

PS50(CT29) 분진과 폐가스 동시 처리를 위한 세라믹 필터 제조 Preparation of Ceramic Filters for Simultaneous Treatment of Dust and Waste Gas: part 1.

조영민

경희대학교 환경·응용화학부

1. 서론

연소 또는 소각 공정 후 발생하는 폐가스에는 상당량의 분진이 포함되어 있기 마련이다. 이러한 폐가스 및 분진이 대기중으로 배출될 경우 심각한 대기오염을 일으키는 것은 주지의 사실이다. 그러므로 다양한 제어장치가 개발되어 분진과 가스를 제거한 후 무해한 가스만을 굴뚝을 통하여 배출한다. 이때, 촉매 충전탑 등을 사용하는 가스 처리의 경우 분진에 의한 촉매 성능 저해를 방지하기 위하여 일반적으로 백필터나 정전기 집진 장치를 사용하여 분진을 사전에 제거하고 있으나, 고온의 배가스를 직접 처리하기 곤란한 경우와 부식성이 강한 가스에 의한 장치 손상의 가능성이 있다. 따라서 최근 고온에서 분진과 유해가스 일부를 동시 처리하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있고, 이러한 목적에 가장 적절한 재질은 촉매 성능을 가진 세라믹 물질이며, 다공성 필터를 제조할 경우 효과적으로 활용할 수 있다. 또한 냉각-가열의 공정을 별도로 거칠 필요가 없으므로 공간 활용을 극대화시킬 수 있을뿐만 아니라, 경제적 장점도 있다. 이에 따라 백필터에 촉매성 물질을 코팅하거나 세라믹필터에 촉매 담지하는 연구가 기존에 있어왔으나(Kudlac 등, 1992; Saracco and Montanaro, 1995), 본 연구에서는 연소 배가스에 포함되어 있는 NO_x 가스를 동시 제어할 수 있는 바나듐 입자와 담체용 타이타니아 분체를 적절히 혼합하여 얇은 막 필터를 시험 제조하여 그 특성을 규명해보고자 하였다. 필터 제조 방법은 금속성 메시에 세라믹 입자를 dip-coating 시키는 방법을 취하였으며, 400°C에서 600°C까지 열처리를 시켜가며 필터 및 촉매로서의 기본적인 특성을 관찰하였다.

2. 연구 방법

본 연구의 일차적 목표가 촉매성 물질을 사용한 다공성 세라믹 필터의 제조와 기초적인 특성 검사인바, 연소 배가스로부터 발생하는 질소산화물 제거에 흔히 사용되는 TiO₂, V₂O₅ 및 WO₃를 적절히 배합하여 유연성을 가진 필터를 제조하고자 하였다. 배합 비율은 V₂O₅ 와 WO₃를 각각 최대 2 mole %까지 변화시켰다. 세라믹 슬러리는 적절한 유기물을 혼합하여 열처리 이전의 강도를 유지시키고, 유해 깨짐이나 불일정한 세공 형성을 방지하였다. 준비된 슬러리에 산세 처리한 스텐레스 메시를 dipping하는 방법으로 코팅하였으며, 실온에서 충분히 건조시킨 후 400°C, 500°C, 600°C로 열처리하였다.

고온 열처리에 따른 촉매성능 및 세라믹 특성 변화를 살펴보기 위하여 슬러리 자체를 건조, 필터와 동일한 조건에서 열처리한 후 XRD, BET, SEM 및 EDX등의 분석기를 활용하여 물리화학적 특성을 검토하였다. 아울러 완성된 세라믹 필터는 건조 공기를 사용하여 유량에 따른 압력강하를 측정하였으며, 장치 개략도는 그림 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

