

Mg 합금 다이캐스트의 역사¹⁾

西直美 *

社団法人日本ダイカスト協会

History of Magnesium Die Casting

Naomi Nishi*

Japan Die Casting Association

번역 : 최정철²⁾

1. 머리말

Mg은 영국의 H. Davy에 의해 1808년에 발견되어 영국의 M. Farady에 의해 1833년에 제조되었다. 공업적인 생산은, 1886년에 독일의 Aluminium-und-Magnesium-Fabrik사에서 카너라이트(MgCl₂·KCl·6H₂O)를 전기분해해서 마그네슘을 제조하는 공장이 설립되었던 것으로 시작되었다. 마그네슘의 밀도는 1.74 g/cm³로 알루미늄(2.69 g/cm³)의 2/3, 아연(7.13 g/cm³)의 2/5, 철(7.87 g/cm³)의 1/4의 가벼운 것으로, 비강도, 치수안정성, 내파임성, 진동흡수성, 전자차폐성에 뛰어난 특징을 갖고 있다.

최근에는 휴대전화, 노트북, 디지털카메라 등의 IT 관련기기, 스테어링휠, seat frame, installment pannel 등에 사용되어, 경량화 금속등으로서의 주목도가 높아지고 있다. 그러나 마그네슘합금다이캐스트의 역사는, 충분히 명확하게는 되어있지 않다. 그래서 문헌, 자료를 수집해서 마그네슘합금다이캐스트의 발전 경위를 조사하였기 때문에 보고한다.

2. 해외에 있어서 마그네슘합금다이캐스트 역사

마그네슘합금의 다이캐스트가 처음으로 시도된 것은 1920년 전반으로, Rivo식 아연합금용 다이캐스트기를 이용했다고 한다 [1]. 그러나 개방형의 도가니를 사용했기 때문에 용탕의 산화가 격렬하여 장치의 동작이 불가능해져 실패했다. 그 경험에서, 용탕이 금형으로 들어가기 까지 용해도가나 가압실에 공기가 들어가는 것을 완전히 방지하는 것이 필요하다는 것과, 철은 마그네슘에 대해서 반응하지 않고 용탕 중에 벨브와 압력실을 가진 주입장치가 사용될 수 있다는 것을 알게 되었다[1]. 이들의 지견을 토대로, 1925년에 독일의 Electronmetal사에 의해 세계에서 처음으로 마그네슘용의 다이캐스트기가 개발되었다. Fig. 1에 그 마그네슘용 다이캐스트의 외관을 나타낸다. 상세한 구조는 불명확하지만, 수동식의 수직형 기로 공기주입식에 의한 사출기구였다고 한다[1].

그 후, 여러 가지 개량이 되어져서 Electronmetal사에서 1930년에 Fig. 2에 나타낸 것과 같은 1실식 수직형 다이캐스

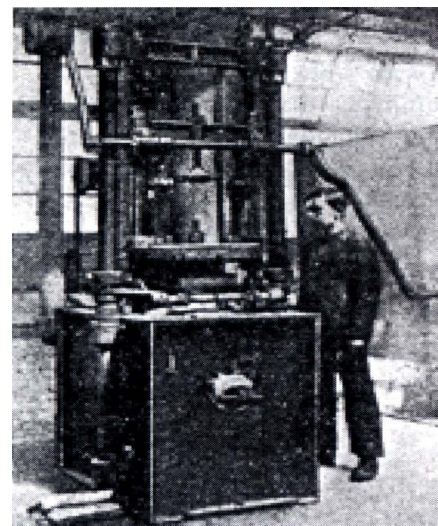


Fig. 1. 세계 최초의 Mg합금용 다이캐스트기의 외관.

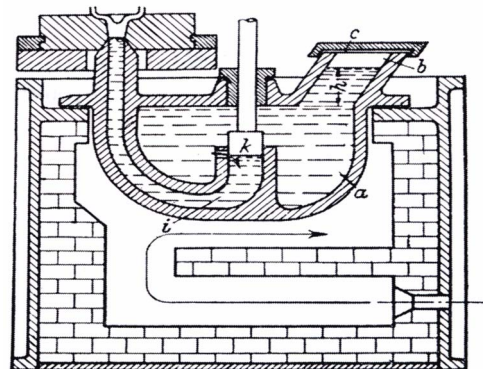


Fig. 2. 일실식 수직형 다이캐스트기의 구조.

¹⁾일본 주조공학회지: 鑄造工學 제 80권(2008) 제2호 page 120~126에 게재된 자료임

²⁾아주대학교 신소재공학전공(Ajou University)교수.

