

# 동해 1호 Cooler Red River 방지를 통한 G.P 수명 향상

박 영 학  
〈쌍용양회공업(주) 동해공장〉

## I. 서 론

#1 cooler는 1992년 NSP 당시 CPAG社에서 설치한 Cooler로서 시운전시부터 고질적인 문제로 대두되어 온 red river에 의한 G.P 용손, cooler 효율저하 등으로 #1 kiln 가동을 향상의 가장 큰 장애요인이 되고 있음.

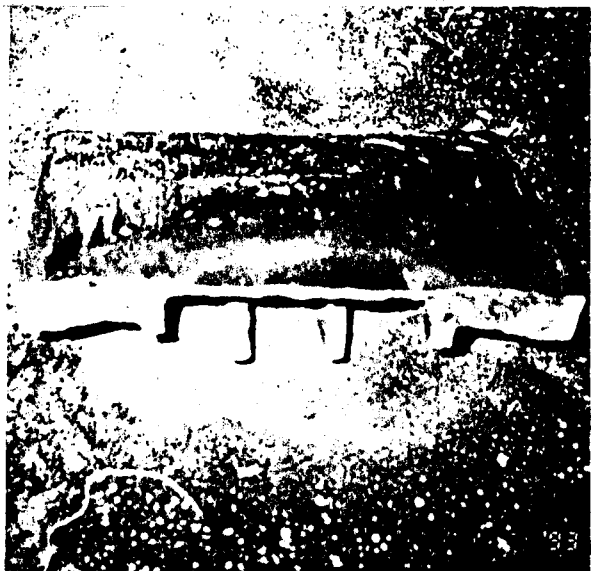
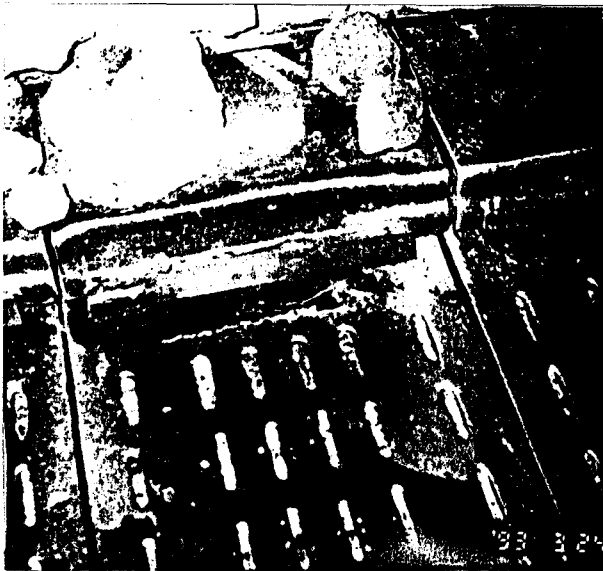
Red river 방지를 위한 G.P의 lay-out 변경, mulden plate로의 개조 등 수차례에 걸친 개선을 Maker인 CPAG社에서 시도해 왔으나 red river는 계속 상존, 당사 자체로 현 cooler red river의 원인을 정확히 규명, 대책을 실시하여 #1 NSP kiln의 최적 공정안정화 및 kiln 가동을 향상의 토대를 마련함.

## II. 목 적

- Red river 방지를 통한 G.P 수명 향상 : 년 평균 1.5개월→6.0개월
- 주변 비산분진 zero화
- 당사 고유기술능력 향상

## III. 설비 Spec'

- Maker : CPAG (독일) mulden plate system
- System : 1실 = mulden plate 6 raw  
2실 이후 = 일반 plate
- Spec' : 7,600T/D×4단 drive×14 chamber



