한국대기환경학회 2006 춘계학술대회 논문집
Proceeding of the 41st Meeting of KOSAE(2006)
Korean Society for Atmospheric Environment

3D4) 용해 · 출탕 공정 환기효율 제고방안

Ventilation Strategy of the Hood Systems for Melting and Pouring Process in the Melting Furnace

하현철 · 김태형[1] · 김종철
벤텍, [1]창원대학교 환경공학과

1. 서 론

주물주조공업은 전형적인 3D업종으로 생산공정 전반에서 다량의 금속성 분진 및 유해가스가 발생되고 있다. 특히 영세 중소기업집단이 주류를 이루고 있기 때문에 독자적인 기술개발 및 환경 개선이 어려워 대기오염방지시설이나 환기시설 미비로 인해 발생된 유해물질이 제대로 처리되지 못하고 대기 중으로 배출되어 주변지역에서 많은 민원이 제기되고 있는 실정이다.

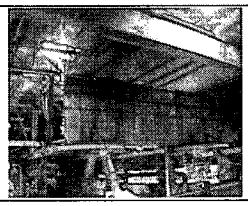
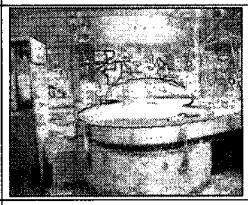
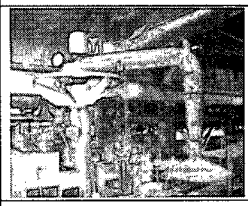
주물공장의 분진으로 인한 민원문제의 주범이 용해공정이며, 특히 출탕시 다량으로 발생되는 금속성 흄의 경우 후드(hood) 사용의 한계로 인해 많은 양이 주위로 확산되고 있다. 용해로에는 링후드, 캐노피 후드, 스윙후드 등 다양한 후드가 적용되고 있지만 발생되는 금속성 흄을 효과적으로 포집하지 못하는 실정이다. 최근에 용해로 상부에 뚜껑을 씌워 발생되는 흄을 효과적으로 배기시키는 직인식 후드(capture hood)가 개발되어 여러 사업장에 적용되고 있다. 기존 방식에 비해 우수한 배기성능을 발휘하지만, 출탕시 발생되는 흄을 배기시키기는 어려움이 있다. 출탕시 발생되는 흄을 제어하기 위해 환기량을 급격히 증가시킬 경우 용해중인 쇳물의 온도가 쉽게 상승하지 않아 생산량이 감소되고 운전비용이 증가될 우려가 있다. 또한 과도한 환기량으로 인해 집진장치의 규모가 증가되어 설치비용이나 공간 문제가 발생하기 때문에 현실적이지 못하다. 이러한 점을 감안하여 본 내용에서는 출탕시 직인식 후드의 흄 배기성능을 향상시킬 수 있는 방법을 전산유체역학(CFD : Computational Fluid Dynamics)을 이용한 예측결과를 토대로 생산 현장에 적용한 우수사례를 설명하였다.

2. 용해공정에 설치된 배기후드

용해공정에는 다양한 모양의 후드가 설치되고 있다. 하지만 용해로의 종류나 장입과 출탕 방식, 작업형태에 따라 후드의 흄 포집성능 차이가 크게 발생하고, 특히 작업여건에 맞지 않을 경우 다량의 흄 확산을 초래한다.

표 1은 용해공정에 설치되어 있는 후드별 환기특성을 정리한 내용이다.

Table 1. Exhaust hoods for pouring process

구분	캐노피 후드	링 후드	스윙후드	측방형 후드
사진				
특징	▪ 용해로 상부 지붕 근처에 위치하여 부력을 가지고 상승하는 흄을 제어하기에 적합하고 작업에 방해를 주지 않음	▪ 용해로 입구를 둘러싼 형태로 설치되며, 발생원과 가까워 요구되는 후드 배기량이 적음 ▪ 작업에 방해가 타 후드에 비해 상대적으로 적음	▪ 용해로 상부에 설치되며, 캐노피 후드와 달리 비교적 근적하여 설치함 ▪ 작업에 방해되지 않게 축을 중심으로 후드가 회전하도록 설계됨	▪ 출탕용 래들의 측방에 근접하여 설치되어 배기량이 충분할 겨우 출탕시 비교적 효과를 거둠
단점	▪ 후드와 용해로 사이 거리가 멀어 공장내 방해기류가 있을 경우 흄 배기효율이 거의 없음 ▪ 대용량의 후드 배기량이 요구됨	▪ 배기량을 증가시킬 경우 용해온도에 영향을 줄 우려가 있음 ▪ 강한 부력을 가지고 상승하는 고온의 금속 흄 배기성능 낮음 ▪ 후드 개구면의 유량 균등이 어려워 흄 배기성능 감소됨	▪ 용융금속 출탕시 용해로 간섭을 피하기 위하여 회전되기 때문에 흄을 배기시키지 못함	▪ 출탕을 제외한 다른 작업시 거의 무용지물임 ▪ 래들에서 상승하는 고온의 금속 흄을 측방으로 배기시키기 때문에 요구되는 배기량이 많음