트기가 개발되었다. 배출은 프랜저를 이용하고 있다. 용탕은 밀폐된 용해실내에 유지되어, 용탕주입구(c)내의 용탕표면에는 산화방지를 위한 미량의 유황분말을 뿌렸다. 용탕은 프랜저(k)를 압축공기 혹은 수압으로 작동시켜, 챔버내의 용탕을 노즐로부터 배출시킨다.

그 후, Esslingen Müller사에 의해 Fig. 3에 나타난 바와 같은 2실식 구조의 다이캐스트기가 개발되었다. 용해도가니(a)와 용해실(c)는 유동관(b)으로 연결되어, 핸들(f)의 개폐에 의해 마그네슘 용탕이 용해실에 공급된다. 용탕은 강제의 프랜저(k)에 의해, 5-10MPa의 압축공기 혹은 수압에 의해 사출 충전된다. 그 외, Fig. 4에 나타난 바와 같이 프랜저를 이용하지 않

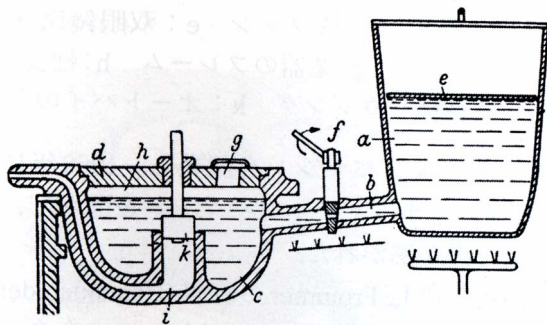


Fig. 3. 2실식 구조의 다이캐스트기.

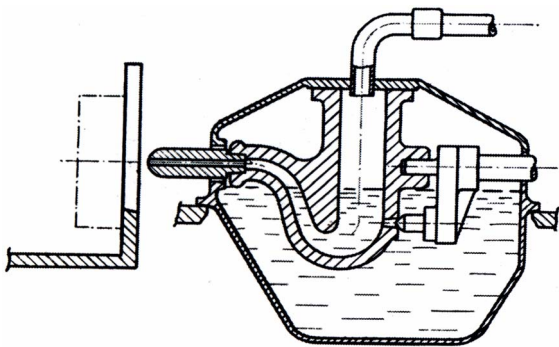


Fig. 4. 압축공기주입 다이캐스트기.

고 4-8MPa의 압축공기를 구즈넥내에 붙여넣어 용탕을 배출하는 기계도 개발되었다.

그 후, 1929년에 개발된 콜드챔버식의 Polak 다이캐스트기를 이용해서 마그네슘의 다이캐스트가 행해지게 되었다.

Fig. 5에 Polak식의 마그네슘합금 다이캐스트기의 구조를 나타낸다. 용탕중에 퍼내는 장치(b)가 침적되어, 용탕을 (b)에 편후에 회전해서 급탕관(c)에 의해 가압실(d)에 주탕시켜, 피스톤에 의해 배출 충전된다. A. Beck의 저서에는, 유럽에 있어서 1930년대에 개발된 이들 다이캐스트기의 특징이 Table 1과 같이 나타내져 있다[1].

그 외, 미국의 Madison-Kipp사에서 Fig. 6에 나타난 바와 같은 공압식의 콜드챔버기를 개발하고, 마그네슘합금이나 알루미늄합금의 생산이 행해졌다. 이들 콜드챔버기는, 후에 핫챔버기가 등장하기까지 사용되었다.

1953년에 미국의 Dow Chemical사가 Fig. 7에 나타난 바와 같은 핫 챔버기(Hot chamber machine)의 특허를 출원하고, 핫 챔버기의 막이 열리게 되었다. 그 후, 1966년에 독일의 FRECH사가 Fig. 8에 나타난 바와 같은 마그네슘합금 다이캐스트용의 핫 챔버기를 개발하고, 1969년에는 이탈리아의 IDRA사도 핫 챔버기를 개발해서, 이즈음부터 오늘의 기초를 구축했다.

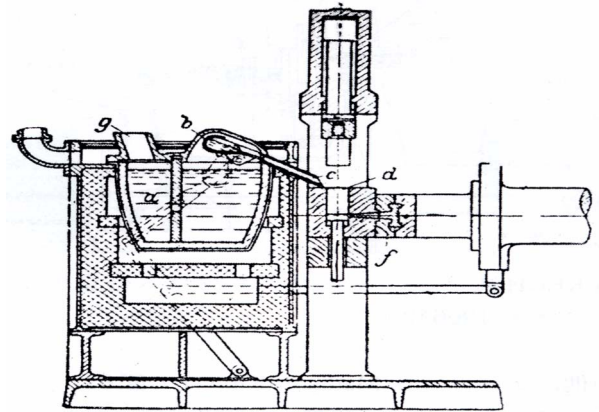


Fig. 5. Polak식 Mg합금용 cold chamber 다이캐스트기.

