

# 로의 종류와 배출오염물질

(마지막회)

郭 錦 南

(원주환경지청 지도과)

차례

- I. 서 론
- II. 종류와 배출오염물질
- III. 결론

## 4. 용선로(Cupola)

### 가. 개요

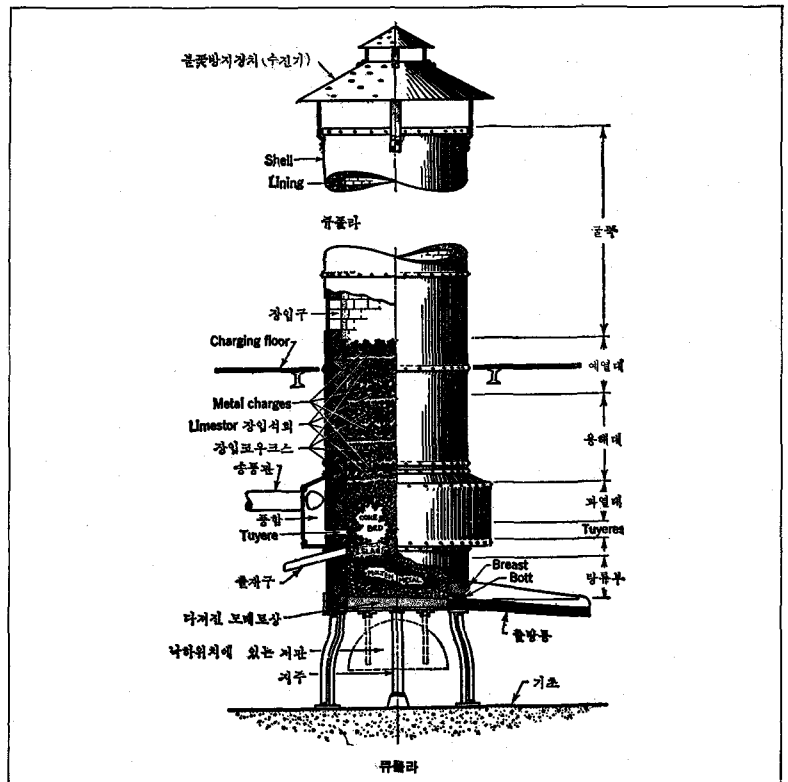
용선로는 철강주물의 가장 기본적인 용해장치이며 큐플라용해는 scrap금속이나 선철(銑鐵)을 사용가능한 용탕(溶湯)으로 만드는데 있어서 가장 값싼 방법이다. 형태는 (그림 4)와 같이 근본적으로 철광석을 선철로 만드는 고로(또는 용광로 : blast furnace)와 같으며 냉풍식과 열풍식으로 대별된다.

연료는 입도가 고르고 황성분이 적은 코크스 및 무연탄이나 조개탄(briquettes)등이 사용되며 로는 매우 작은 간격으로 적절할 양의 코우크스, 석회석, 금석(선철, scrap)을 장입하는데 용융시간은 조절이 가능하다.

### 나. 공정설명

용해 준비를 위해서 먼저 로저판(bottom plate)은 장치의 바닥을 만들기 위해서 봉(bar)이나 pipe로 고인 다음 모래를 plate위에 다져서 라이닝하고 출탕통과 같은 높이로 출선구(tap hole)를 만든다. 나무와 톱밥을 로 밑바닥에 깔고 4-5feet높이로 코우크스를 쌓는다. 이렇게 점화준비가 되면 톱밥에 점화하며 코우크스층은 밑탄에 불이 완전히 붙어 적열상태로 되면서 불이붙어 타오르게 된다.

이때 장입물은 석회석, 지금(地金), 코우크스의 순서로 장입구까지 장입한다. 이 장입물이 예열되면 송풍기(air blower)



를 작동시키면 공기는 바람 상자에서 힘을 받아 송풍구를 통해 연소에 필요한 산소를 공급한다. 이 공기는 적층을 통해 위로 올라가며 코우크스의 연소에 필요한 산소를 공급한다. 코우크스는 연료의 역할이외에도 용해가 시작될때까지 장입물을 받쳐주는 역할을 하며, 석회석은 녹아서 용탕(溶湯)의 산화를 방지하는 광재를 형성하며 또한 녹아서 coke의 재를 slag로 만들어 준다.

용해가 진행됨에 따라 용탕(溶湯)은 로의 바닥에 모이고 주기적으로 출탕되거나 출탕구를 열어놓아 계속적으로 흘러내리게 하기도 한다.

