

알루미늄 폐드로스를 활용한 SCR 탈질촉매 제조 및 특성평가

배민아¹, 김홍대¹, 이만식^{1*}
¹한국생산기술연구원 친환경정정기술센터

Characteristic Evaluation of SCR catalyst using Aluminum dross

Min A Bae¹, Hong Dae Kim¹ and Man Sig Lee^{1*}

¹Green Technology Center, Korea Institute of Industrial Technology [KITECH]

요약 알루미늄 금속이 용해될 시 대기와 접촉한 용탕 표면에서 생성되는 알루미늄 드로스는 알루미늄 생산 공정에서 발생하는 필수적인 부산물이다. 그러나 알루미늄 드로스의 대부분은 매립에 의한 처리가 이루어지고 있어 환경오염의 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 알루미늄 드로스를 재자원화 하여 SCR(Selective Catalytic Reduction) 촉매의 담체에 일부 대체하는 연구를 진행하였다. 재활용 된 알루미늄 드로스를 촉매 원료 WO₃, V₂O₅, TiO₂와 혼합하여 V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR촉매를 제조하였다. 제조 된 V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR촉매는 XRD, XRF, BET 분석을 통해 특성평가를 진행 하였으며, 내구성 평가를 통해 Al₂O₃ 함량이 증가할수록 V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR촉매의 강도가 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. MR(Micro-Reactor)을 이용한 촉매 활성평가를 진행하여 촉매의 실사용 온도 350℃~400℃에서 90%이상의 촉매 효율을 나타내었다.

Abstract Aluminum dross is formation at the surface of the molten metal as the latter reacts with the furnace atmosphere and it was an unavoidable by-product of the aluminum production process. However aluminum dross was usually landfilled or disposed without treatment, causing much environmental damage. The purpose of this study is to investigate the possibility of ceramic catalyst support using recycled Al dross. The recycled Al dross was made into SCR catalyst by mixing with WO₃, V₂O₅ and TiO₂. The V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR catalyst was observed with XRF, XRD and BET. V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR strength was measured by Universal Testing Machine(UTM). As the added Al₂O₃, strength is increased. And the NOx removal activity was observed by MR(Micro-Reactor). The temperatures ranging from 350℃ and 400℃, V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR catalyst De-NOx performance result of showed excellent activity over 90% at application condition.

Key Words : Al dross, Al(OH)₃, De-NOx, SCR(Selective Catalytic Reduction)

1. 서론

세계적으로 산업 발전이 급속도로 진행됨에 따라 다방면에서 산업화가 불러오는 환경오염 문제는 날로 심각해지고 있다. 날로 심각해지는 환경오염 문제를 해결하고자 하는 노력이 여러 방면에서 활발히 이루어지고 있음에도 불구하고, 환경오염 문제는 크게 진전되지 않는 실정이다. 급속히 성장하는 세계 산업 속에서 알루미늄 산업은 알루미늄이 가진 경량성, 내식성, 가공성, 전도성, 미관성

등의 많은 장점 때문에 자동차, 건축 및 건설, 전자, 반도체 등 중화학공업을 비롯한 각종 산업 분야에서 기초 소재를 공급하는 산업으로 그 수요가 계속 증가하고 있다. 알루미늄은 산소와 높은 화학적 친화성을 가지기 때문에 공기 중에서도 산소와 쉽게 결합하여 잘 산화되는 금속이다. 알루미늄 금속은 용해될 시 용해된 알루미늄 용탕 표면에서 대기 중의 산소와 급속히 반응하여 표면에 산화물인 알루미늄 드로스가 생성 된다. 이것은 알루미늄 생산 공정에서 필수적인 부산물이며, 전체 공정에서 약 5

본 논문은 산업통상자원부의 광역선도산업육성사업(과제번호:NF-12-0004)과 기획재정부의 패키지형기술지원사업(과제번호:JD-13-0009)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Man Sig Lee(Korea Institute of Industrial Technology, KITECH.)

