

國內 마그네슘 리사이클링 現況†

†朴馨圭 · 姜旼澈*

韓國地質資源研究院, *韓國마그네슘技術研究組合

Current Status on the Domestic Recycling of Magnesium†

†Hyungkyu Park and Mincheol Kang*

Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources,
*Korea Magnesium Technology Research Association

요 약

마그네슘은 최근 자동차 부품, 전자기기 케이스 등으로 사용량이 증가하고 있는데, 아직까지는 마그네슘 부품소재의 사용 수명이 다 되어 발생된 폐기물은 많지 않고, 다이캐스팅 공정 중에서 발생하는 스크랩이 대부분 재활용되며 용해과정에서 드로스(dross)와 슬러지(sludge) 및 기계 가공에서 발생하는 절삭칩 등도 일부 재활용되고 있다. 본 고에서는 최근 몇 년간의 국내 마그네슘의 수요, 생산현황 등 일반 현황을 먼저 살펴보고, 스크랩 발생량과 리사이클링 현황 및 국내업체의 처리기술들을 조사하였다. 2010년에 국내에서 8,840톤의 마그네슘스크랩을 처리하였으며, 마그네슘 금속 재활용률은 32.5%로 추산되고, 재생마그네슘은 대부분 마그네슘 부품 다이캐스팅용으로 사용되었다.

주제어 : 마그네슘, 국내수요, 스크랩, 재활용기술, 재활용물

Abstract

Magnesium has been used as parts of vehicles, case materials of notebook PC and mobile phone, and its demand has been increasing recently. So until now, there has little magnesium scraps from the end of life vehicles or electronic parts, and most scraps has been generated from magnesium processing lines such as melting, die casting and machining. It is to review the present status of magnesium recycling. Here, domestic demand of magnesium, recycling amount and technologies used in domestic recycling companies were surveyed in recent years. In 2010, 8,840 tons of magnesium scraps were processed and used as raw materials for die casting products. The recycling ratio was estimated as 32.5%.

Key words : magnesium, domestic demand, scraps, recycling technology, recycling ratio

1. 서 론

마그네슘(Mg)은 구조용 금속재료 중 가장 가벼운 경량소재로서 자동차 경량화 부품, 노트북, 핸드폰 케이스와 같은 경량성과 고강도를 요하는 제품에 사용되고 있다. 전세계 생산량은 2009년 61만톤 정도로서¹⁾, 세계는 물론 국내에서도 수요가 증가하고 있으며 자동차 경량

화를 위한 차세대 대표적인 경량소재로 각광을 받고 있다. 현재 국내에서 소요되는 금속 마그네슘은 일부 리사이클링되는 양을 제외하면 전량을 수입에 의존하고 있으며, 대부분을 중국에서 수입하고 있다.^{2,3)}

순마그네슘은 주로 알루미늄 등의 합금 첨가용, 철강 공정에서의 탈황제, 타이타늄의 환원제 등으로 사용되고 있으며, 마그네슘 합금은 1920년대부터 자동차 등 구조용 경량소재로 사용되며, 십수년 전부터는 IT산업의 발달과 함께 노트북 PC와 핸드폰의 케이스 소재로 사용되면서 그 사용량이 증가하고 있다. 그러므로 국내

† 2011년 3월 25일 접수, 2011년 5월 9일 1차수정
2011년 5월 30일 수리

*E-mail: parkhk@kigam.re.kr

의 경우 마그네슘 부품의 사용 수명이 다 되어 발생된 폐기물은 많지 않고 대부분 마그네슘 제품이나 부품 제조 공장에서 발생된다. 재활용 대상 스크랩은 크게 용해과정에서 발생하는 드로스와 슬러지, 주조공정에서 발생하는 주조 불량품과 트리밍 후 발생하는 스프류, 런너, 게이트 등이 있으며, 가공공정에서 발생하는 가공칩으로 나눌 수 있다. 마그네슘 합금의 리사이클링 처리는 스크랩을 용해 후 정련하는 작업을 의미하며, 스크랩중에서 산화물이 많이 혼합되어 있고 산화가 많이 진행된 드로스, 절삭칩 및 분진 등은 복잡한 정련과정이 필요하고 회수율이 낮아 리사이클링 처리에는 경제성이 떨어진다. 이러한 여러 제조공정상에서 발생하는 스크랩에 대해서는 국의 여러 업체에서 분류 기준을 설정해서 구분하여 리사이클링처리를 하고 있으며 KS에도 관련 규격이 제정되어 있다.⁴⁾ 이런 연유로 마그네슘 재활용 통계와 현황도 단편적인 조사, 보고 외에 전반적인 사항은 집계되지 않고 있는 실정이다.

