

現場技術

# C/V 흑연주철 제조를 위한 용탕 주입 관리

조영수\*

## 1. 머릿말

鑄造品의 使用處나 鑄造業界는, C/V 흑연 주철에 대하여 대단히 많은 관심을 가지고 있다.

이와 같은 관심은 C/V 흑연주철의 인장강도(40 kg/mm<sup>2</sup> 이상)는 편상흑연주철과 구상흑연주철의 중간이고, 한편 열전도성은 편상흑연주철에 가깝고, 재질 면에서는 구상흑연주철보다 주조성이 좋기때문에 ingate core나 일부의 자동차 부품과 같은 열 cycle 을 수반하는 주물에 대단히 有利하다.

폐사에서도 1978년부터 diesel engine(2,200cc, 2,500cc, 3,000cc, 4,100cc)용 cylinder block 을 C/V 흑연주철로 제조한 경험이 있어, C/V 흑연 주철 제조 공정상에서 발생하는 쉬운 결함에 대하여 기술하고자한다.

우선 C/V 흑연주철의 諸性質을 알아보면 다음과 같다.

### 1.1 인장 강도

인장 강도는 強力 회주철보다 약간 높고, 저강도 구상흑연주철과는 거의 동등하다. 연신율은 회주철보다 높고 구상흑연주철보다는 낮다.

### 1.2 충격 및 피로 특성

충격치는 ferrite기 지 조직에서 비교할 때 구상 흑연주철에 비교하여 대단히 낮다. (dci의 약 40% 정도)

피로 강도는 구상흑연주철에 가깝다.

### 1.3 熱傳導性

C/V 흑연 주철의 열전도율은 회주철에 가깝다.

### 1.4 鑄造性

① 유동성은 구상흑연주철보다 좋다.

② 수축 결함에서 표면 수축은 구상흑연주철보다 적고, 회주철과는 거의 동등하다. Shink에 의한 결함은 구상흑연주철보다는 훨씬 적고 회주철보다는 많다.

## 2. C/V 흑연 주철의 제조

C/V 흑연주철을 제조하기 위하여 다음 같은 용탕처리 방법이 있다.

- ① 黑鉛球狀化劑添加量의 control 方法 (Fe-Si-Mg, Fe-Mg)
- ② 硫黃의 첨가에 의한 黑鉛球狀化 抑制方法
- ③ 黑鉛核 發生量의 Control 方法
- ④ 黑鉛球狀化合金중에 구상화 제어제 첨가 방법 (Fe-Si-Mg+Ti, Ce, Al, Ca)

위와같이 여러 가지 C/V 흑연 주철 제조방법이 있으나, 폐사에서는 흑연구상화 합금첨가량의 control 方法을 채택하고 있어 이 제조방법, 즉 용탕 주입 관리에 대하여 설명하겠다.

### 2.1 鑄造工程

5 號 저주파 유도로에서 steel scrap 과 return scrap 을 용해하여 1,540 °C에서 ladle에 충탕한다. 이 때 흑연구상화처리는 450 kg ladle에서 sandwich 方法으로 처리하고, 1,440 °C이상의 온도에서 주입하여 제품을 생산한다.

#### 2.1.1 용해

폐사의 주조 공장에서는 C/V 흑연 주철을 흑연구상화 합금의 첨가량을 control 하고 있기 때문에, 爐中 S량을 낮게 관리 (S: 0.016~ 0.018 %) 하고 있으며 다음과 같은 장입 비율 및 고철을 사용하고 있다.

장입 비율 및 고철

재료명	선 철	steel scrap	return scrap	비 고
%	10	40	50	steel scrap 화학 성분 C: 0.06 Si: 0.009 Mn: 0.24 S: 0.009

爐中 목표 성분

성 분	C	Si	Mn	S
%	3.6~3.8	2.0~2.2	0.3~0.4	0.016~0.018

\* 기아산업(주) 주조부 차장

2.1.2 흑연구상화 처리

㉑ 흑연구상화제는 Fe-Si-Mg 합금으로서 다음과 같은 化學組成이다.

