

EB1) 가스터빈 유입공기 정화용 에어 필터 여재 국산화 개발 기초 성능실험

Development and Test of Gas Turbine Intake Air Filter Media

박현설 · 박석주 · 김상도 · 최호경 · 임정환 · 박영욱
 한국에너지기술연구소 집진기술연구센터

1. 서 론

항공기나 발전용 가스터빈(gas turbine) 및 대용량 압축기(compressor) 등과 같이 흡입공기의 유량이 매우 클 경우, 유입되는 공기 내부에 함유된 입자상 오염물질은 터빈의 기계적 성능에 큰 장애를 일으킬 수 있다(Klink and Schroth, 1996, Schroth, 1993). 이러한 입자상 오염물질을 효과적으로 제어하기 위해서는 처리기체의 유입구 부분에 대형 공기 정화용 여과시스템이 요구되며, 일반적으로 카트리지형 에어 필터(cartridge air filter)나 포켓형(pocket), 카세트형(cassette) 에어 필터가 적용 현장의 조건에 따라 사용된다. 또한 적용 대상지역의 입자상 오염물질 농도에 따라 탈진조작(cleaning) 여부와 이에 적합한 필터의 선정이 필요하다.

가스터빈 유입공기 정화용 필터의 선정에 있어 무엇보다도 중요한 요소는 필터의 집진효율과 압력손실 특성이다. 서두에 언급한 바와 같이 집진효율은 입자상 물질로 인한 터빈 블레이드(blade)의 오염, 침식, 부식 등의 손상으로 인한 터빈의 성능저하에 직접적으로 관여하고, 필터의 압력손실 증가는 가스터빈의 출력과 열효율의 감소를 초래한다. 참고로 가스터빈 유입공기 여과장치에 있어서 500 Pa의 압력손실은 1 % 정도의 출력 감소와 약 0.5 % 만큼 열효율을 저하시키는 것으로 보고되고 있다(Schroth, 1993). 위와 같은 사실로 미루어 볼 때, 가스터빈 유입공기 정화용 필터 개발을 위한 핵심사항은 집진효율을 극대화시키면서 압력손실은 최소화하는 것이다. 그러나, 잘 알려진 바와 같이 위의 두 가지 사항은 항상 서로 역관계에 있기 때문에 이를 동시에 만족시키기는 매우 힘들다. 즉, 집진효율이 우수한 필터는 압력손실이 높고, 반면에 압력손실이 낮은 필터는 집진효율 특성이 저하된다. 이러한 필터 고유의 특성을 극복하기 위한 방법으로 필터에 정전기적 성질을 부여하거나, 필터의 내부 구조 및 재질을 개선하는 방법 등이 도입되어 왔다.

본 연구에서는 합성섬유를 이용하여 2층 또는 3층 구조를 갖는 가스터빈 유입공기 정화용 필터 여재를 개발하였고, 성능 향상을 도모하고자 개발된 여재에 정전기적 성질을 부여하여 고효율의 집진성능을 유지하면서도 압력손실을 최대한 줄일 수 있도록 하였다. 그리고, 이의 성능 평가를 위해 외국 업체의 필터 여재와 비교 실험을 실시하였다.

2. 필터 여재 성능 실험

표 1에 본 연구를 통해 개발된 필터 여재와 비교 실험용 외국산 필터 여재의 기본 물성을 나타내었다. 필터 여재의 정진처리는 코로나 방전을 이용하였다.

Table 1. Properties of Tested Filter Media

Item	Sample 1	Sample 2	Sample 3	JVC	H&V
Media Weight, g/m ²	125	140.3	150.6	101.50	78.1
Thickness, mm	0.70	10.1	10.1	0.83	0.6
Air Permeability, cc/cm ² /sec	25	40.6	40.6	16.57	18.29
Tensile Strength, MD	17.0	18.9	18.9	12.7	8.0
kg/5cm CD	7.0	10.2	10.2	6.9	3.6

위에서 sample 1~3은 본 연구를 통해 개발된 필터 여재이며 JVC는 Japan Vilene Co., H&V는 Hollingsworth & Vose Co.(US)의 필터 여재를 각각 나타낸다. Sample 1~3과 JVC의 재질(폴리에틸렌+

폴리프로필렌)은 동일하지만, 여재를 구성하는 섬유층의 개수와 각 섬유층에 적용된 제조방법이 다르다. H&V의 여재는 borosilicate microfiber로 이루어졌으며 acrylic resin binder를 사용하여 제조되었다.

