

特許와 論文으로 본 廢마그네슘 再活用 技術 動向

文秉岐* · 柳鳳善* · 曹永柱** · 曹奉圭**

*韓國機械研究院 附設 材料研究所
**韓國地質資源研究院

Trend on the Recycling Technologies for Waste Magnesium by the Patent and Paper Analysis

Byoung-Gi Moon*, Bong-Sun You*, Young-Ju Cho** and Bong-Gyoo Cho**

*Korea Institute of Materials Science

**Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

요 약

산업적 요구에 따른 금속 소재의 사용량은 급증하고 있으나, 한정된 유용가능 자원으로 인해 원소재 가격이 급속도로 상승하고 있어, 이들 금속 자원의 안정적 확보가 국가 경쟁력 확보 및 지속적인 경제 성장의 핵심 요소로 인식되고 있다. 전량 수입에 의존하고 있는 마그네슘 소재의 경우, 수명을 다한 자동차 및 3C(Camera, Computer, Communication) 제품의 폐부품과 마그네슘의 용해 과정에서 발생하는 슬러지 및 드로스 등의 저품위 스크랩은 전량 폐기되고 있어 자원순환의 효율성을 제고하고 독자적인 원소재 공급 체계를 확립하기 위해서는 저품위 스크랩의 재활용 기술 개발 및 상용화가 절실하다. 본 연구에서는 폐마그네슘의 재활용 기술에 대한 특허와 논문을 분석하였다. 분석범위는 1974년~2012년까지의 미국, 유럽연합, 일본, 한국의 등록/공개된 특허와 SCI 논문으로 제한하였다. 특허와 논문은 키워드를 사용하여 수집하였고, 기술의 정의에 의해 필터링 하였다. 특허와 논문의 동향은 연도, 국가, 기업, 기술에 따라 분석하여 나타내보았다.

주제어 : 폐마그네슘 재활용, 특허, 논문, 분석, 기술 동향

Abstract

Metal prices are rapidly rising due to increasing demand of metals and limited available resources according to the industrial requirement. As a result, securing a stable supply of these metal resources has been recognized as a core element of national competitiveness and sustained economic growth. In the case of magnesium and its alloys which are entirely depending on import, low-grade magnesium scraps from end-of-life vehicles and 3C(Camera, Computer, Communication) parts and magnesium wastes such as sludge and dross generated during melting process are hardly recycled. Accordingly, the development and commercialization of recycling technology of low-grade magnesium scrap is desperately needed to improve efficiency of resource circulation and to establish the required proprietary of resource metal supply and demand. In this study, papers and patents on recycling technologies of waste magnesium were analyzed. The range of search was limited in the open patents of USA (US), European Union (EP), Japan (JP), Korea (KR) and SCI journals from 1974 to 2012. Patents and journals were collected using

* Received : December 18, 2012 · Revised : February 4, 2013 · Accepted : March 8, 2013

*Corresponding Author : Bong-Sun You (E-mail : bsyou@kims.re.kr)

Light Metals Division, Korea Institute of Materials Science, 797 Changwondaero, Seongsan-gu, Changwon, Gyeongnam 642-831, Korea

Tel : +82-55-280-3539 / Fax : +82-55-280-3299

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

key-words searching and filtered by filtering criteria. The trends of the patents and journals was analyzed by the years, countries, companies, and technologies.

Key words : waste magnesium recycling, patent, paper, analysis, technical trend

1. 서론

최근 포스코에서 강릉에 마그네슘 제련소를 준공하였지만, 이외의 마그네슘 소재는 전량 수입에 의존하고 있는 상황이다. 근래 들어 전 세계 마그네슘 소재 시장의 85% 이상을 점유하고 있는 중국의 영향력으로 인하여 원소재의 수급 및 가격의 불안정성이 증대되고 있어 국내 마그네슘 소재 산업 및 전방산업의 경쟁력 강화를 위해서는 독자적인 원소재의 수급체계 확립이 절실한 실정이다. 제품 제조과정에서 발생하는 고품위 스크랩의 재활용 기술은 이미 상용화되어 있으나, 수명을 다한 자동차 및 3C(Camera, Computer, Communication) 제품의 폐부품과 마그네슘의 용해 과정에서 발생하는 슬러지 및 드로스 등의 저품위 스크랩은 전량 폐기되고 있어 자원순환의 효율성을 제고하고 독자적인 원소재 수급 체계를 확립하기 위해서는 저품위 스크랩의 재활용 기술 개발 및 상용화가 절실하다. 폐기물 매립에 따른 환경오염 요인을 최소화하고 향후 탄소 배출권 거래제 도입시 능동적으로 대응하기 위해서는 저품위 마그네슘 스크랩 재활용 기술 개발 및 상용화가 필수이다.

