

技術資料

다이캐스팅 주조법에서의 주조방안(2)

장 철 현

Casting Plan of Aluminum Die Castings (2)

C. H. Jang

2.5.6 탕도의 형상 및 크기

게이트의 면적과 위치를 선정한 후 탕도의 형상과 크기를 결정하여 준다. 탕도의 기능은 용탕을 슬리브로부터 캐비티까지 인도하여주는 통로로서 기본적인 조건을 다음과 같다.

- ① 용탕의 온도저하 및 압력의 손실이 적어야 한다.
- ② 탕도내에서 가스혼입이나, 난류를 일으키지 않는 형상

③ 복수 캐비티 또는 탕도내에서 가스혼입이나 난류를 일으키지 않는 형상

④ 탕도의 용적은 될수 있는대로 적게한다.

⑤ 생산성에 악영향을 주지말것(제품취출, 트리밍 등)

일반적으로 적용되고 있는 탕도계 형상 및 배치의 예는 그림 12와 같다. 탕도의 면적을 쓸데없이 크게 취하면 스크랩 발생이 증가할 뿐 아니라, 게이트 부분을 과열시켜 응고시간(Chill

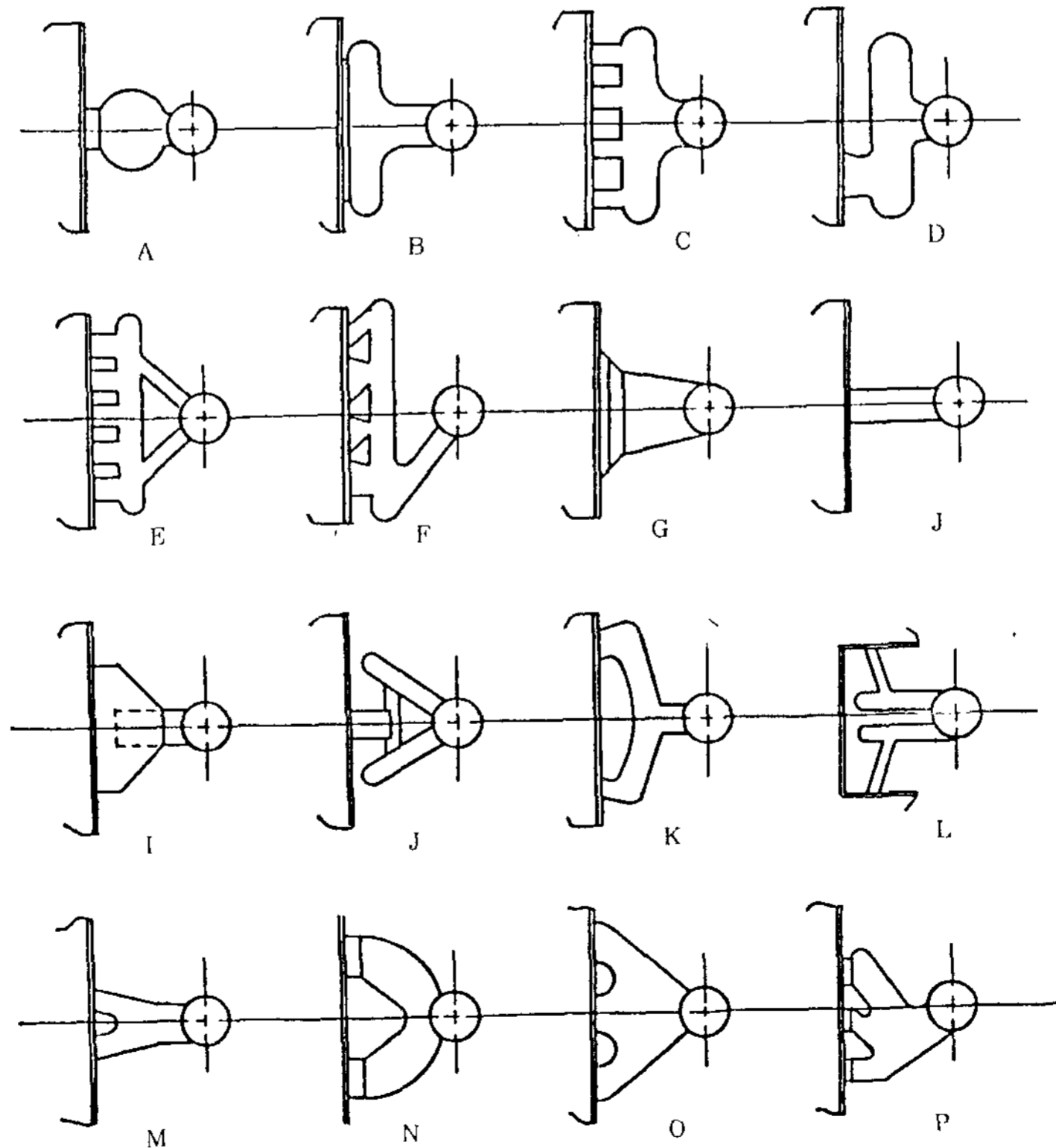


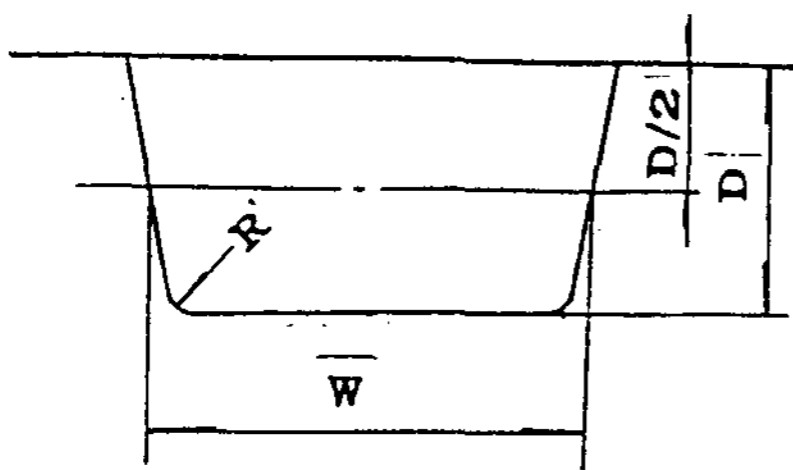
그림 12. 탕구계 형상

Time)을 연장시켜 생산성을 낮추므로 적당하게 선정해 주어야 한다. 탕도의 면적과 형상을 결정하는 방법의 예는 다음과 같다.

1) 일반적으로 적용되고 있는 탕도의 크기

○ 탕도의 폭은 「10~80mm」 두께는 「3~15mm」 범위의 것이 이용된다. 상당히 큰 주물이 아니면, 15mm 이상의 두께는 그다지 사용되지 않는다.

○ 통상의 주조품인 경우 「폭 : 30~50mm」 「두께 : 4~8mm」의 것이 사용



$Ar/Ag=1.25\sim1.26/1$
 Ar : 탕도 단면적
 Ag : 게이트 단면적
 $W/D=1.6\sim1.8/1$
 $R : 1.6(W < 12.5)$
 $R : 2.4(W > 12.5)$

그림 13. 탕도 크기 결정예

2) Canada Die Cast 협회에서 추천한 탕도결정법

○ 게이트의 면적(Ag)과 탕도 면적(Ar)의 비

$Ag : Ar = 1 : 1.25 \sim 1.6$

○ 탕도깊이(Rd)와 탕도폭(Rw)의 비

$Rd : Rw = 1:4(A1의 경우)/2:5(Mg의 경우)$

3) Buhler Brothers Ltd.에서 발표한 탕도결정법

○ 게이트의 면적(Ag)와 탕도면적(Ar)의 비

$Ag : Ar = 1:3 \sim 1:4$

○ 게이트 두께(Tg)와 탕도 두께(Tr)의 비

$Tg : Tr = 1:5 \sim 1:8$

○ 두꺼운 두께의 제품인 경우 탕도를 20~30% 두껍게 해준다.

