

국내 알루미늄 드로스의 처리공정에 관한 연구

박형규 · 이후인 · 김준수 · 윤의박*

한국자원연구소, 한양대학교*

Pretreatment for Recycling of Domestic Aluminum Dross

Hyungkyu Park, HooIn Lee, Joonsoo Kim, Euipak Yoon*

Korea Institute of Geology, Mining and Materials, Taejon, KOREA

Hanyang University, Seoul, KOREA*

요 약

알루미늄 드로스의 처리는 드로스의 특성과 처리후 발생될 페드로스의 용도를 고려해서 처리하여야 한다. 이 연구에서는 선정된 시료의 성분과 처리 과정중의 성분변화 등을 조사하였으며, 분급과 같은 예비처리를 하여 드로스 입자가 큰 것은 재용해를 통해서 Al 금속을 바로 회수하고, 입자가 작은 것은 배소, 침출과같은 예비처리를 해서 드로스 중의 염과 금속성분을 분리, 제거시킴으로써 폐기해야 할 드로스의 양을 줄였다. 드로스를 분급하여 바로 재용해하기 위한 입도의 분급 기준은 300 μ m가 적당하였다. 또, 페드로스의 재활용을 용이하게 하기 위하여 black 드로스를 처리후 발생된 페드로스를 배소한 결과 페드로스에 함유된 대부분의 금속 알루미늄을 알루미늄으로 산화시킬 수 있었다. 이것으로 보아 페드로스는 배소하여 함유된 성분들을 산화물 상태로 변화시켜서 알루미늄아시멘트, 타일과 같은 요업재료나 알루미늄 제조원료로 재활용하는 것이 바람직하다.

ABSTRACT

For recycling aluminum dross, the characteristics of dross and its reutilization after processing should be considered. Aluminum dross was classified according to its size in this study. The dross larger than 300 μ m was directly re-melted to recover aluminum, and the smaller dross was leached and roasted to separate the existed salt and to oxidize the metals contained in the dross. As a result, amount of the dross used to be discarded after processing could be reduced. Also, the chemical compositions of a domestic aluminum dross and the changes in compositions during processings were investigated, and found that most metallic aluminum in the dross was changed into aluminum oxide through the roasting. The processed dross would be utilized for materials such as alumina, alumina cement or tiles.

1. 서론

알루미늄 지금 및 스크랩 용해시에는 용탕 표면에 알루미늄 산화물이 주성분인 드로스가 발생된다. 발생하는 드로스의 양은 작업온도, 용해재료, 용탕으로부터 드로스의 분리 방법 및 사후처리 등의 여러가지 조업변수에 의해 좌우된다.

알루미늄 드로스는 용해후 지금으로 주조할 때 걸어내거나, 알루미늄 용탕을 주형에 부은 후 도가니에 남게 되는데, 알루미늄 1차지금 용해시에는 장입량의 2-4%, 일반 알루미늄 스크랩 용해시에는 5-10%, 알루미늄 폐켄 용해시에는 10-30%¹⁾ 정도의 드로스가 발생된다. 제생 알루미늄 제조시에는 드로스가 발생됨으로 인해서 상당량의 금속 알루미늄이

손실되며 발생한 드로스는 재처리 후 매립을 해야하기 때문에 이들 드로스를 처리하기 위해 많은 비용과 시간이 소요된다. 발생한 드로스는 알루미늄 스크랩을 재활용하는데 있어서 반드시 고려하여야 할 사항으로서 자원 재활용과 환경보존 차원에서 효과적인 처리기술 대책이 필요하다.

