

技術資料

鑄鋼工場에 있어서 Electro Slag 押湯加熱法の 利用效果

李泳勳, 崔昌鈺

The Heating Method of the Riser Using Electro Slag Process for Steel Castings

Y. H. Lee, C. O. Choi

1. 序 言

鑄物の 製造原價를 절감하는 目的으로 종래부터 여러가지 方法이 개발, 실용화 되고 있는 것으로 이중 熔湯의 회수율을 증가하기 위하여, 일반 鑄鋼工場에서 가장 잘 이용되고 있는 方法은 발열단열스리브법으로 凝固時間이 짧은 小物鑄鋼品에 대해서는 커다란 효과가 있는 것으로 알려지고 있다. 그러나 응고시간이 긴 大物鑄鋼品에 대해서는 발열단열스리브法에서 화학반응에 의한 押湯加熱法으로서의 응고시간의 연장이 불충분하여 押湯의 회수율이 50~70% 정도에 불과하여 만족스럽지 못한 상태이다.

최근 日本에서 大型鑄鋼品, 鋼塊 및 銅合金鑄物의 押湯을 節減하기 위하여 Electro Slag押湯加熱法(Electro Slag Hot Topping Process, ESHT法)이란 장치를 개발하여 실용화하고 있으며 또한 國內에서도 일부 鑄鋼工場에서 이를 도입, 활용하고 있는 것으로 알려지고 있다.

大型鑄鋼品에 있어서 Electro Slag 押湯加熱法을 적용하는 경우 종래 발열단열스리브를 사용하는 경우와 비교하여 押湯을 작게 하므로 15~20%의 회수율을 향상 시킬 수 있으며 또한 押湯切斷비용도 절감할 수 있는 이점이 있는 것으로 알려지고 있어 많은 이용이 기대된다.

2. 加熱原理

Electro Slag 押湯加熱法の 押湯加熱原理는 그

림 1에 표시한 바와 같이 押湯에 형성된 용융슬랙층에 비소모전극을 삽입, 통전하여 슬랙의 전기저항열을 이용하여 押湯을 加熱하므로 押湯의 응고시간을 연장하는 方法으로서 押湯의 module를 크게 한 것과 같은 효과를 갖도록 하였다. 전극재료에는 흑연을 사용하였으며 용융슬랙에 의한 침식으로부터 주형을 보호하기 위하여 보호재는 시판 Al₂O₃質의 發熱斷熱스리브를 사용하고 있다. 押湯의 보호재는 발열단열스리브를 사용하는 것은 구입이 용이한 점 이외에 단열재를 갖고 있어야 하며 또한 加熱의 초기에 요하는 大電力을 化學反應熱로서 대체될 수 있는 것으로 부터 전원용량을 적게 하여 설비비용을 절감하는 의미에서 커다란 효과가 있다. 따라서 설비비용이 필요없이 단시간에 커다란 熱量이 얻어지는 化學反應과 안정된 加熱을 장시간 행할 수 있는 전기적 가열을 조합한 복합가열이란 점이 커다란 특징으로 되어 있다.

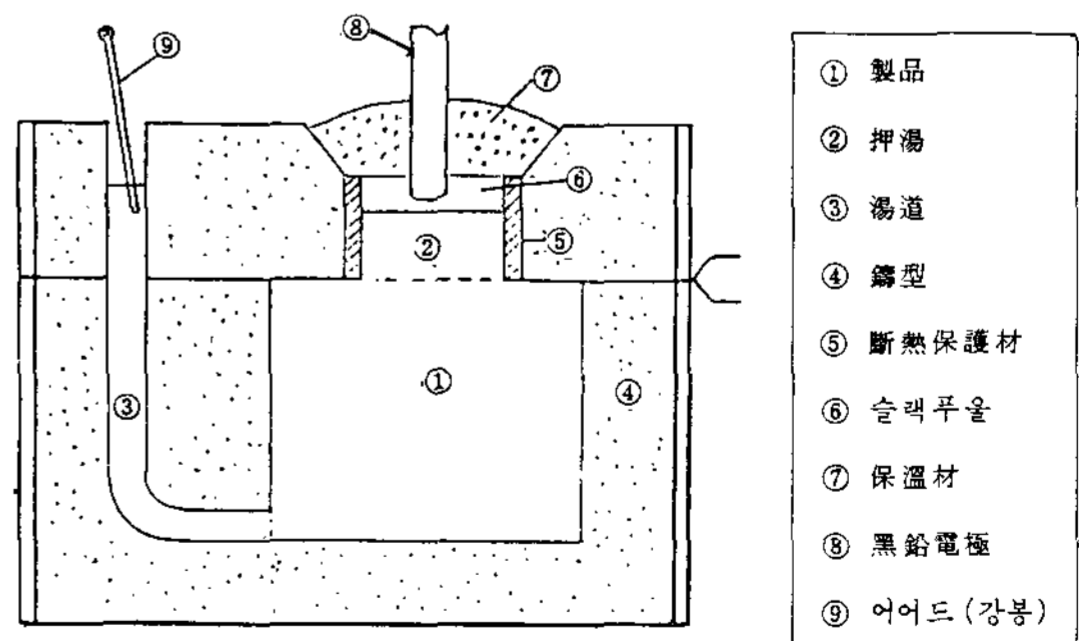


그림. 1 押湯加熱原理

* 1988年度 춘계기술강연회 발표
東亞大學校工科大學金屬工學科

3. 設備의 特徵

Electro Slag 押湯加熱法の 主要設備은 그림 2에 표시한 바와 같이 加熱裝置 및 自動制禦裝置로 구성되어 있다. 加熱裝置인 전극승강장치는 삼각식구조로서 단중 23kg으로 가볍고 운반이 용이하며 서로 다른 크기의 주형상자나 주입위치 및 押湯위치에도 적용할 수 있도록 하였다.

