

용접현상의 모니터링 기술과 그 장치의 개발

○趙 相明(부산공업대학교 생산가공공학과)
최 순만(한국해기연수원 교수부)
윤 한조(한국웰드몰드 전자사업부)

1. 서 언

전력전자공학과 마이컴 제어 분야의 급속한 발달에 힘입어 아크 용접기 분야에서는 혁신적인 기술개발이 되어 신제품의 형태로 속속 세계시장에 출품되고 있다. 이러한 신제품 개발을 위해서는 아크 용접 현상의 관찰과 비교.분석이 필수적이며, 이를 위해서는 고속 카메라와 오실로스코프가 주로 활용되어 왔다.

그러나 최근에는 용접 전류와 전압 파형에 관한 방대한 정보의 획득과 저장 및 비교.평가가 요구되고 있으며, 이러한 과정을 통하여 고신뢰성을 가진 고급의 용접기가 개발되고 있는 것이다. 따라서 일부의 선진 제조자나, 연구기관에서는 전자 오실로스코프를 활용하거나 주문제작한 데이터 획득장치를 활용하고 있다. 그러나 간단하고 유효하게 사용할 수 있는 용접전용 전류.전압 모니터링 시스템을 개발하고 생산하여 국내에서 손쉽게 유효하게 활용할 수 있는 분위기가 형성되어야만 관련 분야가 획기적으로 발전할 수 있는 기틀이 마련될 것으로 보인다.

따라서 본 연구는 용접시의 여러 현상중에서 용융금속의 이행현상과 가장 깊은 관계가 있는 용접전류와 전압의 변화를 연속적으로 측정하여 그 데이터를 저장, 관찰 및 분석하는 기술을 확립하는 데에 그 목적을 둔다.

용접 전류와 전압 신호는 모두 적절한 크기의 전압으로 변환시켜서 A/D컨버터를 거친 후 컴퓨터에 입력하여 저장하게 된다. 저장한 신호 파일을 적절한 파형 그림으로 모니터에 표현하여 관찰하고 비교.분석함으로써 아크 개시 특성, 용융금속의 이행현상, 아크 안정성 및 용접기의 성능 평가 등을 실시하였다.

2. 용접 전류.전압 모니터링 시스템

2.1 하드웨어의 개요

최근, PC와 각종 프로세서 및 A/D 컨버터의 개발과 대량 생산 및 응용 소프트웨어 개발의 일반화로 계측분야의 디지털화와 신호 처리 기술이 현저히 발전하게 되었다. 여기에 바탕을 둔 데이터 획득 기술도 획기적인 발전을 거듭하고 있으며, 이들의 응용분야도 확대 일로에 있는 것으로 보인다.

본 연구에서는 이와 같이 이룩되어온 첨단 기술의 데이터를 아크 용접 분야에 적용하여 새로운 개념의 용접 전류.전압 모니터링 시스템을 개발할 수 있게 되었다.

개발한 모니터링 시스템은 486 DX2 프로세서를 이용한 PC(RAM 4MB이상, HDD 500MB이상)의 DOS(Ver. 6.0이상)상에서 기본적으로 작동할 수 있도록 하였으며, 데스크 탑형과 노트북형 및 장치와의 일체형 모두를 구성할 수 있도록 계획하여 개발하였다.

용접 전류 트랜듀서의 출력으로 나오는 전압신호 및 전압 트랜듀서의 출력으로 나오는 저전압의 아날로그 신호는 A/D 컨버터(Analog/Digital Converter)로 보낸다. A/D 컨버터에서 디지털 신호로 변환된 전류 및 전압 신호는 컴퓨터로 보내져서 CPU에 의하여 처리되어 샘플링 시간과 함께 최종적으로는 보조기억장치인 하드 디스크에 저장된다. 이와 같이 저장된 신호 파일을 다시 불러들여 화면에 파형의 형태로 나타내어 관찰.분석하게 된다. 이 때 디지털 신호를 처리하고 저장하며, 화면에 표시하고 적당히 파형을 확대하기 위하여 사용한 응용 소프트웨어는 C언어로 작성하였다.

아크 용접 전류는 용접 방법에 따라 작게는 수A에서 크게는 1500A까지 상당히 폭넓게 변한다. 설정 전류가 200A정도인 CO₂용접의 경우, 용융금속의 단락시는 전류가 급격히 증가하여 300~500A로 되었다가 다시 아크가 발생하면 감소하여 200A이하로 까지 감소하게 된다.

