

과불화 화합물 폐가스에 대한 분해 장치에서의 내부 공기의 열유동해석

유정봉¹, 김영춘², 조재웅^{2*}

¹공주대학교 전기전자제어공학부, ²공주대학교 기계자동차공학부

Thermal and Fluid Analyses of Inner Air at Decomposition Equipment on the Waste Gas of Perfluorinated Compounds

Jeong-Bong You¹, Young-Chun Kim², Jae-Ung Cho^{2*}

¹Division of Electrical, Electronic and Control Engineering, Kongju University

²Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju University

요약 최근 플라즈마를 이용한 과불화 화합물의 폐가스를 처리하는 기술이 발달되어져 왔다. 국내외로 여러 연구기관 및 업체에서 효율적 분해기술이 연구되어져서 그 제품들이 여러 방법들로 개선되어 왔다. 본 연구는 폐가스 분해 장치 모델 내부의 열과 유동 해석 방법을 통하여 압력 및 온도 분포를 예측하고자 한다. 해석 결과, 공기의 압력 분포 결과는 전체적으로 최대 압력이 0.975Pa과 최소 압력은 -1.037Pa로 나왔다. 공기가 입구에서 Plane 1까지 유동함에 따라 압력 값이 점점 줄고 Plane 1에서 출구까지 유동함에 따라 공기의 압력 값이 점차 증가하는 것을 볼 수 있다. 그리고 전체적으로 공기의 최대 온도와 최소 온도는 각각 1718℃와 26.07℃이다. 공기는 입구에서 Plane 4까지 유동함에 따라 온도가 점점 증가하였고 출구까지 유동함에 따라 공기의 온도는 줄어드는 것을 볼 수 있다. 본 연구에서의 열 유동 해석 결과를 이용하여 실제 시스템의 개발에 필요한 자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract Nowadays, the technique to deal with the waste gas of perfluorinated compounds using plasma has been developed. As the effective decomposition techniques at many research centers and companies were investigated at home and abroad, the products have been improved with various methods. This study aims to guess the distributions of pressure and temperature through the thermal and fluid analyses inside the decomposition equipment model of waste gas. As the analysis result, the maximum pressure and the minimum pressure are 0.975Pa and -1.037Pa individually on the whole. It is shown that the pressure of air decreases gradually as the air flows from inlet to plane 1 and the pressure increases as the air flows from plane 1 to outlet. And the maximum temperature and the minimum temperature are 1718℃와 26.07℃ individually on the whole. It is shown that the temperature of air increases gradually as the air flows from inlet to plane 4 and the temperature decreases as the air flows until outlet. It is thought that the data necessary to develop the real system can be applied by using the thermal and fluid analyses.

Key Words : Thermal and fluid analyses, Waste gas, Decomposition equipment, Air pressure, Air temperature

1. 서론

각종 가스를 사용하는 반도체 제조공정 중 식각(Etching) 및 증착(CVD)공정과 반도체 세정용에 사용되

는 가스들은 필연적으로 유해한 폐가스를 배출되고 있으며, 배출되는 폐가스를 분해하는 장비를 스크러버(Scrubber)라고 한다. 반도체 제조공정에 널리 사용되는 분해기술은 산화방법인 직/간접 가열 분해법과 Plasma

*Corresponding Author : Jae-Ung Cho(jucho@kongju.ac.kr)

Tel: +82-41-521-9271 email: jucho@kongju.ac.kr

Received November 7, 2014

Revised January 30, 2015

Accepted February 12, 2015

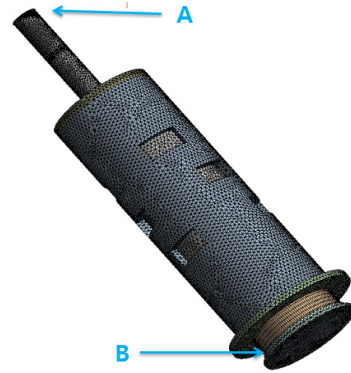
를 이용하는 Plasma 분해법 그리고 촉매를 이용하는 촉매 분해법 이렇게 세 가지로 분류할 수 있다[1-3]. 마그네트론 장치에서 발생하는 마이크로웨이브를 열전유기체에 반응시키면 적은 전류 소모량으로 폐가스를 효과적으로 분해 처리 할 수 있고, 또한 폐가스 분해 시 발생하는 가스가 없어 지구온난화를 막을 수 있는 많은 장점이 있다. 이런 장점을 갖는 분해법인 마이크로웨이브 열원유기체를 이용한 폐가스 처리장치의 개발이