Table 1. 1930 년대에 개발된 Mg 합금용 다이캐스트기의 특징 [1].

기계의 형식	이 점	결 점
1실식에 의한 후랜저주입	1.용탕의 산화에 대한 보호 양호 2.자동적 용탕주입 가능	1.재료의 마모 또는 용탕의 부착에 의한 후랜저의 고장 2.도가니장치가 고가 3.청소작업이 불완전
복실식에 의한 후랜저주입	1.용탕의 산화에 대한 보호 양호 2.반자동용탕주입 가능	1.재료의 마모 또는 용탕의 부착에 의한 후랜저의 고장 2.도가니장치가 고가 3.청소작업이 불완전
1실실에 의한 압축공기주입	1.용탕의 산화에 대한 보호 양호 2.자동적 용탕주입 가능	1.용탕중에 벨브의 밀폐가 어렵다 2.압축공기가 주입장치에 침입하여 유해
압축주입개조형	1.압축실은 저온이기 때문에 후랜저의 고장이 많다 2.주입장치가 간단하여 싸다 3.청소작업이 용이	1.주입은 자동이 아니고 일반적으로 수동 2.공기의 차단이 어렵고 산화에 대하여 보호 불가

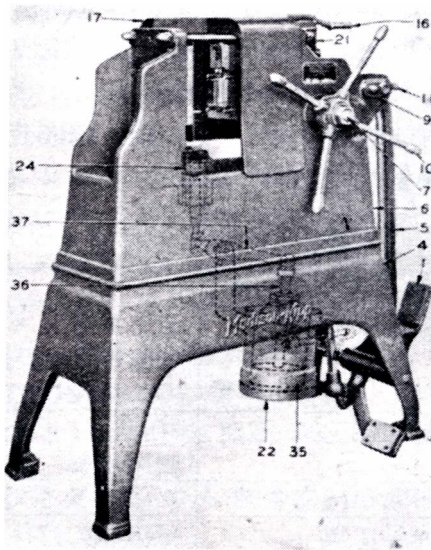


Fig. 6. Madison-Kipp사의 공압식 cold chamber기.

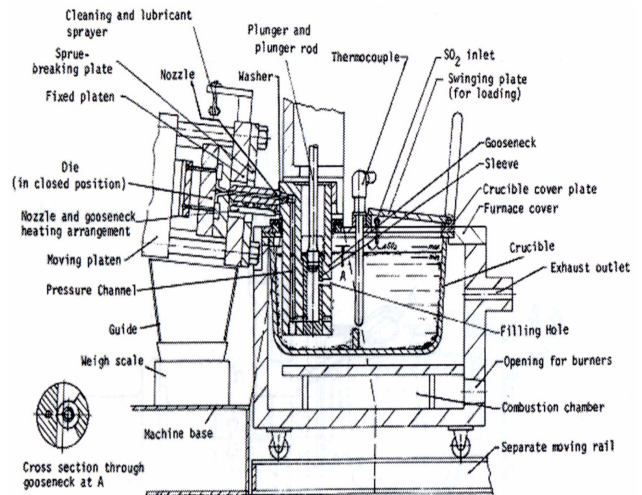


Fig. 8. FRECH사에서 개발한 Mg합금용 hot chamber기(1966년).

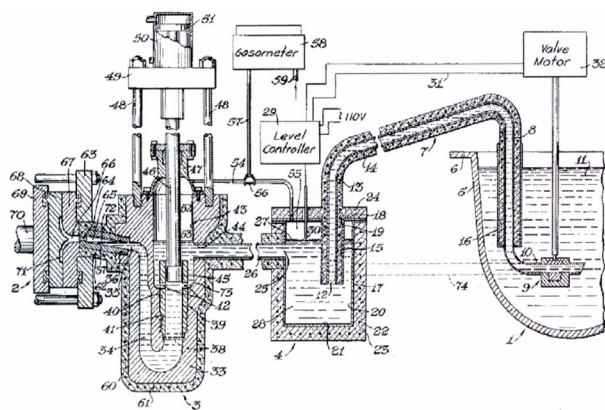


Fig. 7. Dow chemical사가 개발한 Mg합금용 hot chamber기 (1953년).

