수평필릿용접에서 용접결함을 피하기 위한 용접조건 선정시 퍼지 이론적용에 관한 연구

A Study on Fuzzy Rule-Based Method for Selection of Welding Conditions to Avoid Weld Defects in Horizontal Fillet Welding

문형순*(한국과학기술원 정밀공학과)
나석주(한국과학기술원 정밀공학과)

Ⅰ. 서론

지금까지 작업자들의 기능을 대신하거나 혹은 확장하고자하는 여러 노력들이 용접자동화라는 매개체를 통해서 진행되어왔다. 용접자동화를 위해서 다양한 종류의 센서들이 개발되었거나 개발중에 있으며 이를 크게 나누면 시각센서(vision sensor)와 아크센서(arc sensor)로 구분된다. 일반적으로 시각센서는 카메라에 나타나는 인식정보를 이용해서 용접선 자동추적 및 용접품질제어에 이용되고 있으며[1-3], 아크센서는 용접현상 자체의 특성을 이용하여 용접선 자동추적에 이용되고 있다[4,5]. 하지만 시각센서와 아크센서를 이용한 용접품질제어를 실제로 적용하기 위해서 선정되어야할 용접변수는 이들 변수들사이의 비선형적인 관계때문에 쉽게 결정하기 어렵다. 따라서 용접변수와 용접품질 사이의 관계를 정확하게 결정하기 위해서는 많은 실험을 통해서만이 가능하다.

일반적으로 필릿용접부는 크게 각장(leg length), 용입(penetration), 목두께(throat thickness) 그리고 덧살높이(reinforcement height)로 분류할 수 있으며 용접부에서 발생되는 용접결함은 언더컷(undercut)과 오버랩(overlap)등이 있다. 이를 Fig. 1에 나타내었다. 용접부결함을 유발하는 용접조건들의 상호관계를 정확하게 규명하기 힘들기 때문에 이를 방지하기위한 적절한 용접조건의 선정은 쉽지않다. 이러한 어려움을 극복하기 위해서 본 연구에서는 퍼지 룰베이스(fuzzy rule-based)와 신경회로망을 이용하여 이를 해결하고자 한다. 퍼지 룰베이스는 첫번째로 신경회로망을 통하여 선정된 용접조건들이 용접결함을 유발하는지에 대해서 추론하고 두번째는 용접결함이 발생하였을때 이를 피하기 위한 용접조건들을 재조정하는 부분으로 나누었다.

Ⅱ. 용접조건의 선정

용접아크의 비선형적인 거동과 금속이행에 대한 자세한 정보가 부족하므로 용접공정을 수학적으로 모델링하기 위해서는 많은 가정과 장애의 요소들이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 본 연구에서는 신경회로망을 이용하여 원하는 용접부형상을 얻기위한 용접조건들을 선정하였다.

용접공정은 많은 종류의 용접결함을 포함하고 있으며 특히 수평필릿 용접에서 나타나는 용접결함은 크게 언더컷과 오버랩으로 나눌 수 있다. 이러한 용접부결함은 재가공에 소요되는 시간과 비용 그리고 용접자동화를 위한 연속작업에 있어서 커다란 장애요소로 작용한다. 용접부 결함중 언더컷은 용접전류가 높고 용접속도가 너무 커거나 작은 경우 그리고 토치의 각도가 적절하지 못한 경우에 일어나며 오버랩은 높은 전류와 낮은 용접속도의 경우에 발생한다. 본 연구에서는 용접조건에 따른 용접결함의 경향을 알아보기 위해서 용접조건에 전류, 전압, 용접속도 그리고 오프셋길이(offset distance)를 포함시켰다.

