

중·저준위 방사성폐기물 유리화설비에서 금속필터 적용성평가

박승철* · 김병렬 · 황태원

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원

(2005년 12월 14일 접수, 2006년 7월 5일 채택)

Performance Evaluation of Sintered Metal Filter in LILW Vitrification Facility

Seung-Chul Park*, Byong-Ryol Kim and Tae-Won Hwang

Nuclear Engineering & Technology Institute, 25-1 Jang Dong, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

(Received 14 December 2005, Accepted 5 July 2006)

요 약

중·저준위 방사성폐기물 유리화 공정에서 발생하는 분진을 제거하기 위하여 저온용융로 후단에 금속필터를 장착하여 성능시험 및 필터 적용 평가를 실시하였다. 실험결과 기존의 고온세라믹필터와 유사한 차압특성을 보였으며, 유량 110 Nm³/hr 기준으로, 필터 자체에 의한 압력손실은 25 mmH₂O, 분진 잔류층에 의한 압력손실은 67 mmH₂O 정도였다. 따라서 기저차압은 92 mmH₂O 정도임을 확인할 수 있었다. 또한 SEM-EDS 분석결과 대부분의 차압은 멤브레인층의 표면에서 발생된 것으로 판단되며, 열화현상에 의한 부식문제등도 발견되지 않았다. 따라서 금속필터의 경우 유리화설비에 적용 가능한지를 분석하고, 장기시험을 통한 충분한 검증이 필요할 것으로 판단된다.

주요어 : 금속필터, 기저차압, 유리화

Abstract — A performance test of the stainless steel based sintered metal filter was conducted on the low and intermediate level radioactive waste (LILW) vitrification process. The applicability of the metal filter was based on the test results as well. The baseline pressure drop of the metal filter was evaluated similar to the ceramic filter. During the test, when the flow rate of off-gas was 110 Nm³/h, the total baseline pressure drop was shown as 92 mmH₂O. The total pressure drop was attributed to the filter media and the residual dust layer and the value of each was 25 mmH₂O and 67 mmH₂O respectively. The SEM-EDS spectrum and micrograph of the metal filter specimen showed, no corrosion and no physical damage both at the skin membrane and at the support layer. And most of the baseline pressure drop was caused by the deposition of dust on the surface of the membrane. In conclusion, even though the filter exposure time was short at the test, the performance of the stainless steel based metal filter was acceptable for the treatment of LILW vitrification process.

Key words : Sintered Metal Filter, Baseline Pressure Drop, Vitrification

1. 서 론

산업이 발달함에 따라 산업활동에 수반되어 발생하는

대기오염물질의 배출량이 증가하였으며 종류도 다양해지고 있다. 특히, 산업의 발전과 더불어 대기 중으로 배출되는 먼지의 배출량이 증가하여 대기 중에 부유하는 입자상 물질은 더욱더 증가할 것으로 예상되어 심각한 대기오염 문제로 대두되고 있다. 대기오염물질을 저감시키기 위하여 여과의 방법이 가장 널리 사용되고 있으며, 그 재질로는 개발 초기에는 천연섬유를 소재로 한 여과재가 주로 사용되었으나 인조섬유의 발명으로 새로운 합

*To whom correspondence should be addressed.
Nuclear Environment Technology Institute, 150 Duck-jin Dong, Yuseong-gu, Daejeon
Tel: 042-870-5463
E-mail: scpark@khnpp.co.kr

성섬유를 바탕으로 한 여과재의 개발이 많이 이루어 졌다. 이와 같은 필터는 제조공정이 간단하고 원가가 저렴한 장점이 있으나 폐기과정에서 산업쓰레기, 공해로서 문제가 발생되고 있다. 이에 따라 종래의 일반 합성섬유 여과재에 비해 내산성, 내알카리성, 내열성이 우수한 뿐만 아니라 역세정(back wash)에 의하여 재사용이 가능한 세라믹필터나 금속필터가 점차 각광을 받고 있다^[1]. 특히 금속필터에 관한 연구는 기존의 필터와 같은 뛰어난 입자제거 효율과 낮은 압력손실 및 재사용을 위한 역세정 공정의 최적화 방향에서 진행되어지고 있으며, 화력발전소에 사용중인 분진제거용 세라믹 필터의 안전필터(Safety Filter)에 적용되고 있다^[2]. 본 유리화설비의 여과집진 공정에서는 세라믹 필터를 사용해왔다. 세라믹 필터의 경우 기존의 섬유재질의 필터보다 고온 및 고압에서 운전이 가능하며 역세정에 의한 탈진효율도 매우 높게 나타났다^{[3][4]}, 하지만 고온세라믹 필터의 경우 분진 특성에 따라 급격한 압력손실 및 기계적 충격, 열적 충격(Thermal Shock)에 의한 필터파손의 문제점등 장시간 안전운전 및 필터수명 예측이 어렵다는 점이 가장 큰 문제점으로 지적되고 있으며, 이를 극복하기위해 시스템의 신빙성을 100% 확보하는 것이 궁극적인 과제로 인식되고 있다^{[5][6]}.

