

레이저 비전 센서를 이용한 GMA용접 외관 검사 및 결함 검출 알고리즘

A study of bead shape inspection using laser vision sensor in GMA welding process

이희준*, 이세현**

*한양대학교 공과대학 기계공학부 대학원

**한양대학교 공과대학 기계공학부

1. 서론

용접을 사용한 구조물은 이음의 형상이 자유롭고 그 구조가 간단하며, 이음의 두께에도 제한이 없는 장점이 있다. 그러나, 공정의 특성상 외부 조건의 변화에 따라 용접 품질이 변하는 단점이 있다. 이와 같은 변화는 용접 구조물의 필요한 집합 성능과 용접 구조물의 사용 성능을 만족시켜 주지 못하고, 용접 이음 파괴의 원인이 될 수 있다. 이처럼 용접부에 발생한 외관상 및 성능상의 불만족으로 보이는 각종 결함을 용접 결함이라고 하는데, 용접 공정에서 해결하기 어려운 문제점 중의 하나가 결함의 방지이다. 따라서 이 결함의 정확한 평가를 통해 그 해결책을 찾으려 하고 있다. 용접 결함에 대한 위치, 종류, 방향 등의 정량적 정보를 비파괴 시험을 통해 얻고 있다.

용접부 내부의 기공이나 크랙은 일반적인 X-ray 혹은 초음파 탐상을 이용하여 검출하고 있다. 그러나, 이와 같은 방법은 용접 공정 후에 검사를 수행하므로 많은 시간의 소모를 가지므로 생산현장에 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서, 본 연구에서는 생산현장에서 효과적으로 적용 가능한 레이저 주사 빔을 이용한 레이저 비전 센서를 사용하여 용접부 외관의 형상으로부터 용접 비드 결함을 검출하는 방법을 제시하고, 레이저 비전 시스템을 이용하여 자동차 속업조오버의 GMA 용접 비드의 표면에 레이저빔을 주사하여 그 정보를 화상카메라로 계측하고 3차원 거리 정보를 구하였다. 이 정보를 이용하여 용접 비드의 형상을 3차원으로 재형성하고, 이를 통하여 용접부 결함을 판단하는 알고리즘을 개발하였다.

2. 실험 장치 및 순서

2.1 실험 장치

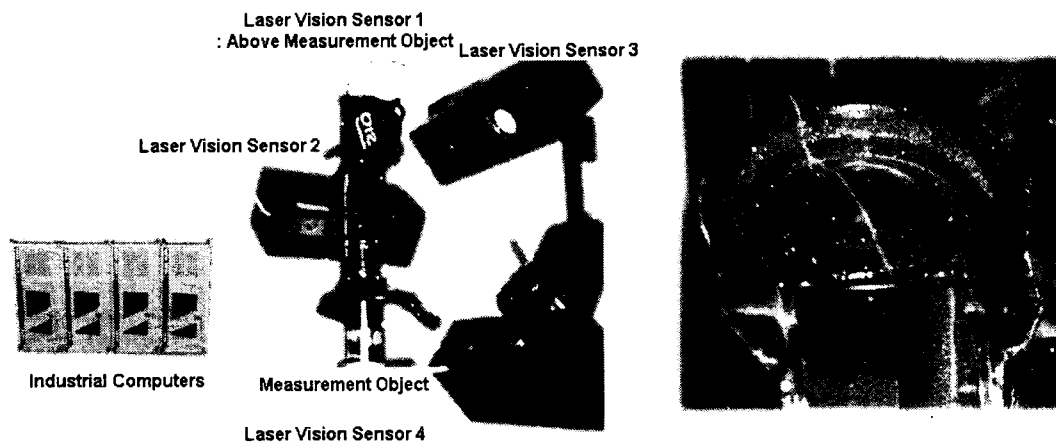


Fig.1 Configuration of bead inspection system using laser vision sensor

위의 그림(Fig.1)에서 실험 장비의 4 대의 PC 는 로컬 네트워크를 구성하고 있다. 즉 4 대의 종합적인 결과가 최종결과로 표현되기 때문이다.

