

Cylinder-wire형 전극구성의 전자계 및 유체유동해석

이 동 훈, 박 상 현, 박 재 윤, 김 정 달, 고 희 석
경남대학교

Magnetic, Electric field and Flowing analysis of pole with the Cylinder-wire-magnet type

Lee.D.H. Park.S.H. Park.J.Y. Kim.J.D. Go.H.S
Kyungnam Univ.

Abstract Object of this paper is to find the best shape of cylinder, flowing velocity of gas and state of pole with the cylinder wire magnet type. Also it is to analysis phenomena arising in the cylinder. So that general program FLUX2D has used for magnetic and electric field analysis at the cylinder wire magnet type. General program PHOENICS has used for cold or hot gases flowing analysis at the cylinder wire type with magnet.

세기는 0.4[Tesla]로 하여 만들었다. 방전선의 길이는 500mm 이고 이 전체길이에서 자석은 100mm에서 400mm까지 위치 한다. 자석의 전체길이는 300mm이다. 방전관 재질은 구리를 사용하였고 내경은 40mm이다. 자계세기를 측정할 각각의 위치는 방전선부근(4.4Cm)과 방전관중심부근(3.35Cm) 그리고 방전관내면부근(2.5Cm)이다. 전자계 시뮬레이션에서도 방전 선은 텅스텐을 사용하였다. 방전관형태는 대칭구조이므로 시뮬레이션에서 반쪽만을 해석하였다.

1. 서 론

대기오염원인으로는 화력발전소, 자동차배기가스, 산업체에서 대량배출되는 유독가스 CO₂, SO₂ 와 NO_x이다. 이 중 NO_x제거기술연구는 국내외적으로 활발히 진행되고 있으나 지금까지의 연구결과는 NO제거에 대한 결과만을 중시하여 왔다. 하지만 가스의 제거율을 증가시키기 위해서는 화학반응과 방전전극에 인가되는 전계 및 자계해석, 층류 및 난류 유동유체의 열유동해석 등으로 Mechanism을 상세히 규명할 필요성이 있다. 본 연구는 유동해석을 위해서 PHOENICS를 사용하였고 전자계해석을 위해서는 FLUX2D를 이용하였다. Cylinder wire magnet type의 방전관내부의 냉가스유동해석과 플라즈마를 가상하는 열가스유동해석을 하였고, 방전관 내부에서 일어나는 전자계FLUX를 해석하여 Cylinder wire 전극에 자계를 인가한경우 내부에서 일어날 수 있는 모든 현상들을 규명하여, 방전관형상, 방전전압, 전력, 최대분해효율, 가스유량 등의 최적조건을 구했다.

2. 실험장치 및 방전관구조

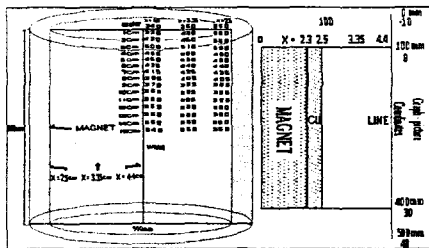


그림 1. 원형마그네트의 자계강도와 방전관의 단면구조
그림1은 원형마그네트의 자계강도와 방전관의 단면도를 보여 준다. 좌측그림은 실제실험에 사용한 자석의 세기를 가우스 측정기를 이용하여 측정한 결과이다. 시뮬레이션의 결과치와 비교했을 때, 95%의 정확도를 가졌다. 그러므로 시뮬레이션 결과는 의미를 가질 수 있다. 자석을 만들 때, 자석의 좌하

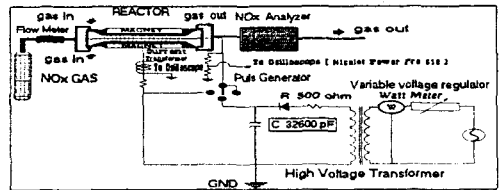


그림 2 NO_x가스분해 시스템의 개략도
그림2는 실제실험의 전체 장치구성을 나타내고 있다.

3. 전계 및 자계의 시뮬레이션

3.1 방전관의 전계강도 시뮬레이션

전계해석의 목적은 시스템의 최대전계강도를 찾아 방전관내의 불평등한 전압변동에 대해 최대한의 안정성을 유지하고 고에너지를 가스에 전달하여 분해효율을 향상하기 위함이다. 3가지의 방전관단부를 가상하여 시뮬레이션한 결과를 아래에서 보여주고 있다. 이 결과를 바탕으로 실제 시스템에 적용하고자 한다.

