

\*

# 黄銅熔解炉 공장의 煤煙대책

菱田 一 雄

〈東京市 環境保全局 大氣監視課長・技術士〉

〈本協 開發部 提供〉

## 1. 處理施設 改善의 動機

都의 城北工業地域의 중심, 1區伸銅工場團地라고 하는 지역이다. 關東地域에 70個社 정도 있는 伸銅工場中 1區에는 20余個社가 존재하고 있다.

W工業(株)은 이 工場들 中の 하나인데, 戰後 工場을 再開한 당시에는 부근에 주택은 없었지만 도시화가 되어감에 따라 인접해서 주택이 들어서게 되었다.

공장에서는 都로 부터 公害방지시설자금을 때 부받고, 여기에 自己資金을 합쳐서 40 HP의 排風機를 사용하는 사이클론 집진기를 설치하였는데, 이것으로는 만족스럽지 못하였다.

그리하여 새로이 都가 은행 兪자의 金리로 이 자를 지원하는 제도를 이용하여 다시 개조하도록 하였다.

은행兪자는 당시의 最高액인 1,000 万丹 이었는데, 매연 발생시설 3基에서 나오는 배기를 하나로 합쳐서 멀티사이클론(90HP)과 水洗洗淨裝置(40HP)를 설치하였다. 變電設備등에 많은 액수의 자기자금을 사용하여 대폭적인 보완을 하여 발주로부터 4개월 후에 완성하였다.

배기통은 종래 12 m이었던 것을 20 m로 개조, 배기통의 선단이 공장쪽을 향하도록 구부려서 적어도 인접하는 주택쪽에는 排氣가 흘러가지 않도록 배려하였다.

그러나 역풍인 북풍이 불면 연기는 사방으로 흩어져서 진정을 한 사람의 주택을 향해서 불기 시작하여 이 집을 중심으로 하는 폭 2 m 정도의 막다른 골목을 향하여 부는 일도 있었다.

본진의 배출농도는 당시의 배출기준 2.0g/Nm<sup>3</sup>를 밑도는 0.4g/Nm<sup>3</sup> 정도였는데, 水洗洗淨裝置의 水滴의 分離가 불량하고, 유지관리가 불충분할 때에는 水滴의 미스트가 배기구로 부터 비산하여 새로운 弊害가 생기게 되었다.

\*

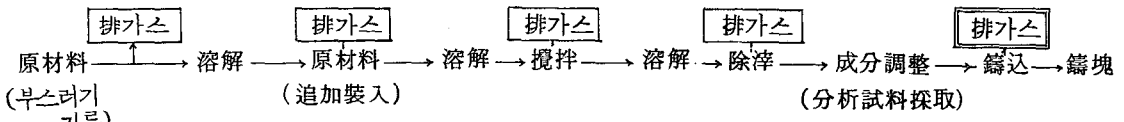
### 2-3. 電氣爐에서의 熔解 및 鑄造作業

용해작업은 대개<그림-2>의 순서에 따라 진행된다. 원재료의 장입은 電氣爐 頂部로부터 手製入 또는 호퍼나 슈-트등의 보조장치를 이용하여 장입하고 용해되는 것을 기다려서 원재료를 추가 장입한다.

원재료는 爐底部의 二次回爐에 의하여 유도된 電氣의 Joule 열을 흡수하여 용해한다. 통상적으로 용해는 爐蓋를 닫고 실시한다.

아연은 동보다 용점이 매우 낮고, 또 증발점이 낮아 산화되기 쉬워 용해시의 손실이 많다. 따라서 처음부터 손실분의 아연을 조정 배합하여 소정의 합금성분을 얻을 수 있게 한다. 熔湯이 소정의 鑄込溫度에 도달하면 슬라그를 제거하고 出湯한다.

