

용접 공정 자동화를 위한 시각센서의 개발

Development of Vision Sensor for Welding Process Automation

유 원상* 유 재용* 이 철원** 나 석주*

* 한국과학기술원 정밀공학과, 대전

** 한국과학기술원 기계기술연구소, 대전

1. 서론

아크용접 공정에서 고도의 자동화를 위해서는 용접을 해야 할 부분을 추적하고 용접변수를 자동으로 조절할 수 있도록 용접선 위치와 용접부 형상을 측정할 수 있는 센서의 개발이 필요하다. 광삼각법의 원리를 이용하는 시각센서는 용접공정과는 무관하게 측정이 이루어지고 용접선의 위치 정보뿐만 아니라 용접부의 형상 정보도 얻어낼 수가 있어서 자동용접을 위한 센서로 적합하여 많은 연구가 이루어지고 있다.

현재 자동용접을 위해 개발중인, 광삼각법의 원리를 이용한 시각센서에 대해 소개하겠다. 2장과 3장에서 소개된 센서는 원통형 렌즈(cylindrical lens)를 사용해서 평면의 형태로 구조화된 빛(structured light)을 측정부에 조사하고 2차원 카메라로 이를 감지하는 방식의 센서이고, 4장에서 소개된 센서는 평행광화(collimation)시킨 점(spot)형태의 레이저 빔을 갈바노미터(galvanometer)에 부착된 평면거울(plane mirror)로 반사시켜 측정부에 주사(scanning)해 주고 1차원 카메라로 감지하는 방식의 센서이다.

2. LNG 탱크의 자동 용접을 위한 시각센서

2.1 개요

LNG는 무공해 연료로서 최근들어 그 수요가 급증하고 있으며, 이에 따라 LNG의 저장과 운반을 위한 LNG 탱크의 제작도 아울러 급증하고 있다^{1,2)}. 본 연구는 이러한 LNG 탱크용 Corrugated Membrane의 GTA용접을 위한 자동 용접장치에 적용할 센서의 개발을 목표로 하였다. 본 장에서는 Corrugated Membrane 용접시 토치와 모재 사이의 거리와 토치의 각도를 조정하기 위해 용접부의 높이 변화와 경사도를 측정할 수 있도록 개발된 시각센서를 소개하고자 한다.

2.2 LNG 탱크 용접용 시각센서의 구성 및 동작 원리

본 연구실에서 개발한 LNG 탱크의 자동 용접을 위한 시각센서는 다이오드 레이저와 원통형 렌즈를 이용하여 평면형태로 구조화된 빛(Structured Light)을 조사해 주는 부분과 필터, 카메라 렌즈 그리고 2차원 CCD 카메라로 구성된다. 기존의 시각센서는 용접선 방향으로 토치 앞에 위치하는 구조가 대부분이고 구조화된 빛이 용접선에 수직으로 조사된다. 이러한 시각센서를 LNG 탱크의 자동 용접에 사용할 경우에는 토치 회전시 시각센서가 Corrugated Membrane에 간섭을 받고 또한 경사도에 대한 정보를 얻을 수 없다. 따라서 LNG 탱크의 자동 용접을 위해 Fig.1에 나타난 바와같이 시각센서를 용접 토치에 직접 부착시켜 토치 회전시 시각센서도 동일한 각으로 회전 하도록 하여서 용접부의 경사도를 측정할 수 있고 Corrugated Membrane과의 간섭을 최대한 배제하였다. 이때 토치 회전 기구는 회전시 토치 끝이 회전의 중심이 되도록 제작하여서 토치가 회전하여도 토치끝에서 용접부까지의 거리가 변하지 않도록 하였다. 또한 레이저 광원과 CCD 카메라의 분리각을 40°로 설계하여 LNG 탱크의 Corrugated Membrane의 경사도를 손쉽게 측정할 수 있도록 하였다.

설계 제작된 시각센서와 기구부의 실물은 Fig.2에 나타난 바와 같다. 현재의 시스템은 높이방향과 용접방향으로 용접 토치를 이송이 가능하고 용접 토치가 용접부에 대해서 일정한 각도를 유지시킬 수 있게 토치의 회전이 가능하도록 이루어진 기구부와 토치 홀더에 평행하

게 부착시킨 센서부로 구성되어 있다.

제작된 시각센서는 용접부의 경사도와 높이를 측정하여 용접부와 토치 사이의 각도를 일정하게 유지시키면서 Corrugated Membrane의 높이 변화를 추적 하도록 하였다.

3. 높이변화가 있는 필릿용접부의 자동용접을 위한 시각센서

3.1 개요

높이변화가 있는 필릿용접부는 굴곡진 컨테이너 사이드 판넬이나 자동차 부품등의 접합부에서 찾을 수 있고, 고부가가치 제품으로 생산성과 용접품질의 향상이 요구된다. 본장에서는 이 용접공정의 자동화를 위한 시각센서의 개발에 대해 이루어진 연구결과를 소개하고자 한다. 시각센서 개발시 요구된 사항은 다음과 같다.