드로스는 통상 white dross, black dross, salt cake 이라고 하는 세 종류로 대별된다. 알루미늄 금속 자체만을 용해하거나, 용해후 주조하기 전에 용탕표면이 산화된 것을 걸어낸 드로스를 white 드로스라고 한다. White 드로스는 덩어리 크기가 꽤 클더러 알루미늄 금속이 많아서 이를 재용해하면 드로스 무게의 15-70%까지의 알루미늄 금속을 회수할 수 있다. White 드로스는 대부분 반사로나 도가니로에서 재용해하여 알루미늄을 회수하고, 여기서 발생한 드로스는 black 드로스와 함께 재용해 한다. Black 드로스는 알루미늄 스크랩을 용해시 용탕의 표면산화를 방지하고 용탕내 불순물의 분리를 향상시키고자 용제(flux)를 사용한 경우에 생긴 드로스를 말한다. Black 드로스는 용탕에서 걸어낸 후 응고하기 전에 원심분리나 squeezing 방법을 사용하여 드로스에 묻어있는 금속 알루미늄을 회수하고 폐기하거나, 회전형로 또는 도가니로에서 NaCl, KCl이 주성분인 염(salt)과 함께 용해하여 아직도 남아있는 알루미늄 금속을 회수한 후 매립등의 방법으로 폐기한다. Black 드로스의 처리시에는 드로스 양의 12-18%의 알루미늄을 회수할 수 있다고 한다. 그리고, black 드로스를 약 50% 중량의 염과 함께 재용해하고 남은 드로스를 salt cake라 하며, 이와 같이 드로스는 세가지로 구분한다. Salt cake에는 3-5%의 알루미늄이 존재한다²⁾. Salt cake는 대부분 매립 처리하였는데, 최근에는 이것을 물에 용해하여 염성분을 수용액상으로 분리시키고 이 용액을 가열, 농축시켜서 염을 회수한 후 재사용하는 방법을 Italy Engitec Impianti Co. 등에서 개발하였다³⁾.

드로스 처리시에는 최종적으로 드로스를 용해하여 알루미늄 금속을 회수하고 산화물들은 페드로스로 발생시켜 매립하거나 다른 용도에 사용하도록 모아두는데, 용해 전에 파쇄, 분급 등의 예비처리를 한다. 예비처리를 거치면 입자가 큰 것에는 알루미늄 금속이 많이 존재하고, 입자가 작은 것에는 알루미늄산화물과 길은 산화물이 많다. 이와같이 입자가 큰 것과 작은 것을 별도로 처리함으로써 드로스 처리의 효율성을 높이는 것이 일반적 방법이다. 미국, 캐나다 등 알루미늄 주요 생산국에서는 알루미늄 2차치금 생산시 알루미늄 드로스의 발생량 감소 및 발생 드로스의 처리 기술에 많은 관심을 갖고 기술개발을 추진하면서 드로스로부터 알루미늄 금속 회수나 페드로스 발생량의 감소등 일부에 있어서 상당한 성과를 거두고 있다. 그러나, 페드로스의 재활용

기술이나 용도개발 면에서는 이들 나라에서조차 아직까지도 경제적으로나 기술적인 면에서 두드러진 연구개발 결과는 발표되지 않고 있는 실정이다. 미국에서는 연간 약 80만톤의 드로스가 발생되고 있는데^{2,4)}, 발생한 드로스는 드로스 중의 알루미늄을 회수하여 폐기해야 할 드로스의 양을 줄인 다음 매립처리하는 것이 일반적이었다. 최근에는 미국내 매립지 부족과 매립비용 상승으로 인해 드로스의 재활용 기술개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 드로스 용해방법으로서 구미에서는 현재까지 회전형 반사로에서 염과 함께 드로스를 용해하는 Rotary Salt Furnace (RSF) 공법⁵⁾을 가장 많이 사용하고 있는데, 최근에는 페드로스의 발생량을 줄이기 위하여 염을 사용하지 않는 Plasma Rotary Furnace (PRF) 공법⁶⁾이 개발되었다.

국내 알루미늄 드로스는 연간 약 20,000톤 정도가 발생된다고 추정 보고되었다⁷⁾. 이 드로스는 알루미늄 제생업체에서 자체적으로 처리하고 있는데, 처리방법은 드로스를 도가니로에서 1차, 2차로 재용해하여 드로스 중의 알루미늄을 회수하고 폐기해야 할 페드로스의 양을 줄이는 것이 대부분이다. 페드로스는 일반폐기물로 취급되어 매립처리하는 것이 일반적이다. 여태까지는 발생한 페드로스가 환경을 해칠 정도로 유해하지가 않았고, 또 발생량도 많지 않아서 드로스 처리에 대한 연구나 기술개발에 대한 노력이 부족하였으나 향후에는 재생 알루미늄의 양이 많아지고 그에 따른 드로스 발생량의 증가 및 환경오염에 대한 규제가 심해질 것이 예상되기 때문에 국내에서도 알루미늄 드로스의 처리에 관한 기술적인 검토와 연구가 절실하다. 따라서, 본 연구에서는 페드로스를 분급, 침출과같은 예비처리를 한 후 드로스를 용해함으로써 드로스내의 알루미늄 회수와 동시에 처리해야 할 페드로스의 발생량을 줄였다. 특히, 이와같은 기초실험을 통하여 향후 드로스 처리에 관한 전반적인 공정을 확립하고, 또한 발생한 페드로스의 용도 개발방향을 제시하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 시료