성능실험은 300×300 mm²의 각 실험용 여재에 대해 여과속도를 1, 2, 3 m/min으로 조정하면서, 필터 전후에서의 먼지 농도를 Aerodynamic Particle Sizer(TSI)로 측정하는 방법으로 이루어 졌다. 압력손실은 U자형 액주계로 측정하였고, 실험용 입자로는 NaCl 입자($d_g=0.8\mu\text{m}$) 및 AC Fine Dust($d_g=1.1\mu\text{m}$)가 사용되었다.

3. 실험 결과

그림 1과 그림 2에 각 필터 여재의 부분 집진효율을 나타내었다. 여과속도는 1 m/min인 경우이고 실험용 입자는 NaCl(그림 1)과 AC Fine Dust(그림 2)가 각각 사용되었으며, 실험용 입자의 입경 분포 특성상 2 μm 입자까지만 효율을 표시하였다. 그림에 나타난 바와 같이 본 연구에서 개발한 sample 1의 경우에 효율이 가장 우수한 것으로 나타났으며, sample 2는 매우 낮은 집진효율을 보이고 있다. 그림 3은 필터 여재별 압력손실 특성을 나타낸다. 표 1의 기본 물성값을 바탕으로 예상할 수 있었던 바와 같이 sample 2의 경우에 가장 낮은 압력손실 특성을 보여준다. Sample 1은 높은 집진효율을 보이면서도 기존 외국산 필터에 비해 낮은 압력손실을 유지해 매우 우수한 여과성능을 갖추었음을 알 수 있다. 이러한 필터 여재별 여과성능 특성은 필터 여재를 구성하는 각 섬유층의 재질과 구조, 제조방법에 기인한 것으로 판단된다. Sample 2와 sample 3, JVC 제품은 3 층 구조를 갖고 있음에도 불구하고 2층 구조를 갖는 sample 1에 비해 그 성능이 낮게 평가되었다. 이들은 동일한 재질을 사용하였지만 제조방법에 있어서 차이를 두고 있어, 각 섬유층의 제조방법과 섬유층간의 접합방법에 의해서도 여과성능이 크게 달라질 수 있음을 보여주고 있다.

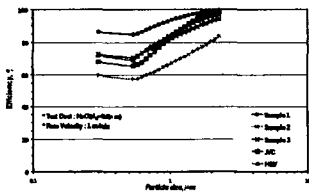


Fig. 1. Fractional collection efficiency of the tested filter media (NaCl particles).

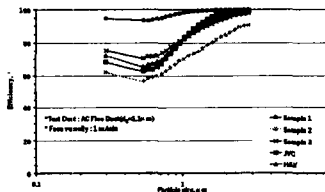


Fig. 2. Fractional collection efficiency of the tested filter media (AC Fine Dust).

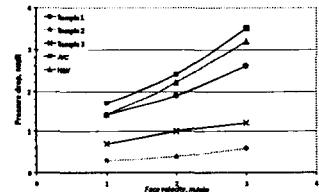


Fig. 3. Pressure drop characteristics of the tested filter media.

4. 결 론

이상과 같이 본 연구에서는 가스터빈 유입공기 정화용 에어필터 여재를 3종 개발하였으며, 이의 성능 평가를 위해 외산 필터와 비교실험을 수행하였다. 그 결과, 본 연구를 통해 개발된 필터 여재 중 한 개의 제품이 집진효율이 매우 우수한 것으로 평가되었고, 압력손실 측면에서도 외산제품에 비해 뛰어난 성능을 보여주었다. 향후 여재를 구성하는 섬유층의 구조 및 제조방법의 개선을 통해 보다 우수한 성능의 필터를 개발하기 위한 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

- Klink, A. and T. Schroth. (1996) New Solutions for Improved Intake Air Filtration of Gas Turbines and Turbocompressors, ASME TURBO EXPO '96 Birmingham, June 10.
- Schroth T. (1993) Customized Filter Concepts for Intake Air Filtration in Gas Turbines and Turbocompressors, 3rd Filter Colloquium "Progress and Development Trends in Gas Purification with Filtering Separators", Karlsruhe University, March 16.