〈Fig. 1〉 Cooler Grate Plate 손상사진

### IV. Cooler history 조사

#### 1. Cooler G.P 배열변경, 개조 history

구 분	주요 개 조 내 용	운 전 현 황				운 전 결 과
		Clinker 출구온도	E. P배기 gas온도	Roller crusher 온도	G. P수명 (개월)	
제 1 차 G. P lay-out 변경 (6회) '92. 7/23~ '94. 3/25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동, 서측 side red river 극심으로 fine C/K 혼합효율 향상 측면 개조</li> <li>• 양 side에 dam을 6회에 걸쳐서 변경설치</li> </ul>	150~180	250~380	180~210	1.2~2.0 G.P 용손 kiln 운휴 8회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MFC 압력불균일로 cooler 압력변화 극심</li> <li>• Red river 상존</li> <li>• Kiln 운휴시마다 G. P 교체</li> </ul>
제 2 차  1실 Mulden plate 설치 (7회개조) '94. 4/4~ '95. 9/25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPAG 추천 mulden plate 개조</li> <li>-1실 1~5열 : fixed</li> <li>-1실 6열 : moving</li> <li>-M1~M3 3개 cooling fan 교체 및 각 mulden/P별 air duct 설치, cooling</li> <li>• 1~11실 양 side에 dam 설치 7회 변경, 개조</li> </ul>	140~180	230~310	170~200	1.0~1.5 G.P 용손 kiln 운휴 10회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MFC 압력 &amp; 공정안정화</li> <li>• Red river 상태가 1차보다 더욱 악화</li> <li>• Snowman 형성 촉진</li> </ul>
제 3 차 Moving 열에 fix aeration G. P 설치 (4회개조) '95. 10/4~ '96. 3/31	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양 side의 moving열에 hole이 설치된 fixed aeration G. P 설치</li> <li>• Fine clinker retention time 증가 및 입도 segregation 감소 목적</li> <li>• 4회에 걸친 lay-out 변경</li> </ul>	120~150	200~260	90~120 (동절기)	3.0개월 이상 kiln 운휴 없음	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동쪽 red river 80% 소멸, 불규칙 발생</li> <li>• 서쪽 red river 감소추세 뚜렷</li> <li>-폭 : 1.2→0.5~0.8m</li> <li>-색깔이 매우 약함</li> <li>• P. M시마다 G. P 교체</li> </ul>

주) G. P 수명란의 kiln 운휴횟수는 용손에 의한 kiln stop만 기록

#### 2. #1 Cooler의 근본적인 문제점

##### 1) Cooler 효율 저하

동 해		영 월 3, 5호	비 고
1호	2, 3호		
≒ 57%	≒ 65%	≒ 60%	IKN ≒ 65~70% 수준

- 수송효율 저하에 따른 각 drive speed가 max'에서 운전; 수송효율 0.4 (horizontal cooler 일반수송 효율 : 0.6~0.7)
- Cooler specific load가 45T/D. m<sup>3</sup>으로 높은 수준임; #2 cooler ≒ 30. #3 cooler ≒ 30T/D. m<sup>3</sup>
- NSP kiln 특성상 clinker segregation이 극심; roller crusher 전단(11실) : 10mm under ≒ 40%, 5mm under ≒ 30%
- Cooler 천정부 높이가 2.27m로 매우 낮아 내화물 수명에 최악 상황; #2 cooler : 4.2mH, #3 cooler : 5.1mH

### V. 3차 개조후 문제점 분석

#### 1. 3차 개조배경

문 제 점	개선방향의 approach
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clinker segregation 극심에 따라 fine C/K가 서쪽에 편중되면서</li> <li>• 서쪽의 red river가 3단 끝부분까지 상존</li> <li>• 이에 따른 side부 G. P 수명이 약 1.5개월 수준으로 계속적 cooler trouble 야기</li> <li>• Roller crusher 온도 및 cooler 입구온도 상승에 따른 설비의 stress를 가중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coarse &amp; fine clinker의 mixing 효율 향상</li> <li>• Fine side측 clinker의 retention time을 증대시켜 red river 방지</li> <li>• 각 chamber에서 cooling air의 고른 분포를 유도하는 방향으로 개조안 검토</li> </ul>

2. 개조내용 (moving열에 fixed aeration G.P 설치) : 자체개조→G.P 형상개조 및 G.P 배 열변경

구분	Blind G.P	Fixed aeration G.P
형상		
개공률	0%	3.0%
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 두께 : 10t</li> <li>• G.P상부 cast'시공</li> <li>• 재질 : SCH-23</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 두께 : 14t</li> <li>• Blind G.P에 air hole 설치</li> <li>• 재질 : SCH-23</li> </ul>

3. 3차 개조결과 및 문제점

[개조 결과]

- Clinker bed shape는 상당히 flat한 상태로 변화
- Red river의 현저한 감소 :
  - 동쪽 red river 없어짐
  - 서쪽 red river 감소 : 폭 1.5m→0.5mW
- G.P 수명 : 약 1.5개월→3개월

[문제점]

- Red river 불규칙 발생
- Kiln 운휴시 서쪽 side G.P 관찰결과 미세 crack 발생이 관찰되는 것으로 보아 3개월 수명연장 기대난이
- 서쪽 side측 red river 발생시 조치방법이 없음 : Control 불가
- Clinker red river 판단 point(기준)가 없음.

