

파이프 원주용접을 위한 자동용접시스템 개발에 관한 연구

A study on the development of automatic welding system for pipe welding

강윤희*, 이승기*, 송형진*, 나석주*, 차태인**, 박주용**

* 한국과학기술원 기계공학과, 대전

** 한국해양대학교 해양시스템공학부, 부산

1. 서론

상·하수도관 등 직경이 큰 파이프의 파손사고는 파이프의 결합부위인 용접부에서 주로 발생하기 때문에 용접시공에 세심한 주의가 필요하다. 또한 상·하수도관은 주로 도로를 따라 지하에 매설되기 때문에 교통문제 등으로 긴급한 설치가 요구되고, 주로 지하에서 작업이 이루어지고 작업시 용접 스파터나 매연 등으로 작업환경이 무척 열악하여 용접기사들이 기피하는 작업으로 인건비와 인력의 부족문제가 심화되고 있다. 따라서, 현재 수동용접으로 이루어지는 상·하수관 결합 용접공정의 자동화가 절실히 요구된다. 이 공정이 센서와 전용기에 의해 자동화되면, 용접부의 품질이 작업자의 숙련도와 작업태도에 따라 변화하는 수동용접과 달리 용접부의 품질을 항상 일정한 수준에서 유지할 수 있고 작업시간과 작업단가 등을 낮추어 생산성을 향상시킬 수 있다¹⁾.

본 연구의 목적은 파이프 원주용접을 위한 자동용접시스템을 개발하는 것으로 이를 위해 가이드 레일(guide rail)을 이용하여 파이프 원주방향으로 이송하는 용접토치의 이송 시스템, 용접부의 간극의 위치와 크기를 인식하며 용접후의 용접부 품질을 실시간으로 평가하는 센서 시스템, 용접위치와 간극의 크기에 따라 용접전원의 용접변수를 자동으로 설정해주는 데 필요한 인터페이스 기술등을 개발하였으며, 각각의 시스템을 실시간으로 통합 운영하는 소프트웨어를 개발하였다.

2. 파이프 용접시스템의 개발

파이프 원주용접 시스템의 전체 개략도는 Fig.1과 같다. 센서는 두개의 시각센서 즉, 용접부 앞쪽에 장착된 시각센서와 용접부 뒤쪽에 장착된 후행 시각센서로 구성되어 있다. 선행 시각센서로부터 용접부의 형상, 용접선의 위치, 간극의 크기등과 같은 용접부의 정보를 받고, 이에 따라 용접변수 조절 및 용접선 추적에 위한 모터 제어 신호를 용접전원과 구동부로 보내어 실시간 용접선 추적과 용접변수 제어가 가능

하도록 하였다. 용접후의 용접부 품질평가는 후행 시각센서로 수행하였다. 대상 용접부는 벨 엔드 용접으로 이루어지는 대형 강관의 접합부이다.

2.1 자동이송장치

원주 용접시 필요한 구동축은 원주방향 즉, 용접선 방향으로 1축, 용접선의 수직방향으로 용접토치의 위빙 및 용접선 추적을 위한 2축 등 모두 3축으로 구성된다. 용접속도의 범위는 1~10mm/s, 위빙주파수는 0.1~2Hz, 위빙폭은 최대 5mm, 각축의 위치 정밀도(분해능)는 100 μ m 이하가 되도록 결정하고, 모터에 인가되는 하중은 20kg으로 예상하여 모터의 용량, 감속기, 볼스크류등을 선정하였다. 이송장치의 설계도 및 제작된 이송장치의 사진을 Fig.2에 나타내었다.

2.2 시각센서

본 연구에 사용된 시각센서는 레이저 다이오드를 보조광으로 사용하고 광삼각법의 원리를 이용하는 방식으로 용접공정에 가장 많이 연구되어지고 있다. 시각센서 설계시 필요한 설계변수로는 CCD 소자의 개수(N_v , N_H)와 크기(V , H), 렌즈의 초점거리(f), 레이저 다이오드와 카메라의 분리각(θ)과 렌즈에서 측정부까지의 거리(B)등이 있다²⁾. 이를 바탕으로 설계된 설계변수들은 Table 1과 같다. Figure 3은 실제 제작된 시각센서의 사진을 나타낸 것이다. 제작된 시각센서를 이용하여 용접선 위치 및 간극의 크기를 측정하는 영상처리 알고리즘을 프로그래밍하였다. 영상처리는 먼저 세선화(thinning)을 통하여 레이저 다이오드 띠의 위치를 추출한 뒤 두 개의 직선 방정식의 교점을 용접선의 위치로 인식하고 직선이 끝나는 부분을 검출하여 간극의 크기를 측정하였다. Figure 4는 선행 시각센서로부터 영상정보를 받아 용접선의 위치정보와 간극의 크기를 측정하는 프로그램을 보여주고 있다. 간극이 2.45mm인 경우의 용접부에 대한 용접선의 3차원 정보와 간극을 측정 한 결과를 나타내고 있다. Figure 5는 후행 시각센서로부터 영상정보를 받아 2차원 영상을 3차원 좌표로

변환하여 특징점을 추출한후 각장면적을 계산하고 용접결함을 검출한 결과를 나타낸 것이다.

