

기술자료

# 드라이 바텀 큐포라

李榮商\*

## 1. 드라이 바텀

드라이 바텀 큐포라 라고 하는 것은, 조업중 노저에 쇳물이나 스라그가 괴지 않는 형태의 큐포라를 말한다. 유럽에서 현재 사용되고 있는 中大型의 큐포라는 거의가 이런 타입인데 일본에서는 3社에서 操業이 행하여지고 있다. (譯者註: 國內에도 近間 이 노를 도입코자 하는 회사가 있음) 이 爐와는 달리, 지금까지의 큐포라 즉 노저에 항상 쇳물이나 스라그가 괴어있는 형태의 노를 웨트 바텀 큐포라 라고 부른다.

드라이 바텀은 이것과 인접한 壓力式의 스라그 세퍼레타와 함께 西獨의 GHW社의 특허로서 후술하는 바와 같은 여러가지 장점을 갖고 있다.

그림 1에 드라이 바텀 및 壓力式 스라그 세퍼레타의 구조를 보인다. 壓力式 스라그 세퍼레타는 壓力사이폰 이라고도 불린다.

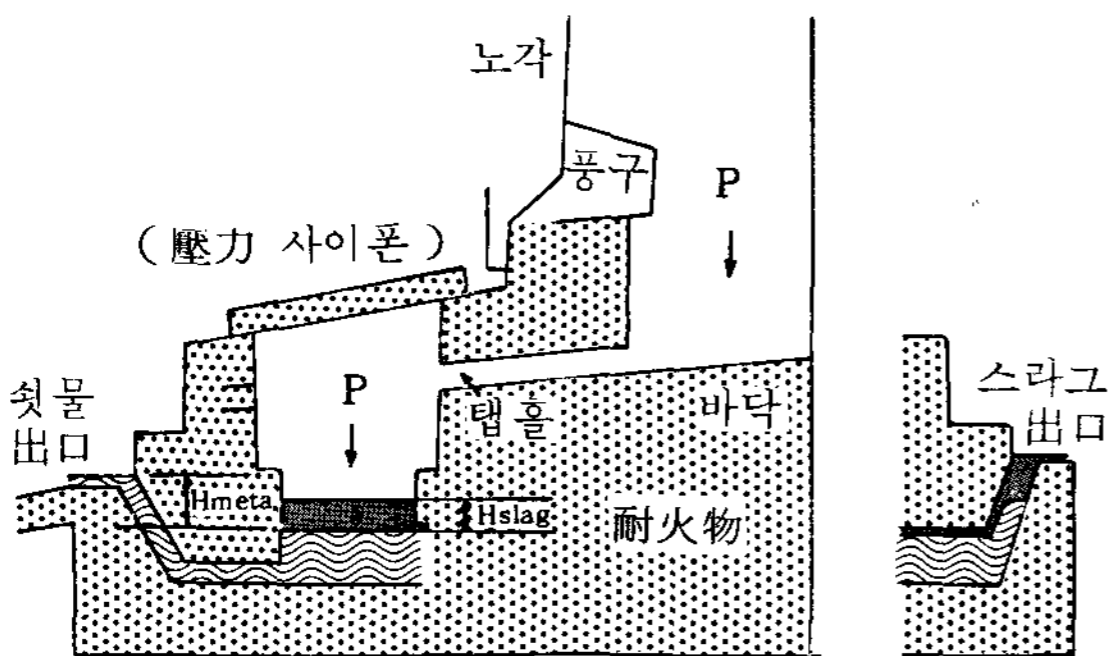


그림 1 드라이바텀 및 壓力式 스라그세퍼레타의 구조

노저는 탭홀(tap hole)방향으로 약간 경사져 있어서 조업중에 滴下한 쇳물이나 스라그는 여기에 괴는 일이 없이 바로 스라그 세퍼레타로 흘러들어간다.

탭홀은 충분히 그 直徑이 커서 조업중에 쇳물이나 스라그로 막히는 일이 없이, 상부는 가스분위기의 공간으로 되어 있다. 즉, 큐포라 노저와 스라그 세퍼레타의 상부공간은 同壓이다.

