수산화가스 에너지를 이용한 용접시스템 개발

이용균, 정병환, 전윤석, 목형수, 최규하
건국대학교

Development of welding machine using Hydrogen-Oxygen-Gas

Y.K. Lee, B.H. Jeong, Y.S. Yoon, H.S. Mok, and G.H. Choe
Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University

ABSTRACT

As rapid growth of energy demand in line with modern society's industrialization led to environmental pollution by fossil fuels, there are more and more interest and international research on energization of water, which is clean energy and comprising 70% of earth. In offshore countries, the water is commercially used already and water has very attractive characteristics in terms of economy and efficiency compared to the existing gas welder. Brown Gas welder does not produce CO_2 from combustion of Hydrogen-Oxygen-Gas , which was gained by electrolysis of water. In this paper, the result from operating characteristic improvement of Gas Generator and Current-Controlled converter is to be considered into design in electrode, source/ controller, standized into level of whole system design base.

1. 서 론

고도의 산업 발달에 따라 에너지의 수요가 증가하고 있으나 한정된 자원으로 인해 에너지 고갈상태에 직면하고 있다. 따라서 대체에너지 및 에너지 절약에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 가운데서도 물의 전기분해에 관한 분야는 발생하는 수산화가스의 환경친화적 특성 및 안전성에 기인하여 더욱 활발히 연구되고 있다. 특히 에너지 수급에 어려움을 갖고 있는 우리나라는 선진각국의 이산화탄소 발생억제의 움직임에 대처하여 환경친화적인 화석연료의 대체에너지 개발에 관한 연구가 절실하다. 국외에서는 이미 상용화되고 연구 중인 물을 전기분해하여 얻어진 수소와 산소의 혼합가스는 화석연료를 대체할 수 있는 청정에너지원이며, 기존의 연료가스인 LPG와 아세틸렌가스 등에 비해 경제적, 환경측면에서 우수한 특성을 보여 큰 관심대상이 되고 있다. 수소와 산소의 혼합가스는 전해질인 수산화칼륨이 섞인 물을 전기분해하여 2.8 kg/cm^3의 압력 하에 생산한다. 혼합가스는 여과기에서 정화된 후 노즐을 통해 공기 중에서 연소시켜 여러 가지 온도특성(600℃ - 6,400℃)을 갖는 불꽃을 발생하고 가스용접기의 에너지원으로 사용된다. 경납 및 연납 등의 용접에 이용되며 우수한 불꽃 특성으로 인하여 그밖에 여러 가지 가열장치에 응용할 수 있고 산업용 및 가정용보일러 등 적용분야를 확대하고 있다. 산업용 연료에너지로 대체할 경우 전기분해장치의 대용량화가 요구된다[2]. 그러나 현재 공급전원, 전극구조, 재질, 전해질농도 등 발생효율의 최적화가 이루어지지 않았기 때문에 연구의 필요성이 크게 부각되고 있다. 기존의 물 전기분해장치는 용량에 따라 직류전원을 일정하게 공급하는 방식을 사용하며, 전원이 제어되지 않으므로 성능과 효율측면에서 좋은 결과를 얻기 힘들다. 또한 상용변압기로 교류전압의 크기를 변환하므로 부피와 무게가 커지는 문제점이 있다. 이러한 전기분해장치에 일정주기를 가지고, 첨두(peak)크기와 폭(width)을 특정한 값으로 제어한 펄스형태의 전기에너지를 공급하게 되면, 전기분해에 장애가 되는 요인을 감소시키는 효과를 얻을 수 있으므로 효율적인 측면에서 높은 성과를 얻을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 펄스 전원을 사용하여 수산화가스 발생기를 제작하였고 펄스의 시정수와 크기를 제어하여 가스량을 제어하여 보았고, 이를 실제 용접기에 적용하여 보았다.

