

技術資料

자동차산업에서의 Mg합금 적용현황 및 전망

박순찬, 윤상훈, 신광선

Application Status and Prospects of Mg Alloys in Automotive Industry

S. C. Park, S. H. Yoon and K. S. Shin

1. 서론

최근 전세계는 환경오염에 대한 위기의식이 점차 증폭되고 있으며, 실제로 지구 온난화에 의한 기상 이변은 인간생활을 위협하고 있다. 이에 따라 선진국을 중심으로한 세계 각국은 각종 환경규제를 강화하여 환경오염을 억제하려는 노력을 기울이고 있다. 특히 세계적으로 5억대가 넘는 자동차에서 배출되는 배기가스는 지구 온난화의 주요원인으로 지적되고 있으며, 결과적으로 자동차산업의 중심지인 미국을 선두로하여 각국은 대기정화법을 개정하여 자동차 배기가스 규제기준을 더욱 강화하고 있다. 예를 들어 미국의 경우, CAFE(Corporate Average Fuel Economy)기준을 강화하는 브라이언 법안을 제정하여, 1996년까지는 20%(평균 34.4 MPG, 14.6km/ℓ), 2001년까지는 40%(평균 40.2 MPG, 17.0km/ℓ)의 연비향상을 달성해야한다고 규정하고 있다. 결국 세계 유수의 자동차 생산업체에서는 이러한 강화된 기준에 대한 대처 방안으로, 보다 성능이 우수한 자동차를 개발하기 위하여 자동차의 연비향상에 대한 막대한 투자와 연구개발을 수행하고 있다. 자동차산업이 국가의 주요 기간산업으로 간주되고 있는 우리 나라의 경우에도, 완전 개방된 세계 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해서는 배기가스 규제기준을 만족하기 위한 연구, 개발이 절실한 실정이다[1~4].

자동차의 연비는 주로 엔진출력향상, 유선형차체를 이용한 공기저항감소, 차체의 소형화 및 자동차의 경량화 등을 이용하여 향상시킬 수 있다. 이러한 방안 중에서 엔진효율의 향상이나 공기저

항의 감소는 설계 측면에서 고려해야 하는 것으로, 현재 기술개발이 한계에 도달하여 실제 급격한 개선이 어려운 실정이다.

또한 차체의 소형화는 연비향상에 가장 확실한 방법이 되지만, 보다 안전하고 안락하며 큰 차를 원하는 소비자들의 욕구를 만족시키지 못하고 있다. 결국 연비향상을 위한 방안으로서 자동차부품의 경량화가 가장 유력하고 가능성 있는 방안으로 제안되고 있으며, 이미 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있고, 또 가시적인 결과를 나타내고 있다. 일반적으로 자동차의 경량화 방법에는 저밀도의 경량 재료를 사용하는 방법과, 고강도 또는 높은 탄성계수를 갖는 재료를 사용함으로써 사용재료의 부피를 줄여 경량화를 도모하는 방법 등이 있다. 특히 전자의 경우, 높은 비강도를 가지는 알루미늄합금, 마그네슘합금 및 플라스틱 등의 사용이 제시되고 있으며, 최근에는 선진국을 중심으로 초경량 재료로서의 마그네슘합금에 대한 연구가 활발한 실정이다. 본 논문에서는 이에 따라, 최근 국내의 자동차산업에서 마그네슘합금을 적용한 자동차 부품의 현황과 앞으로의 전망에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 마그네슘합금의 특성

마그네슘합금은 밀도가 1.8g/cm³정도로 구조용 합금 중에서 최경량 재료이며 비강도 및 가공성이 우수하다. 또한 진동, 충격 및 전자파 등에 대한 우수한 감쇄능을 가지며 전기 및 열전도도가 탁월하다. 대표적인 자동차용 마그네슘합금으로는 AM60B, AZ91D 및 ZE41A 등이 있는데,

서울대학교(1995년도 춘계학술발표 및 기술강연대회에서 강연한 내용임)

AM60B 합금은 연성 및 인성이 우수하고, AZ91D 합금은 기계적성질, 주조성, 그리고 내식성이 우수하며, ZE41A 합금은 고온 특성이 우수하여 175°C까지 사용될 수 있는 합금이다. 다음의 표 1에 대표적인 자동차용 마그네슘합금의 기계적특성을 나타내었다[5].

