

석회석 입도 향상에 의한 원가절감

이 중 회

<쌍용양회>

1. 서 언

현재 시멘트 산업은 연료와 철강재 비용 상승, 환경 여건 악화 등 대내,외적으로 많은 어려움을 겪고 있을 뿐만 아니라 저가 시멘트 공급에 따른 단가 인상 한계에 부딪혀 생존까지 위협받고 있는 것이 현실입니다. 이러한 어려움을 극복하기 위하여 각사마다 생산 원가를 줄이고 환경 여건을 개선하기 위하여 끊임없이 노력하고 있는 가운데, 원가 절감 노력 사례로서 광산 석회석 입도 개선을 통하여 Raw mill 단위생산성 향상과 전력원단위 절감을 추진한 사례를 소개하고자 합니다.

당사에서는 석회석 입도 개선을 위하여 지속적으로 노력해 왔으나 그 동안 당사 광산의 열악한 환경 조건으로 입도가 더 이상 개선되지 않고 오히려 더 악화되어 각종 설비 조기 열화와 적분, Raw mill 단위생산량 저하 등 여러 문제들이 수년간 반복되면서 원가 상승의 원인이 되어 왔습니다. 따라서 이러한 문제 해결을 위하여 석회석 입도 개선 TFT 활동을 추진한 결과, 아래 표와 같이 석회석 입도를 크게 개선하게 되었고 아울러 원가절감에 기여하게 됨.

1.1 T.F.T 활동 추진 내용

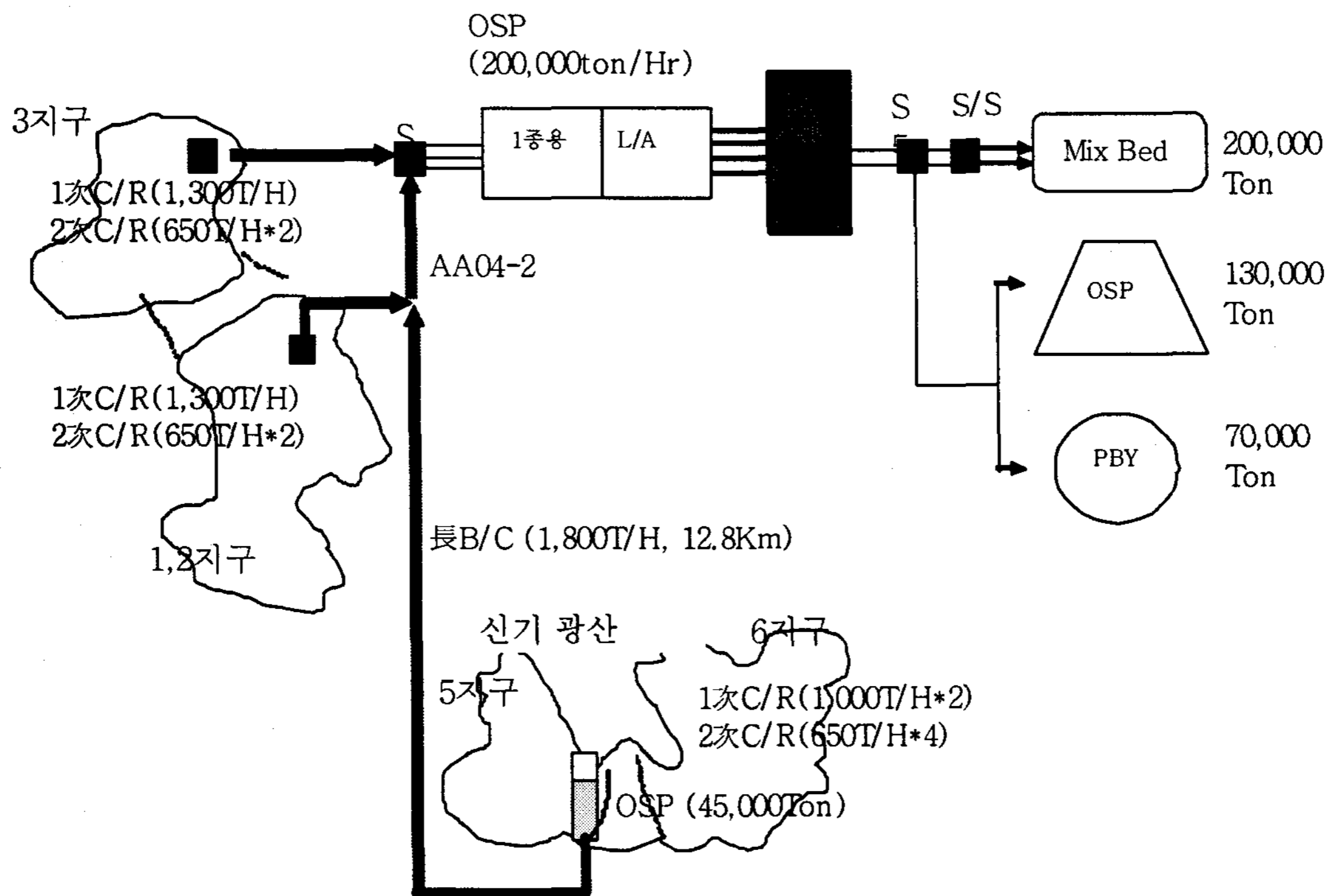
구분	1차 활동 : 현상 파악 (2006.03.01 ~ 08.31)	2차 활동 : 대책 수립/시행 (2006.9.1 ~ 2007.3.31)
2차 Crusher	<ul style="list-style-type: none"> ● 입도: 80 mm Over size 22% 초과 (기준10% 이하) ● Hopper 구조 문제로 생산량 저하 	<ul style="list-style-type: none"> ● Hopper 내부 유도 Chute설치를 통한 구조 문제 해결 및 입도, 생산량 부문 개선
3차 Crusher	<ul style="list-style-type: none"> ● 입도: 25 mm Over size 35% 초과 (목표 20% 이하) ● C/R 설비 열화로 누유 및 Cone down 빈번(1회/day) ● Crusher feeding 석회석 Size over 및 철광석성분 초과로 과부하 발생 ● Screen hole size 설계 불합리 	<ul style="list-style-type: none"> ● 충격 흡수 Line 보완 ● Relief valve 개선 ● Screen size 개선 ● C/R Gap 관리 표준화 ● 기타 설비 점검/교체기준 보완

1.2 T.F.T 활동 추진 결과

구분	석회석 생산 기준 Size	Over size 비율(%)			비고
		개선전	개선후	차이	
2차 Crusher	80 mm	22 %	8 %	↓ 14 %	
3차 Crusher	25 mm	35 %	18 %	↓ 17 %	
Raw mill 단위생산량(ton/Hr)		230	246	↑ 16	과거 '00년~'05년 6개년 평균 대비
전력비(백만원/년)		-	820	↓ 820	"
설비보전비(백만원/년)		-	57	↓ 57	"

2. 현상 및 문제점

2.1 광산 설비 Lay-out



2.2 3차 Crusher 설비 현상과 문제점

항목	현상	원인	대책 수립
Cone-down	* 유압PIPE CRACK다발, 누유 * 각 유압 Valve 조기 열화 * 안전 Relief valve 수시 동작	설계 강도보다 더 큰 부하 작용 (대석, 철광석 유입 등)	* 부하요인 제거 * 부하 흡수방안 검토
대석 유입	* Feeding size 150 mm (기준 Feeding size 80 mm)	전단 공정인 2차 Crusher 구조문제	2차 Crusher 구조문제 해결
철광석 성분 기준 초과	* 철광석성분 50%초과 석회석 수시 유입→금속검출기 동작 → 정상수송 장애, C/R과부하 (철광석 성분 기준 2%이하)	광산 환경 문제 금속검출기 비정상운영 (정상 운영 불가)	파쇄 충격부하 감소 방안 모색
Screen size	* Screen 통과한 석회석에서 기준 25mm Over size 5% 초과.	Screen hole size 설계 불합리	Screen hole Size 재설계 <고려 사항> - 석회석 생산 SIZE - Vib'feeder 진폭 - Screen 재질특성
	* 편석 발생으로 입도 상승 * Crusher 파쇄 능률 저하 및 편마모로 설비 수명 감소	Crusher 능력 대비 석회석Feeding량 부족	

