

용해공정의 캐노피 후드 성능 개선에 관한 수치 해석적 연구

정유진¹, 손병현², 이상만³, 정중현^{4*}

¹씨이테크(주) 연구개발센터, ²한서대학교 환경공학과,
³차의과학대학교 부속 구미차병원, ⁴대구한의대학교 보건학부

A Numerical Study on Performance Improvement of Canopy Hood in Melting Process

Yu-Jin Jung¹, Byung-Hyun Shon², Sang-Man Lee³ and Jong-Hyeon Jung^{4*}

¹C.E.Tech Co. Ltd., R&D Center

²Dept of Environmental Engineering, Hanseo University

³Gumi CHA Hospital attached College of Medicine CHA University Health Management Center

⁴Faculty of Health Science, Daegu Haany University

요약 본 연구에서는 현장조사를 통해 주물 제조 사업장의 일부 용해공정에 적용되고 있는 캐노피 후드(canopy hood)의 흡인 성능을 검토하였다. 또한, CFD model을 이용하여 유해대기오염물질 포집 능력을 향상시킬 수 있는 방안들을 위한 유동장 및 압력장을 비교 및 평가하였다. Case-2(플랜지 부착+이중 후드)의 경우 포집 성능 측면에서는 개선이 가능하지만 후드 정압이 기존 구조보다 약 70% 이상 증가할 것으로 예측되어 현장 적용성이 좋지 않을 것으로 나타났다. 흡인효율을 개선하기 위해서는 case-3(플랜지 부착+이중 콘 부착)의 형상이 가장 적합할 것으로 판단된다. 이는 개구부 중앙에 이중 콘(cone)이 설치되어 후드 가장자리로 유량을 집중시킬 수 있으며, 또한 후드 중앙으로 상승되는 흠(hume)은 콘의 기울기에 의해 정압 상승의 요인 없이 제어할 수 있기 때문이다.

Abstract This study reviewed the capturing performance of a canopy hood used in some melting processes of a casting manufacturing factory through a site survey. In addition, this study compared and evaluated the flow field and pressure field for the plans to enhance the hazardous air pollutants collection capacity by using CFD model. The case-2(flange attached + double hood) can be improved in terms of collection performance, but is expected to increase in hood static pressure by about 70% more than the existing structure, so it was shown that its site applicability is not good. It is judged that the shape of case-3(flange attached + double cone attached) is most suitable to improve the suction efficiency. This is because a double cone is installed at the center of the opening to concentrate the flow rate on the edge of the hood and control the hume rising to the center of the hood without a static pressure rise via the slope of the cone.

Key Words : Computational Fluid Dynamics model, Canopy hood, Capture velocity, Melting process

1. 서론

산업공정에서 발생되는 유해대기오염물질(Hazardous Air Pollutants, HAPs)을 배기시키기 위해 다양한 형태의

국소배기 시스템이 설치 및 운영되고 되고 있다. 국소배기 시스템은 후드(hood), 덕트(duct), 공기정화장치(air cleaner), 송풍기(fan), 굴뚝(stack)으로 구성되며, 특히 후드는 작업 공정상에서 발생하는 오염물질이 근로자 및

본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업이며, (No. 2012-R1A1A4A01- 014771) 연구비를 지원하여 주심에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Jong-Hyeon Jung(Daegu Haany Univ.)

Tel: +82-10-2805-5621 email: airgas@dhu.ac.kr

Received January 23, 2013

Revised (1st February 14, 2013, 2nd February 27, 2013)

Accepted March 7, 2013

작업공정 주변으로 확산되는 것을 방지하기 위해 영향권 역 내의 오염물질을 발생원에서 직접 포집하기 위한 국소배기 시스템의 입구라고 할 수 있다. 후드는 비교적 적은 유량으로 효율적인 유해대기오염물질을 포집하는 것이 제일 중요하며, 송풍기 용량과도 밀접한 관련이 있고, 동력비 절감을 위해 필요 배기량을 최대한 저감하여 설치하여야 한다. 또한 후드 설계시에는 공정의 물류 이동, 제품 제원 및 작업 특성이 고려되어야 하며, 공기역학적 유입특성 등도 반드시 고려되어야 한다[1].

