

技術資料

압탕분할 주입방법에 의한 대형주강품의 구조 방안

정 상 원

Casting Design of Large Sized Steel Casting by Multi-Pouring Method Riser

S. W. Chung

1. 서론

두께가 두꺼운 대형 주강품의 경우 일반적인 방법에 따라 압탕을 설치하면 응고 계수가 커서 압탕도 대형이 되어야 하므로 회수율이 나빠지고 절단작업도 어려워질뿐 아니라 압탕의 효율 자체도 저하되어 예기치 못한 압탕하부의 수축공 결함을 발생시키기도 한다. 이에 대한 개선책으로 압탕크기를 줄이고 압탕의 상면이 완전 응고되기전에 용강을 보충시켜 압탕의 효율을 높여주는 분할(2차 또는 3차) 주입방법을 채택할 수가 있다. 본고에서는 당사에서 실제품에 적용한 3차 주입방법에 대해 소개 하고자 한다.

2. 대형제품의 압탕 분할 주입

2-1. 제품 내역

- 품명 : Hinge pivot
-재질 : Mn-Ni Steel
-소재중량 : 192.1 ton
-압탕중량 : 58.5 ton(2, 3차 포함)
-주입중량 : 254.9 ton(2, 3차 포함)
-제품크기 : 2,000W x 2,705H x 8,210L
-Lloyd's certificate가 요구됨.

2-2 압탕의 설정

- 1) 제품의 module : 38.3 cm
2) 응고시간 : 약49시간(T=km² 적용)
단, T : 시간, K : 상수, M : 응고계수
3) 설정조건 :

- (A) 압탕(최종) MR ≥ 1.0MC
(B) 압탕비 H ≤ 0.8 D
(C) 1차 주입압탕 MR1 ≥ 0.9MC
MR : 압탕의 응고계수
MC : 제품의 응고계수
H : 압탕의 높이
D : 압탕의 외경

단, riser는 2, 3차 주입과 발열재 투입으로 상부면을 비방열면으로 적용하는 조건임. (casting과 접촉면은 방열로 본다.) 2차, 3차 주입전에는 압탕상부의 발열 및 단열재를 제거해야 함.

4) 압탕 크기 결정

D2, 150 x 1,700H

MR = (107.5 x 170) / (107.5 + 170 x 2) = 40.8cm

----- 설정조건 (A)항 만족
O 1,700 / 2,150 = 0.79

----- 설정조건 (B)항 만족
외경과 높이를 기준하여 rectangular형으로 변경하면 1,700W x 2,260L x 1,700H (M=41cm)

----- 설정조건 (A)항 만족
\*구조방안 sketch (그림 1) 참조

5) 압탕의 분할 및 주입계획 수립

-1차, 2차, 3차의 비율을 60:30:10정도로 다음과 같이 분할함.

O 1차 주입계획

-크기 : 1,740 x 2,260 x 1,050H (30.8ton)

M = V / S = 4,104,525 / 114,967 = 35.7cm

(압탕 상면은 비방열)

