

알루미늄 페드로스로부터 수산화알루미늄 시험생산 결과

*李厚仁, 朴馨圭, 金俊秀
韓國地質資源研究院

Result of Test Run for Production of Aluminum Hydroxide by Recycling of Waste Aluminum Dross

*Hoojin Lee, Hyungkyu Park and Joonsoo Kim
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Yusong-gu, Daejeon 305-350, KOREA
(*: e-mail: hilee@kigam.re.kr)

요 약

본 연구에서는 국내 재생 알루미늄업체에서 발생된 알루미늄 페드로스를 수산화나트륨 용액으로 침출하여 페드로스 중의 잔류 알루미늄을 용액 상으로 침출, 분리시킨 다음, 침출용액 중에서 알루미늄 성분을 수산화알루미늄으로 제조하는 연구를 수행하였다. 또한, 연구결과에 상용화를 위하여 시험생산라인을 건설하고, 수처리 응집제용으로 사용하기 위한 시제품을 시험 생산하였다

1. 서론

알루미늄드로스를 재용해하여 잔류하는 알루미늄 금속을 회수하고 발생하는 것이 페드로스(waste dross)로서, 이것을 재(ash)라고도 한다. 국내에서는 연간 약 6만 톤의 알루미늄드로스가 발생하는 것으로 추정된다. 국내 대부분의 알루미늄 재생업체에서는 드로스 중의 잔류 알루미늄을 회수하는데 중점을 두고 있다. 처리방법으로는 드로스를 도가니로에서 1차 또는 2차로 재용해하여 드로스 중의 잔류 알루미늄을 회수함으로써 페드로스의 양을 줄이고 있다. 페드로스의 발생량은 연간 4만톤 정도 발생된다. 페드로스는 일반폐기물로 취급되어 주로 매립 처리하였는데, 환경보전과 매립 비용상승으로 인하여 페드로스의 감량화 및 재활용을 위한 대책 마련이 필요하다.

알루미늄 페드로스에도 일반적으로 15% 이상의 금속 알루미늄이 잔류한다. 본 연구에서는 알루미늄 페드로스의 잔류하는 알루미늄 성분을 수산화나트륨 용액중으로 추출하여 수산화알루미늄으로 회수하는 연구를 기 수행하였고¹⁾, 연구결과를 상용화하기 위한 시험생산라인을 건설, 시운전하였다. 아울러 시험생산 결과를 발표함으로써 개발기술을 보급, 활용하고자 한다.

2. 시운전

2.1. 시험생산라인 설치

적용 공정은 그림 1 공정도와 같다. 페드로스로부터 수산화알루미늄을 제조하는 방법을 요약하면, 드로스를 파쇄, 분급 등을 거쳐 입자가 큰 것과 작은 것을 분류한 다음, 입자가 큰 것은 재용해를 통해서 Al 금속을 바로 회수하고, 입자가 작은 것은 NaOH 용액으로 침출하여 페드로스 중의 알루미늄금속을 분리해서 수산화알루미늄으로 회수하며, 침출 시에 발생된 잔사는 세척, 건조, 배소 등을 통해서 세라믹 원료로 재활용하는 것이다. 이와 같이 페드로스 중의 잔류 알루미늄을 회수하고, 페드로스 잔사를 세라믹 원료로 재활용함으로써 발생하는 폐기물의 양을 감소시켜 페드

로스 처리비용을 줄이고 환경보존에 기여하고자 하였다.

시험 생산라인은 충남 금산군 추부면 추정리 454 번지 (주)알로하테크에 설치하였으며, 설치규모는 1일 24시간 기준해서 연간 1,000톤의 드로스를 처리하여 500톤의 수산화알루미늄을 생산할 수 있는 규모로 장치를 제작, 시운전하였다²⁾. 또한, 그림 1에 표시한 단위공정들에서 사용한 주요 장비들 및 용량을 각 공정별로 기술하면 표 1과 같다. 표 1에서 침출(leaching) 공정은 'LH'로, 석출(precipitation) 공정은 'PT'로 약칭하였다.

2.2. 시운전방법

시운전 시료는 (주)알로하테크에서 알루미늄 스크랩을 용해해서 재생 알루미늄 잉곳트를 제조하는 과정에서 발생한 드로스이다. 사용한 페드로스 시료의 성분분석결과는 표 2와 같고, 시료중의 잔류 알루미늄 함량은 평균치로 약 35%였다. 수산화나트륨은 (주)동양제철화학에서 생산한 50% NaOH(비중: 1.53)를 사용하였다. 원료 NaOH의 함량은 표 3과 같다.