본 고에서는 최근 몇 년간의 국내 마그네슘의 수요, 생산현황 등 일반 현황을 먼저 살펴보고, 스크랩 발생량과 리사이클링 현황 및 국내업체의 처리기술들을 조사하였다. 마그네슘 리사이클링 잉곳 제조시에는 에너지가 약 11MJ/Kg이 소요되며 이는 전해법에 의한 1차 지금 생산시 소요되는 에너지의 10%에 불과하다.⁵⁾ 따라서 자원의 재활용은 물론 에너지 절약이라는 점에서 리사이클링에 관심을 가져야 된다고 본다. 이 자료를 토

대로 마그네슘 리사이클링에 대한 지속적인 통계 관리에 활용하고자 한다.

2. 국내 마그네슘 시장현황

2.1. 마그네슘 수입동향

현재 국내에서 소요되는 마그네슘 금속은 일부 리사이클링되는 양을 제외하면 전량을 수입에 의존하고 있으며, 대부분을 중국에서 수입한다. 순 마그네슘의 경우 앞서 언급한 마그네슘 주요 수요분야 중 알루미늄합금의 합금 첨가제와 탈산제 용도로 주로 사용되고 있고, 마그네슘 합금의 경우 다이캐스팅용 제품생산에 사용되고 있으며 수입량은 매년 증가추세이다. 2004년부터 2010년까지의 마그네슘 소재의 수입량은 Table 1과 같

Table 1. Imports of pure magnesium and its alloy in recent years (unit: ton)

Classification \ Year	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Pure Mg	6,730	8,536	7,477	8,200	7,406	9,123	9,500
Mg Alloy	1,084	3,380	7,413	7,371	6,481	4,780	6,200
Others (rod, powder, granule etc.)	2,695	3,606	2,172	2,420	3,553	3,106	2,655
Tot	10,509	15,522	17,062	17,991	17,440	17,009	18,355

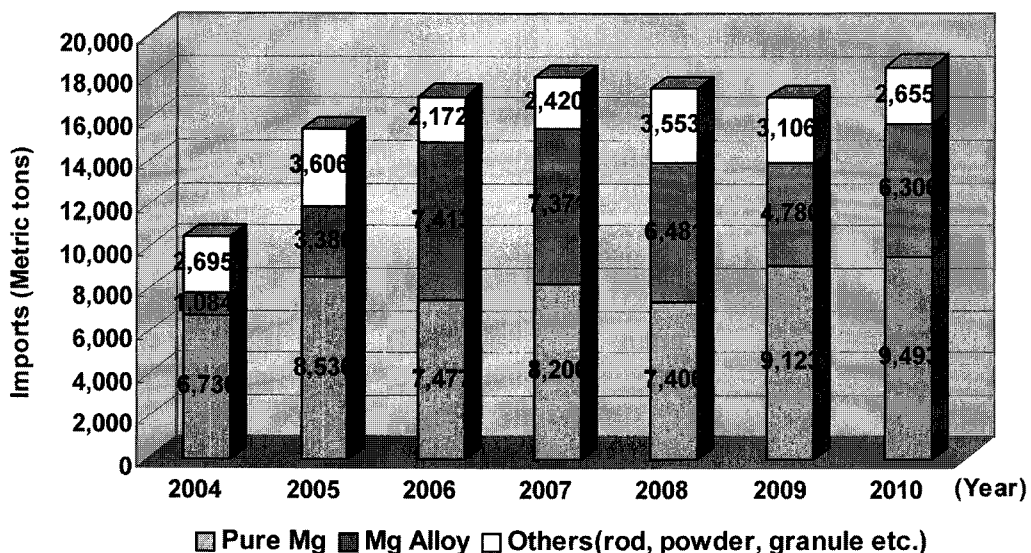


Fig. 1. Trend of Imports pure magnesium, Mg alloys and others in recent years.

고 이를 도식화하면 아래 Fig. 1과 같다.⁶⁾

Fig. 1에서 볼 수 있듯이 2004년 이후 마그네슘 잉곳의 수입량은 지속적으로 증가하는 것을 알 수 있고, 순마그네슘의 경우 그 수입량의 변화가 크지 않으나 마그네슘 제품생산에 사용되는 마그네슘 합금의 경우 2005년도에 급격히 증가한 것을 나타내고 있는데 이는 2005년 이후 국내에서 자동차용 부품인 스티어링 휠 코어, 시트 프레임, 슬립폰 등의 부품들이 양산 적용되면서 그 사용량이 급격하게 증가한 것에 기인한다. 그러나 2008년에 이르러서는 전세계적인 원자재 파동에 따라 각종 비철금속의 소재가격이 급등하게 되었고 특히 마그네슘 잉곳의 경우 이전 수입가격의 두 배가 넘는 약 \$6,000/톤까지 형성되면서 국내 마그네슘 산업은 큰 타격을 입었다. 이 시기에 마그네슘 부품을 조달 받는 주요 수요처에서 재료비의 상승으로 인한 부품 단가 상승으로 인해 신규부품에 대한 마그네슘 개발 수요는 물론 기존 양산중인 품목에 대해서도 경쟁 소재인 알루미늄, 아연 등의 타 비철금속으로 전환되었고, 제조사에서는 마그네슘 부품의 원가를 맞추기 위해 리사이클링재의 사용을 증가시키게 됨에 따라 마그네슘 수입량이 대폭 감소되었다.

