

# 롤시밍을 이용한 플랜지 패널제작에 대한 연구

박환서\*, 유송민+, 이동규++, 이위로\*\*\*, 노대호\*\*\*\*

## Flange Panel Forming using Roll Seaming Method

H.S. Park\*, S.M. Yoo+, D.K. Lee++, W.R. Lee\*\*\*, D.H. Ro\*\*\*\*

### Abstract

A machining processes for flange panel has been introduced. Contrary to the conventional methods like Y forming and welding, roll-seaming method has been utilized for better quality and less cost. Several measurement methods including digital image processing have been used to confirm the product quality assurance.

**Key Words :** Flange panel(플랜지패널), Image processing(화상처리)

## 1. 서론

빠르게 성장하는 건축관련산업분야에서 필수적으로 사용되고 있는 외장재는 다양한 유형과 색, 질감으로 경쟁력 확보를 위한 기술력경쟁을 통하여 발전하고 있다.

외장재의 일종인 플랜지패널(panel)을 위한 제조공정으로 용접후 연삭을 통한 용접부위의 품질개선, Y형 가공공정으로 구성되었으나 최근에 이를 획기적으로 개선시킨 롤시밍방식의 제작법이 도입되었다. 이를 통하여 공정수의 절감, 단가경쟁력확보 및 품질우위의 확보 등 다른 가공방법과의 차별성이 두각되어 관련시장에 큰 파급효과를 초래하고 있다. 기존에 롤가공(rolling)은 소성가공의 중간소재를

가공하여 소재 또는 최종제품으로 완성시키는 가공으로 사용되고 있으며 시밍(seaming)은 판의 이음매용접에 널리 사용되는 공정이다. 롤시밍은 각 가공의 장점을 결합시켜 상온에서 이상적으로 제품을 생산하는데 응용되고 있다. 패널을 제작하기 위한 가공공정은 ① 중간 Panel판 제작을 위한 전단공정, ②중간 플랜지 Panel을 제작하는 굽힘공정, ③최종 완성품제작을 위한 전단/롤시밍의 복합공정으로 구성되어 있다(Fig. 1).

제품생산을 위한 제조기는 최종제품인 플랜지 Panel 가공을 위하여 두 개의 고정헤드를 통한 적절한 압력으로 플랜지패널을 고정시키며 중간가공 후 잉여부절단을 위한 전단날 및 시밍롤 등으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 의

\* 경희대학교 기계공학과 (2115621@hanmail.net)

주소: 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1

+ 경희대학교 기계공학과

++ 경희대학교 기계공학과

+++ 산업자원부 기술표준원

++++ 경희대학교 기계공학과

장재로 사용되는 플렌지패널제작을 위한 가공기의 핵심 기술인 패널설계 및 제반 시험방법을 통한 평가를 토대로 제품의 품질을 평가하고자 한다.

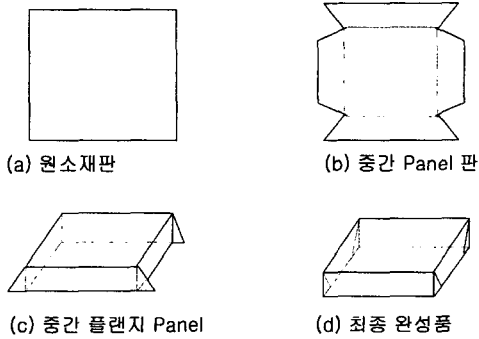


Fig 1. 플렌지 Panel 제작 순서도

## 2. 화상처리

### 2.1 비전 시스템

비전시스템(vision system)은 획득한 영상데이터가 제조 공정을 제어할 수 있도록 처리하는 산업기술이다. 이를 생산라인에 적용시킬 경우 검사능률의 향상, 산업재해의 방지, 검사의 균일화 및 기업이미지의 향상등에 큰 기대효과를 가진다. 전체적으로 광원, 프레임 그라버(frame grabber), 조명 등으로 구성되는 이미지 획득부, 이미지 처리를 위한 하드웨어 및 소프트웨어로 구성되는 이미지 처리부 그리고 결과값으로 제조 공정을 제어하기 위한 전기적인 인터페이스(interface)로 구성되는 이미지 출력부로 나누어진다 (Fig. 2).

