

Arc Plasma를 응용한 수소제조 특성

김 동 구*, 박 기 배**, 명 광 식**, 한 상 도**, 한 상 옥*
 충남대학교*, 한국에너지기술연구소**

The Characteristic of Hydrogen Production by Application of Arc Plasma

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

Abstract

DC Arc Plasma was applied in order to convert of hydrocarbon fuels (Methane) to hydrogen, which has higher available energy. Plasma can generate very high temperatures with a high degree of control, using electricity. Plasma can be used to produce the pure hydrogen fuel, and has rapid response time. In addition, the use of plasma could provide for a greater variety of operating modes including the possibility of virtual elimination of CO₂ production by pyrolytic operation and could obtain byproduct (Carbonblack).

1. 서 론

산업발전과 인구증가에 의해 화석연료의 소비량이 급격히 증가하고 있으며, 그에 따른 환경문제가 전세계적으로 심각하게 대두되고 있다. 화석연료는 그리 멀지 않은 장래에 고갈될 것이다. 또한 연소시에 발생하는 막대한 양의 배출가스는 지구온난화 및 토양의 산성화에 많은 영향을 미치고 있다. 오염이 적고 효율적인 대체에너지의 개발이 전세계의 관심이 되었다. 최근 공해가 적은 청정에너지로 수소가 대두되고 있는데, 수소는 연소시에 공해의 우려가 적고 자연계에 풍부히 존재하며, 탄화수소계 가스로부터 얻을 수 있다.

본 논문에서는 메탄을 DC Arc Plasma로 분해하여 수소를 얻는 방식에 대해서 연구하였다. 플라즈마를 이용하여 수소를 생산하는 방식은 기존의 Partial Oxidation, Steam Reforming 방식에 비해 응답속도 및 제어특성이 좋으며, CO₂와 같이 온실효과를 유발하는 가스가 발생하지 않는다. 또한, 부산물로서 Carbonblack을 얻을 수 있다. 플라즈마 발생용 가스로는 아르곤을 사용하였다.

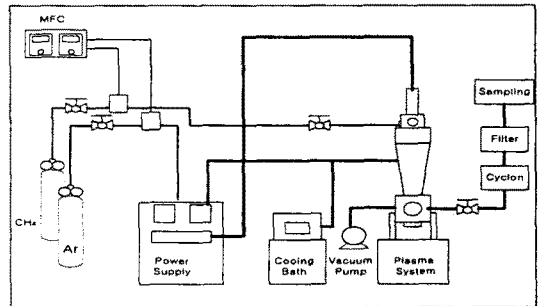
2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

플라즈마의 발생 및 메탄의 분해에 이용된 장치의 개략적인 도면을 [그림1]에 나타내었다.

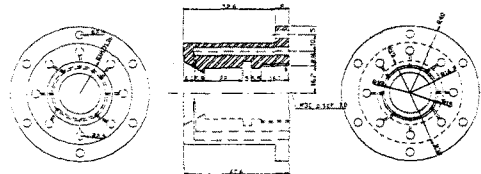
플라즈마의 발생에 사용되는 가스는 불활성가스

인 아르곤을 사용하였고, 아르곤의 주입량은 MFC(Mass Flow Controller)에 의해서 조절되었다. 사용된 전원은 상용 3상전력을 전파정류한 DC전원을 사용하였다. 초기점화는 Spark Air Gap을 사용하였고, 점화된 후에는 DC 전원으로 전환하였다. 플라즈마의 열에 의한 챔버 및 플라즈마트론의 손상을 방지하기 위해서 냉각수를 사용하여 냉각하였다. 전극으로는, 양극은 구리를 사용하였고, 음극은 직경 5mm의 텅스텐 봉전극의 끝단을 60°로 가공하여 사용하였다.극간의 최단거리는 1mm로 유지하였다. 양극은 노즐의 역할을 겸하게 하여 직경 5mm, 길이 7mm로 하였다.



[그림1] 메탄분해장치 개략도

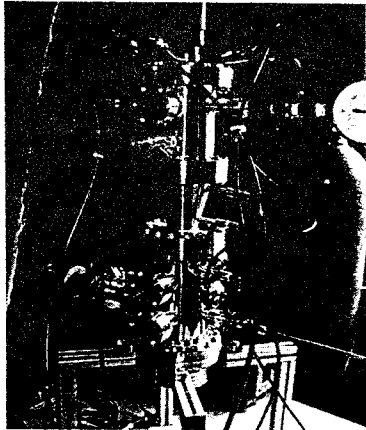
메탄가스를 플라즈마속으로 분사시키기 위한 노즐은 [그림2]와 같이 제작하였다



[그림2] 메탄가스 분사용 노즐구조

[그림3]에는 반응챔버의 사진을 나타내었다. 플

라즈마 점화전에, 챔버내에 존재하는 산소 및 기타 가스는 진공펌프를 이용하여 제거하였고, 아르곤을 대기압까지 주입한 후에 점화하였다. 분해반응후의 가스는 싸이크론 및 필터를 통해서 카본입자를 제거한 후 포집하였다. 포집된 가스는 GC (Gas-Chromatograph)를 이용하여 분석하였다.



