

1D4) CFD를 이용한 제강공장 집진시스템 최적화 연구 Optimization of a Dedusting System at Steel-Making Plants with CFD

고 대 권 · 최 재 우 · 황 계 순
포항산업과학연구원 환경에너지연구센터

1. 서 론

용광로에서 만들어진 선철의 탄소함량을 조절하여 강을 만드는 제강공장에서는 다량의 먼지가 발생하며, 이 먼지를 포집하기 위하여 여러 대의 대용량의 집진기가 설치된다. 이 대형 집진기의 설치와 운영을 위해서는 수백억에 달하는 설치비와 운영비가 소요된다. 컴퓨터의 발달로 인하여 CFD의 이용이 산업 전반에서 활발해지고 있으며, 보다 효율적이며 정확한 집진시스템의 설계가 가능하게 되었다. 본 연구에서는 CFD를 이용하여 집진시스템의 먼지 포집효율을 향상시키는 방법과 그 결과를 제시하였으며, 이를 통하여 많은 설치비와 운영비를 절감하는 경제적 효과도 얻을 수 있었다.

2. 연구 방법

CFD를 이용하여 공장 내부에서의 유체와 먼지입자의 거동을 해석하여, 포집효율을 최대화하는 방법과 절차는 다음과 같다. 먼저 공장 도면의 수집, 검토, 현장 측정과 단순화를 통하여 해석공간의 형상을 결정한다. 다음으로 해석공간 내부에서의 유체 및 먼지입자의 거동에 영향을 주는 경계조건 측정하고, 검토 대상 물질의 물성을 분석하거나 물성표에서 구한다. 상기한 해석공간의 형상, 경계조건 및 물성치를 CFD 프로그램에 입력하여 해를 구하면 해석공간 내부에서의 유체의 유속, 압력, 온도, 입자의 궤적 등을 구할 수 있다. 본 연구에서는 신뢰성 있는 CFD 해를 구하기 상업용 유동해석 코드인 FLUENT를 사용하였다. 고려된 방정식으로는 연속방정식, 운동량방정식, 에너지 방정식 및 입자 운동방정식이 있으며, 자연대류의 현상을 고려하기 위하여 온도에 따라 변하는 유체의 물성을 사용했으며, 난류 해석을 위하여 standard k- ϵ model을 사용하였으며, 입자거동을 해석하기 위한 입자방정식에서는 난류에 의한 fluctuation 항을 고려하였다.

먼저 기존 측정 조건에 대한 해석 결과로부터 현재 상태의 포집효율을 구하였으며, 여기에서 포집효율은 후드에서 포집된 총 먼지량을 오염원에서 배출된 총 먼지량으로 나눈 값에 100을 곱한 값으로 정의된다. 또한 유체 및 입자의 거동 및 포집효율에 대한 계산 결과를 고찰하고, 다양한 개선방안들을 검토하여, 보다 개선된 방법들 즉, 포집효율이 높은 방안을 도출하였다. 도출된 개선방안은 현장 적용성을 추가로 검토한 후 최종방안으로 결정된다.

3. 결과 및 고찰

제강공장의 다양한 공정에서 먼지가 발생하나, 용선을 래들에서 전로로 옮길 때 가장 많은 먼지가 발생하며, 이 발생된 먼지 중 많은 양이 전로 후드로 포집되며, 포집되지 않은 먼지는 뜨거운 열기류와 함께 상승하여, 일부가 건가 후드에서 포집되며, 최종적으로 포집되지 않은 먼지는 공장 건물 내에 떠다니다고 또 일부는 건가 후드에서 다시 포집되나, 대부분의 미포집 먼지는 공장 상부 모니터를 통하여 빠져나가 가시공해의 원인이 된다. 아래의 그림 1에는 CFD를 통하여 구해진 공장내 열기류의 유동과 발생 먼지의 입자궤적을 개선 전후의 상황을 비교하여 보여주고 있다. 개선 전에는 소형 건가후드가 사용되었으며, 이 건가후드의 총 집진풍량은 15,000 m³/min이며, 이 때의 포집효율은 약 65%이다. 포집효율을 높이기 위하여, 먼저 건가후드의 크기를 충분히 크게 하여 상승한 먼지가 일시적으로 후드 안에 머무르게 하고, 총 집진풍량을 40,000 m³/min으로 증가시켰을 경우, 포집효율이 95%로 개선되었다. 집진풍량이 증가할수록 포집효율은 상승하나, 풍량 증가에 따른 포집효율의 상승이 점차 둔화되며, 경제성을 고려할 때 집진효율을 95%보다 높지 않게 유지하는 것이 바람직하다. 그림 1(a)에서 상승 열기류가 후

