

技術資料

특수다이캐스팅 기술

김 익 수

Special Die Casting Technology

E. S. Kim

1. 서 언

일반 다이캐스트법의 발전은 그 주조방법 및 생산 기술의 지속적인 개선으로 다이캐스트 제조에 있어 노력의 절감, 생산성등의 현저한 향상을 가져왔다.

따라서 1964년 일본다이캐스트협회가 정의한 「정밀한 금형에 용탕을 압입시켜 고정도의 주조표면이 미려한 주물을 대량생산하는 주조방식」이라는 다이캐스트법은 그 효과가 매우 커 산업 전반에 걸친 폭 넓은 파급이 이루어졌다. 그러나 용탕의 단시간 충전, 이형제의 열분해에 따른 증발가스의 발생 및 금형내의 공기혼입, sleeve내에서 발생하는 파단 chill층의 분산 등에 의한 porosity나 응고조직의 불균일성등의 주조결함이 발생하고, 사출응고시 탕도부가 선행응고되어 생성된 Al수지상과 Al-Si 망상조직 중에 발생하는 응고수축에 대한 용탕보충이 어렵기 때문에 다량의 수축결함이 발생된다. 이러한 현상은 그림 1과 그림 2의 사출 mechanism상에서 발생하는 porosity의 발생 기구의 개념도와 응고과정중의 porosity 형성기구의

설명에서 잘 나타내어 주고 있다. 또한, 다이캐스트법은 이러한 주조결함의 영향으로 열처리가 불가능하여 기계적성질의 향상을 기대할 수 없는 등, 주조합금의 본래 강도를 안정되게 재현하기가 어려워 다이캐스트 제품의 대폭적인 품질향상은 이루어지지 않았다. 따라서 일반 다이캐스트법을 개선하고, 품질을 향상시킨 새로운 다이캐스트법의 개발이 당면과제로 대두되었다. 다이캐스트 제품을 고품질화 하는 특수다이캐스트법은 1950년대부터 선진국을 중심으로 고안이 되었으며, 1970년대에 들어 많은 방식이 개발되어 현재에 이르고 있다.

이러한 특수다이캐스트법은 크게 종래의 고속충진의 개념을 계승시킨 방법과 저속충진하는 방법으로 구분할 수 있으며, 이들의 신개발된 다이캐스트법은 발전된 것도, 소멸된 것도 있으나 현재도 적용되고 있는 것을 기본으로 개발경과를 그림 3에, 그 개발목적은 표 1에 나타내었다.

2. 고속충진 특수다이캐스트법

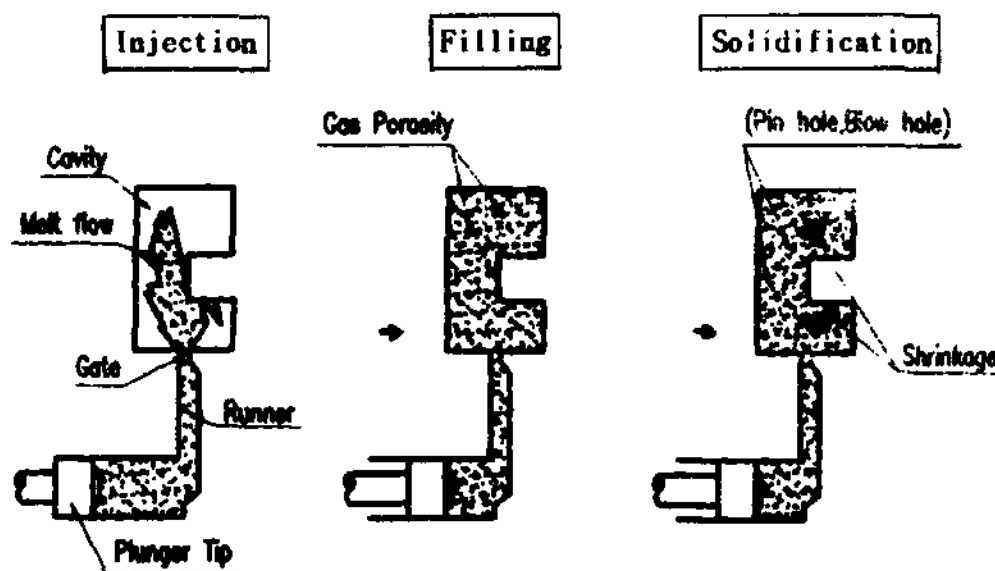


그림 1. 사출과정 중의 Porosity 발생기구 개념도.

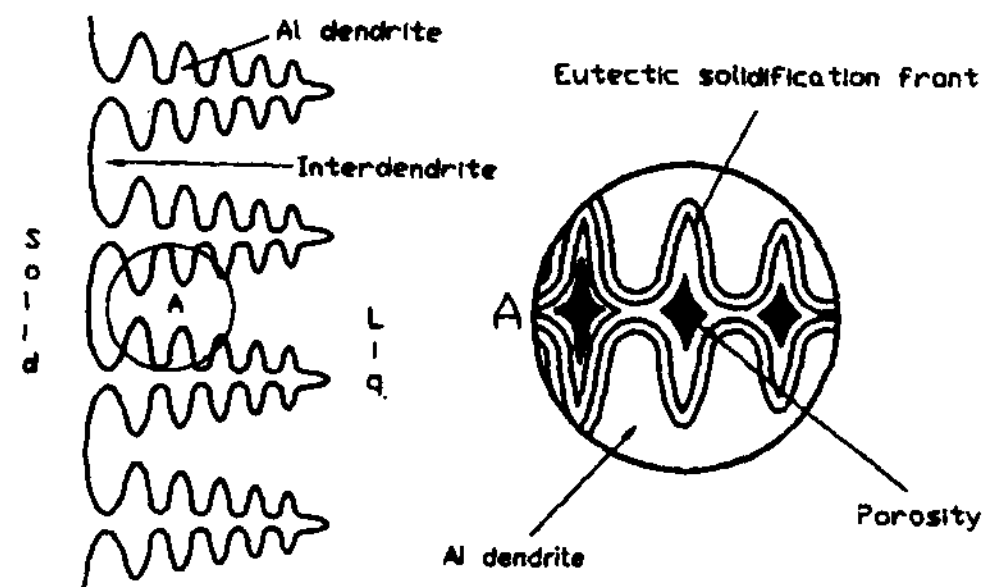


그림 2. 응고과정 중의 Porosity 형성기구도.

동남정밀(주) 기술연구소(Dong Nam Precision Co., LTD. R & D Center)
"본 기술자료는 1997년도 추계학술발표 및 기술강연대회에서 발표된 내용임"

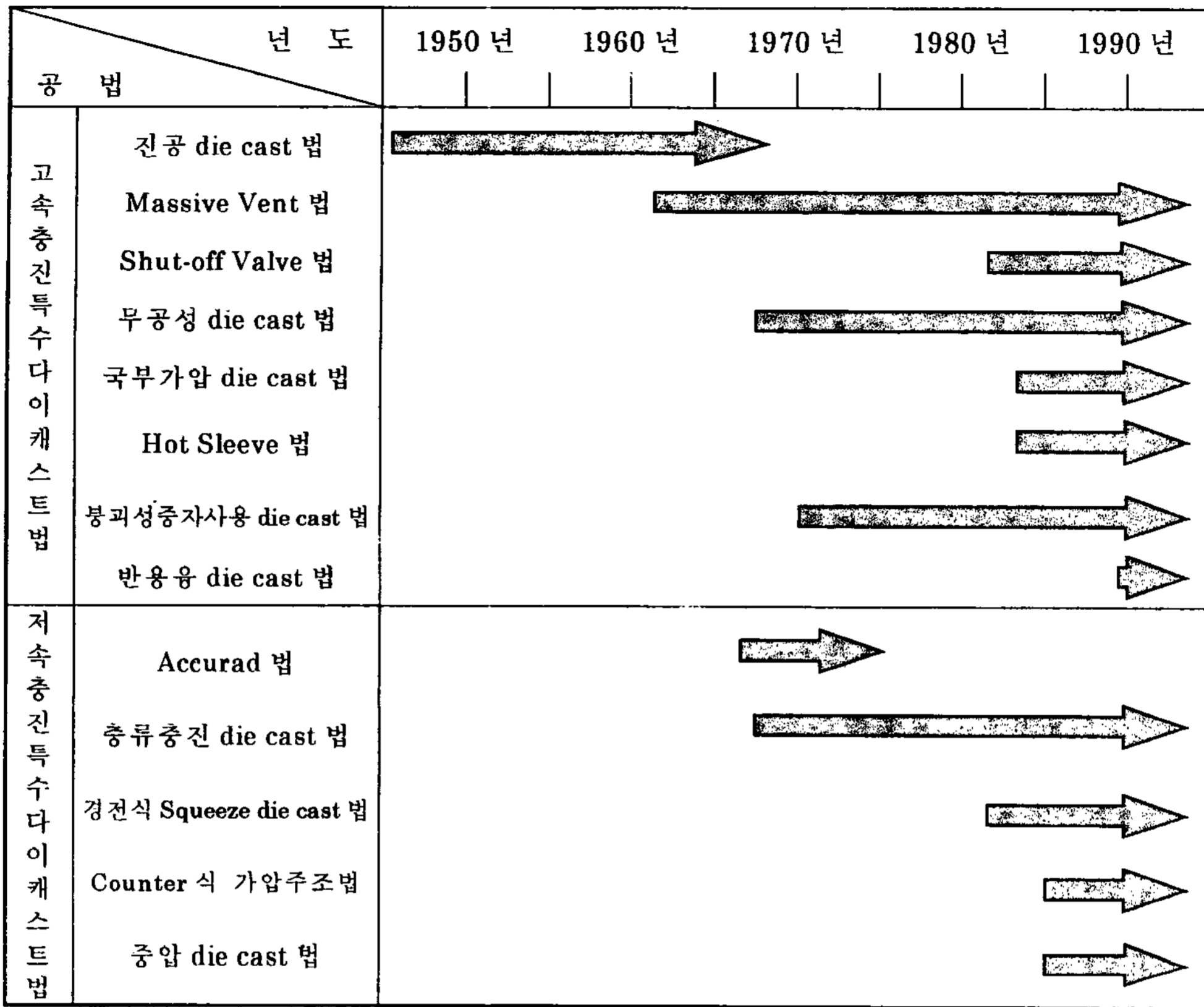


그림 3. 특수다이캐스팅의 발전사.

일반 다이캐스트법의 개념을 계승한 특수다이캐스트법으로는 진공다이캐스트법, GF법, 산소분위기 다이캐스트법, 국부가압 다이캐스트법 등이 있으며, 그 생산성과 제조cost는 일반다이캐스트법과 거의 동등하고 품질수준은 훨씬 우수한 장점이 있다. 그러나 고속, 고압의 충진으로 인한 잔류가스가 다소 잔재되어 T6 처리를 행할 경우에는 blister 발생이 야기될 수 있으므로 열처리는 T4처리나 자연시효 시키는 것이 좋다.