VI. 대책수립 및 실시

1. 검토방향

- 1) CPAG 추천안인 fine side측 국부 냉각 및 retention time 증대를 위한 mulden plate type의 box 설치 검토
- 2) 별도 cooling fan 사용 검토
- 3) Red river를 판단할 수 있는 roller crusher 후단부에 pyrometer 설치 추진

2. 최적 Mulden Box 선정 검토 : Case 2로 결정

[Case 1]

- Fine side측에 mulden box & cooling fan 3기 설치
- 개별 fan 설치로 control 용이
- Cooling 측면에서는 타 case보다 우수
- Cooling fan 설치 space 부족

[Case 2]

- Fine side측에 mulden box 3기 및 cooling fan 1기 설치 운전
- Air line을 설치 각 duct별 압력 control
- 1대 fan 설치로 좁은 공간에 설치하기가 유리함

[Case 3]

- Fine side측 2기, coarse측 1기의 mulden box 설치하고 각 box별 개별 cooling fan 3대 설치
- 4실에서 clinker 수송능력 저하 예상
- Fan 설치 space 과다

3. 개조 및 운전방안 수립

1) 설치방안

- 주요 설치 설비 :
  - Fan & actuator damper 1 set
  - Keystone damper 3 set
  - 압력계 4ea, 전류계 1ea, damper pos'계 1ea, 유량계 1ea
- 운전방법 : Cooling fan 단독운전

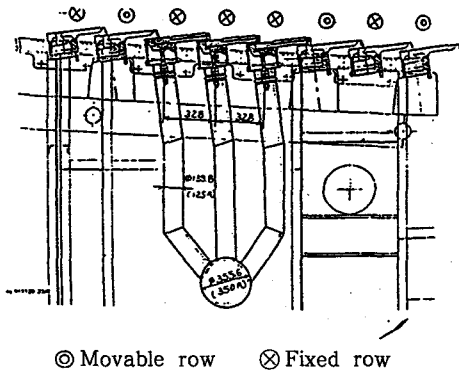
2) 운전방안

- Fine side측 red river 상태를 보면서 #1~3번 box damper 조정, 압력을 맞춘다.
- 초기 운전시는 #1~3번 box를 50% open, NC-451 main damper로 조정
- 정상 운전시 red river가 집중된 곳으로 서서히 open 하면서 조정

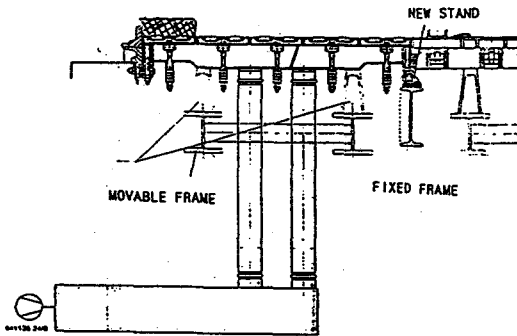
3) 기 타

- Fan 입구 piezo meter 설치, 유량 setting 운전

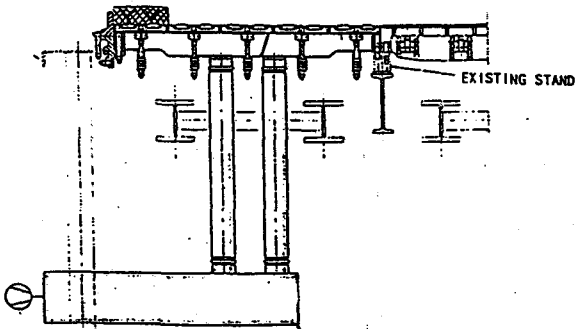
- Keystone damper actuator 설치
- Cooler temp' scanner 설치 운전