加熱用電源은 熔接用直流電源을 개조하여 自動制禦裝置를 내장한 전용 電源에 의하여 대단히 안정된 自動제어가 가능하도록 하였다.

制禦裝置로서는 加熱조건(電流, 電壓, 時間)의 3단계 自動切替制禦, V센서에 의한 電極의 升降 자동제어, 加熱時間 종료시의 電極상승의 자동제어 등을 구비하여 無人操業이 가능하게 되어 있다. 한편 여러가지 重量, 형상의 製品에 대하여도 製品重量에 의하여 押湯크기와 電流값이 결정되며 또한 응고해석의 병용에 의하여 押湯직경과 높이의 비는 製品형상에 의하여 변경될 수 있으나 平板에 가까운 製品일 경우 가장 효율이 좋은 것은 직경/높이=1의 押湯으로 하고 있다. 따라서 그림 3에 표시한 바와 같이 기본적으로 製品의 重量에 의하여 押湯의 크기와 電流값을 결정할 수 있다.

4. 操業方法

Electro Slag 押湯加熱法の 作業工程은 그림 4와 같다. 그림 4에 나타낸 바와 같이 鑄型合型이 끝나면 熔湯을 주입하기 전에 제어장치, 電源조정, 이어드설치, 배선, 電極홀더청소 및 電極취부등 作業준비를 한 후 鑄型에 熔湯을 주입한다. 주입이 끝나면 레들에 남아 있는 슬래크를 押湯部에 주입하고 슬래크풀(slag pool)을 형성하면서 왕겨로 보온을 한다. 슬래크주입이 끝나면 電極升降장치를 설치하고 주케이블과 제어케이블을 접속시키고 通電을 한다. 이때 自動運轉이 된다. 熔湯鑄込으로부터 自動運轉이 완료될때까지의 소요되는 加熱時間, 電流 및 電壓은 그림 5에 나타낸 바와 같이 실시한다. 加熱時間은 제 1 단과 제 2 단으로 구분되며 이에따라 電流 및 電壓값이 변화한다.

또한 슬래크풀을 형성하는 방법은 熔滓作業(hot start)과 冷滓作業(cold start)로 분류하며 이들에 대한 특성을 표 1에 비교하였다.