그러나 기류 특성을 고려한 최적의 후드 형상 설계 및 접근 방법이 현장 경험 또는 과거 유사설비에 대한 역설계, 설계 매뉴얼에 의거한 1차원적 설계 공식에 근거하여 대부분 이루어지고 있다. 이러한 경우 기본적인 성능은 만족할 수 있으나, 후드의 기하학적 형상 변화에 대해서는 예상치 못한 오류 등으로 인하여 그 성능과 효율을 예측할 수 없다. 이에 후드의 기하학적 형상 변화에 따른 흡인 성능의 변화를 고찰할 수 있는 방법으로 수치해석 기법(Computational Fluid Dynamics, CFD)을 이용하면 유체의 거동과 유동 특성을 미리 예측할 수 있어 시간과 비용면에서 실험적 고찰을 수행한 것 보다 훨씬 경제적인 이점을 가질 수 있다[3-7].

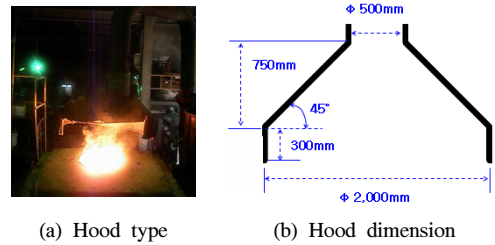
본 연구에서는 이러한 수치해석 기법을 이용하여 주물 제조 사업장의 용해공정에 일부 적용되고 있는 캐노피 후드(canopy hood)의 흡인 성능을 검토하였고, 오염물질 포집 능력을 향상시킬 수 있는 다양한 방안에 대해서 각 방안별 후드의 유동장(velocity field), 압력장(pressure field)을 비교 및 평가하여 포집 효율(capture efficiency)이 우수한 후드의 구조 개선안을 도출하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 측정 방법

2.1.1 후드 제원

본 연구 대상 사업장은 부산에 소재하고 있는 ○○주물 제조 사업장으로 주로 자동차 부품 관련 소형 주물품을 제조하고 있으며, 전기로를 이용하여 용해작업을 수행하고 있었다. 또한 전기로에는 스윙(swing)식 캐노피 후드가 설치되어 있어 용해 작업시에는 후드를 전기로 상부에 위치시키고, 그 외 장입 및 출탕 작업시 크레인의 간섭을 피하기 위해 후드를 스윙시켜 사용하고 있었다. Fig. 1에 캐노피 후드의 자세한 제원을 나타내었다.



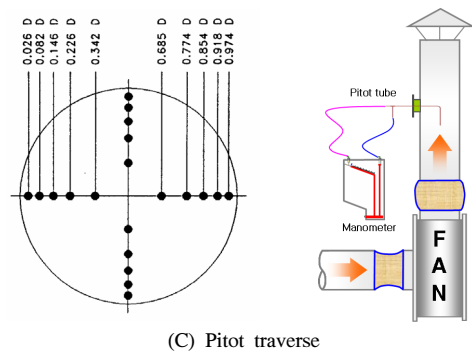
[Fig. 1] Configuration and dimension of canopy hood

2.1.2 송풍기 유량 측정

연구대상 후드는 전기로 1대에 단독으로 송풍기가 설치되어 있어서 송풍량을 측정하여 후드 배기량(exhaust flow rate)을 평가하였다. [Fig. 2]와 같이 송풍기 후단 덕트 단면에서 피토관(pitot tube)과 경사 마노미터(manometer)를 이용하여 피토관 횡단법(pitot traverse)에 따라 총 10 point에서 동압(velocity pressure)을 측정하였으며, 덕트 내에서의 유동은 덕트 벽면과의 마찰 때문에 포물선(parabolic) 형태로 유동하므로 측정값이 과대평가되지 않도록 등간격 측정이 아닌 덕트 직경을 기준으로 피토관 횡단법에 의해 측정하였다[1].



(a) Measurement of flow rate (b) Measurement equipment



(C) Pitot traverse

[Fig. 2] Measurement of exhaust flow rate in experimental equipment

측정 동압은 식 (1)에 의거하여 유속으로 환산하여 평균하였고, 배기량은 식 (2)와 같이 평가하였다.

$$P_v = V^2/(2 \times g) \quad (1)$$

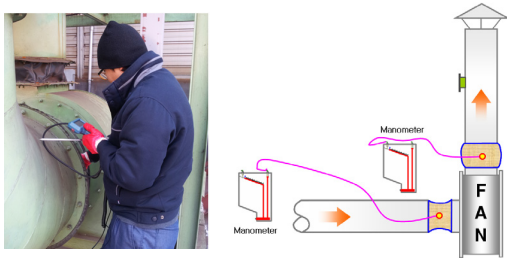
P_v 는 동압(mmAq)이고 V 는 유속(m/s), g 는 중력가속도(m/s^2)이다.

$$Q(m^3/min) = 60 \times A(m^2) \times V(m/s) \quad (2)$$

Q 는 배기량(m^3/min)이고 A 는 단면적(m^2)이며 V 는 유속(m/s)이다.

