

# 분체 취급시설의 Build-up 제거장치

유병인 · 설동하\*

<옥인유화>

## 1. 서 론

분립체 재료를 취급하는 각종 시설들에서 야기되는 퇴적경화물(Build-up)의 발생은 생산시설의 운전중단 혹은 효율저하 등의 문제를 일으킨다. 이의 해결을 위해 사용되는 대표적 장치들로 공기유동화베드(Fluidized Bed), 에어블라스터(Air Blaster), 바이브레이터(Vibrator), 에어레이터(Aerator), 에어녹커(Air Klocker) 등과 같은 고정장치와 고속 에어건(High Velocity Gun)과 워터 제트건(Water Jet Gun), 해머드릴(Hammer Drill) 등과 같은 휴대용 장치 등이 사용되고 있다.

고정장치의 경우, 자동화에 의한 편리성은 있으나 높은 초기투자비와 운전비용 부담, 그리고 제거효능에서의 한계가 있으며 휴대장치의 경우, 재료 취급시설의 운전중지와 작업자의 안전성 확보 등에서 문제점이 있다. 예를 들면, 시멘트 소성공정에 페타이어와 Petcoke 같은 고유황 대체연료의 사용증가에 따라 종래 보다 많이 발생하는 Build-up의 제거를 위해 프리히터에 여러 개의 에어블라스터가 적용되고 있으나 제거효능이 충분치 못한 관계로 공정시설의 가동중지 후 휴대장치에 의한 제거작업을 하고 있다. 이때 시설내부만 상온까지 냉각되면 휴대장치로 제거하고자 하나 표면만 냉각된 Build-up의 제거작업시 쏟아지는 Build-up 내부의 뜨거운 분체에 대한 작업자의 안정성 확보를 위해 보다 많은 냉각시간이 요구되곤 한다.

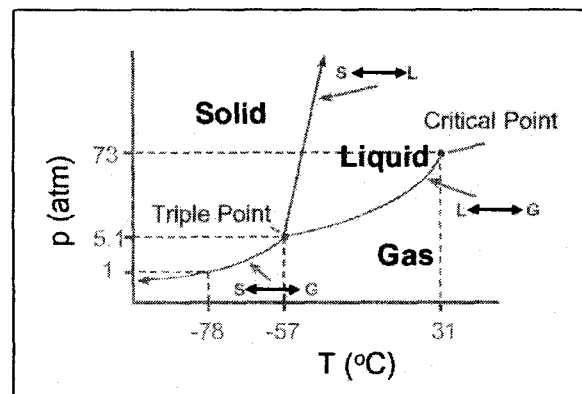
액체 이산화탄소의 相변화 에너지를 이용하여 이러한 문제점들을 효과적으로 해결할 수 있는 Cardox System과 그 적용에 대해 소개코자 한다.

## 2. Cardox System

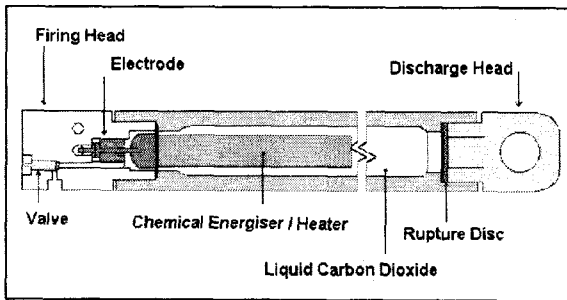
### 2.1 작동원리

#### 액상 CO<sub>2</sub>의 기화 팽창력

<그림 1>의 증기압 곡선(임계점과 삼중점 연결곡선)의 상부에 위치한 액상 이산화탄소에 높은 열에너지를 가하면 임계점 부근에서 기체 이산화탄소로 상전이(相轉移)가 일어난다. 이때 액상 CO<sub>2</sub>는 기체 CO<sub>2</sub>로 약 660배의 순간적인 부피팽창을 한다. 이 폭발적인 기화 팽창력을 이용하여 Build-up을 제거하는 장치가 Cardox System이다



