

2D5) 연소배가스로부터 수은 제거를 위한 탄소계 흡착제 (특강) Carbon-based Novel Sorbents for Removing Mercury in Flue Gases

이시훈 · 정순관 · 최호경 · 조성필¹⁾ · 백점인²⁾

한국에너지기술연구원 대기청정연구센터, ¹⁾한국전력기술(주), ²⁾한국전력연구원

1. 서 론

발전소와 소각로에서는 여러 가지 대기오염물질이 발생하는데 이 중에는 중금속도 포함되어 있다. 중금속 중에서 수은은 현재 세계적으로 약 2000톤이 인위적 시설로부터 발생하고 있다. 수은은 석탄에 약 0.1-0.15 ppm 함유되어 있어서 연소과정에서 대기로 배출되며 전체 발생 수은 중 30%가 석탄화력 발전소에서 배출된다. 수은은 발전소에서 가장 많이 배출되지만 농도면에서 보면 약 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 배출하는 발전소보다, 폐기물의 수은 함량이 높기 때문에 소각시설에서 발생하는 수은의 농도가 $30\text{-}60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 더 높다. 본 연구에서는 흡착제 종류에 따른 가스상 수은 흡착 성능을 비교하였다. 탄소계 흡착제로서 일반활성탄과 산처리한 활성탄, 유황 침착활성탄, 그리고 저가의 탄소원으로부터 제조된 흡착제의 성능을 기존에 수은 제거에 사용되고 있는 상용 활성탄들의 성능과 비교하였다.

2. 실험

실험에 사용한 활성탄은, 일반활성탄으로는 신광화학공업(주)의 SH4x10, 호주산 갈탄계 활성탄, 그리고 침착활성탄으로는 수은 제거용 황 활성탄인 Calgon의 HGR, Norit 제품으로 주로 배가스 처리에 사용되는 GL50, FGD, GL Extra series를 사용하였다. 본 연구에서 제조한 활성탄을 같이 비교하였다. 신광화학공업(주)의 SH4x10을 산처리를 하여 제조하였다. 그리고 역시 SH4x10을 고온/고압에서 황을 침착하여 기존의 유황 침착활성탄인 HGR과 비교하였다. 저가의 탄소계 흡착제 역시 같이 비교하였다. Sorbent injection 실험에 사용하기 위해서 입자상 활성탄들은 모두 400 mesh 이하로 분쇄하여 사용하였으며 상용 제품 중에서 분말활성탄들은 그대로 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1(a)에 상용 활성탄들의 C/Hg ratio 변화에 따른 수은 흡착성능을 비교하였다. Fig. 1(a)에서 보는바와 같이 상용 활성탄중에서는 HGR이 가장 성능이 우수한 것을 알 수 있다. 주어진 조건에서 HGR은 C/Hg ratio 23800에서 수은 제거효율 87%를 보였으며 Norit GL Extra는 C/Hg ratio 22100에서 수은 제거효율 72%를 보였다. 일반 활성탄인 SH4x10과 호주산 갈탄계 활성탄을 비교하여 보면 호주산 갈탄계 활성탄이 매우 우수한 흡착성능을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 갈탄계 활성탄이 수은 흡착성능이 우수한 것은 이 활성탄이 갖고 있는 oxygen functional group때문이다. 갈탄계 활성탄은 역청단계 활성탄에 비해 물리적 성질인 micro-pore는 덜 발달해 있으나 화학적 성질인 functional group은 더 많이 발달해 있는 것으로 알려져 있다.

Fig. 1(b)에 일반활성탄인 SH4x10을 산처리한 활성탄과 황을 침착시킨 활성탄들의 수은 흡착성능을 비교하였다. Fig. 1(b)에서 보는바와 같이 HCl로 처리한 활성탄이 가장 성능이 우수한 것을 알 수 있다. HCl로 처리한 활성탄은 C/Hg ratio 22500에서 수은 제거율 98%를 보이고있다. 다음은 황산 처리 활성탄으로 C/Hg ratio 21100에서 96%, 그리고 황을 10% 침착한 활성탄은 C/Hg ratio 21400에서 90%의 흡착성능을 보이고 있다. 질산으로 처리한 활성탄이 수은 흡착성능이 86%로 가장 낮은 것을 알 수 있다. 염산이나 황선처리 활성탄과 황 침착활성탄은 Hg와 반응하는 물질인 S와 Cl을 활성탄에 직접 침착시켜서 성능이 우수하다. 그러나 질산의 경우에는, 질산이 수은과 직접 반응하는 것이 아니라 질산과 탄소와의 반응으로 우선 산소를 만들고 이들 산소가 수은과 반응하는 것이므로 아무래도 반응에 참여하는 산소의 양이 많지 않아서 성능이 낮