국내에서도 white dross는 발생업체에서 대부분 재용해하고 있기 때문에, 실험 대상시료는 black dross에 국한시켰다. 또한, 예비처리, 용해 및 페드로스 처리와 같은 일련의 드로스처리 공정확립을 위한 기초실험을 수행하는데 있어서 분석의 편의와 시료의 일관성을 유지하기 위하여 한가지 black 드로스 시료를 선정하여 실험하였다. 실험에 사용한 알루미늄 드로스 시료는 국내의 알루미늄 구조재 제조회사에서 입수한 black dross로서, 스크랩 용해시 발생한 드로스

를 1차 용해하여 드로스 중의 금속 알루미늄을 회수하고 난 후 발생한 페드로스이다 시료의 화학성분은 ICP를 이용하여 원소별로 정량분석하였는데, 분석용 채취시료가 전체를 대표한다는 보장이 없기 때문에 동일시료를 50 mesh 체로 분급하여 50 mesh 이상 크기와 50 mesh 이하 크기의 것으로 구분하여 별도로 분석하였다. 성분분석 결과를 Table 1에 나타냈다. 시료에는 주성분인 Al 외에 Mg이 3.4%, Si와 Fe가 1% 이내로 함유되어 있고, Na와 K가 1% 이내이며 기타 다른 원소들이 모두 합해 1% 이내로 존재하고 있다 또한 Table 1에 나타내지는 않았지만 Cu와 Pb는 100ppm 이하였다. 시료드로스의 특징 한가지로는 Na와 K의 양이 적다. 이것으로 미루어 보아 드로스를 1차 재용해시 염을 많이 사용하지 않았던 것으로 판단된다 또, X-선회절법 (XRD)을 이용하여 시료를 정성분석한 결과 원시료의 주성분은 알파 일루미나 ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) 이고 여기에 MgO가 Al_2O_3 와 결합하여 MgAl_2O_4 형태로 있으며, 금속 Al도 일부 존재하고 있다

Table 1. Chemical compositions of dross sample

(unit: wt%)

Element \ Size	Al	Mg	Si	Ti	Mn	Fe	Sn	Ni	Ca	K	Na
+50 mesh	-	2.52	0.49	0.11	0.008	2.24	0.06	0.02	0.15	0.15	0.40
-50 mesh	-	4.65	0.57	0.25	0.004	0.20	0.31	0.02	0.26	0.34	0.73

2.2. 실험방법

드로스 처리에 관한 일련의 예비실험과 및 관련 문헌조사 등을 토대로 드로스처리 실험시에 적용할 공정들에 대하여 개요도를 Fig 1과 같이 작성하였다. 앞질 시료 선정에서 기술하였듯이 현재 국내의 알루미늄 재생업체에서 white 드로스는 자체적으로 처리하고 있기 때문에, 이 공정은 주로 black 드로스의 처리를 목적으로 작성한 것이다. 이 공정의 개요는 드로스를 분급하여 입자가 큰 것은 재용해를 통해서 금속 알루미늄을 바로 회수하고, 입자가 작은 것은 배소, 침출과 같은 예비처리를 통해서 드로스 중의 염과 금속성분을 분리, 제거시켜 폐기해야 할 드로스의 양을 줄임과 동시에 페드로스의 재활용을 보다 용이하게 한다는 것이다 그런데, 드로스를 용해 전에 입자가 큰 것과 작은 것으로 분급하는 경우에 분급기준을 어떻게 정하여 용해할 것인가 하는 문제가 제기된다. 따라서 원시료를 분급하여 각 크기별로 용해해서 알루미늄 금속회수율을 구한 다음 용해결과를 참고하여 알루미늄 금속을 회수할 수 있는 크기의 것들은 재용해하고, 입자크기가 작아서 알루미늄 회수가 안되는 것들은 페드로스로 취급하여 재활용 용도개발을 모색하였다

