

# Tailored Blank 용접을 위한 감시제어장치 개발 Development of Monitor & Controller for Tailored Blank Welding

장 영 건 (청주대 전자계산학과), 유 병 길, 이 경 돈 (고등기술연구원)

Y.G. Jang(Computer Scie. Dept, Chongju Univ), B.K. Yu, K.D. Lee(Institute for Advanced Engineering)

## ABSTRACT

Gap and thickness difference information between blanks are often necessary for tailored blank welding quality evaluation , optimum welding parameters selection and evaluation of shearing machine, blank allocation device accuracy and clamping device.

We develop 3D vision system and camera unit using structured lighting for this purpose. A simple and efficient scheme for gap and thickness feature recognition is developed as well as measurements.

Experimental results shows this system measuring accuracy is 10  $\mu\text{m}$  and 16 $\mu\text{m}$  for gap and thickness difference respectively. The data are expexed to be useful for preview gap control.

**Key Words** : tailored Blank(맞춤판재), 3D vision(삼차원 비전), feature recognition(특징 인식), gap(틈새), welding quality evaluation(용접품질평가)

## 1. 서 론

자동차의 차체는 앞문, 뒷문, 앞면 패널 등 수 많은 기능모듈로서 구성되며, 각 기능모듈은 부위에 따라 요구되는 강도가 다르다. 이를 만족하기 위하여 부위별로 다른 두께의 강판을 절단, 용접, 성형하는 방식이 근자에 자동차 선진국을 중심으로 채용되고 있으며, 맞춤판재(Tailored Blank)를 이용한 가공방식이라 부른다.

선진국중에서 맞춤판재기술은 유럽에서 먼저 개발되기 시작하였고, 처음에는 매쉬드 씬(Meshed Seam)용접이 적용되었으며, 그 후에 점차 레이저를 사용한 용접으로 이행하고 있다. 미국에서도 1984년부터 약 10년간 기술개발 및 현장적용연구를 통해 안정된 양산화 기술을 확보하고, 점차 적용범위를 넓혀가고 있다.

고출력 레이저용접은 용접속도가 빠르고, 용입 깊이가 깊고, 열에 의한 변형이 작으며, 어느 분위기에서도 용접이 가능한 장점을 갖고 있으나, 집속된 레이저 빔의 폭이 수십 마이크론밖에 안되어서 용접대상물 및 가공장치의 위치정밀도가 기존의 생산공정에 요구되는 것에 비해 매우 높아져야 하는 문제점이 있다. 특히 맞춤판재용접에 있어서는 판재의 위치정밀도, 판재 절단면의 거칠기 및 판재간 간격이

용접의 질을 결정하는 가장 큰 요소가 된다.

본 연구는 고출력 레이저를 이용한 맞춤판재용접공정의 감시제어를 위한 기초연구로서 판재의 가공상태, 판재의 위치상태등을 정량적으로 재측하여 용접조건과 판재상태에 따른 용접품질과의 상관관계를 분석하는데 도움을 준다. 또한 판재고정구의 성능을 평가하는 계측기로서의 역할을 수행하고, 가공기개발 및 절단기개발의 애로기술인 판재위치화의 정밀도와 판재절단상태의 거칠기에 대한 제한조건을 완화하기 위한 오프라인 판재간격 제어기술을 개발하여 그 효과를 정량적으로 평가하기 위한 것이다.

## 2. 구조화 광을 이용한 3차원 영상처리기

자동차의 차체를 구성하는 맞춤판재를 잘 용접하기 위해서는 판재의 준비상태 즉 판재간의 간격, 판재의 절단면의 상태가 용접에 적절한 상태를 이루어야 한다. 또한 그 상태를 감시하기 위한 영상장치의 적용에 있어서 판재절단과정에서 발생한 판재절단면 끝에 형성된 금속의 요철부분등이 판재간 간격을 정확히 측정하는데 악영향을 미친다. 따라서 판재 간격 및 상태를 감시하는 영상처리장치는 삼차원 인식 기능을 갖는 것이 중요하다.