2.1.3 송풍기 정압 측정

송풍기 성능의 정확한 평가를 위해 Fig. 3과 같이 송풍기의 전/후단에 설치되어 있는 캔버스(cnvas)에 정압구를 뚫어 압력계를 이용하여 송풍기 정압(satic pressure)을 측정하였다[1].



[Fig. 3] Measurement of static pressure in experimental equipment

2.2 수치해석 방법

2.2.1 지배 방정식

유체의 유동을 정상 상태, 비압축성 기체라 가정할 때 일반적인 물리량의 수송방정식을 다음과 같은 형태로 나타낼 수 있다[3,4].

$$\text{div}(V\Phi_i - \Gamma_{\Phi_i} \text{grad}\Phi_i) = S_{\Phi_i} \quad (3)$$

여기에서 V 는 속도 벡터이고 Γ_{Φ_i} 는 확산 계수이다. S_{Φ_i} 는 부력항(S_{buoyancy})을 제외한 비정상항, 압력구배 등을 포함한 모든 source term을 나타낸다. 위 수송방정식에서 질량 보존 차원에서 물리량 Φ_i 에 밀도 ρ 를 대입하면 연속 방정식이 되며, 속도장에 물리량 Φ_i 에 ρu_i 를 대입하면 운동량 방정식이 된다. 만약 에너지를 수송한다면 물리량 Φ_i 에 $\rho c_p T$ 를 대입하면 에너지 방정식으로 나타낼 수 있다. 또한 중력을 고려해야 하는데, 이는 운동량에 체적력(-중력)인 ρg 를 추가함으로써 다음과 같은 부력항을 나타낼 수 있다.

$$-\rho\beta g\Theta = -\rho\beta g(T - T_0) \quad (4)$$

식 (3)에 (4)식을 추가하면 다음과 같다.

$$\text{div}(V\Phi_i - \Gamma_{\Phi_i} \text{grad}\Phi_i) = S_{\Phi_i} + S_{\text{buoyancy}} \quad (5)$$

2.2.2 난류 모델

난류 유동은 매우 불규칙하고, 비정상 3차원 거동을 하므로 난류 유동과 관련된 유동 현상을 수치적으로 정확하게 예측하거나 설명하기는 어려우며, 高 레이놀즈수 유동에서 발생하는 난류의 물리량 수송방정식인 Navier-Stokes 방정식을 직접 풀 수는 없으므로[8], 난류를 해석하기 위해 난류 모델을 도입하게 된다. 난류 모델은 난류 운동을 크게 난류 강도를 나타내는 속도 스케일과 난류 크기를 나타내는 길이 스케일, 두 가지 특성량으로 표현된다. 난류 모델은 난류 점성 계수(μ_t)를 취급하는 방법에 따라 여러 가지로 나눌 수 있는데 이러한 난류 모델 중 1974년 Launder와 Spalding에 의해 제시된 표준 $k-\epsilon$ 모델은 난류의 시간적으로 변동하는 속도가 시간 평균 속도와 변동분의 속도로 되어 있다는 가정하에 Navier-Stokes 방정식을 시간 평균하여 속도 변동량의 상관항이 응력 형태(Re 응력항 = 난류 점성 계수 \times 속도 구배)인 레이놀즈 응력항을 도출해 내고, 이는 분자점성에 의해 발생하는 전단 응력과 같은 형태로 난류를 가장 잘 표현하는 모델이라 할 수 있다[9].

표준 $k-\epsilon$ 난류 모델에서는 난류 점성을 난류운동 에너지(k)와 난류의 소산률(ϵ)로 표현한다.

$$\mu_t = \frac{C_\mu \rho k^2}{\epsilon} \quad (6)$$

난류 운동 에너지(k) 방정식은,

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + G_k + G_b - \rho \epsilon \quad (7)$$

난류 소산률 방정식은 식 (8)과 같고 여기서 G_k 는 난류 생성항으로서 식 (9)와 같다.