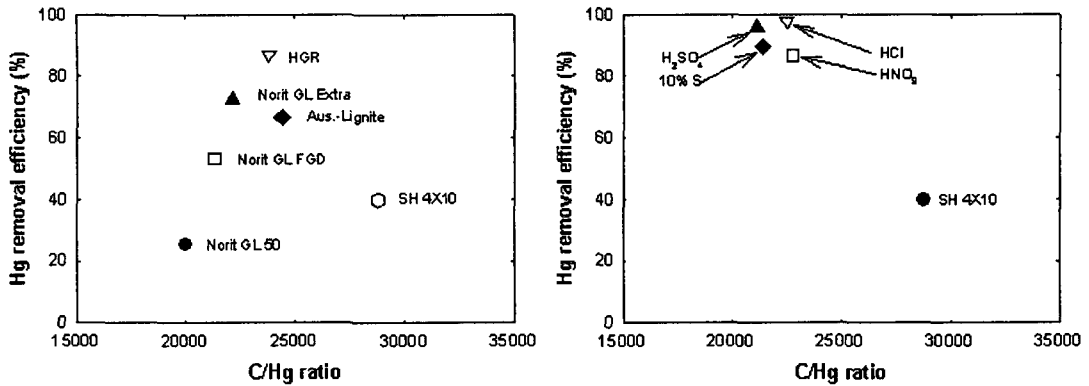


Fig. 1. Mercury removal efficiencies of activated carbons.

다.

SH-10%S와 HGR의 TPO 분석결과를 Fig. 2에 나타내었다. SH-10%S를 보면 온도 300℃ 이하에서 상당량의 황이 산화(oxidation)되어 SO₂가 발생하지만 300℃ 이상에서도 활성탄이 연소되면서 CO₂와 SO₂가 동시에 다량 발생하는 것을 알 수 있다. 즉 300℃ 이상에 많은 황이 활성탄의 기공속에 남아 있는 것이다. 그러나 HGR의 경우에는 300℃ 이하에서 대부분의 황이 산화되어 많은 양의 SO₂가 발생하며 300℃ 이상에서는 활성탄이 연소되면서 CO₂만 주로 발생하고 SO₂는 거의 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 즉 HGR은 300℃ 이하에서 거의 모든 황이 다 제거된다는 것을 의미한다.

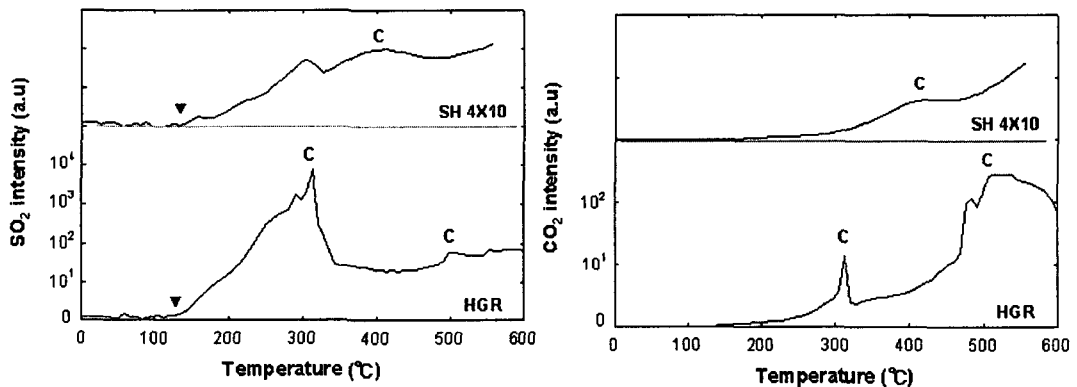


Fig. 2. TPO results for the SH-10%S and HGR

참 고 문 헌

- Brown, T.D., Smith, D.N., Hargis, Jr., R.A. and O'Dowd, W.J. *J Air & Waste Manage. Assoc.*, 49 (1999), 1-97
- Milobwski, M.G.; Amrhein, G.T.; Kudlac, G.A.; Yurchison, D.M. The Proceedings of Mega Symposium, Chicago, Illinois, No. 163 (2001)
- Hsi, H.; Chen, S.; Rostam-Abadi, M.; Rood, M.J.; Richardson, C.F.; Carey, T.R.; Chang, R. *Energy & Fuel*, 12(1998), 1061
- Liu, W.; Vidic, R.D.; Brown, T.D. *Environ. Sci. Technol.*, 32 (1998) 531