

흡수제 내부순환형 탈황장치의 SO₂ 제거성능 특성 SO₂ Removal by Internal Circulation of de-SO_x Absorbents

박 영 옥* · 박 현 진 · 김 용 하¹⁾

한국에너지기술연구원 청정석탄연구센터, ¹⁾부경대학교 화학공학과
(2011년 8월 2일 접수, 2011년 8월 29일 수정, 2011년 10월 26일 채택)

Young-Ok Park*, Hyun-Jin Park and Yong-Ha Kim¹⁾
Clean Coal Research Center, Korea Institute of Energy Research
¹⁾Department of Chemical Engineering, Pukyong National University
(Received 2 August 2011, revised 29 August 2011, accepted 26 October 2011)

Abstract

Three new granular absorbents were prepared from calcium hydroxide, and applied to an FGD process with internal circulation. The aim of the study was finding the most efficient of the these three applied absorbents for the SO₂ removal at high flue gas temperatures. The absorbent is fed to the testing unit at high operation temperature and fluidized inside the FGD system where the sorbent particles react with the SO₂ gas. The rate of SO₂ decomposition was high in C-type absorbent which had the large surface area. De-SO_x characteristics of the current absorbents appeared to be similar to the other conventional agents in this fluidized bed combustor. In particular, the optimum de-SO_x condition could be achieved at high mole ratios of Ca to S which can reduce the residual SO₂.

Key words : Desulfurization, Absorbent internal circulating desulfurization equipment, Absorbent, Glass bead, Fluidized bed reactor

1. 서 론

국내의 에너지 소비량은 산업과 경제의 발전에 비례하여 지속적으로 증가하였고, 요구되는 에너지의 많은 부분을 화석연료의 연소에 의한 발전으로 공급하였다. 연료의 연소과정 중 발생하는 가스상 대기오염 물질은 주로 SO_x, NO_x, VOCs 등이며 이러한 물질들은 광화학 스모그나 산성비 등으로 생명체에 중대

한 영향을 끼치고 있다. 그러므로 선진국에서는 이러한 오염의 배출 제어에 상당한 노력을 기울이고 있다(Centi *et al.*, 1992; Gavals *et al.*, 1987; Vogel *et al.*, 1974; DeBerry and Sladek, 1971). 따라서 정부에서는 대기오염배출 물질의 배출허용기준을 대폭적으로 강화시키고 있으며 또한 일반인들의 환경에 대한 관심도가 점차적으로 높아지고 있다. 각종 민간 환경단체들은 기업에서 배출되는 환경오염물질에 대한 감시를 강화하고 있는 실정이며, 이에 대비하기 위하여 비교적 큰 배출원인 발전소 등에서는 탈황설비 등의 환경오염물질 방지시설을 설치하여야만 하게 되었다(남인식 등, 1997). SO₂의 저감 방법으로는 저유황

*Corresponding author.
Tel : +82-(0)42-860-3625, E-mail : yopark@kier.re.kr

공급, 청정 연료의 보급 확대, 고체 연료의 사용규제 및 배연 탈황 등이 있으며, 각 나라마다의 특성을 고려한 방법의 적용이 바람직하다. 우리나라의 경우 매년 총 연료 사용량은 증가하고 있으나 SO₂ 연료규제를 실시하고 있는 대도시 지역의 경우 환경 대기 중의 SO₂ 농도 감소가 두드러지게 나타나고 있다(환경처, 1992). 그러나 대기 중의 농도 수준으로 보아 아직도 청정 환경 조건에는 미흡한 실정이며 비 규제 지역의 경우 SO₂ 배출량의 증가는 계속되고 있어 이에 대한 대책마련이 요구되고 있다. 현재 실시 중인 연료 규제나 청정연료의 보급만으로는 선진국 수준의 대기질을 유지하기가 매우 어려우며 SO₂ 배출량이 큰 산업 시설에 대해서는 배연탈황 기술의 도입이 적극적으로 이루어져야 한다(Kim *et al.*, 2008). 배연탈황 방법은 여러 가지로 나눌 수 있지만 반응제의 형태와 생성물의 처리방법에 따라 습식법과 반건식법, 건식법으로 분류할 수 있으며, 현재까지 개발된 배연탈황 공정은 수십 가지에 이른다(Halt and Sedman, 1992). 그 중 건식 탈황공정은 1960년대에서 1970년대까지 활발하게 연구되어 왔으나 그 당시에는 SO₂ 제거 효율이나 기술적인 신뢰성, 경제성이 습식에 비해 낮았기 때문에 큰 발전을 이루지 못했다. 하지만 최근에 고온 연소로뿐만 아니라 덕트에서도 탈황제를 주입

