

## PS53(CT32) 필터 케익내의 압축현상에 관한 연구

### A Study on the Compression Behaviour of Filter Cake

김 정 민 · 정 용 원  
인하대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

본 연구는 가스 중에 포함되어 있는 입자들을 fabric filter를 이용하여 집진할 때 형성되는 dust filter cake의 구조 및 압력강하가 입자간의 부착력(adhesion force), 마찰계수(friction coefficient)등의 여러 관련변수에 따라 변화되는 양상을 전산모사를 통해 예측하고자 하는 것이다.

#### 2. 연구 방법

입자의 부착(adhesion) 특성 및 표면의 거칠은 정도에 따라 고유한 값을 갖는 Hamaker constant와 마찰계수(friction coefficient)를 이용하여 케익내에 있는 입자의 운동이 일어날 수 있는 입자간의 최대 전단력과, 여과 시 입자에 작용하는 전단력을 Carman-Kozeny equation을 이용하여 계산한 다음, 이들 두 힘의 크기를 비교하였다. 비교 결과 여과 시 입자에 작용하는 전단력이 입자간의 최대 전단력보다 크면 입자의 운동이 유발되어 압축이 일어나게 되며, 작으면 압축이 일어나지 않게 된다. 최대 전단력과 여과 시 입자에 작용하는 전단력은 각각 다음과 같이 계산하였다.

$$P_{s,max} = P_{ad} + \mu \times P_N = P_{ad} + \mu \times \cos \theta \times P_G$$
$$P_s = \sin \theta \times P_G$$

여기서

- $P_{s,max}$  : 입자간의 최대 전단력
- $P_{ad}$  : 입자간의 부착력
- $P_N$  : 입자간의 수직력
- $P_G$  : 여과시 압축에 의해 입자가 받는 힘
- $P_s$  : 여과 시 입자에 작용하는 전단력
- $\theta$  : 붙어 있는 두 입자간의 각도
- $\mu$  : 마찰계수

입자의 부착 특성과 표면의 거칠은 정도가 케익의 형태 및 압력강하에 미치는 영향을 조사하기 위해 Hamaker constant와 마찰계수를 변화시키면서 전산모사를 수행하였으며, 케익의 형성 시 케익 전반에 걸친 압력강하 분포를 통해 케익의 압축정도를 예측해보았다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은  $15\mu m$  입자를 Hamaker constant는  $5.0 \times 10^{-22} J$ 로 고정시키고 마찰계수를 각각 0.1, 0.4, 0.7, 1.0으로 변화시키면서 단위 면적당 입자(areal mass)에 걸리는 압력강하의 변화를 나타낸 결과이며, 그림 2는 마찰계수를 0.6으로 고정시키고 Hamaker constant를 각각  $5.0 \times 10^{-21} J$ ,  $7.0 \times 10^{-22} J$ ,  $3.0 \times 10^{-22} J$ ,  $5 \times 10^{-23} J$ 로 변화시키면서 단위 면적당 입자에 걸리는 압력강하의 변화를 나타낸 결과이다. 각각의 그림에 나타난 것과 같이 케익의 압력강하는 Hamaker constant가 작을수록, 또한 마찰계수가 작을수록 커지는 것을 예측하였다. 이는 입자간의 부착력이 약하고 마찰저항이 작은 입자의 경우 여과 시 입자에 작용하는 전단력이 입자의 운동을 유발하는 최대 전단력보다 크기 때문에 케익의 압축 경향이 커지는 것으로 해석된다.

그림 3은  $15\mu\text{m}$  입자를 Hamaker constant는  $3.0 \times 10^{-22}$ , 마찰계수는 0.6로 하여 전산모사를 수행하였을 경우 형성되는 케익의 높이에 따른 압력강하의 기여 정도를 나타낸 결과이다. 케익 전체를 10등분하였을 경우 제일 밑단에 걸리는 압력강하가 케익 전체에 걸리는 압력강하의 약 30% 정도를 차지한다는 것을 예측할 수 있었으며, 케익의 상부보다는 하부쪽에서 압축이 많이 일어난다는 것을 예측할 수 있었다.

결론적으로 두 입자간의 부착 특성을 나타내는 부착력이 작을수록, 또한 거친 정도를 나타내는 마찰력이 작을수록 여과 시 입자에 작용하는 전단력이 입자의 움직임을 가능하게 하는 최대 전단력보다 커져서 입자의 움직임이 발생해 케익이 압축되고 이로 인해 압력강하를 더욱 증가한다는 것을 예측할 수 있었다. 또한 케익 내부의 압력강하의 분포는 케익의 하부로 갈수록 즉 filter media에 가까울수록 커지는 것을 예측할 수 있었으며, 이것은 케익 하부로 갈수록 압축이 많이 일어난다는 것을 의미하는 것이다.

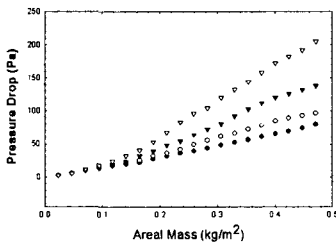


Fig. 1. Effect of friction coefficient on pressure drop

( $\nabla$ : 0.1,  $\blacktriangledown$ : 0.4,  $\circ$ : 0.7,  $\bullet$ : 1.0)  
friction coefficients used

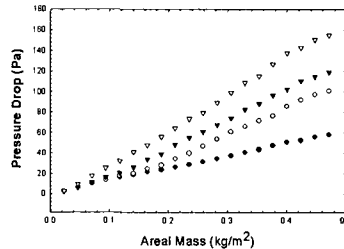


Fig. 2. Effect of adhesion force on pressure drop

( $\nabla$ :  $5.0 \times 10^{-23}\text{J}$ ,  $\blacktriangledown$ :  $3.0 \times 10^{-22}\text{J}$ ,  $\circ$ :  $7.0 \times 10^{-22}\text{J}$ ,  $\bullet$ :  $5.0 \times 10^{-21}\text{J}$ )  
Hamaker constants used

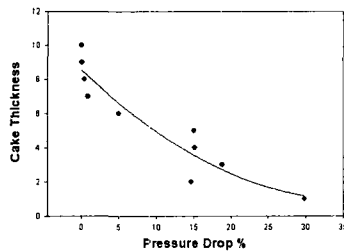


Fig. 3. Cake thickness vs pressure drop percent

### 참고 문헌

- W. Hoeflinger, Ch. Stockmayer and A. Hackl (1994) "Model Calculation of the Compression Behaviour of Dust Filter Cakes", *Filtration & Separation*, December, pp 807~811
- Iraklis A. Valioulis and E. John List (1984) "Collision Efficiencies of Diffusing Spherical Particles: Hydrodynamic, van der Waals and Electrostatic Forces", *Advances in Colloid and Interface Science*, 20, pp 1~20
- Yu-Hsiang Cheng and Chuen-Jinn Tsai(1998) "Factors Influencing Pressure Drop through a Dust Cake during Filtration", *Aerosol Science and Technology*, 29, pp 315~328