

技術資料

마그네슘합금의 다이캐스팅

박익민*, 최정철**, 남태운***

Magnesium Diecastings

I.M. Park*, J.C. Choi**, T.W. Nam***

1. 서론

Mg은 가볍고, 비강도가 실용금속중에서 최대이고, 치수안정성, 기계가공성등이 우수하고, 자원면에서도 무진장인 해수를 원재료로 하는 매력적인 금속이다. 그렇지만 제 2차 세계대전 직전인 1943년의 세계 생산량인 23.5만ton에서 Mg생산량은 큰 성장을 하지 못하고, 1989년 자유세계의 생산실적총계가 약 25만ton으로 그 대부분이 Al합금의 첨가제등에 소비되어 왔다.

Mg합금의 die cast부품은 북미를 중심으로 자동차 및 전자기기의 경량화 추세에 따라 1985년 이후 큰 성장을 보이고 있다. 특히 자동차의 연비규제(CAFE)의 달성을 목표로 생산능력의 증대는 현저하고, 현재 자유세계진영의 34만ton과 공산권의 11만ton으로 연간 45만ton의 Mg이 생산되고 있다.

자동차 경량화의 경우, 차체에는 아직 Mg재료가 사용되고 있지 않지만, 엔진주변 부품의 경우 과거 volkswagen자동차에 연간 5만ton이상 사용된 실적도 있고, 최근 transmission case, wheel, steering, 카브레타, 각종 커버 및 case 류등에 Mg합금이 적용되어 급성장하고 있다.

이러한 최근의 Mg die cast생산량의 급성장은 ① 내식성 고순도합금의 개발, ② fluxless용해기술의 확립, ③ 고생산성, 박육정밀 die cast기술의 확립, ④ 표면처리기술, ⑤ 자동급탕장치의 개

발동의 기술혁신의 뒷받침이 있었기 때문이다. 본 자료에서는 Mg합금의 die cast방법의 기초를 설명하고, 특히 고품질 die cast주조 기술로 개발된 무공성 die cast법의 개요및 특성을 소개한다.

2. Mg합금의 특징

die cast용 Mg,Al,Zn합금과의 제 특성의 비교를 표 1에 나타냈다.

우선 Mg의 비중은 Al의 2/3, Fe의 1/4정도로, Mg합금의 채택 적용시의 경량화 효과를 알 수 있다.

또한 Mg합금은 응고온도 범위가 128°C로 넓어 수축공이 생기기 쉽다. 이 때문에 압탕효과를 길게 지속할 수 있도록 탕구방안을 세워야 한다. 같은 이유로 후육제품의 경우 종형의 die cast장치에서의 저속충류충진법 및 저압주조방법이 이용

표 1. 다이캐스팅용 Mg,Al,Zn합금의 특성

	Mg (AZ91)	Al (ADC12)	Zn (ZDC2)
밀도 (g/cm ³)	1.8	2.7	6.6
액상선(°C)	596	580	387
고상선(°C)	468	515	381
인장강도(Kg/mm ²)	23	31	29
Young율 (Kg/mm ²)	4570	7250	--
용해열 (Kcal/l)	480	630	430

* 부산대학교
** 아주대학교
*** 한양대학교

되기도 한다. 또한 수축공을 없애기 위해 2차 가압 squeeze 방법도 적용되고 있다. 박육제품의 경우에는 진공주조법이 채용된다.

인장강도의 측면에서 살펴보면, Mg합금을 이용하여 Al합금과 동일강도의 부품을 제작하려면 Mg부품의 단면적을 Al의 $31/23=1.35$ 배로 하면 되지만, 비중이 0.67배 이므로 $1.35 \times 0.67=0.9$ 의 중량으로 되어 약 10%의 중량감소가 가능하다. Young을면에서 고려하면, Al과 Mg의 변형량의 비는 $1/7250 : 1/4570=1.587$ 배이지만 Mg합금은 인장강도면에서 Al합금의 1.35배의 단면적을 필요로하게 되어 변형량이 Al합금의 1.175배로 10%정도 크다. 실용적인 Al제품의 경우 필요형상을 만들기 위해 설계강도이상의 두께 제조되는 경우가 많아 같은 두께의 Mg으로 대체할수 있는 경우도 많은데, 이때의 경량화 효과는 30% 이상 이 된다.

3. Mg die cast 방법의 기초

die cast 방법은 1) 생산성이 높고 3) 박육, 복잡형상의 대응이 가능하고 4) 표면이 평활 미려하고 5) 치밀한 미세조직이 얻어지는 장점을 가지고 있어 Al, Mg, Zn 등 비철금속합금의 대량생산기술로 발전되어 오고 있다.

3.1 합금지금의 선정

Mg제조 방법은 1) $MgCl_2$ 를 전기분해하는 전해법과 2) MgO를 FeSi으로 환원하여 증기상태의 Mg을 응고시키는 열환원법으로 대별된다.

die cast용으로는 열환원법으로 제조된 것이 전해법으로 제조된 것보다 양호한 것으로 보고되는데, 그 이유는, 경험적 이야기이지만 전해법으로 제조된 Mg의 경우 환원법으로 제조된 Mg의 결정립보다 3배로 조대하기 때문으로 생각되고 있다.

3.2 합금지금의 준비

Mg의 ingot 표면에는 미세균열이 존재하고 수분이 부착된 $Mg+H_2O=MgO+H_2$ 의 반응으로 수소가스를 발생하고, 이는 폭발적으로 연소하기 때문에 대단히 위험하다. 이를 방지하기 위해 ingot를 200°C 이상의 온도에서 2시간 정도의 건조작업을 행한다. die cast용 주괴에는 연소를 방지하기 위하여 Be을 0.0005-0.0015%첨가하는 것이

중요한데, Be의 방연효과는 현저하지만 scrap으로 재용해할때 마다 Be량이 감소하므로 재용해시는 재첨가할 필요가 있다. 또한 합금중의 Fe/Mn 비는 내식성에 크게 영향을 주는 인자로서 Fe/Mn 비가 0.032 이상이면 급격히 내식성이 저하하는 것으로 알려져 있다.

3.3 합금지금의 용해

Mg은 화학적으로 활성(산화, 폭발성)이기 때문에 용해시는 진공상태의 도가니중 혹은 연소방지 분위기(6불화유황가스(SF_6)와 탄산가스와 질소가스의 혼합분위기)에서 용해가 필요하다.

3.4 die cast 장치에의 급탕

Mg용탕을 금속도가니에서 die cast장치에로의 급탕하는데는 어려운 문제점이 있다. 우선 Mg은 표1에 나타낸바와 같이 용해열이 적고, 빨리 응고하기 때문에, die cast장치의 sleeve에 이송하여 piston으로 금형에 주입하는 시간을 되도록 단축하여 온도가 저하되지 않도록 주의해야 한다. 어떤 실험 예에서는 670°C 유지용탕을 sleeve중에 주입하는 순간 570°C까지 온도가 강하해서 반응고상태로 되는 결과도 보고되고 있다. 이러한 이유때문에 유지열량이 적은 소형주물의 경우는, 대부분이 급탕시의 온도강하가 적은 hot chamber die cast장치에서 행하고 있다. 후술하겠지만 대형제품의 경우 급탕량이 많고 1000ton 이상의 장치가 필요한 경우에는 대부분이 cold chamber 장치를 이용하고 있다. hot chamber방식의 경우 10-100ton 정도 규모의 장치가 이용되고 대형의 경우에는 hot chamber방식은 취급이 곤란하고 운전비용도 경제적이지 못해 채산성이 없다.

3.5 Mg die cast용 도가니

Mg은 Al과는 달리 Fe를 침식시키지 않기 때문에, 도가니 내면을 도형재료로 coating할 필요가 없다. 그래서 Mg의 경우 강판제의 용접도가니를 사용한다. 주철제는 균열의 위험성이 있으므로 사용을 피하는 것이 좋다. 강판외측에 alumite표면처리하면 도가니의 수명이 2-3배 증가한다. 전술했지만 Mg은 고온에서 공기중 연소하므로 연소 방지용의 혼합가스로 공기와의 차단이 필요하다. 또한 용해시 사용하는 교반봉이나 slag제거용 도구는 반드시 가열건조하여 사용해서 부착수분과 금속과의 폭발반응을 방지해야 한다.

3.6 Mg die cast용 금형

금형설계시의 주의점은 표 2에서 알수 있듯이, Mg합금의 열팽창계수가 Al합금보다 크고, 수축량이 큰점을 고려해야하고, Mg합금의 고온강도가 Al합금보다 낮아, 예로 250°C에서는 Mg합금은 Al합금의 1/2정도의 낮은 강도와 연신율을 나타내므로 설계시 유의해야 한다. 또한 금형은 냉각보다 가열을 고려해야하고, 되도록 균일 두께

로 조절할것, 부재의 강도가 요구되는 곳은 rib로 보강할것, 큰 면적의 동일두께의 평탄면을 만들지 말것을 고려해야 한다. 이 경우에는 미세한 rib를 붙여 균열을 방지하고 그래도 후육부가 생기면 두께변화 부위에 R을 준다.

표 2. 다이캐스팅용 Mg 및 Al합금의 고온인장강도 및 열팽창계수

	시 험 온 도				열팽창계수 (Kg/mm ²)
	온도	100°C	175°C	250°C	20°C-500°C
Mg (AZ91HP)	23.1	21.2	18.4	10.3	29.9x10 ⁻⁶ (Kg/mm ²)
Al (ADC12)	28.0	27.7	25.3	21.2	27.4x10 ⁻⁶ (Kg/mm ²)

3.7 Die cast용 합금

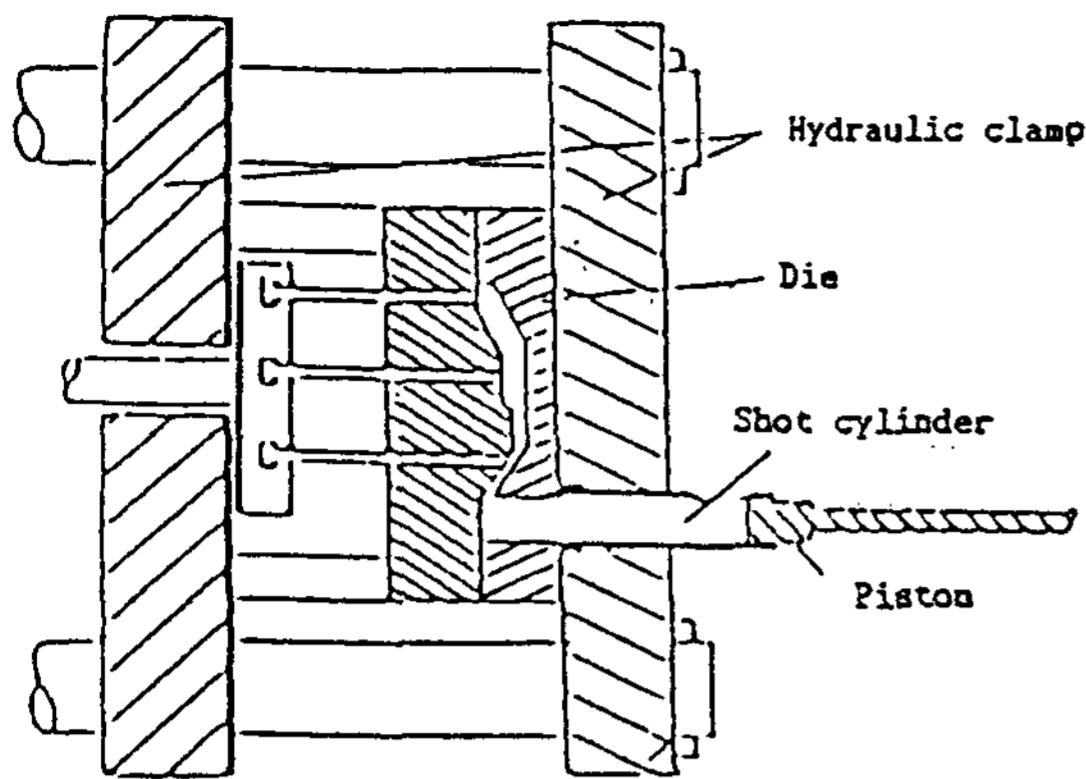
표 3에는 Mg die cast용 합금의 종류 및 특성을 나타낸다. AZ 91합금계는 Al-Zn합금계이고, AM60합금계는 Al-Mn합금계이고, AS41합금계는 Al-Si합금계를 나타낸다.