절실히 필요한 상태이다[4,5]. 최근 플라즈마를 이용한 과불화 화합물의 폐가스를 처리하는 기술 개발이 발전되어져 왔다. 국내외로 여러 연구기관 및 업체에서 효율적 분해기술이 연구되어져서 그 제품들이 여러 방법들로 개선되어 왔다. 국내에서는 1998년 이후 산업통상자원부가 주관한 청정생산 기술개발 사업으로 폐가스 절감을 위하여 연구기관 및 중소기업에서 마이크로웨이브를 이용한 플라즈마 스크러버(Plasma scrubber)에 대한 연구 및 개발이 진행되었지만 분해 효율 및 처리용량에 대한 불만과 경제적 부담으로 반도체 및 LCD 제조공정에 적용이 더디게 진행되고 있다. 이러한 여러 가지 단점을 해결할 수 있는 마이크로웨이브 열원유기체를 이용한 새로운 방식의 폐가스 분해 장치 기술이 개발되면 반도체 및 LCD 제조공정에서 발생하는 환경 문제를 해결함과 스크러버(Scrubber) 장비 시장에서 우위를 확보할 수 있다. 또한 반도체 및 LCD시장을 발판으로 배출규모가 보다 큰 화학, 제련산업으로 확대하여 지구온난화 물질인 유해한 폐가스 배출량을 절감시킬 뿐만 아니라 국내·외 시장 경쟁력이 향상되어 시장 지배력이 강화될 것으로 예상된다[6,7] 따라서 본 연구에서는 과불화 화합물의 폐가스 분해 장치 모델 내부의 유동해석과 열 해석 방법을 통하여 온도 분포 및 변화를 예측하고자 한다.

2. 연구모델 및 구속조건

2.1 연구모델

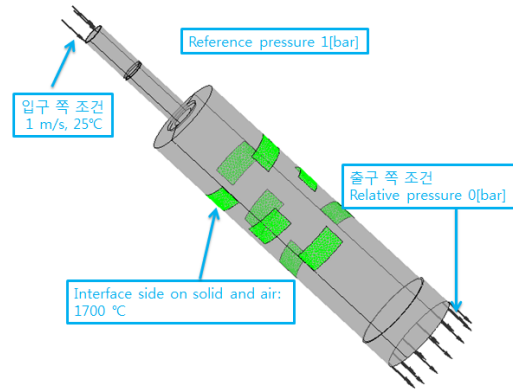
본 연구에서는 CATIA V5를 이용하여 One pipe 형태의 연소장치 모델의 주요한 부분을 3D 모델링하였다. 모델의 크기는 길이가 1150mm, 직경이 170mm이며, 모델은 4면체 요소로서 절점수는 53750이고 요소 수는 274193이다. Fig. 1을 보면 유체가 입구 A에 들어가서 출구 B로 나가는 것을 볼 수 있다.



[Fig. 1] 3D model

2.2 구속조건

Fig. 2를 보면 Inlet에서 공기가 들어가는 속도와 온도는 1m/s, 25°C로 설정하였다. 대기압은 1bar로 설정하고 출구에서의 상대 압력은 0bar(대기압)로 설정하였다. 또한 그림에 표시한 부분에서 열원은 1700°C로 발생하였다.