2.1 실험 순서

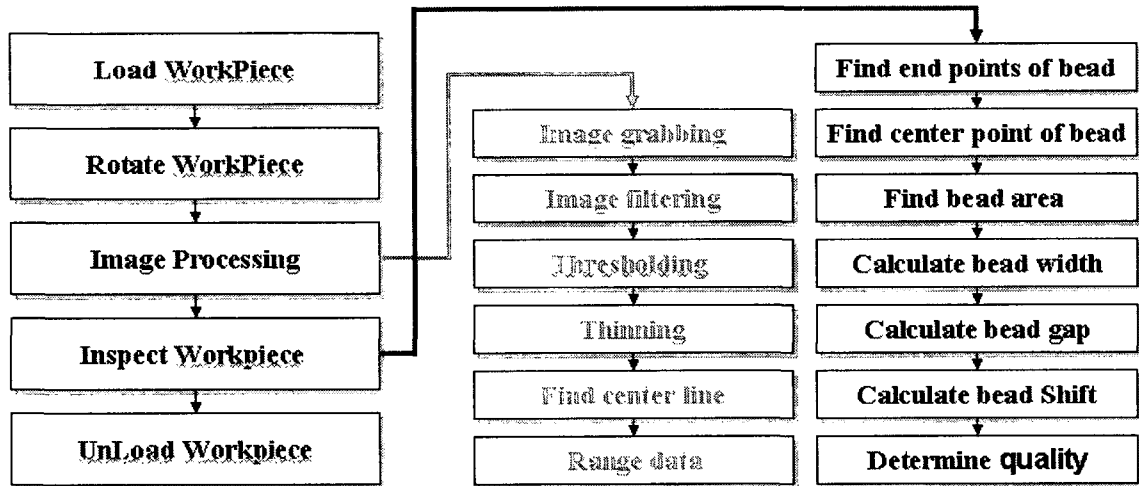


Fig.2 Flowchart of bead inspection

Fig.2는 순서를 도식적으로 나타내었다. 1 회 실험시 6.5 초 내에 시행을 해야한다. 초당 100장의 이미지를 그레빙하며 총 500 프레임의 데이터를 이용하여 결과를 도출한다. 그러므로 PC의 성능을 짧은 시간에 최대한으로 이용해야 하는 몇 가지 제약조건이 있으며 작업물 또한 32 가지의 종류를 가지고 있으며 놓여지는 위치 또한 일정하지 않다는 몇 가지 제약조건을 가지고 있다.

3. 검사 알고리즘

3.1 특징점 찾기

일정 이상의 각도(θ)의 변화가 되는 점을 비드의 시작점이라고 판단할 수 있다. 그러나 하나의 점에서 판단하게 되면 노이즈 성분에 의하여 잘못 판단을 할 수 있으므로 적어도 3 점 이상 20 픽셀 이상 떨어진 점에서 판단을 해야만 한다. 아래의 그림(Fig.3)은 특징점을 찾아내는 알고리즘이다. Fig.4는 실제로 비드의 시작점과 끝점을 찾아낸 모습을 보이고 있다.

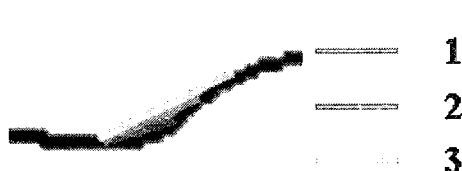


Fig.3 Determination feature point

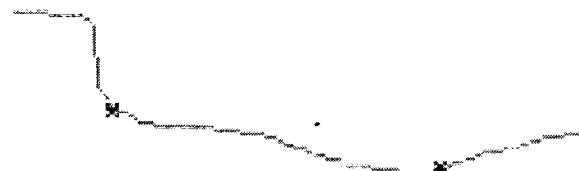


Fig.4 Result of sample profile

3.2 용접 결함 판단 알고리즘

비드의 폭의 변화를 이용하여 특징을 용접 검사의 수행하고 있다. 하나의 프로파일에서 측정된 용접결과 용접 품질을 판단하기에는 무리가 있다. 그러므로 여러 프로파일의 결과를 이용해서 용접 품질을 판단해야 한다.

