J. Korea Saf. Manag. Sci. Vol. 16 No. 2 June 2014
http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2014.16.2.231

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

활성탄집진시설의 시간변화에 따른 총탄화수소의 집진효율성 및 경제성에 관한 연구

김 성 중* · 한 대 희* · 우 인 성*
*인천대학교 안전공학과

A Study on Collection Efficiency And Economy of Total Hydrocarbons in Accordance with Time Changes at Activated Carbon Collection Facility

Seong Jung Kim* · Dae Hee Han* · In sung Woo*
*Dept. of Safety Engneering, University of Incheoen

Abstract

In this study, the changes in collection efficiencies due to the time changes of activated carbons were ascertained, and in order to identify the magnitude of adsorption, the before-use and after-use iodine adsorption values were analyzed. In addition, as a result of examining the characteristics of continuous process and non-continuous process and as a result of investigating whether the emission standards would be maintained, the continuous process and printing facilities were seen as not being able to maintain the emission standards. Also were found, in the case of non-continuous process, - taking into consideration the special nature of the job - for 4Ø palletized charcoal, a collection efficiency near 50% was shown even after 96 hours. Also, when the inlet concentration was about 300ppm, it is thought that the emission standards would be maintained if the activated carbons are replaced within at least 96 hours in the case of 4Ø palletized charcoal and the use was deemed pointless in the case of carbon. The results of this study are expected to provide assistance in selecting replacement periods for activated carbons and in selecting absorbents at the project sites, and are expected to be of significant help in the selection of precipitators that can collect total hydrocarbons for compliance of the emission standards.

Keywords : Activated Carbon, Continuous Process, THC, Noncontinuous Precess, Collection Efficiency

1. 서 론

경제성장과 산업의 발달로 인간은 풍요로움과 안락함을 추구하게 되었다. 이에 인류는 환경오염문제에 신경을 쓰기보다는 육체의 편안함과 능률만을 고려한 나머지 인체에 매우 유해한 화학물질을 개발 생산하게 되었다. 이러한 화학물질은 환경 및 생태계에 큰 영향을 미치고 결국 인간에게로 유해한 환경이 다시 되돌아오게 되었다. 현재 전 세계적으로 약 10만여 종의 화학물질이 상업적으로 유통되고 있으며 우리나라도 약 38,000여종의 화학물질이 유통되고 있고, 매년 400여종의화학물질이 신규화학물질로 사용되고 있다.1)

† 이 논문은 2013년 인천대학교 자체연구비의 지원사업에 의한 것임..
† Corresponding Author : Seong-Jung Kim, Safety Engineering, INCHEON UNIVERSITY, 119, Academiro-ro, Yeonsu-gu, Incheon, M · P : 010-5322-4451, E-mail:seongkim@incheon.ac.kr
Received April 20, 2014; Revision Received June 20, 2014; Accepted June 24, 2014.

그로인하여 대기오염물질은 날로 증가하는 추세에 있으며 특히 인체와 환경에 크게 영향을 미치는 가스 상태의 물질은 심한 악취를 함께 유발하고 인간에게 참을 수 없는 불쾌감을 주는 경우가 대부분이며 민원발생의 가장 큰 요인이기도 하다. 이러한 가스 상태의 물질 중 THC는 탄소와 수소로 결합된 모든 유기화합물로 2000년 10월에 처음 대기오염물질로 지정되었으며 배출허용기준 적용을 받는 시설로는 도장시설 및 그 부속 건조시설이었으나 현재는 인쇄시설, 시멘트 제조시설중 소성시설도 배출허용기준을 적용받음으로써 시간이 지날수록 배출허용기준을 적용받는 배출시설이 늘어나고 있으며 그 배출허용기준 또한 강화되고 있는 실정이다.

총 탄화수소(Total hydrocarbons, 이하 THC)의 주요 배출원은 자동차 부문, 도장산업, 인쇄산업, 유류저장·출하시설, 세탁시설, 도로포장(아스팔트)등으로 알려 있으며 우리나라의 경우 유기화합물 배출량을 업종별로 살펴보면 자동차 및 도장산업 에서 83%를 차지함으로써 인쇄시설(3.0%), 주유소(4.1%), 유류저장시설(4.6%)에 비해 월등히 많은 비중을 차지하고 있다.2.3)

