

論 文

컴퓨터를 이용한 회주철의 탕구방안 설계에 관한 연구

최정길\* 김동옥\*\*

A study on the computed aided gating design in gray cast iron

Jeong-Kil Choi, Dong-Ok Kim

ABSTRACT

The gating design of gray cast iron was programmed in a Personal computer. By this program, casting test was done. The results obtained are as follows.

1. Gating design that can calculate the velocity of metal flow and size in each gate section by knowing the loss coefficient caused by friction loss and bend loss was programmed.
2. In the test casting, the gating ratio was changed into 1.1:1.3:1, 1:2:2, 1:4:4. And sound casting, free of sand washing defect, was obtained at the velocity of 35.5cm/sec in ingate.

1. 서 론

탕구방안의 목적은 용탕을 주형 cavity 까지 조용하게 충만되도록 함으로써 공기혼입, slag 혼입, 주형사의 혼입 등을 방지하고 때로는 탕도의 압탕역활을 하는 등 결함없는 건전한 주물을 얻고자 하는데 있다. 근년에 들어 컴퓨터기술의 발달은 주조방안에 대한 자료를 전산화하여 단시간에 과학적인 수치를 얻음으로써 주물의 생산성 및 회수율향상에 크게 기여할 수 있는 가능성을 제시하고 있으며 이를 위하여 대형 및 소형컴퓨터에서의 software를 개발하기 위한 연구가 미국, 일본, 독일, 영국, 스위스 등 선진외국에서 활발하게 진행되고 있다.<sup>1),2),3)</sup> 본연구에서는 회주철의 탕구방안에 대한 자료를 종합, 정리하여 소형컴퓨터를 이용한 탕구방안에 대한 software개발을 시도하였다. 또한 test casting에서 이 program을 이

용하여 주철용탕의 탕구계 각 부위에서의 유속을 control 할 수 있는 치수를 사용함으로써 주조결함의 방지와 10%의 실수율향상을 얻을 수 있었다.

2. 실험 방법

자료조사를 통하여 회주철의 탕구방안을 종합정리하여 flow chart를 작성한 다음 basic language로 Programming하였다. 컴퓨터는 64KB 용량의 8bit, APPLE II 기종의 소형컴퓨터 및 부대시설을 사용하였다. test casting용 주물로 피아노패달을 선택하였으며 탕구방안 Program을 활용하여 탕구계 각치수를 계산한 다음 주조시험을 하였다. Fig.1에 test casting용 주물의 도면을 나타내었다.

주형은 생형주형으로써 임자도사 (G.F.N 72)에 동해백토 8%를 첨가하고 수분은 compactability 45를 기준하여 적정수분을 조절하면서 첨가하였다. 첨가 후 Mix Muller에서 3~5분간 mixing 후 drop하여 조형하였다. 용해는 45kg 용량의 고주파용해로이며

\* 한국기계연구소 주물연구부 연구원  
\* 한국기계연구소 주물연구부 부장

장입재료는 선철, 강고철, Fe-Si, Fe-Mn을 사용하였다. 목표재질은 FC25 (CE3.9%)로 하였으며 주입시 용탕온도측정은 Maxlab II (digital thermometer)를 사용하였다.

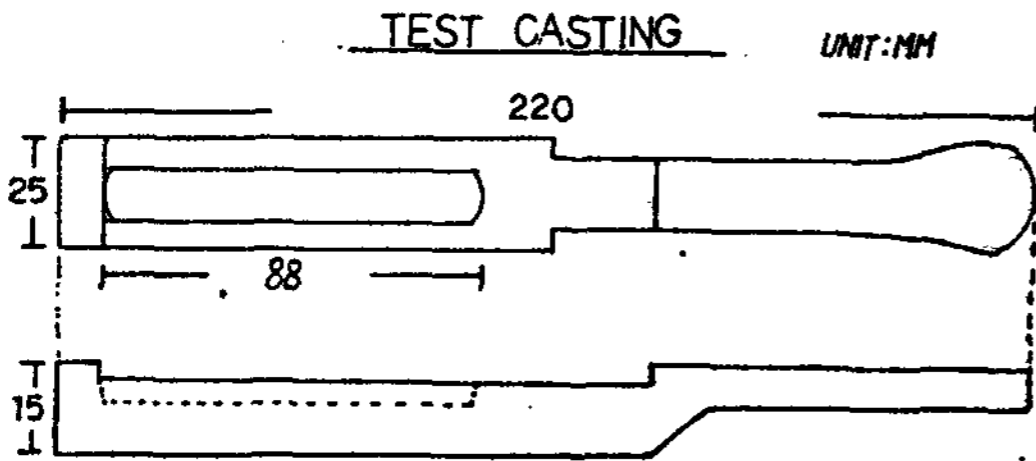
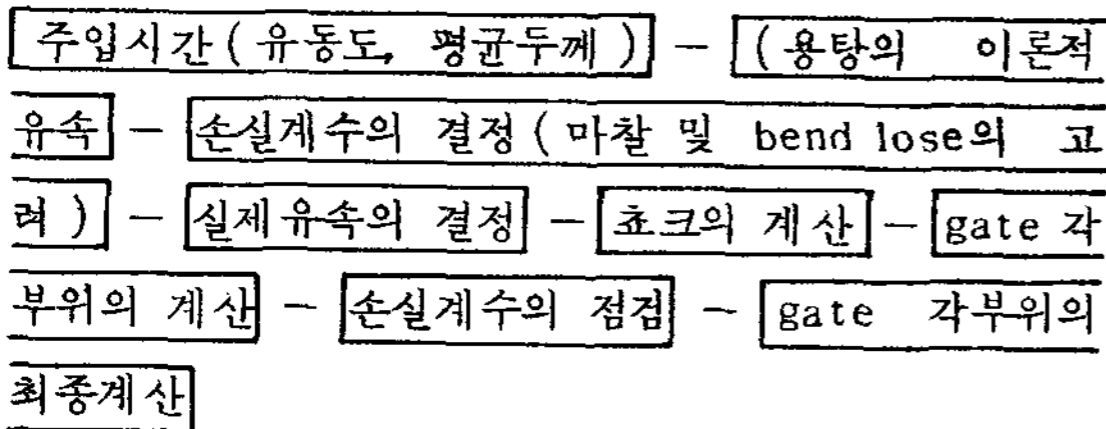


