

加 压 金 型 鑄 造

(1)

李 鍾 南*

1. 개 설

1-1. Die Casting 이란

Die casting 은 복잡하고 정밀한 형상의 cavity 를 가진 금형에 용탕을 고압으로 주입하며 주물을 만드는 주조 방법을 말한다. 미국에서는 die casting, 영국에서는 pressure die casting, 독일에서는 Spritzguss 이라고 부르며 일반 금형주조 (permanent mold casting, semi permanent mold casting : 사 증자를 사용하는 금형주물), (gravity die casting : 영국) 와 구별하고 있다.

1-2. Die Casting 주물의 특징

Die casting 제품은 그림 1-1 에서 보는 바와 같이 주물표면이 평활하고 미려하기 때문에 치수정밀도가 사형주물에 비하여 월등히 높다 (그림 1-2 참조). 뿐만 아니라 표 1-1 에서 보는 바와 같이 제품의 두께가 얇은 것이 가능하고 모서리부분이 예각을 이룰 수 있으며, 조직이 치밀하여 기계적 성질이 표 1-2 에서 보는 바와 같이 높아 경량화가 가능하며 절삭가공비가 절감되

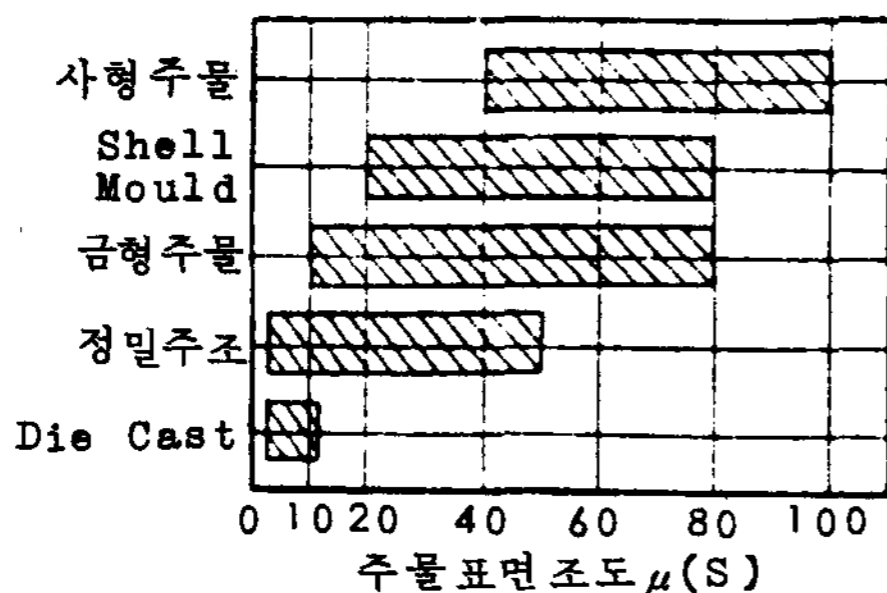


그림 1-1 각종주물의 표면조도

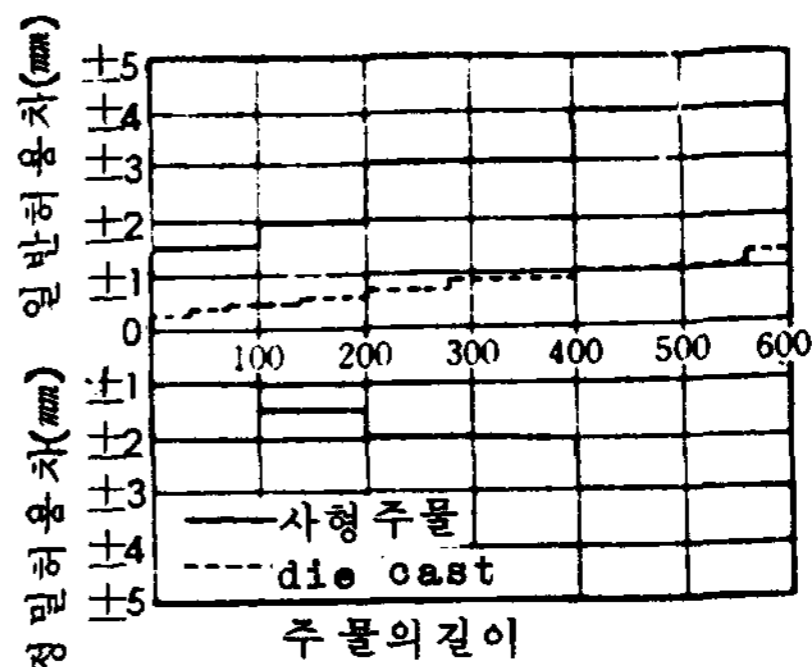


그림 1-2. die cast 와 사형주물의 치수 허용차 비교

< 표 1-1 > die cast 주물의 최소두께 (1)

die cast 주물의 표면적 (cm)*	저 용 용 금 (Sn,Pb,Zn) (mm)	고 용 용 금 (Al, Mg) (mm)	고 용 용 금 (Cu) (mm)
25 이상	0.6 ~ 1.0	0.8 ~ 1.2	1.5 ~ 2.0
25 ~ 100	1.0 ~ 1.5	1.2 ~ 1.8	2.0 ~ 2.5
100 ~ 500	1.5 ~ 2.0	1.8 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0
500 이상	2.0 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0	3.0 ~ 4.0

*이 표면적은 단일평면의 면적임.

< 표 1-2 > die cast 와 사형주물의 강도비교

구분	die cast	사형주물
시 료 (as cast)	die cast 용 test piece	JIS 4 호 시편 가공
인장강도 (kg/mm ²)	28	18
연 신 율 (%)	2	1

* 高慮大学校 工科大学 教授

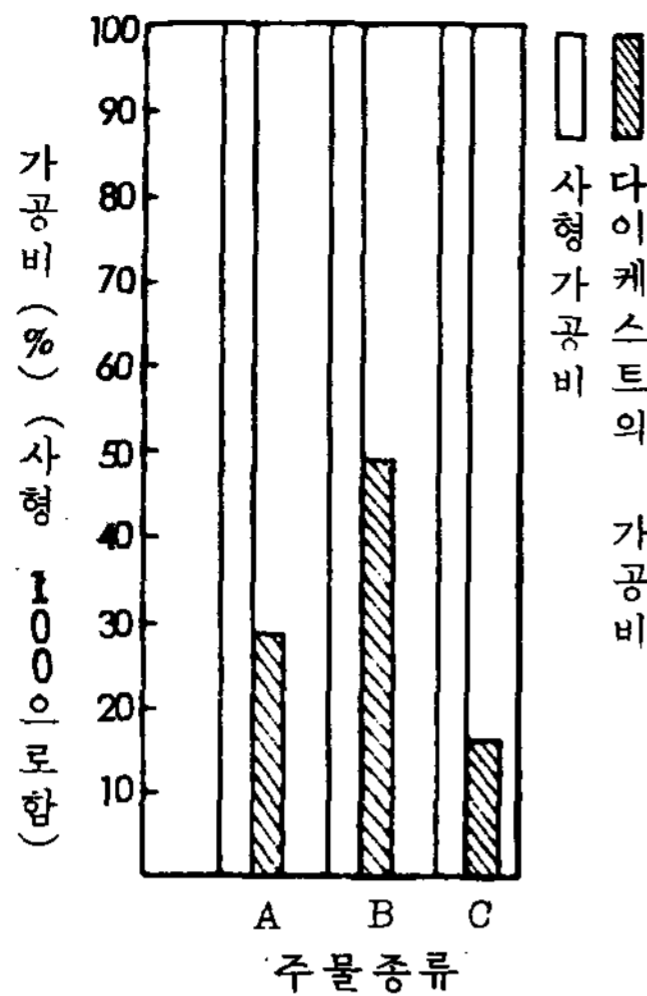


그림 1-3. die cast와 사형주물의 가공비 비교

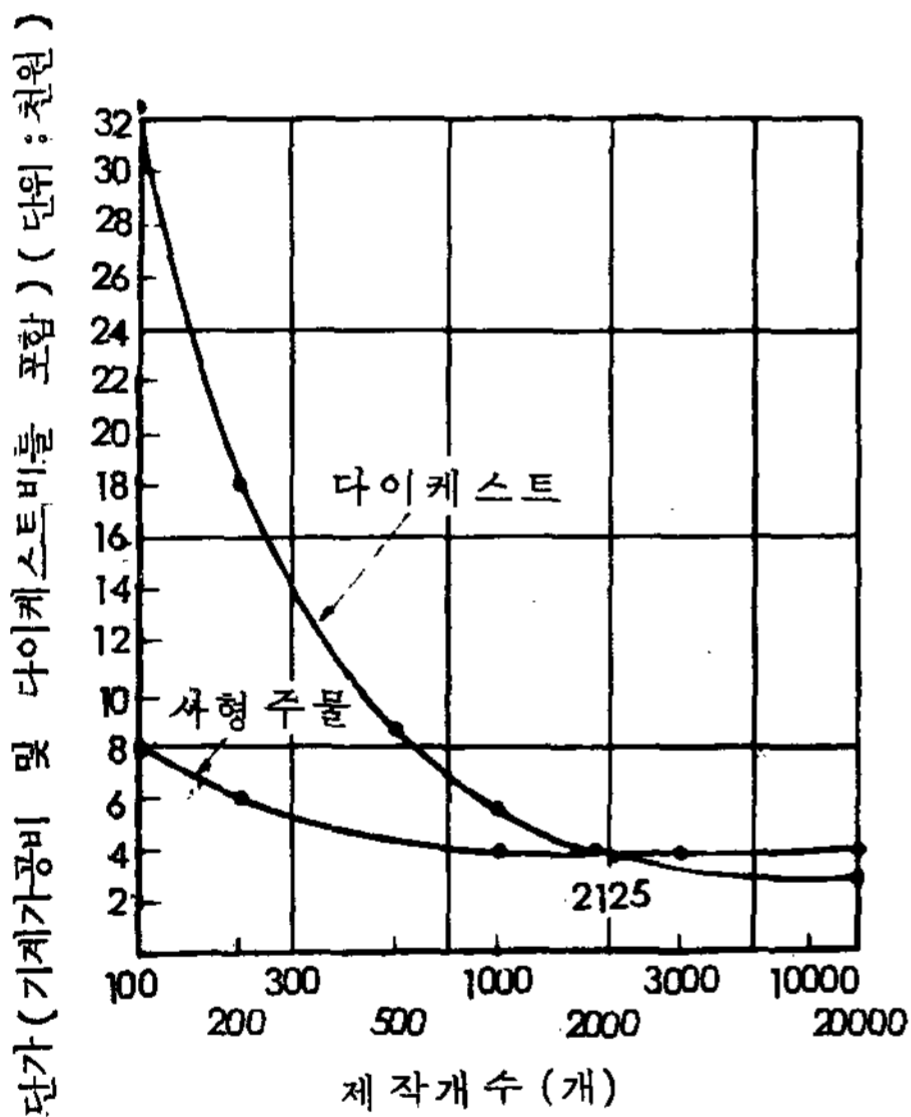


그림 1-4. die cast와 사형주물의 경제성 비교 (일본의 예)

는 동시에 생산성이 향상되어 대단히 경제적이다 (그림 1-3, 1-4 참조).

그러나 다음과 같은 단점도 있기 때문에 이의 채택에 있어서는 면밀한 검토가 있어야 할 것이다.

- ① 재료의 선택에 제한이 있다: die casting용 합금은 비교적 저용융 합금이 쓰여진다. 최고용융온도의 합금은

동합금이다. 그러나 그 양은 비교적 적다.

- ② 기밀성이 떨어진다.
- ③ 설비비가 고액이다.
- ④ die 제작비가 고가이다.
- ⑤ 경제적 채산을 맞추기 위해서는 생산 개수가 어느정도 확보되어야 한다.

생산원가를 살펴볼 때 일반적으로 die casting의 가격은 ① 주형대 ② 재료비 ③ 가공비 (⑦ 주조비 ⑧ 사상 (finishing)비, ⑨ 검사비 ⑩ 제조간접비) ④ 관리 및 판매비 ⑤ 부가이익 ⑥ 판매직접비 (포장비, 운반료, 할인료 포함) 등을 합제한 금액이다.²⁾³⁾ 그런데 ②+③은 제조원가이고 ④는 제조원가에 일정비율 (예 12.5%)를 곱한 액이다. 그리고 ⑤는 ②+③+④=총원가에 일정 비율 (9.2%)을 곱한 액이다. ⑥은 실비이다.

따라서 die casting의 원가는 ①+②+③의 원가에 의해 정해진다.

Die casting 주물의 가격중 ① 주형대는 총생산수에 역비례한다. ② 재료비는 주물단중에 의해서 결정되며 고정적이다. ③ 가공비는 설비비 및 가동비 (인건비+연료·부자재비)의 합이다. 설비비는 설비의 감가상각비에 비례하기 때문에 어느 일정 상각기간 내에 있어서의 1일의 설비비용은 일정하다. 그리고 인건비도 고정적이라 할 수 있고 다만 잔여의 가동비만이 변동비이다.

Die casting 주물의 제조비는 다른 주조법 즉 사형주물 및 금형주물과 비교할 때 그림 1-5.과 1-6에 나타낸 바와 같이 die casting이 우위에 설 수 있는 생산 개수 (a점 및 b점)는 주물의 형상과 크기에 따라 다르다.