표 1. 자동차용 마그네슘합금의 기계적특성

종 류	인장강도 (MPa)	항복강도 (MPa)	연신율 (%)	경 도 (HB)
AM60B	197	94	4.5	50
AZ91D	230	160	3	63
ZE41A	193	138	8	62
AS41	160	80	-	60

마그네슘합금의 가장 효과적인 가공방법은 다이캐스팅법으로 이 방법에 의하여 마그네슘합금 부품을 생산할 경우, 알루미늄합금을 같은 공정으로 처리하는 경우보다 다이의 수명이 크게는 10배까지 증가하는 것으로 보고되고 있으며, 단위시간당 생산량도 현저히 증가한다. 열용량이 매우 작아 복잡한 형상의 부품도 원하는 모양에 거의 가깝게 주조할 수 있을 뿐만 아니라, 주조 상태에서 매우 깨끗한 표면을 얻을 수 있고, 기계가공성도 우수하여 후처리 공정을 간소화시킬 수 있다. 이러한 장점을 이용하여 마그네슘합금은 실린더 헤드 커버, 스티어링 휠 코어, 시트프레임, 인스트루먼트 판넬 등의 자동차 부품으로 쓰여 자동차 경량화에 큰 효과를 얻을 수 있다 [6,7].

3. 국외 자동차산업에서 마그네슘합금의 적용 현황

마그네슘합금은 지속적인 다이캐스팅법의 발전과 합금개발에 따라 내식성과 주조성이 향상되었고, 이에 따라 그 소비동향도 증가 추세에 있다. 마그네슘합금의 주요 소비산업은 자동차산업으로 전체 마그네슘 소비량의 70% 이상을 차지하고 있다[8]. 그림 1은 전세계 각 지역별로 자동차산업에 쓰이는 마그네슘 잉고트 소비량의 추세와 전망을 나타내고 있으며[9], 그림 2는 이중 특히 미국 자동차 3대 메이커의 마그네슘 소비량을 나타낸 것이다[10]. 여기서 알 수 있듯이

