

4E4) 방해기류에 따른 Push-Pull Hood 기류 가시화 Visualization of Airflows in Push-Pull Hood Systems under Cross-Draft

김태형 · 송세욱¹⁾ · 하현철 · 강호경
 창원대학교 환경공학과, ¹⁾한국산업안전공단

1. 서 론

도금 및 금속 세척 작업장에서는 제품을 가공하기 위하여 상부가 트인 개방조에 중금속 및 산알칼리 등의 유해성 물질을 저장하여 사용한다. 그래서 사업장에서는 개방조에서 발생하는 유해가스가 외부로 확산되는 것을 방지하기 위하여 Push-Pull Hood라는 국소배기시설을 사용하는데, 여기서 Push-Pull Hood란 개방조 한변에서 압축공기를 불어 반대쪽에 오염물질이 도달하게 한 후, 포집용 후드로 배출하는 국소배기시스템의 한 방법이며, 다른 국소배기 시스템에 비하여 배기 유량을 50%이상 줄일 수 있다는 장점이 있다.¹⁾²⁾

Push Nozzle의 급기량 및 Pull부의 배기유량 등의 Push-Pull Hood System의 설계는 ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)의 설계자료를 이용하여, 노즐의 각도, 조의 표면적, 방해 기류 등의 변수를 고려하여 설계하지만, 이중 방해기류에 대해서는 0.4m/s이하에서만 적용하도록 되어 있어³⁾ 방해기류가 심하게 부는 작업장에서는 설계기준이 제대로 적용되지 못한다. 그리고 Jung의 연구⁴⁾에서와 같이 현장에 설치된 Push-Pull Hood System의 성능이 저하되어 ACGIH에서 제시하는 설계기준에 못 미칠 경우 방해기류에 의한 영향이 더욱 커져 작업장 내부의 오염이 더욱 심하게 될 수 있다.

본 연구는 방해기류에 의한 Push-Pull Hood System의 포집 효율 저하를 가시적으로 확인하기 위하여 ACGIH에서 제시하는 설계자료를 바탕으로 장치를 제작한 후, 방해기류를 ACGIH의 기준치인 0.4m/s를 기준으로 그 이하와 이상인 상태로 형성시켜 기류를 비교하였으며, Push-Pull Hood System의 성능이 저하되었을 때를 가정하여 방해기류가 0.3m/s부근에서 Push 부와 Pull 부의 유량을 ACGIH의 설계방법에 따른 설계치의 100%와 60%인 상태에서 실험하였다.

2. 연구 방법

Push-Pull Hood System의 방해기류에 의한 영향을 검증하기 위하여 Fig. 1과 같이 0.8m×0.5m×0.5m 크기의 개방조를 구성하고 ACGIH에서 제시하는 설계기준에 맞추어 높이 3mm인 Push 노즐과 0.03m×0.5m의 Pull Slot으로 구성된 Push-Pull Hood System을 설치하였다. 방해기류 형성은 Inverter로 유량 조절이 가능한 송풍기를 이용하여 풍동장치의 챔버(chamber)에서 토출시켜 균일하게 형성시켰으며, 외부기류에 영향 받지 않도록 하여 실험의 정확도를 기하였다.

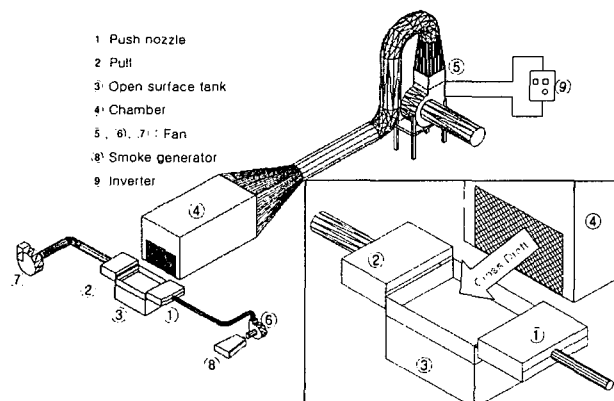


Fig. 1. Sketch of a Push-Pull System for a Test

기류가시화를 위하여 Push부의 급기 송풍기에 Smoke Generator<ZR33 Hi-mass/JEM>를 장착하여 연속적으로 Smoke를 발생시켰으며, 각 실험 조건별 기류의 비교를 위하여 디지털 카메라를 이용하여 촬영하였다.