1-3. 용도

Die casting의 용도는 자동차를 비롯하여 전기통신기기, 산업기계, 정밀기계 및 일용품에 이르기까지 상당히 광범하다 (그림

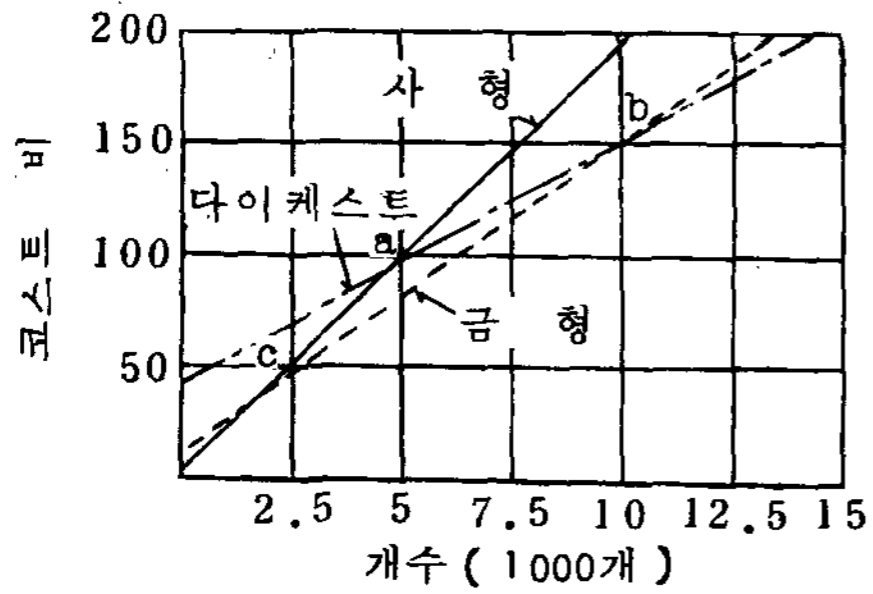


그림 1-5. Al 합금주물의 여러 가지 제작법에 의한 cost 대비 (clutch Housing)

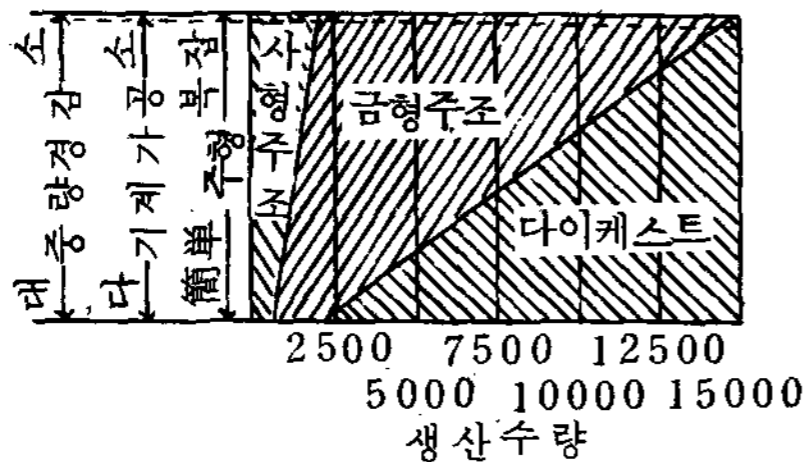


그림 1-6. 각주조법의 적용 범위

1-7의 일본에 참조). Al 합금 및 Mg 합금의 die casting 제품은 주로 기능부품에 Zn-합금의 die casting 제품은 기능부품 이외에 장식용품으로서 이용되고 있다.

표 1-3에 각 부품으로서의 사용예를 나타내었다. 상기한 바와 같이 die casting 제품의 용도와 그 특성을 볼때 die casting 공업은 자동차공업과 기계공업의 소재공업으로서 그 중요성이 충분히 인정될 뿐만 아니라 기타 산업기계, 일용품 등에의 응용분야가 확대될 것이다.

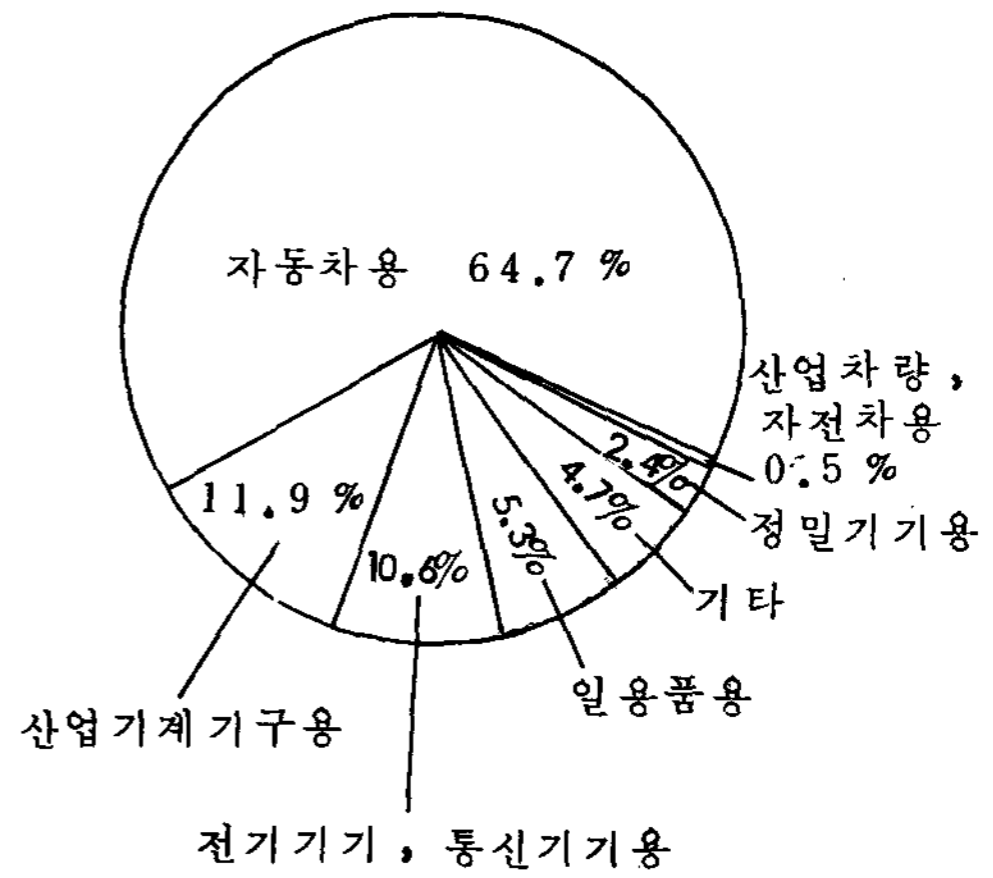


그림 1-7. die cast의 수요부문별 생산량 (1967년 일본)

<표 1-3> die cast 주물의 부품 예

제 품 별			
알 루 미 늬	아 연	알 루 미 늬	아 연
Crank Case	Cabulator Body	선풍기 Base	자동차용 Ornament
Engine Cover	Cold Chamber Body	Stereo 부품	Back Mirror Stay
Transmission Case	Cold Chamber Cover	Tape Recorder	자동차용 Door Handle
Clutch Housing	Cil Pump Body	작 구	Horn Ring
Motor Case	Bracket	Horn Ring	등 체
Bracket	Gas 기구	Camera Body	가정용 전기기구
자동차용 Cover, Handle	자동차 Meter Pannel	영사기 Frame	Lighter Case
Typewriter frame	건축용 부품	계기용 Frame	Necktie Pin
쌍안경 Body	Door Handle	Escalator Step	장 신 구
자동차용 Wheel, Drum	Valve Body		Cup
Machine 용 Arm bed	Valve Handle		

2. 연 혁

Die Casting법의 기원은 C.O. Herb⁴⁾에 의하면 분명하지 않으나 1838년 미국의 Bruce에 의해서 활자주조용으로서 Die casting machine이 발명되었다고 한다. 그 후 Sturgiss, Dusenbergr 등에 의해서 발전되었다. 이들의 기계는 어느 것이든 활자의 주조를 목적으로 하는 기계로서 용해 pot내의 용탕을 수동 plunger에 의하여 삽입하는 방식을 택하고 있다. 1905년 Doehler가 plunger기를 완성하여 상업적으로 성공함으로써 die casting machine으로서의 면모를 갖추게 되었고 1907년 판매된 Soss의 die casting machine이 최초로 시판되었다. 이들의 기계는 1 Shot마다 goose neck의 선단과 금형의 사이가 열려서 nozzle이 메이지 않게 되어 있다. 또한 1907년 Van Wagner가 공기압 goose neck식의 기계를 개발하고 다시 Doehler, Madison-Kipp, Acme, Soss 등에 의해서 공기압이동 goose neck식의 기계가 개발되었고, 1915년 Doehler가 처음으로 Al-합금의 die cast를 상업적으로 성공시켰다. 이러한 형식의 기계는 2차대전전후까지도 남아 있었다. 1926년 Polak가 수압식의 Cold chamber기를 개발하였고 또 Eckert도 수직식 Cold Chamber기를 개발하여 Al-합금, 아연합금의 die casting을 발달시켰다. 그리고 수평식 die casting machine은 미국에서 발달하여 Newton-New Haven 사에서는 공기압식이기는 하지만 현재의 die casting machine에 가까운 hot chamber기를, Reed-Prentice 사에서는 수압식이긴 하지만 현재의 수평식 cold chamber기에 가까운 것을 개발하였다. 그 후 개량이 거듭되고 또한 2차대전을 위한 유압기계, 전기기기의 발달에 힘입어 오늘날의 die casting machine으로 발전되었다.

이웃나라인 일본에서는 1917년에 다이캐

스팅이 기업화되었고 1929년경 Eckert기, 그리고 1937년경 Polak기가 수입되어 Al-합금의 주조가 성행하였다. 2차대전전후는 이들의 기계가 전성을 이루었으나 전후인 1952년에 처음으로 유압전기제어식으로 형체결력 400톤이상의 대형기가 수입되어 오늘날과 같은 대형 die casting제품이 생산되게 되었다. 그 후 수백톤에서 부터 수천톤의 die casting machine이 다수 설치되어 급격히 발전되어 가고 있는 실정이다.

그런데 우리나라에서는 6.25 동란후 사회가 차츰 안정을 되찾기 시작한 1957년경에 die casting machine이 수입되어 설치 가동되기 시작하였으나 공업의 기반이 구축되지 못한 그 당시에는 수요가 적었기 때문에 본격적인 기업화가 이루어지지 못하였으나, 정부의 경제개발 5개년계획이 실시되면서 부터 die casting제품의 수요가 점증함에 따라 die casting에 대한 인식이 제고되어 die casting machine의 수입이 증가하였고 또한 기계의 능력도 처음에는 200톤 미만이었으나, 최근에 800톤이상의 것도 수입되어 설치 가동하기에 이르렀다.

3. Die Casting의 기초

Die casting에 있어서 용탕은 탕구에서 사출되면 die에 의한 급냉에 의해서 그 열을 빼앗기고, 사출직후부터 현저하게 그 온도를 강하하여 응고하게 된다. 그 응고시간은 매우 빠르고 보통 $\frac{5}{1,000} \sim \frac{15}{1,000}$ sec이다.

이것은 용탕이 사출에 의한 cavity안에서의 유동중에 응고를 시작하고 있다고 할 수 있다. 또 이와같은 단시간에 건전하고 깨끗한 die casting이 만들어짐으로서 0.01 sec 단위로 주입하고 시간의 단축이 주물품질에 커다란 영향을 미친다. cavity를 충전하는데 필요한 양의 용탕은 단시간에 탕구에서 사출해서 cavity의 구석구석까지 가지 않으면 안된다. 더우기 이 시간내에

사출 프란자를 가진 사출압력을 cavity내의 충전율 마친 용탕상에 전달하고 용탕을 가압으로 응고시키지 않으면 안된다. 이러한 것이 불충분하면 주물은 탕의 회전이 불량하다. 탕의 주춤 혹은 꽃모양의 외관 불량 및 주물구멍등에 의한 불량등이 발생한다.

따라서 die casting에는 다음의 세가지 즉 ① die casting에는 탕류

② 사출속도 및 응고시간

③ 사출과정에 있어서 사출압력

이 특히 중요하고 이러한 것을 충분히 이해하여야 한다.

3-1. Die Casting에 있어서의 탕류

Die casting은 사출직후부터 응고가 시작한다. 이러한 사실은 탕류가 중요한 요소로서 고려되어야 할 이유라고 생각된다.

그림 3-1은 형박판(폭 59 mm × 길이 100 mm 두께 3 mm)을 옆으로 59 mm 떨어져 있는 각종 폭의 탕구를 두께를 바꿔서, die casting할 경우 cavity내에 충전된 용탕의 비율을 나타내는 충전율(겉보기비중/진비중 × 100%)과 탕구면적과의 관계를 나타내었고, 동시에 주물표면의 상태도 나타내었다.

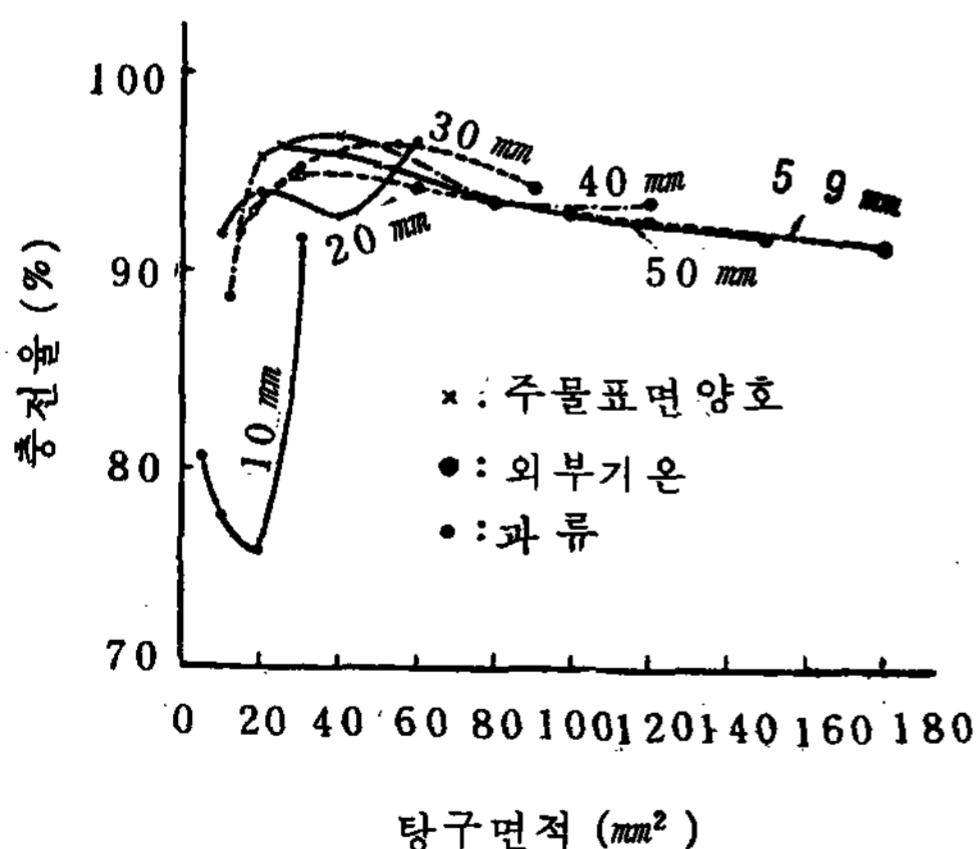


그림 3-1. 충전율과 탕구면적)
주물의 크기: 59 × 100 × 3 (mm)
탕구의 폭: 일정

이 그림은 충전율이 좋은 즉 기공이 적고 살결이 고운 주물이 얻어지는 탕구면적 범위(20~60 mm²)에 있어서, 같은 탕구면적이라도 탕구의 폭이 변하면 충전율이 변하는 것을 나타내고 있다. 이것은 cavity내의 탕류가 다르기 때문이다.⁶⁾ 그러나 주물의 형상이 천차만별이기 때문에 탕류에 대한 일정한 법칙은 없고 탕구계를 결정하는데는 현재에도 경험적으로 유추하고 시험제작에 있어서 실제의 탕류를 조사한 연후 탕구에 대해서 대책을 세우는데에 불과하다.