<그림 1> CO<sub>2</sub> Phase Diagram



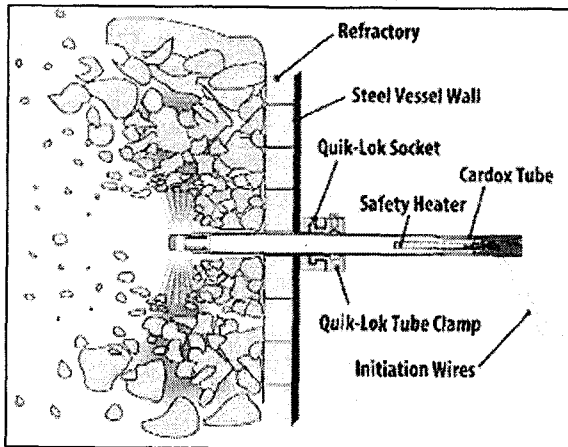
<그림 2> Cardox Tube 내부구조

3,000 bar 압력의 폭발력

<그림 2>의 Cardox Tube 내부에 충전된 액상 CO<sub>2</sub>의 상전이 에너지를 공급하는 히터 즉, 케미컬 에너지라이저 카트리지는 불꽃놀이 폭약의 산화제로도 사용되는 과염소산 칼륨(Potassium Perchlorate)과 목탄분말의 혼합물이 채워져 있고 끝 단에 점화를 위한 전극이 장치되어 있다.

케미컬 에너지라이저로부터 높은 열에너지를 받아 튜브내부에서 기화 팽창하는 CO<sub>2</sub>는 일정압력까지 가압 되다가 파열판(Rupture Disc)이 파열되면서 약 3,000 bar의 압력으로 토출헤드를 통해 토출된다. 이 압력은 높은 정도의 응축 경화된 Build-up을 약 3톤 가량 제거할 수 있다.

불활성 가스인 CO<sub>2</sub>를 토출하므로 다른 가스나 재료들과의 화학반응에 의한 품질변화를 방



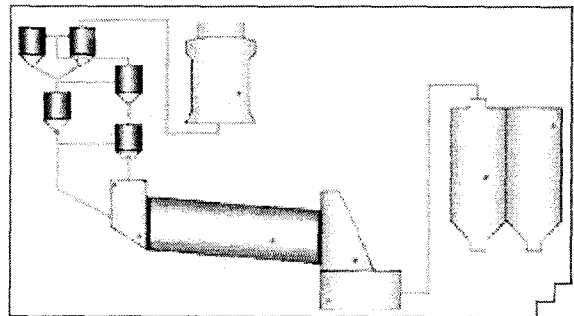
<그림 3> Cardox System의 작동원리

지할 수 있으며 가연성 가스가 있는 환경에서도 안전하게 사용할 수 있다.

2.2 적용 분야

- 시멘트 산업
- 토목공사
- 광산/채석장
- 기타 분체 저장/취급시설

2.3 시멘트 제조공정상의 적용개소

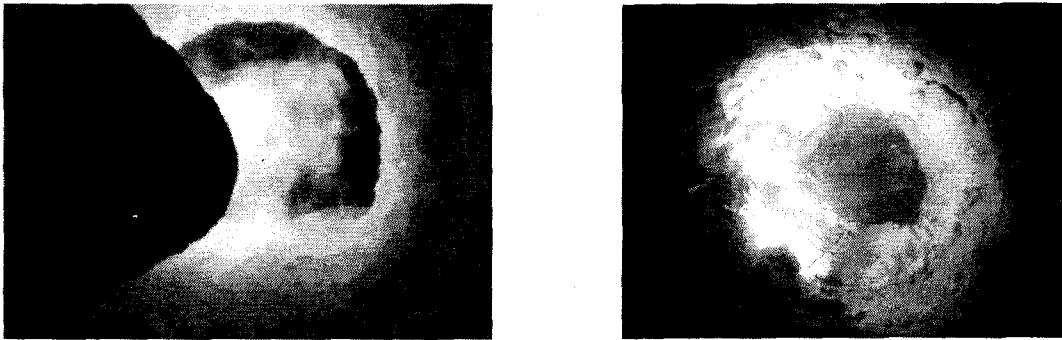


- 킬른(Kiln)
- 프리히터 타워(Preheater Tower)
- 사일로/호퍼(Silo/Hopper)
- 쿨러(Cooler)
- 사이클론(Cyclone)