2.3 석회석 입도 정상화 Master plan

추진 활동	세부 추진 과제	담당자	2006年度												2007年度	
			3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10/15	10/30	11/15	11/30	12/15	12/30	1월
1. 현상 파악 (3/2~6/30)	생산 1) 1,2차 C/R 호기별 입도 Check (각 CR 호기별 측정 방안 검토) 2) 2,3차 C/R 전단 금속 검출기 운영 점검 (감도 기준, 검출 회수 Check 등) 3) 불합리 공정/설비 파악	장영만 대리 이중희 과장 이중희 과장	[현상조사] → [개선/복원]													
	설비 1) 설비별 누유 개소 파악 & 복원 (배관 연결부, C/R 내부, 기타) 2) 호기별 입력 Relief valve 개선/조정 (설정압력, 누유정도, 신뢰성 등) 3) 호기별 ACC GAS압력 & 작동 이상 유무 파악	이중희 과장 이중희 과장 이중희 과장 천영수 반장	[현상조사] → [개선/복원] → [최종지 설정]													
2. 설비 열화 복원 약점 개선 (7/1~11/30)	생산 1) 공정 불합리 개선 (석회석 운영, 공정 설비 개선 안 등) 2) 2,3차 C/R 입도 Check	박상용 차장 장영만 대리 이중희 과장	[현상조사] → [시행]													
	설비 ◎ Cone down 요인 개선 - 설비 약점 및 누유 현상 파악 - 설비 Hoistry & 점검/교체 기준 조사 - 약점 설비 원인/대책 수립 적용 - 기타 Manile & cone cave 불합리	이중희 과장 천영수 반장	[현상조사] → [원인/대책수] → [효과把握]													
3. 설비 개선 2차 보완 System화 (12/1 ~)	생산 ◎ 설비 개선 결과 파악 및 대책 수립 - 설비 운영상태 점검(진동, Amp 등) - 설비 누유, Cone down 현상 등 - 기타 불합리 부문 적출 - 정기적 입도 측정 공유	박상용 차장 장영만 대리	[현상조사] → [원인/대책수]													
	설비 ◎ 2차 보완 대책 수립/적용 - 대석, 철광석 유입 대책 추가 보완 - 설비 운영 문제점 보완	이중희 과장 천영수 반장	[효과把握]													

