

技術資料

合金鑄鐵(3)

崔昌鈺

Alloy Cast Iron (3)

C.O.Choi

5. 合金鑄鐵의 熔解法

合金鑄鐵의 熔解는 目標로 하는 化學組成의 熔湯을 확실하게 그리고 경제적으로 얻을 수 있는 것이 중요하다. 그러므로 熔解爐로서 合金鑄鐵만을 위한 것은 없으며 灰鑄鐵과 같이 熔銑爐(Cupola)와 電氣爐 모두 사용 가능하다.

5-1 熔銑爐

熔銑爐의 조업방법에 따라서 爐內反應이 변화하므로 熔湯의 吸炭이나 酸化를 피할 수 없다. 따라서 熔湯의 化學成分의 조정은 電氣爐에 비하여 어렵지만 대용량의 熔湯을 연속적으로 얻을 수 있으며 또한 品質이 우수한 合金添加劑의 개발에 의하여 低合金鑄鐵의 熔解는 熔銑爐 단독에서도 가능하다.

용선로에 合金元素를 첨가하는 방법은 소요의 合金元素를 함유하는 특수한 銑鐵이나 合金鐵을 다른 裝入材料와 함께 장입구로 부터 장입하는 方法과 爐前에서 출탕통로나 레들중에 添加하는 方法이 있다. 特殊한 銑鐵로서는 5~7% Si 이나 50% Si 를 함유하는 銑鐵이 있다.

酸化 또는 吸炭이 쉬운 合金鐵은 시멘트등의 粘結材로서 合金鐵을 成型하여 브리켓트로 만들어서 사용한다. 또한 산화가 잘 되지않은 Ni 이나 Cu 는 爐頂으로 裝入하여도 酸化 손실은 적으며 산화하기 쉬운 Cr, Mo, V, Si 등의 合金元素는 裝入口로 장입하면 산화손실이 커서 경제적이 되지 못하며 또한 化學成分도 一定하게 되지 않는다. 따라서 酸化하기 쉬운 合金元素를 소량 함유하는 低合金鑄鐵의 製造에는 爐頂 添加보다도 爐前添加를 일반적으로 실시한다.

爐前에서 출탕통로나 레들중에 合金元素를 添加하는 경우에는 熔解를 용이하게 하기 위하여 형상이 小塊로

서 용점이 낮은 合金鐵을 사용하므로 熔湯溫度를 낮추지 않고 回收率도 좋다. 粉末狀의 合金鐵은 表面積이 커서 浮上하여 슬락화 하므로 회수율이 나쁘게 된다. 8~20 메쉬 정도로 만든것을 사용한다.

爐前添加用 合金鐵의 예를 표 24에 나타내며 최근 회수율이 좋은 製品이 많이 개발되어 시판되고 있다. 그러나 爐前添加는 熔湯溫度의 低下를 초래하므로 多量의 合金元素를 添加하는 것은 곤란하므로 Ni 3%, Cu 2%, Mo 1%, V 0.5%가 한도로 되어 있다.

또한 용선로에서는 연속적으로 출탕되므로 爐頂添加의 경우는 물론 爐前添加에서도 化學成分이나 溫度을 엄밀히 관리하는 것은 곤란하다.

5-2 電氣爐

전기로와 같이 batch 형의 熔解爐는 간헐출탕이므로 출탕전에 Spectrometer 를 이용하여 신속분석이나 測溫이 가능하므로 化學組成과 出湯溫度를 정확하게 관리할 수 있어 合金鑄鐵의 용해에 적합한 熔解爐라 할 수 있다. 따라서 成分規格이 엄격한 合金鑄鐵의 용해에는 電氣爐에 의한 단독용해가 많이 사용되고 있다. 熔銑爐를 사용하는 경우에는 용선로 단독보다도 용선로 - 전기로의 2重操業이 바람직하다. 특히 低炭素를 필요로 하는 高硅素鑄鐵이나 C와 친화력이 큰 Cr 를 多量으로 함유하는 高Cr 鑄鐵의 용해에는 전기로에 의한 용해가 필요하다.