따라서 본 실험에서 이러한 문제점을 보완하기 위하여 집진효율이 우수하면서도 필터파손의 우려가 없고 낮은 차압에서 운전이 가능한 금속필터를 적용함으로써 중·저준위 방사성 폐기물 유리화시 발생하는 분진을 제거하기위한 설비로 타당한지 여부를 판단하고, 금속필터의 차압특성 및 필터부식 및 분진특성을 분석함으로써 필터 적용시 발생될 수 있는 문제점등을 파악하고자 하였다.

2. 연구방법

2-1. 실험재료

본 실험에서 사용된 W1 폐기물은 원자력발전소에서

발생되는 잡고체와 폐수지의 성분분석을 통해 실제와 같은 조건으로 만든 모의폐기물이며, 대상 폐기물(작업복, 양말, 면장갑, 제염지등)을 일정한 크기로 절단하여 사용하였다. 실험에 사용한 필터는 금속종류별로 3가지 모델을 선정하였으며, 각각 AISI 316L 4개, AISI 904L 5개, INCONEL 600 9개로 총 18개를 장착하여 실험하였다. 필터의 여과층 두께는 0.2 mm이며, 지지층의 두께는 약 2 mm이다. 필터의 세부적인 사양을 Table 1에 나타내었다.

2-2. 실험방법 및 운전조건

2-2-1. 집진장치 분석방법

본 연구에 사용된 유리화설비는 폐기물투입장치와, 저온용융로, 배관냉각기, 고온필터 순으로 구성되어 있으며, Fig. 1에 고온필터의 구성도를 나타내었다. 먼저 일정한 크기로 절단된 W1폐기물은 폐기물 투입장치에 의해 저온용융로에 투입되고, 투입된 폐기물은 높은 온도에 의해 유리화가 진행되며, 이 과정에서 발생된 배기체와 분진은 배관냉각기를 통해 필터가 장착된 집진기 내부로 유입된다. 본 연구의 전체 운전시간은 한 사이클이 8시간으로 총 4 사이클을 수행하였으며, 금속필터 적용시간은 32시간이다. 집진장치에 설치된 금속필터는 총 18개이며, 전체 여과면적은 3.6 m²이다. 필터 역세정 장치를 살펴보면 총 5줄의 blow pipe에 각각의 노즐이 설치되어있으며, 운전조건은 역세정압력(pulse pressure) 4 bar~5 bar, 각각의 blow pipe 간의 역세정 간격(pulse interval)은 12 sec, 압축공기가 분사되는 역세정 유지시간(pulse duration)은 200 msec 이하로 연속운전 하도록 설정하였다. 유량은 150 Nm³/hr 이하, 최대차압은 400 mmH₂O, 정상운전범위는 250 mmH₂O를 유지하도록 운전하였다.

2-2-2. SEM-EDS 분석방법

본 실험에서는 금속필터 표면부식 및 분진침적 상태를 확인하기 위하여 주사전자현미경(SEM-EDS)을 사용

Table 1. Specification of the sintered metal filter.

Model no.	SIKA R 3 AS	SIKA R cu 3 AS	SIKA IL 3 AS
Material	AISI 316L	AISI 904L	INCONEL 600
Dimension (L×OD×ID)		1183 mm×60.5×54/50	
Thickness (mm)	2 mm	2 mm	2 mm
Filtration area	0.2 m ²	0.2 m ²	0.2 m ²
Porosity (%)	32	32	32
Permeability coefficient	1.8×10 ⁻¹² m ²	1.8×10 ⁻¹² m ²	1.8×10 ⁻¹² m ²
Temperature	540°C	600°C	800°C
Filtration efficiency (%)	0.3 μm, 99.9%	0.3 μm, 99.9%	0.3 μm, 99.9%
Pulse pressure	<12 bar	<12 bar	<12 bar