3. 직인식 후드 환기특성

직인식 후드는 비교적 근래에 소개된 기술로서 용해로에서 발생되는 고온의 흄을 가장 효과적으로 제어할 수 있는 환기용 후드로, 신설되는 용해로뿐만 아니라 작업환경 개선을 목적으로 교체되는 용해로 후드에 가장 많이 적용되고 있다.

일반적으로 용해로는 장입, 첨가제 투입, 용해 및 출탕 작업을 반복하게 된다. 이 과정에서 작업에 방해되지 않도록 공정에 따라 그림 1과 같이 운전된다. 작업형태에 맞게 적절히 조절되기 때문에 용해과정에서 발생되는 고온의 흄을 효과적으로 제어할 수 있으나 출탕 과정에서는 금속 흄이 래들에서 발생되기 때문에 그림 2와 같이 직인식 후드 근처로 상승하는 흄은 후드내로 쉽게 유입되지만 먼 거리의 경우는 고온으로 인한 강한 부력에 의해 주위 작업장으로 확산된다.

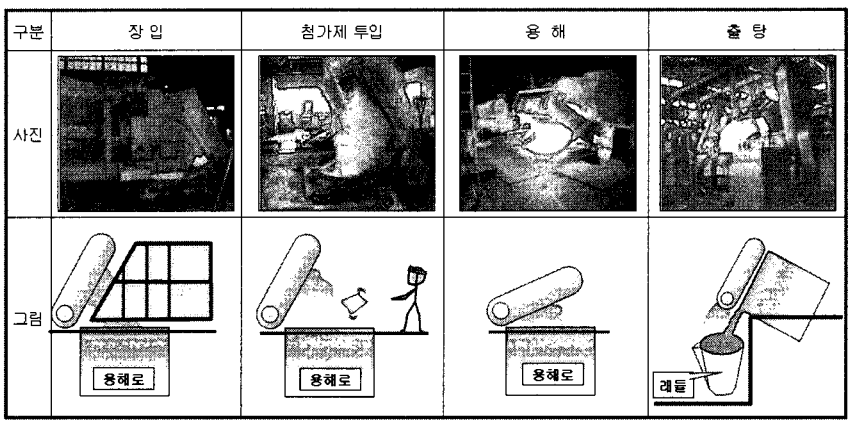


Fig. 1. Capture hood motion according to working process in the melting furnace.

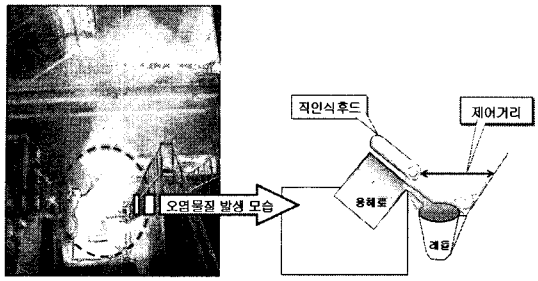


Fig. 2. The generation of fumes to the pouring process.

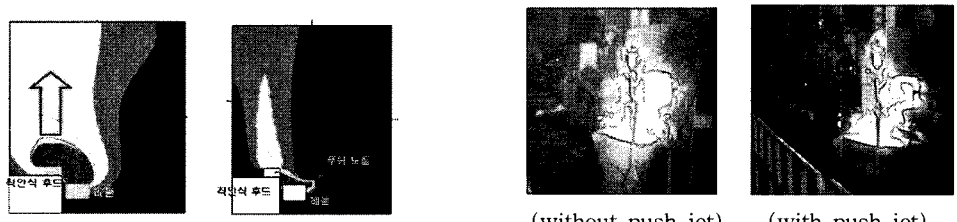
4. 직인식 후드의 성능 향상방안

출탕시 직인식 후드의 배기성능을 향상시키기 위한 방안으로 1)제트 기류를 이용한 Push-pull 방식과 2)래들 덮개를 이용한 방식, 3)유도깃을 이용한 방식을 제안하였다.