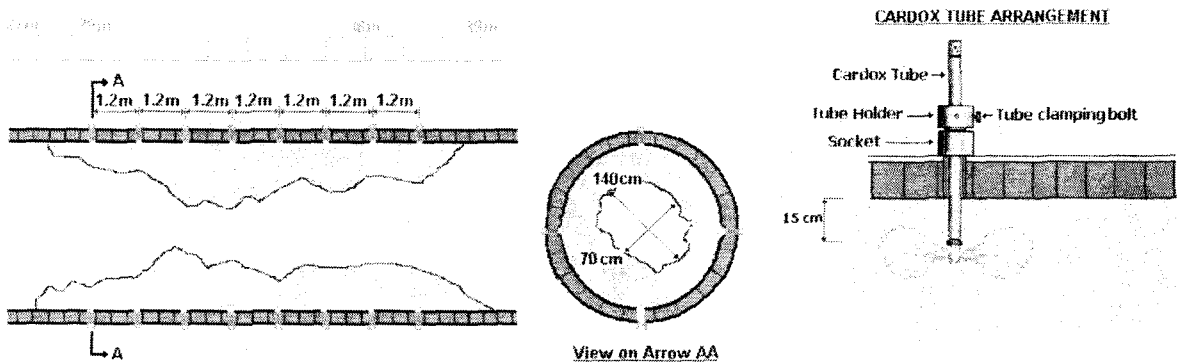
3. Cardox System의 적용

3.1 킬른(Kiln)의 Ring Build-up 제거

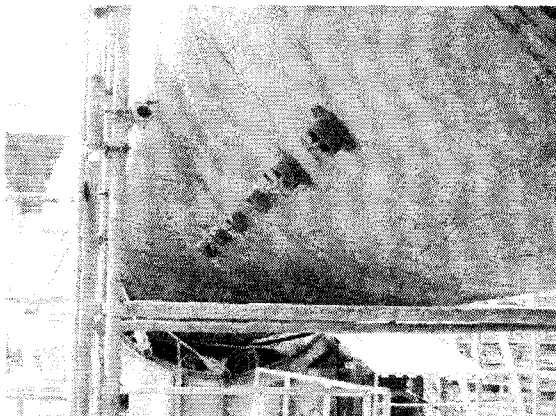
연료비 절감과 수급의 안정화를 위한 시멘트 업계의 노력으로 다양한 재료들이 보조연료에서 대체연료로 사용하기에 이르렀다. 하지만 총 Btu가 다른 각종 연료들에 대한 연소관리의 어려움과 황, 염소, 알칼리 등의 휘발성분 증가에 따른 Build-up 발생이 과거 보다 빨리 일어나는 문제점들도 겪고 있다. Build-up 발생을 최소화하기 위한 여러가지 노력들이 경제적 부담이 되는 킬른의 경우에 상온까지의 냉각을 위한 장시간의 Down Time 없이 단시간내 Ring Build-up을 제



