

技術資料

Disamatic Molding Line에서의 V-6기통 Cylinder Block 주조품의 제조

張 哲 憲

Manufacturing of V-6 Cylinder Block in the Disamatic Molding Line

C. H. Jang

3-3. 탕구방안 결정

탕구방안 결정시에 2-항에서 기본적으로 결정된 초안을 중심으로 주형 강도 및 유효 탕구고를 고려 Cavity배치를 완료한 후, 탕구계 형상과 크기를 결정하여 탕구방안도를 완료시키는 단계이다. (그림 9 탕구 방안도 참조)

탕구계형상 및 배치가 결정되고 나면 탕구계 면적을 구하는 단계이다. ○탕구비를 정하고, ○Choke 면적을 구하는 방법 즉 1. "Choke면적계산법"과 ○주조 시간을 정하고, ○단위 주조 속도로부터 Choke면적을 구하는 2. "단위 주조 속도이용법"이, 금번 방안결정에 이용되었다. 자동조형 line에서는 일반적으로 "감압계"가 많이 적용되고 있다. 즉 탕구부가 Choke인 탕구비(Choke : 탕도 : Gate)=1 : 2 : 2 혹은 1 : 4 : 4가 적용되었다.

탕구형상은 그림 10-a의 "Sprue-Choke"가 이상적이나 현실적으로 자동조형기에서는 적용하기 어려워 그림 10-b의 "Strainer-Choke"를 수평 분할 방식에서 일반적으로 적용하고 있으며 이번 수직 분할 조형방식의 경우 탕구 직하탕도에 Choke를 선정하였다.

따라서 본 탕구계에는 "탕도 Choke"가 적용되었다.(그림 9의 단면A-A 참조)

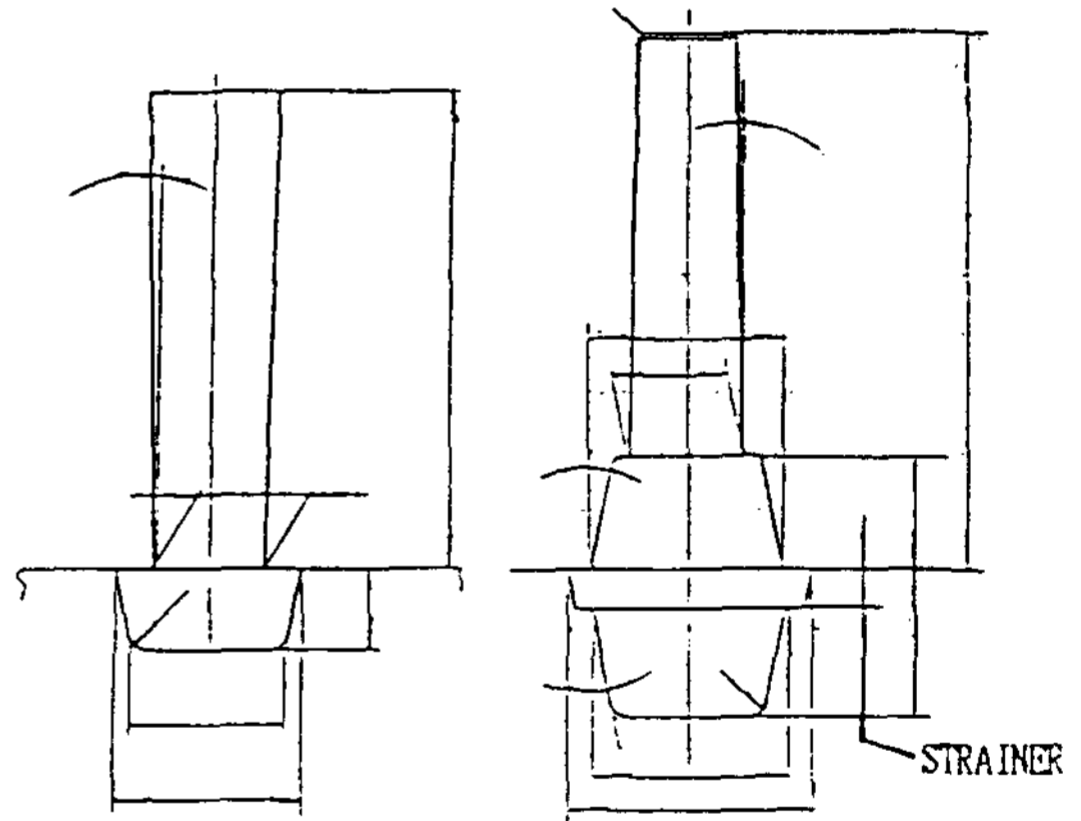
Choke 면적계산에 관해선 발표된 많은 식들이 있으나 식결정 과정에서 사용된 주조품 형상, 주조조건이 주조공장에서 개발코져 하는 주조품 형상, 주조조건과 상이하기 때문에 그대로 적용하는 데에는 많은 문제점을 갖고 있다. 따라서 주조 기술자들은 이러한 식들을 참고적으로 이용하여야 하며 주조 공장 나름대로 시작 주조를 시행하든가 유사 주조품 조업결과로부터 Data를 얻어 반드시 식을 "보정"해 주어야 한다. 즉 제품 특성별, 조형

line특성별, "補正置"를 갖고 있어야 한다.(式-1의, K, T/ 式-3의 c 등)

여기에서는 본 V-6기통 실린더블럭의 탕구계 선정 예에 대하여 소개코져 한다.

그림 10. 탕구봉 형상

- a) SPRUE-CHOKE의 경우
b) STRAINER-CHOKE의 경우



(1) Choke 계산에 의한 법

이 탕구계 계산방법은 기본적으로 A.F.S에서 추천하고 있는 式-1, 式-3을 사용하며 결정순서는 다음과 같다.

1-1 주조 시간의 결정

주탕 시간의 결정 다음 式-1에 의해 결정되어진다.(단위는 inch-pound)

t=K(0.95+T/0.833) √W 式 1

{t : 주탕시간(sec)/ K : 유동계수/ T : 주조품 평균두께/ W : 주조중량}

· 주조중량은 계산에 의해 구한다.(탕구계 포함 시 약 W=80kg)