Fig.1 Design of test casting

3. 실험결과 및 고찰

탕구방안은 주입구에 의해 용탕의 유속이 조절되는 압력계탕구방안과 탕구 또는 탕도초크에 의해 유속이 결정되는 비압력계 탕구방안으로 크게 나눌 수 있다.

압력계 :



비압력계 :

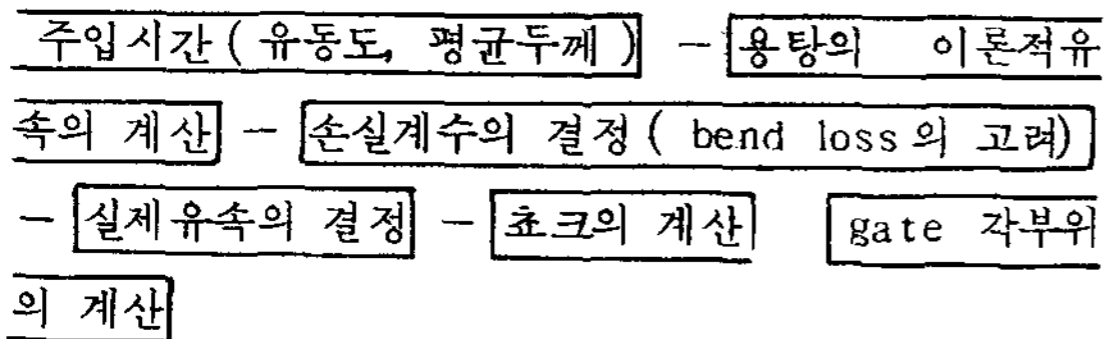


Fig.2 The procedure for calculating gate dimensions

전자는 탕구계에서의 유속이 빠르므로 탕구계 각부위에서의 마찰손실과 탕류의 방향전환시 관성의 법칙에 의한 bend loss가 용탕의 유속에 영향을 미친다. 후자는 탕구계에서의 유속이 느리므로 마찰손실은 고려되지 않고 bend loss에 의한 용탕유속의 영향만이

고려된다. 탕구계 각부위의 정확한 단면치수를 구하기 위해서는 먼저 탕류의 정확한 속도를 알아야만 한다. 탕구에서 낙하하는 용탕의 이론적 유속은 Bernoulli의 정리에 의해 쉽게 구할 수 있으나 실제유속은 탕구계 각부위에서의 손실정도를 고려해야 한다. Fig. 2에 압력계 및 비압력계 탕구방안에서의 계산순서를 나타내었다.

Fig.2에서 볼 때 각방 안에서의 손실계수를 계산하는 과정만이 다르다고 할 수 있다.

3-1 압력계 탕구방안

3-1-1. 주입시간의 계산

Dietert<sup>5)</sup>의 회주철의 주입시간 계산공식에 의하면 적정주입시간의 선택은 용탕의 유동도, 주형내에서의 온도구배, 주물중량, 두께 등과 관계된다. 한편, 회주철의 유동도는 용탕의 과열도와 조성에 의해 결정된다.<sup>6)</sup>

Dietert의 주입시간공식은 다음과 같다.

(1) 주물무게 < 450 kg일 경우  

$$\text{주입시간} = \frac{K}{40} (0.95 + T/0.853) \sqrt{W} \dots\dots\dots (1)$$

(2) 주물무게 > 450 kg일 경우  

$$\text{주입시간} = \frac{K}{40} (0.95 + T/0.853) \sqrt[3]{W} \dots\dots\dots (2)$$

K : 유동도, T : 주물의 평균두께, W : 주물중량

3-1-2 속도손실이 없을 때의 유속

주형공간으로 용탕이 처음 흘러들어갈 때에 마찰이 없는 유속이라는 가정하에 위치에너지는 전부 운동에너지로 바뀌게 된다. 압력에너지는 일정하다고 하면 Bernoulli의 정리에 의하여

$$V^2/2 = g \cdot h_1 = V = \sqrt{2gh_1} \dots\dots\dots (3)$$

이 된다. h : 탕구길이, g : 중력가속도, v : 초크부에서의 이론적 유속

주형내에서의 용탕이 주입구 상단까지 도달했을 때 부압 (負壓)이 발생하기 시작하여 주입구에서 유속은 감소된다.

