2005년도 춘계 학술발표대회 발표논문, 2005년 6월, 서울

도장 전처리 Grinding 작업시 발생하는 분진 및 악취제거용 Hybird 집진장비 개발

Development of a Collecting Equipment for Stench Caused in the Solvent Cleaning and Dust Caused in Grinding Operation as a Pre-treatment for Painting Process

방 희선*, 방 한서*

* 조선대학교 공과대학 선박해양공학과

1. 서 론

조선, 토목, 건축 등 구조물 제조공정 중 도장 전처리 단계인 표면처리 동력공구세정(Power Tool Cleaning)시 발생하는 분진(Dust)과 용제세정 (Solvent Cleaning)시 비산하는 유독성 용제 증기의 유해가스 등과 같은 유해인자는 작업자의 건강 및 작업 환경을 위협한다. 이러한 산업발달의 부산물인 각종 직업성 질환은 작업자의 보건을 위협하는 심각한 문제로 대두되어, 최근 이러한 유해성과 대처방안에 대한 업계의 관심이 집중되고 있지만, 열악한 작업 환경으로 인해 젊은 층의 기피 현상이 심화되어 신규 인력의 유입이 급격히 감소하고 있는 추세이다. 국내에서 87년도 6,902명의 직업병자중 4,910명이 장기간 분진 흡입에 따른 진폐증 유소견자로서 전 직업병의 71.1%의 비중을 차지하였으며 90년도에 들어서 진폐증 유소견자의 수가 조금 줄기는 하였으나 직업병자의 50%를 차지하고 있다. 더욱이 벤젠, 톨루엔, 크실렌과 같은 유기용제증기의 유해가스는 후각적으로 작업자를 자극하여 작업에 대한 거부감을 갖게 하며 장기간 흡입에 따른 중독증상으로 호흡곤란, 두통, 질식, 의식불명 등 작업자의 건강을 위협하는 심각한 문제로 대두됨에 따라 분진 및 유기용제의 유해성과 대처방안에 대해 업계의 관심이 증대되고 있다.

본 연구에서는 토목, 철구조물에 쓰이는 Box Girder 내부 및 선박 기관, 거주구 내부 등과 같은 협소한 장소에서의 동력 공구 세정 작업 즉, 그라인딩 작업시 발생하는 분진과 용제세정시 비산하는 용제증기의 유해가스를 동시에 제거할 수 있는 다기능복합형 환기 및 분진 포집 시스템을 개발하고 산업현장에 보급하여, 작업환경을 획기적으로 개선함으로써 산업 인력의 기피현상을 저감하고 생산 능률의 향상을 도모하고자 한다.

2. 기술개발 내용 및 방법

2.1 기존 분진 제거장치

도장 전처리 동력공구 세정시 녹, 구도막, 숍프라이머 등과 같은 발생하는 분진의 집진설비로는 중앙집진방식과 지역집진방식을 들 수 있다. 이중 중앙집진방식은 작업장 지점의 분진 포집에 큰 효과가 없는 것으로 밝혀짐에 따라 최근에는 지역집진방식이 주로 사용되고 있다. 지역집진장치는 포집후드가 분진발생원에 근접하게 설치되어 발생되는 분진의 대부분을 포집함으로써 작업자의 분진 흡입을 최소화할 수 있다는 장점이 있다. 포집된 분진을 처리하는 장치로 기존에는 필

터식 집진장치가 사용하여 흡입된 분진이 통과할 때 분진을 여과할수 있지만, 용제세정시 비산되는 유독성 용제증기의 유해가스 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등은 기존 필터식 집진장치로 여과되지 않기 때문에 작업장내로 그대로 작업장 공기를 오염시키고 후각적으로 작업자를 자극하여 작업에 대한 거부감을 갖게 하는 주요 원인이 되고 있다.

2.2 개발된 분진 및 악취제거장치

2.2.1 분진 포집 시스템 개념설계

토목, 철구조물에 쓰이는 Box Girder 내부 및 선박 기관실 및 거주구 내부 등과 같은 협소한 장소에서의 보다 효과적인 포집효율을 높이기 위해 분진발생원에 근접하게 Portable 개념의 지역집진방식과 중앙집진방식을 동시에 채택하여, 분진의 대부분을 포집하여 작업자의 분진 흡입을 최소화시키고자 하였다. Portable개념의 지역집진장치는 Grinder에 Suction Device를 부착하여 분진발생과 동시에 포집하고 Flexible Duct Hose 근접하게 설치하여 발생되는 분진의 대부분을 포집할수 있도록 하였으며, 그라인딩 작업시 Suction Device가 자유자재로 이동하므로 작업현장 특성상 감전, 화재 및 폭발위험을 방지하기 위해 Air 동력전달방식을 채용하였다. 분진제거를 위한 여과 카트리지필터장치와 Filter System 흡입구 쪽에 Punching하여 관성력 집진유도로 집진효율 최대화시키기 위하여 BAFFLE PLATE 채용하여 설계하였다.

