

技術資料

다이캐스팅기술의 발전

임용택*, 이진형**

Review of Die Casting Technology

Y. T. Im *, Z. H. Lee **

1. 서언

주조공정은 복잡한 형상을 가진 제품을 복잡한 과정을 거치지 않고 한번에 만들 수 있는 장점을 가진 재료 가공기술 중 하나이다. 특히 다이 캐스팅은 대량 생산을 할 수 있는 장점이 있어 알루미늄, 마그네슘, 아연, 구리 합금 등을 성형하는데 많이 이용되고 있는데 그 공정은 다음과 같은 순서로 통상이루어지고 있다. 1. 금형의 준비 2. 금형의 설치 3. Shot sleeve를 통한 금형 내의 용탕 공급 4. 압력 하의 용탕 응고 5. 부품의 방출 6. 앞선 과정 중 3부터 5까지의 반복.

1849년에 Sturgiss에 의해 다이 캐스팅 기계가 특허를 얻은 이래로 최초의 상용부품이 알루미늄 합금으로 1914년에 만들어졌고 거위목을 가진 형태(gooseneck style)의 고온 챔버(hot chamber) 다이캐스팅 기계가 알루미늄과 아연 합금 가공에 비슷한 시기에 이용되기 시작하였으며 1935년에는 마그네슘 합금 금형 주조를 위한 저온 챔버(cold chamber)다이캐스팅 기계가 최초로 개발되었다. 1959년에는 미국에 제너럴 모터스사에서 Acurad라고 불리는 공정이 개발되어 종래의 기공(porosity)에 의한 기술적인 문제를 해결 하는데 도움을 주었으며 1976년에는 일본의 UBE사와 토요타 자동차 회사에서 스퀴즈 캐스팅(squeeze casting)을 부품 생산에 이용하였다. 1981년에는 미국의 하빌사(Harvill Machine, Enc.)가 수평 고온 챔버(horizontal hot chamber)를 이용하여 공정을 효율화하고 금속 기지(Metal matrix)복합 재료를 가공하는데 스퀴즈

캐스팅과 병행하여 많은 응용이 최근에는 이루어지고 있다¹⁾.

본 논문에서는 최근에 응용되고 있는 다이캐스팅 과정을 생산동향, 주조합금, 금형재료, 다이 캐스팅 기계 및 가공 공정의 장, 단점 등을 통해 살펴보고자 한다.

2. 세계의 다이 캐스팅 산업의 비교

세계의 주요 다이캐스팅 산업의 지역군은 다음과 같은 5개 그룹으로 나뉘어 질 수 있다 : 서유럽, 동유럽, 태평양 연안국, 남미 및 북미. 표 1에 는 Chem-Trend 사가 조사한 북미를 제외한 지역의 가능한 생산량 및 추정된 생산량 증가분이 주어져 있다²⁾. 이 조사에 의하면 태평양 연안국들의 역할이 서유럽과 맞먹을 정도로 중요해 지고 있는 것을 알 수 있고 그 역할의 중요성 또한 더욱 늘어날 것이 예상되고 있다. 북미 지역의 다이 캐스팅 산업은 항공, 국방, 컴퓨터 및 전자산업 부분의 부품 생산에 주력하고 있으며 생산량으로 볼 때 아직도 선두주자의 역할을 담당하고 있다. 이는 최근에 미국에서 생산되고 있는 일부 다이 캐스팅 부품의 생산량을(tonnage, 표 2참조 ³⁾) 표1에 주어진 값들과 비교해 보면 알 수 있다. 그러나 표3에 주어진 바와 같이 미국의 다이 캐스팅 산업의 기계 장치들의 연령은 중국지역을 제외한 타 지역의 것보다 많은 것으로 나타나고 있다. 따라서 오래된 기계를 사용하는 미국의 다이 캐스팅 산업계에서는 외국과의 국제 경쟁력을 높이기 위해 공정을 개선하고 기술적인 우위를 지배하도록 많은 노력을 가하고 있다.

* 한국과학기술원 생산공학과, **한국과학기술원 재료공학과

표 1. 국제 다이 캐스팅 공업의 현황

지역 및 국가	기계 대수	평균기계수명	생산량(MT)	성장을 예측
WESTERN EUROPE				
W. Germany	3,000	12	224,000	3%
Italy	3,000	12	110,000	2%
France	1,600	10	74,000	4%
Spain	1,100	10	60,000	0%
Uk	1,000	15	70,500	-
Others	1,700	-	762,500	-
TOTAL	11,400	-		
EASTERN EUROPE				
Total	3,000	15	200,000	3%
PACIFIC BASIN				
Japan	4,000	9	500,000	2%
China	2,000	30	100,000	7%
Taiwan	400	7	30,000	8%
Korea	300	8	20,000	10%
Hong Kong	40	10	20,000	5%
Australia	150	12	12,000	5%
Singapore	100	6	7,000	2%
Others	500	12	25,000	7%
Total	7,850		714,000	
LATIN AMERICA				
Brazil	600	15	45,000	7%
Mexico	300	12	20,000	5%
Others	300	15	15,000	2%
Total	1,200		80,000	

표 2. 미국에서의 다이 캐스팅 생산량

Die casting shipments(1000s of tons)				
Metal	1983	1984	1985	1986 ¹⁾
Aluminum				
외주	322	396	389	380
자가	259	281	271	265
Zinc				
외주	188	178	169	158
자가	109	100	91	85
Magnesium				
외주	4.5	5.3	6.4	6.75
자가	0.8	0.94	1.14	1.10

Source : American Die Casting Institute, ¹⁾ 예측

표 4에는 비철 주물의 공급단가가 주어져 있다. 이 표에 주어진 바와 같이 대부분의 다이 캐스팅 부품은 자동차업계에 이용되고 있고 그의 응용은 계속 증가할 것으로 예측되어진다³⁾.