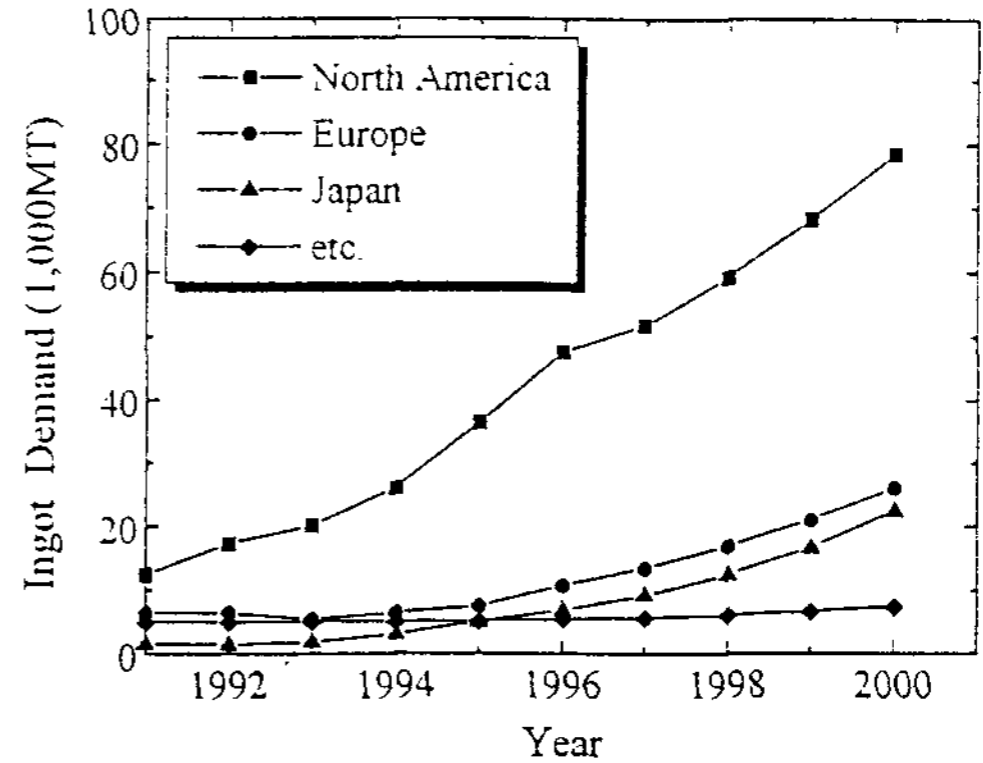


그림 1. 전세계 자동차산업에서의 마그네슘 잉고트 소비량의 추세 및 전망

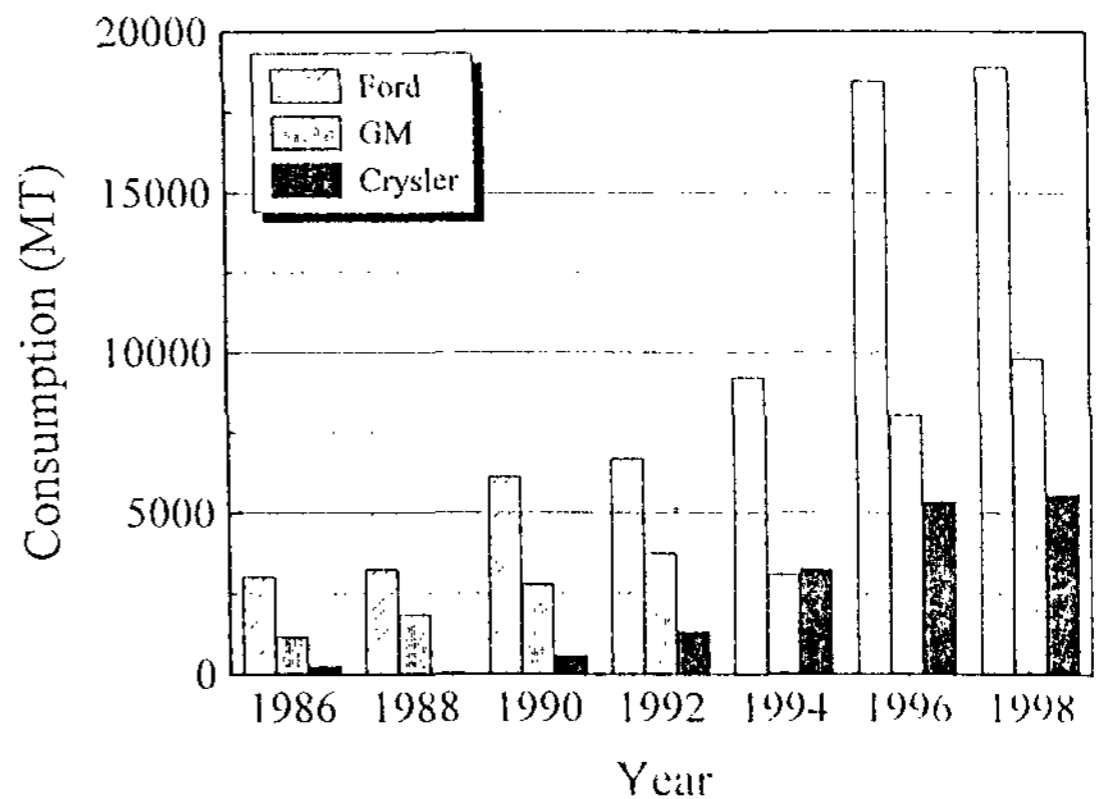


그림 2. 미국 자동차 3대 메이커의 마그네슘 소비량 추이

자동차산업에서 마그네슘의 소비량은 급격한 증가 추세에 있다. 회사별로 큰 차이를 나타내는 것은 제작하는 부품 수의 차이에 의한 것이 아니라 부품의 크기에 따른 것이다.

