

알루미늄 폐드로스를 활용한 세라믹 다공체의 제조

金起奭 · 朴濟賢 · *朴在九

漢陽大學校 地球環境시스템工學科

The Preparation of porous ceramic material from aluminum waste dross

Ki seok Kim, Jay hyun Park and *Jai koo Park

Department of Geoenvironmental System Engineering, Hanyang University

요 약

알루미늄 페드로스를 이용한 다공성 경량세라믹의 제조조건을 제시함으로써 페드로스의 요업용 원료로서의 재활용가능성을 살펴 보았다. 알루미늄 페드로스의 전처리 과정으로 4-7번의 수세와 900°C의 배소를 수행하여 수세와 배소 특성을 살펴보았다. 배소 후 페드로스는 XRD분석에 의해 스피넬상이 형성되었다. 배소된 페드로스는 슬러리 상태로 분쇄되었다. 분쇄시 슬러리의 분산성을 확보 하여 고농도의 슬러리를 제조하기 위해 분산조제 첨가량에 따른 분산특성을 살펴보았다. 다공체는 슬러리 발포법을 사용하여 제조 되었다. 발포조제로 계면활성제가 첨가되었으며 상온에서 자기체적의 2-3배로 발포된 후 성형-건조되었다. 3배 발포시켜 제조된 다 공체는 기공율이 약 84%, bulk 밀도는 약 0.59 g/cm³로 측정되었고, 50-500 μm 크기범위의 기공들이 형성되었다. 화상해석결과 다 공체 표면의 평균기공크기는 약 200 μm 였다. 알루미늄 페드로스 성형체는 1150°C-1250°C에서 소결되었으며, SEM관찰결과 1200°C에서 소결특성이 양호한 것으로 나타났다.

주제어 : 알루미늄페드로스, 페드로스 잔사, 다공성 소재, 세라믹 폼

Abstract

The recycling possibility of aluminum waste dross(AWD) as a ceramic raw material of porous light-weight material was examined. A aluminum waste dross was washed 4-7 consecutive times and roasted at 900°C for 1 hour as pre-treatments. The properties of the pre-treatment of aluminum waste dross was also investigated. It was confirmed by XRD result that the spinel crystalline was grown in AWD, after roasting. After the roasted AWD was ground in aqueous state, the sodium hexaphosphate(SHP) as a dispersant which is used for stabilizing the concentrated slurry was added to the AWD slurry. The porous material was prepared by slurry foaming method with surfactant at room temperature. The foamed slurry volumes were 2 and 3 times of the original slurry volume. The properties of porous material with extended volume of 3 times was following: the porosity was about 84%, bulk density was 0.59 g/cm³, the range of pore was from 50 μm to 500 μm and mean pore size was about 200 μm. AWD porous material was sintered at 1150°C-1250°C. It was concluded that AWD was sintered well at 1200°C from material surface observation by SEM.

Keywords : aluminum dross, dross residue, porous material, ceramic foam

1. 서 론

산업 폐기물의 일종인 알루미늄 드로스란 알루미늄 지금(base metal) 또는 스크랩을 용해시킬 때 용탕 표

면에 형성되는 산화물을 말한다. 또한, 드로스에서 잔류 알루미늄을 회수하고 남은 잔사(residue)는 알루미늄 페드로스 혹은 2차 드로스(aluminium waste dross or secondary dross) 혹은 알루미늄 드로스 잔사(aluminium dross residue)라고도 한다.^{1,2)} 산화가 매우 잘 되는 금속인 알루미늄을 용해하는 경우 항상 알루미늄 드로스가

*2004년 12월 16일 접수, 2005년 2월 16일 수리

*E-mail: jkpark@hanyang.ac.kr

발생하게 되며, 발생하는 드로스의 양은 스크랩의 성분과 용해방법에 따라 달라진다. 일반적으로 알루미늄 일차지금 용해시 장입량의 2~4%, 스크랩 용해시 5~15%, 폐켄 용해시 10~30% 정도의 드로스가 발생된다.³⁾

국내의 알루미늄 지금(地金) 수요는 2001년 872천여 톤, 2002년 953천여 톤으로 발표되었다. 알루미늄 재생지금의 경우에는 한국 알루미늄합금협회에 가입되어 있는 업체에서 약 15만여 톤을 생산하고 있으며, 기타 약 5만여 톤을 생산하는 것으로 추정된다.⁴⁾ 따라서 재생지금생산과 주조 및 가공 등의 공정에서 발생하는 드로스의 발생량은 연간 약 6만톤 정도로 추정되어 진다. 이중 드로스의 재용해를 통하여 약 2만여 톤은 금속 알루미늄으로 회수되므로 페드로스는 연간 약 4만톤 정도 발생하는 것으로 추정이 가능하다.⁴⁾ 또한 국내에서는 과거 알루미늄 드로스를 다양한 용도로 재활용하기 위한 몇몇 연구가 수행되었으나 아직 그 실용화에 관한 보고는 매우 미미한 실정이다.⁵⁻⁹⁾