이것은 die casting의 탕류에 관한 연구가 여러가지 원인에서 매우 곤란하기 때문이며 그 때문에 현재까지는 그 연구가 적고 용탕의 충분한 해명은 아직까지 되지 않았다.

Die casting의 탕류에는 주로 cavity내의 탕류를 뜻하고 있으나 이것을 좌우하는 것은 구조방안으로서 이것은 압탕구·탕도 및 탕구로 되어있다. 이중에서도 더 큰 영향을 주는 것은 탕구(gate)이다.

die casting은 용탕충진의 과정에서 ① 응고를 시작하고(탕의 충전불량, 탕주춤, 탕류모양의 원인) ② 탕류가 부적당하면 공기의 혼입이 일어나기 쉬워 기포의 원인이 된다. 따라서 충전시간을 감안해서 탕류를 가능한 한 Smooth하게 하지 않으면 안된다.

공기 또는 gas의 혼입은 프란자에 기인하는 것과 탕구계 및 cavity내의 탕류에 기인하는 것이었다. 프란자에 기인하는 경우는 주물의 크기에 적합한 용탕 즉 적당한 직경을 가지는 프란자를 사용하여야만 된다. 또 탕구계 및 cavity내의 탕류에 기인하는 경우는 이것중에 탕류를 smooth한 것으로 하고 더우기 탕구를 보조하여 배기공 및 탕류가 필요하다.

탕류 및 배기공은 어디까지나 탕구의 보조를 하는 것으로서 cavity내의 탕의 흐름에 따라 적절히 붙이지 않으면 건전하고 깨끗한 주물을 얻을 수 없다. die cas-

ting의 품질은 cavity내의 탕류의 양부에 의해서 좌우되므로 cavity내의 탕의 흐름을 충분히 이해하지 않으면 안된다.

die casting의 충전과정은 ① 프란자 스템의 탕의 흐름 ② 탕구체내의 탕류 ③ Cavity내의 탕류에 의해서 완료된다. 이러한 것을 현재까지 수행된 탕류의 실험결과에 따라 기술키로 한다.

3-1-1. 프란자 스템 (plunger sleeve) 내의 탕류

(1) 수평사출의 경우

이 경우에는 plunger tip의 stroke가 비교적 길고 plunger sleeve내에 주입되는 용탕량은 일반적으로 그 직경의 40~70%이다. 따라서 남은 부분에 있는 공기는 용탕과 같이 cavity내에 유입될 위험성이 크다. 이 공기는 plunger tip의 전진을 동반하고 cavity의 배기공으로부터 서서히 빠져나가는 것이 바람직하다. 그 때문에 die casting에서는 plunger tip의 운동이 전진개시후 어느 일정한 곳까지는 느린 속도로써 되도록 하고(그의 주목적은 주탕구로부터 용탕이 넘쳐 흘러 내리는 것을 방지하는데 있다) 그 다음에 고속으로 전진해서 cavity의 충진을 하도록 하고 있다.

W.F.Smith와 J.F.Wallace는 plastic 성형기를 개조한 die casting기에 투명 plastic제 dies를 사용해서 plunger sleeve에 착색수를 사출하여 탕류를 검토했다.

(2) 수직사출의 경우

plunger tip이 하방에서 상방으로 운동하는 예는 Ecker기의 경우로서 plunger sleeve내에서의 흐름은 이상적이라고 생각된다. sleeve를 수평위치보다 19.5° 상방으로 경사시키고 초속 3 ft/sec로서 plunger를 전진시켰을 경우, sleeve내의 물의 흐름은 난류가 일어나지 않았다.

Sleeve에 경사가 있으면(7.5°, 11°)같은 결과를 나타낸다. 이러한 사실로부터 수직으로 상방으로의 사출은 탕류의 흐름이 보다 좋을 것으로 생각된다. 그러나 이 주조기는 plunger stroke가 극히 짧기 때문에 plunger 속도가 사출개시때부터 전속으로 되어서 탕은 상형에 충돌하고 plunger내의 탕의 흐름이 난류로 되기 쉽다고 생각할 수 있다. plunger tip이 상방에서 하방으로 운동하는 경우 가령 프라크 기에서는 그림3-2에서 나타낸 바와 같이 sleeve에 주탕된다. 용탕의 상면은 보통 sleeve의 윗 들레보다 아래에 있다. 이 사이에 있는 공기는 사출시 하강하는 피스톤에 의해서 용탕중에 포착되기 쉽다.

따라서 이 기계에 대해서는 특히 주물의 크기에 적합한 용탕량을 갖는 sleeve를 선택할 필요가 있다.

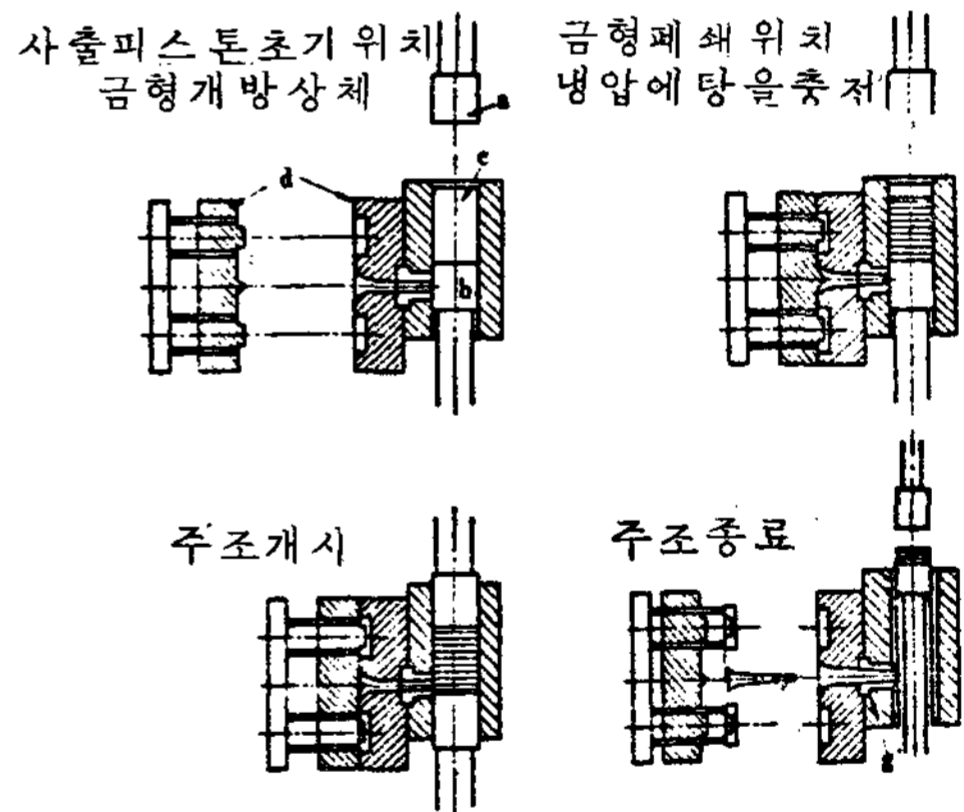


그림 3-2 프라크 Die Casting 기계

a ; 사출피스톤 b ; 하측피스톤
c ; 냉압실 d ; 금형

3-1-2. 탕구체내의 탕류와 탕구체 (탕구 및 탕도)

탕도는 용탕을 cavity에 도입하는 통로이므로 가능한 한 용탕의 활류가 적을수록 좋을 것이다. 따라서 아무렇게나 탕도를 만들수는 없다. 멀리까지 도입하는 방법, 방향, 곡률등이 불량해도 활류를 cavity

에 제공하는 결과를 초래한다.

용탕이 cavity 내에 유입될 때 1개 탕도로서 주입되는 경우와 여러개로 나누어져서 주입되는 경우가 있다. 1개의 탕도로 되는 경우는 별문제가 없지만 여러개로 분기되는 경우에는 주의를 요한다. 이들에 대하여 J.F.Wallace⁷⁾ 등의 실험결과를 근거로 하여 기술키로 한다.

(1) 1개 탕도의 경우

J.F.Wallace의 실험결과는 단면적이 동일하면 정방형에 가까울수록 난류가 적어지고, Neynolds number가 높을수록 난류가 현저해지는 것을 나타냈다. 즉 폭과 두께의 비가 클수록, 또 유속이 클수록 난류는 커진다. 그리고 방향과 단면적의 급격한 변화는 바람직하지 못하다. 탕도방향의 급격한 변화는 탕도에 air pocket이 남는다고 H.K. Barton이 설명하고 있지만, J.F.Wallace 등이 다음에 표시한 바와 같이 탕도를 2개로 분기했을 경우의 실험예가 그 간의 내용을 잘 말해주고 있다.

(2) 탕도를 1개에서 2개로 분기한 경우

두 직각방향으로 분기한 탕도의 탕류를 고속도 사진으로 촬영한 실험결과를 그림 3-3에 표시했다. 똑같은 착색수를 흐르게 한 결과이지만, 탕도, 탕구의 두께는 1/4 in.이며 그 치수를 그림 3-4에 표시하였다.

이 경우 직각의 분기점에 왔을때 액체는 탕도벽으로부터 분리되어 심한 난류가 된다.

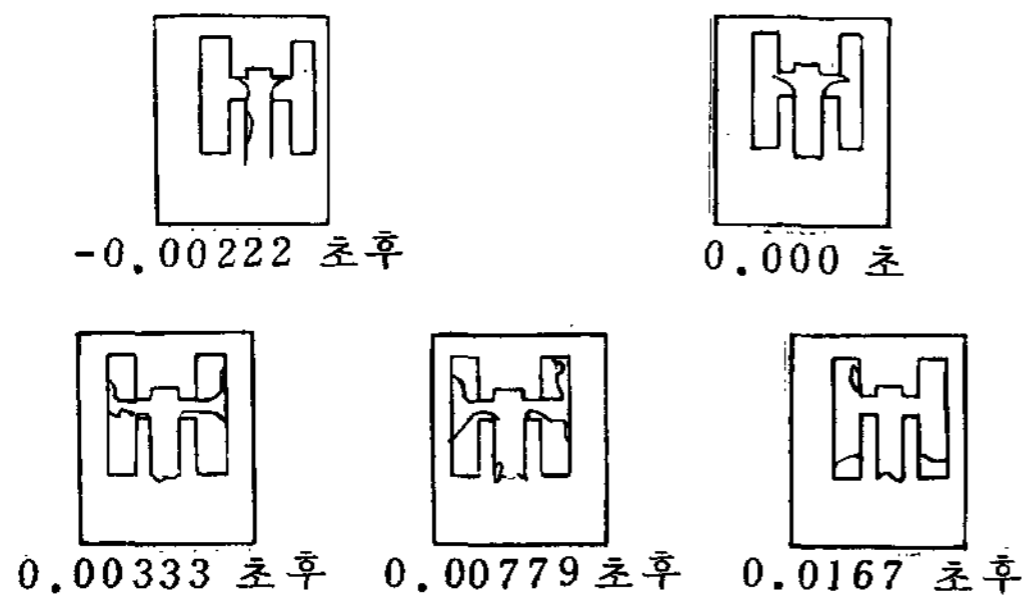


그림 3-3. 직각으로 분기한 탕도의 탕류

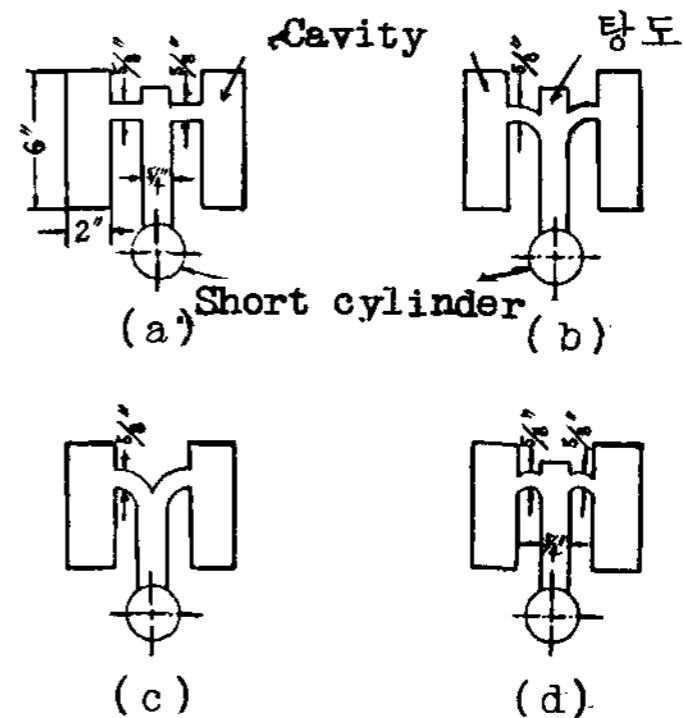


그림 3-4. 실험한 탕도의 형상

그림에서는 나타나지 않았지만 이 필름을 보면 색의 농염이 있으며 색의 농도가 짙은 부근에 난류가 일어나 있고, 또 농염의 차가 심한 곳이 더욱 심한 난류를 일으키고 있다. 그리고 각이 꾸부러진 쪽 또는 주 탕도에 공기가 남아 있었다. 각 그림의 밑에 사출후 경과한 시간을 표시했다.

그림 3-4의 (b)의 경우는 난류가 적어졌고 (c)의 경우는 더욱 적어졌으나 합금으로 주 탕하면 돌기부에 소착이 일어나는 것 같다. 그리고 일부러 (d)와 같이 하였을 때에도 별로 효과가 없었다.

