

## 에너지 절감형 고주파 인버터 용접기에 관한 연구

강윤기\* 이준호    채영민    \*\*목형수    최규하  
 건국대학교 전기공학과    \*\*서울산업대학교 제어계측과

### A Study on Energy-Saving Welding Machine with High-Frequency Inverter

Yun-Ki Kang    Chun-Ho Lee    Young-Min Chae    Hyung-Soo Mok\*\*    Gyu-Ha Choe  
 Kon-Kuk University    \*\*Seoul Polytechnic University

**ABSTRACT**

In this paper, the welding machine with high-frequency inverter is described, which can save energy more than conventional ones with low efficiency. Although for part of welding machine of special type such as MIG, TIG, products were developed by inverter, but it is poor that applied to ordinary ac arc welding machine. Difference between conventional AC arc welding machine and the proposed welding machine is investigated economically and constructionally. Until now, kinds of welding machine and its characteristics were also described. The comparison of the proposed welding machine and the conventional is presented in the way of output control.

된 DC를 얻을 수 있는 고주파 인버터 아아크 용접기이다. 용접기의 효율 평가의 한 방법으로 쓰이는 사용율이 30-60%에 이르는 일반 교류 아아크 용접기에 비해 그 사용율이 80%정도이며[1], 고주파 교류의 입력으로 변압기와 리액터의 크기를 줄이고, 이로 인한 손실을 감소시킬 수 있었다. 또한 DC출력으로 긴 인출선에 의한 선로손실 감소와 크기의 축소로 이동의 편의성을 취할 수 있다.

**2. 교류 아아크 용접기**

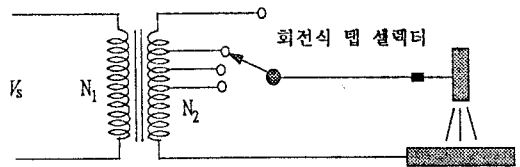


그림 1. 교류 용접기의 구성도

**1. 서론**

용접기술은 열이나 압력 등을 이용하여 금속을 절단,접합하는 기술로서 자동차,조선,건설,토목 및 전기전자 제품제조등 그 쓰이는 용도가 중요하며 광범위하다. 특히 교류 아아크 용접기의 경우에는 범용으로 산업현장에서 가장 많이 쓰이고 있는 용접기이다. 그러나 이 용접기의 경우에는 효율,용접상태, 용접환경, 그리고 에너지 절약 차원보다는 용접 그 자체에 중요도를 높고 있는 실정이다.

일반적으로 현장에서 많이 사용되고 있는 교류 아아크 용접기의 구조는 그림 1과 같다. 출력 조절은 변압기의 권선비를 조절함으로써 개회로의 전압을 조절한다. 또한 아아크 전류는 2차측 직렬 필드 리액터로 조절되어 진다. 이러한 조절방식은 변압기의 탭이나 리액터의 조절이라는 하드웨어적인 방법으로써 시스템의 크기가 커지는 요인으로 작용한다.

현재의 용접의 추세는 고품질화,고정밀화,다기능화,무인화 및 자동화 등이다. 그 대표적인 예로서 TIG용접기, Plasma용접기, Laser용접기, 전자빔용접기 및 인버터용접기 등, 용도에 따라 다양한 유형의 용접기들의 개발이다. 또한 작업장에서의 spatter 등을 감소하여 환경개선까지 요구되어진다. 이러한 이유로 교류 아아크 용접기에서 DC 아아크 용접기에 대한 연구와 개발은 필연적인것이라 할수 있다. 고속 스위칭 소자의 발달 또한 용접 분야에서 인버터의 사용을 실현시키었다.

용접기 부하특성은 아아크 방전의 비선형적인 부성부하특성을 나타낸다. 특성곡선은 아아크 길이에 따른 전압,전류의 데이터로 식(1)과 같은 근사식을 사용하여 얻을 수 있다.[2][3]

$$V = G_1 + G_2 \cdot I + G_3 / I \tag{1}$$

$G_1, G_2, G_3$ : 아아크길이에 기인한 상수

본 연구에서 개발하고자 하는 용접기는 인버터에서 입력을 고주파 교류로 스위칭하여 출력측에서는 다이오드를 통해 정류

그림 2는 실험 데이터로 얻어진 식(1)로 각 아아크 길이(G:1mm,6mm,11mm,16mm)에 따른 전압,전류의 특성곡선을 나타낸것이다.

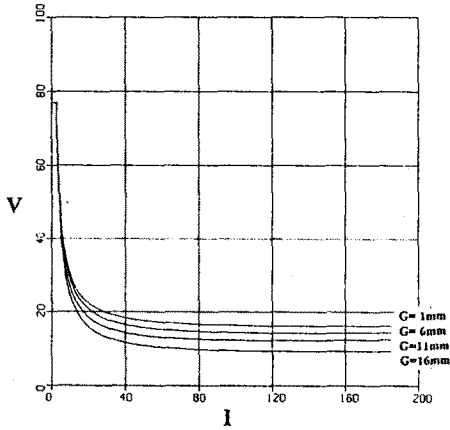


그림 2. 전압, 전류의 특성 곡선

용접기의 효율을 나타내는 중요한 요소중 하나인 사용율(K)은 10분을 주기로 하여 다음과 같이 정의된다.