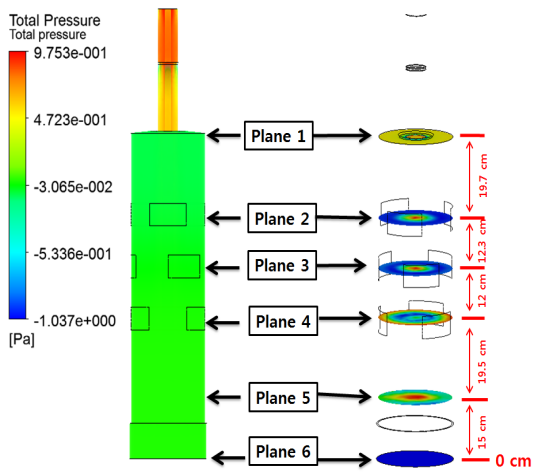


[Fig. 2] Constraint condition of model

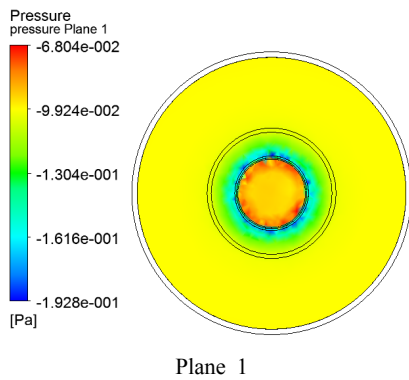
3. 해석결과

3.1 공기의 압력 분포 결과

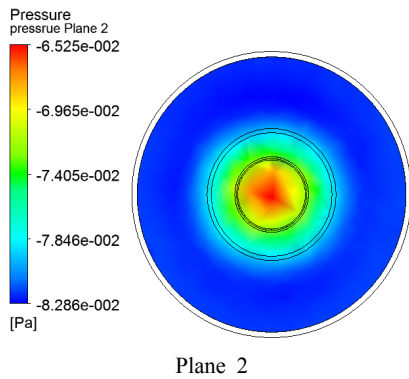
Fig. 3을 보면 전체적으로 압력 분포 결과 최대 압력은 입구에서 약 0.975Pa와 최소 압력은 약 -1.037Pa이다. 그리고 6가지 평면의 위치가 그림에서 표시하는 바와 같이 나왔다.