THC를 배출하는 일반사업장에서 THC를 집진하기 위하여 사용되는 집진시설로서는 흡착법, 연소법, 응축법, 흡수법등이 있으며, 현재 가장 많이 사용되는 방법은 활성탄을 흡착제로 하는 흡착에 의한 집진시설이 가장 많이 사용되고 있는 것으로 파악 되고 있다. 하지만 대부분의 사업장의 담당자들이 각자의 사업장에서 사용하고 있는 활성탄의 종류 및 특성, 파과시간 등을 제대로 파악하지 못하는 관계로 대기배출허용기준 준수를 위한 활성탄 교체시 활성탄종류, 활성탄의 교체시기를 파악하기란 상당히 어려운 문제이다. 이로 인하여 대기환경의 악화와 현장에서 근무하는 근로자에게 유해물질이 직,간접적으로 흡입되어 근로자의 건강상태에 매우 악 영향을 미치고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 석탄계의 4Ø조립탄의 활성탄을 사용하여 연속공정과 비연속공정의 THC의 농도를 활성탄 교체 후 일정한 시간 간격으로 전단과 후단의 농도를 측정하여 시간변화에 따른 집진효율감소수치를 연구하였으며 대기배출허용기준을 유지 할 수 있는지를 알아보았다.

2. 연구대상 및 방법

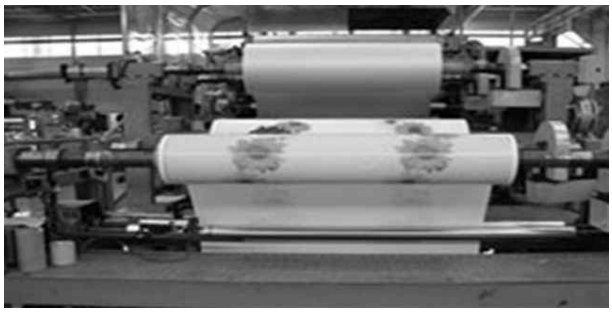
2.1 연구대상

본 연구는 인천관내에 위치한 그라비아 인쇄시설과 고무플라스틱 도장시설 그리고 철구조물 도장을 하는 배출시설에서 발생하는 THC를 활성탄집진시설 전단과 후단에서 측정하였으며 활성탄집진시설의 내외부 사진은 Figure 1에 그라비아인쇄시설, 고무플라스틱 도장시설, 철구조물 도장시설, 실험에 사용된 4Ø 조립탄은 Figure 2, Figure 3, Figure 4, Figure 5 에 나타내었다.

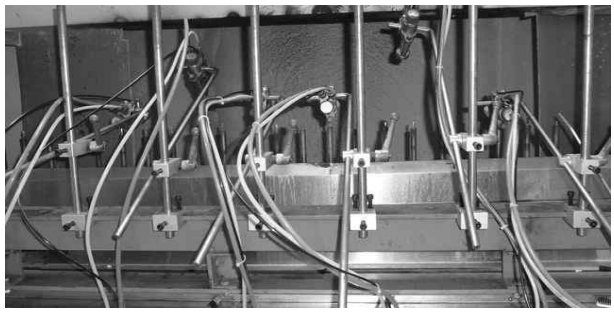
a.Activated carbon adsorption interior

b.Activated carbon adsorption external

[Figure 1] Adsorption inside and outside



[Figure 2] Gravure printing facilities



[Figure 3] Continuous process of rubber and plastic coating facilities

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

[Figure 4] Non-continuous process of steel structures painting facilities

[Figure 5] 4Ø Pelletized activated carbon

2.2 연구방법

활성탄집진시설의 입구(Duct) 및 출구(Stack)에서 휴대용THC농도측정장비(불꽃이온화분석기(FID),TVA-1000B(ThermoEnvironmental Instrument,U.S.A)를 사용하여 THC 농도를 측정하였으며 측정시 측정오차를 최소화하기 위해 표준가스(메탄 표준가스 사용)를 이용하여 스팬교정을 실시하였으며 장비는 Figure 6에 표시하였으며 사양은 Table 1에 나타내었다. 이때 THC 농도측정은 공정시험법에 준한 방법을 적용하였으며, 연속 작업공정 상태에서는 15초 간격으로 15분 동안 측정 결과를 저장하였고5), 15분간 측정된 농도의 평균값 을 농도 측정결과 값으로 사용하였으며 비연속 공정의 경우도 송풍기를 켠 상태에서 작업이 진행중이였으며 물건을 옮기거나 하는 시간은 잠깐이어서 연속공정과 같은 방법으로 진행하였다. 또한 THC의 시설별 배출허용기준은 Table 2에 나타내어 배출허용기준을 유지 할 수 있는지 확인하였다.