3.8 Die cast 방법

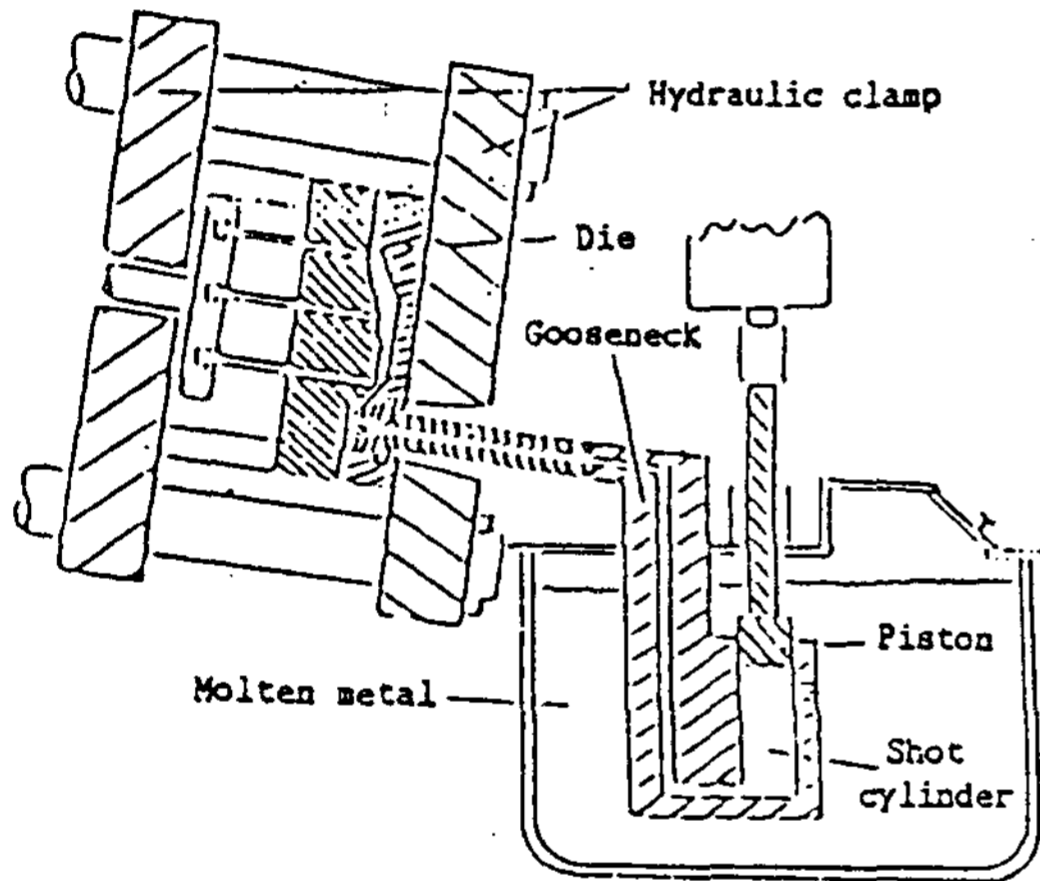
그림 1에 나타내는 바와 같이 cold chamber와 hot chamber방법으로 대별된다. cold chamber 방법은 1)대형주물에의 대응이 가능하고, 2)후육부의 품질이 hot chamber 방법보다 우수하고, 3)합금종류 변화에 대한 대응이 용이한 장점을 갖는 반면, 회수율이 낮은 단점등이 있다. Mg용탕

표 3. 다이캐스팅용 Mg합금의 종류와 제특성

명 부		합 금 명						
ASTM기호		AZ91A	AZ91B	AZ91D	AM60A	AM60B	AS41A	
화 학 성 분	Al	8.3-9.7	8.3-9.7	8.3-9.7	5.5-6.5	5.5-6.5	3.5-5.	
	Zn	0.35-1.	0.35-1.	0.35-1.	0.22이하	0.22이하	0.12이하	
	Mn	0.15이상	0.15이상	0.15이상	0.13이상	0.25이상	0.2-0.5	
	Si	0.5이상	0.5이하	0.1이하	0.5이하	0.1이하	0.5-1.5	
	Cu	0.1이하	0.35이하	0.03이하	0.35이하	0.01이하	0.06이하	
	Ni	0.03이하	0.03이하	0.002이하	0.03이하	0.002이하	0.03이하	
	Fe			0.005이하		0.005이하		
	Mg	Bal	Bal	Bal	Bal	Bal	Bal	
특 성	용융점	470-595	470-595	470-595	540-615	540-615	565-620	
	주조성	2	2	2	3	3	4	
	내압성	2	2	2	1	1	1	
	열간균열	2	2	2	2	2	1	
	기계가공성	1	1	1	1	1	1	
	전착도장성	2	2	2	2	2	2	
	1 양호 4 불량	표면처리성	2	2	2	1	1	1
	고온강도	4	4	4	3	3	2	
인장강도(MPa)		230	230	230	220	220	210	
연신율		3	3	3	8	8	6	



A) cold chamber방법



B) hot chamber방법
그림 1. Mg die cast장치

은 Fe와 거의 반응을 하지 않기 때문에, 강제 사출계를 침적한 hot chamber 방식이 가능하다. 특히 hot chamber 법은 1) shot cycle이 짧아 생산성이 높고, 2) 박육복잡형상에의 대응력이 크고, 3) 회수율이 높고, 4) 자동화가 용이한 장점등이 있어 앞으로 박육복잡형상제품의 양산방법으로 확대될 것으로 전망된다. 미국에서는 Al die cast 품보다 hot chamber 방식에 의한 Mg die cast 제품의 생산가격이 낮은 실적도 보고되고 있다. 단지 hot chamber 법은 현시점에서는 양산실적이 있는 die casting 장치는 500ton 정도로 제품의 크기에 한계가 있어 2.5-3.0Kg을 초과하는 제품의 생산이 곤란하다. 또한 소형제품이라도 후속제품의 경우는 큰 주조압력이 요구되어 cold chamber 법이 요구되고 있다. cold chamber 법의 이용시의 최대문제점은 어떠한 급탕방법을 채택할 것인가이다. 다음으로 Mg의 자동급탕법을 개설했다.

3.9 Mg의 자동급탕법

일반적으로 cold chamber 법에서는 수동급탕이 행해지고 있지만, 제품의 대형화에 따라 1) 안전성 2) 급탕량 및 급탕온도의 편차 3) 용탕의 산화 4) 급탕시간의 지연등의 문제점으로 인해 자동급탕이 필요시 되고 있다. 그래서 다음과 같은 자동급탕장치가 고안되고 있다.

- 1) 액면 가압 방식(그림2)
- 2) 원심 펌프 방식(그림3)
- 3) 가스압 펌프 방식(그림4)
- 4) 피스톤 방식(그림5)
- 5) 사이폰 방식(그림6)

1)-4) 중에는 실용화된 것도 있지만 널리 보급되어 있지는 않다.

5) 방식은 급탕의 구동력은 용탕의 head차로서, 구조가 간단하고, 안정성이 우수하고 저가이다. 급탕력은 용탕head, 급탕 tube 직경 및 valve의 개공시간에 의해 결정되는 것으로 현재 몇 개사에서 사용실적이 보고되고 있다. 일본경금속사에서는 cold chamber 법의 사이폰 방식의 자동급탕장치