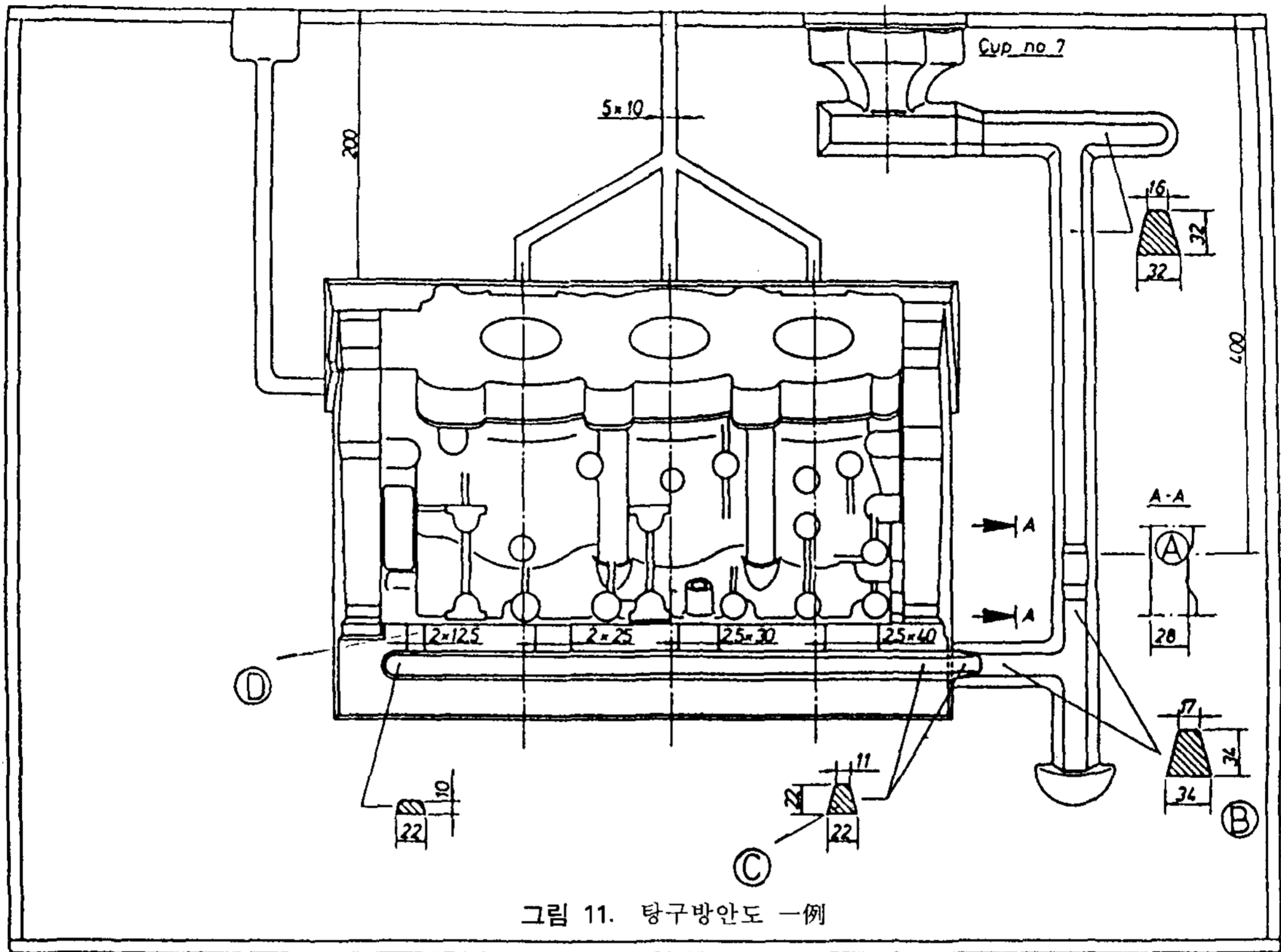


그림 11. 탕구방안도 一 例

- 제품 평균두께는 제품 특성과 용고특성을 고려하여 결정한다. 불력의 일반벽부는 3.5mm, 중량부인 Head-연결부는 최대 두께부는 30mm 두께를 갖고 있다.(상기에서 $T=12(0.47inch)$ 로 계산)
- K 값은 성분 계수(C.F=Composition Factor) 및 주조온도를 구한 후 표 3의 유동성(Fluidity) 치를 찾아 다음 식에 의해 구한다.

$$K = \text{Fluidity of Iron} / 40 \quad \text{— 式 2}$$
 - 성분계수 $C.F = \%C + 1/4\% Si + 1/2\% P$
(GC 25의 경우 $C.F = 3.95$)
 - 주조온도 : 灰鑄鐵의 경우 재질과 두께에 따라 다음 표 4에서 선정.
(GC 25, 소물Thick의 경우 $1400^{\circ}C$)
 - 주조온도 : $1400^{\circ}C$ 이고, 성분계수(C.F)=3.95의 경우 표 3에서 유동성치(Fluidity)를 구하면, (유동성치=32)
유동계수 $K = 32/40 = 0.8$ 임 ($K = 0.8$)
- 주조시간은 다음과 같다.

$$t = 0.8(0.95 + 0.47/0.833) 177 = 16.1 \text{秒}$$

표 4. 灰鑄鐵의 鑄造溫度

材 質 (ASTM)	液 狀 線 溫 度($^{\circ}F$)	鑄 造 溫 度			
		小 物(두께)		大 物(두께)	
		THIN	THICK	THIN	THICK
GC 20	$1150^{\circ}C$	1400	1370	1340	1320
(GRADE30)	(2100)	(2550)	(2550)	(2450)	(2450)
GC 25	1180	1430	1400	1370	1340
(GRADE35)	(2150)	(2600)	(2550)	(2500)	(2450)
FC 30	1200	1450	1420	1390	1370
(GRADE40)	(2190)	(2640)	(2590)	(2540)	(2490)
	1200	1470	1440	1420	1390
(GRADE45)	(2230)	(2680)	(2630)	(2580)	(2530)

1-2 Choke면적의 결정

Choke면적의 결정에는 다음 式 3이 이용되었다.
(단위 : inch-pound)

$$Ac = W / dtc \sqrt{2gH} \quad \text{— 式 3}$$

Ac ; Choke면적 / W ; 주조중량 / d ; 밀도(주철 = 0.26) / t ; 주조시간 c ; 상수(Effective Factor) / g ;

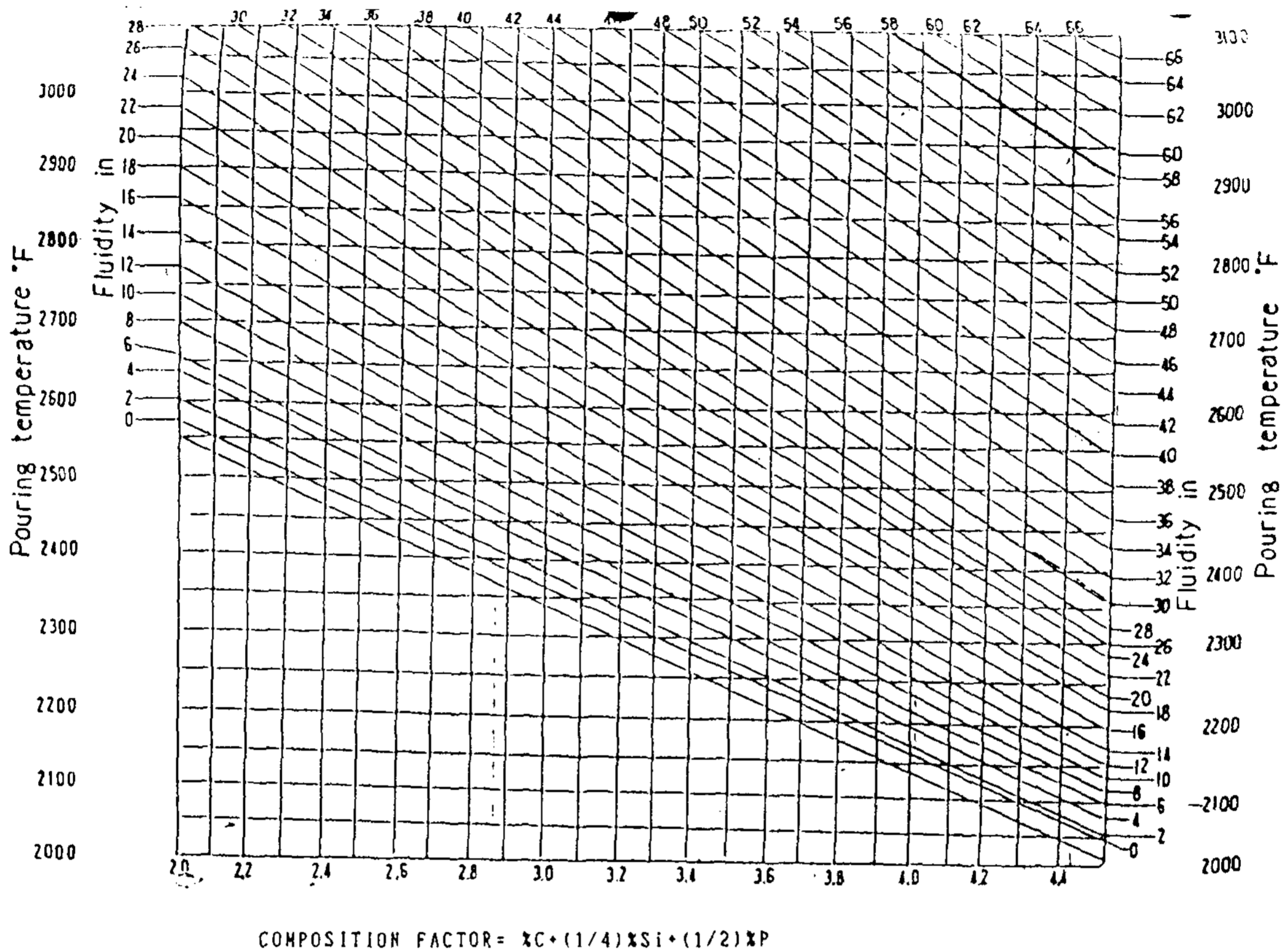


표 3. Fluidity related to pouring temp

중력가속도/ H ; 유효탕구고

이 式을 mm-kg로 바꾸고 대입할 수 있는 것을 넣어주면 다음과 같이 된다.

(d와 g는 일정하므로 소정의 값을 대입)

$$Ac = 1036W / tc \sqrt{H} \text{ ————— 式 4}$$

이제 상기 1-1항에서 t=16.1, W=80, c는 상수로서 주조조건에 따라 결정되어야 하나 초기단계에선 우선 c=0.5로 선정후 주조결과에 따라 보정한다. H는 그림 9 탕구 방안도에서 구하면 H=380, 이제 Choke 면적을 구해보면

$$Ac = 1036 \times 80 / 16.1 \times 0.5 \times \sqrt{380} = 528 \text{mm}^2$$

(2) 단위주조속도에 의한 Choke 면적의 결정

현 보유설비에서 또는 동일 조건의 설비에서 신제품을 개발할 경우 그 설비에서 생산중인 제품으로부터 주조중량, Choke면적, 주조시간을 조사하여 단위주조속도를 찾아낸다.

