

B-7

활성탄을 이용한 자동차 실내용 필터시스템 개발

Development of filter system for cabin air with activated carbon

이승복, 김종수, 나광삼, 진현철, 김영성

한국과학기술연구원 지구환경연구센터

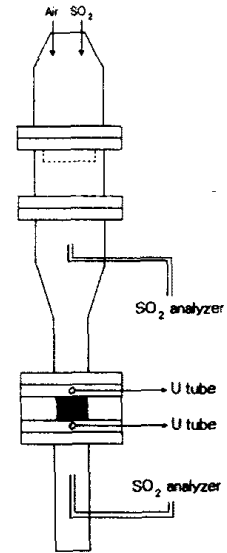
1. 연구 배경

기존의 공기 정화 장치들은 전기 집진 방식이나 음이온 발생 방식들을 사용하여 왔는데, 오존이 발생한다는 단점과 기상 물질은 제거하지 못하는 한계가 있다. 또 차내의 경우에는 이미 유입된 대기오염물질만을 제거할 수밖에 없고, 충돌 사고시 탑승자의 부상 유발 가능성이 있다. 전통적으로 사용되어 온 활성탄의 향상된 성능을 이용한 필터 시스템을 개발하여 장착한다면 이와 같은 단점과 한계들을 없애면서도 합리적인 비용으로 일반 차량에까지 보급될 수 있을 것이다.

2. 실험방법

다른 대기오염물질에 대한 실험에 앞서 SO₂를 먼저 테스트하였다. 일반적인 자동차의 공기조화시스템은 9 cm×9 cm의 출구를 가진 blower motor에 의해 약 1000 lpm(2.1 m/s)이상까지 순환시킨다. 또 대표적인 도로변의 지점인 광화문의 SO₂ 농도는 최고 0.09 ppm 이다. 실험실내에서 활성탄의 성능을 테스트하기 위해 직경 30 mm의 테프론 관을 사용하여 유량을 줄이고, 오염농도의 10배이상인 약 1.8 ppm SO₂ 가스를 사용하여 필터 수명을 단축하였다. 장치의 개요는 오른쪽 그림 1과 같다.

활성탄을 이용한 필터를 설계하기 위해서는 특정한 활성탄의 입경과 활성탄층의 두께에 대해서, 표면속도에 따른 파과시간의 경향, 표면속도에 따른 압력손실의 경향, SO₂ 농도에 따른 파과시간의 경향을 파악해서 자료화해야 한다. 국내 자동차 연구소의 연구결과에 의하면 cabin air filter의 한계압력손실은 약 40 mmH₂O 정도로 규정하고 있다. 압력손실이 이 한계압력손실보다 작으면서 90% 이상의 제거효율이 유지되는 시간, 즉 필터의 수명이 요구에 만족되도록 활성탄의 입경, 활성탄층의 두께, 표면속도(즉, 활성탄층의 면적이 결정됨) 등을, 자동차내의 설치 장소까지 고려하여 설계한다.



<그림 1>

3. 실험결과

필터를 지나기 전의 SO₂ 농도와 필터를 지난 후의 SO₂ 농도를 측정하여 90% 이상의 제거효율을 유지하는 시간을 측정하였다. (주)삼천리 회사의 8×12mesh 입자상 활성탄을 사용하여 실험한 결과가 그림 2이다. SO₂ 농도는 일정하게 고정하고 유량(약 5~14 lpm), 즉 유속(약 0.11~0.33 m/s)을 변화시켰을 때의 필터 수명의 변화를 그림 3에, 압력손실의 변화를 그림 4에 나타내었다. 하지만 입자상 활성탄의 경우에는 패키지의 정도에 따른 성능의 변화가 클 수 있고, 관의 직경과 층의 두께에 비해 활성탄의 입자가 충분히 작지 않기 때문에 channelling이 발생하고 설계상의 어려움이 많기 때문에 섬유상 활성탄으로 실용 가능성을 실험하였다.

섬유상 활성탄의 대부분은 수입되고 있기 때문에 비용이 비싸지만 설계가 용이하고 입자상에 비해 효율이 훨씬 좋다. 그런데, 일본의 동양탄소의 ACF(Activated Carbon Fiber) S-1500(비표면적 : 1500 m²/g, 1층 두께 : 2.0~4.0mm) 1개 층의 실험결과인 그림 5에서 보듯이 (주)삼천리 회사의 입자상보다 체적효율이 크게 떨어짐을 보았다. 다른 종류의 섬유상 활성탄으로 실험하여 비교해 보아야 분명한 결론을 내릴 수 있다.