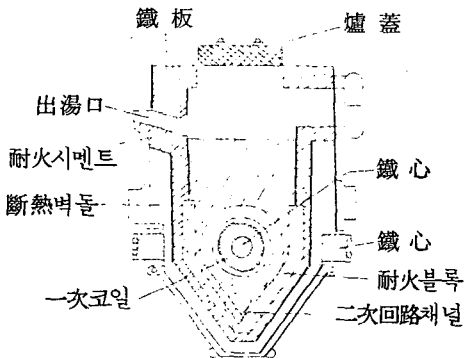
鑄造方法은 일반적으로



<그림-2> 溶 解 作 業

### 2-4. 爐의 構造

<그림-3>는 低周波誘導電氣爐의 斷面이다. 爐殼은 두꺼운 鋼板으로 만들어지고, 爐體는 上部, 中部 및 下部 케이스의 3부분으로 구성되어 있다. 케이스의 안쪽은 단열벽돌 및 사멧트質耐火 시멘트로 內張되어 있다. 上部 케이스는 湯의 대



<그림-3> 低周波誘導電氣爐

### ① 鑄鐵 또는 水冷鑄型에 의한 鑄造方法

#### ② 連續鑄造法

#### ③ 米糠鑄造法

의 3가지가 있다. 鑄込은 爐를 기우려서 熔湯을 漏斗, 樋를 통하여 鑄型에 注入한다. 鑄型은 內側에 油脂를 塗布하거나, 혹은 湯面에 注入한다. 이것은 湯面을 還元雰圍氣로 보호하고, 금속산화를 방지함과 동시에 鑄型을 보호하고 연속 주조의 경우에는 運轉작용도 겸한다.

분진의 발생은 湯面露出이 적은 연속주조가 가장 적은데, 규모가 대형이 되기 때문에 일반적으로 대기업에서나 사용되고 있다. 水冷鑄造, 米糠鑄造는 鑄物의 露出面이 가장 넓은 산화아연의 飛散이 많다.

이 공장에서는 米糠鑄造를 하고 있다.

기실, 中部케이스는 一次코일과 拘束강판제 鐵芯을 조합한 변압기를 구성하며, 下部케이스는 V字形 커널의 2次回路의 底部, 保持部로 되어 있다. 大型電氣爐에서는 코일이 2개로 되어 V溝가 W溝로 된다. 그밖에 2次回路가 垂直이 아니고, 水平에 가까운 각도의 것이나 개방식의 특수형인 것도 있다.

爐體를 기우리는 것은 電力으로 한다.

## 3. 煤煙發生의 狀況

### 3-1. 煤煙發生의 原因

매연처리시설의 계획에 있어서는 매연 발생의 원인을 규명하고, 그 원인제거, 변경 및 개선의 가능성에 관하여 검토하고, 그 후 매연처리시설의 계획에 관하여 검토하는 것이 보통이다.

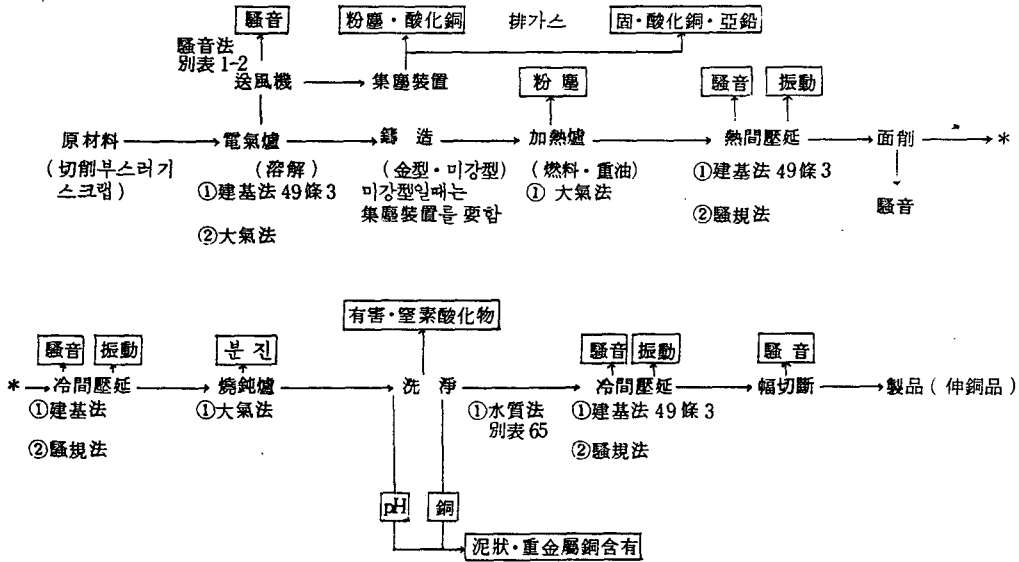
黃銅製造에서는 一熔解期間을 통하여 연속적으로 매연이 발생하는 것은 아니다.