당사의 경우 Disamatic-line에서의 주조경험은 Knuckle밖에 없었으므로 이 제품의 단위주조 속도를 구하여 사용하였다.(0.75kg/cm² sec)

단위 주조속도(kg/cm sec) = 주조중량/주조시간 × Choke면적 ————— 式 5

Choke면적(cm) = 주조중량/주조시간 × 단위 주조속도

○ 주조 중량 : 80kg, 주조 시간 : 16.1sec, 단위주조속도 : 0.75kg/cm² sec

$$\begin{aligned} \text{Choke 면적 } Ac(\text{cm}^2) &= 80 / 16.1 \times 0.75 \\ &= 6.63(\text{cm}^2) \end{aligned}$$

(3) Choke면적의 선정

단위 주조 속도법에 의해 산정되어진 Choke면적을 선정하였다. 그 이유는 다음과 같다.

1. Disamatic에서의 주조경험은 Knuckle뿐이나 수직분할 조형법에서의 단위 주조속도를 알 수 있는 유일한 자료라는 점.

2. 단면적이 큰 탕구계 적용시 시작 주조 과정에서 면적을 줄여가면서 테스트가 가능하다.

(4) 탕구 방안도 확정

이와 같이 결정되어진 탕구계의 상세치수 및 형상이 도식화 되므로써 탕구 방안도 설계는 완료된

湯口比	1:2:2	非加壓系	그림 9
Choke面積	663mm ²	25×25(mm ²)	A
湯道 1	1326mm ²	35×35	B
2	663mm ² ×2pls.	(25×25)×2	C
개 이 트	1326mm ²	(2.5×50)×10	D

주) 그림 9의 탕구계 치수는 참고치로서 본 계산치와 상이함.

다.(그림 9 참조)

이와같이 완성된 탕구 방안도는 시작구조는 물론 양산에 들어가서도 구조결과에 따라 탕구계가 자주 변경되므로 변경 내용이 탕구 방안도에 기재되어 반드시 履瀝관리가 될 수 있도록 해야 한다.

3-4 주조 방안도

탕구 방안도 설계가 끝나면 세부적인 주조 방안도 설계 단계이다. 여기에선 코어조립 세부구성 및 그림 9(탕구 방안도)에서 검토된 내용의 구체적인 형상과 치수의 결정 단계인 것이다. 즉 1. 조형라인 사양의 반영, 2. 시작 주조 결과의 반영, 3. Core-Print 형상과 크기의 결정 및 치수화, 4. Pattern 및 Core 조립부분에 대한 틈새(Clearance)의 결정 및 치수화, 5. 본 금형설계, 제작 사양결정(보정 여유, 여유) 6. 소재도 사양결정(가공여유, 뽑기 구배)이 주조 방안도 설계의 중요 내용이다. 여기에서는 라인사양의 반영, 보정(여유), 조립틈새에 대하여 소개코저 한다.

1. 조형라인 구성의 이해

주조방안도 설계시에는 우선 라인을 정확히 이해하여야 한다. 특히 공정간 간섭이 발생치 않도록

금형 및 치구가 제작되어야 한다. 그림 10은 Disa-matic-조형라인의 구성 예이며 설비와 금형 및 치구 제작사양 관련부분 일부를 요약 소개하면 다음과 같다.

2. 보정

2-1 두께보정

실린더블럭의 일반 두께사양은 3.5±1mm, 이때 모델은 두께 3.5mm를 기준으로 제작하는 것이 일반적인 경우이었으나 이번 V-6기통블럭은 下記의 이유로 0.5mm 보정하였다.(모델두께 : 4mm)

- Disa라인에서의 Spring-Back현상에 대한 고려

Knuckle 주조시 주형이 금형보다 더 크게 조형됨을 알 수 있었다.(그림 13의 a)

이는 조형후 주형에서 금형이 빠지고 나면 압축된 주형이 Spring-Back되려는 성질에 기인되는 것으로 생각되어진다. 결과적으로 주물두께 감소요인이 되므로 보정이 필요하다.

- 시험주조후 금형 수정에 대한 고려

실린더블럭은 그 형상과 사용코어의 복잡성 그리고 예측불허의 응고후 변형 등으로 인한 금형수정 사항이 시험주조 과정에서 발생하게 된다.

금형 수정은 가공, 仕上으로 되는 편이 용접, 仕上으로 되는 것보다 수월하며 시간과 노력이 감소된다.

2-2 형상부 보정

- 금형 수정에 대한 고려로서 금형 제작시 미리 형상부를 보정한다. 한 例로 boss형상에 대해선 ϕ_a , 홈부에 대해선 ϕ_b 의 보정을 시행한다.

設 備 名	金 型 名	檢 討 內 容	備 考
金 型 交 換 裝 置	PATTERN	· Pattern-Plate 연결仕樣(部品 포함)	그림.10 PPC, APC
鑄 湯 裝 置	PATTERN	· 鑄湯위치에 따른 Cavity, 湯口系 배치	
		· 鑄湯방법에 따른 Pouring-Cup 사양	
코 어 供 給 裝 置	PATTERN CORE-Box	· Cavity배치시 코어조립 移送방법 고려	그림.10 ACF, CSE
		· 코어組立 移送방법에 따른 코어 構造	
		· Core-Print 仕樣	
		· 틈새, 形狀, 크기, 接合, 組立方法의 考慮	
造 型 機	PATTERN	· 鑄型取付定盤, 主型最大 높이 制限 (Swing-Plate의 返轉 曲線 確認)	그림.11 (返轉工程)
鑄 造 品 自 動 取 出 裝 置	PATTERN	· 鑄造品自動取出時 湯口系 干涉 確認 (鑄型, 湯口系/Over-Flow 배치)	그림.12 (取出工程)

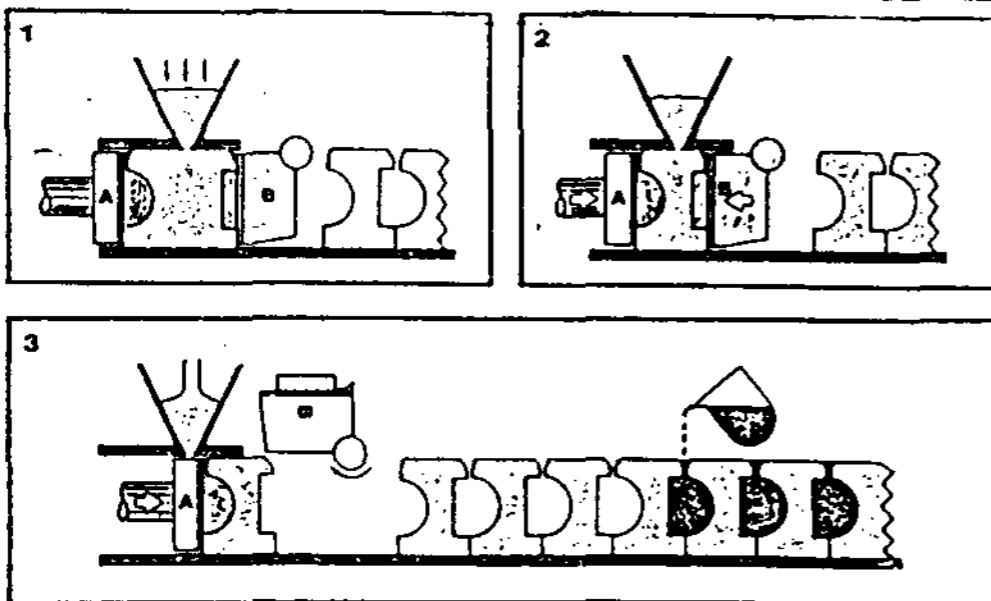
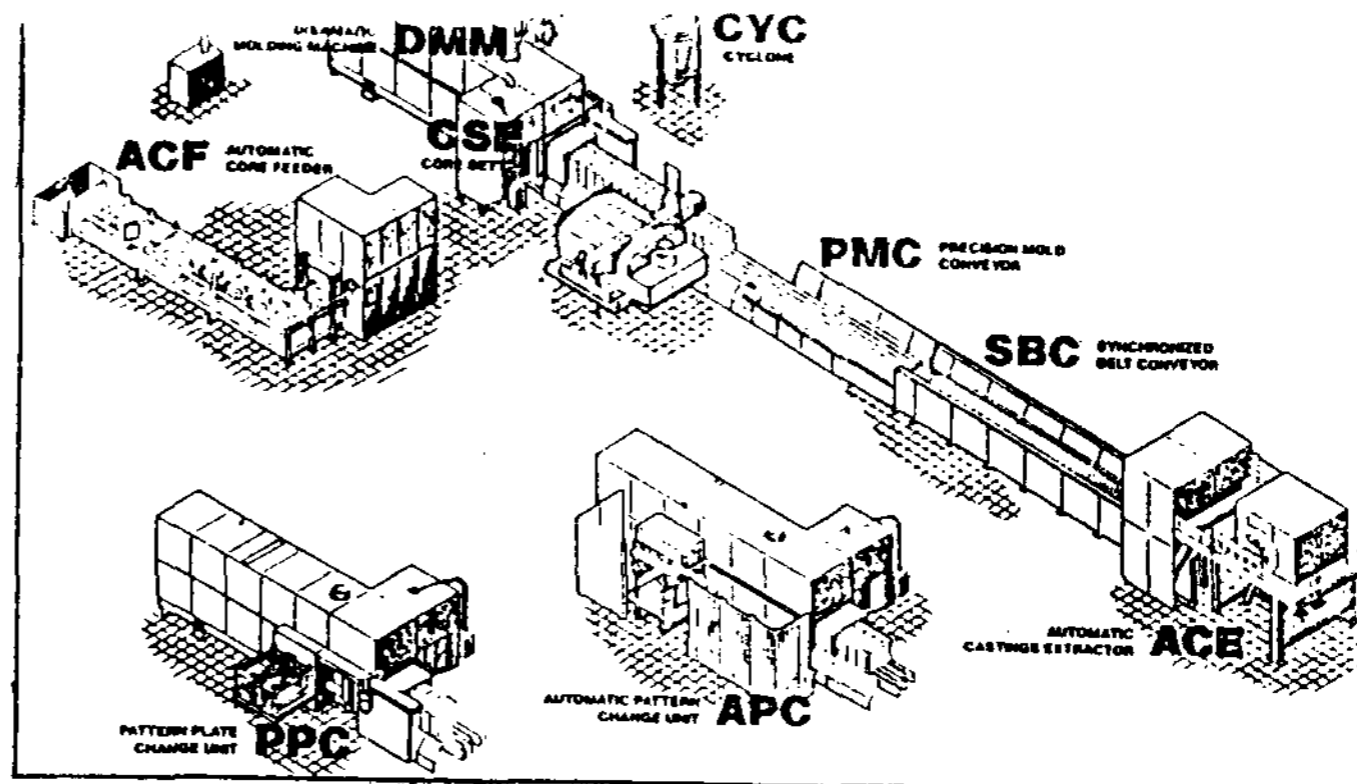