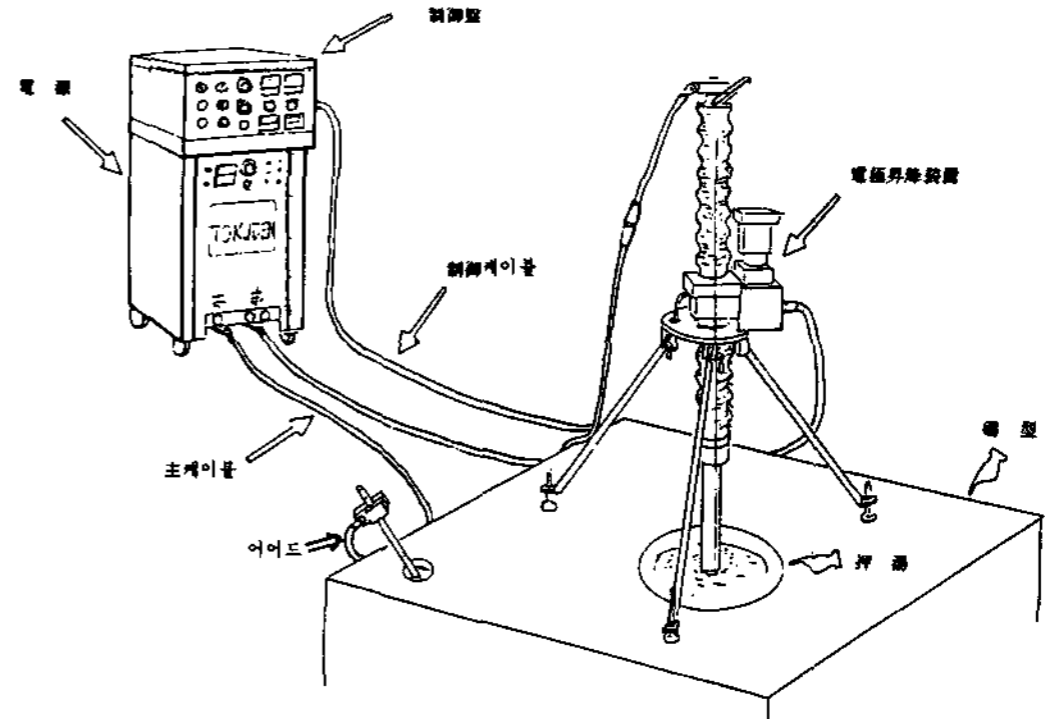


그림.2 Electro Slag 押湯加熱法の 設備

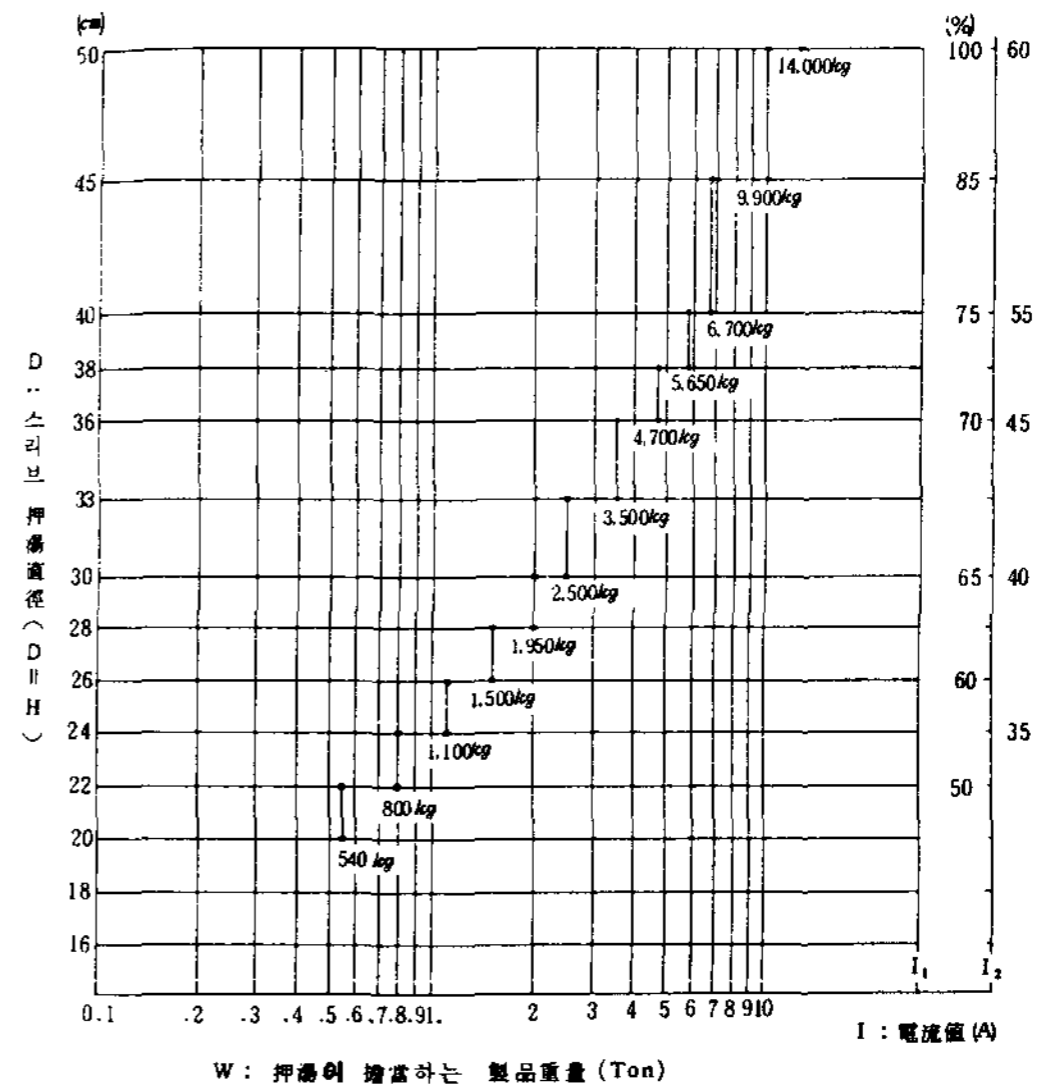


그림.3 加熱條件

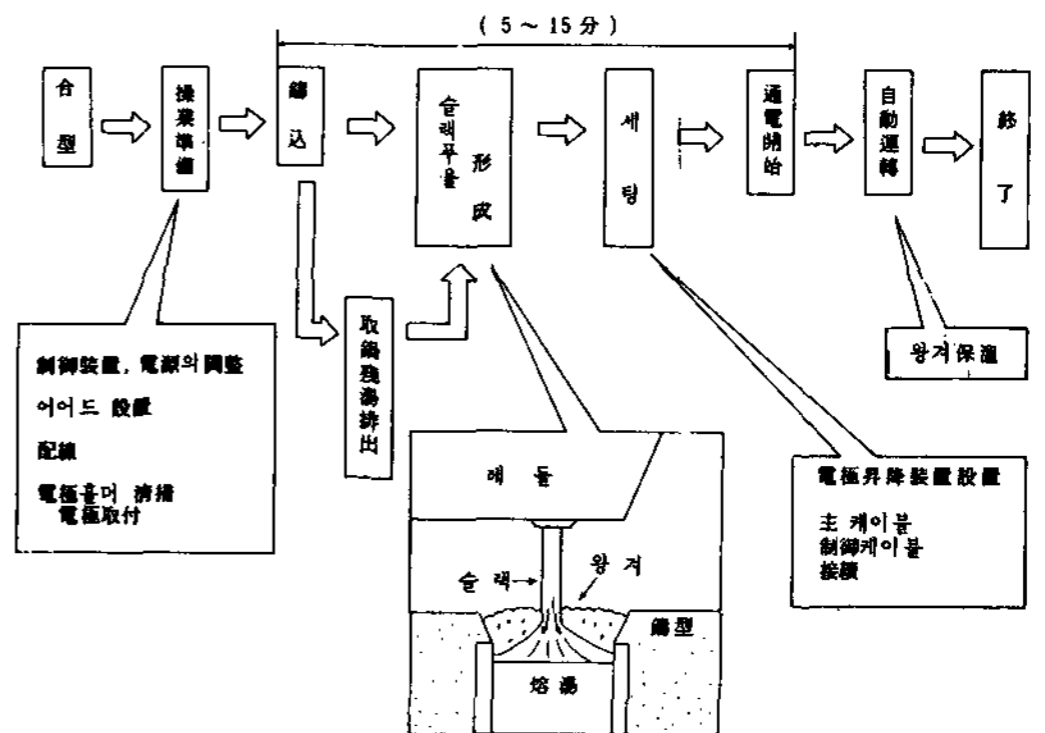


그림.4 Electro Slag 押湯加熱法の 標準操業例

표 1. 슬랙푸울 形成方法의 비교

	熔滓作業(Hot Start)	冷滓作業(Cold Start)
作業方法	熔強한 슬랙을 押湯에 注入	固體粉末의 슬랙을 押湯에 投入 電力으로 熔解
使用材料例	레들內 殘留 슬랙 (殘留排出後注入)	CaF ₂ , F80S (鑄込時 添加)