2.3 용접전원의 PC인터페이스

자동이송장치의 구동 시작과 끝을 용접전원의 ON/ OFF와 정확히 일치시키고, 용접전류 및 전압을 측정하여 용접부의 간극크기와 용접위치에 따라 그 상황에 맞는 용접전류 및 전압을 실시간으로 인가하기 위해서는 용접전원과 PC와의 인터페이스가 필요하다. 따라서 상용 용접전원의 회로를 분석하여 필요한 인터페이스 회로를 제작하였으며, 용접전원 제어를 위한 프로그램을 작성하였다. 용접전원의 고전압/고전류가 센서를 통하여 PC로 전달될 수 있기 때문에 PC 를 안전하게 보호하기 위해서 Isolation board를 제작하여 PC와 용접전원을 전기적으로 분리시켰다.

2.4 간극의 크기와 위치에 따른 용접변수 선정

관 용접의 경우는 위치에 따라 간극이 달라지고 용접자세가 연속적으로 변하는 특징에 의해 원주 전체에 걸쳐 일정하고 결함없는 비드를 얻기 위해서는 간극의 크기와 위치에 따른 적절한 용접변수의 선정이 필요하다. 용접변수 선정을 위한 기초실험은 원주 용접부의 형태를 15° 간격으로 구분하여 각 구간마다의 용접부의 자세를 포지셔너를 이용하여 구현하여 로봇을 이용하여 수행되었다.

2.5 통합운영 소프트웨어

자동 이송장치, 시각센서, 용접전원을 통합하여 관리하는 통합 소프트웨어를 개발하였다. Figure 6 은 통합 소프트웨어를 나타낸 것이다. 시각센서 영상처리부에서는 화면을 3개로 나누어 선행 시각센서에 의한 용접전 용접부의 형상, 후행 시각센서에 의한 용접후 형상, 그리고 용접비드의 연속적인 형상을 나타내었다. 용접 전원 제어부에서는 용접전압/전류, 용접속도, 위빙폭 및 속도등과 같은 용접변수를 설정할 수 있고, 데이터베이스로부터 가져온 간극의 위치와 크기에 따라 변하는 용접변수와 용접중 실제 용접변수들의 측정값을 화면에 표시하여 작업자가 용접상태를 확인할 수 있도록 하였다. 구동부 위치제어부에서는 용접전 용접토치의 위치 선정시

필요한 기능들이 포함되어 있고 용접토치의 위치와 용접선의 위치를 화면에 표시하도록 하였다.

3. 용접실험

개발된 자동용접시스템으로 직경 1m 강관에 대한 원주 용접을 수행하였다. Figure 7은 용접위치 수직 각 45~90°, 135~180°에서의 실험결과를 나타낸 것이다. 간극의 크기와 위치에 따른 용접변수의 실시간 조절에 의해 간극의 크기와 위치에 상관없이 균일한 용접비드를 얻을 수 있었다.

4. 결론

상·하수도관의 자동용접에 필요한 전용 용접토치 이송장치와 간극의 위치 및 크기를 추출해내는 시각센서를 개발하였고, 추출된 간극의 크기에 따라 용접전원의 용접변수를 설정하고 간극의 위치에 따라 용접토치를 이송하는데 필요한 인터페이스를 개발하였다. 또한, 용접후 용접비드를 시각센서로 측정하여 용접선 추적을 검증하고 용접품질을 모니터링 하는 알고리즘과 본 자동용접시스템을 통합 관리하는 소프트웨어를 개발하였다.

국내에는 파이프 용접의 자동화를 위한 연구가 매우 미비한 실정이므로 본 연구를 바탕으로 실용화가 이루어진다면 상· 하수도관의 용접자동화외에도 유사공정의 접합에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설기술 연구원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업으로 수행되었으며, 이에 연구비 지원을 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 나석주, 상수도 강관 파이프 용접공정의 자동화, 대한용접학회지, Vol.9, No.3, Sep., 1991, p.1~9
- [2] 이승기, 시각센서를 이용한 벨로우즈 생산용 레이저 용접 시스템, 한국과학기술원 석사학위논문, 1998

Table 1 Geometric parameters of designed vision sensor

parameters	f(mm)	B(mm)	θ(degree)	V(mm)	H(mm)	N _v (pixel)	N _{ll} (pixel)
value	15	100	20	4.89	6.54	494	768