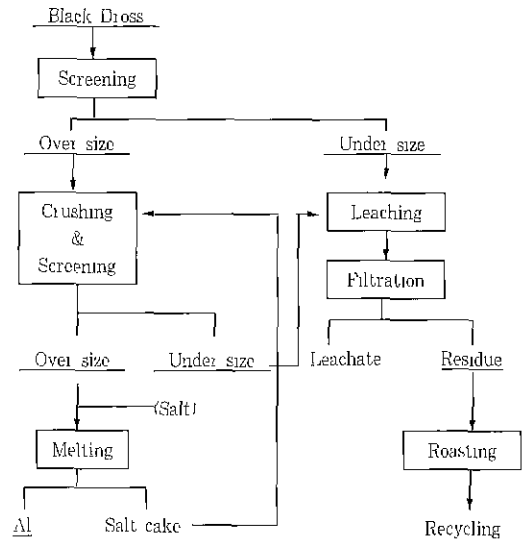


Fig 1. Schematic diagram of the process for recycling Al dross

시료의 분급시에는 Taylor 표준망체를 사용하였고, 과제는 롯데 밀을 사용하여 30분간 행하였다. 용해시에는 전기로를 사용하였는데, 드로스 중의 알루미늄 용해를 쉽게 하기 위하여 미리 알루미늄 모재(seed)를 용해시키고 용해시킨 알루미늄 모용탕에 드로스를 장입하였다 용해방법을 개략적으로 설명하면, 시료를 전기로에 장입하기 이전에 노내 온도를 실험 용해온도인 800℃로 승온시키고 먼저 알루미늄피를 약 250g 용해시킨 다음 이 용탕에 드로스를 장입하여 이 온도에서 1시간 유지시켜 드로스 중의 금속 알루미늄을 완전히 용해시켰다. 실험에 사용된 도가니는 시판용 4번 원통형 흑연 도가니로서 내경 105mm, 높이 130mm였고 벽의 두께는 10mm이며 알루미늄 최대 용해량은 약 2Kg이었다. 용해가 완전히 이루어진 후에는 도가니를 꺼내어 표면의 산화물과 염(salt) 일부를 수작업에 의해 걸여낸 다음 주형에 출탕하여 회수된 알루미늄의 무게를 칭량하였다 시료의 용해 후 알루미늄 금속회수율, R, 은 다음 식 (1)과 같이 구하였다 여기서 Wd는 알루미늄 드로스 장입량을 나타내고, Wi는 용해후 주조된 잉곳트(ingot)의 무게이며, Ws는 모재로 사용했던 알루미늄피의 무게를 나타낸다 또, 0.95를 곱해준 것은 알루미늄 모재도 용해시에 약 5% 정도 산화되어 주조한 후에는 초기량의 95%만이 금속으로 회수되기 때문이다

$$R = \frac{W_i - (W_d \times 0.95)}{W_d} \times 100 \quad (1)$$

그리고 용해시에 염을 드로스 장입량의 10-15% 정도 첨가하였다. 알루미늄 제생지금 제조시에는 대부분 KCl과 NaCl 혼합염을 사용하거나 이 혼합염에다 cryolite를 10% 이내로 첨가하여 사용하는 경우가 많으나, 본 연구에서는 알루미늄 용해온도 직하인 약 600°C에서 급격히 용융하는 혼합염으로서 국내의 (주)포스콘에서 생산한 제품명 ALULAX를 사용하였다. 이 염은 NaCl이 주성분이다.

3. 실험결과 및 검토

3.1. 분급

드로스의 크기분포는 동일 작업장에서 용해하는 스크랩의 종류와 드로스를 일차로 용해하면서 알루미늄을 회수할 때의 작업조건에 따라 달라질 수 있기 때문에 항상 일정한 분포를 나타낸다고 할 수는 없다. 그러나, 당해년도에는 실험 시료를 한가지로 선정하였기 때문에 이번 연구에서 일관되게 사용했던 실험시료에 대하여 입자 크기분포를 조사하였다. 표준망체 20, 40, 50, 70, 100, 200, 325mesh를 사용해서 원시료 300g을 체질(sieving)하여 입도분포를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 입자크기가 150~7 μ m (100~200mesh) 범위가 가장 많고, 다음으로 212~150 μ m (70~100mesh), 850~425 μ m (20~40mesh) 크기 순이었으며 20mesh 이상 큰 입자들은 10% 정도의 분포를 나타냈다. 원시료의 입도가 비교적 작다는 것을 알 수 있다

Table 2. Size distribution of the original dross particles

Sieve Size (mesh)	+20	20/40	40/50	50/70	70/100	100/200	200/325	-325
wt%	10	13.7	9.3	6.5	22.5	30.4	7	0.6