長點	용탕을 냉각하지 않으므로 수축 형상 안정 電氣값, 슬랙값 저렴	슬랙의 組成은 安定 安定성이 높다.
短點	스툼바가 정지되지 않아 흐를 염 려 있음. 용해공정능력이 부족하면 슬랙성 분이 안정되지 않음.	押湯表面이 冷却하거나 通電前에 凝固할 염려있음. 電氣값 슬랙값 高價.

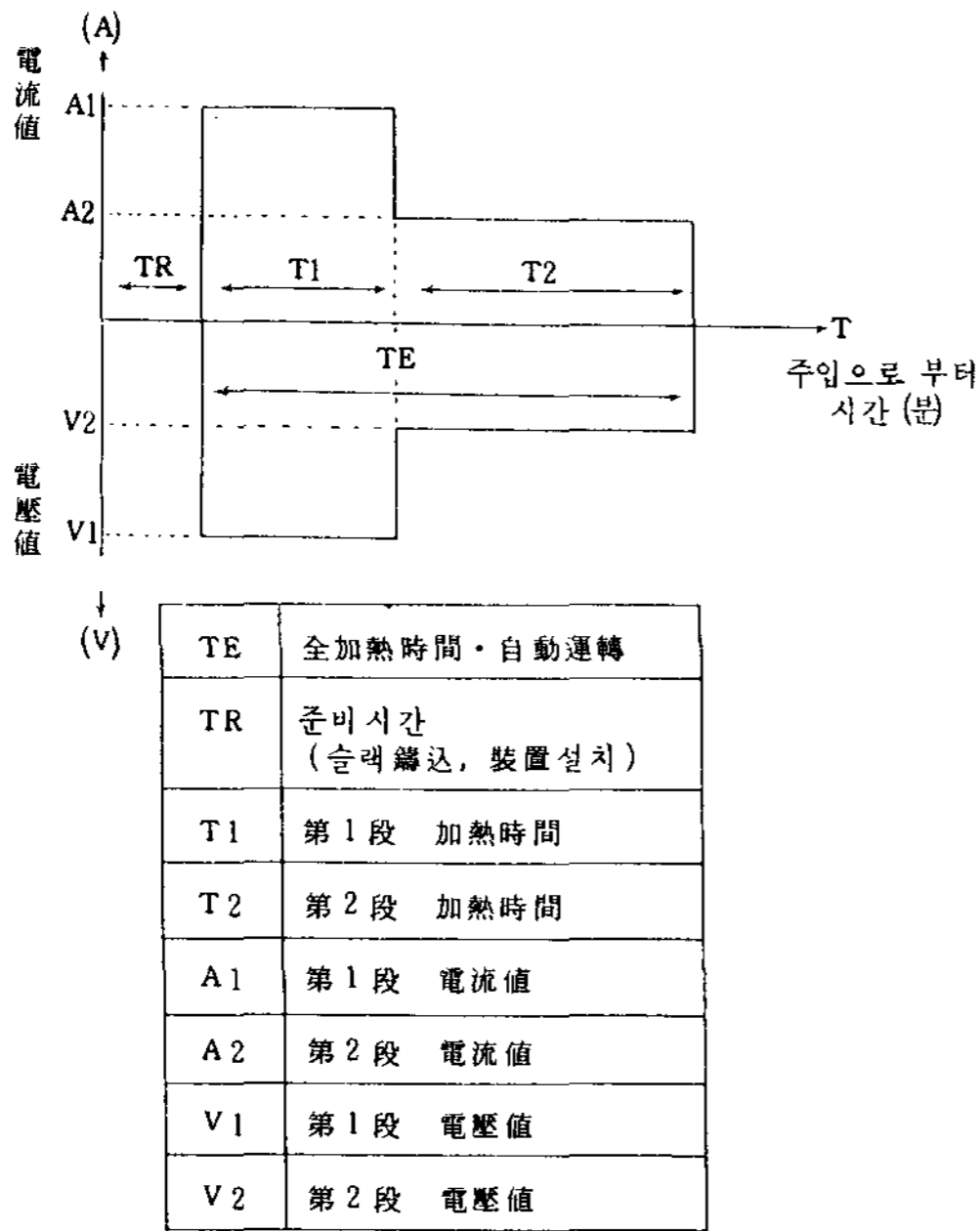


그림 5 Electro Slag 押湯加熱法의 操業 Pattern 例

5. 押湯크기결정

Electro Slag 押湯加熱法에 의한 鑄鋼品의 偏析, 加炭量의 파악과 押湯의 적정한 높이를 결정하기 위한 실험에 있어서 다음과 같은 결과를 발표 하였다.