2.1 진공다이캐스트법

진공다이캐스트법은 진공상태로 조작된 cavity로 용탕을 사출하고 porosity가 없는 제품을 주조하는 방법이다.

진공다이캐스트법은 미국의 경우 수동기 시대인 1921년경에 특허 출원되어 있고, 유압전기제어 다이캐스트 machine 시대인 1956년경에 REED사, KUX사 등에서 특허 취득하였다. 그러나 이들 진공system은 설비가 고가이고 능률이 좋지않아 10년 여 사용되고

말았다. 그림 4에는 이들 진공다이캐스트법에 관한 각각의 특징을 소개하였다.

2.2 Massive Vent 진공법

1963년 미국의 DCRF(Die Casting Research Foundation Inc.)에서 개발된 대량 가스뽑기법인 Massive

종 류	REED System	KUX System I	KUX System II
도 식 도			
급탕후 즉시 사용 가능 여부	○	○	×
분할면으로 역기인 침입 여부	○	×	×
Tip, Sleeve 등으로 외기 침입 여부	○	×	×
입출면이 등으로 외기 침입 여부	○	×	×
작은 용량의 진공 Tank 사용 여부	×	○	○

그림 4. REED사, KUX사의 진공다이캐스팅의 특성.

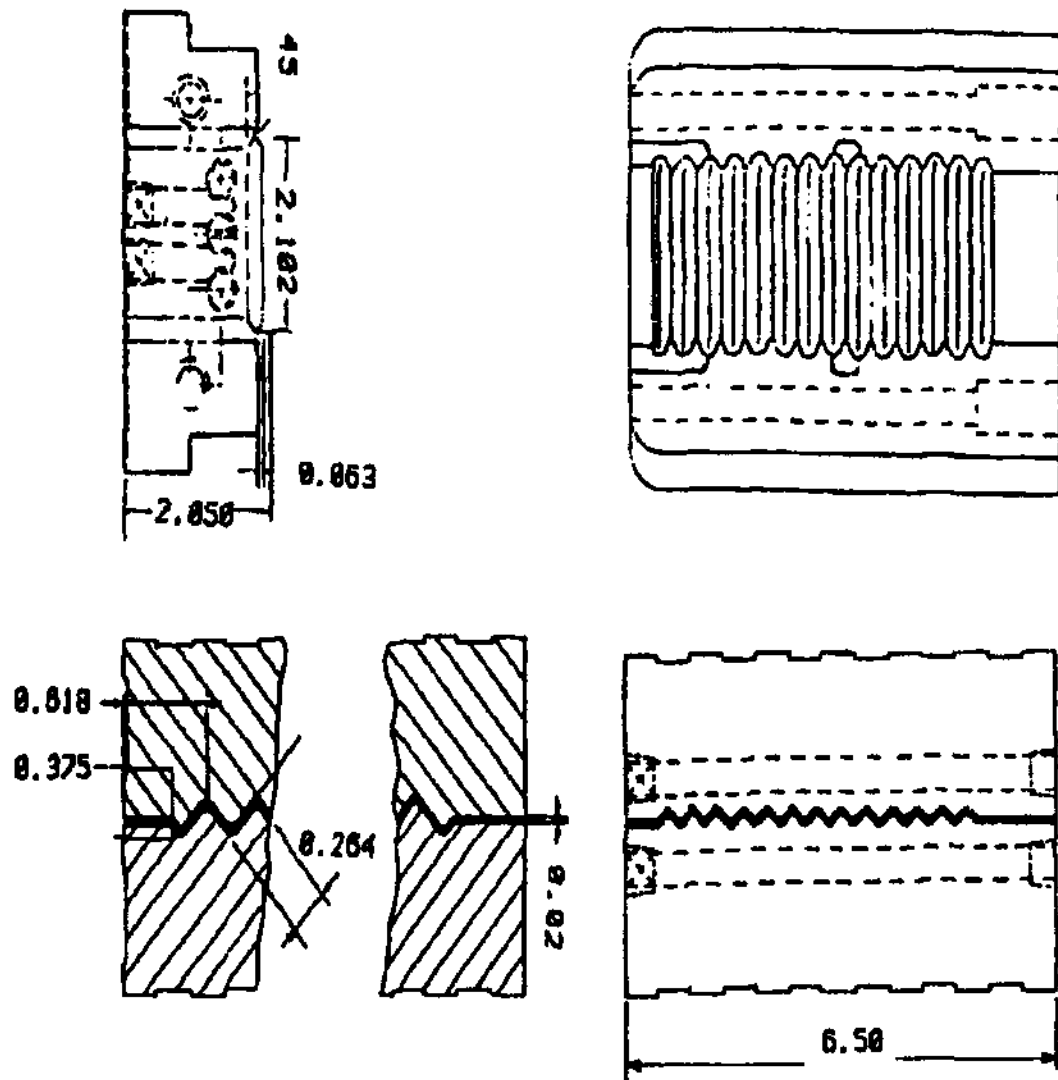


그림 5. DCRF(USA)의 Chill Block.

Venting System은 그림 5와 같은 chill block을 이용하는 방법이다. 이 방법은 기계적으로 작동되는 부분이 없기 때문에 보수가 용이하나 파형부분에 Al이 소착하는 문제나 massive vent의 두께 및 냉각 등의 조건 설정이 어렵고, 충분한 배기효과를 얻기 어려워 그다지 이용되지 않았다.

그러나 1985년 이후 이 장치에 진공흡인장치를 채용하고 이 방법의 문제점을 개선한 진공다이캐스트법들이 개발, 특허 출원되고 있으며 대표적 방법을 그림 6에 소개하였다.

2.3 Shut-Off Valve법(GF법)

대표적으로 사용되고 있는 방법은 일본 宇部興産(株)에서 개발한 GF(Gas Free)법이다. 宇部는 1982년 경부터 이 방식의 진공관련 기술에 많은 특허를 출원했고, 그 이전부터 plastic 성형법의 가스뽑기 특허를

표 1. 특수다이캐스트법의 특성과 개발목적

구분	탕구속도 (m/s)	탕구두께 (mm)	가압력, 가압방식 (kgf/cm ²)	주입온도 (°C)	이용목적
고속충진	진공 Diecast법	30~60	0.5~2.5	500~700 (Plunger 1단)	Porosity 및 Blow Hole 감소
	Massive Vent법	↑	↑	↑	
	Shut-off Valve법	↑	↑	500~1,000	
특수다이캐스트법	무공성 Diecast법	↑	↑	500~1,000 (활성가스 치환)	Porosity 감소 파단 Chill층 감소 조직품질 향상 Under-cut 제품제조
	국부가압 Diecast법	↑	↑	500~1,000 (Plunger, Cylinder)	
	Hot Sleeve법	↑	↑	500~1,000 (Plunger 1단)	
	반응용 Diecast법	30~100	-	800~1,500	
	붕괴성중자 사용법	~30	0.5~2.5	300~700	
저속충진	Accurad법	0.3~2.5	5~15	500~1,000 (Plunger 2단)	Porosity 및 Blow Hole 감소
	총류충진 Diecast법	0.5~0.7	↑	500~1,000 (Plunger 1단)	
	경전식 Squeeze법	0.2	↑	1,000~2,000 (직접압입)	
	Counter식 가압법	~2	-	300~500 (가압, Counter Plunger)	
	중압 Diecast법	~2	-	50~2,000 (Plunger, Cylinder)	

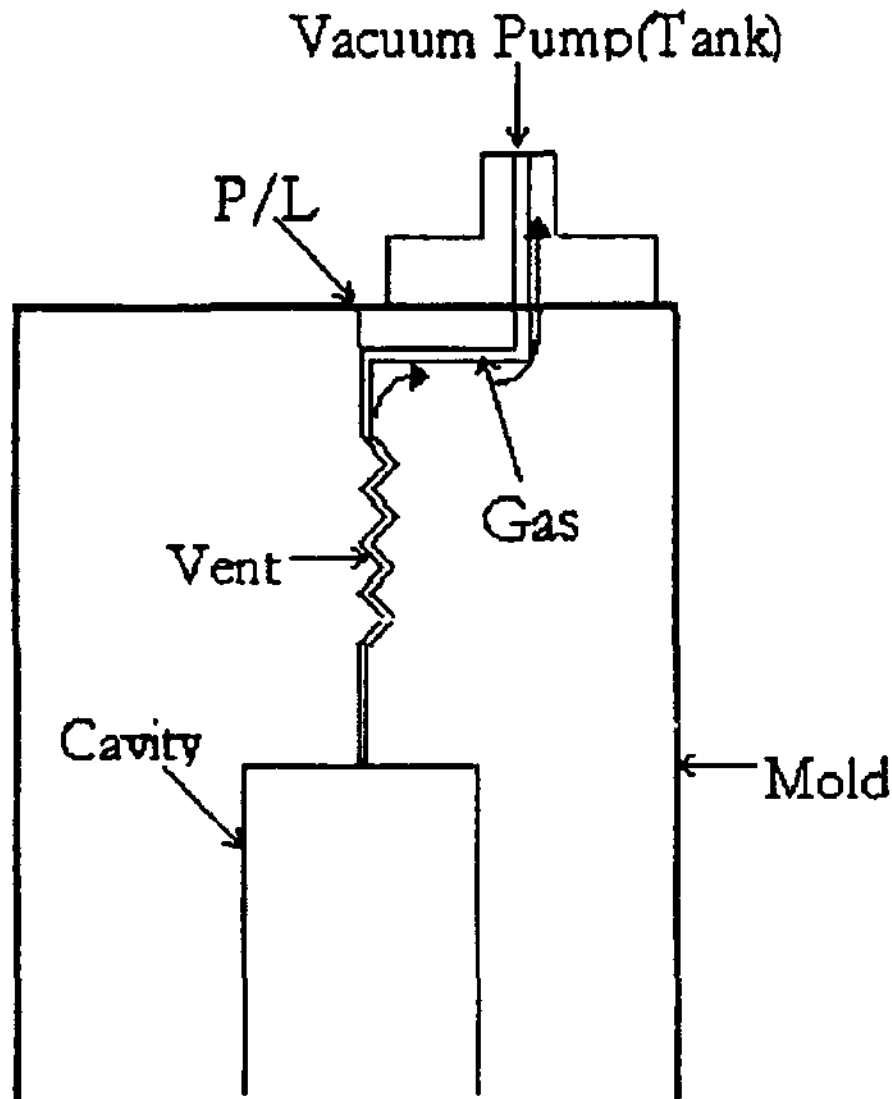


그림 6. Massive Vent를 이용한 진공다이캐스팅법.

보유하여 그 기술을 발전시켜왔다고 볼수있다. 이 방법은 진공가스뽑기로에 shut-off valve가 설치되어 있고 용탕이 진공장치에 침입하는 것을 방지하는 구조로 되어 있다. shut-off valve의 작동하는 원리는 용탕의 관성력에 의하며 그 원리는 그림 7과 같다.