드 내부로 충분히 유입되지 못하고, 다시 후드를 빠져 나오는 모습을 보여주고 있으며, 그림 1(c)에 나타난 바와 같이 많은 양의 먼지가 공장 상부로 퍼져 나가고 있다. 반면 그림 1(b)와 1(d)에 나타낸 개선 상황에서는 상승기류의 대부분이 건가후드로 유입되며, 이에 따라 공장 상부로 배출되는 먼지양이 매우 적다. 상기와 같이 CFD를 이용한 집진시스템의 유동 및 입자 거동해석은 유동의 가시화는 물론, 포집효율을 이용하여 집진시스템의 성능을 정량화 할 수 있으며, 이를 통하여 서로 다른 시스템 간의 성능을 비교할 수 있을 뿐만 아니라, 시스템의 개선안에 대한 다양한 검토를 통하여 최적화를 가능하게 하는 중요한 수단으로 사용될 수 있다. 특히 집진풍량의 단순 증가에 비하여, 풍량 증가와 집진후드 형상의 개선을 통하여, 보다 작은 풍량으로 동일한 개선효과를 얻을 수 있어, 집진시스템의 투자비와 운영비를 절감하는 경제적 효과도 얻을 수 있다.

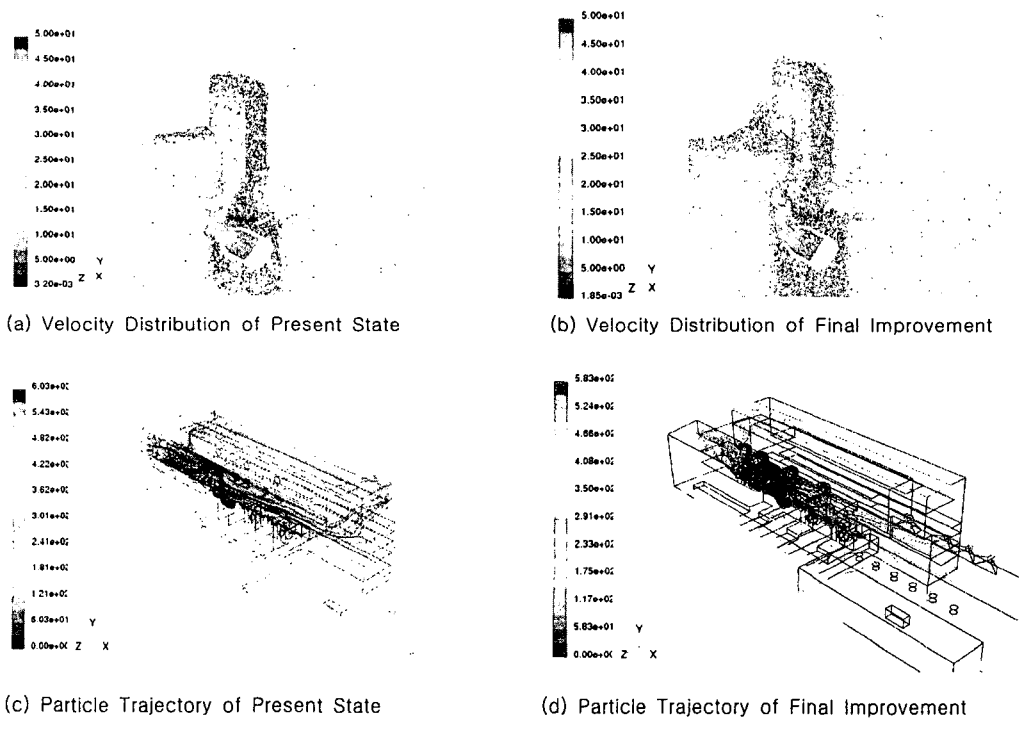


Fig. 1. Velocity Distributions and Trajectories of Dust Particles in a Steel-Making Plant.