MR / MC = 35.7 / 38.3 = 0.927 설정조건 (C)항 만족

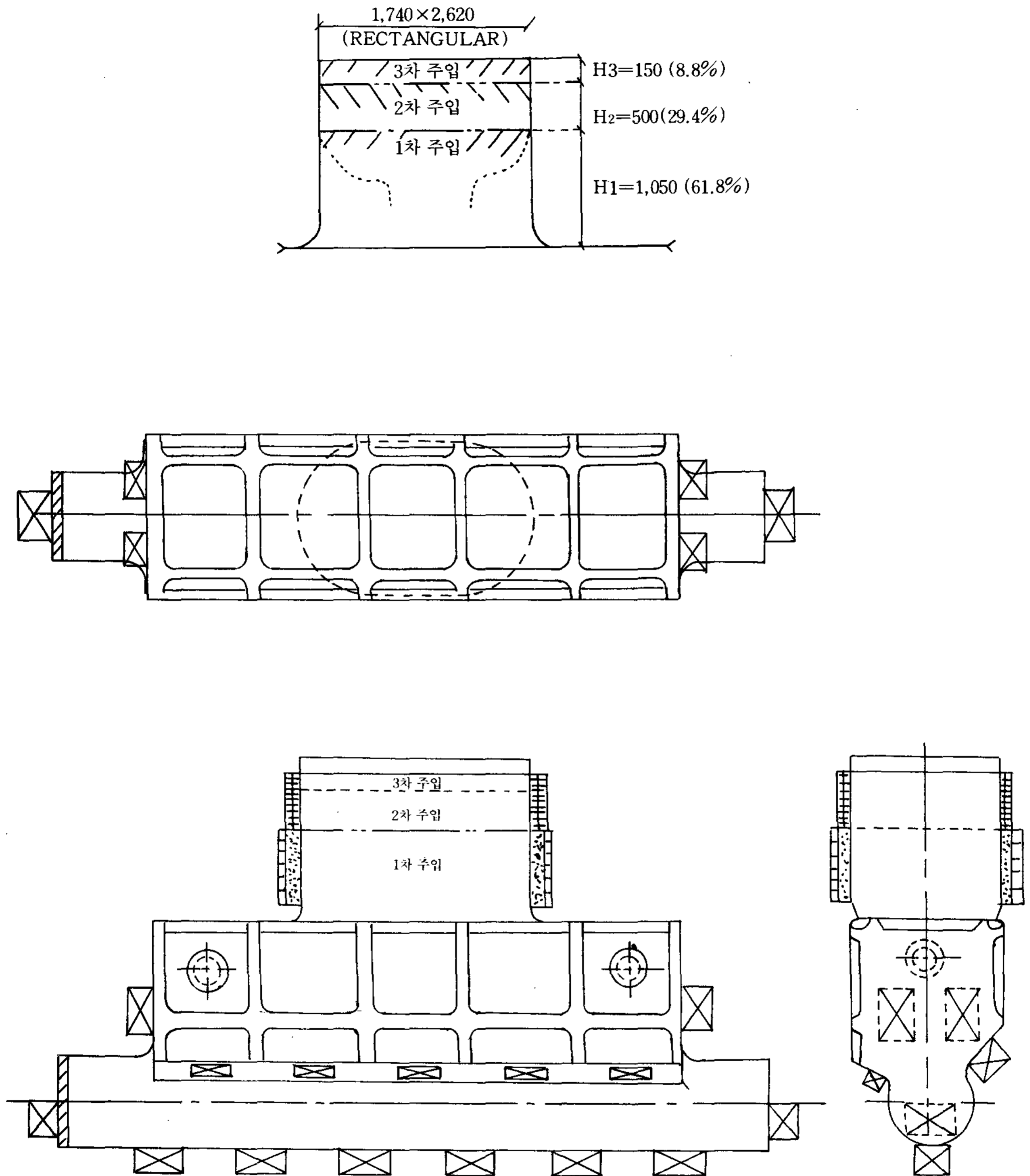


그림1. PIVOT 주조방안

○ 2차 주입계획

- 크기 : 1,740×2,620×500H(14.66ton)

- 주입시기 : 49시간×60%=29.4시간

→ 25-30시간 사이에 주입

- 주입중량 : (1차 압탕 수축량+2차압탕 중량)

1차 압탕 수축량  $30.8\text{ton} \times 10\% = 3.08\text{ton}$   
 $\times 14.66 + 3.08 = 17.74\text{ton}$  주입

○ 3차 주입계획

- 크기 :  $1,740 \times 2,620 \times 150\text{H}$  (4.4ton)
- 주입시기 :  $49\text{시간} \times 90\% = 44.1\text{시간}$   
 $\longrightarrow 40-45\text{시간}$  사이에 주입
- 주입중량 : (2차 압탕 수축량 + 3차 압탕 중량)

2차 압탕 수축량 :  $17.74\text{ton} \times 10\% = 1.774\text{ton}$   
 $\times 4.4 + 1.774 = 6.2\text{ton}$  주입

