

적외선 센서를 이용한 용접선 추적 및 용접품질 모니터링에 관한 연구

김일수, 손준식, 김학형, 서주환* (기계선박해양공학부, 목포대학교), 김인주 (한국생산기술연구원)

A Study on the Seam tracking and Control of the Welding Quality Using a Infrared sensor

I. S. Kim, J. S. Son, H. H. Kim, J. H. Seo, I. J. Kim

ABSTRACT

In this paper, the possibilities of the Infra-red sensor in sensing and control of the bead geometry in the automated welding process are presented. Infra-red sensor is a well-known method to deal with the problems with a high degree of fuzziness so that the sensor is employed to build the relationship between process variables and the quality characteristic the proposed above respectively. Based on several neural networks, the mathematical models are derived from extensive experiments with different welding parameters and complex geometrical features. The developed system enables to select the optimal welding parameters and control the desired weld dimensions during arc welding process.

Key Words : IR Sensor(적외선 센서), Arc Welding(아크용접), Bead Geometry(비드형상), Welding Quality(용접품질)

1. 서론

최근에 산업발달과 더불어, 용접이 차지하고 있는 비중은 점점 증가하고 있으며, 모든 작업공정에서 용접은 핵심적인 공정으로 자리하고 있다. 가장 많이 사용되는 용접방법중의 하나인 GMA(Gas Metal Arc) 용접은 기계, 금속, 전기, 전자, 화학분야가 복합적으로 상호작용하고 있는 관계로 용접공정을 이론적으로 해석하는데는 한계가 있을 뿐 만 아니라, 변형 및 잔류응력에 의한 결함의 발생으로 용접작업시 상당한 주의가 요구된다. 특히, 작업시 수반되는 아크빛(arc light), 스파터(spatter), 매연, 소음 등으로 인해 작업환경이 열악하여 자동화가 절실하게 요구되는 분야중의 하나이다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 광범위한 용접자동화에 관한 연구가 수행중이며, 특히 최근에는 공정변수와 비드크기와의 상관관계를 조사하여 용접 중 발생하는 여러 외란의 영향을 실시간 보상 및 최적의 공정변수 예측을 위한 많은 연구가 수행되고 있다.

본 연구에서는, 적외선 센서를 이용한 자동 로봇 CO₂ 용접에서 용접선 추적 및 중요한 공정변수인 비드형상을 모니터링하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 이러한 연구목적을 달성하기 위하여, 공정변수의 최적화를 위한 지표로서 용접품질 모니터링 알고리즘 개발을 위한 실험은 5개의 다른 공정변수(CTWD, 가스 유출량, 용접속도, 아크전류, 용접전압)를 이용하여 공정변수와 등온선 분포 그리고 비드폭의 관계를 확인하고 이를 기초로 하여 알고리즘을 개발하기 위해 적외선 카메라가 설치된 상태

에서 설정된 용접선을 따라 용접을 실시하였다.

2. 용접선 추적

첫 번째 실험인 용접선 추적 실험은 용접시편에 상대변위를 주어 용접을 하였을 때 적외선 카메라가 용접선을 추적하는지 알아보기 위하여 6축 로봇을 이용하여 설정된 용접선 위치를 기준으로 0mm, 5mm, 10mm의 편차를 주어 bead-on-plate 용접을 수행하였으며, 용접선 추적을 용이하게 하기 위해 ThermoCAM Researcher 2001 프로그램을 사용하여 용접선 추적에 필요한 각 파라미터의 수정이 용이하도록 하고, 실제 용접에서 용접선 추적이 이루어지는 동안에 실시간으로 각 파라미터와 프로파일 등을 모니터링 할 수 있도록 하였으며, 데이터를 저장하여 MATLAB 프로그램을 이용하여 분석할 수 있도록 하였다. Fig. 1은 MATLAB 프로그램을 이용하여 용접선 추적 결과를 나타내었다.

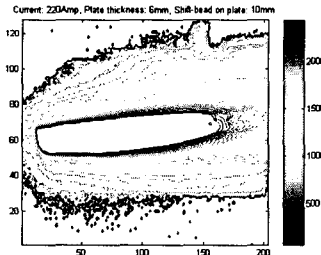


Fig. 1 Thermal distribution at 10mm gradient

3. 비드폭 및 등온선 반경 예측모델 개발

임의의 비드크기에 최적의 용접조건(CTWD, 아크전압, 용접전류, 용접속도) 선정을 위한 수학적 모델 선정은 공정변수들과 비드폭 또는 등온선 반경을 각각 조합함으로써 달성할 수 있다. 4개의 입력 변수를 가지고 응답변수(Y)는 2개의 출력변수의 크기를 나타내는 변화함수로서 다음과 같이 나타낸다.