3.2. 파쇄

위의 용해 실험결과에서 다시 기술하겠지만 입자크기가 300 μ m (50mesh) 이하인 것은 용해과정에서 금속 알루미늄의 회수가 안된다 이것은 입자가 작은 것에는 금속함량이 작을 뿐더러, 알루미늄이 용해됐다 하더라도 비금속 입자들 표면에 묻어서 빠져나오기 어려우므로 주조가 가능할 정도의 용탕을 형성하지 않기 때문이다. 따라서, 입도가 작은 드로스는 파쇄(crushing)할 필요가 있고, 입도가 큰 것들만 파쇄하여 용해시킴으로써 파쇄효율을 높였다. 원시료 1000g을 20, 40mesh 체(sieve)를 사용하여 +20 20-40, -40 mesh 세가지로 분급하고 이 중 +20, 20-40 mesh 의 드로스를 각각 파쇄

하였다. 파쇄 후의 입도분포를 조사한 결과를 Table 3에 나타냈다. 이들 파쇄한 시료는 용해하고 나서 파쇄를 안하고 용해한 경우와 금속 알루미늄 회수율을 비교하여 보았다.

Table 3. Size distribution of the dross particles after crushing

Dross Size/Mesh	(unit:wt%)		
	+20	20/40	-40
± 20	65	18	17
20/40	-	57	43

3.3. 용해

먼저 원시료를 분급하지 않고 그대로 용해시킨 결과 금속 알루미늄을 회수할 수 없었다 이것은 시료로 사용한 드로스가 원래 스크랩 용해 후에 발생한 white 드로스를 재용해한 후에 발생한 것으로서, Table 2에서 보는 바와 같이 50mesh 크기 이하가 67%를 차지할 정도로 입도가 작기 때문에 입도가 큰 드로스에 비하여 금속함량이 작을 뿐더러, 알루미늄이 용해됐다 하더라도 비금속 입자들 표면에 묻어서 빠져나오기 어렵기 때문이다.

원시료를 분급후 입자 크기별로 용해한 결과와, Table 3에 나타낸 40mesh 보다 큰 드로스를 파쇄하고 다시 분급하여 용해한 결과를 Table 4에 비교하여 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 입자크기가 20mesh 이상인 경우에는 드로스량의 45-47%, 20-40 mesh 경우에는 42%의 금속 알루미늄을 회수할 수 있었으며, 40 mesh 보다 작은 크기의 드로스에서는 금속 알루미늄을 회수할 수 없었다.

Table 4. Recovery of metallic Al from melting depending on particle size of the dross

Size(mesh) Sample	(unit wt%)			
	+20	20/40	40/50	-50
Original	45-47	42	0	0
Crushed	58-60	58	19.5	0

원시료 중에서 20 mesh 이상인 드로스가 10%, 20-40 mesh 이상인 것이 13.7%를 차지하므로 원시료 전체로 보아서 약 10.4%의 알루미늄을 회수할 수 있었다. 그리고, 원시료중에서 40mesh 보다 큰 드로스를 파쇄한 후에 용해한

결과, 입자크기가 20mesh 이상인 드로스는 장입량의 58-60%, 20-40 mesh 크기의 드로스에서는 58%의 알루미늄 금속을 회수할 수 있었다. 40-50 mesh 이하의 드로스에서도 약 19.5%의 알루미늄을 회수할 수 있었으나, 이 경우에도 50mesh 이하 크기를 갖는 드로스로부터는 알루미늄을 회수할 수 없었다.

이상의 실험결과로부터 드로스 처리시에 바로 용해를 하는 드로스 크기는 40mesh 부터 50mesh 크기를 기준으로 하는 것이 좋다고 판단된다. 따라서 향후 드로스 처리 실험에서는 50mesh (300 μ m)를 기준하여 이보다 큰 드로스는 바로 용해하고, 이보다 작은 것은 페드로스로 취급하여 침출과 같은 처리를 거친 후 재활용실험 시료로 사용하였다. 또, Table 4의 결과로부터 원시료 분급후 입자가 50 mesh 이하인 것을 용해전에 한번 더 파쇄하는 것이 효과적인가 아닌가를 하는 것을 간접적으로 판단할 수 있다. 원시료를 분급후에 40mesh 이하의 것을 파쇄, 재분급하여 용해하면 금속회수율이 다소 증가하나 Table 3에서와 같이 재분급시에 용해용으로 회수되는 드로스 양이 줄어든다는 점을 고려하면 회수되는 알루미늄의 절대량이 증가하지는 않는다 따라서, 드로스를 일차로 분급 후에 입자 크기가 40 mesh 이하인 것을 파쇄하여 다시 분급할 필요는 없다고 판단된다. 그리고, 드로스 처리시에는 발생된 드로스가 육안으로 판단할 때 입자가 크고 입도분포가 불규칙하면 파쇄후에 분급을 하는 것이 좋고, 입자 크기가 비교적 작고 입도분포가 고르면 파쇄할 필요없이 바로 분급하여 용해하거나 페드로스 처리과정을 거치는 것이 좋다.