[그림3] 반응챔버사진

2.2 실험방법

분해실험전에 챔버내의 공기를 진공펌프를 이용하여 제거하고 아르곤을 대기압까지 채운후에 반응 실험을 하였다. 플라즈마 발생용 가스인 아르곤의 MFR은 15[SLPM]으로 고정하였다. 메탄의 양은 MFC에 의해서 420, 920, 1460, 2020, 3160[SCCM]의 순으로 증가시켰고, 전류의 양은 150[A]에서 350[A]까지 50[A]의 단위로 증가시켰다. 입력전력의 증가에 따른 수소생성율을 분석하였으며, 유입되는 메탄의 양의 증가와 선속도의 증가에 따른 수소생성특성을 분석하였다.

메탄의 MFR 3160[SCCM]에서, 아르곤의 MFR을 20, 25[SLPM]으로 증가시키고, 전류 300, 350[A]에서 각각 실험하였다.

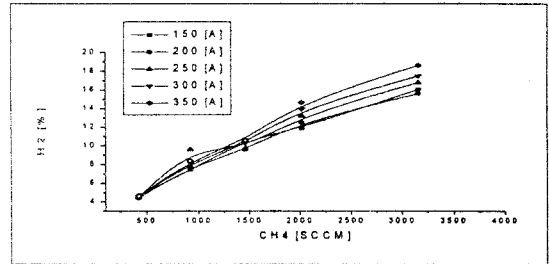
분석을 위한 배출가스의 포집은 1차로 싸이크론에 의한 Carbon을 제거하고, 2차로 필터에 의해 잔류 Carbon을 제거한 후 포집팩으로 포집하였다. 포집된 가스는 GC를 이용하여 그 성분을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

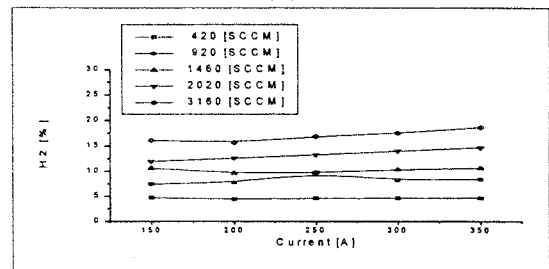
3.1 메탄의 MFR 및 전류에 따른 수소생성

[그림4]의 (a)와 (b)에는 메탄의 주입량 및 전류에 따른 분해가스에 함유된 수소의 함량에 관한 그래프를 나타내었다. 주입되는 메탄의 양이 많아질수록 생성되는 수소의 거의 선형적인 증가를 보였다. 그러나 같은 양의 메탄에서, 전류가 증가하여도 생성되는 수소의 양에는 거의 변화가 없었다. 이는 메탄의 양이 증가하면 플라즈마 플레임에 파고들어 플라즈마의 에너지를 전달받는 메탄분자들이 많아져서 생성되는 수소의 양이 증가하지만, 전

류치가 증가하면 플라즈마 자체의 에너지는 증가하더라도 플라즈마 플레임의 선속도가 증가하여 내부로 파고드는 메탄분자를 차단하기 때문에 생성되는 수소의 양은 두드러진 변화를 보이지 않는 것으로 보인다.



(a)

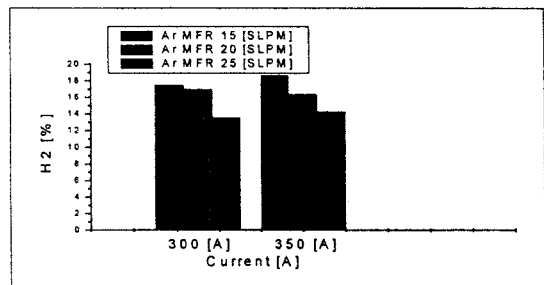


(b)

[그림4] 메탄의 MFR과 전류에 따른 수소생성

3.2 아르곤의 MFR 및 전류에 따른 수소생성

[그림5]에는 아르곤의 주입량에 따른 배출가스내에 함유된 수소의 함량을 나타내었다. 주입된 메탄의 양은 3160[SCCM]이다. 그래프에서 보이는 바와 같이 아르곤의 양이 증가할수록 생성되는 수소의 양이 감소함을 알 수 있다. 이는 증가한 아르곤에 의해 플라즈마 체트의 선속도가 증가하여 플라즈마 내부로 유입되는 메탄의 양이 현저히 감소하여 플라즈마의 에너지를 충분히 이용하지 못하기 때문으로 보여진다.