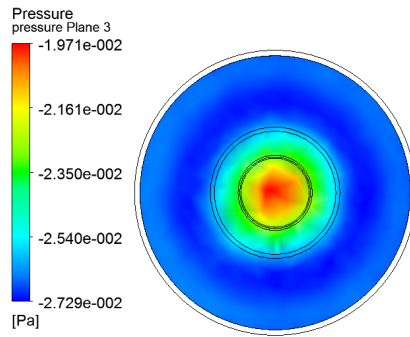
[Fig. 3] Whole pressure distribution



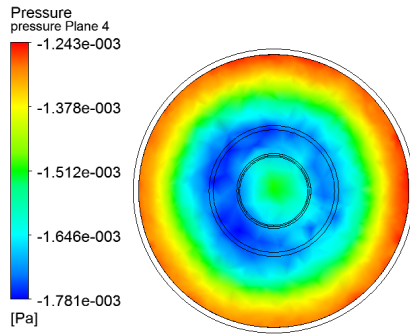
Plane 1



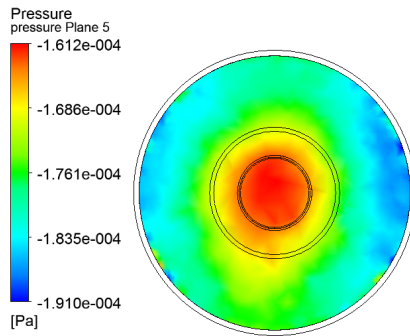
Plane 2



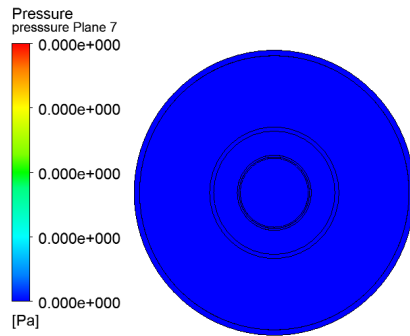
Plane 3



Plane 4



Plane 5



Plane 6

[Fig. 4] Contour of pressure distribution

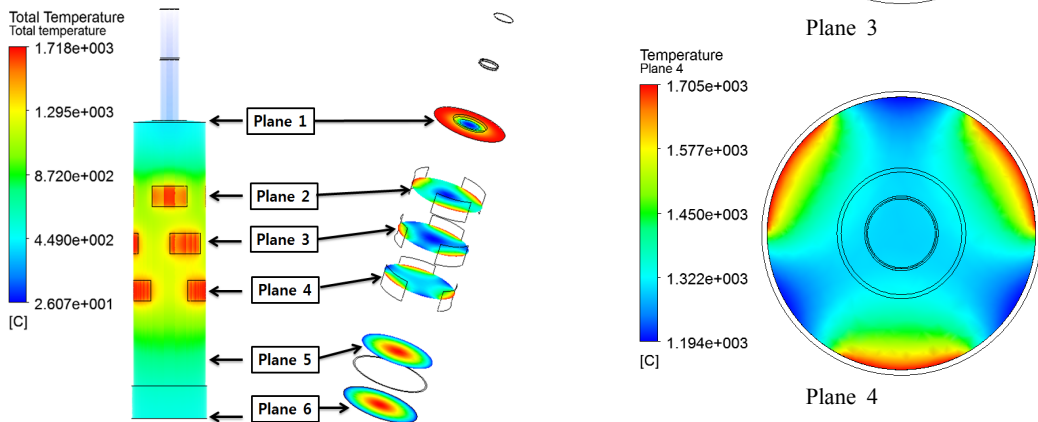
Fig. 4는 6 가지 평면들의 압력 분포 등고선이다. Plane 1을 보면 모델 중심 부분에 최대압력과 최소압력 값이 나왔는데 압력 분포가 불균일한 것을 볼 수 있으며 바깥에 부분의 압력은 균일하게 나왔다. Plane 2과 Plane 3을 보면 최대압력은 모델 중심 부분에서 발생하였고 최소압력은 바깥에서 발생한 것을 알 수 있다. 공기가 Plane 4까지 유동되면 바깥 부분에서 압력이 제일 크게 나왔고 Plane 5까지 유동되면 또 중심 부분에서 최대압력이 나오는 것을 볼 수 있다. 또한 Plane 7은 출구 때문에 압력 값은 0Pa이다. 공기가 입구에서 Plane 1까지 유동함에 따라 압력 값은 점점 줄고 Plane 1에서 출구까지 유동함에 따라 공기의 압력 값은 점차 증가하는 것을 볼 수 있다. 그 최대압력과 최소압력 값을 표로 정리하면 Table 1과 같이 나왔다.

[Table 1] Pressures at six planes

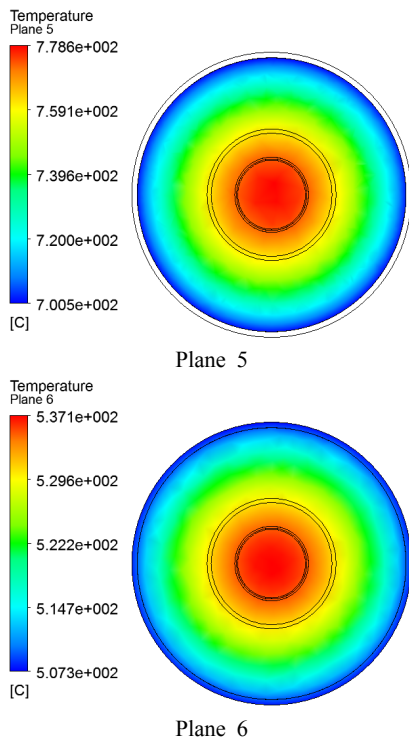
	Minimum pressure	Maximum pressure
Plane 1	-0.193Pa	-0.068Pa
Plane 2	-0.083Pa	-0.065Pa
Plane 3	-0.027Pa	-0.019Pa
Plane 4	-0.002Pa	-0.001Pa
Plane 5	-1.91×10^{-4} Pa	-1.61×10^{-4} Pa
Plane 6	0Pa	0Pa

3.2 공기의 온도 분포 결과

Fig. 5를 보면 전체적으로 온도 분포 결과 최대 온도는 1718℃와 최소 온도는 26.07℃이다. 그리고 6가지 평면의 위치들은 Fig. 3에서 표시하는 바와 같다.