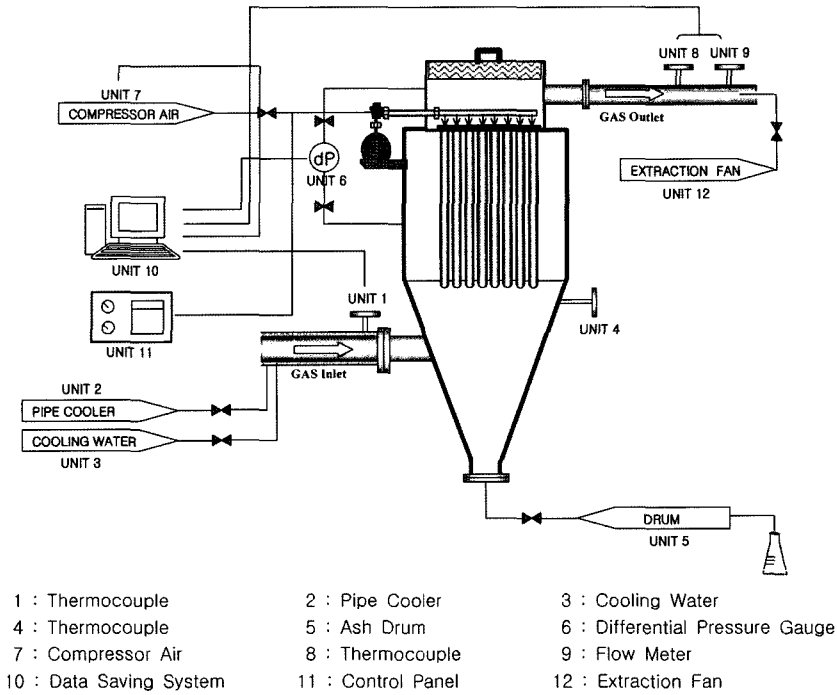


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus.

하였다. SEM(Scanning Electron Microscope) 장비는 JEOL사의 JSM-5600 제품을 사용하였으며, 필터표면의 침적된 분진의 화학특성을 확인하기 위하여 에너지 분산 X선 분광분석기(Energy Dispersive X-ray Spectrometer, Oxford사 INCA)를 이용하여 성분분석을 실시하였다. SEM-EDS 분석용 시료는 먼저 다이아몬드 절단기를 이용하여 일정한 크기로 절단한 다음, 수지(Resin)과 Hardener 를 5 : 1의 비율로 혼합한 수지에 함침 시킨 후, Molding 용 틀에서 3~4시간 경화시킨 후 틀에서 떼어 내고, polisher 그라인더에 샌드페이퍼와 다이아몬드 페이퍼를 이용하여 표면을 매끄럽게 연마한 다음, 아세톤과 증류수를 이용하여 충분히 세척하여 건조시킨다. 그 후 carbon coater 에 시료를 넣고 150 A/mbar 진공상태에서 voltz 조절용 조크셔틀을 이용하여 전류를 상승시켜 탄소코팅 한 후 이를 분석용 시료로 사용한다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 필터 자체에 의한 입력손실($\Delta P_{initial}$)

필터의 입력손실은 분진입자가 필터여재 및 분진층을 통과할 때 발생하는 저항으로서 집진장치 설계에 있어 매우 중요한 인자로 작용한다. 필터의 입력손실은 크게 필터자체에 의한 것, 잔류층에 의한 것, 분진층(dust cake)

에 의한 것으로 나누어지며, 이 중에서 필터자체에 의한 차압과 분진의 잔류층에 의한 차압의 합을 기저압력차(Baseline pressure drop)라 부른다. 기저압력차는 집진이 수행되면서 점점 증가하게 되고, 차압이 증가한 만큼 압축공기를 이용하여 필터에 부착된 분진층을 제거함으로써 정상운전 상태의 차압을 안전하게 유지하게 된다. 그러나 필터가 분진에 노출되는 시간이 증가할수록 역세정을 가해도 분진이 제거되지 않고 잔류 분진층이 증가하게 되며, 더 이상 회복이 되지 않는 시점을 필터교체

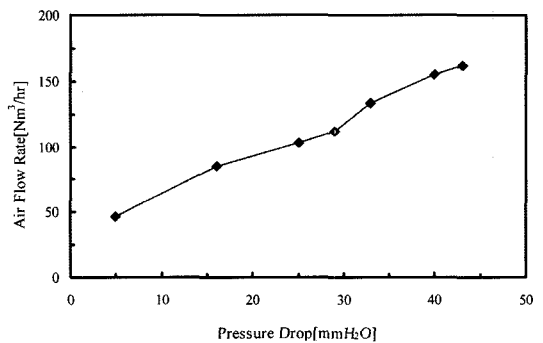


Fig. 2. Initial pressure drop of the sintered metal filter.

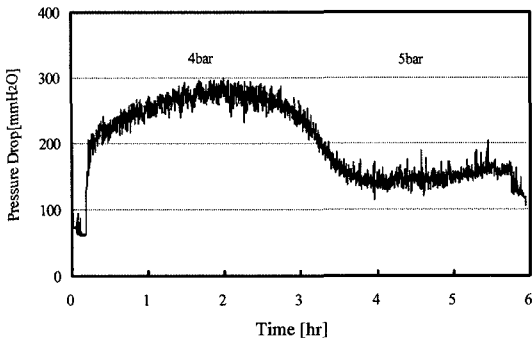


Fig. 3. Effect of the back pulsing pressure on the pressure drop.