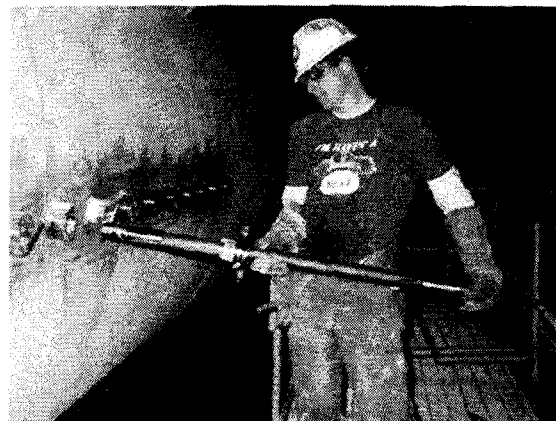
<그림 4> Ring Build-up이 발생한 킬른 내부



<그림 5> Cardox Socket 배치도



<그림 6-1> 킬른에 설치된 Cardox Sockets

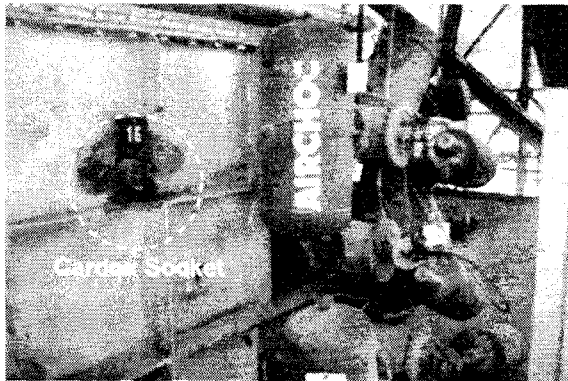


<그림 6-2> Ring Build-up Clearing

거할 수 있는 Cardox System의 적용이 차선의 방법이 될 수 있을 것이다.

### 3.2 프리히터의 Build-up 제거

다양한 대체연료에 함유된 휘발성 가스성분의 응축뿐 아니라 다양해진 연료에 대한 킬른의 연소환경 안정화를 위해 프리히터에서의 가소울 향상 등의 조치도 프리히터에 두꺼운 코팅과

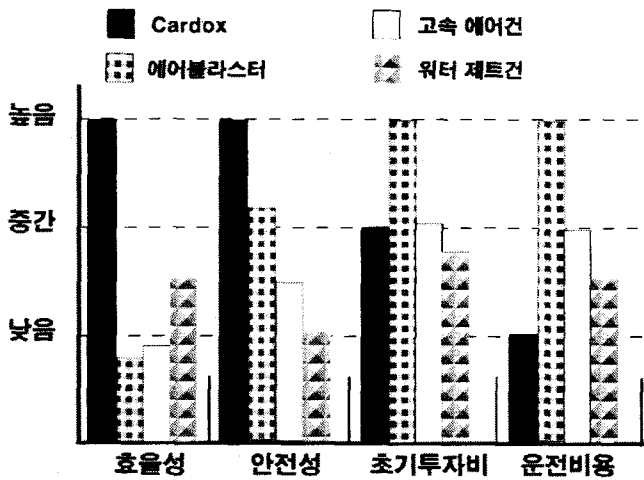


<그림 7> 프리히터에서의 에어블라스터와 카독스 비교

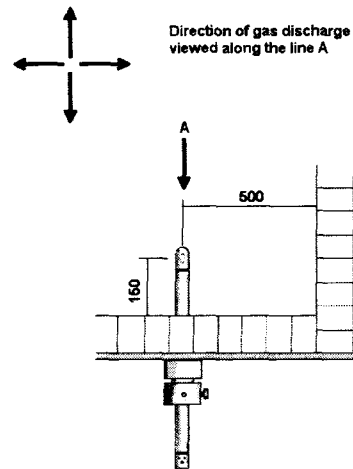
Build-up형성의 요인이 된다.

프리히터에서의 Build-up제거에 사용되는 에어블라스터는 그 성능의 한계 때문에 <그림 7>에서와 같이 Build-up발생부에 집중적으로 설치해야 하는 초기구입비의 부담과 관리유지비 또한 낮지 않다.

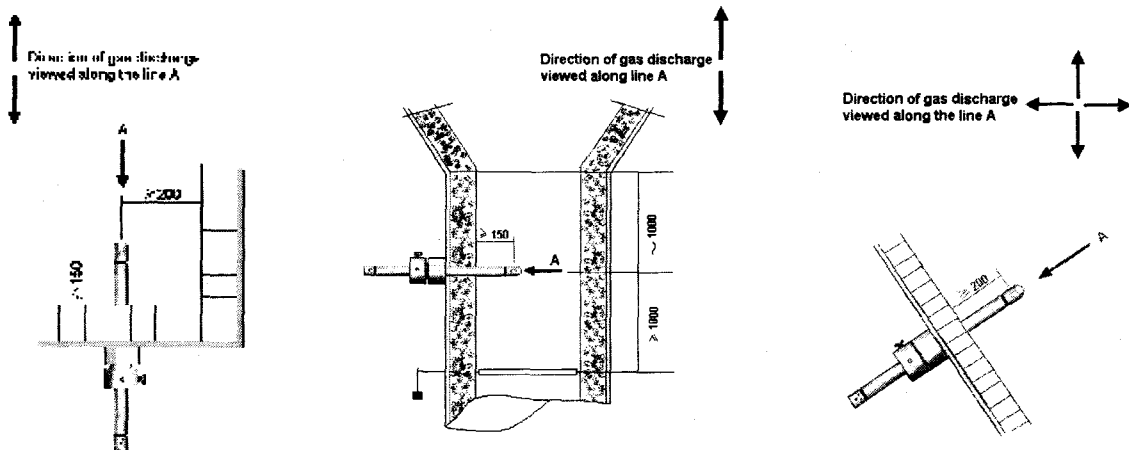
Cardox System 1회 적용의 성능효과는 에어블라스터 9대의 성능과 비슷하여 그 효율성과 경제성에 대해 구체적인 검토의 여지가 많다. 그리고 고속 에어건이나 워터 제트건 또한 내화물의