시간 t가 지난후에 주형이 주입구에서 높이 x까지 채워지고 시간 dt 동안에 dx 만큼 높이가 올라갔다면 주형의 단면적을 F라고 할때 F · dx는 단면A의 주입구를

통하여 시간  $dt$  동안  $V$ 의 속도로 주형으로 흘러들어가는 용탕의 부피가 된다.

$$A \cdot V \cdot dt = F \cdot dx \quad (4)$$

주입구에서의 순간유속  $V$ 는 다음과 같다.

$$V = \sqrt{2g(h_1 - x)} \quad (5)$$

식 (4)에 식 (5)를 대입하면

$$A \cdot dt \sqrt{2g(h_1 - x)} = F \cdot dx \quad (6a)$$

$$A/F \cdot dt = dx / \sqrt{2g(h_1 - x)} \quad (6a)$$

(6b)를 주입구 위에서의 주물의 높이 0에서  $h$  까지 적분하면 유입시간  $t$ 는

$$t_0 = 2F \cdot h_0 / A \sqrt{2g(h_1 + \sqrt{h_1 - h_0})} \quad (7)$$

과 같다.  $F \cdot h = W/P$ ,  $W$ 는 주물중량,  $P$ 는 밀도이다.

식 (7)은 다시

$$t_0 = 2W/PA \sqrt{2g(h_1 + \sqrt{h_1 - h_0})} \quad (8)$$

과 같이 된다. (8)에서  $\sqrt{2g}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_1 - h_0})/2$ 는 쇼크에서의 손실없는 이론적 평균유속을 나타낸다.

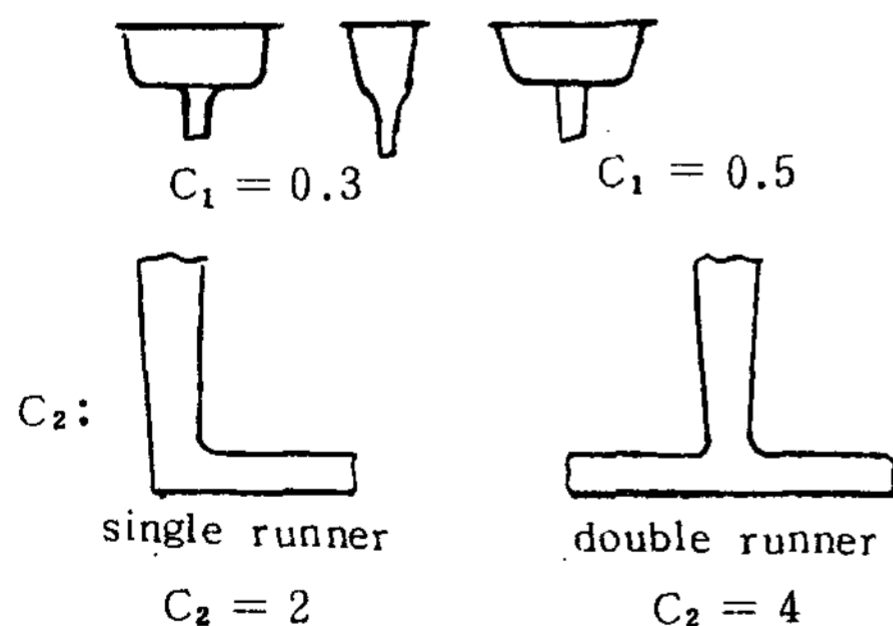
그러므로

$$V = \sqrt{2g}/2 \cdot (1 + \sqrt{1 - h_0/h_1}) \cdot \sqrt{h_1} \quad (9) \text{ 와}$$

같다.

### 3-1-3 속도손실계수의 결정

탕구계에서 실제유속은 이론적인 유속보다 항상 작으며, 탕구상단에서의 위치에너지는 탕구를 낙하하여 탕구계를 통과하면서 운동에너지와 손실에너지의 합으로 변화하게 된다. 손실에너지는 위치에너지나 또는 Head Loss로 나타낼 수 있고 이로 인한 유속의 저하는 속도



- $C_3$ : number of ingate x 2
- $C_4$ :  $C < 5 \text{ mm} - 0.01 \times L$   
 $C > 5 \text{ mm} - 0.005 \times L$
- $C$ : thickness of ingate
- $L$ : total length of ingate

Fig.3 Determination of Preliminary loss coefficient

손실계수  $\alpha$ 로 표시되며,  $\alpha$ 는 탕구계의 치수와 모양에 의해 결정되어 탕구계 각 부분에서의 속도손실계수  $C_1, C$  등의 총합이 된다.

$$\alpha = 1/\sqrt{1+C_1+C_2+C_3+C_4} \quad (10)$$

$\alpha$ : 속도손실계수,

$C_1, C_2, C_3, C_4$ : 탕구계 각부위의 속도손실계수.

압력계 탕구방안에서 속도손실계수에 영향을 미치는 인자는 탕구계 각부분의 접속부위에서의 탕류의 급격한 방향전환으로 인한 속도손실 (bend Loss)과 마찰로 인한 속도손실이다. 정확한 속도손실계수를 구하기 전에 먼저 대략의 값인 1차속도손실계수 (Preliminary Loss coefficient)를 구한다. (Fig.3)

### 3-1-4 탕구비

탕구단면적 > 주입구총단면적이 되도록 탕구비를 정한다.

### 3-1-5 탕구계의 치수결정

$$1000 w = 7.3 \cdot t \cdot V \cdot \alpha \cdot A \quad \dots\dots\dots (11)$$

- $w$ : 주물중량,  $t$ : 주입시간
- $V$ : 손실없는 이론적 평균유속,  $\alpha$ : 속도손실계수
- $A$ : 쇼크단면적

식 (11)에 따라 쇼크단면적  $A$ 를 구하여 탕구비에 따라 계산하여 탕구계 각부위의 치수를 결정한다.