Tel: +82-52-980-6630 email: lms5440@kitech.re.kr

Received July 18, 2013

Revised August 27, 2013

Accepted October 10, 2013

~30%가 생성된다. 생성된 알루미늄 드로스 내에는 약 20~30wt%의 알루미늄 금속이 함유되어 있어 알루미늄 금속의 손실을 가져오는 것은 물론, 현재 이것은 폐자원으로 매립을 통한 처리가 이루어지고 있다[1]. 이는 매립 비용의 부담뿐만 아니라 환경오염이라는 큰 문제점도 함께 지니고 있기에 드로스 내에 존재하는 알루미늄 금속의 회수 및 고부가가치 재자원화 기술은 필수적이다.

산업 성장에 따른 환경오염의 심각성이 부각되면서 국내에서도 선진국의 여러 환경오염 방지 대책에 대응하여 다양한 분야에서 환경보존법을 제정하는 등 여러 노력을 기울이고 있다. 특히 대기오염은 발생원이 위치한 국가에 한 한정된 국지적인 문제가 아니라 그 특성상 인접 국가와 넓은 지역으로 확산되는 성질이 있어 전 세계의 환경을 위협하고 있기 때문에 국제적 규제대상의 초점이 되고 있다. 생활수준의 향상, 에너지 사용량의 급격한 증가에 따라 수많은 오염물질이 생성되고 있으며 석유, 석탄 등 화석 연료의 연소 가스에서 발생하는 NOx(NO, NO₂)는 대기 오염의 주범으로 그 유해성 또한 높아 중요한 규제대상 물질로 규정되어 관리되고 있다. NOx는 대기 중의 수증기와 결합하여 산성비를 유발하며 동·식물 및 재료에 미치는 영향은 매우 심각하다. 또한 대기 중 hydrocarbon, 자외선의 영향으로 O₃, HCHO, PAN 등의 각종 산화제를 생성하므로 광화학스모그를 발생시킨다. 현재 NOx 저감을 위해 널리 사용되고 있는 기술은 SCR(Selective Catalytic Reduction) 촉매로 이는 제거 효율의 선택성과 경제성 면에서도 우수한 물질로 평가받고 있다[2]. SCR 촉매는 비표면적이 넓은 TiO₂를 담체로 사용하며 V₂O₅와 WO₃를 촉매 활성 성분으로 사용하고 있다.

본 연구에서는 광석으로부터 수산화알루미늄(Al(OH)₃)을 제조하는 기존의 Bayer Process[3]를 이용하여 알루미늄 드로스로부터 Al(OH)₃을 회수하고, 회수한 Al(OH)₃을 SCR 촉매 담체로 일부 대체함으로써 TiO₂가 가진 약한 기계적 강도와 소결에 대한 낮은 저항성 등 물리적 성질이 가지는 단점을 보완하고자 하였다. 또한 첨가된 Al(OH)₃의 함량에 따른 촉매 특성 분석과 상용 촉매와의 촉매 활성을 비교 분석함으로써 알루미늄 드로스로부터 재처리된 Al(OH)₃의 SCR 지지체로의 활용 가능성에 대해 연구하였다.

2. 실험

2.1 알루미늄 드로스로부터 Al(OH)₃ 회수

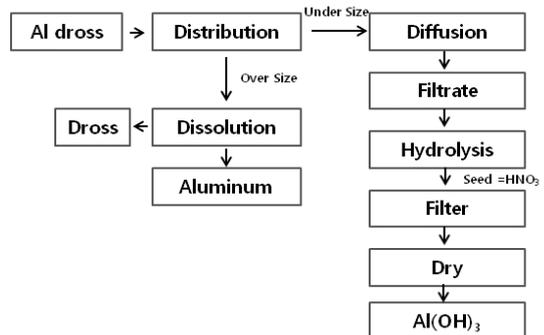
실험에 사용된 알루미늄 드로스는 국내의 주요 전문

회사에서 발생한 것으로, 알루미늄 드로스에 함유된 화학 성분의 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 알루미늄 드로스 내에는 회수되지 않고 남아있는 금속 알루미늄 이외에도 플럭스 성분에서 유래하는 산화알루미늄, 염화알루미늄과 용해 과정에서 생성되는 질화알루미늄, 금속 간화합물, 규소 마그네슘 등 그 외의 다양한 산화물들이 포함되어 있으며 그 조성은 발생원에 따라서 상당히 다양하다.