따라서 본 연구에서는 그림 1과 같이 구조화된 광의 띠를 이용하여 판재의 표면특징을 삼차원으로

인식하는 실시간 영상처리를 개발하고, 레이저용 접기에 부착하여 그 적용성을 시험평가한다.

판재는 정밀한 판재이송장치에 의해 일정한 위치에서 맞물려져, 클램핑 장치에 의해 고정되어진 상태이다. 판재 절단면의 거칠기, 버(burr)의 유무 및 판재이송장치의 정밀도에 따라 판재간에 틈새가 발생하며, 그 틈새가 위치에 따라 다르게 나타날 수 있다. 이중두께의 판재적용의 경우 판재간에 단차가 존재한다. 따라서 비전장치가 적용되는 환경은 매우 구조화 되었다고 할 수 있다.

비교적 단순한 기하적 특성을 갖는 적용대상에 대하여 3차원 정보를 취득하기 위하여 띠모양을 갖는 레이저 광선띠를 판재면에 송출한다. 판재면에서 반사된 광을 레이저 광 송출기와 일정한 각도로 기울어진 카메라에서 수신하여 레이저 띠의 형상을 해석하면 띠가 형성된 면의 2차원적 특성을 알 수 있다. 또한 레이저 광 송출기와 카메라를 하나의 유니트로 하여 이동시켜가면서 레이저 띠의 화상정보를 취득하면, 그 이동구간의 일정영역에 대한 3차원 정보를 얻을 수 있다. 판재간 간격 및 이중두께의 판재 용접시에 나타나는 판재간 두께격차 등의 정확한 측정을 위해서는 화면좌표와 기계좌표간의 정확한 매칭 및 보정이 필요하다. 레이저용접기의 빔폭은 50-100 $\mu$ m이므로 화상의 정도는 10 $\mu$ m정도가 필요하며, 인식정도도 10-20 $\mu$ m내에서 결정되어야 한다.

### 3. 카메라유니트의 구성 및 설계

카메라 유니트는 CCD 화상을 취득하기 위한 카메라, 삼차원 정 보취득을 위해 작업시편에 구조화된 레이저 광을 송출하는 광 송출기, 카메라와 광 송출기를 서로에 대해 적절한 각도로 고정하여 지지하고, 그 전체를 레이저용접기에 부착하기 위한 사시 및 카메라에서 취득한 정보를 사용자가 시각적으로 확인하기 위한 모니터로 구성된다.

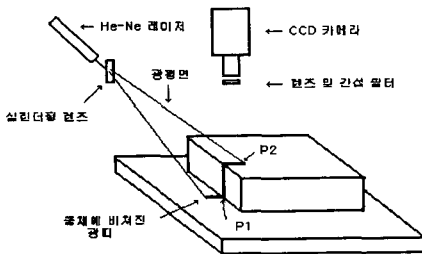


Fig. 1. Workpiece surface feature recognition using structured lighting.

카메라의 초점거리는 XY평면의 임의 이동시 고정구와의 충돌을 방지하기 위한 최소거리가 10.3mm이므로 10.5mm로 하였다. 초점심도는 동중두께와 이중두께를 다 적용하고, 최소용접판재의 두께는 0.9T, 최대 용접판재의 두께는 2.5T이므로 최대두께차를 고려하여 1.5mm로 하였다. 적용 용접판재의 길이는 2m이하이고, 정확한 위치화를 위해서 고정구를 사용하므로 판재의 벗어남이 3mm를 넘지 않는다고 가정하여 카메라의 FOV(Field of View)를 설정하였다. 또한 카메라의 입력부위에 가시광선 차단을 위한 간섭 필터를 부착하여 주위 조명의 변화에 의한 영상처리에 영향을 덜 미치지 않게 하였다. 광 송출기는 레이저광을 실린더형 렌즈를 투과시켜 일자형 빔을 형성토록 하며, FOV를 고려하여 빔의 길이를 10mm로 하였고, 빔의 두께는 0.7mm정도로 하였다. 모니터는 카메라의 픽셀수보다는 정도(resolution)가 좋아야 하므로 고정도 모니터를 사용하였다.