(3) 수개처에서 탕도를 분기한 경우

전기한 바와 똑같은 양식으로 수개처에서 탕도를 분기한 경우의 실험 결과를 그림 3-5에 표시했다. 이와같이 탕도를 분기하면 액체가 cavity에 침입하기 시작한

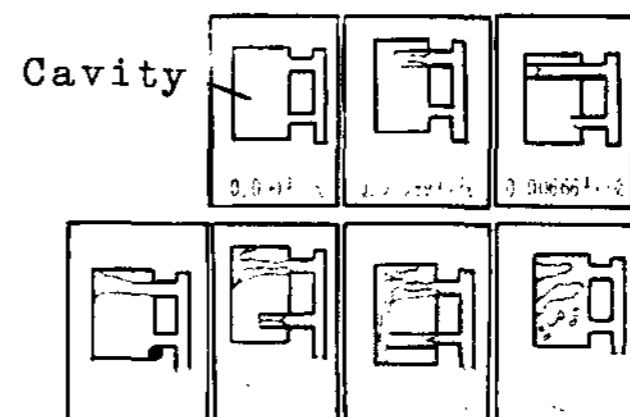


그림 3-5. 2개소에서 탕도를 분기한 경우의 탕류

시간과 침입하는 유량(流量)이 각각의 탕구에서 현저하게 달라진다. 즉, 상부의 탕구로부터 약간 빨리 충진을 시작하여 현저하게 유속, 유량은 많아진다. 이 탕도를 그림 3-6과 같이 상부 탕구에서 약간 빨리 충진이 시작되지만 유속과 유량은 양탕구에 있어서 모두 같아진다. 그리고 (d)와 같이 하면 약간 아래의 탕구부터 유입을 시작하지만 유속, 유량은 모두 같아진다. (c)와 같이 예각으로 하면 위의 탕구부터 먼저 유입하여 난류가 심해진다. 또 (e)와 같이 하면 cavity에의 유입은 양탕구에서 모두 똑같이 일어나서 유속 및 유량은 같아진다.

그러나 합금에서는 A부에서 삭취된 용탕이 cavity에 들어가 탕경이 되기 쉬운 수가 있다. 더우기 (f)와 같이 하는 경우에는 4개의 탕구로부터 동시에 유입하여 유속은 현저한 차가 없다. 그리고 B부의 위치를 아래쪽으로 움직여도 아래의 탕구로부터 다소 유입이 빨라지는 정도로서 큰 차는 없다. 어떠한 경우라도 이와같이 탕도의 도중에서 분기할 때는 주의할 필요가 있다.

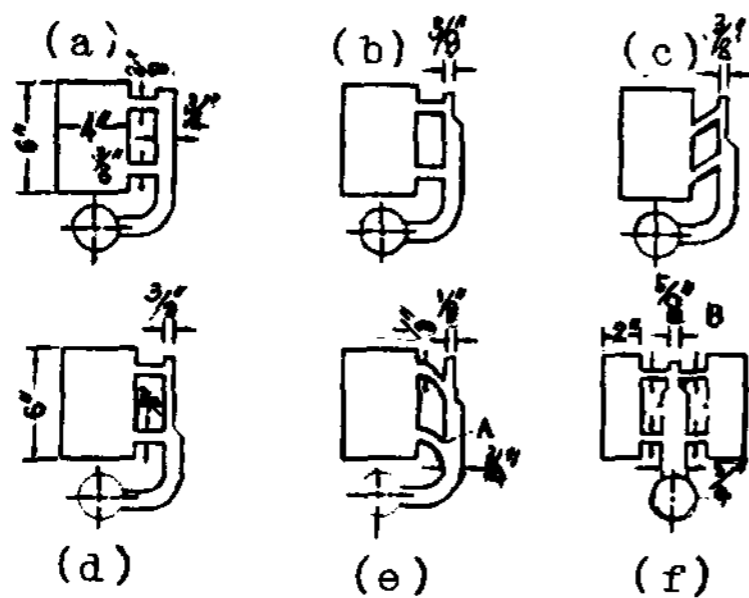


그림 3-6. 실험한 탕도의 형상

(4) 탕도 단부의 형상 및 탕구의 형상

탕도의 단부는 탕구부에 포함되는 경우도 있으나 feed, 또는 feeder 라고도 한다. 이런 형상에 의해서 cavity내의 탕류가 크게 달라진다. 일반적으로 단면의 두께를 얇게하여 탕구에 접속시키지만, 평면적으로도 여러가지 형상이 있다. 탕도가 직

선적으로 탕구에 연결되는 경우는 그림 3-3 그림 3-5에서 알 수 있는 바와 같이 탕선이 다소 벌어지지만, 거의 직선적으로 나간다. 탕도의 폭을 넓게 해서 탕구에 연결하는 경우에 대한 J.F.Wallace의 실험결과를 그림 3-7에 표시했으며, 이런 경우에는 탕도에 공기를 남기면서 충진한다는 것을 알 수 있다. 이와같이 단면상에 있어서 탕도의 탕구에 접속하는 형상에 따라 분출류의 형상이 현저하게 달라진다.

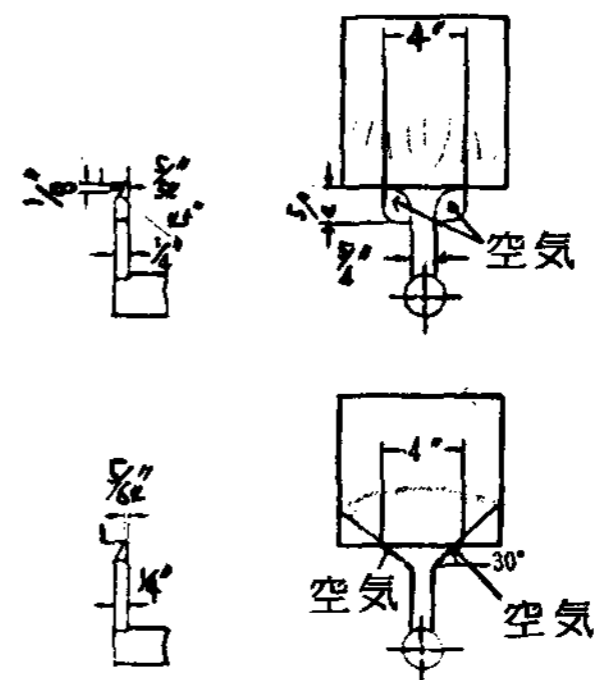


그림 3-7. 탕구단부의 형상에 따른 탕류의 상황

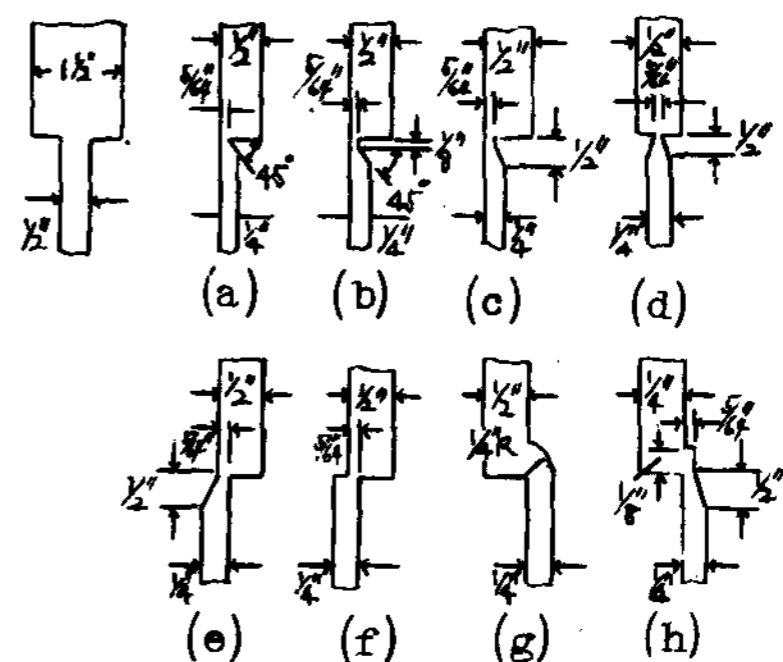


그림 3-8. J.F.Wallace의 실험에 있어서의 탕구의 취부위치

J.F.Wallace는 그림 3-8에 표시한 것과 같이 탕도의 탕구를 부착하여 cavity내의 분류상황을 관찰하여 다음의 결과를 얻었다. 그림 (a), (b)의 경우는 분류는 cavity

의 일변에 충돌하고 그 전체 폭 및 두께에 걸쳐서 진행하며 cavity에서 먼 쪽의 벽에 부딪혀서 역방향으로 되돌아가면서 충전한다. (b)의 경우가 분류의 연속성이 있으며 또 (a)보다 난류가 적다. (c)의 경우는 (b)보다 분류의 연속성이 좋지만 난류는 같은 정도이다. (d)의 경우는 탕류가 cavity 전장에 걸쳐서 제법 평활하게 흐르며 선단으로부터 충전된다. (e)의 경우는 분출류가 있는 각도에서 분출하여 심한 난류를 일으킨다. (f)의 경우는 (e)와 똑같다. (g) (h)의 경우는 cavity의 두께의 방향으로 분출시키는 탕구로서, 벽에 충돌하여 용탕의 산화와 cavity의 침식을 일으켜 심한 난류로 된다.

용탕이 배기를 방해하면

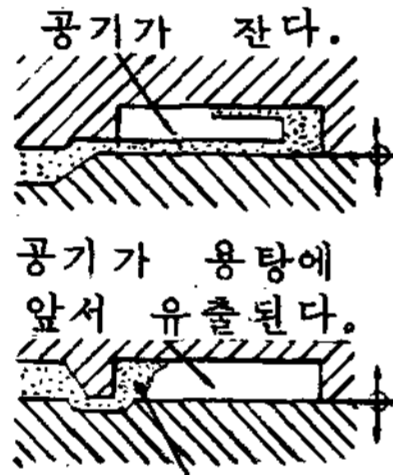


그림 3-9. 탕구의 위치와 탕류와의 관계

그리고 H.K.Barton도 그림 3-9에 표시한 바와 같이 탕구부를 cavity에 부착하는 방법에 따라 cavity내의 충전방법이 전혀 다르다고 한다. 이와같이 탕도부 및 탕도단부(탕구부)의 형상이 cavity내의 탕류를 좌우한다는 점에 주의할 필요가 있다.

3-1-3. Cavity내의 탕류

Cavity내의 탕류에 대해서는 간단한 형상에 대해서 많은 사람들이 옛날부터 연구해 왔다. Die casting은 고온의 용탕을 취급하는데에다 고압을 걸기 때문에 실험이 곤란하여 많은 실험들은 주로 물을 사용하여 연구하고 있다. 이는 용탕의 흐

름이 도중에는 점성이 변하고, 또 응고하여 물의 흐름과 다르지만 일단 그 흐르는 방향을 알 수 있기 때문이다. 많은 조건들이 이 탕류를 좌우할 뿐만 아니라, 이론적 연구도 어렵기 때문에 발표된 연구등을 간단히 설명하는 정도에서 그치기로 한다.

그러나 전술한 바와 같이 cavity형상에 대해서 정량적 수치를 얻을 수 있는 계통적 실험이 이루어짐이 바람직하다.

(1) 단면상에 있어서의 탕류

Cavity내의 탕류를 두께 방향 즉 단면적으로 본 연구가 행해졌다. 이 용탕의 흐름방식에 대해서는 오래전에 L.Frommer⁸⁾가 실제의 경험으로부터 이론적인 흐름방식을 상정한 바 있고, W.Brandt⁹⁾, Koester & Gohring¹⁰⁾ 등이 실험을 한 바 있다. 각氏는 cavity단면에 있어서의 탕류에 대하여 각각 그림 3-10, 그림 3-11, 그림 3-12에 표시한 바와 같이 주장하고 있다. 또 太田도 똑같은 실험을 한바 있다.

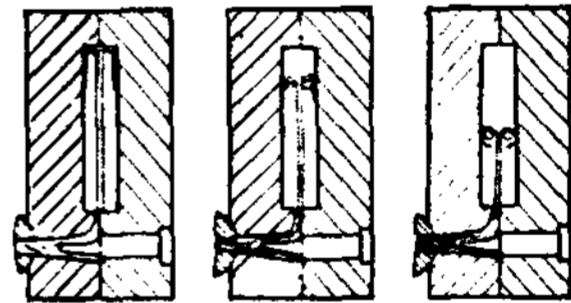


그림 3-10. Frommer의 탕류

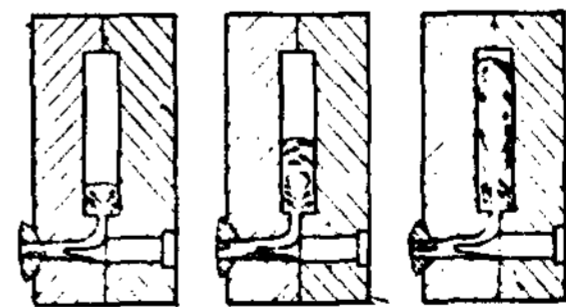


그림 3-11. Brandt의 탕류

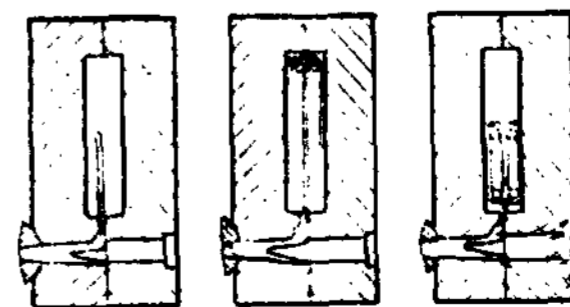


그림 3-12. Koester and Gohring의 탕류

L.Frommer의 연구는 주로 아연합금의 경우인데, 탕구의 위치, 주물의 두께와 탕구의 두께와의 비 등에 따라 흐름이 틀린다는 것을 지적하고 있다. 그림 3-10은 탕구의 두께 ϕ 가 주물의 두께 F에 대해서 $\phi < F/4$ 의 경우로, 만일 $\phi > F/4$ 일 때는 난류가 된다고 한다.

그리고 그림 3-10의 탕류는 점성유체의 경우이며 이상유체에서는 그림 3-13에 표시된 바와 같다고 한다.

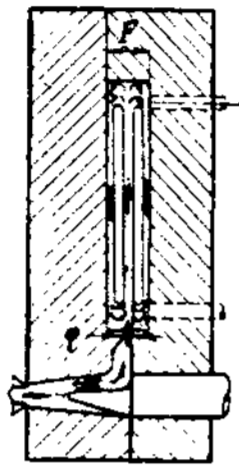


그림 3-13. Frommer의 이상 유체의 탕류

이 L.Frommer의 이론은 더욱 실제적 면을 잘 나타내고 있다 한다.