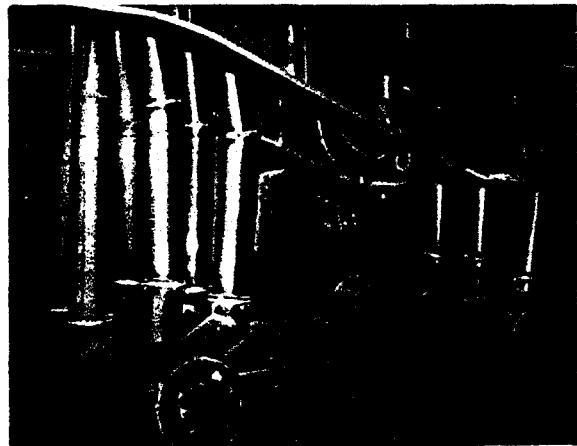
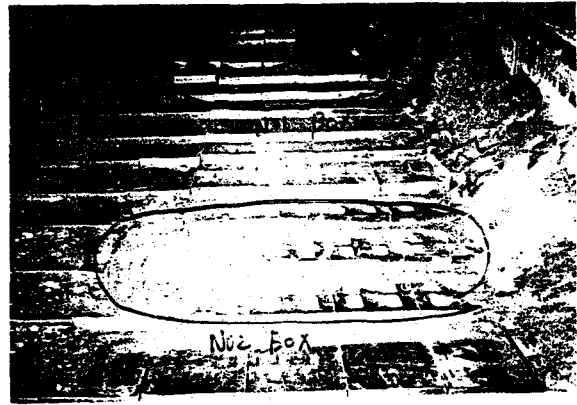
〈Movable row〉  
: Moving → Fixing



〈Fixed row〉



〈Fig. 2〉 Mulden Box Air Duct 설치 Lay-out



〈Fig. 3〉 Mulden Box Air Duct 설치 사진

4. Mulden box 설치후 운전현황

(1) Red river 곡선 변경

- Fine side red river 완료지점 길이 변화 : 7 실끝 → 4실끝 부위로 단축

- Fine side red river 완료지점 폭 변화 : 0.7 ~ 1.0mW → 0.5mW 이하

(2) Fine clinker retention time 증대

Mulden box 설치후 3~4실측에서 fine clinker의 국부 냉각 및 retention time 증대로

red river 억제효과가 뚜렷하며, air turbulence에 의한 clinker 색깔이 매우 약화  
 (3) 균일한 clinker bed 유지  
 Mulden box의 설치로 인한 fine clinker가 중앙 및 동쪽으로 흘러가면서 bed shape가 중앙으로 이동, 상당히 균일한 clinker bed 유지

(4) 정상운전중 red river 소멸  
 3단 끝까지 발생되던 red river는 없어짐. 그러나 공정불안정시 가끔 발생  
 (5) 3단 후단부에 설치한 clinker red river 감시용 pyrometer는 사용중 파손으로 효과파악 미실시

5. Cooling air volume 최적운전조건 선정

구분	유량	최적운전방안 검토(사유)	
Cooling air volume (m³/Hr)	M1	18,000	• Over heating에 의한 낙출 clinker의 snowman 형성 방지를 위하여 full open 운전
	M2	28,000	
	M3	8,500	• Snowman은 cooling air의 균일분포를 방해, 냉각불량 및 red river 형성 촉진
	2 실	60,000	
	3 실	60,000	• 개조된 대비 유량 20,000m³/Hr 감소운전
	4 실	100,000	
	5 실	55,000	• Air량 증가시 sand blaster 현상에 의한 leak air 발생 및 3차공기 온도 저하
	Mulden Box	30% 이하 운전	
1~14실 Total	700,000~730,000	• 30% 이상시 fine clinker의 retention time이 짧아 red river 발생 • Red river 발생시 damper close 방향으로 운전 Air 원단위 2Nm³/kg-cli' 이하 유지 : 현 2.04	
Cooler 2실 압력(mmAq)	650(auto)	압력 700mmAq 이상시 red river 발생	
Red river 발생시 판단 기준 및 조치방안 (Roller crusher 온도기준)	140°C이상이면 red river 발생으로 판단, 현장점검 실시	• 상관계수 : 0.91 • Red river 발생시 조치방안 - #2~3단 speed를 조정, retention time 증대 1~2 Str'/min down - Mulden box fan damper 조정 30→20% close 운전	