그림 7(a)에서 금형 내의 공기는 check valve를 통하여 대기중에 개방되고, 이 상태에서 주탕plunger가 전

표 2. GF법과 보통다이캐스팅법과의 품질 비교.

구 분		보통법	대기 개방	진공법
비중	주입압력 48 MPa	2.670	2.682	2.685
	주입압력 69 MPa	2.696	2.708	2.708
818K×1 hr 가열시 Blister 제품 100 g중의 가스량(ml)		매우 多 15~20	약간 有 6~10	거의 無 3~5
탕흐름성		불량	양호	양호

*흑연계 수용성 이형제 사용

진, 전자valve를 절환 시켜 진공흡인 한다(그림 7(b)).

일반적으로 금형은 0.2~0.3초 만에 150~250 Torr의 감압도를 갖게 되고 이 시점에서 고속사출하여 용탕을 금형 내에 충전(그림 7(c), (d), (e)) 시키고, 15~40 m/s의 속도를 가진 용탕의 관성력에 의해 valve가 닫히고 충진이 완료된다. 이 방법에 의해 제조된 제품은 보통법에 비해 매우 우수한 품질수준을 나타내었으며, 그 비교값은 표 2에 나타내었다.

또한 동류의 Shut-Off Pin법이나 RSV법(일본RYO-BI사), Super-Vac법(Fondarex), Quick Shut-Off법(Bühler사) 등의 방식도 개발되어, 다이캐스팅 품질에 있어 탕류의 개선, micro porosity 감소, 열처리시 blister 발생 감소 등의 많은 품질향상을 가져왔다.

2.4 무공성 다이캐스팅법(PF법)

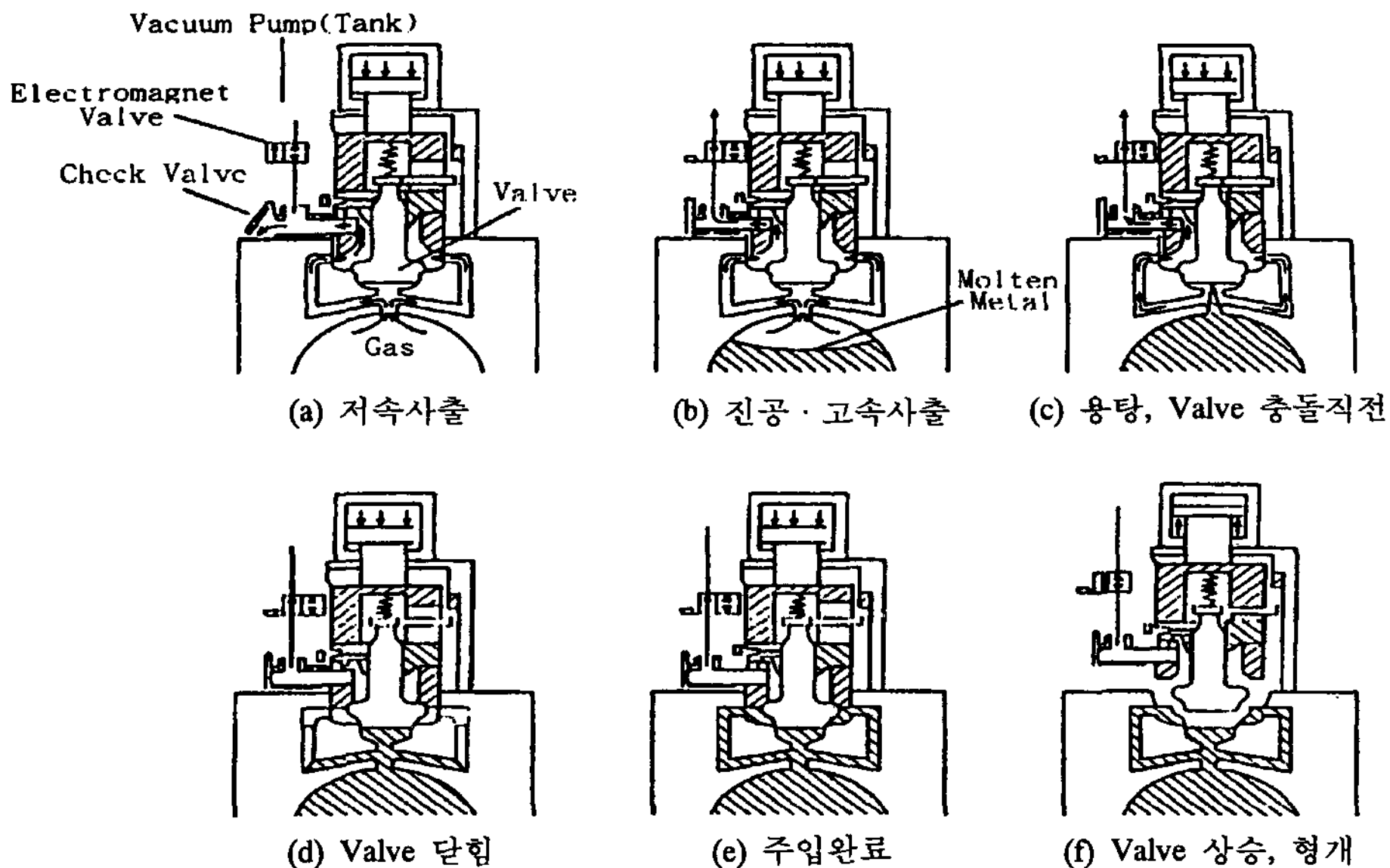


그림 7. GF Valve의 작동원리도.

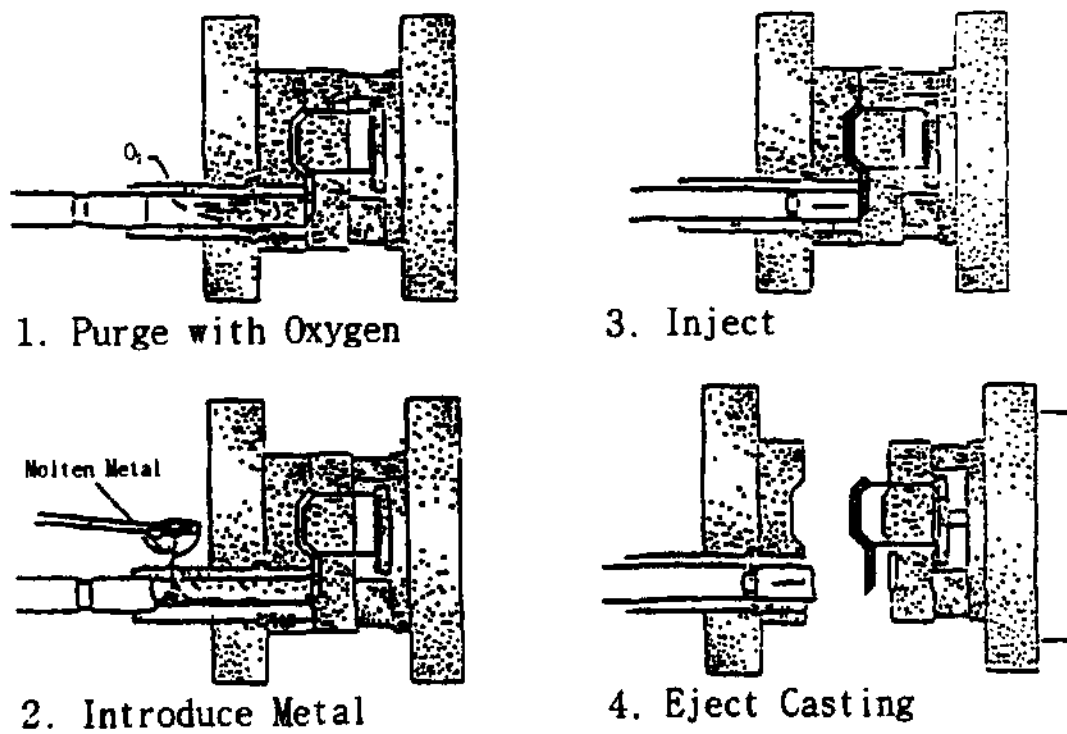


그림 8. 무공성 다이캐스트법(PF법)의 원리도.

Pore free 다이캐스트법은 porosity가 없는 제품을 제조하는 다이캐스트법으로 약칭 PF법 또는 산소분위기 다이캐스트법이라 부른다. 미국의 ILZRO (International Lead Zinc Research Organization Inc.)와 日本輕金屬(株)가 1968년에 공동개발 했다. 그 원리는 그림 8에 나타낸 바와 같이 산소와 같은 활성가스를 금형 cavity에 주입하여 공기와 치환 시키고, 주입된 용탕이 산소와 반응이 일어나고 순간적으로 발생된 진공상태의 cavity내로 용탕을 충전시켜 제조하는 방법이다. 이때 Al혹은 Mg등의 용탕과 O₂의 반응은 0.3초이내로 완료시켜야 하며, 형성된 Al₂O₃, MgO등의 산화피막은 주물 중에 고용되지만 극히 미립(1 μm이하), 미량으로 기계적성질에는 거의 영향이 없다고 보고되고 있다. PF법의 특징은 가스함유량이 3 cm³/Al·100 g 이하로 금형 주조제품과 동수준으로 용체화처리가 가능하여, Mg 0.3%를 첨가한 ADC12합금의 경우 T6, T7 처리로 강성과 신율 등의 기계적성질의 개선효과가 크다.

이 방법은 구소련에서도 개발되어 문헌으로 소개되고 있지만 양산화는 일본에서만 적용되고 있다.

2.5 국부가압 다이캐스트법

제품형상에 의해 porosity의 발생이 쉬운 후육부의 품질을 개선하기 위한 공법으로 1984년경부터 일본京都다이캐스트(株), TOYOTA, HONDA, 日本電裝, 日本輕金屬(株) 등에서 각기 개발되어 보고되고 있다.

일반다이캐스트법은 금형에 용탕을 압입시켜 단시간에 응고 완료되고, 얇은 gate부가 선행응고하기 때문에 plunger의 고압력이 cavity에 미치는 영향은 매우 적어진다.