그림 11. Disamatic조형원리

- A : pressure-plate
- B : swing-plate
(counter-plate)
- 1-사blowing
- 2-조형
- 3-swing-plate반전,
pressure-plate조형이동

(그림 14 참조.)

3. 틈 새

조립된 코어가 주형 Cavity부에 합형되어질 때, 코어가 상호간에 조립되어질 때, 주형과 코어가 도면치수대로만 들어질 수 없는 조건 즉 1. 주형 치수는 조형조건에 따라 변화되는 점, 2. 코어조형법에 따라 코어변화가 발생하는 점-Shell Core의 경우 금형 온도, 코어 꺼낸후 경과시간에 따라 1-2/1000 정도의 변화가 발생되어 400mm크기의 코어인 경우 0.4-0.8mm까지 치수 변화가 예상되어지는 점, 등으로 주형-코어형의 Core-Print에 틈새가 필요하게 된다.

그림 15에 Core-Print틈새 및 크기 결정 예를 도시하였다.

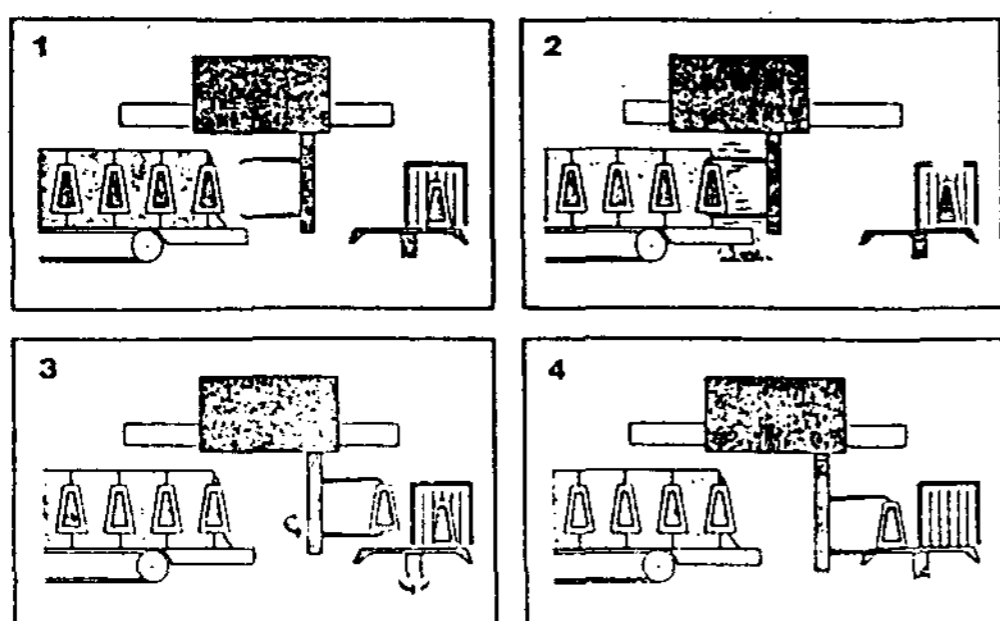


그림 12. 주조품자동빼내기 장치

- 1-조형이동
- 2-빼내기장치이동, 주조품CLAMP
- 3-주조품빼내기, 반전
- 4-주조품이송

4. 주조방안도 설계

지금까지 검토된 내용을 기반으로 완성시킨 주조방안도 설계는 세부 금형설계의 기준이 된다.

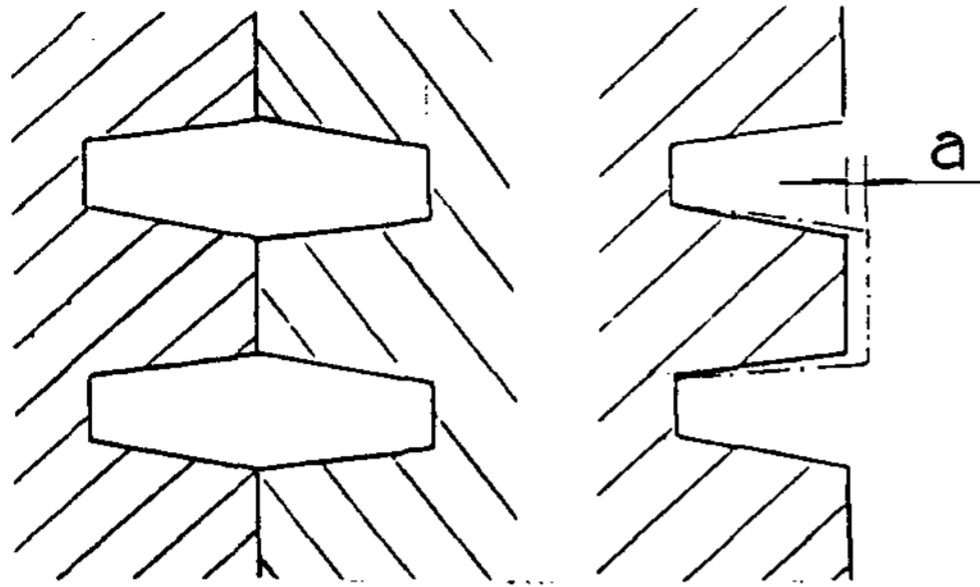


그림 13. 조형후주형에서의 Spring-back현상
("a"는 spring-back현상부)