Mg 합금

함유성분	Si	Mg	Ca	Re	Fe
%	45.6	5.7	2.5	2.3	43.9

㉒ 처리 방법

450 kg ladle 을 사용하여 sandwich 法으로 용탕을 처리한다.

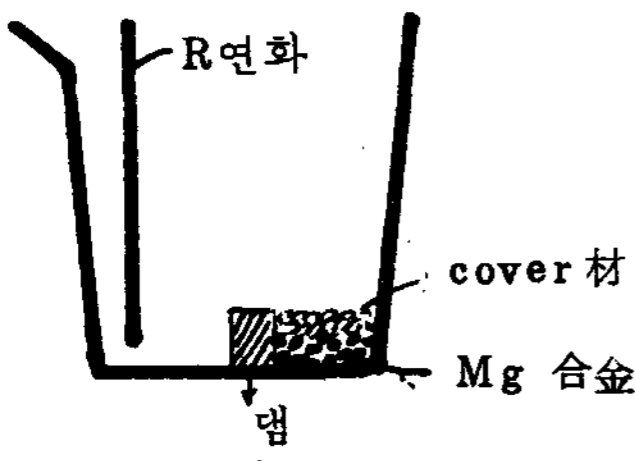


그림1 ladle 형상

㉓ Mg 합금의 충전

- ① Pocket 內에 평평하게 한다.
- ② Pocket 의 상태를 확인하고 충전한다.

(Slag 나 잔탕이 없을 것)

③ 충전하고나서 출탕까지 시간을 오래 걸리지 않게 할것.

㉔ Cover 제의 충전

① Mg 합금과 cover 제는 수평으로 충전되어야 한다. (그림2 참조)

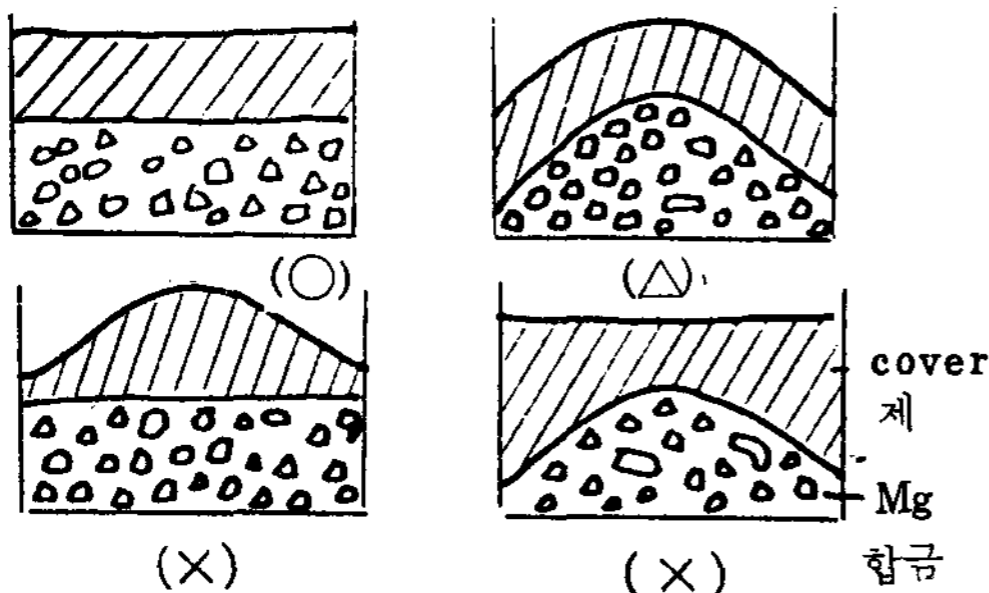


그림2. Cover제의 충전방법

㉕ Ladle 형상에 따른 Mg 및 Si 의 편석

표1은 각종 ladle 을 사용한 경우 출탕구에서의 Mg 및 Si 의 편석을 조사한 결과이다.

① Ladle 형상① 과 같이 slag 차단용 R연

화와 Ladle 밑면의 간격이 작으면, 출탕구부에 있는 용탕에 편석이 나타난다. 즉 출탕구부 용탕중에 Mg 및 Si 함량이 낮게되는 경향이 있다.