이러한 마그네슘합금은 그 특성상 자동차산업에 하중을 많이 받지 않는 부품에 많이 응용되고 있는데, 예를들어 GM의 캐딜락에는 실린더 헤드 커버 및 오일 필터 케이스에 마그네슘합금이 사용되고, 포드의 링컨 마크 VI에는 각종 하우징에 적용되고 있다. 한편 도요다의 크라운등에는 브래킷 및 하우징에 사용되고 있으며, 혼다의 NSX에서는 실린더 헤드 커버, 인테이크 매니폴더 커버 및 챔버 등에 사용되고 있다. 또한 벤츠의 500SL에는 시트 프레임에 마그네슘합금을 적용하고 있다. 표 2에서는 마그네슘합금의 특성에 따른 적용분야를 요약하였고[11], 표 3는 지역

별로 실제 자동차부품으로 사용되고 있는 마그네슘합금의 적용 예를 보여주고 있다[8].

4. 국내 자동차산업에서의 마그네슘합금의 적용 현황

표 2. 자동차부품에의 특성에 따른 마그네슘합금 적용예

특 성	부 품
경량성, 가공성, 치수안정성, 저가, 다이캐스팅 용이성	Cylinder head cover, Clutch, Transmission housing
경량성, 가공성, 저가, 다이캐스팅 용이성	Carburetor
경량성, 방진성	Pan, Pan housing
경량성	Grill, Panel, Clutch pedal bracket, Steering column compo.
경량성, 인성	Seat frame

표 4는 국내에서 생산되고 있는 자동차들의 연비, 무게 및 엔진배기량을 나타낸 것이다[12]. 이 표에서 보면 전술했던 미국의 강화된 CAFE 기준과 비교해 볼 때 소형차의 경우는 이 기준을 만족하고 있으나, 중소형이상의 차에서는 아직 이 기준에 미흡한 것으로 나타나고 있다. 전체 생산량의 1/3이상을 수출하고 있는 우리나라의 실정에 비추어 볼 때 연비를 높이기 위한 자동차의 경량화는 시급한 문제로 대두되고 있으나, 지금까지 국내의 자동차산업에서 마그네슘합금의 적용은 거의 이루어지지 않고 있었다. 이와 같이 자동차 경량화의 문제점이 대두되면서 국내 자동차 회사에서도 자동차 부품에의 마그네슘합금 적용에 대하여 활발한 연구가 진행되고 있다. 현재 연구가 진행되고 있는 마그네슘계 자동차 부품은 실린더 헤드 커버, 타이밍 벨트 커버, 스티어링 휠 코어, 트랜스미션 케이스 등이 있는데, 실린더 헤드 커버나 스티어링 휠 코어는 이미 실차

표 3. 지역별 자동차부품에의 마그네슘합금 적용예

APPLICATION	Japan	N.A.	EUR.	S.A.	China
Seat Frames			○		
Clutch Housings		○	○	○	○
Manual Transmission Housings		○	○	○	○
Steering Wheel Cores	○				
Steering Column Components	○	○	○		
Cylinder Head Covers	○	○	○		
Accessory Drive Brackets		○			
Instrument Panels			○		
Wheels	○		○		
Brake & Clutch Pedal Brackets		○			
Oil Filter Adapters		○			
Engine Oil Pans			○		
Door Handles			○		
Fuel Intake Manifolds	○	○			
EGR System Valve Cover		○			
Automatic Transmission Stators		○			
Automatic Transmission Pistons		○			
Decorative Nameplates		○			
Window Motor Housings		○			
Radio Amplifier Housing & Covers		○			
Seat Motor Housing			○		
Mirror Brackets		○			
Turbo Supercharger Components			○		
Headlight Retainers		○			