Lazer를 사용한 입도 분석기(Malvern M/Sizer)에 의해 측정된 입자들의 크기 변화를 그림 2에 나타내었다. 세라믹 재료로서의 TiO₂는 0.71 μ m 의 평균 입경으로 가장 미세한 크기분포를 보였으며, V₂O₅와 WO₃는 각각 42.55 μ m 와 30.18 μ m의 평균 크기를 보여주었다. 그림에서 볼 수 있듯이 600°C로 열처리한 필터로부터 떼어낸 입자의 크기는 평균 128.46 μ m으로 열처리에 의해 입자들이 서로 응집함으로써 완성 필터의 강도가 증가될 수 있는 가능성을 암시해주고 있다. 2 mole%의 V₂O₅가 포함된 입자의 비표면적을 BET 방법을 사용하여 측정된 결과 600°C에서 열처리한 입자의 표면적(8.5m²/g)이 500°C로 열처리한 시료(7.7m²/g) 보다 약간 더 큼을 알 수 있었으며, 촉매 반응시 유리하게 작용할 것으로 믿어진다.

제조 방법에 있어서 세라믹 슬러리에 금속 망을 침적시켜 코팅한 후 뒤튕임이나 유해한 깨짐 현상을

억제하기 위하여 실온 그늘에서 24시간 이상 건조하였으며, 열처리는 1°C/min의 비율로 서서히 승온시켰다. 아울러 금속과 세라믹의 이성질적 열팽창 특성을 조화하여 금속체 눈에 코팅된 세라믹 입자들이 충분한 강도를 유지시키고자 최대 온도에서 2시간 동안 방치하였다. 이러한 체계적인 열처리 과정을 거치면서 슬러리에 포함된 유기물이 증발하면서 미세공을 형성하고, 그 구조는 packed-bed 또는 granular-bed 형태를 이룰 것으로 여겨진다. 압축 공기를 가하여 압력강하를 측정한 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 열처리 온도에 관계없이 거의 유사한 정도의 압력강하를 보여주었으며, 회기분석 결과 $\Delta P = 0.23 + 0.76Q$ 인 관계를 얻었다. 이러한 선형적인 관계로부터 제작한 세라믹 필터의 구조가 Darcy의 법칙에 준하는 바, 위에서 예상한 packed-bed 구조라고 확신하며 추후 SEM등을 통하여 시각적으로 관찰 확인할 예정이다.

EDX와 XRD를 사용하여 화학적 구성 성분 변화를 관찰한 결과 최고 600°C까지의 열처리에서 별다른 서로간의 반응이나 구조 변화가 없음을 알 수 있었다. 따라서 세라믹 입자의 촉매적 성질에 영향을 끼치지 않는다면 가능한 높은 온도에서 소성하는 것이 필터 강도 증가에 도움이 될 것으로 믿는다.

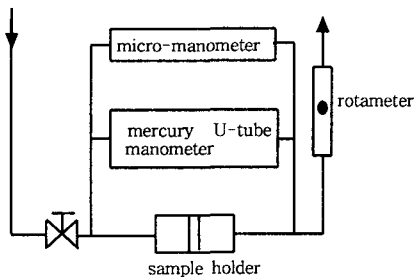


Fig. 1. Schematic diagram of the test rig

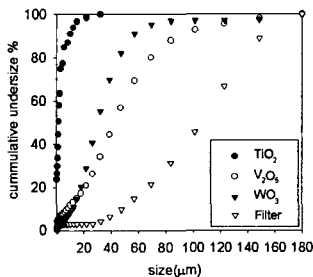


Fig. 2. Size distribution of particles.

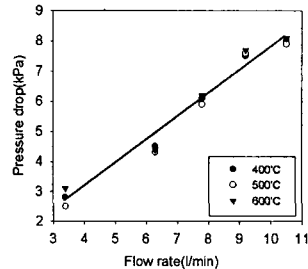


Fig. 3. Pressure drop versus air flow rate.

참 고 문 헌

- Kudlac G. A., Farthing G. A., Szymanski T. and Corbett R. (1992) 'SNRB Catalytic baghouse laboratory pilot testing', Environmental Progress, vol.11, no.1, 33-38
- Saracco G. and Montanaro L. (1995) 'Catalytic ceramic filters for flue gas cleaning. 1. preparation and characterization', Ind. Eng. Chem. Res., vol.34, 1471-1479