연구에 앞서, 특허 및 논문 분석에 의한 기술동향 파악은 기존에 수행되었던 관련기술의 연구내용 뿐만 아니라, 향후 연구의 방향을 설정하는데 중요한 자료로 활용되고 있으며, 연구내용이 중복되는 것을 사전에 막아주는 역할을 한다. 이에 본 연구에서는 마그네슘 스크랩의 재활용 기술에 대하여 일본, 미국, 유럽 그리고 한국의 특허정보와 논문정보를 분석함으로써 기술의 동향을 파악하고자 하였다.

2. 기술 검색대상 및 분석기준

2.1. 특허 및 논문검색 대상

폐마그네슘 재활용 기술 관련 특허와 논문을 분석하기 위하여 관련된 모든 특허와 논문을 검색하여 분석하는 것이 이상적이지만, 모든 것을 수집하는 데는 한계가 있으므로 우선자료의 검색 범위를 설정할 필요가 있다. 본 논문에서는 2012년 8월까지의 기간에 등록 또는 공개된 특허와 발표된 논문을 수집 대상으로 하였으며,

Table 1과 같은 검색 DB를 사용하여 진행하였다. 논문은 Scopus DB를 사용하였으며 특허는 WIPS DB를 사용하여 한국, 미국, 일본, 유럽연합, PCT특허로 제한하였다. 본 연구에서는 검색된 특허와 논문의 초록 및 요약문을 검토하여, 선정된 특허 145건과 논문 34건을 대상으로 분석하였다. 특허의 경우, 출원 후 1년 6개월 이후에 공개되는 특허제도의 특성상 2011년도부터 미공개특허가 존재하므로 분석결과와 유효기간은 2010년까지로 볼 수 있다.

2.2. 데이터 구축

DB구축은 폐마그네슘 재활용 기술과 관련된 키워드의 조합으로 조사되었으며, Table 2와 같이 스크랩분리, 표면불순물제거, 유해원소제거, 금속성형 기술에 관한 4개의 기술 분야로 나누어 분석하였다.

3. 폐마그네슘 재활용 기술 관련 특허 동향 분석

3.1. 연도별 동향

폐마그네슘 재활용 기술의 연도별 특허출원 건수를 Fig. 1에 나타냈다. 1974년에 처음 출원되어, 1990년까지 미미한 특허활동을 나타냈다. 1990년대 중반부터 활발한 특허활동을 보이며, 1999년에 13건의 가장 많은

Table 1. Main content of patent and paper analysis

	Patent	Paper
The name of search database	WIPS	Scopus
The number of analysis	145	34
The date of search	from 1974 to 2012	

Table 2. Technical clarification of recycling for waste magnesium

The name of technology	Technical classification
Recycling for waste magnesium	Metal forming
	Separation of scrap
	Removal of harmful elements
	Removal of surface impurities

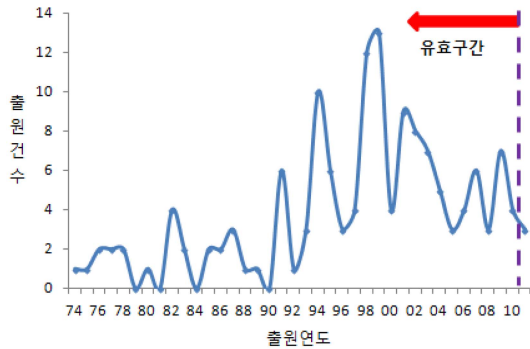


Fig. 1. Trend of the applied patents by the year.

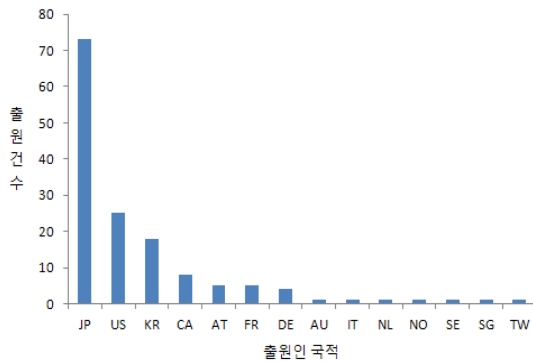


Fig. 2. Number of patents by the country.

