

## 3D6) 제강 공장 사업장내에서 3차원 유동장 해석 및 먼지 거동에 관한 연구

### A Study on 3 Dimensional Fluid Flows and Aerosol Dynamics

조 현 호 · 조 식 연

인하대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

전기 용융로를 사용하여 고철로부터 철강을 생산하는 제강산업은 고철의 반입부터 용융에 이르는 과정에서 먼지가 배출되어 작업장 환경은 물론이고 주변지역의 대기질에 영향을 미친다고 알려져 있다. 고철 하역장에서 발생하는 먼지와 전기 용융로 사업장 환기구에 연결된 굴뚝에서 최종 배출되는 먼지에 관한 연구는 다수 있지만, 전기 용융로에서 발생하는 먼지에 관한 연구는 많지 않다. 본 연구에서는 전기 용융로에 고철의 장입, 추가 장입 및 정련 과정시 사업장내 유체유동을 세밀하게 모사하고 이를 기초로 하여 먼지 거동을 조사함을 주 목적으로 한다. 본 연구에서 도출된 사업장내 유동장 및 먼지거동은 사업장내 먼지를 효율적으로 제거할 수 있는 환기 및 집진시스템의 개발에 크게 기여할 것으로 기대된다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 국내 대표적 전기 용융 제강 회사인 I회사의 60 ton 사업장을 대상으로 하여, 현장 실험과 CFD 모사를 수행되었다. 현장실험은 모사의 초기 경계조건 입력 및 결과값의 적절성을 확인하고 CFD 모형을 검증하기 위하여 시행하였으며, 공장 연결로의 유속, 공장 내부에서 TSP 농도, PM10 농도, 먼지의 입경분포 그리고 먼지의 성분을 측정하였다. CFD 모사는 상용코드인 FLUENT를 사용하였으며 다음의 절차대로 시행하였다. 먼저 공장 도면을 수집, 검토, 현장 측정과 단순화를 통하여 모사 구간을 결정하고, 모사구간내 유체와 먼지의 유동에 영향을 주는 경계조건과 먼지의 특성값은 실험값을 사용, 기타 유체의 물성값은 물성표를 참고하였다. 이렇게 구한 해의 적합성을 판단하기 위하여 실험값과 비교하였다. 모사에 사용된 방정식은 연속 방정식, 운동량 방정식, 에너지 방정식, 입자 운동 방정식 그리고 standard  $k-\epsilon$  난류 모델을 사용하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

제강 공장에서 먼지가 발생하는 원인은 많으나 가장 큰 발생원인은 고철을 전기로에 장입하는 순간이다. 집진기는 건옥 후드와 전기로 직인 후드로 나뉘게 되는데, 고철 장입 순간은 건옥 후드의 흡입용량을 상대적으로 늘려 갑자기 늘어난 먼지를 포집하고 나머지는 공장 내부에 머무르다 서서히 제거가 된다. 하지만 집진기 용량이 부족하면 효율이 떨어지게 되고 발생한 먼지는 작업자에게 해로울 뿐 아니라 공장 외부로 유출된 경우 대기오염의 원인이 된다. 모사의 정확성을 위해서는 경계조건의 정확성과 모사 결과를 확인할 수 있는 실험값이 필요하다. 또한 현상과 유사한 모사가 진행될수록 모사 결과를 신뢰할 수 있다. 따라서 본 연구에서 모사의 유사성을 위해 전기로의 덮개의 개폐에 따른 운영 상황을 고려하여 경계조건으로 표현하기 위해 비정상 상태의 계산을 수행하였으며, 먼지를 배출하는 전기로 모사의 어려움으로 인하여 먼지 직경을  $1\mu\text{m}$ 와  $25\mu\text{m}$ 의 두 가지 한계 경우에 대하여 모사하였다.