$$Y = f(C, I, V, S) \quad (1)$$

실험결과를 이용하여 실험범위 내에 선형관계로 가정하고, 곡선방정식을 도입하였으며 다음과 같이 나타냈다.

$$Y = k_1 \cdot C^{a_1} \cdot I^{a_2} \cdot V^{a_3} \cdot S^{a_4} \quad (2)$$

실험결과를 이용하여 비드폭을 예측하고, 공정변수들과 비드폭 사이의 상호관계를 조사하기 위하여 직선방정식과 곡선방정식을 실험결과로부터 다중회귀분석(multiple regression analysis) 방법을 이용하여 개발하였다.

$$W = 10^{-0.158} \cdot C^{-0.197} \cdot I^{0.372} \cdot S^{-0.300} \cdot V^{0.346} \quad (3)$$

$$I_R = 10^{0.628} \cdot C^{-0.486} \cdot I^{0.462} \cdot S^{-0.422} \cdot V^{0.320} \quad (4)$$

4. 용접품질 모니터링 알고리즘 개발

위의 결과를 기초로 하여 비드폭과 등온선 반경이 공정변수의 변화에 대하여 같은 경향을 보이는 것을 알았으며, 또한 비드폭과 등온선 반경을 제어하기 위해서는 용접전류와 용접속도를 조정하는 것이 가장 바람직하는 사실을 확인하였다. 이러한 사실을 기초로 하여 다른 변수는 고정된 상태에서 용접전류와 용접속도를 변경하면서 등온선 반경을 통하여 얼마나 정확하게 비드폭을 모니터링 할 수 있는지 알아보았다.

Fig. 2는 용접전류의 증가에 따른 등온선 반경의 관계를 나타낸 것으로 용접전류의 증가에 따라 비드폭과 동일하게 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있으며, CTWD에 대하여서도 동일한 경향을 보였다. 이러한 결과를 기초로 하여 비드폭과 등온선 반경의 관계를 나타낸 결과를 Fig. 3에 나타내었다. CTWD의 증가에 따라 비드폭과 등온선 반경은 감소하지만, 비드폭과 등온선 반경이 선형적으로 분포하고 있는 것을 명확하게 보여주고 있다.

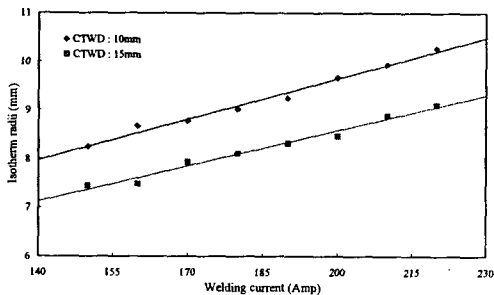


Fig. 2 Comparison between welding current and isotherm radii

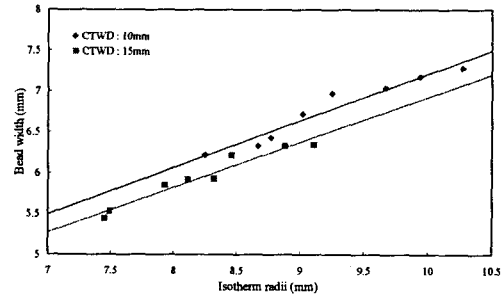


Fig. 3 Comparison between isotherm radii and bead width according to an increase in welding current

4. 결론

본 연구에서는, 로봇 CO₂ 자동 용접공정에 적외선 센서를 이용하여 용접선 추적 및 공정변수와 비드폭 및 등온선 반경의 비교-분석을 통하여 용접품질을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

1. 기울기 변화(0mm, 5mm, 10mm)에 따른 용접부의 온도분포에 대한 비교-분석을 통하여 적외선 카메라를 이용한 용접부의 온도분포를 파악한다면 용접 중 용접선 추적을 실시간으로 모니터링 및 제어가 가능함을 확인할 수 있었다.
2. 용접전류의 증가에 따라 비드폭과 등온선 반경이 선형적으로 증가하는 반면에, 용접속도의 증가에 따라 비드폭과 등온선 반경은 선형적으로 감소하였다. 또한 등온선 반경과 비드폭이 선형적인 관계를 이루고 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과로 용접 중 적외선 센서를 이용하여 등온선 반경을 측정할 수 있어 용접의 품질을 실시간으로 모니터링 할 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. D. A. Dornfeld, M. Tomizuka, "Modeling and adaptive control of arc welding process", Measurement and Control for Batch Manufacturing, ASME, pp53 ~ 64, 1984.
2. A. R. Vroman and H. Brandt, "Feedback control of GTA welding using puddle width measurement", Welding Journal, pp. 742 ~ 749, 1976.