특허가 출원되었다. 이후 2000년대에 감소하는 추세로 나타나지만 비교적 활발한 특허활동을 보였다.

3.2. 국가별 동향

Fig. 2는 특허의 출원인 국적별 특허출원건수를 나타낸 그래프이다. 일본국적 출원인이 73건으로 50.3%의 가장 높은 점유율을 차지했으며, 미국국적 출원인은 25건(17.2%), 한국국적 출원인은 18건(12.4%), 캐나다국적 출원인은 8건(5.5%)의 순으로 나타났다.

국가별 출원동향을 살펴보면 미국특허가 1974년에 가장 먼저 출원되었으며, 일본특허가 약 50%의 점유율을 차지하여 가장 활발한 특허활동을 보였다. 한국특허는 가장 늦은 1994년에 처음 특허출원을 한 것으로 나타났다.

3.3. 주요 출원인

Table 3은 특허로부터 도출된 주요 출원인(Top 10) 현황을 나타낸 표이다. 미국의 LAWRENCE KREISLER가 6건으로 가장 많은 특허를 출원하였고, 일본의 JAPAN STEEL WORKS, MITSUI MINING & SMELTING, UNITIKA가 각각 5건의 특허를 출원하였다. 상위 10위권 내의 출원인 중 일본 국적 소속이 6개 기관으로 가장 많은 것으로 나타났다.

3.4. 기술별 동향

Fig. 3은 폐마그네슘 기술 분야 특허의 기술별 건수를 나타낸 그래프이다. 기술별 점유율을 살펴보면, 스크랩 분리 기술 관련 특허가 76건으로 52.4%의 가장 큰 점유율을 보이며, 유해원소제거 기술 관련 특허가 52건(35.9%), 표면불순물제거 기술 관련 특허가 9건(6.2%), 금

Table 3. Main applicants of patents

Main applicant	Number of patents	technology
LAWRENCE KREISLER(미국)	6	separation of scrap
JAPAN STEEL WORKS(일본)	5	metal forming, separation of scrap, removal of harmful elements, removal of surface impurities
MITSUI MINING & SMELTING (일본)	5	separation of scrap, removal of harmful elements
UNITIKA(일본)	5	separation of scrap
코리아리사이틀(한국)	4	separation of scrap
KOBE STEEL(일본)	4	separation of scrap, removal of harmful elements
ALCAN INTERNATIONAL(캐나다)	3	removal of harmful elements, removal of surface impurities
BOULET ALAIN RENAUD(캐나다)	3	metal forming
NIPPON LIGHT METAL(일본)	3	removal of harmful elements
YAZAKI(일본)	3	separation of scrap

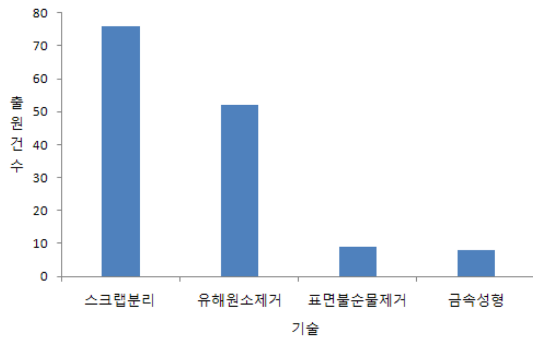


Fig. 3. Number of patents for detailed technologies.

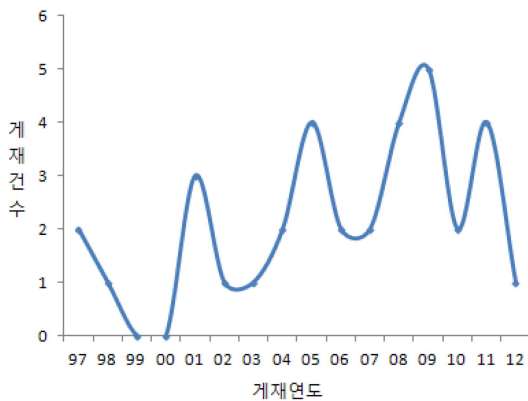


Fig. 4. Trend of the published papers by the year.

