

Clinker Cooler에서의 Water Jacket에 對한 小考

雙龍洋灰工業株式會社

雙龍工場長

金 宗 洽

1. 서 론

키른에서 소성된 크링카는 보통 1400~1500°C의 고온으로 용착성이 강하여 쿨러 낙구부에서는 흔히 퇴적하여 용착된다. 종래 크링카 낙구부는 내화연와를 경사로 쌓아 grate plate상에 대피 크링카가 떨어져 그 기계적 충격에 의하여 grate plate가 파손되지 않는 모양을 생각하여 왔다. 그러나 고온 크링카가 떨어지는 부분의 내화연와는 크링카와 거의 같은 온도로 상승하여 크링카가 부착되기 쉽게 된다.

크링카 쿨러에서의 coating에 의한 제반 위험을 방지 하기위하여 특수연와로 dead plate를 형성시키거나 경사된 연와부근의 중간에 격자를 설치하여 냉풍을 취입하는 방법도 있으나 2차공기의 온도를 저하 시키는등 그 효과가 크지 못하였다. 이와같은 제반 문제점을 제거할 수 있는 water jacket가 개발되어 당공장에서 사용중인바 이에 대한 문제점을 검토 하고자 한다.

2. 쌍용공장에서 사용중인 Water jacket의 Specification

width.....200mm
depth.....100mm
length.....2,300mm
slope.....50°
냉각수사용량.....약 55t/h
1*基당개수.....9 sets

3. 주요 결합사항에 대한 검토

① 열전도의 악화

jacket 표면의 열전도가 불량하면 내표면과 외표면간의 온도차에 의하여 crack가 발생하므로 심각한 문제를 일으킨다. 그러므로 표면은 매끄럽고, 열전도가 좋으며, 내마모성이며 내열성인 것이면 가장 이상적이라 하겠다.

① 재질 및 온도의 영향

통상 내마모성 재료는 Mn성분의 함유량이 많다. 이것은 1%정도에서는 열전도는 보통이나 1%이상되면 열전도는 약 $\frac{1}{3}$ 로 급격히 저하된다

강판의 경우 Mn의 성분은 1%이하이다. 또 내열성을 좋게 하기 위하여 Cr 및 Ni의 stainless 강이 사용되거나 Cr-Ni의 alloy는 열전도가 극히 감소하여 강판의 약 $\frac{1}{3}$ 까지 저하된다.

② 침전물에 의한 영향

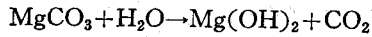
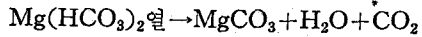
급수와 함께 관에 공급되는 불순물은 물의 증발에 따라 농축되어 용해도가 포화상태로 되어 석출, 침전되어 침전물로서 관석을 이룬다. 또 불순물 상호반응으로 석출되는 경우도 있다.

CaCO₃의 물에 대한 용해도는 극히 적으므로 (25°C에서 100g의 물에 1.4×10⁻³g이용해)이 형태로 되는 양은 많지 않다.

보통 중탄산염의 형태로 물에 용해되어 열에 의하여 쉽게 분해되어 CaCO₃를 석출 침전시킨다.



MgCO₃(18°C에서 100g의 물에 9.4mg 용해)도 CaCO₃와 같은 모양으로 중탄산염과 같이 물에 용해되어 있어서 열에 의하여 탄산염 또는 수산화물로 되어 연질의 관석을 이룬다.



당공장 공업용수에 대한 실험결과 냉각수를 급가열시 70°C에서 침전이 일어났으며 서서히 가열 시킬 경우 50°C에서 침전현상이 일어났다. 그러므로 물의 온도가 50°C이하에서는 침전이 없으나 실제 jacket면에 접한 부분은 고온이 예상 되므로 소량의 침전이 생기는 것은 불가피하다고 볼 수 있다.