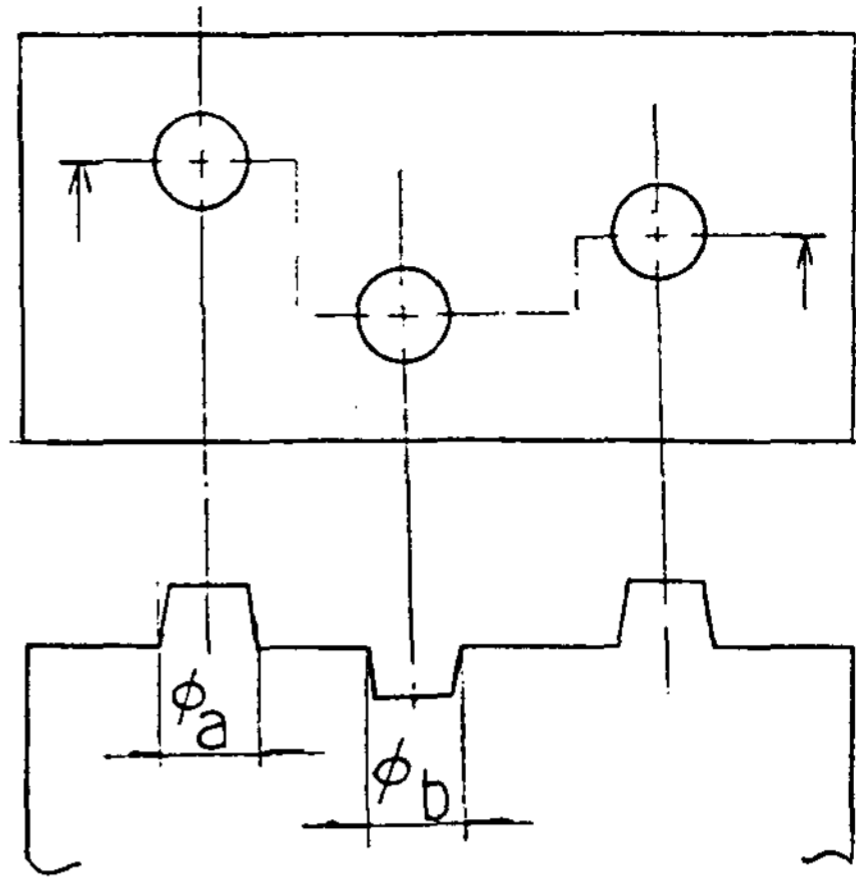


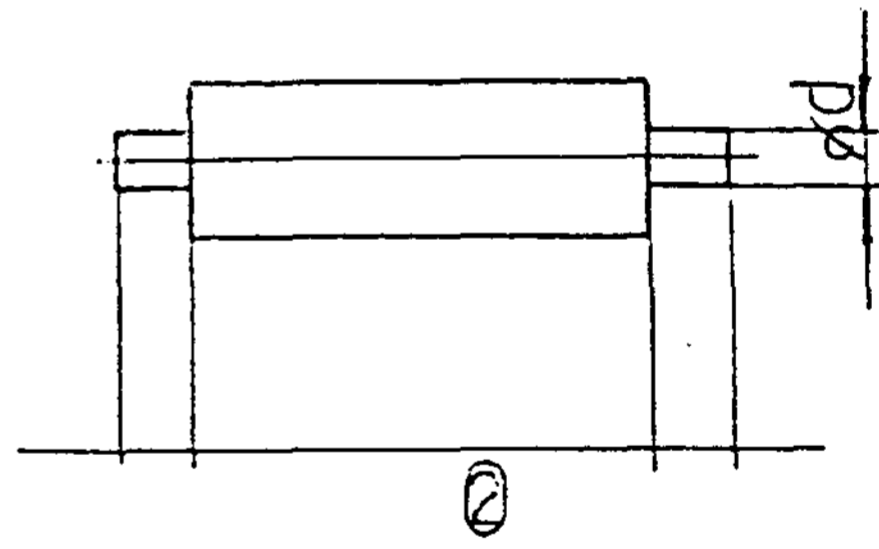
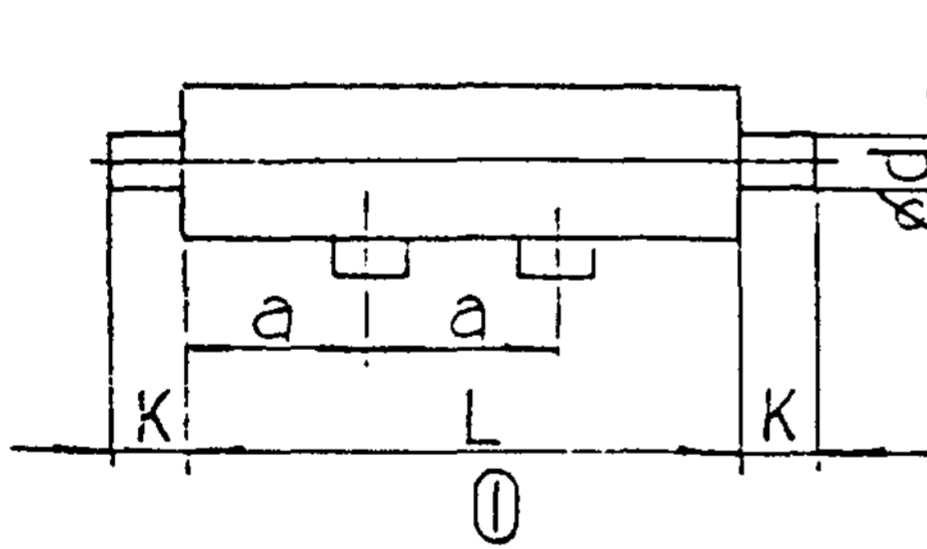
그림 14. 형상부보정예(boss, 홈)
a) boss b) 홈형상부

그림 15. Core-Print형상 및 틈새의 예

1. Core-Print의 크기

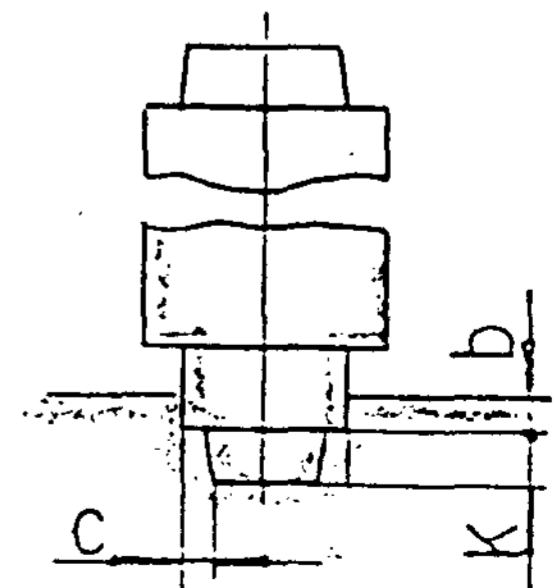
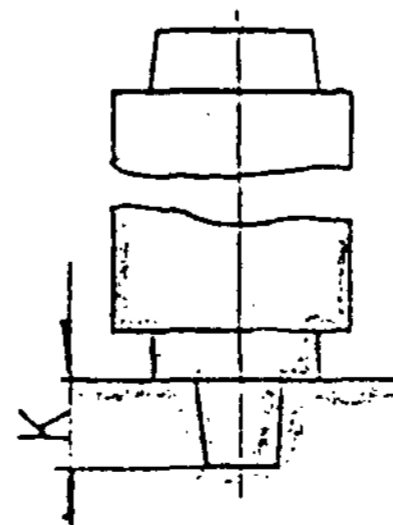
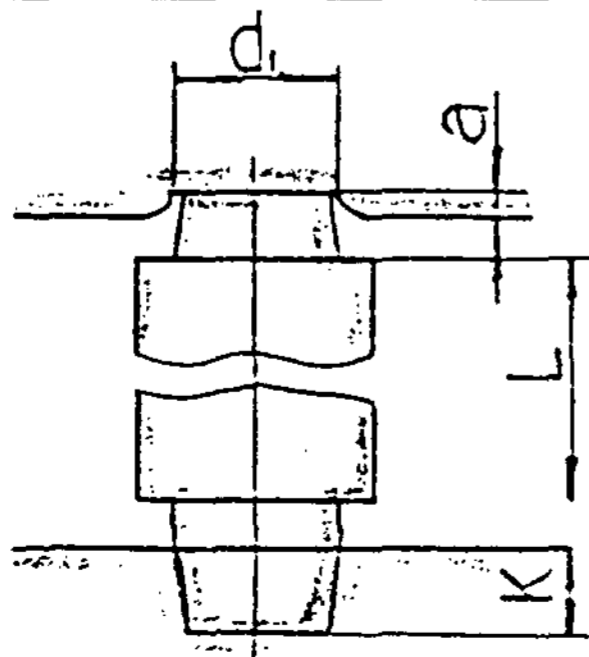
· 橫 Core-Print

區分	L	K	製品크기	a
1	$L < 150$	$K > 30$	$L/K \leq 15$	$a < 100$
2	$L < 159$	$K > 30$	$L/K \leq 20$	



· 縱 Core-Print

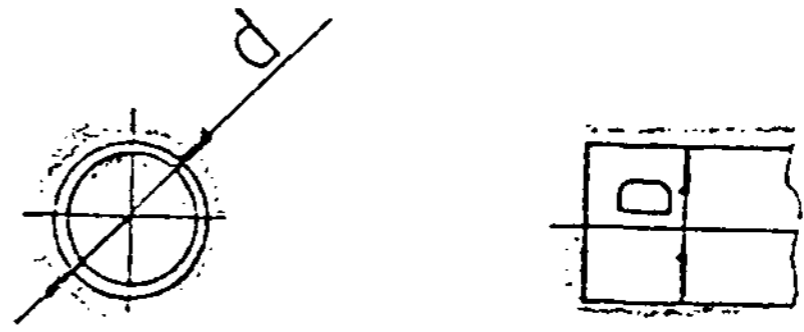
L	L/K	$a > 1/5 d_1$	
$50 > L$	=2	$c > 1/5 d_2$	
50-200	=4	b	5-10