3.4. 페드로스의 처리 실험

3.4.1. 침출

드로스중 50mesh 이하 크기를 갖는 것은 용해를 하여도 알루미늄을 회수할 수 없으므로 페드로스로 취급된다 이 페드로스에는 주성분인 알루미늄 산화물 외에 알루미늄과 다른 금속 및 그 산화물들이 혼합되어 있다 그러므로 페드로스를 재활용하기 위해서는 페드로스내의 금속성분을 제거 또는 산화물 형태로 바꿔주어야 하고, 또 페드로스에 함유되어 있는 염 성분을 제거해 주어야 용도개발이 쉽다. 페드로스에 함유되어 있는 NaCl과 KCl 등 염 성분은 수용성이므로 이것을 제거하기 위해 일차적으로 물로 페드로스를 침출하였다 수침출은 상온에서 1시간동안 용액을 교반시키면서 행하였으며, 용액의 광택도는 15g/100ml 였다 드로스를 물에 넣으면 용액의 pH는 9-9.5 범위였다. 물로 1시간 침출한 다음 시료를 여과하고, 용액은 원자흡광분석기를 사용하여 분석하였다 여과후 잔사는 다시 물에 1시간 수세하는 과

정을 두번 더 반복하여 수침출 시에 염이 용해되는 과정을 조사하였다.

1시간씩 3회에 걸쳐 페드로스를 수침출하고 침출액을 성분분석한 결과 드로스내 함유된 성분들 중 Na 19.8%, K 12.5%, Ca 14.2%, Al 0.17%, Mg 2.97% 정도가 물에 용해되었다 수침출만 해서는 드로스 중의 Na, K를 완전히 침출시키기가 어려웠다. 이것은 이번 연구에 사용했던 페드로스에는 염의 양이 작았고, 또한 드로스내의 Na와 K가 어떤 화합물 형태로 존재하고 있을 가능성도 있기 때문에 물에 완전히 침출이 안되었던 것으로 추측된다.

다음에는 페드로스를 수침출시에 HCl을 사용해서 용액의 pH를 6으로 일정하게 조절하여 약산성 분위기로 유지하면서 드로스를 침출시켰다. 침출조건은 1차 수침출시와 유사하다. 침출결과를 표로 나타내면 Table 5와 같다 Table 5에서 pH 9.5로 표시한 것은 페드로스를 물에 바로 침출시킨 것을 나타낸다. pH 6에서 침출시 페드로스에 함유되어 있는 Na 양의 약 63%, K는 41%가 침출되었다. Na, K 등 염 성분을 침출시키는 경우에는 물에 바로 침출시키는 것보다는 pH를 약간 낮춰서 침출시키는 것이 효과적인 것을 알 수 있다 pH를 더 낮추지 않은 것은 폐산 처리의 문제가 발생하기 때문이다. 이번 실험의 경우에는 사용했던 시료가 염을 많이 함유하지 않은 것이었기 때문에 수침출을 통한 염 제거효과가 부각되지 않았으나, 시료에 염이 많이 함유된 경우에는 염을 용해시킴으로써 페드로스 처리량을 줄일 수 있고 또한 침출액 내의 염을 농축시켜 회수할 수 있으므로 드로스처리에 효과가 있으리라고 판단된다. 페드로스의 침출에 대한 연구는 향후에도 침출조건 변경이나 페드로스의 시료를 바꿔서 실험을 하는 등 지속적인 연구를 수행할 필요가 있다.