③ 비등의 영향

Partridge의 이론에 의하면 증발면에 용해 gas 포 또는 증기포가 형성되면 그림 1과 같이 증발면 위에 기포, 물, 관벽의 기체, 액체, 고체의 삼상이 동시에 존재하는 환상선이 생긴다. 이 환상선에 아주 작은 결정이 발달한다. 이것은 기포의 열전도율이 물에 비하여 아주 작은 까닭에 기포와 접촉한 증발면 A, B,는 급격히 가열되어 A, B,내의 물은 급격한 온도 상승에 따라서 증발작용이 일어나 용해도가 낮은(고온에서) 염류는 즉시 과포화상태가 되어 결정을 이루며 기포가 이탈된 후에도 침전물이 재용해도 보다 큰 경우는 결정물을 석출하고, 따라서 얇은 관석이 증발면에 형성된다. 고온 용해도가 증가하는 염류에서도 A, B,내의 온도가 높아져서 용해도는 증가하지만 동시에 이 부근의 물의 증발도 극심하므로 즉시 용해 한도에 도달하여 결정을 석출한다.

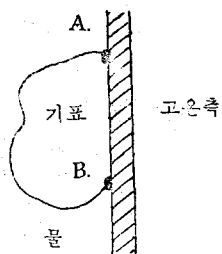


그림 1

④ 관석 및 침전물이 관에 미치는 영향

관석 및 침전물은 열전도율이 극히 낮기 때문에 관관을 팽창시켜 심지어 파열 시키는 경우도 있다.

관석의 열전도율을 정확히 측정하는 것은 불가능 하나 탄산염을 주성분으로 하는 것은 0.4 ~ 0.6 kcal/mh°C 밖에 되지 않는다.

표 1. 관석의 열전도율

물 질	열전도율 kcal/mh°C
유 산 칼 시 음	0.5—2.0
규 산 염 류	0.2—0.4
탄 산 염 류	0.4—0.6

(2) Jacket 표면의 마모

표면의 마모는 주로 하부 모서리 부분에서 발달하여 극심하게 나타난다.

이에 대한 원인은,

침전물 또는 재질에 의한 열전도의 불량,

크링카 sliding에 의한 마모의 두가지로 대별할 수 있다.

실제 운전결과에 의하면 약 2개월 사용후의 마모상태를 볼때 약 20cm가 15mm의 마모를 보였다. 표피를 제거한 결과 scale이 마모 부분까지 완전히 차 있어 냉각수가 유통되지 않고 있었다.

① 재질상의 문제

열전도의 고찰에서 본 바와 같이 내마모성 재질은 대부분 열전도가 나쁘기 때문에 재질상의 변경으로 마모를 방지 하기는 대단히 어렵다.

② 기술적 고찰

(i) 표면보강

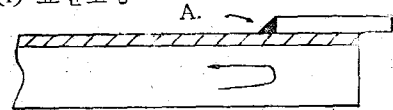


그림 2

“A”부분의 용접부분이 평탄 하지 못하므로 coating의 원인이 될 수 있으며 돌출부로 인한 마모가 빨라 효과가 없었으며 파열로 응용 되었다.

(ii) 표면연장

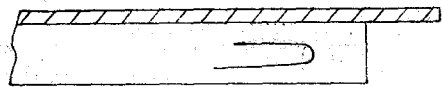


그림 3

표면 자체는 평활하나 파열로 녹아 버렸다.
(iii) 내측보강

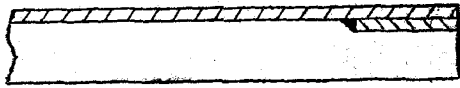


그림 4

역시 표면은 평활하나 접촉불량 및 판두께의 증가로 열전도가 나빠진다.

(iv) Castable 보강

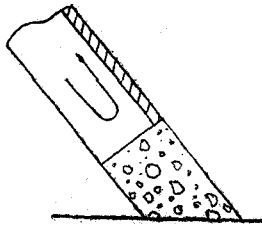


그림 5

jacket 후부에 판면과 평행하게 castable을 충전하여 그림 5와 같이 연장한다.

castable의 수명은 4~6개월 정도 이므로 이 방법이 가장 좋다고 본다.