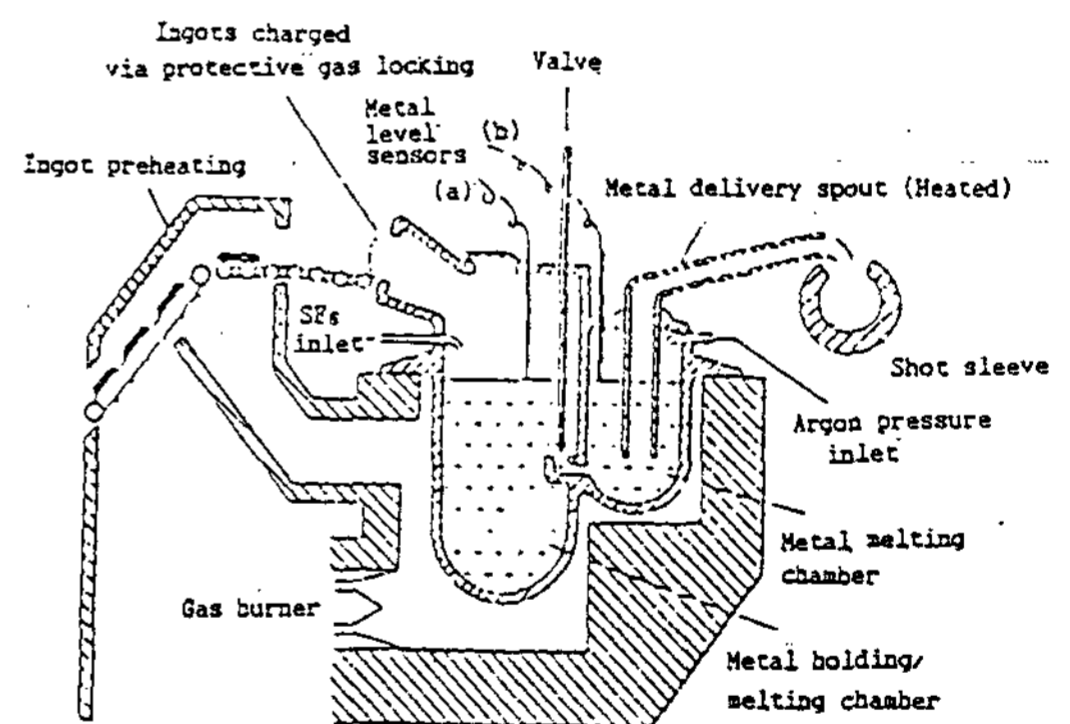


그림 2. 액면가압방식

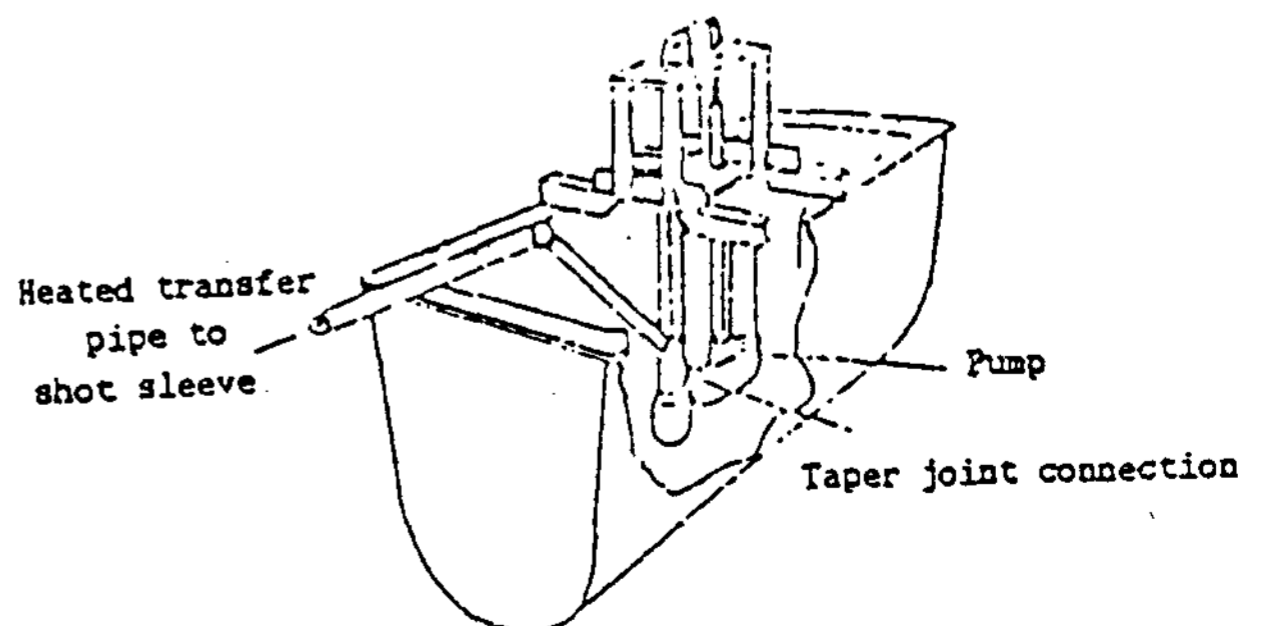


그림 3. 원심펌프방식

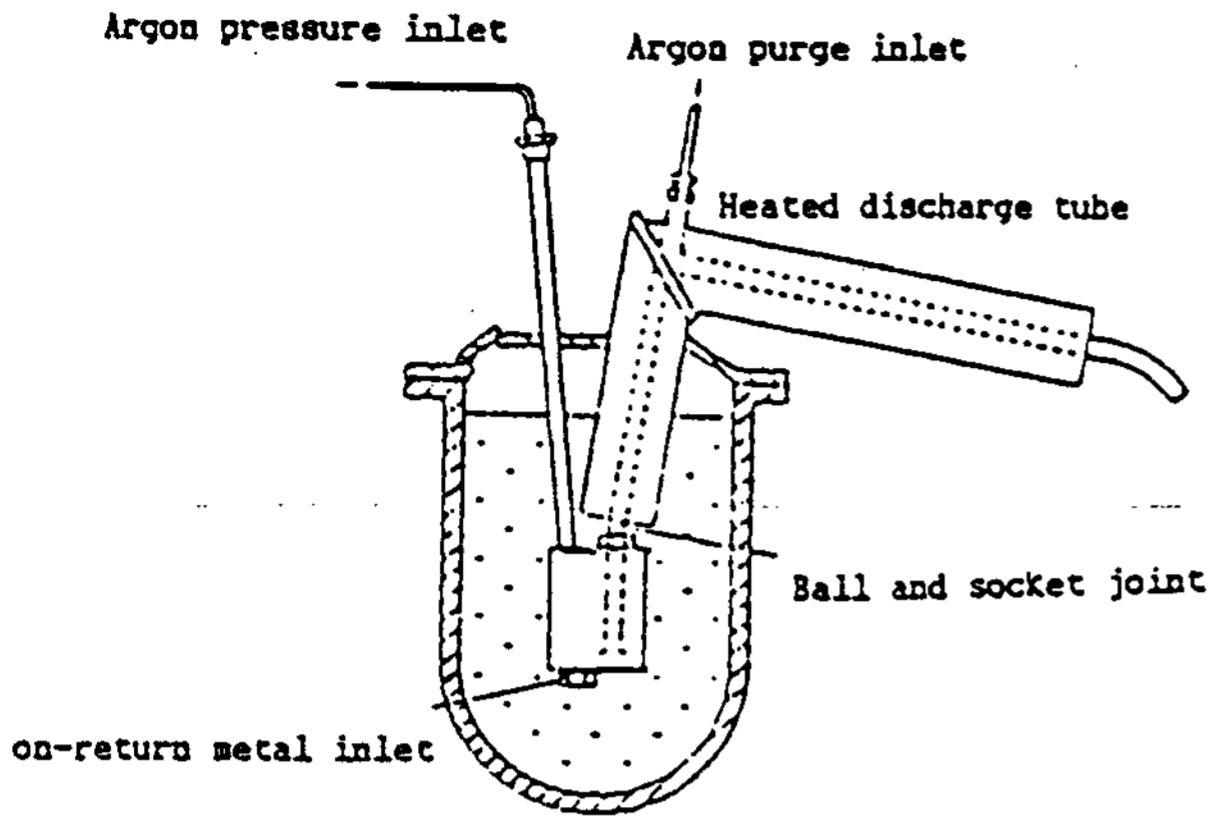


그림 4. 가스펌프방식

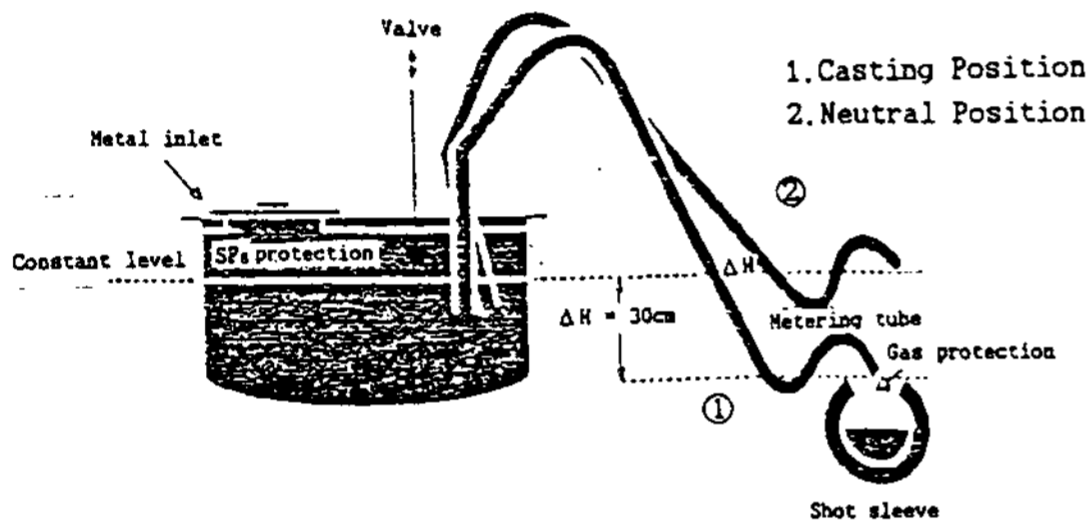


그림 5. 피스톤방식

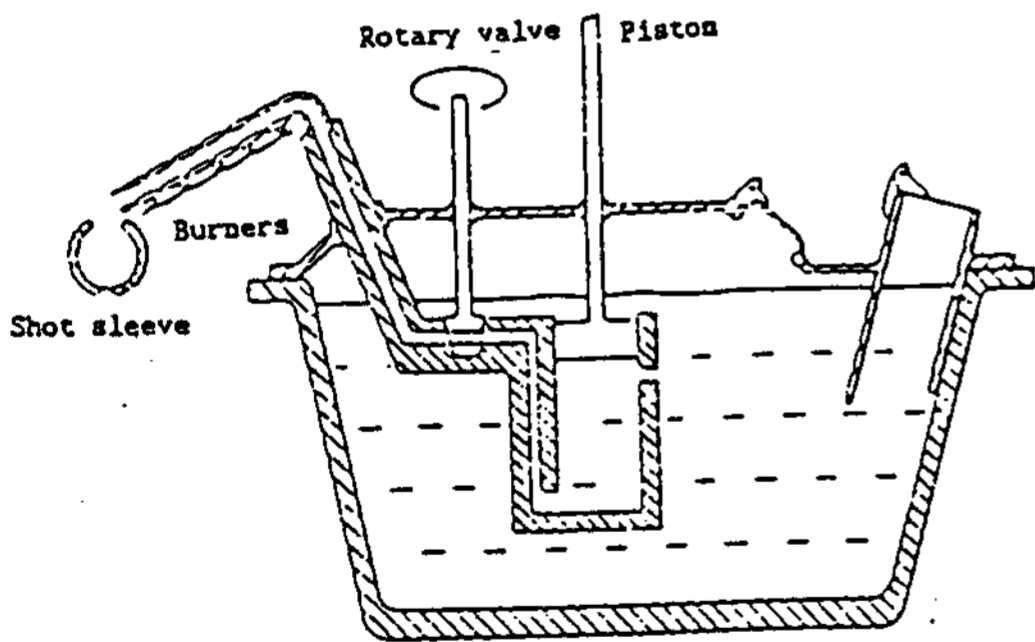


그림 6. 사이폰방식

를 사용하여, 기존의 Al die cast용 cold chamber장치를 이용하여 무공성 die cast법에 의한 Mg합금 wheel을 생산하고 있다.