시기 및 재생여부를 판단하는 기준으로 보고 있다. 본 실험에서는 집진장치에 부여된 설정차압 400 mmH₂O를 기준으로 운전 불가능한 기저압력차의 최고점을 파악하기 위한 첫 번째 실험으로, 폐기물 투입 전 Extraction Fan을 가동하여 대기중의 깨끗한 공기가 유입되게 한 다음 유량변화에 따른 차압상태를 확인하고, 실험 종료 후 같은 방법으로 잔류 분진층에 의한 차압상승폭을 확인하고자 하였다. 실험결과, 유량을 점차 증가시키면서 압력을 측정하였으며, 유량이 150 Nm³/hr, 필터의 유효 여과면적이 3.6 m²일 경우 필터 자체에 의한 차압($\Delta P_{initial}$)은 40 mmH₂O 이하로 측정되었다(Fig. 2).

3-2. 분진 Cake에 의한 압력손실(ΔP_{cake})

Fig. 3은 운전 중 필터표면에 형성된 분진에 의해서 발생하는 차압을 보여주고 있다. 운전조건은 유량의 평균범위가 100 Nm³/hr~110 Nm³/hr이며, 배기체 온도는 250°C, 압축공기 분사압력은 4 bar로 운전하였다. 폐기물이 투입되고 2시간 정도 경과 후 차압은 300 mmH₂O까지 상승하였으며, 이때 압축공기 분사압력을 4 bar에서 5 bar로 조절한 후 역세정을 실시하였다. 그 결과 차압은 150 mmH₂O까지 하강하였으며, 압축공기 5 bar에서의 분진층에 의한 차압은 약 50%로 감소되는 것으로 나타났다.

3-3. 분진 잔류층에 의한 압력손실($\Delta P_{residual}$)

본 실험에서는 실험 종료 후 $\Delta P_{initial}$ 확인을 위해 실시한 실험과 동일한 조건에서, 깨끗한 공기를 유입하여 유량변화에 따라 분진 잔류층에 의한 압력손실을 측정하였다. $\Delta P_{residual}$ 는 분진이 필터에서 더 이상 제거되지 않고 필터 표면 및 내부에 침투하여 잔류하면서 발생하는 압력차로 장기운전시 $\Delta P_{baseline}$ 상승 요인으로 작용하여 필터의 수명에 영향을 줄 수 있는 인자로 작용하게 된다.

실험결과, 실험 전에 비해 차압은 6배 정도 증가한 300 mmH₂O를 나타내었다. 이는 필터에 부착된 분진이 역세정에 의해 완전히 제거되지 않고 잔류하면서 차압이 상승한 것으로 판단되며, 운전 종료 후 저온용융로의 유리용탕 상태에서 역세정을 하지 않아 유리물질이 필터에 흡착되면서 차압이 상승한 것으로 판단된다. 따라서 부착된 분진을 soft brush를 이용해 제거한 후, 유량을 110 Nm³/hr로 일정하게 유지하면서 역세정을 실시한 후 재 측정하였다. 그 결과, 실험 종료 후 측정된 차압보다 1/2배 감소한 150 mmH₂O로 측정되었다. 이는 위의 정상운전시 분진 cake에 의해 발생된 차압과 유사한 결과로써 압축공기에 의한 역세정으로도 충분히 제거 가능한 분진층임을 확인할 수 있었다(Fig. 4). 1차적으로 필터표면의 분진층을 제거한 후 분진 잔류층에 의한 압력손실을 측정하기 위해, 3시간동안 5 bar에서 연속적으로 역세정을 실시하였으나, 약 92 mmH₂O 이하로는 더 이상 감소하지 않았다(Fig. 5). 따라서 실험 전, 후의 차압을 비교하면 유량 110 Nm³/hr를 기준으로 차압상승은 초기상태 25 mmH₂O($\Delta P_{initial}$)에서 92 mmH₂O($\Delta P_{baseline}$)까지

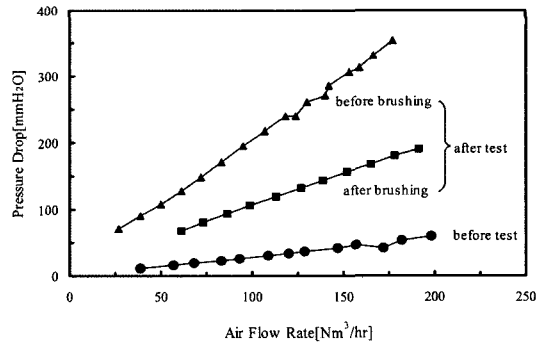


Fig. 4. Baseline pressure drop of the sintered metal filter before/after the test.