그러나 두께가 얇은 실제의 Die casting에 있어서, 일반적으로 $\phi > F/4$ 로 되기 때문에, 그림 3-10의 경우 실제의 적용에 있어서는 주의할 필요가 있다.

그리고 cavity내의 공기의 영향에 대해서 L.Frommer는 다음과 같이 말하고 있다. 용탕은 탕구로부터 분사되었을 때, 용탕표면의 공기층을 포착해서 용탕과 같이 운반한다. 이 공기는 흐르는 거리, 속도와 함께 증가한다. 용탕과 공기는 함께 탕류속에 어느 거리만큼 들어가지만 탕류속의 압력이 감소하면 cavity로 부터 토출된다.

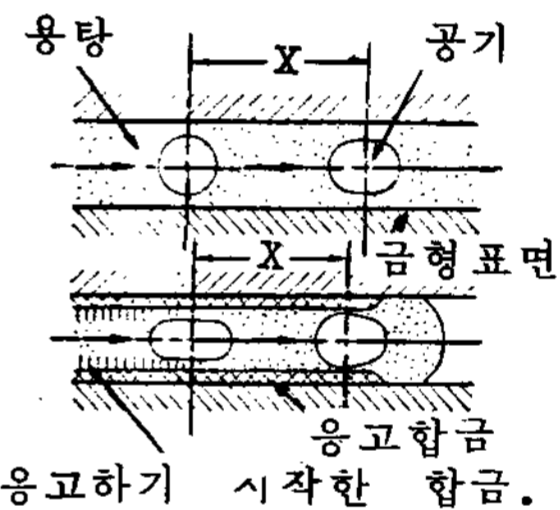
그러나 와류속에 말려들어간 공기는 와류 중심의 압력이 낮기 때문에 토출될 수 없어 기포로서 남는다.

그리고 H.K.Barton은 열적 관계도 함께 생각하였고 이와 같이 용탕이 공기와 함께 흘러 들어가며 cavity내의 탕류는 용탕과

공기의 2상계의 탕류이라고 생각하였다.

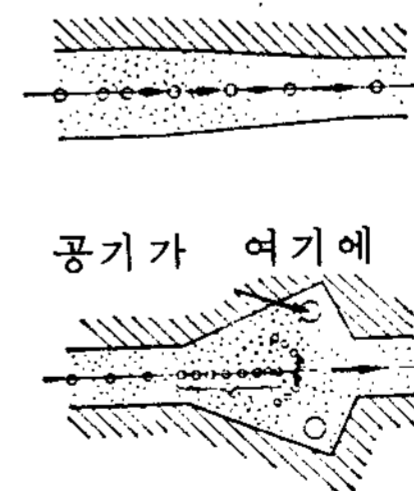
이 2상계의 흐름은 유속을 빠르게 하여 포착한 공기를 용탕중에 균일하게 분산해 버리는 난류라면, 충전불량 즉 탕선이 응고하지 않고, 공기는 종압에 의해 미세화 되고 만다. 또 공기를 함유한 용탕은 비열이 적으므로 빨리 응고하지만 공기를 탕선에서 추출한다고 한다.

이런 관계를 그림 3-14에 표시하여 설명하고 있다. 또 유속에 의하여 공기의 분포가 달라지는 것을 그림 3-15에 표시하여 설명하고 있다. 즉 두께가 얇아지는 곳에서는 유속이 빨라지고, 공기는 전방으로 나아가 두께가 두꺼운 곳에서는 공기의 속도가 떨어져, 그곳에 공기가 고여서 기포가 발생하게 된다고 한다.



공기가 권입된 용탕은 단위체적당의 열용량이 적고 급냉된 용탕의 피막은 급속히 두터워진다.

그림 3-14. 용탕중의 gas 입의 이동



권입된 공기는 용탕이 가속되어 있는 곳에서는 앞쪽으로 이동하고 속도가 떨어지는 곳에서는 이동이 늦어진다.

그림 3-15. 용탕중의 gas 입의 이동

(2) 평면상에 있어서의 탕류

어느 균일한 두께의 cavity를 평면방향에서 보아 그 평면상에 있어서의 간단한 형상의 탕류실험은 太田¹¹⁾ 加山과 市田⁵⁾, Koester & Gohring,¹⁰⁾ J.F.Wallace 등 많은 사람에 의하여 실시되었다. 어떠한 경우라도 정성적인 결과가 많지만, cavity내의 용탕의 흐름의 방식을 잘 나타내고 있다.

그 결과는 일반적으로 Potential flow의 이론, 분류의 이론으로부터 이해할 수 있다. 그 일례로서 Koester & Gohring의 실험에 있어서의 탕류의 상태를 그림 3-16에 표시했다. 각 그림들에 표시한 수자는, 분사개시후의 경과시간으로 1/1000초 단위로 나타내고 있다. 이 그림은 장방형 cavity의 각 위치에 탕구를 붙이면, 이와같이 탕류를 나타낼 수 있다.

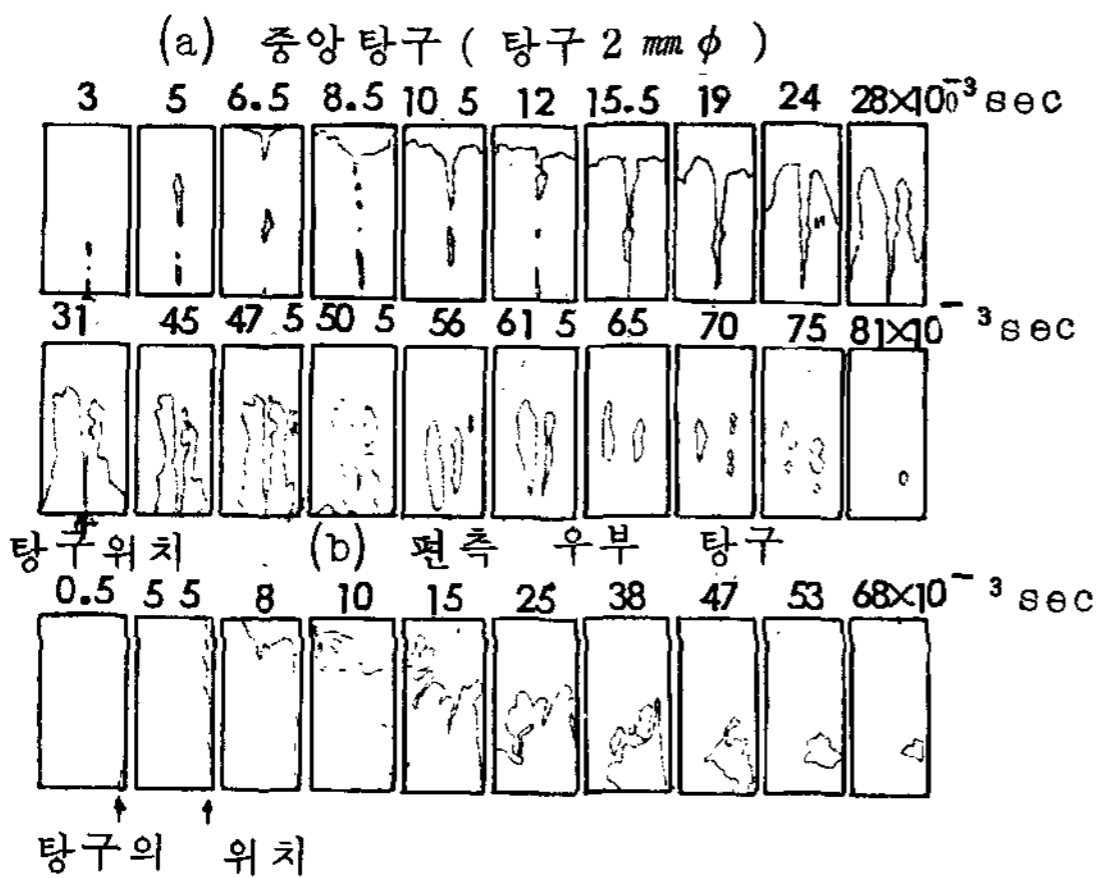


그림 3-16. 장방형 판의 충전과정

그리하여 간단한 형상의 cavity에 대하여, 탕구의 위치를 각 위치에 정하고 나면, 그림 3-17에 표시한 바와 같은 탕류를 할 수 있는 것이 이상적이라고 추정된다. 어느 cavity의 동일 탕구에 있어서도 그 분사 속도, 분출유량이 변하면, 그 탕류는 변하게 될 것이므로 이들을 변화시켜 많은 실험을

한것을 앞에 기술했다. J.F.Wallace는 그림 3-18에 표시한 탕구 형상에 따라 탕류가 전혀 다르다는 것을 나타냈다. 그림의 (a)의 경우 탕구를 jet type gate (젯형 탕구)라고 하며 그 탕류를 jet type fill라고 한다. 또 (b)의 경우는 각각 solid front fill gate (순차 충전형 탕구), Solid front fill라고 한다. 탕구의 형상에 따라 cavity의 충전순서가 다르나 분사속도에 있어서는 분사속도가 높으면 (a)의 경우처럼 용탕이 흐르고 속도가 굉장히 저하되면 (b)의 경우처럼 용탕이 흐른다고 추정된다.

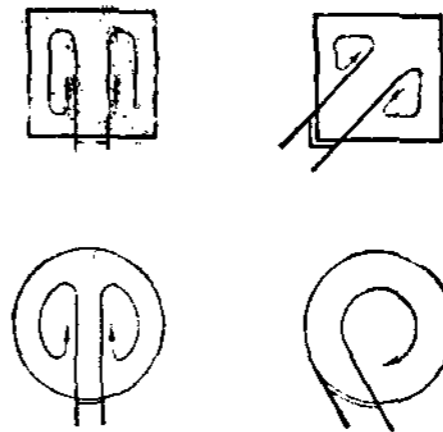
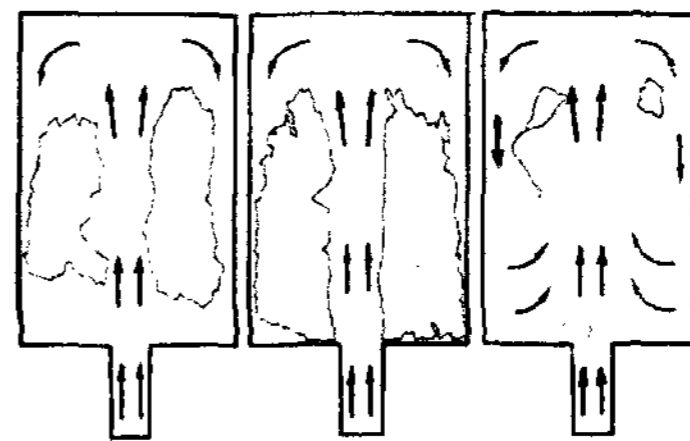
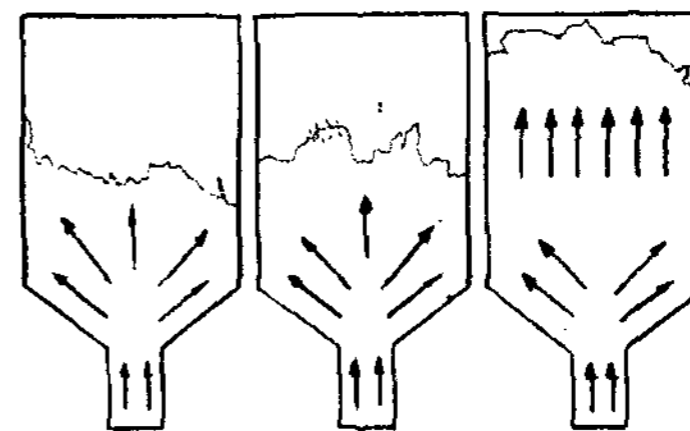


그림 3-17. 간단한 형상을 한 주물의 탕류



(a) Jet 형 탕구



(b) 순차충진형 탕구

그림 3-18. 탕구의 형상에 따른 cavity 충전방식의 상이

분사속도뿐만 아니라, 분출 유량에 있어서도 탕류가 달라진다고 생각된다. Die casting에서도 굉장히 두꺼운 탕구의 경우, 또 accurad법의 경우에 있어서도 (b)의 경우처럼 층진이 되고 있다.

근년에 H.K.Barton은 유체역학적 사고방식과, 동시에 열적 영향을 고려해서 다음과 같은 용탕의 흐름을 추정하고 있다. 유체역학의 Potential 흐름의 사고방식에 따르면 그림 3-19의 (a)에 표시한 바와 같이 흐를 것이다. 그러나 열적 영향을 고려한다면 어딘가 반드시 탕선의 일부가 응고하든지 점성이 높아진다. 그와같은 상태가 되면, 응고하지 않은 쪽으로 용탕이 흘러 그림의 (b)에 표시한 바와 같이 탕류의 균형이 무너진다. 탕선이 응고한 곳은 용탕이

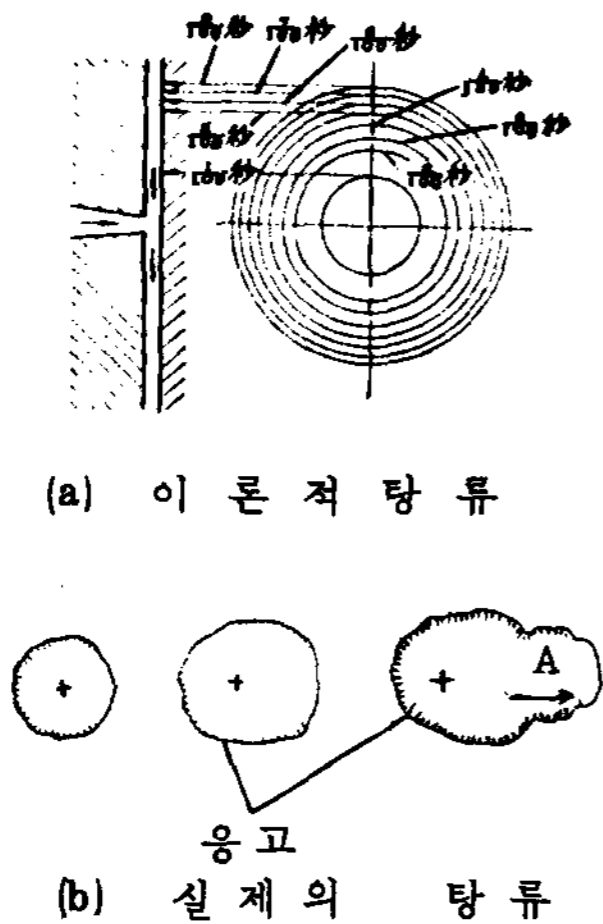


그림 3-19. 평판의 탕류, 이론적 유 (potential flow), 실제 탕류의 경과

흐를 수 없기 때문에 점점 냉각하고 용탕이 흐르는 곳은 열이 올라가서, 용탕의 흐름은 이 방향으로 점점 많아지는 것을 표시했다. 이 A부를 흐르도록 선택해서 흐르는 흐름의 방식을 선택적 탕류라고 한다.