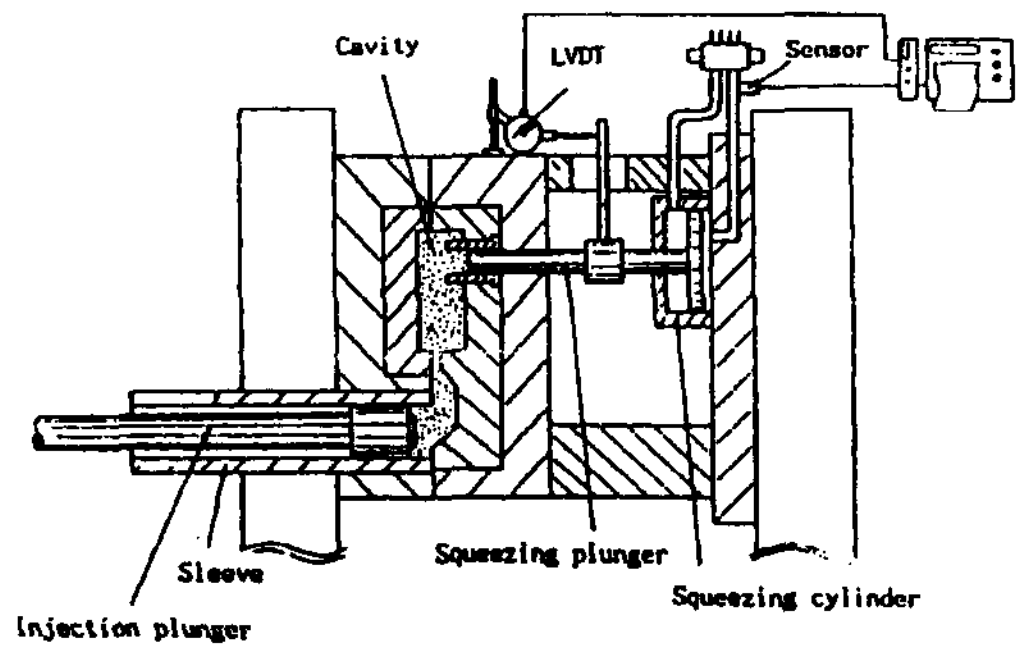


그림 9. 국부가압 다이캐스트 주조장치.

따라서 이론적으로도 제품 각부를 동일시간에 응고시키는 것은 불가능하며, 현재, 주조조건 등의 선택적 상황을 이용하여도 후육부는 1.5배정도의 응고시간이 소요되므로 후육부의 수축공 등의 주조결함 발생은 필연적이라 할 수 있다. 이같은 문제점의 개선책으로는 수축공 발생이 쉬운 boss부나 후육부 등의 후가공되는 부위에 용탕충진 직후의 timing에 맞게 유압 cylinder등에 의해 가압 plunger를 압입하여, 용탕을 가압하여 줌으로써 수축공 등의 주조결함을 제어하는 방법이다. 가압효과를 높일 때에는 가압압력, 시간, 속도 등이 중요하며, 적정조건 확립시 충분한 효과를 기대할 수 있지만, 제품에 혼입된 가스량의 근본적 제어는 어렵기 때문에 열처리하는 불가능하다.

이 방법의 주조장치도를 그림 9에 나타내었고, 사진 1에서는 이 방법을 적용하여 개선한 Aircon Compressor부품사례(동남정밀(주))를 보였다.

2.6 Hot Sleeve 다이캐스트법

1984년 TOYOTA 중앙연구소에서 다이캐스트 조직내에 기계적성질을 저하시키는 이상조직의 층을 발견하고 조사연구를 한 결과, cold chamber 다이캐스트법의 metal sleeve에 주탕된 용탕이 sleeve 표면에서 선행 응고하여 chill층의 응고편을 만들고 plunger 사출에 의해 cavity내로 파단 분산되어 혼입한 파단 chill층임을 발견했다.

따라서 sleeve내의 응고편을 감소시키는 방법으로 Hot Sleeve법이 고안되었으며, 이 방법은 sleeve 및 bush에 보온성이 높은 재료를 이용하든가, 아니면 가열에 의해 sleeve내 용탕의 응고발생을 방지하는 방법이 있다.

가열방식으로는 유도가열, 전열선가열 등의 방법

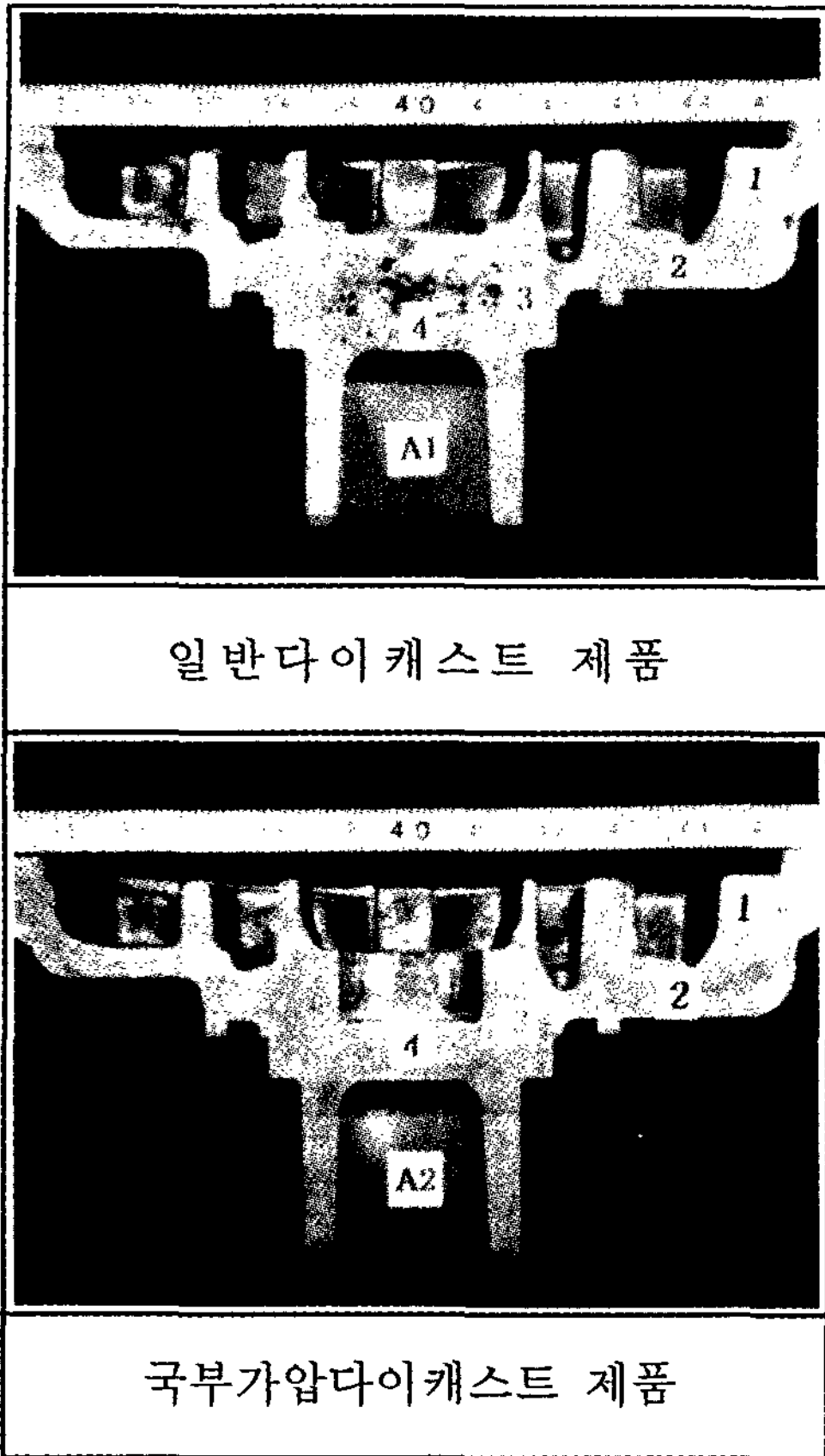


사진 1. 국부가압다이캐스트 적용품과 일반다이캐스트품의 비교(A/C Compressor 부품).

(그림 10)이 있으며, 또 보온성이 높은 재료로 sleeve를 제조하는 방법으로는 Si₃N₄ Ceramics, Boride cermet(Mo, W 및 Ni화합물) 등을 이용하여 sleeve 내벽을 150°C이상으로 유지시키는 방법도 있으나 이들

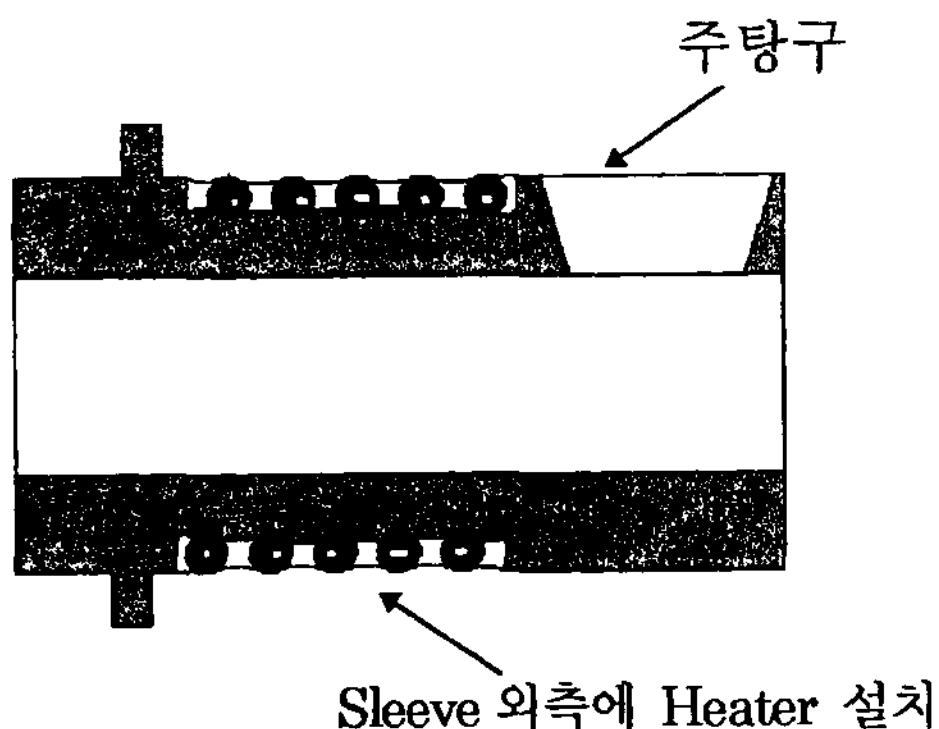


그림 10. Hot Sleeve법의 개략도.