Ⅲ. 퍼지 룰베이스 방법을 이용한 용접부 결함 검사 및 용접조건의 재 선정

수평필릿 용접에서 적절한 용접변수들을 선정하는 작업과 선정된 용접변수들이 용접결함을

유발하는지에 대한 공정은 엄격하게 이야기하면 서로 다른 공정으로 분류할 수 있다. 그러나 용접부 결함은 용접조건들과 이들의 결합에 의해서 나타나는 용접현상과 서로 연관이 되어 있으므로 이들을 각각 독립적인 공정으로 분류하기란 매우 어렵다. 용접부 결함을 유발하지 않는 용접조건 선정과정은 복잡한 비선형성 특성에 의해서 많은 제약 조건을 가진다. 게다가 선정된 용접조건이 용접부 결함을 유발할때 미리 선정된 용접부 형상을 유지하면서 용접부 결함을 유발하지 않는 용접조건을 재선정하기란 매우 어렵다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서 뉴로-퍼지시스템(neuro-fuzzy system)을 사용하였으며 이를 Fig. 2에 나타내었다. 여기서 신경회로망은 원하는 용접부 형상을 얻기위한 용접조건 선정에 사용되었으며 퍼지 룰베이스 방법은 선정된 용접조건이 용접결함을 유발하는지에 대하여 검사하고 만일 용접결함이 발생된다면 이를 방지하기 위한 용접조건 재 선정 작업에 이용하였다. 이때 추론의 결과를 얻기위해서 최대-최소법을 사용하였다[6].

Ⅳ. 실험결과

Fig. 3과 Fig. 4는 수평필릿 용접에서 나타나는 전형적인 용접결함을 나타내며 Fig. 5와 Fig.6는 퍼지 이론을 적용하여 수정된 용접조건에 의해서 나타난 용접부 형상이다. 위의 결과들에 의하면 퍼지 룰베이스 방법을 이용한 용접부 형상의 크기는 약간의 오차를 포함하고 있지만 오차의 크기가 작으므로 무시할 수 있다.

Ⅴ. 결론

본 연구에서는 수평필릿 용접공정에서 원하는 용접부형상을 얻기위한 용접조건 선정작업에 신경회로망을 이용하였으며 이렇게 선정된 용접조건이 언더컷 혹은 오버랩과 같은 용접결함을 유발하는지를 퍼지 이론을 이용해서 검사하였다. 만일 용접결함이 발생할 수 있다면 다시 퍼지 이론을 이용해서 용접결함이 발생하지 않도록 용접조건들을 재조정 해주었다. 제안된 방법의 타당성을 알아보기 위해서 대표적인 용접결함에 대해서 실험적으로 적용하였다. 끝으로 제안된 뉴로-퍼지 시스템이 수평필릿용접에서 원하는 용접부 형상을 유지하면서 용접결함을 유발하지 않는 용접변수 선정에 효과적으로 적용될 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. K. Ohshima : Observation and Control of Weld Pool Phenomena in Arc Welding, Welding International, Vol.4, No.12, (1990), pp. 934-938

2. K. Ohshima, M. Yamamoto, T. Tanii and S. Yamane : Digital Control of Torch Position and Weld Pool in MIG Welding using Image Processing Device, IEEE Transaction on Industry Application, Vol.28, No.3, (1992), pp. 607-612

3. W. F. Clocksin, J.S. E. Bromley, P. G. Davey, A. R. Vidler and C. G. Morgan : An Implementation of Model-Based Visual Feedback for Robot Arc Welding of Thin Sheet Steel, International Journal of Robotics Research, Vol.4, No.1, (1985), pp. 13-26

4. H. Fujimura, E. Ide and H. Inoue : Joint Tracking Control Sensor of GMAW, Transaction of the Japan Welding Society, Vol.18, No.1, (1987), pp. 32-40

5. H. Nomura, Y. Sugitani and Y. Suzuki : Automatic Real-Time Bead Height Control with Arc Sensor in TIG Welding, Transaction of the Japan Welding Society, Vol.18, No.2, (1987), pp.35-42

6. C. C. Lee : Fuzzy Logic in Control System - Fuzzy Logic Controller-Part I, IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics, Vol.20, No.2, (1990), pp. 404-418

