

PA23) 활성탄 카트리지가 흡착설비의 설계 및 유동해석

임경수*, 이시훈, 박현설

한국에너지기술연구원 청정석탄연구센터

1. 서 론

휘발성 유기화합물(VOC)을 제거하는 방식으로는 열소각, 흡착, 생물여과, 촉매산화 등 여러 가지 방식이 있는데, 이 중에서 열소각 및 흡착이 일반적으로 사용되고 있다. 열소각의 경우 배출되는 VOCs의 농도가 높거나 배출이 연속공정일 경우에 사용되고 있고, 흡착의 경우에는 VOCs 농도가 낮거나 배출이 간헐적인 경우에 사용되고 있다. 국내 산업단지에 입주에 있는 대부분의 업체들은 대부분 중소기업이기 때문에 배출 유량이 크지 않고, 배출이 간헐적이기 때문에 활성탄 흡착설비를 많이 사용되고 있다. 활성탄 흡착설비는 열소각처럼 세부적인 관리 없이 사용할 수 있고, 초기 투자비가 저렴하며, 처리효율이 높다는 장점이 있다. 하지만 활성탄의 교체주기가 짧고 교체에 따른 교체비용이 많이 소요되기 때문에 업체의 부담이 크다고 할 수 있다. 이러한 국내 산업체들의 운전 여건 및 비용적 부담을 해결하기 위해서 기존의 흡착방식으로 운전을 하면서도 이를 효율적으로 대체할 수 있는 방안으로 흡착제를 이용한 카트리지가형 흡착시스템이 제안이 되었다.

본 연구에서는 이러한 활성탄 카트리지의 흡착설비의 설계에 있어서 활성탄 카트리지 내에 처리가스가 고르게 분포될 수 있도록 장치 내부의 유동분포를 파악하여 장치의 최적 설계에 기초를 제공하고자 한다. 또한, 활성탄 카트리지의 여러 형태를 고려하여 활성탄의 양을 결정하고 이에 따른 활성탄 카트리지의 고려한 흡착설비 구조를 결정한다.

2. 연구방법

수치 해석한 활성탄 흡착탑 장치는 원통형 카트리지와 사각 카트리지가 형태이며, 원형의 경우는 원통형 외벽 전체 또는 밑부분에서 처리가스가 유입되어 흡착이 된다, 사각 카트리지의 경우에는 4개의 사각육면체 카트리지로 구성되어 있으며, 각각의 카트리지는 밑면에서부터 흡착하여 일정높이의 활성탄층을 통과하면서 흡입이 된다. 수치해석을 위한 장치의 사각 카트리지는 가로와 세로가 1200mm이며, 내부활성탄층의 두께는 500mm이다. 본 수치해석 연구에서는 내부의 흡착 카트리지의 차압에 따라 어떠한 유동특성을 갖는지를 알아보았으며, 각각의 흡착 카트리지 내로 고르게 유체가 흡입되는지를 해석하여 장치의 설계 및 적용에 대한 타당성을 알아보았다. 장치 내의 유체유동 해석하기 위하여 상용 전산 프로그램인 미국 Fluent사가 개발한 FLUENT를 이용하였으며, 난류모델로 $k-\epsilon$ 모델을 채택하였다. 흡착 카트리지에는 활성탄이 채워지기 때문에 다공성매질 조건으로 고려하여 수치해석 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 활성탄층 내부 중앙의 속도분포를 나타내며, 위치에 따라서 속도변화가 뚜렷이 나타남을 알 수 있다. 차압이 낮을수록 활성탄층 내부의 속도분포 차이가 크게 나타나고 있는데, 이는 차압이 낮으면, 활성탄이 캐트리지에 채워져 있어도, 유출구 가까운 부분으로 많은 양의 유체가 통과함으로서, 불균일한 유동분포를 나타내게 된다. 반면, 그림 1(c)와 같이 활성탄층의 차압이 크면, 활성탄층 자체가 유체의 속도 완충작용을 하여 전구간에서 고른 유동분포를 나타내게 된다. 활성탄층의 유동분포는 활성탄의 교체 주기와 밀접한 관계가 있다. 즉, 파괴점에 도달한 활성탄은 교체를 해 주어야 하는데, 만약 활성탄층의 차압이 낮은 경우처럼 활성탄층내에서의 속도분포가 서로 다르면, 캐트리지 위치마다 파괴점에 도달하는 활성탄이 서로 다르게 된다. 이러한 경우 활성탄을 교체 시기를 정하기가 힘들며, 교체를 하더라도 일부 미사용된 활성탄을 교체하게 되어 경제적인 손실을 낮게 된다. 본 수치해석에서는 이러한 문제점을 미리 파악하여 캐트리지 내부에 일정한 유동분포를 가질수 있는 구조 및 압력분포를 수치해석하였다. 본 수치해석결과, 흡착탑 및 캐트리지에서는 약 60mmH₂O 이상의 차압조건에서 활성탄층내에서 어느정도 균일한 속도분포를 나타냄을 알 수 있다.