또한 표 5와 6에는 각종 합금의 가능한 주조 방법과 그에 따른 여러 인자들이 비교되어 있다. 이 표를 보면 다이 캐스팅은 다른 주조방법과 비교해 볼 때 표면 거칠기, 규격의 정확성, 얇은 두께를 가진 부품의 주조 가능성, 생산율 증가 및 1개당 저렴한 생산단가에 있어 우월성을 보여주고 있다. 하지만 다이 캐스팅은 공구장치비, 부품의 크기 및 공장의 크기 등 전반적인 융통성은 다른 주조 방법에 비해 떨어지는 편이다⁴⁾.

표 3. 미국 다이 캐스팅 산업의 현황

Hot Chamber Machines (체결력ton)	보유대수	10~20년된 기계수	20년이상된 기계수	87년에 대체 예정수	87년에 보수예정수
Under 100	89	44	24	-	11
101-250	55	22	22	-	15
251-400	46	25	19	-	6
401-550	17	12	4	2	-
551-700	4	4	-	-	-
Cold Chamber Machines					
Under 100	4	2	-	-	-
101-250	16	2	10	-	-
251-400	48	27	21	-	6
401-550	86	40	31	-	4
551-700	147	104	25	-	11
701-850	42	20	2	-	6
851-1000	19	11	4	-	2
1001-2000	22	9	8	-	-
Over 2000	2	-	-	-	-

표 4. 비철주물의 가격

비철주물의 구입가격 ¹⁾ (millions of \$ delivered cost) ²⁾			
최종소비자 시장	1977	1982	1987
Communication equipment			
Telephone/telegraph (aluminum & alloy)	9.2	6.6	10.6
Radio/TV communication equipment (aluminum & alloy)	51.4	74.8	116.9
Electronic computing equipment (aluminum & alloy)	39.5	104.4	220.3
(other nonferrous)	-	8.6	18.1
Household appliances			
Cooking equipment(aluminum & alloy)	6.6	41.7	60.8
Laundry equipment(aluminum & alloy) (zinc & alloy)	17.6	17.7	22.7
(zinc & alloy)	7.4	4.8	6.2
Electric housewares(aluminum & alloy) (zinc & alloy)	29.0	14.2	14.7
(zinc & alloy)	5.6	24.4	25.3
Lawn & garden equipment			
(aluminum & alloy)	20.1	33.5	42.5
(other nonferrous)	-	5.6	7.1
Motor vehicle parts & accessories			
(aluminum & alloy)	536.1	691.3	1119.9
(zinc & alloy)	-	22.7	36.7
Power driven hand tools			
(aluminum & alloy)	36.5	39.9	53.1
(other nonferrous)	-	9.5	12.6

¹ Rough & Semifinished
² 각 해당년도의 달러가격
Sources : U. S. Department of Commerce & Penton Marketing Information estimates

표 5. 각종 주조공정에서 주조가능한 금속

공정	Ductile Iron	Steel	Stainless Steel	Aluminum Magnesium	Bronze Brass	Gray Iron	Malleable Iron	Zinc Lead
Die casting				•	•			•
Continuous	•				•	•		•
Investment	•	•	•	•	•			
Ceramic cope & drag	•	•	•	•	•	•		•
Permanent mold				•	•	•		•
Plaster mold				•	•			•
Centrifugal	•	•	•		•	•		•
Resin shell	•	•	•	•	•	•	•	
Sand	•	•	•	•	•	•	•	•

표6. 각 주조공정의 제품 성질, 생산성, 경제성의 채점표*

주조방법	Sand Casting	Plaster - Mold Casting	Centrifugal Casting	Permanent - Mold Casting	Die Casting	Solid Ceramic Casting
Mold material	Sand	Plaster ^a	Sand ^a	Metal ^a	Metal	Ceramic
Porosity	6	4	2	1	3	4-5(3-4) ^b
Surface	6	1	5	3	4	2(1-2) ^c
Tolerances	6	2	5	3	4	1
Strength of solid metal ^d	6	5 ^e	3	2	4	1
Thick section	6	1	5	3	4	2
Speed of production for small runs ^f	1	4	2	3	3	5 ^g
Speed of production for large runs ^f	6	5	4	2	3	1
Possibility to save machining	5	1	4	2	3	1
Cost per piece ^h	5	6	4	2	3	1
Tool cost	1	3	2	4	4	5

* 숫자가 낮은 것이 더 바람직한 것임 : 1최선 2차선.....

^a Copper and aluminum-based alloys.

^b Cold-chamber machines.

^c 특별히 피니싱한 금형에서

^d 포로시티 발생과 관련

^e For some aluminum-based alloys lower than in sand.

^f 가장경제적인 설비를 가정할 때의 상호비교

^g 다이캐스팅은 대량생산에 적합하지만 최초주문등의 소량생산에 적용할 경우는 정밀도, 절삭가공의 절약, 미려한 표면등이 그 이유가 된다.

