플라즈마 토치용 전원장치

유효열, 심은용, 이제환, 김태현
(주)다원시스

Introduce of Plasma Torch Power Supply

Yoo Hyoyol, Shim Eunyong, Lee Jehwan, Kim Taehyun
Dawonsys Co. LTD.

ABSTRACT

플라즈마 토치는 고온의 열발생이 가능하여 환경 분야의 폐기물 처리에 적용이 늘어나고 있는 추세이다. 이에 따라 본 논문에서는 플라즈마 토치에 적용하는 당사의 Power Supply의 구성, 설계 및 운전방식에 관하여 설명하였다.

1. 서론

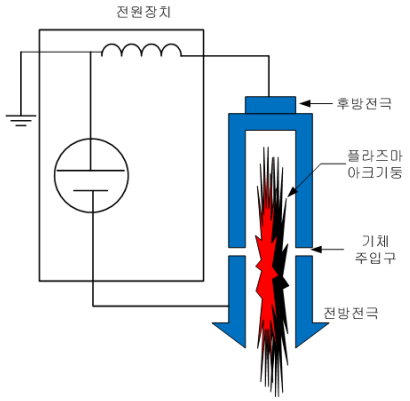
최근 특정 산업폐기물의 환경오염이 사회적 문제로 대두되면서 플라즈마의 고온 열을 이용한 폐기물 처리기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 근본적으로 플라즈마 기술에 의한 특정 폐기물 처리에 대한 응용 및 활용은 이차 환경오염 문제를 해결하기 위한 방법으로 볼 수 있다. 플라즈마 토치는 난분해성인 유독성 화학폐기물 등을 고온 열분해시켜 무공해 물질로 전환시켜 에너지 및 자원화가 가능하며, 중금속 함유 폐기물을 고온에서 용융시켜 유가금속을 회수하거나, 안정한 유리질 고용체에 고용화 시키는 등 현재 그 사용 범위가 더욱 넓어지고 있다. 이에따라 플라즈마 토치를 운전하기 위한 전원장치의 중요성이 대두 되고 있으며 전원장치의 고효율, 안정성, 편리성등을 더욱 높이기 위한 노력이 활발히 전개되고 있다.

2. 본론

2.1 플라즈마 토치

플라즈마 토치에서 발생시킨 전자, 이온, 원자와 분자로 구성된 이온화 기체로, 수천에서 수만 에 이르는 초고온과 높은 열용량을 가진 고속제트 불꽃 형태를 띠고 있어서 고체, 액체, 기체와는 전혀 다른 극한적인 물리화학적 특성을 갖는 제4의 물질의 상태이다. 이러한 초고온, 대열용량, 고속, 다량의 활성입자를 갖는 열플라즈마의 특성을 이용하여 한계에 다다른 기존 소각방식등의 기술에서 얻을 수 없는 다양하고 효율적이며 환경면에서 깨끗한 초고온 열원이나 물리화학 반응로로 여러 산업분야의 첨단 기술개발에 사용되고 있다.

환경분야에서의 폐기물처리는 플라즈마 토치로 만든 고온고열의 소각용융로를 이용해서 생활 및 유해 산업 폐기물을 열분해시켜 연소가스로 재활용하거나 유리고화시켜 유해물질 파괴 및 안정적 격납과 부피감량을 통해 공해문제를 해결하는 기술개발이 주류이다

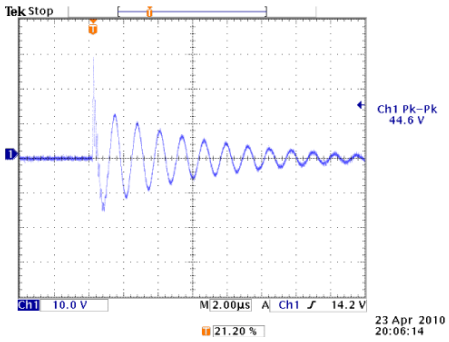


[그림1] 플라즈마 토치의 구성

2.2 전원장치 구성

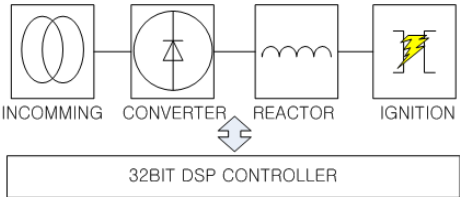
일반적으로 플라즈마 토치의 전원장치는 다음과 같이 구성되고 설계시 사양에 마진율을 적용하여 부품의 선정이 이루어진다..