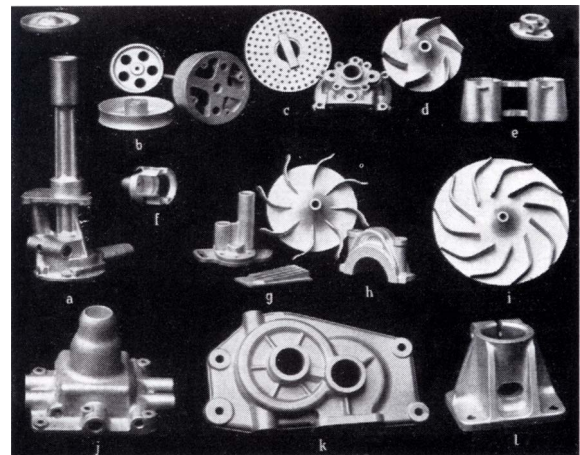


Fig. 9. 1930년대에 독일에서 생산되었던 Mg합금 다이캐스트
a: 오일펌프하우징, b: 벨트풀리, c: 브라시지리, d: 진공청소기팬, e: 망안, f: 타코메타하우징, g: 약기후레임, h: 축수두껍, i: 팬, j: 변속기하우징, k: 오토바이케이스.

Fig. 9에 1932년의 L. Frommer의 저서(*Handbuch der Spritzgußtechnik*)에 게재되어있는 마그네슘합금 다이캐스트의 제품을 나타낸다[6]. 벨트디스크, 베이링캡, 진공청소기의 브레이드 등이 생산되고 있다. 또, A. Beck의 저서에 의하면, 1930년대에는 Table 2에 나타난 바와 같은 제품에 마그네슘합금 다이캐스트가 적용되어왔다.

미국에서도 1930년대에는 마그네슘합금 다이캐스트가 생산되어, 비행기부품을 시작해서, Fig. 10에 나타낸 바와 같은 타이프라이터부품, 휴대용 공기공구의 부품 등이 생산되어왔다.

마그네슘은, 경량성 및 높은 비강도를 살려서, 제1차, 제2차 세계대전에 걸쳐 발달한 항공기의 엔진관련, 휠 등에 사용되었다.

자동차에 본격적으로 마그네슘합금 다이캐스트가 사용되었던 것은, Fig. 11에 나타내는 1949년에 독일의 Volkswagen Beetle에서, 크랭크케이스(9.3 kg), 트랜스미션하우징(4.3 kg), 전도차축커버(1.3 kg) 등 계 7점으로 약 17 kg의 마그네슘합금 다이캐스트가 사용되었다.

그 외, Porsche 119에도 마그네슘합금 다이캐스트의 크랭크 케이스(16.6 kg)가 채용되었다. 또, Fig. 12에 미국에서 1963년에 로터리 잔디깎이 기계의 하우징(약4 kg)이 생산되었다.

Fig. 13에 1967년의 미국과 독일(서독일)의 다이캐스트 합금별 생산량 비율을 나타낸다[8]. 미국에서의 같은 해 다이캐스트 총생산량 480,309t중, 마그네슘합금 다이캐스트는 0.7%이다. 한편, 독일에서는 다이캐스트 총생산량 128,975t중의 약 31.5%가 마그네슘합금 다이캐스트를 점하고 있어, 의외로 독일에서는 마그네슘합금에 힘을 넣고 있다는 것을 알 수 있다.

주조용의 마그네슘합금은, 1809년에 독일의 Chemische Fabrik Griesheim Electron사가 Electron합금(Mg-Al-Zn계 합금)을 발명한 것으로 시작한다. 이것으로부터, 마그네슘합금을 일렉트론 합금이라고 불리우게 되었다. Table 3에 1930년대에 독일에서 이용되어졌던 다이캐스트용 마그네슘합금의 조성을 나타낸다. 이 합금은 유동성을 향상시키기 위해서 알루미늄을 10%첨가하

Table 2. 1930 년대에 독일에서 생산되었던 Mg 합금 다이캐스트의 용도 [1]

사용분야	부 품 예
자동차공업	오일펌프실과 그 두껍, 축수실과 두껍, 치차실 두껍, 기름여과실, 날개 및 풍차, 시동기 및 점화기의 축수, 점화분배기의 축수 두껍, 정지등 및 미등의 지지기, 계기실, 조정대의 축수, 투광기 등
항공기공업	브레이크슈-, 브레이크지레데, 브레이크용 후랜저, 나사조임금구, 밀폐용 두껍, 이음새두껍, 밸브 실 두껍, 관의 결합부 등
사무용기기공업	타이프라이터부품, 금전등록기 부품, 계산기부품, 부기기체부품 등
광학공업	망원경의 동체, 경통 및 확대경, 사진기의 상자, 인화기의 상자, 투광기의 상자
전기공업	모터케이스, 축수부 및 두껍, 기관, 전극의 케이스축수, 모터
흡진기공업	케이스, 두껍판, 축수두껍, 보스, 날개, 브라시판, 롤러, 지렛대 및 연결편
무선기기공업	라디오부품(콘덴서용 통, 눈금판 지지기 등), 이동식 방송기기용품
기기의 조립용	차표각인기의 케이스, 택시미터의 지렛대, 축수두껍 등