속성형 기술 관련 특허가 8건(5.5%)의 순으로 나타났다. 출원인 국적별 특허건수를 비교해보면 일본이 모든

기술에서 높은 점유율을 나타냈다. 이를 Table 4에 정리하였다.

한편 미국과 한국은 스크랩분리, 유해원소제거 기술 관련 특허건수가 많은 것으로 나타났다.

4. 페마그네슘 재활용 기술 관련 논문 동향 분석

4.1. 연도별 동향

페마그네슘 재활용 기술의 연도별 논문게재건수를 Fig. 4에 나타냈다. 페마그네슘 재활용 기술 관련 논문은 1997년에 처음 게재되었으며, 2000년대 중반부터 논문활동이 활발해지기 시작하여 2009년에는 5건의 가장 많은 논문을 게재한 것으로 나타났다.

4.2. 국가별 동향

Table 5는 저자 국적별 기술별 게재 논문 현황을 나타낸 표이다. 일본은 모든 기술 관련 논문을 게재하였고, 중국과 독일은 금속성형, 스크랩분리 기술 관련 논문을 게재한 것으로 나타났다.

4.3. 기술별 동향

Fig. 5는 페마그네슘 재활용 분야 논문의 기술별 건수를 나타낸 그래프이다. 논문의 기술별 건수를 살펴보면, 스크랩분리 기술 관련 논문이 17건으로 50.0%의 가장 큰 점유율을 보이며, 유해원소제거 기술 관련 논문이 10건(29.4%), 금속성형 기술 관련 논문 4건(11.8%), 표면불순물제거 기술 관련 논문 3건(8.8%)의 순으로 나타났다.

Table 4. Number of applied patents by nationalities of applicants in each technology

Nationality	Metal forming	Separation of scrap	Removal of harmful elements	Removal of surface impurities
JP	3	35	29	6
US	1	16	8	-
KR	1	11	5	1
CA	3	2	1	2
AT	-	2	3	-
FR	-	3	2	-
DE	-	3	1	-
AU	-	-	1	-
IT	-	1	-	-
NL	-	1	-	-

Table 5. Number of the published papers by the nationalities of author in each technology

Nation-ality	Metal forming	Separation of scrap	Removal of harmful elements	Removal of surface impurities
JP	2	2	4	1
CN	5	3	-	-
DE	3	4	-	-
KR	2	-	-	-
SG	2	-	-	-
AT	1	-	-	-
BE	-	-	-	1
NL	-	-	-	1
RO	-	1	-	-
RU	1	-	-	-
US	1	-	-	-

Table 6. Main organizations of papers

Main organization	Number of papers
Tech. Universitt Clausthal(DE)	4
GKSS(DE)	3
Inha University(KR)	2
Harbin University of Science and Technology(CN)	2
National University of Singapore(SG)	2
Toyama Prefectural University(JP)	2

4.4. 주요기관 동향

Table 6은 논문으로부터 도출된 주요 기관 현황을 나타낸 표이다. 독일의 Tech. Universitt Clausthal이 4건으로 가장 많은 논문을 발표하였고, GKSS가 3건, 한국의 인하대학교, 중국의 Harbin University of Science and Technology, 싱가포르의 National University of Singapore, 일본의 Toyama Prefectural University가 각각 2건의 순으로 나타났다.

상위 6개 게재기관 중 2개 기관이 독일 국적 소속으로 나타났다.

5. 폐마그네슘 재활용 기술 관련 특허 및 논문의 심층 분석

Table 7은 기술적 중요도를 기준으로 선별된 주요특허와 주요논문을 정리하여 나타내었다.

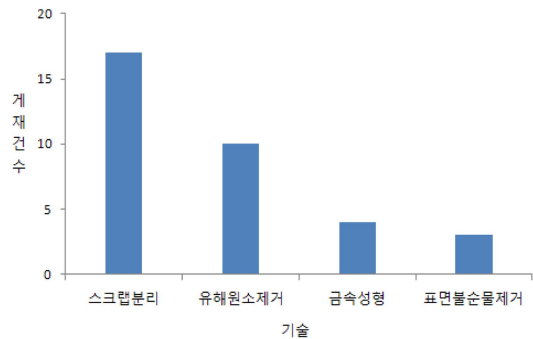


Fig. 5. Number of papers for detailed technologies.