먼저, 수산화나트륨 용액의 농도를 10%로 조절한 후, 일정량을 펌핑하여 침출조에 장입시키고 침출조의 교반기를 가동시킨다. 다음, 백에 담긴 드로스 시료를 사진 5-3과 같이 드로스 장입호퍼에 담은 다음, vibrating feeder를 사용하여 일정량씩 내보내고 장입호퍼 밑에 설치한 air blower를 가동시켜 관을 통하여 침출조로 장입하였다. 드로스 시료 장입속도는 약 3kg/분이었다.

이와 같이 침출 반응을 시켜 페드로스 중의 잔류 알루미늄 성분을 용액 중으로 분리 회수한다. 침출 공정에서는 침출조를 2대 사용하여 첫번째 침출조에서 침출을 행한 후 파이프를 통하여 여과기로 이송, 여과 및 배출하는 동안 두 번째 침출조에서 침출을 행한다. 시료 장입부터 배출 완료까지의 1회 조업에 약 4시간이 소요된다. 이 과정을 반복하면서 침출이 연속적으로 이루어진다. 필터프레스에서 여과한 액은 마이크로 필터를 거쳐 석출조로 이송한다. 1일 여과액은 모두 한 대의 석출조에 모으고 석출조에 Al(OH)₃ seed를 일정량 장입하여 72시간 동안 석출을 시킨다. 석출 공정에서는 석출조를 3대 사용하였다. 석출 후 슬러리 상태의 시료를 여과하여 용액은 침출공정으로 재순환시키고, 석출물은 수세, 여과를 3번 행하여 최종 제품인 수산화알루미늄 분말을 회수하였다.

Table 2. Chemical composition of the used waste aluminum dross, wt%.

Chem. Comp.	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn	Al
Average	1.86	1.54	0.47	3.85	0.15	0.80	0.82	res

Table 3. Chemical composition of the used sodium hydroxide, wt%.

Chem. Comp.	Na ₂ CO ₃	NaCl	Fe ₂ O ₃ (ppm)	Na ₂ SO ₄	NaOH
Average	0.07	0.99	6.91	0.013	50.08

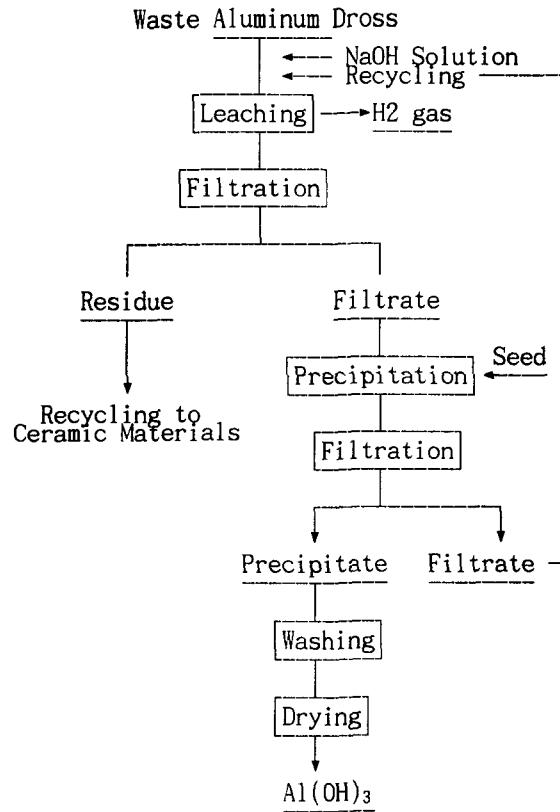


Fig. 1. Schematic flow sheet for recycling of aluminum dross.

Table 1. Main equipments of unit processes at the demonstration plant.