실험조건으로서는 製品의 크기를 200W×200L×200Hmm로서 材質은 탄소강주강품(SC 46)과 스텐 레스강주강품(SCS 13)이며 押湯의 크기는 160φ×

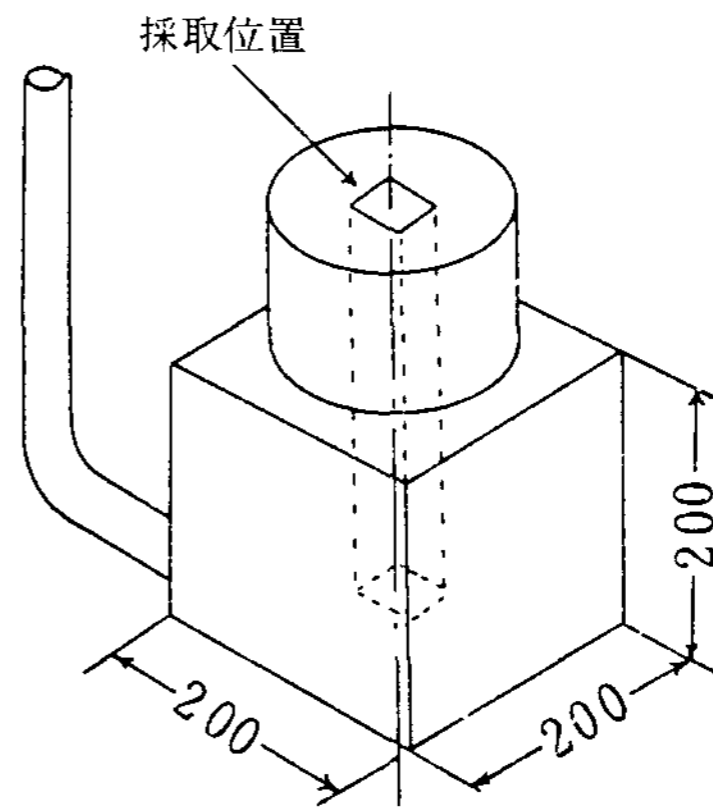


그림 6 分析試料採取位置

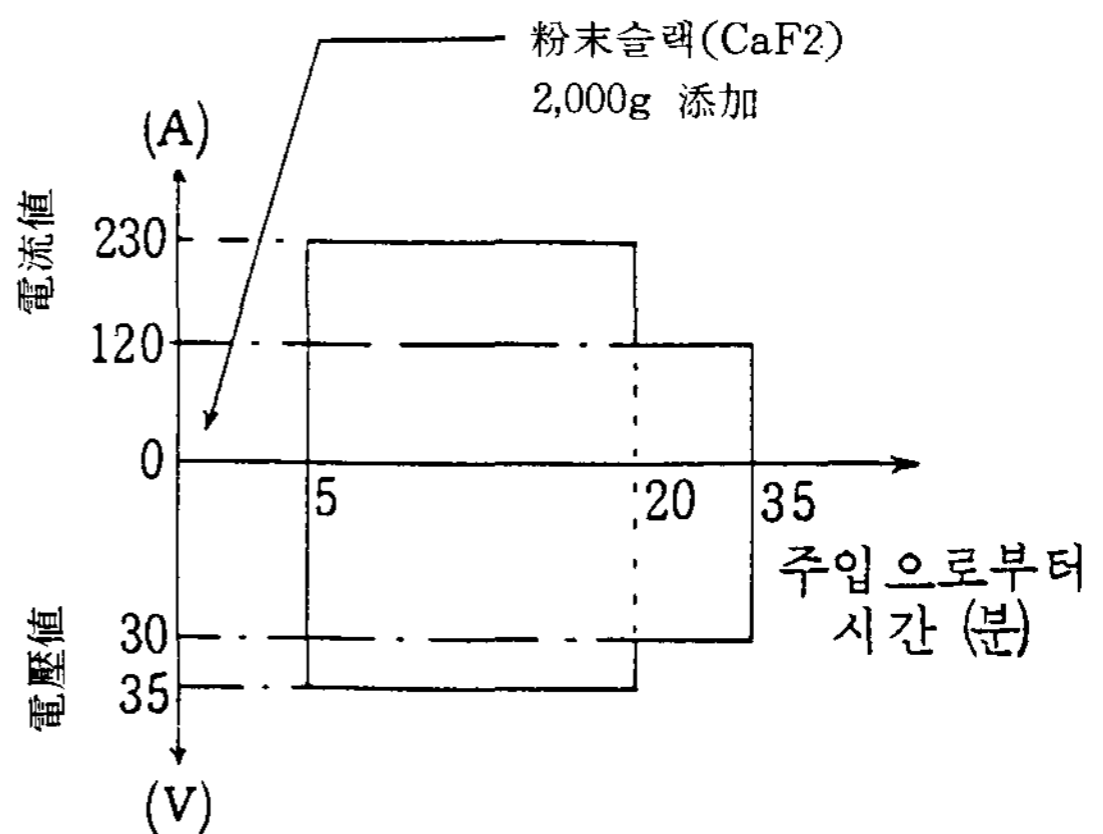


그림 7 加熱條件

90Hmm를 사용하였으며(그림 6 참조) 加熱조건은 그림 7과 같으며 化學成分 分析用 시료채취위치는 그림 6에 표시한 바와 같이 하였다. 따라서 그림 8은 탄소강주강품에 대하여 押湯表面으로부터 시료의 위치별 化學成分分析結果이며 그림 9는 스텐레스강주강품의 化學成分分析結果이다. 이상의 결과에 의하면 押湯의 높이가 100mm에서 偏析 및 加炭현상이 해소됨을 알 수 있으나 實用化의 단계에서는 安全率을 고려하여 150mm정도로 함이 바람직하다.

따라서 Electro Slag 押湯加熱法の 加熱方案에 대하여 다음과 같이 나타내고 있다.