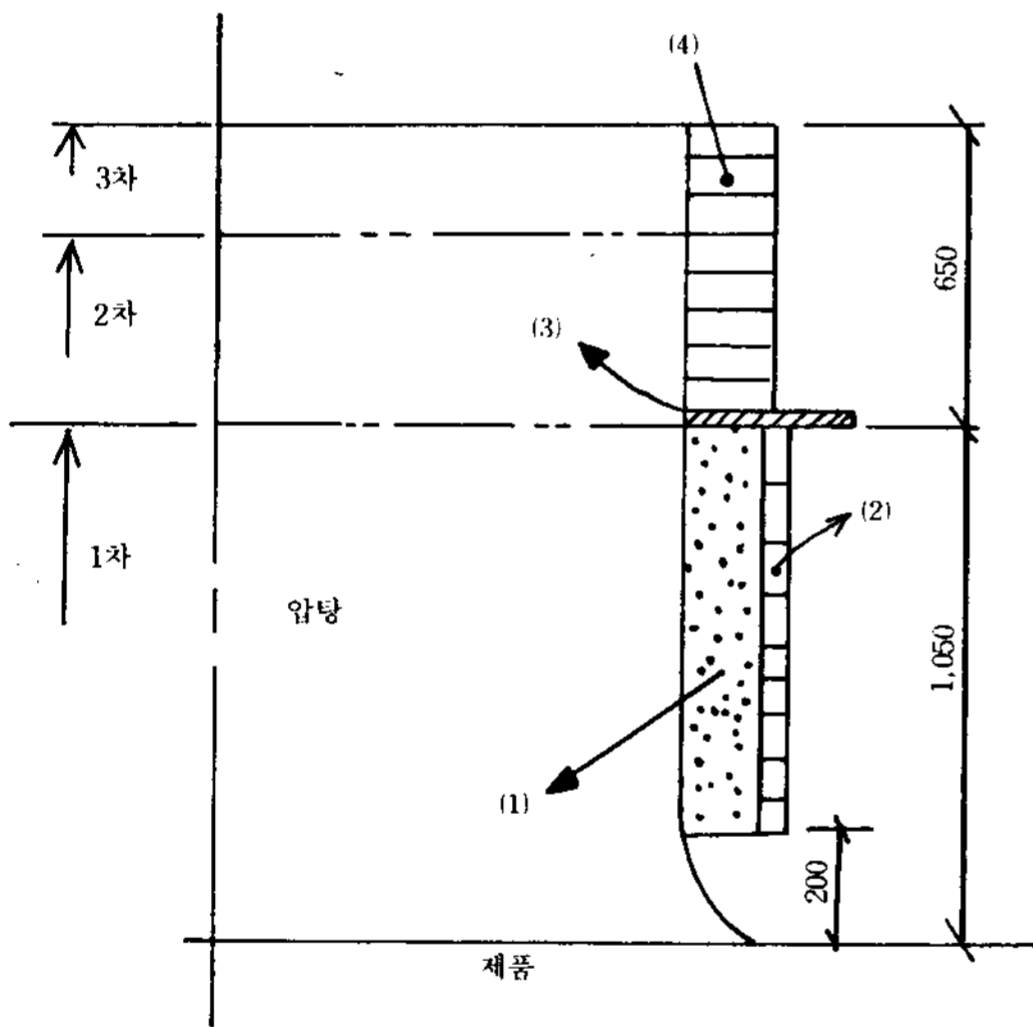
○ 압탕 총 주입량

$30.8 + 17.74 + 6.2 = 54.74\text{ton}$

○ 압탕 / 제품

$= 54.74 / 192.1 = 28.5\%$  (방안상)

2-3. 압탕의 insulating material 및 설치



- Profax: 대호산업제품  
크기:  $150\text{W} \times 300\text{L} \times 50\text{T}$
- 단열 brick: 왕표 내화 제품  
크기:  $114\text{W} \times 230\text{L} \times 60\text{T}$

(1) Silica sand + profax

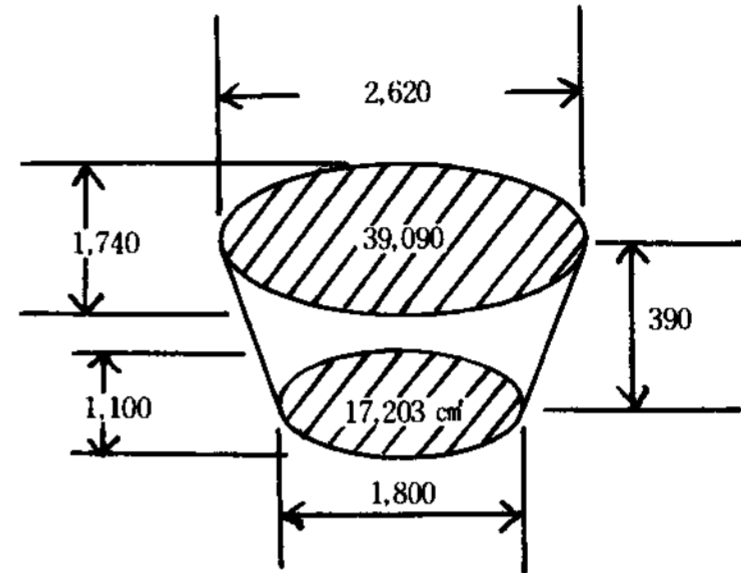
Silica sand 150T에 profax(50T사용)를 압탕의 표면적 비율 50:50으로 설치한다. (실 주입작업중 용강의 복사열로 인해 사락현상 발생  $\rightarrow$  전면 profax로 하는 것이 요구됨)

(2) Silica sand 150T 뒤에 단열 brick을 새로방향으로 전 둘레 설치했다.

(3) 1차 주입후 압탕의 붕괴를 방지하기 위하여 10T철판을 깔았다.

(4) 1차 주입의 열영향으로 profax 및 sand를 사용할 수 없어 단열 brick을 쌓았다.

