

원자력용 입상활성탄의 물리적 성능 시험

김서리, 박찬영, 김선민, 강선행
 한국필터시험원, 광주광역시 북구 오룡동 1110-23
 kftl@kftl.re.kr

1. 서론

활성탄은 흡착제의 한 종류로서 방사능 기체, 주로 방사성 요오드 화합물을 흡착작용으로 제거하기 위하여 원자력 발전소에서 공기정화계통에서 사용되고 있다. 공기정화계통 설계와 안정성 유지를 위하여 사전에 활성탄의 물리적 성능시험은 필히 행해져야 할 것이며, 이 중 5가지 항목에 대해서는 전력산업기술 기준^[9]에 의해 규제되고 있다. 원자력발전소에서 쓰이는 입상활성탄의 물리적 성능시험과 성능 기준 대해 알아보고 그 중요성을 강조하고자 한다.

2. 본론

2.1 물리적 성능 시험의 종류

원자력용 활성탄의 물리적 성능시험은 함침 전 시험과 함침 후 시험으로 Fig. 1과 같이 나뉜다.



Fig. 1. 물리적 성능 시험의 종류.

2.2 시험방법

2.2.1 사염화탄소 활성 시험^[4]

활성탄의 활성화 수준을 결정하는 것으로 활성도는 함침 전 활성탄이 채워진 튜브에 사염화탄소를 일정 시간동안 흘려보내 포화 시킨 후, 활성탄과 활성탄에 흡착된 사염화탄소의 질량비로 다음 식에 의해 결정되며, 원자력용 입상 활성탄은 최소 60 % 이상이어야 한다.

$$A=100(D-C)/(C-B) \quad (1)$$

여기서, A=사염화탄소 활동도,
 B=활성탄을 제외한 튜브의 최초의 무게,
 C=활성탄이 채워진 초기 튜브 무게,
 D=활성탄이 채워진 시료관 최종 무게

2.2.2 밀도 시험^[1]

정확하게 치수가 측정된 실린더에 입상활성탄을 자유낙하 시켜 채운 뒤, 측정된 질량과 부피에 의해 구한다. 원자력용 입상활성탄은 최소 0.38 g/mL 이상이어야 한다.

2.2.3 입도분포시험^[2]

입상활성탄을 겹쳐 쌓은 표준체 위에 놓고 일정시간 동안 표준조건하에 흔들어 준 후, 각 체와 바닥에 남아있는 양을 전체 질량 백분율로 하여 입도분포를 구한다. 원자력용 입상활성탄의 기준은 Table 1 과 같다.

Table 1. 입도분포시험의 기준.

활성탄의 위치	기준
No.6	최대 0.1 %
No.8	최대 5.0 %
No.8 통과, No.12	최대 60 %
No.12 통과, No. 16	최소 40 %
No.16 통과	최대 5.0 %
No.18 통과	최대 1.0 %

2.2.4 발화온도 시험^[3]

입상활성탄이 발화할 때까지 서서히 가열되는 공기 중에 노출시킨다. 입상활성탄층의 온도와 공급되는 공기층의 온도는 기록계에 의해 기록되어지고 발화점은 공급되는 공기의 온도보다 활성탄 층의 온도가 급격히 상승하는 점으로 결정된다. 원자력용 입상활성탄은 최소 330 °C 이상이어야 한다.

2.2.5 불-팬 경도시험^[5]

일정량의 입상활성탄을 취하여 스틸볼과 함께 경도판에 넣고 뚜껑을 닫은 다음, sieve-shaker에 장착한 후 일정 시간 동안 흔든다. 그 후 시료의 입도하한보다 2단계 작은 체에 담고 다시 흔든

후, 체 위에 남은 활성탄과 처음 활성탄 시료량을 비교해서 질량비율로 경도를 구한다.

$$H=(B/A) \times 100 \text{ ----- (2)}$$

여기서, H: 경도(질량분율 %),
A: Stoll Ball 과 함께 경도판에 넣었던 시료의 양,
B: 입도하한보다 2단계 작은 체 위에 남아있는 시료의 양

2.2.6 수분량 시험^[7]

입상활성탄의 건조 전, 후의 질량으로부터 수분 함량을 구한다.

2.2.7 총회분 시험^[6]

일정량의 입상활성탄이 담겨진 도가니를 전기로에 넣고 규정된 온도와 시간동안 가열해서 타고 남은 회분의 양을 질량 퍼센트로 나타낸다.

2.2.8 pH 시험^[8]

삼각플라스크에 일정량의 입상활성탄을 넣고 규정된 시간동안 증류수를 환류시킨 후, 입상활성탄 추출수를 여과하여 pH를 측정한다.

2.3 시험 결과

Table 2. 항목별 시험결과와 기준.

시험항목	시험결과	기준	비고	
사업화탄소활성(%)	61.4	최소 60.0	적합	
밀도시험 (g/mL)	0.49	최소 0.38	적합	
입도분포 (%)	No.6	0.00	최대 0.1	부적합
	No.8	0.46	최대 5.0	
	No.8통과, No.12	29.76	최대 60.0	
	No.12 통과, No. 16	<u>67.58</u>	최소 40.0	
	No.16 통과	1.77	최대 5.0	
No.18 통과	1.13	최대 1.0	적합	
발화온도 (℃)	391	최소 330	적합	
볼-펜 경도 (%)	98.85	최소 92	적합	
수분량 (%)	2.95	-	-	
총회분 (%)	5.79	-	-	
pH	9.70	-	-	

입도의 함침전, 후의 입상활성탄 시료에 대한 각 항목의 시험결과는 Table 2 와 같다. 8가지 항목의 시험 중 입도분포 시험에서 기준에 부적합 결과를 나타내었으며, 사업화탄소 활성 시험, 밀도 시험, 발화온도 시험, 볼-펜 경도 시험에서는 기준에 적합한 결과를 나타내었다. 또한 수분량, pH, 총회분에 대해서는 전력산업기술 기준에서는 필수 시험항목으로는 규정하고 있지 않지만 이들의 특성 또한 활성탄의 흡착작용에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

3. 결론

원자력발전소에서 공기정화계통에 사용되는 활성탄은 전력산업기술 기준에 의해 8가지 시험 중 5가지를 규제 하고 있다. 이것은 활성탄을 담용기의 설계나 활성화 수준 등 흡착공정에서의 영향을 고려하여 방사능으로부터 안정성을 유지하기 위해 필요한 수단이며, 이러한 활성탄의 물리적 성능 시험은 제조사가 아닌 독립된 기관에서 공인된 시험 방법으로 신뢰성을 바탕으로 이루어져야 할 것이다.

4. 참고문헌

[1] ASTM D 2854-96(reapproved 2000) : Test Method for Apparent Density Activated Carbon.
 [2] ASTM D 2862-97 : Standard Test Method for Particle Size Distribution of Granular Activated Carbon.
 [3] ASTM D 3466-76(reapproved 1998) : Standard Test Method for Ignition Temperature of Granular Activated Carbon.
 [4] ASTM D 3467-99(reapproved 2003) : Standard Test for Carbon Tetrachloride Activity of Activated Carbon.
 [5] ASTM D 3802-79(reapproved 1999) : Standard Test Method for Ball-Pan Hardness of Activated Carbon.
 [6] ASTM D 2866-94(reapproved 1999) : Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon.
 [7] ASTM D 2867-99 : Standard Test Method for Moisture in Activated Carbon.
 [8] ASTM D 3838-80(reapproved 1999) : Standard Test Method for pH of Activated Carbon.
 [9] KEPIC MHB (2005).