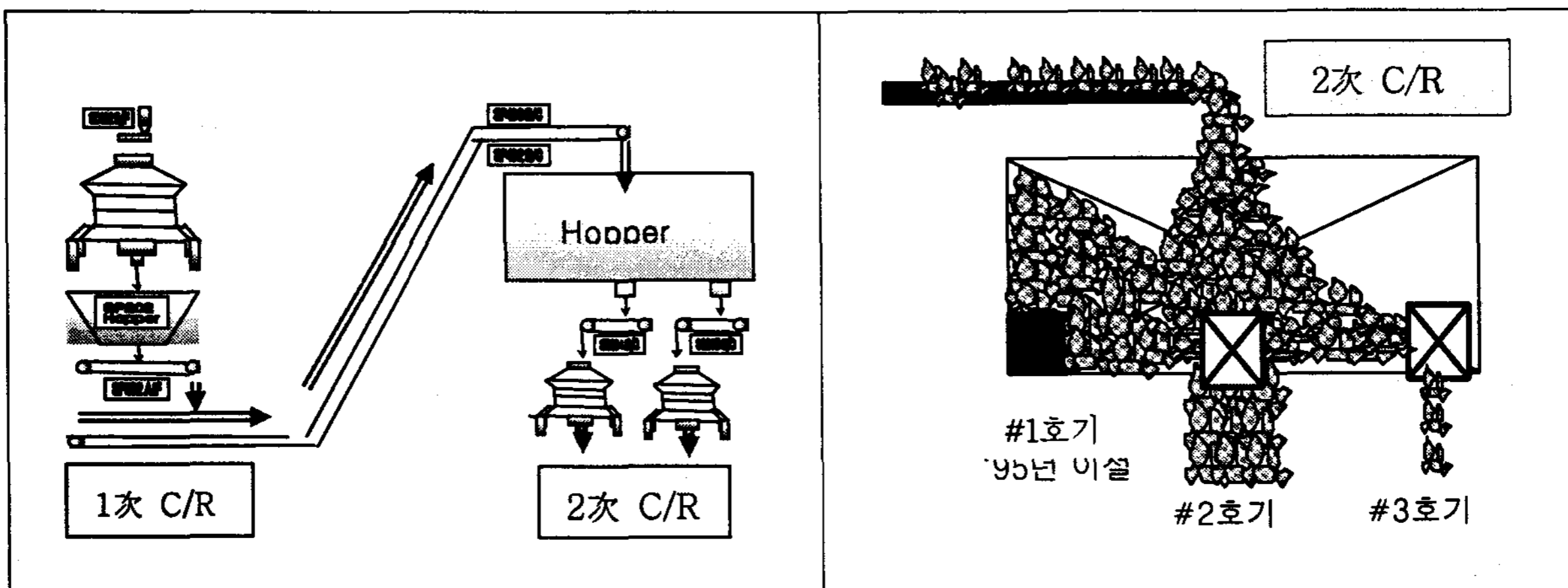
2.4 1,2 차 Crusher 석회석 입도 및 문제점

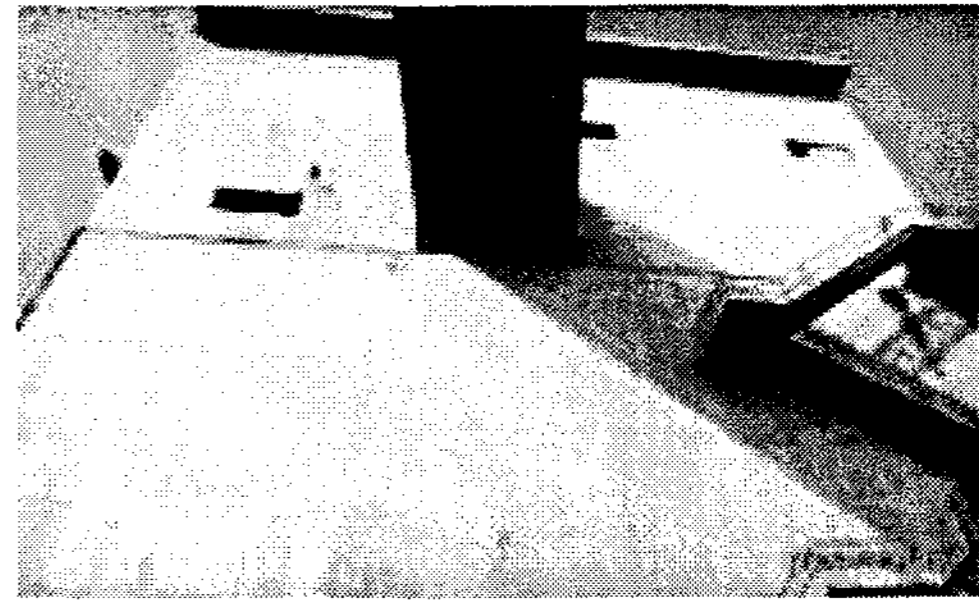
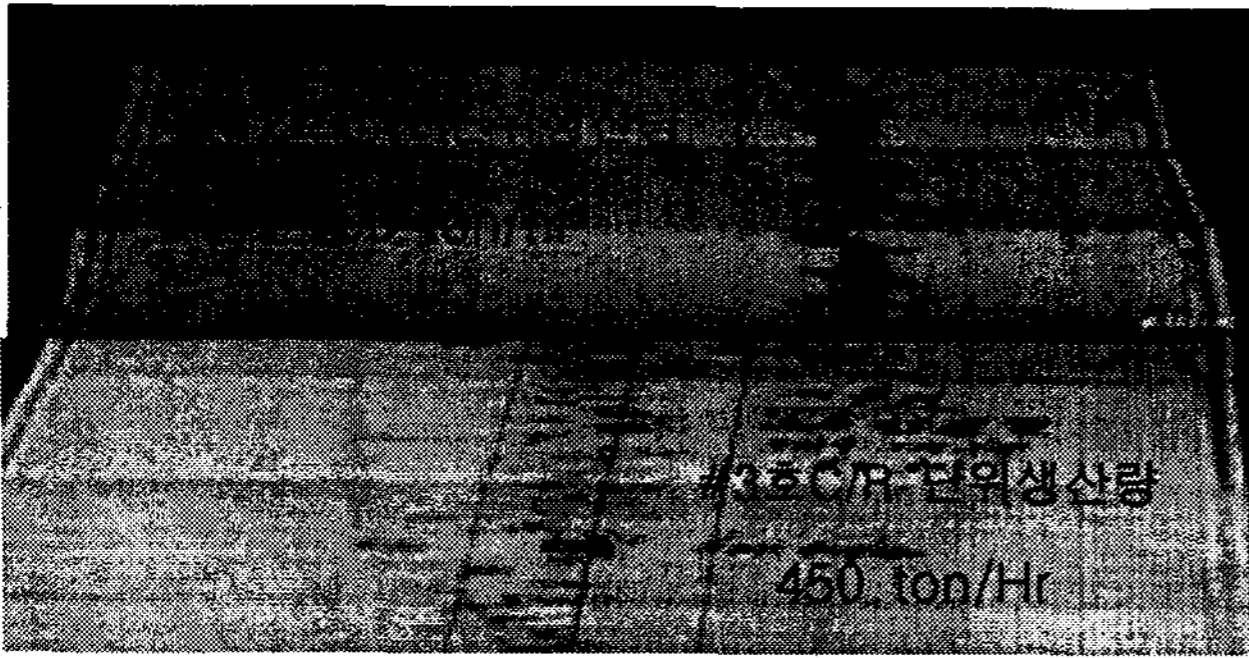
구분	자류별 호별	Test 항목	CR Gap Setting																								
			기본 Setting: 180mm				현재 Setting: 170mm				기통불가: 160mm																
1차 C/R	1차	CR기통불가	Yes	- Yes: 장시간동작능(장력37Amp)								- High Tension 동작가능상점(3-4A)															
			Nb																								
		2차CR입도Test	입도분포	- 2차CR 통과분80mm↑ 25.0%								- 2차CR 통과분80mm↑ 28.1%				- 2차CR 통과분80mm↑ 20.2%											
		설비문란지점&개선사항		- 0상역압음								- CR Amp 상승및우발상/OP유러				- CR진동대(Spider, Jirt Ring etc)											
		운전자문란지점&개선사항		- 1차CR 통과분300mm↑ 편석발생								- 1차CR 통과분300mm↑ 편석3%발생				- 1차CR 통과분300mm↑ 편석0발생											
		생산Cap (Ton/Shift)	- 6200/Shift(06.1-6월실적)								- Cap 5500/Shift(↓700T/S)				- Cap 3,000/Shift(↓3200T/S)												
	3차	CR기통불가	Yes	- Yes: 장시간동작능(장력37Amp)								- High Tension 동작가능상대															
			Nb									- CR Amp : 35~57A															
		설비문란지점&개선사항		- Cap 6000T/Shift(1,200T/H)								- Cap 5900T/Shift(↓100T/S, 1,200T/H)															
		특이사항										- 철광석 호입량대역유안사HH유러				- Test 실시(CR Amp & 진동고려)											
2차 C/R	1차	입도Test	입도분포	CR 80mm↑				80~60mm				60mm↓				CR 80mm↑				80~60mm				60mm↓			
				OX	Kg	%	Kg	%	Kg	%	OX	Kg	%	Kg	%	Kg	%	OX	Kg	%	Kg	%	Kg	%			
		S설정치	60mm	0	92	180	88	22	240	60	0	16	172	14	151	68	67.7										
			55mm	0	40	100	104	26	256	64	0	48	120	100	20	272	68										
			50mm								0	6	82	7	96	60	822										
	설비문란지점		① CR Gap 55mm Setting 입도0%인즉 ▶ CR 2 생산량저하								#2CR 50mm 55mm 60mm 65mm 70mm CR Amp 20-30 15-25 10-20 5-15 0-15 Htp HH 20 79 146 1200 정상																
	3차	입도Test	입도분포	CR 80mm↑				80~60mm				60mm↓				CR 80mm↑				80~60mm				60mm↓			
				OX	Kg	%	Kg	%	Kg	%	OX	Kg	%	Kg	%	Kg	%	OX	Kg	%	Kg	%	Kg	%			
		S설정치	60mm	0	92	230	88	22	240	55	0	80	20	92	230	28	570										
			53mm	0	32	80	12	28	256	64	0	80	7.7	130	125	828	798										
설비문란지점			上同								#2CR 60mm 53mm CR Amp 18 12A 25 18A Htp HH - 7分																

3. 대책 실시

3.1 2차 Crusher 구조 문제 :

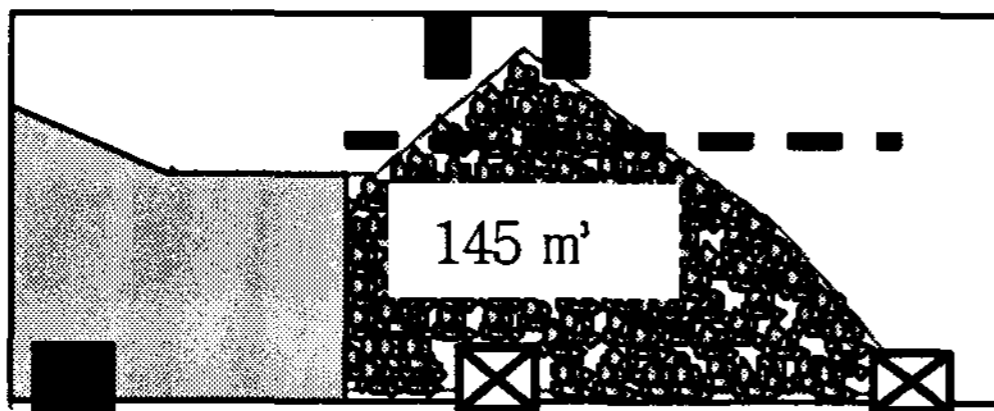
① Hopper 가장자리 Crusher 공회전 ▷ 석회석 Feeding 량 부족