2. 수산화가스 용접기의 구성

본 논문에서는 기존의 수산화가스 발생기용 전원의 단점을 개선할 전원을 제안하였다. 제어범위를 확장하고 전원장치의 부피와 무게를 줄이며 전극의 수

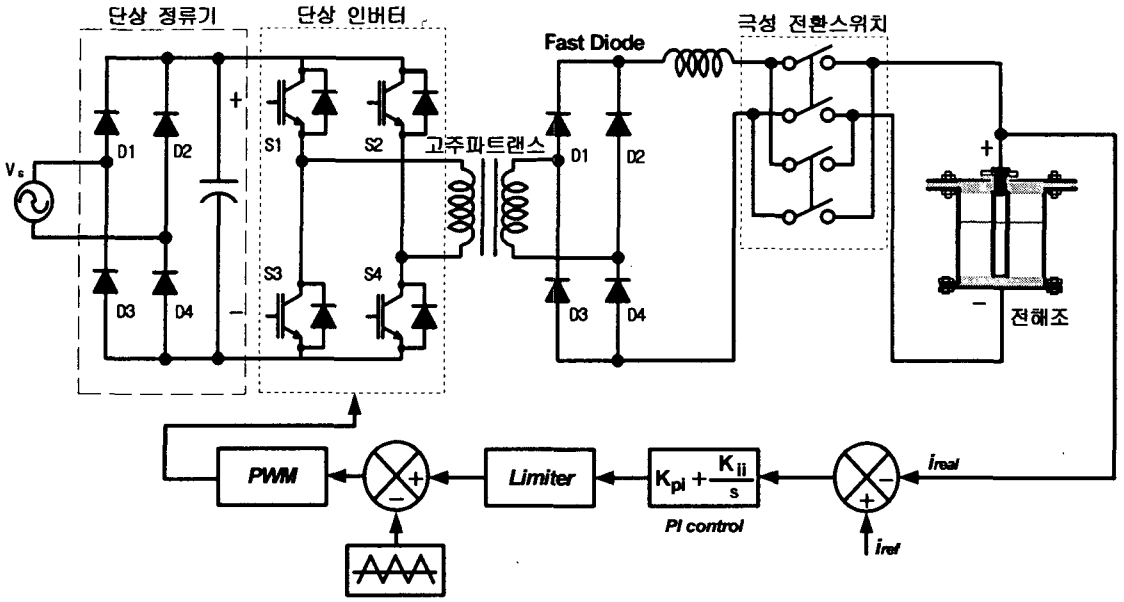


그림 1 제안된 수산화가스 발생 전원장치 구성도

Fig. 1 Proposed power supply circuit of Hydrogen-Oxygen-Gas generator.

명을 연장하고, 또한 물을 전기분해 할 때 효율적인 반응을 위해 일정전류를 공급하거나 특정 주파수의 펄스전원을 공급할 수 있도록 하는 전원방식을 제안하였다. 이러한 기능을 수행하기 위해서 전원부에는 PWM 인버터 그리고 제어부에는 마이크로프로세서 80c196kc를 적용하였다. 또한 전극의 수명을 연장하기 위하여 (+)극과 (-)극의 극성을 일정시간마다 전환하는 회로를 구성하였으며 산화되는 (+)극을 교대로 분담함으로써 극판의 소모를 줄이고 수명을 2배로 늘이고자 하였다. 그림 1은 용접에 적용되기 위하여 수산화가스 발생장치에 적용된 전원장치의 회로도이며 이를 위한 제어기로 사용된 PWM 변조방식은 산업체에서 널리 사용되고 구현하기도 쉬운 삼각파 비교방식의 PI제어기를 사용하였으며 실제 전류와 기준전류신호와의 오차를 PI제어기로 증폭하여 그 값을 캐리어신호와 비교하여 PWM변조기에서 스위칭 함수를 내보낸다.

그림 2와 같이 기준전류신호를 펄스 형태로 인가하면 펄스 형태의 전류를 전해조에 인가할 수 있게 되고 이는 일정 직류 전원을 인가하는 기존의 방식에 비하여 약 5%가량 가스발생량을 증가시킬 수 있다[3]. 또한 전해조는 단위면적당 최대의 전극면적을 얻기 위해서 원통형 전극을 사용하였다. 전기분해시 단일전극의 전해조는 거의 단락에 가까우므로 제어가 힘들다. 따라서 제어에 필요한 양호한 임피던스를 얻기 위해서 전해조는 여러 개의 전극이 전기적으로 직렬로 연결된 구조를 가져야 하며 이를 위해서는 단일전극이 아닌 내부에 동심원 형태의 배치를 한 복합전극이 필요하다. 본 논문에서는 주전극으로 산화가 되지 않는 스테인레스를 사용하였고 보조전극으로 동판을 사용하였다. 그림 3은 전해조의 단면도이며 보조전극 13개를 추가하여 15개의 셀로 구성되어 있으며 각 셀의 간격을 일정하게 하여 배열하였다.

