

2C3) Wet scrubbing에 의한 입자 제거효율 영향인자

Performance Factors Affecting the Particle Collection Efficiency of Wet Scrubbing

임 경 수 · 이 시 훈

한국에너지기술연구원 청정시스템연구센터

1. 서 론

산업 및 발전 공정과 소각로 등에서 발생하는 여러 유해가스, 먼지, 악취 등을 처리하기 위해서는 탈황기술, 집진기술, 탈질기술, 탈취기술 등의 단일기술을 연계하여 적용하고 있으나, 각 고유기술의 특성에 적합한 조건이 서로 일치하지 않아 처리효율의 저하, 적용기술의 복잡성 때문에 기존기술보다 우수하고 여러 오염물질을 동시에 처리할 수 있는 기술개발이 필요하다.

유해가스를 동시에 처리할 수 있는 여러 가지 방법 중 wet scrubbing 기술이 있으며, 이에 대한 연구가 수십년간 진행되고 있으나 다른 처리장치에 비해 효율이 낮고, 규모가 커서 적용에 어려움이 있었다. 하지만 scrubbing 기술은 2종류의 유해물질을 제거하는 동시처리장치에 비해 유해가스, 먼지 등 3가지 이상의 오염물질을 동시에 제거할 수 있어 기술 잠재력이 크다고 할 수 있다. 따라서 기존 기술의 문제점을 해결하고 새로운 기술의 도입에 대한 연구개발이 무엇보다도 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 wet scrubbing 기술에 대한 기술동향을 알아보고, 유해물질의 효율에 미치는 영향인자를 분석하여 최적의 설계에 활용하고자 한다.

2. 연구 방법

Wet scrubbing에 의한 처리공정은 가스-액체 접촉방법에 따라 충전탑, 분무탑, 벤츄리 스크러버, cyclone 스크러버 등으로 구분되며, 처리 효율을 증대시키기 위해 단독 또는 이단이나 두 종류 이상을 복합설치하기도 한다. 이러한 세정장치에서는 한가지 또는 그 이상의 오염물질 제거반응이 작용하지만 무엇보다도 중요한 것은 세정액방울 크기분포 및 균일성과 세정액의 성질이 전체 오염물질의 제거효율을 결정한다. 즉, 세정액의 크기 및 분포를 제어하거나 특성을 제어하면 세정장치의 효율을 쉽게 제어할 수 있다. 일반적으로 노즐에서 발생하는 세정액의 크기는 수십에서 수백 마이크로 크기이며, 미세화된 세정액적이 높은 오염물질의 제거효율을 나타내는 것으로 알려져 있다. 또한 발생하는 노즐에서의 세정액 크기도 중요하지만 발생하는 입자의 크기분포, 즉 크기의 균일성도 효율을 제어하는데 중요하다고 알려져 있다.

식 1은 노즐에서 분사된 세정액이 자유낙하할 때 반대방향의 가스흐름과 같이 이동하는 입자의 제거 효율(η_G)을 나타내고 있다. 이 식에서 U_D 는 세정액과 제거입자를 포함한 가스와의 상대속도, v_g 는 가스의 속도, v_s 는 세정액의 최종 침강속도, H 는 세정액적의 이동거리, D 는 세정액적의 크기, Q_l 과 Q_g 는 각각 세정액 및 가스의 유량을 나타낸다.

$$\eta_G = 1 - \exp\left[-\frac{3}{2} \cdot \eta_l \cdot \frac{(U_D - v_s)}{(U_D - v_g)} \cdot \frac{Q_l}{Q_g} \cdot \frac{H}{D}\right] \quad (\text{Light, 1988}) \quad (1)$$

식 2와 3은 수평 또는 수직관에서 가스흐름과 반대방향으로 분사되는 세정액적의 입자 제거효율을 나타내고 있다. 식 2는 Chen(1973)에 의해서 제안된 효율식으로 노즐에서 일정 각도의 범위내에서 분사된 세정액적의 관내 침착손실 값(γ)을 고려하였다. 이 식에서 L 은 관내의 세정액적의 평균 유효이동거리를

나타낸다. 식 3은 Holmes 등(1983)에 의해서 제안된 식으로 γ 값 대신 U_D/v_g 값이 쓰이고 있다.