할 수 있고 습식공정보다 적은 투자비용으로 배출 규제치를 만족시킬 수 있는 건식공정이 새로운 관심을 갖게 되었다. 따라서 본 연구에서는 흡수제 내부순환형 탈황장치 및 고효율 고반응성 흡수제를 개발하였으며 흡수제 종류, 공탑가스 유속, Ca/S 몰 비, 물 공급량, 가스온도, 층물질 충전량, SO₂ 입구농도 등과 같은 조건들이 SO₂ 제거효율에 미치는 영향을 파악하여 흡수제의 물성, 흡수제의 체류시간 등에 따른 SO₂의 제거효율을 검증하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 시료의 준비

본 연구에서는 탈황효율이 우수하고 현장에서도 많이 채택 사용되고 있는 Ca계 흡수제인 Ca(OH)₂ 3종을 사용하여 실험하였다. 각각의 흡수제(Ca(OH)₂ 분말(A, B, C형)은 (주)태영 EMC에서 지원을 받아 성능실험 및 물리적 특성을 파악하였다.

2.2 실험장치의 흐름도

흡수제 내부순환형 탈황장치의 흐름도를 그림 1에 나타내었다. 실험장치는 연소가스 발생부분, 흡수제 정

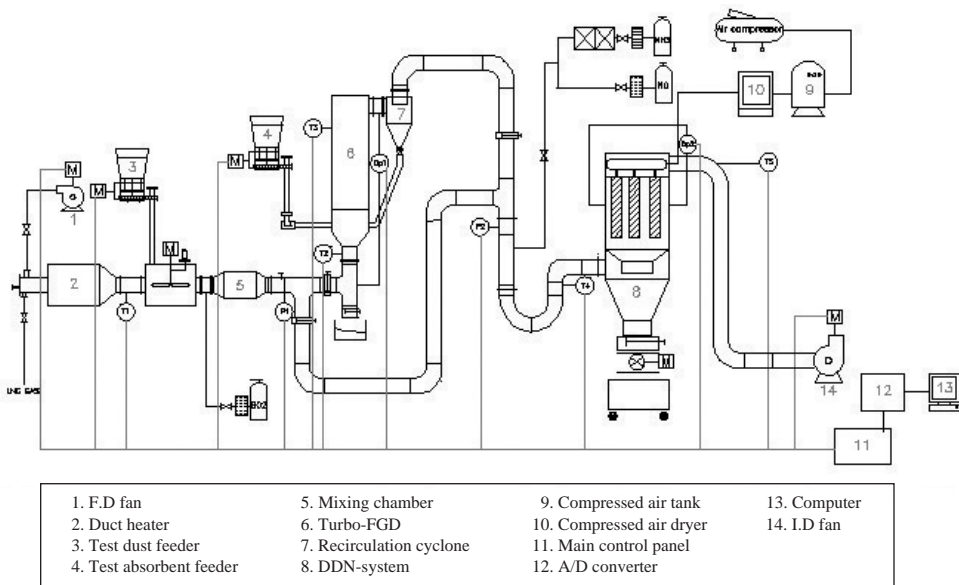


Fig. 1. Diagram of absorbent internal circulating FGD facility.

량공급 부분, 흡수제 재순환을 위한 이형 싸이클론 부분, 청정가스 배출부분, SO₂ 주입부분, 물 공급펌프 및 분사노즐 부분, 운전제어 및 데이터 기록 부분으로 구성되어 있다. 층내로 유입된 흡수제 (Ca(OH)₂)와 층물질(유리구슬)의 유동화로 인해 반응율을 상승시키고 흡수제의 일부는 상승되는 배가스에 의해 내부에서 순환되며, 일부 외부로 유출된 미반응 흡수제 (Ca(OH)₂)는 FGD 후단의 이형 싸이클론에서 포집이 되고 다시 재순환되어 높은 탈황율이 유지가 되도록 설계되었다. SO₂는 순수한 100% 농도의 가스를 사용하였고 농도를 조절하기 위해서 MFC (mass flow controller. Brooks CO.)를 설치하였다. SO₂의 농도 측정은 연소가스분석기 (MADUR, model PHOTON)를 사용하였다.

2.3 실험장치 및 조건

흡수제 내부순환형 탈황장치의 본체부분의 길이는 4,000 mm, 직경은 500 mm로서 SO₂를 효과적으로 제거하기 위해 직경 2mm의 유리구슬을 충전하였으며,

Table 1. Basic specification of absorbent internal circulation FGD.

Unit	Range
Gas capacity	Max. 1,200 Nm ³ /hr
Flue gas temp.	110 ~ 300°C
Function of absorbent internal circulation FGD	Removal of SOx
Size of absorbent internal circulation FGD	Diameter: 500 mm, Height 4,000 mm

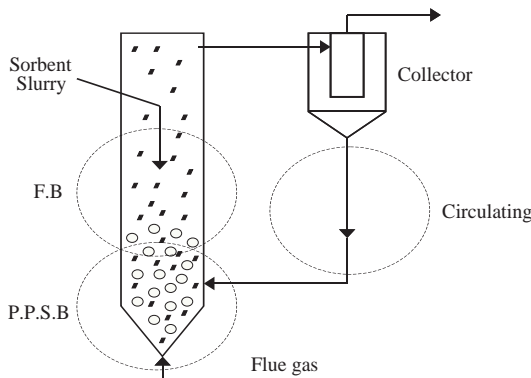


Fig. 2. Absorbent internal circulation FGD system set-up: F.B-Fluidized bed, P.P.S.B-Powder particle spouted bed.