금속성형 기술 측면에 있어서, NIAIST는 용해한 튜브상의 수지를 자루모양으로 하여 합친 금형에 넣은 후 압축공기를 밀어 넣어 금형에 밀착시켜 냉각시키는 취입 성형에 관한 “Blow Forming of Mg Alloy Recycled by Solid-State Recycling” 논문을 게재하였다.

스크랩분리 기술 측면에 있어서, RIKEN은 전기분해에 의해 분리 및 회수하는 “Method for removing and recovering magnesium from scrap” 특허를 일본에 공개하였고, Yerushalmi, Dan은 알루미늄-마그네슘 합금을 분리회수하기 위한 방법에 관한 “Aluminum dross recovery process” 특허를 미국에 등록하였으며, PECHINEY ELECTROMETALL은 합금 폐기물로부터 순수한 마그네슘 또는 합금에 재이용하기 위해 충분한 순도이 마그네슘을 회수하는 방법에 관한 “Recover of magnesium from magnesium alloy waste” 특허를 일본에 공개하였다. SPOEL HAN은 비철금속, 알루미늄-마그네슘 합금 분리회수 방법에 관한 “Method for recovery of non-ferrous metals from scrap and dross” 특허를 유럽에 공개하였고, LAWRENCE KREISLER는 폐기물로부터 금속의 분리 및 회수법에 관한 “Method for recovering and separating metals from waste streams” 특허를 미국에 등록하였으며, HITACHI CHEMICAL은 유용금속을 포함한 폐기물로부터 용매나 산류 등의 약액을 사용하지 않고 금속을 회수하는 방법에 관한 “Method for recovering metal in waste” 특허를 일본에 공개하였다. Alcoa는 금속이 포함된 폐기물로부터 금속 회수 방법에 관한 “Method to recover metal from a metal-containing dross material” 특허를 미국에 등록하였고, KASZAS-SAVOS MELANIA는 화학적 열처리에 의해 폐기물로부터 금속을 분리하는 방법에 관한 “Process and apparatus for recovery of raw

Table 7. The list of core patents & papers

Technical classification	[Nationality]Patent (Publication)Number/ Volume, Page	Patent(Publication)Date/ Publication Year	Applicant/Organization
Metal forming	45, 361-364	2004	NIAIST
Separation of scrap	[JP]1984-059846	1984.04.05	RIKEN
	[US]5102453	1992.04.07	Yerushalmi, Dan
	[JP]1995-216473	1995.08.15	PECHINEY ELECTROMETALL
	[EP]0745144	1998.08.26	SPOEL HAN
	[US]5753125	1998.05.19	LAWRENCE KREISLER
	[US]6797195	2004.09.28	LAWRENCE KREISLER
	[US]5908559	1999.06.01	LAWRENCE KREISLER
	[JP]1999-323447	1999.11.26	HITACHI CHEMICAL
	65, 621-626	2001	Himeji Institute of Technology
	[US]6254782	2001.07.03	LAWRENCE KREISLER
	[US]6274045	2001.08.14	LAWRENCE KREISLER
	[US]6270679	2001.08.07	LAWRENCE KREISLER
	[US]6199779	2001.03.13	Alcoa
	54, 51-54	2002	University of Leoben
	[US]6375908	2002.04.23	KASZAS-SAVOS MELANIA
	[JP]2002-348621	2002.12.04	JAPAN STEEL WORKS
	44, 798-801	2003	The University of Tokyo
	[JP]2005-097648	2005.04.14	MITSUI MINING & SMELTING
	[JP]4243174	2009.01.09	TAKATA
	[EP]1606057	2006.10.04	UNIV DELFT TECH
[EP]1602739	2007.08.15	Alulight International	
[JP]2006-007049	2006.01.12	KIKUSUI FORGING CO-OP	
[JP]2008-223097	2008.09.25	NIPPON THERMOCHEMICAL	
Removal of harmful elements	[JP]1986-243133	1986.10.29	NIPPON LIGHT METAL
	[JP]1988-294919	1988.12.01	NIPPON LIGHT METAL
	[US]5476529	1995.12.19	PECHINEY ELECTROMETALL
	[JP]2000-226621	2000.08.15	MITSUI MINING & SMELTING
	[JP]2000-226622	2000.08.15	MITSUI MINING & SMELTING
	[JP]2000-273555	2000.10.03	MITSUI MINING & SMELTING
	[JP]2001-020018	2001.01.23	MITSUI MINING & SMELTING
	[JP]2003-147445	2003.05.21	JAPAN STEEL WORKS
	[JP]2003-342650	2003.12.03	NIPPON MAGNETIC DRESSING
	[JP]2004-027287	2004.01.29	HONDA MOTOR
[US]20100236745	2010.09.23	현대자동차	
Removal of surface impurities	[US]5405428	1995.04.11	ALCAN INTERNATIONAL
	[JP]2004-041894	2004.02.12	NIPPON MAGNETIC DRESSING