그림 1은 조업중의 스라그 세퍼레타의 상황을 보이

고 있는데, 여기에서 쇳물, 스라그 및 爐內壓의 균형은 다음 식과 같이 되어 있다.

$$H_{metal} \cdot \gamma_{metal} = H_{slag} \cdot \gamma_{slag} + P$$

$\gamma_{metal}$  은 쇳물의 비중,  $\gamma_{slag}$  는 스라그의 비중, P는 爐內壓을 나타낸다.

## 2. 長期의 연속조업

드라이 바텀 큐포라의 長點의 하나는 장기의 연속조업을 할 수 있다는 데 있다. 2交代조업으로 4~6週日은 보통이며 12~13週日을 지속하는 경우도 있다.

웨트 바텀 큐포라 노저의 耐火物은 2交代조업에서 通常 1週日의 수명으로서, 例外的으로 2週日의 예가 있다고 얘기들은 정도이다. (譯者註: 과거 國內에서 特殊한 형태의 웨트 바텀으로써 20日間の 연속조업을 정상적으로 한 때가 있음.)

내화물은 일반적으로 쇳물에는 강해서, 조금 고급의 것을 쓰면 거의 닳는일이 없다. 그러나 스라그에 대해서는 이와는 달리 아주 보통인 산성의 큐포라 스라그이더라도, 몇 週日에 걸쳐서 거의 침식되지 않는 내화물은 우선은 없다고 하겠다. 만일 이에 가까운 것이 생겼다고 하더라도, 아마도 가격과 수명의 均衡은 전혀 맞지 않을 것이다. 웨트 바텀 큐포라의 내화물 수명이 짧은 것은 이 때문이다. 노저의 내화물 수명을 길게 하려면, 여기를 드라이로 하는 外에는 없다. 더우기 이와 함께 내화물의 浸蝕後退를 늦추어 주기 위한 爐體디자인上的 고려를 해줄 것도 필요하다.

웨트 바텀을 몽땅 노의 본체 밖으로 옮기고, 여기에 스라그 세퍼레타로서의 기능을 함께 갖도록 한것이 壓力사이폰이다. 노본체의 내화물 補修가 일년에 수회로써 足하고, 그것도 건조를 포함해서 하루半만에 다 된다고 하면 爐體는 1基로써 된다는 얘기가 된다. 歐美에서는 라이닝레스 큐포라의 경우 큐포라 本體는 예외 없이 1基이다. 일본의 경우는 아직까지 라이닝레스 큐포라라도 노본체는 2基가 보통이었다. 이유는, ①이제까지의 라이닝레스 큐포라는 1週日밖에 연속조업이 되

\* 한국기계연구소 주물연구부

지 않았다. ②週 5일이 아닌 週 6日조업의 경우 하루만에 爐修理를 마치는것은 약간의 무리가 있다. ③조업상의 실패로 인한 만일의 사태에 대비한다는 기분 등에 의한 것으로 생각된다.

드라이 바텀 큐포라에서는 數週日의 연속조업이 가능하므로 上記 ②에 대해서는 5日조업의 週에 爐修理하는 것으로 스케줄을 짜면 될 것이고 ③에 대해서도 최실풀비에서는 그와 같은 염려는 불필요 하다고 하겠다.

구리모또철공소에서 '84년 1월에 설비를 바꾼 이후 2년 이상에 걸쳐서 1基의 노체(40 t/h)로 아무런 지장없이 조업을 하고 있다. 큐포라 노체가 1기인 경우는 2기인 경우에 비해서 노본체 뿐 아니고 발브기타의 교환장치가 일체(一切) 불필요하므로 그만큼 설비비가 싸지는 것은 물론, 현장이 큐포라 한대分の 스페이스 만큼 넓어져서 아주 시원하다.

