

PE3) 무기질 슬러리 분사에 의한 소각공정 중 납성분 금속성 입자의 제어방법 연구

Control Method for Metallic Particles from the Incineration System by Spraying the Inorganic Slurry

장혁상 · 박증배

영남대학교 토목도시환경공학부 환경에어로졸공학연구소

1. 서론

연소나 폐기물 감량화 처리를 위해 이루어지는 소각과정에서 방출되는 대기오염물질은 소각재의 다양한 특성으로 인해 배출물의 특성과약이 매우 어렵고 그로 인해 제어에 많은 어려움을 겪고 있다. 연소 혹은 소각과정에서 에어로졸을 제어하는 것은 대기 중에서 발견되는 중금속성분을 근본적으로 줄이는 기본적인 조치로서 상당히 중요한 역할을 한다(Natusch and Wallace, 1974; Oppelt, 1986; Oberdorster *et al.*, 1995). 본 연구에서는 소각공정에서 금속성 에어로졸 형태로 배연기체 중에 혼합되어 배출되는 여러 가지 금속성분 중 양적으로 많이 배출되는 납성분의 제어를 위한 기초연구를 수행하였다. 제어대상 금속성분인 납의 열역학적 거동을 이론적으로 평가하고 아울러 제어대상 물질과 화학적으로 쉽게 결합할 수 있는 무기성분의 혼합에 따른 2차 반응물질로의 전이를 평가하여 경제적으로 우수한 물질을 선택하고 이를 배연기체 속에 슬러리 형태로 투입하는 기초적 공정자료를 제시한다.

2. 연구 방법

제어대상이 되는 납성분을 포집처리하기 위해 투입되어 납과 선택적 결합을 하여 열적으로 안정된 입자상 물질을 구성할 수 있는 무기성분의 흡착제를 선택하는 이론적 작업을 시행하였다. 적절한 화학적 평형해석을 통해 공정변수를 도출하였는데 납이 상존하는 공간에 투입될 흡착제와 제어대상물질 간의 양론적 구성비, 열적조건 등의 변수를 평가하였고 이와 아울러 반응공간에 존재할 수 있는 염소(Cl)나 황(S) 같은 제 3의 물질의 존재에 의한 영향을 평가하였다. 이론적 평가에 사용된 도구는 상용제품인 CHEMKIN(CHEMKIN, 2000)이 사용되었으며 선택에 사용된 물질의 열역학적 물성자료는 자료집을 이용하여 준비하였다. 열역학적 평형계산과정에서 도입된 자료는 광범위한 자료집으로 부터 준비되었으며 실제 계산에 검토된 물질은 납을 중심으로 흡착제로 사용될 수 있는 Al, Ca, Si, Ti 계통의 물질들이 구성할 수 있는 모든 종류의 화합물질에 대한 자료가 준비되었다. Table 1은 계산에 사용되고 평형계산을 위해 준비된 모든 물질을 보여준다. 평형계산에 의해 평가된 흡착물질의 성능은 실험적 방법을 통해 검증이 되었는데 Figure 1은 이를 위한 실험장치를 보여준다. 이론적 평가절차에 의해 결정된 변수를 중심으로 실험이 수행되었다. 실험과정에서 평가된 항목은 입자의 열적조건에 따른 입자의 화학적성분비, 입자의 에어로졸적 입경변화, 전자현미경에 의한 입자형상변화 등이었다.

Table 1. List of species used in the equilibrium calculations

Target Material	Sorbent Material
Pb Pb, Pb ₂ , PbCl, PbCl ₂ , PbCl ₄ , PbH, PbO, PbS, Pb(l), PbCl ₂ (l), PbO(l), PbS(l), PbSO ₄ (l), Pb(s), PbCO ₃ (s), PbCl ₂ (s), PbO(y), PbO(r), PbO ₂ (s), Pb ₂ O ₄ (s), PbS(s), PbSO ₄ (s)	Ca, CaCl, CaCl ₂ , CaH, CaO, CaOH, CaS, Ca(l), CaCl ₂ (l), CaH ₂ (l), CaO(l), CaS(l), CaSO ₄ (l), Ca(s), CaC ₂ (s), CaCO ₃ (s), CaCO ₃ (a), CaCl ₂ (s), CaH ₂ (s), Ca ₃ N ₂ (s), Ca(NO ₃) ₂ (s), Ca(NO ₃) ₂ (H ₂ O) ₂ (s), Ca(NO ₃) ₂ (H ₂ O) ₃ (s), Ca(NO ₃) ₂ (H ₂ O) ₄ (s), CaO(s), CaO ₂ (s), Ca(OH) ₂ (s), CaS(s), CaSO ₃ (s), CaSO ₄ (s) CaPb(s), Ca₂Pb(s)
	Si, Si ₂ , Si ₃ , SiC, SiCl ₂ , SiCl ₃ , SiCl ₄ , SiH, SiH ₄ , Si ₂ H ₆ , SiO, SiS, Si(l), SiS ₂ (l), Si(s), SiC(c), Si ₃ N ₄ (a), SiO ₂ (lqz), SiO ₂ (hqz), SiO ₂ (lcr), SiO ₂ (hcr), SiS ₂ (s) PbSiO₃(l), Pb₂SiO₄(l), PbSiO₃(s), Pb₂SiO₄(s)
Ti Ti, TiCl, TiCl ₂ , TiCl ₃ , TiCl ₄ , TiO, TiOCl, TiOCl ₂ , TiS, TiC(l), TiCl(l), Ti(l), TiO(l), TiO ₂ (l), Ti ₂ O ₃ (l), Ti ₃ O ₅ (l), Ti ₄ O ₇ (l), Ti(s), TiO(s), TiO ₂ (ru), Ti ₂ O ₃ (s), Ti ₃ O ₅ (s), Ti ₄ O ₇ (s), Ti ₃ (AsO ₄) ₂ (s), TiC(s), TiCl ₂ (s), TiCl ₃ (s), TiO ₂ (a), TiS(s), TiS ₂ (s) PbTiO₃(s)	
Common Components	CH ₄ , CO, CO ₂ , Cl, Cl ₂ , H, OH, H ₂ O, O, O ₂ , N ₂ , HNO ₃ , NO, NO ₂ , HCl, SO ₂ , SO ₃ , H ₂ SO ₄ , S, H ₂ O(l), H ₂ SO ₄ (l), S(l), S(s)