이 결과들을 종합하여 필터 설계에 필요한 파라미터들을 정리해 보았다. 실험한 것들을 가지고 실험

하지 않은 경우의 결과를 예측하기 위해, 표면속도에 무관하고 섬유상 활성탄의 층 수에 무관한 필터 수명을 나타낼 수 있는 '수정된 수명'을 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$t^* = (t \times V) / (ACF \text{ 층 수}) \quad (1)$$

t^* : 수정된 수명(hour)

t : 필터의 수명(hour)

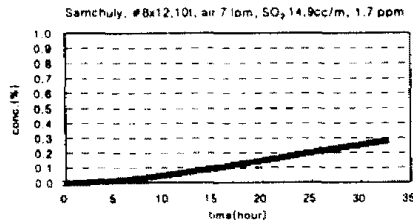
V : 표면속도(m/s)

이 수정된 수명의 평균값을 기준으로 하여, 요구되는 수명 100시간을 얻기 위한 섬유상 활성탄 S-1500의 겹수를 계산할 수 있게 된다. 필터의 면적을 증가시켜서 표면속도를 줄이면 섬유상 활성탄의 겹수를 줄일 수 있지만 무한히 필터의 면적을 증가시킬 수 없는 것은 설치 장소의 공간 문제가 있기 때문이다. 여기서는 SO₂ 농도를 실제보다 10배이상 높였을 때의 결과이므로 실제로는 훨씬 적은 층의 층수가 산출될 것이다. 추후로 계속 실험하여 데이터를 얻을 것이고, 시제품을 만들어서 실제 유량에 대하여서 확인할 것이다.

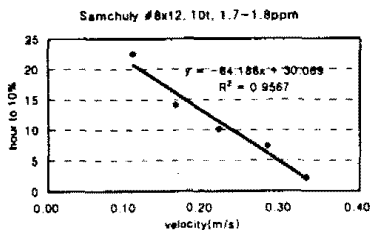
활성탄의 특성상 수분을 흡수하게 되면 효율이 떨어지게 되므로 비가 자주 내리는 여름철같은 때에 필터 성능을 유지할 수 있을지 의문이 생긴다. 그래서 더 나은 필터를 위해서는 필터와 함께 자동차의 공기조화시스템내에 제습장치를 새롭게 추가시키기 위한 연구가 진행될 것이다.

참고 문헌

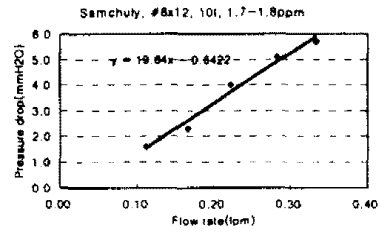
- 백남준, 이종훈, 김성주, 문길주 (1995) 환경조화용 3차원 카트리지 필터시스템 개발, 한국과학기술연구원
- 이한주 (1993) 기체분리를 위한 흡착공정, 지구문화사
- 유정홍 (1974) 활성탄독본, 일간공업신문사
- 임계규, 박영태, 박무열, 라승훈 (1996) 활성탄 흡착탑에서 선속도에 따른 압력강하에 대한 연구, 96년 춘계학술대회논문집
- 박영욱, 구철오, 임정환, 김홍룡, 손재익 (1996) 승용차용 Cabin Air Filter의 성능, 한국대기보전학회지 제12권 제 3호



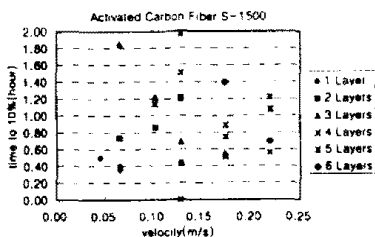
<그림 2>



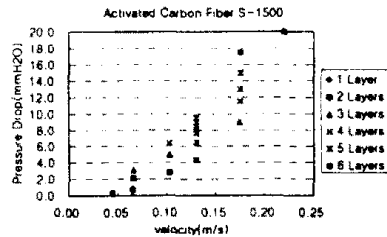
<그림 3>



<그림 4>



<그림 5>



<그림 6>