알루미늄 드로스 중에 잔류하는 금속 알루미늄을 Al(OH)₃으로 회수하기 위한 방법은 Fig. 1에 나타내었다. 드로스를 파쇄하면 입자가 큰 것에는 금속이 많이 함유되어 있고 입자가 작은 것에는 산화물의 함량이 높게 나타난다. 입자가 큰 것은 재용해를 통해서 Al 금속으로 바로 회수하고, 입자가 작은 것은 10% NaOH용액을 이용하여 이중 자켓 반응기에서 교반 침출 하였다. 침출 시에는 반응열이 다량 발생하였다. 침출 시킨 침출액을 여과시켜 얻어진 NaAlO₂ 수용액(pH=14)에 1M HNO₃를 첨가하여 Al(OH)₃를 침전시켰다. 침전된 Al(OH)₃는 여과 과정을 거쳐 Na 이온이 없어질 때까지 증류수로 세척하고 건조하였다.

[Table 1] Chemical composition of the Al dross

Chem. Comp	Al	Cl	Sr	K	Ba	Si	Ti	S	Fe
Average(%)	22.4	33.8	17.8	16.6	4.9	3.0	0.8	0.42	0.24



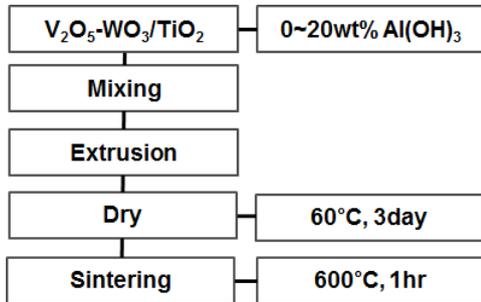
[Fig. 1] Flow chart of al dross for recovery of Al(OH)₃

2.2 SCR 촉매 제조

재처리된 Al(OH)₃의 촉매 원료로의 사용 가능성을 검토하기 위해서 촉매용 TiO₂(NT-06, (주)나노)와 혼합비를 조절하여 V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR 촉매를 제조하였다. Al(OH)₃의 첨가량은 5, 10, 15, 20wt%로 조절하였으며 혼합비를 Table 2에 나타내었다. 촉매 활성 성분 바나듐(V₂O₅)의 함량은 AMV(Ammonium Metavanadate, Sigma

-Aldrich)를 이용하여 조절하였고, 니더 믹서를 사용하여 1시간 건식 혼합 하였다. 허니컴 타입(honeycomb type)으로 성형을 위해 진공 압출기를 사용하였으며, 압출 금형은 1 inch 크기를 사용하였다.

압출된 촉매 하니컴은 wrap으로 충분히 감싸고 항온 항습기에서 60°C의 온도로 약 3일간 건조하여 건조체를 얻었다. 건조체는 승온 속도를 1분당 0.5°C로 하여 600°C에서 열처리 하였다[Fig. 2].



[Fig. 2] Flow chart of the procedures of V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR catalyst

[Table 2] Chemical content of the Al(OH)₃(%)

	Al(OH) ₃
Type 1	0
Type 2	5
Type 3	10
Type 4	15
Type 5	20

2.3 촉매 특성 평가

재처리 된 Al(OH)₃의 조성 분석과 제조 된 V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O SCR 촉매의 화학적 조성을 관찰하기 위해 XRF(ANalytical Co., Axios Minerals)분석을 실시하였다. 또한 담체로 사용 된 TiO₂와 Al(OH)₃의 결정 구조를 관찰하기 위해 XRD(X'Pert-MPD S-system) 분석을 실시하였다. Radiation source로는 Cu Ka(λ=1.5056 Å), 2θ는 10~90°의 범위에서 측정하였다.

제조 된 SCR 촉매의 Al(OH)₃ 첨가량에 따른 비표면적 특성을 분석하기 위해 기공분석장치(Volume-tric analyzer, MICROMERITICS Co., ASAP2010)를 사용하였다. 비표면적은 BET(Brunauer - Emmett-Teller)식을 이용하였으며 Kelvin식, BJH(Barrett-Joyer-Hanlenda)법에 의해 pore volume을 구하였다.