- Incomming : 주전원을 투입 또는 차단하는 메인 스위치와 출력 전압 및 전류 사양에 따른 Trasnformer가 있다. Transformer는 Converter에서 발생하는 고조파로 인한 권선의 전력 손실 및 그로 인한 온도 상승에 대한 억제 대책을 강구하여야 한다.
- Converter : AC 전원을 DC전원으로 변환시켜 주기위한 회로이며 일반적으로 IGBT를 이용한 Chooper 회로나 SCR을 이용한 PCR 회로를 사용한다. 이를 설계하기 위해서는 Transformer와 결합시의 전압의 변동, 최대 단락 전류, 교류측 고조파, 직류측 맥류(ripple)등이 고려되어야 한다. 그리고 첨두역전압의 2.5배 전압에서도 충분한 내력을 갖는 소자를 사용하여야 한다.
- Reactor : 플라즈마 토치의 경우 di/dt의 변동이 심하여 일정한 출력의 유지가 힘드므로 적절한 Inductance를 회로에 삽입하여 정전류 출력를 유지한다. 이때 Converter 회로의 종류에 따라 L/R의 값을 달리 설정한다.
- Ignition : 초기 플라즈마 토치는 양 전극 사이에 전류가 흐르지 않고 개방회로로 되어있기 때문에 높은 전압 및 고주파를 이용하여 전극 사이의 절연을 무너뜨려 Arc 방전을 하기 위한 Ignition 회로가 필요하다. 이때 Gap 스위치를 사용하여 Ignition 전압의 가변이 가능하도록 한다.



[그림2] Ignition 전압(1000:1)

- 보호 장치 : Snubber회로, Surge Protector, 무부하 저항기, Fuse, Thermal Sensor등의 보호 장치 및 회로가 장착되어 있어야 하며 모든 보호장치는 오동작을 방지하기 위해 서로 보호협조가 되도록 감안하고 전원장치에 의해 주변 기기의 동작에 지장을 초래하지 않도록 하여야 한다.
- Controller : 플라즈마 토치의 경우 플라즈마 화염을 발생하기 위한 특별한 시퀀스가 적용되고 운전 중 정특성 제어를 위하여 빠른 연산과 각각 구성장치의 보호기능을 위하여 고성능의 제어기가 필요하다.



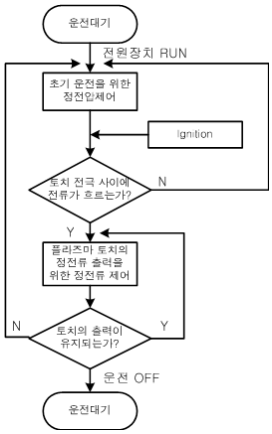
[그림3] 플라즈마 토치 전원장치의 구성

[그림4] 플라즈마 토치 전원장치의 외관

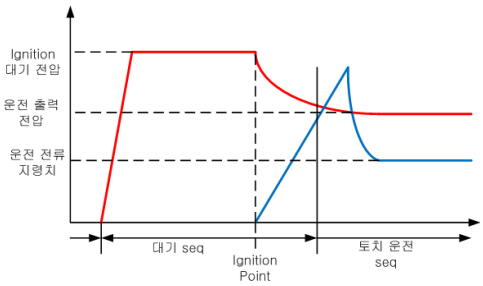
[그림5] 플라즈마 토치 전원장치의 내부

2.3 Control Sequence

플라즈마 토치용 전원장치는 정전압 제어와 정전류 제어의 두가지 제어 시퀀스를 가진다. 초기 전원장치에 전원이 인가된 상태에서 플라즈마 토치의 양 전극 사이에 일정 전압을 유지하며 대기한다. 이 때 토치의 양단에 고전압, 고주파의 아크를 발생시켜 초기 전압의 아크 방전이 이루어져(Ignition) 전류가 흐르기 시작하면 전원장치의 제어기가 이를 감지하여 설정된 전류를 흘리기 시작한다. 이에 의해 플라즈마 토치의 출력이 발생하게 되어 고온의 플라즈마가 발생하게 된다. 플라즈마 토치의 아크가 꺼지게 되면 전류는 다시 흐르지 않게 되고 이에따라 제어기는 다시 정전압 모드로 변경되고 다음 운전을 대기하게 된다.



[그림6] 운전 순서도



[그림7] 토치 운전 시퀀스 다이어그램

3. 결론

기존 폐기물 소각방식에 비해 여러 가지 장점을 가진 플라즈마 토치는 산업폐기물등의 재처리 분야에서 응용범위를 더욱 넓혀 갈 것으로 예상된다. 현재에는 주로 유독 폐기물 처리에 선진국을 중심으로 플라즈마 상용화 개발을 추진중에 있으나, 향후에는 폐기물 소각시 이차 오염이 되는 다이옥신, 중금속의 안정화 처리와 재활용 측면에서 일반 산업폐기물은 물론 도시 쓰레기에도 플라즈마 토치를 이용할 가능성이 크다. 이에 따라, 안정적인 운전과 높은 효율을 보장하는 플라즈마 토치용 전원장치의 설계 및 제작 기술이 뒷받침 된다면 그 활용범위는 더욱더 넓어 질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] J. R. Fincke, W. D. Swank, R. L. Bewley, D. C. Haggard, M. Gevelber, D.Wroblewski, Surface and Coatings Technology. 146-147, 537 (2001)
[2] M. I. Boulos, P. Fauchais, E. Pfender, Thermal Plasmas, Vol. 1, Plenum Press, N.Y.(1994)