

## PB4) 주물 주강 공정에서 발생하는 분진의 물리화학적 특성에 관한 연구

### Physical and Chemical Characteristics of Cast-Iron Factory

안정연<sup>1)</sup> · 전기준<sup>1)</sup> · 박영욱<sup>2)</sup> · 정용원

인하대학교 환경공학과, 인하대학교 서해연안환경연구소<sup>1)</sup>, 한국에너지기술연구원<sup>2)</sup>

#### 1. 서론

주물작업은 용융된 금속을 미리 준비한 주형에 부어 원하는 형태의 주물을 만드는 금속성형작업으로서, 철(iron)만을 이용한 주철주물, 강(steel)을 이용한 주강주물, 여러 가지 비철금속을 이용한 비철주물 등으로 대별할 수 있다. 주물공업은 경공업, 중공업 분야를 막론하고 전 산업분야의 기초가 되는 소재산업으로서 기계 및 재료공업등 산업 전반에 미치는 영향은 지대하다. 그러나 생산공정에서 고열을 이용하여 금속을 용해, 주조하는 등의 작업 특성상 부유분진의 발생이 필연적이며, 일산화탄소, 금속 흄, 휘발성 코올타르 피치, 소음, 진동 고열 전리방사선 등의 유해인자로 인한 피해가 극심하다. 특히 분진은 주물의 생산공정 중 용해, 조형, 탈사 및 후처리 등 거의 전 공정에서 발생되며, 주물사 분진은 결정형 유리규산( $\text{SiO}_2$ )을 함유한 분진을 다량 함유하고 있어 작업자에게 각종 직업성 질환을 유발시킬 수 있는 직접적 요인이 되며, 공장 주변환경을 악화시키는데 기여한다.(Burgess, 1955)

따라서 본 연구의 목적은 주물공장에서 발생하는 비산분진을 채취하여 분진의 물리화학적 특성을 파악하고, 총분진(TSP),  $\text{PM}_{10}$  및 분진입경분포를 작업공정별로 측정하여 공정별 분진의 발생 실태와 분진 크기 분포를 파악하는데 있으며, 최종적으로 주물공장 내에서 발생하는 분진의 입경별 물리·화학적 특성을 파악하여 공장내 주요염원을 밝혀내고, 이를 제어하는데 있다.

#### 2. 연구방법

그림 1은 인천시 K공단에 위치한 A주물공장은 전기로에서 용해시킨 주물을 생형 및 금형을 이용하여 양수기 밸브등의 회주철품 및 구상흑연주철품을 생산하는 전형적인 주물작업공장이다. 주물공장의 작업공정은 용해작업공정(melting), 주입작업공정(molding), 형해체작업공정(shakeout), 후처리작업공정(finishing)으로 분류하여 각 공정별로 TSP,  $\text{PM}_{10}$  및  $\text{PM}_{10}$ 이하의 분진에 대한 입경별 특성분석을 행하였다. TSP 분석은 High Volume Air Sampler(Wedding)를 사용하여 직경 100  $\mu\text{m}$ 이하의 금속, 유기입자 등을 유리섬유여지에 포집 측정하였다.  $\text{PM}_{10}$  이하의 부유분진을 측정하기 위해 공기역학적 입경분포에 의해 분진을 포집하는 Cascade Impactor(Anderson)를 사용하였다. 적정 채취 유속은 1 ACFM(28.3  $\ell$



Figure 1. Finishing process at cast-iron factory

/min) 으로 조정되었고, 통과된 유속은 매번 측정시 보정하였다. 시료의 포집은 작업시간 동안의 포집을 기초로 10 시간 이상 측정하였으며, 측정에 사용된 여지는 Cascade Impactor용 81mm 유리섬유여지를 사용하였다. 포집된 분진의 정성분석을 위해 SEM, 박막 XRD(Philips X'pert MPD)을 사용하였고, 정량적인 화학적 성분분석을 위해 SEM-EDS(Hitach) 및 AAS(Thermo Jarrell Ash Corporation)를 사용하여 입경별로 측정하였다. 또한 대상작업공정의 부유분진의 변화를 실시간으로 측정하기 위해 광산란을 이용한 Microdust Aerosol Monitoring System(CASELLA)을 사용하여 24시간 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