### 4. 감시제어장치의 구성 및 처리방식

구현될 용접용 감시제어장치는 H/W적으로는 능동 3-D 영상처리를 위한 레이저 선 방출기, 카메라유니트, 비전 모니터, 영상 프레임 그래버 및 프레임 프로세서, 산업용 펜티엄 퍼스널 컴퓨터, 디지털 입출력 보드 및 케이블로 구성되며, 그 구성은 그림 2에 표시한다.

판재 틈새 및 단차 감시제어기의 처리순서는 다음과 같다.

1. 고정구에 용접할 판재가 이송되면 수동 또는 자동으로 판재를 정확한 위치에 위치화시키고, 고정시킨다. 고정이 완료되면 NC는 용접초기위치에서 카메라 옵셀만큼 뺀 위치로 이동한다. 카메라옵셀은 용접할 점보다 선행하여 카메라가 부착되므로 XY평면상에서 용접시작점을 바라보는 카메라 FOV의 중심점과 NC좌표상의 용접시작점사이의 거리차를 의미한다.

2. NC는 Vision처리장치에 NC의 RS-232C 직렬포트를 통해 현재위치 및 목표위치정보를 전달한다. Vision처리장치는 이 정보를 받아 화상처리를 할 시계열 프레임의 갯수를 계산한다. 시간적 프레임의 갯수는 카메라입력시점을 기준으로 계산한다. 이 시간적 프레임갯수는 화상처리를 종료할 때와 통계치를 계산하여 시간축으로 배열할 때 사용된다.

3. NC에서 운동을 시작할 때 NC는 운동시작을 알리는 정보를 PLC를 통하여 레벨정보로 비전처리장치에 알려주며, 비전처리장치는 바로 화상정보를

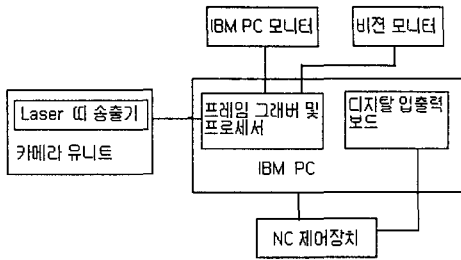


Fig. 2. Configuration of Gap Monitor & Controller

입력하여, 처리한다.

4. 화상정보처리는 영상획득, 문턱치처리, 필터링 및 세션화처리를 거쳐 틸새의 중심좌표 및 단차정보를 추출하고, 반도체메모리에 그 정보를 저장한다.

화상처리시간을 단축 및 배경화상의 간섭을 배제하기 위해 적절한 화상처리창을 설정하며, 이 창은 사용자가 적응대상에 따라 설정이 가능하다. 창은 화상처리 전에 설정하며, 최초 용접초기점탐지시는 비교적 넓고, 그 이후는 초기점주변에 비교적 작게 설정된다.

5. 전체 시계열 프레임의 갯수만큼 영상획득이 끝날 때까지 영상획득 및 프로세서 4를 반복한다.

6. NC로부터 운동중이란 플레그가 "0"상태인지를 확인한 후에 처리된 틸새의 중심점 및 폭과 단차정보를 화일에 저장한다.

## 5. 시험 및 결과

### 시험 준비

레이저 용접기의 베드위에 놓여지는 판재사이의 틸새 및 단차를 측정하고, 판재절단면의 상태 및 판재의 위치화의 적정성을 측정하기 위하여 적절한 시험준비상태가 필요하다.

레이저 용접기에 전원이 투입되고, 제어장치를 운용상태로 만든다. 그 다음 판재를 베드위에 올려놓고, NC프로그램에서 교시된 용접 초기점 위치에 두 판재의 절단면을 일치시킨다. 그다음에 판재의 클램핑장치를 동작시켜 두 판재를 고정하고, 감시제거기에 전원을 투입하여 준비상태로 만든다. FOV(field of view)를 적정하게 설정하기 위해서는 금속자를 판재위에 올려놓고, 화상을 취득하여 카메라에 접속된 모니터를 통해 가로방향으로 5mm가 전체화면에 들어오는지를 확인한다. 이것은 레이저 피 송출기를 이용하지 않으므로, 가시광선 차단필터를 제거한 상태에서 행한다.