4. Mg합금의 무공성 die cast 기술

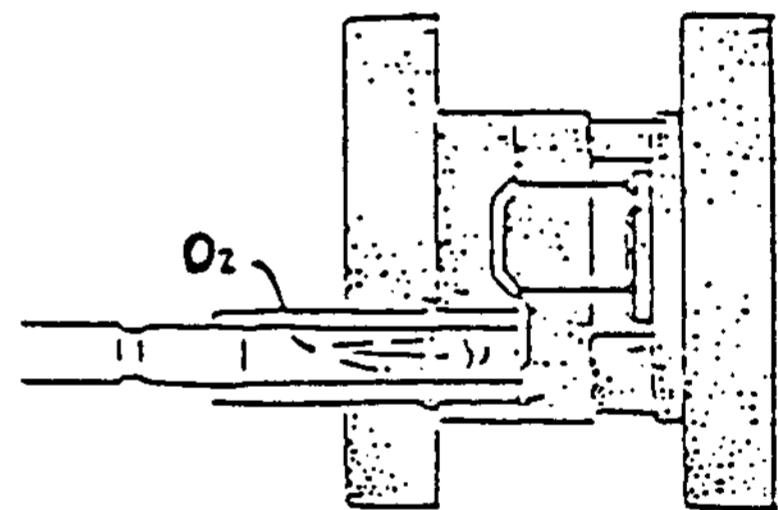
4.1 PFD의 원리

종래의 die cast법(Ordinary die cast : 이하

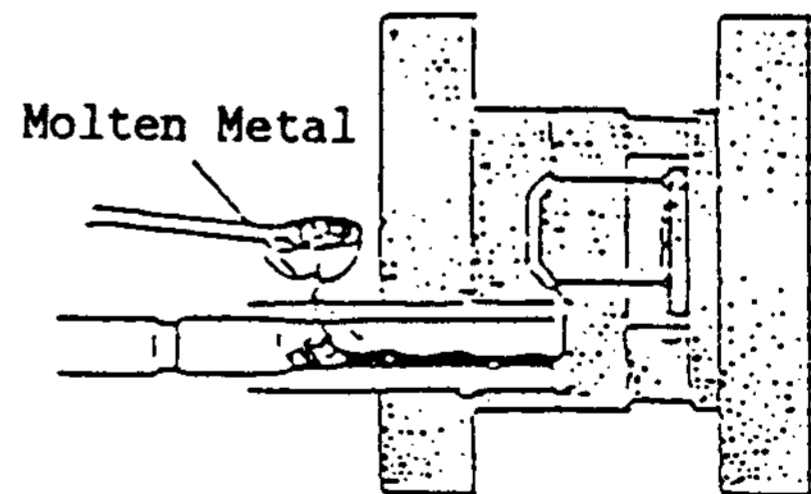
OD로 약칭)에서는 cavity내의 용탕이 고속 고압으로 주입되기 때문에 필연적으로 cavity공간의 공기가 압축되어 제품에 포함된다. 이 때문에 제품의 강도편차가 생기고, 신뢰성이 떨어지며 고온에서 사용하면 변형이 커지고, blister가 발생하는 문제점이 있다. 이러한 품질면의 근본적인 결점을 극복하기 위해 PFD(Pore Free Diecasting)가 개발되어 현재 자동차용 Al합금 wheel 및 전자 기기부품을 중심으로 연간 5000ton 이상의 die cast제품이 생산되고 있다.

PFD의 기본원리는, 그림 7에 나타내듯이, 금형 cavity내를 활성가스로 충전시켜 die cast하면, 활성가스와 용탕이 순간적으로 반응하면서 성형이 완료하기 때문에 공기흡입에 따른 기공결함이 없는 건전한 주물이 얻어지는 것이다.

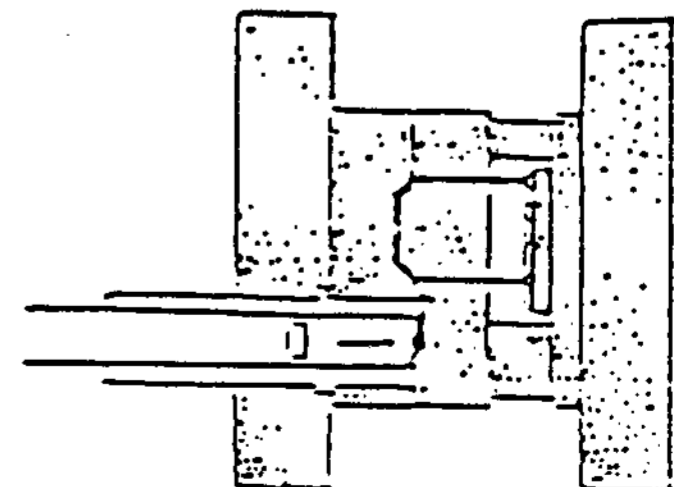
PFD제품의 특징은 1)강도편차가 적어 신뢰성이 향상되고, 2)열처리가 가능하여 고강도를 얻을 수 있어 자동차용 wheel등에 적용되고 있고, 3)



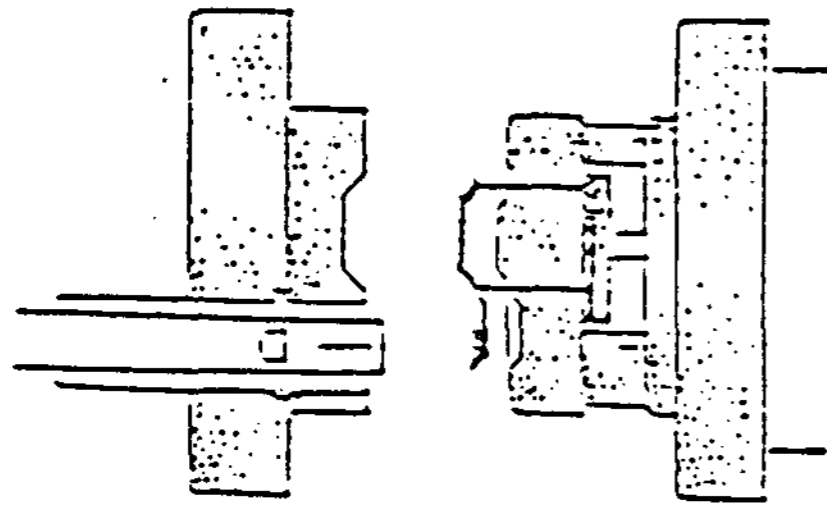
1. Purge With Oxygen



2. Introduce Metal



3. Inject



4. Eject Casting

그림 7. PFD제의 원리

용접이 가능하여 열교환기 intake manifold 등에 이용되고, 4) 고온사용이 가능하여 hot plate 등에 이용되고, 5) 기밀성이 우수하여 car cooler 용 compressure housing, power steering housing 등에 적용되고 있다.

충진되는 활성가스는 Al, Mg, Zn 과의 반응성면에서, 실용적으로 산소가 적합하다. die cast 시, 산소가스는 산화물로 고정되지만, 이 산화물은 아주 미세하고 양적으로도 미량이기 때문에 제품의 기계적성질에는 거의 영향을 미치지 않는다. 원리적으로 Al보다 Mg이 산소와의 반응성이 크기 때문에, 산소에 의한 PFD는 Mg 합금의 경우가 보다 적합하다고 사료된다.

4.2 PFD의 die cast 조건

그림 8에는 cold chamber 장치의 사출계를 나타낸다.

사출 sleeve 내의 용탕을 주형공간으로 주입시, 용탕에 주어지는 압력과 용탕의 유량과의 관계는 다음식으로 주어진다.

$$P = (A_c / A_p) P_a (1 - Q^2 / Q_0^2)$$

P: 충진시의 용탕 압력

P_a: accumulator 압력

A_c: cylinder 단면적

A_p: plunger tube의 단면적

Q: 충진시의 유량

Q₀: 공사출시의 유량

즉 용탕의 압력과 유량의 제곱은 비례관계에 있다. 이를 공급압력선(machine line)이라한다. (그림 9참조) p출의 절편은 accumulator 압력, 사출cylinder 직경 및 사출 plunger 직경으로 결정된다.

한편 용탕을 주형내에 주입하는데 필요한 압력과 유량과의 관계는 다음과 같다.