[Fig. 5] Whole pressure distribution



[Fig. 6] Contour of temperature distribution

Fig. 6은 6가지 평면들에서의 온도 분포 등고선이다. 25℃의 공기가 Plane 1까지 들어갈 때 모델 중심 부분에서 최소 온도가 198.5℃로 나왔고 안벽 부분에서 최대 온도가 460.9℃로 나왔다. 이어서 공기가 Plane 2, Plane 3까지 유동될 때 공기의 온도분포가 거의 똑같은 형상으로 나왔다. Plane 4를 보면 최대온도와 최소온도는 안벽에서 간격을 두고 나왔다. Plane 5와 Plane 6을 보면 최대 온도는 중심에서, 최소온도는 안벽에서 거의 똑같은 형상으로 나왔다.

[Table 2] Temperature at six planes

	Minimum temperature	Maximum temperature
Plane 1	198.5℃	460.9℃
Plane 2	767.5℃	1704℃
Plane 3	1156℃	1705℃
Plane 4	1194℃	1705℃
Plane 5	700.5℃	778.6℃
Plane 6	507.3℃	537.1℃

4. 결론

본 연구에서는 플라즈마를 이용한 과불화 화합물 (PFC) 폐가스 분해 장치 모델의 대한 열 유동해석에 대해 시뮬레이션 해석을 수행하여 그 장치내부의 압력과 온도 분포의 특성을 파악하였다. 이를 토대로 도출된 연구 결과는 다음과 같다.

1. 공기의 압력 분포 결과, 전체적으로 보면 최대 압력은 0.975Pa과 최소 압력은 -1.037Pa로 나왔다. 공기가 입구에서 Plane 1까지 유동함에 따라 압력 값은 점점 줄고 Plane 1에서 출구까지 유동함에 따라 공기의 압력 값은 점차 증가하는 것을 볼 수 있다.

2. 공기의 온도 분포 결과 전체적으로 보면 최대 온도는 1718℃와 최소 온도는 26.07℃이다. 공기가 입구에서 Plane 4까지 유동함에 따라 온도가 점점 증가하였고 출구까지 유동함에 따라 공기 온도의 값은 점차 줄어드는 것을 볼 수 있다.

3. 본 연구에서의 폐가스 분해 장치 모델의 열 유동 해석 결과를 이용하여 실제 시스템의 개발에 필요한 자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] H. Y. Kim, S. K. Lee, Y. J. Shin, "Analyses of Deployment Process and Sled Test for Designing Airbag Module", Transactions of KSAE, pp.118-128, 1998.
- [2] Jongsun Lee, Doosung Baik, "CFD Analysis of Unibaker Oven", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.5, No.5, pp.371-376, 2004.
- [3] Lee jongsun, "Computational Fluid Dynamic Analysis of Cooler Jacket", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.7, No.1, pp.1-6, 2006.
- [4] L. Li, Z. Wang, B. Deng, Y.Han and H. Wang, "Combustion and Emissions Characteristics of a Small Spark-Ignited LPG, SAE 2002-01-01738, 2002
DOI: <http://dx.doi.org/10.4271/2002-01-1738>
- [5] J. Bin, L. Manqun, Y. Xicheng and Sun Yaqin, "Emission Control Strategy and Technologies on Chinese-Made Four-stroke Non-Road Small Spark-Ignition Engines", SAE 2005-32-0052, 2005

- [6] S. C. Kim, C. Kim, 1999, "Flow Characteristics Inside a Throttle Valve Used to Control the Intake Air Flow Rate in Engines," KSAE, Vol. 7, No. 8, pp. 91~98.
- [7] Bannister, P., Carrington, G. and Chen, G., 2002, Heat Pump Dehumidifier Drying Technology Status, Potential and Prospects, Proc. of 7th IEA Heat Pump Conference, Vol. 1, pp. 219-230.

유 정 봉(Jeong-Bong You)

[종신회원]



- 1998년 8월 : 단국대학교 전자공학(공학박사)
- 1990년 7월 ~ 1993년 9월 : (주) 신도리코
- 1999년 3월 ~ 2000년 2월 : 생산기술연구원 비상근 연구원
- 1999년 8월 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 교수

<관심분야>

PLC제어, 마이크로프로세서 제어, BLDC 모터제어, 공장자동화 알고리즘 설계.

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석

김 영 춘(Young-Chun Kim)

[종신회원]



- 1989년 8월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 공과대학 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

전기자동차전력변환, 전장제어, 태양광에너지