2-4. 압탕의 실 수축량 추적(그림 2 참조)



1) 1차 압탕의 수축량(1차 주입후 23시간 경과 후 확인)

○ 압탕크기 :  $1,740 \times 2,620 \times 1,150\text{H}$  (33.7 ton)

○ 수축량

$$V = \frac{(39/3) (39,090 + 17,203 + \sqrt{39,090 \times 17,203})}{3}$$

$$= 1,068,924\text{cm}^3 \rightarrow 8,020\text{kg}$$

$\times 8,020 / 33,700 = 23.8\%$  (주방 계산시는 10%로 추정했음)

○ 1차 수축량은 1차 압탕의 23.8% 수축했다. 그러나, 이 수축량은 시간의 경과 및 제품형상, 주입온도등 여러가지 복합요인으로 약간의 변동될 소지가 있다.

2) 2차 압탕 수축량

○ 압탕크기 :  $1,740 \times 2,620 \times 500\text{H}$  (14.66 ton)

○ 주입시기

계획 : 1차주입후 25-30시간  
 실제 : 1차 주입후 23시간후에 실시

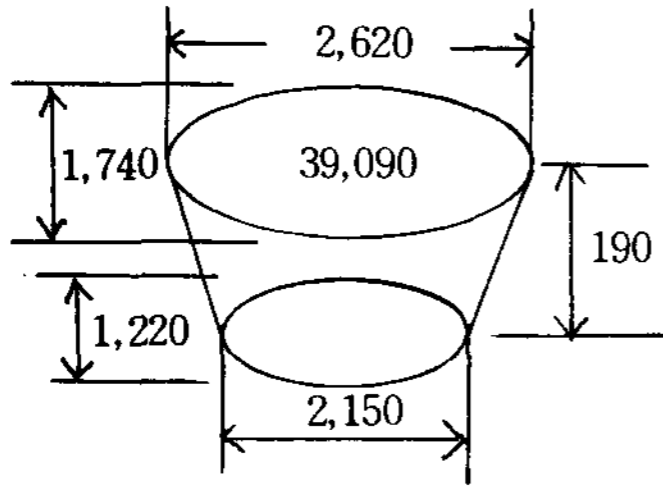
○ 2차주입중량

계획 : 18ton (1차 압탕의 10% 적용)  
 실제 : 22ton 주입

$$\left. \begin{array}{l} 1차 압탕 수축량(8,020\text{kg}) \\ 2차 압탕 중량(14,660\text{kg}) \end{array} \right\} 22,680\text{kg}$$

○ 2차 압탕 수축량 (1차 주입후 39.3시간 경과 후 확인)

$$V = \frac{(19/3) (39,090 + 23,035 + \sqrt{39,090 \times 23,035})}{3}$$



$=583,504\text{cm}^3 \rightarrow 4,380\text{kg}$

$\ast 4,380 / 22,600 = 19.3\%$

즉, 2차 수축량은 2차 압탕 주입량의 19.3%가 수축했다.

3) 3차 압탕 수축량

○ 압탕크기 :  $1,740 \times 2,620 \times 150\text{H}$  (4.4 ton)

○ 주입시기

계획 : 1차주입후 40-45시간

실제 : 1차 주입후 39.3시간에 실시

○ 3차주입중량

계획 : 6.2ton (2차 압탕의 10% 적용)

실제 : 8.14ton 주입

2차 압탕 수축량(4.38ton) 8.78ton

3차 압탕 중량(4.4ton)

○ 3차 압탕 수축량 (응고 완료후 확인)