품의 대부분을 차지하고 있으며, 靑銅製品은 3%, 洋白은 1% 정도이다. <表-1>, <表-2>에 주요 銅合金의 종류와 특성을 요약하였다.

<表-1>에 기재한것 이외에 Cu-Ni系, Cu-Ag系, Cu-Cd系, Cu-Cr系, Cu-Be系, Cu-Te系, Cu-Pb系 등이 있고 그 종류는 대단히 많다.

2-2. 黃銅製品의 제조와 公害發生의 상황  
黃銅의 용해에는 가장 경제적인 저주파유도전 기로가 사용되고 있다.

황동을 원료로한 伸銅製品 제조공정과 발생하는 公害상황을 <그림-1>에 나타내었다.



凡例

- ☐ : 公害現象
- 大氣汚染 : ↑ 上向 화살표로 표시함.
- 粉塵·酸化銅 : 분진發生·汚染物質의 主體는 酸化銅을 함유한 매연을 말함.
- 粉塵·金屬粉 : 粉塵發生·汚染物質의 主體는 金屬粉을 함유한 가스를 말함.
- 有害·카드뮴 : 有害物質·카드뮴을 함유한 排가스를 말함.
- 水質汚染 : ↓ 下向 화살표로 표시
- pH : 水素이온 濃度指數에 의한 酸性 또는 알칼리性 排水를 말함.
- 騒音·振動 : →←↑↓ 橫, 上, 下의 화살표로 표시
- 排風機 → [ ] 音 : 排風機에 의한 騒音을 말함.
- 廢棄物 : →↓ → 橫의 화살표로 표시

<그림-1> 黃銅製品製造工程과 公害發生의 狀況

工 程

- 原 料 → 電氣爐 : 主工程은 굵은선으로 표시
- 電氣 爐 : 法에 定한 施設은 ○로 표시
- 鑄 造 : 法에 定하지 않은 作業이나 施設은 그대로이다.
- 關係法規 : 工程中 또는 全作業을 통한 作業은 工程中 또는 工程의 最下欄에 記入한다.
- 大氣 法 : 大氣 汚染防止法을 말함.
- 水質 法 : 水質 汚濁防止法을 말함.
- 騒規 法 : 騒音規制法을 말함.
- 建基 法 : 建築基準法을 말함.

凡例의 □는 公害현상인데 대기오염에 있어서

는 上向의 화살표(↑)로 표시하고, 수질오염은 下向의 화살표(↓), 소음·진동은 좌우·상하의 화살표(→←↑↓)로 표시하였다. 施設 밑의 Under line (—)은 法으로 정한 시설 (매연발생시설, 특정시설등)이다.

이상은 제조공정에 있어서의 公害발생상황과 법률대상시설 및 業態 (건축기준법: 금속의 용융, 금속의 압연등은 용도지역제의 별표에 해당한다)이다.

이와같이 水洗淨裝置의 Mist Seperator의 기능이 불량하기 때문에 여러번 수리를 했지만 상황은 그다지 호전되지 못하여 근본적인 대책을 세우게 되었다.

## 2. 공장의 작업상황

### 2-1. 銅合金의 性狀

銅合金은 그 종류가 많고 용도도 광범위한 중요한 합금으로서 전기 및 열의 전도성, 내식성, 展延성이 우수하다.

銅合金의 종류를 大別하면 丹銅, 黃銅, 靑銅, 洋白 및 特殊銅合金으로 나누어진다. 그 대표적인 것이 黃銅인데, 일반적으로 眞鍮라고 부르며, 銅과 亞鉛의 합금이다. 7:3 黃銅, 65:35 黃銅.

