

# 용접기 부하특성 평가를 위한 Arc Simulator 개발

최병길\*, 이사영\*\*, 천성진\*\*\*

\*한국기계연구원, \*\*명지전문대, \*\*\*(주)창조

## 1. 서론

최근까지 용접기의 용접성능은 용접사에 의하여 평가되어 왔다. 즉 용접사가 대상 용접기를 사용하여 용접을 하고, 아크 기동성, 용접이행, 아크 안전성, 스파터 발생 등을 용접사의 감각에 의하여 판정하고 있다. 그러나 용접사의 감각에 의한 용접기의 성능 평가는 정량적이지 못하고 또한 재현성을 결여하고 있기 때문에 객관적인 평가를 내리는데 어려움이 많다. 한편 독일 등 일부 선진국에서는 최근 빠른 속도로 발달된 micro-processor 제어기술과 아크현상에 관한 연구에 힘입어 용접기의 용접성능을 정량적으로 평가하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 정량적 평가기법의 개발은 국내 제작 용접기의 설계기술 개발과 고품질의 대외경쟁력을 갖춘 용접기 생산에 적용될 수 있는 기술이다.

## 2. 회로모델 및 시뮬레이션

용접시 전원부와 아크부는 서로 다른 회로적 기능을 갖는 부품과 용접아크를 구현하는 물리적 현상들로 나누어 생각할 수 있다. 그림. 1은 이러한 기능을 하나로 통합한 모델로서, 용접현상을 적어도 정성적으로 이해하는데 도움을 줄 수 있다.

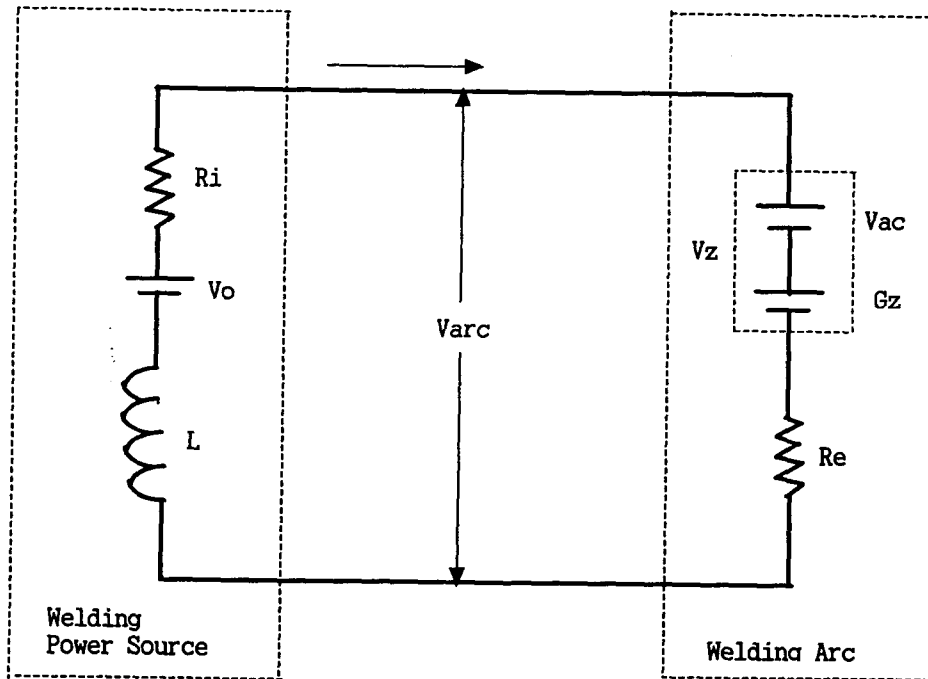


fig 1. 용접전원과 아크의 전기회로 모델

용접기의 주요 구성품은 변압기, 인덕턴스, 회로케이בל, 정류기 그리고 제어회로 등이다. 변압기는 입력전압(220V, 380V, 440V)을 무부하 전압( $V_0$ )수준으로 강압시키는 역할을 한다. 일반적으로 무부하 전압( $V_0$ )이 높으면 전격위험이 높고 또한 burnback의 가능성이 높은 반면에 아크 발생이 용이하게 이루어 진다. 인덕턴스 L은 용접기 설계자들 사이에는 직류리액터라고 불리워지는 전력소자에 의하여 결정된다. 인덕턴스 L은 150~500micro Henry( $\mu$ H) 정도의 값을 갖는다. 즉 MAG 용접시 인덕턴스의 증가는 단락이행 횟수를 줄이고 그 결과 용융급속의 유동성을 증가시킨다. 한편 스프레이이행(sprary tranfer)에서 인덕턴스가 증가하면 아크 스타트가 향상된다.