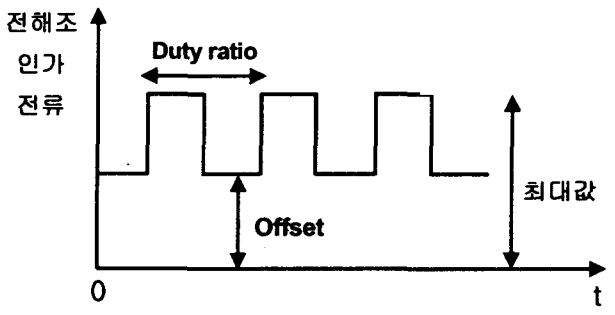


그림 2 순시전류 제어파형

Fig. 2 Instantaneous current control

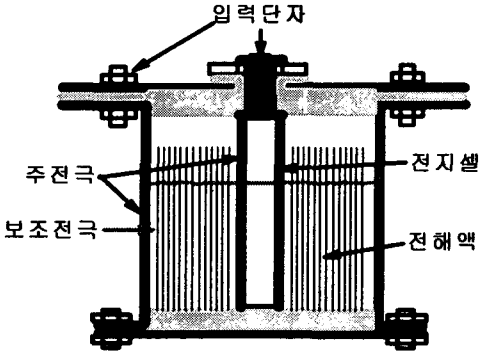


그림 3 전해조 단면도

Fig. 3 A cross section of electrolytic cell.

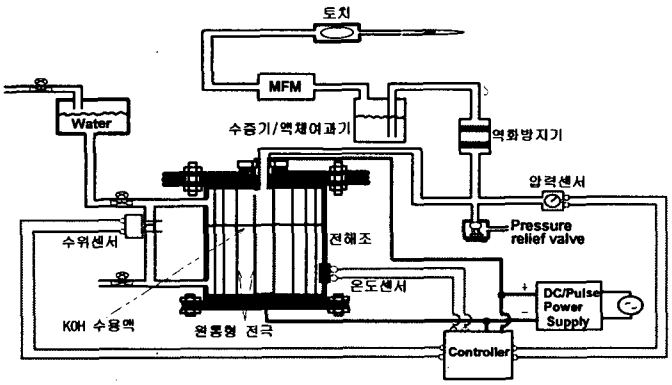
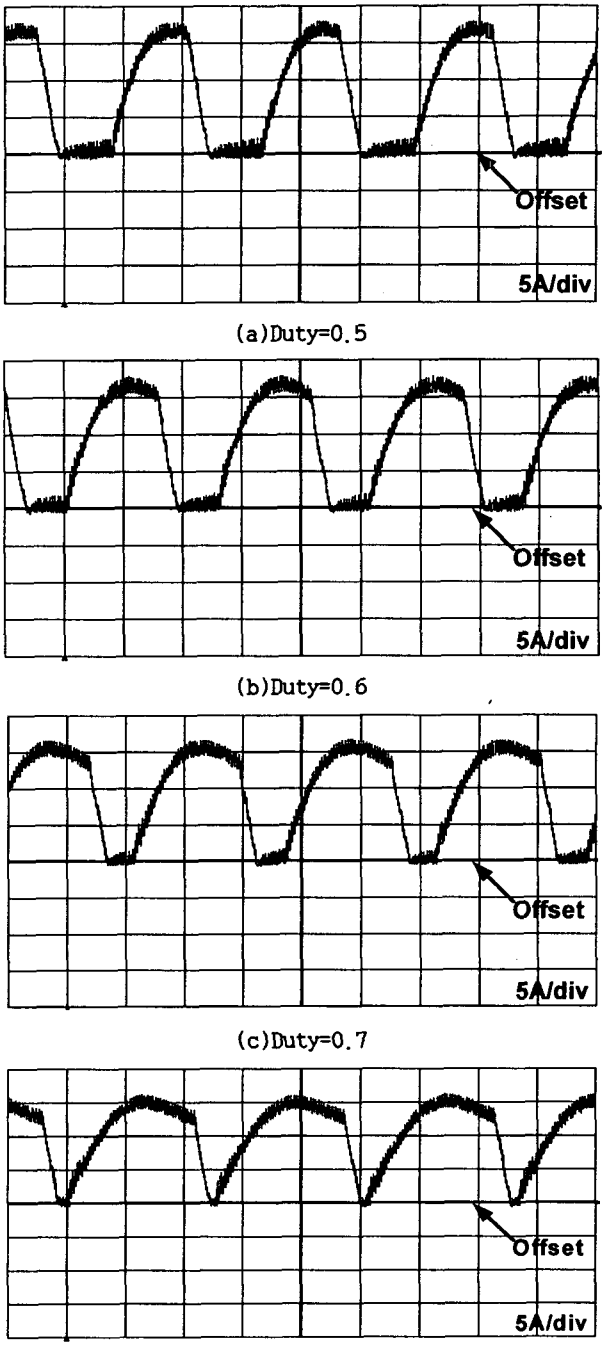