### 3-1-6 속도손실계수의 점검

앞에서 결정한 탕구계의 치수는 속도손실계수에 의해 대략적인 값을 구한 것이므로 이값은 실제와 다를 수 있다. 이는 이미 결정된 탕구계의 치수를 이용하여 다음과 같은 원리에 의하여 2차속도손실계수를 계산하여 비교할 수 있다.

탕구로부터 용탕이 낙하하면서 위치에너지의 운동에너지와 Head Loss로의 전환은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$h = V^2 / 2g + h_1 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$h$ : Potential head  $h_1$ : Head loss.

탕구계는 모양과 단면적이 각각 다른 부위를 통해 다른 유속으로 동일한 부피의 용량이 지나간다.

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = \dots\dots\dots = A_m \cdot V_m \quad \dots\dots (13)$$

탕구계 각부위에서 생기는 Head Loss는 다음과

같이 쓸 수 있다.

$$h_1 = K_1 \cdot V_1^2 / 2g + K_2 \cdot V_2^2 / 2g + \dots + K_m \cdot V_m^2 / 2g \dots \dots \dots (14)$$

$K_1, K_2, \dots, K_m$  : 각부위에서의 손실계수  
 $V_1, V_2, \dots, V_m$  : 손실계수에 따른 유속

식 (14)를 (13)과 연관시키면

$$h_1 = V^2 / 2g \cdot [K_1 (A/A_1)^2 + K_2 (A/A_2)^2 + \dots + K_m (A/A_m)^2] \dots \dots \dots (15)$$

식 (12)를 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$h = V^2 / 2g \cdot [1 + K_1 (A/A_1)^2 + K_2 (A/A_2)^2 + \dots + K_m (A/A_m)^2] \dots \dots \dots (16)$$

따라서

$$\frac{V \cdot \sqrt{2gh} \cdot 1 / \sqrt{1 + K_1 (A/A_1)^2 + K_2 (A/A_2)^2 + \dots + K_m (A/A_m)^2}}{\dots \dots \dots} \dots \dots \dots (17-a)$$

여기에서

$$1 / \sqrt{1 + K_1 (A/A_1)^2 + K_2 (A/A_2)^2 + \dots + K_m (A/A_m)^2} \dots \dots \dots (17-b)$$

은 속도손실계수의 의미를 갖는다. 여기에서 속도손실계수를 계산하기 위해서는 손실계수  $K_1, K_2, K_3, \dots$  와 각탕구계 부위의 면적비 (탕구비)를 알아야 한다. A는 쇼크단면적을 나타낸다.

식 (11)과 식 (17)로부터 탕구계 각부위에서의 속도손실계수  $C_1, C_2, C_3, C_4$ 는 다음과 같다.

$$C_1 = K_1 \left(\frac{A}{A_1}\right)^2 + K_2 (A/A_1)^2 \dots \dots \dots (18-a)$$

$$C_2 = K_3 (A/A_2)^2 + K_4 (A/A_2)^2 \dots \dots \dots (18-b)$$

$$C_3 = n \cdot K_5 (A/A_3)^2 \dots \dots \dots (18-c)$$

$$C_4 = K_6 (A/A_3)^2 \dots \dots \dots (18-d)$$

- $A_1$  : 탕구의 단면적,  $A_2$  : 탕도의 단면적,
- $A_3$  : 주입구의 단면적,
- $K_1$  : 주입컵의 탕구로 들어가는 탕류의 Entrance Loss로 인한 손실계수
- $K_2$  : 탕구에서의 마찰로 인한 손실계수
- $K_3$  : 탕구에서 탕도로 탕류의 급격한 방향전환으로 인한 손실계수
- $K_4$  : 탕도에서의 마찰로 인한 손실계수
- $K_5$  : 탕도에서 주입구로 탕류의 급격한 방향전환으로 인한 손실계수

- $K_6$  : 주입구에서의 마찰로 인한 손실계수
- $n$  : 주입구의 수

식 (18)은 탕구계 각부위의 치수에 따라 구체적인 식으로 표현할 수 있다.<sup>7),8)</sup>

주입컵 - 탕구에서

tapered Junction에 대해

$$C_1 = 0.1 (A/A_1)^2 + 0.02 \cdot \frac{h_1}{d} (A/A_1)^2 \dots \dots \dots (19-a)$$

Sharp Junction에 대해

$$C_1 = 0.7 (A/A_1)^2 + 0.02 \cdot h_1 / d (A/A_1)^2 \dots \dots \dots (19-b)$$

탕구 - 탕도에서

Single Runner에 대해

$$C_2 = 2 (A/A_2)^2 + 0.04 \cdot \frac{0.0525 L_r}{a} \cdot (A/A_2)^2 \dots \dots \dots (19-c)$$

Double Runner에 대해

$$C_2 = 4 (A/A_2)^2 + 0.04 \cdot \frac{0.0525 L_r}{a} \cdot (A/A_2)^2 \dots \dots \dots (19-d)$$

탕도 - 주입구에서

$$C_3 = 2 \cdot n \dots \dots \dots (19-e)$$

$$C_4 = 0.07 \cdot \frac{Ti + B}{2Ti \cdot B} \cdot L \dots \dots \dots (19-f)$$

- $h_1$  : 탕구의 길이,  $d$  : 탕구직경,
- $L_r$  : 탕도의 길이,  $a$  : 탕도의 높이,
- $Ti$  : 주입구의 두께,  $B$  : 주입구의 폭,
- $L$  : 주입구의 총길이

식 (19)에서 계산하여 얻은  $C_1, C_2, C_3, C_4$ 의 값을 식 (11)에 대입하여 얻은 2차손실계수를 1차손실계수와 비교하여  $\pm 10\%$  이상 차이날 때는 탕구방안이 부적당한 것으로 간주하고 주입시간, 탕구비, 탕구길이, 탕도의 길이, 주입구의 수, 주입구의 두께, 주입구의 총길이 등을 변경시켜 다시 1차, 2차손실계수를 구함으로써 정확한 탕구방안을 설계할 수 있다.