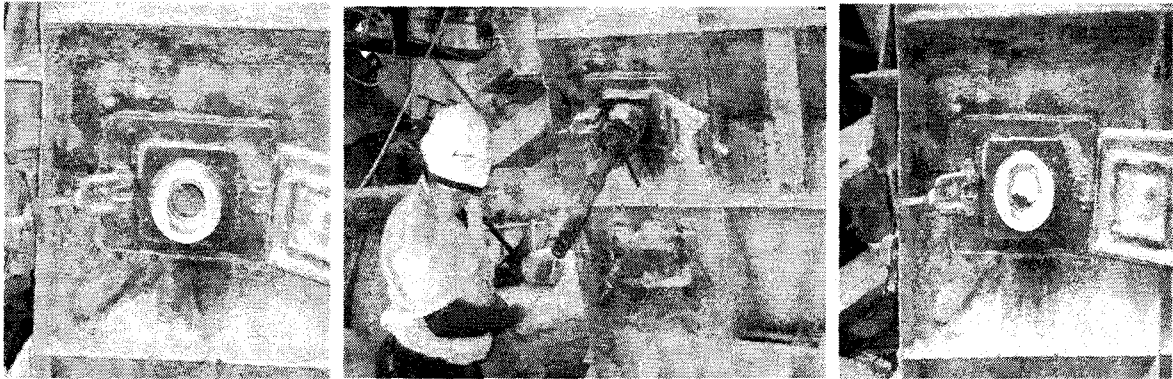
<그림 8> 재래식 장치와 Cardox 특징 비교



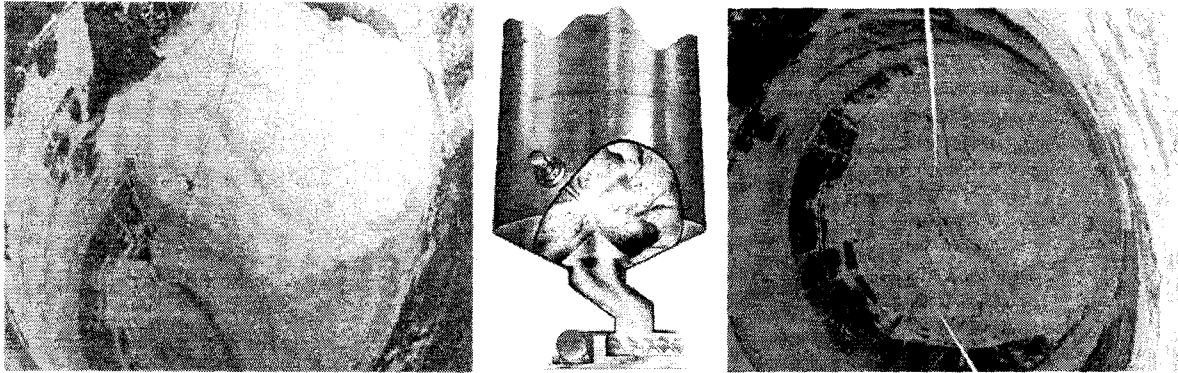
<그림 9-1> 프리히터에서의 소켓위치



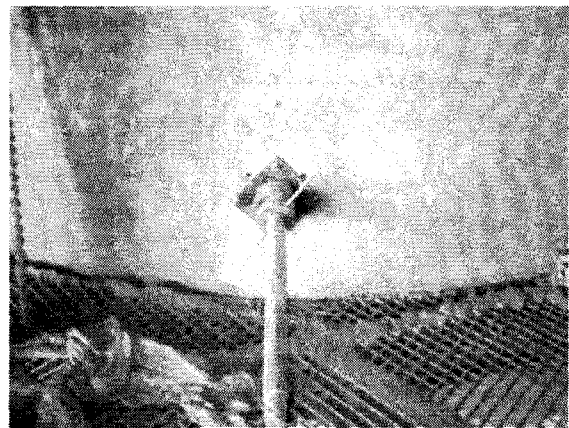
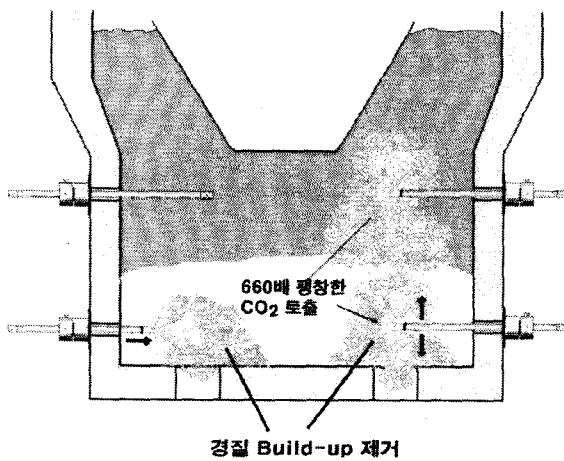
<그림 9-2> 프리히터에서의 소켓위치



<그림 10> 프리히터에서의 Cardox 적용  
 [ Build-up 형성확인(좌), Cardox 적용(중), Build-up 제거(우) ]