2.5.7 오버홀로우 및 가스벤트의 형상 및 크기

「오버 홀로우」는 주조 초기에 분사된 산화물, 이형제, 윤활제, 드로스, 냉각된 용탕 및 가스가 혼입된 용탕을 빼내주기 위하여 금형의 온도를 균일하게 유지시키기 위하여 금형의 가스가 모이는 곳이나 금탕되기 어려운 고립된 부분에 설치하여 기포(Porosity)를 방지하거나, 탕회를 좋게하기 위한 가스뽑기로써 압출핀용 자리로써 이용되어 진다.

「가스벤트」는 캐비티내 가스를 뽑아주기 위하여 금형분할면상의 적당한 장소에 설치한다.

오버 홀로우 및 가스벤트의 위치(배치)는 탕구위치, 용탕의 탕류에 따라 결정되어 진다. 따라서

○ 캐비티내 가스를 뽑아내어야 할 필요가 있는 부분

○ 가스 빠짐이 어려운 부분

○ 가스가 잔류할 수 있는 곳에 설치하며,

오버 홀로우는 이런목적 이외에 스팀 터빈의 콘덴서와 같이

○ 용탕을 빨아들여 탕류를 향상시키기 때문에 캐비티 압력이 상승되는 곳

○ 용탕의 흐름이 어려운 곳

○ 탕류의 선단부가 사라지는 곳

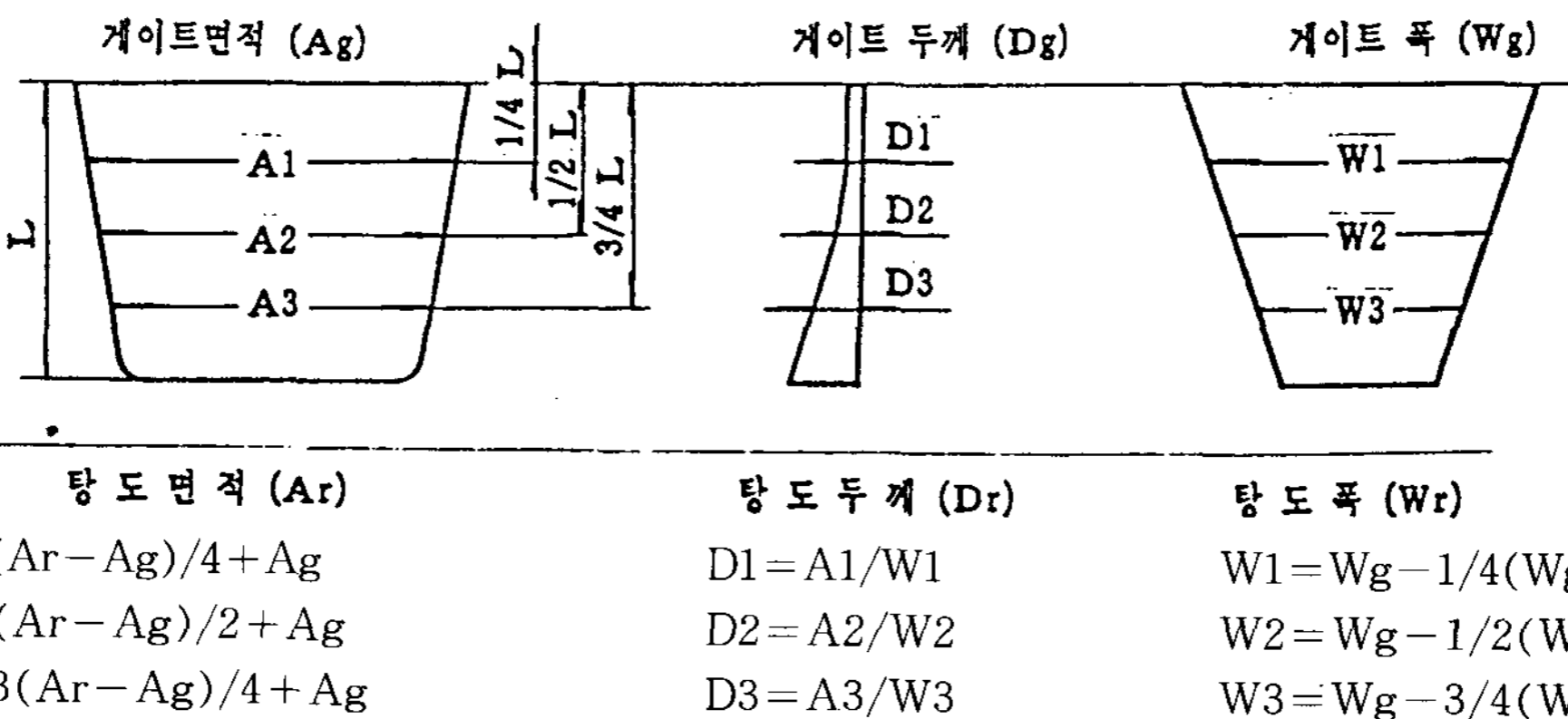
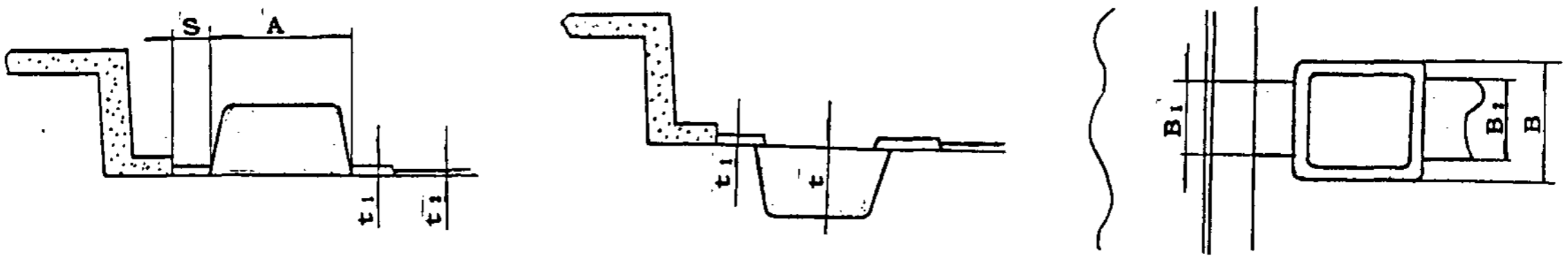


그림 14. 부채형(FAN-TYPE) 탕도계의 단면적, 두께, 폭의 결정 예



오버홀로우와 가스벤트의 크기

합 금	A	B	t	t ₁	t ₂	S	B ₁	B ₂
Al	15~35	15~50	3.6~6.0	0.5~1.2	0.1~0.3	5~8	6~25	10~40
Zn	10~30	15~50	5~10	0.25~0.5	0.05~0.175	4~8	10~25	10~40