반응기 상단에 물 분사 노즐을 설치하여 유량 조절을 통해 물이 분사되고 유입되는 흡수제와 함께 SO₂를 제거하도록 하였다. 흡수제 내부순환형 탈황장치의 제원을 표 1에 요약하여 나타내었다.

그림 2에 흡수제 내부순환형 탈황장치의 구성을 나타내었다. 층내 탈황제와 층물질의 유동화로 탈황율을 상승시키고, 높은 가스유속으로 인해 비산 배출되는 탈황제는 포집되어 층내로 순환하면서 층내 탈황제의 농도를 높이는 방식으로 98% 이상의 높은 탈황율이 유지되도록 하였다.

그림 3에 흡수제 내부순환형 탈황장치의 하부구조와 기존 유동층 반응로와의 비교를 나타내었다. 본 실험에 이용된 층하부 구조는 유동층 내에서 흡수제와 가스의 접촉이 원활하도록 층내 하부의 구조를 기존의 실린더나 끝이 점점 가늘어지는 형태에서 Y형 구조로 개선시켰다.

그림 4에 흡수제 내부순환형 탈황장치의 각 부분별 형상을 나타내었고 흡수제 종류, 공탑가스 유속, Ca/S

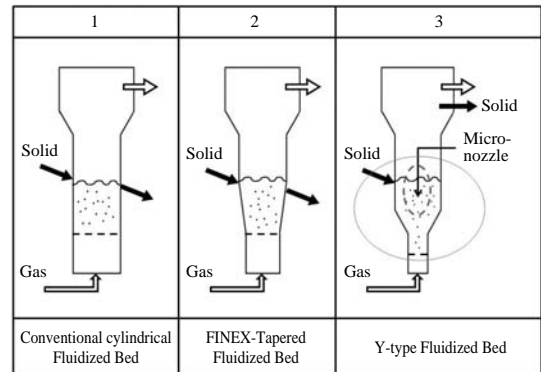


Fig. 3. Lower part structure of various absorbent internal circulating FGD unit.

Table 2. Experimental conditions.

NO.	Variables [unit]	Range
1	Ca/S molar ratio [-]	0.8 ~ 1.5
2	Water injection flow rate [liter/min]	0.2 ~ 0.4
3	Gas flow rate [Nm ³ /min]	12 ~ 20
4	Superficial gas velocity [Nm/sec]	1.02 ~ 1.67
5	SO ₂ inlet concentration [ppm]	250 ~ 800
6	Flue gas temperature [°C]	110 ~ 300
7	Absorbent type [-]	Ca(OH) ₂ : A, B, C
8	Weight of bed materials [kg]	0 ~ 10



Fig. 4. Functional units of the absorbent internal circulation FGD system.

물 비, 물 공급량, 가스온도, 충물질 충전량, SO₂ 입구 농도 등을 변수로 실험을 진행하였으며, 표 2에 흡수제 내부순환형 탈황장치의 실험조건을 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 실험용 흡수제 물리적 특성

3.1.1 흡수제 (Ca(OH)₂)의 XRD 특성

그림 5에 탈황제로 사용된 흡수제 (Ca(OH)₂) 분말 (A, B, C형)의 XRD (Rigaku DMAX-2500) 분석을 나타내었다. 일반적으로 XRD는 화합물의 확인과 같은 정성분석에 많이 이용되며, 가장 강도가 센 3개의 피크 d값이 일치하면 그 화합물은 동일한 화합물로 확인된다. 따라서 흡수제 (Ca(OH)₂) 분말 (A, B, C형) 세 가지의 XRD 분석차트를 보면 각각 세 종류의 주 피크 위치가 동일한 것으로 보아 흡수제 (Ca(OH)₂) A,

B, C형은 동일한 물질로 판단된다.

3.1.2 흡수제 (Ca(OH)₂)의 형상 특성

그림 6에 본 탈황 실험에서 사용된 흡수제 (Ca(OH)₂) 분말 (A, B, C형)의 SEM (HITACHI S-4700) 분석 형상을 나타내었다. 분석 배율의 범위는 흡수제 종류별로 각각 1,500배와 3,000배로 확대하여 측정하였다.

3.1.3 흡수제 (Ca(OH)₂)의 BET 및 입도분석

표 3에 흡수제 (Ca(OH)₂) A, B, C형 3종류에 대한 BET (Micromeritics Instrument Corporation ASAP 2010) 측정 결과를 나타내었다. 일정 온도에서 기체의 압력을 변화시켜 가면서 고체 표면에 흡착한 기체의 양을 측정하는 원리로서 다공성 물질의 비표면적, 평균 기공직경, 적산기공부피 등 물리적 물성분석 결과를 보여주고 있다.