그 이후 마그네슘 가격이 안정됨에 따라 잉곳의 수요가 살아나면서 2010년의 경우 순마그네슘 및 마그네슘 합금의 수입량은 9,493톤과 6,306톤, 그리고 기타분야 2,655톤으로 직전년도인 2009년 총량 17,009톤에 비해 1,346톤이 증가하였다. 표 및 그림에서 기타분야로 표기된 것은 granule 및 스크랩 등을 포함하는 양으로서 실제 제품 생산에 사용되는 것은 thixomolding에 사용되는 칩 형태의 소재 등이고 약 700톤 정도가 제품 생산에 사용된 것으로 보고 있다.

2.2. 수요 및 생산 현황

국내에서는 제련에 의한 마그네슘 1차잉곳 생산은 없고 전량 수입에 의존하고 있으며, 마그네슘 성형품 가공 시에 발생하는 스크랩을 재활용하여 일부 리사이클링 잉곳을 생산하고 있다.

국내의 경우 전체 마그네슘 부품 중 95% 이상을 다이캐스팅공법을 이용해 생산하고 있으며 이러한 공법을 통해 생산하고 있는 제품들은 휴대폰 케이스 등의 휴대용 전자기기 부품과 에어백 하우징, 스티어링 휠 코어, 시트 프레임 등의 자동차부품들이 주류를 이루고 있다. 그 수요처별 사용량의 변동을 Fig. 2에 나타내었는데 2008년의 경우 자동차부품시장에서 사용되는 마그네슘 잉곳량이 크게 증가하여 전체 마그네슘 잉곳 사용량의 약 78%를 차지하였으나, 2010년에는 스마트폰 열풍에 힘입은 국내 마그네슘 휴대폰시장 확대 및 노키아의 국내 생산 진행이 이루어지면서 전자부품 분야의 사용량이 증가하여 자동차분야의 사용량을 능가하였고 65%의 시장수요를 보였다. 이들 분야별 수요량을 2008년과 각각 비교해 본다면 자동차 분야의 경우 2010년에는 약 45%의 수요가 급감하였고 전자부품분야의 경우 47%의 수요가 급증하였다. Fig. 3에 나타낸 마그네슘 합금 부품별 수요량은 수입잉곳 및 국내 리사이클링 잉곳이 모두 포함된 양으로서 2010년에 사용된 총 15,900톤의 마그네슘 합금 잉곳에 대한 사용처별 세부 사용량을 나타내었다.

마그네슘 리사이클링 잉곳 생산분야에서는 스크랩을 활용하여 리사이클링처리를 하는 잉곳시장이 별도로 형성되어 있다. 국내의 경우 6개사의 리사이클링업체가 생산을 하고 있고 이 업체들이 2010년에 생산한 리사이클링 잉곳의 양은 8,840톤으로 원자재가격 상승으로 인

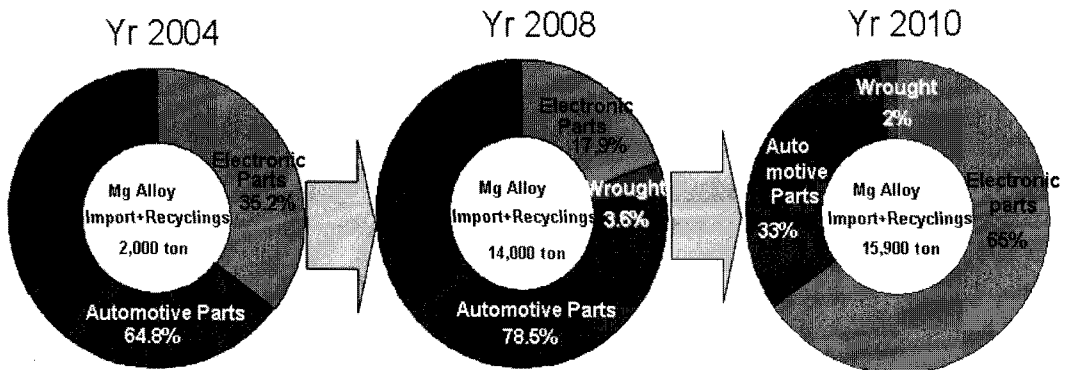


Fig. 2. Domestic market share of Mg Alloys in recent years.