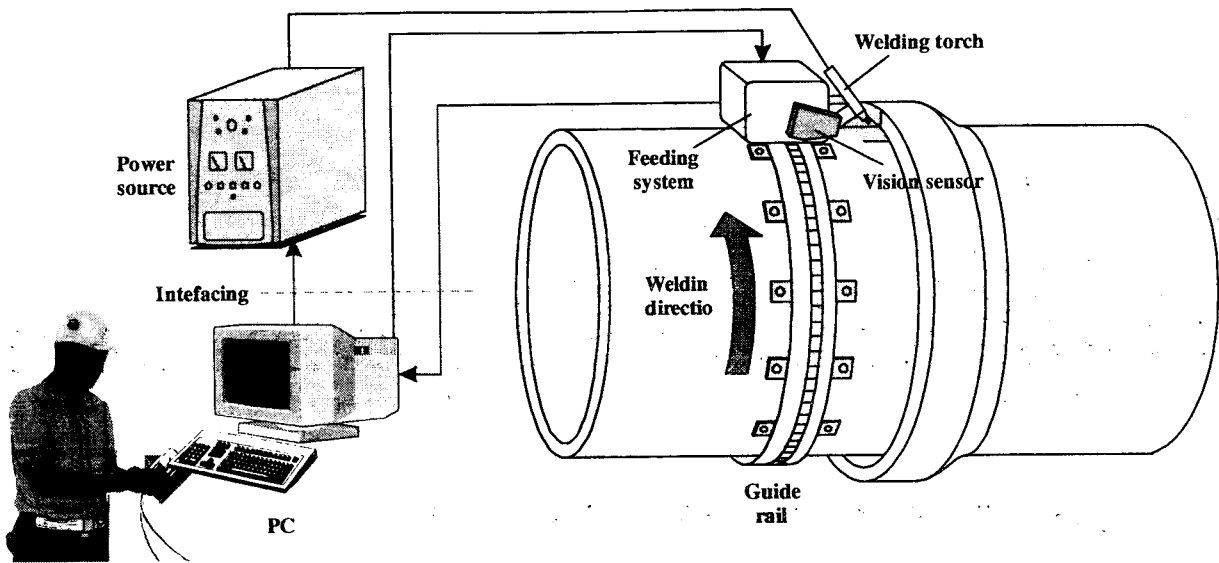


Fig.1 Automatic welding system for pipe welding

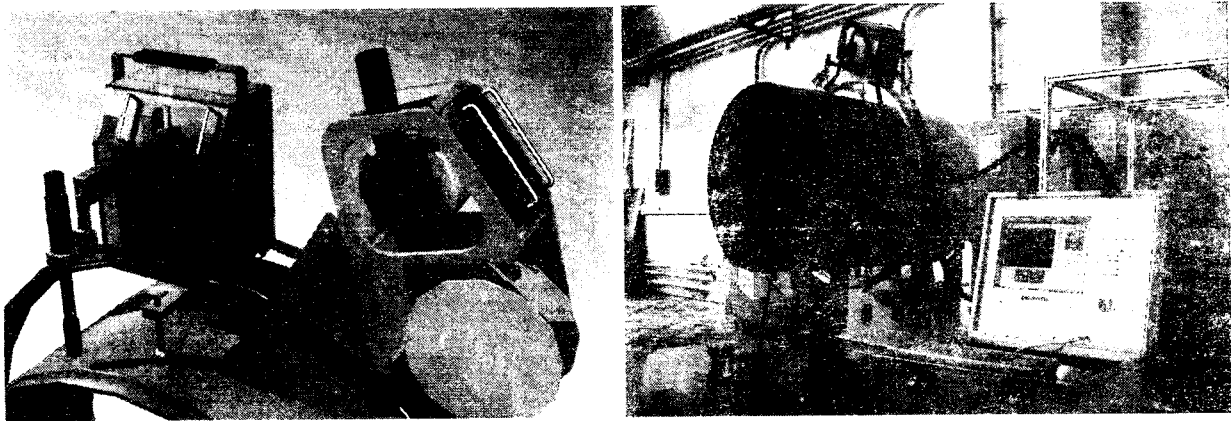


Fig.2 Welding carriage

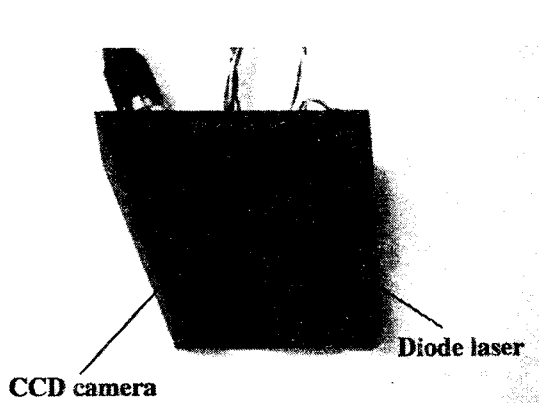


Fig.3 Vision sensor

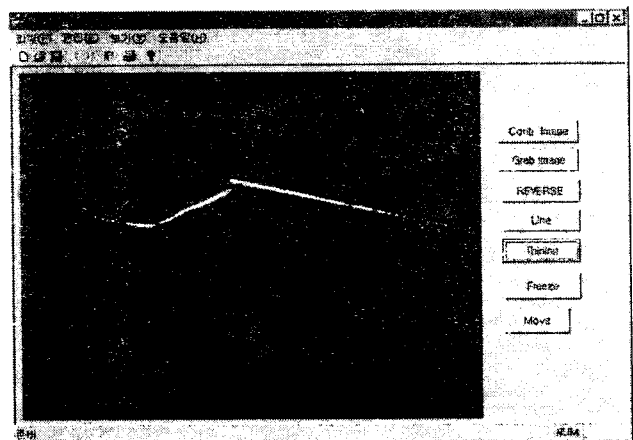
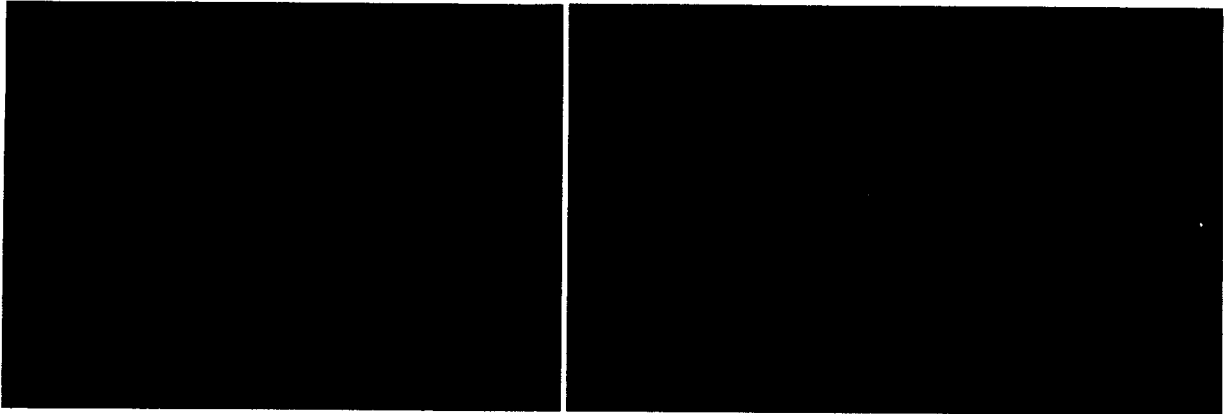