3.1.4 흡수제 (Ca(OH)₂)의 EDS 특성

흡수제 (Ca(OH)₂) 분말 (A, B, C형)은 기존 XRD 분

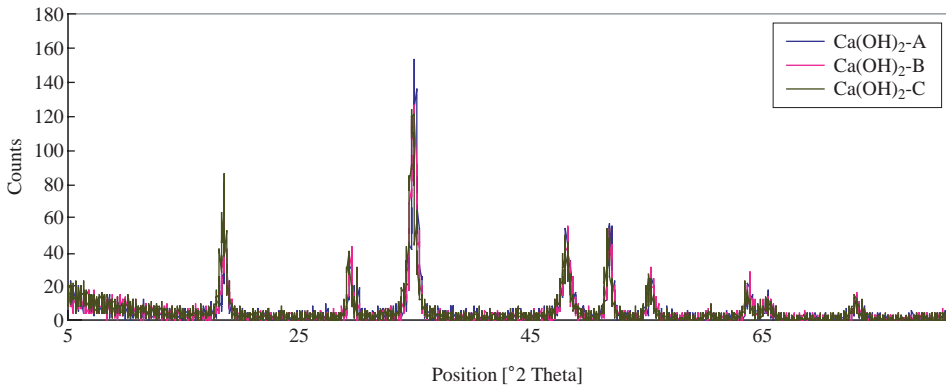


Fig. 5. XRD analysis of the A, B, C type absorbent.

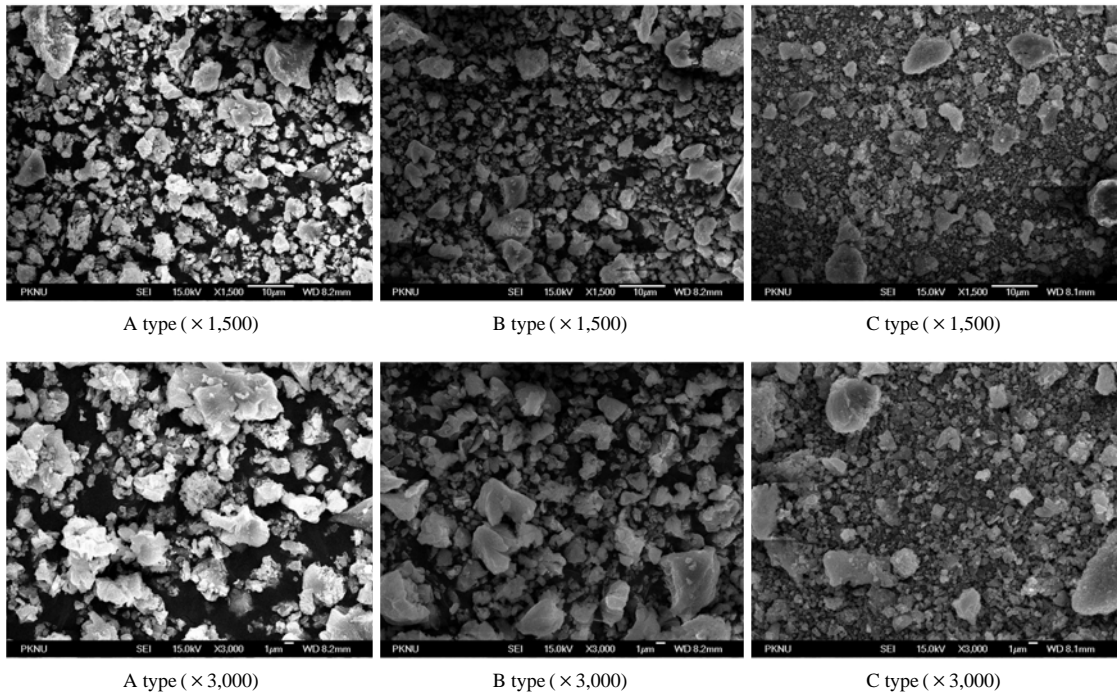


Fig. 6. SEM image (× 1,500 ~ × 3,000) of A, B, C type absorbent.

석결과와 같이 동일한 성분의 물질로서 실험에 가장 많이 사용되었던 분말 B형을 대표물질로 그림 7에 흡수제 (Ca(OH)₂) B형에 대한 EDS (HORIBA 7200-H) 분석 결과를 나타내었다. EDS 분석을 통해 시료에 어떤 원소가 존재하는지 알고자 하였으며, 분석 결과 흡수제 B형은 Ca, O, C 등의 원소들로 구성되어 있었으며,

주로 Ca와 O로 구성물의 대부분을 차지하고 있었다.