- 물체의 반사특성에 대해 신뢰성을 갖추어야 한다.
- 형상에 따라 용접선 추적에 필요한 정보가 결핍되지 않도록 한다.

3.2 기존 시각센서 방식의 문제점

기존의 시각센서는 토치와 센서가 일체로 운동하고 1개의 광원과 1개의 CCD 카메라를 사용한다. 이경우 시각센서가 토치에 구속되어 운동하므로 시각센서와 토치 사이의 선행거리가 커질 수록 카메라의 FOV 이탈, 측정율의 변화가 심해질 것으로 예상되었다³⁾. 그리고 광상각법을 이용한 시각센서에서 회전 운동의 오차가 직선 운동의 오차에 비해 더 크게 센서의 정밀도에 영향을 미치며 보정하기도 어렵다. 따라서, 센서가 토치와 함께 회전운동을 할 경우 토치의 회전 운동 오차가 센서의 정확성을 크게 감소시킬 것으로 예상되었다.

3.3 개발된 시각센서의 구성 및 작동원리

Fig.3은 개발된 시각센서의 개념도이다. 두 개의 광원을 사용하였고, 센서 모듈을 토치와 분리시켜 3방향의 운동을 하게 하였다. 이중 용접선을 중심으로 한 회전과 선행거리는 용접물 형상에 따라 미리 고정하여 용접중에는 일정하게 하였고 높이 방향으로로는 용접중 센서의 FOV 이탈을 방지하기 위해 모터로 센서를 움직일 수 있게 하였다. 센서 모듈은 두 개의 다이오드 레이저와 거울, 필터, CCD 카메라, 그리고 카메라 렌즈, 접사링으로 구성되어 있다.

Fig.4는 개발된 시각센서가 4축 용접시스템에 부착된 모습을 보여준다. 센서와 토치 사이의 선행 거리를 최대한 줄인 상태에서 용접부가 이미지 센서 상에서 항상 일정한 위치를 갖도록 높이 방향으로 센서 모듈을 이동시키게 하였다. 또한 올라가는 경사에 대해서는 왼쪽의 레이저를 사용하고 내려가는 경사에 대해서는 오른쪽의 레이저를 사용하여 레이저의 입사각이 항상 최대가 되게 함으로써 용접선 위치정보를 최대한 얻게 하였다.

4. 주사빔을 이용한 시각센서

4.1 개요

주사빔을 사용하는 센서의 경우 구조화된 빛을 사용하는 센서에 비해 주사 메카니즘의 추가로 구조가 복잡하고 크기도 크며 센서의 구동이 복잡하지만, 반면에 집광된 점형태의 빔을 사용하므로 신호대잡음비가 커서 아크광이나 스파터등의 노이즈에 영향을 적게 받아 전처리 과정이 간결하며 모재의 표면 조건에 상대적으로 영향을 적게 받는다. 또한 구조화된 빛을 사용하는 센서의 경우 측정영역과 분해능이 센서의 설계요소들로부터 결정되어 제작 후 변경이 불가능하지만, 주사빔을 이용하는 센서의 경우 설계 요소들로부터 깊이 방향의 측정영역과 분해능이 결정되지만 측면방향의 측정영역과 분해능은 주사각과 주사속도로부터 정해지므로 컴퓨터로 주사메카니즘의 입력신호를 제어하여 측면방향의 분해능과 측정영역을 임의로 변화시켜 줄 수가 있다는 장점이 있다.

4.2 주사빔을 이용한 시각센서의 구조 및 작동 원리

현재 개발중인 주사빔을 이용한 센서는 Fig.5와 같은 구조로 이루어 진다. 보조광은 평행 광화시킨 레이저빔을 측정범위에서 최소의 크기를 갖도록 집광렌즈로 집광시켜서 사용한다. 집광렌즈를 통과한 빔이, 컴퓨터로 제어되는 입력신호로 회전각과 회전속도를 조절해 줄 수 있는 갈바노미터에 부착된 평면거울에 반사되 측정물체에 주사된다. 이 주사빔이 반사되는 높이에 따라 카메라의 영상면에서 상이 맺히는 위치가 달라진다. 이러한 주사빔 상에서의 측정물에서 반사되는 레이저 점의 위치와 영상면에서의 영상좌표사이의 관계는 레이저빔과 카메라 렌즈의 광학축이 이루는 분리각, 카메라 렌즈의 촛점거리, 카메라 렌즈에서 측정부까지의 거리 등의 설계변수들로부터 결정이 되고, 주사기구의 주사각으로부터 주사빔의 방향이 결정이 된다. 결정된 주사빔상에서 측정물로부터 반사된 레이저점의 위치와 주사각으로부터 용접부의 3차원 형상을 추출해낼 수 있다. Fig.6은 주사빔을 이용한 시각센서의 제작을 위한 실험기구로 갈바노미터, 평면거울, 레이저, 카메라 렌즈 그리고 1차원 카메라의 배치를 보여준다.