(1) 凝固에 따른 최종 응고부에 成分偏析이나 電極으로부터 加炭, 슬랙과 반응에 의한 加硅를 흡수하기 때문에 압탕의 잔존높이는 100~150mm정도 확보가 필요하며 押湯의 크기는 다음 식을 만족할 필요가 있다.

$$\left\{ 1 - \frac{\left(\frac{\pi}{4} D_R^2 H_R + \frac{1000}{7.5} W_C \right)}{\frac{\pi}{4} D_R^2 H_R} \times \frac{9}{100} \right\} \times H_R \geq h_R$$

- 여기서 D_R : 압탕직경(cm)
- h_R : 押湯잔존높이(cm)
- W_C : 押湯이 담당하는 제품중량(kg)
- a : 용탕의 수축률
- H_R : 押湯初期높이(cm)

(2) 押湯의 크기는 특별한 경우를 제외하고 押湯이 담당하는 製品重量에 대하여 일률적으로 결정하며, 押湯의 높이는 押湯直徑의 비가 1이 되게 한다. 또한 전류값도 특별한 경우를 제외하고 그림 3에 표시한 바와 같이 押湯直徑에 의하여 결정하며 通電時間은 製品部の 形狀係數(module (cm) $M_C = V/A$)에 의하여 다음 식으로 결정한다.

$$T_1(\text{分}) = 0.55 \times 2.1 \times M_C^2$$

(I_1 에서 通電하는 時間)

$$T_2(\text{分}) = 0.45 \times 2.1 \times M_C^2$$

(I_2 에서 通電하는 時間)

電壓값은 I_1 의 경우 40V, I_2 의 경우 30V 정도가 가장 좋다. 여기서 특별한 경우라 함은 指向性凝固의 달성이 곤란한 製品에 적용하는 경우를 말한다.

(3) 指向性凝固의 달성이 곤란한 製品에 대하여 Electro Slag 押湯加熱法을 적용하는 경우는 押湯直徑을 그림 3에 표시한 예보다 확대하며 투입전력량을 높이는 등 조치가 필요하다.