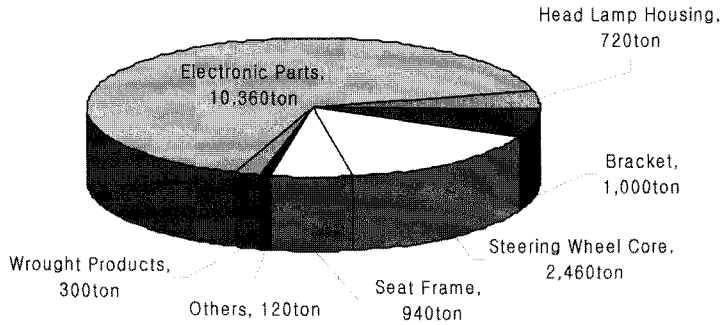


Fig. 3. Application fields of domestic Mg alloys in 2010.

해 수요량이 증가했던 2009년의 10,300톤에 비해 다소 감소하였다.

이러한 리사이클링 잉곳 생산량의 감소는 앞서 언급한 자동차 분야의 생산량 감소가 큰 원인으로 분석된다. 자동차 분야에서 리사이클링 잉곳 사용량이 2009년 4,400톤에서 2010년에는 2,780톤으로, 전자부품 분야에서는 리사이클링 잉곳이 2009년 5,820톤에서 2010년에는 5,670톤 사용되었다.

Table 2에서는 국내 마그네슘 제품생산 업체들을 업종별로 구분한 것으로 다이캐스팅 업체가 가장 많은 것을 볼 수 있다.⁷⁾

3. 스크랩 발생과 리사이클링 현황

3.1. 리사이클링업체

비철금속 리사이클링은 부품제조 공정 및 가공단계에서 발생하는 스크랩 등을 원료로 해서 재생잉곳을 생산하는 리사이클링과 폐기물로부터 비철금속을 회수하는 리사이클링이 있는데, 국내 마그네슘 리사이클링은 대부분 다이캐스팅, 압연 및 압출 가공업체 등에서 가공 중에 발생한 스크랩의 리사이클링이 대부분이며 스크랩

폐기물을 원료로 하는 리사이클링은 거의 없다.

국내 마그네슘 리사이클링업체는 (주)HMK, (주)신화, (주)CMT, KMI 등 6개 업체로서, 이들 업체의 현황은 Table 3과 같다.⁶⁾ 국내 전체 연간 리사이클링 능력은 17,500톤이나 설비가동율은 52%로서 2009년 64%에 비교하여 약간 감소하였다. 연간 생산능력은 용해로의 효율성을 기하기 위하여 주야간 조업하는 것을 전제로 한 것으로 (주)HMK에서의 70% 이상의 가동률은 매우 높은 것으로 판단된다. 이들 업체들은 스크랩을 부품제조공장에서부터 입고하여 용해, 정련, 주조 과정을 거쳐 다시 납품하는 조건으로 계약이 되어 있으며, 리사이클링 잉곳을 수출하거나 다른 회사에 매각하는 일은 거의 없다.

3.2. 스크랩 발생량

전술한 바와 같이 국내 마그네슘 부품제조업체는 다이캐스팅 등 주조업체와 압출 등 소성가공업체를 포함하여 30여개사이며, 이들 업체 등에서 발생한 스크랩이 마그네슘 리사이클링업체의 주원료로서 최근의 통계를 요약하면 Table 4와 같다. 수입 스크랩의 경우는 대부분 알루미늄 용해업체에서 합금원소 첨가용으로 사용한다.

Table 2. Magnesium parts producing companies according to the industrial fields in 2010

구분	업체명	생산규모 (톤)
다이캐스팅(자동차부품)	(유)김스코리아, (주)NSC, (주)신창전기 등 10여개사	5,120
다이캐스팅(전자부품)	(주)KH바텍, (주)장원테크, (주)서천금속 등 10여개사	10,360
압연/판재성형/압출	포스코, (주)휴메릭 등 5개사	300
표면처리	(주)유프론텍, (주)보광하이텍 등 10여개사	-
Recycling	(주)신화, (주)HMK 등 5사	-
기계제작	(주)신진로공업, 하나로엔지니어링 등 5개사	-

Table 3. Domestic magnesium recycling companies

업체명	항목	년간생산 능력(톤)	2010년 생산량(톤)	Flux 사용	설비 가동율	용해로 형태	소재지	비고
(주)HMK		4,000	2,700	○	70%	2pot 틸팅시스템	원주	Rauch 설비
(주)신화		2,500	1,500	×	60%	1pot 수동	김해	자동설비 도입
(주)CMT		3,000	1,500	×	50%	1pot 수동	구미	
KMI		4,000	2,200	×	70%	1pot 수동 2pot 자동	함안	Electrotherm 설비
(주)메탈리온		2,500	240	△	10%	1pot 수동	창녕	
(주)인택		1,500	200	○	30%	1pot 수동	포항	2010년 가동, 리사이클링 칩 제조
합 계		17,500	8,840		52%			