Table 5. Extraction of elements from the dross sample by water leaching

pH/Element	(unit wt%)				
	Al	Mg	Ca	K	Na
9.5	0.17	2.97	14.2	12.5	19.8
6		3.01	76.9	41.2	63.0

3.4.2. 배소

배소는 페드로스내의 금속 알루미늄이나 마그네슘과 같은 금속성분을 산화물로 인화시켜주기 위한 것이다 50mesh 이하 드로스를 주로 로타리 킬른에서 900℃, 1시간 배소하였는데, 배소시 시료의 공급속도는 분당 70g 이었다 배소후

시료를 원소별로 정량분석한 결과는 Table 6과 같고, 이 중 Al 성분에 대해서 금속 성분만을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 페드로스내의 성분 원소들은 산화물과 금속상이 혼합되어 있는 형태로 존재하지만, Table 6은 페드로스 시료를 용해하여 분석하였기 때문에 각각의 원소성분들만 정량분석된 결과이다. Table 7은 -50mesh 페드로스 시료와 배소후 페드로스에 대해서 금속 알루미늄량이 얼마나 존재하는가를 알기 위하여 10% NaOH를 사용해서 드로스내의 Al을 수용액상으로 분리시킨 다음에 Al(OH)₃ 침전을 형성시켜서 금속 Al 함량을 분석한 것이다. 배소후에 금속 알루미늄은 0.59%로서 아주 소량 존재한다. 따라서 배소를 통해서 페드로스내의 Al을 포함한 금속성분들은 대부분 산화물 형태로 변화시킬 수 있다고 판단된다.

Table 6. Chemical compositions of the dross sample after roasting.

Element	Al	Mg	Si	Ti	Mn	Fe	Ca	K	Ka
wt%	44.7	6.06	0.68	0.47	0.013	0.45	0.34	0.015	0.85

Table 7. Change of Al composition in the dross under 50 mesh size by the roasting

	Before Roasting	After Roasting
Al, wt%	31.8	0.59

3.4.3. 재활용 용도에 대한 고찰

페드로스는 알루미늄과 기타 다른 원소들이 산화물과 금속상으로 혼합되어 있는 형태이지만, 알루미늄 드로스 자체의 주성분은 알루미늄이요 더우기 배소를 거치면 대부분의 금속 성분이 산화물로 바뀌기 때문에 재활용 용도는 알루미늄이나 주성분인 요업재료용으로 개발하는 것이 접근하기가 용이하리라고 판단된다. 알루미늄이 주성분인 요업재료로는 알루미늄 시멘트, 플라이트 내화물, 내화벽돌, 내산 도자기, 알루미늄질 케스타블, 타일 등을 들 수 있다 그런데, 이들 제품은 각기 성분 및 특성 상의 규격차가 있기 때문에 페드로스를 이 용도로 바로 사용하기는 어렵다. 따라서 페드로스를 예비처리 하고 나서도 어떤 용도에 맞도록 성분조질을 위한 혼합을 하여야 할 것이다 예를들면, 페드로스를 알루미늄이나 시멘트 원료로 사용하고자 할 때는 CaO를 첨가시켜주고, 타일로 사용하고자 할 때는 SiO₂를 첨가시켜 주어야 한다 또한, 내화벽돌이나 케스타블재로 사용하고자 할 때는 점결

제 등을 첨가시켜 주어야 할 것이다. 이와같은 요업재료로의 용도개발을 위해서는 우선 페드로스 내의 금속 성분을 배소 등을 통해서 산화물 형태로 바꿔주는 것이 필요하다. 이외에 애자와 같은 절연재 등으로의 용도개발도 생각할 수 있다. 그리고, 알루미늄의 원료광석인 보오크사이트의 제련법인 Bayer Process 원리를 이용하여 페드로스를 NaOH 용액내에서 가온가압하에 용해시키고 가수분해하여 수산화알루미늄을 만든 다음, 하소하여 고순도 알루미늄을 만드는 것도 페드로스의 용도가 될 수 있다. 요업재료 이외의 용도로는 페드로스를 발열재로 사용할 수 있다는 보고²⁾가 있다

이상의 일련의 실험결과를 통해 검토한 결과, 드로스 처리 시에는 먼저 성분, 함량과같은 특성을 파악하고, 페드로스를 무슨 용도로 사용할 것인가 하는 점을 결정한 후에 처리하는 것이 효과적이다. Fig. 1에서 제안한 공정도는 특정 드로스를 대상으로 작성한 것이 아니라 국내에서 발생하는 일반적인 드로스를 대상으로 한 것이어서 포괄적이라고 할 수 있다. 또, 발생하는 드로스가 매우 다양하므로 실제로 드로스를 처리할 때는 이 공정도를 참고하여 추가할 것은 추가하고, 필요없는 것은 삭제하는 등의 수정이 필요할 것이다. 즉, 페드로스의 특성과 용도를 감안하여 처리공정을 확정시키는 것이 바람직하다

