

시멘트 킬른 다단사이클론 예열기와 예소성로 화학반응 유동 수치해석

이구회*, 송민정**, 장지원**, 오세천**, 김우태*

*공주대학교 기계자동차공학부

**공주대학교 환경공학과

e-mail: wtkim@kongju.ac.kr

Numerical Analysis of Reactive Flow inside the Multistage Cyclone Preheater and Pre-calciner of a Cement Kiln

Gu Hoe Lee*, Min Jeong Song**, Ji Won Jang**, Sea Cheon Oh**, Woo Tae Kim*

*Dept. of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

**Dept. of Environmental Engineering, Kongju National University

요약

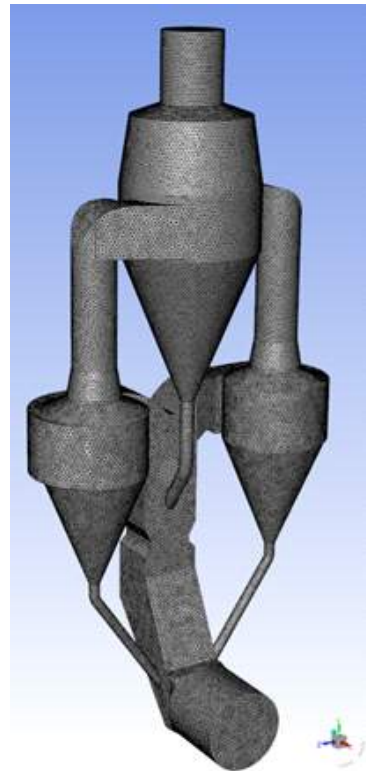
본 논문에서는 로터리 킬른 타입의 시멘트 소성공정 내에서의 연료 및 원료 입자의 투입과 연소를 포함한 열유동장을 상용전산열유체 프로그램을 사용하여 수치적으로 해석하였다. 연료는 휘발성분과 재로 구성된 Coal의 연소반응을 고려하였고 원료는 탄산칼슘 입자의 표면반응을 통해 발생하는 흡열효과를 고려하였다.

1. 서론

국내 시멘트 분야에서 국내산 알루미늄노실리케이트계 원료를 사용하고자 하는 시도가 이루어지는 중이다. [1] 이때, 높은 염소 함량이 제품 품질에 악영향을 미치는 문제를 해결하기 위해서는 킬른 내의 염소 분포를 제어하는 기술의 확보가 필요하다. 본 연구에서는 로터리 킬른 타입의 시멘트 소성공정 내에서의 연료 및 원료 입자의 화학반응을 포함한 열유동장을 CFD 기법을 활용해 해석하였다.

2. 연구방법

[그림 1]은 본 연구에 사용된 계산격자를 나타내며 총 격자점 개수 약 60만개의 사면체 격자가 사용되었다. 상단의 큰 원뿔형 구조물이 2단 사이클론, 하단의 작은 원뿔형 구조물 2개가 1단 사이클론, 2단 사이클론과 연결된 수직방향의 4각단면 구조물이 예소성로, 하단의 수평방향 원통형 구조물이 로터리 킬른의 일부이다. 계산영역 내의 유동장은 3차원 유한체적법 기반 상용 열유동 해석 프로그램인 ANSYS FLUENT[2]를 사용하여 해석하였다. 본 연구에서는 질량 보존 방정식, 운동량 보존 방정식, 난류 천이방정식, 에너지 보존 방정식을 사용하였다. 정상상태 계산을 수행하였으며 pressure-velocity coupling의 처리를 위한 수치해법으로는 SIMPLEC를 사용하였다.