電氣爐중에 저주파 또는 고주파유도전기로는 再熔解爐이므로 精鍊은 전연 일어나지 않는다. 따라서 目標組成의 熔湯을 얻기 위해서는 熔解原料인 回收鐵, 鋼屑, 선반설, 銑鐵, 合金鐵등의 品質을 엄중히 관리할 需要가 있다. 그렇지않으면 熔解후 合金鐵을 사용하여 성분조정을 실시하여야 하므로 이는 용해시간의 연장을 해야 하므로 熔解코스트의 상승을 가져온다. 2번째 용해부터는 爐內에 잔탕을 충분히 남겨서 최초부터 full power 조업을 할 수 있어 용해시간을 단축할 수 있다.

표 24 . 爐前添加用 合金鐵

성분	종류	Ni 쇼 트	고 탄소 Fe - Cr	주 물 용 Fe - Cr	고 탄소 Fe - Mn	Fe - Si	Fe - Mo	Fe - V
C	[ % ]	0.2 ~ 0.3	4.5 ~ 7.0	< 7.0	6.0 ~ 7.0	-	0.05 ~ 0.15	2.0 ~ 3.5
Si	[ % ]	5.0 ~ 6.0	1 ~ 3	7.0 ~ 10.0	< 1.0	50 ~ 75	0.50 ~ 2.25	10 ~ 12
Mn	[ % ]	-	-	0.2 ~ 0.3	78 ~ 82	-	-	-
Ni	[ % ]	~ 92.0	-	-	-	-	-	-
Cr	[ % ]	-	66 ~ 77	60 ~ 66	-	-	Mo 55 ~ 63	V 35 ~ 40
Fe	[ % ]	1.0 ~ 2.0	잔	잔	잔	잔	잔	잔
용해 온도 [ °C ]		1,260	1,260	1,260	1,250 ~ 1,270	~ 1,175	1,510 ~ 1,520	1,250 ~ 1,290
粒 度		< 8 mm φ	20 메쉬	20 메쉬	20 메쉬	20 메쉬	20 메쉬	20 메쉬

대부분의 合金元素는 회수철, 合金鐵 또는 純金屬의 형으로 처음부터 용해로에 장입할 수 있으나 Al과 같이 酸化하기 쉬운 元素는 용탕중에 직접 添加한다.

또한 유도로에서는 전자력에 의한 熔湯의 교반이 될 수 있어 미용해부가 용탕에 용해되어 용해속도가 증가하고 용탕조성의 균질화가 쉽다. 爐의 라이닝에는 SiO<sub>2</sub>를 主成分으로 하는 耐火物이 일반적으로 사용되나 염기성라이닝재도 사용된다.

Arc 爐는 誘導電氣爐와 비교하여 소비전력이 많고 전극을 소모하므로 熔解費가 높고 精鍊이 가능하므로 低級의 原材料를 사용하여 合金鑄鐵을 製造할 수 있으므로 大量의 熔湯을 얻기에 적합한 爐이다. 그러나 誘導爐와 비교하여 Arc 爐의 경우는 熔湯교반작용이 없어 용탕조성의 균질화를 위하여, 용탕을 機械的으로 교반하기 위하여 교반장치의 설치가 필요하다. 또한 용탕교반은 정련 및 승온속도의 증가에도 효과가 있다.

Arc 電氣爐는 精鍊할 수 있으므로 爐의 Hearth부는 마그네시아등의 염기성 내화물로 라이닝 한다. 熔解操業은 冷材로서 시작하여 용락후에는 CaO, CaF<sub>2</sub>를 장입하여 염기성슬랙을 造宰한다. 필요에 따라서는 산소를 취입할 수 있어 탈탄, 탈규소, 탈가스등의 정련을 실시함과 동시에 용탕온도를 상승할 수 있다. 高Cr 鑄鐵用熔湯을 탈탄 및 탈규소 하기 위하여 산소를 취입하면 Al의 일부가 산화되어 슬랙중에 이행한 경우에는 Ca - Si 粒등의 還元劑를 슬랙중에 添加하여 Al를 再還元하여 소정의 化學組成으로 한다. 또한 슬랙에 의한 탈인, 탈황한 경우에는 한번 슬랙을 제거한 후 새로운 CaO, CaF<sub>2</sub>를 장입하여 조제하고 合金鐵로서 成分을 조정후 Al 등으로서 탈산후 레들에 출탕하여 구조한다.