^h 모형과 금형비를 제외한 절삭 가공하기 전의 가격

3. 다이 캐스팅 합금 및 금형의 재료

다이캐스팅으로 주조되는 주된 합금들은 크게 알루미늄, 구리, 마그네슘, 그리고 아연계로 나뉘어진다. 이들 합금들의 물리적 또는 기계적 성질

및 주조 특성 그리고 생산단가들이 표 7에 비교되어 있다. 이 표에 주어진 바와 같이 구리계 합금들은 탁월한 기계적 성질들을 갖고 있으나 주조의 용이성은 불량한 것을 알 수 있다. 주조성 측면으로만 보면 아연계 합금들이 가장 우수하며 또한

표 7. 다이 캐스팅 합금의 성질, 구조특성, 가격의 비교

선택조건	Al합금	Copper Cu (Brass) 합금	Mg 합금	Zn 합금
기계적 성질				
Tensile Strength	3	1 (strongest)	3	2
Impact Strength	3	1 (toughest)	3	2
Elongation	4	1 (most ductile)	3	2
Dimensional Stability	2	1 (most stable)	3	3*
Resistance to Cold Flow	2	1 (most resistant)	2	3
Brinell Hardness	3	1 (hardest)	3	2
물리적 성질				
Electrical Conductivity	1 (highest)	2	3	2
Thermal Conductivity	1 (highest)	2	4	3
Melting Point	2	3	2	1 (lowest)
Weight. per cu. in	2	4	1 (lightest)	3
구조성질				
Ease, Speed of Casting	2	3	2	1 (easiest)
Maximum Feasible Size	2	3	2	1 (largest)
Complexity of Shape	2	3	2	1 (most complex)
Dimensional Accuracy	2	3	2	1 (most accurate)
Minimum Section Thickness	2	3	2	1 (thinnest)
Surface Smoothness	2	3	2	1 (smoothest)
비용				
Die Cost +	2	3	2	1 (lowest)
Production Cost	2	3	2	1 (lowest)
Machining Cost	2	3	1	1
Finishing Cost ++	3	2	4	1 (lowest)
Cost per Picc §	2	3	2	1 (lowest)
Extent of Use	2	4	3	1 (most used)

* 저온아닐링으로 Zn합금의 치수를 안정화시킬 수 있다.
 || 낮은 용점이 금형비용을 줄이고 구조성을 용이케함.
 + 저용점합금 구조용 금형이 값도싸고 수명도 길다.
 ++ polishing, buffing 비용포함, 모든 상용표면처리도 고려
 § 금형, 재료, 연료비, 생산속도, 가공, 후처리비용 고려

이들의 기계가공 특성도 우수한 것을 알 수 있다. 알루미늄과 마그네슘 합금들은 전반적으로 아주 우수하거나 불량하지 않고 보통 수준에 머무르고 있어 다이 캐스팅으로 성형하기에 가장 무난한 합금재료임을 알 수 있다.

최근에는 주로 알루미늄 또는 마그네슘 금속 기지를 이용한 복합재료(Metal Matrix Composite)들의 성형가공에도 다이 캐스팅이 이용되고 있다. 표 8에는 이에 쓰이는 보강 재료들과 그들의 성질 및 장점들이 주어져 있으며 MMC는 자동차 디젤 엔진의 피스톤과 커넥팅로드, 항공 엔진의 착륙기어, 스프라켓, 운동용품, 베어링 및 전자 장비들을 만드는데 쓰여지고 있다⁵⁾. 이와같은 MMC 들의 기계적 강도나 물리적 성질들은

사용자가 용이하게 조절할 수 있으며 기존의 금속 성형 방법을 이용할 수도 있다. 그러나 부품 질의 불균일성, 높은 생산단가, 기계가공의 어려움, 가공기술의 이해부족 및 낮은 연신율과 파괴인성 등이 단점으로 지적되고 있다. 다이 캐스팅 산업에서 쓰는 표준 규격이나 기호명 등은 주로 미국 알루미늄 협회(AA), 미국 다이 캐스팅 협회(ADCI), 미국 시험 및 재료협회(ASTM), 자동차협회(SAE), 공통숫자 시스템(UNS)의 규정에 준한다⁶⁾.

다이 캐스팅에 사용되는 금형은 주조 제품의 질을 지배하는 중요한 것으로 주로 H-13공구강이 많이 쓰이며 이들 중에는 \$100,000이 넘는 금형들도 있다. 합리적이고 경제적인 금형을 제작하기

표8. 다이캐스팅에 의한 금속기지 복합재료의 보강재와 성질

주 화합물	가용형태 F P W*	재료성질과 장단점
Silicon Carbide	X X X	내마모성, 내부식성, 내열 충격성 및 내화성이 좋고 마찰계수가 낮다.
Alumina	X X X	강도, 경도, 내마모성, 내산화성이 좋고 열충격에 약하다.
Boron Carbide	X X	경도와 내마모성이 좋으나 800°C이상에서 산화가 일어난다.
Silica	X	내산화성, 굽힘강도, 내화성이 좋고 열용량이 크다.
Boron Nitride	X	내화성과 큐빅형으로 경도가 좋으나 산화에 저항력이 없다.
Graphite	X	용융점이 높으나 내산화성이 낮다.