입도가 큰 드로스는 재용해 과정을 거쳐 금속 상으로 회수하고 입도가 작은 드로스의 경우 NaOH를 이용하여 알루미늄을 수산화알루미늄 형태로 회수할 수 있다.¹⁰⁾ 알루미늄 드로스 미분으로부터 $Al(OH)_3$ 을 회수하고 남은 잔사인 알루미늄 페드로스 표면에는 $NaAlO_2$, NaOH 및 기타 유기물 등이 존재하게 된다. 따라서 알루미늄 페드로스를 무기질 물질상태로 이용하기 위해서는 수세과정과 배소과정의 전처리 공정을 거쳐야 한다. 전처리된 페드로스는 MgO, Al_2O_3 성분을 많이 함유하고 있다. 마그네시아는 세라믹의 소결성과, 내열충격성(thermal shock resistance)을 높이고, 열팽창 계수를 작게 하여 내열재료에 쓰이는 재료이다. 따라서 마그네시아가 다량 함유되어 있는 알루미늄 페드로스는 내열재료로 사용이 가능할 것으로 사료된다. 알루미늄 페드로스를 세라믹 원료로 이용한다면 건자재용이나 세라믹 내화물의 첨가제 혹은, 그 자체로 내화물 원료 등으로 활용가능성이 높다. 특히 다공체의 형태로 제조하여 경량화하면 수처리용 담체, 경량 내화물, 산업주물용 필터, 다공성 투수블럭, 방열·방음판 등 응용성의 확대가 기대된다. 본 연구에서는 알루미늄 페드로스를 다공성 소재 제조에 원료로 이용함으로써 페드로스의 오염원료로의 활용가능성을 알아보려고 한다.

2. 실험방법

2.1. 페드로스의 전처리

알루미늄 드로스를 파쇄하면 주로 큰 입자에 알루미

늄이 많이 함유되어 있고, 작은 입자에는 산화물이 많이 함유되어 있다. 따라서 체분리를 통해 큰 입자들은 재용해하여 알루미늄 금속을 바로 회수하고 작은 입자들은 NaOH로의 용출공정을 통해 수산화알루미늄의 형태로 알루미늄을 재회수할 수 있다. 이때, 큰 입자들에서 알루미늄 금속을 회수하고 남은 잔류물을 잔사1로 명하며, 작은입자로부터 잔류알루미늄을 침출, 여과 시키고 남은 잔류물을 잔사2, 그리고 여과물에서 수산화알루미늄을 회수하고 남은 침전물을 잔사3으로 명한다.

출발원료로 사용한 알루미늄 페드로스는 (주)알로하 테크로부터 입수한 시료로서, 잔사2가 주 구성물이며, 잔사1과 잔사3이 일부 포함되었다. 다공체를 제조하기 전, 전처리공정으로 페드로스를 pH 10.5 정도가 될 때까지 수세를 하였으며, 수세공정을 거친 페드로스를 60°C 건조기에서 24시간 건조시킨 후 900°C에서 1시간 동안 배소 하였다.

2.2. 페드로스 다공체 제조

분산된 페드로스 슬러리를 만들기 위해 에트리션 밀을 이용하여 페드로스를 분쇄하였다. 슬러리의 농도는 약 43 vol%로 조절하였으며, 분산제로 Sodium hexameta-phosphate(SHP, YAKURI Chemical)와 양이온성 폴리머인 polyethyleneimine(PEI, 평균분자량-25000, BASF)를 사용하였다. 페드로스 입자의 제타포텐셜은 혼합 슬러리와 동일한 방법으로 슬러리를 희석시켜 산과 염기를 일정량씩 슬러리에 첨가하여 측정하면서 측정하였다. 페드로스의 물성 평가를 위한 시료는 사분법을 통하여 구하였으며, 각 시료는 60°C에서 24시간 건조하여 밀봉된 용기에 보관 후 그 물성을 평가하였다.

페드로스를 이용한 다공성 소재의 제조방법은 Fig. 1

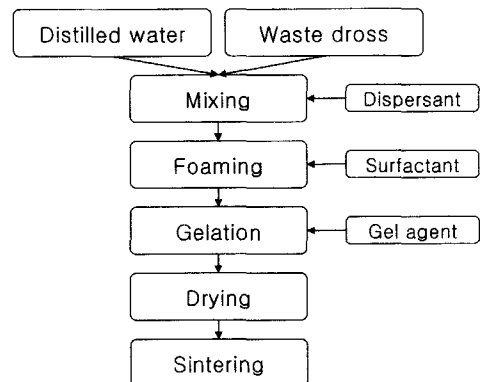


Fig. 1. Preparation process for porous ceramics.

과 같다. 수세 및 배소된 페드로스를 슬러리상으로 분산시킨 후 발포-성형-건조-소성공정을 거쳐 다공체를 제조하였다.^{11,12)}

페드로스 슬러리는 계면활성제를 이용하여 발포 후 바로 성형하였다. 페드로스 슬러리는 일반 슬러리 주입 성형의 요구농도인 50 vol.%에 못미치는 43 vol.%이므로 건조시간을 길게 유지할 필요가 있다. 여러 번의 건조시험결과 60°C, 90%의 습도의 항온습습기에서 약 10일 이상 건조되어야 눈에 보이는 크랙이 발생되지 않음을 확인하였다. 건조 후 페드로스 다공성 성형체는 1100, 1200, 1250°C에서 2시간동안 각각 소성되었다.