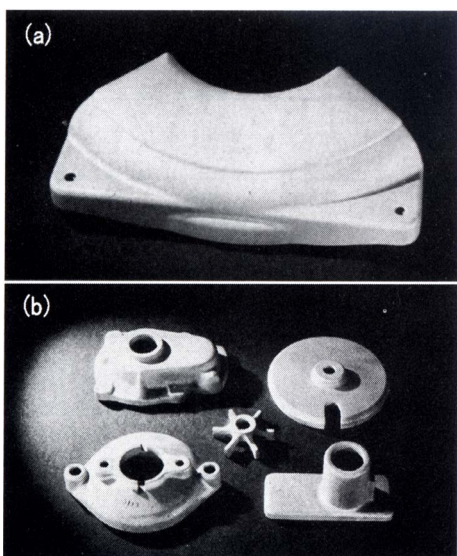


Fig. 10. 1930년대의 미국에서 생산되었던 Mg합금 다이캐스트.

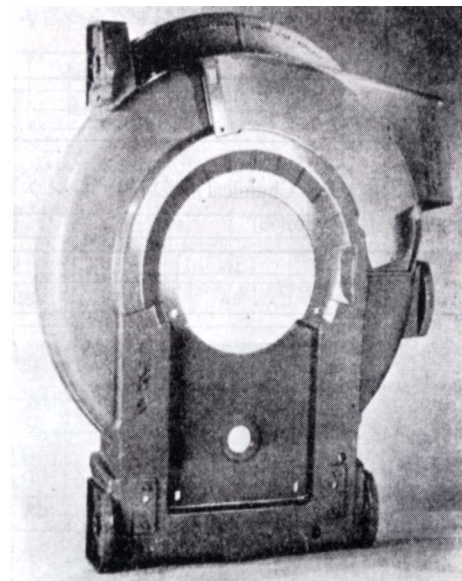


Fig. 12. 미국에서 생산된 로터리 잔디깎기의 하우징 (1963년).

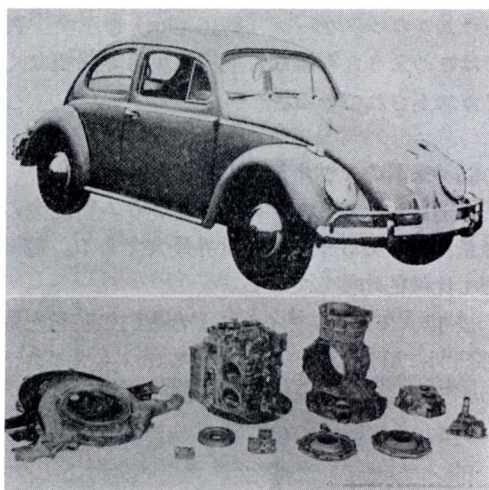


Fig. 11. Mg합금 다이캐스트를 채용한 독일의 Volkswagen Beetle (1949년).

고 더욱 내식성을 향상시키기 위해서 망간을 0.3%첨가한 합금이다. 또, 규격으로서는 Sg Mg-Al-Zn으로 주조성을 향상시키

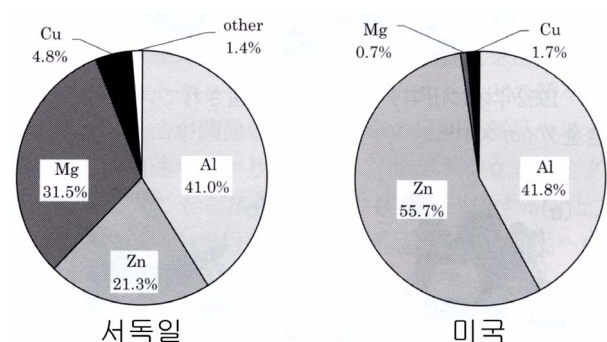


Fig. 13. 1967년 미국과 독일(서독일)의 다이캐스트 합금별 생산량비율.

기 위해 아연이 첨가되어있다. 또한 미국의 다우케미컬사에서도 마그네슘합금이 생산되어 다우메탈이라고 불리웠다. 다이캐스트 용으로서는 Table 4에 나타낸 바와 같은 G합금이 있고, 일렉트론메탈과 거의 같은 모양의 조성이었다[9].

Table 3. 1930 년경의 독일규격 DIN1744 Mg 합금의 화학조성 .