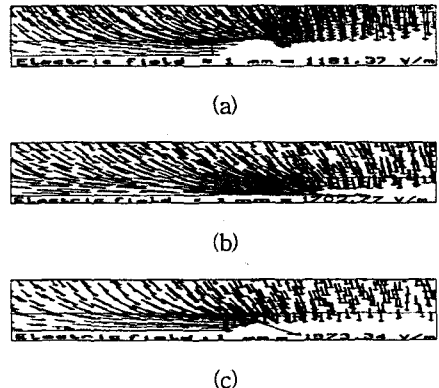


그림 3. 테프론, 동축전극단부의 전계시뮬레이션

그림3(a)에서 단부의 곡률반경은 2mm이고 방전관이 테프론보다 2mm높을 때의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 전계에 영향을 주는 중요한 요인은 유전율이다. 테프론의 유전율은 4로 하였다. 곡면상단부에 전계가 집중되고 있음을 보여주고 있다. 이곳은 마그네트 인가시에 자계집중이 일어나는 곳이다. 상단부의 전계집중은 강한자계에 의해 전자의 평균자유행정의 길이를 길어지게 된다. 그 결과 이곳의 전계는 완화된다. 그림3(b)는 곡률반경이 2mm이고 방전관이 테프론과 동일한 높이일 때 전계분포를 보여준다. 전극곡면은 전계와 곡이 적으나 테프론의 각진 부분으로 인해 전계의 집중이 생겼다. 그 결과 절연과피가 테프론의 각진 부분에서 전극에 가장 가까운 곳으로 일어나고 있다. 실제의 실험결과와도 동일하다. 그림3(c)는 유전율이 다른 두 물질이 직각으로 접합했을 때의 전계분포로서 접합부에는 공극이 전혀 없다. 테프론과 방전관의 접합부분은 급한 유전율변화로 접합부분에서 전계집중이 생겼고 방전관 왜곡면자체의 전계집중으로 앞의 두가지 경우보다 강한전계분포를 보였다. 실제 실험시 그림3(a)보다 3[kV]정도 더 낮은 파괴전압을 보였다.

3.2 마그네트를 인가한 방전관의 자계 시뮬레이션

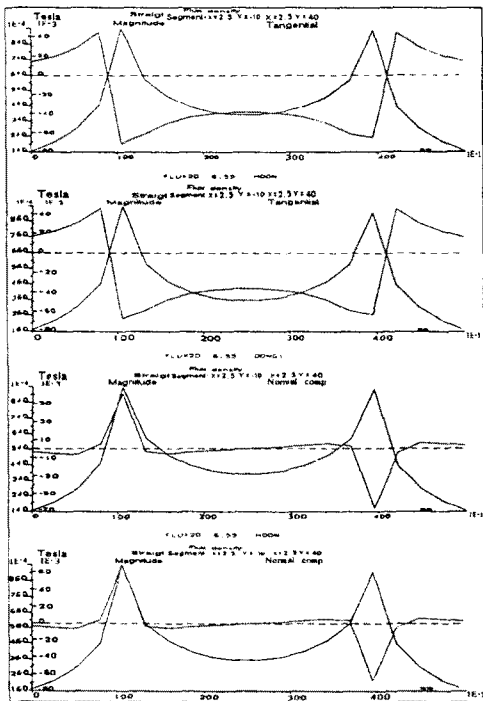


그림 4 25cm 부근에서의 자계강도 시뮬레이션 이 그래프의 위치는 전계방향으로 25cm 위치, 즉 자석표면 부근에서의 자계강도를 보여주고 있다. 세종류의 실선그래프 중에서 M형그래프(Magnitude)는 N형그래프(Normal)와 W형 그래프(Tangential)성분들의 힘의 합성이다. M형은 자계세기(Magnitude)이고 W형은 방전관 단부의 접선방향의 자계세기를 나타낸다. 그리고 N형은 접선에 대한 직각방향의 자속 세기를 나타낸다. 첫번째, 세번째그래프는 방전라인이 없고 자석단독해석이고 두번째, 네번째는 텅스텐방전라인과 자계가 공존하는 경우의 해석이다. 자계Flux는 μ 값에 영향을 받

는다. 텅스텐wire는 μ 값이 작기 때문에, 각각의 그래프모양은 비슷한 모양을 보였다. 자계세기는 자석단부에서 아주 강하게 나오고 있으며 이 부근에서 전자는 전계와 자계의 교차로 인해 강한 회전력을 얻게 된다. 그 결과 전자의 평균자유행정은 길어진다. 단부의 파괴는 이러한 이유로 일어나지 않는다. 실제실험에서도 확인되었다.