가스벤트 두께와 용탕 침투 길이

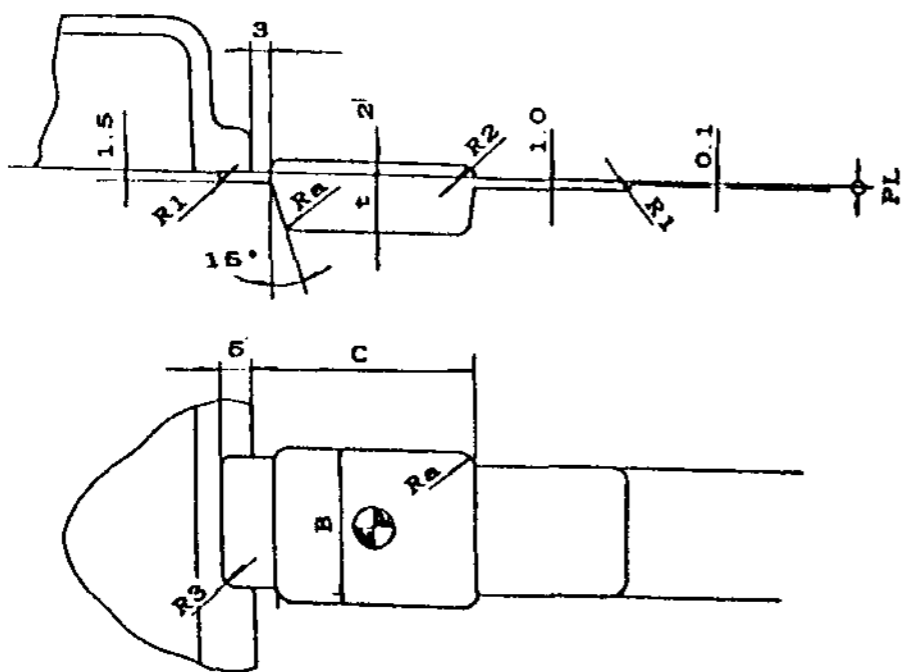
두	께	용 탕 침 투 길 이	비 고
0.05		0	가스 빠짐이 나쁘다.
0.08		0 ~ 3	↑
0.10		1 ~ 10	
0.15		10 ~ 30	↓
0.20		20 ~ 60	가스 빠짐이 좋다.
0.30		50 ~ 120	(가스벤트 길이를 2배로 한다.)

그림 15. 오버홀로우와 가스벤트의 크기 결정 예

- 탕류가 마주치는 합류부분
- 금형온도가 항상 저하하는 곳에 설치한다.

1) 벤트 및 오버 홀로우 크기 결정법은 그림 15 및 그림 16과 같다.

2) 일반적으로 벤트 및 오버 홀로우 단면적은



- 주기 : 1. 지시없는 구배는 1° 임
2. Ra : 300T이하의 경우 R3
650T이상의 경우 R5
3. t : 300T이하의 경우 8
650T이상의 경우 10
4. B, C : 구조방안도 작성시 지시(그림 15)
5. 가동형의 오버 홀로우가 설치될때엔 압출 편을 사용할것

그림 16. 오버홀로우부 가공 표준의 예

게이트 단면적의 50%이상이 필요하다.

○ 제품의 중량(Wc)과 오버 홀로우 중량(Wof)의 비

$$Wc : Wof = 1 : 0.1(\text{대물}) \sim 0.2(\text{소물})$$

○ 게이트의 면적(Ag)과 벤트면적(Avt)의 비

$$Ag : Avt = 1 : 0.5$$

○ 게이트의 면적(Ag)과 오버 홀로우 면적(Aof)의 비

$$Ag : Aof = 1 : 0.6 \sim 0.75$$

3) Buhler Brothers Ltd.에서 발표한 벤트 및 오더 홀로우 결정법은 다음과 같다.

○ 주물 체적(Wc)과 오버 홀로우 체적(Wof)의 비

$$Wof : Wc = 1 : 3 \sim 5$$

○ 게이트의 면적(Ag)과 벤트 면적(Avt)의 비

$$Ag : Avt = 1 : 1/3 \sim 2/3$$

2.6 금형냉각방안의 결정

2.6.1 금형과 용탕온도

금형은 일종의 열교환기로서 금형온도는 용탕을 캐비티내에 양호한 상태로 주입시킬 수 있는 역할과 용탕을 빨리 응고시킬 수 있는 역할의 상반된 두가지의 역할을 하고 있다.

일반적으로 금형온도는 ·용탕온도 ·시간당 주

조수(Shot Cycle) ·금형냉각의 3가지 요소에 의하여 결정되어진다 할수 있다. 따라서 이 3요소를 관리하여 금형온도를 적정수준으로 유지시키는 것은 주조품의 품질확보 및 생산성 향상을 위해 매우 중요한 사항이다.

1) 금형온도가 높아질수록 탕류는 좋아지나 너무 높으면 다음의 문제를 일으킬 수 있다.

- 응고시간이 연장된다.(생산성 저하)
- 응고수축의 문제 발생(치수정도의 저하, 변형발생)
- 금형의 열화(Heat Check, 용손 발생)

2) 금형온도가 너무 낮으면 다음의 문제를 일으킬 수 있다.

- 유동성 저하(탕경, 탕주름의 발생)
- 응고수축의 문제 발생(수축균열의 발생)

용탕온도는 금형온도에 대해 가장 큰 영향을 주는 요소이다. 일반적으로 금형온도는 예열정도에 따라 다르지만 시간당 일정한 SHOT수로 주조할 때 수십 SHOT 후 안정화되어 일정온도(1SHOT간의 온도변화는 있음)에서 평형상태로 된다.

이평형은 ·주조중 단위시간당 금형에 가하여지는 열량(qKcal/hr), 즉 제품으로부터 얻어지는 열량(q₁)과 빼앗기는 열량(q₂)의 차이와 ·단위시간에 금형으로부터 방출되어지는 열량(q' Kcal), 즉 자연방출되어지는 열량(q₃)과 냉각수에 의해 제거되어지는 열량(q₄)의 합이 같게되므로서 얻어지게 된다.

q=q' q₁-q₂=q₃+q₄(16)

따라서 q-q₃의 열량을 금형 냉각수로서 제거한다고 할 수 있다. 구미의 연구결과에 따르면 금형으로부터 '자연방출'되어지는 열량 q₃는 금형에 가하여진 열량의 약 40% 정도이며 '냉각수'로서 제거되어야할 열량은 금형에 가하여진 열량의 약 60%정도라고 한다.

매 시간 금형에 가하여지는 열량 q는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

q=W·N{c(Tc-ts)+H}(15)

- W : 주입중량(kg)
- N : Shot수/시간
- c : 평균비열(0.35Kcal/°C/kg)
- Tc : 주조온도(°C)
- ts : 제품취출온도(°C)

H : 용융잠열(93Kcal/kg)

주) ADC 10의 경우임.

ADC 12의 경우 C : 0.25Kcal/°C/kg

H : 94Kcal/kg

2.6.2 냉각회로의 구조

금형의 냉각회로를 구성하는 「수로」의 형식

① 분류식(Fountain)

직류식 냉각이 불가한부분에 이용되는 Spot냉각방식임. 냉각능력 50~80Kcal/cm²/hr

② 직류식(Water Line)

일반적인 냉각방법이다.

냉각능력 25~30Kcal/cm²/hr

③ 공냉식(Air Cooling)

특히 협소하여 냉각수로를 설치할 수 없는 부분에 에어블로우를 설치하여 공냉시키는 방법

④ 간접 수냉식(Heat Pipe)

온도가 상승되는 부분임에도 불구하고 직접 냉각회로를 설치할 수 없는 경우에는 Heat Pipe를 삽입한 후 그 끝부분에 냉각수를 통과시켜 열을 효과적으로 흡수시키는 냉각방식임.

냉각회로 설계시 유의해야 할 사항

① 분류자 및 분류자용 부위는 독립된 수로를 설치해 준다.

② 게이트 부분은 고온으로 되어 제품부에서 수축이 발생하기 쉬우므로 고정형 및 가동형 양쪽 냉각수로를 만들어준다.

③ 제품의 두꺼운부분, 보스부분 등에는 가급적 분류식 냉각 수로를 설치하여 준다.

