

발전소용, 인버터에 의한 절전형 아크용접기에 관한 연구

*윤 병도 *김 윤호 ** 김 기용 *** 정 재훈 * 김 찬기 * 이 종선⁰

*중앙 대학교 **서울 산업대학교 *** 유한 전문 대학

A Study on Arc Welder of Inverter for Energy Saving in Power Station

*Byung-Do Yoon, *Yoon-Ho Kim, **Ki-Yong Kim, *** Jae-Ruon Jung
* Chan-Ki Kim, * Jong-Sun Kim

*Dept. of Electrical Eng., Chung-Ang Univ., ** Dept. of Electrical Eng.,
Seoul National Polytechnic Univ., *** Yu-Han Tech. College

Abstract

Recently, in the industrial applications, accurate arc control for welding machine are developed.

This paper describes arc control of inverter-fed arc welding machine, and efficiency of inverter-fed arc welding machine. It is shown that the arc pressure and arc stiffness of the pulse arc may be as much as several times that of the equivalent dc arc.

Finally, the theoretical predictions are compared with test. The potential of such a welding machine is also described.

1. 서론

용접기술은 우리나라의 산업발전과 함께 발달되어 왔으며, 조선, 항공, 원자력 관련분야에서 즉, 고품질, 고효율, 고신뢰성등을 요구하는 분야에서 앞으로도 용접기술의 이용이 현저할 것이다. 용접기술은 과거에는 기계, 조선등 중공업분야에서 대량생산을 목적으로 발달되어 왔지만, 앞으로는 반도체공정, 전자정보산업, 항공기, 우주개발, 원자력관련분야 메카트로닉스 정밀부품, 고급재료를 대상으로한 질적인 발전을 할 것이다. 또한 숙련된 기술자의 부족, 그리고 소비자의 다양한 요구때문에 일렉트로닉스와 결합한 고정밀, 고품질, 고효율이 가능한 용접기술이 개발될 것이다. 무엇보다도 전기용접은 전기에너지를 용접 열원으로 하는 용접법으로서 높은 에너지밀도, 제어의 용이성등의 특징을 가지고 있다. 본 논문에서 연구대상으로 한 것은 비철금속을 대상으로한 정밀용접에 이용되는 티그용접기이며, 티그용접기는 습기, 산성, 또는 방사선 문제등의 이유 때문에 철을 사용할 수 없는 비철금속을 대상으로 주로 이용되고 있으며, 이는 직, 간접적으로 화력발전소나 원자력 발전소의 원자로나 폐기물 용기 그리고 관련분야에서 정밀용접을 요하는 곳에 많이 이용될 수 있을 것이다. 그러나, 티그용접기는 모재를 용융해서 접합하는 것이므로 용접속도가 느리다. 그래서 무리하게 속도를 높이면 모재표면이 울퉁불퉁하게 용접된다. 정해진 정전류로 용접을 하게 되면 모재의 두께와 재질에 따라 표면이 울퉁불퉁하게 되고 심하면, 모재에 구멍이 뚫리게 된다. 따라서 모재의 두께와 재질에 따라 정전류를 변화시켜야 할 필요성이 대두된다. 따라서 본 논문에서는 티그용접기의 펄스전류를 인가함으로써 전류의 실효치를 모재와 모재의 두께에 따라 변화시킬 수 있게 하였다.

2 티그 인버터 용접기 구성

2-1. 티그 용접기의 개요

정밀 용접에 쓰이는 티그 용접기는 그림 1.에서 보는바와 같이 전극이 소모되지 않는 비소모성 용접기로서 원리는 다음과 같다.

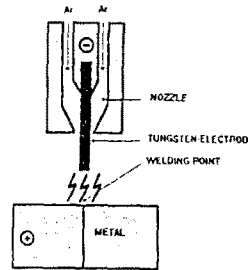


그림 1. 티그용접기의 원리

Fig.1. principle of arc welding machine.