* F:연속필라멘트, P:분말, W:위스커

위해서는 다음과 같은 것들이 고려되어야 한다. 금형의 재질은 질기고 크랙, 마모에 대한 저항력

이 커야되며, 기계가공과 연마성, 그리고 열전도성이 우수해야한다. 금형재료의 내부조직은 가능하면 결함이 없고 균일한 것들이 좋고 다이 캐스팅 합금들에 적합한 재료가 좋다. 또한 산화가 잘 일어나지 않는 저렴한 재료일수록 경제적이다. 금형으로 쓰이는 금속재료들은 대부분 다음과 같은 네가지로 나뉘어진다 : 1. 크롬강 2. 텅스텐강 3. 저탄소강 4. 몰리브데늄강. 이들의 화학성분들과 주요한 특성들은 표 9에 주어져 있다. 최근에는 과도한 열하중이 걸리는 경우에는 탁월한 경도와 내마모성을 가진 세라믹 재료들의 응용이 시도되고 있다.

4. 다이 캐스팅 기계

다이 캐스팅 기계들은 고온 챔버와 저온 챔버 기계로 양분되고 있는데, 전자는 주로 주석, 아연, 또는 납 등 용융점이 낮은 합금에 이용되며, 후자는 구리, 마그네슘, 또는 알루미늄 합금 등 비철금속 중 비교적 용융점이 높은 합금 주조에 이용되고 있다⁷⁾. 그림 1에 고온 챔버 다이 캐스팅 기계

표 9. 다이 캐스팅 금형소재의 조성과 특성

(Cr합금강 소재)

Type	화 학 조 성 (%)										특성 / 적용합금
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	W	P	기타	Fe	
H-10	.29	.43	.33	3.1	2.8	.56	--	.02	--	92.47	Good resistance to softening, heat checking /Al, Cu
H-11	.4	.3	1.	5.	1.	.5	--	--	--	91.8	Good heat checking & Cracking resistance /Al, Mg
H-12	.35	.4	1.	5.	1.5	.3	1.25	--	--	90.2	Good thermal shock resistance /Al, Mg
H-13	.4	.4	1.	5.	1.	1.	--	--	--	91.2	Good wear resistance, toughness, excellent hot hardness /Al, Mg
H-14	.4	.4	1.	5.	.3	--	5.24	--	--	87.65	Good high temperature property, heat resistance /Cu
H-19	.4	.4	.4	4.25	.4	2.2	2.25	--	4.2	83.5	Good hot, shock, abrasion resistance /Cu
Cromo-N	.24	.99	.93	11.8	1.1	.54	1.1	--	Ni 1.2	82.1	Good thermal fatigue resistance, toughness /Al,Cu
QRO 80M	.4	.76	.24	2.7	2.0	1.25	--	.02	--	92.63	Good thermal fatigue resistance /Al,Cu
Orvar M Supreme	.4	.47	1.12	5.3	1.3	.96	--	--	--	90.45	Good thermal shock resistance, toughness /Al,Cu

표 9. 계속

Tungsten based Die Materials

Type	화 학 조 성 (%)										특성 / 적용합금
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	W	P	기타	Fe	
H-21	0.3	0.3	0.4	3.25	--	0.5	9.0	--	--	86.25	Good wear resistance & toughness at high temperature /Cu
H-22	0.35	--	--	2.0	--	--	11	--	--	86.65	High compressive strength & wear resistance /Cu
H-26	0.5	0.3	0.3	4.	--	1.0	18	--	--	75.9	High red hardness & wear resistance /Cu
WN 103	--	--	--	--	--	--	90	--	Ni 7 Cu 3		High resistance to heat checking, good wear resistance /Cu,Al
Anviloy 1150	--	--	--	--	4.	--	90	--	Ni 4	2	High resistance to heat checking, good wear resistance /Cu,Al

Low Carbon Mold Steel Die Materials

Type	화 학 조 성 (%)										특성 / 적용합금
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	W	P	기타	Fe	
P-20	.3	.75	.5	.8	.3	--	--	--	--	97.35	Holding Blocks, Zn castings
P-21	.2	--	--	--	--	--	--	--	Ni 1.2 Co 4	94.6	High strength, holding block, Zn castings
SAE 1020	.2	.4	--	--	--	--	--	--	--	99.4	Pb, Tin castings
Maraging	.3	.1	.1	--	4.95	--	--	--	Ti .72 Co 9 Al .1	84.73	Zn, Al castings

Molybdenum based Die Materials.

Type	화 학 조 성 (%)										특성 / 적용합금
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	W	P	기타	Fe	
TZM	--	--	--	--	99.4	--	--	--	Ti .5 Zr .1		Good thermal fatigue / Al, Cu
Mo-Ti	0.2	--	--	--	99.48	--	--	--	Ti .5		Good thermal fatigue / Al, Cu

의 기본 구조가 주어져 있으며, 그림 1에서 보는 것과 같이 플런저의 모양이 거위 목과 비슷 해서 거위목 다이 캐스팅 기계로 불리기도 한다. 고온 챔버 다이 캐스팅 기계와는 달리 저온 챔버 다이 캐스팅 기계(그림 2참조)는 용탕을 외부로부터 매번 주입시켜 주는 것이 다르나 기본적인 공정은 비슷하다. 이 두 기계들의 차이점은 고온 챔버의 경우 용탕을 금형에 주입하는 방법이 Shot