### 3-1-7 탕구계 각부위에서의 실제유속의 계산

속도손실이 없을 때의 유속  $V$ 를 속도손실계수  $\alpha$ 로 곱하면 쇼크부에서의 실제유속을 계산할 수 있다. 탕구계 각부위에서의 실제유속은 Continuity law에 의하여 계산된다. 즉

$$V_i = V \times \frac{A}{A_i} \dots\dots\dots (20)$$

$V_i$  : 탕구계 한부위에서의 유속,

$A_i$  : 탕구계 한부위의 단면적

에 의하여 계산할 수 있다.

**3-2 비압력계 탕구방안**

**3-2-1 주입시간의 계산**

압력계와 동일하다.

**3-2-2 속도손실이 없을 때의 유속**

압력계와 동일하다.

**3-2-3 속도손실수의 결정**

Table 1. Determination of loss coefficient (K)

	sharp	streamlined (Rounded)
Sprue entry from pouring box(round or square sprue)	0.75	0.2
Bend of sprue into runner	2.0	1.0
Right angle bend in runner :		
square cross section	2.0	1.5
round cross section	1.5	1.0
Junction with 25 % or more area reduction from runner into ingates	2.0	0.5
Runner choke when choke area approx. One-third runner area, plus bend of sprue into runner	13	-
Losses from wall Friction		
Round channel loss = $0.02 \frac{L}{D}$		
Square channel loss = $0.06 \frac{L}{D}$		
Rectangular channel loss = $0.07 L \times \frac{A+B}{2AB}$		
Where L = length		
D = diameter of round or side of square		
A = One side of rectangle		
B = other side of rectangle		

비압력계에서 손실계수는 여러문헌과 DATA로부터 얻을 수 있다.<sup>10),10</sup> 탕구계의 면적이나 방향의 변화로 인한 head의 손실은 그 손실이 일어나는 지점에서의 용탕의 속도와 Bend의 정도와 관계된다. bend에 따르는 손실계수와 탕도가 길 경우의 마찰로 인한 손실계수를 Table 1에 나타내었다.

Table 1에서 탕도 choke일 경우 용탕의 흐름에 큰외류와 저항을 일으키므로 이러한 증가된 마찰손실을 보상하기 위해 탕구로부터 탕도로의 bend로 인한 손실을 포함하여 손실계수 K는 큰값(B)이 된다. 탕도choke에서 이러한 높은 마찰손실은 용탕의 교란이 몹시 심한 것을 말해주는 것이다. Table 1에서 얻은 탕구계 각부위의 손실계수를 탕구비와 함께 식 (17-b)에 대입함으로써 속도손실계수  $\alpha$ 를 구할 수 있다.

**3-2-4 탕구비**

탕구단면적 < 주입구총단면적이 되도록 탕구비를 정한다.

**3-2-5 탕구계의 치수결정**

압력계와 동일하다.

**3-2-6 탕구계 각 부위의 실제 유속계산**

압력계와 동일하다.

**3-3 탕구방안의 Flow Chart**

압력계 및 비압력계 탕구방안의 Programming을 위한 flow chart를 Fig. 4a와 4b에 나타내었다.

**3-4 Programming 및 Test Casting**

Fig.4의 flow chart에 따라 8 bit apple 컴퓨터에서 압력계 및 비압력계 탕구방안을 programming하였다. 이 program은 화학성분, 평균주물두께, 상형에서의 주물의 높이 및 탕구비 등 비교적 간단한 data만을 입력시키면 주입온도, 주입시간, 탕구계 각부위의 유속 및 치수 등을 계산할 수 있도록 구성되어 있다. 이 프로그램을 이용하여 피아노페달 (Fig. 1)에 대한 data를 컴퓨터에 입력하였고 계산된 결과에 따라 탕구방안을 세워 주조실험을 하였다. computer에 data입력시는 탕구비를 1.1 : 1.3 : 1, 1 : 2 : 2, 1 : 4 : 4로 압력계에서 비압력계로 변화시켜서 탕구계 각부위의 유속을 control하고자 하였으며 컴퓨터에 의한 계산결과를 Fig.5에 나타내었다.

Print된 결과에 따라 탕구비의 변화에 따른 탕구계 각부위에서의 실제유속의 변화를 Table 2에 나타내

었다. Table 2 에서부터 탕구에서의 유속은 No.1 에  
서 가장 낮았으나 주입구에서의 유속은 No.3에서 가  
장 낮은 것을 알 수 있다. 실제 주조시험결과 No. 1  
과 2에서는 주입구를 통해 주형으로 주입된 용탕의  
유속이 큼으로 인하여 상형의 돌출부위가 침식되어

Sand washing 결함이 발생하였다. 그러나 주입구유  
속이 31.5 cm/sec인 No.3에서는 결함없는 건전한  
주물을 얻을 수 있었다. Fig.6에 결함발생시편과 건  
전시편을 나타내었다.

