

## 질소와 아르곤 가스를 이용한 플라즈마의 전기적특성 연구

### The study of Electrical Characteristic of Plasma by Nitrogen and Argon

김동구\*, 박기배\*\*, 한상도\*\*, 한상욱\*  
충남대학교\*, 한국에너지기술연구소\*\*

D.G.Kim\*, K.B.Park\*\*, S.D.Han\*\*, S.O.Han\*  
ShungNam National Univ., Korea Institute of Energy Research\*\*

#### Abstract

The current-voltage characteristic have been measured in a gas stabilized DC arc generated in a non-transferred arc plasma torch operating on a mixture of argon and nitrogen. Relation between voltage and current to these arcs has been examined by plasma power and current under different flow rates and gas mixture ratios. Firstly, The voltage and current of arc plasma used argon was measured and secondly, in argon-nitrogen mixed gas regime, the flow rate of nitrogen was increased slowly. When the flow rate of nitrogen was increased, electrode drop of potential was increased.

#### 1. 서 론

최근 산업화에 따른 대기오염이 심각해 짐에 따라 환경에 대한 전세계의 관심이 급격히 높아지고 있다. 산업발전과 인구증가에 의해 화석연료의 소비량이 급격히 증가하고 있으며 그리 멀지 않은 장래에 지구에 매장되어 있는 화석연료는 고갈될 것이다. 또한 화석연료의 연소시에 발생하는 막대한 양의 배출가스는 지구온난화 및 토양의 산성화에 많은 영향을 미치고 있다. 따라서 오염이 적고 효율적인 대체

에너지의 개발이 중요시 되고 있는데 그중의 하나가 수소연료이다. 수소는 연소시에 산소와 반응하여 물 분자를 이루므로 공해의 우려가 적고 지구상에 거의 무한하게 분포한다.

본 연구에서는 청정연료로 대두되고 있는 수소의 제조공정에 이용되는 플라즈마의 전기적 특성에 대해서 고찰하였다. 플라즈마 발생기체는 아르곤과 질소를 사용하고 각 기체의 MFR(Mass Flow Rate)에 따른 전기적 특성을 고찰하고 아르곤에 질소를 혼합할 경우에 질소가 미치는 영향에 대해서 분석하였다.

#### 2. 실험장치 및 방법

##### 2.1 실험장치

그림1에는 DC arc plasma의 발생에 이용된 장치의 개략적인 도면을 나타내었다. 플라즈마의 발생에 사용하는 전원으로는 상용 3상전압을 전파정류한 DC전원을 사용하였다. 초기점화는 spark air gap을 사용하여 유도코일에 유기된 고주파전압을 사용하였고, 점화된 이후에는 직류전원으로 전환하였다. Arc 와 플라즈마에 의해 발생된 열에 의해 전극이 녹아 내리는 것을 방지하기 위해서 냉각수를 사용하여 냉각하였다. 냉각수는 양극과 음극의 power line을 통해서 공급되었으며 양극과 음극은 절연격벽에 의해서 절연되었다. 플라즈마 발생용 가스의 flow rate는 MFC(Mass Flow Controller)에 의해서 조정되었으며 아르곤과 질소의 혼합가스를 사용하는 경우에는

gas mixer를 사용하여 가스를 혼합한 후 이용하였다.

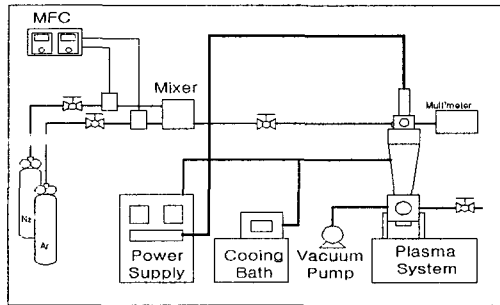


그림 1. 플라즈마 발생장치 도면

Arc가 발생하는 전극으로는, 양극은 구리를 가공하여 사용하였으며, 음극은 직경 5mm의 텅스텐 봉 전극을 사용하였다. 양극은 플라즈마가 발생하여 외부로 분출하는 노즐의 역할을 겸하며 노즐의 직경은 5mm로 고정하였다. 텅스텐음극의 끝부분은 60°의 각도로 가공하여 사용하였으며 극간의 거리는 1mm로 고정하였다.