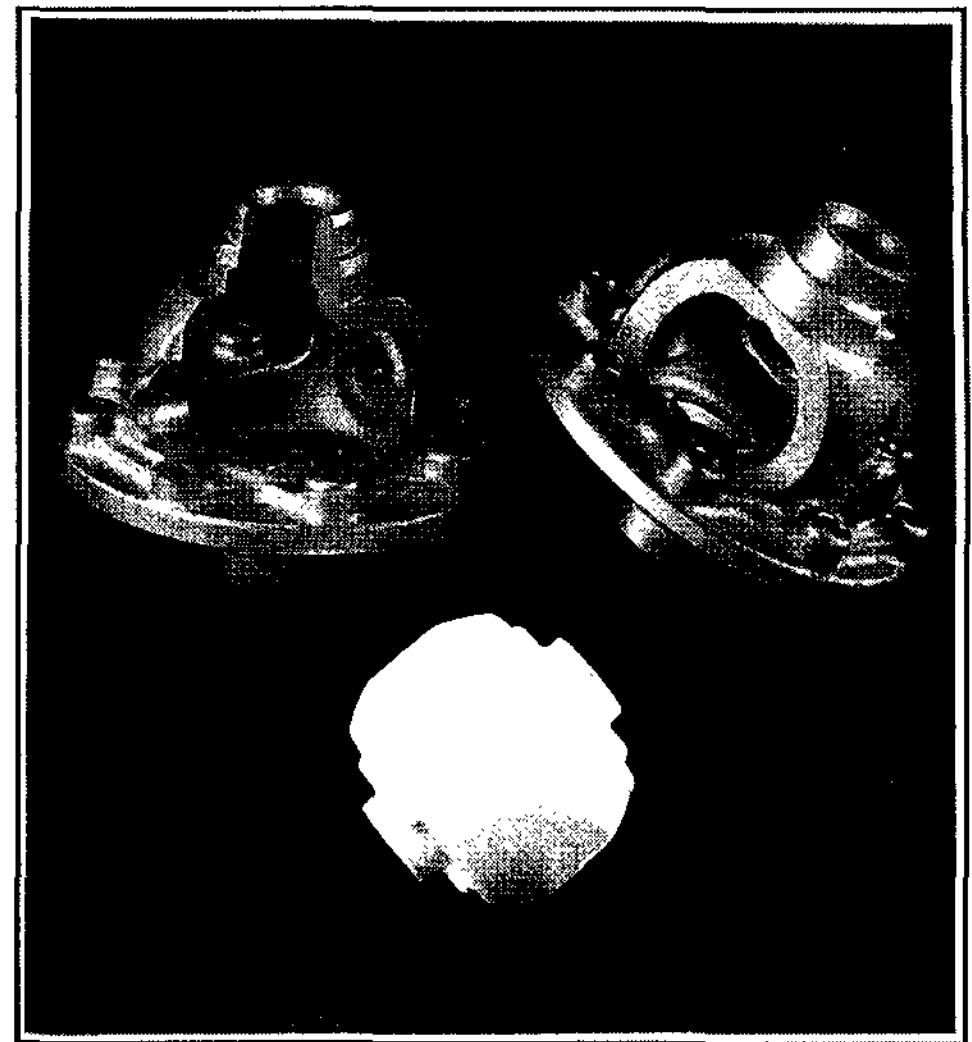


사진 2. 붕괴성중자를 이용한 다이캐스트제품(Diff. Carrier Case: 일본 Ryobi).

sleeve는 고가이며 대형 다이캐스트 machine에는 수명 문제도 있어 그다지 보급은 되지 않고 있다.

2.7 붕괴성중자 사용 다이캐스트법

under-cut이 있는 다이캐스트를 붕괴성중자, 즉 진동이나 열에너지 등으로 분해 가능한 점결제를 사용한 중자를 사용하여 제조하는 방법은 1971년 TOYOTA自動車(株)에 의해 식염에 α-Al₂O₃을 20% 첨가하여 950~1,000°C에서 용융하여 중자성형한 것이 특허로 되어 있으며, 1972년 TOSHIBA機械(株), 1986년에 (株)東京輕合金製作所에 의해 cold box법에 의해 성형한 중자의 특허기술 등 1990년에는 (株)RST 및 RYOBI(株)에 의해 shell중자와 금속중자를 이용한 기술이 특허로 개발되었다.

이들 붕괴성중자를 이용하는 다이캐스트법은 어느 정도 적용되고 있지만 그 실적은 그다지 많지 않은 편이다. 그러나 최근 일본의 根本金屬(株)에서는 plastic과 금형의 큰 열전달계수차(약 100배)에서 착안한 polycarbonate 수지 등을 이용한 plastic중자가 개발되어 시제품제조 및 개발을 확대해 나가고 있다.

사진 2에는 일본 Ryobi(社)에서 개발한 붕괴성중자를 이용한 자동차부품 Diff. Carrier Case의 적용 예를 나타내었다.

2.8 반응용 다이캐스트법

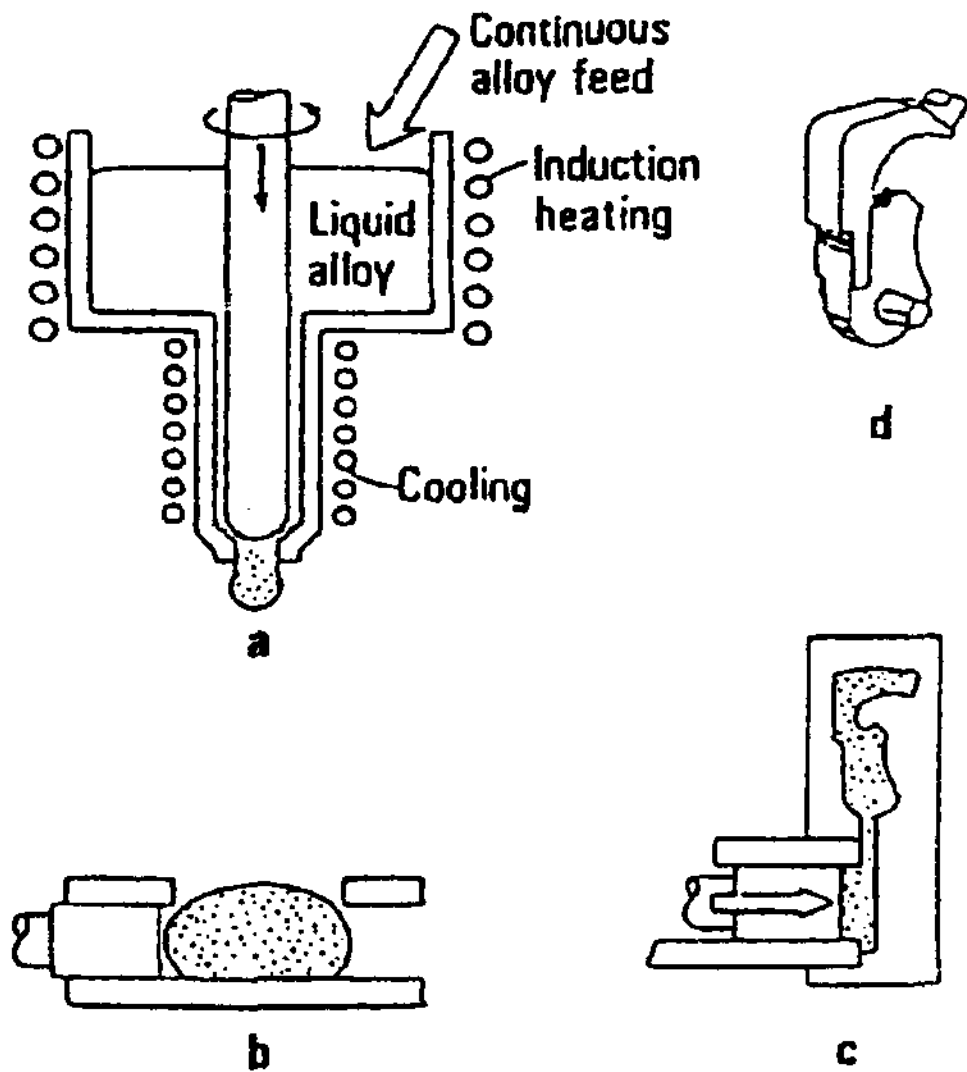


그림 11. Rheocast법의 원리도.

고융점의 금속을 다이캐스팅 하기 위해 개발되었지만, Al합금, Mg합금등을 중심으로 확대 연구, 개발되고 있다. 반응용 다이캐스트법은 용탕에 전단응력을 주며 냉각시켜 반응고상태에서 주조하는 Rheocast법(그림 11)과 교반 반응용상태의 것을 냉각시켜 billet로 만든 다음 반응고상태까지 재가열하여 주조하는 Thixocast법(그림 12)이 있다.

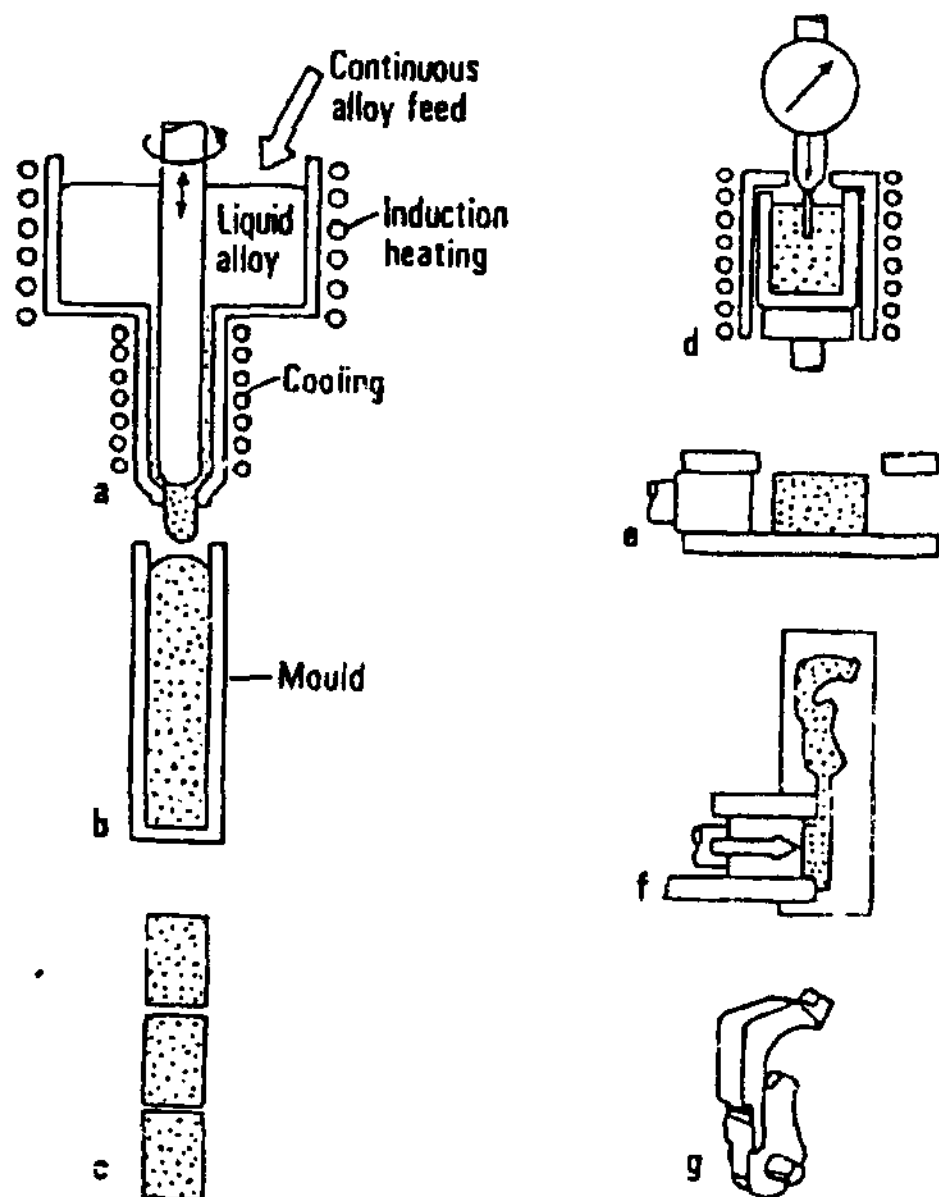


그림 12. Thixocast법의 원리도.