이상의 결과와 같이 탕구비를 변화시켜 주입구에서

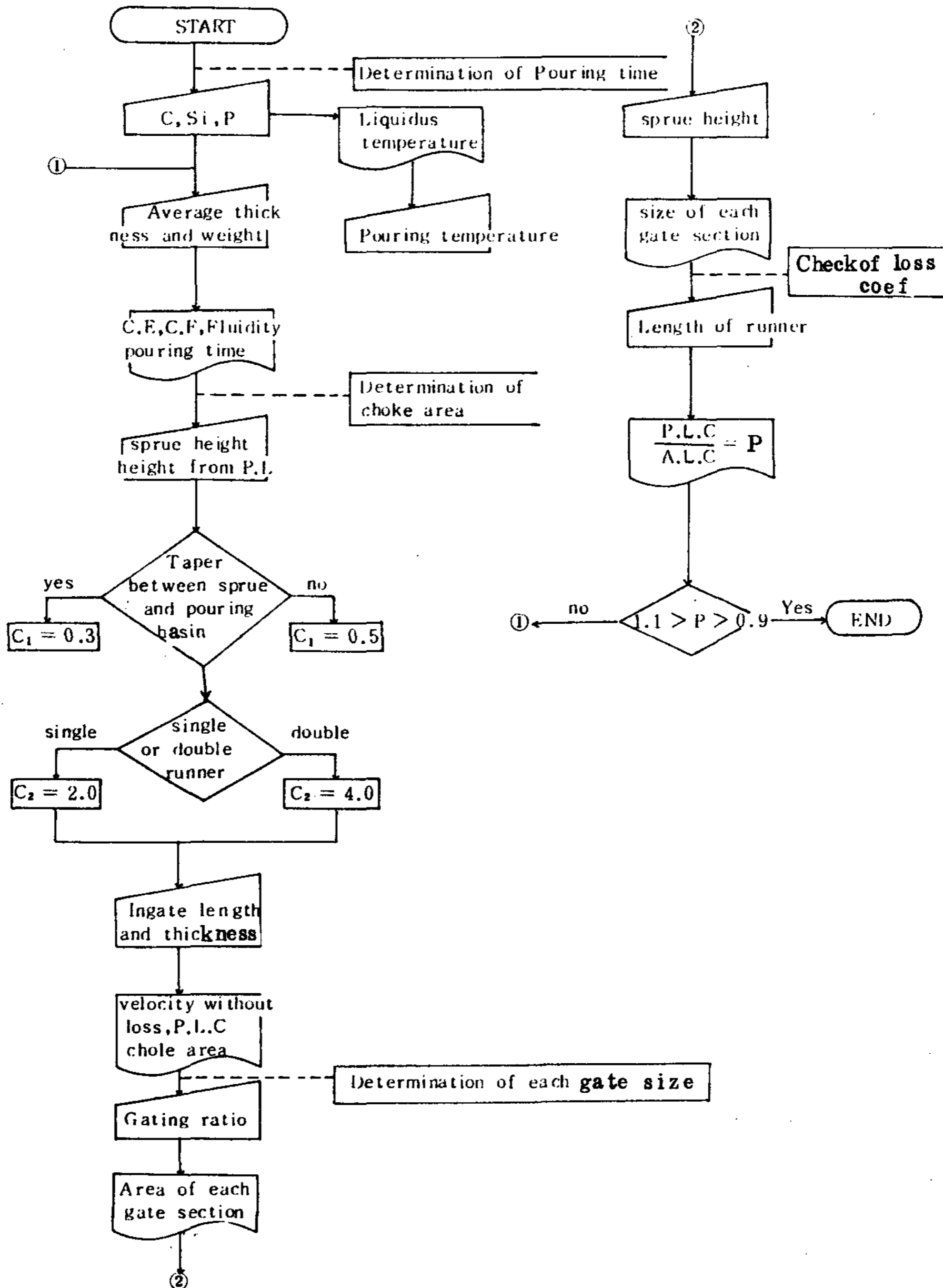


Fig.4-a Flow chart of pressurized gating design

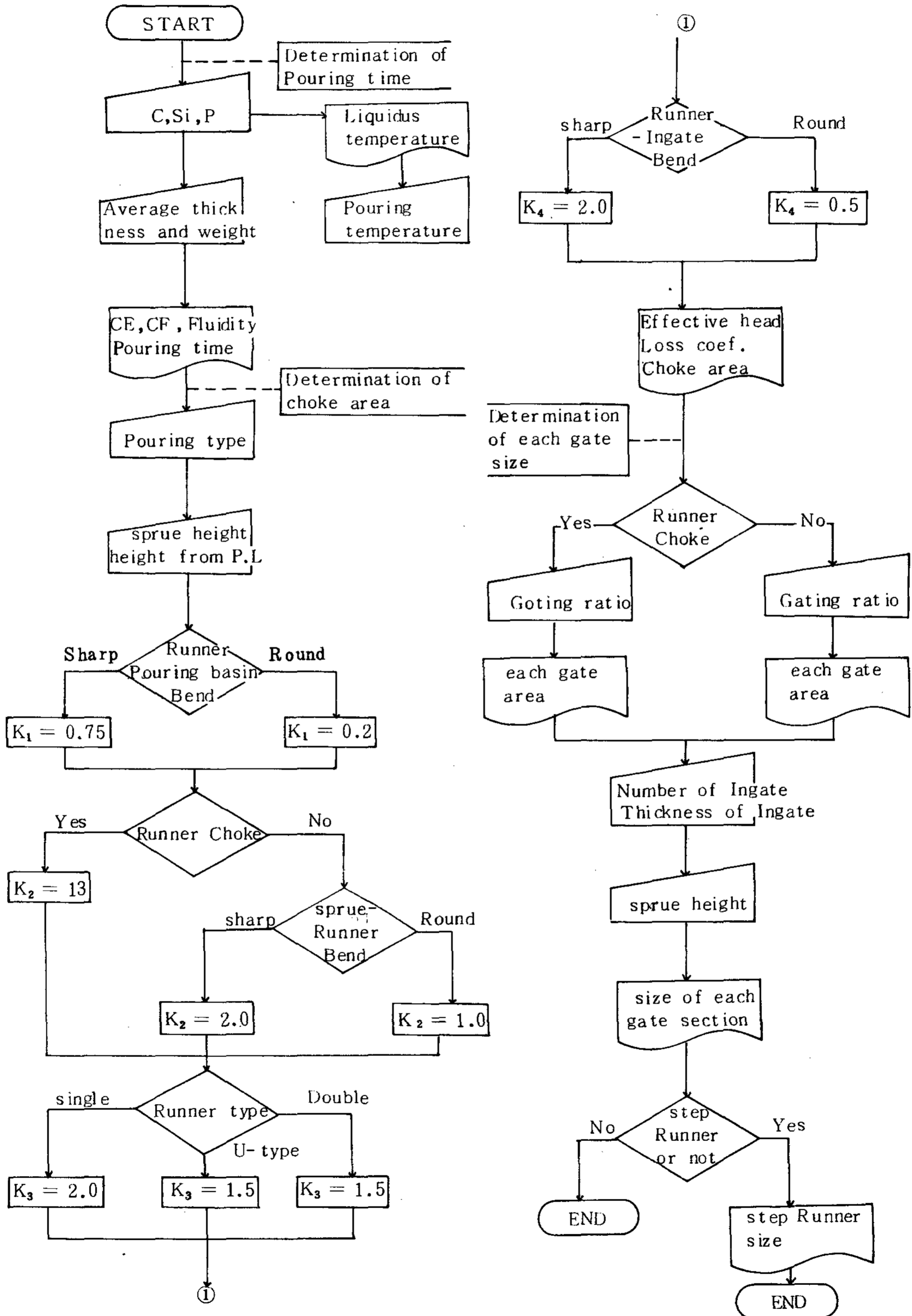


Fig.4-b Flow chart of non-pressurized gating design

Table.2 Change of actual Velocity of metal flow in each gate Section

No	Gate type	Gating ratio	Velocity without loss (cm/sec)	Loss coefficient	actual average Velocity (cm/sec)	actual Velocity in each gate (cm/sec)		
						sprue	Runner	Ingate
1	Pressurized	1.1 : 1.3 : 1	140	0.33	46.9	42.5	36.0	46.8
2	Non-pressurized	1 : 2 : 2	140	0.75	104.3	104.3	52.1	52.1
3	Non-pressurized	1 : 4 : 4	140	0.90	125.9	125.9	31.5	31.5

\*\*\*\*\* 결과 \*\*\*\*\*