Table 1과 Table 2는 기류가시화 실험을 위한 조건이다. 여기서 Table 1은 Push-Pull 후드 설계조건에 만족할 경우

방해기류 변화에 따른 조건이며, Table 2는 방해기류가 0.3m/s정도로 부는 상황에서 Push부와 Pull부의 유속 설계치의 100%와 60%로 조절한 조건이다.

Table 1. Test Conditions of Air Current Change by Cross-draft

	Push Nozzle Velocity(m/s)	Pull Hood Velocity(m/s)	Cross-Draft velocity(m/s)
Case 1	8.0	10	0
Case 2	8.0	10	0.3±0.02
Case 3	8.0	10	0.6±0.02

Table 2. Test Conditions of Air Current Change by Cross-draft at drop the Ventilation System

	Push Nozzle Velocity(m/s)	Pull Hood Velocity(m/s)	Cross-Draft velocity(m/s)
Case 4	8.0	10	0.3±0.02
Case 5	4.5	10	0.3±0.02
Case 6	8.0	6	0.3±0.02
Case 7	4.5	6	0.3±0.02

3. 결과 및 고찰

Fig 2와 Fig 3은 Push-Pull Hood System의 방해기류에 의한 결과를 비교한 것이다.

Case1~Case3은 ACGIH가 제시한 설계기준에 맞추어 Push-Pull 유량을 설정한 후, 개방조의 측면에서 방해기류를 0m/s, 0.30±0.02m/s, 0.6±0.02m/s로 형성시킨 것이다. 실험 결과 방해기류가 0.3m/s 이상이 될 경우 개방조 외부로 기류가 많이 확산되어지는 것을 볼 수 있었다.

Case4~Case7은 현장에서는 흔히 발생하는 Push-Pull Hood System의 성능저하시의 효율을 가시적으로 확인 하기 위하여 방해기류가 0.30±0.02m/s인 상태에서 Case 별로 Push부와 Pull부의 유량을 ACGIH의 설계치의 100%와 60%로 조절하여 실험한 결과이다. 여기서 Push-Pull Hood System의 성능이 저하될 경우 많은 양의 기류가 외부로 확산되는 것을 볼 수 있었으며, 그 중 Pull부의 유량이 60%로 줄었을 때 외부로 확산되는 정도가 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 Push-Pull Hood System의 성능 저하 시 Push보다 Pull부의 효율 저하에 더 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