2.3. 실험기기

슬러리의 유동성은 viscometer(DV-II+, Brookfield Co.)를 사용하여 측정하였으며, 제타포텐셜은 제타미터(zetasizer2000, malvern Co.)를 이용하여 측정하였다. 또한, Mill은 회분식 어트리션밀을 사용하였으며, 입도 분석은 회절식 입도 측정기인 SALD2001 (SHIMADZU)을 사용하였다. 다공체 내의 기공의 크기와 표면양상은 FE-SEM(JSM-6330F, JEOL)을 이용하여 얻은 상으로부터 살펴보았다. 페드로스의 결정적 특성을 알아보기 위해 XRD(D-MAX III, Rigaku)를 이용하였다.

3. 실험결과

3.1. 페드로스의 전처리특성

알루미늄 페드로스를 요업용 원료로 사용하기 위하여 먼저 페드로스의 수세 및 배소를 수행하였다. 이에 대한 수세 및 배소가 알루미늄 페드로스의 성분에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 Table 1과 같이 페드로

Table 1. Classification of aluminum waste dross sample

	A-1	A-2	A-3	A-4
Washing	O	O	X	X
Roasting	O	X	O	X

스를 수세 및 배소 여부에 따라 구분하여 실험을 진행하였다. 수세는 4번 수행한 결과 pH 10.5까지 낮아졌으며, 그 이상 횟수의 수세로 pH가 더 감소하지는 않았다(Fig. 2).

Table 2는 수세 및 배소 여부에 따른 페드로스의 성분 변화를 나타낸 것이다. 본 실험에서 사용한 페드로스의 주성분은 알루미늄이므로 그 함량이 62~72%대에 달하였다. Residue1에 해당하는 드로스의 경우 알루미늄 함량이 대략 84%정도인 것과 비교하여 보면, 불순물이 많이 혼합되어 있음을 확인할 수 있다. 또한 배소 여부에 따라 알루미늄의 성분이 증가하는 것으로 보아 페드로스에 대략 10%정도의 금속상의 알루미늄이 존재하는 것으로 판단되어지며, 배소과정을 거치면서 알루미늄이 산화하여 알루미늄으로 측정되어진 것으로 사료된다. 또한, Na₂O의 경우 수세를 진행하였을 때, 그 양이 감소하는 것을 알 수가 있다. Na는 드로스에 원래 존재하고 있던 양뿐만 아니라, 수산화알루미늄을 용출시키기 위해 첨가한 NaOH때문에, 페드로스에 남아 있던 Na성분이 수세과정을 거치면서 제거되어진 것으로 판단된다.

알루미늄 드로스로부터 수산화알루미늄을 회수한 후의 잔사 즉, 페드로스의 수세 및 배소 여부에 따른 입도분포(Fig. 3)와 비표면적 측정 결과를 Table 3에 나

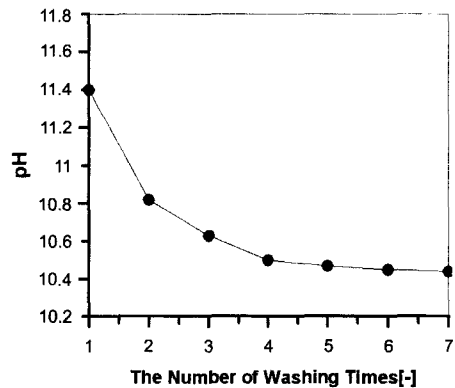


Fig. 2. pH vs. the number of washing of aluminium waste dross.

Table 2. Chemical composition for aluminum waste dross.

%	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Na ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO
A-1	72.2	11.3	7.4	3.3	3.1	1.6	1.2	0.5	0.2	0.1
A-2	64.7	9.8	6.9	2.6	2.7	1.6	1.4	0.4	0.2	0.1
A-3	70.1	10.9	7.2	5.0	2.8	2.0	1.6	0.5	0.2	0.1
A-4	62.1	9.5	6.8	4.0	2.5	1.9	1.5	0.4	0.2	0.1

타냈다. 일반적으로 입도가 작아질수록 입자의 비표면적은 커지는데 반하여, 페드로스의 비표면적은 입도에는 큰 영향 없이 수세 및 배소의 여부에 의하여 그 값의 차이를 나타냈다. 수세 후 페드로스의 비표면적은

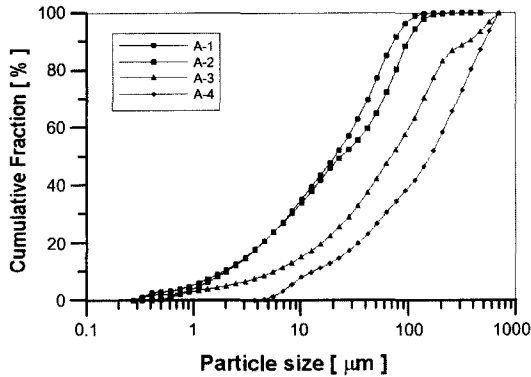


Fig. 3. Particle size distribution of aluminum waste dross.

