

아크 안정성과 용접 성능 판별을 위한 S/W 개발에 관한 연구

A Study on development of software to determine arc stability and weld performance

나석주*, 문형순*, 강성구*

*)한국과학기술원

1. 서론

최근 들어 컴퓨터의 처리속도 증가, 고속으로 데이터를 측정할 수 있는 장비들의 발달 그리고 다양한 주변기기 및 센서들의 개발로 인해 비선형적인 요소와 복잡한 현상을 동반하는 용접 공정을 해석하고자 하는 움직임이 활발히 진행되어 오고 있다. 이러한 용접 공정 해석을 위한 접근 방법 중에서 우선적으로 결정해야 할 사항으로는 비선형적인 요소와 복잡한 물리현상들을 실제적으로 해석하기 위한 측정 변수의 선정과 이러한 변수를 사용하여 물리적인 현상을 적절히 표현할 수 있는 알고리즘의 개발 등을 들 수 있다. 최근까지의 연구 결과를 바탕으로 해서 측정 변수들의 예를 들면 용접 전류(welding current), 아크전압(arc voltage), 음향신호(acoustic signal), 아크 광(arc light), 그리고 온도(temperature)등이 있다. 용접 공정을 분석하기 위한 알고리즘으로는 확률론적 접근(statistical approach), 다양한 실험치를 이용한 인공지능적 접근(artificial intelligence approach) 그리고 경험치를 바탕으로 인덱스(index)를 선정하여 이를 직접 사용하는 방법 및 인공지능과 결합된 형태를 이용하는 방법 등이 있다. 또한 용접 공정의 특성을 분석하기 위해서는 크게 금속이행모드(metal transfer mode), 아크 안정성(arc stability) 그리고 용접 품질(weld quality)들을 판별할 수 있는 알고리즘의 개발이 필수적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 신뢰성 있는 용접 현상 분석을 위한 알고리즘 및 이를 사용자가 손쉽게 이용할 수 있는 사용자 인터페이스 프로그램과 용접 실험을 통해 얻은 결과에 대해서 개괄적으로 설명하고자 한다.

2. 용접 공정 분석을 위한 알고리즘

용접 현상을 분석하기 위한 측정 변수는 매우 다양하며 따라서 이를 적절히 선정하는 작업도 중요한 문제로 대두된다. 용접 현상을 이해하기 위한 가장 기본적인 측정 변수로는 전류와 전압을 들 수 있다. 음향신호, 금속이행현상 그리고 용접 품질과 관련된 용접 조건들은 전류와 전압의 조합에 의해서 결과적으로 나타나는 물리적인 현상들이며 국내,외 논문 및 자료를 보더라도 측정 변수를 선정하는데 있어 전류와 전압을 위주로 거의 모든 현상을 예측하고 있음을 알 수 있다.

용접 현상은 매우 복잡하고 매 순간마다 동적으로 변하는 특성을 가지고 있으므로 이러한 특성을 상세히 관찰하기 위해서는 고속의 샘플링을 갖는 측정 회로가 요구 된다. 뿐만 아니라 측정된 신호를 적절히 신호처리하여 아크의 안정성, 금속이행모드 그리고 용접 품질 등과 관련된 알고리즘 개발도 필수적으로 요구된다. 이에 대한 연구가 국내외적으로 활발