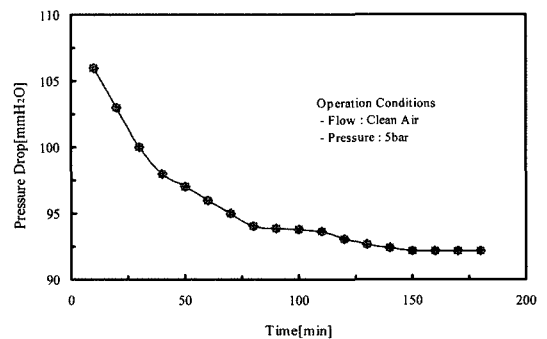


Fig. 5. Pressure drop recovery test of the sintered metal filter after the test.

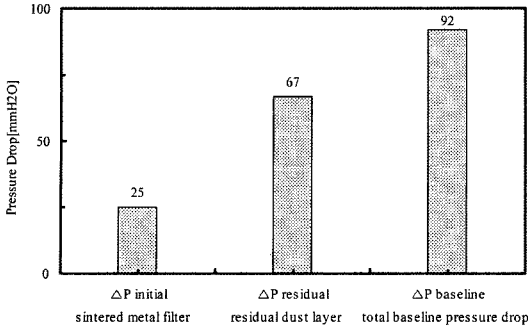


Fig. 6. Total baseline pressure drop of the sintered metal filter during the test.

상승하였으며, 약 67 mmH₂O(ΔP_{residual}) 정도가 분진 잔류층에 의한 압력손실로 판단되었다(Fig. 6). 또한 이 결과는 기존 세라믹필터에서 측정된 분진 잔류층에 의한 압력손실 60 mmH₂O와 큰 차이를 나타내지 않았다.

3-4. 금속필터 분진특성

금속필터의 분진특성 및 제거성능을 알기 위해서 필터 입구 및 출구에서 배기체중 분진농도를 측정하였다. 필터 입구에서의 분진 농도는 IDS(Iso-kinetic Dust Sampler)를 이용하여 분진농도를 측정하였다. 그리고 분진 농도가 현저히 낮아서 IDS에 의한 측정이 곤란한 필터 후단에서는 SMPS(Scanned Mobility Particle Sizer)를 이용하여 분석을 수행하였다. SMPS는 전기적 변동성(electrical mobility)을 검출하는 기술을 채택한 입자계수기이며 electrical classifier, condensation particle counter, data acquisition system 등 3 부분으로 나뉜다. 미스트 측정은 흡입된 기체흐름에 포함된 입자를 일정구간대로 나누어 계수한 다음 구간별 평균입자직경 및 입자밀도로 부터 단위 체적당 미스트의 질량을 구하는 방식으로 측정하였다.

Table 2에 금속필터 전단에서 IDS를 이용하여 분석한 분진농도와 금속필터 후단에서 SMPS를 이용하여 분석한 분진농도를 나타내었다. 표에서 보듯 금속 고온필터

Table 2. Dust removal efficiency of sintered metal filter measured at test (W1-08).

Measurement	Filter inlet ¹⁾ (g/m ³ dry)	Filter outlet ²⁾ (g/m ³ dry)	Efficiency (%)
Test 1	0.6428	0.000013	~100
Test 2	0.5968	0.000013	~100
Test 3	0.6301	0.000013	~100
Average	0.6232	0.000013	~100

¹⁾Measured by IDS (Iso-kinetic Dust Sampler).

²⁾Measured by SMPS (Scanned Mobility Particle Sizer).

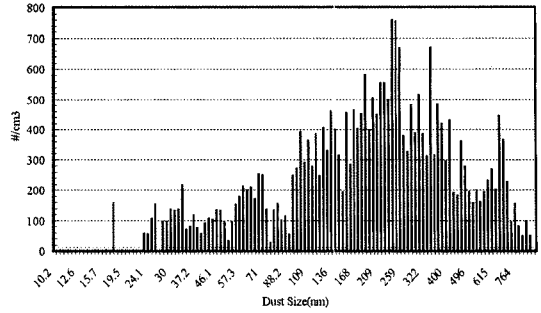
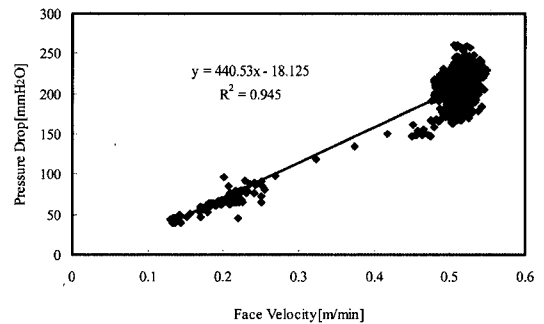


Fig. 7. Number of particle counts measured by SMPS at the outlet of metal filter.

