

수산화가스 에너지를 이용한 전기용접시스템 개발

이용균, 박종찬, 최문규, 정병환, 목형수, 최규하
 건국대학교 전기공학과

Development of welding machine using Hydrogen-Oxygen Gas

Y.K. Lee, J.C. Park, M.G. Choi, B.H. Jeong, H.S. Mok, G.H. Choe
 Dept. of Electrical Engineering, Kunkuk 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. 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 and controller, standardized into level of whole system design base.

림 3의 그래프로 도시하였다.

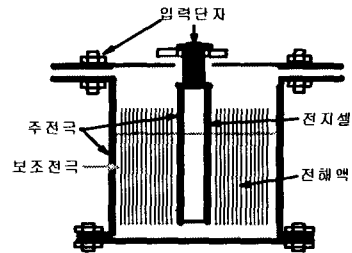


그림 1. 전해조 수직 단면도

1. 서 론

고도의 산업 발달에 따라 에너지의 수요가 증가하고 있으나 한정된 자원으로 인해 에너지 고갈상태에 직면하고 있다. 따라서 대체에너지 및 에너지절약에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 가운데서도 물의 전기분해에 관한 분야는 발생하는 수산화가스의 환경친화적 특성 및 안전성에 기인하여 더욱 활발히 연구되고 있다. 국외에서는 이미 상용화되고 연구 중인 물을 전기분해하여 얻어진 수소와 산소의 혼합가스는 화석연료를 대체할 수 있는 청정에너지원이며, 기존의 연료가스인 LPG와 아세틸렌가스 등에 비해경제적, 환경 측면에서 우수한 특성을 보여 큰 관심대상이 되고 있다. 그러나 현재 공급 전원, 전극구조, 재질, 전해질농도, 전해조 구조 등 발생효율의 최적화가 이루어지지 않았기 때문에 연구의 필요성이 크게 부각되고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존전원장치의 단점을 개선하는 새로운 전원장치와 원통형 전해조를 사용하여 수산화가스 발생기를 제작하였고 그 안전장치를 추가하여 이를 실제 용접기에 적용하여 보았다.

그 결과 등간격으로 전극이 배열될 경우 등부피일 때보다 가스발생량이 1.5~1.8배까지 증가하였다. 등부피로 전극을 배열할 경우 외각으로 갈수록 전극 간 간격이 좁아지기 때문에 많은 보조전극을 삽입할 경우 외각측에서 전극간의 단락이 발생할 수 있으므로 많은 보조전극을 삽입할 수 없다. 하지만 등간격으로 전극을 배열 할 경우에는 보다 많은 보조전극을 삽입 할 수 있기 때문에 전기분해가 보다 원활해진다. 이 실험 결과로 원통형전극을 사용할 경우에는 보조전극의 배열은 전극간 간격이 일정하도록 배열하는 방식이 보다 높은 효율을 보임을 알 수 있었다.

2. 전해조 설계

수산화가스 발생을 위한 전해조로 그림 1과 같은 구조의 원통형 단위전극을 설계하였다. 기존의 전극모양은 양극과 음극이 직사각형 모양의 평면전극이지만 전극구조의 효율적인 측면과 동일 부피 상에서 넓은 전극 표면적을 얻기 위하여 원통형 구조로 설계하였다. 전해액은 25[%]농도의 수산화칼륨(KOH)를 사용하였고 전극의 재질은 산화되기 어려운 스테인레스를 사용하였다. 외각 주전극은 원통지름을 210[mm]로 고정시키고, 중심전극은 지름을 43[mm], 50[mm]로 하여 2개의 원통형 전극을 교환할 수 있도록 제작하였다. 또한 중심 전극과 외각전극 사이에 삽입되는 보조전극은 등간격과 등부피의 두가지 형태로 제작하여 전극간의 간격에 따라서 수산화가스 발생량의 차이를 비교해 보았다. 그림 2와 같이 전극간 간격을 5[mm]로 일정하게 배열한 전해조와 전극간 부피가 일정하도록 전극을 배열한 전해조에 같은 전류를 인가하였을 때 수산화가스 발생량을 알아보았고 그 결과는 그