실딩가스의 가운데에 용접 텡스텐전극 와이어를 대고 와이어 끝으로 모재(용접되어지는 금속)와의 사이에 아크를 발생시켜 모재를 용융하여 접합한다. 티그 용접법은 용접특성상 절차로 사람이 접근하기 어려운 원자력 발전소의 정밀용접, 항공기 엔진용접, 그리고 작업하기 힘들고, 밀폐된 지중선로 용접에 주로 사용되므로 점차 로봇에 탑재하여 무인화, 자동화 하는 경향이 있다. 따라서 용접의 로봇화에 의한 무인화 때문에 용접위치나 형태등의 변화를 검출하여, 감시, 조작, 제어를 자동적으로 행하기 위한 시스템의 지능화가 필요하다. 따라서 그림 2.와 같은 시스템의 개발이 행해지고 있으며, 이런 시스템은 다음과 같은 2개의 조건을 만족하도록 제어된다.

- (1) 용접선의 자동인식
- (2) 용접조건적 적응제어

이러한 조건을 만족하기 위해서는 센서의 필요성이 대두되는데, 센서에는 아크특성을 이용하는 아크센서나 영상처리를 이용하는 광학센서가 있다. 그러나 무엇보다도, 이런 정밀용접기를 자동화하고, 무인화 하려면 시스템의 속용성과 소형화가 선행되어야 한다. 그리고, 시스템이 광범위한 제어영역을

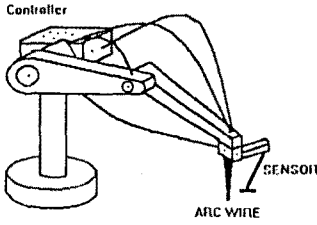


그림 2. 로버트 아크 용접기
Fig. 2. Robot arc welding machine

가져야하며, 에너지효율이 우수해야한다. 따라서 본 논문에서는 PWM 인버터를 이용하여 속응성을 갖게하였으며, 펄스아크를 발생하므로서 효율과 광범위한 제어영역을 갖게 하였다.

2-2. 인버터 용접기의 구성

아크용접용 전원장치는 일반적으로 저전압, 대전류출력이고 광범위한 출력조정범위와 고속응답성을 갖추고 있다. 용접전원에 대한 평가는 전기적특성과 함께 용접성능이 중요시 된다. 특히 아크의 개시, 용접아크의 안정성, 용접속도등이 평가 목적으로 되고 있음으로 용접전원의 전기적특성과 밀접한 관계가있다. 그림 3. 은 인버터를 이용한 아크용접기의 회로도들 그림 3. 은 변압기는 고주파스위칭에 알맞은 페라이트코어를 사용하였으며 이 변압기는 스위칭속도가 빨라질 수록 단면적이 작아질 수 있는 것으로 용접기의 부피를 줄이는데 많은 영향을 준다.

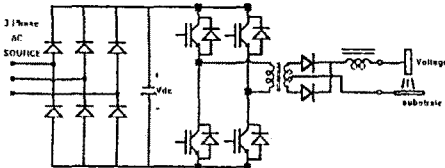


그림 3. 인버터 아크용접기의 구성도
Fig. 3. diagram of inverter-fed arc welding machine

1970년경도까지는 누설변압기를 이용한 아크용접기가 주류를 이루었으나 사이리스터를 이용한 위상제어방식이 채용되기 시작해서 소형화 및 신뢰성 향상이 이루어지면서, 자기소호 능력이 있는 파워 트랜지스터를 이용해서 변압기의 2차측에서 직류로 변환한후 초퍼 제어방식을 행하는 방식이 개발되었다. 계속해서, 변압기 1차측에서 파워 트랜지스터에 의해서 고주파교류로 변환함과 동시에 PWM제어에 의해 출력을 제어하는 인버터 제어방식의 용접전원이 개발되었다. 그리고 앞으로 자동용접, 로봇용접에 인버터제어방식이 채용될 것이다. 인버터제어방식 아크용접전원은 교류입력을 순 변환한 후 역변환부에서 고주파교류로 변환해서 고주파변압기에 의해 절연과 전압변환을 행하고, 다시 재변환해서 출력한다. 아크용접의 방전현상, 용융이행현상등은 상당히 고속이고 더구나 복잡한 현상이기때문에 종래에 이것을 용접전원의 출력에서 직접제어하는 것은 곤란하였다. 고주파스위칭기술을 이용하면 다음과 같은 특징이 있다.

(1) 용접전원의 전기적특성이 향상되고 출력전류를 고속으로 제어하는 것이 가능하므로 광범위한 운전이 가능하고 속

용성이 향상 된다.