아크 용접시의 설정 전압은 용접방법에 따라 10V에서 50V정도로 그다지 크게 변하지 않지만, 아크가 개시되는 순간에는 무부하 전압이 50-80V정도로 걸리게 되며, 용접도중 단락이 일어나면 "0"V로 되었다가 다시 아크가 발생하면 20-50V로 전압이 증가한다.

이상과 같은 용접 전류, 전압 변화 특성을 고려하여, 트랜듀서의 용량과 출력 전압을 다음과 같이 결정하였다.

1) 전류 트랜듀서

용량 : 600-1500A (AC/DC 겸용)

출력 : $\pm 2.5V$, $\pm 5.0V$, $\pm 10V$

2) 전압 트랜듀서

용량 : 80V (AC/DC 겸용)

출력 : $\pm 2.5V$, $\pm 5.0V$, $\pm 10V$

용접 전류 및 전압 트랜듀서에서 출력되는 전압신호는 아날로그 신호로 되어 있기 때문에 이것을 A/D 컨버터에 의하여 디지털 신호로 변환하여 컴퓨터에 입력하게 된다. 본 연구에서는 A/D 컨버터에 입력되는 전압 즉 트랜듀서 출력전압이 $\pm 5V$ 가 되도록 트랜듀서의 사양을 결정하였다.

A/D 컨버터의 입력 채널수는 16채널이었고, 해상도(Resolution)는 12bits인 것을 사용하였다. 샘플링 속도(Sampling rate)는 30kHz이었다. 본 연구에서는 하나의 모니터링 시스템으로 한대의 용접기를 모니터링하는 것을 기본 설계의 개념으로 하였기 때문에 전류와 전압의 각 채널당 샘플링 속도는 대략 10,000Hz정도까지는 실현시킬 수가 있다. 용접 전류와 전압이 격렬하게 변한다고 하여도 통상 샘플링 속도가 5,000Hz정도이면 만족할 만한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 용접 전류와 전압 각각의 샘플링 속도는 10,000Hz로 하였다.

2.2 응용 소프트웨어의 구성

1) 측정준비 모듈

이 모듈에 의해서는 용접 전류와 전압의 영점조정, 게인등을 조정하게 되며, 샘플링 속도의 설정과 총 샘플링 시간(sec)을 설정하도록 하였다.

2) I/O 모듈

여기서는 파일명의 설정과 입, 출력을 지정하게 되며, 대량 생산라인에서 연속으로 데이터 획득을 행할 때는 자동으로 파일명이 바뀌면서 9999개까지의 파일을 저장할 수 있도록 하였다. 또한 동시에 두개의 파일을 불러와서 하나의 윈도우에 표시할 수 있도록 함으로써 파형의 비교, 분석이 용이하도록 시도하였다.

3) 측정 실행 모듈

이 획득 모듈에서는 한번측정, 연속측정 그리고 자동측정 모드로 데이터를 획득하도록 하였다. 한번측정 모드에서는 1회 용접시의 데이터만 획득되고, 연속측정 모드는 주로 자동화 된 대량생산라인에 사용되며 每熔接 때마다 다른 파일명으로 데이터 획득이 이루어지면서 연속적으로 모든 용접시의 데이터를 획득하여 저장하도록 하였다.

자동측정 모드는 용접기에서 아크 개시 직전에 무부하 전압이 통상 50-80V정도 걸리게 되는 것을 활용한 것으로 전압 트랜듀서에서 계측된 전압이 일정치 이상이 되면 자동으로 데이터 획득이 시작되도록 시도한 것으로서 본 연구에서 독특하게 개발한 것이다. 이 자동측정 모드를 활용하면 매우 합리적이면서 효과적으로 데이터 획득을 할 수 있고, 파형의 비교, 분석도 용이하고 정확하게 할 수 있는 것으로 평가되었다.

4) 확대.축소 모듈

이 모듈은 모니터상에 그래프로 표시한 데이터를 관찰하고 분석하기 쉽게 하기 위하여 확대.축소할 수 있도록 한 것이다. 모듈의 실행은 키보드나 마우스를 선택하여 할 수 있도록 하였다. 용접 전류와 전압의 변화를 정밀하게 관찰할 때에 시간축인 가로축과 전류 또는 전압축인 세로축을 자유로이 조절할 수 있도록 하였다. 이 때 시간축은 전체폭(Full scale)을 1/1000초까지 확대가능하도록 하였다.