제조 된 V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR 촉매의 활성은 MR(Micro reactor)에서 NO_x 제거율을 분석하여 측정하였다. 반응기에 공급되는 가스는 NO, NH₃(표준 가스)와

고순도 O₂및 N₂를 사용하였으며 가스의 유량은 MFC(BRONKHORST HI-TEC, Co. Netherlands)를 사용하여 조절하였다. 촉매 반응기의 입구와 출구의 NO, NO₂ 농도는 화학발광법을 이용한 NO_x Analyzer(200EH, API, Inc., USA), SO₂ 농도는 UV법을 이용한 SO₂ Analyzer(200EH, API, Inc., USA)를 이용하여 측정하였다.

Al₂O₃의 함량에 따른 촉매의 압축강도 측정을 위해 시편을 50mmx50mmx50mm의 규격으로 절단하고, 시료를 압축강도 시험기(UTM : Universal Test-ing Machine)에 넣고 길이방향(Length wide)과 단면방향(Cross-wide)으로 압축강도를 측정하였다.

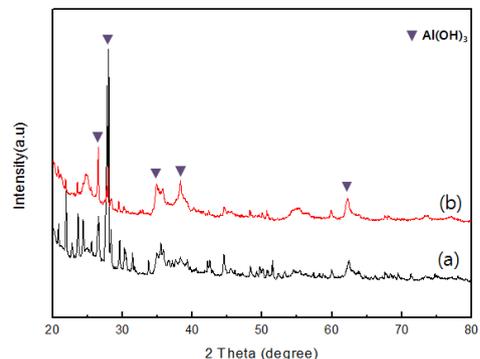
3. 결과 및 고찰

3.1 재처리 된 Al(OH)₃ 물성 분석

알루미늄 드로스로부터 재처리 된 Al(OH)₃의 순도를 확인하기 위해 XRF 분석을 실시하였으며 그 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 3의 결과를 보면 재처리 된 Al(OH)₃의 Al 순도가 90%인 것을 확인 할 수 있었다. 또한 Na 와 Si 함량이 높은 것을 확인 할 수 있는데, Na는 침출 후 시료의 표면과 내부 기공에 묻은 NaOH가 충분히 세척되지 않은데 기인한 것이며, Si의 경우에는 원래 드로스에 섞여 있는 Si 성분이 일부 침출되었기 때문으로 사료된다.

[Table 3] Chemical composition of the Al(OH)₃

Chem. Comp	Al(%)	Na(%)	Si(%)	Trace(ppm)
Prepared Al(OH) ₃	90.6	2.24	6.67	K, Fe, Ca, Mn

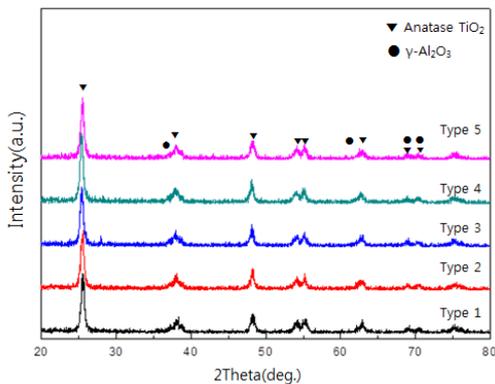


[Fig. 3] XRD Pattern (a) Prepared Al(OH)₃
(b) Commercial Al(OH)₃

Fig. 3 은 XRD 회절 패턴에 대한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 3(a)는 재처리 된 Al(OH)₃ XRD date로써, 침전물의 회절곡선에 나타난 피크들이 29~41° 에 표시 한 Al(OH)₃(JCPDS card 20-0011) 표준 X-선 특성 피크(Fig. 3(b))와 일치함을 확인할 수 있다. 또한 적정량의 NaOH 첨가로 인해 Al(OH)₃ 결정이 제대로 성장하였음을 의미 한다.