$V = 39,090 \times 43 / 3$

$=560,290\text{cm}^3 \rightarrow 4,2\text{ton}$

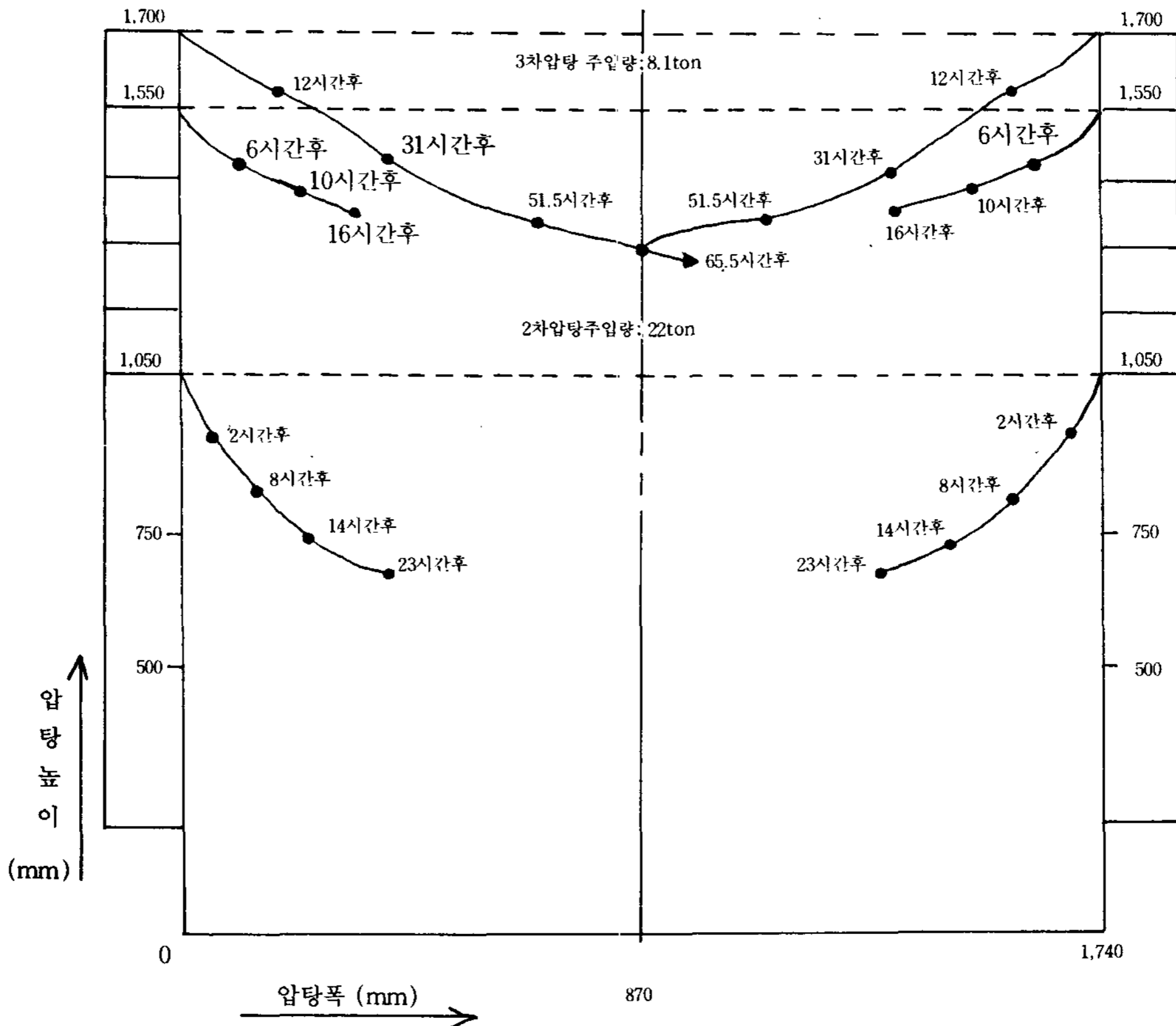
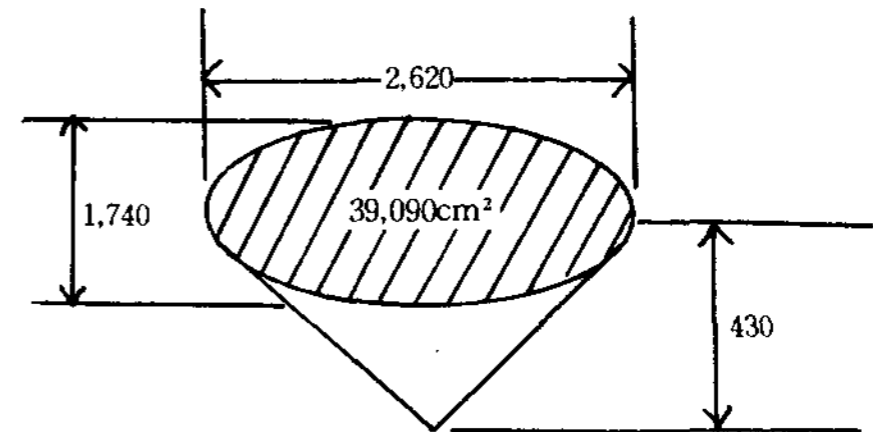


그림 2. 압탕의 응고양상(1,740W 측)