3. 2 흡수제 내부순환형 탈황장치의 성능실험

3. 2. 1 층물질 (유리구슬) 충전량에 따른 SO₂ 제거율

그림 8에 층물질 충전량에 따른 SO₂ 제거율을 나타내었다. 가스 유량은 12 Nm³/min (공탑가스유속 1.02

Table 3. Physical properties of the A, B, C type absorbent.

Absorbent (Type)	BET surface area (m ² /g)	Average pore diameter (nm)	Cumulative pore volume (cm ³ /g)
A	18.05	13.3	0.0724
B	15.12	14.8	0.08379
C	55.17	10.07	0.17954

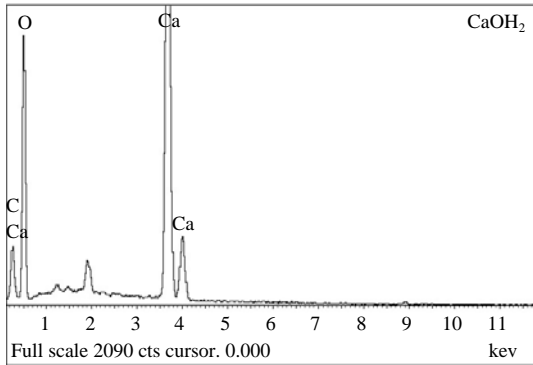


Fig. 7. EDS analysis of the B type absorbent.

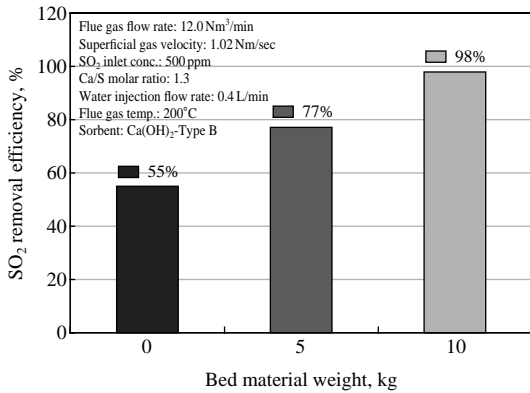


Fig. 8. SO₂ removal efficiency according to the amount of bed material.

Nm/sec)이며 물 공급량은 0.4L/min, 가스온도 200°C, SO₂ 입구농도 500 ppm, 흡수제 (Ca(OH)₂)의 종류는 B형을 이용하여 Ca/S 몰 비 1.3으로 공급하였다. 층물질의 충전량이 0, 5, 10kg으로 증가함에 따라 SO₂ 제거율이 55, 77, 98%로 증가함을 알 수 있었다. 층물질의 충전여부 및 충전량에 따라 SO₂ 제거율은 약 2배까지의 차이를 나타냄으로서 탈황반응 효율과 밀접

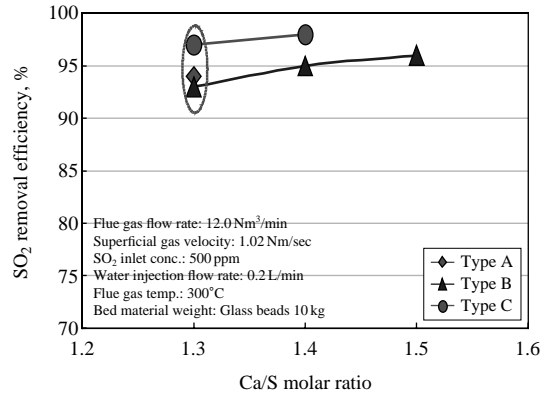


Fig. 9. SO₂ removal efficiency of A, B, C type absorbent as function of Ca/S molar ratio.

한 관련을 보이며, 이는 장치 내에서 층물질의 유동 현상에 의해 SO₂와 흡수제의 반응이 더욱 원활히 일어나며 또한 장치 내벽에 흡수제가 쌓이는 고착현상을 방지할 수 있기 때문이라고 판단된다.

3. 2. 2 흡수제 종류와 Ca/S 몰 비에 따른 SO₂ 제거율

그림 9에 흡수제 (Ca(OH)₂) 분말 A, B, C형을 사용하여 가스 유량 12 Nm³/min (공압가스유속 1.02 Nm/sec), 가스온도 300°C, 물 공급량 0.2L/min, 유리구슬 10kg, SO₂ 초기농도 500 ppm의 조건에서 Ca/S 몰 비를 1.3 이상으로 증가시키며 측정된 탈황효율 결과를 나타내었다. Ca/S 몰 비 1.3의 조건에서 각 흡수제 (Ca(OH)₂)의 탈황효율을 보면 C형이 97%, A형이 94%, B형이 93%를 나타내며, 비표면적이 높은 흡수제 (Ca(OH)₂) C형이 A형과 B형에 비해 높은 탈황성능을 보여준다. 흡수제 (Ca(OH)₂) C형과 B형을 보면 Ca/S 몰 비의 증가에 따라 탈황효율이 증가하는 현상을 보이며, Ca/S 몰 비가 1.4와 1.5에서 흡수제 B형과 C형의 탈황효율은 98%이었다. 즉 흡수제 (Ca(OH)₂) B형이 C형에 비해 약 15% 더 많은 양이 공급된다면 동일한 탈황성능을 보일 것으로 판단된다.