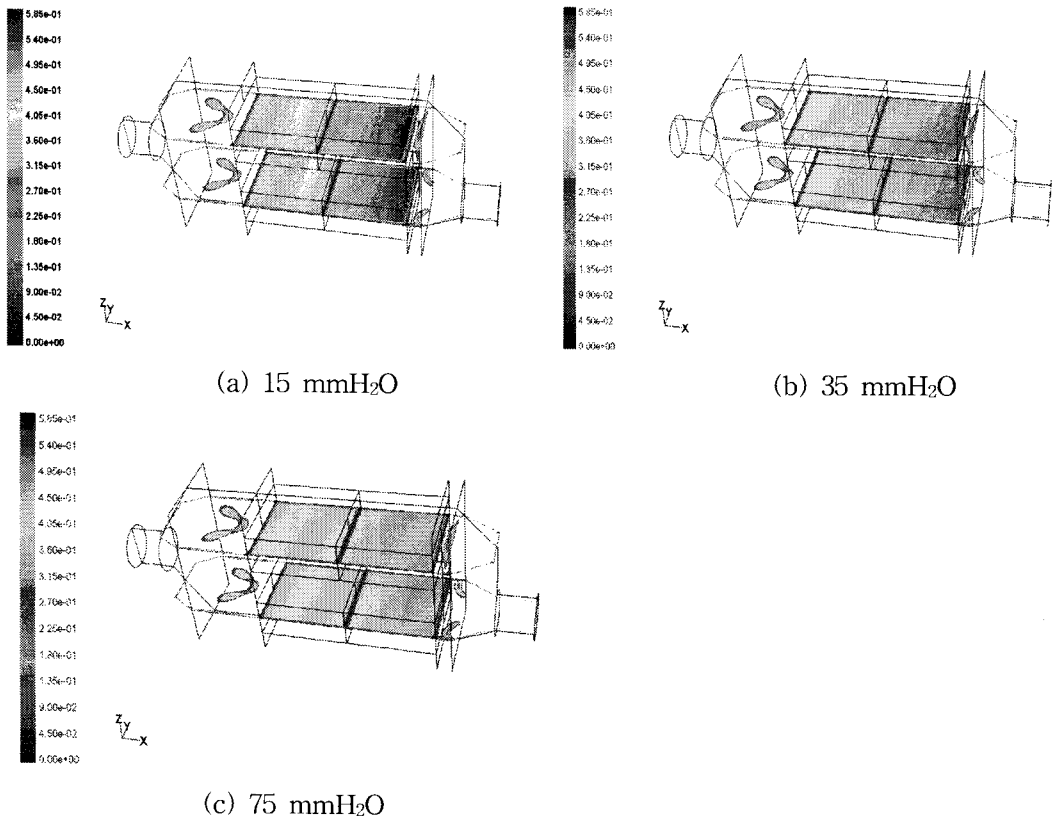


Fig. 1. Velocity profiles of activated carbon cartridge at different pressure drops.

4. 요약

활성탄 흡착설비에서는 활성탄에 대한 차압특성 및 활성탄 층에서의 적절한 유동분포가 이루어져야 활성탄층에서의 고른 흡착분포를 보이게 된다. 즉, 흡착설비로 주입된 VOCs 가스는 활성탄층을 통과할 때 활성탄층 전 영역에서 고르게 유량이 분배되면서 통과를 해야만 활성탄의 파괴시간과 교체주기가 같게 된다. 따라서 고안된 활성탄 카트리지가 및 흡착설비가 이러한 고른 유동분포를 갖는지를 먼저 해석하였다. 본 연구에서는 기존에 VOCs 흡착제로 쓰이고 있는 활성탄에 대한 차압특성을 알아보고 차압에 따른 유동장을 해석하여 유입된 VOCs를 포함한 오염가스가 활성탄층에 고르게 분포되는가를 해석하였다. 이러한 결과를 토대 활성탄 카트리지의 구조에 따른 활성탄의 높이 및 양을 제시하였다.