materials from wastes residues” 특허를 미국에 등록하였으며, JAPAN STEEL WORKS는 마그네슘 합금 스크랩으로부터 재활용 가능한 고순도의 마그네슘을 회수하는 방법에 관한 “Apparatus for collecting pure magnesium in magnesium alloy material, and method for recycling magnesium alloy material” 특허를 일본에 공개하였다. MITSUI MINING & SMELTING은 자동차 부품이나 컴퓨터 관련 기기용으로서 유용한 마그네슘-리튬계 합금의 폐재 회수 시 회수량을 가능한 많이 하는 방법에 관한 “Method for recovering magnesium-based alloy waste material” 특허를 일본에 공개하였고, TAKATA는 환경오염 없이 원활하게 재생 처리를 행할 수 있는 마그네슘 합금 스크랩 처리법에 관한 “Mg 합금 스크랩의 처리 방법”이란 특허를 일본에 등록하였으며, UNIV DELFT TECH는 비철금속 함유 입자 회수에 관한 “A method for the separation of non-ferrous metal containing particles from a particle stream” 특허를 유럽에 등록하였다. Alulight International은 경금속 부재를 재활용 하는 방법에 관한 “Method for recycling of light metal parts” 특허를 유럽에 등록하였고, KIKUSUI FORGING CO-OP는 산업폐기물로부터 마그네슘을 재활용하기 위한 방법에 관한 “ADSORBING/DECOMPOSING AGENT” 특허를 일본에 공개하였으며, NIPPON THERMOCHEMICAL은 마그네슘 회수 방법에 관한 “Method for making magnesium alloy waste safe, and recovering and refining method for the magnesium alloy waste made safe” 특허를 일본에 공개하였다. University of Leoben은 자동차 부품의 마그네슘 스크랩을 재활용 하는 방법에 관한 “Recycling automotive magnesium scrap” 논문을 게재하였고, Himeji Institute of Technology는 마그네슘 합금의 기계적 분리에 의한 재활용법에 관한 “Corrosion and mechanical properties of AZ91D magnesium alloy fabricated by solid recycling process” 논문을 게재하였으며, The University of Tokyo는 마그네슘-네오디움 합금으로부터 네오디움과 마그네슘의 재추출법에 관한 “Direct extraction and recovery of neodymium metal from magnet scrap” 논문을 게재하였다.

유해원소제거 기술 측면에 있어서, NIPPON LIGHT METAL은 금속 스크랩의 재생용 필터 장치에 관한 “Filter device for regeneration of metallic scrap” 특허를 일본에 공개하였고, PECHINEY ELECTRO-

METALL은 합금폐기물로부터 순수한 마그네슘 또는 합금에 재이용하기에 충분한 순도의 마그네슘 회수법에 관한 “Process for the recovery of magnesium from magnesium alloys waste” 특허를 미국에 등록하였으며, MITSUI MINING & SMELTING은 주조 공장에서 발생한 마그네슘계 재료의 스크랩을 청정화하고 주조 원료로서 재생 이용 가능한 방법에 관한 “Method for cleaning magnesium-base waste material” 특허와, 코팅된 마그네슘계 재료의 스크랩 재생 방법에 관한 “Method for regenerating coated magnesium scrap” 특허를 일본에 공개하였다. JAPAN STEEL WORKS는 재용해한 마그네슘 합금 용탕의 정제법에 관한 “Method for refining magnesium alloy” 특허를 일본에 공개하였고, NIPPON MAGNETIC DRESSING은 마그네슘 및 마그네슘 합금의 불순물을 제거하고 재활용할 수 있는 방법 및 장치에 관한 “Process and apparatus for recycling magnesium waste material” 특허를 일본에 공개하였다. HONDA MOTOR는 칼슘이나 희토류 원소를 첨가한 마그네슘 합금의 폐기물을 재활용할 때, 재활용 비용을 낮추면서 마그네슘 순도를 높이는 방법에 관한 “Method of recycling magnesium alloy” 특허를 일본에 공개하였고, 현대자동차는 마그네슘 합금 스크랩에 포함된 불순물을 효과적으로 제거하는 방법에 관한 “Apparatus and method for recycling magnesium alloy scrap” 특허를 미국에 공개하였다.