그림 4 수산화가스 발생장치를 이용한 용접시스템 전체구성도
Fig. 4 Welding machine using Hydrogen-Oxygen-Gas.

실제 용접에 수산화가스 발생기를 적용하기 위하여 몇 가지 안전장치가 필요하다. 전해조에서 생성되는 수증기가 나오게 되면 브라운 가스에 혼합되어 나와서 용접성능을 떨어뜨리므로 수증기의 혼합을 막아주는 수증기 여과기, 용접시 역화/역류현상을 막아주는 역화방지기, 전해조의 온도증가시 전류를 차단하는 온도센서, 전해조 물의 감소시 물을 공급하는 수위센서, 과전류를 방지하는 차단기 등의 안전장치를 추가 하였다.

3. 실험결과

그림 4와 같이 실험장치를 구성하여 물의 전기분해 실험을 하였고 펄스전원의 시비율과 크기를 변화시켜 전해조에서 생성되는 가스량을 측정해보았다. 물의 전기분해반응시에 촉매 역할을 하는 수산화 칼륨의 농도는 20%로 하였고 전해조에 인가되는 펄스 전류의 주파수는 400Hz로 하였다. 그림 6은 전류 기준 신호의 시비율을 가변하였을 때, 전해조에 인가되는 전류를 측정한 파형이고, 표 1은 이때의 가스 발생량을 나타낸다. 시비율을 증가시켜 전해조에 인가되는 전류를 증가시키면 가스발생량도 비례해서 증가함을 확인 할 수 있다. 그림 5의 실제 전류 파형이 그림 6의 기준전류신호처럼 완전한 구형파가 아닌 이유는 전해조 입력단 필터의 인덕턴스 성분 때문이다. 그림 7은 기준전류신호의 최소값 변동에 따른 전해조 인가전류의 파형이고, 표 2는 이때의 가스발생량 변화를 나타낸다. 펄스 전원의 최소값을 증가시켰을때 가스량이 증가함을 확인할 수 있었다. 그림 8은 수산화가스 용접기에서 나오는 수산화가스 불꽃 사진으로 불꽃의 길이는 200mm이상으로 긴 직진성을 가지는 것이 특징이다. 그림 9는 용접 실험 장면으로 순도 99.99의 비철 금속인 니켈, 아연, 구리, 주석을 용접해 본 결과 특별한 융재 없이 용접이 가능한 것을 확인하였다.



(a)Duty=0.5

(b)Duty=0.6

(c)Duty=0.7

(d)Duty=0.85

그림 5 전해조의 출력전류
Fig.5 Current waveform at electrolytic cell.

표 1 시정수에 따른 가스량 변화
Table 1 Amount of gas generating according to duty.

Duty	전해조 전압	전해조 전류(평균)	가스발생량
0.5	30[V]	7.5[A]	62[ℓ/h]
0.6	30[V]	9[A]	78[ℓ/h]
0.7	30[V]	10.2[A]	82[ℓ/h]
0.85	30[V]	13[A]	100[ℓ/h]