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right) + C_{\epsilon_1} \frac{\epsilon}{k} (G_k + C_{\epsilon_3} G_b) - C_{\epsilon_2} \rho \frac{\epsilon^2}{k} \quad (8)$$

$$G_k = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad (9)$$

2.2.3 수치해석 방법

본 연구에서는 상용 소프트웨어인 FLUENT를 사용하였으며, 이는 난류 방정식들의 이산화 방법으로 유한체적법(finite-volume method)을 사용하였다. 유한체적법은 적분 후에 이산화하기 때문에 항상 그 미소 영역내의 운동량 등의 출입을 고려하며, 보존 법칙을 확실하게 만족시키는 이산식을 얻을 수 있는 장점이 있다. 그리고 압력장을 구하기 위해 연속 방정식과 운동량 방정식을 조합시키는 방법으로 SIMPLE (Semi-Implicit Method Pressure-Linked Equations) 알고리즘을 사용하였다[8]. 또한 수렴성을 효율적으로 하기 위해 하향 이완법 (under relaxation)을 사용하였다. 수치해석에 필요한 기본 방정식이 비선형이므로 반복에 의한 해의 수렴이 필요하다. 반복 계산 시 종속변수들의 수렴정도를 점검하기 위하여 잉여치(residual)를 확인하면서 잉여치가 10^{-3} 이하에 도달하면 수렴된 것으로 간주하였다[8].

$$\max |\phi^{n+1} - \phi^n| \leq 10^{-3} \quad (10)$$

2.2.4 수치해석 모델

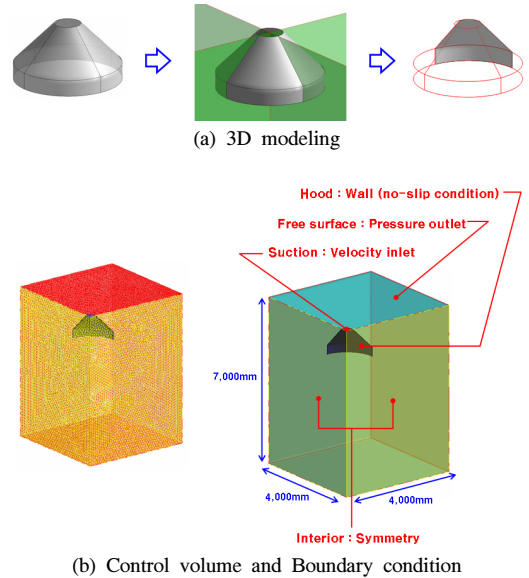
1) 기존 캐노피 후드

Fig. 4(a)는 기존 스윙식 캐노피 후드의 수치해석을 위해 실제 후드 형상과 똑같은 형상으로 3차원 모형을 구현한 것이며, 수치해석에 필요한 격자수(grid cell number)를 줄이기 위해 후드의 대칭 구조를 이용하여 3차원 형상의 1/4만 실제 수치해석 대상으로 구현하였다.

경계 조건으로는 Fig. 4(b)와 같이 배기구(suction)는 유량을 바로 결정할 수 있도록 속도 경계조건(velocity inlet)을 부여하였으며, 실측 배기량인 $200 \text{ m}^3/\text{min}$ 에 따른 유속 값을 부여하였다. 제어체적(control volume)을 구성하는 자유 표면(free surface)은 미지 변수들의 변화량을 무시할 수 있는 조건인 압력 경계조건(pressure outlet)을 부여하여 경계면에서의 물성치 변화는 고려하지 않았다. 단, 자유 표면에 압력경계조건을 적용하기 위해서는 자유 표면이 배기구와 같은 유체 유동이 심한 영역으로부터 충분한 거리 D를 두고 주어져야 하므로 배기구(suction)와 자유 경계면까지의 거리는 아래 식 (11)의 거리에 만족할 수 있는 제어체적을 구성하였다[2].

$$D=5A^{1/2} \quad (11)$$

여기에서 A는 유동이 심한 영역인 배기구의 면적이다. 또한, 후드가 위치하고 있는 내부 공간 조건은 1/4 형상만 구현한 바, 대칭 조건(symmetry)을 부여하였다. 수치 계산을 위한 제어체적 구성에 사용된 격자 형성(grid configuration)수는 765,845개 이었다.