[Figure 6] Total hydrocarbon measurement equipment(TVA-1000B,Thermo Environmental Instrument, U.S.A)

<Table 1> TVA-1000(B) Standard Specifications

Item	Specifications
정확도	1.0에서 10,000ppm까지 ±25%이며 그때 측정된 수치의 편차는 ±2.5ppm임. 정확도는 온도와 습도를 보정한상태에서 메탄 100 ~ 500ppm의 농도범위를 가지고 원포인트 캘리브레이션을 사용함.
재현성	±2%, 100ppm(메탄)
동적범위	1.0 ~ 50,000ppm(메탄)
선형범위	1.0 ~ 10,000ppm(메탄)
최소검출수준	300ppb(헥산)
수소사용기간	15.3Mpa(2,200psi)에서 연속적으로 사용시 8시간 사용가능

※ www.knj-eng.co.kr

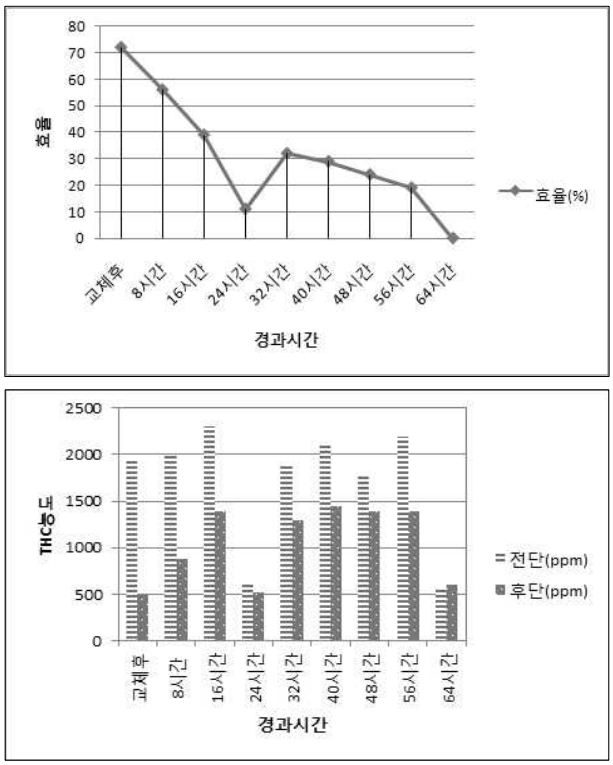
<Table 2> Total hydrocarbon emission standards