이 흐름의 방식은 어떠한 이유에 의해서 탕선에 변화가 생기면, 그 변화는 점점 확

대해 나가는 것을 의미하며, 그림으로 표시하면 그림 3-20의 (a)에 표시한 바와 같이 동일한 조건에서도 거기에 일어난 변화는 점차로 커진다. 그림 3-20의 (b)의 Potential flow가 무너져 탕선의 위치가 똑 고르지 않고 선택적 탕류가 일어나는 것을 표시하고 있다. 이런 사고방식을 평면의 탕류에 적용하면 그림 3-21에 표시한 바와 같이 된다.

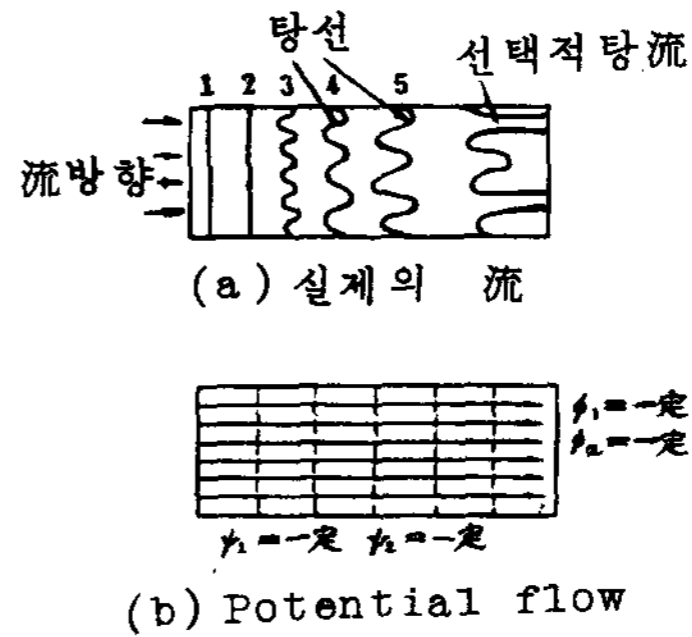
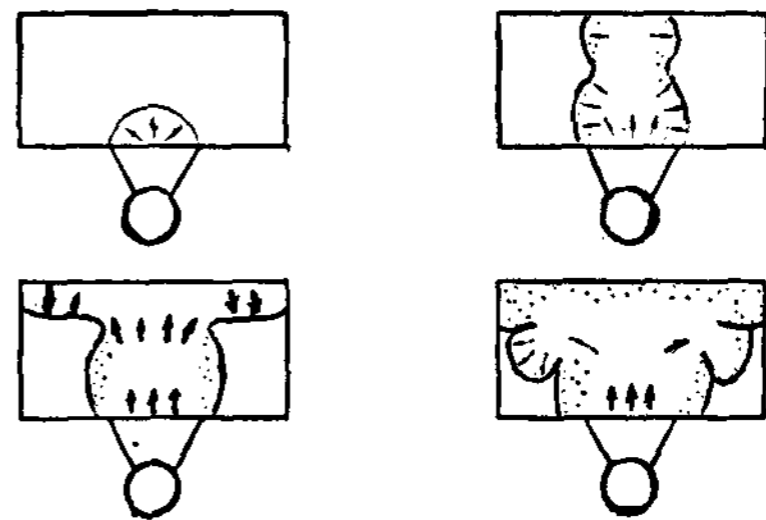


그림 3-20. 실제의 탕류와 potential flow



양산된 제품의 경우 선택적인 유로는 최초의 온도분포에 따르지 않고 cavity의 저부나 단면의 변화에 따른 제요소에 따라 발달한다.

그림 3-21. 평판의 탕류

그리고 H.K.Barton은 용탕은 저항이 적은 단면을 통과하는 유량, 유속은 커진다는 점에서 rib 등이 있는 곳은 용탕이 먼저 흘러고 평판에 rib가 있는 경우는 그림 3-22에 표시한 것과 같은 탕류로 되고 또 2개의 원형 frange를 가진 중공 주물에 있어서는 그림 3-23에 표시된 것과 같은 탕류가 된다고 말하고 있다. 다종다양한 주

물의 형상을 고려할 때 탕류에 대한 새로운 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

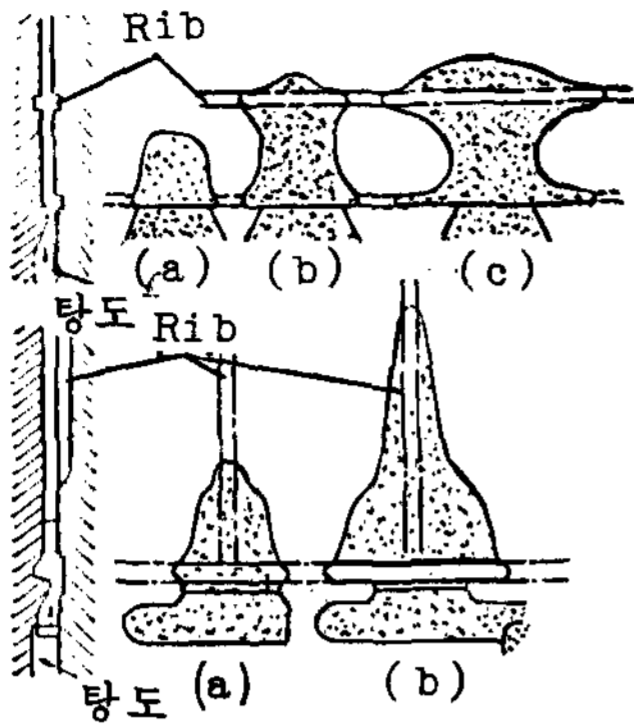
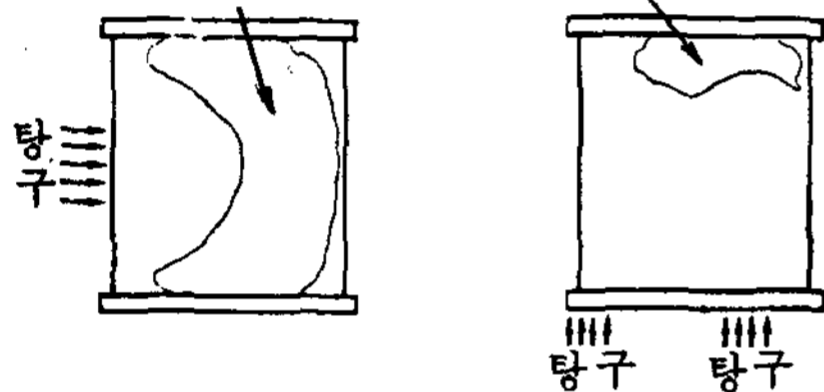


그림 3-22. rib이 있는 경우의 탕류
미충전부
(최후에 충전되는 곳)



선택적 탕류 방향은 현재의 온도구배를 증대시키고 가끔 포위상 탕선을 생기게 한다. 여기에 표시한 바와 같이 후육 및 부육의 부분이 있는 경우는 이와같은 효과를 증대시킨다.

그림 3-23. 양단에 프랜지가 있는 주물의 탕류

(3) 탕류에 있어서의 수력학적 및 유체역학적 현상

탕류의 실험 또는 그 흐름에 대한 수력학 및 유체역학적 고찰을 해 왔는데, Die casting의 탕류에 대해서 수력학 및 유체역학상으로 보아 참고로 될 수 있는 몇 가지 사항에 관하여 기술기로 한다.

(a) Cavity내의 탕류

Cavity내의 탕류를 고찰할 때, 탕구로부터 분사되는 협류는 분류로 생각하고 한꺼번에 모여서 흐를 때는 유체의 흐름 (일단 potential flow로 생각하여 적의

로 점성을 고려한다)으로 생각하는 적당하다고 생각된다.

(b) 분류

분류에 대해서는 수력학 및 유체역학에 의하여 많은 것이 알려졌으나, 분류는 분출후 중심부의 속도가 커져서, 그 흐름은 앞쪽으로 가는데 따라 넓어진다. 따라서 그 분류의 형상은 분사후 분출단면의 형상의 영향을 확대한다. 이를테면 어떤 형상의 얇은 칼날이 orifice로부터 분출되는 액체의 단면은 그림 3-24에 표시한 바와 같이 변화한다. 또 분출된 분류는 분출구 부근의 형상의 영향을 받아서 다시 유체중에 흐를 때 주위의 유체의 영향을 받는다.

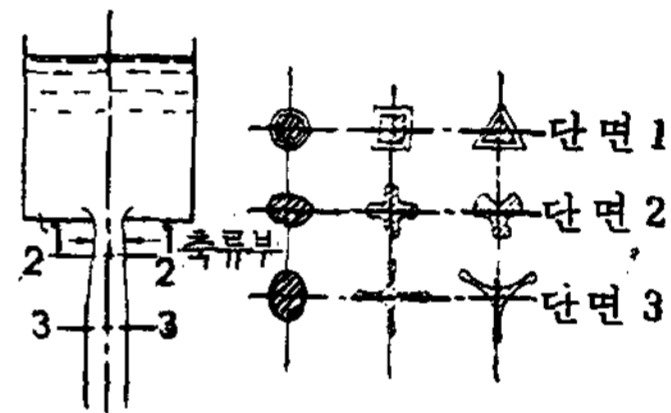


그림 3-24. 유출하는 분수의 형상

(c) 유체의 흐름

유체의 potential flow를 고찰하면, 유체가 각소를 흐를 때는 그림 3-25에 표시한 바와 같이 흐른다. 넓은 평면의 흐름에 있어서는, 저항이 없으면 그대로 흐르게 마련이기 때문에 변화는 없다. 저항이

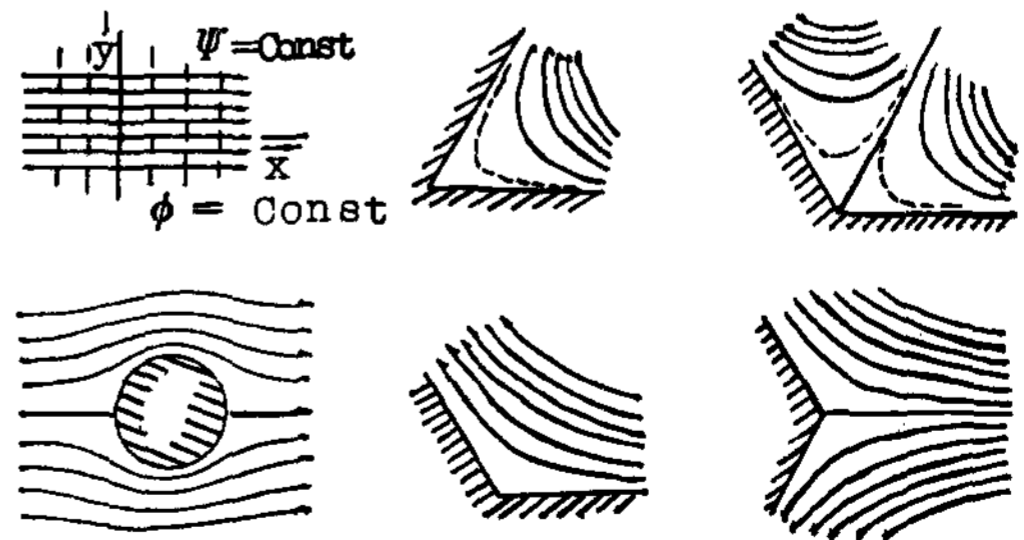


그림 3-25. 포텐셜 흐름의 예

있으므로 속도 떨어져 압력이 발생할 수 있으며 저항이 없으면 옆으로는 용탕의 흐르는 힘이 발생하지 않는다. 즉 각 분류가 동방향, 동 속도로 흐르고 있어도 접합하려는 분력은 극히 작다고 생각된다. 좀처럼 용탕을 잘 흐르게 하지 않으면 탕경, 주름 등이 발생할 위험이 있다.

(4) 와류

와류를 발생시키지 않도록 하는 것이 필요하다. 와류가 발생하면 운동에너지를 -를 와류 에너지를 -로 빼앗겨 에너지 손실이 온다. 일단 와류가 발생하면 이 에너지를 -는 영구히 유지되기 때문에 이 와류를 없애려면 커다란 힘을 요한다.

즉 그림 3-26의 (a)의 경우에는 A점에 공기를 잔류시키게 되어 탕경을 발생되기 쉽다. 또한 (b)의 경우처럼 칼만 와류 열을 발생하게 되면 많은 와류가 넓은 범위에 발생하게 되어 넓은 범위에 탕경, 주름, 흐름자욱 등을 발생하게 된다.



그림 3-26. 원통의 주위에 발생하는 와류

3-2. 주입압력

사출압력은 Al 합금의 die casting에 있어서 $300 \sim 1,500 \text{ kg/cm}^2$ (횡형기에서는 $600 \sim 800 \text{ kg/cm}^2$) 이고 Zn 합금 die casting에 있어서 $100 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ 이다.

이 사출압력이 시간이 경과함에 따라 변화하는 상태를 알아두어야 한다. 이것을 해명하는 방법으로는 현 상태로서는 용탕에 걸리는 사출압력의 대신으로 사출 cylinder piston에 걸리는 유압을 측정하는 간접적인 방법을 사용하고 있다.

H.H.Doehler¹²⁾는 사출중에 용탕의 사출 속도와 사출압력을 측정하기 위해 그림 3-27에 나타낸 장치를 사용하였다. 이 장치는 음극선의 진동계와 35mm 카메라 압력 head 및 plunger 이동행정 head로 되어 있다. 음극선 진동계는 직류 증폭기를 가진 것이고 또 진동계의 형광 스크린은 횡축에 시간을 잡아 종축에 plunger의 이동거리 혹은 사출압력을 잡아 그러한 관계를 보여 준다.