5) 분석 모듈

이것은 용접 전류와 전압 파형을 분석하기 위한 모듈로서 임의의 구간(sec)에 있어서 획득된 데이터의 평균전압, 평균전류 또는 단락횟수 등의 정보를 얻을 수 있게 한 것이다. 또한 각 파형에 있어서 샘플링 시간에 대한 전류 또는 전압의 값들을 구체적으로 표시한다. 다만 모니터에 나타나는 그래프위에서 포인터 라인이 지시하는 한 점의 시간에 대응하는 전류 또는 전압 값들을 나타내도록 하였다.

3. 용접 전류.전압 모니터링 시스템의 응용 사례

Fig.1과 Fig.2는 각각 서로 다른 특성을 가진 용접기를 사용해서 데이터를 획득한 것으로서 아크 개시부의 전류와 전압을 나타낸 것이다. 아크 개시전에는 항상 무부하 전압이 작용하다가 와이어가 모재에 접근하면 아크가 발생하면서 전류는 급상승하고, 전압은 급강하하여 정상적인 아크 유지 상태로 옮겨가게 된다. Fig.1은 사이리스터(Thyristor) GMAW용접기(솔리드와이어, CO₂가스)를 이용하였으며, Fig.2는 인버터 GMAW용접기(솔리드와이어, CO₂가스)를 이용하여 아크 개시 실험을 행한 것이다. 아크 개시 직후에 용접전류가 완전히 제로 암페어(A)로 되거나, 전압이 무부하 전압까지 다시 상승하는 경우가 생기면 아크 개시는 불완전하다고 할 수 있다. 또한 파형에서 전압이 급격하게 감소하고 전류가 급증하는 곳이 자주 나타나는데, 이것은 용융금속의 단락으로 인하여 생기는 현상인 것이다.

Fig.3과 Fig.4는 플렉스 코어드 와이어를 사용한 CO₂용접시의 전류와 전압의 파형을 나타낸다. CO₂용접시에는 각 전류 영역에 맞는 아크길이(아크전압)가 유지되어야 한다. 특히 플렉스 코어드 와이어를 사용하는 경우에는 CO₂가스만을 사용하여도 적정 아크 전압이 유지되면 거의 완전한 스프레이 이행(Spray transfer)이 이루어지게 된다. 그러나 Fig.3의 전류.전압 파형은 용융지에서 먼 위치에서 모재접지가 행해져 있어서 여러번의 도체접촉을 통하여 전류가 흐르게 되었으므로 접지부에서 용융지사이에서 전압강하가 크게 일어났기 때문에, 아크 전압이 낮게 되어 용접중에 수많은 단락이 일어난 것을 보이고 있다. 아크 개시 직후에도 2회나 아크가 완전히 끊어졌던 것으로 보인다. 즉 모재의 접지상태에 따라 회로에서의 전압강하가 달라지기 때문에 설정 전압이 동일한 경우라도, 아크 전압이 달라지게 되어 최상의 용접상태를 유지하기 위하여 요구되는 설정 전압의 크기는 항상 일정하지는 않게 된다.

Fig.4의 경우는 Fig.3과 같은 접지 상태를 그대로 유지하면서 설정 전압을 높게 하여 아크 전압이 높게 되어 적정한 아크 길이가 유지되었기 때문에 양호한 스프레이 이행이 된 것이다. 이 때의 비드외관은 적당히 퍼져서 아름답게 되었고, 스패터도 작게 생겼다.

4. 결 언

본 연구에서는 아크 용접 현상을 모니터링함에 있어서 가장 많은 정보를 고속으로 정확하게 획득할 수 있는 물리량으로서 용접 전류와 전압의 변화라고 판단하고 이의 획득과 저장, 관찰 및 분석을 할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하였다. 끝으로 이 용접 전류.전압 모니터링 시스템의 개발이 국내의 용접기 사용자와 용접기 제조자 모두의 기술 향상에 크게 기여할 수 있기를 기원하는 바이다.