	연속식 도장시설	비연속식 도장시설	인쇄시설
배출허용기준 (ppm)	40이하	200이하	200이하

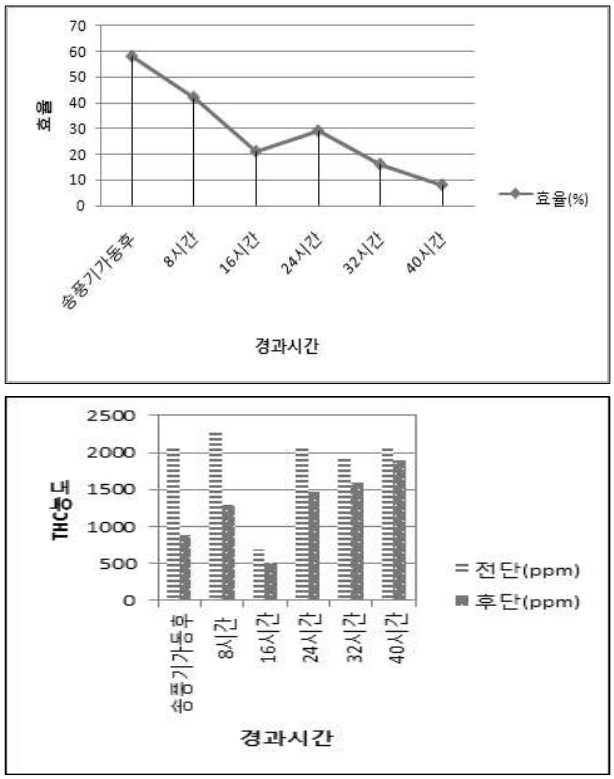
3. 결과 및 고찰

3.1 그라비아 인쇄시설

4Ø조립탄을 사용하여 시간경과에 따른 집진효율변화표 및 농도는 Figure 7에 나타내었으며 64시간이 지난 후 송풍기를 6시간 가동한 후 다시 효율을 측정한 결과 전단 농도는 20ppm이었으나 후단 농도는 110ppm으로 작업종료 후 후단농도 210ppm에서 약 100ppm 정도의 탈착이 이루어졌음을 알 수 있었으며 이는 Figure 8에서 알 수 있듯이 Figure 7의 효율이 송풍기 가동만으로도 탈착이 일어나 흡착효율이 다시 60%근처까지 상승하는 효과를 나타냄을 알 수 있었다. 또한 Figure 7에서 알 수 있듯이 연속 가동 중 고농도 작업 중 에서는 집진효율 저감 간격이 비슷하지만 저 농도 유입 시 집진효율은 크게 감소하거나 후단농도가 더 높게 나타나는 현상을 알 수 있었다. 그리고 다시 고농도 가 유입되어 효율이 올라가는 현상을 확인 할 수 있는데 이는 활성탄에 흡착되어 있는 THC가 저농도에서는 효율과 더불어 탈착되어 나옴으로써 효율변화에 크게 영향을 주는 것으로 판명됨을 알 수 있었다.



[Figure 7] Time dependent changes in efficiencies and before and after concentrations of gravure printing facility using 4Ø Pelletized activated carbon



[Figure 8] Changes in efficiencies and before and after concentrations after 6 hours of blower operation in gravure printing facility using 4Ø Pelletized activated carbon

또한 활성탄의 흡착력을 알아보기 위하여 실시한 요오드값은 흡착전과 효율이 10%이하가 되었을 때 실시하였으며 그 수치는 Table 3에 나타 내었다.

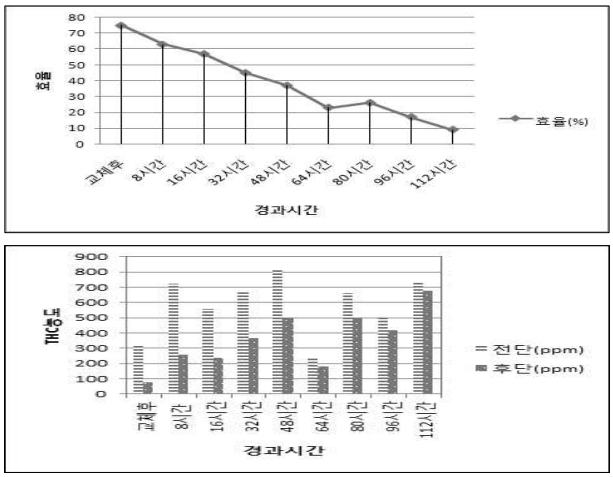
<Table 3> Before use and after use iodine values

		4∅조립탄
요오드흡착력 (㎎/g)	사용전	1053
	사용후	421

3.2 고무플라스틱 도장시설(연속공정)

도장 방법은 노즐에서 자동으로 페인트를 용제에 녹여 분사하는 공정 이였으며 전단의 농도는 노즐의 분사 수에 따라 차이가 나타났으며 시간흐름에 따른 효율은 Figure 9에 나타내었다.

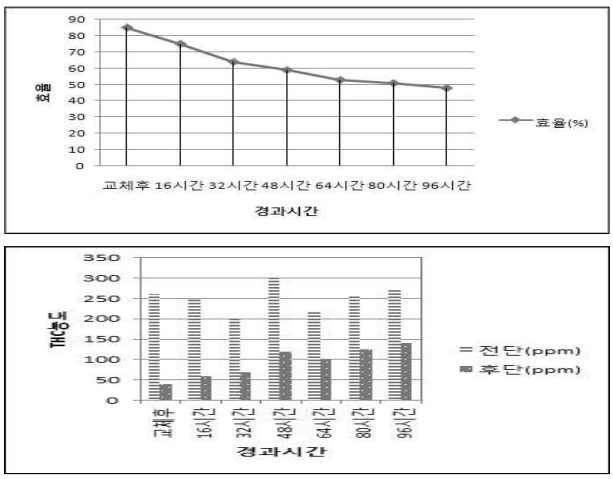
ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)



[Figure 9] Time dependent changes in efficiencies and before and after concentrations of rubber plastic painting facility using 4Ø Pelletized activated carbon

3.3 철구조물 도장시설(비연속공정)

비연속공정의 도장시설의 경우 전단으로 유입되는 농도가 연속공정및 인쇄시설과 비교시 상대적으로 매우 낮았으며 이는 도장방법의 차이로 판단된다. 후두의 입구 근처에서 작업을 하면 전단 농도가 높았으며 후두로부터 멀리 떨어져 작업시 농도는 작업장에서 확산되어 후두로 들어오는 농도는 매우 낮아지는 경향을 보였으며 손으로 스프레이를 뿌리는 방법 때문에 15분 동안 계속하여 도장은 할 수 없었으며 자주 멈추는 시간 때문에 농도의 변화는 매우 컸으며 저농도가 유입되어 오기 때문에 집진효율 감소도 느리게 진행되고 있었으며 Figure 10에 나타내었다.