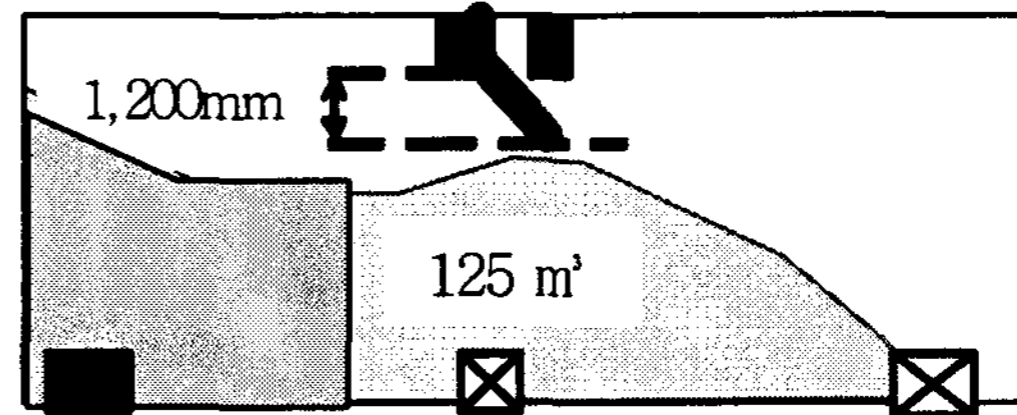


② 2차 Crusher 구조문제 해결 방안 ▷ 유도 Chute 설치

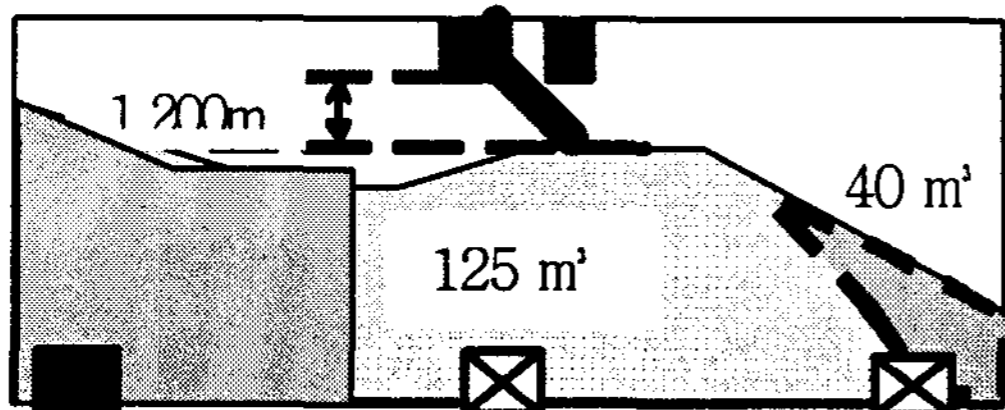
[현재 Hopper 내부 석회석 안식각]



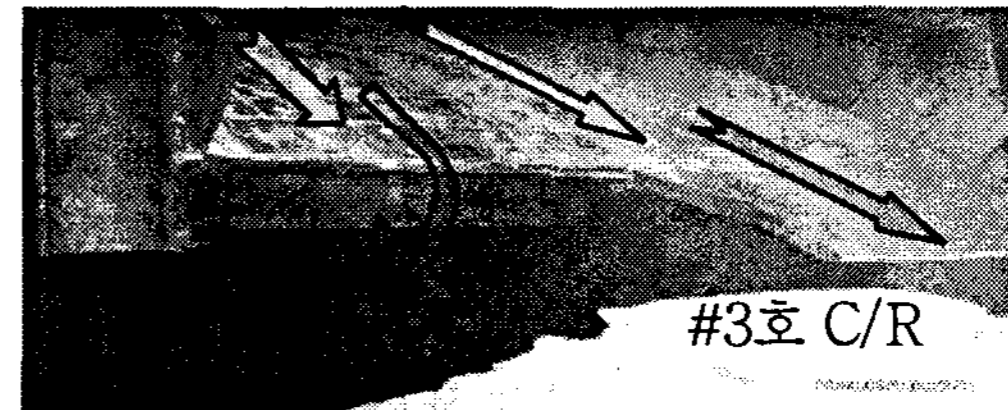
[유도 Chute 설치시 예상 안식각-1안]



[유도Chute 설치시 예상 안식각-2안]



[유도 Chute 설치시 사진]



③ 2차 Crusher 유도 Chute 설치 결과

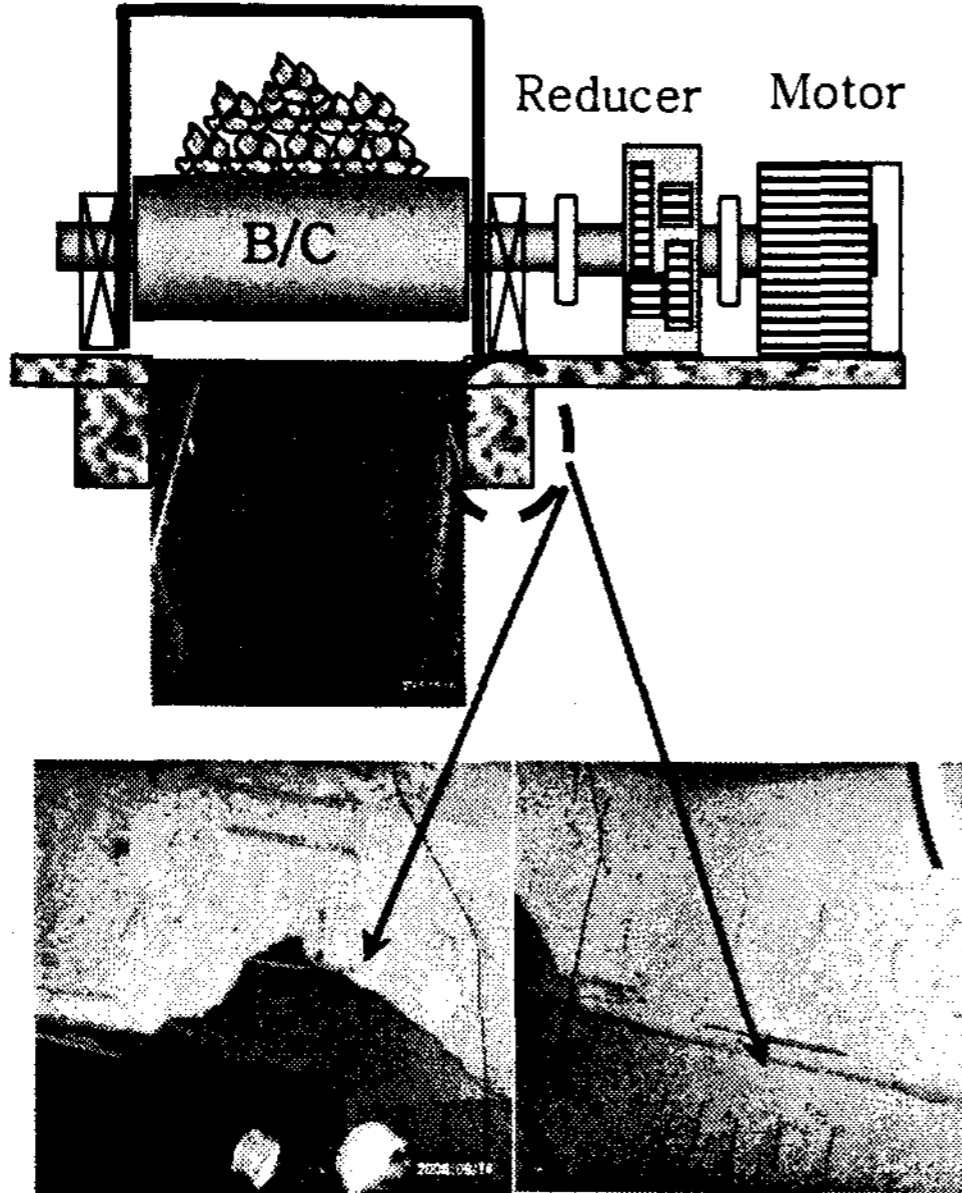
구분	#2 Crusher	#3 Crusher	계	입도 (80mm Over)	비고
설치 전	700 ton/Hr	450 ton/Hr	1,100 ton/Hr	22 %	3차C/R 부하요인 제거
설치 후	650 ton/Hr	650 ton/Hr	1,300 ton/Hr	8 %	
효과	↓ 50 ton/Hr	↑ 200 ton/Hr	↑ 150 ton/Hr	↓ 12 %	