Fig.4 Image processing for measuring seam position and gap size



(a) Excessive convexity

(b) Excessive asymmetry

Fig.5 Image processing for detecting weld defect

Fig.6 Window-based integration software for control of automatic pipe welding

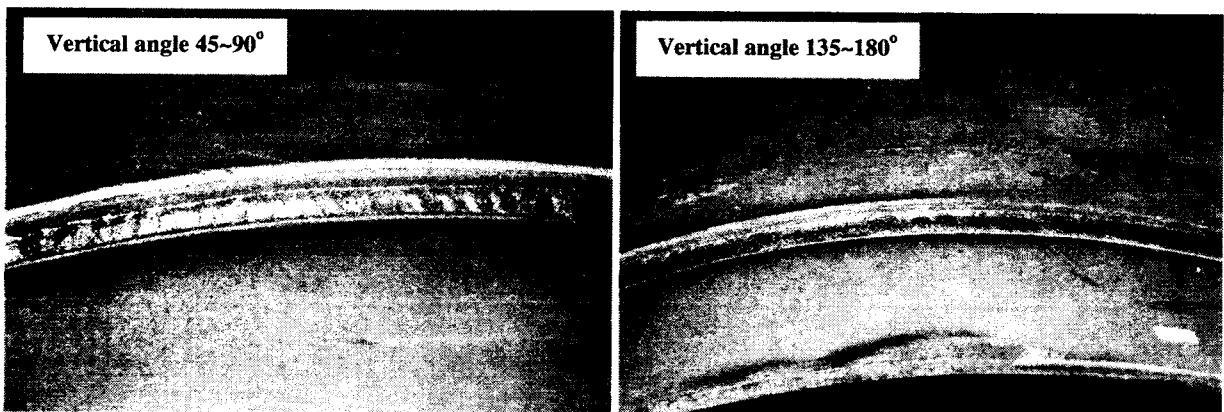


Fig.7 Experiment results