[Figure 10] Changes in efficiencies and before and after concentrations of steel structure painting facility using 4Ø Pelletized activated carbon

4. 결 론

본 연구는 THC를 집진하기 위하여 사용되는 4Ø 조립탄의 집진효율을 연속공정과 비연속공정으로 구분하여 THC의 대기오염물질배출허용기준을 적용받는 인쇄시설 및 도장시설에서 측정하고 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 그라비아 인쇄시설의 경우 인쇄도수 및 인쇄면의 크기에 따라 유입되는 THC 농도의 편차가 매우 컸으며 배출허용기준 200ppm을 준수하기란 현실적으로 불가능 할 것으로 판단된다.
(2) 4Ø 조립탄의 활성탄에 흡착되어 있는 THC는 송풍기 가동만으로도 쉽게 탈착이 일어나고 있었으며 탈착결과 집진효율은 다시금 급상승 하였으며 집진효율감소폭은 송풍기로 탈착하기 전보다 같은 사용시간대비 크게 나타났다.
(3) 연속공정의 액체도료를 사용하는 도장시설에서는 배출허용기준 40ppm 을 유지할 수 없으며 노즐의 사용개수에 따라 전단농도에 차이가 났다.
(4) 철구조물 도장시설의 경우 96시간이 경과하여도 40%대 후반의 높은 효율을 보였으며 비연속공정 특성상 배출허용기준을 유지 할 수 있었다.

본 연구의 결과 활성탄의 총탄화수소 집진효율과 집진을 할 수 있는 시간의 차이가 매우 큼을 나타내었으며 연속공정의 경우 총탄화수소의 배출허용기준이 40ppm으로 매우 낮은 관계로 정상작업일 경우 배출허용기준을 유지 할 수 없으므로 법규 개정이나 집진기 교체 등이 꼭 이루어져야 할 것으로 판단되며 본 연구에서는 1차 흡착탑을 기준으로 연구 하였으며 직렬연결로 2차, 3차 흡착탑으로 연결 시 효율은 더 높을 것으로 판단된다. 본 연구의 자료가 향후 각 사업장에서 배출허용기준준수를 위한 적절한 방지시설 선택과 활성탄교체시기 및 총탄화수소의 특성파악으로 인한 작업 방법에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

5. References

[1] Jeong-Hun Son(2009), “Analysis of Exposure to Organic Solvents of Workers at Painting Process es of Auto-Repair Shops and Printing Industrie s”, University of Ulsan Master's Thesis
[2] Nam-Jong Yoo(2004), “Trends and Control Techn

ologies of Volatile Organic Compound", Univer sity of Yonsei Master's Thesis
[3] Jo-Cheon Kim(2006), "Trends and Control Tech nologies of Volatile Organic Compound", Kor ean Society for Atmospheric Environment
[4] www.handockcarbon.co.kr
[5] Ministry of Environment(2012), "Air Pollution Pro cess Test Standards"
[6] Eun-Chul Yoo, Gap-Je Jo, Young-Tae Kim (2005), "A Study on the THC Emissions Charac teristics of the Paint Facility", Busan Metropolitan City 14-2:60-77

저 자 소 개

김 성 중

학력 : 1992.02.14 Universitaet D uisburg-Essen 공학박사, 1985.06.14 Universitaet Duisburg-Essen 공학 석사, 1982.09.06 Universitaet Duis burg-Essen 공학사, 1985~1992 독 일ESSEN대학교 에너지와 발전기 술연구소 선임연구원, 1992~1994 한국과학기술원(KAIST) 기계기술 연구소 선임연구원, 1994~현재 인천대학교 안전공학과 교수
관심분야 : 열환경공학, 폐자원공학, 시스템안전공학 ,환경에너지공학
주소 : 인천시 연수구 송도동 20-22 송도 푸르지오 월드마크 101동 1801호

한 대 희

수원대학교 토목공학과 학부 졸업, 현재 인천대학교 안전공학과 석사과정
관심분야 : 열환경공학, 건설안전공학, 시스템안전공학, 환경에너지 공학
주소 : 인천광역시 남동구 논현동 637-2 코아루파크 A-1003호

우 인 성

명지대학교 화공과공학박사
현재 인천대학교 안전공학과 교수. 관심분야:환경안전, 방화, 방폭 등.
주소 : 인천광역시 연수구 송도동 12-1 인천대학교 안전공학과