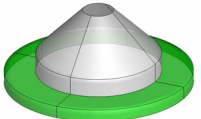
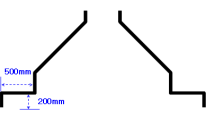
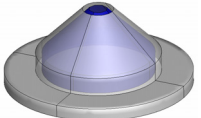
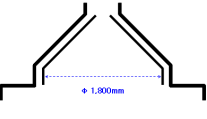


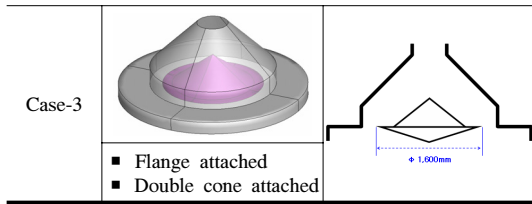
[Fig. 4] Control volume and grid configuration of the 3 dimensional canopy hood

2) 후드 구조 변경

기존 캐노피 후드의 흡인 성능을 개선시키기 위해 3가지 형태로 후드 구조를 변경하였다. Table 1에 후드의 구조변경 조건 3가지를 나타내었다.

[Table 1] Modified cases of canopy hood

| | Structure | Dimension |
|--------|--|---|
| Case-1 |  |  |
| | ■ Flange attached | |
| Case-2 |  |  |
| | ■ Flange attached ■ Double hood | |

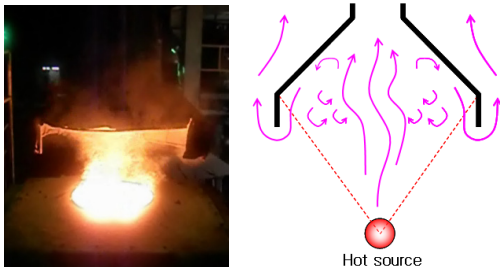


Case-1은 기존 형상에서 후드 개구부에 플랜지(flange)를 부착한 조건이다. Case-2는 Case-1의 조건에서 후드 가장자리의 제어유속(capture velocity)을 증가시키기 위해 이중 후드(double hood)로 구성한 조건이다. Case-3은 Case-1의 조건에서 후드 개구부에 배플(baffle)을 설치하였으며, 이러한 이유는 후드 가장자리의 제어유속을 증가시키기 위하여 설치하였다. 또한 배플에 의해 사영역(dead-zone)이 발생되지 않도록 배플을 이중 콘(dual cone) 형상으로 구성하여 기류가 원활하게 후드 내부로 유입되어 와류(vortex) 형성을 최소화시키고자 하였다. 또한, 배기량 경계 조건(boundary condition)은 기존 캐노피 후드와 동일한 송풍량 실측값을 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기존 캐노피 후드

본 연구대상의 후드는 용해 작업시에는 전기로 상부에 후드를 위치시켜 용해 과정에서 발생하는 흡을 제어하는 구조이다. Fig. 5와 같이 용해 작업시 후드가 전기로 상부에 위치하고 있으며, 전기로에서 발생하는 흡의 일부가 후드 가장자리(edge)를 통해 범람(overflow)되면서, 외부로 비산되고 있는 것으로 확인되었다.



[Fig. 5] Scattering configuration of fume

기존 캐노피 후드에 연결된 송풍기 성능을 측정된 결과를 Table 2에 간략하게 나타내었다.

[Table 2] Result of performance measurement in experimental equipment

| | Specification | Measurement | Efficiency (%) |
|---------------------------------|---------------|-------------|----------------|
| Flow rate (m ³ /min) | 300 | 200 | 67 |
| Static pressure (mmAq) | 200 | 180 | 90 |

송풍기 유량(후드 배기량)은 정격 사양과 대비하여 약 67%의 유량비 효율을 나타내었으며, 초기 설계 사양보다 효율이 다소 저하된 것으로 평가되었다. 따라서 배기량 저하로 인해 후드의 포집 효율도 저하됨에 따라 흡의 일부가 후드 외부로 비산되고 있는 것으로 판단된다. 이 때 송풍기 정압은 정격 사양 대비 약 90%의 효율을 나타내고 있으며, 시스템 내에 압력손실(pressure loss)이 과도하게 발생하거나, 설비의 관리 소홀 및 노후 정도에 따른 효율 저하 등의 문제점은 없는 것으로 확인되었다. 현재의 운전 조건에서는 기존 캐노피 후드의 배기량을 초기 설계 수준으로 회복시키는 것은 어려운 것으로 판단되었다. 따라서 현재 캐노피 후드의 포집효율을 향상시키기 위해서는 흡의 비산 경로에 따라 후드 구조를 변경시키는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, 캐노피 후드 가장자리로 흡의 일부가 범람되면서 비산되고 있는 것으로 확인됨에 따라 후드 중앙 구간보다는 가장자리의 제어유속을 증가시키는 방법이 흡인 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