21.3 m²/g에서 28.7 m²/g으로 증가하였고, 평균입도는 159 μm에서 24.7 μm로 감소하였다. 수세과정은 페드로스에 함유되어 있던 각종 유기성분 불순물질을 제거하였기 때문에, 수세후 페드로스의 비표면적이 증가한 것으로 보인다. 또한 수세과정에서 강한 교반영향과 페드로스 현탁액의 pH가 11이상의 강알칼리에서 pH 10.5까지 감소영향, 그리고 수세과정에서 회석된 액중 다양한 이온농도영향 등으로 인해 현탁액의 분산성이

Table 3. BET and mean particle size of aluminum waste dross with different washing and roasting.

Sample	Washing	Roasting	BET	Mean particle size(d ₅₀)
A-1	O	O	6.6 m ² /g	20.6 μm
A-2	O	X	28.7 m ² /g	24.7 μm
A-3	X	O	4.6 m ² /g	69.0 μm
A-4	X	X	21.3 m ² /g	159.3 μm

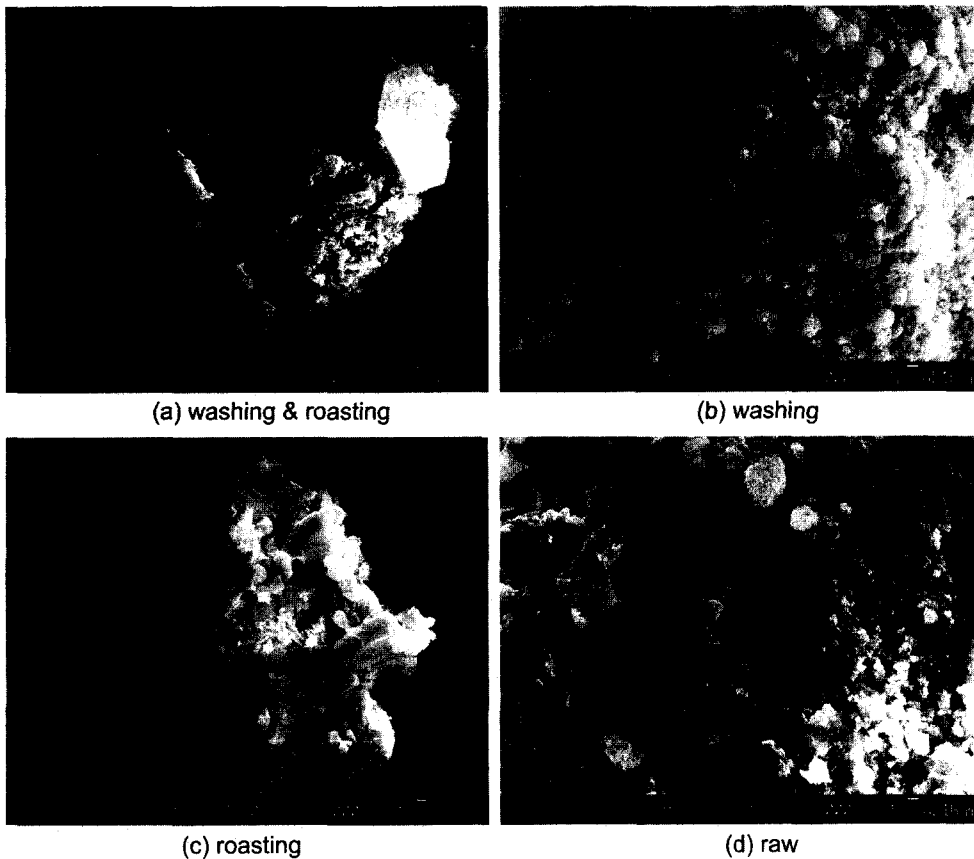


Fig. 4. SEM of aluminum waste dross powders.

향상되어서 평균입도가 감소한 것으로 보인다.

수세 및 배소 여부에 따른 알루미늄 페드ross 입자 형태를 Fig. 4에 나타냈다. (a), (b)는 수세를 한 알루미늄 페드ross 입자 형태이며, (c), (d)는 수세를 거치지 않은 페드ross 입자 형태이다. 배소된 입자들 중 배소 전 입자들에서 관찰되지 않았던 알루미늄 결정상으로 보이는 판상의 물질들이 관찰된다.

Fig. 5의 XRD 결과를 살펴보면, 알루미늄 페드ross는 다성분계인 특성상 노이즈가 심한 여러 피크가 존재함을 알 수 있었으며, 주로 $MgAl_2O_4$ 인 스피넬(Spinel)과 알루미늄 성분들의 구조를 가지고 있는 것으로 확인된다. 페드ross내에는 Al은 $MgAl_2O_4$ 과 Al_2O_3 의 형태로, Mg은 $MgAl_2O_4$ 과 MgO의 형태로 서로 공존하는 것으로 판단된다. 전체적으로, 배소를 거친 A-1, A-3의 $MgAl_2O_4$ 및 Al_2O_3 를 나타내는 피크가 좀 더 크게 나타남을 알 수 있었으며, 수세 여부에 따른 XRD패턴의 변화는 나타나지 않았다.