5. 결론

자동용접을 위한 센서로 광삼각법의 원리를 이용한 시각센서를 적용하여서 용접공정에서 용접선의 위치와 용접부의 형상을 측정할 수가 있었다. 따라서 용접선 추적과 용접부의 형상에 따른 용접변수 제어를 실현할 수 있다.

참고문헌

1. M. ARICAULT & J.P.LALLEMAND : Robotic GMA welding of corrugated ironn sheets benefits from joint tracking technology, Welding Journal, (Dec. 1990), pp.41-45.
2. Hirokazu Nomura, Tadashi Fujioka, Mikito Wakamatsu & Koichi Saito : Automatic welding of the corrugated membrane of an LNG tank, Metal Construction, (July 1982), pp.391-395.
3. 이 철원 : 높이 변화가 있는 직선용접부의 자동용접을 위한 시각센서에 관한 연구, 한국과학기술원 석사학위논문, 1994

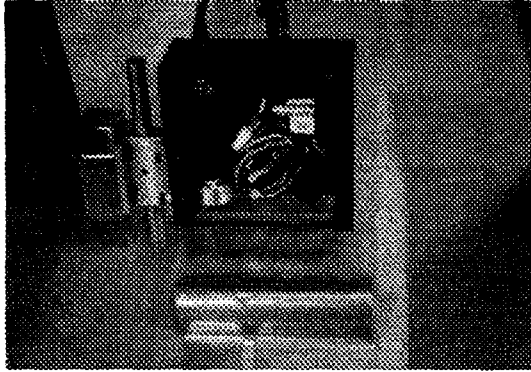


Fig.1 Vision sensor for LNG tank welding

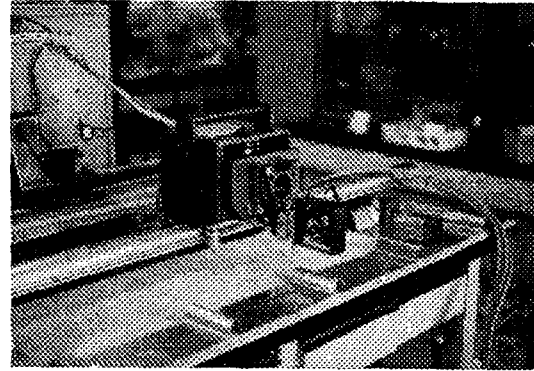


Fig.2 Overall system for LNG tank welding

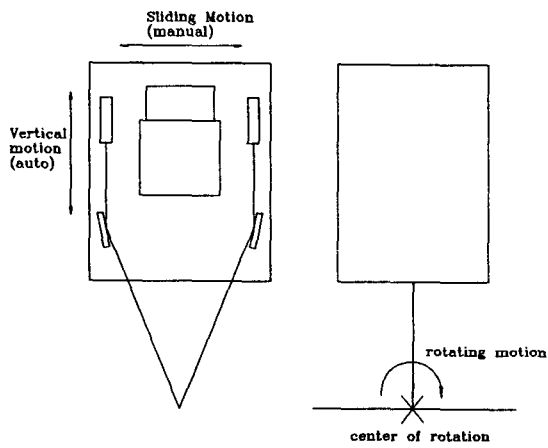


Fig.3 Schematics of vision sensor for fillet welding with height variation

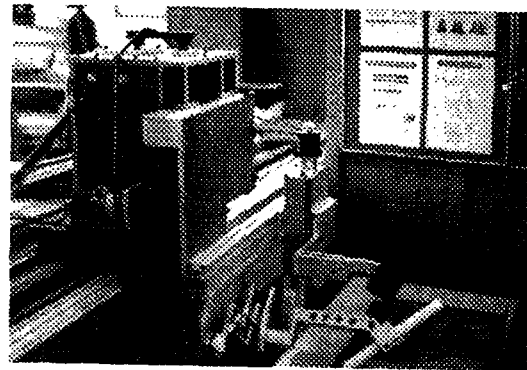


Fig.4 Overall system for fillet welding with height variation

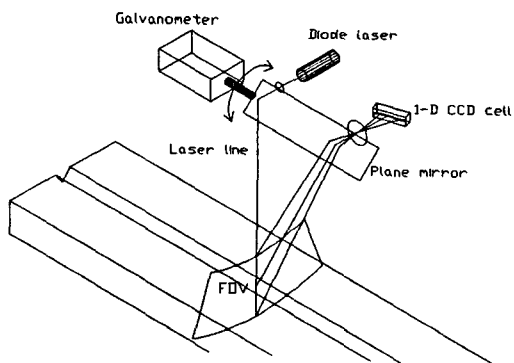


Fig.5 Vision sensor using scanning beam



Fig.6 Configuration of experimental apparatus for vision sensor using scanning beam