공히 반응용상태에서 주조하기 때문에 용탕의 와류가 없어 공기의 혼입이 없고, 또한 결정립의 균일화로 기계적강도가 우수해지며, 편석이 없어 양극산화, 화학처리등이 쉬운 특징이 있다. 단, 이 방법은 고액공존영역이 넓은 합금에 적합하므로 ADC1, ADC12 등의 공정에 가까운 합금은 부적합하며, Al-Cu-Si계 다이캐스트용 Al합금에서는 ADC10이 적합하다.

3. 저속충진 특수다이캐스트법

저속충진 다이캐스트법은 종래 다이캐스트법인 고속충진의 개념과는 달리 고속충진시 용탕의 와류로 인한 공기혼입의 문제해결을 위해 저속충류충진의 개념으로 개발된 새로운 공법으로 자동차부품등의 경량화 및 생산성향상등의 수요에 의해 박육경량제품이나 고강도제품을 제조하기 위해 개발되었다.

이 방법은 고속충진법에 비해 T6처리가 가능하며, 현저한 품질개질이 가능하나 이형제의 사용, sleeve내의 가스혼입등의 문제가 있어 많은 시험주조를 통하여 최적의 조건확립이 필요하며, 그렇지 않을 경우에는 상당량의 불량률 유발할 수 있고 고속충진법에 비해 생산성이 떨어지고 주조장비가 고가인 단점이 있다.

3.1 Accurad법

1966년 미국의 GM사가 개발한 일종의 저속충진다이캐스트법으로 충전 후 사출 plunger내에 내장된 inner plunger로 응고 완료 전에 biscuit부를 가압하여 고품질의 다이캐스트 제품을 얻는 2단계가압방식의 다이캐스트법이다.

즉, 그 원리를 살펴보면

(1) 탕구면적을 크게 하고, plunger속도를 저속으로 하여 탕구속도를 충류범위의 2 m/s 이하로 하여 cavity내로 충전한다. 따라서 cavity 및 sleeve내의 공기를 용탕에 의해 금형 밖으로 배출이 가능하다. 일반적으로 탕구면적은 일반다이캐스트의 10배, plunger속도는 1/10정도이다. 따라서 탕구속도는 일반다이캐스트법의 1/100정도가 보통이다.

(2) 충전된 용탕을 탕구에서 먼쪽에서 탕구방향으로 지향성응고를 유도하기 위해 금형온도를 열해석을 통하여 조절한다.

(3) 용탕의 충전 후 용탕의 응고에 의한 수축분을 공급하는 압탕효과로 응고완료 전에 2단계가압하여 성형

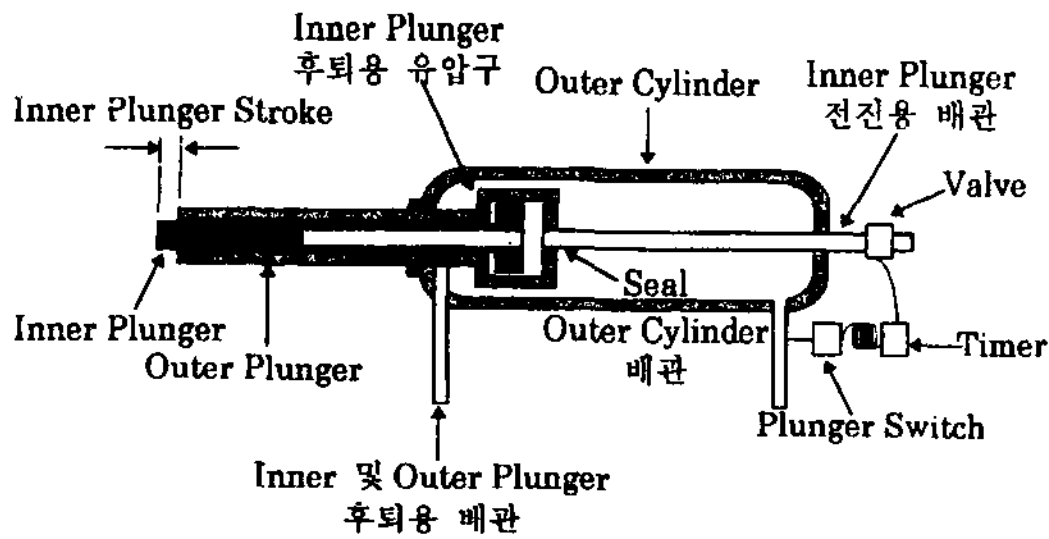


그림 13. Accurad법의 사출장치 구조도.

을 완료하는 것이 Accurad법의 특징이다. 이 방법은 내압, 내열성이 향상되고, 용접 및 열처리가 가능한 등의 특징이 있으나 박육제품(4 mm이하)의 생산이 어렵고 장비가 고가이며, 후처리공수가 필요한 단점이 있어 현재는 저속충진다이캐스트법의 기본적 원리에 응용되고 있는 실정이다. 그림 13은 Accurad법의 사출장치 구조도를 나타내었다.

3.2 충류충진 다이캐스트법

Reynolds수가 천이점 이하의 경우에 발생하는 충류(laminar flow)범위(보통 탕구속도가 2 m/s 이하의 경우)에서 저속충진하는 주조법으로 1967년 일본 東洋工業(株)가 개발한 다이캐스트법이다.

이 방법도 지향성응고를 보완하기 위해 후육부에 국부가압법 등의 porosity 방지책을 병용하여 현재도 사용되고 있다.

MAZDA(株)에서 이 방법을 rotary engine부품에 적용 test한 결과, blister발생율은 충전시간이 길고, 탕구속도가 늦을수록 감소함을 알수있었고, 적정영역은 충전시간 ≥ 0.3 초, 탕구속도 ≤ 3.0 m/s, sleeve온도 250~300°C라고 보고하고 있다.

그림 14에서는 일본 Ryobi(社)에서 개발되어 양산

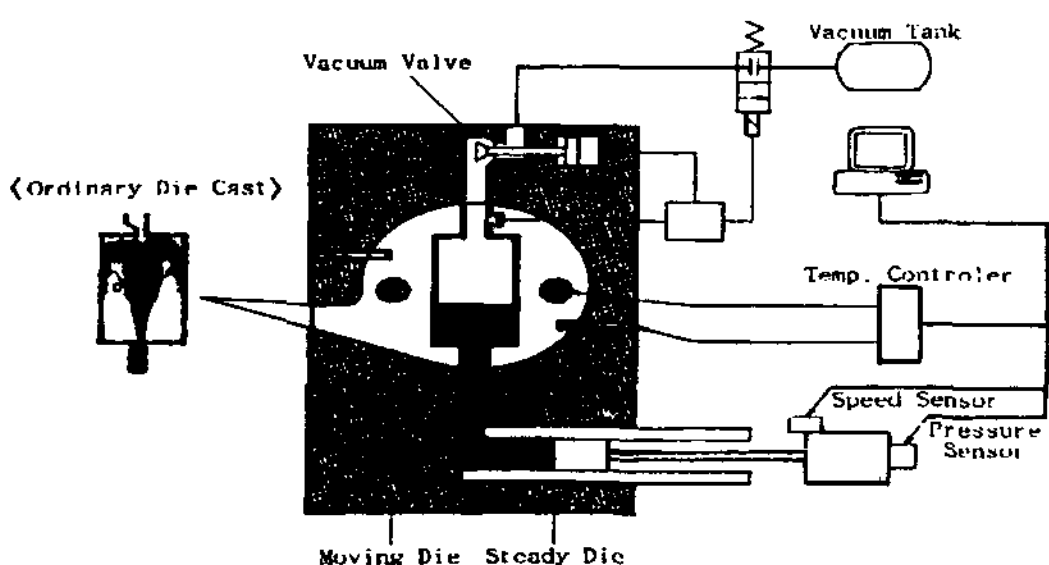


그림 14. 충류충진 다이캐스트법의 예(RNC법).



사진 3. 주조방법에 따른 미세조직 비교(T6).

하고 있는 RNC(Ryobi New Casting)법의 충류충진다이캐스트법을 나타내었으며, Ryobi(社)는 이 공법에 진공장치를 병용하여 종래에 두꺼운 제품에서 해결이 어려웠던 gas결함, 수축결함, 파단chill층 등의 결함을 제어하여 고품질로서 T6처리(사진 3)가 가능한 고강도부품을 생산하고 있다(사진 4).

3.3 경전식 스퀴즈다이캐스트법

저속충진 고가압의 충류다이캐스트법의 주탕방법으로 가압기구를 개량하여 고품질의 porosity가 없는 제품을 생산가능케한 방법이다.

1976년 일본 宇部興産(株)에 의해 개발되어 현재에 이르고 있다. 경전식 스퀴즈다이캐스트법은 metal sleeve를 포함한 사출부를 tilting하여 주조기의 외부로부터 와류의 발생이 없도록 용탕을 주탕(宇部특허)하고, 초저속충진 및 고가압으로 성형하는 지향성충진에 지향성응고를 핵심 mechanism 으로 한다.