4. 결론

알루미늄 드로스의 처리는 발생된 드로스의 특성과 처리 후 발생될 페드로스의 용도를 고려하여 처리하여야 하는데, 일반적으로 드로스로부터 금속 알루미늄을 회수할 때는 우선 드로스를 분급하여 입자가 큰 것은 재용해를 통해서 Al 금속을 바로 회수하는 것이 좋다. 입자가 작은 드로스는 배소, 침출과같은 예비처리를 해서 드로스 중의 염과 금속성분을 분리, 제거시키는 것이 폐기해야 할 드로스의 양을 줄임과 동시에 페드로스의 재활용을 보다 용이하게 할 수 있다. 드로스에서 알루미늄을 효율적으로 회수하기 위하여 용해 전 분급을 할 경우에 재용해하기 위한 드로스 입도의 분급 기준은 300m가 적절하다. 페드로스의 재활용을 용이하게 하기 위하여, black 드로스를 처리후 발생된 페드로스를 배소한 결과 페드로스에 함유된 대부분의 금속 알루미늄을 알루미늄으로 산화시킬 수 있었다. 이것으로 보아 페드로스는 배소하여 함유된 성분들을 산화물 상태로 변화시켜 주는 것이 재활용 용도개발이 쉬운 것으로 판단된다. 페드로스를 배소하면 주성분이 알루미늄이 되므로 페드로스의 재활용 대상으로는 알루미늄시멘트, 타일 등과같은 요업재료나 알루미늄 재조원료로 활용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 통상산업부에서 시행한 한일국제공동협력과제 중 "알루미늄 스크랩의 리사이클링 기술개발에 관한 연구"의 위탁연구로 수행된 것이며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 박형규 외 4인 . "폐알루미늄캔의 재활용방안 연구", 과학 기술처연구보고서, 한국자원연구소, (1992)
2. G.J. Kulic and J.C. Daley : "TMS-AIME Second International Symposium Recycling of Metals and Engineered Materials", p.427, (1990)
3. R. M. Reynolds and M. Olper: "TMS-AIME Second International Symposium Recycling of Metals and

- Engineered Materials", p.439, (1990)
4. J M Cassells and P. A. Rusin : "Removal and Reuse of Aluminum Dross Solid Waste", Light Metals, p.1075, (1993)
5. D. Kavelas, E. Daniels, B. Jody and P. Bonsignore: "An Economic and Technical Assesment of Black Dross and Salt Cake Recycling Systems for Application in the Secondary Aluminum Industry", US Dept. of Energy Report # ANL/ESD-11, NTIS, Energy Res. Abstr, Vol. 17, No. 5, (1992)
6. S. Lavoie, C. Dube and G. Dube : The Minerals, Metals & Materials Society 1990, Light Metals, p.981, (1991)
7. 윤의박 외 12인: "알루미늄 스크랩의 리사이클링 기술개발에 관한 연구", 상공자원부보고서, (1994)

구인 및 구직광고

本 學會에서는 국내외 자원회수 및 환경관련 분야에 종사하시는 기업, 연구기관들에게 자사의 광고 및 구인의 기회를, 그리고 관련분야에 경험이 있으신 분들에게는 구직의 기회를 제공하기 위하여 다음과 같이 광고란을 신설하고자 합니다.

광고 및 구인 : 광고를 위해서는 자사에서 필요로하는 광고 내용 및 관련정보를, 구인을 위해서는 자사에서 요구하는 분야와 자격요건 및 제출서류등을 리사이클링학회로 우송하여 주십시오.

구 직 : 구직을 원하시는 분은 경력사항을 중점적으로 기록한 이력서에 관련분야를 명기하여서 리사이클링학회로 이력서를 우송하여 주십시오. 이력서에 연락가능한 전화번호 및 주소를 기재하시기 바라며 제출하신 서류는 반환하지 않습니다.

제 출 처 : (사)한국자원리사이클링학회
서울특별시 강남구 논현동 175-14 한일빌딩 501호
TEL : (02)547-2494 FAX : (02)547-2493

기타 자세한 사항은 본 학회로 문의하시기 바랍니다.