④ 2차 Crusher hopper beam 마모부 개선

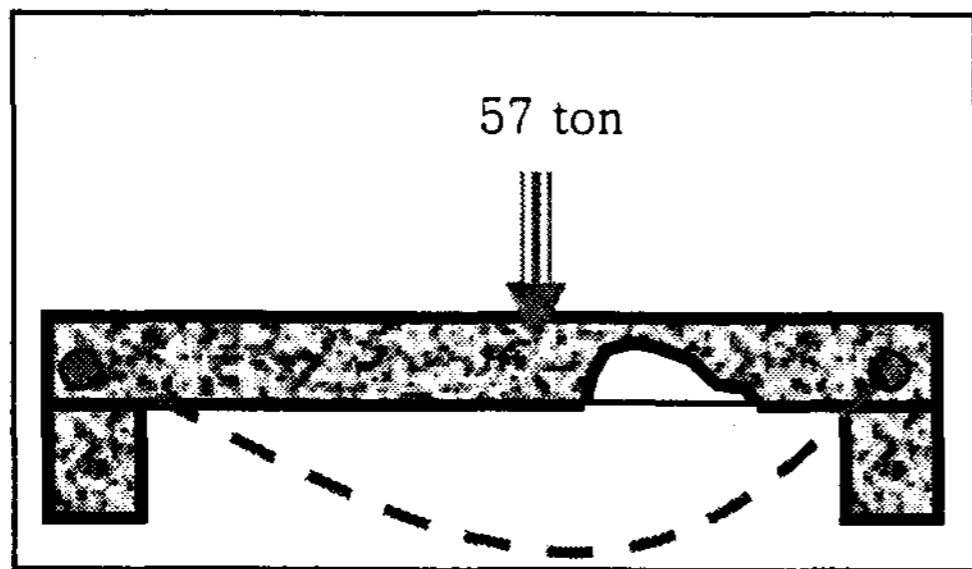
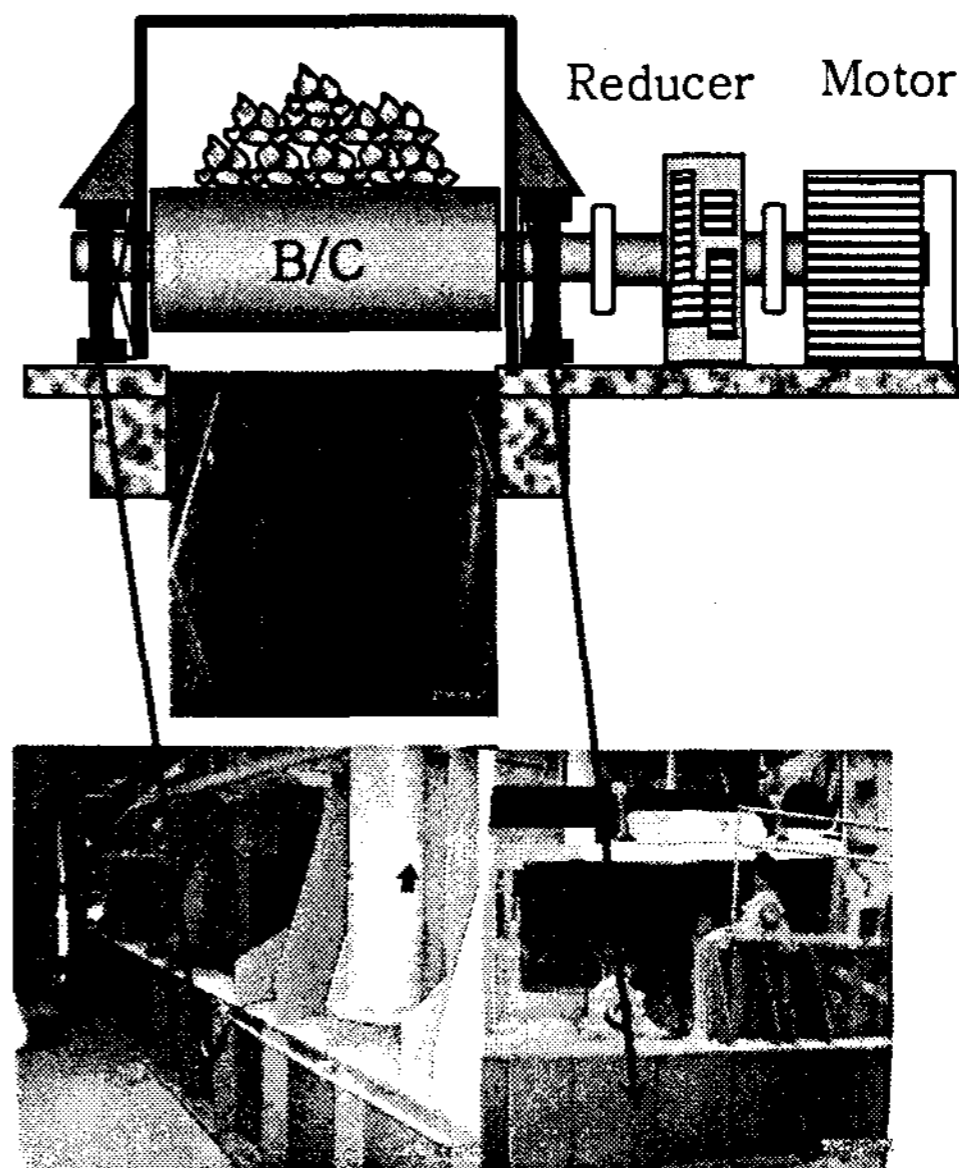
■ 석회석의 Hopper Main beam 직접 충격에 의한 마모로 강도 저하 위험

- ▷ 긴급 대책 조치 : A 역 Beam 설치→기존 Main Beam 하중 "Zero"
- B 영구 내마모 Type 개조

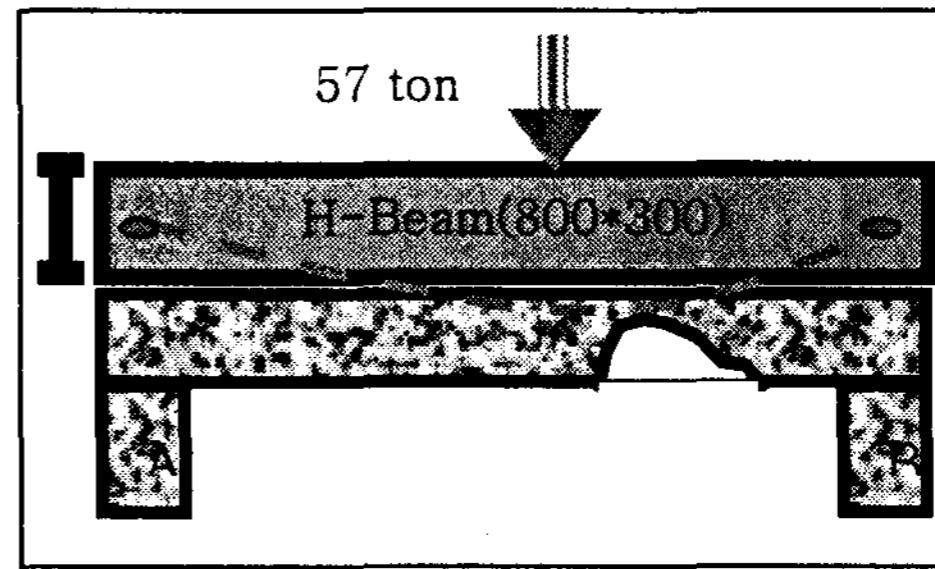
[2차 C/R 전단 Hopper Chute 단면]