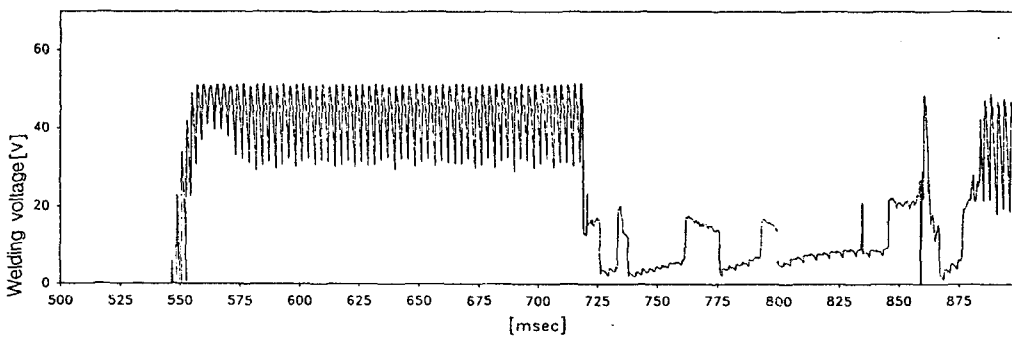
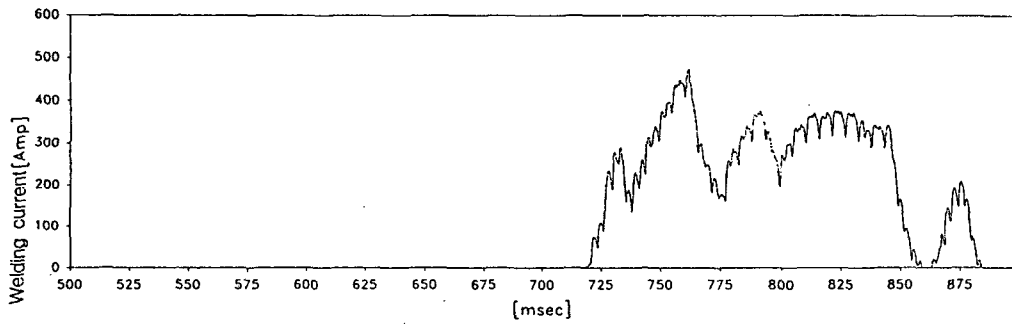


Fig.1 Characteristic of arc start by Thyristor GMAW machine(CO₂ gas).

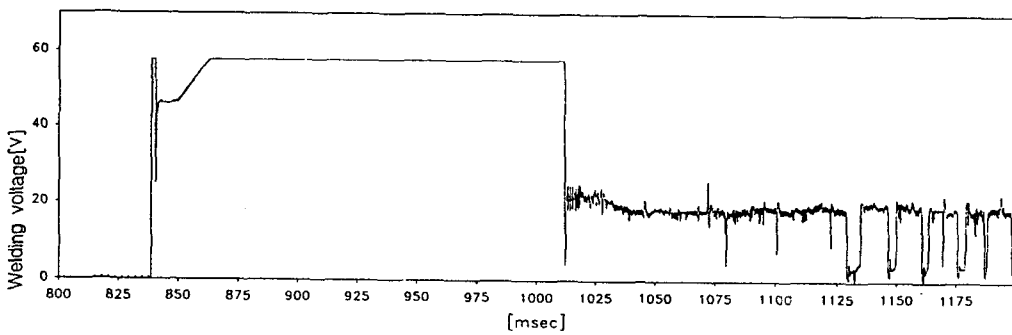
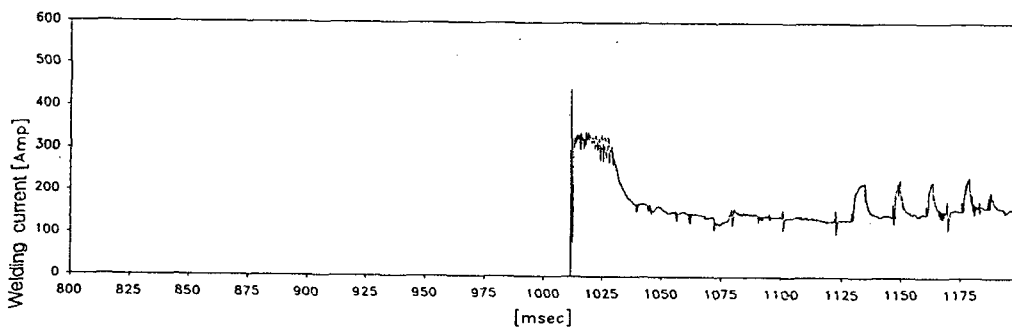


Fig.2 Characteristic of arc start by Inverter GMAW machine(mixed gas).