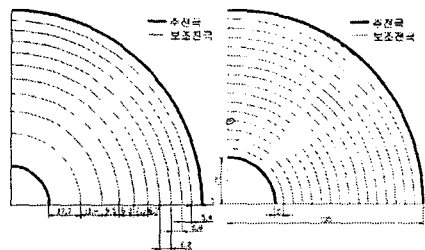


그림 2. 전해조 수평 단면도 (등부피와 간격)

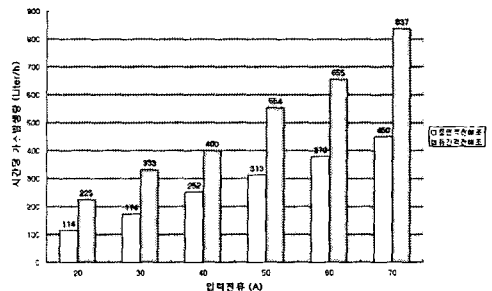


그림 3. 입력전류에 따른 가스발생량

3. 전원부 설계

본 논문에서는 기존의 수산화가스 발생기용 전원의 단점을 개선한 전원을 제안하였다. 기존의 수산화 가스 발생을 위해 사용하던 전원은 그림 5와 같이 상용 교류를 변압기를 사용하여 감압한 후 다이오드 정류기로 직류를 만들어 내는 방식이었다. 이러한 전원방식은 전해조에 인가되는 전원의 크기 제어가 불가능하여 가스량 제어를 하게 될 경우 밸브등과 같은 기계적 방식을 사용하기 때문에 전해조에서 발생하는 가스량은 많고 사용하는 가스량이 적을 경우 전해조의 가스압력이 높아져서 이를 방지하기 위한 별도의 장치가 필요하다는 단점이 있다. 또한 상용변압기를 사용하기 때문에 전체 시스템의 부피와 무게가 증가한다는 단점이 있었다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 그림 4와 같은 인버터를 사용한 PWM전류 제어방식의 전원장치를 제안하였다. 먼저 상용교류를 다이오드 정류기를 사용하여 직류로 변환하고 인버터에서 10kHz이상의 고주파 교류로 변환하여 다시 고주파 변압기를 사용하여 전압을 감압한 후 fast recovery 다이오드 정류기에서 직류로 정류된다. 또한 물을 전기분해 할 때 효율적인 반응을 위해 특정 주파수의 펄스전원을 공급할 수 있도록 하는 전원방식을 사용하였다. 이러한 기능을 수행하기 위해서 전원부에는 PWM 인버터 그리고 제어부는 TI사의 DSP인 TMS320 LF2407A를 사용하였다. 또한 전극의 수명을 연장하기 위하여 (+)극과 (-)극의 극성을 일정시간마다 전환하는 회로를 구성하였으며 전기분해시 산화반응이 일어나는(+)극을 교대로 분담함으로써 전극의 산화로 인한 마모를 줄이고 수명을 2배로 늘이고자 하였다.

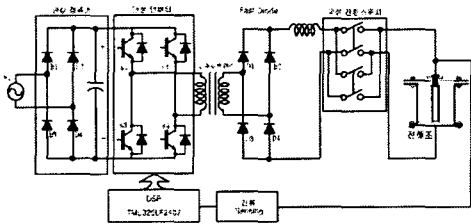


그림 4. 개선된 전원장치

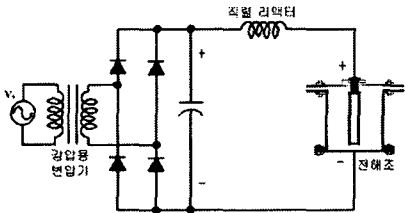


그림 5. 기존의 전원장치

4. 용접시스템의 전체구성

그림 6은 수산화가스 용접시스템의 전체 구성도 이다. 실제 용접에 수산화가스 발생기를 적용하기 위하여 몇 가지 안전장치가 필요하다. 전기분해 시 전해조에서 전류가 흐르게 되면 전해조에서는 열이 발생하게 되는데 전해조 내부의 온도상승으로 인하여 전해조 내부의 전해액이 수증기를 생성하고 이 수증기는 수산화 가스에 혼합되어 나와서 용접성능을 떨어뜨리므로 수증기의 혼합을 막아주는 수증기 액체 여과기가 필요하다. 또한 용접 시 전해조 내부의 압력이 외부의 압력보다 낮아지게 되거나 용접기 소화 시에 불꽃이 전해조안으로 역류해서 들어가는 현상 역화/역류현상이 발생하는데 불꽃의 역류를 막