④ 가동중자는 온도가 상승시 접촉부와의 틈새가 없어지고 굽힘현상이 일어날 수 있으므로 가급적 냉각수로를 설치하여 준다.

⑤ 제품부에 너무 가까이 설치하면 균열이 발생하며, 리크불량의 원인이 되므로 제품부로부터 적어도 5mm이상 떨어져 설치한다.

2.7 탕구방안의 결정에

자동차 미션용 부품인 미션 케이스에 대한 탕구방안을 계산해 보자.

2.7.1 주조기의 선정

「투영면적」은 주조할 제품의 도면상에서의 금형 분할면을 설정한 후 구한다. 실물 크기의 도면(현척)인 경우에는 플래니미터(Planimeter)를 이용하여 구한다.

① 투영면적(Ap) : $A_p=880\text{cm}^2$

「주조압력」은 제품의 특성에 따라 「표 5」에서 선정한다. 본 제품은 내압부품이므로

② 주조압력(Pm) : $P_m=800\text{kg/cm}^2$

「형체결력」의 결정은 「2-2항」에서 거론한 바와같이 탕구계의 면적과 기계의 안전율을 고려 50%를 더 가산한다.

③ 형체결력(Fℓ) :

$$F\ell = 880\text{cm}^2 \times 800\text{kg/cm}^2 \times 1.5 \\ = 1,056,000\text{kg} = 1,056\text{ton}$$

「주조기」는 현재 보유하고 있는 주조기중 계산된 형체결력을 만족시키는 것을 선정한다.

④ 주조기선정 : 1250ton m/c

2.7.2 탕구방안의 결정

「제품 중량」은 도면상에서 계산하여 구하든가, 실물이 있는 경우엔 실물을 측정한다.

① 제품중량(Wp) : $W_p=7500\text{g}$

「제품두께」은 도면상에서 최소두께로 선정한다.

② 제품두께(tm) : $t_m=4.7\text{mm}$

「충진중량(게이트 통과중량)」은 「2.5.4항」에서 제품 중량의 1.1(대물)배를 취한다.

③ 충전중량(Wf) : $W_f=7500 \times 1.1 = 8250\text{g}$

「충진체적」은 「충진중량」과 「식 (6)」을 이용하여 구한다.

④ 충전체적(Vf) : $V_f=8250\text{g}/2.7\text{g/cm}^3=3056\text{cm}^3$

「충진시간」은 「2-4항」 및 「표 2」를 이용하여 선정한다. 충전시간은 0.01~0.3s의 범위이나 자동차용 일반부품의 경우 0.05~0.1s로 선정한다.

⑤ 충전시간(tf) : $t_f=0.1\text{sec}$

「게이트 통과속도」는 「2.5.3항」 및 「표 6」을 이용하여 선정한다.

속도는 40~60m/s의 범위이나 설계초기 단계에서는 50m/s로 선정한다.

⑥ 게이트통과 속도(Vg) : $V_g=50\text{m/sec}$

「게이트 면적」은 「2.5.4항」의 「식 15」를 이용하여 구한다.

⑦ 게이트 면적(Ag) : $A_g=3056\text{cm}^3/(0.1\text{s} \times 50\text{m/s})=6.11\text{cm}^2(611\text{mm}^2)$

「게이트 두께」는 「2.5.5항」의 표 8 (b)를 이용하여 선정한다. 시작주조 단계에서의 금형 수정을 고려한다. 용접수정보다 가공수정이 되는 방향으로 선정한다.

⑧ 게이트 두께(Tg) : $T_g=2.3\text{mm}$

「게이트 폭」은 「게이트 면적」과 「게이트 두께」를 이용하여 구한다. 제품부에서의 게이트 설정위치가 계산된 게이트 폭을 수용할 수 있는지 고려하여 폭과 두께를 조정한다.

⑨ 게이트 폭(Wg) : $W_g=266\text{mm}$

「탕도면적」은 「2.5.6항」을 이용하여 선정한다.

⑩ 탕도면적(Ar) : $A_r=611 \times 3 = 1833\text{mm}^2$

「오버 홀로우 면적」은 「2.5.7항」을 이용하여 선정한다.

⑪ 오버홀로우 면적(Aof) : $A_{of}=611 \times 0.6 = 367\text{mm}^2$

2.7.3 사출조건의 결정

「슬리브직경」의 결정은 「2-4항의 식 (9)」를 이용하여 구한다. 선정된 사출기의 사양에서 1250ton m/c의 최대사출력(Pi)은 105.2ton이며, 이때 주조압력(Pm)은 947kg/cm²이 된다.

① 슬리브직경(ds)

$$ds^2 = (4 \times 105200\text{kg}) / (\pi \times 947\text{kg/cm}^2)$$

$$ds = 11.9\text{cm} \text{ 따라서 } \phi 120 \text{으로 선정}$$

「충진 스트로우크」의 결정은 「2-4항의 식(5)」을 이용하여 구한다.

② 충전 스트로우크(Sf)

$$S_f = 10 \times (3056\text{cm}^3 / 113\text{cm}^2) = 270\text{mm}$$

「고속사출위치(고속구간)」의 결정은 「2-4항의 식(11)」을 이용하여 구한다.

③ 고속사출위치(Sh)

$$S_h = 270\text{mm} + 20\text{mm} = 290\text{mm}$$

「고속 리미트 스위치 위치」의 결정방법은 「그림 17」과 같다.

「고속사출속도」의 결정은 「2-4항의 식(4)」에서 구한다.

④ 고속사출속도(Vh)