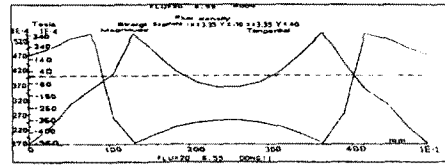


그림 5 3.35cm 부근에서의 자계강도 시뮬레이션 위의 그래프는 텅스텐방전라인과 자계가 공존하는 경우의 해석으로 방전관과 방전라인의 중간부근에서의 자계강도변화를 보여주고 있다. 전반적으로 자계강도가 마그네트 근처보다는 작다고는 하지만 방전관내부에서도 대체로 큰 자속이 있다는 것을 보여주고 있다. 그림4 과 비교해서 마그네트는 여전히 강한자속을 가진다.

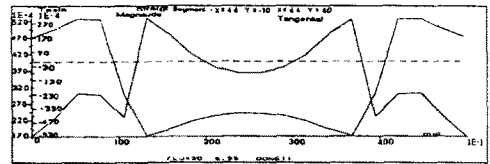


그림 6 44cm 부근에서의 자계강도 시뮬레이션 마그네트를 인가한 Wire부근에서의 자계강도변화를 보여주고 있다.

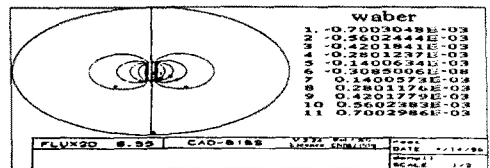


그림 7. 마그네트, 텅스텐Wire의 자계시뮬레이션 전체공간상의 시뮬레이션한 자계Flux이다

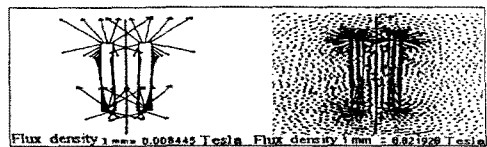


그림 8 마그네트표면의 자계벡터 좌측그림은 마그네트표면에서의 벡터Flux이고 우측그림은 마그네트주변의 자속Flux강도이다.

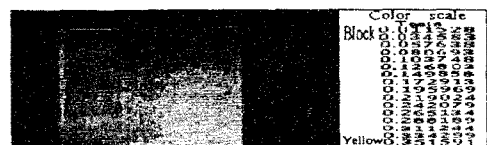


그림 9. 마그네트단부의 자계강도 시뮬레이션 두개의 마그네트 중, 우측마그네트 단부의 자속을 보여주고

있다. BLOCK부분은 자체강도가 약한 곳이고, YELLOW (밝은)부분은 자체가 강하게 나오는 곳이다.

4. 유동유체해석

4.1 기체유량3[l/min], 20[W]일 때 시뮬레이션

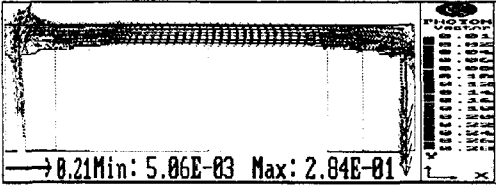


그림 10. 열유동기체의 벡터해석

전체길이500mm중 방전관이 위치는 100~400mm이고 몇번의 설계상의 수정을 거친 후 관내에 난류가 일어나지 않도록 방전관과 연결부를 설계했다.

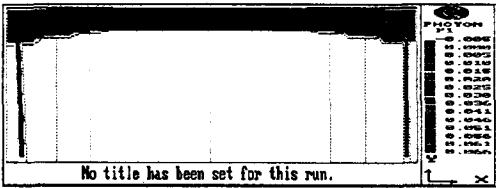


그림 11. 열유동기체의 압력장해석

방전관내의 안정화된 유동기체의 벡터장은 압력장과 관련이 있다. 그림11은 내부 압력장이 전체적으로 안정화되었음을 보여준다.