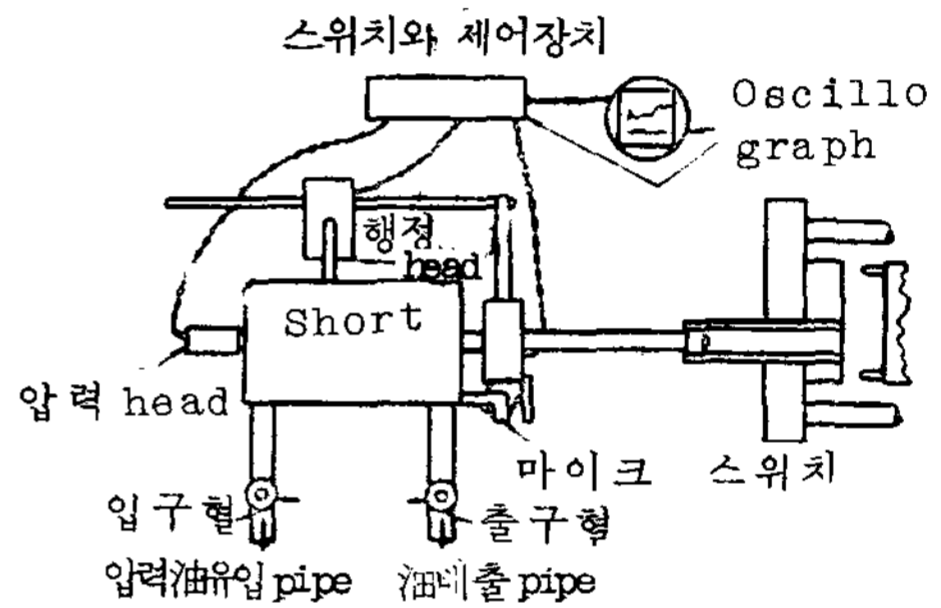


그림 3-27. cold chamber die cast 기의 short cylinder에 취부한 음극선 oscillo-graph 부착장치

카메라는 screen상의 비추어진 상을 기록한다. 압력 head는 유압회로중의 유압을 전기량에 변환하는 장치이고, 유압회로의 임의의 위치로 부착시킬 수 있다. 과정 head는 plunger의 이동을 전기량에 변환하는 장치이고 고정부와 이동부에서 구성된 고정부는 사출 cylinder에 고정되었고 이동부는 plunger에 부착해서 이와같이 이동한다.

일반의 사출압력은 accumulator의 설정압을 가지고 보인다. plunger가 전진하면 그의 양면 유압회로의 용적이 증가하고 그 때문에 accumulator내의 공기 또는 질소 gas의 팽창이 일어나 설정압이 저하한다.

보통 최종 압력이 설정압의 10% 이내의 압력 강하에 멈추도록 공기 또는 질소 gas를 충전해 주지 않으면 안된다. 이 최종

압력이 실제 사출압력이다.

용탕의 사출속도의 조절은 die cast에 따라 다르고, 다음의 방법중 어느쪽을 취한다.

- (1) short cylinder의 급수측의 개도를 조절한다.
- (2) short cylinder의 배수측의 개도를 조절한다.
- (3) 탕구의 크기를 바꾼다.
- (4) plunger의 직경을 바꾼다.

이것은 사출속도의 그외에 사출압력도 변화한다. 그림 3-27의 장치를 써서 얻은 short cylinder내의 압력 및 plunger의 이동거리와 시간과의 관계를 그림 3-28에 나타낸 것이다. 종축에 압력 및 plunger 이동거리를, 횡축에 경과시간을 나타내었다.

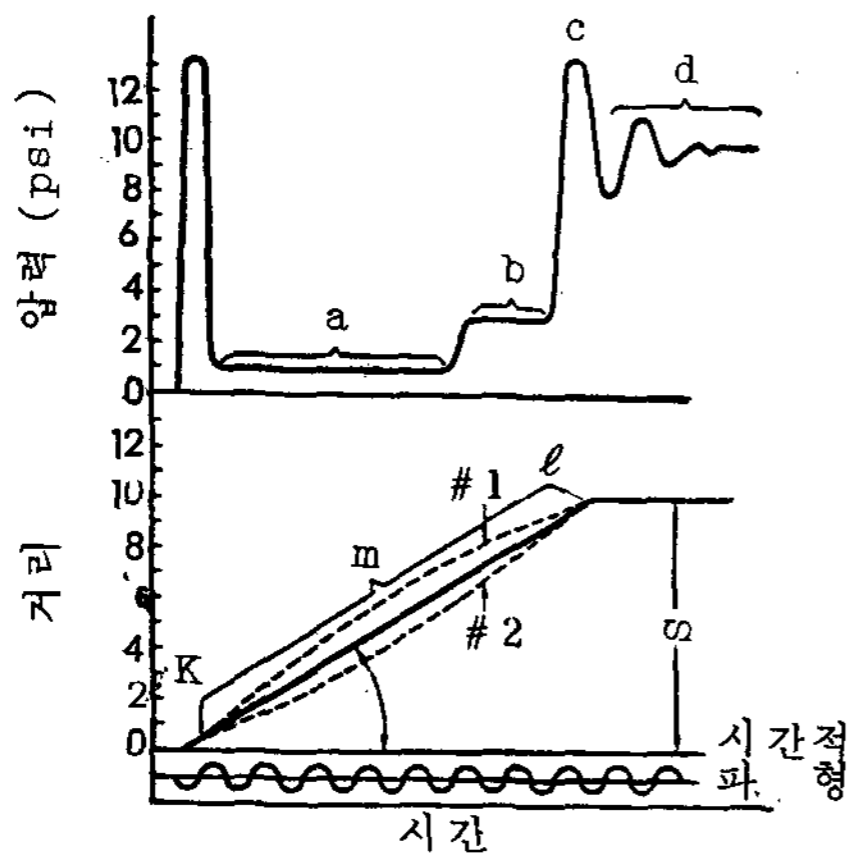


그림 3-28. Doehler의 압력 및 이동거리 대 시간곡선

Plunger 이동거리와 시간곡선으로서 K점을 plunger가 이동을 시작한 점에서 1점은 이동이 종료한 점이다. 시간을 t로 거리 s를 나눈 값은 plunger의 평균속도를 나타낸다. 혹시 m부가 직선이면 plunger 속도는 시종 일정하다. m부가 위로 볼록 (#1)이면 속도는 최초로 빠르고 마지막에 가서 느리게 된다. m부가 오목 (#2) 하면 속도는 처음에는 서서히 늘어나고 나중에는 빨라지고 전 이동거리를 통해서 증

가하게 된다.

압력-시간 곡선에서 최초의 peak는 plunger의 시동시에 있어 관성에 의한 것으로서 중요한 것은 아니다.

a부는 plunger sleeve 탕도 및 탕구를 충만하는 압력이고 b부는 cavity를 충전하는 압력, c부는 cavity의 충진을 완료하고 plunger가 정지했을 때 생기는 peak를, d부는 plunger가 정지했을 때에 발생한 관성에 의해서 생긴 파동으로서 극히 단시간으로서 감쇠하는 압력을 나타낸다.

그림 3-29는 H.K. Barton¹³⁾이 Doehler와 같은 방법으로 얻은 표준적인 압력대 시간곡선을 나타낸다. plunger가 이동을 개시했을 때 탕도의 관성저항은 2~5/1,000 sec에 일어나지만 탕도가 움직이기 시작하면 0으로 되돌아 간다. 약 25/1,000 sec 부근에서 탕도가 충만되고 흐름이 탕구에 도달하고 급방 정지한 상태로 되어서 제 1의 peak가 있는 (탕구파), 다음의 60/1,000 sec간은 cavity의 충전기간으로 사출압력은 그침없이 증가한다. 충진이 완료됐을 때 제 2의 peak (충전파)가 있고 따라 응고개시와 같이 파동을 감손한다.

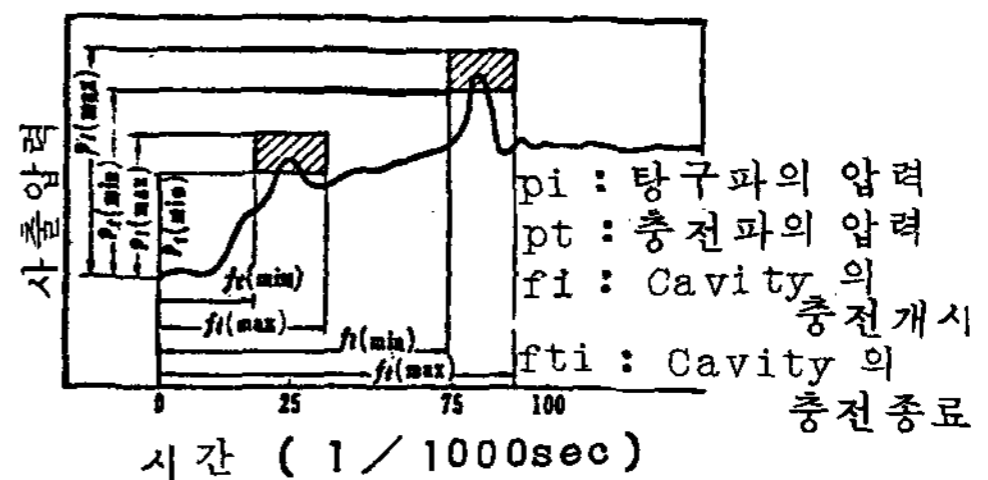


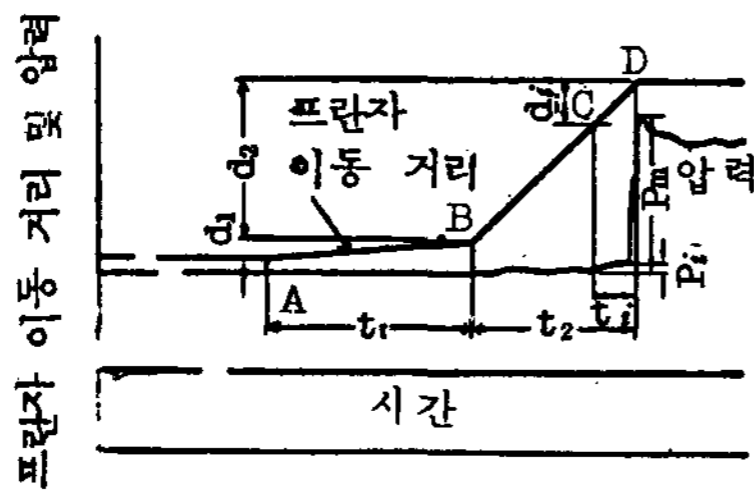
그림 3-29. Barton의 압력대 시간곡선

그림 3-28 및 3-29의 곡선은 서로 다르고 그의 다른 점은 cavity 충전시의 압력에 있다. 서로 다른 원인은 주조 조건의 차이에 의한 것으로 생각할 수 있으나 최근 연구로서는 그림 3-28과 동형의 곡선을 보이고 있는 것이 많다.

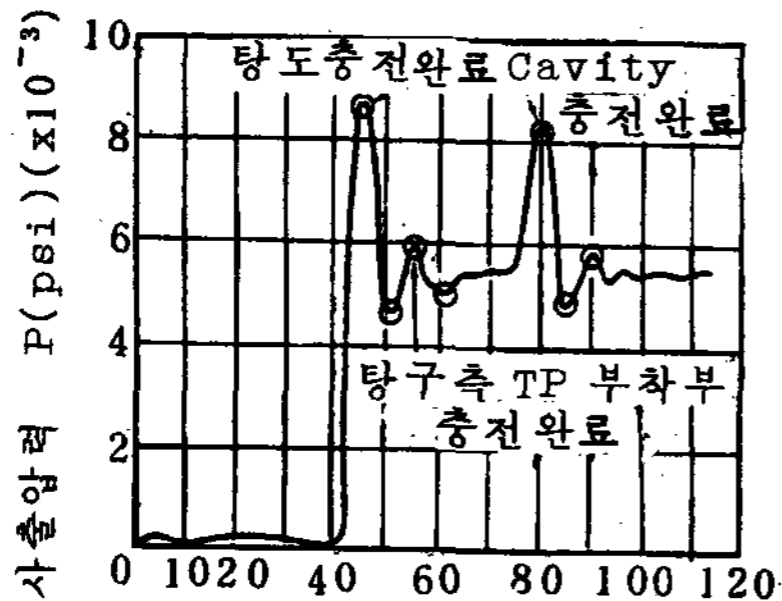
다른 시험으로서 A.S.Overas 및 L. Badone¹⁴⁾은 600 t cold chamber의 일기에 측정장치를 사용해서 사출압력 및 plunger의 이동거리 대 시간곡선을 얻었다.

로도셀은 plunger 룯드와 piston 룯드의 사이에 set 되어 사출압력을 측정한다. 종래의 방법은 피스톤 룯드와 사출 cylinder 사이의 마모 및 plunger와 sleeve 사이의 마모를 사출압력에 포함하고 있었으나 이 방법은 전자의 마모를 포함되지 않는 데에 특징이 있다. 즉 용탕이 한층 더 가까이 있으므로 압력 측정치는 훨씬 정확하다. 이 방법에 의한 die cast 등근 봉은 test pease의 사출압력 대 시간곡선을 그림 3-30(1)에, Barton 및 작정¹⁵⁾가 함께 구한 똑같은 곡선들 (2)에 보인다.

(1)에서는 plunger의 시동시의 관성에 의한 압력상승 및 탕구충진(c)까지의 압력상승 및 탕구근처에 잡은 충전완료시의 압력상승이 거의 인정되지 않고 또 cavity충진 중 (c)~(b)의 압력도 낮다.



(1) Overas & Badone의 결과



(2) Barton & Sakui의 결과

그림 3-30. test piece의 사출압력 대 시간곡선

이 장치에 의해 (2)와 같이 사출을 행하였을 때는 좋은 물품을 얻을 수가 없었다. 이 두 그림의 차는 탕구 크기의 차이에 의해 설명하고 있다. 이의 측정장치가 현재로서는 오차가 적은 것으로서 좋은 방법이라고 생각된다. 그리고 이 실험으로써 cavity내의 용탕에 걸리는 압력을 직접 측정하려고 시도했다. 즉 밀어내는 pin의 배후에 로드셀을 두고 압출 pin에 걸리는 압력을 측정했으나 밀어내는 pin과 그 핀의 공간에 용탕이 친입한 pin의 움직임을 제한하고 바른 압력을 얻을 수가 없었다.