슬래그는 보통 로의 뒤쪽에 있는 출재구(出滓口)로 뽑아낸다.

용해가 완료되면 로저판의 고인분을 로저판 밑으로부터 뽑아내면 로저는 무너짐과 동시에 남아있는 모든 슬래그와 미연소된 coke나 용탕(溶湯)이 로 밑으로 떨어지며, 로가 냉각된 후 다시 보수하여 다음 용해를 위한 준비를 한다.

#### 다. 배출오염 물질

溶銑爐(cupola)에서 배출되는 대기오염물질은 매연 및 분진이 대부분을 차지하는데 이는 cupola의 장입재료인 銑鐵, 고철, 회주철 등에 각종 불순물이 붙은 재료들이 사용되고 있고 코우크스와 용재때문인데 이러한 장입물을 운반 및 용선로(cupola)에 장입되는 동안 서로 충격을 받아 미분이 발생되며,

용선로(cupola)에 장입된 후에도 밑으로 내려감에 따라 서로 부딪히고, 내화물로 내장된 노벽과 충돌하여 더 많은 미분이 발생하게 된다. 또한 장입물에 부착된 탄화물질(페인트, 기름 등)은 열작용에 의해서 기화하여 매연물질이 생성하게 된다.

연료로 사용하는 코크스와 鬼灰은 연소하여 탄산가스, 일산화탄소, 유황산화물 등이 되고 재로써 남게되며, 이들중 일부는 상승가스중에 함께 섞여 방출되게 된다. 이상의 모든 고상 물질들은 용선로(Cupola)장입 재료 사이를 통하여 가스에 포함되어 상승하므로 이러한 입자들이 가벼운 경우 연소가스와 더불어 용선로(cupola)외부로 배출하게 된다. 용선로에서 발생하는 분진의 입경은  $2\mu\text{m}$  이상이 대부분을 차지하며 황분(S)은 용탕 및 Slag등에 흡수되어, 황산화물의 배출농도는 보통 500ppm이하이므로 가스상물질에 대한 문제는 거의 없으며, 제진설비는 현재 국내에 대부분 설치되어 있는 wet scrubber 및 중력식, 싸이크론식 집진설비는 제진효율이 낮으므로 여과집진시설 등 고효율의 집진시설 및 2가지 방식을 병용설치하여 처리하여야 현행 배출허용 기준에 적합하게 배출될 것이다.

## 5. 도가니로

### 가. 개요

도가니로 보통 Pb용해, 황동 주물 용해 및 합금철제조 등 대부

분 비철금속의 용해에 사용되는데 원통형 반사로등과 같이 직접 가열방식과 전기유도로와 같이 간접가열 방식이 있으며 철 및 흑연 도가니가 있는데 보통 철도가니가 많이 사용된다.

도가니의 종류는 분류방식에 따라 다음과 같으며 그의 개략도를 표시하면 (그림 5)와 같다.

#### ○송풍방식에 의한 분류

- ① 자연통풍식 도가니로 (natural draft pit furnace)
- ② 강제통풍식 도가니로 (blow out furnace)

#### ○열원에 의한 분류

- ① 코우크스(또는 괴탄)도가니로 (coke fired crucible furnace)
- ② 기름 도가니로 (oil fired crucible furnace)
- ③ 전기 도가니로 (electric crucible furnace)
- ④ 가스 도가니로 (gas fired crucible furnace)

#### ○위치에 의한 분류

- ① 핏트 도가니로 (pit crucible furnace)
- ② 고정식 도가니로 (stationary crucible furnace)
- ③ 가경식 도가니로 (tilting furnace)

### 나. 공정설명

도가니로에 의한 비철금속(排鐵金屬)의 용해는 동 및 Al에서부터 Ti, Zr, Be 등과 같이 특수한 것, 그리고 Ga, Sm, Gd 등 극히 희귀한 금속까지 광범위하게 포함될 뿐만아니라, 수

은과 같이 상온에서 이미 액체인 것과 Pb 및 Sn 등과 같은 저융합금으로부터 W 및 Ta와 같이 용점이 4,000°C까지되는 금속도 포함되는 등 각양각색의 성질을 갖는 금속을 취급한다.