### 좌표계의 매핑

감시제어기의 픽셀좌표계와 레이저용접기의 좌표계를 일치시키기 위하여 두 단계의 작업이 필요하다. 첫 번째 작업은 픽셀좌표계와 기계좌표계를 일치시키기 위한 스케일링 요소를 정하는 것이다. 이를 위해서는 감시제어장치의 3차원 화상처리가 참조할 일종의 고정물이 필요하다. 이 고정물은 감시의 목적인 두 판재간의 맞대기용접을 행할 접촉면의 틸새 및 판재간 단차모습과 유사하게 삼차원적으로 설계하였다. 재료로는 열팽창계수가 매우 작은 금속을 선택하였고, 금속면에 홀을 만드는 방식을 선정하였다. 홀은 최대단차를 고려하여 깊이를 1mm로 정하였고, FOV 및 실제 처리 창을 고려하여 폭을 2mm로, 평균값을 구하기 위해 깊이를 15mm로 정하였다. 홀의 가공은 금속면에 방전가공기를 사용하여  $\pm 5\mu\text{m}$ 오차 이내로 가공하였다. 이 고정물을 실제 측정할 판재기준면에 판재틈의 방향과 홀의 길이방향이 일치하도록 고정시킨다. 그 다음 NC와 틸새감시제어장치를 동작시켜 팬텀의 홀의 길이방향의 5mm간의 화상데이터를 취득하여, 측정된 폭과 깊이 정보의 평균값(픽셀단위)을 구하고, 이미 알고 있는 깊이와 폭( $\mu\text{m}$  단위)와의 스케일링 요소를 구한다.

두 번째 작업은 실시간적으로 일정시간마다 취득되는 화상정보와 이동중인 용접헤드의 위치를 동기화시키기 위하여 실험할 용접기의 초기점 위치와 용접종료점, 이동 속도를 감시제어장치에 입력한다.

### 정적시험

정지된 위치에서 원화상의 취득성, 문턱값의 적절한 선택, 이치화과정, 세션화과정의 적합성을 시험한다.

맞대기 용접을 위해 고정된 판재 틸과 단차를 측정하기 위한 원래 화상을 취득하여 그림 3에 나타내었다. 그림에 상하로 나타난 띠의 불연속 점사이의 거리가 판재의 틸을 나타내며, 그림 우측에 나타난 짧은 띠와 틸새중심과의 거리가 단차를 나타낸다. 이 때 띠와 주변의 그레이레벨차는 충분히 큰 값이어야 하며, 띠의 그레이레벨값은 포화치에 근사해야 한다. 원 화상에서 얻어진 히스토그램은 일시간분초의 화일명으로, 확장자가 .his로 자동으로 저장되며, 시간적 변화에 따른 문턱치변화여부를 검사할 수 있는 자료가 된다.

이 문턱치를 적용하여 화상을 이치화한다. 이치화 화상으로부터 정확한 틸새거리 및 단차값을 구하기 위한 다음 단계로서 세션화과정을 거친다. 이러한

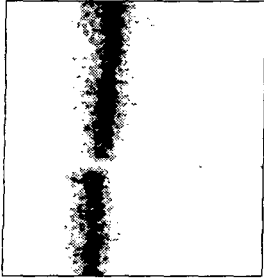


Fig. 3. Original image of gap between blanks.

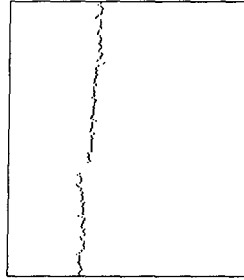


Fig. 4. Thinning of binary image.

세션화과정은 이치화화상에서 나타난 띠의 불연속부분의 영상이 균일한 영상특성을 갖어야 한다는 것을 전제로 한 것이다. 그러므로 레이저 광선띠가 비쳐지고 있는 틈새에서의 판재의 요철이 심할 경우 정확한 평균치를 구할 수 없으므로 약간의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 현상을 제거하기 위해서는 레이저 광선 띠의 폭이 광학계의 정도(resolution)만큼 짧은 것이 이상적이다. 이러한 세션화 과정을 거친 화상을 그림 4에 나타내었다.