3.2 SCR 촉매의 물성 분석

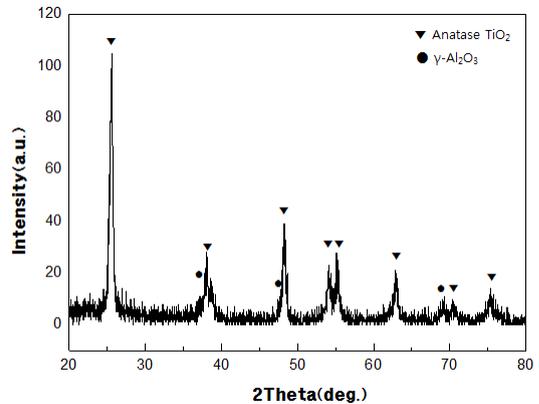
담체로 사용 된 TiO₂와 Al(OH)₃의 결정 구조를 관찰하기 위해 XRD 분석을 실시하였으며 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 일반적으로 TiO₂는 anatase, rutile, brookite의 세 가지 결정 구조를 가지며, 이중에서 anatase는 준안정적인 구조로 외부의 열적 에너지에 의해 보다 안정한 rutile로 전이하게 된다. 준안정구조인 anatase 구조는 rutile 구조보다 비표면적이 높은 것으로 알려져 있어 SCR 반응에서 TiO₂의 anatase 상에서 rutile 상으로의 상 전이는 매우 중요한 요인으로 작용한다[4]. Anatase에서 rutile로 상전이가 일어나면 촉매 활성이 감소하는데 이는 비표면적의 감소, 촉매 활성 성분인 V₂O₅의 부분 환원으로 설명된다[5]. Fig. 4 결과로 알 수 있듯이Al(OH)₃의 첨가량이 증가해도 TiO₂의 결정상은 담체에 적합한 anatase였으며 rutile로의 상전이는 관찰되지 않았다. 또한 WO₃는 TiO₂와 XRD상 anatase 단일상을 형성하며 TiO₂와 Al₂O₃에 비해 WO₃의 피크 강도가 약하며 비중과 상대적인 첨가량 또한 작기 때문에 XRD 상이 나타나지 않는 것으로 사료 된다. 실제 재처리 된 Al(OH)₃는 열분석 곡선의 300℃ 부근에서 흡열 피크를 나타내며 이것은 이 온도에서부터 Al(OH)₂가 하소하기 시작하여 Al₂O₃로 변하는 것으로 사료 된다[6].



[Fig. 4] SCR XRD Patten vs. Al₂O₃ content

Fig. 4 의 XRD 결과로 보아 γ-Al₂O₃가 전체적으로 잘 분포 된 TiO₂-Al₂O₃ 혼합 담체의 특성을 확인 할 수 있다. γ-Al₂O₃은 입방 스피넬 구조에서 발생하는 매우 세밀한 알루미늄나노 900℃ 이상으로 가열하면 점차 안정한 α-Al₂O₃가 되며 1200℃에서 그 변태가 완료된다. γ형은 α형에 비해서 비중이 작고 활성이 크며, 흡습 흡착성이 크다.

TiO₂의 anatase 상은 준안정상으로 700℃ 이상의 고온에서 안정한 rutile 상으로 상전이하려는 경향이 보인다. Fig. 5은 700℃ 고온에서 10시간 반응한 TiO₂-Al₂O₃(Type 3) 촉매에 대한 XRD peak이다. 고온에서 장시간 반응을 하였지만, 촉매의 결정상은 담체에 적합한 anatase, Al₂O₃는 γ-Al₂O₃ 상이었다. 이는 일반적으로 SCR 촉매의 사용 온도가 300~400℃ 임을 감안할 경우, 충분한 열안정성을 나타낼 것으로 예상된다.



[Fig. 5] SCR XRD Patten vs. 700℃ Reaction

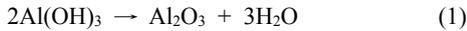
[Table 4] Chemical composition of the V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR sample(%)

Chem. Comp	Al(OH) ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	WO ₃
Type 1	0.13	72.62	0.56	4.13
Type 2	4.47	67.52	0.58	3.82
Type 3	9.72	66.05	0.56	3.86
Type 4	14.27	62.80	0.54	3.61
Type 5	17.26	60.62	0.61	3.42

[Table 5] Specific surface Area, Pore volume, Pore Radius, analyzed by BET

Chem. Comp	Specific surface Area [m ² /g]	Pore volume [cc/g]	Pore Radius Dr(r)[A]
Type 1	58.22	0.109	96.26
Type 2	60.08	0.214	92.98
Type 3	72.09	0.215	19.43
Type 4	83.27	0.229	19.13
Type 5	103.12	0.302	17.16