약호	Al	Mn	Zn	Mg
Sg Mg-Al-Zn	8-10	0.1-0.5	0.2-1.0	88.5-91.7

Table 4. 1930 년경의 Dow Chemical 사의 Mg 합금 Dow Metal G 의 화학조성

명칭	Al	Mn	Zn	Mg
Dow Metal G	9.5	0.5	0.2-0.5	Bal.

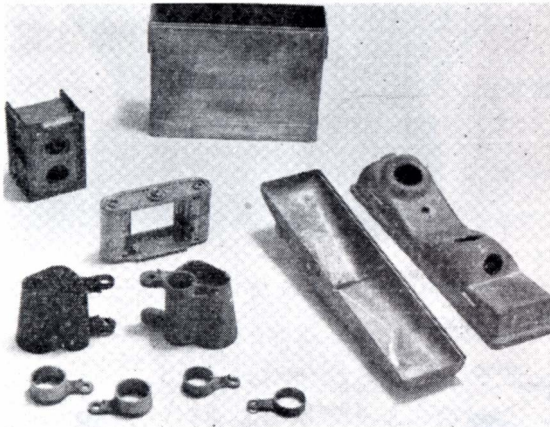


Fig. 14. 1952년경에 다나까다이캐스트에서 생산되었던 Mg합금 다이캐스트.

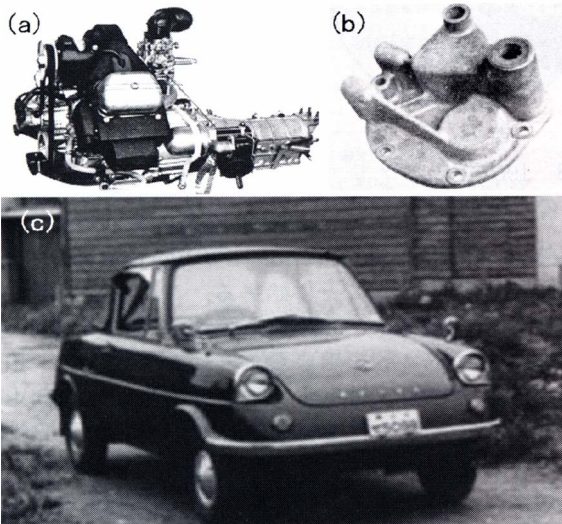


Fig. 15. 처음 자동차에 Mg합금 다이캐스트가 사용된 R-360쿠페 (a) Mg부품을 탑재한 엔진, (b) 오일팬, (c) R-360쿠페차체.

3. 일본의 마그네슘합금 다이캐스트의 역사

일본에서는 1940년대에 마그네슘합금 다이캐스트가 실용화되었다고 하고, 다나까다이캐스트에서는 태평양전쟁 중에 그 경량화를 살려서 항공기의 계기판 등 일부의 군수관련부품을 마그

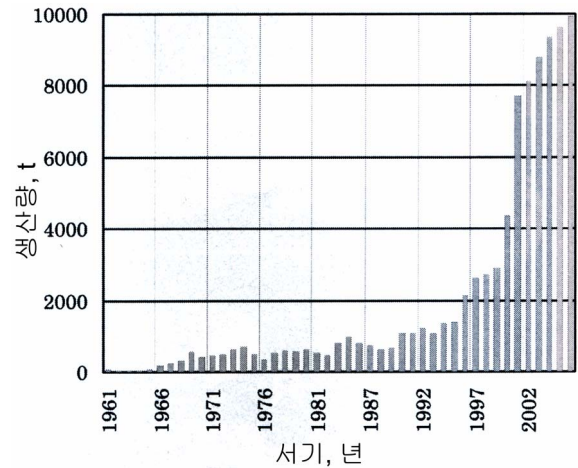


Fig. 16. 1963년 이후의 일본에 있어 Mg합금 다이캐스트의 신지금 사용량의 추이.

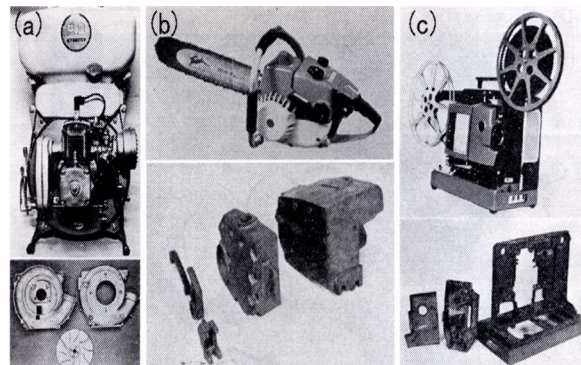


Fig. 17. 1969년경의 Mg합금 다이캐스트제품 (a) 농약분산기 (1.5 Kg 사용), (b) 체인소(5 Kg 사용), (c) 16 mm영사기.