게다가 충전 초기에 응고하는 표피는 용탕의 압력변동의 측정을 불가능하게 했다. accumulator 압력의 고저가 압력대 시간곡선을 변화시키는 상황을 그림 3-31에 나타냈다. 또 여러가지 조건의 영향을 표준상태의 곡선과 비교해서 그림 3-32에 나타냈다.

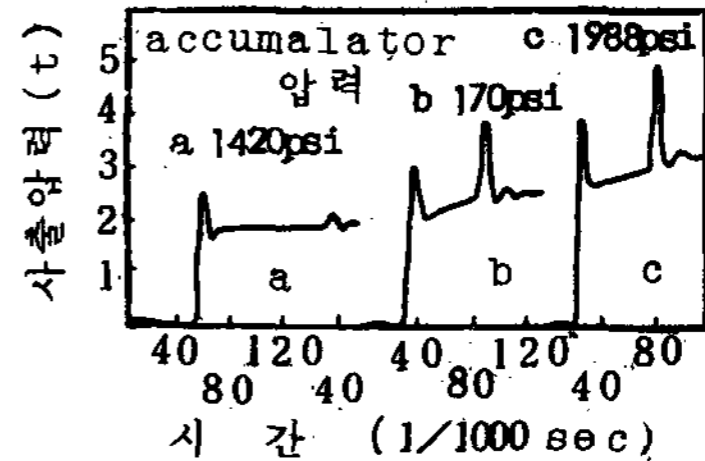
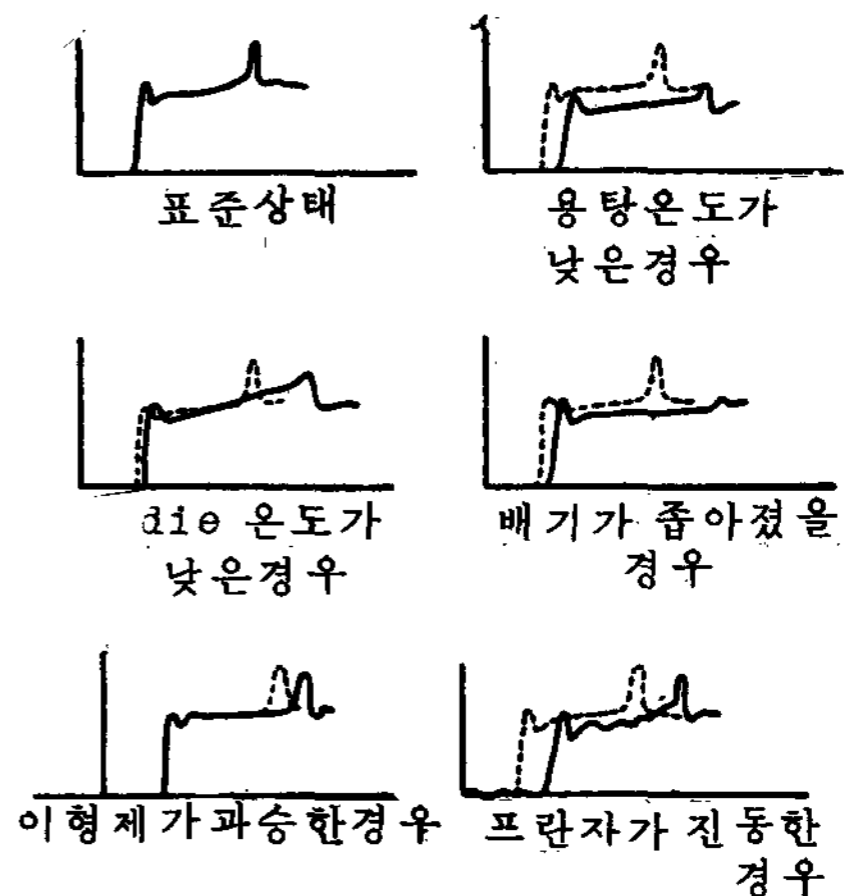


그림 3-31. accumulator 압력의 영향



(파선은 표준상태를 나타냄)
그림 3-32. 각종 주조조건의 영향

die cast의 실제작업에 있어서 사출곡선을 기록하는 것은 품질관리상 효과적이다.

3-3. 가압주입에 대한 수역학적 고찰

cavity내에 있어서 용탕의 응고시간은 항상 그의 충전시간보다 길지 않으면 안된다. 그러나 사출속도가 지나치게 크면 cavity내의 공기나 gas가 빠져나갈 수가 없어 주물은 내부에 기공을 발생한다. 그렇기 때문에 적절한 cavity의 충전시간 및 탱구에 있어서 용탕사출 속도를 알아 둘 필요가 있다.

3-3-1. 용탕 압입속도 및 충전시간

점성이나 마찰이 없고 압축도할 수 없는 이상유체로서 다음과 같은 수역학적 식이 사용된다.

연속식: 유선관을 임의로 짜르는 입구에 있어서 면적과 흐름의 빠름을 각각 A_1, A_2 및 V_1, V_2 라고 하면 유량 Q 는 일정하다.

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = \text{일정} \dots \dots \dots (3.1)$$

베르누이의 정리: 관의 중심선을 함유한 수평면을 기준 평면으로 잡으면 위치수두 $Z = 0$ 이니까 v, p, r 및 g 를 각각 유속, 압력의 강도, 유체의 단위체적의 중량 및 중력의 가속도라고 하면 베르누이의 정리는 다음식으로 표시한다.

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{r} = \text{일정} \dots \dots \dots (3.2)$$

die casting의 경우는 $p \text{ kg/cm}^2$ 의 압력하에서 면적 A_0 되는 plunger에 의해 면적 A 의 탱구에서 사출되는 용탕의 사출속도는 (v) 식 (3.1) 및 식 (3.2)에서

$$v = \sqrt{\frac{2gp}{r} \frac{1}{1 - (\frac{A}{A_0})^2}} \dots \dots \dots (3.3)$$

이다.

실제의 속도를 나타내는 식은 에너지의 손실을 고려해야 하므로

$$V = C_v \sqrt{\frac{2gp}{r} \frac{1}{1 - (\frac{A}{A_0})^2}} \dots \dots \dots (3-4)$$

C_v 는 속도계수이다. 다음으로 면적 A 의 탱구에서 나와 분류의 단면적을 탱구를 나온 후에 축소한다. C_c 을 수축계수로 하고 이러한 것을 고려하면 탱구에의 유량 q 는

$$q = C_c A \sqrt{\frac{2gp}{r} \frac{1}{1 - C^2 (\frac{A}{A_0})^2}} \dots \dots \dots (3-5)$$

다음은 $C = C_c \cdot C_v$ 는 유량계수이다.

A_0 가 A 에 대해서 매우 클때는 근사식으로 다음식을 쓸 수 있다.

$$q = C_c A \sqrt{\frac{2gp}{r}} \dots \dots \dots (3-6)$$

따라서 cavity의 체적 Q 의 충전시간 t 는

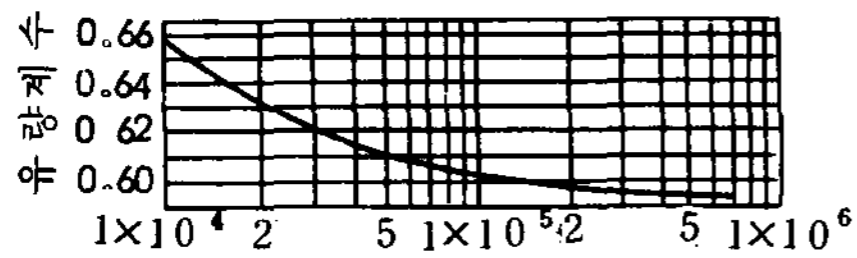
$$t = \frac{Q}{q} = Q/C A \sqrt{\frac{2gp}{r}} \dots \dots \dots (3-7)$$

이다.

그러나 실제 die casting의 사출과정은 복잡하기 때문에 충전시간 t 는 (3-7)과 같은 단순한 식에 의해서는 정확한 값을 구할 수 없다. 여기에서는 생각하는 방법에 기초가 되는 식을 나타낸 것이다.¹⁶⁾

3-3-2. 유량계수 (C)

물의 유량계수 C 는 그림 3-33¹⁷⁾에 보인다. 이 그림은 reynolds 수 $Re > 10^4$ 의 범위에 있어서 얇은 오리피스(직경 d)의 C 와 $Re = \frac{d\sqrt{2gH}}{V}$ 와의 관계도에서 H 는 수두 g 는 중력의 가속도 V 는 물의 움직이는 점성계수 ($0^\circ, 10^\circ, 20^\circ \text{C}$ 의 V 의 값은 $1.78, 1.31, 1.00 \text{ m}^2/\text{sec} \times 10^6$)이다. 굵은형 오리피스는 c.d의 식 대신



$$Re = d\sqrt{2aH}/V$$

그림 3-33. 薄刃 orifice 의 유량계수

으로 $2bh/(b+h)$ 를 사용하여 계산한 값보다 수두의 높은 곳에서는 1~2%쯤 크다. 다만 b와 h는 矩形이 서로 인접한 두면의 길이이다.

원형 오리피스에서는 수두 H가 너무 낮지 않을 때 오리피스에서 $d/2$ 쯤 튀어나온 곳에서 분류의 단면적이 최소로 된다. 측류가 완전한 경우에는 보통 $C = 0.61$ 정도의 크기를 가진다. 유량계수 C는 오리피스에 있어

$d/2$ 쯤 튀어나온 곳에서 분류의 단면적이 최소로 된다. 측류가 완전한 raynozzle 수 Re 기하학적 관계 올리휘 부근의 벽면의 평평하지 못한 정도 등에 의해 변한다.

dies 를 써서 탱을 분출한 경우의 C는 그림 3-34¹⁸⁾의 장치로서 물을 사출하고 $Q = C\sqrt{2gp}at$ 의 식에서 구한다. Q는 시

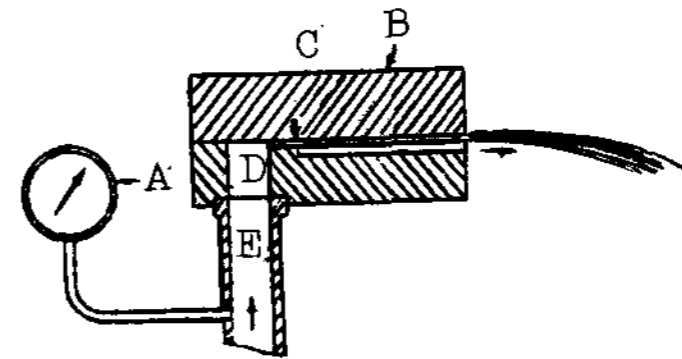


그림 3-34 dies 탱구의 유출계수 측정장치

- A : 압력계
- B : Dies
- C : 탱 구
- D : 냉압실
- E : 수 도

< 표 3-1 >

각종 Die Cast 재료의 유량계수

재 료	냉압실의 압력 (atm)	유량계수				
		42.1	91.1	140	189	238
물	C mean	0.589	0.461	0.534	0.496	0.462
	C max	0.668	0.572	0.628	0.602	0.645
아 연 주입 온도 510℃ 형 온도 12℃	C mean	0.636	0.617	0.645	0.627	0.547
	C max	0.702	0.618	0.718	0.638	0.657
연 주입 온도 410℃ 형 온도 12℃	C mean	0.498	0.481	0.578	0.608	0.551
	C max	0.528	0.570	0.602	0.670	0.706

간 t내에 단면적 a의 탱구에서 유출하는 수량 p는 Head 이다. $a = 1 \times 0.05 \text{ cm}^2$
 $p = 1.71 \text{ atm}$ 에서 $t = 60 \text{ sec}$ 에 유출하는 수량 $Q = 4,722 \text{ cc}$ 이었으니까 이 dies에 대해서도 $C = 0.768$ 이었다.

다른 실험¹⁸⁾에서 물, 아연 및 연과 矩形

상의 cavity에 공압식 명기판 후래무 15형기에 의해 주조하고 그러한 유량계수를 구했다. 탱구에는 $1 \times 0.056 \text{ cm}^2$ 으로써 결과는 표 3-1에 나타낸다.

Cmean는 cavity의 충전완료까지의 전 시간에 있어 평균 유량계수, Cmax는 사출

속도가 최대일 때의 유량계수이다. 물의 C_{mean} 는 약 0.5로 전술한 cavity에 의해 구했다. 0.768에 비교해서 훨씬 적다. 아연의 C_{mean} 는 약 0.6 연의 C_{mean} 은 0.5~0.6이다. 타 합금에 대해서는 여러 주입온도 사출압력 및 탕구의 형상에 의한 C를 실험에 의해 구할 필요가 있다. 이 근사치로서 C는 0.5~0.6으로 생각해도 별지장이 없다고 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) G Lieby : Design of die castings Franchk'she (1949)
- 2) 일본 die cast 협회 ; die cast 제품의 표준가격과 그 계산 예 (1965)
- 3) 일본 die cast 협회 ; 표준가격 산출의 기초 (1965)
- 4) C.O.Herb ; Die casting (The industrial press, New York)(1936) 13.
- 5) 加山 8 市田 ; die cast 법의 연구제 1 보 주물 Vol.24, № 5 (1963) 29.
- 6) 加山 8 市田 ; die cast 법의 연구제 2 보

- 주물 Vol.24, № 11 (1963) 18.
- 7) W.E.Smith & J.F.Wallace ; Gating of die casting A.F.S (1965)
 - 8) L.Frommer ; Hand buck der spritzgusstechnik Julius Springer (1933)
 - 9) W.Brandt ; Tech Zenter. Prakt. Metallbearbeit Vol.47 (1937) 751
 - 10) W.Koester, K.Göhring ; Giesserei. Vol.28, № 26 (1941) 521
 - 11) 太田 ; die cast (日本日刊工業新聞社) (1957)
 - 12) H.H.Doehler ; Die castings McGrow-Hill Book Co. Inc. (1951)
 - 13) H.K.Barton ; Modern casting. Vol. 46, № 5 (1962) 152
 - 14) A.S.Overas & L.Badone ; Foundry Vol.93, № 3 (1965) 124
 - 15) H.K.Barton & S.Sakui ; Machinery (London) Vol.96, № 27 (1960) 937
 - 16) die cast 기술편람 : (日本日刊工業新聞社) (1966) 991
 - 17) 기계 공업 편람 : (日本機械学会) (1954) 8~23
 - 18) 太田 ; Die Cast (日刊工業新聞社) (1957) 54

(次号에 계속)