No.	Equipment	Qty.	Capa.	Unit Process
1	Charging Equip.	1	1 ton	Leaching(LH)
2	Filter Press	2	5 ton/hr	Filtration-LH/PT
3	Micro Filter	1	3 ton/hr	Filtration-LH
4	Washing Tank	1	5 ton	Residue Washing
5	Leaching Tank	2	15,000 L	LH
6	Leachate Tank	1	5,000 L	Holding
7	Precipitation Tank	3	20,000 L	Precipitation(PT)
8	Ppt. Holding Tank	1	20,000 L	Holding
9	ALOHA Washing Tank	1	10,000 L	Al(OH) ₃ Washing
10	NaOH Tank	1	15,000 L	LH
11	NaOH Measuring Tank	1	7,000 L	LH
12	Water Tank	1	15,000 L	LH, Washing
13	Pump & Piping	4	Slurry	Transferring
14	Container	3	3,000 L	Al(OH) ₃ Holding
15	Scrubber	1	100 M ³	Gas Purifying

3. 시운전 결과

3.1. 회수율

페드로스 시료 약 4톤을 사용하여 시운전을 행하였다. 11회 침출을 하고, 7회 석출 시험을 하였다. 전술한 시운전 방법에 따라 1회 침출시 드로스 장입량 360kg, 10% NaOH 용액 2,100 liter를 기준하고, 용액의 광액밀도(pulp density) 14%, 용액 중 알루미늄과 소오다 성분의 비(A/C ratio)는 0.55 범위에서 석출까지의 전 공정을 시험하였다.

시운전시 실험 조건과 수산화알루미늄 시제품 생산결과를 정리하여 나타내면 표 4와 같다. 이 표에서 회수율은 페드로스에 함유된 35%의 Al 성분이 전량 침출 및 Al(OH)₃로 석출된 것을 100%로 기준하여 실제 회수된 수산화알루미늄 양을 비교한 값이다.

3,888kg의 페드로스를 투입하여 2,485kg의 수산화알루미늄을 회수하였다. 페드로스 중의 알루미늄이 전량 석출된 경우에 비해 약 63.2%의 회수율을 달성하였다. Loss 발생의 주요 원인은 침출 후 여과 케익에 함유되어 나가는 침출액(NaAlO₂) 손실이다. 이외에 석출 공정에서도 일부 석출이 안 된 것이 있을 수 있으나, 침출 후 여과 케익의 함수율이 약 30%인 점을 감안하면 석출 공정에서는 침출액 중의 NaAlO₂가 대부분 수산화알루미늄으로 석출되었다고 볼 수 있다.

침출 후 필터프레스로 시료를 여과했을 때 여과 케익으로 함유되어 나가는 침출용액의 손실은 피할 수 없다. 따라서, 여과 케익을 물로 세척할 때 여과 케익 중의 침출액을 세척수와 희석하고 세척수를 공정으로 재순환시킴으로써 여과 케익에서의 침출액 손실을 줄이는 방안을 적용할 필요가 있다고 사료된다. 이는 본 연구결과를 양산에 적용시 보완해야 할 사항이다.

Table 4. Recovery of Al(OH)₃ in the test run.

LH Test NO.	Amount of Dross,kg	Amount of 10% NaOH, ℓ	PT Test NO.	Amount of Al(OH) ₃ , kg	Recovery, %
1	368	2172	1	232	62.4
2	344	2060	2	207	59.5
3	350	2065	3	228	64.4
4	306	1800	4	216	69.8
5	360	2100	5	444	61.0
6	360	2100			
7	360	2100	6	468	64.3
8	360	2100			
9	360	2100	7	690	63.2
10	360	2100			
11	360	2100			
합계	3,888	22,797		2,485	63.2

3.2. 시제품의 물성

시험 생산한 석출물을 건조후 XRD 분석을 행한 결과 수산화알루미늄으로 확인되었다. 또한, 시제품을 샘플 채취하여 대기 중에서 자연 건조시킨 다음 화학성분과 입도 및 백색도를 분석하였다. 분석시에는 시약 및 시판용 수산화알루미늄 몇 가지를 같이 분석하여 시제품의 물성을 비교 검토

하였다. 시험결과들을 정리해서 나타내면 표 5와 같다. 표에서 시료번호 1은 국내산 시약, 2는 국내산 수처리응집제용 Al(OH)₃ wet품, 3은 일본산 Al(OH)₃ 시약, 4는 미국산 Al(OH)₃ 시약이고, 5는 본 시험에서 생산한 시제품이다.