3. 2. 3 공압가스 유속 변화와 물 주입 흐름속도에

따른 SO₂ 제거율

그림 10은 공압가스 유속 변화와 물 주입 흐름속도에 따른 SO₂ 제거율을 나타낸 것이다. 물 공급량 0.4 L/min, SO₂ 입구농도 500 ppm, 가스온도 200°C, 흡수제 (Ca(OH)₂)의 종류는 B형을 이용하여 Ca/S 몰 비 1.3

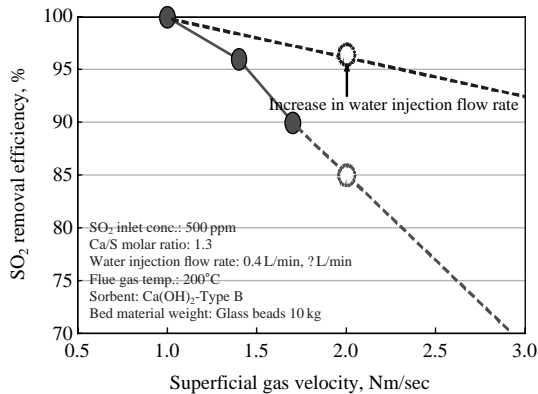
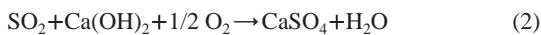


Fig. 10. Effect of superficial gas velocity and water injection flow rate on SO₂ removal efficiency.

으로 공급하였고, 층 물질은 유리구슬을 사용하여 10 kg을 충전 후 실험을 진행하였다. 실험결과 공탑가스의 유속을 1.0~1.7 Nm/sec까지 증가시키기에 따라 SO₂ 제거율은 100~90%까지 감소하였으며, 이는 유동층에서 처리가스의 체류시간이 가스 유속의 증가에 따라 감소하였고, 때문에 유동층에서 처리가스와 흡수제(Ca(OH)₂)의 접촉시간이 줄어들어 탈황율이 감소했을 것으로 판단된다. 기존 연구에서는 가스의 유속 증가로 인해 층내에 공급되는 기체량이 증가하게 되면 흡착량이 감소하며, 이는 최소유동화속도 이상에서 공급되는 기체가 기포의 형태로 층을 통과함으로써 미반응 SO₂의 배출량이 증가하고, 가스 유속의 증가에 따라 기-고 접촉시간이 감소한다고 보고되었다 (Yuan, 1990).

유동층에 공급되는 물은 가스의 현열에 의해 기화되는데 공탑가스 유속의 증가에 따라 물의 기화속도가 빨라지면서 흡수제(Ca(OH)₂)와 SO₂간의 액상 이온반응이 감소하고, 이로 인해 탈황효율이 떨어지는 것으로 보인다. 따라서 공탑가스 유속이 증가하면 물의 공급량도 같이 증가해야 동일한 SO₂ 제거율이 나타날 것으로 판단된다. 흡수제(Ca(OH)₂)와 SO₂의 액상 이온반응은 다음과 같은 반응식으로 나타낼 수 있다.



3. 2. 4 Ca/S 몰 비와 물 공급량에 따른 SO₂ 제거율

그림 11에 Ca/S 몰 비와 물 공급량에 따른 SO₂ 제

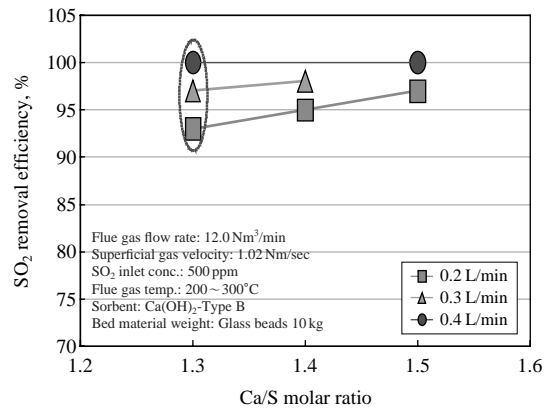


Fig. 11. SO₂ removal efficiency at various water injection flow rate as function of Ca/S molar ratio.