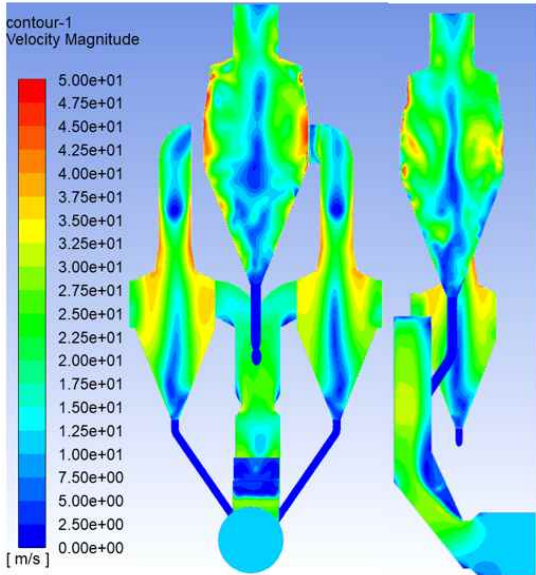


[그림 1] 계산격자

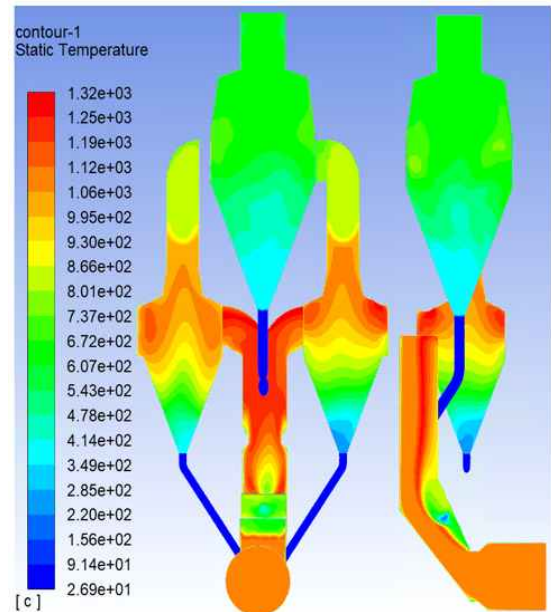
계산영역 하단의 원형의 킬른 절단면을 통해서는 유입속도 경계조건이, 계산영역 최상단의 원형 단면에는 압력출구 경계조건이 부여되었다. 킬른의 회전에 따른 접선방향 속도성분과 축방향 속도성분의 비율을 유입속도 경계조건에서 설정

하였다. 로터리 킬른 벽면에는 대류열전달 계수값을 부여하여 열전달 경계조건을 설정하였다. 연료투입으로 인한 연소반응과 원료입자인 탄산칼슘의 평균입도분포와 분사량의 변화에 따른 계산을 수행하였다. 복잡한 유동장과 화학반응으로 인한 물리량의 변화가 크게 나타나서 계산을 안정적으로 수행시키기 위해 다양한 조건의 under relaxation factor들을 서로 다른 물리량 변수들에 대해 설정해주었다.

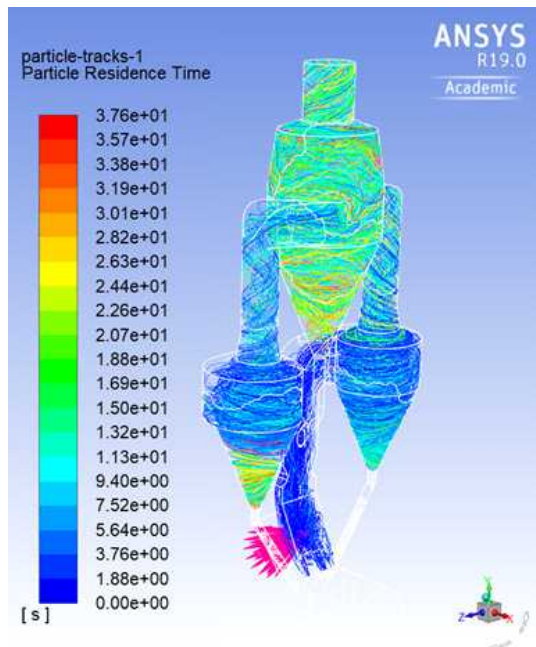
3. 결과 및 토의



[그림 2] 속도크기 등고선 선도



[그림 4] 온도 등고선 선도



[그림 3] 연료입자 투입위치 및 유동장 내에서의 연료입자의 시간에 따른 거동

[그림 2]의 속도장 분포에서 1단 사이클론 외벽부분에서 회전하는 강한 유동이 형성되고 다시 2단 사이클론 외벽에서도 빠른 회전 유동이 관찰된다. [그림 3]에서 예소성로 하단의 콘형 화살표는 연료입자의 분사위치와 분사속도를 나타낸다. 계산영역으로 투입된 연료입자의 시간에 따른 거동을 [그림 3]을 통해 관찰할 수 있다. [그림 4] 온도장 분포에서 연료입자가 예소성로를 타고 올라가서 1단 사이클론 상단부에서 활발하게 반응하여 높은 온도 영역을 형성하는 것이 관찰된다. 1단 사이클론과 2단 사이클론을 연결하는 파이프 중간 부분에 원료인 탄산칼슘 입자들이 투입되면 이로 인해 온도가 다소 감소하는 구간이 관찰된다.

후기

본 연구는 산업통상자원부의 한국산업기술평가관리원 소재 부품기술개발(20010607)의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] M.J. Song, C. Park, H.J. Kim, R. Nepal, S.C. Oh, "A Study on Simulation the Installation of Chlorine By-pass in Cement Kiln," 2021 Conference Proceedings of The Korean Soc. for New and Renewable Energy, 2021, p. 287.
- [2] ANSYS Inc., ANSYS FLUENT User's Guide Release 2021 R2, 2021.