V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR 촉매의 XRF 결과를 Table 5에 나타내었다. Al₂O₃의 함량이 늘어나면서 주 담체 역할을 하는 TiO₂의 함량이 줄어드는 것을 확인하였으며, 촉매 활성에 영향을 미치는 V₂O₅, WO₃의 함량이 유사함을 확인하였다. 실험 방법 따라 V₂O₅-WO₃/TiO₂-Al₂O₃ SCR 촉매 제조 시 5, 10, 15, 20 wt% Al(OH)₃ 함량을 조절했지만, 촉매 제조 방법에 포함 된 열처리 과정에서 아래 식과 같이 수분이 증발되면서 Al(OH)₃가 Al₂O₃로 변화한 것을 확인하였다.

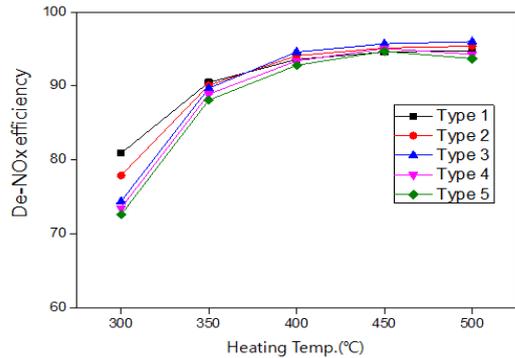


촉매반응은 표면반응인 관계로 비표면적은 중요한 인자로 다루어져 왔고 일반적으로 비표면적이 클수록 활성 site가 증가하여 활성이 높다. SCR 촉매의 표면 반응에 있어 Pervulescu등은 비표면적이 클 때 vanadium의 분산도가 향상되고 이는 Lewis 산점에 ammonia의 화학 흡착을 유도한다고 하였다[7,8]. 전반적으로 Al₂O₃ 첨가량이 많아질수록 Al₂O₃ 인해 미세기공이 늘고 비표면적이 증가하는 경향을 보였다. 촉매 담체의 비표면적은 50~100m²/g 이 되도록 하는 것이 적당하며 이는 비표면적이 50m²/g보다 작으면 촉매 성분의 담지 및 반응 site가 충분하지 못하고, 1000m²/g보다 크면 세공 사이즈가 매우 작아지고 결정 크기가 작아져 결정화도가 떨어지기 때문에 담체로서 기능을 100% 발휘하지 못하게 된다[9].

본래 Al₂O₃는 비표면적이 넓고 특정 활성 물질이 담지되지 않은 상황에서도 600~650℃에서 비교적 높은 촉매 활성을 나타낸다. Fig. 6는 재처리 된 Al₂O₃ 첨가량에 따라 측정된 각각의 활성 평가 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 측정온도는 300~500℃ 구간이며, 측정 조건은 VGB guide line의 유량을 1.2m³/min으로 하였으며, NO 300ppm, NH₃ 300ppm, SO₂ 500ppm, H₂O 10%로 반응속도 면속도(AV) 10m/h로 반응시켜 반응기 전 후단의 NOx 농도를 비교하여 제거 효율을 측정하였다. Al₂O₃ 함량이 증가할수록 탈질효율은 미세하게 감소함을 관찰할 수 있었으나, 촉매 사용온도 350~400℃에서 90% 이상의 탈질효율을 나타내었으며 측정온도가 높아질수록 높은 탈질효율을 확인하였다.

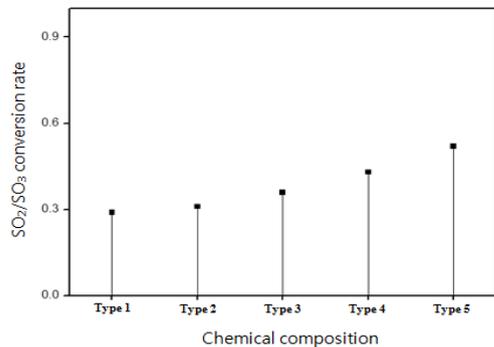
Al₂O₃ 함량에 따른 SO₂/SO₃ 전환율을 측정하여 Fig. 7과 같은 결과를 얻었다. SO₂/SO₃ 전환율 측정에는 SO₂의 산화반응이 일어나는 site에서 경쟁적으로 반응에 참가하는 NH₃에 의해 SO₂/SO₃ 전환율이 감소되는 현상을 방지하기 위하여 반응가스에 NH₃를 사용하지 않는다. Fig. 7에 나타나듯 Al₂O₃ 함량이 증가할수록 SO₂/SO₃ 전환율은 증가하는 경향을 보였으나, 기존 석탄화력 발전소의 제한

기준인 1.0% 보다 낮은 것을 확인 할 수 있었다.