② Ladle 형상②와 같이 slag 차단용 R연화의 높이를 280 mm로 하면 출탕구부에서의 편석은 거의 나타나지 않지만, slag 의 차단효과가 적기때

표1. Ladle 형상과 편석

Ladle 형상	①	②	③
분석치 오차			
Mg (%)	$x = -0.0097$ $a = 0.00369$	$x = +0.000625$ $a = 0.00165$	$x = +0.000454$ $a = 0.00147$
Si (%)	$x = -0.235$ $a = 0.039$	$x = 0.0813$ $a = 0.0525$	$x = -0.0602$ $a = 0.0369$

※ 분석치 오차 = (초탕 분석치) - (주입중 분석치)

문에 slag 混入에 의한 결함이 발생되기 쉽다.

③ Ladle 형상③과 같이 slag 차단용 R연화의 높이를 130 mm로 만들고 주입전에 初湯을 약 2 kg정도 교체하면 Mg 편석을 거의 알 수 있었다.

따라서 현재 주조 공장에서는 Slag 차단용 R연화 높이를 130 mm로 만든 ladle 을 사용하여 용탕을 처리하고 있다.

3. 주조 결함의 발생

3.1 주입 온도가 낮았을 때

표2 주입온도에 따른 수축결함 발생

주입온도	화 학 성 분 (%)					수축불량율
	C	Si	Mn	S	Mg	
1,410 ~ 1,420°C	3.60	2.60	0.30	0.017	0.020	22 %
1,430 °C	"	"	"	"	"	10 %
1,440 °C	"	"	"	"	"	0
1,450 °C	"	"	"	"	"	0

C/V 흑연 주철로서 cylinder block을 생산할 때, 표 2와 같이 주입 온도가 1,430°C이하에서 주입하면 가공중 cylinder block 윗면의 bolt 구멍에서 반드시 수축 불량 발생하였다.

3.2 잔류 Mg 량이 많았을때 ( 0.028%Mg )