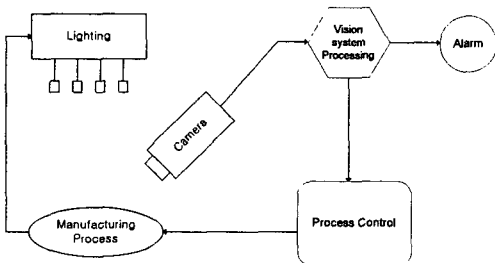


Fig 2. Vision system diagram

### 2.2 디지털화상

2차원 화상을 전제로 할 때, 2개의 좌표축  $x, y$ 축에서 농도 값을 연속적으로 표현한 화상을 아날로그 화상 (analogue image)이라고 하며,  $x, y$ 축을 바둑판처럼 이산화하고 농도 값도 이산적으로 표시한 화상을 디지털 화상 (digital image)이라고 한다. 디지털 화상은 행렬로 표현할 수 있으며 이때 행렬의 각 원소는 화상에서 각 화소(pixel)의 농도를 나타낸다. 디지털 화상에서 각 화소의 좌표는  $xy$  좌표계와는 다르며 행렬의 좌표와 같이 좌측상단을 원점으로 행, 열의 순서로 표시한다. 본 연구에서 CCD 카메라를 통해 입력된 화상은 0~255까지의 계조도(grey level)를 갖는 흑백화상으로, 각 화소의 농도는 명도 값을 나타낸다. 화상을 컴퓨터로 처리하기 위해서는 우선 화상 그 자체가 컴퓨터에 이해될 수 있는 형태가 되어야 한다. 일반적으로 아날로그 화상은 평면좌표( $x, y$ )에 대한 연속함수  $f(x, y)$ 로 하여 표현할 수 있다. 즉  $f(x, y)$ 는 그 점( $x, y$ )에서의 농도값의 연속적인 표현으로 나타낼 수 있다. 그림과 같이 화면상에 적당한 간격의  $M \times N$  배열의 가상적인 정방격자를 놓는다. 그 격자점상의 농도치를 개별적인 값(discrete value)으로 근사한다. 이 근사조작을 농도치의 양자화(quantization)라고 하며 취할 수 있는 양을 양자화 레벨이라 한다. 이 결과에서 얻어지는 화상은 이산적인 좌표점 ( $i, j$ )(표본점 혹은 화소(pixel)라 부른다) 위의 이산적인 농도치  $f(i, j)$ 의 집합이 되며 이것을 디지털 화상  $F$ 라 부른다.

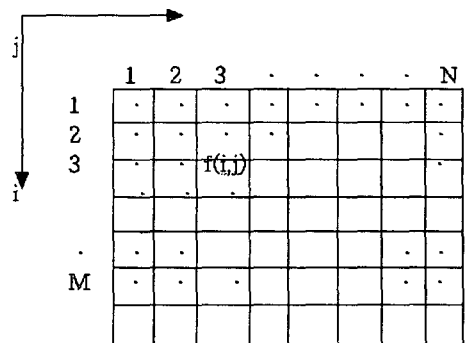


Fig 3. Digital presentation of Image

즉 디지털 화상은 화상의 각 화소(pixel)간에서의 광강도 (light intensity)를 측정하여 그 정도를 일정구간의 자연수로 나타내는 방식에 의하여 메모리나 보조기억장치에 기억

시키고 사용할 수 있는 영상이다.

### 2.3 화상처리

Ⓐ 경계선 검출 : 화상의 에지(edge)는 입력영상에 대한 많은 정보들을 가지고 있다. 에지는 물체의 위치, 모양이나 크기 등을 나타내 준다. 에지 자신의 농도를 가지는 모든 에지를 검출하기 위한 많은 방법들이 있으며 어떤 에지 검출 방법은 특정한 용도에만 잘 적용될 수 있으며 다른 응용에서는 좋지 않은 결과를 가져올 수도 있다. 이 때문에 용도에 알맞은 에지를 검출하기 위해서 여러 차례의 실험이 요구되기도 한다. 그래서 본 실험에서는 화상이 가지고 있는 잡음을 제거하기 위해 임계값을 정하여 이산화처리를 하여준 후 라플라시안 필터를 이용해 이산화된 화상의 경계치를 부각시켜 화상의 길이를 알아냈다.

Ⓑ 임계치 처리 : 화상처리에서 화상의 고품질표시라는 목적을 제외하면 화상의 해석이나 인식에는 화상의 농담정보가 필요한 경우보다 도형의 모양이나 면적, 길이 등이 필요한 경우가 대부분이며 이런 경우에는 이산(binary) 화상이 더욱 효과적이다. 이산화화상을 얻기 위해서 필요한 처리가 임계치처리이며 한계치처리 또는 이산화처리(binanzation)라고도 한다. 컴퓨터로 처리할 때 이산화된 화상은 메모리와 계산량을 적게 사용함으로써 처리속도와 비용 면에서 이점을 갖게 되며, 이외에도 이산화상처리는 알고리즘의 구현과 이해가 쉽고 기하학적 개념을 적용하기도 용이하다.