$$V_h = 270\text{mm} / 0.15\text{s} = 1.8\text{m/s}$$

「저속사출속도」의 결정은 「2.4.3항」에서

⑤ 저속사출속도(Vℓ) : $V_\ell = 0.3\text{m/s}$

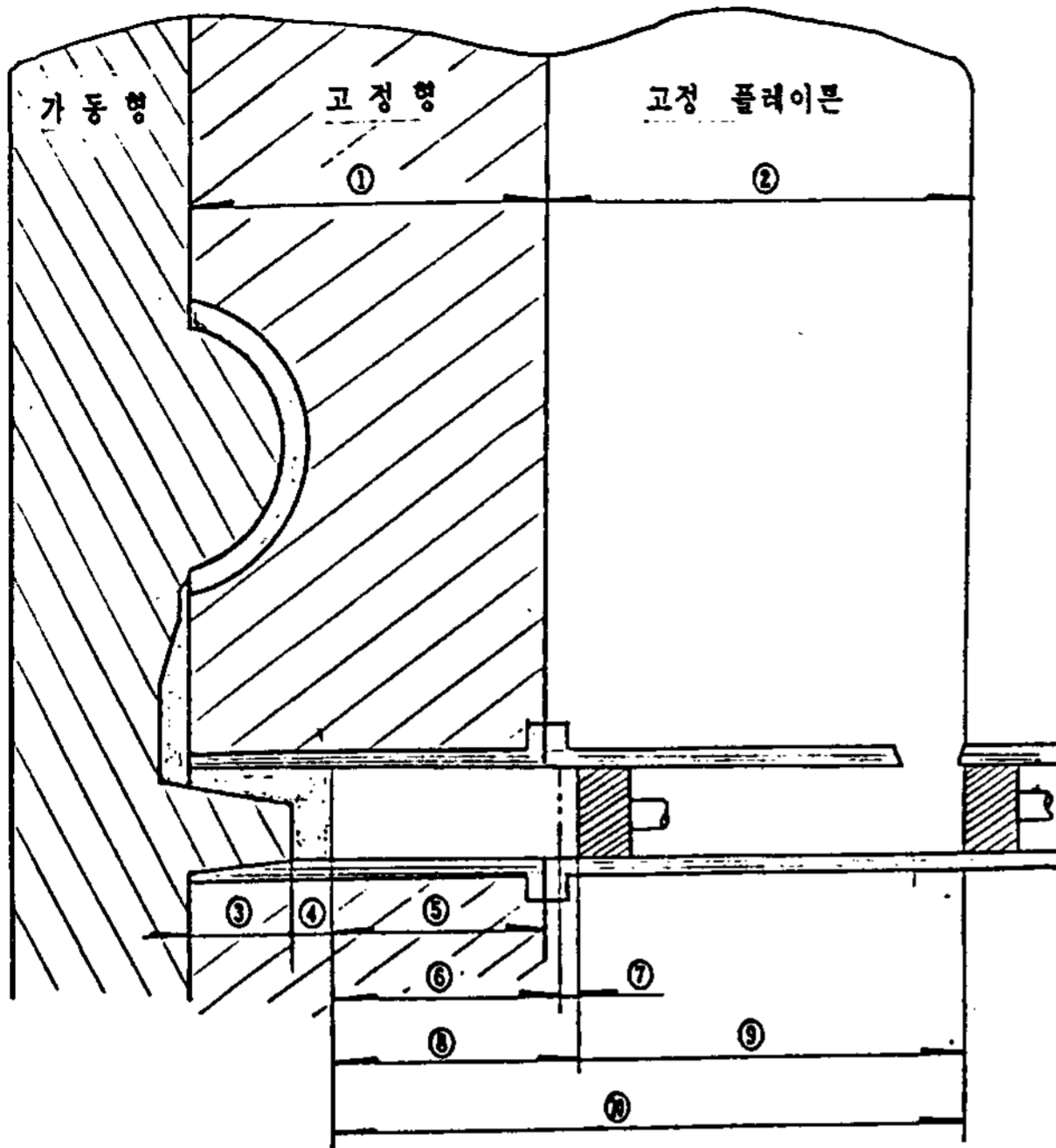
2.7.4 탕구방안의 배치

탕구방안의 배치는 탕구계 형상을 선정하고 주조기 사양과 기본 금형구조를 고려하여 상기에서 계산되어진 탕구계 요소를 적용하여 완성시키는 단계이다.

① 탕구계 형상의 선정

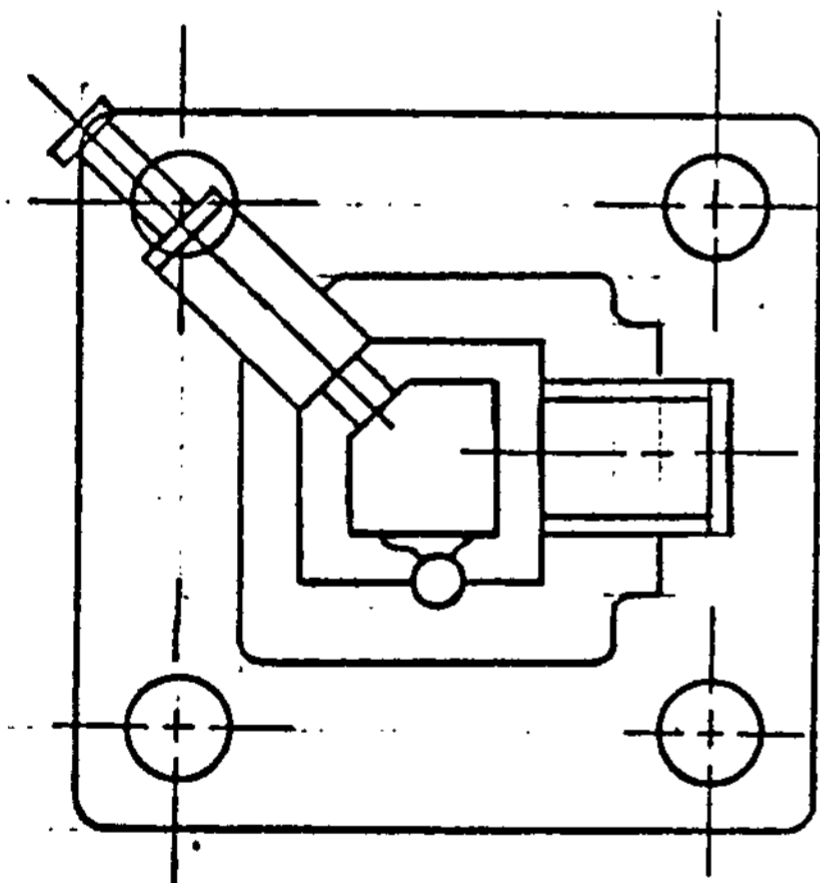
○ 「2.5.6항」과 그림 12를 참조하여 선정

② 금형구조

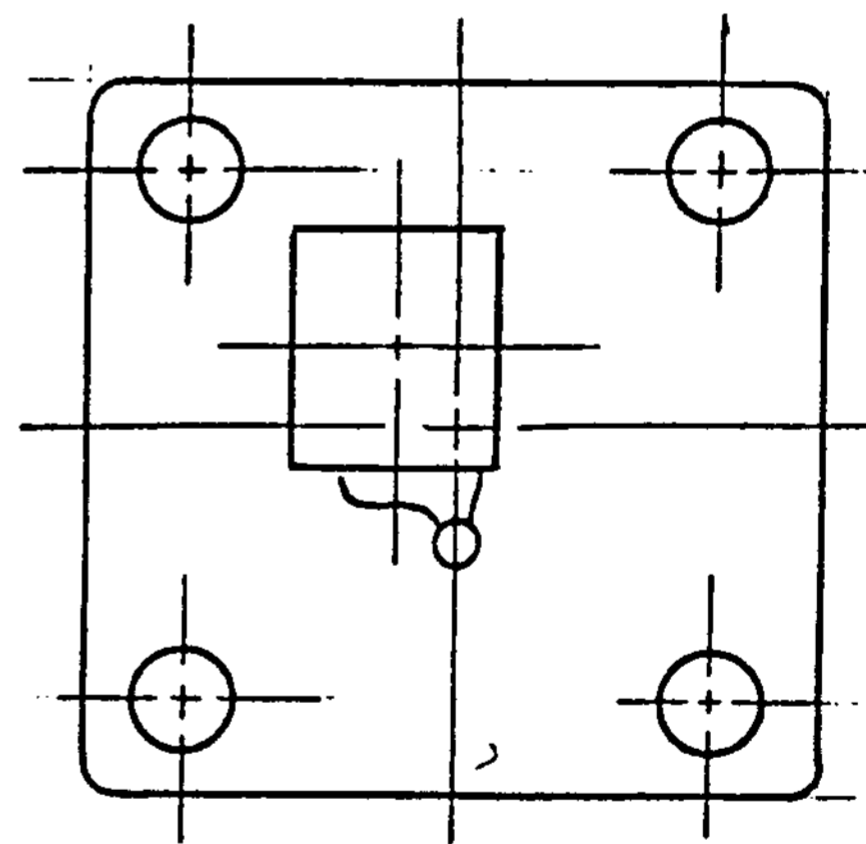


위치	구분	계산식	계산예
①	고정형 높이	금형도	430
②	저속사출개시	기계사양	515
③	분류자 높이	금형도	130
④	비스켓 두께	Fig. 3	30
⑤	고정형측슬리브	(①-③-④)	270
⑥	충진스트로우크	식 (3)	270
⑦	고속사출개시	식 (9)	20
⑧	고속구간	식 (9)	290
⑨	저속구간	(②+⑤)- (⑥+⑦)	495
⑩	플랜자스트로우크	(⑧+⑨)	785

그림 17. 고속위치(고속리미트 스위치) 결정예



(a) 주조기 타이-바와 금형의 가동중자의 간섭



(b) 제품 중심과 기계중심과의 편심

그림 18. 주조기 사양과 제품의 배치

○분할면은 금형제작에 있어 기본이 되며, 탕구계가 배치되므로 중요한 면이다. 어떻게 분할면을 설정할 것인가 따라 금형제작 난이도와 주조품생산의 양부를 결정하게 된다.