$$P = (\rho / 2g) (Q / C A_g)^2$$

ρ: 용탕의 밀도

g: 중력가속도

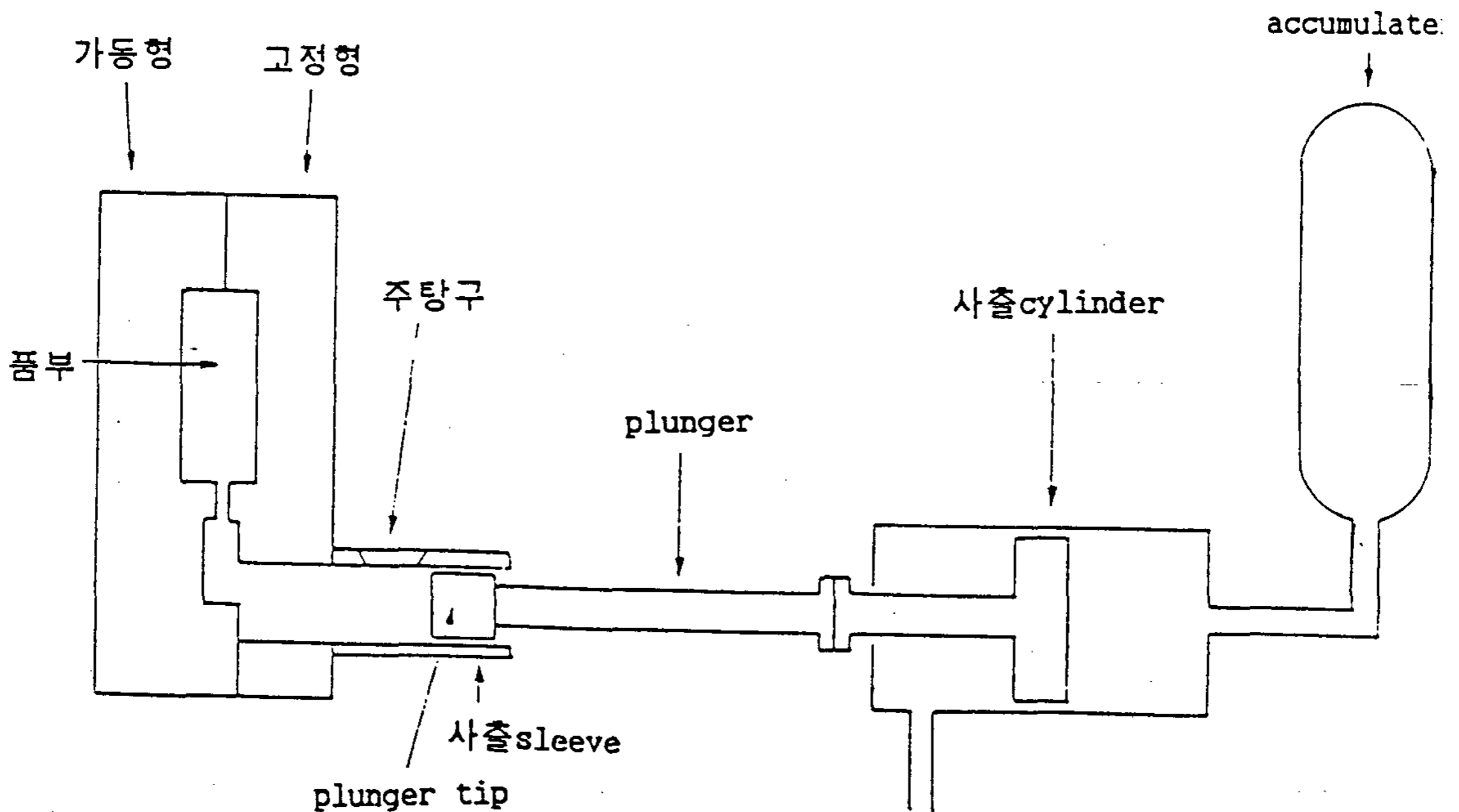


그림 8. 다이캐스팅 장치의 사출계

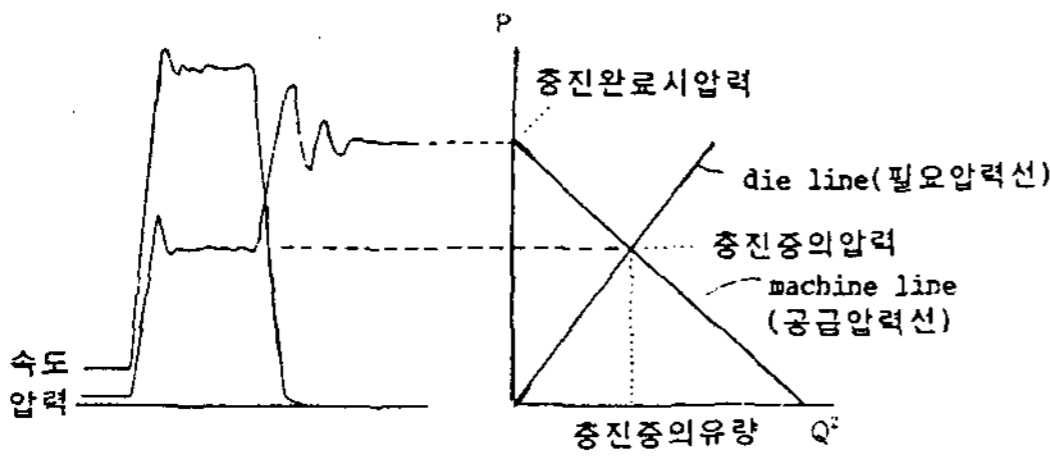


그림 9. 사출도표와 P-Q도표와의 대응관계

C: 유출계수

A_g : 탕구 단면적

위식의 압력과 유량과의 관계를 필요압력선(die line)이라 부른다. 즉, P와 Q^2 은 직선상의 관계가 있고, 그 직선의 구배는 유출계수와 gate 단면적에 의존한다. die cast 장치에 금형을 붙여 주조한 경우의 충전중의 압력과 유량은 그림 9와 같이 machine line과 die line의 교점값이다. 그림 9에서는 실제 주조시의 plunger 속도 압력 chart와 대응해서 나타낸 것이다.

건전한 주물을 얻기 위해서 지금까지 많은 연구자가 경험적 이론적 주조조건을 구하고 있다. 즉 주물의 두께와 충전길이에서 필요 gate 속도를, 두께에서 충전시간을 제시하고 있다. 이것을 P-Q도상에 표시하면 그림 10과 같이 되어, 필요 압력과 유량을 만족시키는 공급 및 필요압력선의 설정이 요구된다. PFD의 경우는 이에 산소와 용탕이 충분히 반응하기 위한 조건이 부가된다. 구체적으로는 어떤 일정의 충전압력이 필요하다.

Mg의 경우 산소와의 반응성이 커서, Al보다 적은 충전압력으로 충분하다고 생각된다. 한편 gate 속도(충진압력의 함수)가 너무 빠르면 금형의 침식이 발생하고, plunger 속도(유량함수)가 빠르면 plunger tube에서 응착이 발생한다. 따라서 이들 요인을 고려해서 주조조건을 설정해야 한다.

또한, Mg은 Al보다 단위체적당 열용량이 적기 때문에 Al보다 빨리 응고한다. 따라서 같은 형상 cavity로, 금형 및 용탕온도가 동일하다면 cavity에의 충전시간을 짧게, 사출 속도를 크게 해야 한다. 즉 장치의 사출력이 큰 것이 요구된다(그림 11의 A->C점), 또한 sleeve내에서의 금속 응고층에 의한 장치의 power loss가 적다.

4.3 PFD의 양산기술

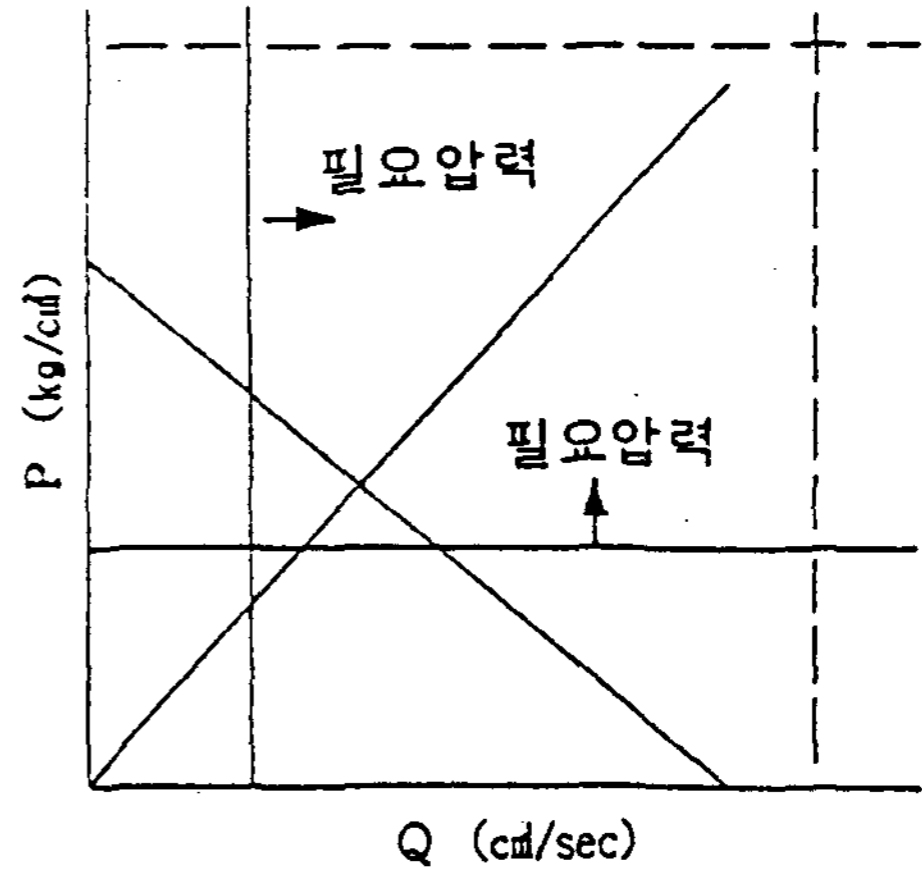


그림 10. P-Q도표상에서의 필요압력과 유량과의 관계

주형공간을 산소가스로 치환, 주조하는 것은 실험적으로는 어렵지 않지만, 생산기술적으로는 몇가지의 어려운 점이 있고, die cast 장치에서 주조상의 각종인자의 제어에 이르기까지 종합적인 system설계가 요구된다.

① sleeve와 tube 및 그 유회법을 포함한 system의 개량

종래 cold chamber에 이용된 유성유회제는 용탕과 접하면 가스를 발생하고, 이 가스는 불활성으로 제품의 가스결함을 유발한다. 따라서 PFD에는 유성유회제는 사용할 수 없고, 현재는 수용성 흑연의 유회제의 사용이 보고되고 있다. hot chamber의 경우 유회제를 사용하지 않기 때문에 유회문제는 없으나, 금형이형제는 가스발생이 없는 것을 사용해야 한다.

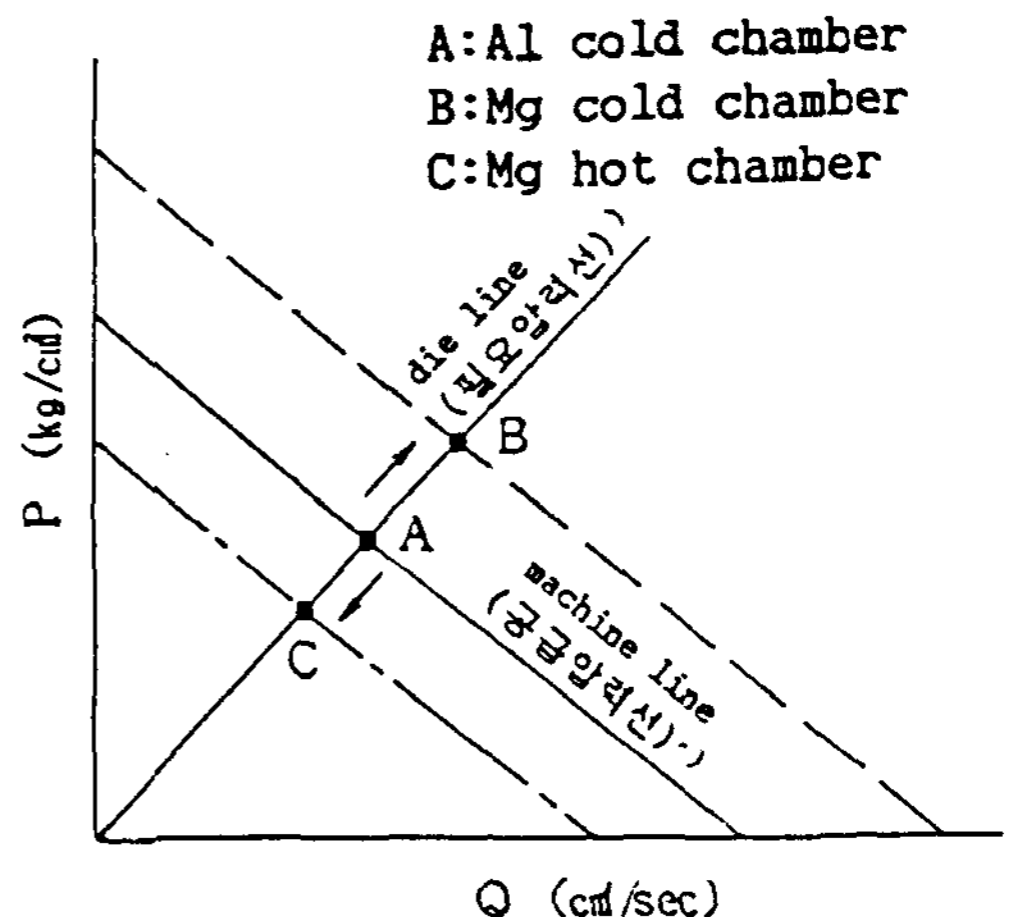


그림 11. P-Q도표상에서의 필요압력과 유량과의 관계

② 용탕과 산소의 완전 반응을 위한 주조방안의 확립

runner, gate, over-flow, air vent 등에서 PFD 특유의 주조방안을 확립해야 가스결함이 없는 주물생산이 가능하다. Mg의 경우, 산소와의 반응면에서 A1보다 제약조건이 완화되나, 금형의 국부 가열을 피하는 것은 불가결하다.