보편적으로 이산화는 임계치(threshold)를 기준으로 배경은 0, 도형은 1의 값을 갖게 되며 임계치의 결정방법에는 크게 고정임계값과 가변임계값을 비롯하여 여러 가지가 있다. 원 화상에 라플라시안 필터를 적용시킬 경우, 심한 노이즈로 윤곽선이 뚜렷이 부각되지 않으나, 임계치처리를 거친 후 라플라시안 필터를 적용시키면 물체의 윤곽선 이외의 부분은 균일한 명도 값을 갖고 윤곽선 부분만 급격한 명도 차를 보임으로써 윤곽선의 검출을 쉽게 할 수 있다. 본 실험에서는 화소의 명도 값이 임계치 이하일 경우는 0, 임계치 이상은 255의 값을 갖도록 하였으며, 화상의 영역별로 명도차가 심하지 않으므로 고정임계치를 사용하였다. 임계치 처리(thresholding)에서는 화소의 명도값이 임계치를 넘는 경우에는 원래의 값을 유지하고 임계치보다 작으면 0의 값을 갖도록 한다.

$$f(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & ; f(x, y) \geq Threshold \\ 0 & ; f(x, y) < Threshold \end{cases}$$

이때  $f(x,y)$ 는  $x,y$ 에 해당하는 좌표의 명도값(0 ~ 255)을 의미한다.

Ⓒ 라플라시안 필터 : 라플라시안 필터(Laplacian filter)는 2차 미분을 이용한 필터로서 명암 값이 급격히 변하는 부분을 추출하며 이 점들을 에지로 정하게 된다. 2차원 공간에서의 필터링은 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

fig 4. Laplacian Mask

디지털화상의 특성상 결과적으로 차분이 되며 실제로 적용시에는 원화상에 다음의 마스크를 적용시킴으로써 구현된다. 이렇게 확인된 에지는 Panel의 코너부 형상 등을 확인하는데 사용된다.

### 2.4 측정원리 및 각도산출

#### 가) 제품정렬시

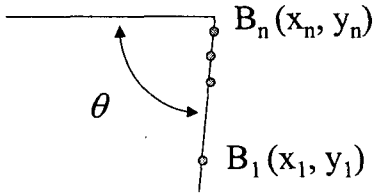
디지털화상 자료를 바탕으로 제품의 모서리부 각도를 판단할 때 제품의 정렬상태를 확인하여야 한다. 처리과정에서 제품의 한면이 측정기준면과 평행한 경우(Fig. 5)에는 한쪽 에지가 지니는 각도를 측정하여 모서리각을 계산할 수 있다. 이때 확인된 에지값의 좌표  $n$ 개를 각각  $B_1(x_1, y_1), \dots, B_n(x_n, y_n)$  이라하고 이것을 지나는 1차함수를  $y = kx + c$  라 할 경우 다음과 같은 식에 의하여 기울기를 구하고 각도를 환산하여 모서리부의 각도  $\theta$  를 구할 수 있다.

$$k = \frac{\sum y_i \sum x_i - \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2}$$

: 편차의 기울기(Slope)

$$c = \frac{\sum x_i \sum x_i y_i - y_i \sum x_i^2}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2}$$

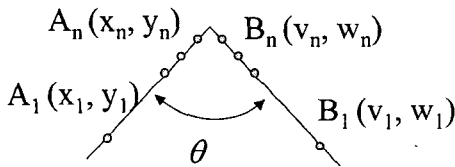
: 편차의 절편(Intercept)



slope fitting =>  $k$ ,  $\theta = \tan^{-1}k$   
**Fig. 5 Pixel measured at the corner**

나) 제품 미정렬시

제품이 정렬되지 않은 경우에는 Fig. 16과 같이 두 변의 에지값을 취득한 후 각각에 대한 기울기  $k_1$ ,  $k_2$ 를 구한다. 이때 모서리각  $\theta$ 는 각 기울기에 의한 각도의 차이로서 다음과 같다. 즉  $\theta = |\tan^{-1}k_1 - \tan^{-1}k_2|$