Fig. 5. Gap and thickness difference graph between blanks

세션화과정을 거쳐 형성된 화상으로부터 세션사이의 상하방향 불연속 점의 종축간의 거리를 틈새(Gap)이라 정의하고, 횡축간의 거리를 단차라 정의한다. 이 불연속점을 잇는 선분의 중심으로부터 우측에 형성된 짧은 띠의 중심까지의 거리가 틈새의 깊이라고 정의할 수 있고, 용접속도 및 용접출력을 결정하는 주요 요소가 된다. 세션화한 화상을 가로축으로 레이저 띠방향, 세로축으로 단차방향으로 재배열하여 처리한 그래프를 그림 5에 표시하였다. 이 그림에서 표시된 숫자는 픽셀단위이다. 이 그림에서 가로방향으로 기저선이 기울어진 것은 띠의 방향이

카메라의 중심축에 대해 일정하게 기울어져서 발생하는 현상이다.

### 등적시험

정적시험에서 시험된 측정능력을 기반으로 카메라유니트를 일정한속도로 움직이면서 화상을 획득하고, 판재간의 틈새와 단차를 측정하여 화일에 저장한다. 화일명은 월일시분의 8글자로, 확장자는 sts로 자동 생성된다. 시험후 자동 생성된 화일의 내용 및 형식을 그림 6에 표시하였다. 이 그림에서 (x1, y1)은 용접진행방향을 기준으로 좌측 판재의 절단면과 레이저 띠의 교차점의 좌표이고, (x2, y2)는 우측 판재와 레이저 띠의 교차점의 좌표이다. 다음 데이터(gap)는 틈새길이이며, 그 다음은 단차길이이다. 이 화일의 마지막 부분에는 틈새 및 단차의 평균, 최대값 및 그 위치, 표준편차정보가 들어있다. 이 화일은 후에 엑셀등의 다른 통계처리 그래픽스패키지에 의해 다양하게 처리될 수 있다.

Count	( x1, y1)	( x2, y2)	gap	step
1	(120,114)	( 93,126)	27	12
2	(120,114)	( 93,126)	27	12
3	(120,114)	( 93,126)	27	12
4	(120,114)	( 93,126)	27	12
5	(120,114)	( 93,126)	27	12
6	(120,114)	( 93,126)	27	12
7	(120,114)	( 93,126)	27	12
8	(120,114)	( 93,126)	27	12
9	(126,114)	( 93,126)	33	12
10	(120,114)	( 93,126)	27	12
11	(120,114)	( 92,126)	28	12

=====  
 Avg. Gap 27.58 Avg. Step 12  
 Max Gap 33 Max Step 12

Fig. 6. Contents & Format of Experimental Results file.

### 6. 결론

Tailored Blank 용접을 위한 감시제어장치의 기초연구로서 판재의 상태를 감시할 수 있는 3차원 틈새 및 단차 감시기를 개발하였다. 감시기를 레이저 용접기에 부착하여 연동시험한 결과, 판재절단기, 판재이송장치 및 고정구의 성능을 평가할 수 있었고, 판재상태와 용접품질과의 상관관계를 규명하고, 용접데이터베이스를 구축하는데 유용하였다.

측정된 데이터와 용접데이터베이스는 틈새 제어를 위한 기초자료로 활용될 것이다.

## 참고문헌

- 1 John E. Agapakis, "Approachs for Recognition and Interpretation of Workpiece Surface Features Using Structured Lighting", The International J. of Robotics Research, Vol. 9, No. 5, pp 3-16, Oct. 1990
- 2 M.Kawahara et al, "Tracking Control System for Arc Welding Using Image Sensor", Proc. of IFAC Control Scie. & Tech.8th Triennial World Congress, pp 2117-2122, Kyoto, Japan, 1981
- 3 Huang Nan, "Control of Welding Machines Using Vision Data", Metal Construction, pp 264-268, June, 1988
- 4 J.E. Agapakis et al, "Adaptive Robotic Welding Using Preview sensing of Joint Geometry", SPIE Vol. 726 Intelligent Robots and Computer Vision : 5th in a Series, pp 566-575, 1986
- 5 Jorge L.C. Sanz, Advances in Machine Vision, pp 122-159, Springer-Verlag New York Inc, 1989