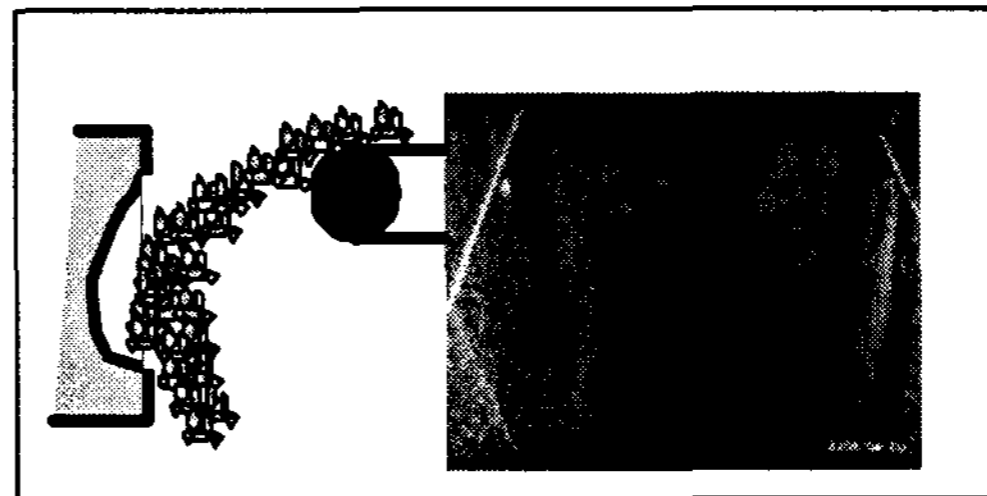
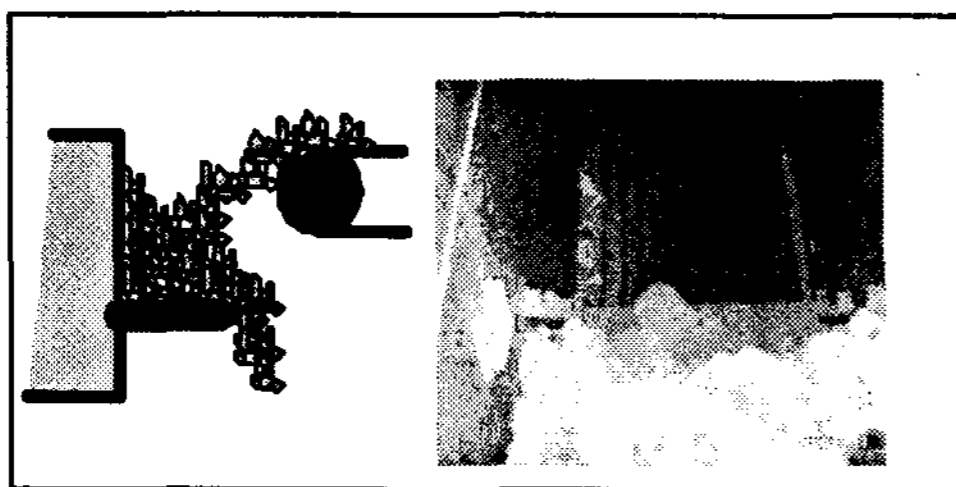
[2차 C/R 전단 Hopper 역Beam 설치]



1,3지구 2次 C/R Hopper Beam
마모 & 응력 Moment



1,3지구 2次 C/R Hopper 역Beam
설치 & 응력 Moment



■ Main BEAM 강도 계산

일반구조용 압연강재(SS41) H-Beam size : 800*302*16*28 mm(허용응력1.6 ton/cm²)

→ 단면 계수(Z) = 8,400 cm³

A - B, Support distance(S) : 800 cm, 가동중 최대 충격 하중(F) : 57 ton

Moment (M) : F * S = 57 ton * (800/2)/2 cm = 11,400 ton*cm

작용 응력(σ) = M/Z = 11,400 ton*cm / 8,400 cm³ = 1.357 ton/cm²

안전율 : 허용 응력/작용 응력 = 1.6/1.357 = 1.18 > 1.0 양호

3.2 3차 Crusher 문제 및 대책

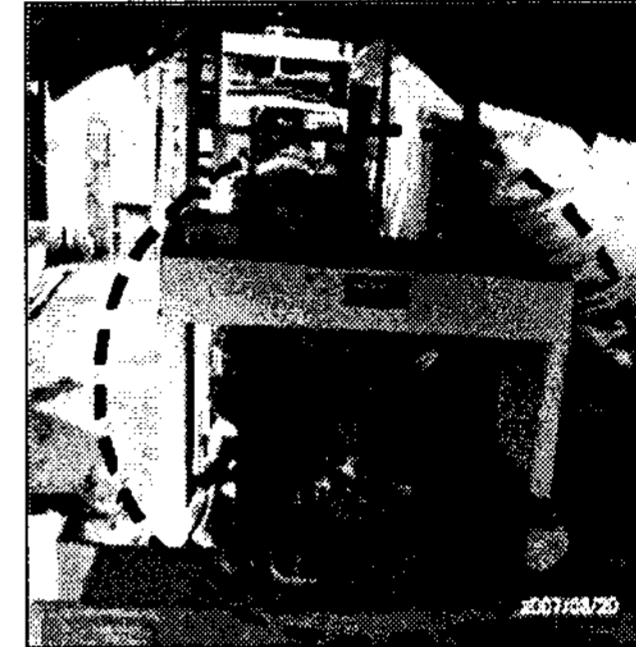
① 철광석 유입으로 Crusher 과부하 초래

□ 3차 Crusher 전단 Belt conveyor 금속검출기 검출 석회석 성분 분석

< 검출된 석회석 분석 결과 >

區分	1地區	3地區	基準
Sample1	1,832 kgf/cm ²	1,944 kgf/cm ²	壓縮強度： 1,500 kgf/cm ²
Sample2	1,544 kgf/cm ²	1,920 kgf/cm ²	
Sample3	1,944 kgf/cm ²	1,235 kgf/cm ²	
Sample 內 Fe ₂ O ₃ 含量	50%	74%	基準：2% 以內
金屬檢出機 平均動作回數	1種:6回/Hr 2種:18回/Hr	左同	檢出機 正常運營 不可 ▷ 磁力下限

< 금속검출기 >



- 철광석 함유량 기준 2 %미만 대비 50 % 이상 초과로 Crusher 과부하 발생
- 검출 횟수 증가하면서 금속 검출기 정상 운영 불가

□ 운전 현상 :

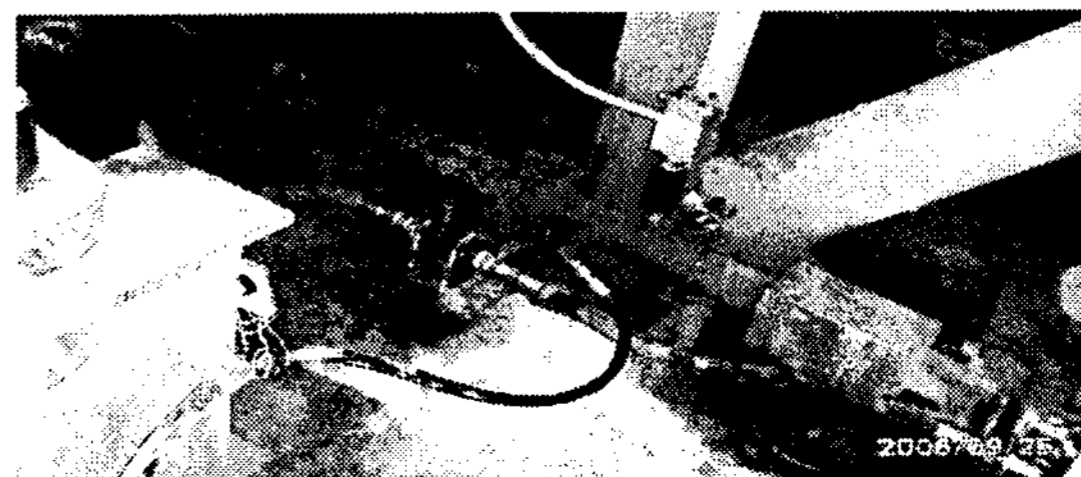
- * 철광석 파쇄 충격이 Accumulator로 신속히 전달되지 않고 유압 Pipe 또는 각종 Valve에 전달되어 설비 조기열화와 Crack 발생.
- * 운전 중 Accumulator 동작 압력 : 60 kgf/cm² 이하이지만 Pipe line Gauge에서 동작되는 순간 압력은 100 kgf/cm² 초과 현상