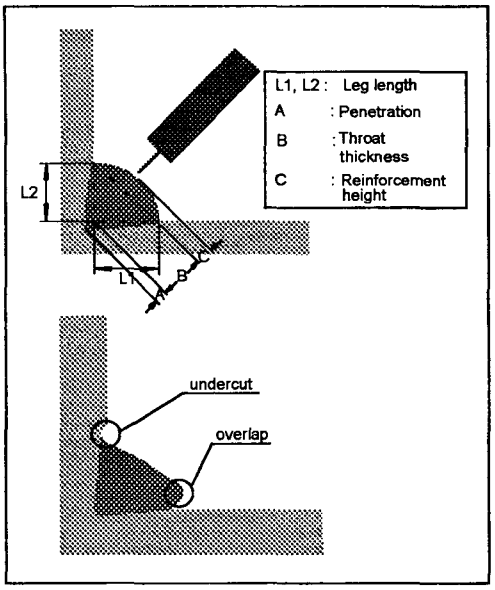

Figure 1. Definition of weld bead shape and weld defect

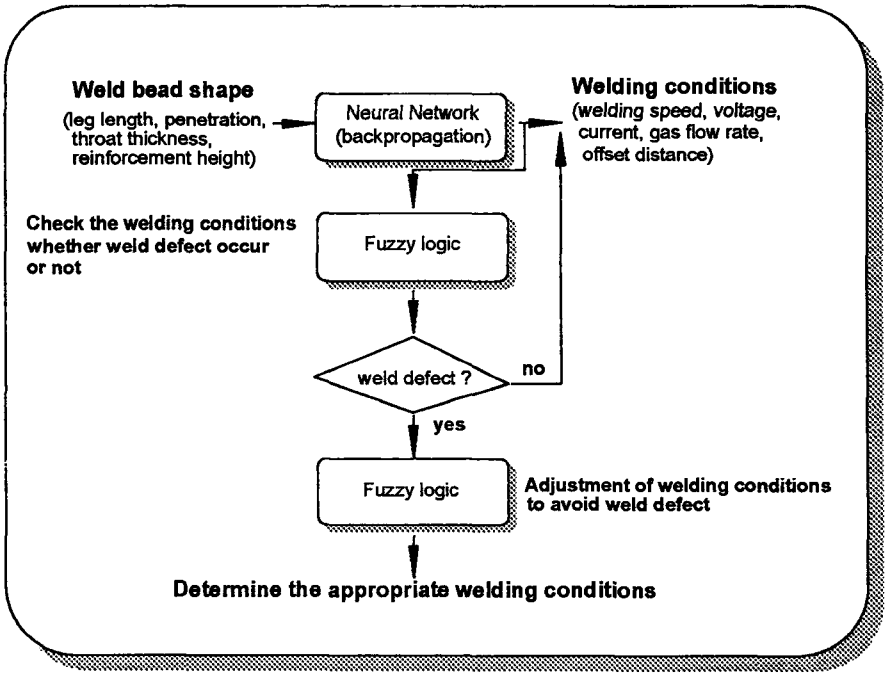

Figure 2. Schematic diagram for determining welding conditions to avoid weld defects

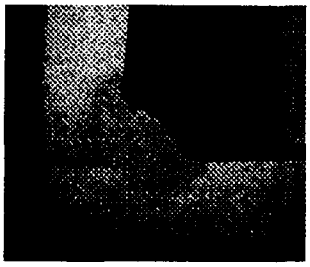

Figure 3. Weld bead with undercut obtained by welding conditions determined from neural network for desired bead shape(welding speed=7.6(mm/sec), arc voltage=25(V), welding current=240(A), gas flow rate=16(l/min), offset distance=0(mm))

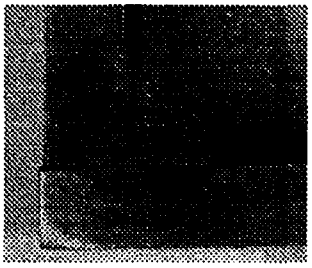

Figure 4. Weld bead with overlap obtained by welding conditions determined from neural network for desired weld bead shape(welding speed=4(mm/sec), arc voltage=29(V), welding current=280(A), gas flow rate=16(l/min), offset distance=0(mm))

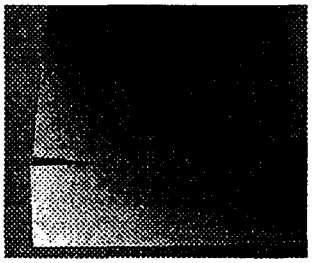

Figure 5. Sound weld obtained by modified welding conditions determined from fuzzy rule-based method(welding speed=5.6(mm/sec), arc voltage=27(V), welding current=235(A), gas flow rate=16(l/min), offset distance=0(mm))

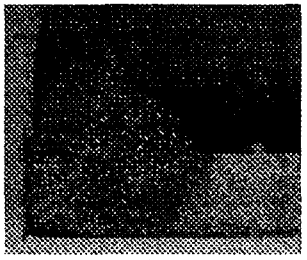

Figure 6. Sound weld bead by modified welding conditions determined from fuzzy rule-based method (welding speed=6(mm/sec), arc voltage=33(V), welding current=285(A), gas flow rate=16(l/min), offset distance=0(mm))