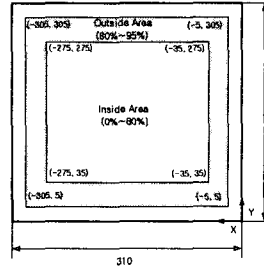
**Fig. 6 Pixel measured at the corner**

### 3. 실험 및 결과

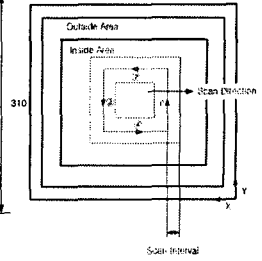
#### 3.1 평면도 측정

측정 Panel상부 영역에 대해 평면도를 측정하기 위하여 Panel부의 중심에서 면적기준으로 80%에 해당되는 부분을 내부영역으로 정의하였다(Fig. 7). 그림에 나타난 바와 같이 해당되는 지역을 Panel 제원에 따른 위치로 표시하고 이것을 3차원측정기에 입력하여 기준궤적이 지나가는 위치를 인식할 수 있도록 하였다. 추가적으로 면적기준 80~95%에 해당되는 지역을 외부지역으로 정의하여 측정하였다.

5개의 시편에 대하여 측정된 결과는 다음과 같으며 평균적으로 내부는 0.86 mm, 외부는 1.19mm 이내인 것으로 나



**Fig. 7 Panel부 측정 영역 및 좌표정의**



**Fig. 8 Panel부 측정 궤적**

타났다.

**Table 1 측정궤적 기준**

Type 1			
Scan Interval (mm)		Scan Line number	
Inside	Outside	Inside	Outside
10	5	12	7
- Scan Speed (mm/sec) : 20 - Sampling Distance (mm/point) : 0.5 - Probe Diameter (mm) : 2			

**Table 2 Measurement results**

No.	1		2		3		4		5	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
Results	0.69	1.15	0.90	1.32	0.66	0.82	1.06	1.16	1.01	1.50

95% 신뢰구간

- inside의 평면도 :

$$\bar{d} \pm t(4:0.025) \frac{S_d}{\sqrt{n}} = 0.8651 \pm 0.537$$

- outside의 평면도 :

$$\bar{d} \pm t(4:0.025) \frac{S_d}{\sqrt{n}} = 1.18998 \pm 0.7387$$

### 3.2 직각도 측정

Fig. 9와 같이 Panel 면의 뒤틀림으로 인하여 형상의 직각도를 측정하는 것으로서 Panel 상부 대각선 길이 ( $S_1, S_2$ )를 측정 후, 두 길이의 편차가 오차범위에 들어오는지의 여부로 판단한다.

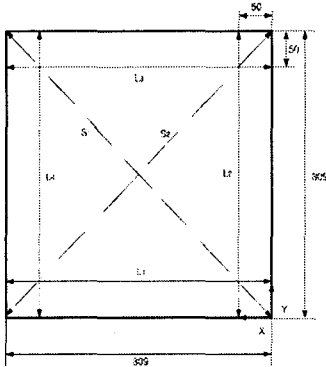


Fig. 9 직각도 측정

Table 3는 상기 직각도 측정계획 및 기준에 대한 결과를 나타내고 있다. 측정결과가 유효한 편차내에 존재하는 것으로 나타났으며 제품에 대한 측정결과가 품질편차내에 존재하는 것으로 확인되었다.

Table 3 Measurement results

	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4
L <sub>1</sub>	309.0729	308.9358	308.9201	308.4061
L <sub>2</sub>	308.8099	308.5876	309.0631	308.3547
L <sub>3</sub>	307.8145	308.9738	309.7023	310.0067
L <sub>4</sub>	307.5492	309.1290	309.3162	309.8665
S <sub>1</sub>	436.2636	436.1954	436.6476	436.7049
S <sub>2</sub>	435.7778	437.5227	436.0489	437.7310
S <sub>1</sub> -S <sub>2</sub>	0.4858	1.3273	0.5987	1.0261

### 3.3 화상처리 측정

플랜지 Panel 모서리부의 직각도 측정시 측정된 각도에 대한 오차의 계산은 측정각이 90°에 대하여 지니는 편차와

한편의 곱으로 나타낸다(Fig. 10). 플랜지 Panel제품을 비정렬상태로 배열한 후 디지털 화상을 취득하였다(Fig. 11). 데이터처리를 통하여 에지를 추출한 형상이 Fig. 19에 나타내었다. 측정결과 모서리각  $\theta$ 는 약 89.968°이었는데 90°에 대한 모서리의 편차는 0.032°로서 변의 길이 300mm에 대한 원호길이는 약 0.163 mm로서 모서리부의 직각도 오차는 0.163mm로 측정되었다.