※ 최대 부하 발생시 작동 압력 계산

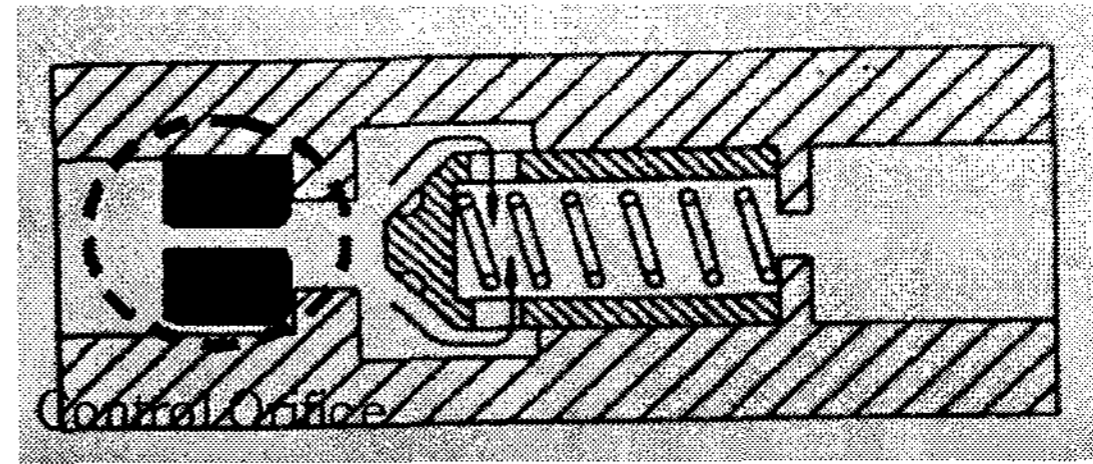
- ACC' : 37 ℓ * 4 EA(144 ℓ)
- 무부하시 ACC Setting Pressure : 50 kgf/cm²
- C/R 하부 Cylinder size : Φ 490, Stroke 100 mm
- 계산식 : $P_1 \cdot V_1 / T_1 = P_2 \cdot V_2 / T_2$ * $T_1 = T_2$ (P=압력, V=체적, T=온도)
- ① V_3 (Cylinder 이동에 의한 유량) = $49 \cdot 49 / 4 \cdot 3.14 \cdot 10 = 18.8 \text{ ℓ}$
- ② P_1 (ACC Pressure) = $50 + 1.033 = 51.0 \text{ kgf/cm}^2$
- ③ V_1 (ACC Volume) = $37 \cdot 4 = 148 \text{ ℓ}$
- ④ V_2 (V_1 -C/R Cylinder 체적 변화) = $V_1 - V_3 = 148 - 18.8 = 129.2 \text{ ℓ}$
- ⑤ P_2 (C/R max Cone down시 압력) = $(P_1 \cdot V_1) / V_2 = (51 \cdot 148) / 129.2 = 58.5 \text{ kgf/cm}^2$

□ 대책 수립 :

- 철광석 순간 파쇄 충격량을 Accumulator로 신속 전달하기 위한 By-pass line 신설



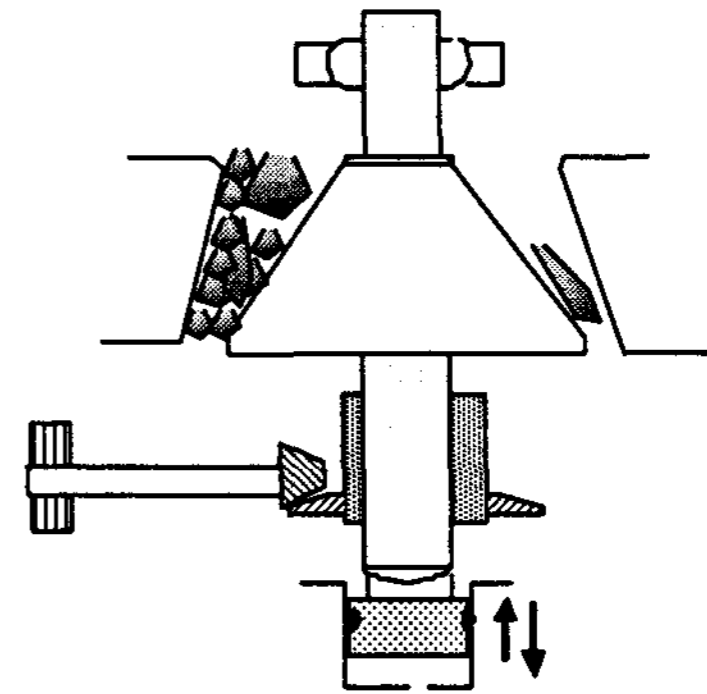
- 안전 Relief valve 변경
 - 기존 : 설정기준 압력 초과시 무조건 동작
 - 개선 : Orifice 설치로 순간충격 미동작 지속충격 동작 Type 개선



② Crusher 파쇄 능률 저하

□ 현상

- Screen 통과 석회석에서 기준 25mm Over size 5 % 초과 문제
- Crusher 편석 발생으로 입도 상승 요인 제공
- Crusher 편마모로 설비 수명 저하



□ 원인 : Crusher 능력 대비 석회석 Feeding량 부족

2차 Crusher 유도 Chute 설치하면서 입도 개선으로

3차 Crusher로 전단 Screen 통과량 증가

→ 3차 Crusher feeding량 감소

→ 파쇄효를 저하, 편석 증가 (Cone-crusher 특성상 원석간의 충격효과저하)

2차 Crusher 유도 Chute	3차 Crusher Screen 통과량	3차 Crusher Feeding량	비고
설치 전	180 ton/Hr (30%)	420 ton/Hr (70%)	
설치 후	240 ton/Hr (40%)	360 ton/Hr (60%)	
차이	↑ 60 ton/Hr (10%)	↓ 60 ton/Hr (10%)	

□ 대책 수립

- Crusher 전단 Screen hole size 변경

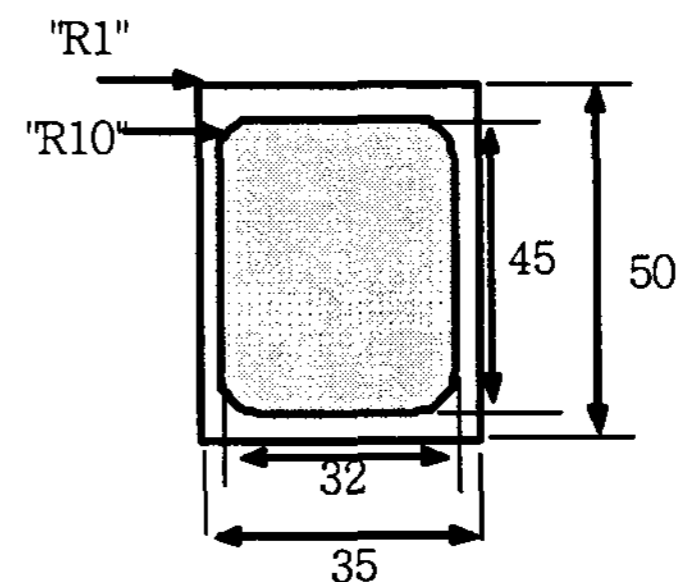
* 기존 : 50 * 35* R1

* 변경 : 45 * 32 * R10

※ 설계 기준:

○ 석회석 Size 25 + Screen진폭8 + 고무재질 factor 6 = 45 mm

○ Screen 마모시 Hole corner Round부에서 찢어짐으로 R1 → R10 개선



※ 설계시 사전 고려 사항.