하게 진행되고 있다. 금속이행모드에서 Adam 등은 전압, 전류 신호를 측정하고 이를 주파수 분석 및 확률론적 파라메타를 통해 단락, 입상용적 및 스프레이 모드를 판별하였다¹⁾. Ogunbiyi 등은 전압, 전류 파형에서 특징이 될 만한 변수를 선정하여 인덱스를 형성하고 이를 이용하여 금속이행모드 및 아크 안정성을 판별하였다²⁾. 아크 안정성에서 Mita 등은 다양한 실험 조건 하에서 경험적으로 안정된 아크의 용접 조건을 선정한 다음 이를 이용해서 아크의 안정성을 결정하기 위한 인덱스를 정의하였다³⁾. Shinoda 등은 단락 모드에서 측정된 전압, 전류 신호를 이용하여 아크 안정성을 판별할 수 있는 인덱스를 제안하였다⁴⁾. Matteson 등은 음향신호와 용접 품질과의 관계를 신경 회로망을 이용해 표현하였다⁵⁾. 용접 품질에서 Reilly 등은 용접부의 불연속점을 인식하기 위한 목적으로 음향신호를 측정하여 이를 신경 회로망에 적용하였다⁶⁾. 본 연구에서는 아크 안정성과 용접 품질을 판별할 수 있는 알고리즘과 이를 바탕으로 용접기의 성능을 평가할 수 있는 전체적인 시스템을 제안하고자 한다. 본 연구에서 구성하고자 하는 H/W 및 S/W의 기본 사양을 Table. 1에 나타내었다. 이를 기반으로 해서 개선된 용접평가장치를 구현할 수 있으리라 사료되며 또한 측정 시스템 및 개발된 알고리즘을 사용자가 손쉽게 접근할 수 있는 사용자 인터페이스 프로그램(user interface program)개발에 관한 연구도 병행하고자 한다. 인터페이스 프로그램에는 우선 용접기의 전류 전압을 선정하는 기능 및 용접 전류 전압을 측정하는 기능이 요구된다. 용접 공정을 면밀히 분석하기 위해서는 금속이행모드, 아크 안정성 그리고 용접 품질을 판별할 수 있는 알고리즘이 추가적으로 요구된다. 용접 현상 분석을 위한 시스템 전체적인 구성도를 Fig. 1에 나타내었다

3. 인터페이스 프로그램

본 연구에서 현재까지 개발된 인터페이스 프로그램은 전류 전압의 오실로그램, 히스토그램 및 확률 통계 데이터를 얻는 기능을 가지고 있다. 오실로그램으로는 전류와 전압의 파형을 한 화면에 따로 표시하는 기능, 부분 확대 기능, 단락 모드에서 반복성을 알아보기 위한 전류-전압 선도 표시 기능, 전류-전압 겹쳐서 표시하는 기능이 있다. 히스토그램으로는 여러 개의 데이터의 평균, 표준편차 동시 표현 기능이 있다. 확률 통계 데이터를 얻는 기능은 확률밀도함수(probability density distribution) 기능과 평균 표준편차 표시 기능이 있다. Fig. 2는 기능 중 일부를 나타내고 있다.

4. 아크안정성 관련 실험

용접 이행 모드중 단락 모드는 매우 복잡한 물리적 현상을 수반하며 따라서 변화하는 용접 전류, 전압 신호를 전체적으로 분석하는데는 많은 난점이 있다. 따라서 본 연구에서는 변화하는 신호의 부분적인 특성을 이용하여 단락의 안정성을 판별하고자 하며, 이를 위해서 아크 안정성과 밀접한 관련이 있는 스패터양과 용접 신호와의 관계를 통계적으로 분석하였다. 실험은 150A, 180A 두 전류에 대해서 19-24V 사이 전압의 조합으로 한 조건에 대해서 10 번씩 실험을 했다. 용접 가스는 20l/min Ar 80% + CO₂ 20%이고 용접 토치의 속도는

6mm/sec 이다. 비드 길이(bead length)는 310mm, 측정 주파수(sampling frequency)는 7kHz 이다. 용접봉은 1.2mm 솔리드와이어(solid wire)이다. 실험을 통해서 5 개의 파라메타가 스패터의 양과 관계가 있음을 알 수 있었다. 피크 전류(peak current), 아크 시간(arcing time), 단락 모드 시작 시의 기울기(current slope at start of short circuit), 단락 모드 시작 시의 전류(current at start of short circuit), 아크 시작 시의 기울기(current slope at start of arcing)가 스패터의 양에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었으며, 이를 통해 스패터의 양이 파라메타들의 조합으로 표시가 가능하다는 것을 나타낸다.

5. 결론

용접 공정은 매우 복잡하고 비선형적인 요소를 많이 포함 하고 있기 때문에 용접 현상을 심도 있게 관찰하기 위해서는 다양한 각도에서의 접근 방법이 필요하다. 예를 들면 용접 전류, 아크전압 그리고 음향신호 들을 들 수 있으며 이와 관련된 연구도 활발히 진행되어 오고 있다. 하지만 지금까지 제안된 알고리즘을 통일시킬 만한 접근 방법은 아직 이루어지 지 못하고 있는 실정이며 이로 인해 사용하는 용접 조건이나 용접기 혹은 사용자 따라 용 접공정분석을 위한 알고리즘은 조금씩 다른 특성을 나타낼 수 밖에 없다. 따라서 용접 현 상을 분석하고자 할 때 부분적이거나 기준으로 제시될 수 있는 즉 통일성이 있는 알고리즘 개발을 위한 제안들이 요구된다.