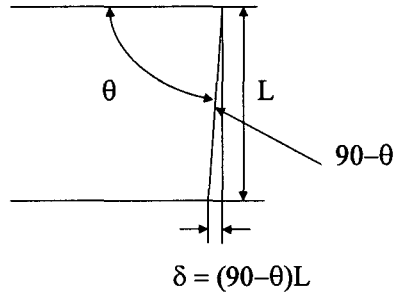


Fig. 10 직각도 오차의 계산

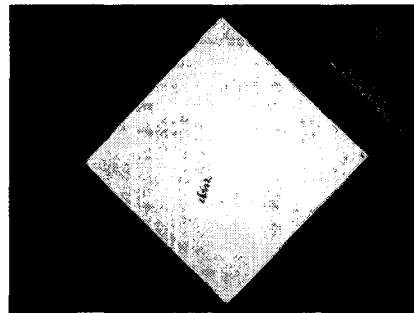


Fig. 11 Panel부 화상측정

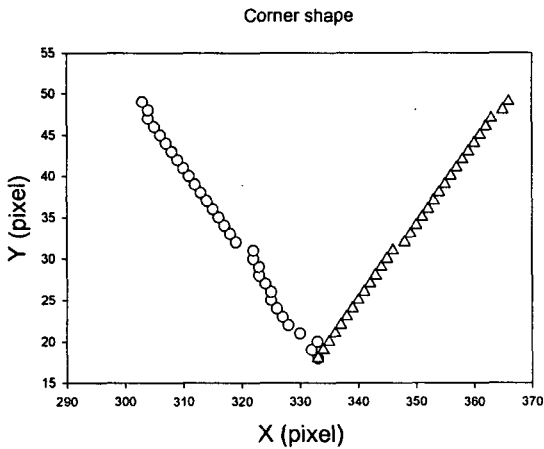


Fig. 12 화상처리된 모서리부

$$\theta = 89.968^\circ, \delta = 0.163 \text{ mm}$$

#### 4. 결론

시험측정결과 실제의 평면도 측정치는 약 1.0 mm 이하로 나타났다. 이는 통상적으로 허용되는 오차 범주내에 드는 수준으로서 제품의 품질을 확인할 수 있었다. 또한 모서리각 및 이에 따른 직각도 편차를 실측한 결과 오차범주내 있었다. 화상처리시스템으로 구성된 직각도측정 결과는 오차가 0.163mm로 나타났으며 이를 활용하여 측정의 자동화를 구현시킬 수 있다.

#### 참고 문헌

- (1) E. Paul Degarmo, J T Black, Ronald A. Kohser, 1998, *Materials and Processes in Manufacturing*, Scitech Media, pp. 358~359
- (2) T.K. Kim, H.J. Choi, 1994, *Basic of Image processing*, Jung Ik Sa, pp. 8~27
- (3) I.K.Chun, H.T.Yoon, 1999, *Image processing*, Ki Han Jea, pp. 11~25
- (4) Randy Crane, H.I.Choi, K.S.Lee, Y.W.Lee, 1997, *Theory and Reality of Image Processing*, Hong Rung Science, pp.13~41
- (5) Sang Jun Lee, Song Min Yoo, 1995, "A study on

the inferiority detection using Image processing and Neural network", Proceedings of the Korean Society of Automotive Engineers Conference in fall, pp. 542~548

- (6) Joon-young Bae, Youn-Myung Joo, Sang-Kyun Choi, Sang-Ryong Lee, 2002, "A study of Deburring System Using The Image Processing Technique", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 19, No. 6, pp. 128~135
- (7) K.H.Joo, Y.H.Hahn, 1997, "Automatic Strain Measuring System for Sheet Forming by Single View Image Processing Technique", Proceedings of the KSME Conference in spring, pp599~604
- (8) J.D.Lee, R.W.Lee, 1994, "Analysis Method by Image Processing", Journal of Transportation Research Society of Korea 1994 v.012, n.001, pp.97-116
- (9) Y.J.Lee, S.M.Yoo, 1994, "A Study on the inferiority determination of connecting bolt for automobile by using digital image processing", Proceedings of the Korea Society of Automotive Engineers Conference in Spring, pp.558-564
- (10) Soon Suck Jang, Koung Suk Kim, jin Who Hong, Ji Eun Choi, Ki Soo Kang, Dal Woo Kim, 2001, "A Study on the Development of Image Processing Measurement System for Structural Analysis by Optical Non-contact Measurement", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 18 No. 7, pp. 149~154