Ⅶ. 효과파악

1. 개조 전·후 운전 data 비교

항목	개조전 (3차) Fixed aeration G.P (A)	개조후 (4차) Mulden box 설치 (B)	대비 (B-A)	비고
3차 공기 온도(°C)	730~780	730~780	-	개조전 : 동절기 (95.12) 개조후 : 하절기 (96.7)
Clinker 온도(°C)	120~150	125	↓ 25	
Roller crusher 온도(°C)	120~150 (90~120)	120~130	↓ 20	
Cooler E.P 온도(°C)	230~290 (200~260)	200~250	↓ 30~40	※ 대기온도차 30°C 고려
1단 drive (Str/min)	22~25		-	
G.P 용손 고장 횟수	0 (PM시마다 교체)	0	-	※ Red river 약 90%
G.P 수명(개월)	3.0개월	6개월 이상	↑ 3개월	수준으로 감소

( )내 data는 동절기 온도

2. 고장감소 및 clinker 생산 loss 저감

구 분	'95년도	'96년도	대 비	비 고
G.P 탈락 kiln 유회횟수(회/년)	6:10	1	↓ 9	☞ C/K 한계이익 5억8천
G.P 탈락 kiln 유회횟수(Hr/년)	123 : 45	3 : 50	↓ 119 : 55	
Clinker 생산 loss	40,200	1,300	↑ 38,900	

3. #1 NSP Kiln 증대고장 소멸로 long run 토대 마련

☞ #1 NSP kiln의 4대고장 소멸

NO	고 장 명	'95년 유회시간 기여율(%)	개 선 내 용	개 선 효 과	실시완료
1	MFC 공정불안정에 의한 cyclone 적분	23.2	-Chamber 분할 -Fan 용량 증대	Cyclone 적분 50→4회	'95년
2	Kiln outlet segment 연와 탈락	21.6	Segment 재질 및 형상변경	내화물 수명 3개월→6개월	"
3	Cooler red river에 의한 G.P 용손	17.0	-Fixed aeration G.P -Mulden box	G.P 수명 1개월→6개월	'96년
4	Cooler 1단 천정 arch 내하물 수명 저하	16.6	-Self leveling 재 -일체식 시공	내화물 수명 3개월→6개월	"
Total		78.4			

Ⅷ. 결론 및 향후 계획

1. 결 론

- 가) Red river는 약 98% 수준으로 소멸됨에 따른 kiln G.P 수명을 6개월 이상 기대
- 나) 이에 따른 #1 NSP kiln의 long run 토대 마련
- 다) 그러나 red river가 공정불안정시 불규칙적으로 가끔 발생하는 것에 대한 향후대책이 필요

라) Red river 감시를 위한 clinker scanner 설치 시급 요구됨

2. Red river 잔재에 대처하기 위한 향후 계획

☞ 발생 형태

- Kiln 공정이 안정상태에서는 red river가 발생치 않는다.
- Kiln 공정이 비정상적일 때 red river가 가끔 발생한다.

구분	발 생 유 형	Red river 발생 mechanism	운전(해결) 방안
공정	Cooler로 떨어지는 C/K에 snowball이 있을 때	- Coating & snowball 주위로 air가 leakage되어 G.P의 균일한 air 분포를 방해	- Shell cooling fan 이용 coating 균일화
	Coating이 나출, cooler를 통과할 때	- Coating & snowball 주변 clinker 냉각불량 초래	- Long flam 유도 - Retention time 증대를 위한 mulden box 추가 설치 검토
영향	Cooler 2실 압력이 700mmAq 이상 상승시	• Bed 높이 : 700mmAq×1.5=1,050mmAq • #1 cooler spec' load가 너무 높다 -45 T/D.m³(40 이하 적정) -Bed가 높을수록 냉각 불량	Bed 압력 650mmAq 이하 유지
	MFC 압력이 불균일하여 cooler bed가 높을 때	• MFC 압력불안정 : clinker bed 불균일 초래	MFC 수동 damper 조정 MFC 내부 coating 제거, 압력 균일화