〈表-1〉 主要銅合金의 種類와 特性

名稱	性 質 · 用 途 등
Cu-Zn系 丹 銅	銅 80~95%, 亞鉛 5~20%의 合金으로서 耐食性, 展伸性이  좋고, 優美한 色調를  갖고  있어, 丹調色의 板, 條, 線은 裝飾用,  조리  具, 金銅등에  使用된다.
	耐食性, 機械的性質이  좋고. 그  中에서도  銅 65%以上의  것은  展伸性이   우수하고  板, 條는  複雜한  形狀의  孔, 深加工에   널리  使用된다. 또  6:4  黃銅의  條는  熱間  加工을  利用한  鍛造用에  鉛을  2~3%  添加한  切削特性을   가진  快削黃銅棒은  볼트,  나트用  에   많다.  其他  銅  78%,  亞鉛  20%에   알루미늄  2%만을  加한   알루미늄  黃銅의  類는  復  水器用에  6:4  黃銅에  錫  1%를  添加한   네  발  黃銅 및   알루미늄,  鐵,  망간,  錫을  加한  高力黃銅은  耐海水性과  機械的強度가   좋고,  船舶用의  各種部品으로서  使用되고   있다.
Cu-Sn系 靑 銅	銅 84~97%, 錫 3~16%를  主成分으로  한  微量的  인을   함유한  合金,  黃銅보다  耐食性,  機械的性質도   우수하고,  耐摩耗性이   좋다.  錫의  含有率  3~9%인  것은  展伸性이   있고  板,  條,  線(伸銅品)은  바네用,  발  브部品으로서   널리  使用되고   있다.  또,  錫  9~16%인  것은  各種의  鑄物 및  베어링   메  탈로써  使用된다.
Cu-Al系  알루미늄  靑  銅	銅에   알루미늄  7~12%  其他  少量의  鐵,   니켈,  망간을  加한  合金인데,  機械的性質強  度,  耐食性,  耐摩耗性이   우수하고  鍛造品,   샤프트,  기어,  메탈등에  使用된다.
Cu-Ni-Zn系  洋  白	銅에   니켈  8~20,  亞鉛  5~30%,  其他  少量  의  망간을   함유한  合金으로서  耐食性,  機械的  性質이   우수하고  展伸性도   있고  色이  銀色으로  아름답고,  變色이  되지  않아  裝飾用洋食  器,  計測器 및  通信器用으로  使用된다.

6:4 黃銅의 3종류로 나누어진다. 7:3 黃銅 및 65:35 黃銅은 冷間加工性이 좋고, 6:4 黃銅은 熱間加工性이 좋다. 그 中에서도 65:35 黃銅板이 용도가 많고, 黃銅率은 6:4 黃銅에 鉛을 첨 가한 것이 널리 쓰이고 있다.

이 工場은 銅스크랩으로 부터 이러한 銅을 제 조하는 工場이다. 전국적인 伸銅製品의 合金別 生産비율을 보아도 黃銅제품이 가장 많고, 銅製

〈表-2〉 煤煙發生施設로 부터의

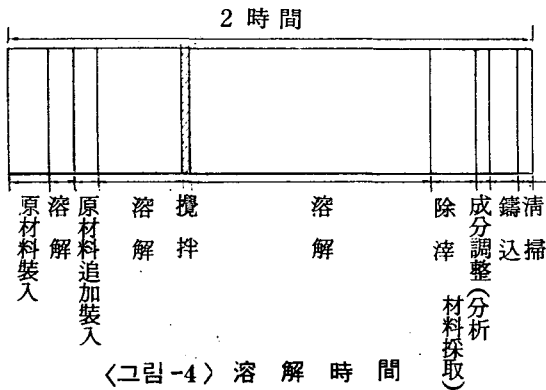
### 重金屬等排出狀況

(單位:  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )

施設의 種類	黃銅溶解反射爐 (二次製鍊)		銅合金溶解 低周波誘導爐	
	粉塵 (2)	蒸氣化成分 (2)	粉塵 (5)	蒸氣化成分 (2)
集塵機 元素名	B F	同 左	BF·VS	B F
Na	100~920	258~320	1.5~44	93.8~96.1
Mg	-	-	-	-
Al	26~33	-	3.2~77	-
S	-	-	17	-
Cl	1,200~3,000	-	15~240	-
K	260	-	1.5~35	-
Ca	110~320	-	0.85~13	-
V	0.1~4.4	0~0.0004	0.032~0.008	0
Cr	0.8	0~0.167	0.099~4.2	-
Mn	0.93~1	0.0021~1.0123	0.07~9.4	-
Fe	40~50	-	3.3~33	-
Co	0.19	-	0.0043~0.071	-
Ni	80	-	31	-
Cu	800~2,300	-	85~230	-
Zn	6,000~30,000	0	290~4,800	0~33.9
As	4	0~5.34	0.008~0.39	0
Se	1	4.68~4.78	0.02~0.3	66.3
Br	12~16	6.87~9.36	0.072~0.48	0.09~0.123
Ag	2~2.2	0	-	0
Cd	78~150	0	0.31~19	0~40.7
In	-	-	-	-
Sb	17~20	1.86~1.82	0.015~0.17	0
La	-	-	0.0007	-
W	0.55~3.1	0	0.003~0.16	0
Hg	-	0~0.39	0.017	814
Pb	2,500~2,700	0~52.2	130~160	0
Sn	580~2,200	-	-	-
F	0~430	47~194	60~2,000	0~14.3
Be	0	0	2.9~9.2	0
P	0	0	0	0
B	0	0	0	0
Au	0.1	0.1~0.666	0	-
Mo	0	-	0	-
Ga	-	-	-	-