$$\eta_{RC} = 1 - \exp\left[-\frac{3}{2} \cdot \eta_i \cdot \gamma \cdot \frac{Q_l}{Q_g} \cdot \frac{L}{D}\right] \quad (\text{Chen, 1973}) \quad (2)$$

$$\eta_{RH} = 1 - \exp\left[-\frac{3}{2} \cdot \eta_i \cdot \frac{U_D}{v_g} \cdot \frac{Q_l}{(Q_l + Q_g)} \cdot \frac{L}{D}\right] \quad (\text{Holmes et al., 1973}) \quad (3)$$

식 1, 2, 3에서 알 수 있듯이 wet scrubbing에 의한 입자의 제거효율은 세정액적의 속도, 세정액적의 크기, 세정액적 및 가스의 유량 등에 의해서 결정이 된다. 본 연구에서는 이러한 제거효율 영향인자를 수치적으로 알아보고 기존모델과 비교하여 보았다.

3. 결과 및 고찰

그림 1과 그림 2는 식 2와 3을 이용하여 구한 입자의 제거효율과 본 연구에서 구한 수치해석결과를 비교한 것이다. 식 2와 3에서의 세정액적 속도는 세정액적의 전 이동구간에서 Homes et al.(1983)가 사용한 산술평균을 사용하였지만 수치해석에 사용한 세정액적 속도는 실제와 같이 구간에 따라 서로 다른 값을 사용하여 구하였다. 그림 1에서는 식 2를 이용한 결과값과 수치해석으로 구한 결과값이 비슷하게 나타났지만, 가스의 유속이 커질 때는 그림 2와 값이 다른 값을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 Homes 등(1983)에 의해서 제시된 예측식이 가장 큰 값을 가지고 있고, Chen(1973)에 의해 제시된 예측식이 가장 작은 값을 가지고 있어 두 식에서 얻은 결과값이 큰 차이를 보이고 있다. Chen(1973)에 의해 제시된 식을 이용한 결과에서는 관내 침착손실을 고려한 값(γ)은 1로 하였기 때문에 이를 고려하면 더 작아질 것이다.

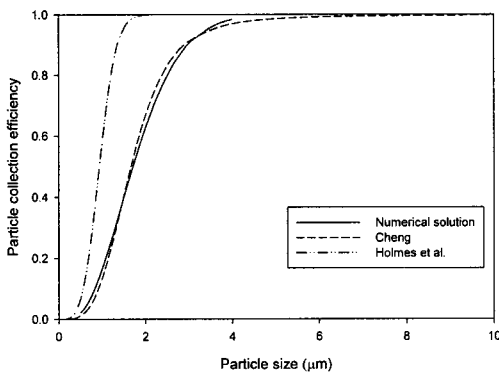


Fig. 1. Comparison of particle collection efficiency. ($U_b=1000\text{cm/s}$, $v_g=100\text{cm/s}$, $D=1000\text{mm}$, $Q_l/Q_g=0.002$).

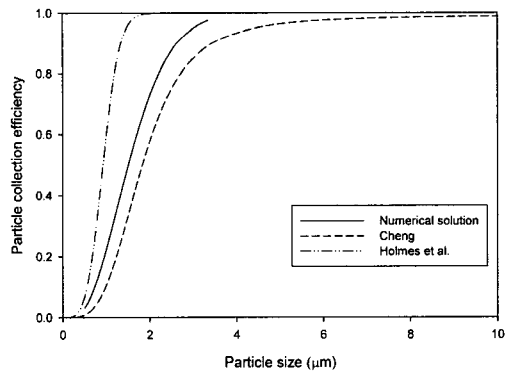


Fig. 2. Comparison of particle collection efficiency. ($U_b=1000\text{cm/s}$, $v_g=300\text{cm/s}$, $D=1000\text{mm}$, $Q_l/Q_g=0.002$).

참 고 문 헌

- Chen, L. (1973) Collection of airborne dust by water spray, Ind. Eng. Chem. Process Des. Develop., Vol. 12, 221-225.
- Holmes, T. L. Meyer, C. F. and Degarmo, J. L. (1983) Reversejet scrubber for control of fine particulates, Chemical Engineering Progress, Vol. 79, 60-66.
- Licht, W. (1988) Air pollution control engineering: Basic calculations for particulate collection. (2nd ed.), New York: Marcel Dekker.