기존의 일반다이캐스트법과 근본적으로 다른점은

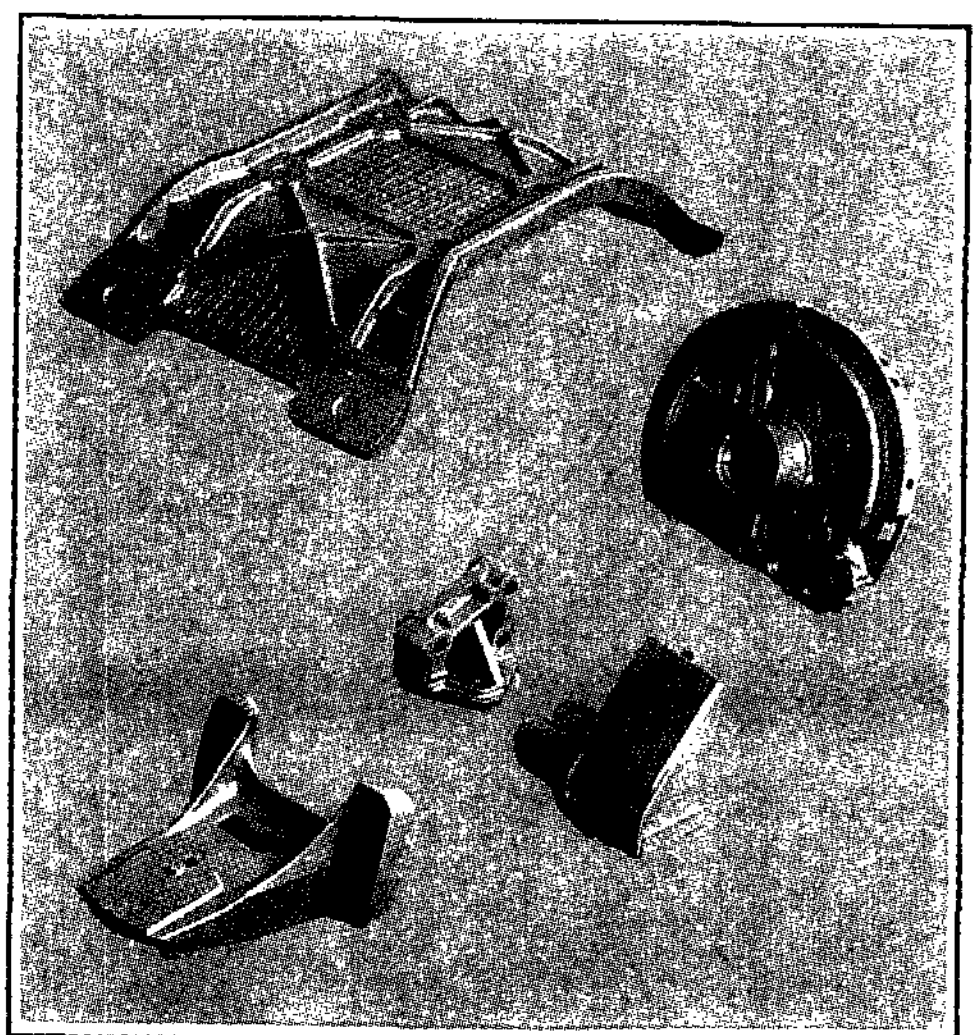


사진 4. 충류충진 다이캐스트제품의 예(Bracket 및 Oil Pump Body 부품).

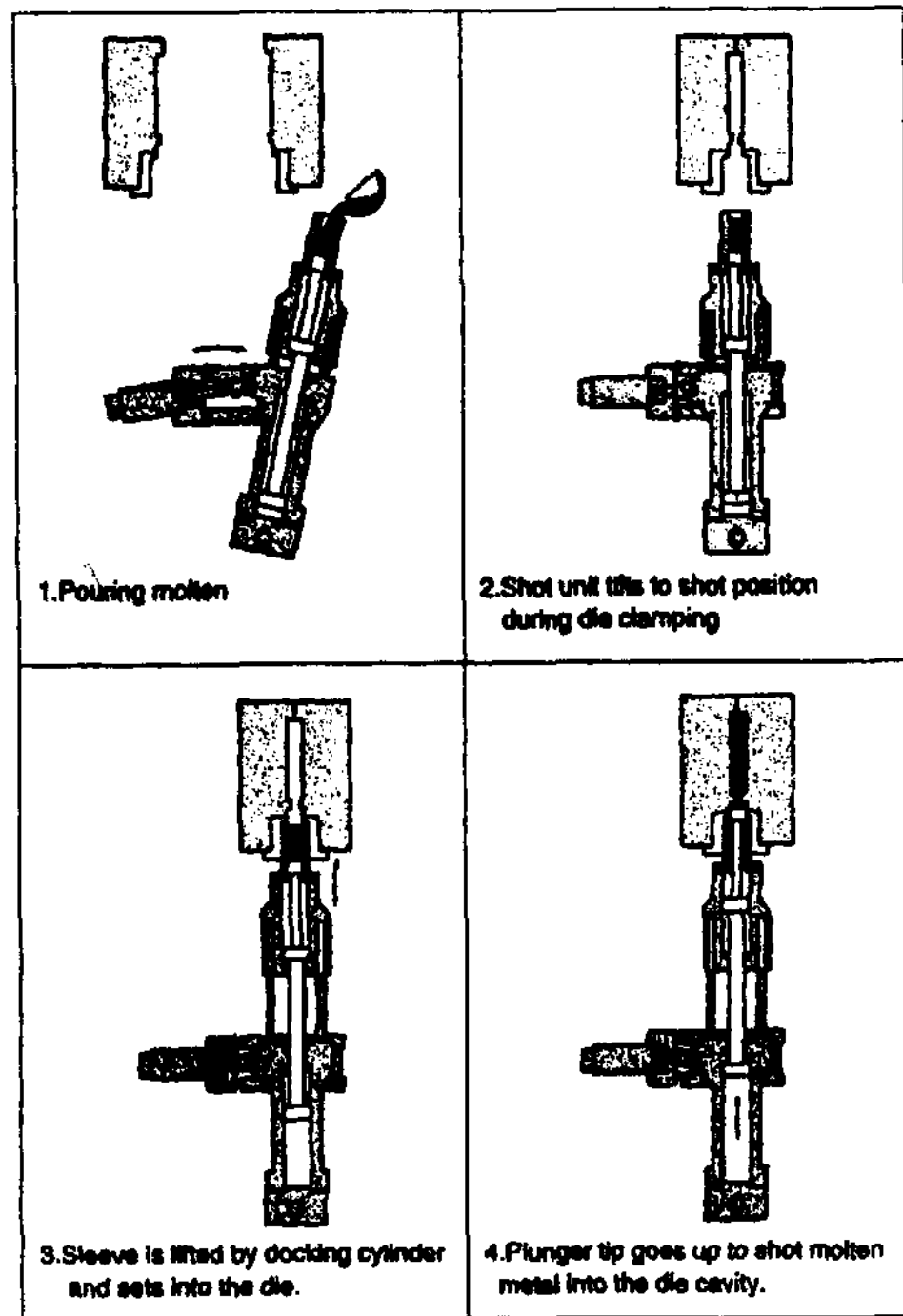


그림 15. 스퀴즈다이캐스트법의 작동도(HVSC법).

초저속충진(0.2 m/s)으로 가스의 흡입을 없애고, vertical type의 sleeve주탕방식을 채용하여 용탕의 보온성을 유지시켜 줌으로써 응고편의 발생, 흡입을 제어할 수 있는 장점이 있다. 또한 gate면적이 일반다이캐스

트법에 비해 약 30~50배 정도로 제품부가 응고완료될 때까지 가압되어 수축에 대한 용탕보충이 행해져 주조결함의 대폭 개선이 가능하다.

그러나 장비가 고가이고, 생산성이 떨어지며 후처리공수가 과다하게 요구되는 단점이 있다.

대표적인 방식은 형체기구에 따라 VSC(Vertical Clamping, Vertical Injection, Squeeze Cast)법과 HVSC(Horizontal Clamping, Vertical Injection, Squeeze Cast)법으로 나눌 수 있으며, 그림 15에는 HVSC type의 작동도를 나타내었고, 표 3에서는 타주조법과의 특성비교치를 나타내었다.

3.4 Counter형 가압주조법

두께가 두꺼운 소형부품에 유리한 공법으로 1983년 TOYOTA自動車(株)에서 개발하여 rocker arm, piston 등을 주조하고 있다.

급탕 및 가압은 그림 16에 보인 바와 같이 metal sleeve내에 counter tip을 두고 그 위로 급탕하여 가압과 동시에 counter tip을 하강시켜 metal sleeve내의 공기를 제거한 뒤 주조하도록 되어있다.

이 방식의 특징은 저속충진과 안정된 용탕공급에 의해 공기제어 및 불순물, 산화물등을 biscuit부에 포집시킬 수 있어 고품질을 얻을 수 있고, 주탕에서 가압 완료까지 3초 내외로 짧아 용탕온도 관리가 용이하여 소형부품의 양산법으로 주목된다. 그러나 상부주

표 3. 스퀴즈법과 타주조법과의 특성 비교

비교항목	스퀴즈법	다이캐스트법	저압주조법	열간단조법	비고
재질	AC4C	ADC12	AC4C	A6061	
인장강도 N/mm ² (kgf/mm ²)	289(29.5)	310(31.5)	275(28)	314(32)	
신율(%)	12.5	3.5	2.4	19.6	
경도 Hv 5 kg	105	86(HB ¹⁰ /560)	103	105	
Chappy 충격치 J/cm ² (kg·m/cm ²)	18(1.8)	8.1(0.83)	3(0.3)	4(0.4)	
피로강도 N/mm ² (kgf/mm ²)	122(12.4)	140(14.5)	83(8.5)	-	
Porosity	X선 검사에서 거의 없음	多	少	없음	
용접성	양호	Blister 때문에 불가	←	양호	
열처리에 의한 Blister	T4열처리 (525°C)에서도 거의 없음	470°C이상으로 하면 Blister 발생	←	없음	