주물공장에서의 부유분진의 변화를 Aerosol Monitoring(CASELLA)을 사용하여 실시간으로 측정해 본 결과 그림 2과 같이 작업시간 내 분진의 농도는 평균 923.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 비 작업시간 농도평균 423.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 결과를 보였다. High Volume Air Sampler 및 Cascade Impactor를 사용한 측정에서는 TSP는 1239.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{PM}_{10}$ 은 735.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 측정값을 보였으며, Cascade Impactor에서 얻은 자료를 그림 3과 같이 각 입경별 분포를 구하고 이를 이용하여 크기분포(size distribution)는 MMD 및 GSD가 각각 4.14  $\mu\text{m}$ , 1.69  $\mu\text{m}$ 의 값을 얻었다. X-선 회절분석 결과는 그림 4에 나타내었다. 유리섬유에 포집된 분진을 분석한 결과 주 peak로  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (Magnetite),  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ 로 나타나며,  $\text{MnNi}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Zn}_2\text{Ti}_3\text{O}_3$  등의 존재를 확인할 수 있다. SEM-EDS를 통한 원소의 정성 및 정량분석에서는 그림 5와 같이 질량 %로 측정된 결과 Si, O가 각각 29.26 %, 19.92 %로 측정되었고, Fe 16.00 %, Al 13.07 %의 측정값을 가졌다. 또한 Pb, Mn, S, Cl, Ti, K, Cr등이 미량 측정되었다. 이를 입경별로 분석해 본 결과  $\text{PM}_{10}$ 이하의 8단 분류 측정에서 입경이 낮아질수록 Zn, Mn, Pb등의 질량% 비율이 증가함을 보였다.

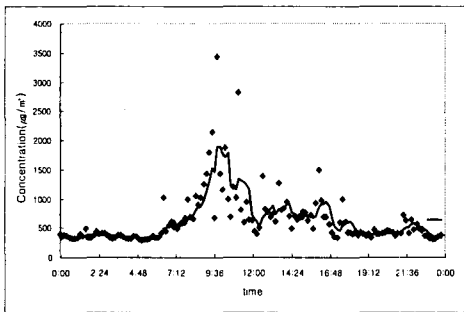


Figure 2. Real time monitoring system of fugitive dust at molding process

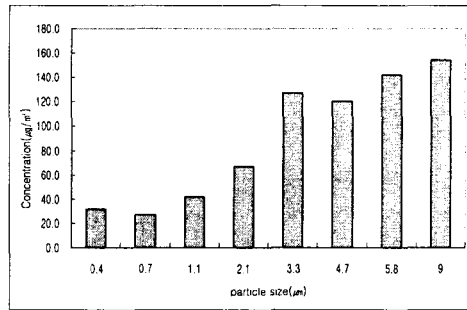


Figure 3. Comparison of concentrations measured cascade impactor

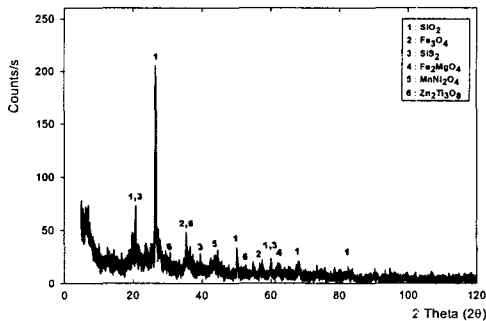


Figure 4. Analysis of X-Ray diffraction of fugitive dust at molding process

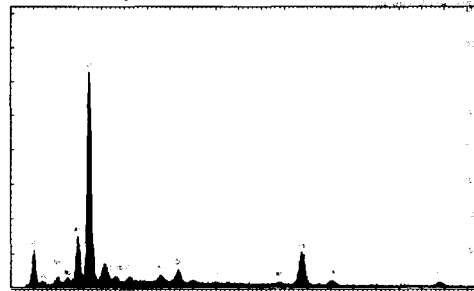


Figure 5. SEM-EDS analysis at molding process

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 지역개발중점사업인 “주물주강공장 발생분진 처리시스템 개발”(인천-0106)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고 문헌

- Burgess WA.(1995) Foundry Operations. In : Recognition of health hazards in industry 2nd ed, John Wiley & Sons. Canada.  
Wayne T. Davis. (1999) Air Pollution Engineering Manual 2nd, Wiley-Interscience, 631~633.