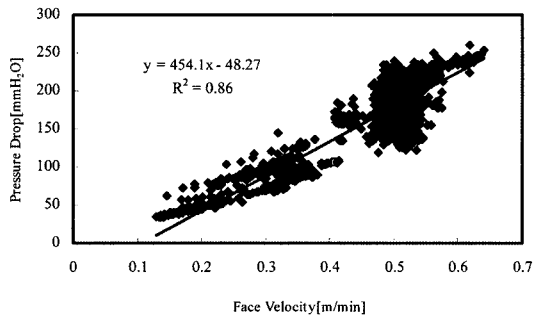
의 성능시험결과 필터의 분진제거효율은 100%에 가까운 성능을 보였다. Fig. 7은 SMPS 분석결과로서 고온필터 후단에서 off-gas 중 분진크기 분포를 나타낸 것으로서 100~700 nm 크기 범위에서 입자 count가 많은 것을 볼 수 있다.

3-5. 차압과 여과속도

Fig. 8은 운전시간 경과에 따른 차압의 기울기 증가 추이를 살펴본 결과이다. (a)의 경우 폐기물 투입 시점



(a) Exposed Time : 10hr



(b) Exposed Time : 30hr

Fig. 8. Effect of the face velocity on the pressure drop.

에서 10시간 경과 후 차압특성을 보여주고 있다. 여과 속도는 0.6 m/min 이하, 평균 차압은 250 mmH₂O로 안정한 상태를 보여주고 있으며, 직선의 방정식에서 구해진 기울기 값은 440.53로 나타났다. (b)는 최초 폐기물 투입 시점에서 30시간 경과 후 차압특성을 보여주고 있으며, 차압 및 여과속도는 (a)와 유사한 특성을 보이고 있으나 기울기 값이 454.1로 초기상태보다 증가했음을 알 수 있다. 이는 미세분진에 의한 잔류 분진층이 시간이 경과함에 따라 필터표면에 누적되면서 기저차압이 상승한 것으로 판단된다. 따라서 시간이 경과할수록 차압의 기울기 값은 증가하게 되며, 기울기 값이 한계치 이상이 될 경우 필터의 교체시점이 될 것이다. 따라서 장기운전을 통한 최대 기저차압 및 기울기 한계값을 분석할 수 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

3-6. SEM-EDS 분석결과

본 실험에서는 금속필터의 잔류차압 원인물질을 규명하고, 금속필터 부식 및 침적물의 화학적 특성을 분석하기위하여 실험 종료 후 AISI 904L 필터를 절단하여 SEM 분석을 수행하였다. Fig. 9는 SEM으로 확인한 금속필터의 멤브레인(Membrane)층과 지지층(Support layer)을 나타내고 있다.

Fig. 10은 금속필터의 표면조직을 SEM으로 본 결과이며, 하얀 결정체가 멤브레인층에 침적되어있는 것을 확인할 수 있었다. 이 결정체의 크기는 보통 3~4 μm 정도이며, 금속필터 표면의 분진층중 최 하단에 형성되어 있는 것으로 판단된다. 이러한 결정체들은 금속필터 표면적의 약 30~50%를 점유하고 있으며, 기저차압을 상승시키는 주요 원인이 될 것으로 판단된다.

Fig. 10에서 필터표면의 Material과 침적된 분진의 화학적 성분을 분석한 결과를 Fig. 11에 나타내었다. (a)

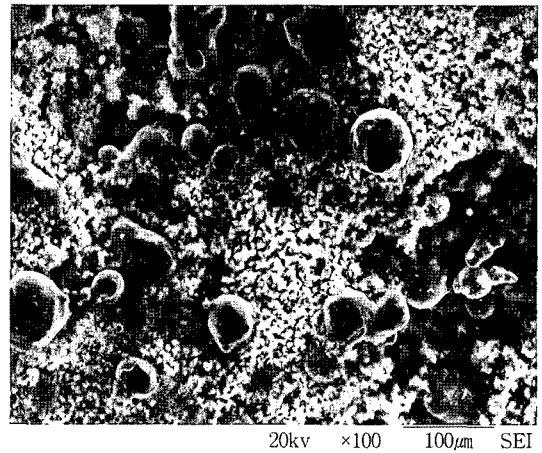


Fig. 10. SEM micrograph of a surface of the sintered metal filter by after test.