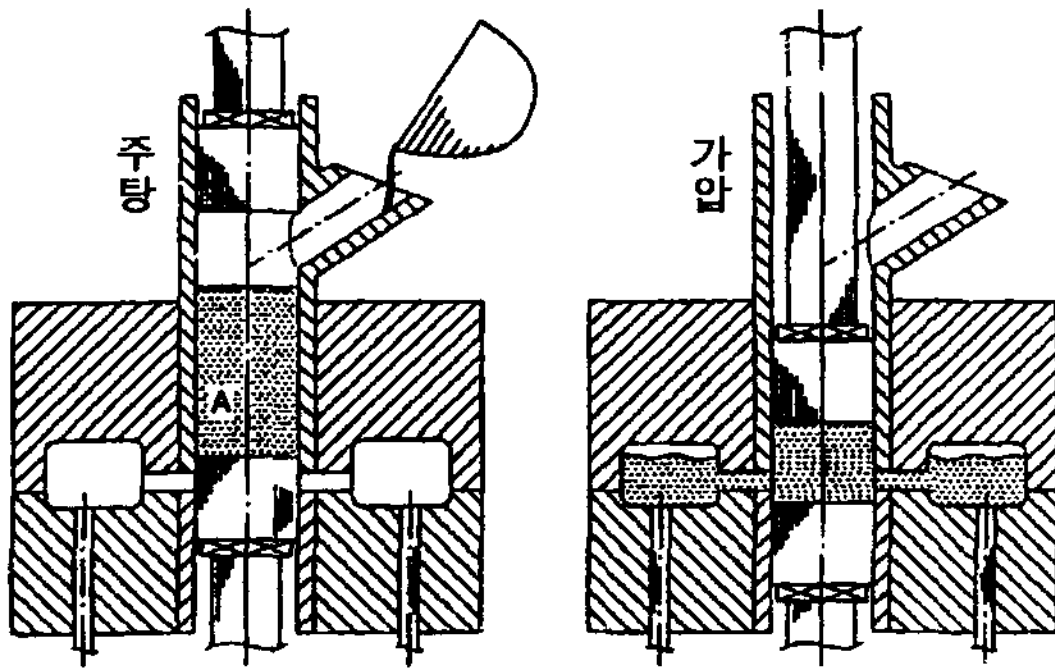


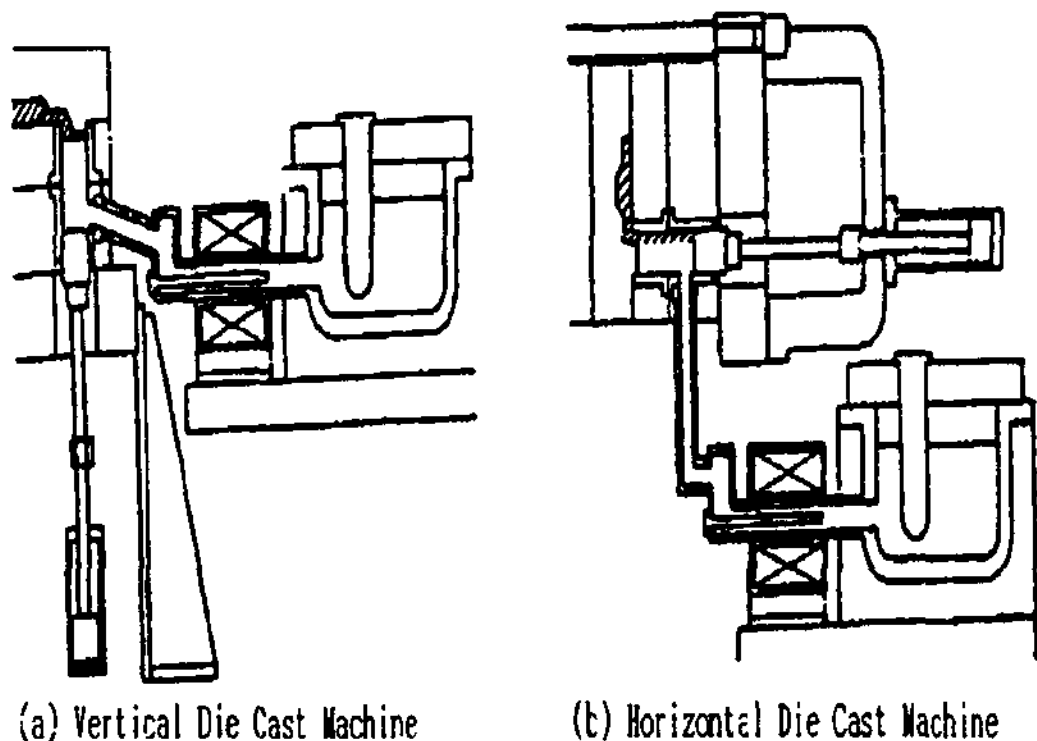
그림 16. Counter 가압방식에 의한 용탕의 가압충진법.

탕식으로 주조장치의 소형화가 어렵고 사출가압 plunger와 counter plunger의 상대운동이 매우 정밀하고 효과적으로 조절되어야 하며, counter plunger 부위에서 선행응고된 응고편의 cavity내 충전으로 품질저하를 초래할 수도 있는 단점이 있다.

TOYOTA에서 보고한 바에 의하면 주가압력이 최소 30 MPa 이상이면 주조결함이 크게 억제되고, 탕구 단면적/제품체적의 비가 $3.5 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-1}$ 이상이면 건전한 제품을 얻을 수 있다고 한다.

3.5 중압 다이캐스트법

1983년 Friedrich Klein과 Wolfgang Frech가 Gieserei지에 고압금형주조법이란 명칭으로 발표한 것이 최초이며, 그 후 1986년 Helmut H. Jürgens가 「고품질 Al합금 주물의 최근 진보」라는 논문에서 횡형 cold chamber machine을 경사지게 개조하여 cylinder head를 주조한 것이 발표되었으며, 이때 주조압력은 50 kgf/cm²의 작은 형체력으로 주조가 가능하였고, 후육부에 2,000 kgf/cm²의 국부가압으로 수축결함을 제어



(a) Vertical Die Cast Machine (b) Horizontal Die Cast Machine
그림 17. Leomacs법의 전자펌프식 급탕방법.

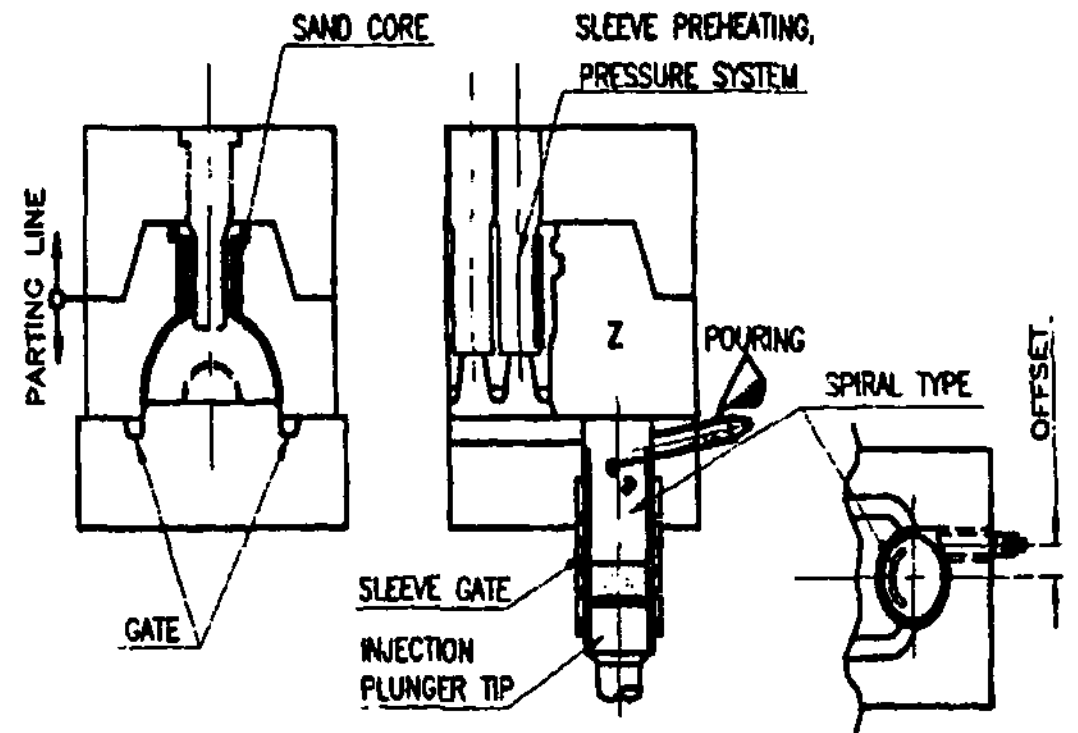


그림 18. NDC법의 급탕과 가압방식.

하였다고 한다.

이 기계의 주요 핵심은 경사지게 기울여 충전시 층류충진이 가능케한 것과 산화물이나 공기의 혼입을 제어한 것이 핵심이다.

일본에서는 1986년 TOSHIBA機械(株)에서 LEO-MAC(S) (Low Energy Oriented Magnetic pump Aided Casting System) 법이란 명칭으로 그림 17에서 보인 장치의 구조를 발표했다. 이 방식은 급탕에서 사출까지의 시간이 짧고, 용탕이 공기와 접촉이 없으므로 산화물, 응고편 등의 제어가 가능하고 낮은 압력으로 주조 가능하여 사중자의 사용이 가능한 특징을 지니나 급탕장치(전자 Pump)의 잦은 trouble 및 maintenance의 난점, 고가의 장비비용 등의 문제로 폭 넓은 적용은 되지 않았다.

또한 1987년 HONDA에서는 NDC(New honda Die Casting process) 법이란 명칭의 그림 18에 나타난 공법을 발표하였다. 이 방법은 용탕을 안정되게 주조하는 수직형 사출구조와 주탕 개시부터 주입 완료까지 시간을 단축시키며 와류를 억제시키는 spiral주탕방법이 특징이다.

HONDA는 이 공법을 cylinder block에 적용하여 주조압력 180~250 kg/cm²의 중압으로 층류충진에 의해 사중자를 적용한 고품질의 제품을 개발하여 인장강도, 내력은 일반다이캐스트법과 동등하고, 신율 및 충격치는 10~30% 향상, 피로강도 20% 상승(T6재의 경우 60% 상승)한 결과를 얻었다고 한다.

4. 결 언

고압주조법에서 주조품의 외관과 내부품질을 좌우

하는 2가지 요소로서 i) 용탕의 금형 cavity로의 주입 속도, ii) 용탕에 가해지는 압력을 들수 있다.

즉, 용탕의 주입속도의 영향을 살펴보면, 그 속도가 빠른 고속충진법에서는 용탕의 유입경로나 cavity내의 공기가 용탕중에 혼입되어 제품내부에 주조결함을 야기시키므로 그 결함방지를 위해 진공이나 국부가압 등의 기술을 가미한 특수다이캐스팅법들이 개발되고 있으며, 또한 유입속도가 낮은 중력주조나 저압주조는 용탕의 와류가 적어 공기혼입이 감소하여 열처리하는 가능하지만 탕류결함이 많이 발생하는 단점이 있어 저속층류(laminar flow)의 특수다이캐스팅법들이 개발되어 제품의 고품질화 및 고신뢰성에 기여하고 있다.

그러나 이들 개발된 특수다이캐스팅법들도 근본적으로는 고생산성과 고품질화를 동시에 만족시키기에는 다소 어려운 문제점들이 여전히 남아 있는 실정이다.

따라서, 선진국을 중심으로 지속적인 연구, 개발활동이 활발히 이루어지고 있으며, 우리나라에서도 최

근 KIST, 생산기술연구원, 대학 등을 중심으로 이러한 특수다이캐스팅기술(신고압주조기술)의 개발열기가 고조되고 있어 꺾이나 다행스럽게 생각하며, 이상적인 신고압주조법의 개발 조건으로 다음의 네가지를 제안하고 싶다.

1) 주조품 내부에 porosity가 없는 고품질의 주조품을 제조할 수 있어야 한다.

2) 다양한 공업적 특성을 지닌 재질(Al-고 Si, Mg, 복합재료 등), 품목들도 제조가 가능하여야 한다.

3) 일반다이캐스팅과 동등 또는 그 이상의 높은 생산성이 유지되어야 한다.

4) 재료비, 인건비, 제조경비 등 제조원가가 저렴하여 경제성이 확보되어야 한다.

끝으로, 이들 네가지 조건을 만족하는 이상적인 주조기술의 개발이 우리나라 산학연 주조인의 협력한 노력의 결실로 개발되어 우리나라 산업 전반에 걸쳐 세계경쟁력을 제고시키는 원동력이 되기를 기대한다.