탄소 [%] 3.4, 규소 [%] 2.0, 인 [%] 0.1, 평균 주물두께 [mm] 10, 주입온도 [섭씨] 1,280, 주입시간 [초] 3, 탄소당량 [C + 1 / 3SI + 1 / 3P] 4.1, 성분계수 [C + 1 / 4SI + 1 / 2P] 4.0, 유동도 [인치] 20, 주입대야높이 [cm] 3, 분할면위의 주물높이 [cm] 0, 탕구비 1.1 : 1.3 : 1, 손실계수 0.33, 평균유속 [cm/sec] : 손실없는 유속 140, 실제평균유속 46.89 gate 각부위에서의 실제유속 [cm/sec] : 탕구 42.5, 탕도 36.0, 주입구 46.8 초크단면적 [cm<sup>2</sup>] 2.5, 탕구크기 [cm] : 높이 7, 윗지름 2.8, 아랫지름 1.9 탕구저크기 [cm] 4.2 \* 2.5 탕도크기 [cm] : 크기 1.1 \* 1.3 \* 1.5, 길이 32.5 주입구의 수 6, 주입구의 크기 [cm] : 크기 1.6 \* 0.3, 길이 1 회수율 [%] 71.7

Fig.5-a Computer printout of input and output data for gates (gating ratio of 1.1 : 1.3 : 1)

\*\*\*\*\* 결과 \*\*\*\*\*

탄소 [%] 3.4, 규소 [%] 2.0, 인 [%] 0.1, 평균주물두께 [mm] 10, 주입온도 [섭씨] 1,280, 주입시간 [초] 3, 탄소당량 [C + 1 / 3SI + 1 / 3P] 4.1, 성분계수 [C + 1 / 4SI + 1 / 2P] 4.0, 유동도 [인치] 20