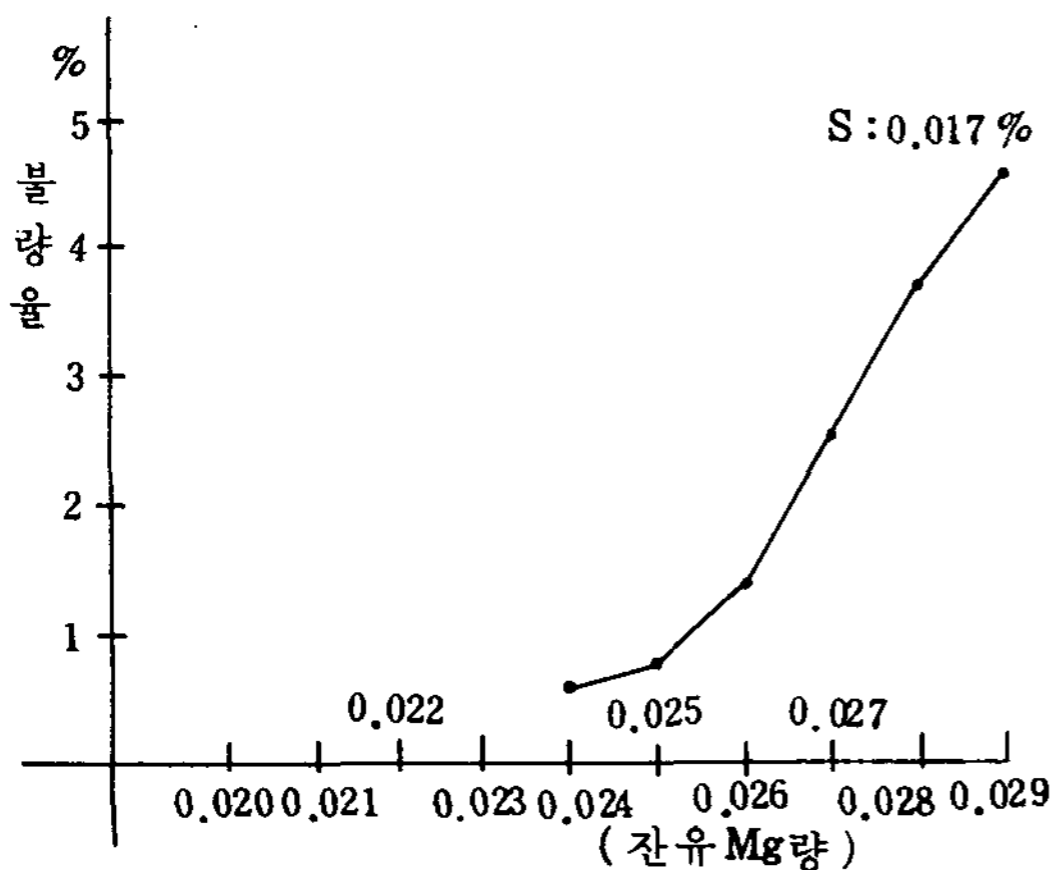


그림 3. 수축불량과 잔류 Mg 량

용탕중의 S%가 0.017일때 잔류 MgA 많아짐에 따라 Bolt 구멍에 수축 결함이 발생하였다.

#### 4. 끝맺음말

- (1) C/V 흑연 주철 제조 방법에는 여러가지가 있으나, 폐사에서는 Mg 합금의 첨가량을 조정하여 제조하고 있다.
- (2) 용탕 처리 방법은 sandwich 法을 이용하여 처리하고 있다.
- (3) C/V 흑연 주철의 주입 온도는 1,440°C 이상이 가장 바람직하다.
- (4) S%가 0.016 ~ 0.018% 일 때는 잔류 Mg 는 0.018 ~ 0.020%가 가장 적합하다.
- (5) Sandwich 法에서 Mg 및 Si 편석을 줄이려면 ladle 형상을 조절해야 한다.

### 해외문헌소개

- 1) 鑄造品の 信賴性向上에 관한 研究  
素形材 Vol.27 (1986) No.1 P.5.
- 2) 凝固를 이용한 組織制御와 材料開發  
素形材 Vol.27 (1986) No.1 P.6.
- 3) 인몰드法에 관한 鑄物의 黑鉛球狀化  
素形材 Vol.27 (1986) No.1 P.7.
- 4) 合金白鑄鐵의 組織制御  
素形材 Vol.27 (1986) No.1 P.8.
- 5) 凝固現象의 컴퓨터 모의실험  
素形材 Vol.27 No.1 (1986) P.9.
- 6) 急冷凝固 프로세스와 新材料 開發  
素形材 Vol.27. No.1 (1986) P.10.
- 7) 凝固組織制御로 인한 新素材 開發研究  
素形材 Vol.27 No.1 (1986) P.14.
- 8) 鑄鐵의 破壞 強化에 관한 研究  
素形材 Vol.27 No.1 (1986) P.15.
- 9) 큐포라의 熔解過程과 熔湯性狀의 관계  
素形材 Vol.27 No.1 (1986) P.16.
- 10) 熔湯混合法으로 인한 CV黑鉛鑄鐵의 製造에 관한 研究  
素形材 Vol.27 No.1 (1986) P.18.
- 11) 延性鑄物材料의 機械的性質에 관한 통계적연구  
素形材 Vol.27 No.1 (1986) P.23.
- 12) Fe-C-Si合金의 均質核生成에 관한 研究  
素形材 Vol.27 No.1 (1986) P.24.
- 13) 素形材의 組織  
素形材 Vol.27 No.2 (1986) P.33~39.
- 14) Effects of Mold-to-Mold Radiation on Solidification of Ceramic shell Mold Casting.  
鑄物 Vol.58 (1986) No.1. P3~10.
- 15) 生型砂의 特性에 있어서 各種中子砂의 影響  
鑄物 Vol.58 (1986) No.1 P16 ~20
- 16) Fe-C系 過共晶白鑄鐵의 加熱時에 생기는 共晶 溫度附近에서의 現象  
鑄物 Vol.58. (1986) No.1 P26~32