용접기의 내부저항  $R_i$ 는 용접기 내부회로나 소자에 기인하는 저항으로서, 용접기 내부에서 변압기, 콘택트튜브까지의 저항을 모두 포함하는 저항이다. 내부 저항은  $0.08\Omega$  정도이다. 한편 콘택트튜브에서 와이어 끝단의 고온 molten metal 까지는  $0.05\Omega$  정도이다. 와이어 끝단에 매달린 고온 molten metal은 문헌에 따라 전극돌출길이 저항으로도 표시되고 있는 저항( $R_e$ )이다.

$V_{arc}$ 는 용접기의 출력전압으로서 용접기 토치의 contact tube 와 모재사이에 걸리는 전압이다.  $V_{arc}$ 는 또한 2차전류 또는 부하전압으로도 불리고 있다.

한편 아크 현상과 관련하여 아크 전압강하( $V_z$ )는 전극(+ 및 -극 모두)에서 강하( $V_{ac}$ )와 아크기둥전압강하로 나누어 검토할 수 있다..

그림 1에 근거하여 회로해석 모델은

$$L \frac{di}{dt} + (R_i + R_e)i = V_0 - V_{ac} - V_z \quad \text{-----}(1)$$

윗 식 (1)에 입각하여 단락이행이 수반되는 MAG 용접과정을 분석할 수 있다. 즉, 집중시스템(lumped system)과 선형 모델링에 의하여 용접현상의 전기회로적 분석이 가능하다. MAG용접과정은 단락이행인 경우 단락, 재점화, 아크, 소호로 나뉘어진다.

### 3. 전력 회생형 arc simulator의 개념

아크-단락을 수반하는 용접부하는 아크 부하와 단락부하로 나눌수 있으며, 단락 부하는 그다지 높지 않은 반면 아크 부하는 단락부하에 비하여 상당히 높다. arc simulator에 관한 연구자들이 고안한 arc simulator는 대부분 아크 부하를 저항부하로 등가시켜 열로 발산시키고 있으나 본 연구에서는 아크 부하를 다시 전원(한국전력공급선)으로 되돌려 보내는 기능을 추가하였다.

본 연구에서 개발한 전력회생형 arc simulator는 송유관에 사용되는 2단 감압장치에 비유될 수 있다.

용접기는 일종의 전압원(voltage source)으로 생각할 수 있으며, 단락시에는 용접기 양단의 전압이 2~3V 수준으로 유지되다가 아크부하시에는 용접 아크 전압(14~44V)수준으로 전압이 높아진다.

본 연구에서 고안한 전력회생 장치는 인버터 기술을 응용하여 직류 전류를 sine파형의 교류로 invert하고 나아가 전류(inverted sine 파형)의 위상과 전압 위상을 일치시키고(역율 100%)