수세 및 배소를 시행하지 않은 A-4를 배소하였을 때, 입도는 $159.3 \mu m$ 에서 $69.0 \mu m$ 로 감소하였으나 비표면적은 오히려 $21.3 m^2/g$ 에서 $4.6 m^2/g$ 로 감소했다. 수세한 드ross의 경우에도 똑같은 현상이 발생했다. 배소 전 A-2와 배소 후 A-1은 입도는 약간 감소했으나 비표면적은 $28.7 m^2/g$ 에서 $6.6 m^2/g$ 로 감소했다. 알루미늄 페드ross내에 알루미늄은 α , γ , θ 상이 공존하기 때문에 일부에서는 알루미늄 드ross로부터 고순도 γ -알루미늄

를 회수하려는 연구도 수행되었다.^{13,14)} 하지만, 본 연구에서 사용된 원료는 NaOH를 이용하여 알루미늄 드ross로부터 수산화알루미늄을 회수하고 남은 2차 페드ross이기 때문에 불순물의 함량이 높아 감마알루미늄 같은 특정성분을 회수하는 것은 비경제적으로 판단된다. 실제 XRD(Fig. 5)결과를 보면 알루미늄상은 α 상이 많이 존재한다. γ 상 피크도 존재하여 적은 양이나 γ 상이 존재하는 것으로 보인다. γ -알루미늄은 비표면적이 약 $100\sim 200 m^2/g$ 정도 나오는 것으로 알려져 있는데¹⁵⁾ 배소 전 페드ross의 비표면적은 약 $20 m^2/g$ 정도로 일반 비다공성 입자상에 비해 높게 나타난 것으로 보아 γ -알루미늄이 배소 전 페드ross 상에 약간 포함된 것으로 보인다. Fig. 5의 XRD에서 $2\theta=65\sim 68^\circ$ 의 θ 상과 γ 상 피크를 비교하여 보면 배소 전 A-4와 A-2에서의 두 피크의 intensity의 크기는 비슷하여 피크구분이 되지 않는 반면, 배소 후 A-3와 A-1에서는 θ 상 피크의 intensity가 γ 상보다 더 크게 나타나 두 피크가 구분됨을 확인할 수 있다. 이는 온도가 올라감에 따라 γ 상이 θ 상으로의 전이(transition)가 발생하였기 때문으로 사료된다. 따라서 배소 후 페드ross내 알루미늄은 비표면적이 큰 γ 상(약 $100\sim 200 m^2/g$)에서 비표면적이 작은 θ 상(약 $50 m^2/g$)으로 전이되었기 때문에 전체 페드ross의 비표면적이 감소된 것으로 판단된다.

3.2. 슬러리의 유동성 평가

알루미늄 페드ross 슬러리에 SHP를 일정량 첨가하여 그 점도 변화를 살펴보았다. 혼합 슬러리의 거동양상과 같이 shear thinning 거동 양상을 나타내는 것을 알 수 있었으며, 전단 속도가 증가함에 따라 점도는 감소되었다(Fig. 6참조). SHP 최적 분산량은 2.4%였다. 알루미늄 페드ross 슬러리의 zeta-potential을 측정한 결과(Fig. 7) IEP는 대략 $pH=4\sim 5$ 정도로 일반 알루미늄의 IEP($pH=8.5$)보다 낮았다. 이렇게 페드ross의 IEP가 낮은 이유는 페드ross내 약 10%에 달하는 실리카 성분의 IEP($pH=2$) 영향 때문인 것으로 보인다.

알루미늄 페드ross 슬러리에 SHP를 첨가하였을 경우의 zeta-potential을 측정한 결과를 Fig. 8에 나타냈다. pH 4이상 범위에서 zeta-potential의 절대치가 증가한 것을 알 수 있었으며 최적의 SHP 첨가량인 2.4%를 첨가했을 때, $pH=10$ 에서 가장 큰 값의 zeta-potential을 얻을 수 있었다. 따라서 $pH=10$ 에서 SHP 2.4%첨가하였을 때, 알루미늄 페드ross 슬러리는 가장 좋은 분산안정성을 가지므로 이 조건에서 슬러리를 제

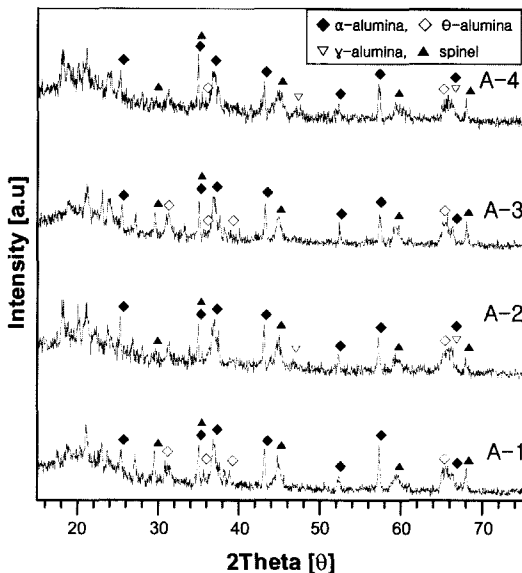


Fig. 5. XRD patterns of aluminium waste dross.

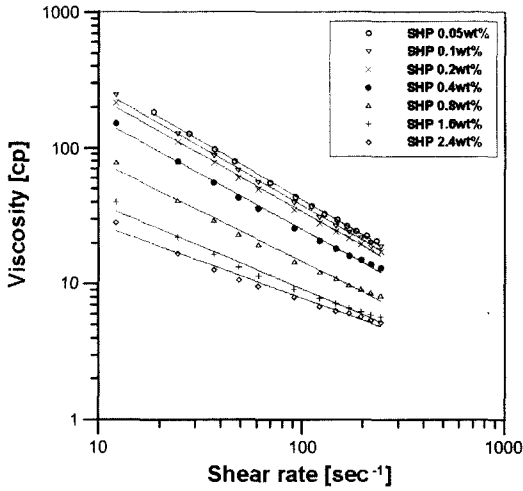


Fig. 6. Viscosity of aluminum waste dross at various SHP amount.