2. Core-Print의 틈새(사형주형의 경우)

· 橫 Core-Print

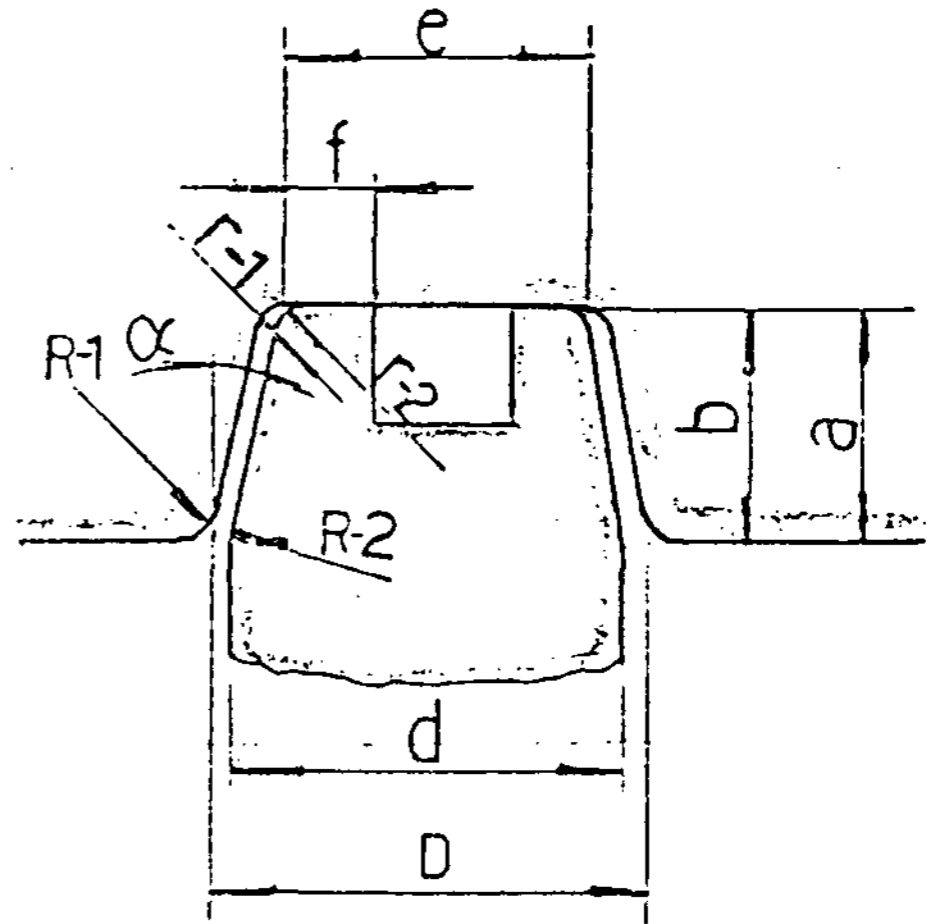
위치결정부	d-0.1	D+0.1	접착여유
이 외 부	d-0.1/0.2	D+0.1/0.2	不考慮



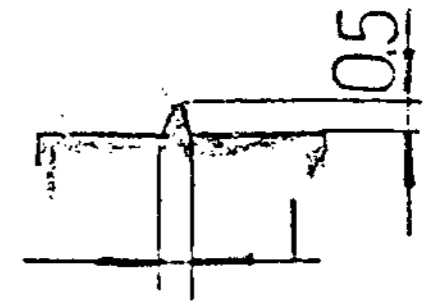
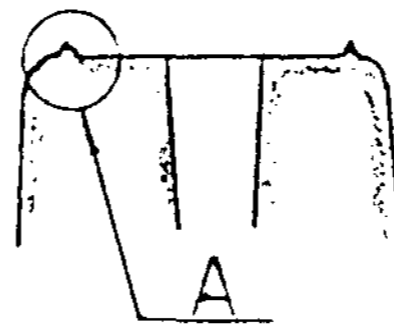
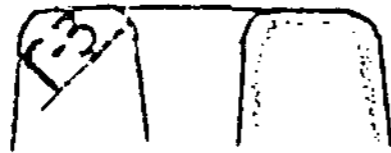
· 縱 Core-Print

○ 상형부

D	(d+0.5)+0.1		
d	-0.1		
a	+0.2	b	-0.2
r-1 r-2	R2이상		
R-1	R 3이상	R-2	R5이상
C	0 3이상	f치수는 5mm이상	
e	0 13이상		
α	1°		
a	15이상	가스구멍이 필요한 경우	
b	5이상	가스구멍이 不要한 경우	