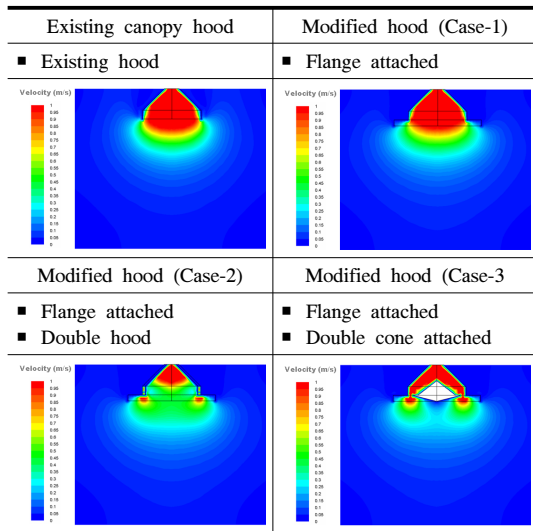
3.2 후드 구조변경

Fig. 5에서 나타낸 바와 같이 기존 캐노피 후드에서 고온의 흡 일부가 후드 가장자리(edge)로 범람(overflow)하면서 비산되고 있는 것으로 확인되어 후드 가장자리의 제어유속을 증가시킬 수 있는 구조로 변경한 조건들에 대해 수치해석 결과를 비교하였다.

3.2.1 후드 제어유속 유동장 예측 결과

각 후드 구조 변경안에 대한 유속분포 예측 결과를 기존 캐노피 후드와 비교하여 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

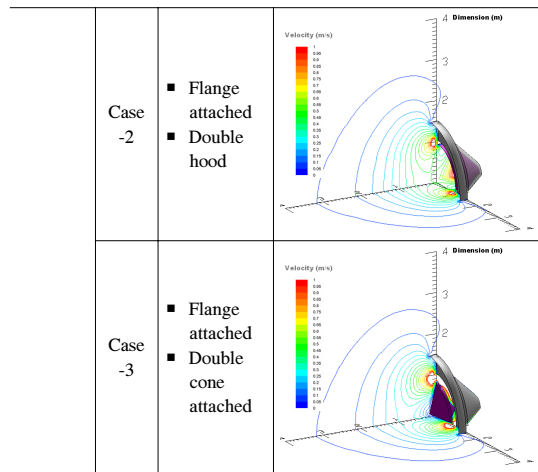
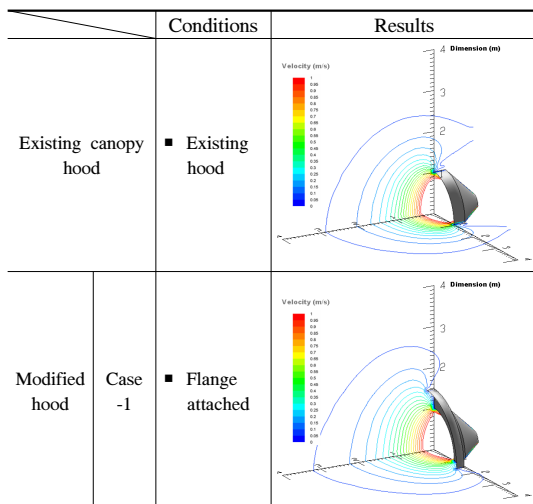
[Table 3] Distribution of predicted velocity in the existing hood and modified hood



기존 후드와 변경된 Case-1은 유속이 후드 중앙 부위로 집중되는 반면, Case-2와 Case-3은 유속이 후드 가장자리로 분산되어 집중되는 것으로 확인되었다.

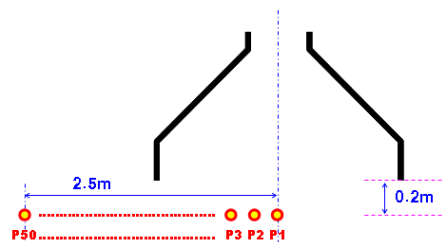
Table 4에서는 각 변경안의 제어유속 변화를 보다 명확하게 비교하였으며, 이를 위하여 후드를 1/4 형상으로 절개하여 거리별 유속 분포를 비교하였다. 분석결과 배기량 200 m³/min에 대하여 모든 변경안이 기존 후드와 비교하여 제어거리가 최소 10 cm에서 최대 30 cm 정도 증가되는 것으로 예측되었다.