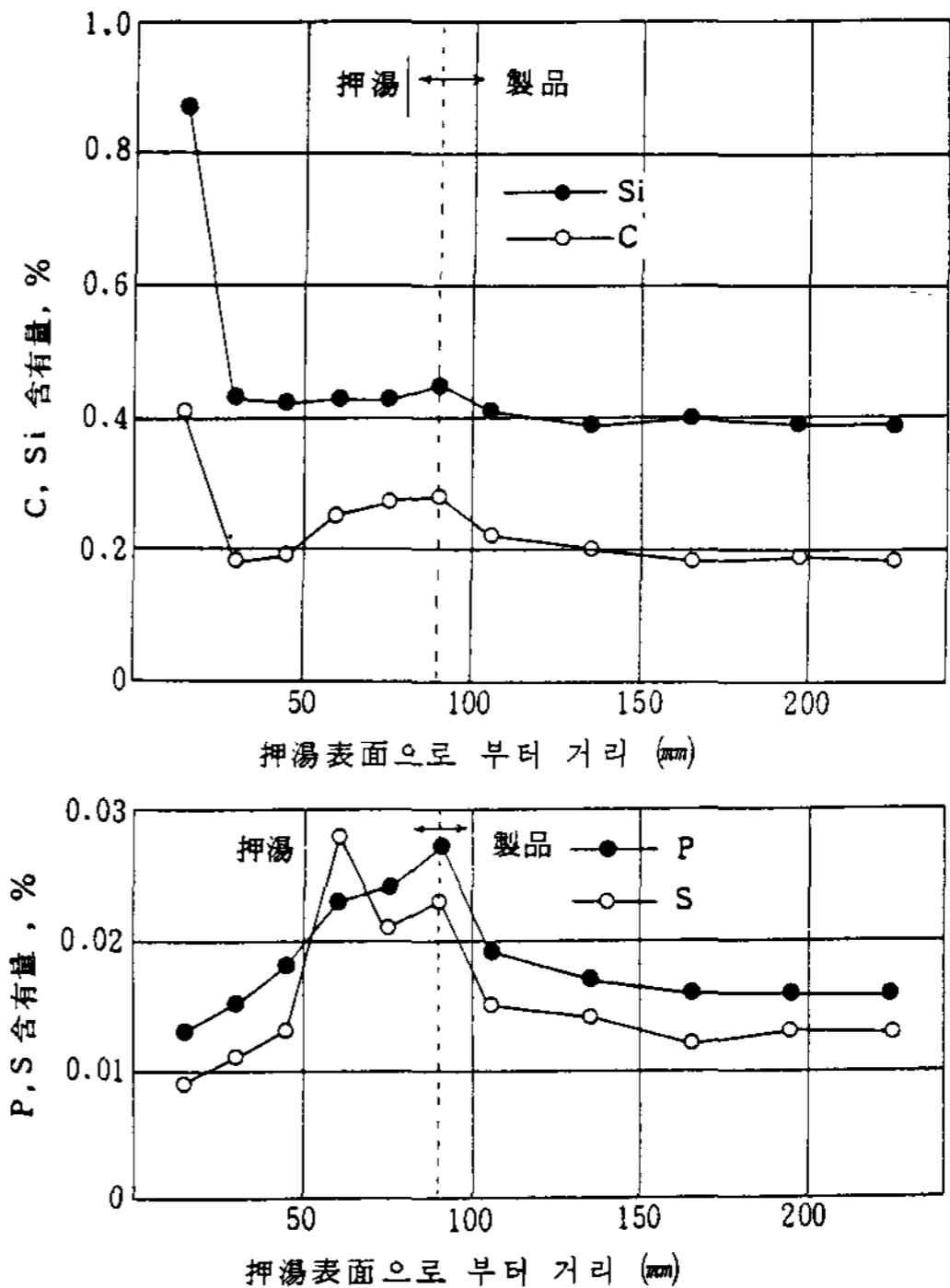


그림.8 炭素鋼 鑄鋼品(SC 46)의 成分變化

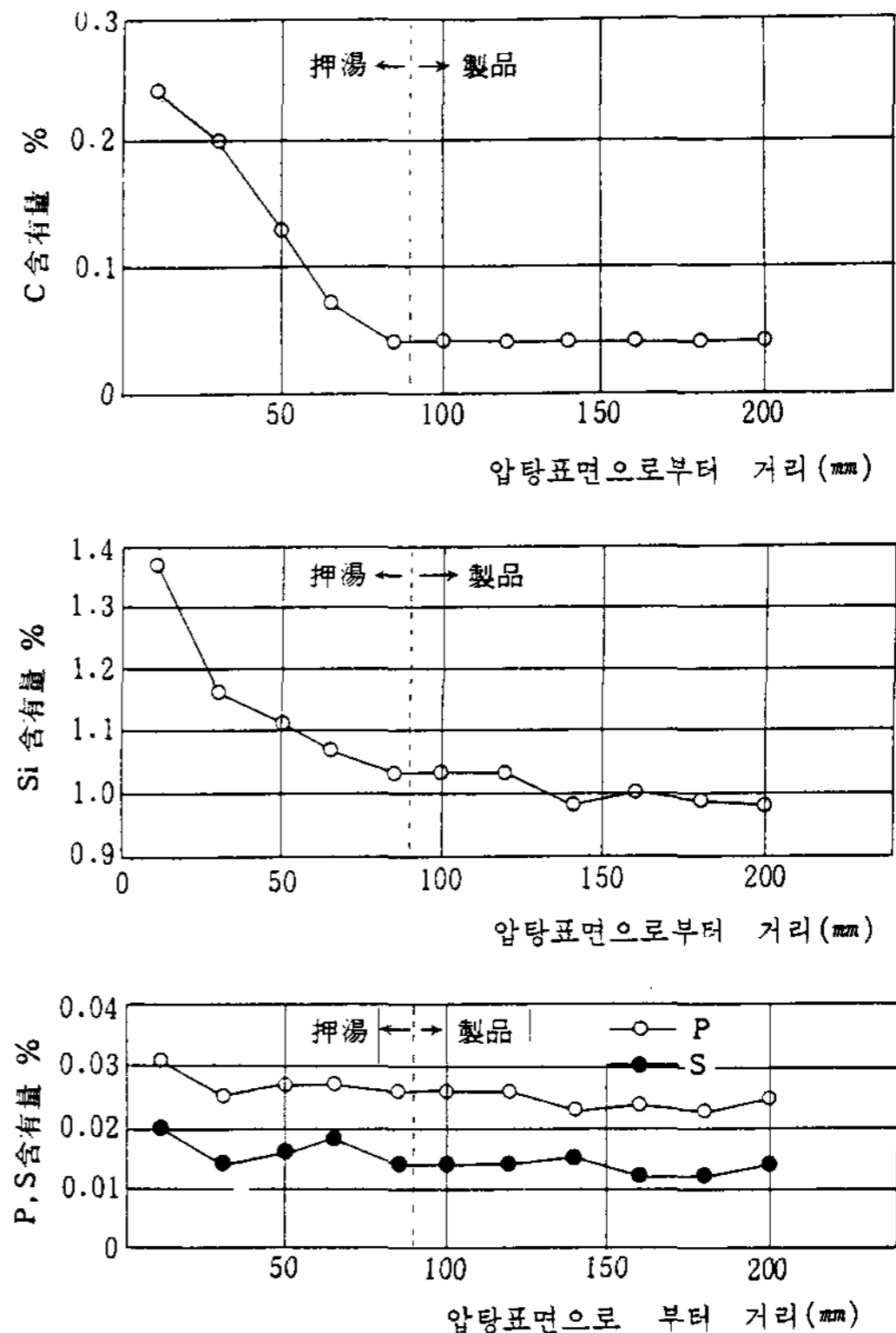


그림.9 스텐레스鋼 鑄鋼品(SCS 13)의 成分變化

6. 適用效果

Electro Slag 押湯加熱法の 적용에 대한 效果는 압탕의 크기를 종래 方法보다 감소시켜 회수율을 증가시킬 수 있는 것이다. 따라서 押湯切斷을 위한 費用도 절감할 수 있다.

그림 10는 실제 Electro Slag 押湯加熱法과 종래 方法에 의한 결과를 비교한 예로서 Electro Slag 押湯加熱法은 約 20%의 회수율을 증가시킬 수 있는 效果가 있다.

따라서 Electro Slag 押湯加熱法에 의하여 얻을 수 있는 效果는 다음과 같다.

- ① 方案步留의 향상에 의하여 熔解費의 절감
- ② 合湯의 해소나 종래 熔解爐容量의 제한으로 製造할 수 없는 製品이 製造可能
- ③ 押湯높이의 감소로 주형상자높이의 저하에 의하여 造型工數나 鑄物砂費 절감
- ④ 押湯直徑의 축소에 의하여 押湯절단등 후처리 공수 절감
- ⑤ 押湯下에 발생하는 수축소의 감소등 품질향상

이상의 특징을 비교하여 加熱에 요하는 비용은 押湯크기를 적게 함에 따라 스텝비 절감과 동등 또는 그 이하가 되는 것으로 알려지고 있다.

