역만을 영상으로 추출하기 때문에 데이터 양이 줄어들어 실시간 검사 시스템에 적용이 가능하다.

참고문헌

- [1] 김경민, 박귀태, 박중조, 이종학, 정진양, 이주강 “냉연 표면흠 검사 알고리즘 개발에 관한 연구” 제어. 자동화.시스템공학 논문지 1997, 4
- [2] Randy Crane, “Simplified Approach To Image Processing” Hewlett -Packard Company 1997
- [3] J. Canny, “A computational approach to edge detection”, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6), pp679-698 1986
- [4] Ramesh “Jain Machine Vision” Chapter 5. Mcgraw -Hill inc 1995
- [8] Marr, D., and Hildreth, E. 1980. “Theory of Edge Detction,” Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Vol. 207, pp. 187-217
- [9] Rafael C. Gonzalez “Digital Image Processing ” p415~416.
- [10] Vishvjit S. Nalwa “ A Guided Tour of Computer Vision” AT & T 1993