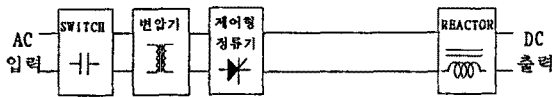
$$K = \frac{t_{arc}}{t_{work}} \times 100(\%) = \frac{t_{arc}}{t_{arc} + t_{off}} \times 100(\%) \quad (2)$$

K : 사용율,       $t_{arc}$  : 아아크 발생 시간,  
 $t_{work}$  : 작업 시간,       $t_{off}$  : 아아크 중지시간

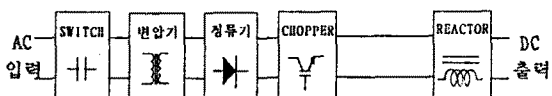
사용율은 아아크 용접에 있어서 그 작업은 변압기 내부온도상승, 용접봉 교체, 그리고 슬래크의 제거로 인하여 연속적이지 못하다. 사용율이 낮다는 것은 일정 시간동안 작업량이 많지 않다는 것을 나타낸다. 그리고 작업 휴지기간 동안 변압기의 무부하 손실이 나타내며, 이것은 에너지 낭비가 크다는 것을 보여주고 있다. 에너지 절감의 방법으로 사용율을 높이는 것은 효과가 큰 방법이라 할 수 있다.

### 3. 인버터 용접기

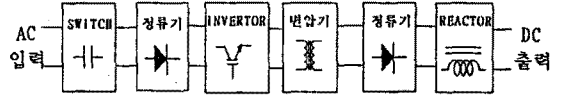
아아크의 안정화와 효율개선을 위해 전원부의 개발과 제어요소가 필요했다. 80년대에 DC초파를 이용해 제어하는 방식의 용접기가 실현되었으며, 근래에는 정밀제어와 소형화를 위해 인버터를 사용하는 예가 많이 나타나고 있다.[4]



(a) 싸이리스터 제어 방식의 블럭도



(b) 초파 제어 방식의 블럭도



(c) 인버터 제어 방식의 블럭도

그림 3. 제어 방식에 따른 블럭도

초파방식 용접기에서는 입력에 고주파변환이 필요없기에 변압기의 크기가 기존의 크기와 다를 바가 없다. 또한 2차측 제어기에 제어를 스위치 1개가 담당하고 있으므로 스위칭 주파수가 제한되고 전류 용량이 커야 한다.

인버터방식의 용접기는 고주파 입력으로 변압기의 크기를 줄일 수 있으며, 변압기는 고주파에서 특성이 양호한 페라이트코어를 주로 사용한다. 또한 출력전류 리플의 주파수가 높으므로 2차측의 직렬 필드 리액터의 소형, 경량화가 가능하게 되었다. 변압기는 고주파에서 특성이 양호한 페라이트코어를 주로 사용한다.

이러한 고주파동작에서 얻을 수 있는 장점으로는 다음의 것들이 있다.

- \* 1/1000초 정도의 단락현상을 동반한 복잡한 용접현상이 적절 제어되므로 아아크의 안정성을 개선할수 있다.
- \* 와이어와 모재의 접촉시 초기 전류제어로 순간 아아크 스타트가 개선된다.
- \* 1차측 제이이기 때문에 기본적인 소전류형 회로로 구성되어 있고, 용접작업 중단시의 변압기의 무부하 손실을 자동적으로 차단시키는 이점이 있다.

이러한 장점들 때문에 본 논문에서는 인버터 용접기를 연구 대상으로 하였다. 기본구조는 그림4와 같으며 인버터는 용광로 용접기의 크기를 고려하여 Full-Bridge방식보다는 Half-Bridge방식 인버터를 선택하였고 스위치 소자로는 75A, 600V급 IGBT를 사용하였다.

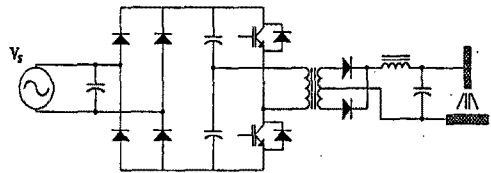


그림 4. 에너지 절감형 고주파 인버터 용접기

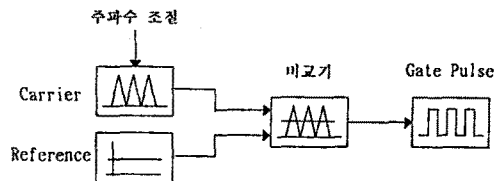


그림 5 주파수 변조 방식의 블럭도

본 용접기의 전류레벨 조절은 교류석과는 달리 변압기나 리액터를 이용하는 것이 아니다. 인버터 전압의 주파수를 이용하여 전류의 범위의 조절방식을 채택하였다.(그림 5)

#### 4. 결 과

교류 아아크 용접기의 용접전류의 파형이 그림6에 보여진다. 교류 아아크의 수하복성에 의하여 구형파 전류가 나타남을 볼수 있다. 제안된 방식의 정진류 인버터의 용접전류 파형이 그림 7에 보여진다.