의 경우 금속필터 표면 멤브레인의 조직을 분석한 결과로 일반적인 스테인레스강의 조성인 Fe, Cr, Ni 등 전형적인 AISI 재질의 특성을 보이고 있다. (b)의 경우 하얀 결정에 대한 성분분석결과 주요 구성 성분은 폐기물에서 발생한 sodium 및 sulfur와 미량의 Si 등으로 이루어진 결정체 들이며, 이들이 미세한 형태로 필터의 공극을 매우고 있는 것으로 나타났다. 이러한 물질들이 필터표면 분진층의 최하단에서 침적된 점과 주요 성분인 황(sulfur)인 것을 고려할 때 폐기물이 투입된 후 형성된 분진층으로 판단된다. 따라서 우려했던 폐기물 투입 전 유리 용융시 발생된 붕소성분 등 유리구성물질에 의한 멤브레인층 기공의 눈막힘 현상은 직접적은 차압상승의 원인이 아닌 것으로 판단된다. 또한 X-ray mapping 분석법을 이용하여 필터표면에서 지지층까지 분석한 결

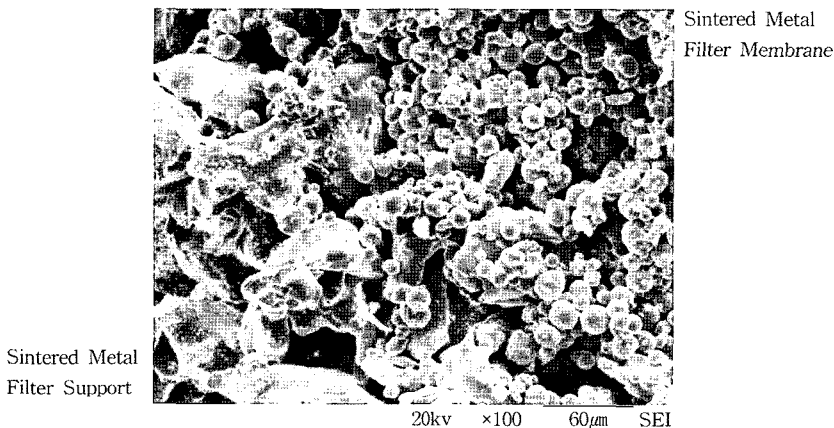
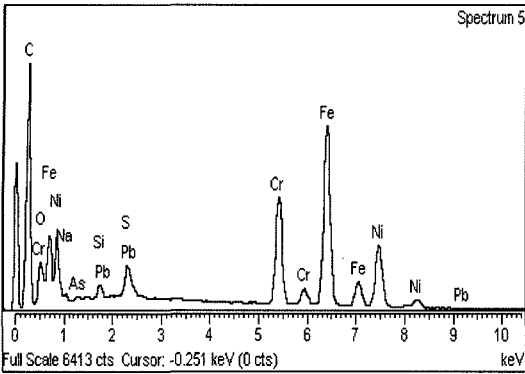
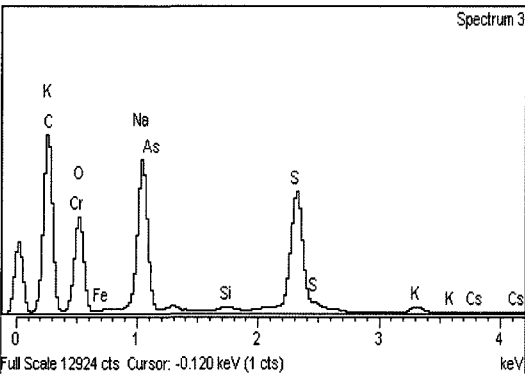


Fig. 9. SEM micrograph of a cross section of the sintered metal filter.



(a) Skin membrane



(b) Crystal materials on the skin membrane

Fig. 11. SEM-EDS analysis spectrum of the sintered metal filter.

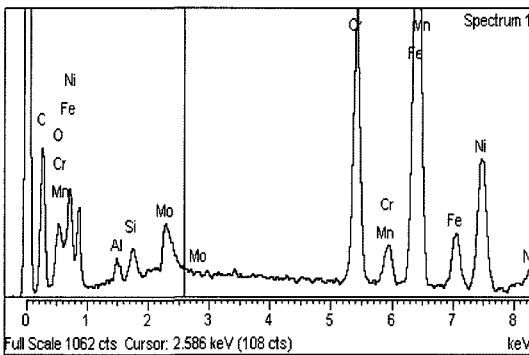


Fig. 12. X-ray mapping analysis spectrum of a cross section of the sintered metal filter.

과 주요성분인 sodium 및 sulfur 성분들이 발견되지 않은 것으로 볼 때 대부분의 차압은 멤브레인층 표면에서 발생될 것으로 판단되며, 열화현상에 의한 필터의 부식 문제도 발견되지 않았다(Fig. 12).