○가동중자의 유무 및 작동위치(인발중자(Core Puller) 등) (그림 18)

○금형의 크기 및 취부형식을 고려한다.

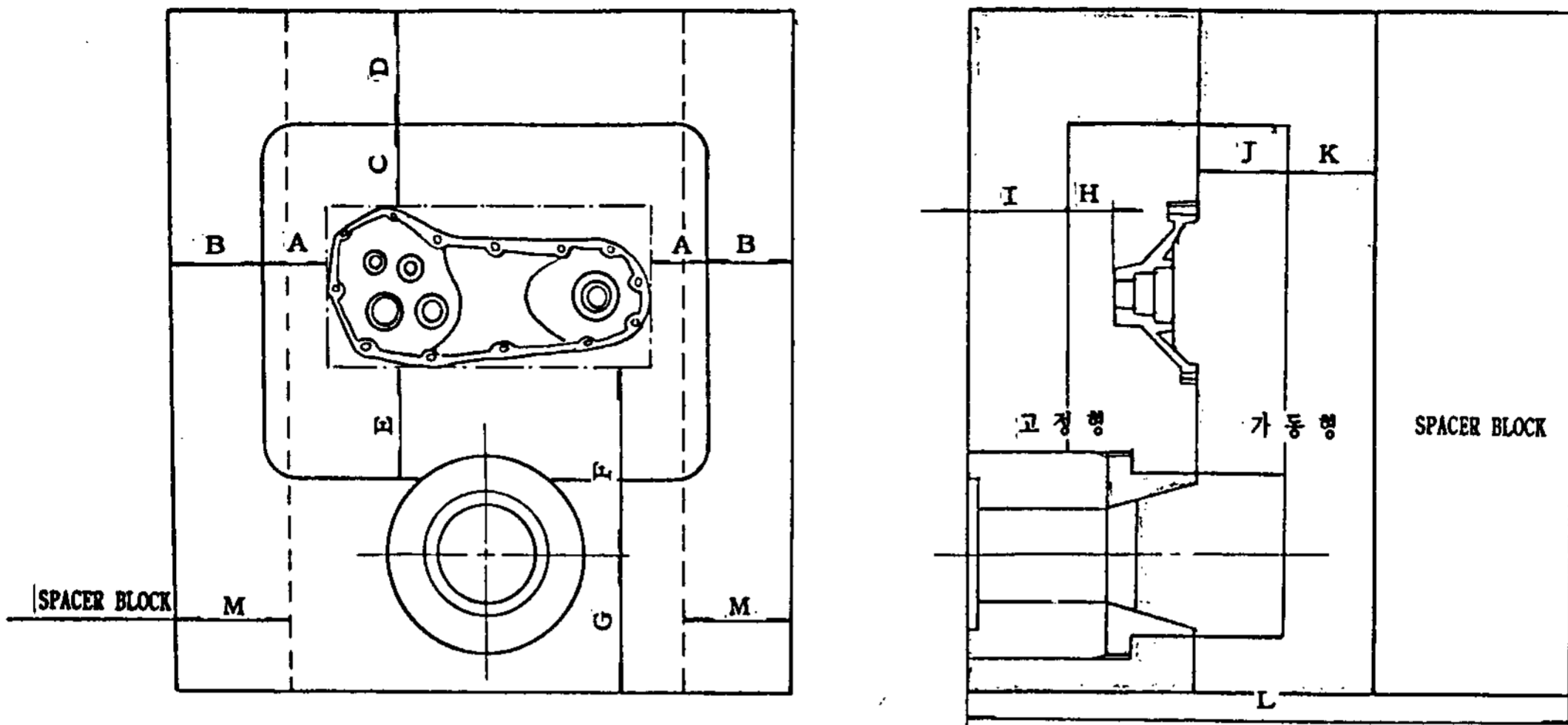
(그림 19)

③ 다이캐스트 머신 사양

○제품부와 탕구계는 타이 바(Tie Bar) 간격의 중심부에 위치할 수 있도록 설정하여 준다.

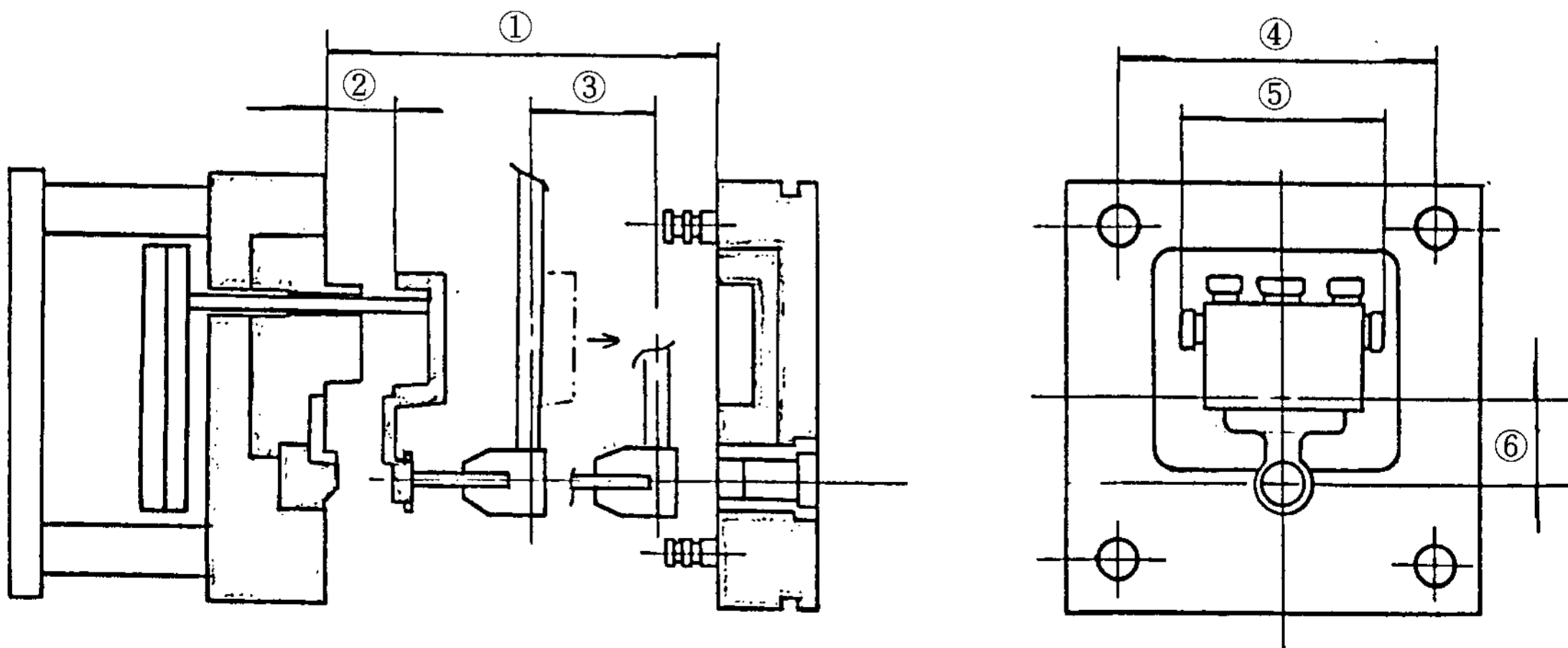
○캐비티의 위치는 금형을 기계에 취부했을 때 금형을 열리게 하는 힘의 중심이 다이플레이트(Die Platen)의 중심이 되도록 주입구 위치, 압출 중심위치를 결정한다.