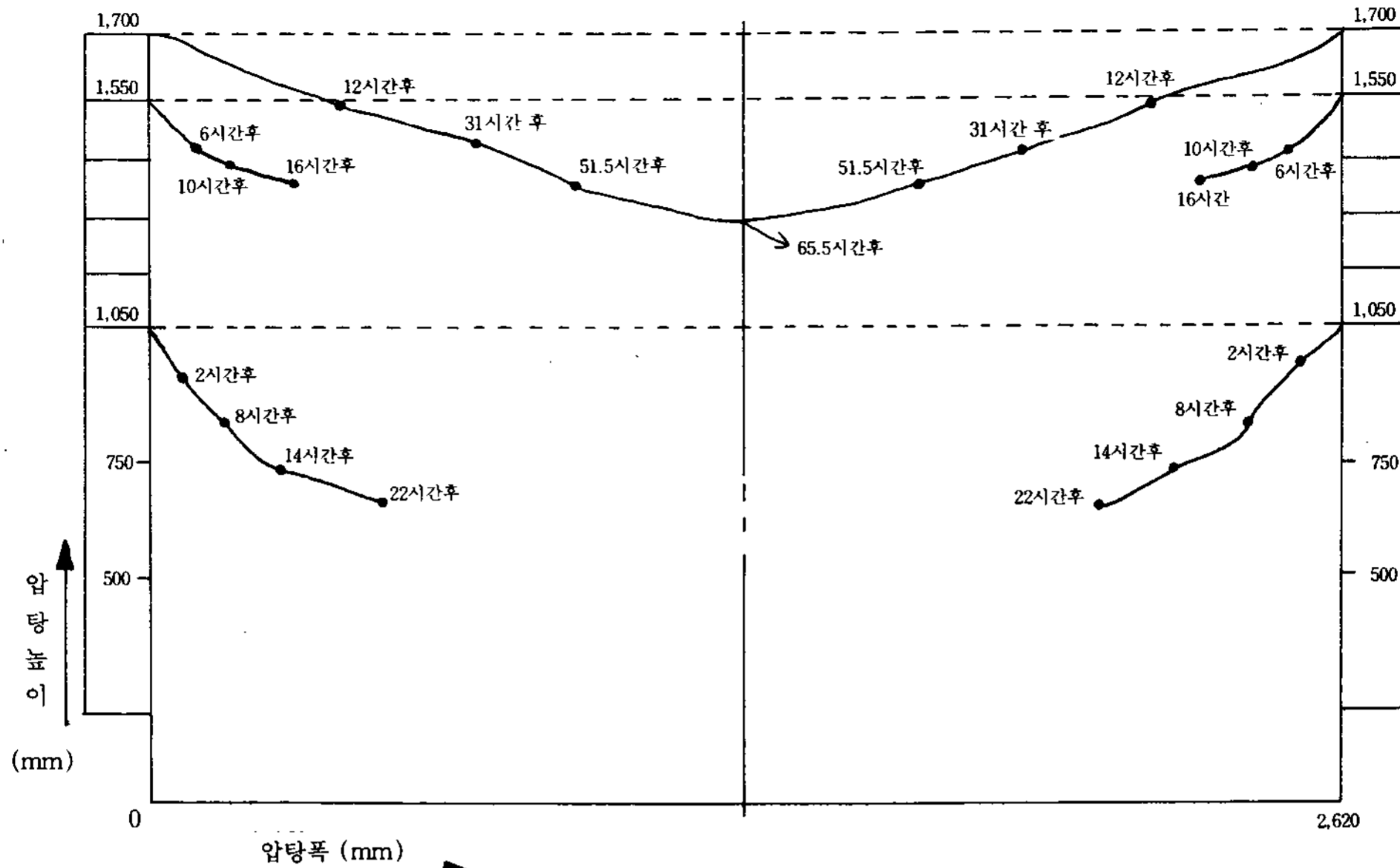


그림 3. 압탕의 응고양상(2,620<sup>a</sup>측)