③ 수축공을 없애는 기구의 개발

Mg의 경우 응고수축량이 크고, 후육부의 수축공은 물론 응고수축균열이 발생하기 쉽기 때문에, 수축공을 없애는 기구를 개발하여 금형에 도입한다.

④ 3매형의 금형기구의 확립

die cast의 3매형을 근본적으로 개량 함으로서 자동차용 wheel의 양산이 가능해졌다.

⑤ PFD에 적합한, 열처리 가능한 합금의 개발

PFD는 가스결함이 없기 때문에 자동차용 A1 wheel에 대해서는 고강도 고인성의 A1 die cast 합금을 개발 사용하고 있다. Mg은 현재 기존 합금을 사용하고 있지만 PFD용합금의 개발을 서두르고 있다.

4.4 PFD Mg합금의 특성

(1) 내부품질

PFD Mg재와 OD재의 관상주물면을 0.5mm 제거 한후의 표면상태(사진1)와 이를 고온 가열

한 시료의 표면을 관찰하면, OD재에서는 가스결함, 표면 blister가 관찰되지만, PFD재에서는 결함이 관찰되지 않는다. 따라서 PFD제품은 열처리에 의한 강도, 인성의 향상이 가능하고, 또한 고온사용 및 용접에 의한 복잡한 형상의 생산도 가능하고, 결함이 없는 절삭면이 요구되는 부품에 적합하다.

(2) 열처리의 특성

AZ91HP 합금의 각 시효온도에서의 시효경화성을 그림12에 나타내었다. 표준 T6시효 온도인 170°C 에서 PFD재는 약 10시간으로 항복강도가 포화되는데 비하여, 일반 금형중력주조재(GC재)에서는 16시간이상이 소요된다. 이는 PFD재의 결정립이 미세하여 입계석출반응(Mg₁₇A₁₂화합물의 Pearlite상 석출)이 빨리 진행하여 결과적으로 시효경화가 촉진된 때문으로 사료된다. PFD재는 GC재에 비해 항복강도값도 3-5Kgf/mm²정도 높는데, 이는 미세결정립과 입계반응석출물의 균일 분산때문이다. (사진2) 또한 이러한 미세조직의 영향으로 GC재의 용체화처리시간(약16시간이상)보다 훨씬 짧은 시간(2시간)으로 용체화 처리가 가능하다. 또한 용체화 처리후 공냉으로도 충분한 기계적 성질이 얻어지므로 A1합금에서 발생하는 수냉시의 변형발생문제는 없다.

(3) 기계적 성질

PFD재, OD재, GC재의 기계적성질을 표 4에

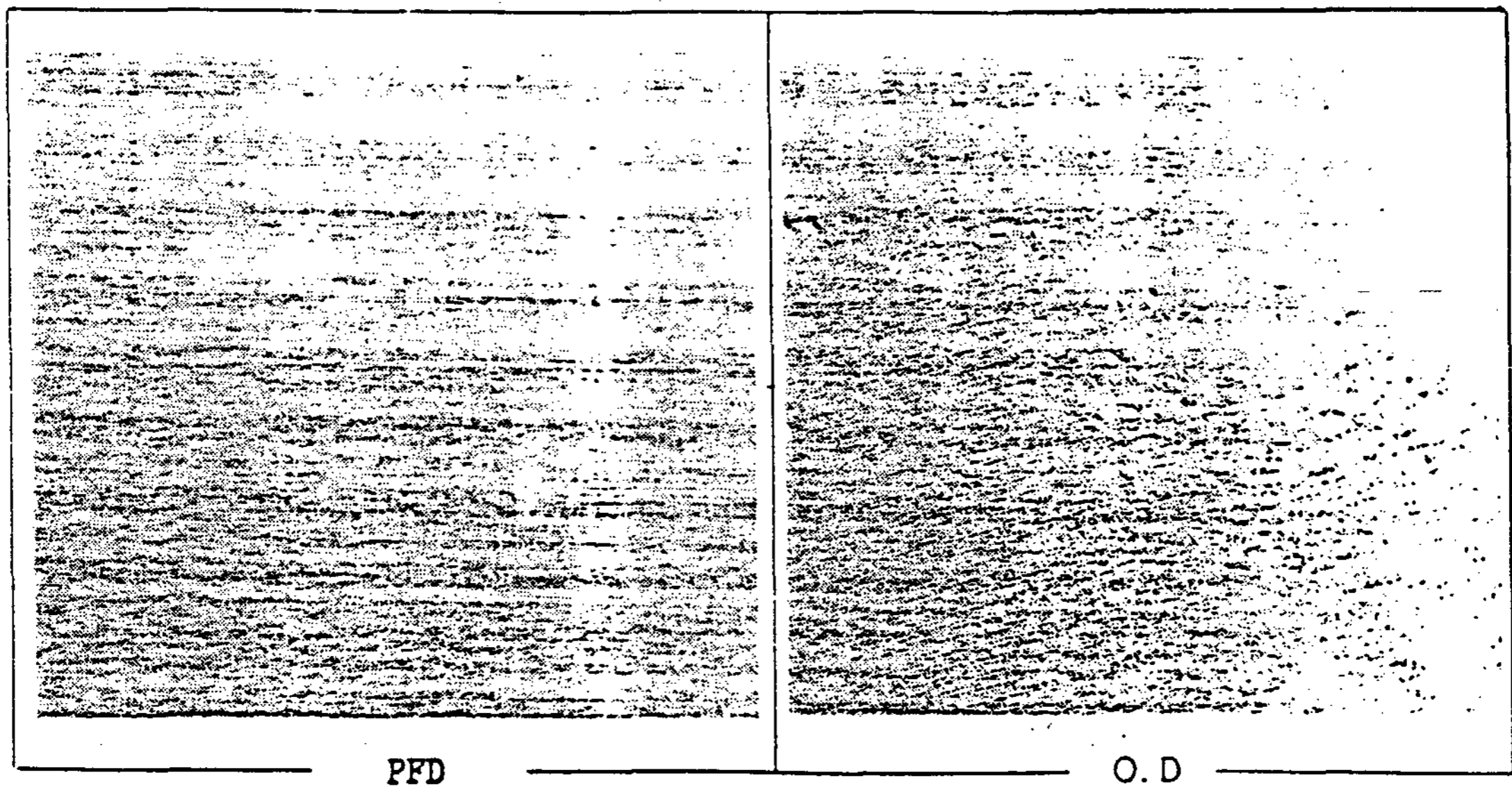
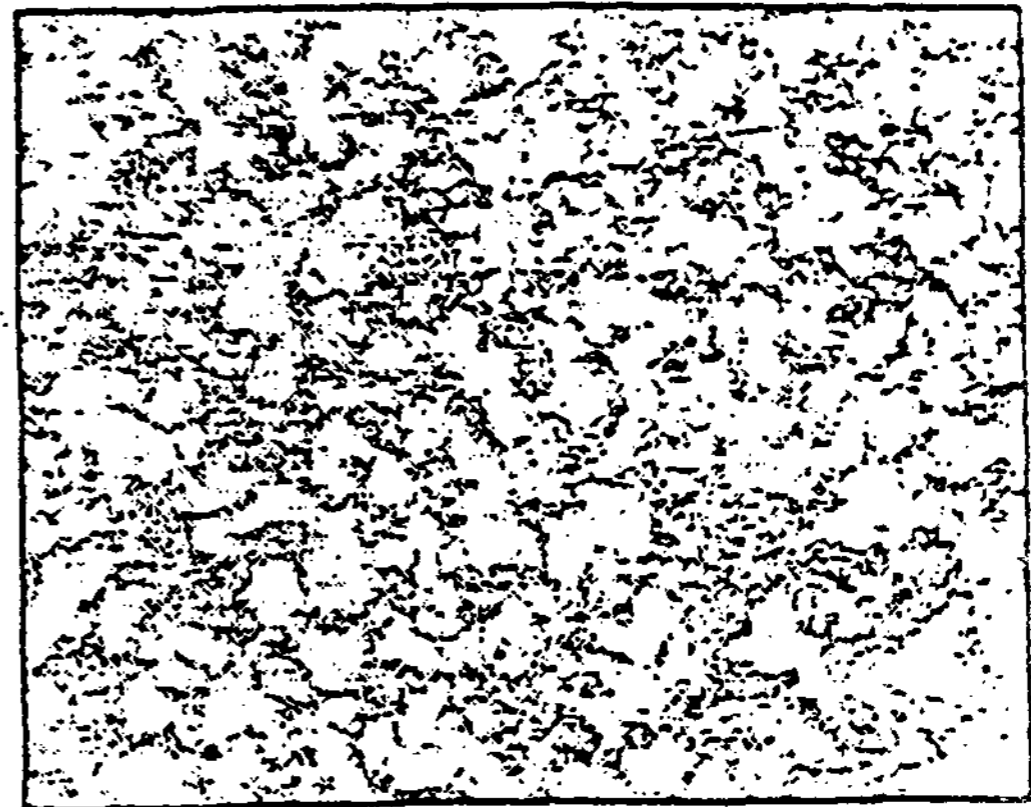


사진 1. PFD재와 OD재의 표면상태 비교



GDC (× 200)



PFD (× 200)