(v) 내부 파이프 연장

급수관을 jacket 내부까지 연장 하지 않을 경우 저온의 물이 하부까지 완전히 섞이지 않고 그대로 방출되는 양이 많으므로 침전물을 고려하여 되도록 하부까지 연장하는 것이 유리 하다.

(3) 표판의 두께 및 열팽창

열유동상태 계산에 의한 냉각수의 사용량과 이에 대한 표판의 두께를 정한다. 우선 2차공기의 온도를 정확히 측정하기 곤란하므로 jacket내에 공급된 물의 양과 온도차에 의하여 heattransfer coefficient를 구하고, 2차공기의 온도를 가정하여 열전달 상태의 타당성 여부를 검토한다.

① 조건

냉각수량.....64t/h

급수온도.....9.5°C

배수온도.....26°C

오차공기온도.....700°C(가정)

② 열전달 상태

주어진 조건에 의한 열전달 계산결과는 그림 6과 같다.

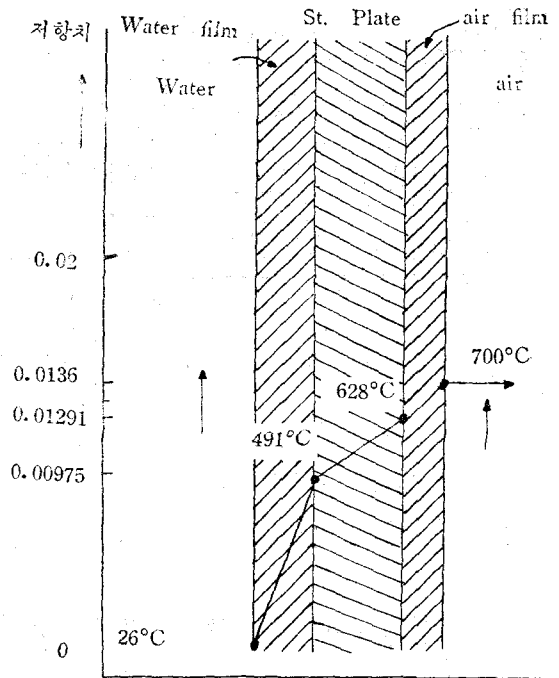


그림 6

2차공기의 온도를 650°C로 가정하면 저항치 R total $\langle R_1 + R_2 + \dots \rangle$ 로 되어 모순이며 실제의 2차공기 온도는 700°C이하로 예상되나 크링카의 낙하로 인한 air film의 파괴 및 크링카의 radiation heat에 의하여 jacket 표판부근의 온도는 좀더 높아 질것으로 보인다.

일반적으로 철의 변태온도는 723°C이므로 표판온도의 사용한계를 700°C로 본다면 냉각수량 및 온도차의 조건에 따라 표판의 두께를 결정지을 수 있다.

하절기의 냉각수 입구온도를 25°C, 동절기의 온도를 4°C로 하고 출구온도의 상한을 50°C로 한다면 필요 냉각수량은 30t/h 및 50t/h의 물이 있어야 한다. 이때의 표판의 두께는 22~25mm가 가장 적당하다고 본다.

이상에서 기술한바와 같이 Kiln outlet에서 떨어진 Clinker의 Cooler에서의 처리문제는 여러가지로 Clinker生産에 미치는 영향이 크나 아직 이에 대하여 상세히 검토된 Data를 발견할 수가 없으며 독일 일본 등지에서도 내화연와 에어 피스톤 장치 위타 자켓등 여러가지 방법을 적용하고 있는 실정이다. 여기서도 쌍용의 현장에서 경험한 바를 개략적으로 정리한 정도이며 앞으로 이에 대한 전문적인 기술 검토가 필요하다.