거율을 나타내었다. 가스유량 12 Nm³/min(공탑가스유속 1.02 Nm/sec), SO₂ 입구농도 500 ppm, 가스온도 200~300°C, 흡수제(Ca(OH)₂)의 종류는 B형을 이용하였고, 층물질은 유리구슬을 사용하여 10kg을 충전 후 실험을 진행하였다. 탈황효율은 Ca/S 몰 비 1.3 기준으로 물 공급량을 0.2~0.4 L/min까지 증가시키기에 따라 93~97%를 나타내었다. Ca/S 몰 비에 대한 탈황효율의 민감도는 물 공급량의 증가에 따라 감소하며, Ca/S 몰 비 1.3을 기준으로 보았을 때 물 공급량이 증가 할수록 탈황효율이 높아짐을 알 수 있었다. 탈황효율 98%의 달성을 위해서는 물 공급량 0.3 L/min의 경우 Ca/S 몰 비가 1.3, 물 공급량 0.2 L/min의 경우 Ca/S 몰 비가 약 1.5로 예측된다. 즉, Ca/S 몰 비 및 물 주입량의 증가에 따라 탈황효율은 증가하며, 98%의 탈황효율을 유지하기 위해서는 Ca/S 몰 비 1.3 이상, 물 주입량 0.3 L/min 이상으로 판단된다.

3. 2. 5 SO₂의 입구 농도변화에 따른 SO₂ 제거율

기존 연구에 의하면 SO₂의 도입 농도가 증가함에 따라 SO₂ 제거율은 증가한다고 보고되어 있다(손한호, 2005). 이를 검증하기 위해 본 연구에서는 그림 12와 같이 SO₂ 입구농도 변화에 따른 SO₂ 제거율을 평가하였다. 가스유량 16 Nm³/min(공탑가스유속 1.36 Nm/sec), 가스온도 200°C, Ca/S 몰 비 1.3, 물 공급량 0.4 L/min, 흡수제(Ca(OH)₂)의 종류는 B형을 이용하였고 층물질은 유리구슬을 사용하여 10kg을 충전 후 실험을 진행하였다. SO₂ 입구농도가 낮아질수록 탈황

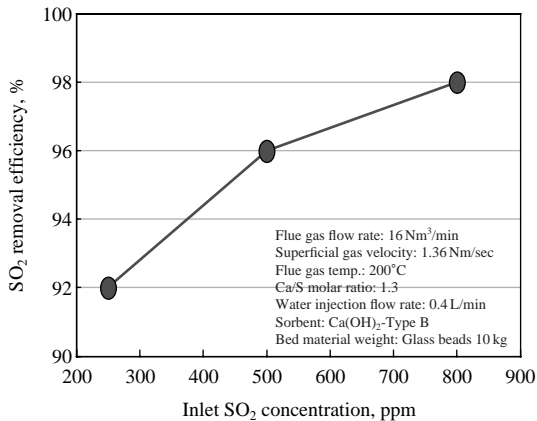


Fig. 12. SO₂ removal efficiency as function of SO₂ inlet concentration.

효율은 98~92%로 감소하며, 따라서 잔류 SO₂ 농도 (800, 500, 250 ppm의 경우 각각 16, 20, 20 ppm)가 높아지므로 Ca/S 몰 비의 증가 또는 물 공급량의 증가가 필요한 것으로 판단되었다. 그러나 Ca/S 몰 비의 증가는 조업 비용의 부담을 초래하며 물 공급량의 증가로 인해 유동층의 온도저하 현상이 나타나 공급된 물의 기화 배출이 어려워지는 문제가 생길 수 있어 주의가 필요할 것으로 판단된다.

3. 2. 6 가스온도 변화에 따른 SO₂ 제거율

일반적으로 배연탈황공정에서 도입되는 가스의 온도는 140~200°C의 범위에서 분포되어 있다. 기존의 연구에서는 도입되는 가스의 온도가 높을수록 액적은 빨리 건조되어 기-액 반응을 저해하게 되며, 액적이 액체로 둘러싸여 있는 시간이 길수록 SO₂의 제거에는 유리하고, 또한 SO₂의 물에 대한 용해도는 온도가 상승함에 따라 감소하여 기-액 반응을 저해하므로 가능한 배가스를 낮은 온도로 유입하는 것이 SO₂ 제거에 유리하다고 보고되었다(손한호, 2005). 그림 13은 가스온도 변화에 따른 SO₂ 제거율을 나타낸 것이다. 가스유량 16 Nm³/min (공탑가스유속 1.36 Nm/sec), SO₂ 입구농도 500 ppm, Ca/S 몰 비 0.8, 물 공급량 0.4 L/min의 조건에서 증물질 10 kg과 B형의 흡수제를 이용해서 실험을 진행하였다. 동일조건에서 유동층의 가스온도가 110, 150, 200°C이었을 때 SO₂ 제거율은 각각 91, 89, 87%로 나타났다. 즉 유동층의 가스온도 증가에 따라 SO₂ 제거율이 감소하였는데, 이는 증 내

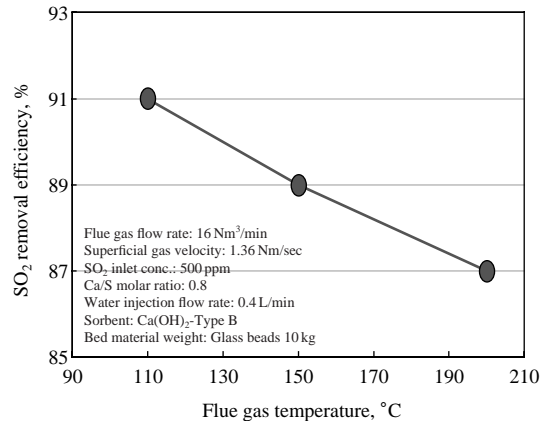


Fig. 13. SO₂ removal efficiency as function of gas temperature.