Fig.5는 전체 range data 를 2차원적으로 표현한 것이다. 이는 높이의 상대적 값을 그레이 레벨로 나타낸 것이다. Fig.4 에서 높이 변화를 흑백으로 하여 500 개의 프로파일을 이용하여 전체를 이어 놓은 모습이다. Fig.6은 특징점을 찾아서 표시를 한 것이다

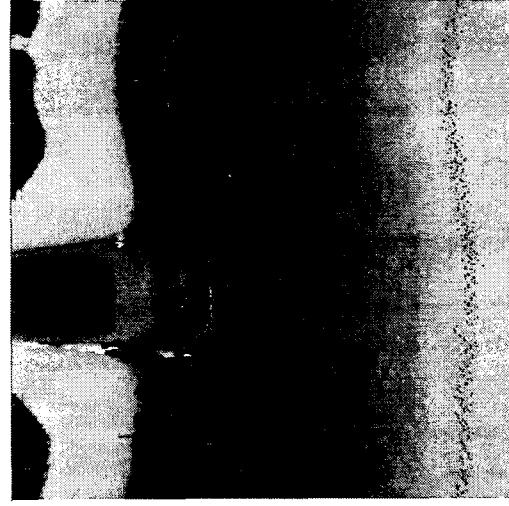
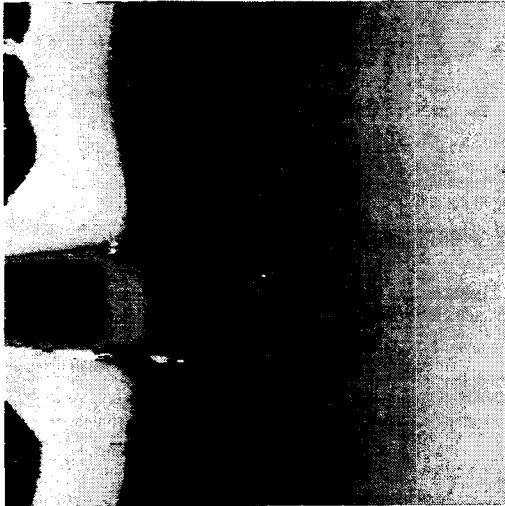


Fig. 5 Represented range data Fig.6 Represented range data with feature point

Fig.6에서는 range data 의 노이즈 성분에 의하여 모든 특징점을 정확하게 잡지는 못했으나 전체적으로 정확하게 잡아내고 있다. 이에 기초로 하여 다음 그림(Fig.7)과 같은 폭의 변화를 알아낼 수가 있다. X축은 원주 방향의 길이, Y축은 폭의 변화를 나타내고 있다.

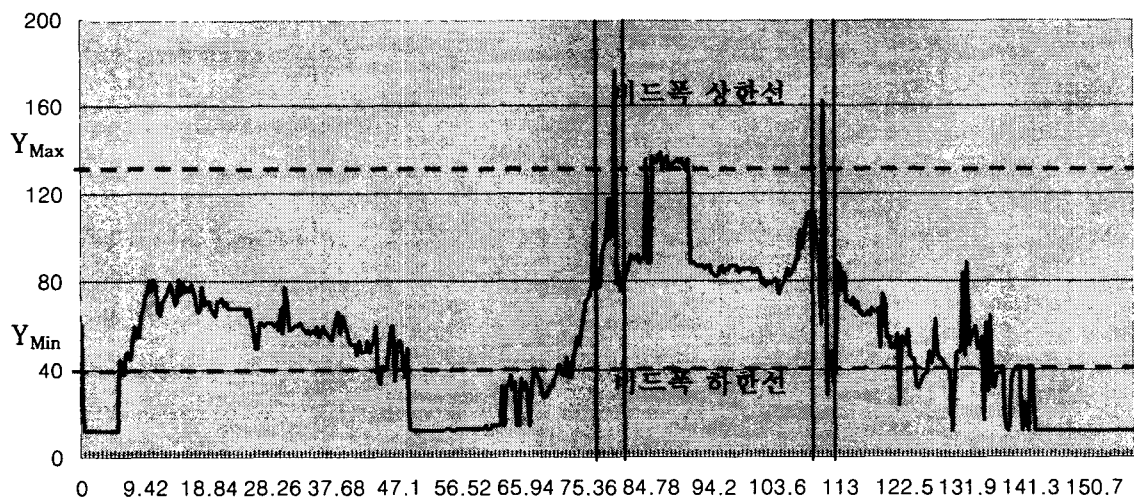


Fig-7 Variation of measured bead width (unit : mm)