표 4. 국내 생산 자동차들의 연비, 무게 및 엔진 배기량

제조회사	차종	연비 (km/l)	중량 (kg)	배기량 (cc)
대우	티코(M/T)	24.1	640	796
	르망(M/T)	15.07	1,013	1,498
	에스페로(M/T,DOHC)	14.84	1,116	1,498
기아	프라이드(EGI)	16.87	855	1,323
	세피아(DOHC)	15.36	1,050	1,498
	캐피탈(DOHC)	13.37	1,027	1,498
	콩코드(GTX)	12.77	1,190	1,998
	포텐샤(DOHC,A/T)	8.29	1,615	2,954
현대	엑셀(GDS)	16.32	961	1,468
	스쿠프(M/T)	16.40	970	1,495
	엘란트라(GLSi)	15.36	1,050	1,498
	쏘나타(GLSi)	12.14	1,250	1,977
	뉴그랜저(DOHC,A/T)	8.28	1,713	2,972

적용에 상당히 가까운 단계에 도달해 있다. 앞으로 국내 자동차 업계에서 자동차 부품에 마그네슘합금의 적용범위는 점차 늘어날 것으로 예상되고 있으며, 각 자동차 회사들도 수년 내에 마그네슘제 자동차부품의 양산체제에 들어갈 계획으로 있어, 앞으로 마그네슘합금에 대한 수요의 급격한 증가가 나타날 것으로 예상되고 있다.

국내 자동차산업의 발전속도로 볼 때 1997년 쯤에는 연간 250만대의 차를 생산할 것으로 예상되는바, 차 한대당 2kg의 마그네슘합금이 쓰인다고 가정하면 5,000톤의 마그네슘합금이 소요되고, 잉고트 제작회사에서 생각하고 있는 수준인 차 한대당 5kg이 쓰인다면 12,500톤의 마그네슘합금이 소요되는 등 급격한 마그네슘합금의 수요증가가 나타날 것으로 생각된다.

5. 맺음말

마그네슘합금은 탁월한 경량성으로 인하여 매력적인 자동차부품 재료로 부각되고 있으나, 마그네슘합금을 자동차부품에 채택하는데 있어서 알루미늄과 플라스틱과 같은 경합재료들이 대두되기도 한다. 알루미늄은 가격 면에서 마그네슘에 비하여 유리하지만, 그림 3에서 볼 수 있듯이 체적비에 따른 마그네슘합금의 가격은 알루미늄의 가격에 비하여 많이 높지 않고[10], 국제 원