온도의 증가에 따라 유동층에 공급된 수분의 기화 속도가 빨라지면서 흡수제 (Ca(OH)₂)와 SO₂간의 액상 이온반응이 감소하여 탈황효율이 떨어지는 것으로 판단된다. 제거율의 측면에서 반응온도가 낮을수록 유리하지만 온도가 일정수준 이하로 내려가게 되면 가스 속의 수증기가 반응기의 벽면에 응축하게 된다. 이럴 경우 장치의 부식을 초래하게 되며 설비 유지 관리와 안전성면에 있어 문제가 된다.

4. 결 론

본 연구에서는 발전소에서 배출되는 황산화물 제거를 위한 방법으로 건식탈황공정에 관한 연구를 진행하였다. 흡수제 내부순환형 탈황장치 및 고효율 고반응성 흡수제를 개발하여 7개의 실험변수(흡수제 종류, Ca/S 몰 비, 물 공급량, 증물질 충전량, 공탑가스유속, SO₂ 입구농도, 가스온도)를 통해 고반응성 소석회 흡수제 내부순환형 탈황장치에 적용될 수 있는지 여부 및 SO₂의 제거성능 특성을 파악한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험용 흡수제 (Ca(OH)₂) A, B, C형 3종에 대해 물리적 물성분석 결과 비표면적은 C>A>B형 순으로 나타났으며, 탈황 성능 또한 비표면적과 비례하여 C>A>B형의 결과를 보였다. 따라서 흡수제의 비표면적과 탈황성능은 밀접한 관련이 있음을 확

- 인할 수 있었다.
2. 증물질(유리구슬) 충전량 0~10kg의 변화에 따라 SO₂ 제거율은 55~100%이었으며, 증물질 충전량의 증가에 따라 탈황효율은 비례적으로 증가하는 것으로 보아 증물질 충전 정도는 탈황 성능에 밀접한 영향이 있었다.
 3. 공탑가스 유속의 증가에 따라 SO₂ 제거율은 감소하였는데, 이는 유동층에서 처리가스의 체류시간이 가스 유속의 증가에 따라 감소함으로써 유동층에서 처리가스와 흡수제(Ca(OH)₂)의 접촉시간이 줄어들었기 때문으로 판단된다.
 4. 탈황효율은 공탑가스 유속과 입구 가스온도의 증가에 따라 감소하며, Ca/S 몰 비, 물 공급량, SO₂ 입구 농도 증가에 따라 탈황효율이 증가함을 파악하였다.
 5. SO₂ 입구의 농도가 낮을수록 탈황효율이 낮아지고 잔류 SO₂ 농도가 높아지므로 Ca/S 몰 비 및 물 공급량을 증가시켜야 요구되는 탈황효율을 유지할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 전력산업연구개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

남인식, 최병선(1997) 배연탈황·탈질 동시처리 기술, 환경

부, pp. 21-27.

손한호(2005) 화력발전소 배연탈황설비 및 기술에 관한 연구, 진주산업대학교 산업대학원 공학석사논문.

환경처(1992) 환경백서.

Centi, G., N. Passarini, S. Perathoner, A. Riva, and G. Stella (1992) Combined DeSO_x/DeNO_x Reactions on a Copper on Alumina Sorbent-Catalyst. 1. Mechanism of SO₂ Oxidation-Adsorption, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 31, 1947-1954.

DeBerry, D.W. and K.J. Sladek (1971) Rates of Reaction of SO₂ with Metal Oxides, *Can. J. of Chem. Eng.*, 49, 781-789.

Gavals, G.R., S. Edelstein, and T.A. Weston (1987) Alkali-Alumina sorbents for High-temperature Removal of SO₂, *AIChE Journal*, 33(2), 258-266.

Halt, B.W. and C.B. Sedman (1992) Current status of the ADVA-CATE process for flue gas desulfurization, *J. Air Waste Management Association*, 42(1), 103-110.

Kim, J.W., J.D. Chung, P.S. Ji, S.M. Hwang, and Y.M. Park (2008) Study of Improving SO₂ efficiency in the DSI process of FGD, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2008(5), 149-153.

Vogel, R.F., B.R. Mitchell, and F.E. Massoth (1974) Reactivity of SO₂ with Supported Metal Oxide-Alumina Sorbents, *Environ. Sci. and Tech.*, 8(5), 432-436.

Yuan, C.S. : Ph. D. Dissertation, Illinois Univ. (1990) Urbana-Champaign, U.S.A.