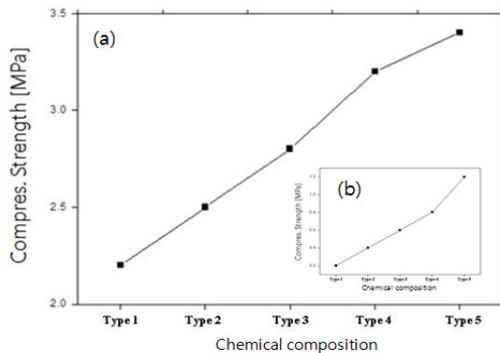


[Fig. 6] Effect of reaction temperature on the De-NOx efficiency

화석연료의 연소과정에서 배출되는 SO₂은 촉매상의 SCR 공정의 부반응에 의해 SO₃로 전환되고 300℃이하의 온도에서 환원제로 주입한 암모니아 및 수분과 반응하여 고상의 ammonium sulfate 또는 액상의 ammonium bisulfate 형태의 고부식성의 황산암모늄 및 황산을 생성한다. 이러한 황산암모늄 중 액상의 ammonium bisulfate의 경우, 모세 관력에 의해 촉매의 미세기공으로 축적되어 촉매의 활성을 감소시키는 비활성화를 유발할 뿐만 아니라 SCR 촉매 후단에 침적되어 부식 및 SCR 계통의 압력손실을 초래하여 설비 효율에 심각한 악영향을 초래하기 한다. 일반적으로 SO₂의 전환율은 반응온도가 높을수록 증가하며, 배기가스 성분 중 산소 농도에는 영향이 없다. 수분은 표면 바나듐 sulfate 중을 막아 산화를 억제하고, 촉매 활성점에 경쟁적으로 흡착하려는 성질을 가지는 암모니아가 존재할 경우 SO₂ 전환율은 급격히 감소하는 것으로 보고 있다.



[Fig. 7] Effect of Al₂O₃ content on the SO₂ oxidation



[Fig. 8] Effect of mixed ratio for Al_2O_3 on the compressive strength of honeycomb catalyst: (a)length wide (b) cross wide

SCR 하니컴형 촉매에 있어서 기계적 강도는 탈질 효율 못지않게 중요하다. SCR 하니컴 형 촉매는 제조 후 케이싱 작업, 운송, 장착, 탈착 등의 외부적인 진동 또는 충격이 있을 수 있고 보일러시설 운전 시 진동이나 연소가스의 물리적 ash에 의한 파손, 편류에 의한 파손이 있을 수 있다. 상기의 문제점을 극복하기 위하여 하니컴형 촉매의 기계적 강도를 촉매 규격으로 제한하고 있다. 발전소에서 요구하는 Length wide와 Cross wide의 기계적 강도는 각각 1.4 MPa와 0.6 MPa이다. Al_2O_3 함량에 따라 제조된 SCR 촉매를 50x50x50mm로 절단하여 UTM(Universal Testing Machine)으로 압력을 주어 파괴되는 점까지 힘을 측정하여 압축강도를 측정하였으며 그 결과를 Fig. 8(a)와 Fig. 8(b)에 나타내었다. Al_2O_3 첨가 비율이 높을수록 length wide와 cross wide 방향 모두 강도가 증가함을 확인 할 수 있었다. Al_2O_3 함량이 17%에 다다른 Type5의 경우 압축강도는 length wide은 3.4 MPa, cross wide의 경우 1.2 MPa으로 Al_2O_3 의 함량은 촉매 강도 증진에 효과적인 것을 확인하였다.