2.2.2 악취제거 시스템 개념설계

유독성 용제증기의 유해가스 제거 및 항균작용 방법으로는 활성탄섬유필터 및 Hydroxy apatite, TiO2 용사코팅 필터의 광촉매효과를 이용하여 정화하여 흡착장치 및 촉매장치를 통과하여 완전 정화된 공기는 외부로 배출됨으로써 쾌적한 작업환경을 조성할 수 있다.

흡착장치는 활성탄섬유 필터를 사용하여 수명이 다하면 교체해야하며 공기가 통과하는 경우 분진입자가 미세한 기공을 막아버려 수명이 급격히 저하되므로 분진 여과하는 필터장치의 후단부에 설치되도록 설계하였다. 촉매반응의 활성화를 위해서 광(光)의 조사가 필요하므로 촉매장치의 상단부에 램프가 설치되도록 설계하였다. 분진 및 유기용제의 유해가스를 흡입하고 배출시키는 압력차를 형성하는 블로워는 장치의 설비공간을 고려하여 본체 상부에 설치되는 것으로 설계하였다.

3. 분진 및 악취제거장치 성능평가

본 연구에서 설계/제작 된 분진 및 악취제거용 포집 장치의 성능 실험의 주요 측정 항목으로는 분진 포집부에서의 포집 효율과 가스 제거부에서의 가스 제거 성능이다. 성능실험의 방법으로는 시스템의 정상 운전조건에서 발생된 분진포집 효율 및 가스제거 성능에 대한 실험을 수행하였다.

3.1 측정 위치 및 측정 방법

개발된 분진 및 악취 제거 장치의 성능 실험을 위한 각각의 측정 위치 및 각각의 측정 위치에서의 측정 항목에 대한 전체적인 사항은 다음과 같다. 용제세정시 비산되는 유해가스를 가스 제거 시스템으로 유입시키기 위하여 유해가스 발생부 시스템 사이에는 길이 PVC 관로를 사용하여 연결을 하였다. 포집부로 유입되는 유해가스의 유량 및 분진의 수 농도(number density)를 측정하기 위한 측정 위치는 발생된 분진 및 유해가스가 포집기로 유입되기 전에 유해가스의 속도 분포가 충분히 발달된 흐름을 가지는 위치에서 측정을 해야 하므로, 분진 포집부 출구와 흡입팬 사이의 출구에서의 유출 거리를 충분히 확보하여 측정하였다. 유해가스 제거부인 흡착부와 촉매층의 전후단에서의 측정 위치는 시스템의 설계/제작 시에 각각의 유입 및 유출부에 설치된 직경 25mm의 측정구에서 측정 및 포집을 하였다.

3.2 유해가스의 유량의 측정

용제세정시의 유해 가스가 시스템으로 유입될 때 가스의 유량 측정은 분진 포집부로 유입되는 PVC 관의 측정 위치에서 피토관(Pitot tube)과 마이크로마노메타를 사용하여, 관로 단면의 4지점에서 측정하여 평균유량 3.48(m^3/min)을 산출하였다. 이는 실험의 결과 치에서 나타나는 정상 운전 조건에서의 유해가스의 운전 유량과 실험 유량의 차이는 분진 및 유해가스를 시스템으로 흡입시키기 위한 장치인 흡입 마우스 대신에 발생된 유해가스를 직접 시스템으로 유입시켰기 때문에 흡입 마우스의 압력 손실에 의한 유량 감소가 나타나지 않았다고 사료된다.

3.3. 분진의 수 농도 측정

분진 입자의 수농도 측정은 공기역학적 입경(aerodynamic diameter) 분포를 측정하는 입경 측정 장치를 사용하여 측정을 하였으며, 분진 포집부의 포집 효율은 30초/회로 10회의 샘플링을 한 후 평균 농도를 이용하여 포집 효율을 다음 식과 같이 산출하였다.

$$\eta = 1 - \frac{C_o}{C_i}$$

여기서 η는 포집 효율, C_i는 분진 포집부로 유입되는 분진의 수 농도(number density), 그리고 C_o는 분진 포집부로부터 유출되는 분진의 수 농도를 나타낸다. 본 실험에서는 시스템의 정상 운전 시 분진 포집부의 시간의 증가에 따른 포집 효율을 측정하였으며 Fig.1에 나타내었다.