Table 4. Amount of magnesium scraps used in domestic recycling companies in recent years (unit: ton)

Year	2007	2008	2009	2010
Domestic Scraps	7,270	7,500	10,300	8,840
Imported Scraps	66	236	29	0
Sum	7,336	7,736	10,329	8,840

3.3. 리사이클링량

앞서 기술한 마그네슘 리사이클링업체들에서 최근 몇 년간 생산한 재생마그네슘량은 Table 4의 국내 스크랩량과 유사하다. 국내 마그네슘의 시장규모가 크지 않기 때문에 마그네슘 리사이클링업체의 처리량은 포화상태인 편이다.

2010년에 8,840톤의 마그네슘 스크랩을 처리하였는데, 이것과 Table 1의 마그네슘 수입량 18,355톤을 합한 것을 고려하면 마그네슘 금속 재활용율은 32.5%로 추산된다 (8,840/(8,840 + 18,355) × 100%). 재생마그네슘의 사용 용도는 대부분 마그네슘 부품 다이캐스팅용이다.

4. 리사이클링 기술현황

4.1. 마그네슘 스크랩의 분류

ISO 및 KS규격과 외국의 마그네슘 용해업체에서는 스크랩을 청정도에 따라서 Table 5와 같이 6가지로 세분화하고 있다.⁴⁾ 국내에서는 Hydro사의 class 1,2 정도의 청정도를 가진 스크랩을 리사이클링하고 있으며, 국외에서도 그 외의 등급에 대해서는 경제성의 문제로 리

사이클링처리를 꺼려하고 있는 실정이다. 다이캐스팅 공정의 경우 런너, 주입구, 오버플로우 등에서 청정스크랩으로 발생되고 있으며 이들 스크랩의 발생량은 원소재의 40~70%를 차지하는데, 이들 스크랩은 직접 사용하지 못하고 리사이클링 용해로에서 Al, Zn, Mn 등의 원소를 제어해서 사용한다.

4.2. 마그네슘 리사이클링 기술

마그네슘은 용융점이 650°C 정도로 비교적 낮기 때문에 용해가 잘되고 재활용이 용이한 편이지만 기술적인 유의사항으로 다음과 같은 몇가지가 있다. 첫째, 산화성이 강하기 때문에 용해, 주조시에 드로스의 발생 및 발화가 되지 않도록 주의해야 하며 둘째, 스크랩의 표면에 있는 이형체 등 오염물질과 용탕내의 산화물을 제거하는 정련기술이 요구되며, 셋째 합금화 원소인 알루미늄, 아연, 망간 등과의 반응에 의한 금속간화합물이 형성, 침강하여 슬러지 형성이 많이 된다는 점이다.

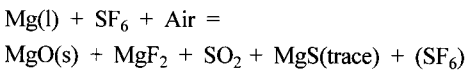
따라서 첫번째 산화문제의 해결방법으로는 마그네슘 용탕표면의 산화를 방지하기 위해서 염화물 또는 불화물 플럭스(flux)를 사용하거나, SO₂가스나 SF₆ 가스와 CO₂를 혼합한 보호가스를 용탕표면에 붙여주어 공기와 접촉을 방지한다. 국내에서도 이 두가지 방법을 모두 사용하고 있다. 플럭스를 사용하여 용해하는 방법은 플럭스를 먼저 도가니 바닥에 장입하고서 마그네슘을 용해하고 용해완료후 교반시에 추가 도포한다. 플럭스의 양은 마그네슘 용탕 중량의 1.5~2% 정도이고, 작업에 따라서 플럭스의 종류를 조금씩 달리하여 사용한다. Table 6에 사용되는 플럭스의 주요 성분을 나타내었다.⁸⁾ 보호가스를 사용하는 경우 공기 및 CO₂와 혼합되는

Table 5. Classifications of magnesium scraps according to the KS, ISRI NF-2005, Hydro and MEL specifications and their comparisons