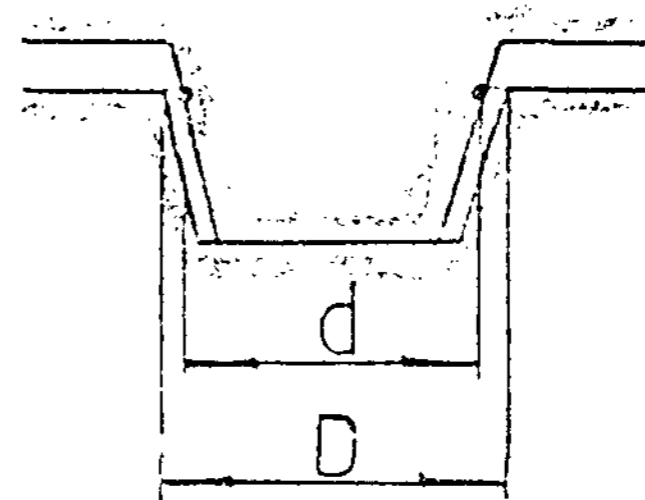


주) 가스구멍이 있는 경우 : "A"부 설치, r-3는 0.5 이상



○ 하형부

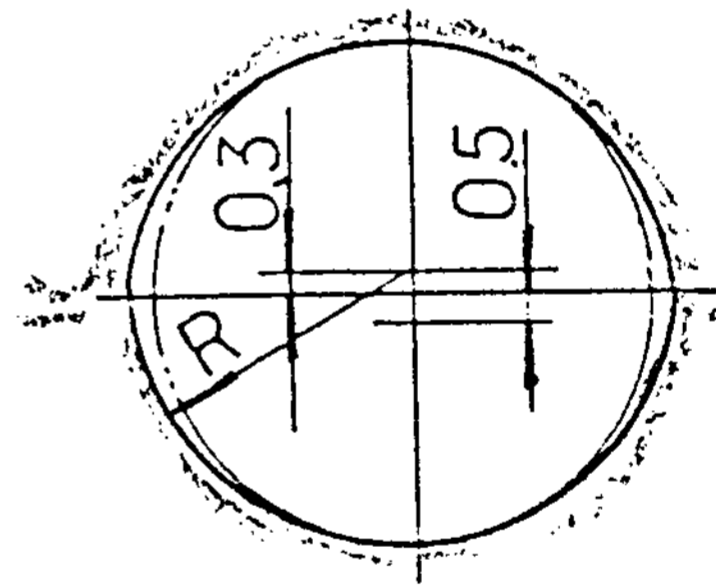
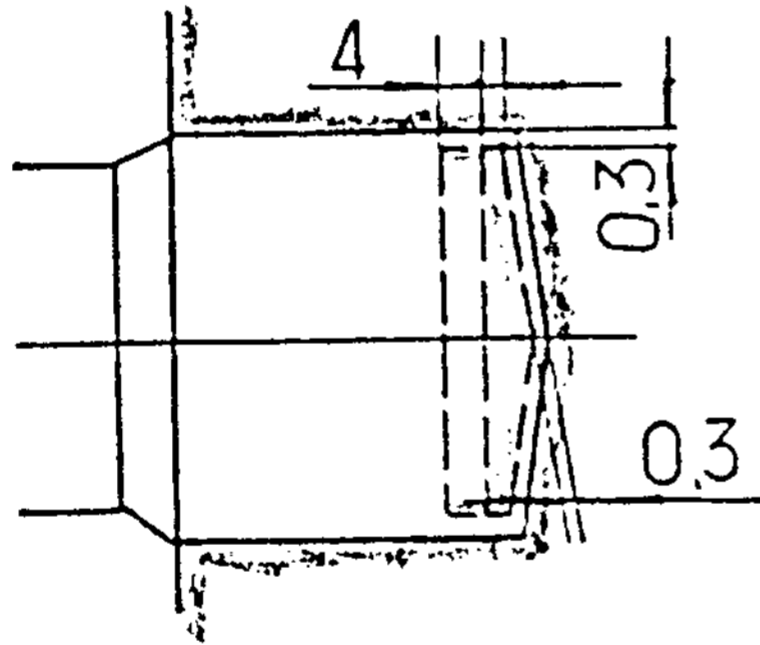
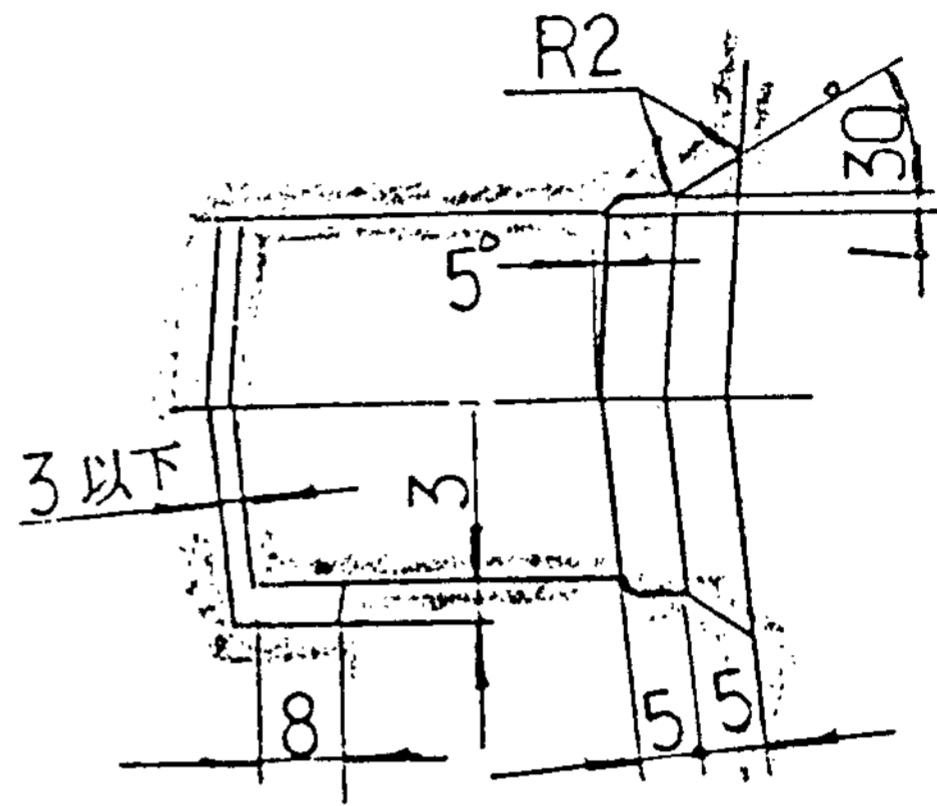
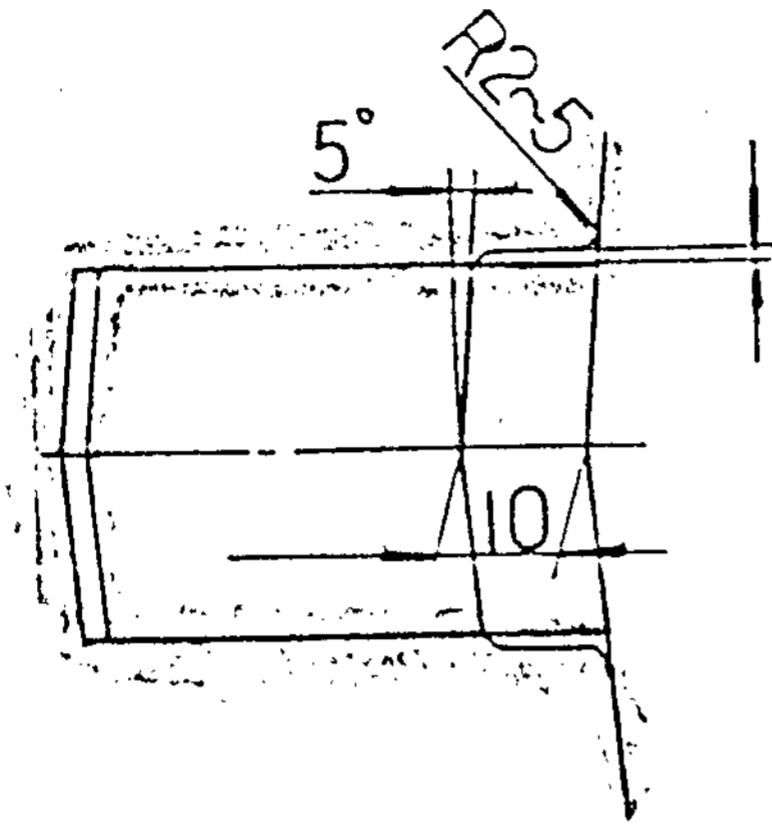
부 위	d	D
위치결정부	-0.2	+0.2
이 외 부	-0.2/0.4	+0.2/0/4



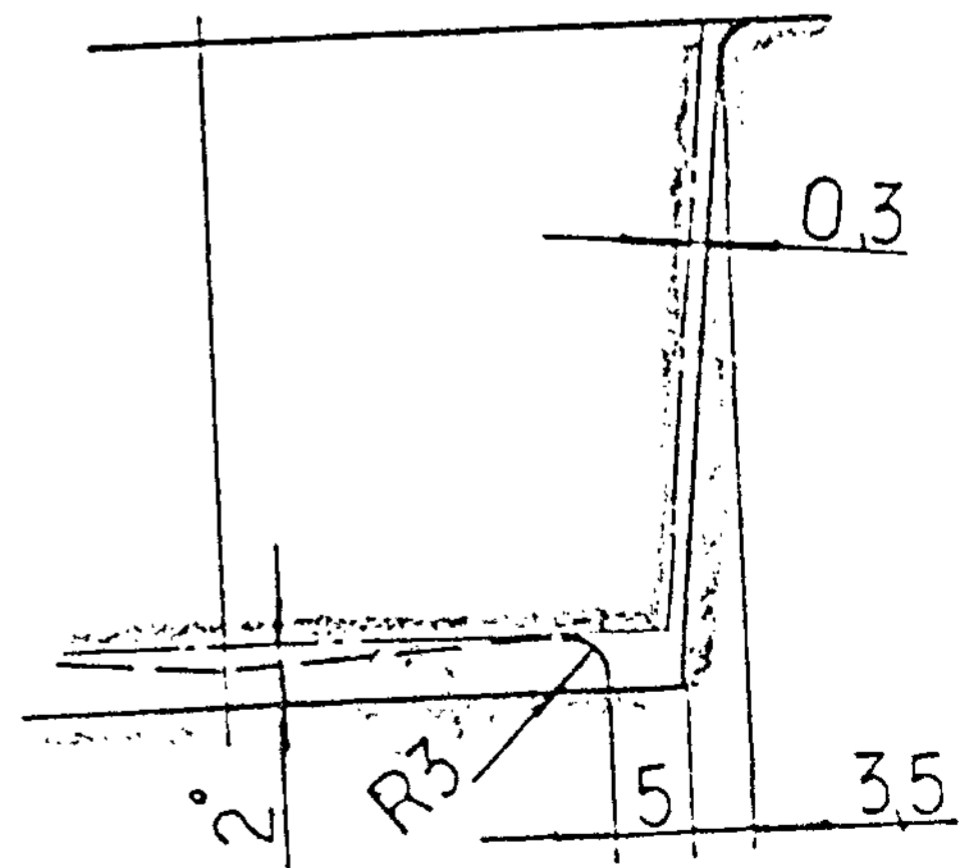
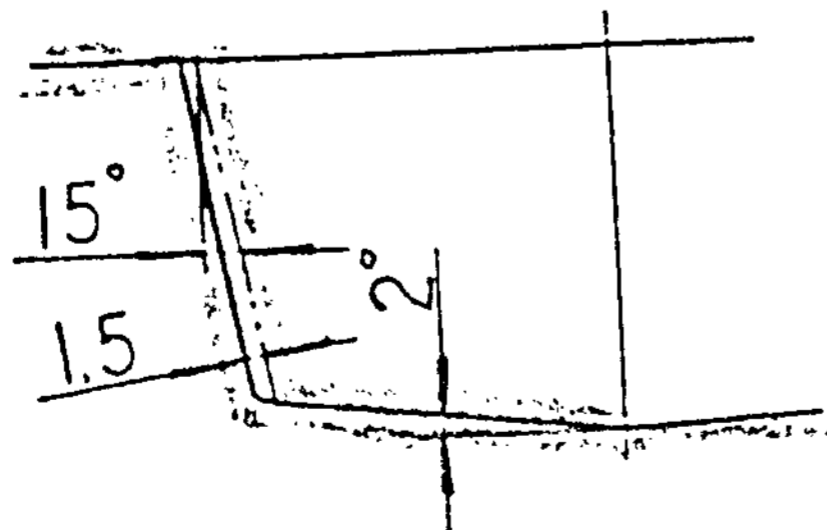
3. 주형파손을 고려한 Core-Print 설계 例

· 사락방지(push-up, crush)