주입대야높이 [cm] 3, 분할면위의 주물높이 [cm] 0, 탕구비 1 : 2 : 2, 손실계수 0.75, 평균유속 [cm/sec] : 손실없는 유속 140, 실제평균유속 104.3 gate 각부위에서의 실제유속 [cm/sec] : 탕구 104.3, 탕도 52.15, 주입구 52.15 초크단면적 [cm<sup>2</sup>] 1.1, 탕구크기 [cm] : 높이 7, 윗지름 2.2, 아랫지름 1.2 탕구저크기 [cm] 2.6 \* 2.1, 탕도크기 [cm] : 크기 0.8 \* 1.0 \* 1.2, 길이 32.5 주입구의 수 6, 주입구의 크기 [cm] : 크기 1.7 \* 0.2, 길이 1 회수율 [%] 82.1

Fig.5-b Computer printout of input and output data for gates (gating ratio of 1 : 2 : 2)

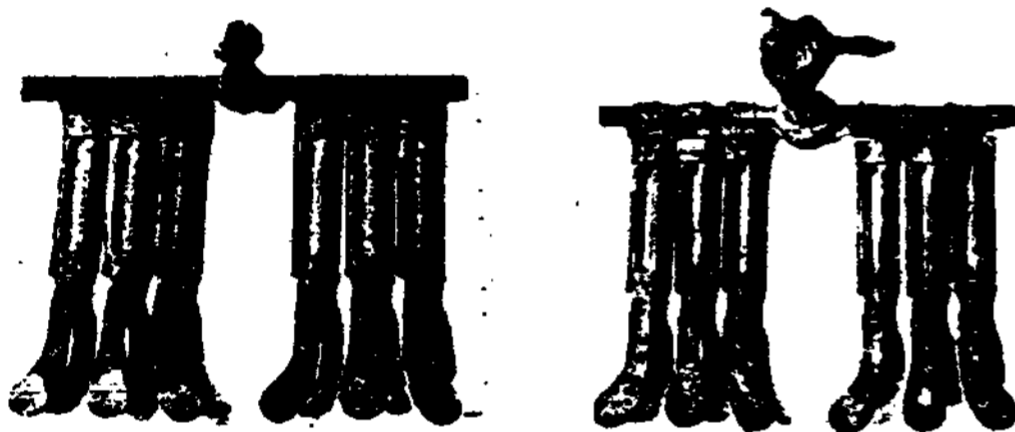
\*\*\*\*\* 결과 \*\*\*\*\*

탄소 [%] 3.4, 규소 [%] 2.0, 인 [%] 0.1, 평균주물두께 [mm] 10, 주입온도 [섭씨] 1,280, 주입시간 [초] 3, 탄소당량 [C + 1 / 3SI + 1 / 3P] 4.1, 성분계수 [C + 1 / 4SI + 1 / 2P] 4.0, 유동도 [인치] 20, 주입대야높이 [cm] 3, 분할면위의 주물높이 [cm] 0, 탕구비 1 : 4 : 4, 손실계수 0.9, 평균유속 [cm/sec] : 손실없는 유속 140, 실제평균유속 125.9



gate 각부위에서의 실제 유속 [ cm / sec ] :  
 탕구 125.9, 탕도 31.5, 주입구 31.5  
 쇼크단면적 [ cm<sup>2</sup> ] 0.9,  
 탕구 크기 [ cm ] : 높이 7, 윗저름 2.1, 아랫저름 1.1  
 탕구저크기 [ cm ] 2.4 \* 2.7,  
 탕도크기 [ cm ] : 크기 1.2 \* 1.4 \* 1.6, 길이 32.5  
 주입구의 수 6, 주입구의 크기 [ cm ] : 크기 2.3 \*  
 0.3, 길이 1  
 회수율 [ % ] 77.2

Fig.5-c Computer printout of input and output data for gates (gating ratio of 1 : 4 : 4 )



(a) Sound casting (b) unsound casting

Fig.6 Piano pedals adopted as test castings

의 유속을 조절 함으로써 생형주형에서의 sand washing 결함 발생가능성이 높은 주물에서 결함을 방지시킬 수 있었다.

#### 4. 결 론

1. Personal computer 에서 탕구의 마찰손실 및

관성에 의한 Bend Loss 를 고려하여 속도손실계수를 결정하여 탕구계 각부위의 유속 및 치수를 구할 수 있는 회주철의 탕구방안을 Programming 하였다.

2. Test casting 결과 탕구비를 1.1 : 1.3 : 1, 1 : 2 : 2, 1 : 4 : 4 로 변화시켰을 때 주입구에서의 유속이 31.5 cm / sec 일 때 Sand washing 결함을 방지하는 건전한 주물을 얻을 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. R.W. Ruddle: Trans. AFS, Vol. 90, 1982, p. 227.
2. P.C. Gerhardt, Jr.: Trans. AFS, Vol. 91, 1983, p. 475.
3. 大中逸雄: 綜合鑄物, Vol. 22, 1981, No. 1-No. 12.
4. Evert Bjorklund: Trans. AFS, Vol. 70, 1962, p. 193.
5. H.W. Dietert: Foundry, Vol. 81, 1955, p. 205.
6. L.F. Porter and P.C. Rosenthal: Trans, AFS, Vol. 60, 1952, p. 725.
7. Institute of British Foundrymen, Report of the Techn. Subcommittee T.S, 24 (1955).
8. R.W. Ruddle: Institute of metals monograph and report series No. 19, London (1956).
9. J.F. Wallace: Trans. AFS, Vol. 65, 1957, p. 267.
10. D.S. Richins and W.O, Wetmore: Symposium on Principles of gating, AFS, 1951, p1.
11. Report of IBF Subcommittee TS 24, "Ingates," Foundry Trade Journal, 1955, p. 691.