원료를 장입하여 용해를 하게 되면 용탕(熔湯)은 내화물과 로내 분위기중에 접하게 되어 금속, 내화물 및 로내 분위기의 3상이 상호작용하는 상태에서 용해가 진행된다. 이때문에 금속은 내화물과 분위기의 양쪽으로부터 오염되고 내화물은 분위기 및 금속에 의하여 침식된다. 이러한 용탕(熔湯)의 오염과 내화물의 침식을 방지하기 위하여 금속을 용제(flux)로 피복하여 분위기를 차단해야 한다. 대기 중에서 용해할 때는 산소의 침입이 있으므로 주입전에 산소와의 결합력이 강한 원소(P, Si, Mn, Ti 등)를 탈산제(脫酸劑)로 사용해야 한다.

#### 다. 배출오염 물질

도가니로에서의 발생하는 오염물질은 원료 금속(金屬)에 따라서 달라지며 연료에 따라서도 차이가 있다.

즉, Pb 및 Cu 등 중금속을 용해할 때에는 이들의 제어가 필수적이며 기타 연료의 연소에 의한 오염물질의 배출이 예상되는데 도가니로는 용량이 작고 금속의 2차 용련에 대부분 사용되기 때문에 오염물질제어에 관한 점은 타로에 비해 적으며, 집진설비는 원심력 집진시설등이 보통 사용되고 있다.

#### 6. 연속전지 제조용로와 연계 안료 제조로

축전지를 제조할 때에는 보통 앞에서 설명한 도가니로를 많이 사용하는데 Pb 광석을 제련할 때에는 용광로, 전기로등을 사용하고 황산화 배소(配燒)를 하기

때문에 오염물질의 제거에 상당한 문제가 있으나 연속전지를 제조하는 공장에서는 제련소에서 제련이 끝난 Pb(품위: 99.95%)괴를 용해하기 때문에 Pb 용해에 따른 큰 문제는 없으나 Pb가 함유된 분진이 발생하므로 cyclone 등의 집진설비가 필요하다. 또 연계안료 제조로는 전기로(電氣爐)를 보통 사용하는데 도가니로등에서 연괴(鉛·)를 녹여서 일정한 크기의 원형으로 주조한 다음 전기로(고주파 유도로를 많이 사용)에서 마찰열에 의하여 pb powder를 생산하여 이것을 산화시키면 연계안료가 된다.

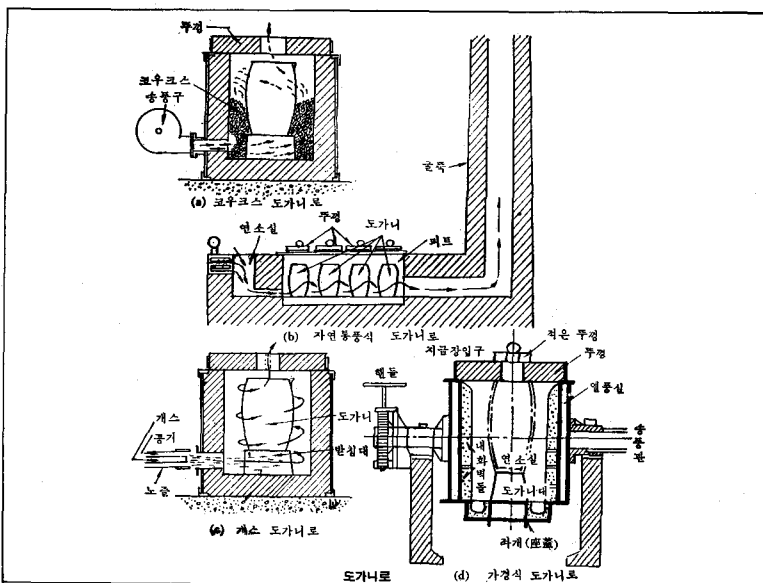
제진설비로서는 백필터등이 많이 사용된다.

#### 7. 제선로(製銑爐)

##### 가. 개요

제선로란 철강에서 선철(철 중 C함량이 4% 정도)을 제조하는 로를 총칭하여 말하는데 대표적인 것이 고로(용광로: blast furnace)이다. 고로는 제선설비의 가장 기본적인 것으로서 보통 대형용량의 것이 사용된다.

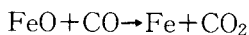
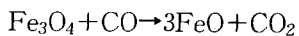
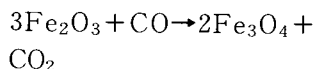
능력은 보통 1일 출선량(出銑量)으로 표시하며 열원은 coke와 공기(열풍)이다. 형상은 그림 6)와 같으며, 구조는 로상, 보쉬(bosh), 로복(belly), 로흉(shaft) 로구 및 하부중(throat, lower bell)등으로 크게 구분된다.