Sleeve 내에있는 공기의 유입을 저온 챔버에 비해 줄여주는 데 있다. 그러나 Shot Sleeve 주위에 용탕이 계속 접촉하고 있으므로 거위목과 보온로 주변의 금속이 약해지므로 이들 부분의 수명을 단축시키는 단점이 있다. 또한 이 공정은 낮은 용융점을 갖는 합금들과 작은 크기의 부품 구조에 주로 이용되기 때문에 응고시간이 적게들어 생산성이 커져 단위시간당 1200개 정도를 만들 수도 있

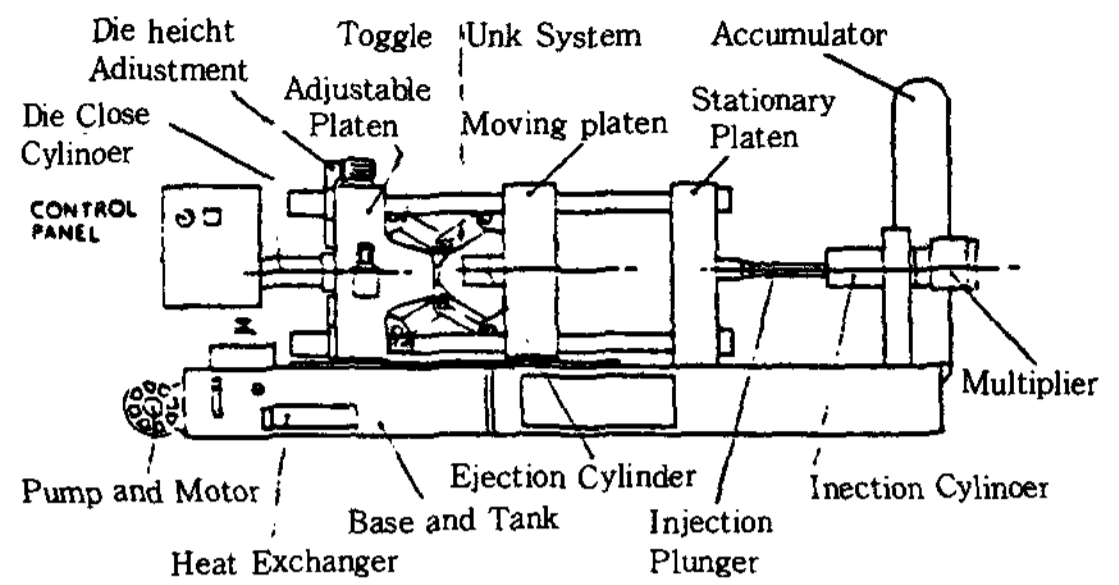
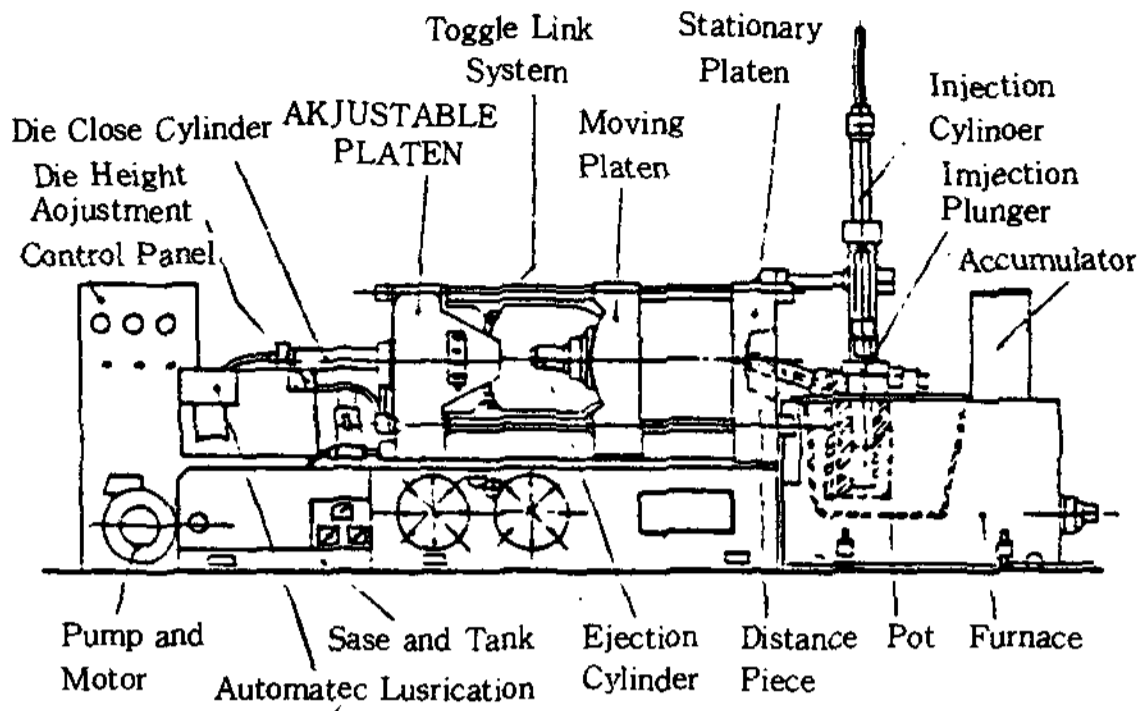