### 3. 出鉄成分의 變動幅

웨트 바텀 큐포라의 경우, 滴下하는 쇳물의 吸炭은 베드 코크스 상부와 노저의 스크래벨의 사이에서 이루어진다. 한편 노내에 장입되어 있는 재료의 밀도는 언제나 같은 것이 아니고 조업중 늘 변화한다. 노내의 재료 밀도가 변화하면 필연적으로 爐內壓이 변화하고 노저의 스크래벨이 오르내린다. 즉 吸炭높이(흡탄되는 구간의 높이)가 언제나 변화하는 것으로서, 이것은 出鉄成分(C)의 변동에 직결된다.

드라이 바텀의 경우에는 노저에 스크래벨이 존재하지 않으므로 흡탄높이는 노내압의 변동에 무관하게 항상 일정하다. 따라서 탄소성분의 변동폭은 웨트 바텀에 비해서 작아진다. 규소(Si)의 減耗에 대해서도 거의 마찬가지로 이유로 드라이 바텀 큐포라에서는 변동이 작다.

### 4. 保温性

웨트 바텀 큐포라에서는 노저의 노벽을 흑연계 블록으로 라이닝하는 수가 많다. 노저에는 쇳물과 스크래그가 항상 피어 있어서, 흑연계 블록은 열전도도가 큰 까닭에 여기에서 상당한 放熱이 일어난다. 또 이 형식의 큐포라의 스크래그 세퍼레타는 開放型이므로 여기에서의 방열도 작지는 않다. 그런데 드라이 바텀 큐포라에서는 노저가 두껍고 내화물은  $Al_2O_3-SiC$  系의 램밍材이어서 열전도도가 흑연계 블록보다 훨씬작다.(표 1)

표 1. 黑鉛系블록 및  $Al_2O_3-SiC$  系 램밍材의 열전도도 ( $Kcal/m \cdot h \cdot ^\circ C$ )

	흑연계 블록	$Al_2O_3-SiC$ 系 램밍材
1500 $^\circ C$	15	4
1000 $^\circ C$	30	5
300 $^\circ C$	70	8

또, 스크래그 세퍼레타는 밀폐구조이고 두꺼운 내화물로 둘러싸여져 있어서 保温性이 아주 좋다. 따라서 드라이 바텀 큐포라는 웨트 바텀 큐포라에 비하여 코크스비가, 같은 材料配合, 같은 出鉄成分, 같은 出鉄溫度로 했을때 0.5 내지 1이 낮다.(某社 20~25 t/h 爐의 예)

### 5. 出鉄成分의 變更

드라이 바텀 큐포라에서는 本體內에 쇳물의 滯溜가 없이 스크래그 세퍼레타內에 약간 쇳물이 있을 뿐이다. 예를들면 10~15 t/h 爐의 경우에 150~300 kg, 20~25 t/h 爐에서 250~500 kg이다.

따라서 조업조건을 바꾸면 단시간내에 출선성분을 변경 할 수가 있다. 웨트 바텀에서는 노저에 다량의 쇳물이 체류하기 때문에, 앞뒤의 중간적 성분의 出鉄이 길어지게 된다.

물론, 일단 드레인(排出)작업을 하는 수단도 있으나 다량의 체류물을 처리하기 위해서는 勞力과 시간이 所要되고 타이밍을 맞추기도 쉽지 않다.

### 6. 뱅 킹 (休風)

드라이 바텀의 경우는 노저가 비어있으므로 코크스뱅킹, 풀차지뱅킹의 어느쪽이나 손쉽다. 쇳물이나 스크래그는 압력식 스크래그 세퍼레타에 피어 있는것 만이므로 이것에 주의하기만 하면 된다.

### 7. 安 全 性

드라이 바텀은 솔리드 바텀(solid bottom)이어서 바닥을 열지 않는다. 바닥은 두꺼운 내화물로 되어있고 또 노저는 비어 있으므로 長期의 조업중에도 노저로부터의 쇳물 누출의 걱정은 전혀 없다. 웨트 바텀 큐포라는 일반적으로 開底式이어서 노저내화물이 두껍지 않고 더우기 노저에 다량의 쇳물이나 스크래그가 피어 있다. 일단 쇳물의 누출이 일어나면 우선은 멈추게 할 수 없고 대단히 위험하기도 하다.