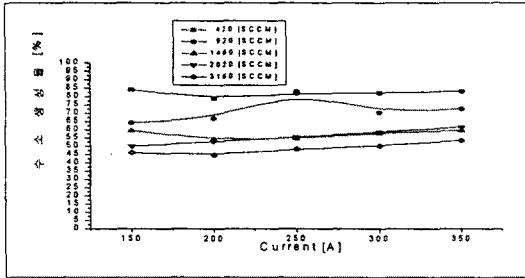


[그림5] 아르곤의 MFR 및 전류에 따른 수소생성

3.3 메탄의 MFR에 따른 수소생성률

[그림6]에는 각각의 메탄 MFR에서의 수소생성율을 나타내었다. 수소의 생성율은 전류치에 비례하여 전반적으로 약간의 증가치를 보인다. 메탄의

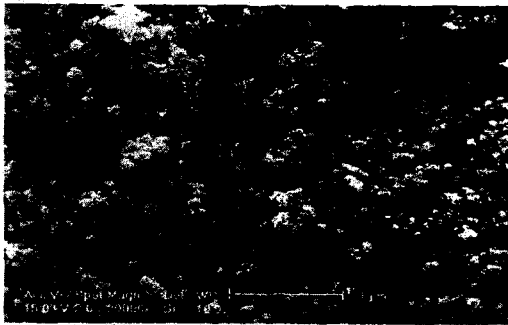
MFR이 적을수록 높은 생성율을 보였고, 증가할수록 전체적인 생성율은 낮아지는 경향을 나타내었다. 이것은 메탄의 MFR이 증가할수록 파고드는 침투 깊이는 증가하지만, 증가한 메탄의 전체적인 양에 비례하여 표면에서 확산되는 양 또한 증가하고, 침투한 입자들의 분해시에 소모되는 에너지가 증가하기 때문으로 보여진다. 전류를 증가시키면 플라즈마가 가지는 에너지는 증가하지만 플레임의 선속도가 증가하여 침투하는 메탄의 양이 적어지는 것으로 보여진다.



(그림6) 수소의 생성율

3.4 분해반응시 생성되는 Carbonblack

[그림7]에는 분해반응 시에 생성되는 부산물인 Carbonblack의 사진을 나타내었다. 분해시에 생성되는 Carbonblack의 양은 동일한 메탄 유입량에 대해서 전류가 증가하면 증가하고, 동일한 전류에 대해서 유입되는 메탄의 양이 증가하면 또한 증가하였다. 싸이클론에 의해서 채취된 샘플을 분석한 결과 이물질이 없는 순수한 Carbonblack임을 확인하였다. 또한 메탄의 MFR이 적을 때는 생성된 Carbonblack이 노즐의 입구에 증류석 형상으로 결정화되어 나타났으나, 메탄의 MFR을 증가시키자 더 이상의 결정화는 이루어지지 않았다.



(그림7) 부산물인 Carbonblack의 SEM사진

4. 결 론

이상의 실험에 의해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일정전류에서 플라즈마 발생용 가스의 양이 증가하면 플라즈마가 보유하는 에너지의 양은 증가 하지만 플라즈마 플레임의 선속도가 증가하므로 오히려 반응가스의 분해를 저해하여 수소 생성율을 감소시킨다.
2. 일정한 플라즈마 발생용 가스의 공급시, 전류가 증가하면 수소생성율도 증가하나, 에너지의 증가에 따른 플라즈마 플레임의 선속도도 증가되므로 효율적인 분해반응을 위해서는 반응가스의 선속도도 증가되어야 한다.
3. DC Arc Plasma를 이용해서 Hydrocarbon을 분해하여 수소와 부산물로 Carbonblack을 얻을 수 있다.
4. 분해반응시 생성되는 Carbonblack의 증류석 형상의 결정이 형성되나, 이는 반응가스의 선속도를 증가시킴으로써 생성을 억제할 수 있다.

※본 연구는 산업자원부 출연연구비에 의해서 수행되었습니다.

(참 고 문 헌)

- (1) L.Bromberg "Plasma Reforming of Methane" Energy & Fuels, Vol. 12, No.1, 1997 pp11-18
- (2) Kyoung Doo Kang "Arc Plasma Jets of Nontransferred Plasma Torch" IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 24, No. 1, 1996 pp89-90
- (3) Dr. Salvador L. "The Plasma Arc Torch-Its Electrical and Thermal Characteristics" International Symposium on Environmental Technologies 1995 pp45-66