### 나. 공정설명

함철물질(철광석, 소결강(燒結鑛), Pellet, 철 및 강의고철)과 코크스, flux(석회석)를 로정부에 장입한 후 가열된 열풍을 풍구(tuyere)를 통하여 로상부위의 로내에 취입한다. 철광석은 로내를 강하하면서 코크스의 연소로 생성된 고온의 환원성 가스에 의해서 환원되어 용해된다. 전에는 고로의 연료 및 환원제로써는 코크스가 주체로 되어 왔으나 요즘은 코크스 대용으로 증유, 타아르, 천연가스, 코크스 가스, 미분탄 등의 연료를 송풍구로 취입한다.

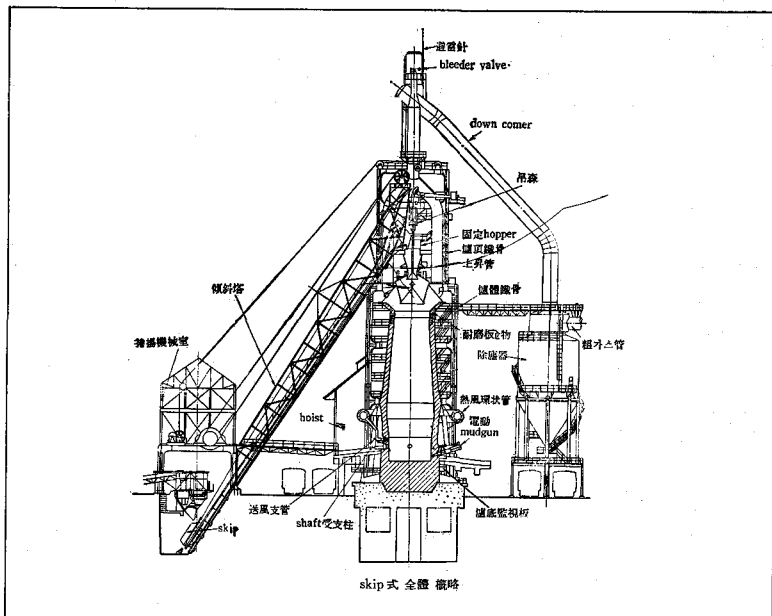
로내에서는 다음과 같이 산화철이 환원된다.



용해된 용선(熔銑)은 출선구를 통하여 출탕(出湯)되고 용재는 출재구를 통하여 슬래그(slag)로 배출된다. 용선의 조성은 C(4.03~4.68%), Si(0.48~2.41%), Mn(0.37~0.79%), P(0.068~0.161%), S(0.025~0.049%) 정도이고 slag는 CaO(38~42%), SiO<sub>2</sub>(32~38%)가 대부분을 차지한다.

#### 다. 배출오염 물질

고로에서 발생하는 가스의 성분은 CO<sub>2</sub>(~18%), CO(~24%), H<sub>2</sub>(~3%), NO<sub>2</sub>(~55%)등으로 환경오염에 큰 문제가 안되나 여기에는 고농도인 10-30g/Nm<sup>3</sup>정도(로정에서의 농도)의 광석, 코크스분으로 된



dust가 함유되어 있으므로 고효율의 집진설비가 필요한데 venturi scrubber 및 전기집진기등을 복합적으로 보통 사용한다.

### III. 결 론(結論)

1. 금속공업이 발달하여 각 공장에서 사용하는 로의 종류 및 형태, 용해방법 등이 다양해짐에 따라 같은 로일지라도 오염물질의 배출 기여도에 많은 차이가 있는 바, 현행 환경보전법에 규정되어 있는 “금속의 용융(熔融) 및 제련 열처리시설” 항목을 세분화 시키고 대상물질을 금속 뿐만아니라 비금속물질도 포함시켜야 할 것이다.
2. 배출시설 설치허가시 규정에 명시되어 있지않은 로

의 용어가 많은 바, 환경관계 종사자는 배출시설 설치허가업무시 로에 대한 정확한 구조 및 종류등을 파악하여 환경보전법상, 배출시설에 규정되어 있는 용어를 사용하여 배출시설 설치허가업무를 하여야 하겠다.

3. 사업장에서는 방지시설을 설치할때, 로에서 발생하는 오염물질의 성상을 정확히 파악하여 여기에 적합한 방지시설을 설치해야 할 것이며, 현재 금속을 용해하는 로(furnace)에서 배출되는 오염물질로 인한 문제가 심각하고, 처리에도 어려움이 많으므로 원료 및 연료의 고급화 및 오염물질의 제거를 위한 신기술의 개발에 힘써야 할 것이다. ◼