4. 결 론

중·저준위 방사성폐기물 유리화설비에 적용되는 고온 금속필터의 적용특성을 평가하기 위한 성능시험을 수행하였다. 시험결과 기저차압 관점에서 기존의 세라믹필터보다 안정적으로 운전이 가능하였으며, 유량 110 Nm³/hr 기준으로 필터 자체에 의한 압력손실은 25 mmH₂O, 분진잔류층에 의한 압력손실은 67 mmH₂O 정도임을 알 수 있었으며, 기저차압은 92 mmH₂O로 나타났다. 또한 압축공기 분사압력을 4 bar에서 5 bar로 상승시켜 탈진할 경우 잔류 분진층에 의한 차압은 약 50% 정도 감소하였다. 또한 폐기물 투입 시점에서 10시간 경과 및 30시간 경과 후 기저차압을 확인 한 결과 초기상태보다 기저압력차가 증가한 것으로 나타났으며, 금속 고온필터가 Off-gas에 노출시간이 증가함에 따라 여과속도가 증가한 것으로 나타났으며, 이는 유량증가, 여과면적 감소, 잔류 분진층에 의한 차압상승이 원인으로 판단된다.

또한 SMPS를 이용한 고온금속필터 후단 입자크기 분포를 측정된 결과 100~700 nm 입자크기 범위에서 높은 count수를 보였으며, 배기체중 분진의 질량농도는 12.78 µg/m³로 분석되었다.

SEM-EDS를 이용하여 금속필터 표면에 제거되지 않고 침적된 물질을 분석한 결과 이들 대부분은 sulfur 및 sodium으로 나타났다. 이러한 조성의 미세입자들이 필터의 기공을 막음으로써 잔류차압이 상승한 것으로 판단되며, 필터표면 분진층의 최하단에서 침적된 점과 주요 성분이 황(sulfur)인 것을 고려할 때 폐기물이 투입된 후 형성된 분진층으로 판단된다. 따라서 우려했던 폐기물 투입 전 유리 용융시 발생된 붕소성분 등 유리구성물질에 의한 멤브레인층 기공의 눈막힘 현상은 직접적인 차압상승의 원인이 아닌 것으로 판단된다. 또한 X-ray mapping 분석법을 이용하여 분석한 결과 sodium 및 sulfur 성분들은 membrane 표면에서만 발견되었다. 이러한 결과로 볼 때 대부분의 압력손실은 얇은 멤브레인층의 표면에서 침적된 물질로 인해 발생되며, sulfur 성분의 미세입자에 의한 것으로 판단된다. 또한 필터 부식에 의한 열화현상도 발견되지 않았다. 추후 실험에서는 필터효율특성, 역세정 주기 및 탈진압력, 잔류 분진층에 의한 압력손실을 지속적으로 모니터링 하고, 안정적 운전이 가능할 수 있도록 최적의 고온 금속필터 운전조건을 도출해야 할 것이다.

참고문헌

1. Lee, J.Y. "A Study on the Removal Characteristics of Fine Dust Particles using Metal Fiber Filters",

- Master's Thesis, 2003.
2. Choi, J.H.; Ha, S.J.; *et al.* "Preparation of Metal Filter Element for Safety of Filtering Dust Collector", Proceedings of the 2001 Autumn Conference of the Korea Society for Energy Engineering, 2001, 279-284.
 3. KHNP. "Development of Vitrification Technology for Low and Intermediate Level Radioactive Waste (II)", Final report, TR-A00NJ01, 2002.
 4. Bae, S.Y., Ahn, I.S.; *et al.* "Fabrication and Permeability of Stainless Steel Filter by using Filter Metal", J. of KPMI, 2004, 11(4), 288-293.
 5. Kim, K.H.; Lee, D.J. "A Study on Characteristics and Corrosion Behavior of Sintered Bronze and Stainless Steel Filter", J. of the KIM, 1986, 24(2), 158.
 6. Choi, J.H.; Chung, J.D. "The Design and Operation Technologies of Ceramic filters for High Temperature High Pressure Dust Collection", Chemical Eng., 1995, 1(2), 891.
 7. Chung, J.D.; Choi, J.H. "A Study on the Evaluation of Ceramic Filter Performance for Dust Removal of IGCC and PFBC", J. of KSEE, 1995, 17(8), 811.
 8. Park, J.H. "PFBC combined cycle plant with ceramic filters", ETIS, 2000, 15(3), 34.
 9. Kim, J.W.; Chung, J.D.; Kim, E.K. "A Study on the Reverse Cleaning Flow Characteristics for High Temperature and High Pressure Filtration", J. of KOSAE, 2003, 19(1), 25.
 10. Chung, J.H.; Seo, S.B.; Kim, S.M.; Ahn, D.H.; Kim, J.J. "A Numerical Analysis of Pulse-Jet Cleaning Characteristics for Ceramic Filter System Design", Energy Engg., 2003, 12(3), 197.
 11. Kim, B.R.; Park, S.C.; *et al.* "A Study on the Performance of Pulse Jet Cleaning in High Temperature Filter", J. of the KRWS, 2005, 3(1), -16.