그림 1은 세 번 주기 동안 건옥 후드의 유출량 변화와 직경  $1\mu\text{m}$ 인 먼지의 제진 효율을 나타낸 그래프이다. 후드에서 유출량은 초기에 증가했다가 서서히 감소하여 일정하게 되고 먼지는 한 번의 주기에서 약 30%가 1/8 주기 안에 제거되고 나머지는 서서히 감소하여 약 91%의 환기효율을 보인다. 3번의 주기가 완료되면 공장내 먼지의 누적현상이 나타나 환기효율은 89%로 감소하게 된다. 그림 2는 한 번의 주

기 동안 직경 25 $\mu\text{m}$  입자의 공장내 먼지 농도 변화를 보여주는 contour의 연속 그림이다. 배출된 먼지가 초기에 전기로의 열에 의하여 건속 후드까지 올라갔다가 서서히 퍼져 바닥으로 가라앉음을 확인할 수 있다.

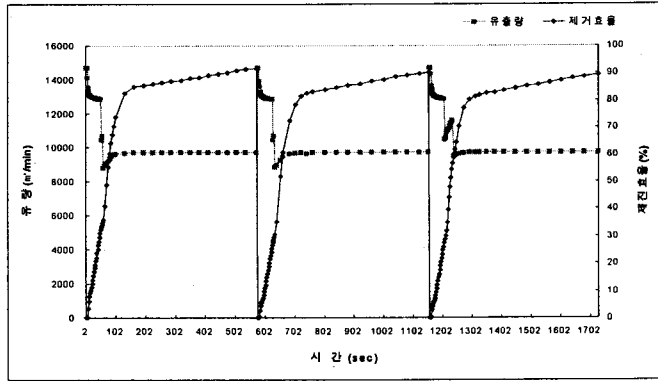


Fig. 1. Outlet flow rate and dedusting efficiency during three melting cycle.

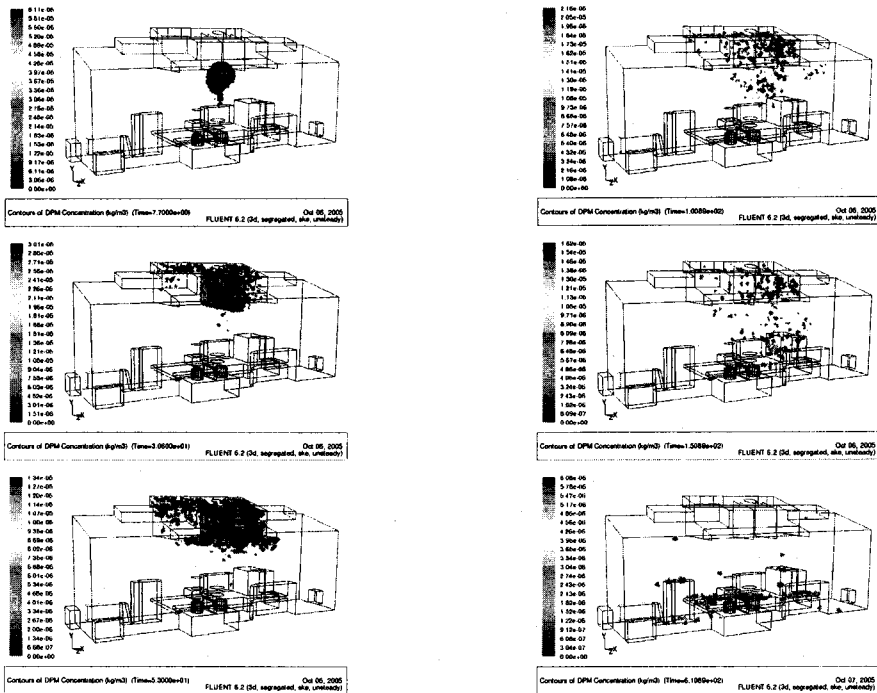


Fig. 2. Contours of dust concentration variation during one melting cycle.

### 참고 문헌

- P. Gittler, R. Kickingger, S. Pirker, E. Fuhrmann, J. Lehner and J. Steins (2000) Application of computational fluid dynamics in the development and improvement of steelmaking processes, Scandinavian Journal of Metallurgy, vol. 29. 166-176.
- EPA, Background Report AP-42 Section 12.13 Steel Foundries, Research Triangle Park, NC 27711