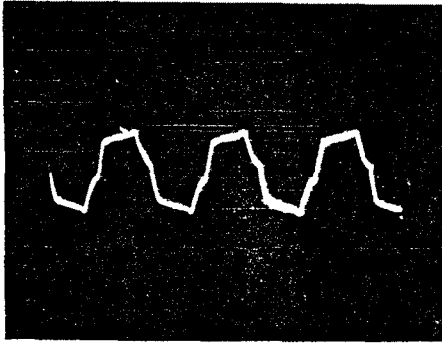


그림 6. 교류 아아크 용접기의 용접 전류 파형

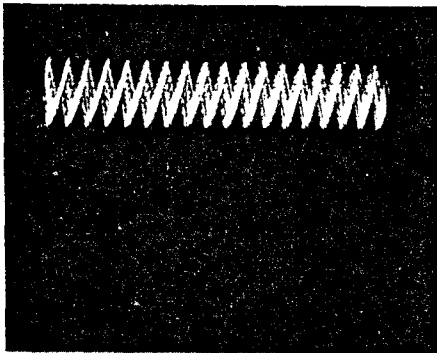


그림 7. 제안된 인버터 용접기의 용접 전류 파형

제안된인버터 용접기와 교류 아아크 용접기에 대한 전체적인 비교를 <표1>에 보였다.

<표 1>

	AC 아아크 용접기	인버터용접기
최대출력전류	120A	150A
무부하 전압	65V	78V
정 격 입 력	10KVA	4.5KVA
사 용 율	30%	80%
부 개	48Kg	11Kg
부 피	43,200cm <sup>3</sup>	14,553cm <sup>3</sup>

<표 1>로부터 제안된 인버터 용접기는 정격 입력, 사용율에 대한 비교로 에너지 집감 효과를 얻을수 있었고, 또한 무게 및 부피의 축소면에서있어서 큰 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

#### 5. 결 론

본 논문에서는 구조가 간단하고 사용 빈도는 높지만 사용률이 좋지 않아 효율이 떨어지는 교류 아아크 용접기의 성능향상을 위하여 인버터 기술을 용접기에 적용시켰다.그 결과 아래와 같은 개선사항을 얻을 수 있었다.

- \* 크기 및 중량을 감소시킬 수 있다.
- \* 사용율 80% 향상으로 무부하손으로 인한 에너지 낭비 감소와 작업량을 증가 시켰다.
- \* 1차측 제어로 제어소자의 전류용량과 무부하시 변압기의 손실을 줄일 수 있다.
- \* DC 출력으로 인출선에서 선로손실이 없다.
- \* 출력 전류조절에 있어서 소프트한 방법이 제시된다.
- \* 용접시 발생하는 spatter의 양이 줄어들었다.

향후 과제로는 스위칭 또는 용접의 아아크의 발생 소멸시에 발생하는 스파이크성 노이즈가 미치는 효과와 노이즈를 막기 위하여 노이즈 차폐 트랜스포머(N.C.T.:Noise Cut Transformer)의 개발,연구가 필요하다. 또한 아아크 용접기의 부성부하에 대한 정확한 모델링이 수행되어야 할 것이다.

#### [참고 문헌]

- [1] 嚴基元, '最新 熔接工學', 東明社
- [2] G.E.Cook, "Moeling of Electric Welding Arcs for Adaptive Feedback Control." IEEE publ, Conference Record, Ind. Appli. Soci., 83CH1900-0, pp1234-1240, 1983
- [3] G.E.Cook, "The Effect of High-Frequency Pulsing of a Welding Arc," IEEE TRANS. Ind. Appli., vol. IA-21, no. 5, pp.1294-1299, Sept., 1985
- [4] K.S.Ham, "Characteristics of Inverter Type Arc Welding Power Source," J.Korea Weldig Soic., vol.11, no.2, pp.21-26, JUN., 1993
- [5] J.E.HARRY, "Simultaneous Operation of electric Arcs From the Same Supply," IEEE TRANS. Pisma Sci., vol. PS-9, no.3, pp.248-254, DEC.1981
- [6] M.SAIEPOUR, "Arc igniton using DC discharges," INT. J.ELECTRONICS, VOL.70, NO.2, pp467-474. 1991
- [7] W.J.GU, "A Study of Volume Weightit vs. Frequency Transformers," IEEE, pp.1123-1129, 1993