(2) 아크용접의 고속현상을 어느정도 직접제어하는 것이 가능하여, 용접품질의 비약적인 향상이 일어났다.

(3) 인버터제어방식은 종래의 사이리스터제어방식과 비교해서 변환단이 많음에도 불구하고 고주파교류의 채용에의해 변압기와 직류 리액턴스를 소형화 하는 것이 가능하고 소형 경량화가 달성되었다.

2-3. 직류 펄스 티그 용접기의 특성

티그 아크용접기는 정밀제어와 용접기의 소형화를 위해서는 고주파제어를 행해야하기 때문에 스위칭 주파수가 높은 소자를 쓰는 것이 적당하다. 보통 파워 TR은 변환 주파수가 7KHZ-16KHZ이고 150A, 500V정도이고 달링턴 회로로 사용하고 있으며 MOSFET는 변환 주파수가 20KHZ-50KHZ 이고 50A, 450V 정도로 병렬 운전한다. 다음은 정전류를 흐르게 하지 않고 펄스전류를 인가할때의 효과를 설명하고자 한다. 고주파 펄스에 관한 영향은 Cook에 의해서 잘 증명되었는데 [4], 일반적으로 20Hz정도 까지의 저주파 맥동의 용접전류는 용융상태와 용융상태가 지속되는 시간 사이의 금속량을 보다 잘 제어할 수 있게 한다. 맥동 주파수, 고전류와 저전류 사이의 듀티사이클을 적절히 조절함으로써 용접이 가해지는 겹쳐진 부분에서 용접이 이루어진다. 이와 같은 저주파 맥동의 형태는 적당한 위치에서 벗어난 많은 물체를 용접하는데 널리 이용된다. 또한 저주파 맥동은 미리 정해진 홈에 의해서 결합된 두꺼운 물체의 용접에 사용된다. 이와같은 적용에 있어서 용접전극이 한쪽홈에서 다른쪽 홈까지 형성되어짐으로써 저주파 맥동은 적당한 속력 용접을 하는데 사용된다. 특히 이러한 저주파 맥동의 형태는 좁은폭의 홈을 용접하는데 유용함이 입증되었다. 최근에는 고주파 맥동의 잇점에 대해서 논의되고 있다. 고주파 맥동만을 이용하거나, 저주파 맥동과 조합하여 이용되어질 수 있다. 용접전류의 고주파 맥동에서 관찰된 중요한 효과는 아크 형태를 압축시킴으로써 방향성과 견고성을 증가시켜 아크 압력을 증가시키는 점이다. 두번째 효과는 표면 산화물, 특히 알루미늄과 니켈합금의 용접에서 잇점이 있다. 고주파 맥동에 의해서 증가된 아크의 견고성은 5kHz이상의 주파수에서는 무관하며, 단지 펄스레벨과 듀티사이클의 함수임에 Cook에 의해 입증되었다. Cook는 고주파 맥동을 갖는 용접 아크가 보다 견고하고 방향성을 갖고있고, 동가의 DC 아크와 비교해서 증가된 아크 압력을 정확하게 정량적으로 증명하였다. 동일한 입력전력에 대해서 용접 파라미터를 정할때 펄스 아크와 비펄스 아크는 동가적으로 정의하고, 이와같은 비교기준하에서, 비선형적인 아크 특성에 관한 모델이 고주파 펄스아크와 동가적인 동일전력 DC 아크 사이의 압력관계를 규명하는데 사용했다. 그리고 동가 DC 아크에 비해서 고주파 맥동 아크에 있어서 기대되는 증가치를 정량화 하기위해서 맥동 파라미터들의 다양한 조건들을 고려했다.

3. 시스템 구성

아크용접용 전원장치는 일반적으로 저전압, 대전류출력이고 용접작업의 안정성을 확보하고 용접부하에 적당한 전압에 쉽게 변화하기때문에 절연변압기(규소강판이 아닌 페라이트코어를 사용)를 사용하고 있다. 출력 전류 조정범위는 4A에서 500A에 이르고 있고 광범위한 출력조정범위와 고속응답성을 갖추고 있다. 본 논문에서는 위에서 설명한 것과 같이 정전류의 파워 TR의 필요성과 MOSFET의 고속 스위칭주파수의 요구조건을 동시에 만족시켜주는 IGBT를 사용했다. 티그 용접기는 전류제어를 하기때문에 전류 피드백을 받는다. 그리고 용접모재와 모재의 두께에 따라 전류의 실효치를 바꿀수 있는, 즉 전류의 DUTY CYCLE을 변화시킬 수 있게 하였다.시스

템 구성도는 그림 4. 와 같다.