[Table 4] Comparison of predicted capture velocity distribution between existing hood and modified hood

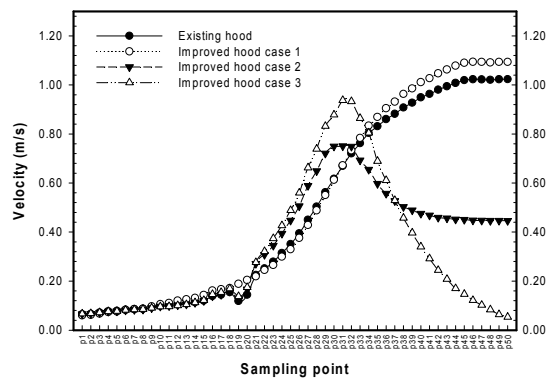


3.2.2 후드 제어유속 예측 결과 비교

Fig. 6과 같이 기존 후드와 각 변경안의 후드 개구부 전면 중앙 구간부터 2.5 m 떨어진 구간까지의 제어유속을 50 point 샘플링하여 구간별 유속 프로파일(profile)을 비교하였으며, 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다.



[Fig. 6] 25 sampling point(capture velocity) in the hood face

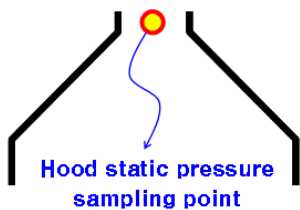


[Fig. 7] Effect of sampling point on predicted velocity in the hood face between existing hood and modified hood

Fig. 7에서 확인된 바와 같이 Case-1의 제어유속은 기존 후드와 비교하여 후드 개구면 중앙 구간에서 최대 10% 이상 증가되었고, 후드 가장자리 구간에서는 거의 유사한 분포를 나타내었으며, 유량이 후드 중앙으로 집중되고 있음을 알 수 있다. Case-2는 후드 중앙과 가장자리 구간에서 여타 형상에 비해 평균치 수준으로 확인되었으며, 유량이 다소 분배되고 있음을 알 수 있다. Case-3은 후드 중앙이 큰 구조물에 의해 막혀 있어 후드 가장자리로 유량이 집중됨에 따라 후드 가장자리 구간에서 최대 40% 이상 제어유속이 증가되는 것으로 나타났다.

3.2.3 후드 정압 비교 결과

후드 형상 변경 후 동일한 배기량에 대해 후드 정압의 증감폭을 비교하기 위해 Fig. 8과 같이 후드 목(neck, 후드와 덕트의 접속 구간) 구간에서 정압을 샘플링하였다.



[Fig. 8] Sampling point of static pressure in hood

[Table 5] Comparison of static pressure between existing hood and modified hood

| | Existing canopy hood | Modified hood | | |
|----------------------------------|----------------------|---------------|--------|--------|
| | | Case-1 | Case-2 | Case-3 |
| Predicted static pressure (mmAq) | 18.5 | 18.7 | 31.4 | 19.3 |
| Increasing rate (%) | - | 1 | 70 | 4 |

Table 5에서 확인된 바와 같이 배기량 200 m³/min가 후드로 흡인될 때 Case-1과 Case-3의 후드 정압은 기존 후드에 비해 약 1~4% 정도 증가되는 반면, Case-2는 약 70% 수준으로 정압이 크게 증가되는 것으로 예측되었다. 따라서 Case-2는 후드 정압이 기존 구조보다 약 70% 이상 증가함에 따라 현재의 시스템 운전조건(송풍기 정압 비 90%)에서는 현실적으로 적용 불가능할 것으로 판단된다. 또한, Case-2의 예측 결과로 확인된 바와 같이 실제 현장에서 열원 공정에 설치되어 있는 일반 캐노피 후드의 흡인 성능을 향상시키기 위해 다단 배플 장착형이나