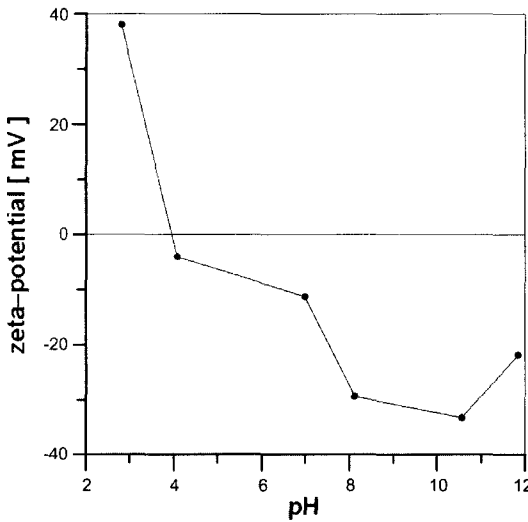


Fig. 7. Zeta-potential of aluminum waste dross.

조하였다. SHP의 또 다른 분산제로 폴리머인 PEI (polyethylenimine)를 이용하여 페드로스의 분산성을 확인했다. PEI는 양이온성으로 electrostatic dispersion 효과와 steric dispersion 효과를 이용하여 슬러리내 입자들을 분산시킨다. 폴리머 분산제는 입자표면에 흡착하여 분산효과를 나타내는데 폴리머의 농도가 낮아서 폴리머흡착량이 낮으면 폴리머가 입자들을 응집시키게 된다. 이런 bridging효과는 거의 모든 폴리머형 분산제에서 나타난다. 페드로스 슬러리에서도 PEI가 0.15%에서 3%첨가될 때까지 점도가 상승하는 bridging효과가 발생

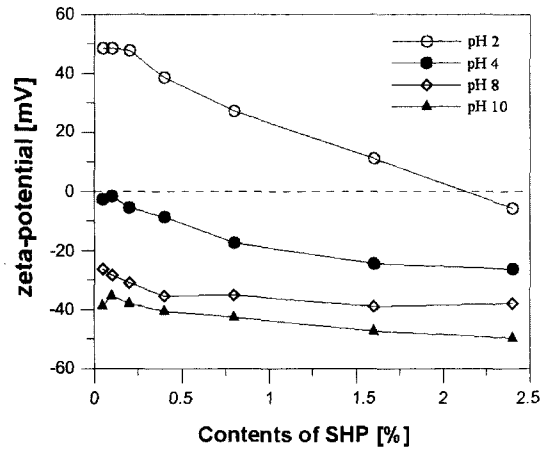


Fig. 8. Zeta-potential of aluminum waste dross vs. SHP amount.

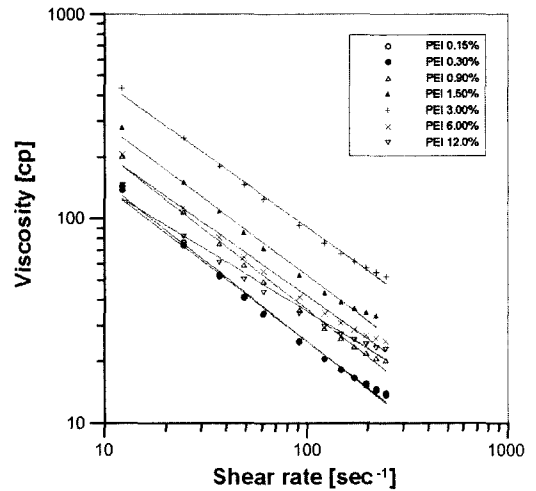


Fig. 9. Viscosity of aluminum waste dross at various PEI amount.

함을 확인 할 수 있었으며, 더 많은 양이 첨가되자 다시 점도가 낮아졌다(Fig. 9). Fig. 7과 Fig. 9의 점도측정결과로 보아 SHP가 PEI보다 알루미늄 페드로스 슬러리의 효과적인 분산제임을 확인할 수 있었다.

알루미늄 성분이 72%인 알루미늄 페드로스는 단일성분의 알루미늄에 비해 슬러리 분산성이 낮아 주입성형 (slip casting)이나 겔성형(gel casting)이 어려운 단점이 있음을 확인하였다. 슬러리 분산성이 감소하는 것은 알루미늄 페드로스가 마그네시아와 실리카 성분을 함유하기 때문으로 사료된다.

3.3. 페드로스 다공체 제조

분산된 페드로스 슬러리는 계면활성제에 의해 자기체 적의 약 2-3배를 갖는 슬러리로 발포되어 성형되었다. Table 4에서는 발포율을 2배와 3배로 조절하여 제조한

Table 4. Porosities and densities of aluminum waste dross foams.