KS	ISRI NF-2005	Hydro	MEL*	Remarks
5.1 삼입재 및 코팅이 없는 고상 (solid) 회수재	웨이퍼 (Wafer-magnesium clip) 도가나 크기의 깨끗한 클립 우드 (Wood-magnesium dockboard) 협의된 크기로 절단, 파쇄한 도크보드	Class 1, Sorted Clean Returns	Type 1A, High grade clean scrap	- 표면 오염이나 산화의 진행이 안 된 스크랩 - 판재 절단 또는 진단 후 남은 오염 안 된 스크랩
5.2 코팅이 없고 삼입재를 갖는 고상 회수재		Class 2, Sorted Clean Returns w/Inserts	Type 2, Clean scrap with Fe/Al inserts	
5.2 코팅이 없고 삼입재를 갖는 고상 회수재		Class 3, Sorted painted/Oily Returns	Type 4, Unclean metal scrap, e.g. oily, wet, contaminated	- 윤활유, 모래 등으로 오염됨 .
5.3 코팅된 고상 회수재				
5.4 사용된 제품 (post-consumer) 회수재	월넛 (Walnut-magnesium scrap) 주조품, 엔진 블록 등 와인 (Wine-magnesium engraver plates)	Class 3, Sorted painted/Oily Returns	Type 3, Scrap castings, painted, with/without inserts of Fe/Al	- 장시간 사용에 따른 표면 산화된 스크랩 - 인쇄판으로 사용된 마그네슘 판재 지칭, 표면에 화학적 에칭된 것
5.5 선삭칩	월드 (Word-magnesium turnings)	Class 4, Sorted Clean chips Class 5 Sorted Oily/Wet chips	Type 5A Chips swarf, machining, Clean/dry uncontaminated.	- 선반, 밀링 가공 후 남은 부스러기
5.6 잔여물, 슬러지 및 드로스 등		Class 7, Sludge Class 8, Mixed and Off-grade Returns	Type 6A Flux Free Residues. e.g. Crucible sludge, gross etc. Type 6B Flux containing Residues. e.g. Crucible sludge, dross	

* MEL: 영국 Magnesium Electron 사

650-705°C에서는 0.04-0.2 vol%, 707-760°C에서는 0.3 vol% 정도를 추천하고 있다. SF₆ 가스는 용탕표면에 아래 반응식과 같이 마그네슘산화물 또는 염화물 층을 생성시키면서 용탕의 산화를 방지한다.



두번째 정련문제는 용탕의 청정도를 높일 수 있도록 기타의 불순물을 제거하는 공정으로서 탈산제 역할을 하는 C₂Cl₆ 를 첨가하여 격렬한 반응을 통해서 산화물을 부상시키는 방법과 교반기에 의한 용탕균일화와 부유물 제거, Ar 가스 버블링을 통한 탈가스처리 등을 사용하여 처리하고 있다.

이에 비해서 플럭스를 사용하지 않는 경우에는 SF₆

Table 6. Compositions of commercial salt fluxes used in Mg covering and refining

Flux No.	MgCl ₂ (%)	KCl (%)	NaCl (%)	CaF ₂ (%)	MgO (%)	Others (%)	Density (g/cm ³)	Main Activity
0	40	24	30	-	5	1	2.17	Covering Salt
2	40	24	29	2	4	1	2.19	Covering Salt
5	39	23	28	5	4	1	2.22	Covering & Refining
12	36	21	26	12	4	1	2.28	Covering & Refining
18	34	19	24	18	4	1	2.34	Refining Salt

+ CO₂ 혼합가스 또는 SO₂ 등의 보호가스를 용탕표면에 붙여주어 공기와의 접촉을 방지하며 용해, 정련하는 방법이다. 플럭스를 사용하지 않으므로 용탕의 오염이 적은 잇점이 있으나 보호가스가 온난화를 유발하는 환경 유해가스라는 단점이 있다. 플럭스법과 플럭스레스(fluxless)법의 장단점을 비교 정리하면 Table 7과 같다.⁹⁾

또 리사이클링업체들에서는 용해시 드로스 저감과 SF₆ 등 환경유해 보호가스 사용에 대한 대체방법 개발과 노동집약적인 작업에서 자동화 시설도입을 통한 원가비용 저감에 노력을 경주하고 있다.

세번째 슬러지 발생문제는 마그네슘에 비해 무거운 원소들이 금속간화합물을 형성하여 침강하는 것으로 이들 금속간화합물은 용탕의 유동성을 저하시키며 경도가 높아 부품제조공정 중 슬리브, 피스톤링 등을 손상시키는 문제점 등이 있다. 따라서 금속간화합물 형성을 억제시키기 위해서는 용탕의 온도변화를 최소화하여 관리하

기 위하여 스크랩의 예열이 요구되며 형성된 화합물은 자연 침강하여 리사이클링 잉곳에는 유입이 되지 않도록 관리하여야 한다.

특히 Fe 성분의 경우 마그네슘 합금 중에 0.005%이상만 혼합되어도 내식성이 크게 저하되므로 리사이클링 처리과정에서 Fe의 제거는 매우 중요하다. 이러한 Fe를 제거하기 위해 미량의 Mn을 첨가하는데 Mn을 첨가하는 경우 Fe와 금속간화합물을 형성하여 침전되기 때문에 제거가 용이하다.