○압출형식 및 압출로드 위치, 자동 취출기 이



Ton	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
80	50	60	60	80	70	100	80	50	60	40	60	350	70
150	50	60	60	80	70	100	80	50	60	40	60	350	70
250	65	80	80	100	75	120	120	50	70	70	80	500	90
300	65	80	80	100	75	120	120	50	70	70	80	500	90
650	75	100	90	110	90	150	100	60	100	90	100	600	110
800	75	100	90	110	90	150	140	60	100	90	100	600	110
1000	80	110	100	120	95	170	165	70	120	100	120	750	120
1200	80	110	100	120	95	170	165	70	120	100	120	750	120

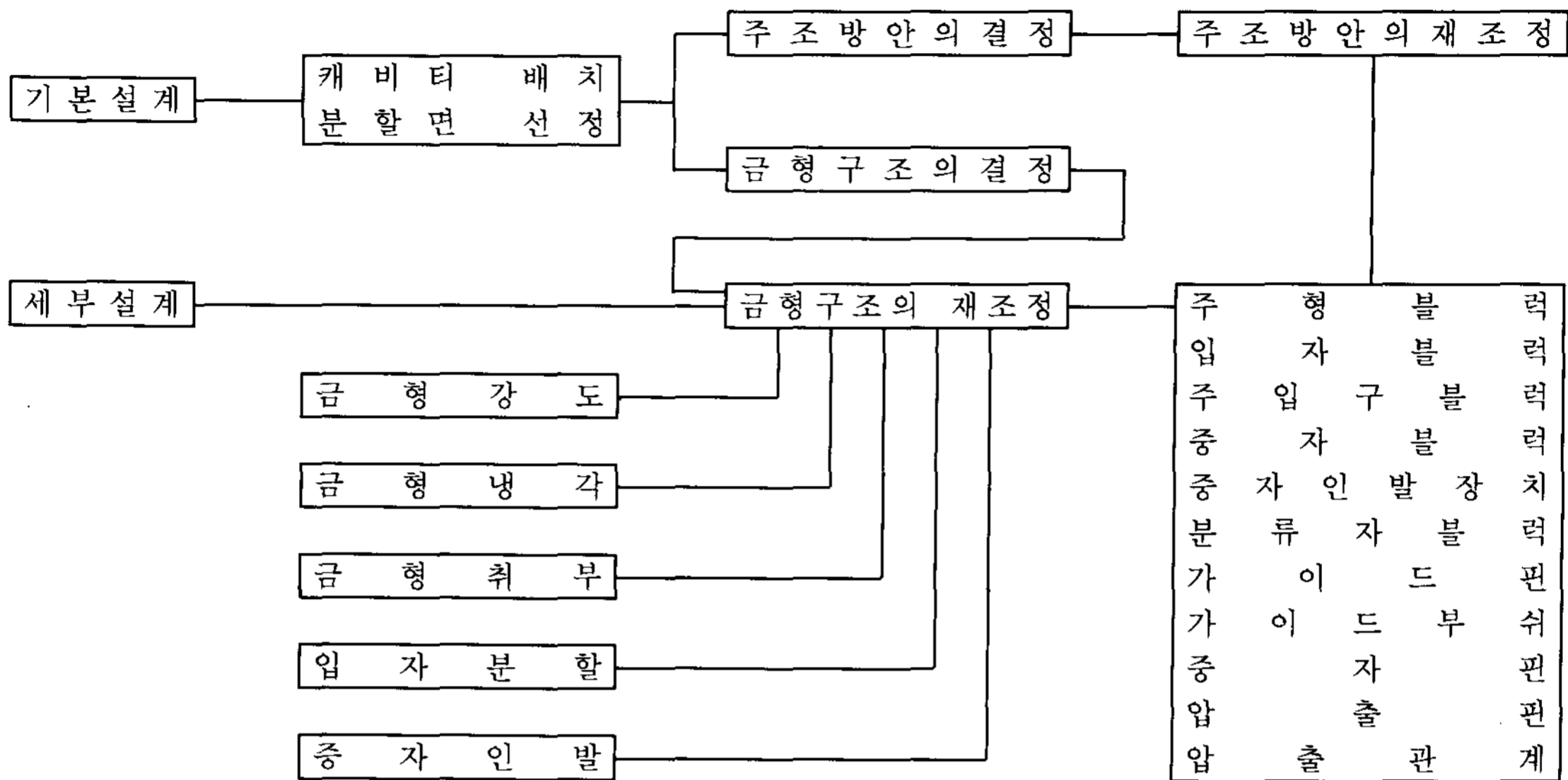
그림 19. 금형크기 결정의 예



- ① 최대 다이 간격(DIE STROKE) ② 압출 스트로우크(EJECTING STROKE)
- ③ 자동취출기 스트로우크 ④ 금형가이드 핀 간격 ⑤ 주조품 최대 치수
- ⑥ 플란자 슬리브 중심

그림 20. 주조방안 결정시 고려되어야 할 사항의 예

표 9. 금형설계 FLOW



송 경로 및 스트로우크의 고려한다. (그림 20)

2.7.5 금형설계

탕구방안의 배치가 설정되고 기본 금형주조가 결정되면 금형 설계가 시작된다.(표 9 참조)

3. 시작주조

주조방안 설정시 고려해야할 기본사항은 주조시 「캐비티내의 탕류에 미치는 제조건의 영향」을 최소화하는데 있다고 할 수 있다.(표 10 참조)

금형제작이 완료되면 「시작주조(Try Out)」가 시행되는데 금형의 치수확인 뿐만아니라 초기설정된 주조방안(탕구계 및 주조조건)을 보정할 수 있는 단계이기도 한다.

● 탕구방안의 보정에

[제품명]트랙터 용 크랭크 케이스

[현 상]단면 A-A의 주조구멍은 양측의 슬라이드 중자에 의하여 성형되어진다. 제품 품질관리상 구멍 주위에는 $\phi 1$ 이상의 결함이 없어야 하나 시작 주조시 '주조조건'을 변경하여도 결함이 없어지지 않으므로 '탕구계의 보정'을 시도하였다.

[보정순서]초기에 설정된 금형의 탕구방안은 3개소의 게이트를 갖고있다.(그림 21참조) '탕구계의 보정'은 캐비티내의 '탕류'을 확인하고 조정하는 작업이라고 할 수 있다. 그러나 일단 금형에 가공되어 있는 탕구계를 보정하는 것은 쉬운 일이 아니므로, 우선 다음과 같이 시험주조를 행하여 게이트의 영향을 알아보았다.

① 게이트의 영향 확인

게이트 #1,2,3을 차례로 막아 시험주조를 행하여 각 주조품의 품질을 확인한다.(주조된 제품의 탕구계에서 절단한 게이트를 금형에 끼운뒤 테이프로 붙인후 주조) 시험 주조결과 #2 게이트를 제거한 것에선 구멍주위에 결함을 발견할 수 없었으나, B부분에 약간의 탕 주름(Surface Fold)이 발생함을 알 수 있었다.