Expansion ratio	2	3
Bulk density(g/cm ³)	0.85	0.59
Apparent density(g/cm ³)	2.48	2.04
Open porosity(%)	65.6	70
Closed porosity(%)	12.6	13.9
Total porosity(%)	78.2	84.9

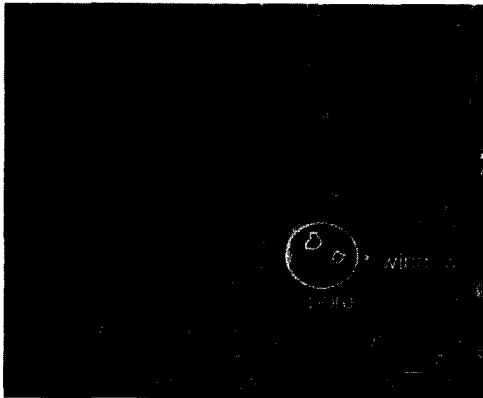


Fig. 10. The pore structure of waste dross porous materials sintered at 1200°C.

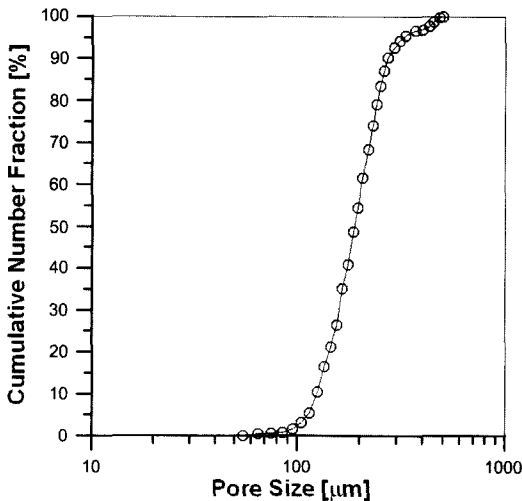


Fig. 11. Pore size distribution of AWD porous maerial.

알루미늄 페드로스 다공체의 기공율을 나타냈다. 다공체 제조공정에서 슬러리의 발포율이 증가하면 슬러리내 기체의 양이 증가하므로 발포율이 증가할수록 완성된 다공체의 기공율이 증가하고 bulk 밀도는 낮아진다. 발포율이 2배에서 3배로 증가하면서 전체 기공율은 78.2%에서 84.9%로 약 6.7%증가했다. 또한 열린 기공율(open porosity)와 막힌 기공율(closed porosity)의 전체 부피도 증가했다. 전체 기공중 막힌 기공이 차지하는 부피비율은 2배 발포 다공체의 경우 16.1%이며, 3배 발포의 경우 16.4%였다. 즉 3배 발포로 제조된 다공체의 막힌 기공비율이 약간 더 높았다. 이 차이로 인해 겉보기 밀도는 2배 발포 다공체보다 3배 발포 다공체가 더 낮게 계산되었다. 2배에서 3배로 발포비율이 증가했음에도 불구하고 막힌 기공율의 비율이 증가한 것은 발포 후 슬러리내 작은 기공이 많이 존재했었음을 시사한다. 페드로스 슬러리의 점성력은 기공의 성장을 방해하므로 작은 기공의 형태로 많이 존재하게 되므로 발포율을 높여도 막힌 기공율이 증가한 것으로 사료된다.

Fig. 10은 3배 발포한 다공체 표면의 SEM 사진이다. 다양한 크기의 기공이 많이 형성되어 있음을 확인할 수 있다. 다공체내 기공들은 내부에 다른 기공들과 연결되어 형성된 window(어두운 기공)가 많이 형성되어 있는 구조로 이루어져있다. 기공은 대략 50~500 μm의 크기에서 형성되었다. 화상해석을 통해 2차원상의 사진에 나타난 기공의 크기를 측정하여 그 개수 분포를 Fig. 11에 나타냈다. 화상해석을 통해 나타난 기공의 중위경(d₅₀)은 약 200 μm로 추정되었다.

건조 후 다공체는 각각 1150, 1200, 1250°C에서 2시간씩 소성되었다. 각각의 온도에서 소성된 다공체의 표면을 Fig. 12에 나타냈다. 1150°C 샘플의 표면은 거칠고 입자의 형상을 비교적 뚜렷이 확인할 수 있다. 반면, 1200°C, 1250°C로 소성온도를 높일수록 샘플의 표면들은 입자간 neck growth현상이 잘 발생함을 확인할 수 있다. 따라서 알루미늄 페드로스는 1200°C정도에서 충분히 소결 가능할 것으로 사료된다.

4. 결 론

알루미늄 페드로스를 원료로 다공성 세라믹을 제조하였다. 4번 이상의 수세와 900°C, 1시간 동안의 배소 전처리 공정을 거친 알루미늄 페드로스는 입도와 비표면적이 감소하여 세라믹 슬러리를 제조하는데 유리하였다. 슬러리는 분산제로 사용된 SHP를 이용하여 분산되

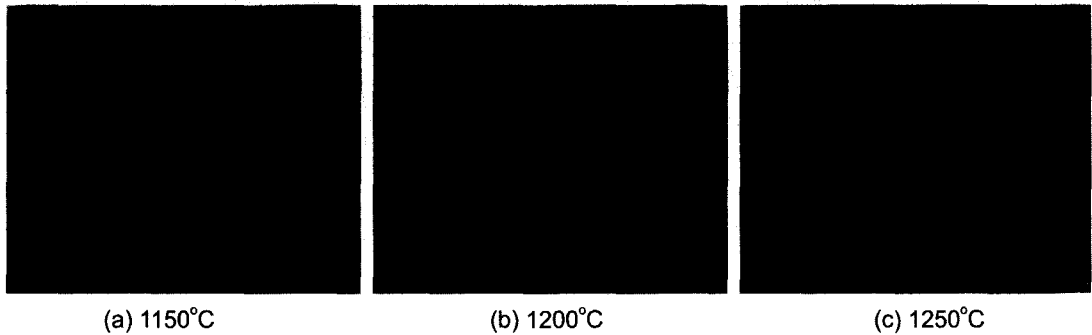


Fig. 12. SEM of surface of aluminum waste dross porous materials.