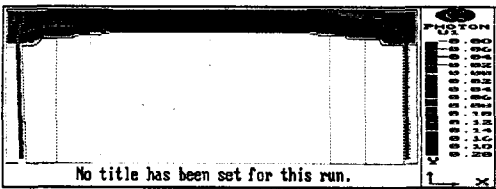


그림 12. 열유동기체의 속도장해석

열유동기체의 속도장을 해석함으로써 실제 방전 일어나는 구간을 알아낼 수 있다. 플라즈마구간 즉, 방전이 일어나는 구간은 중성상태의 도전성구간으로서, 가스에 에너지를 주어 가스의 운동속도를 증가시킨다. 본 실험의 결과에서는 180~430mm에서 속도가 급히 증가되고 있음을 보여주고 있다. 그러므로 이 구간이 주방전구간이다. 방전관입구에서도 방전은 일어나지만 NOx가스의 입력속도, 절연성, 그리고 전자계적 교로 인한 평균자유행정의 길이가 길어짐으로 인해 방전전하량이 적게 된다. 그러므로 이 부분은 가스분해의 주구간은 아니다.

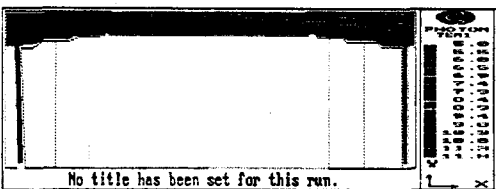


그림 13. 열유동기체의 온도장해석

3[l/min], 20[W]의 전력을 인가했을 때 온도장변화를 해석한 것으로 약 3°C정도가 상승하였다. 충분한 에너지가 전체가스에 공급되고 있지 않음을 보여주고 있다. 그러므로 가스유량을 감소할 필요가 있다.

4.2 유량2[l/min], 20[W]일 때 시뮬레이션

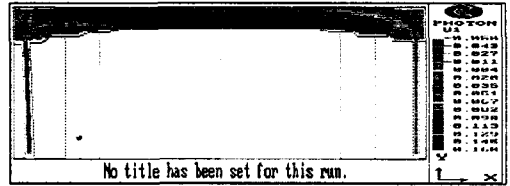


그림 14. 열유동기체의 속도장해석

4.1경우보다 입력유량을 감소한 경우로서 방전구간이 조금더 안정화되었음을 보여준다. 입력력의 가스유량을 되도록이면 감소함이 좋다.

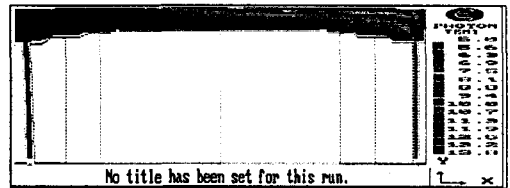


그림 15. 열유동기체의 온도장해석

그림 13보다 분해가스에 에너지의 전달양이 증가되었음을 보여준다. 가스의 분해율을 증가하기 위해 에너지의 전달양을 늘이거나 유량을 더 감소하는 방법을 취한다. 하지만 전력증가는 시스템의 한계로 인해 매우 늘릴 수는 없다. 그러므로 가스의 유량, 속도, 유속형태를 조절하는 것이 최대효율을 얻는 방법이 된다.

3. 결 론

전자계해석으로 방전관단부의 최적형상과 설계상 중요한 부분을 찾아 내었고 열유동해석으로 실제 실험에 인가해야 할 유속을 얻었다. 방전전력에너지값이 클 때 분해율이 우수하므로, 방전관단부의 형상은 전체왜곡을 피하기 위해 곡면처리가 필요로 하고, 3중접합부에서 테프론은 방전관단부보다 낮게 위치하는 것이 좋다. 기체유동시 유량은 1[l/min]이하가 본 시스템에서는 반응율이 우수하리라 예상된다

(참 고 문 헌)

[1] G . R GOVINDA RAJU, "MONTE CARLO SIMULATION OF ELECTRON SWARMS IN NITROGEN IN UNIFORM E×B FIELDS", IEEE, VOL18 NO5, 819-825, 1990
 [2] V . DEMVORSKY, "PLASM MATERIALS", 1992 [3] DAVID B, "PLASMA PROCESSING", IEEE, VO22 NO1, 31-41, 1994
 [4]PAUL M, JAY W. HIGLEY, "MAGNETIC SUPPRESSION OF ARC BLOWOUT IN A MODEL ARC FURNACE", IEEE, VOL20 NO5, 1026-1035, 1992
 [5]SERGEY V, "SOLITARY IONIZING SURFACE WAVES ON LOWER-TEMPERATURE PLASMAS", IEEE, VOL21 NO2, 1993