표면불순물제거 기술 측면에 있어서, ALCAN INTERNATIONAL은 금속의 오염물질 제거 및 표면처리 방법에 관한 “Decontamination and/or surface treatment of metals” 특허를 미국에 등록하였고, NIPPON MAGNETIC DRESSING은 처리 비용을 낮추는 것과 동시에, 회수한 유가물의 부가 가치를 높이는 폐기물로부터 마그네슘 회수법에 관한 “Method of recovering magnesium from waste having coating material stuck thereto” 특허를 일본에 공개하였다.

6. 결 론

폐마그네슘 재활용 기술 관련 특허는 1990년대 중반부터 활발한 특허활동을 보이며, 1999년에 가장 많은 특허가 출원된 것으로 나타났다. 특허의 국가별 특허출원을 살펴보면, 일본특허가 약 50%의 가장 큰 점유율을 차지한 것으로 보인다. 주요 출원인은 미국의 LAWRENCE KREISLER, 일본의 MITSUI MINING

& SMELTING, UNITIKA 등으로 조사되었다. 폐마그네슘 재활용 기술 관련 논문은 1997년에 처음 게재되었으며, 2000년대 중반부터 활발한 논문활동을 보였다. 논문의 주요 게재기관은 독일의 Tech. Universitt Clausthal, GKSS 등으로 조사되었다.

주요특허와 주요논문을 살펴보면 스크랩분리 기술 관련 특허와 논문이 주를 이루고 있다. 근래 들어 자동차 및 3C 부품으로 사용되었던 부품들의 폐기량이 증가함에 따라, 이러한 폐기물들을 재활용할 경우 고부가가치의 산업으로 성장할 것으로 기대되고 있으나, 대부분의 재생업체들이 기술력 부족으로 인하여 저품위 스크랩의 재활용을 포기하고 있는 실정이다. 특히 국내외에서 상대적으로 특허출원이 부진한 표면불순물의 제거 기술의 연구개발에 집중시킬 필요가 있다. 표면불순물 및 기타 금속 혼입물의 제거가 충분치 않을 경우 재용해 과정에서 유해원소 제거 비용이 증가하거나 청정화가 불가능하게 되므로, 효과적인 표면불순물 제거공정의 개발이 선행되어야 한다. 따라서 본 과제를 통한 표면불순물 및 기타 금속 혼입물의 효율적인 제거 기술과 비금속 개질물 및 유해원소의 효과적이고 친환경적인 제어 기술의 개발에 중점을 두어 연구를 수행한다면, 국내의 관련 시

장뿐 아니라 세계 시장에서도 경쟁력 있는 입지를 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 환경부 글로벌담 환경기술개발사업 중 폐금속유용자원재활용기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다(GT-11-C-01-190-0).

참고문헌

1. Cho B. G., 2011: *Development of the High-Efficiency Recycling Technology for the End-of-Life Magnesium Scrap*, R&D Center for Valuable Recycling Detail Plan Report, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, pp384-410, Deajeon, Korea.
2. Chino Y., et al., 2001: *Corrosion and mechanical properties of AZ91D magnesium alloy fabricated by solid recycling process*, Nippon Kinzoku Gakkaishi/Journal of the Japan Institute of Metals, 65, pp621-626.
3. Hanko G., Antrekowitsch H., Ebner P., 2012: *Recycling automotive magnesium scrap*, JOM, 54, pp51-54.

文 秉 岐

- 현재 한국기계연구원 부설 재료연구소 경량금속연구단 선임연구원

柳 鳳 善

- 현재 한국기계연구원 부설 재료연구소 경량금속연구단 책임연구원

曹 永 柱

- 현재 글로벌담환경기술개발사업 폐금속유용자원재활용기술개발사업단 연구지원실장
- 당 학회지 제21권 3호 참조

曹 奉 圭

- 현재 한국지질자원연구원 책임연구원
 - 당 학회지 제18권 5호 참조
-