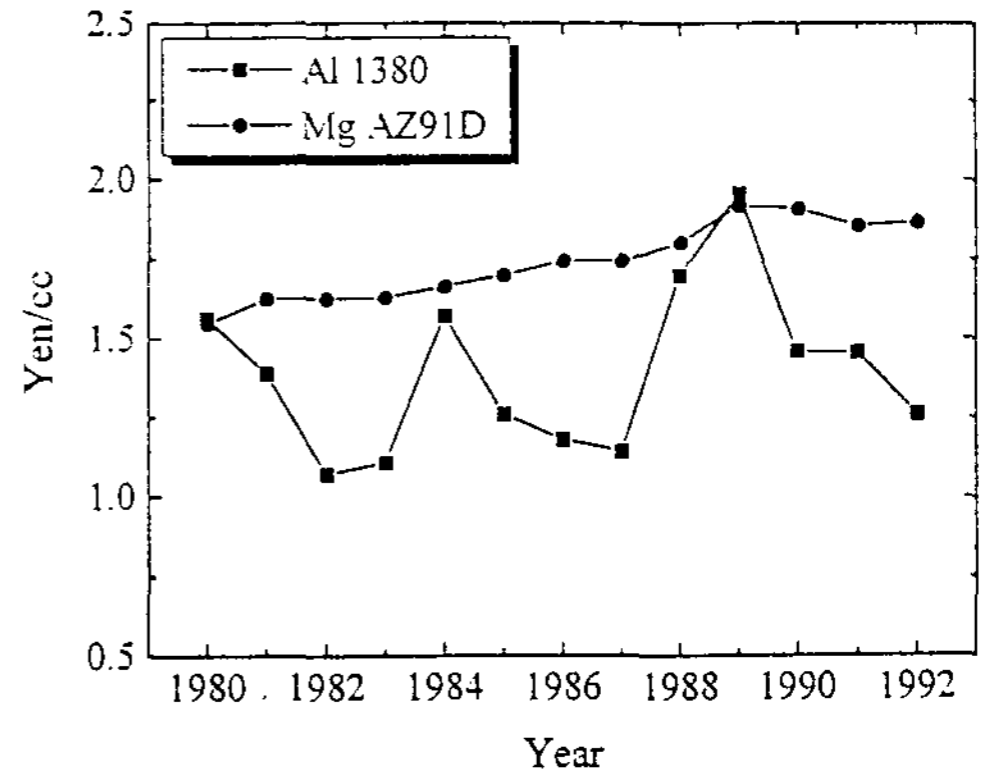


그림 3. 체적비에 따른 마그네슘합금과 알루미늄합금의 가격 동향 비교

자재시장에서 마그네슘의 가격은 큰 변동이 없는 반면 알루미늄의 경우는 매우 불안정하며, 전술한 바와 같이 다이캐스팅시 마그네슘이 가지는 장점들을 비교할 때, 알루미늄과의 충분한 가격 경쟁력을 확보할 여지가 많다고 볼 수 있다. 한편, 마그네슘합금의 적용 분야는 플라스틱의 적용 분야와도 유사하다. 자동차부품에 적용이 확대되고 있는 플라스틱은 많은 장점을 가지고 있지만, 재활용이 어렵다는 결정적인 단점을 가지고 있다. 반면, 플라스틱과 같은 수준의 강도를 갖는 마그네슘의 경우, 가격이 최소한 대등하거나 저렴하며, 재활용이 가능하여 환경 공해 문제를 일으키지 않는다는 이점이 있다. 그림 4는 가장 널리 쓰이고 있는 다이캐스팅용 마그네슘합금인 AZ91D와 일반적인 열가소성수지의 부품가격