끝으로 지금까지의 연구 결과를 토대로 여러 가지 파라메타를 종합적으로 고려하여 즉 단 락 모드 시작 시 전류 기울기, 단락 모드의 피크 전류, 단락 모드에서의 아크 발생 시간, 단락 모드 시작 시 전류의 크기, 단락 모드에서의 스패터의 양, PDD(statistics analysis), 초기 아크 발생시의 용접 신호, 전류-전압 선도의 면적 표준편차 등의 파라메타들을 신경 회로망 (neural network), 실험에 의한 인덱스(index based on experiments) 그리고 휴리스틱 알고리즘 (heuristic algorithm)등을 통해서 금속이행모드(metal transfer mode), 아크 안정성(arc stability), 용 접 품질(weld quality) 및 용접기의 성능을 평가할 수 있는 알고리즘과 용접 공정 상태를 사 용자가 쉽게 이해할 수 있는 시스템 구축 등에 대한 지속적인 연구가 요구된다.

6. 참고문헌

1. G. Adam and T. Siewert : Sensing of GMAW droplet transfer modes using ER100S-1 electrode, Welding Journal, Vol. 69, No. 3, (1990), pp103s-108s
2. B. Ogunbiyi and J. Norrish : GMAW metal transfer and arc stability assessment using monitoring indeces, Computer Technology in Welding, Six International Conference, Lanaken, Belgium, 9-12 June, (1996), paper 11
3. T. Mita, A. Sakabe and T. Yokoo : Quantitative estimate of arc stability for CO₂ gas shielded arc welding, Welding International, No.2, (1988), pp.152-159
4. T. Shinoda and H. Nishikawa : Monitoring and Signal Processing of Short Circuiting Metal Transfer of Metal Active Gas Welding Process, Proceedings of the Int. Conf. on the Joining of Materials, May 31 -

June 2, (1995), pp.558-565

5. A. Matteson, R. Morris and R. Tate : Realtime GMAW quality classification using an artificial neural network with airborne acoustic signal as inputs, Int. Conf. on Computerization of Welding Information IV, November 3-6, Orlando, Florida, (1992), pp. 189-197

6. R. Reilly, X. Xu and J. E. Jones : Neural network application to acoustic emission signal processing, Proceedings of the Int. Conf. on the Joining og Materials, May 31- June 2, (1995), pp. 146-160

Table. 1 Proposed system for analyzing welding phenomena

measuring parameters	▶ welding current(I), arc voltage(V)
measuring method	▶ μ -processor unit ▶ sampling rate : up to 300kHz
data processing methods	▶ I-V line diagram ▶ Statistics ▶ Frequency analysis ▶ Oscillogram, Histogram
purpose of proposed system	▶ arc stability ▶ metal transfer mode ▶ weld quality ▶ welding power source performance ▶ signal processing method for sensor

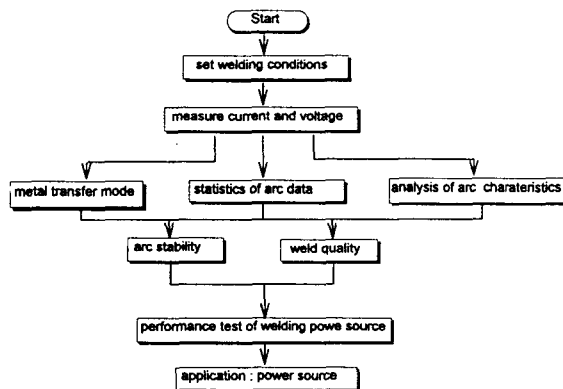


Fig. 1Flow chart of weld monitoring

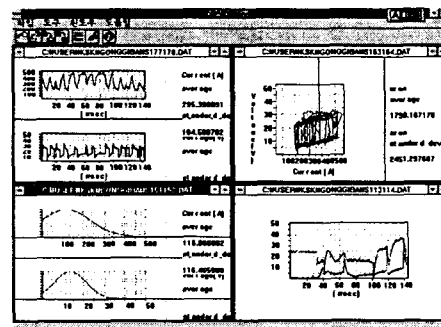


Fig. 2 Example of user interface program by using windows