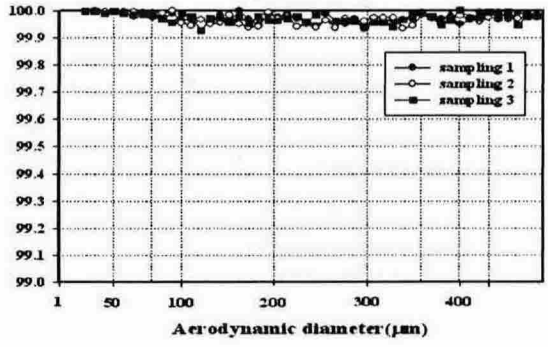

Fig. 1 1시간 가동후 분진포집효율

3.4. 가스 제거 성능 측정

용제세정시 비산되는 유해가스 속에 포함된 유해성분을 분해하기 위한 가스 처리부는 흡착부와 촉매부로 구성된다. 흡착부는 활성탄소섬유필터로 내부에 가스를 흡착시키고, 분진 포집부로부터 분진이 포집되고 난 후의 가스가 흡착부로 유입되어 1차적인 가스의 흡착이 되고, 흡착부로부터 유출된 가스는 고효율 가스 제거부인 촉매층의 상단에서 램프에 의하여 광조사에 의하여 광촉매작용으로 분해, 제거된다. 촉매부로 유입된 가스는 촉매와의 반응에 의하여 유해 가스의 성분이 분해가 되고, 청정화된 가스가 촉매층으로부터 유출되어 배기구를 통하여 배출된다. 이에 따라 흡착부에서의 가스 제거율과 촉매층에서의 가스 제거율을 실험하기 위하여 각각의 유입 및 유출 관로에서 분석용 가스를 포집하였고, 포집된 가스는 분석을 하였다. 유해가스의 벤젠(Benzene), 자일렌(Xylenen), 톨루엔(Toluene), 에틸 벤젠(Ethylbenzene) 샘플링 분석결과분석을 Table 2에서 나타낸 바와 같이 유해 가스의 분석 결과 구성품의 전 영역에서 미량의 성분만이 검출이 되었으며, 분진 포집부 전단에서는 검출이 되었지만 포집부 후단 부터는 검출이 되지 않음을 보인다. 따라서 실험결과로부터 sampling 분석 결과 모두 98% 이상의 높은 제거 효율을 나타내고 있음을 볼 수 있다.

Table 2 샘플링 위치 별 유해가스의 성분

측정 위치	벤젠 (ppm)	톨루엔 (ppm)	메틸벤젠 (ppm)	자일렌 (ppm)	비고
집진부 전단	10-15	13-19	20.9	9-17	
집진부 후단	-	-	-	-	
흡착부 전/후단	검출 됨/ 미소검출	검출 됨/ 미소검출	검출 됨/ 미소검출	검출 됨/ 미소검출	
촉매층 전/후단	미소검출/ 검출 안됨	미소검출/ 검출 안됨	미소검출/ 검출 안됨	미소검출/ 검출 안됨	

4. 결 론

조선, 토목, 건축 등 구조물 제조공정 중 도장 전처리단계인 표면처리 동력공구세정과 유기용제 세정 작업 시 발생하는 분진 및 유기용제의 유해가스 악취제거용 다기능 Hybrid 환기 및 분진 포집 장비를 개발하여, 현대삼호 조선소 블록 조립 납품 전문업체 (주)삼광특수기계 및 중소조선소 문창조선(유),(주)일흥조선에 공급함으로써 작업환경 개선효과가 매우 큰 것으로 나타났으며 작업자의 건강을 보호 및 작업기피요인을 해소할 수 있었다.

후 기

본 연구는 2004년 한국생산기술연구원 직무기피해소사업의 지원에 의하여 수행되었으며, 지원기관에 감사드립니다.

참고문헌

1. Turchi, C. S., and Ollis D.F., *Photocatalystic Degradation of Organic water Contaminats*, J. of Catalysis, Vol. 122, pp.178-192, 1990

2. Kiwi J. et al., App. Catal. B; Environmental. 16, 19, 1998