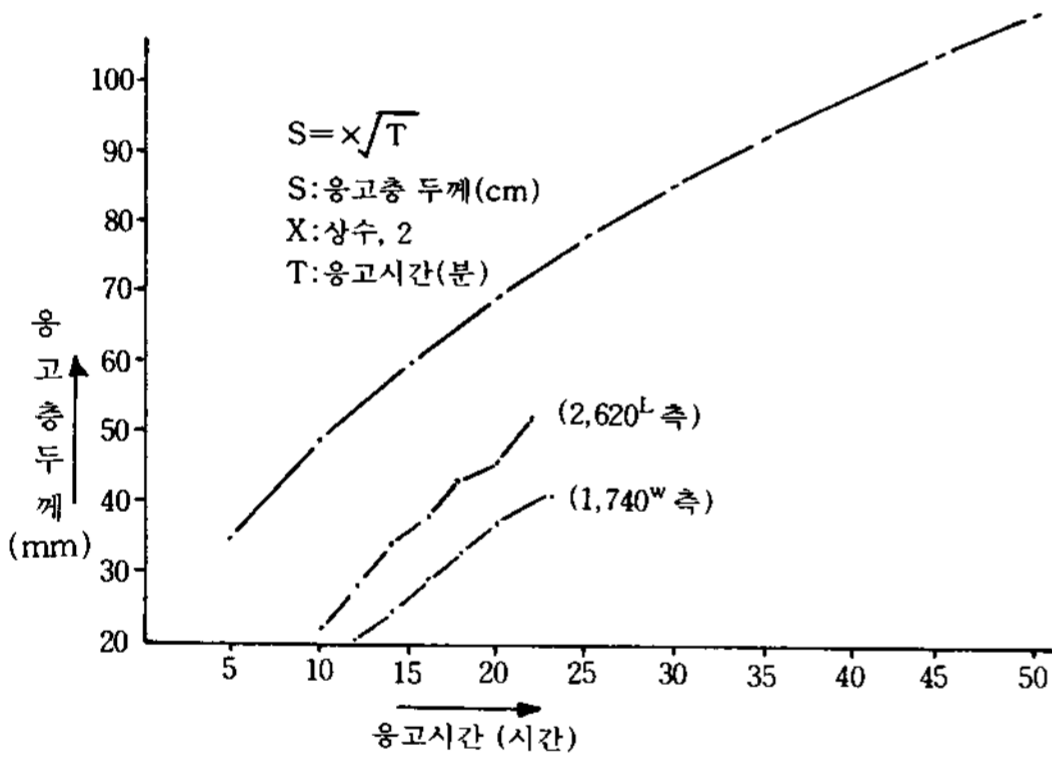


그림 4. 시간에 따른 압탕 응고두께의 변화

4) 결과

- 압탕 총 수축량  
= 8,020(1 차) + 4,380(2 차) + 4,200(3 차)  
= 16,600kg
- 제품에 대한 수축 비율  
16,600 / 192,100 = 8.6%
- 제품 + 압탕(주입기준)에 대한 수축비율  
16,600 / 192,100(제품) + 33,700(1 차) +  
22,680(2차) + 8,780(3차) = 6.45%
- 실제 총 압탕 중량  
33,700 + 22,680 + 8,780 = 65,160kg
- 실제 압탕대 제품 비율

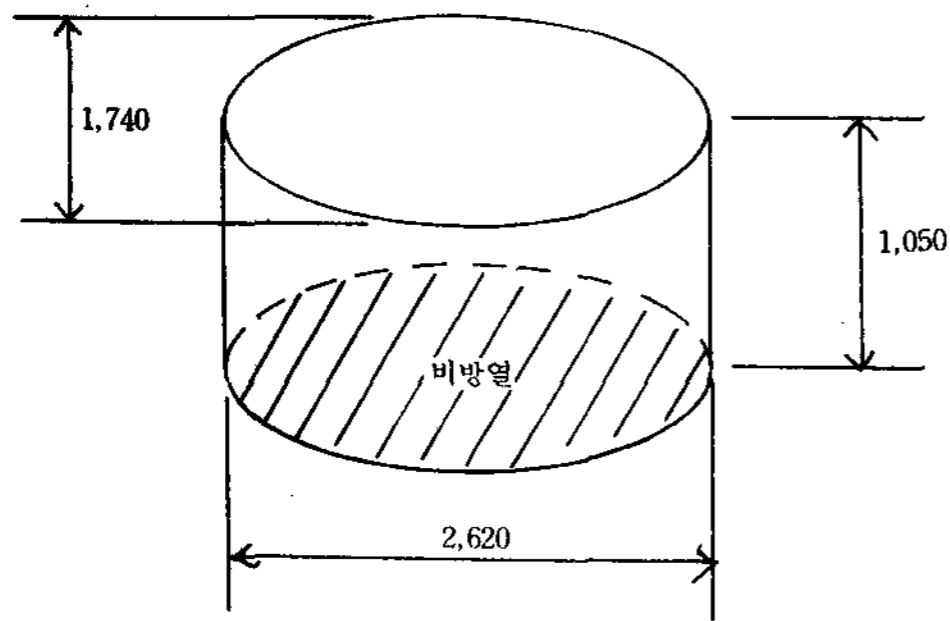
65,160 / 192,100 = 33.9%

- 압탕의 용탕 보급량  
16,600 / 65,160 = 25.5%

2-5. 상기 자료를 통한 insulating 효과 계산

실제로 2, 3차 주입은 1차 주입으로 인한 가열로 인해 계산상 가치가 없는 것으로 생각되어 1차 주입의 insulating 효과만을 계산하기로 한다.