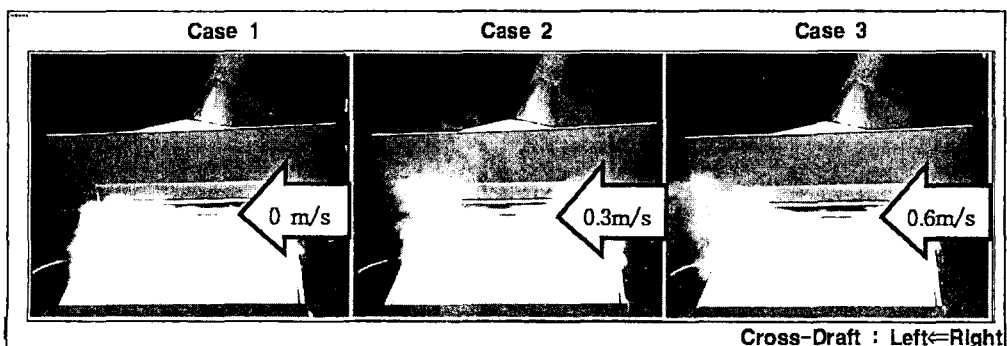


Fig. 2. Air Current Change by Cross-draft

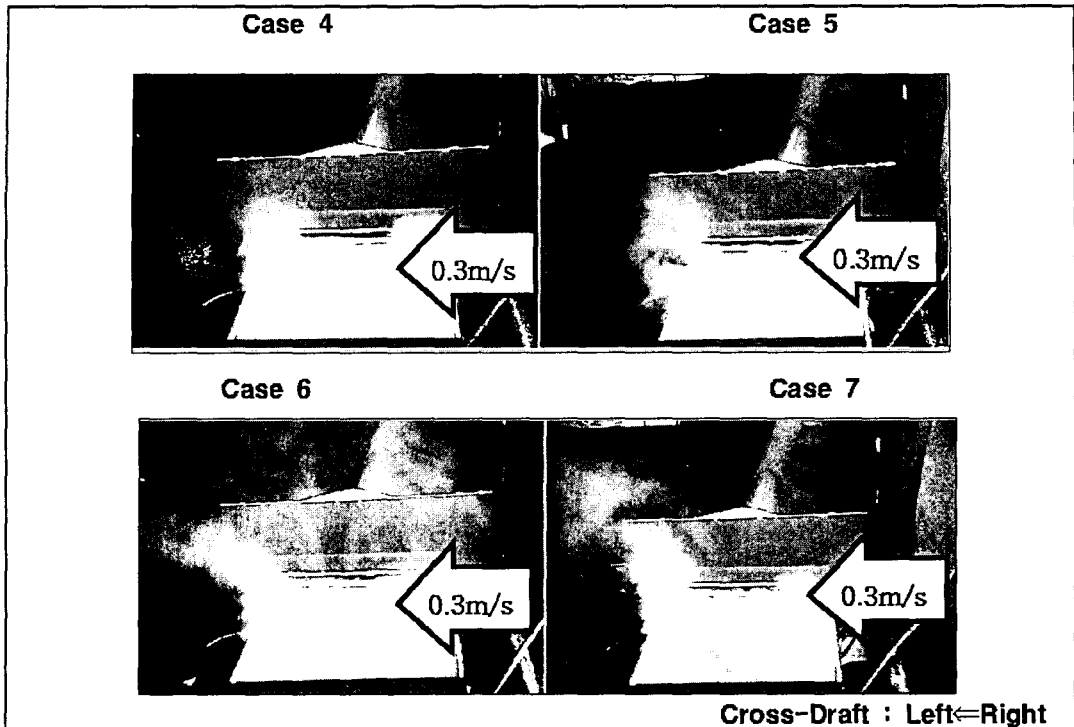


Fig. 3. Air Current Change by Cross-draft at drop the Ventilation System

본 연구의 결과를 볼 때 금속제품의 도금 및 세척을 행하는 사업장에 방해기류가 0.3m/s 이하로 볼 때는 Push-Pull System의 기존 설계기준을 따를 수 있지만, 0.3m/s 이상으로 볼 경우 오염물질이 외부로 확산되어지기 때문에 Push-Pull의 유량의 증가가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 그리고 Push-Pull System의 성능이 저하된 사업장은 방해기류에 의해 오염물질의 확산 정도가 매우 커져 작업자에게 악영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다.

향후 도금 및 금속 표면 세척을 하는 사업장에서 Push-Pull 후드 및 방해기류 실태 조사연구가 필요하며, 이를 바탕으로 효율적인 오염물질 제어를 위하여 현장 여건에 맞는 Push-Pull Hood System 연구를 수행 되어져야 할 것이다.

사 사

본 연구는 한국 과학재단의 연구과제인 “도금조 푸쉬-풀 후드의 설계기준 개발”의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 김태형외 3인, “산업환기” 신광 출판사 pp 75 (1999)
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH) "Industrial Ventilation-A Manual of Recommended Practice", 24rd ed. Cincinnati, OH : ACGIH (2001)
- R. rota, G.Nano and L. Canossa “Design Guidelines for Push-Pull Ventilation Systems Through Computational Fluid Dynamics Modeling” AIHAJ 62 : 141-148 (2001)
- 정희경, 백남원 “중소기업 도금공정에서의 6가 크롬 폭로에 관한 연구” 한국산업위생학회지 3(2): 152-165 (1993)