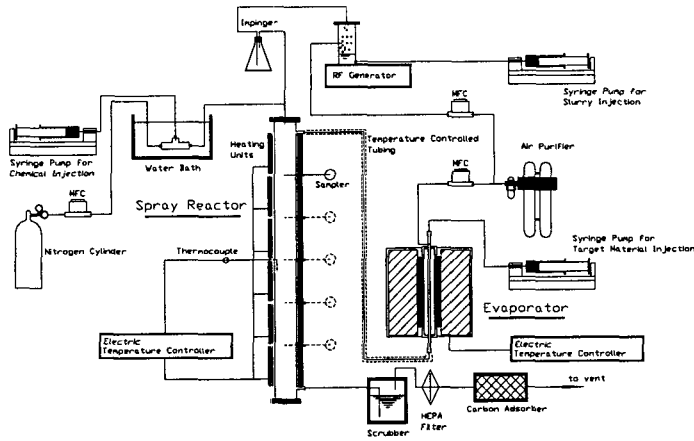


Fig. 1. Schematic of the experimental set up used for the analysis on the target-sorbent aerosol process.

3. 결과 및 고찰

이론적 계산법에 의해 열역학적 평형관계를 평가하였다. Pb 배출을 제어하기 위해 몇 가지 금속성 흡착제를 사용하여 광범위한 온도에서 제거효율의 변화를 평형계산을 통해 알아보았다. 제거효율의 기준은 집진기기를 활용하여 형성된 입자를 전부 포집한다는 전제 하에서 입자로의 전환율을 기준으로 하였다. 그러므로 계산된 결과가 시스템에서 제거효율과 직결되지는 않는다는 판단을 내릴 수 있다. 하지만 이러한 평형계산을 통해 다양한 조건 하에서 유해금속을 제어하는데 사용될 흡착제의 선택에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 실제 연소시에는 다양한 영향 인자가 있지만 평형계산 결과 자체만으로 선택된 흡착제와의 반응가능여부와 여러 조건의 반응온도에서의 최대 제거량을 추측하는 효과적이고 경제적인 방법과 결과를 제시하였다. 실험적 연구부문에서는 SEM, TEM, APS를 이용하여 Pb와 흡착제의 입도분포를 조사하였으며, $TiCl_4$, $SiCl_4$, $Ca(OH)_2$ 를 Pb와 함께 주입하였을 경우 나타나는 발생입자의 변화를 SEM-EDX를 통해 분석하였다. 흡착제(Ca, Si, Ti)의 주입조건을 변화시킬 경우 Pb의 존재유무에 따른 흡착제의 입도분포 변화가 가시적으로 파악되었으며 흡착제 에어로졸과 Pb의 결합여부를 판단할 수 있는 자료가 되었다. SEM과 TEM을 이용함으로써 반응조건의 변화가 입자생성에 미치는 영향을 평가하는 자료가 도출되었으며 이러한 결과는 적절한 흡착제의 반응량과 반응조건을 결정하는 기초자료가 될 수 있었다. 생성물질의 정성 평가를 위해 EDX와 XRD, NIR 등의 장치를 이용한 정성적 분석이 필요하며, 이를 통해 흡착제의 결합도를 평가할 수 있다. 각 흡착제의 반응 조건에 따른 결합도의 평가는 화학적 양론해석에 의한 평형계산과 비교함으로써 두 결과의 상관성을 알 수 있게 된다. 이러한 상관성은 본 연구에서 다루어진 Pb 뿐만 아니라 다른 유해금속에도 적용에도 확장되어질 수 있다.

사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2000-000-0303-0(2002))의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

1. Natusch, D.F.S., and J.R. Wallace (1974) Urban aerosol toxicity: the influence of particle size, *Science*, 186(4165), 695-699
2. Oppelt, E.T. (1986) Hazard waste destruction, *Environ. Sci. Technol.* 20(4), 312-318
3. Oberdorster, G. R.M. Gelein, J. Ferin, and B. Weiss (1995) Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles ?, *Inhalation Toxi.*, 7, 111-124
4. CHEMKIN(2000) The CHEMKIN Collection 3.6; Getting Started, Reaction Design, San Diego, USA.