## 2.2 실험방법

플라즈마 발생용 가스(Ar)는 MFC에 의해 초기에는 10[SLPM]으로 고정하고 전류도 150[A]로 고정하였다. 전류는 150[A]로 유지한 상태에서 Ar의 MFR을 증가시켜 가면서 전압과 전류를 측정하였다. 또한 Ar의 MFR을 10, 15, 20, 25[SLPM]로 고정된 상태에서 각각의 MFR에 대해서 전류를 150[A]에서 300[A]까지 증가시켜가면서 전압을 측정하였다.

아르곤과 질소의 혼합가스에 의한 특성을 측정하기 위해서 초기에는 아르곤만으로 플라즈마를 발생시킨 후 점차적으로 질소의 MFR을 증가시켜 가면서 각각의 경우에 대해서 전류를 150[A]에서 300[A]까지 증가시켜가면서 실험하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 Ar의 MFR에 따른 전압 전류특성

그림2에는 Ar의 flow rate에 따른 V-I특성을 나타내었다.

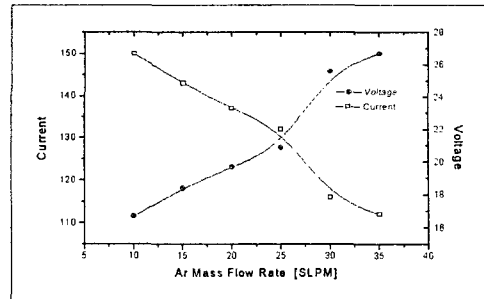


그림 2. Ar의 flow rate에 따른 V-I특성

Ar의 MFR이 증가함에 따라 점차적으로 전압은 증가하고 전류치는 감소하는 경향을 보인다. 이는 Ar의 양이 증가함에 따라 Ar의 선속도가 증가하여 arc의 경로가 길어지며 또한 아크경로에 존재하는 플라즈마화된 이온들이 Ar에 의해 밀려나서 arc경로 상의 도전성이 감소되기 때문으로 보여진다. 또한 Ar의 MFR이 증가할수록 플라즈마 불꽃이 점차 불안정한 상태로 되었는데 이는 공급되는 Ar분자들이 완전히 이온화 되지 못하여 arc경로의 도전율의 변화가 심하여 플라즈마의 상태가 불안정해 지는 것으로 보여진다.

그림3에는 각각의 Ar MFR에서의 전류에 따른 전압의 변화를 나타낸다. 그림에서 보이는 것과 같이 각각의 경우에 거의 동일하게 전류가 증가함에 따라 전압도 함께 증가하는 경향을 볼 수 있다. 그러나 전류의 변화에 대한 전압의 변화는 상대적으로 둔감한 것을 볼 수 있다. 이것은 arc 경로의 상의 이온의 밀도가 증가하여 arc경로의 도전율이 높아져서 상대적으로 전압강하가 낮아졌음을 나타낸다.

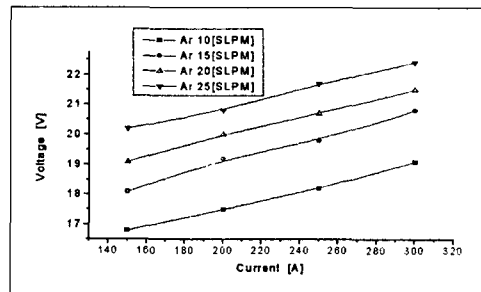
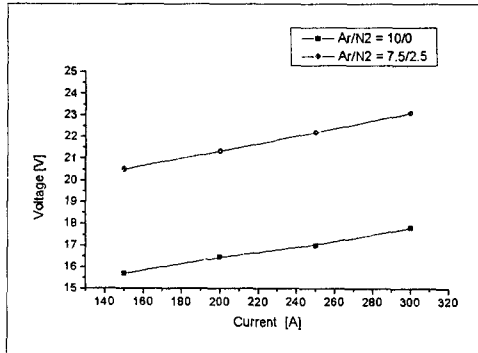