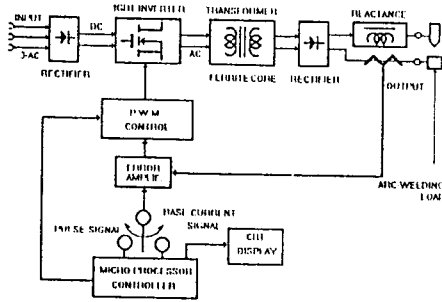


그림 4. 시스템 구성도
Fig. 5. Diagram of system

4. 시뮬레이션

용접기의 위치나 아크전류를 제어하고, 절연변압기나 용접기 끝단의 리액턴스를 설정하려 할때, 아아크용접의 모델링이 필요하다. 즉, 아크가 발생할때, 아크 튜의 도통과 비도통상태를 알아야 한다. 그러나 현재 이러한 아크 전류의 도통과 비도통상태를 해석한 결과는 실용적으로 사용하기 어렵다. 따라서 본논문에서는 아크용접기의 V-I 특성을 이용하여 아크 상태를 거의 근사적으로 RE^{-st} 형태의 저항으로 변환하여 해석하였으며, 여러종류의 용접기에 적용시켜본 결과 거의 일치

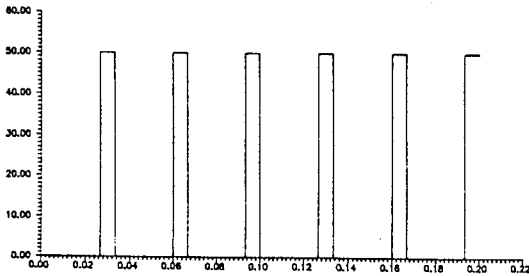


그림 5 시뮬레이션 결과 (듀티비 20%)
Fig. 5. Simulation result (duty cycle 20%)

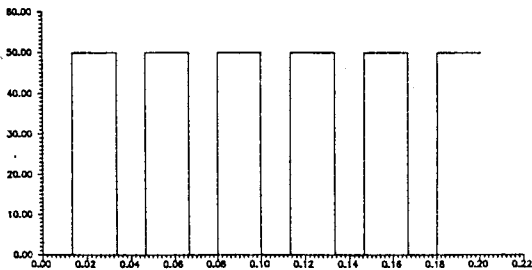


그림 6 시뮬레이션 결과 (듀티비 60%)
Fig. 6. Simulation result (duty cycle 60%)

함을 확인하였다. 그래서 아크상태를 단순 감소저항으로 변환하여 20%, 60% 듀티비를 갖는 아크전류를 시뮬레이션해 보았다.

5. 결론

본 논문은 로보트 탑재형 정밀 티그용접기에 관한 논문으로 용접기의 속응성과 소형화 그리고 정밀용접에 주목적을 두었으며, 인버터를 이용해서 펄스 아크 전류를 인가함으로써 보다 우수한 특성을 확보하려함이다. 또한 용접선 자동 인식을 하면서 정밀 용접을 할 수 있는 보다 새로운 PWM 제어 알고리즘의 개발, 그리고 경험과 실험에 의하지 않고 열분포의 계산에 의한 적응센서 용접시스템의 개발이 요구된다.

참고문헌

- [1] 三谷一谷, 長谷川壽男, 向坂滋, 石坂雄二 "接合アーク溶接法" 明電時報 通卷 221 號 No.6 1991
- [2] Shih-Liang Jung, Ying-Yu Tzou "Sliding Mode Control of a Closed-loop Regulated PWM Inverter under Large Load Variations" IEEE Transactions on Industry Applications 1993.
- [3] George E. Cook, Peter C. Levick, Doug Welch, A. Michael Wells, Jr. "Distributed Microcomputer Control of an Automated Arc Welding System" IEEE Transactions on Industry Applications 1982.
- [4] George E. Cook, Hussam EL-Dean E. H. Eassa "The Effect of High-Frequency Pulsing of a Welding Arc" IEEE Transactions on Industry Applications, vol. IA-21, No. 5 september/october 1985.