多量の 熔湯을 한번에 얻기위한 爐로서는 반사로가 있으나 精鍊이 되지 않고 重油 또는 微粉炭을 연료로 하므로 대기오염방지의 입장에서 최근 이용되지 않고 있다.

어떤 爐를 사용한다고 하여도 裝入原材料의 化學組成의 차이와 용해조업중에 있어 약간의 成分변동을 피하기 곤란하므로 용락시의 合金組成을 目標組成보다도 다소 낮게하여 合金鐵을 첨가하여 成分調整하고 Spectrometer 등을 사용하여 所定の 合金元素量의 熔湯을 얻는 것이 필요하다.

### 5-3 合金元素의 添加

#### 1) Si

용선로 熔解시 Si의 함유량을 조절하기 위하여 爐頂에서 裝入材料와 함께 添加하는 Fe - Si는 Si 75%정도가 가장 많이 사용되며 그 다음에 40 ~ 50% 정도의 Si이 함유된 것이 사용된다. 크기는 爐經에 따라 적당히 선택하여야 하며 너무 작으면 산화소모가 많아지므로 중 사이즈(40 ~ 100 mm)가 알맞다.

레들에 添加할 때는 Si 75% 또는 88 ~ 93% Si의 것을 사용하여 Si 양을 조절한다. 1200°C에서 熔銑중에 쉽게 용해하도록 레들에 添加할 경우에는 성분조정도 되지만 점종효과도 있다. 크기는 3 ~ 5 mm 정도가 적당하며 너무 작으면 비산할 뿐만 아니라 소모도 크다.

Fe - Si는 비교적 수소개스가 많이 들어 있으며 100gr 중에 6 ~ 8 cm<sup>3</sup> 함유될 경우도 있다. 그리고 불순물도 Al이 2%정도 들어 있을때도 있다.

#### 2) Mn

Fe - Mn은 주철중의 Mn 양을 조절하기 위하여 또는 탈산, 탈황의 목적으로 사용되며 첨가방법은 장입

재료와 함께 爐頂에서 添加하는 方法과 레들에서 첨가하는 方法이 있다. 爐頂에서 첨가할 때는 고탄소 Fe-Mn 를 사용한다.

레들에 添加할 때에는 Mn 함유량이 높은 것이 좋으며 金屬Mn을 사용할 때도 있다. Fe-Mn의 용점은 1250°C이며 熔解를 쉽게 하기 위해서 3~10 mm 정도로 분쇄해서 사용한다. 또한 레들에 添加할 경우 熔湯溫度의 저하를 방지하고 熔解를 쉽게 하기 위하여 發熱 Fe-Mn을 사용하기도 한다.

3) Cr

熔銑爐 配合用에는 보통 高炭素 Fe-Cr이 널리 쓰이는데 용점은 1400°C이며 1450°C 이상에서는 쉽게 熔解하고 레들에서 添加할 수도 있다. 그리고 예열하여 사용하면 熔湯溫度의 저하를 방지할 수 있다. 상온에서 첨가할 때는 2 mm 정도로 분쇄해서 사용하는 것이 좋다. 또한 發熱 Fe-Cr을 사용하면 溫度低下를 방지할 수 있다. 회수율은 85~90% 정도이다.