4.3. 용해장치에 따른 마그네슘 리사이클링 공정

4.3.1. 1 pot 도가니법

마그네슘 용해로는 단순 도가니로인 1-Pot 용해로 및 2-Pot 용해로로 구분되는데, 용해로 제조업체별로 명명된 로를 사용하고 있다.

1 pot 도가니법은(single pot법이라고도 함) 오래전부터

Table 7. Comparison of flux and fluxless refining process

제조방식 항목	Flux Using	Fluxless
특징	- 마그네슘 용탕의 산화방지 및 불순물 제거 등의 공정 처리용 염화물계 flux를 이용하는 방법	- 마그네슘 용탕의 산화방지는 보호가스(SF ₆ +CO ₂)를 이용하고 불순물제거는 분리침강 및 산화응집 등의 방법을 통해 제거하는 방식
처리시간	- Flux의 투입 및 처리를 통해 공정시간을 단축시킬 수 있음	- 불순물제거에 많은 시간이 소요
장점	- 용탕의 처리시간 단축 - 조대 불순물 응집이 가능하여 용탕처리가 용이함.	- 용탕 내에 염화물의 잔존위험이 없어 내부식성이 향상됨. - 고가의 플럭스를 사용하지 않아 저렴한 제조원가 확보가능.
단점	- 수입에 의존하는 염화물계 플럭스를 사용함으로써 원가 상승 - 용탕내에 염화물의 잔존 위험성이 있어 내식성에 영향을 미침	- 공정처리시간이 길어 단위 시간당 생산량이 적음. - 용탕처리과정의 품질이 기술자의 숙련도에 따라 좌우됨.

마그네슘의 용해법으로서 이용되어지고 있는 방법으로 국내는 물론 해외에서도 널리 사용되고 있다. Fig. 4에 1 pot 도가니로법에 의한 정련공정을 나타내었다. 이 방법은 플럭스 및 플럭스레스 방법 모두 사용하며, 플럭스 정련방법은 마그네슘 스크랩을 투입하고 산화 방지용 플럭스를 표면에 도포하여 용해한다. 정련 플럭스와 함께 용탕을 교반하고 산화물, 개재물을 흡수시키고 나서 진정시간을 가지고 도가니 바닥에 침전 분리시킨다. 또 아르곤 가스를 용탕속에 버블링하거나 탈산제를 사용하여 탈가스를 행한다. 이 방법은 용탕내의 산화물이나 금속산화합물 등의 분리, 정련에는 우수하지만 정련 기술이 부적절한 경우 주조 잉곳에 염화물 플럭스가 혼재하여 내식성에 영향을 미칠 수 있다.

4.3.2. 2 Pot법

Norsk Hydro사가 최초로 개발한 방법이나 변형된 형태로 Rauch사, Electrotherm사에서 개발한 방법으로서 국내에도 보급되어 있다. 2 pot 법에서는 기본적으로 용해로와 보온로로 구성된다. Rauch 방식의 경우는 2개의 용해로와 1개의 보온로로 구성되는데 플럭스를 사용하

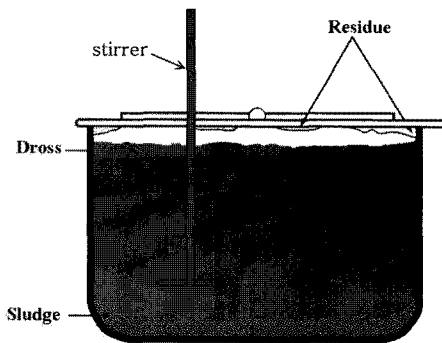


Fig. 4. Schematic diagram of an 1-pot crucible furnace.

며 용해로에서 보온로로 용탕이송을 틸팅에 의한 방법을 사용하고, Electrotherm 방식은 1개의 용해로와 1대의 보온로로 구성되는데 플럭스레스 방법을 사용하며 용탕이송을 사이펀으로 한다. Fig. 5에 Electrotherm 방식의 재생로의 개략을 나타내었는데 용해실과 보온처리실 2 pot으로 구성된 것을 볼 수 있다.

두 방법 공통점은 보온로에서 탕면에서 약 10cm 하위의 비교적 청정한 용탕을 이송튜브를 통해서 이송하는 것으로 보온로의 드로스와 슬러지의 발생이 작아 비교적 청정한 용탕만이 주조되고 보온로의 온도 변화가 적어 슬러지의 발생이 감소하는 장점이 있다.

4.4. 국내 적용기술

국내 재활용업체에서는 전술한 Table 3에 볼 수 있듯이 주로 1 pot 도가니로를 사용하여 마그네슘 스크랩을 용해하며, 또 2 pot 방식의 경우 Rauch 설비는 물론 Electrotherm 설비도 도입 사용하고 있다.