사진 2. PFD(AZ91D, T₆)재와 GDC재의 미세조직

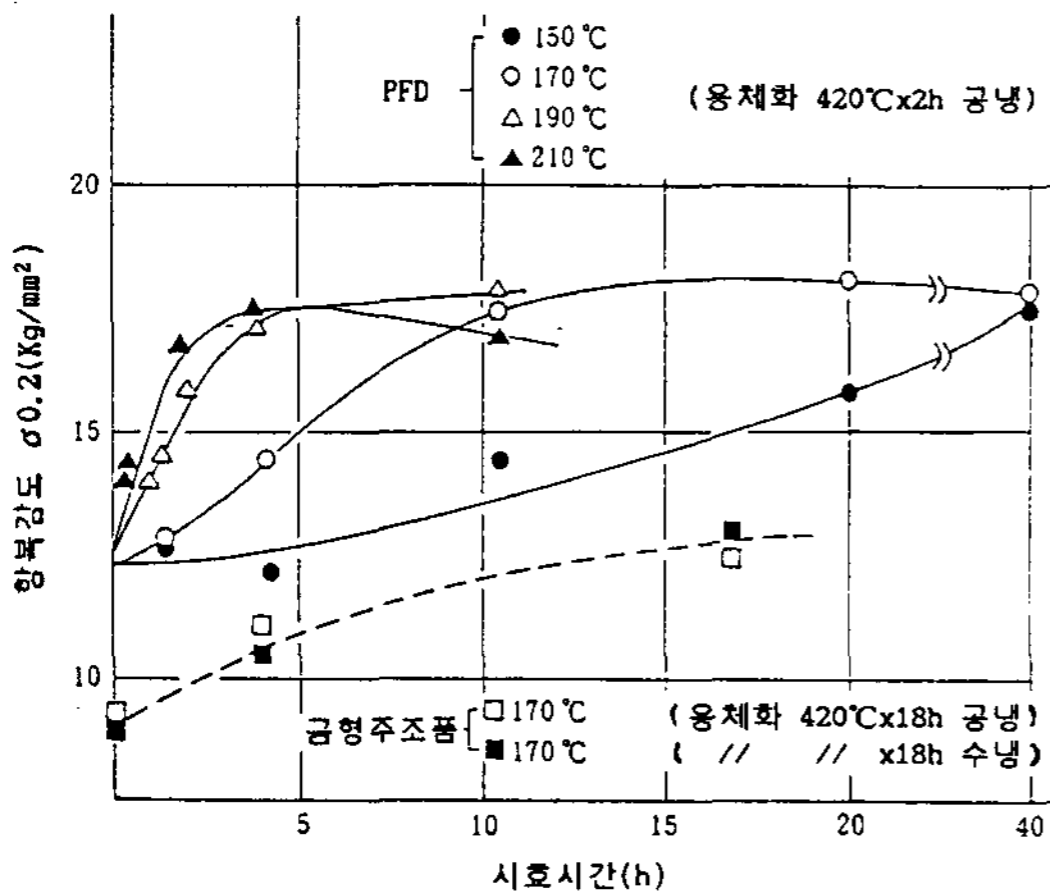


그림 12. PFD(AZ91HP합금)재의 인공시효곡선

나타내었다. PFD재는 결정립이 미세하여 높은 인장 및 항복강도, 경도를 나타내고 또한 T4처리하면 내충격성이 현저히 증가한다.

(4) 피로 특성 (그림 13)

PFD Mg합금은 PFD Al wheel용 합금 (DX-30)과 거의 동등한 피로강도를 나타낸다. PFD Mg재는 OD재에 비해 응력집중원이 되기 쉬운 가스결함이 적고, 피로균열이 발생하기 어렵기 때문에 신뢰성이 높고, 보안부품으로 적당하다.

(5) 내마모성 (그림 14)

PFD Mg합금은 일반 Al die cast합금

표 4. 무공성다이캐스팅재와 종래의 다이캐스팅 및 중력금형주조재와 기계적 특성비교

제품		무공성다이캐스팅(PFD)				다이캐스팅(OD)		중력금형주조(GDC)		
합금	특성	인장 / 항복강도 (Kg/mm²)	연신율 (%)	충격치 (Kgm/mm²)	경도 (HRB)	인장 / 항복강도 (Kg/mm²)	연신율 (%)	인장 / 항복강도 (Kg/mm²)	연신율 (%)	경도 (HRB)
AZ91HP	F	24-25	4-5	0.6	34	20-24	0.5-3	18	2	17
	T ₄	15-16				15-17		10		
		28-31	11-14	2.7	18	--	-	28	12	10
		12-13				--	-	9		
	T ₆	26-28	6-7	0.5	50	--	-	28	6	34
		17-18				--	-	14		
AM60AHP	F	27-28	16-19	2.0	15	24-27	4-10			
	T ₄	14-15				4-10				
		27-29	20-22	5.0	14	--	-			
		12-13				--	-			

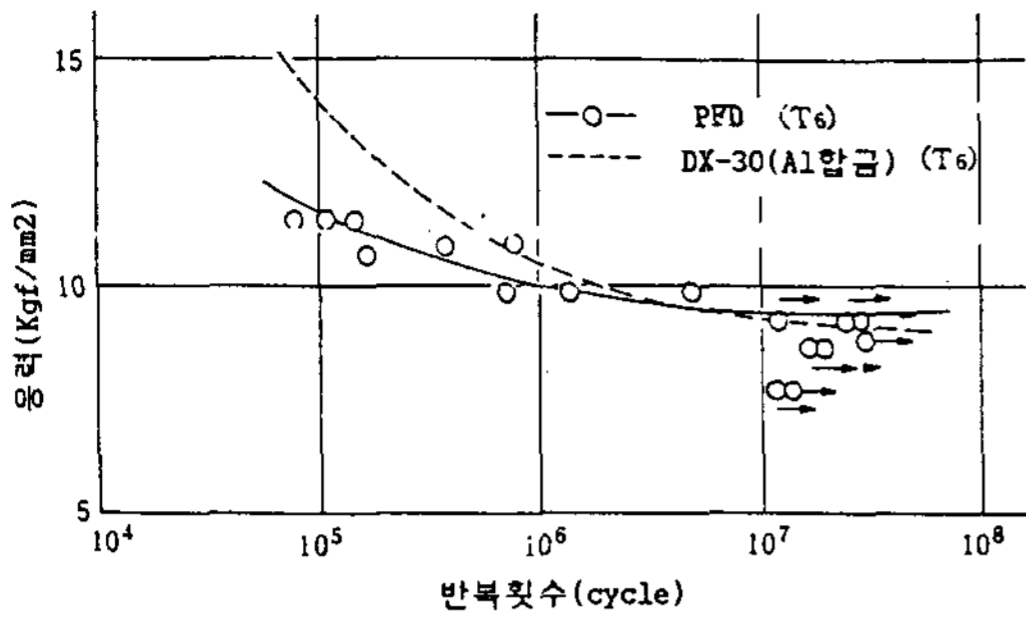


그림 13. PFD(AZ91HP)재의 피로강도

	PF 다이캐스팅재				
	FC 25	A 390 (F材)	ADC 12 (T6材)	PFD (AS41/P재)	PFD (AZ91/T6재)
시원 마모량 (mg)	6	30	90	9	14
상대 재마모량 (mg)	1	0	2	0	0
摩擦係數	0.12	0.08	0.10	0.07	0.04

그림 14. PFD재의 내마모성

(ADC12)보다 훨씬 우수하고, Al합금중에서도 극히 우수한 내마모성을 나타내는 silumin합금과 동등이상의 결과를 보이고, 주철GC25재에 가까운 내마모성을 보여, 금후 마모부재에의 적용이 기대된다.

(6) 내식성

최근 고순도 Mg합금지금이 제련제조사로 부터 판매되고 있어, Mg합금의 내식성은 Al합금의 내식성정도까지 향상되고 있다 더욱이 PFD Mg재는 전술한 바와 같이 조직이 미세하고 Fe, Ni등의 화합물이 균일 분포하여 내식성도 GC재에 비해 양호하다고 사료된다. 그러나, 제품의 사용환경이 극심한 경우에는 표면처리를 행해야 한다. 고순도 지금을 사용해서 적절한 표면처리를 행한 PFD Mg재의 부식실험결과, Al합금에 가까운 성능을 나타냄이 보고되고 있다.

4.5 대표적인 PFD Mg 제품의 소개

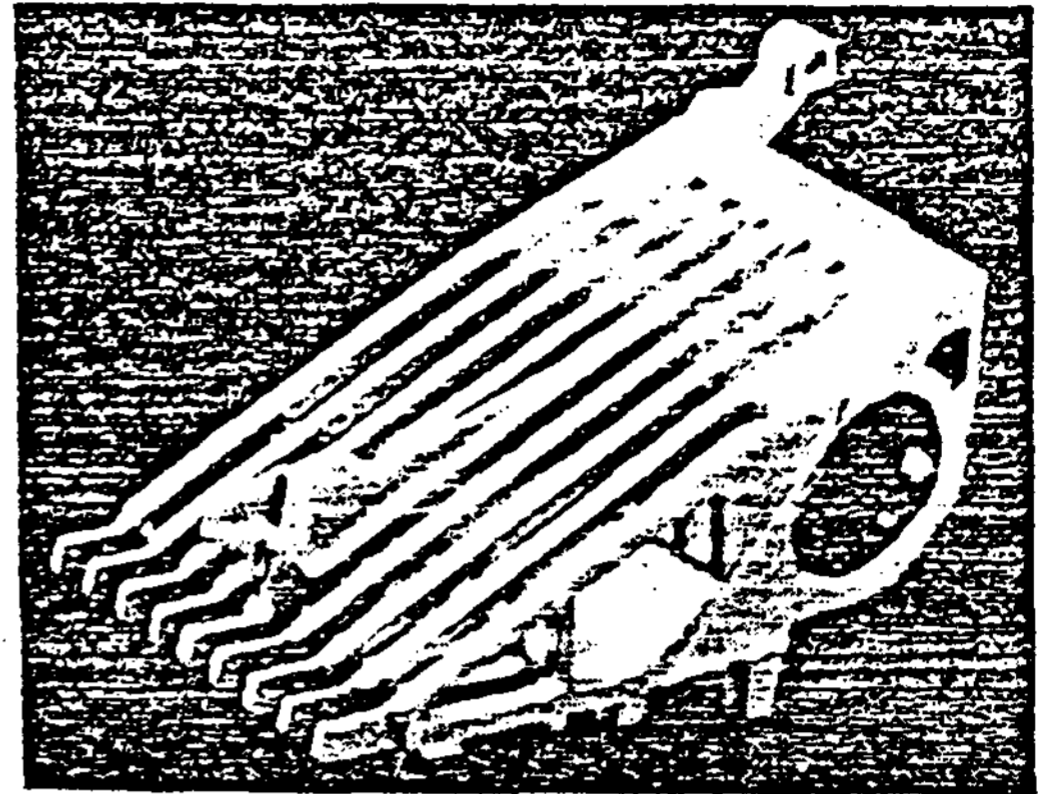


사진 3. Swing Arm(AZ91D,PFD)

Mg합금의 자동차 부품에의 채용, computer, OA기기, audio, video등에의 사용이 급증되고 있다.

(1) computer부품은 고속화, 고밀도화가 진행되고 있고, 그 중에서도 HDD(Hard disk drive)내의 부품에는 ① 경량(고속구동부품의 관성모멘트가 작은 것) ② 절삭가공면의 결함이 없는것 ③ 칩수 정밀도 ④ 높은 진동흡수능 ⑤ 전자파 차단성 등의 특성이 요구되어 고품질의 Mg Die Cast 품으로 대체되고 있다. 사진 3과 4에는 cold 및 Hot chamber 방법으로 제작된 AZ91D PFD제품의 예로서 최종 무전해도금한 것이다.