그림 2. 저온 챔버를 이용한 다이 캐스팅 기계의 개략도

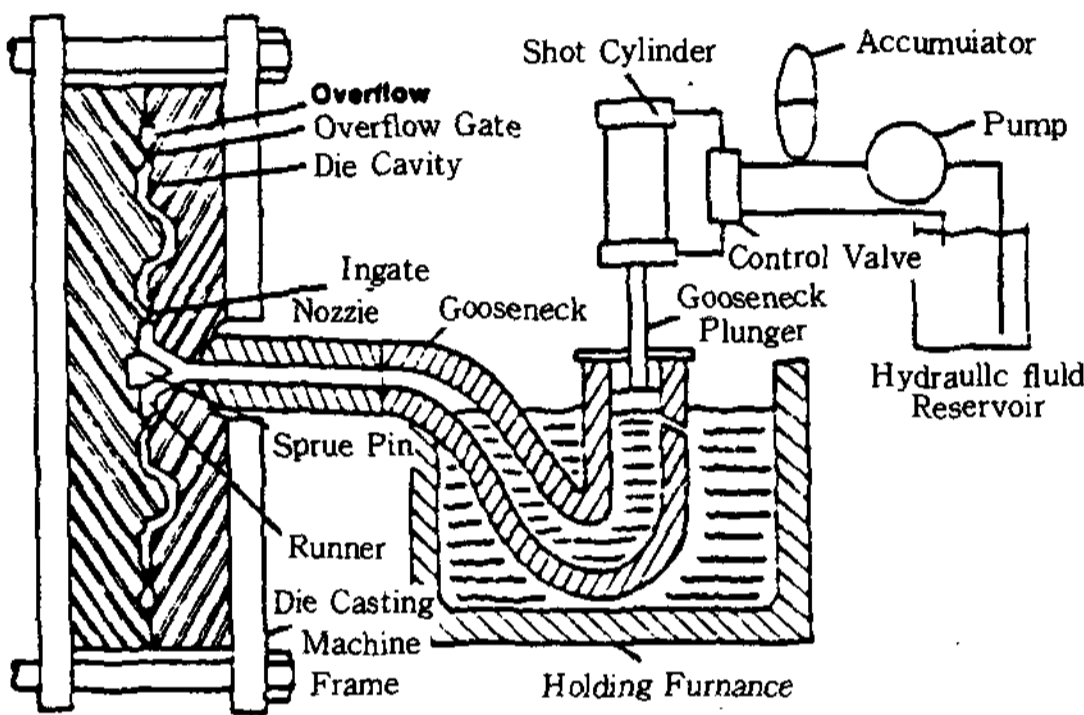


그림 1. 고온 챔버를 이용한 다이캐스팅 기계의 개략적인 구조

다. 그림 3에는 1959년 경에 부품내의 기공형성을 줄이도록 제너럴 모터스사에 의해 고안된 Acurad

공정이 주어져 있다⁸⁾. Acurad는 정확하고 빠르며 기공이 적은 부품을 의미하고 있는데 이 공정을 이용하여 UBE사는 1969년에 알루미늄 엔진블럭을 성공적으로 생산하였다. 이 공정의 특성은 용탕을 주입하는데 이중 주입장치를 이용하는 것이다. 바깥 실린더는 종래대로 금형을 채우는데 이용되고 안쪽의 플런저는 기공을 줄이기 위해 응고과정동안 비스킷의 침투(biscuit penetration)를 통해 압력을 가해주는데 이용되고 있다. 또한 넓은 게이트, 용탕의 낮은 주입속도 또는 충전속도, 보조 주입 플런저의 이동, 및 냉각 속도의 조절등을 통해서도 기공의 형성을 줄이고 있다. 수직 다이 캐스팅 기계도 내부 삽입물(insets)들을 가진 부품을 만들기 위해 진공공정과 더불어 이용되고 있다(그림 4. 참조¹⁰⁾). 이 기계의 특징은 수평 챔버를 이용하는 기계들보다 자동화를 이루는데 훨씬 용이하다는 데 있으며 이는 금형의 분리