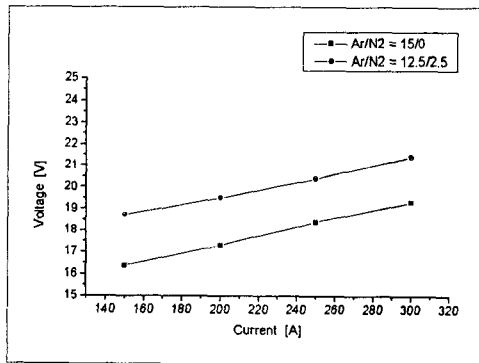
그림 3. 각각의 Ar flow rate에 따른 V-I특성

### 3.2 Argon-Nitrogen 혼합가스에 의한 플라즈마의 V-I 특성

그림4에는 아르곤과 질소의 혼합가스에 의한 전압 전류특성을 나타내었다.



(a)



(b)

그림 4. Ar-Nitrogen 혼합가스에 의한 플라즈마의 V-I 특성

그림4의 (a)(b)에서 보이는 것과 같이 아르곤만을 이용하여 플라즈마를 발생시켰을 경우보다 질소를 혼합한 경우가 더 높은 전압강하특성을 보였다. 이것은 단원자분자인 아르곤을 이온화시키는데 소요되는 에너지보다 다원자분자인 질소를 이온화시키는데 소요되는 에너지가 더 크기 때문으로 보여진다. 아르곤에 대한 질소의 함량비가 낮은 경우 전압강하의 비는 더 낮게 됨을 알 수 있다. 또한 질소의 함량비가 높을수록 같은 전류에서 플라즈마의 상태가 더욱 불안정해지는 현상을 나타냈는데 이는 다원자

분자인 질소분자들이 arc경로의 도전율에 미치는 영향이 단원자분자인 Ar보다 크기 때문으로 보여진다. 전체적인 실험에서 chamber의 압력이 높을수록 플라즈마는 보다 안정된 상태를 유지하였다. 이는 압력이 높아짐에 따라 이온의 확산속도가 느려져서 플라즈마의 상태가 안정되는 것으로 보여진다.

### 3. 결 론

이상과 같은 DC arc plasma를 사용한 실험으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 일정한 flow rate의 플라즈마 발생가스에 대해서 전류가 증가하면 전압강하도 증가하고 arc경로의 도전율도 증가한다.
2. 같은 power에서 보다 안정된 플라즈마상태를 유지하기 위해서는 다원자분자의 가스보다는 단원자분자 가스를 사용하는 것이 유리하다.
3. 주위의 압력이 높으면 플라즈마는 보다 안정화될 수 있다.

※ 본 연구는 산업지원부 출연연구비에 의해서 수행되었습니다.

### 4. 참고문헌

1. A.K.Das "DC plasma torch voltage and current characteristics through heat balance measurements" Plasma Sources Sci. Technol. 3 pp108-113 1994
2. "아크 플라즈마 연구를 위한 기초자료조사연구" 한국전기연구소 1985
3. Dr. Salvador "The Plasma Arc Torch Its Electrical and Thermal Characteristics" International Symposium on Environmental Technologies Plasma System and Applications pp45-66 1995
4. J.E.Kwak "The Behavior of Titanium, Stainless Steel, and Copper-Nickel Alloys as Plasma Torch Cathodes" Plasma Chemistry and Plasma Processing vol.16, No.4, pp577-603 1996