화학성분 분석결과에서 수분 측정은 자연 건조한 Al(OH)₃ 시료들을 오븐에서 110°C로 2시간 건조한 후의 무게 감량을 측정한 것이다. 시제품의 경우 수분 함량이나 다른 성분들은 시약이나 시판용 제품과 별 차이가 없으나, Fe와 Na 성분이 높게 나왔다. Na 경우에는 제품 세척이 충분치 않았기 때문인 것으로 생각된다. 이는 3차 세척시 충분한 양의 물을 사용하거나 세척을 1회 더 함으로써 해결할 수 있을 것으로 판단된다. Fe 경우에는 표 2에 나타낸 바와 같이 시운전시 사용한 페드로스 시료에 Fe 성분이 1.54%나 되는 많은 양이 함유되었던 것에 기인한다고 사료된다. 향후 양산적용 시에는 제품내 Fe 성분의 제거에 유의하여 조업을 행해야 할 것이다. 시제품의 순도는 Al₂O₃ 함량으로 97% 정도라고 할 수 있다.

시험품의 입도는 Malvern사 모델명 Mastersizer 2000을 사용하여 측정하였다. 분석결과 시험품인 시료번호 5의 입도 분포가 제일 균일하고, 평균 입자 크기도 1 μm로서 가장 미세하다. 이 결과로부터 시험품의 입도 특성은 우수하다고 판단된다. 그리고, 수산화알루미늄을 난연제나 플라스틱 등 화학제품의 충전제로 사용하는 경우에는 백색도가 제품의 요구사항이 된다. 백색도는 KETT Electric Lab. 분석기를 사용하여 측정하였다. 분석결과 시험품의 백색도가 가장 우수하였다.

이상의 물성분석 결과로부터 페드로스로부터 제조한 Al(OH)₃ 시제품은 물성이 양호한 것으로 판단된다. 입도나 백색도 특성을 고려하면 시제품을 수처리응집제보다 고가인 난연제나 플라스틱 충전제로 사용하여도 될 것으로 생각된다. 그러나, 화학 성분중 Na 성분이 많고, 불순물로서 Fe가 다른 제품에 비해 많은 점은 향후 개선해야 할 사항이다.

Table 5. Properties of Al(OH)₃ in the test run compared with several commercial products (sample No.1-4: commercial ones, No.5: the prepared sample)

Sam-ple	Chem. Composition, %							Particl Size, μm		Whiteness (Average)
	Moisture	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	X ₁₀₋₉₀	Average	
1	0.2	0.0046	0.01	0.75	0.12	0.0021	0.014	24.21-93.18	50.89	81
2	0.3	0.0056	0.01	0.77	0.12	0.002	0.012	45.50-111.14	71.33	89.1
3	0.5	0.0053	0.01	0.82	0.10	0.0016	0.025	4.63-72.03	25.99	92.9
4	0.2	0.0027	0.01	0.84	0.10	0.0017	0.026	3.5-66.25	23.29	94.7
5*	0.5	0.022	0.01	2.95	0.09	0.0028	0.016	2.04-28.02	11.22	94.7

4. 결론

본 연구에서는 알루미늄페드로스의 재활용을 위하여 기 수행한 연구개발결과를 상용화하기 위한 전 단계로서, 연간 1,000톤의 알루미늄 페드로스를 처리하여 500톤의 수산화알루미늄을 제조할 수 있는 시험 생산라인을 건설, 시운전하였다. 시운전 결과 3,888kg의 알루미늄 페드로스를 투입하여 2,485kg의 수산화알루미늄 시제품을 생산하였으며, 적용기술의 재현성도 확인되었다.

시제품은 순도가 97% 이었고, 분말 입도는 평균 11.22 μm , 백색도 94.7로서 입도와 백색도는 시판용 제품보다 우수하였다. 시제품 수산화알루미늄 분말은 황산알루미늄, 염화알루미늄 등 수처리 응집제 제조 원료로 사용될 수 있을 것으로 판단되며, 또한 보다 부가가치가 높은 용도를 위해서 향후 순도 향상을 개선하는 연구가 필요하다고 생각된다. 본 연구에서의 적용기술을 알루미늄드روس의 효율적인 처리 방안의 하나로 제시하며, 연구결과가 관련업계에 보급, 활용되기를 기대한다.

참고문헌

1. 박형규, 이후인, 김준수: “알루미늄드로스로부터 수산화알루미늄 제조”, 한국자원리싸이클링학회지, 10(5), pp.8-15 (2001).
2. 박형규 외6인: 산업자원부 연구보고서 1998-E-ID06-P-03, “알루미늄드로스로부터 수산화알루미늄 제조사업” (2002).