실제 조업에 의한 押湯절감의 실시 예를 표 2에 나타내었다.

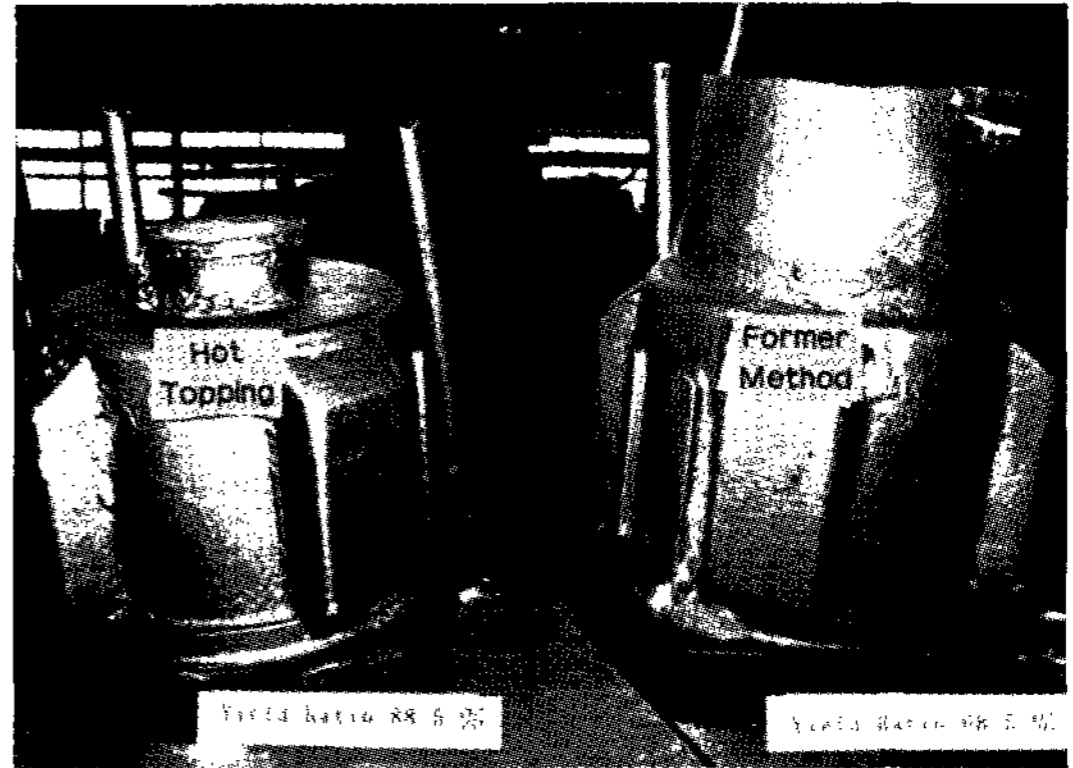


그림. 10 Electro Slag 押湯加熱法과 종래 主조법의 압탕의 크기 비교
시린다, 단중 1.850kg, ESHT 회수율 88.5% (좌) 종래법 회수율 68.5% (우)

표 2. Electro Slag 押湯加熱法 실시예

No.	品名	材質	造型方法	區分	押湯徑(φ) × 높이(H)	製品重量 (kg)	押湯重量 (kg)	湯道他 (kg)	鑄込重量 (%)	步留 (%)	檢査	合否	備考
1	Runner blade	SCS 5	furan型	從來法	550φ×440	1,200	1,000	300	2,500	48.0	PT.UT	合	hot
				H.T法	400φ×320	1,200	315	300	1,815	66.1	PT.UT	合	start
2	Ring	Cr-Mo鋼	furan型	從來法	600φ×600×4개	11,520	5,292	1,000	17,812	64.7	PT.MT	合	hot
				H.T法	400φ×300×4개	11,520	1,176	1,000	13,696	84.1	PT.MT	合	start
3	Roll	admite Cl.4~ 1.7%	furan型	從來法	500φ×900	5,850	1,400	250	7,500	78.0	PT.UT	合	cold
				H.T法	500φ×400	5,850	620	200	6,670	87.7	PT.UT	合	start
4	Roll	admite Cl.8%	生砂型	從來法	550φ×1000	7,840	1,700	380	10,000	78.4	PT.UT	合	cold
				H.T法	550φ×350	7,840	623	330	8,793	89.2	PT.UT	合	start
5	建設部品	SC 46	furan型	從來法	1250φ×1250	30,600	12,000	1,300	43,900	69.7	PT.UT	合	hot
				H.T法	950φ×800	30,600	4,000	1,300	35,900	85.2	PT.UT	合	start
6	船用部品	SC 42	CO ₂ 型	從來法	900×600×600H	10,500	2,200	1,100	13,800	76.1	PT.UT	合	hot
				H.T法	450φ×300×2개	10,500	750	1,030	12,280	85.5	PT.UT	合	start

7. 結 言

Electro Slag 押湯加熱法에 대하여 개요를 간단히 소개하므로 鑄鋼品生産에 있어서 製造原價절감 등에 이를 적용하므로 보탬이 되기를 바란다. 더욱

이 本法은 아직 완전히 확립된 技術이라 할 수 없으나 이용함에 따라 技術축척이 이루어지며 또한 鑄鋼品뿐만 아니라 鑄鐵 및 銅合金鑄物등의 製造에도 이용이 가능할 것이다.