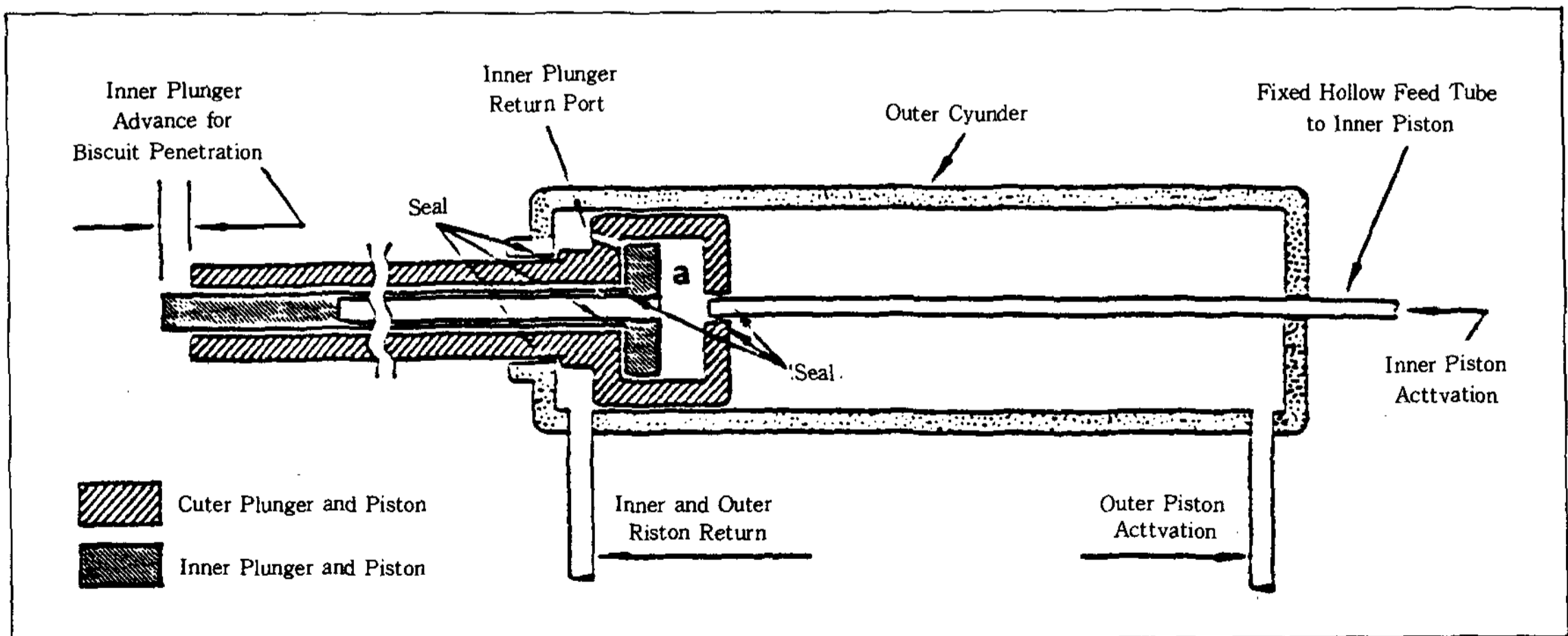


그림 3. Acurad 공정의 개략도(보조 플런저가 앞으로 진행한 후에도 바깥쪽과 안쪽 플런저들이 모두 앞쪽에 위치하여 보조 플런저의 이동 가능한 최대거리, a는 기계에따라 다르나 대략 2~6인치 정도이다.)

선이 다이 캐스팅 트림 프레스와 일치하기 때문에 재료의 후처리가 용이해지기 때문이다. 또한 이 장치를 이용할 경우 수평 챔버기계들 보다 훨씬 적은 공간이 필요한 것도 장점중의 하나이다. 이와같은 수직 다이 캐스팅 장치는 우베사와 토오타 자동차회사에 의해 Shot sleeve 내의 공기의 유입을 줄이고 스퀴즈 캐스팅(squenge process)을 병용하여서 알루미늄 합금 자동차 바퀴의 질을 높이는 데 이용되었다. 최근에는 터보 디젤 엔진에 쓰이는 피스톤 및 코넥팅 로드 제작에도 이 압축 공정이 이용되고 있다⁹⁾. 마지막으로 표10에는 다이 캐스팅 기계의 미국내 생산자들을 알아보았다.