아주는 역화방지기가 필수적이다. 또한 전해조의 온도증가 시 전류를 차단하는 온도센서, 과전류를 방지하는 과전류 차단기 등의 안전장치를 추가 하였다. 사용자의 입장에서 입력전압과 전류를 확인할 수 있는 전압계와 전류계 그리고 가스압력을 확인할 수 있도록 가스압력계를 장착하였다. 그림 9는 실험을 위해 제작된 프로토타입의 5[kW]급 수산화가스용접기 사진이다. 그림 9의 후단부에 위치한 것이 물을 전기분해하는 원동형 전해조와 역화방지기이고, 상단부에 전원부가 위치한다. 그림 8은 수산화가스용접기를 위에서 본 모습으로 전원부와 제어부의 사진이다.

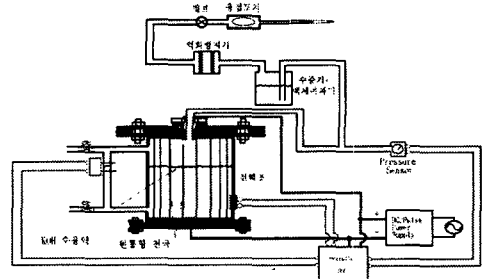


그림 6. 수산화가스용접기의 전체구성

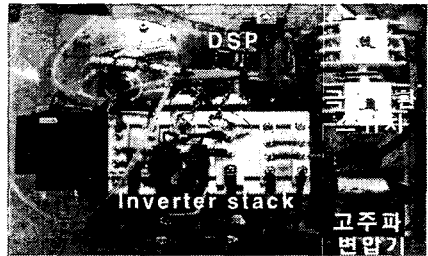


그림 8. 전원부와 제어부



그림 9. 제작한 수산화가스용접기 정면

5. 실험

그림 9와 같이 실험장치를 구성하여 물의 전기분해 실험을 하였고 펄스전원의 주파수를 변화시켜 전해조에서 생성되는 가스량을 측정해보았다. 펄스 전원의 시비율을 결정하기 위하여 주파수를 일정하게 하고 시비율을 변화하여 수산화가스량을 측정하여보았다. 전해조에 인가되

는 펄스 전류의 주파수는 400Hz로 하였다. 그림 11은 전류 기준 신호의 시비율을 가변하였을 때, 전해조에 인가되는 전류를 측정할 파형이고, 표 1은 이때의 가스 발생량을 나타낸다. 시비율을 증가시켜 전해조에 인가되는 전류를 증가시키면 가스발생량도 비례해서 증가함을 확인할 수 있다. 따라서 각 주파수에서의 실험시 펄스 듀티를 75%로 고정하여 실험을 수행하였다. 그림 11의 전류 파형이 그림 10의 기준전류신호처럼 완전한 구형파가 아닌 이유는 전해조 입력단 필터의 인덕턴스 성분 때문이다. 기준전류신호를 추종하여 PI제어기가 제대로 동작함을 확인할 수 있다. 이상과 같이 펄스형 전류를 위한 PWM 컨버터전원의 기본적인 실험 후 펄스전류의 주파수를 120~400[Hz]까지 변화시키면서 각각의 경우 발생량 및 출력전류를 측정하였다. 표 2는 그 결과값을 나타낸 것이다. 일정 직류전류 인가시의 가스발생량과 각각의 펄스 전류 인가시의 가스발생량은 선형영역에서는 큰차이를 보이지 않았으며 포화영역에서 각각의 주파수에서의 가스발생량이 선형적으로 변화하는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 펄스 전류 인가 시에서의 운전은 포화점 이상에서 사용할 때 직류전류인가시보다 더 많은 가스를 발생시킨다. 또한 수산화가스 용접기를 실제 용접에 적용해 보았다. 그림 12는 수산화가스 용접기에서 나오는 수산화가스 불꽃 사진으로 불꽃의 길이는 200mm이상으로 긴 직진성을 가지는 것이 특징이다. 그림 13은 용접 실험 장면으로 순도 99.99의 비철 금속인 니켈, 아연, 구리, 주석을 그림 처럼 용접해 보았다. 수산화가스 용접기에서 나오는 수산화불꽃은 처음에 금속과 접하게 되면 물로 환원되면서 금속표면에 물방울이 맺히고 곧 물이 증발하면서 용접이 진행된다. 용접하는 금속의 종류에 따라 서로 상이한 불꽃특성을 갖게되며 비철 금속의 경우 특별한 용재 없이 용접이 가능한 것을 확인할 수 있었다.