- 우천시 Screen hole coating 형성에 의한 막힘 현상
- Crusher over-load에 의한 설비 열화, 조기 마모
- Crusher 전단Hopper Over-flow 및 적분으로 공정 Trouble

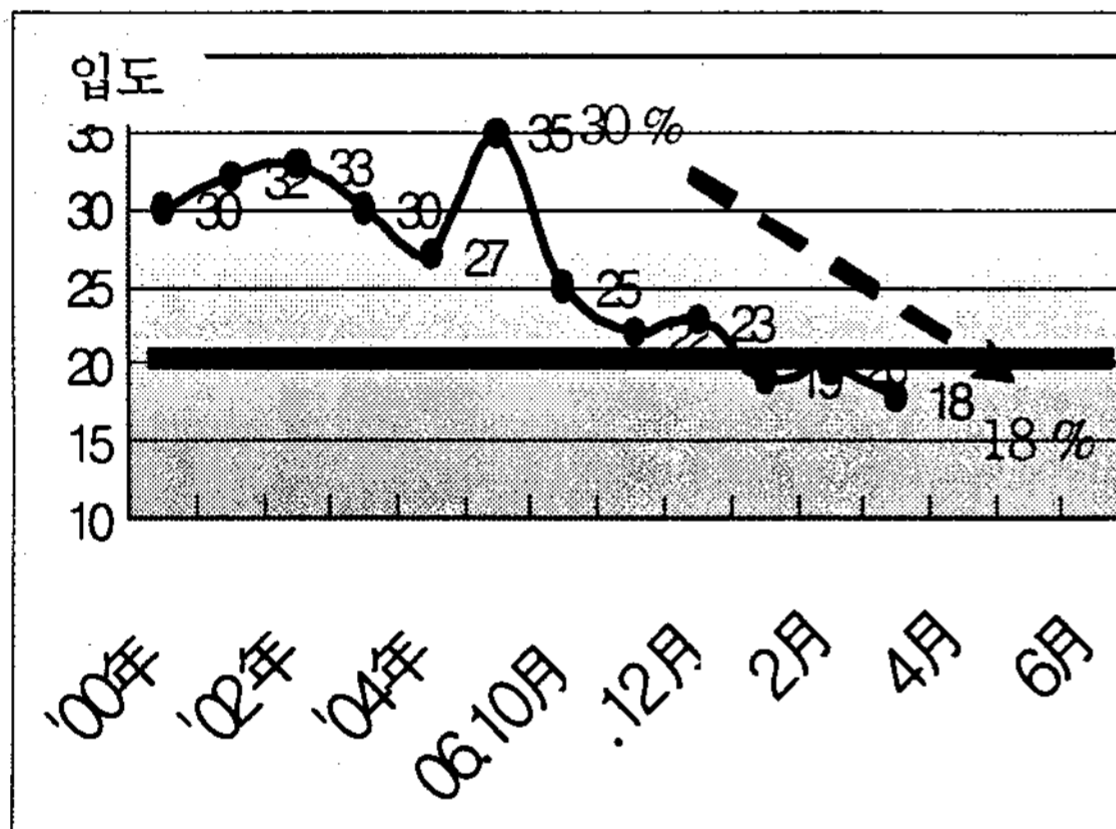
□ 개선 결과

- Screen 통과 석회석에서 입도 개선 : 5 % → 1% 이하로 감소
- 석회석의 균일한 유입으로 파쇄 효율 향상과 편석 발생 감소
- Crusher 편마모량 감소로 수명 증가
- Screen 수명 10 개월 → 12개월 이상 향상
- 기타 공정 안정에 따른 청소, 점검 LOSS 감소와 환경 개선

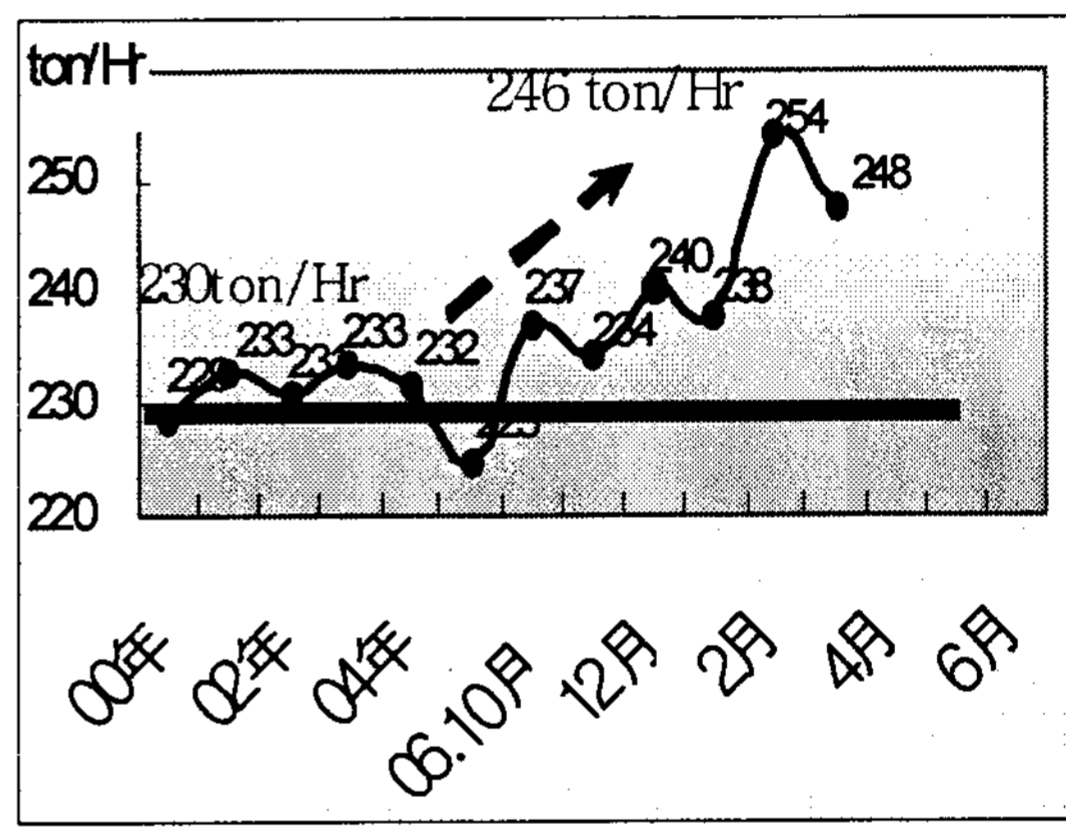
4. 설비 개선 결과

4.1 결과

<석회석 입도 추이: '00년 ~ '07.3월>



< R/M 단위생산량: '00년 ~ '07.3월 >



4.2 효과

구분	석회석 생산 기준 Size	Over size 비율(%)			비고
		개선전	개선후	차이	
2차 Crusher	80 mm	22 %	8 %	↓ 14 %	
3차 Crusher	25 mm	35 %	18 %	↓ 17 %	
Raw mill 단위생산량(ton/Hr)		230	246	↑ 16	과거'00년~'05년 6개년 평균 대비
전력비(백만원/년)			820	↓ 820	"
설비보전비(백만원/년)			57	↓ 57	"

5. 향후 계획

구분	내용	추진 일정
수평 전개	① 3차 C/R VIB' Screen 개선부 확대 적용 - 교체 도래 설비부터 확대 적용 - 정기적 입도 Check & 대응 조치 ② 설비 열화 정도 점검/개선 방향 모색	'07.6月
석회석 관리 System 보완	① 설비점검/교체 업무Folw 보완(자주,전문 보전)	'07.10月
	② 설비 점검/교체 기준 보완 C/R Mantle & concave, Control valve 등 C/R Gap Setting 기준과 방법	'07.8月
	③ 설비 보수에 따른 보전비 발생 경향 분석	'07.1月 ~
	④ 각종 보전 무기 수정/보완	'07.1~12月
	⑤ 기타 설비 보완	