4) Ni

鑄鐵에 Ni를 添加할 때는 Fe-Ni, 니켈지금, 전해니켈 등을 직접 爐內에 裝入하거나 레들에 첨가한다. 爐內에 配合材料로서 裝입할 경우에는 보통 Fe-Ni을 사용하나 레들에 첨가할 때는 2~5 mm 정도의 입상니켈지금을 사용하거나 폭 30 mm 정도의 전해니켈을 사용한다.

鑄鐵의 爐內配合用으로는 경제적인 이유로 高炭素 Fe-Ni을 사용한다. 회수율은 100%이다.

5) Mo

Mo는 Ni, Cu와 같이 鑄鐵에 添加하여 침상주철(acicular cast iron)을 製造하는 중요한 원소이다. 熔銑爐 熔解에서는 爐內에 첨가하는 方法과 레들에 添加하는 方法이 있으며 低炭素 Fe-Mo 보다도 高炭素 Fe-Mo을 주로 사용한다. 용점은 1550°C이지만 1450°C 이상의 熔湯에서도 용해가 된다. 크기는 2~3 mm 정도가 적당하나 분쇄가 쉽지 않다. 회수율은 95% 정도이다.

6) P

P는 流動性を 向上시키므로 미술주물에서는 1%까지 첨가시키며 내마모성을 증가시키기 때문에 工作機口를 크게 하는 등 대책이 필요하다.

械의 벧드 제작시에 사용된다. 이들 高P鑄鐵을 제조하기 위해서는 Fe-P를 첨가하는데 P를 20~28%

함유한다.

Fe-P는 용점이 약 1250°C이며 레들에 첨가할 수도 있고 爐頂에 添加할 수도 있다.

7) Cu

銅을 添加하면 피얼라이트를 安定化하여 두께 感受性を 적게 한다. 또한 酸에 대한 耐蝕성이 向上된다. 보통 0.5~2.0%의 범위에서 添加한다. 添加에는 銅粒이나 銅屑이 사용된다. 이들은 용점이 낮으므로 레들에 添加하여도 쉽게 용해되며, 충분히 교반할 필요가 있다. 회수율은 100%로 하여도 된다.

8) Sn

Sn은 소량의 添加로서 피얼라이트를 安定化하여 경도를 增加한다. 添加량은 일반적으로 0.2% 정도이다. 添加는 純Sn의 棒이나 粒을 사용한다. Sn이 회수재로서 축적되면 黑鉛球狀化를 저해하므로 球狀黑鉛鑄鐵의 製造에는 주의를 요한다.

9) Ti

Ti를 添加하면 黑鉛化促進作用에 의하여 칠을 감소하고 切削性を 개량한다. 최근에는 C.V. 黑鉛鑄鐵의 製造에 添加하는 경우도 있다. 添加에는 70~75%Ti를 함유한 Fe-Ti 혹은 Si를 20~55% 함유한 Fe-Si-Ti를 사용한다. 대단히 산화되기 쉬우므로 신속히 熔湯중에 浸漬할 필요가 있다. 그러나 회수율은 50~60%로 낮다.

10) Al

Al은 脫酸劑로 添加하는 경우와 耐酸化성과 耐硫化性の 향상을 목적으로 添加하는 경우가 있다. 후자에서는 5~10% 정도의 多量 添加가 필요로 한다. 또한 Al은 黑鉛化를 촉진한다. 添加는 純Al의 棒이나 粒으로 레들에 添加하기도 하고 Fe-Al도 사용한다. 그러나 대단히 산화성이 강하므로 주의를 요한다. 또한 다량 첨가하는 경우는 流動性の 低下가 일어나므로 湯

參 考 文 獻

1. 日本鑄物協會：鑄鐵熔解 핸드북(1983) 丸善
2. 日本鐵鋼協會：新판철강기술강좌 5·鋼鑄物·鑄鐵鑄物(1979) 地人書館
3. 김수영·홍중휘·강춘식·나형용：鑄鐵工學(1977) 보성문화사
4. 日本鑄物協會：鑄物便覽(1986) 丸善
5. 新日本鑄鍛造協會：合金鑄鐵의 基礎研究(1977)