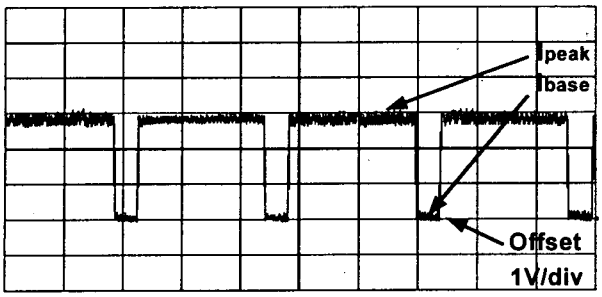
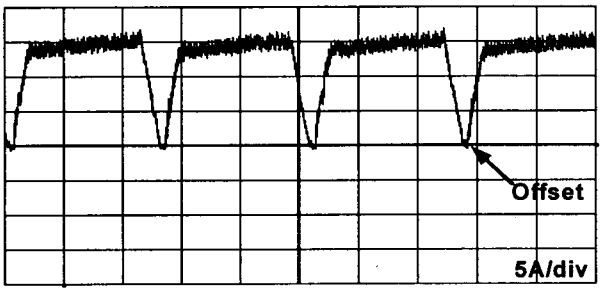
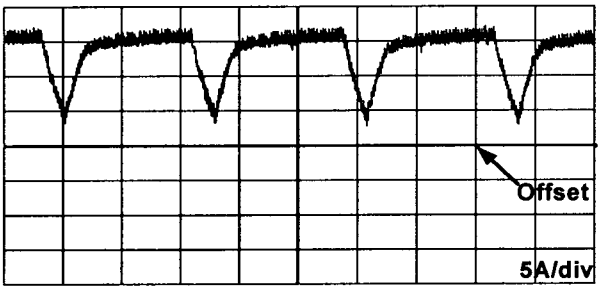


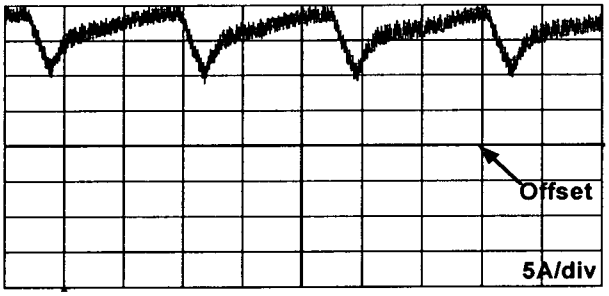
그림 6 기준 전류신호
Fig. 6 Current reference.



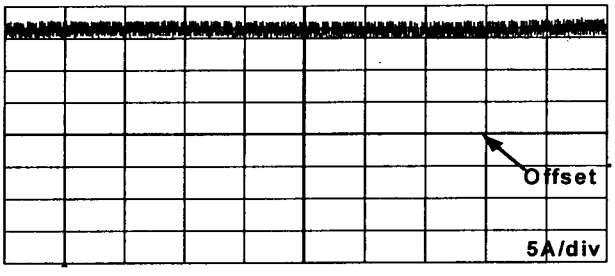
(a)Ibase=0V



(b)Ibase=1V



(c)Ibase=2V



(d)Ibase=3V

그림 7 기준전류신호 크기변화에 의한 전해조 전류
Fig. 7 Output current according to reference change.

표 2 기준신호 크기변화에 의한 가스량 변화
Table 2 Amount of gas generating according to current reference.

Ref (Duty=0.85)	가스발생량
Ipeak=3[V], Ibase=0[V]	140[ℓ/h]
Ipeak=3[V], Ibase=1[V]	152[ℓ/h]
Ipeak=3[V], Ibase=2[V]	170[ℓ/h]
Ipeak=3[V], Ibase=3[V]	224[ℓ/h]

그림 8 브라운가스 불꽃
Fig. 8 Flame of Brown gas.

그림 9 용접실험 장면
Fig. 9 Welding experimentation.

4. 결 론

본 논문에서는 기존의 기계적인 방식의 가스량제어를 전기적인 방법으로 제어해 보고자 했다. 일정 직류보다 가스량이 많이 발생되는 펄스전원을 제작하였고 기준 전류 신호의 크기와 시정수를 가변하여 가스량을 제어해 보았다. 또한 본 용접시스템을 실제 용접에 적용해 보았으며 수산화가스의 장점인 불꽃의 직진성, 매연이 생기지 않는 청정성 등을 확인하였고, 비철 금속의 용접에서 별도의 융재가 없이도 용접이 적용되는 특성을 확인 할 수 있었다. 향후에는 브라운가스 불꽃특성과 용접 특성에 대한 구체적인 연구가 필요하며, 전해조의 설계와 역화방지기 등의 안전장치에 관한 연구가 보완되야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] George Wiseman, "Super Gas Saver Secretes", Eagle Rearch, 1990.
[2] George Wiseman, "Brown's Gas, Book1", Eagle Rearch, 1995.
[3] 양승헌, "펄스전원을 이용한 수산화가스 발생특성의 향상에 관한연구", 건국대학교 학위논문, 2003.