### 8. 쇳물과 스라그의 접촉

드라이 바텀 큐포라에서는 긴 탭홀을 통과 할 때에 쇳물과 스라그의 밀접하고 복잡한 접촉이 일어난다. 드라이 바텀과 壓力式스라그 세퍼레타는 야금학적으로도 재미있는 구조이다. 그림 2는 西獨의 데이타인데 스라그중에 함유된 유황의 양은, 같은 鹽基度에서 드라이 바텀쪽이 웨트 바텀보다 훨씬 많다. 즉 드라이 바텀에서는 동일 조건으로도 쇳물중의 유황이 그만큼 낮아지게 된다.

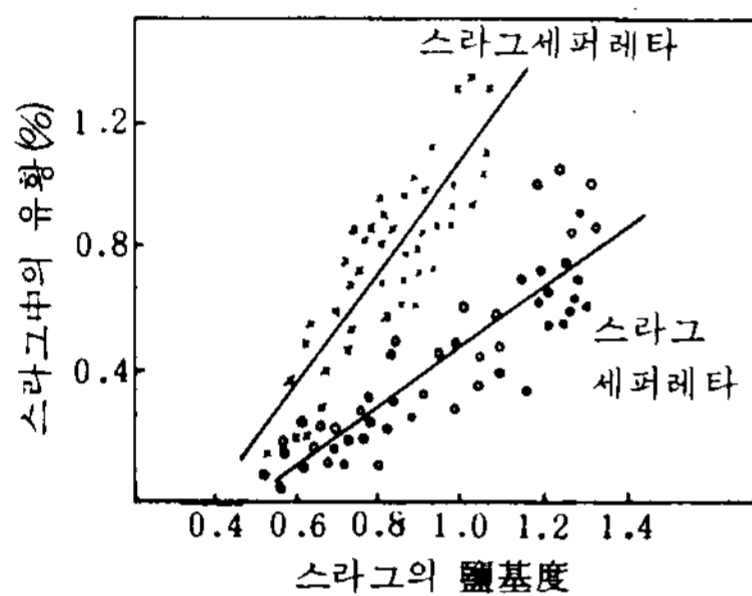


그림 2 압력식 및 常壓式스라그 세퍼레타에서의 스라그중의 유황함량

### 9. 其他, 風口突出의 효과

드라이 바텀 爐는 長期의 연속조업을 목표의 하나로 하고 있는바, 이를 보강함과 아울러 큐포라 본래의 성능향상을 꾀하기 위하여 設計上의 또다른 고려가 이루어져 있다. 예를들면 風口의 돌출이다.

GHW 큐포라의 경우 風口의 돌출길이는 400mm이다. 풍구의 先端부근은 특히 고온이기 때문에 끝(先端)으로부터 200~300mm까지는 비교적 빨리 내화물의 침식이 진행된다. 300~400mm가 되면 완만해지고 400mm 이상이 되면 거의 침식되지 않는다. 한편 風口面보다 아래의 爐殼(Shell)은 상부 노각보다 200mm정도 직경이 크게 되어 있고, 부분적으로 水冷되고 있으므로 내화물에 대한 냉각효과도 생기게 된다.

라이닝레스 큐포라는 水冷의 노각으로 爐體를 유지시키는데 이를 위해서는 다량의 물을 흘리고 있다. 돌출이 큰 풍구의 경우에는 거의 노각에 얹혀서 바람(blast)이 올라가지 않으므로 이곳에서의 열손실이 적고 용해효율이 높은 조업이 이루어진다. 노각을 따라서 바람이 올라가지 않으므로 스칼(Skull)이 부착할 염려도 없다. 그리고 노각의 극단적인 국부가열이 없으므로 노각강판의 수명이 길어서 GHW 큐포라로서는 10년 이내에 노각을 교환한 예가 없다.