② 탕류(Fluidity)의 확인

탕류를 확인하기 위하여 '미 충전제품 주조'를 시행한다. 이것은 완성된 주조품의 80% 정도만

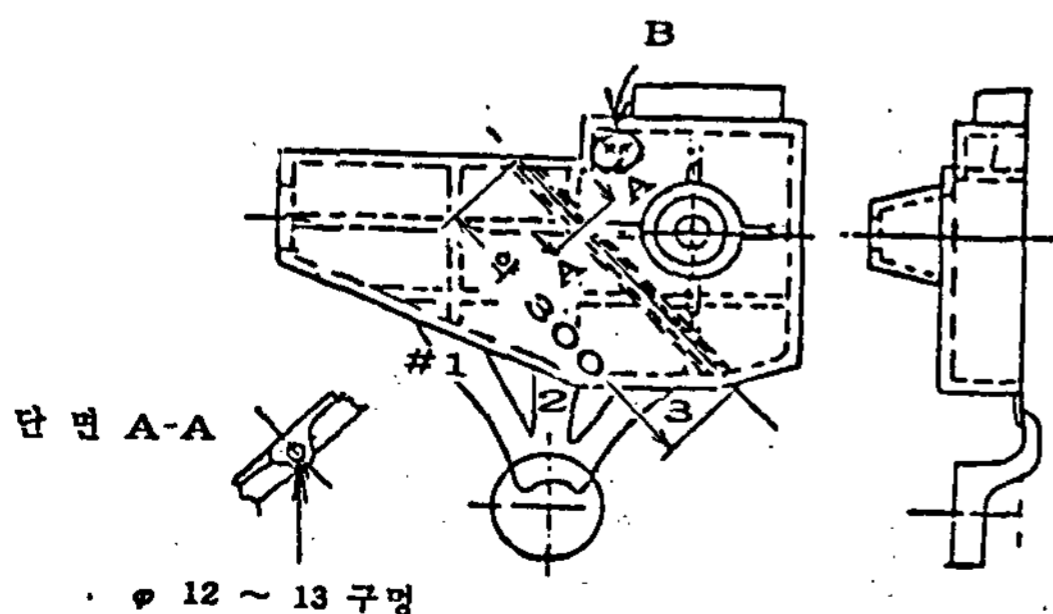
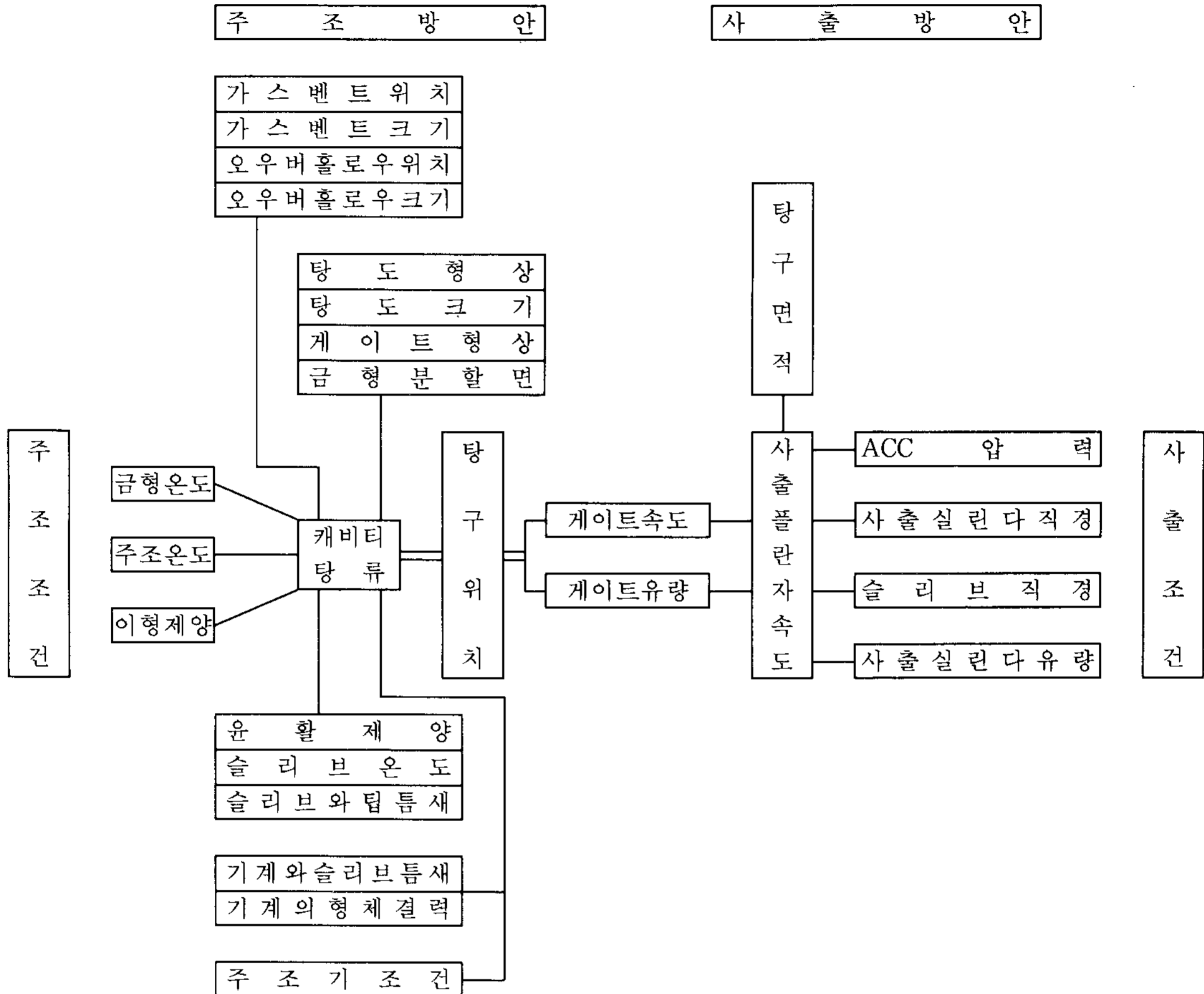


그림 21. 크랭크 케이스카바의 탕구방안

표 10. 탕류에 미치는 제 조건의 영향



성형시키는 것으로 레들에 이 만큼의 용탕을 받아 주조한다. 시험결과 #2 게이트쪽 캐비티가 제일 먼저 충전되며, 캐비티 끝단에서는 튀어나온 용탕이 다른 게이트 영역까지 역류됨을 알 수 있었다.

③ 탕구계의 보정

캐비티내에서의 탕류의 역류가 구멍주위의 결함을 유발하는 요인으로 생각되어 #2 게이트 면적을 줄여(2/3정도) 게이트 간의 평형을 유지시켜줌으로서 결함을 제거할 수 있었다. 결국 각 게이트로 부터 용탕이 동시에 충전될 수 있도록 게이트가 설정되어야 함을 알 수 있었다.

4. 결 론

신제품을 성공적으로 개발하기 위해서는 주조

방안의 설정과 시작주조단계에서의 보정을 얼마나 효율적으로 할 수 있는냐에 달려있다고 할수 있다.

결국 주조방안 설정시 고려되는 기본사항은 주조시 「캐비티내의 탕류에 미치는 제조건의 영향」을 최소화하는데 있다고 할 수 있다.(표 10 참조)

참 고 문 헌

[1] 알루미늄 鑄鍛造技術便覽, Kallos 出版 (1991)
 [2] 總合鑄物研究센타 研究報告 123號 (1971)
 [3] 東之機械資料/英國非鐵金屬 研究所 (BNFMRA) 資料
 [4] 알루미늄合金 다이캐스트의 不良對策/百問

- 百答, 輕金屬出版 (1978)
- [5] 다이캐스트 技術入門, 日刊工業新聞 (1978)
- [6] 型技術 便覽, 日刊工業新聞社 (1990)
- [7] 鑄造예뉴얼, 誠文堂 (1967)
- [8] 金型 便覽, 日刊工業新聞 (1972)
- [9] 特殊 鑄造法, 日刊工業新聞 (1971)
- [10] 鑄物 61 (1989) 869