이중 후드 형태로 개선하는 경우가 빈번하나, 이 때 반드시 후드 정압의 증감폭을 검토하여 후드 배기량에 영향을 미칠 수 있는지에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 수치해석 기법을 활용하여 주물 제조 사업장의 용해공정에 일부 적용되고 있는 캐노피 후드의 흡인 성능을 검토하였으며, 유해대기오염물질 포집 능력을 향상시킬 수 있는 방법에 대해서 각 방안별 후드의 유동장 및 압력장을 비교 및 평가하였다. 이를 바탕으로 포집 효율이 우수한 후드 구조 개선안을 도출하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 연구대상 캐노피 후드는 흡의 비산을 방지하기 위해서는 배기량을 증가시켜야 하나, 현재송풍기 운전조건에서 초기설계 사양만큼 배기량을 회복시키는 것은 어려운 것으로 조사되어 흡의 비산 경로에 따라 후드 구조를 변경시켜 흡인 성능을 개선시키는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.
2. 이에 후드 가장자리의 제어유속을 증가시킬 수 있는 구조로서 3가지 변경안을 마련하여 개선 효과를 검토한 결과, 모든 변경안이 최대 30cm까지 제어거리 증가가 가능하였으며, 이 중 Case-2와 Case-3의 형상이 후드 가장자리의 제어유속이 높은 것으로 나타났다. 그러나 Case-2는 후드 정압이 기존 구조보다 약 70% 이상 증가함에 따라 현재의 시스템 운전조건에서는 현실적으로 불가능할 것으로 판단된다.
3. 따라서 연구대상 후드의 흡인효율 개선을 위해서는 Case-3의 형상이 가장 적합할 것으로 판단되며, 이 연구결과를 토대로 기존 후드 시스템의 포집 효율을 향상시키면 근로자들의 작업환경 개선에 도움이 될 것으로 판단된다.

Reference

- [1] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Industrial Ventilation Manual of Recommended Practice, 24th Edition, 2001
- [2] Kumala, I., Advanced Design of Local Ventilation Systems, Finland, VTT Publications, 1997
- [3] Henkes, R.A.Q.M., Benchmark Computational and

Experiment for Turbulent Natural Convection in a Square Cavity., Joint Workshop of Eurotherm & Ercoftac, pp.25-27, 1992.

- [4] L. Kjadlman, Numerical flow simulation of dust deflagrations., Power Technology, pp.163-169, 1992
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0032-5910\(92\)80005-H](http://dx.doi.org/10.1016/0032-5910(92)80005-H)
- [5] Witt, P.J., Solnorda, C.G., Mittoni, L.J., Finn, S. and Pluta, J., Optimising the design of fume extraction hoods using a combination od engineering and CFD modeling, Applied Mathematical Modeling, Vol.30, pp3 1167-1179., 2006
- [6] Hood, T.J.A., Thorpe, G.R., The effects of anisotropic resistance to air flow on the design od aeration systems for bulk stored grains, Agricultural Engineering Australia 21, pp.18-23., 1992
- [7] Varley, J. O., The Effect of Turbulent Structures on Hood Design - A Review of CFD and Flow Visualization Studies, HVAC & R RESEARCH, vol. 3., 1997
- [8] Hyun-Guk Myung, Computational Fluid Dynamics for Engineering, Han Mi publishing company, pp. 124-138, 1997.
- [9] Patankar SV, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere Publishing Corp., 1980.

정 유 진(Yu-Jin Jung)

[정회원]



- 2000년 2월 : 창원대학교 환경공학(공학사)
- 2002년 2월 : 창원대학교 환경공학(공학석사)
- 2002년 9월 ~ 2010년 3월 : 크린에어테크놀로지(주)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 씨이테크(주) 연구개발팀 수석연구원

<관심분야>

산업환기기술, 대기오염제어기술, 대기오염모델링

손 병 현(Byung-Hyun Shon)

[정회원]



- 1990년 2월 : 부산대학교 환경공학과(공학사)
- 1994년 2월 : 부산대학교 환경공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 부산대학교 환경공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 환경공학과 정교수

<관심분야>

대기오염제어(탈황 및 탈질), 폐기물처리, 이산화탄소 흡수

이 상 만(Sang-Mang Lee)

[정회원]



- 1990년 2월 : 대구한의과대학교 환경보건학과(이학사)
- 2007년 8월 : 경북대학교 역학 및 건강증진학과(보건학 석사)
- 2012년 9월 ~ 현재 : 차의과학대학교 부속 구미차병원 건강관리센터 실장, 기술사

<관심분야>

산업위생공학, 산업위생관리, 유해위험성 평가

정 종 현(Jong-Hyeon Jung)

[정회원]



- 1999년 2월 : 부산대학교 환경공학과(공학박사)
- 2008년 2월 : 대구한의대학교 보건학과(보건학박사)
- 2012년 2월 : 동국대학교 의학과(의학박사)
- 1996년 3월 ~ 2002년 2월 : 서라벌대 보건의료행정과 교수
- 2011년 3월 ~ 현재 : 대구한의대 보건학부 교수

<관심분야>

보건/환경학, 산업보건, 대기, 예방의학, 인체위해도 평가, 문화재보존과학