풍구돌출의 이점은 이외에도 또 있다. 노내에 깊이 돌출하여 있으므로 송풍속도를 크게 하지 않더라도 노의 중심까지 바람이 다다른다. 즉 고압송풍기가 불필요하게 된다.

또 풍구의 갯수를 줄일 수 있다. 예를들면 6t/h 爐에서 세개, 10t/h 로에서 4개, 15~25t/h 로에서 다섯개, 30~45t/h 로에서 6개면 된다. 이것으로도 바람이 닿지 않는 死角地帶는 안생긴다. 보통의 큐포라에서는 풍구의 돌출은 많아야 200~250mm이다. 이것으로는, 내화물의 침식을 억누를 수 없고, 냉각수로의 열손실이 크고, 노각에 스칼이 부착하여 노각의 수명이 짧아지고(3~4년), 송풍속도를 높이기 위해서 3,000~4,000mm Aq의 고압 송풍기가 필요한 것등을 피할수 없다.

다만, 풍구의 돌출을 크게 하기 위해서는 鑄造風口로써는 역시 無理이고 용접구조의 高速水流의 風口가 필요하다. 최신의 高速水流의 風口에서는 先端部の 冷却水流速은 15m/sec에 달하여 냉각효과가 큰 까닭에 거의 손상되는 일이 없다. 이를 이용하여 GHW의 드라이 바텀 큐포라는 용해속도의 큰 변경에도 대처할 수 있게 되어 있다. 예를들며 건설當初의 2~3년은 8~10t/h의 조업이면 적당하고 그 후는 20t/h의 조업을 하고 싶다는 것과 같은 경우이다. 실제로는 이와같은 요청이 꽤 많다. 이러한 경우 GHW에서는 처음부터 큐포라 노체를 20t/h의 것으로 하여 두고, 처음의 2~3년은 8~10t/h용의 직경이 작고 돌출이 매우 큰 풍구를 쓴다. 그런후에 20t/h용의 풍구로 교환한다. 즉 풍구를 두 종류가지고서 어느 출선속도로나 경제적으로 조업할 수 있도록 한다.

### 10. 熱精算

구리모토철공소의 40t/h 드라이 바텀 큐포라의 열정산도를 그림 3에 보인다. 排가스의 열회수는, 송풍에 열외에 폐열보이라에서 2차회수를 행하고 있다.

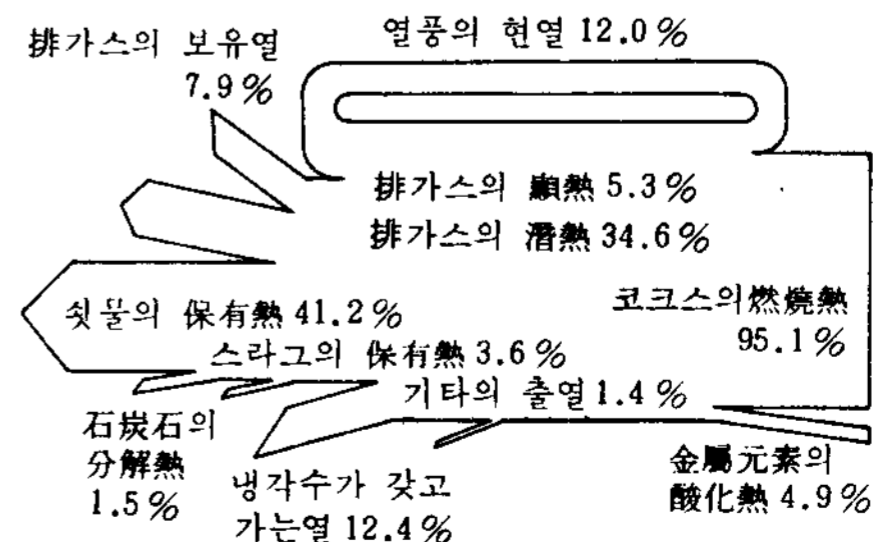


그림 3 40t/h 드라이 바텀 큐포라의 열정산도 (500℃ 열풍)