그림 10. 기준전류신호

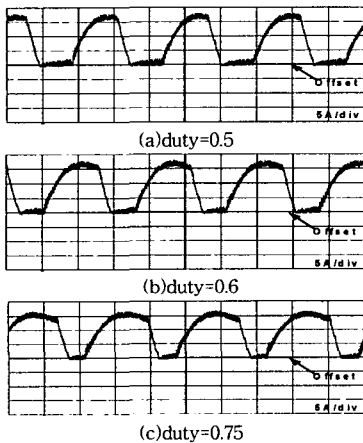


그림 11. 시비율 변동에 따른 전해조의 전류파형

표 1. 시비율 변동에 따른 가스발생량

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]
0.75	30[V]	11[A]	84[ℓ/h]

표 2. 전류주파수변동에 의한 가스량 변화 [ℓ/h]

[Hz]	DC	120	200	250	300	350	400
10[A]	67	72	70	69	50	57	50
15[A]	131	144	134	132	108	120	150
20[A]	192	234	211	193	203	192	231
25[A]	253	325	269	271	279	243	306
30[A]	317	373	341	340	333	324	361
35[A]	403	474	398	435	417	414	445
40[A]	469	509	473	493	476	478	509
45[A]	532	575	556	559	522	595	555
50[A]	607	641	637	597	594	626	631
55[A]	675	680	674	655	654	674	668
60[A]	758	770	721	673	711	714	716
65[A]	787	804	790	791	780	791	801
70[A]	810	841	856	856	860	885	877
75[A]	816	906	934	944	945	968	983



그림 12. 수산화가스의 불꽃



그림 13. 용접시험

6. 결론

본 논문에서는 수산화가스 용접기 개발을 위한 필수 요소인 전해조와 전원장치의 효율 개선을 위한 종합적인 내용을 다루었다. 기존의 직육면체 형태의 전해조를 전극의 표면적을 넓히기 위하여 원통형 전극을 사용하였고, 기존의 다이오드정류 전원방식을 전류제어형 PWM 인버터 전원방식으로 교체하여 기존의 기계적인 방식의 가스량제어를 전기적인 방법으로 제어하고자 하였다. 또한 상용변압기 대신 고주파 변압기를 사용함으로써 전원장치의 크기와 무게를 줄일 수 있었으며, 전극의 수명을 연장하기 위하여 전해조의 극성을 전환하는 방법을 소개하였다. 일정직류 전원이 아닌 펄스전원을 사용하여 동일 전력 시 보다 많은 가스량이 발생되도록 하였다. 마지막으로 수산화 용접시스템을 실제 용접에 적용해 보았고, 수산화가스를 이용한 용접 시 나타나는 특징들을 관찰할 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] George Wiseman, "Super Gas Saver Secretes", Eagle Rearch, 1990.
- [2] George Wiseman, "Brown's Gas, Book1", Eagle Rearch, 1995.
- [3] 양승현, "펄스전원을 이용한 수산화가스 발생특성의 향상에 관한 연구", 전국대학교 학위논문, 2003.
- [4] A. B. Plunkett, "A Current Controlled PWM Transistor inverter Drive", IEEE. IAS. Pro. Annual Meeting, pp.785~792, 1979.