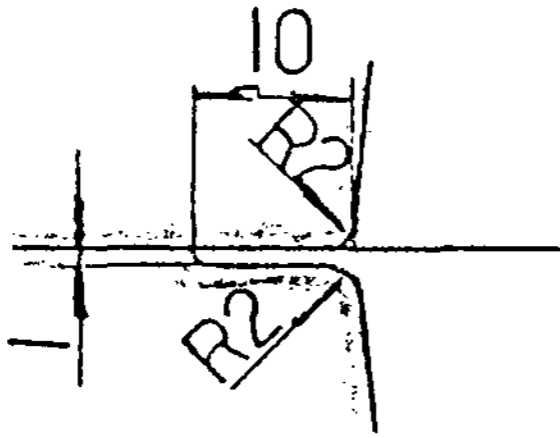
1) 横-Core-Print



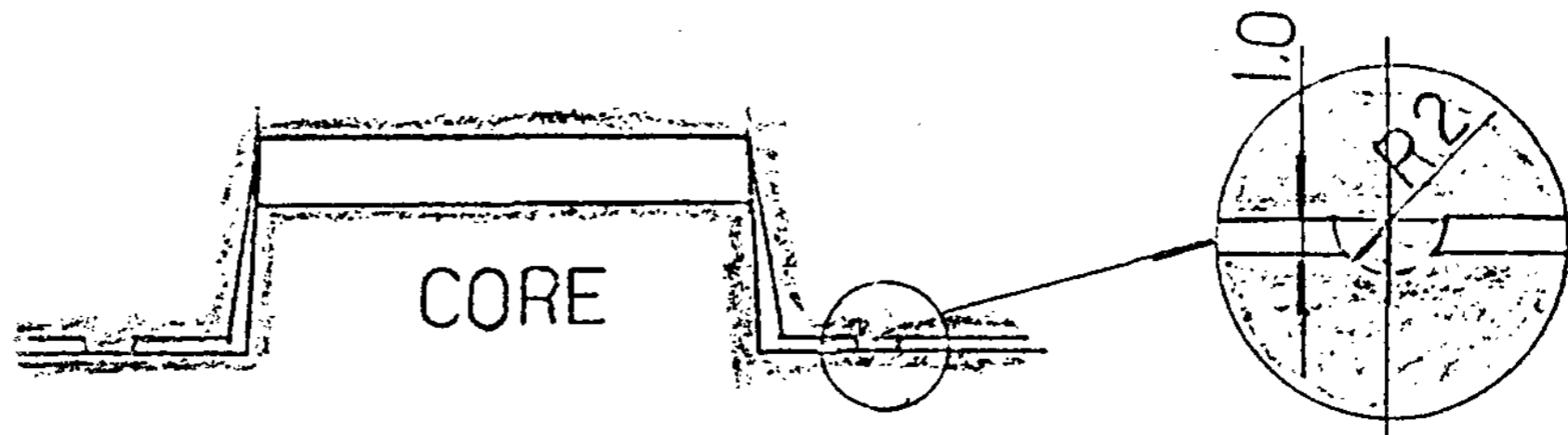
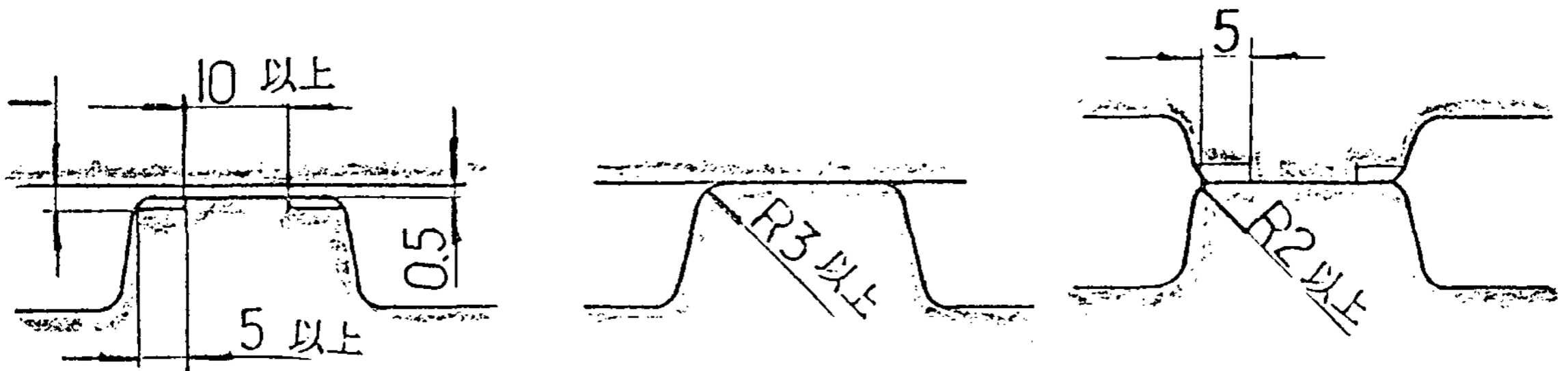
2) 縦-Core-Print 하형



3) 주형분할면



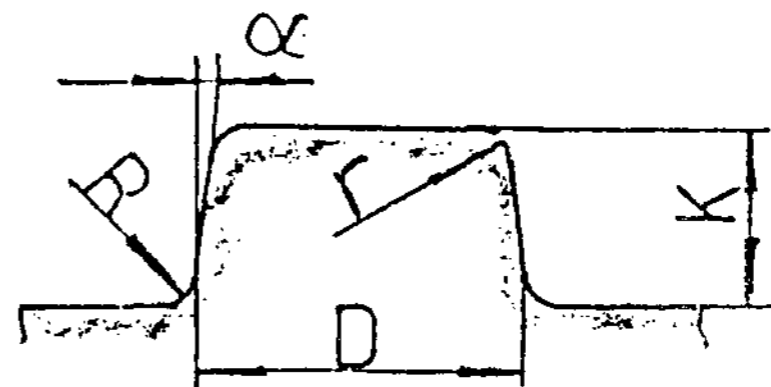
4. 주형접합면



4. 구조공(Cored-Hole)

區分	D	K	R	r	α
生型	0 30이상	$K > 1/3D$	R 5이상	R 2이상	3°
셀코어	0 10이상	$K = D$	R 2	R 1	1° 이상

주) 가스구멍이 있는 경우 D+3로 한다.



3-5 금형방안

탕구방안도와 주조방안도 설계로서 금형설계, 제작에 필요한 기본 사양은 결정되었다.

이제는 금형설계 단계인데 사전에 설비사양에 맞는 금형 구조가 될 수 있도록 검토해야 한다. 검토내용중 일부를 소개하면 다음과 같다.

1) 설비 관련사항

- 금형교환, 이송용 Hook의 위치
- 설비에 금형을 취부할 때, 취부 사양관련(위치 및 방법)
 - 조형기 정반과 패턴정반간 연결방법 및 Hole 위치
 - 코어조형기에서의 Blow-Plate, 압출-Plate 연결 Hole위치
 - 코어조형기에서의 히터터미널, 온도 검출기 연결 위치
 - 코어조형기에서의 맨드렐, Loose-Piece 작동용 실린더 연결시 설비와 간섭 확인
 - 코어조형기에서 실린더 작동 용접속금구(水, 空氣, 取入口 및 배출구)의 위치 확인

2) 금형 기본 구조

- 금형구조 : 금형 분할(그림 17), Loose-Piece 및 Mandrel의 구성과 작동법(그림 18), 금형연결방법(그림 19), 금형합형방법(그림 20)에 대한 고려가 필요하다.
- 조형방법 : Blowing방법(그림 21), 코어꺼내기 방법(그림 22), 경화법(Heater, Gas) Gas-Vent방법(Vent형상, 종류, 크기, 위치)에 대한 고려
- 금형정도 : 주조 품질수준에 부합한 금형정도가 요구되어진다.

실린더블럭 金型精度例

區 分	Core-Print	形 狀 部	勾 配
Pattern	+0.05-0.1	+0.2	±20'
Crank코어	±0.05	±0.1	
W/J코어型	±0.05	-0.2	

3) 금형 설계 특성

3-1) 신 율

일반적인 경우에 있어 灰鑄鐵의 수축율은 다음과 같이 적용되어 진다.

실수축율은 제품의 형태, 조형법에 따라 다르기 때문에 일률적으로 적용해선 않된다. 주조 생산결과에 따른 각 공장별 데이터가 반영되어야 한다. 실린더블럭 금형에서의 적용 예는 다음과 같다.

灰鑄鐵收縮率

材 質		成 分(C.E)	收縮率(伸尺)
ASTM	J I S		
5 5			13/1000
5 0	FC35	3. 3-3.6	13/1000
4 5	FC30	3.45-3.8	10/1000
4 0	FC30	3. 5-3.9	
3 5	FC25	3. 7-4.1	
3 0	FC20		8/1000

金 型 名	造 型 法	伸 率
Pattern	生 砂 型	10/1000
Crank	Shell型	10/1000
코 어 型	Cold型	11/1000
W/Jacket	Shell型	8-10/1000