4.1 제트 기류를 이용한 Push-pull 방식

직인식 후드의 경우 후드와 거리가 먼 래들에서 발생되는 흄은 대부분 작업장으로 확산되는데 반해, 직인식 후드 전면에 푸쉬 노즐을 설치할 경우에는 래들 상부에 에어커튼이 형성되고, 에어커튼 기류에 의해 래들에서 발생된 흄이 직인식 후드로 유도되게 된다. 이에 대한 효과를 확인하기 위하여 전산유체역학을 이용하여 평가해 보았다.

모델링 조건으로 래들 개구면은 가로 1.4m×세로 1.4m×높이 1m이고, 래들에서 발생되는 오염물질의 거동이 실제 현장과 동일하기 위해 래들 표면을 heat source로 하여 116kw의 열량이 발생되는 것으로 하였다. 또한 직인식 후드의 배기량은 현장 조건을 고려하여 250CMM, 급기량은 20CMM으로 하였다. 이에 대한 전산유체역학 결과와 현장 실험 결과를 그림 3에 나타내었다. 직인식 후드만 가동할 경우에 비해 푸쉬 제트를 이용할 경우 주위로 확산되는 오염물질 농도가 월등히 감소되는 것을 확인할 수 있었고, 현장 실험에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다.



(without push jet) (with push jet)

(a) result of the CFD

(without push jet) (with push jet)

(b) result of the experiment

Fig. 3. Results of the CFD & experiment.

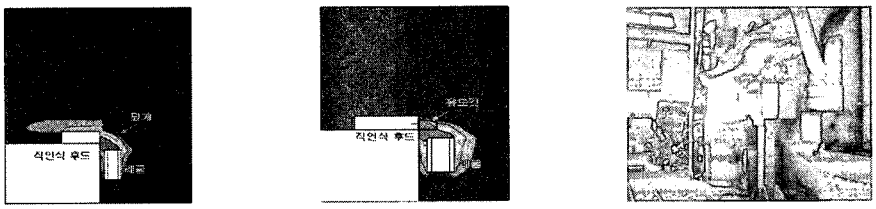
4.2 래들 덮개를 이용한 방식

래들에서 고온의 부력으로 상승하는 금속 흄을 래들 상부에 비스듬히 덮개를 설치하여 직인식 후드로 유도하는 방식이다. 이에 대해 오염물질 제어 효율을 평가하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하였다. 모델링을 위한 조건은 앞선 "(1)제트기류를 이용한 push-pull 방식"과 동일하게 하였으며, 덮개는 래들 상부를 충분히 덮을 수 있도록 위치시켰다. 그림 4의 (a)는 덮개를 설치한 경우의 전산유체역학 결과이다. 이를 살펴보면, 그림 3의 직인식 후드 결과(푸쉬 제트가 없는 경우)와 비교해 주위로 확산되는 흄이 현저히 감소하였음을 확인할 수 있었다.

4.3 유도깃을 이용한 방식

래들에서 고온의 부력으로 상승하는 금속 흄을 직인식 후드에 유도깃을 설치하여 유도하고자 하였다. 덮개를 이용한 경우와 유사한 기류 형태가 발생하리라 예상되었으며, 전산유체역학을 이용하여 이를 평가해 보았다. 모델링 조건은 앞선 경우와 동일하게 하였으며, 유도깃(guide vane)의 크기는 현장조건을 고려하여 작업에 간섭되지 않는 크기로 하였다. 그림 4의 (b)는 전산유체역학에 의한 예측결과로, 직인식 후드만의 경우와 비교해 후드에 유도깃을 설치할 경우 래들에서 발생되는 오염물질이 주위로 확산되지 않고 후드내로 원활히 유도되고 있음을 확인할 수 있었다.

그림 4의 (c)는 실제 용해공정에서 덮개와 유도깃을 설치했을 경우에 대한 효과를 검증한 결과이다. 이를 살펴보면 출탕시 래들에서 발생되는 고온의 금속 흄이 직인식 후드내로 원활히 유도되었으며, 이는 전산유체역학의 결과와도 흡사하였다.



(a) the use of cover (b) the use of guide vane (c) result of experiment

Fig. 4. Results of the CFD & the experiment.

용해공정에 적용되는 후드 중 가장 효율적이라 여기는 직인식 후드의 출탕시 부족한 성능을 개선함으로서 대기방지시설의 증설이나 추가 없이도 분진으로 인한 열악한 작업환경을 개선하고, 대기 민원 문제를 해결하는데 큰 도움이 되었다.

참 고 문 헌

Air & Waste management Association (1999) Air pollution Engineering Manual.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2003) Industrial Ventilation-A Manual of Recommended Practice, 25ed.

R. rota, G.Nano and L. Canossa (2001) Design Guidelines for Push-Pull Ventilation Systems Through Computational Fluid Dynamics Modeling, AIHAJ 62, 141-148.