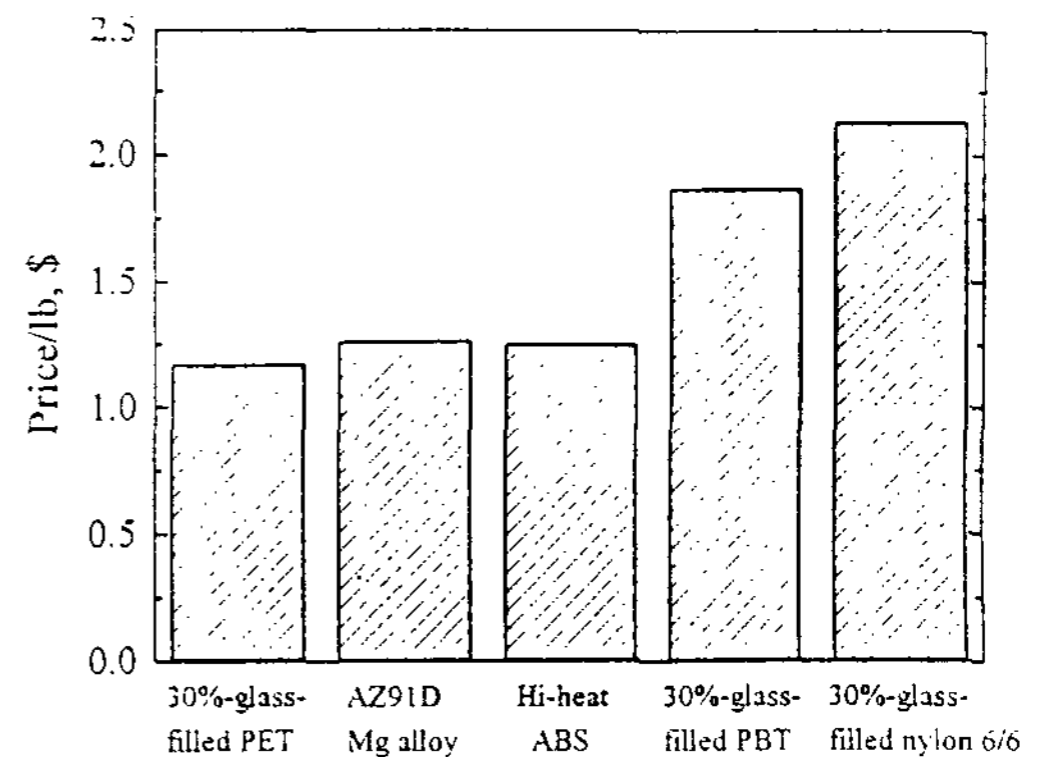


그림 4. AZ91D 마그네슘합금과 열가소성 수지의 부품가격 비교

을 비교한 것으로 마그네슘합금의 가격이 비교적 저렴하다는 것을 잘 보여주고 있다[7].

전술한 바와 같이, 현재 다른 경합재료에 비하여 마그네슘합금의 단점으로 지적되는 것은 비교적 높은 재료비인데, 마그네슘합금이 앞으로도 이러한 경합재료에 대하여 가격 경쟁력을 확보하기 위해서는 생산원가를 낮출 필요가 있다. 결국 제조공정 중에 발생하는 스크랩의 재활용에 의한 원가절감이 매우 중요하게 대두되게 되었다. 마그네슘합금의 재활용시 가장 문제가 되는 것은 높은 불순물의 함량을 줄이는 것으로 재활용시 스크랩이나 도가니로부터 혼입되게 되는 불순물은 특히 마그네슘합금의 내식성에 치명적인 악영향을 미치게 된다. 따라서, 이러한 불순물의 영향을 최소화하기 위한 용탕청정화 방안등이 요구되고 있으며, 국내외적으로 이에 대한 연구, 투자가 활발히 진행되고 있다.

현재 마그네슘합금은 여러 분야의 자동차부품 재료로 사용되고 있으며, 앞으로도 그 사용범위는 계속 확대될 것으로 전망된다. 더욱이, 마그네슘합금을 이용하는 경우, 공정 수를 줄이면서 복잡한 형상의 부품을 만들 수 있고, 주조 후에 표면의 상태가 매우 깨끗하다는 장점을 이용하여, 자동차 내장재료로의 폭넓은 적용이 예상되고 있다. 이러한 자동차 내장 재료로의 적용에는, 합금 자체의 강도가 우수해야 한다는 요구조건 뿐만 아니라 높은 인성이 요구되는바, 향후 자동차부품에 적용되게 될 합금계가 다양화되리라 예측된다. 즉, 현재 주종을 이루는 AZ91D 합금뿐만 아니라 이에 비하여 인성이 우수한 AM 계열의 합금 또한 많은 수요가 따르게 되리라 사료된다.

마그네슘합금을 이용한 자동차부품의 생산에 있어서, 세계적인 기술 수준이 아직은 많은 연구가 필요한 실정이다. 즉, 합금 자체의 내식성향상, 제품 표면처리기술 개발, 재활용기술 개발 및 제조단가를 낮추기 위한 공정기술 개발 등의 문제가 해결의 여지를 많이 가지고 있으며, 따라서 이러한 분야의 연구 노력은 선진국 보다 우수한 기술을 확보할 수 있는 가능성이 충분하리라 기대된다.