네슘합금 다이캐스트로 제조했었는데 유감이지만 기록으로는 남아있지 않다. 어쨌든기간에 생산량은 매우 적었다. 다이캐스트기는 Polak 600번(형체력 70t)을 사용하고, 합금은 자사 공장에서 조정했다. 또, 용해에는 철도가니를 사용하고, 유황분말을 용탕에 산포해서 방연을 행했다.

태평양전쟁 종료 후는 마그네슘합금 다이캐스트의 용도는 거의 없었던 것 같다. 그러나 1952년경에는 다나까다이캐스트에서, 황형다이캐스트기를 이용해서 Fig. 14에 나타난 바와 같은 경찰예비대의 야전용 무선기통, 쌍안경통, 카메라 바디 등이 마그네슘합금 다이캐스트로 양산되었다.

전후, 자동차부품에 마그네슘합금 다이캐스트가 최초로 사용된 것은 1959년으로, 동양공업(현재의 마쓰다가) Fig. 15에 나타난 바와 같은 R-360 쿠페의 오일팬, 크릿치하우징등 몇 점에 약 3 kg가 사용되었다[8].

Fig. 16에 1963년 이후의 일본에 있어서 마그네슘합금 다이캐스트의 신지금 사용량 추이를 나타낸다. 1963년에는 약 30t이었지만, 1966년 이후에 생산량이 증가하기 시작했다. 1969년경의 다이캐스트제품은, Fig. 17에 나타난 바와 같은 휴대용 농기구, 체인 소-, 16 mm 영사기등의 휴대용 기구의 부품으로

서 사용이 확대되었다.

1973년에 시작한 제1차 석유쇼크로부터 1980년대 전반기까지, 마그네슘부품의 사용은 정체했지만, 1980년대 후반이후부터는 실린더헤드커버, 스테어링휠, rock body 등에 사용되기 시작해 조금씩 생산량을 확대했다. 또, 1996년에는 약 2,120t으로 PC, 카메라, 디지털카메라, 휴대전화 등의 보급으로 IT 관련 수요증가에 덧붙여, 자동차의 시트후레임, 오일팬 등의 새로운 용도가 확대해, 2006년에는 9,930t까지 증가했다.

국내의 마그네슘합금 다이캐스트메이커로서는, 다나카다이캐스트에 이어, 1969년에 히다찌금속, 中央工産, 帝産인더스트리(현 메츠), 1976년에 篠塚제작소, 1980년에 일본금속, 료비, 1983년에 동해이화전기제작소, TOSEI, 筑波다이캐스트공업소등이 생산을 개시했다.

국내의 다이캐스트기는, 1981년에 篠塚제작소사와 도시바기계가 각각 핫챔버머신을 개발하고, 1992년에 宇部興産社가 또 1997년에 菱沼 Machinery사가 동 기계를 개발했다.

마그네슘합금 다이캐스트의 규격은, 1941년에 Table 5에 나타내는 일본항공기규격(항격)7318(마그네슘합금 다이캐스트주물)에 Mg-Al-Mn-Zn의 1종류가 제정되었다[11]. 또, 동 규격에는 불순물이 1.5%이하인 것이 기술되어있다. 그 후, 1947년에 Table 6에 나타내는 JES 금속 7282로 개정되어, 또한 1976년에 Table 7에 나타내는 JIS H 5303(마그네슘합금 다이캐스트)가 제정되었다. 1991년에는 1종류가 불순물의 상한치에 따라서 3종류로, 또 2종(Mg-Al-Mn계 합금)이 같은 불순물의 상한치에 따라서 2종류, 3종(Mg-Al-Si계)가 추가되어서 3종류 6합금이 규격화되었다. 2000년에는 4종(Mg-Al-Mn계)가 추가, 또한 ISO와의 정합성을 피하기 위해 4합금이 새롭게 추가되어 9종류가 되어 현재의 규격에 이르고 있다. 또한, 2006년에 ISO합금과의 정합성과 통일하기 위해 MDC1B, MDC1D, MDC2B, MDC3B, MDC4, MDC5, MDC6의 7종류가 규정되었다. 새롭게 추가된 MDC5, MDC6은 각각 ASTM규격의 AM20A, AS21A에 상당하는 합금이다.

4. 이후의 방향성

이상 기술한 바와 같이, 마그네슘합금 다이캐스트가 실용화되어서 50년 이상 경과했는데, 유감이지만 그 사용량은 적고, 특히 일본에서는 다이캐스트 생산량의 1%에 미치지 못한다. 알루미늄합금에 비해서 재료가격이 높은 것도 배경이 되지만, 전해부식이나 내열성(내크리프성)라고 하는 재료 고유의 문제나 주조성, 방연가스등의 문제 등이 있어, 이후 이것들의 대책이 진행되면 사용량의 확대가 기대된다.