4. 결론

폐기물로 분류된 알루미늄 드로스를 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 로 재처리하여 고부가가치 세라믹 촉매 지지체로의 활용 가능성을 확인하기 위해 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ SCR 촉매를 제조하여 촉매 특성 및 활성 평가를 진행하였다.

알루미늄 드로스로부터 10% NaOH 용액을 이용하여 90% 순도를 가지는 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 를 회수 하였으며, 재처리된 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 를 활용하여 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ SCR 촉매를 제조하였다. Al_2O_3 첨가량(0~20wt%)에 관계없이 제조된 촉매는 실제 사용 온도에서 90% 이상의 촉매 효율을

보였으나, Al_2O_3 첨가량이 10wt% 일 때 가장 우수한 촉매 활성을 나타내었다. 첨가된 Al_2O_3 함량이 증가할수록 하니컴 촉매의 기계적 강도는 증가함을 확인하였으며, SO_2/SO_3 전환율도 함께 증가함을 관찰하였다. Al_2O_3 함량에 따른 SO_2/SO_3 전환율은 발전소 제한 규격인 1%에 미치지 못함을 확인하였기에 실제 발전소 환경에서 사용이 가능하다는 결론을 내릴 수 있다.

상기 결론으로부터 폐자원인 알루미늄 드로스로부터 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 를 재 자원화하여 세라믹 촉매로의 활용 가능성이 확인하였다.

References

- [1] Sang Hwan Kim, Won Hun Park, "A Study on the Development of Flue Gas Clean up Technology for Air Pollution Control", pp.93-122, *Korea Institute of Science and Technology*, 1991.
- [2] R. Andrew, Hind, K. Suresh, Bhargava, and Stelhen C. Grocott "The surface chemistry of Bayer process solids: a review", *Science direct*, Australia, Vol. 146, pp.359-374, 1999.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0927-7757\(98\)00798-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0927-7757(98)00798-5)
- [3] Gi-hyeon Kang, "Effect of TiO_2 Properties on the NO_x Reduction Efficiency in the SCR De- NO_x Catalysts Containing Mainly TiO_2 ", *Gyeongsang National University*, 2009
- [4] Bang Jin Jang, "The research of reaction characteristic and the improvement of efficiency of TiO_2 Catalyst for SCR in high temperature", *Graduate School Chonnam National university*, 2008
- [5] Se Min Park, "Selective Catalytic Reduction of Nitrogen Oxides Promoted by Storage Function", *Graduate School Chonnam National university*, 2010
- [6] Hyungkyu Park, HooIn Lee and Joonsoo Kim, "Preparation of Aluminum Hydroxide by Recycling of Aluminum Dross", *Resources Recycling*, Vol. 10, pp.8-15, 2001
- [7] V. I. Parvulescu, S. Boghosian, V. Parvulescu, S.M. Jung, and P. Grange, "Selective catalytic reduction of NO with NH_3 over mesoporous $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ catalysts", *Journal Catalysis*, Vol. 217, pp.172-185, 2003
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9517\(03\)00028-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9517(03)00028-9)
- [8] S. T. Choo, Y. G. Lee, I. S. Nam, S. W. Ham, and J. B. Lee, "Characteristics of V_2O_5 supported on

sulfated TiO₂ for selective catalytic reduction of NO by NH₃", *Applied. Catalysis*, Vol. 200, pp.117-188, 2000

- [9] San Sig Park, "Degradation characteristics and improvement of durability for TiO₂ based high efficiency honeycomb type SCR catalyst", *Gyeongsang National University*, 2010

배 민 아(Min A Bae)

[정회원]



- 2013년 2월 : 부산대학교대학원 재료공학(공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원

<관심분야>

환경, 에너지, 촉매

김 흥 대(Hong Dae Kim)

[정회원]



- 2002년 2월 : 경상대학교 세라믹 공학과(공학석사)
- 2010년 8월 : 일본나가오카 기술과학대학(공학박사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원

<관심분야>

세라믹 재료

이 만 식(Man Sig Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 부경대학교대학원 화학공학 (공학박사)
- 2004년 8월 ~ 2005년 7월 : University of British Columbia Post Doc
- 2005년 3월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 수석연구원, 울산대학교생명화학공학 겸임교수

<관심분야>

환경, 에너지, 재자원화 기술