일반적으로 용해중에는 爐內를 환원 분위기로 유지하여 湯面의 노출에 의한 금속산화손실 때문에 용제로 용탕면을 카-버하는데, 爐蓋는 닫은 채로 용해한다.

〈그림-4〉에서는 용해시간의 상황을 보여준다. 용해중에는 爐蓋를 닫아놓기 때문에 매연의 발생은 거의 없지만 爐蓋를 열어 놓고 있는 20~30분은 매연이 발생한다.



주요 매연 발생원인은 다음과 같다.

(1) 原材料

기제유가 부착되어 있는 원재료는 장입과 동시에 매연을 발생한다. 또 表面酸化가 많은 스크랩은 매연 발생이 많다.

원재료는 電氣銅, 電氣亞鉛, 기타의 스크랩으로서 電線屑등이 약 70~80% 정도 사용된다. 스크랩 표면은 산화된 것이 많고 이 산화물은 부차물과 함께 용해, 분리되어 슬라그가 된다.

(2) 鑄込과 그 方法

熔湯溫度를 1000℃ 이상의 高溫으로 鑄込을 행하는데 필요이상으로 온도를 높이거나 또는 鑄込時에 熔湯과 공기가 접촉하기 때문에 酸化亞鉛 (ZnO) 이 발생한다.

또 鑄型에 塗布 또는 注入된 기름이 연소하여 매연이 발생한다.

(3) 亞鉛의 溶解損失

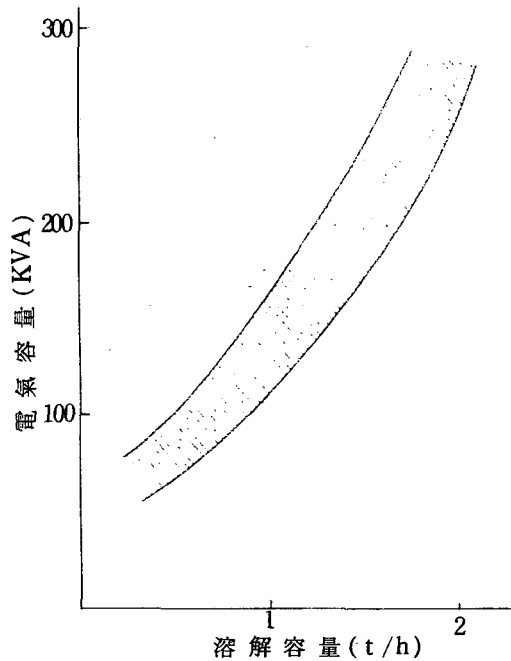
원재료중의 아연은 용해함에 따라 손실이 생

는데 그 일부는 산화아연이 되어 비산한다. 그 양은 0.15~0.25%이다.

(4) 攪拌作業과 除滓作業

장입 원재료는 自重 또는 押込에 의하여 湯面으로 가라앉으면서 吸熱하여 용해되는데 板屑, 線屑, 削粉등의 가벼운 것은 湯面에 있는 슬라그 (鑄滓)에 沈下를 방해받아 침가된 금속들이 뜨기 쉬우므로 교반 또는 押入作業을 한다.

鑄込에 있어서는 슬라그를 제거하는데 사용 스크랩의 성질에 따라서는 슬라그의 양이 많아 용해도중에 슬라그를 제거하기도 한다. 이와같은 작업시에는 湯面이 노출하여 산화아연의 발생 조건이 된다.



〈그림-5〉 公稱能力과 電氣容量과의 關係

3-2. 電氣爐의 能力

전기로의 공칭능력 (용해 용량) 과 電氣容量에 관하여 東京都의 매연발생시설에 관하여 통계적으로 종합한 것이 〈그림-5〉이다.

〈다음호에 계속〉