었으며, 분산성이 가장 안정하였던 SHP의 양은 액중 알루미늄 페드스양의 약 2.4%였다. 이 슬러리를 상온에서 발포함으로 다공성 성형체를 제조하였다. 성형체는 약 1200°C에서 소성이 되었으며, 소성된 다공체의 기공 크기는 50~500 μm 이었고, 평균기공크기는 약 200 μm 이었다. 알루미늄 페드로스 슬러리의 발포공정을 제어함으로써 기공율 최대 84%까지의 다공성 세라믹을 제조할 수 있었으며, 이 때의 bulk밀도는 약 0.59 g/cm^3 이었다. 알루미늄 페드로스내 마그네시아 성분이 약 7%포함되어 있어서 제조된 다공성 세라믹은 경량 내화물이나 단열재, 흡음재 등으로 사용 가능하다.

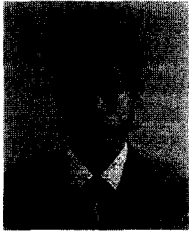
참고문헌

1. Necip, U and Michel G. D., 2002: Comparison of salt-free aluminum dross treatment processes, Resour., Conservation and Recycling 36, p.61.
2. Khoei A. R., Masters I. and Gethin D. T., 2002: Design optimisation of aluminum recycling processes using Taguchi technique, J. Mater. Process. Tech. 127, p.96.
3. Kulic G.J. and Daley J.C. 1990: Second International Symposium on Recycling of Metals and Engineered Materials, Ed. by J.H.L. van *et al.*, TMS, p.427.
4. 김종각, 2002: 알루미늄 압연 산업동향, 제2회 알루미늄 산업 세미나 발표집, 한국비철금속협회, p.81.
5. 박형규 외5인, 2003: 알루미늄드ross의 세라믹원료화 처리기술개발, 과학기술부 보고서.
6. Lavoie, S., Dube, C. and Dube, G., 1990: The Minerals, Metal & Materials Society, Light Metals, p.981.
7. Schmoll, E., 1986: Recycling in Secondary Aluminium Smelting Works treatment of Salt Slag, Sulzer Technical Review, p.25.
8. 박은화, 임남웅, 이경아, 2003: 폐알루미늄 드ross와 유리 cullet를 이용한 발포성 단열재 개발, 한국폐기물학회지, 12(4) pp. 247-259.
9. 한국환경정책평가연구원, 1997: 폐기물 관리정책의 평가와 개선방안 연구.
10. Kevorkijan, V. M., 1999: The quality of aluminum dross particles and cost-effective reinforcement for structural aluminum-based composites, Composite Sci. & Tech. 59, p.1745.
11. 박재구, 이정식, 1998: Preparation of Porous Inorganic Materials by Foaming Slurry, 한국세라믹학회지, 35(12), p.1280.
12. Montanaro, L., Jorand, Y., Fantozzib, G and Negroa, A. 1998: Ceramic Foams by Powder Processing, J. Euro. Ceram. Soc., 18, p.1339.
13. Ezzat, A. El-Katamy *et al.*, 2003: Surface composition, charge and texture of active alumina powders recovered from aluminum dross tailings chemical waste, Powder Tech., 132, p.137.
14. Ezzat, A. El-Katamy *et al.*, 2000: Recovery of ethene-selective $\text{FeO}_x/\text{Al}_2\text{O}_3$ ethanol dehydration catalyst from industrial chemical wastes, Applied Catalysis A: General, 199, p.83.
15. Schuth, F., Sing, K.S.W. and Weitkamp, J., 2002: Handbook of Porous Solids, Wiley-VCH Weinheim, p.1626.



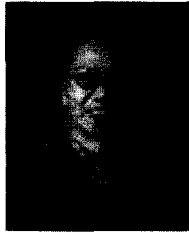
金 起 奭

- 2002년 漢陽大學校 地球環境建設工學部 學士
- 2004년 漢陽大學校 地球環境建設工學部 碩士
- 현재 韓國石油公社 社員



朴濟賢

- 2000년 漢陽大學校 資源環境工學科 碩士
- 2003년 漢陽大學校 地球環境시스템 工學科 博士修了
- 현재 漢陽大學校 地球環境시스템 工學科 博士課程



朴在九

- 1984 東京大 대학원 공학석사
- 1988년 東京大 대학원 공학박사
- 1992년 도시바세라믹스 中央研究所
- 현재 漢陽大學校 地球環境시스템 工學科 教授

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解說	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解說, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調查의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解說하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外的 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 階霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 揭載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.