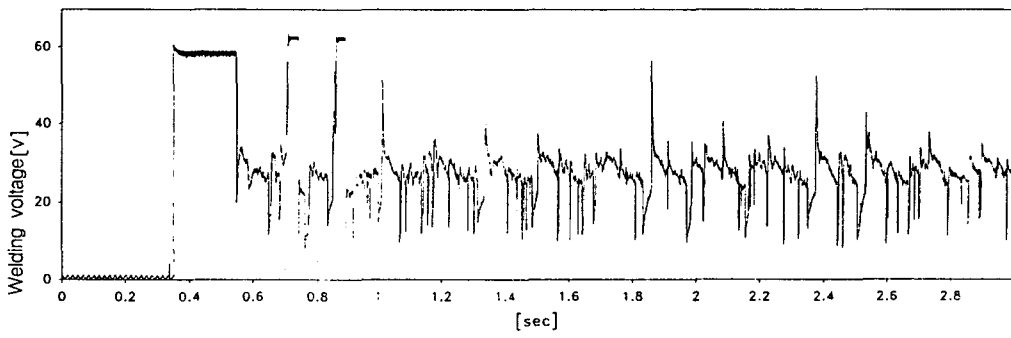
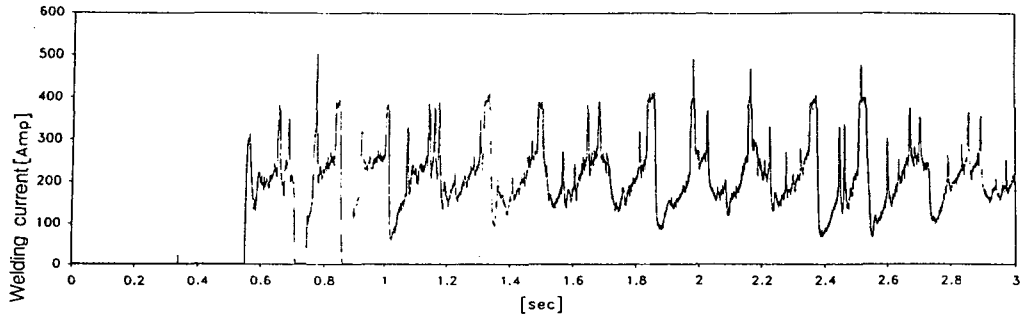


Fig.3 Lack of arc stability by low arc voltage in CO₂ welding using flux cored wire.

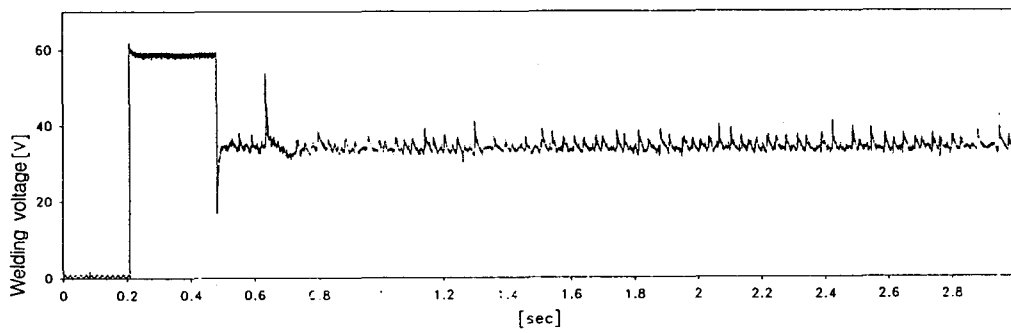
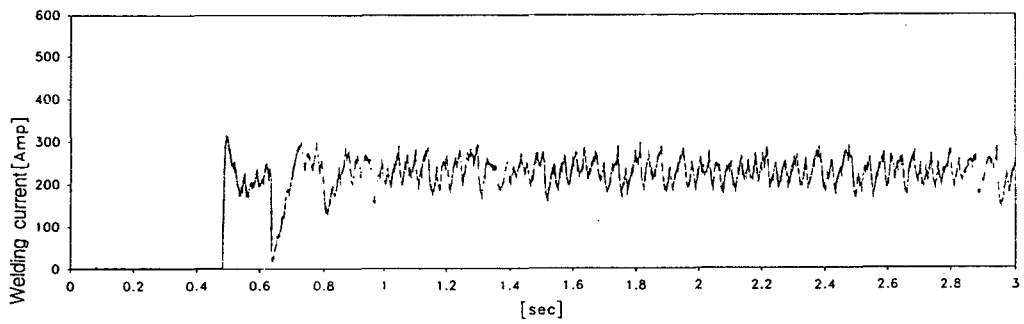


Fig.4 Spray type transfer by adequate arc voltage in CO₂ welding using flux cored wire