(2) 사진 5에는 일본의 Honda사에서 세계 최초로 PFD로 양산한 motor cycle 용 wheel의 예를 나타내는 데 전륜이 17"×3" 중량이 3.5kg, 후륜이 18"×4"이고 중량은 4.7kg의 Mg wheel이다. 종래의 Mg wheel은 사형주조법으로 제작되어

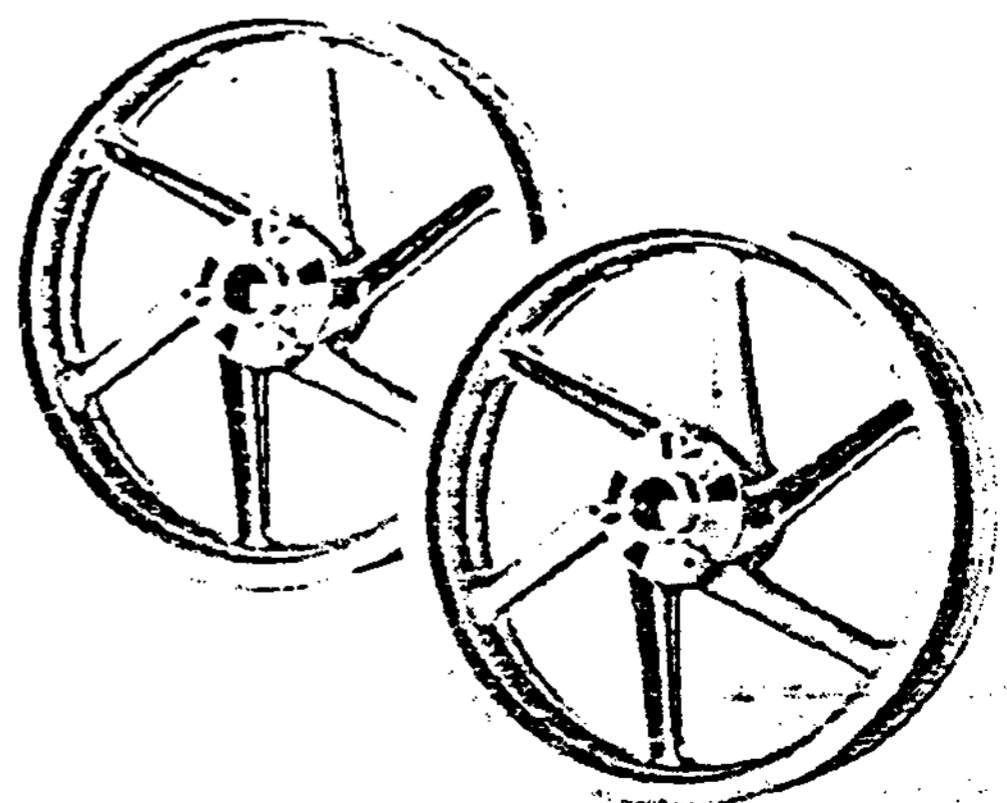


사진 5. 모터 싸이클용 마그네슘 휠 (Honda 사, AM60-T4처리)

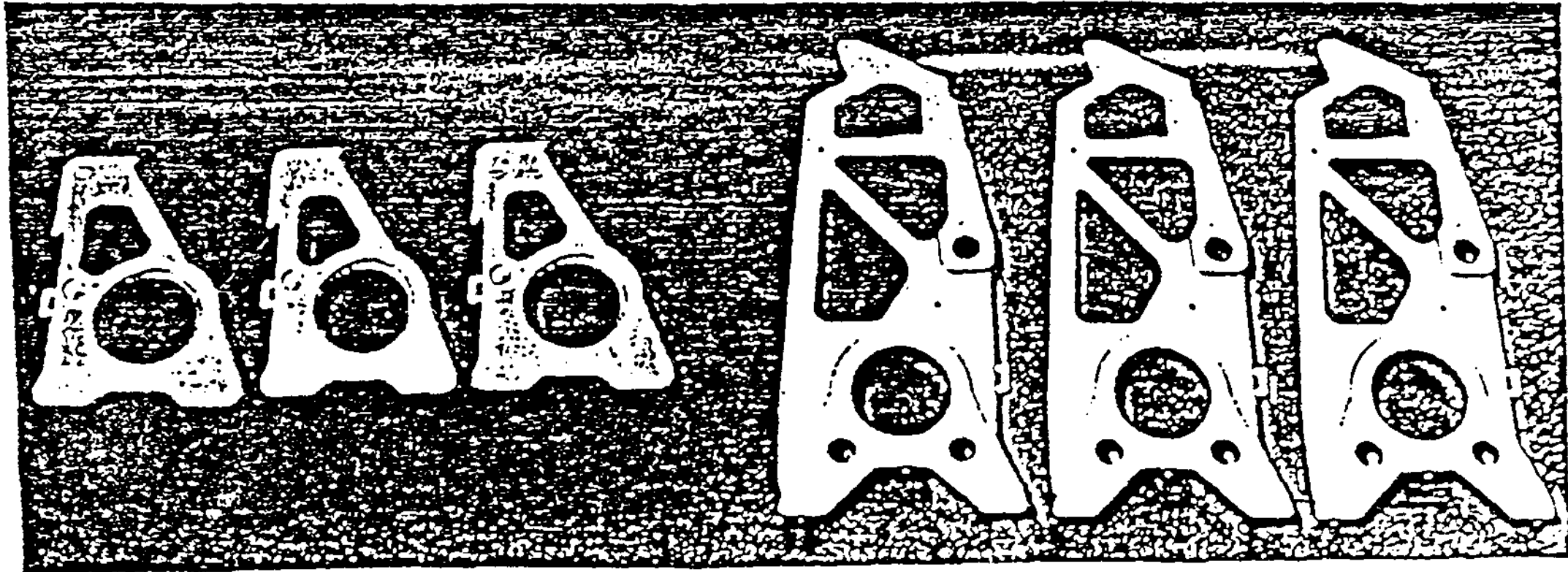


사진 4. Head Arm(AZ91D,hot chamber법)

참고문헌

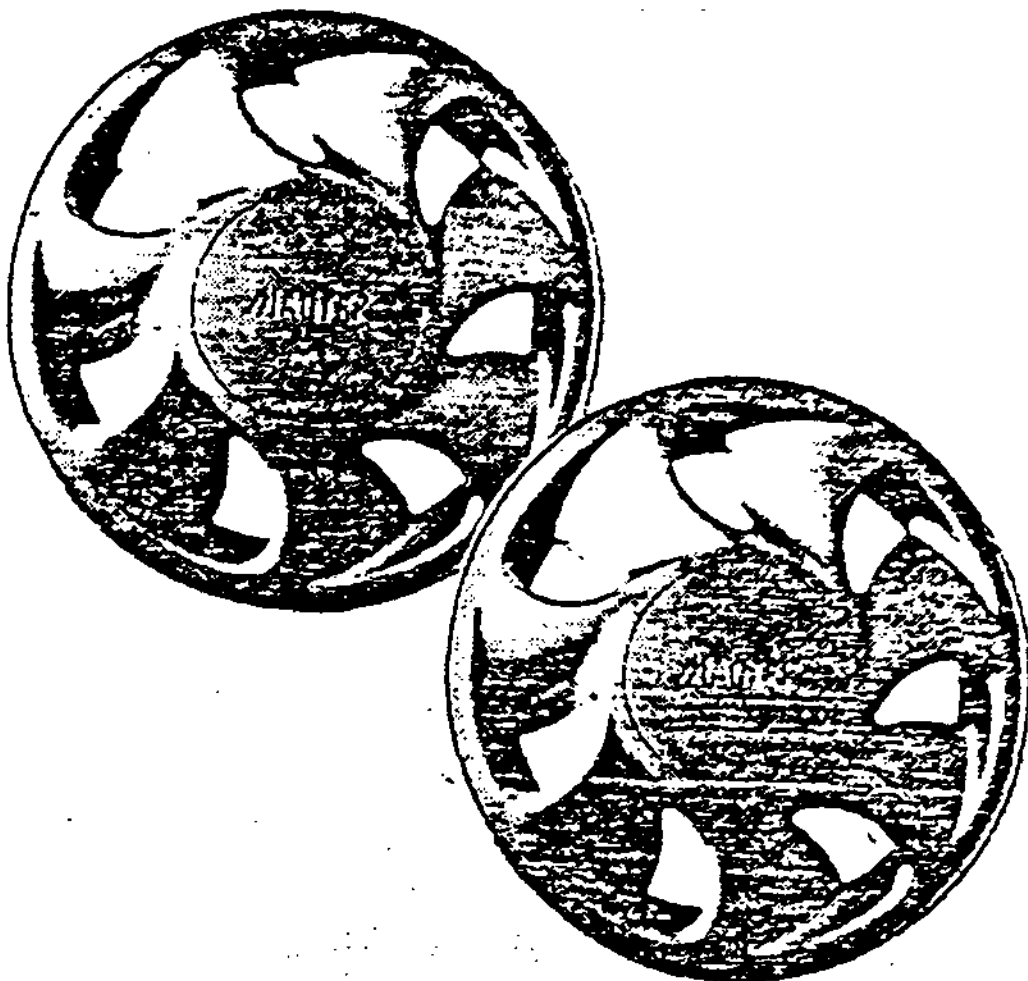


사진 6. 자동차용 마그네슘 휠 (Toyota 사,AM60개량재,T4처리)

양산성, 품질, 박육경량화에 문제가 있었으나, PFD제조방법으로 해결되었고, Al제 wheel에 비해 약 20%의 경량화를 달성했다. 내식성도 Cr산 처리와 도장을 조합한 특수표면처리를 함으로써 Al wheel정도의 값에 접근하고 있다. 사진 6에는 승용차용 wheel에의 적용 예로 전륜 17"×8", 중량 8.8kg, 후륜 17"×9", 중량 9.6kg으로 300km/h의 고속주행에도 견디는 강도조건을 가지는 AM60 개량재료를 사용하고 있다.

후 기

본 자료는 1991년 한국과학재단의 특정목적 기초연구의 지원에 의해 행한 연구의 일부로 이에 감사드립니다.

- 1) T.B.Hill: BNF Guide to Better Mg Die-casting BNF Metals Technology Center, Grove Lab. Denchworth Road, Wantage, Oxon
- 2) W.G.Treiber Jr.,High Technology With Hot chamber Magnesium Diecastings, in Proceedings of the 44th Annual World Magnesium Conference International Magnesium Association, May 1987
- 3) K.N.Riechek, K,J.Clark, and J.E.Hills, Controlling the Salt Water Corrosion Performance of Mangesium ZA91 Alloy in High and Low Pressure Cast Forms, in Proceedings of a Special Conference on Recent Advances in Magnesium Technology, AFS /CMI, June 1985
- 4) R.S.BysjL Nagesium Products Design, Marcek Dekker 1987
- 5) Deutsch patent 1931473 : Magnesium manual , 1982.P32
- 6) U S patent: 4,385,931
- 7) Japan patent: sowa45-37404
- 8) Japan patent: sowa56-18063
- 9) 1988년IMA, "Fluxless Refining of Magnesium Scrap", Dow Chemical.
- 10) Japan patent: sowa 61-243133
- 11) U S patent: 4,817,918
- 12) '90 Magnesium manual:Japanese Light Metal Association(1990)