- 압탕 module (1차 압탕)  
압탕 neck면을 비방열로 하여 module을 계산하면,  $M = V / S = 4,104,525 / 114,967 = 35.7\text{cm}$
- 응고시간  
 $T(\text{분}) = km^2$   
 $2 \times 35.72 = 2,549 \text{ 분}$   
 $\times 2,549 / 60 = 42.49 \text{ 시간}$
- 압탕을 원형으로 재 modify 하면  $1,740\text{W} \times 2,620\text{L} / 2 = 2,180\text{DIA}$
- 시간당 평균 응고층 두께  
 $1,090\text{mm} / 42.49\text{시간} = 25.65\text{mm} / \text{시간} (\text{면당})$
- 실제 응고층 측정치와 계산치를 비교하여  
 $(21\text{mm} / \text{시간}) / (25.65\text{mm} / \text{시간}) = 0.82$   
(insulating 효과)



### 3. 대형 주조품의 압탕 설계기준 (수정)

금번의 제작경험과 자료를 통해 다음과 같은 기준을 설정할 수 있다.

- 1) 압탕설정 조건
  - A. Insulating material 에 따라 0.85-0.9까지의 효과 적용
  - B. 압탕 (최종)  $MR \geq 1.0MC$
  - C. 압탕비  $H \leq 0.8D$
  - D. 1차 주입 압탕  $MR1 \geq 0.9MC$
  - E. 상기 4개의 항을 만족하는 범위에서 높이와 시간을 3단계(60:30:10)로 나눈다.

#### 2) 1차 압탕

1차 압탕은 casting 과 동일 charge (시간)에 주입한다.

#### 3) 2차 압탕

- 주입시기 : 1차 압탕 응고시간  $\times 0.5 - 0.6$ 시간 사이 (pool dia. 0.35-0.6D)  
 주입중량 : 1차 압탕 중량의 약 25% (수축량) 2차 압탕 중량

#### 4) 3차 압탕

- 주입시기 : 1차 압탕 응고시간  $\times 0.8 - 0.9$ 시간 사이  
 주입중량 : 2차 압탕 중량의 약 20% (수축량) 3차 압탕 중량

### 4. 회수율 비교 검토

- 1) 일반적 방법을 기준하였을 때  
 $MC = 38.3\text{cm}$ 에 압탕 DIA.가 2,000을 넘는 대형 압탕으로 insulating 효과를 거의 기대하기 어렵다.  
 따라서,  $MR = MC \times 1.2$ 가 된다.  
 $MR = 38.3 \times 1.2 = 45.96\text{cm}$   
 압탕크기 :  $\phi 2,760 \times 2,760\text{H}$ , 중량 124ton의

압탕이 설계된다.

○ 회수율 산출

$$\text{제품} / (\text{제품} + \text{압탕}) = 192.1 / (192.1 + 124) = 60.8\%$$

만약 위의 원형 압탕을 동일 계수 (module)의 pectangular 압탕으로 변형하고자 할 때는 중량이 더욱 증가하여 회수율이 더 나빠진다.

- 2) 3단계 주입방법에 의해 실제 주입되었던 경우 (2항 참조)

압탕크기 : 1,740W  $\times$  2,260L  $\times$  1,700H

압탕중량 + 수축량 = 65.2ton

○ 회수율 산출

$$\text{제품} / (\text{제품} + \text{압탕}) = 192.1 / (192.1 + 65.2) = 74.7\%$$

- 3) 수정된 압탕 설계기준을 적용한 3단계 주입방법의 경우(3항 참조)

$MR = 38.3 \times 0.85 \times 1.2 = 39\text{cm}$

압탕크기 :  $\phi 2,100 \times 1,550\text{H}$  ---, module = 39.2cm

압탕중량 + 수축량 = 40.3 + 10 = 50.3ton

○ 회수율 산출

$$\text{제품} / (\text{제품} + \text{압탕}) = 192.1 / (192.1 + 50.3) = 79.2\%$$

따라서, 본 제품의 경우 1)항과 3)항을 비교할 때 수정된 압탕 설계 기준을 적용하면 회수율을 약 20% (74ton)까지 향상시킬 수 있게 된다.

### 5. 결론

제품의 형상이 단순하고 응고계수가 큰 대형 주 강품의 경우에 압탕에의 분할 주입방법을 채택한 제작경험과 분석을 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 3차례의 주입을 해야 하는 작업상의 번거로움이 있으나 제품의 회수율을 현격히 높일 수 있다.
- 2) 압탕을 3단계로 분할하고 그 크기가 작아지므로 주조공장의 최대 주입 capacity를 증대시킬 수 있다.
- 3) 대형 압탕의 insulating 효과를 cover 할 수 있는 방안이다.
- 4) 차후 압탕의 insulating 방법을 개선시키면 회수율을 더욱더 향상시킬 수 있으므로 이에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.