후 기

본 강연문은 1994년 과학기술처 선도기술개발사업 (G7 사업)과 통상산업부 공업기반기술개발사업의 연구비 지원하에 작성되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Toshihiro Chikada, "Light Alloy Parts for Automobiles," 경금속, vol. 40 (1990), no. 12, pp.944-950.
- [2] "Alternate Reduce Weight in Automotives." Advanced Materials and Process, vol. 6 (1993).
- [3] Scot A. Arnold, "Techno-Economic Issues in the Selective of Auto Materials," JOM, June 1993, pp. 12-15.
- [4] 신광선, 김선웅, 김낙준, "수송기기용 경량 재료의 연구동향", 제1회 자동차경량화심포지움, 산업과학기술연구소, 1992, pp.15-24.
- [5] B. L. Mordike and F. Hehmann ed., Magnesium Alloys and Their Applications, DGM Informationsgesellschaft m. b. H., Germany (1992).
- [6] H. Baker, "Magnesium Race Ahead," Advanced Materials and Process, vol. 137 (1990), no. 5, pp.35-42.
- [7] H. Baker, "The Road Ahead for Metals in Autos," Advanced Materials and Process, vol. 138 (1990), pp.27-34.
- [8] Dawin M. Magers, "A Global Perspective of Magnesium Die Casting Trends," Light Materials for Transportation Sys., Proc. of an Int. Sym. on Light Materials for Trans. Sys., ed. by N. J. Kim, Korea, June 1993, pp.539-555.
- [9] Norsk Hydro 社.
- [10] 카-르. F. 베이카, "해외의 마그네슘의 동향", Al-ある, 1992년 3, 4월 合併号, pp.33-40.
- [11] Robert S. Busk, Magnesium Products Design, Marcel Dekker, INC., 1987, p. 16.

[12] M. H. Rhee, Y. M. Kim, S. S. Choi, C. S. Kang and K. S. Shin, "Prospects of Magnesium Components in Korea Automotive Industry," Light Materials for Transporta-

tion Sys., Proc. of an Int. Sym. on Light Materials for Trans. Sys., ed. by N. J. Kim, Korea, June 1993, pp.569-574.

國內外鑄物關係行事

1995

7월 6일~7월 7일

한국주조공학회

1995년도 하계기술강연대회

정읍, 내장산관광호텔

9월 10일~9월 15일

Modeling of Casting, Welding and
Advanced Solidification Processes VII
런던, 영국

9월 14일~9월 17일

3rd Machinery, Plant, Accessories and
Products for : Foundries, Metallurgy,
Welding, Forging and Heat Treatment
Parma, Italy

9월 24일~9월 29일

61차 세계주조대회

북경, 중국

9월 25일~9월 29일

CONAF/FENAF 95 Congress and
Foundry Expo
São Paulo, Brasil

10월 10일~10월 12일

Cast Metals Development Ltd.
International Conference
Raffles City, Convention Center

10월 10일~10월 11일

The 2nd Metals Manufacturing and
Engineering Asia Exhibition
Raffles city Convention Centre, Singapore

10월 14일~10월 17일

일본주물협회 127회 전국강연대회
홋카이도대학

11월 9일~11월 10일

한국주조공학회
1995년도 정기총회, 추계학술발표
및 기술강연대회
경주, 코오롱호텔

11월 8일~11월 10일

한국주조공학회
제3회 아시아주조대회
경주, 코오롱호텔

1996

4월 20일~4월 23일

The AFS 100th Casting Congress &
Cast Expo
Philadelphia, Pennsylvania

4월 23일~4월 26일

62차 세계주조대회
필라델피아, 펜실바니아주