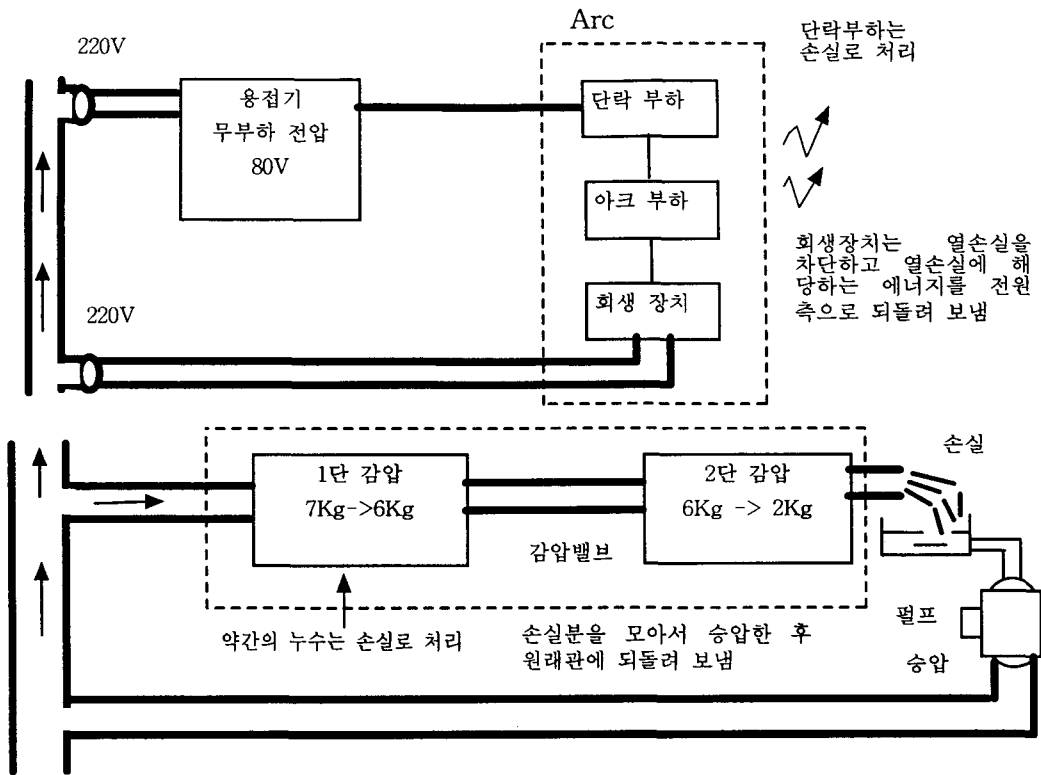


fig 2. Arc Simulator의 기계적 시스템과의 유사성

이때 전압은 전원(용접기 입력단자)전압과도 위상이 일치한다. 위와같은 조건을 만족하면 직류측(부하측)에서 전원측으로 전력이 이동할 수 있으며, 이러한 방향의 이동을 회생이라고 한다. 즉 전력의 흐름이 용접기 입력터미널-용접 변압기-용접기 출력-단락장치-승압장치-회생장치-전원으로 이루어지며, 각 단계에서 전압 및 전류의 파형이나 상호 위상등이 달라진다. 그림 4(a)는 용접기 출력단위에서의 단락-아크시 전압 전류 파형을 나타내고 4(b)는 회생전류 파형을 나타낸다.

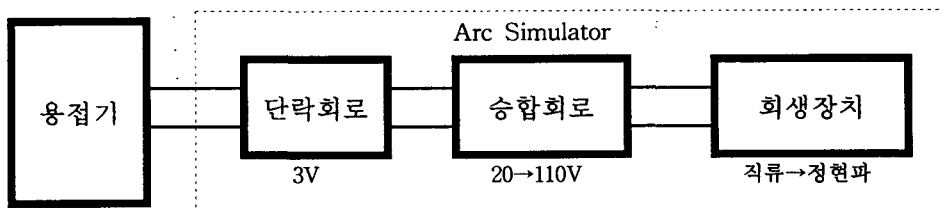


fig 3. Arc simulator의 구성요소

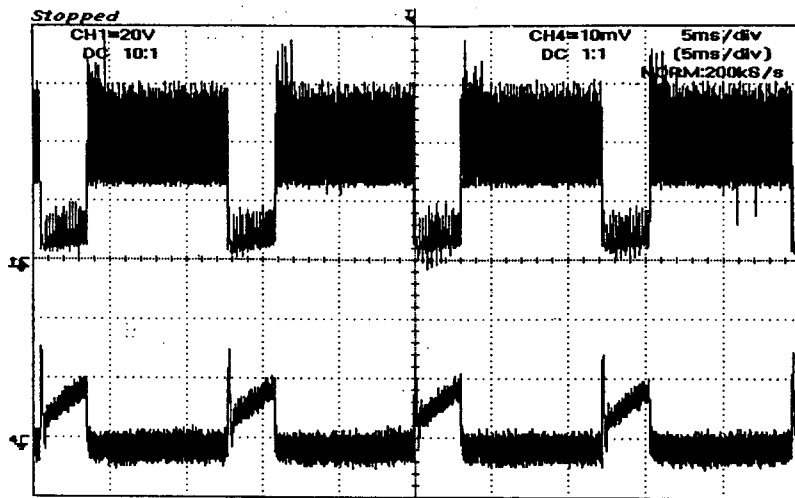


fig 4(a). 용접기 출력단에서의 전압-전류 파형

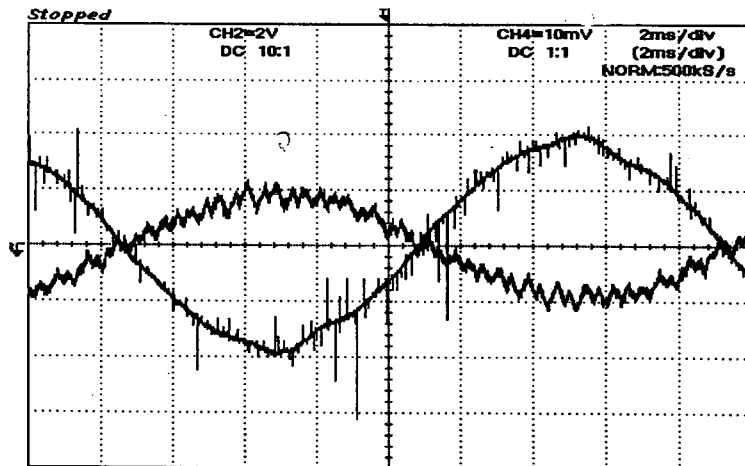


fig 4(b). 회생장치와 전원장치 사이에서 측정된 전압-전류 파형

## 5. 결론

본 연구를 통하여 개발결과품인 arc simulator 시제품은 아크 상태는 물론 단락-아크 상태의 동적부하를 재현할 수 있고, 나아가 아크 상태의 부하를 전원측으로 되돌려 보낼 수 있도록 회생장치를 개발하였다. 이와같은 arc simulator(전력회생능력을 가진 부하시험기)는 세계적으로 발표된 사례가 없는 것으로 앞으로 기존 정적부하 시험기를 대체할 수 있을 것으로 판단된다.