최근 한국마그네슘기술연구조합에서는 각 1톤 규모의 3개의 용해로와 1개의 보온로로 구성되는 시스템을 개발하여 (주)신화에 시험가동 중에 있으며 1일 4회 작업으로, 12톤 생산능력을 가지는 효율성과 청정도를 높이는 기술을 개발하고 있다.

5. 결 론

국내 마그네슘 수요는 자동차 산업에서 경량화를 위하여 마그네슘 사용량이 증가될 것으로 전망되며, 이에 따라 스크랩의 발생량도 증가할 것이다. 아직까지는 국내 마그네슘 시장이 작은 편이어서 마그네슘 리사이클링업체의 처리용량이 충분하지만 최근 금속 원자재의 가격상승을 감안하면 재생산업의 중요성이 갈수록 강조되고 있다. 이와 같은 리사이클링산업의 중요성에 반해서

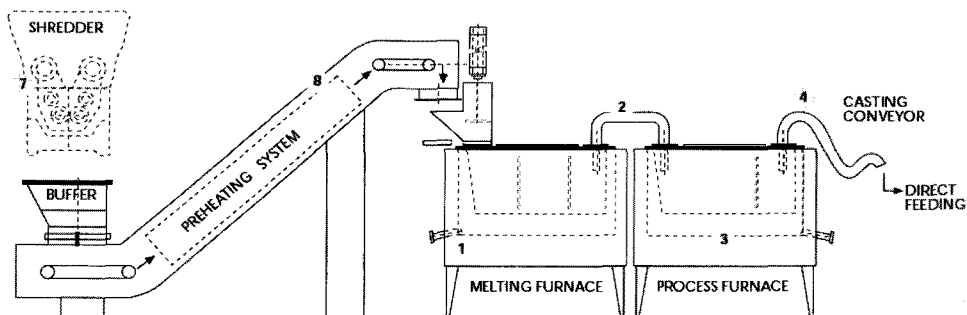


Fig. 5. Schematic diagram of Electrotherm Mg recycling furnace (one melting and one holding furnace).

리사이클링에 종사하는 업체들 간에 기술교류와 정보교환이 충분하지 못하여 리사이클링에 관한 통계를 작성하는 데 많은 어려움이 따른다. 본고를 통하여 국내 마그네슘 리사이클링률은 약 32.5%로 추정되었다. 리사이클링 현황파악과 통계는 마그네슘 리사이클링률과 리사이클링 기술을 향상시키는데 일조를 할 것으로 예상되며, 본고를 통하여 관련 기관과 업체의 지속적인 관심과 참여가 기대된다.

감사의 글

이 조사보고는 한국에너지기술평가원 자원기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행된 것이며, 지면을 빌어 그간의 지원에 감사드립니다.

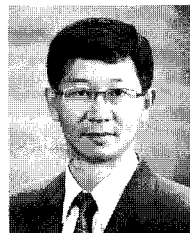
참고문헌

1. 국제마그네슘협회(IMA) 홈페이지 : www.intlmag.org
2. 박형규, 신희덕 2009 : 국내 비철금속 스크랩 리사이클링

- 현황, 한국자원리사이클링학회지, Vol.18, No.1, pp. 52-57
3. 강민철, 손근용, 2009 : 마그네슘 잉곳의 품질평가에 대한 표준화기술, '제2회 마그네슘 원료소재 제조기술 심포지움', 한국지질자원연구원, 대전, pp. 7-31
 4. KS D ISO 23079, 2008 : 마그네슘 및 마그네슘 합금-회수재-요구사항, 분류 및 허용기준, 기술표준원, 2008
 5. Eli Aghion and Scott C. Bartos, 2008 : Comparative Review of Primary Magnesium Production Technologies as Related to Global Climate Change, 65th Annual World Magnesium Conference Proceedings, Warsaw, Poland, pp. 97-104
 6. 조현기, 강민철, 김현식, 예대희, 이희선, 2011 : 2010년 한국마그네슘기술백서, 한국마그네슘기술연구조합, pp. 9-131
 7. 김현식, 2011 : 국내의 마그네슘 산업현황, Metal World, Vol.63, 철강신문사, pp. 32-35
 8. E.Aghion and D.Elizer, 2004 : Magnesium Alloys, The Israeli Consortium for the Development of Magnesium Technology, pp. 257-291
 9. James E.Hills, 2007 : Magnesium Recycling, 64th Annual World Magnesium Conference Proceedings, Vancouver, Canada, pp. 55-66

朴 馨 圭

- 현재 한국지질자원연구원 책임연구원
- 당 학회지 제15권 2호 참조



姜 旼 澈

- 1991년 부산대학교 금속공학과 학사
 - 1993년 부산대학교 금속공학과 석사
 - 1997년 부산대학교 금속공학과 박사
 - 부산대학교 생산기술연구소 연구원
 - (주)승우금속 중앙연구소 연구소장
 - 현재 한국마그네슘기술연구조합 상임이사
-