3. 실험 결과 및 고찰

위의 알고리즘을 이용하여 용접 폭 불량, 비드 단락, 스패터 유무, 비드 쉬프트에 관해서도 적용하여 잘 동작하고 있으며 외부의 계측상태의 변화에도 둔감하게 반응하였다. 이로써 각각의 4 대의 클라이언트 검사 컴퓨터가 판단한 용접 상태를 서버 프로그램(Fig.8)에서 보여주고 최종 검사 결과를 보여주고 최종 결과를 다른 작동기기에게 성공적으로 신호를 보내 줄 수가 있었다.

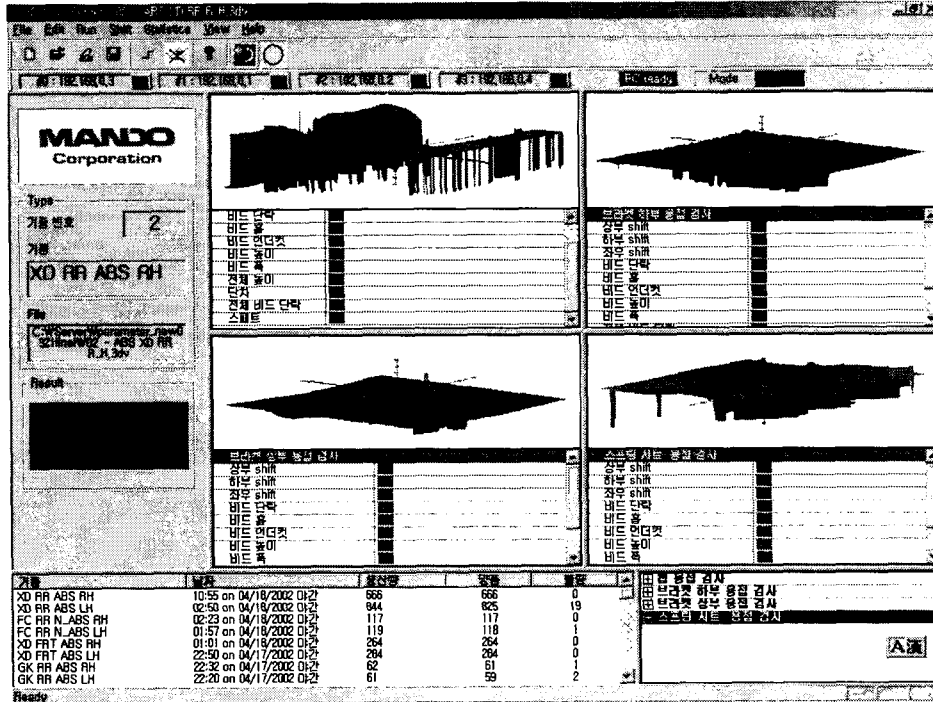


Fig.8 Server program represent result of inspected welding bead

4. 결론

위의 알고리즘을 이용한 용접 외관 검사는 실제 라인상에서 99% 이상의 정확도를 보여주고 있으며 외관 검사에서 사람이 판단함으로써 생기는 주관적인 결함 판단보다 객관적이며 정량적인 결함을 찾아줌으로써 성공적으로 알고리즘이 잘 맞고 있음을 증명하고 있다.

이로써 레이저 비전센서를 이용하여 용접선 추적뿐만 아니라 형태가 불확실한 용접 외관 검사도 성공적으로 검사가 가능하다는 것을 알 수 있다.

5. 참고 문헌

1. Z. Smati, D. Yapp, and C. J. Smith, "laser guidance system for robot", Robotics welding, springer-Verlag, 1987
2. 조택동, 양상민, 전진환, "비전센서를 이용한 용접선 자동추적에 관한 연구", Journal of KWS, Vol. 16, No. 6 December, 1998
3. 박현구, 김명철, 김승우, "슬릿광 3차원 형상측정에서 측정분해능 최적화를 위한 시스템 설계 및 카메라 보정, 대한 기계학회 논문집, vol.18, No.5, 1994
4. P. Kim, and S. Rhee, "Automatic teaching od welding robot for free -formed seam using laser vision sensor", Optics and Lasers in Engineering, Vol.31, 1999