5. 결론

지금까지 다이 캐스팅에 관한 제반 문제들을 총

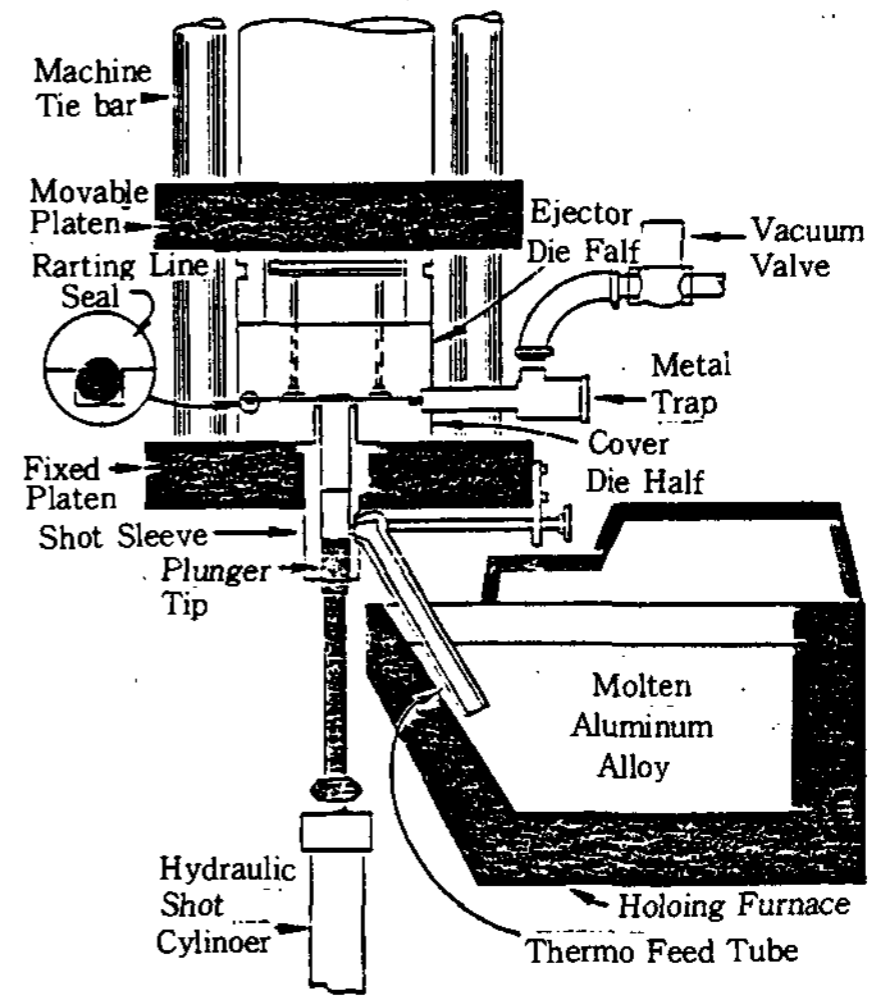


그림 4. 진공장치를 겸비한 수직다이캐스팅 장치

표 10. 미국 다이 캐스팅 제조원

MACHINE MANUFACTURER NAME	MACHINE TYPE	MACHINE CAPACITY	MANUFACTURER ADDRESS & TELEPHONE
Alpha Machine, Inc.	Hot Cold	up to 600 tons up to 600 tons	480 W. 139th St. Cleveland, OH 43135 216-267-9040
American Hydracast	Hot	up to 18 tons	5135 North Ravenswood Ave. Chicago, IL 60640 312-784-2600
Birch Machinery Co.	Hot Cold	small-150 tons large-1000 tons	11160 Dixie Highway Birch Run, MI 48415 517-624-9373
Die Tech Industries, Ltd.	Hot Cold	up to 16 tons N/A	350 Kinsley Ave. Bldg. 42 Providence, RI02903 401-273-7250
Ex-Cell-O Micromatic (B&T)	Hot Cold	up to 1000 tons up to 3500 tons	345 E. 48th St. Holland, MI 49423 616-392-1461
Frech U.S.A	Hot Cold	up to 500 tons up to 500 tons	Suite 3, 1900 E. US 20 Michigan City, IN46360 219-874-2812
HPM Corp.	Hot Cold	up to 600 tons up to 3000 tons	Mount Gilead, OH 43338 419-946-0222
Harvill Machine, Inc.	Hot Cold	up to 700 tons up to 1600 tons	24201 Orange Ave Perris, CA 92370 714-657-3193
Idra U.S.A., Inc	Hot Cold	up to 320 tons up to 900 tons	407 E. Elmwood Troy, MI 48084, 313-588-2823

MACHINE MANUFACTURER NAME	MACHINE TYPE	MACHINE CAPACITY	MANUFACTURER ADDRESS & TELEPHONE
Lester Engineering Company	Hot Cold	up to 900 tons up to 3000 tons	4445 Allen Rd. Stow, OH 44224 216-928-2020
National Company	Hot Cold	up to 130 tons up to 65 tons	I-95 Corp. Park 33 Plan way, warwick Rhode Island 02886 401-737-3005
Prince Corp.	Hot Cold	250-2500 tons 250-3500 tons	Windcrest Drive, Holland, MI 49423 616-392-5151
SMT Inc.	Hot Cold	up to 275 tons up to 275 tons	418 Benefit St. Pawtucket, RI 02861 401-722-8889
Tekcast Company	Hot	Small	12 Potter Ave. New Rochelle, NY 10802 914-576-0222
THT Company	Cold	50-300 tons	6101 Webster Street Daton, OH 45414 513-898-2012
Toshiba Company	Hot Cold	80-500 tons 250-3500 tons	755 Greenleaf Ave., Elk Grove Village, IL 60007 312-593-1616
UBE Industries, Inc	Cold	140-4000 tons	666 5th Ave. New York N.Y. 10103 212-765-5865

분하지는 못하나마 나름대로 검토해 보았다.

다이 캐스팅 산업은 중소기업 규모에 알맞으며 기술의 전문성 또한 필요하므로 앞으로 이 분야에 대한 투자가 바람직하다고 보며, 이는 현재 우리가 지향하고 있는 기술축적 및 개발에 매우 중요한 역할을 담당하게 될 것이다.

참 고 문 헌

- Lewis, R.L., Chu, Y., Chen, C., Han, M., and Kim, H., State of the Techonlogy in Die Casting, Report No, ERC/NSM-87-12, 1987.
- Burba, B. and Kantner, E., A Worldwide Look at Die casting, Die Casting Engineer, pp. 24-26, 1987.
- State of the Industry Report, Precision Metal, Nov. 1986.
- SME, Tool & Manufacturing Engineers Handbook, Vol. 2, Forming, SME Publication, Dearbon, MI, 1984.
- Gurganus, T.K., Metal Matrix Composites talk Outline, Alcoa Lab. PA, 1986.
- Metal Progress, Compositions and Properties of Casting Alloys, Metal Prgress, 1985.
- Street, A., The Diecasting Book, Portculis Press Ltd., Redhill, Surrey, England, 1977.
- MacLaren, J.L., The Acurad Story, Kie Casting Engineer, SDCE 1966.
- Sakamoto, T., Art Content and Its Effect on Casting Quality, SDCE Transaction, 1985.
- Mulholland, K.A. Vertical Die Casting Machine, SDCE Transaction, 1972.