또 지금까지의 마그네슘합금 다이캐스트의 용도는 경량성을 살린 케이스, 커버류가 중심이 되었다. 알루미늄합금 다이캐스트의 경우에는, 고품질화를 목표로 고진공 다이캐스트나 반응용 다이캐스트 등의 여러 가지 특수다이캐스트법이 개발되어, 자동차의 다리부근 부품이나 바다부품 등의 용도가 넓어지고 있다. 마그네슘합금 다이캐스트에 있어서도 이들의 새로운 기술을 적용하는 것으로 새로운 품질의 향상을 목표로, 구조부품으로부터 기능부품에의 전개가 기대된다.

5. 마무리

마그네슘합금 다이캐스트는, 1920년대 중반에 독일에서 압축공기를 이용한 핫챔버식 장치에 의해 생산이 개시되었다. 1930년대에는 프레스가압방식의 핫챔버나 콜드챔버방식이 개발되었지만, 1960년경까지는 중형이나 대형의 콜드챔버가 주체로 사용되었다. 그 후, FRECH, IDRA등에서 개발된 hot chamber machine으로 주체가 옮겨졌다. 독일에서는 보다 빨리 마그네슘합금 다이캐스트에 뛰어들어, Volkswagen Beetle에 보여 지는 것과 같이 자동차관련을 중심으로 그 생산량은 매우 많았다.

일본에서는 1941년경에 다나카다이캐스트에서 Polak기를 이용해서 마그네슘합금 다이캐스트의 생산이 개시되었지만, 생산량은 극히 적었다. 1959년에 동양공업의 R-360 쿠페가 처음으로 자동차부품에 마그네슘합금 다이캐스트를 사용했지만, 자동

Table 5. 일본항공기규격 (7318) Mg 합금 다이캐스트주물 (1941)

종별	기호	Al(%)	Mn(%)	Zn(%)	Mg(%)	항장력 (kg·mm ²)	신율(%)
제1종	리601	8.0~11.0	0.1~0.5	0.2~1.0	잔부	15 이상	1.0 이상

Table 6. JES 금속 7282Mg 합금다이캐스트주물 (1947)

종별	기호	화학성분				항장시험			적용
		Al	Mn	Zn	불순물	Mg	항장력	신율	
Mg합금 다이캐스트주물	MgADC	8.0~11.0	0.1~0.5	0.2~1.0	1.5 이하	잔부	15 이상	1.0 이상	VI ASTM NO12

Table 7. JISH5303 Mg 합금다이캐스트화학성분 (1976)

종별		화학성분(%)						
		Al	Zn	Mn	Si	Cu	Ni	Mg
1종	A	8.3~9.7	0.35~1.0	0.15 이상	0.50 이하	0.10 이하	0.03 이하	잔부
	B	8.3~9.7	0.35~1.0	0.15 이상	0.50 이하	0.35 이하	0.03 이하	잔부

차관련에 충분 보급하기까지에는 이르지 못했다. 최근, IT관련 기기 등을 중심으로 사용량이 증가했지만, 또 유럽제국에 비교해서 양적으로는 적다.

이후, 지구환경보호의 세계적인 움직임 속에서, 실용 금속 중에 제일 경량의 마그네슘에의 기대는 더욱 높아진다고 생각되어져, 품질, 가격면이 개선되고, 자동차관련을 중심으로 생산량이 크게 신장될 것이라고 기대된다.

참고문헌

[1] A. Beck: Magnesium und seine Legierungen (1936)
 [2] W. Muller: WERKSTOFFMAGNESIUM, CDI-Verlag GmbH (1939)
 [3] C.O.Herb:DIE-CASTING(The Industrial Press) (1936)
 38

[4] U. S. Patent 2, 660, 769 (1953)
 [5] W. R. Fech: 6th SDCE Transaction Paper No. 142 (1970)
 [6] L. Frommer: Handbuch der Spritzgußtechnik (Julius Springer) (1932)
 [7] H. Chase: Die Casting (John Wiley and sons) (1934)
 [8] 小南 洋: 会報ダイカスト No. 39 (1969) 26
 [9] 飯高一郎, 海江田弘也: 「軽金属と軽合金」 誠文堂新光社 (1942)
 [10] ダイカスト技術委員会編: 「今日のダイカスト技術」 다이카스트技術委員会 (1960) 104
 [11] 西直美: 鑄造工学 78 (2006) 422