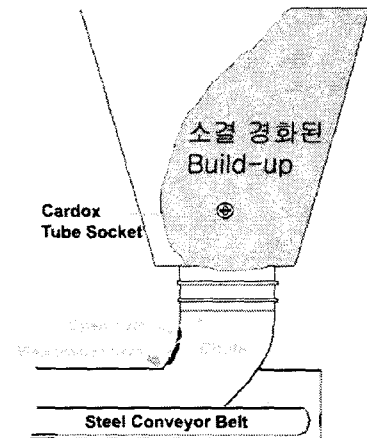
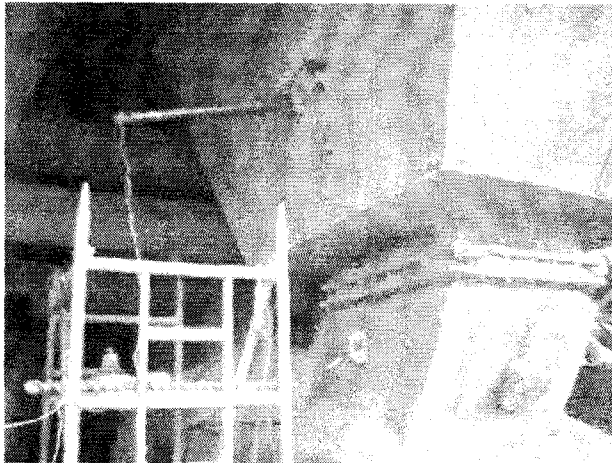
<그림 11> Cardox System 적용 후이 사일로 내부



<그림 12> 시멘트 사일로의 아치 Build-up 제거를 위한 소켓 위치

손상뿐 아니라 작업자의 안전과 설비의 Down Time에 대한 문제점들을 갖고 있다.

### 3.3 사일로/호퍼의 Build-up 제거



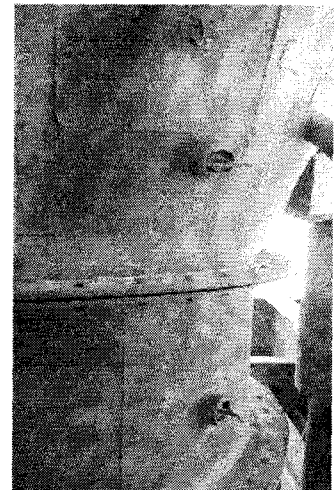
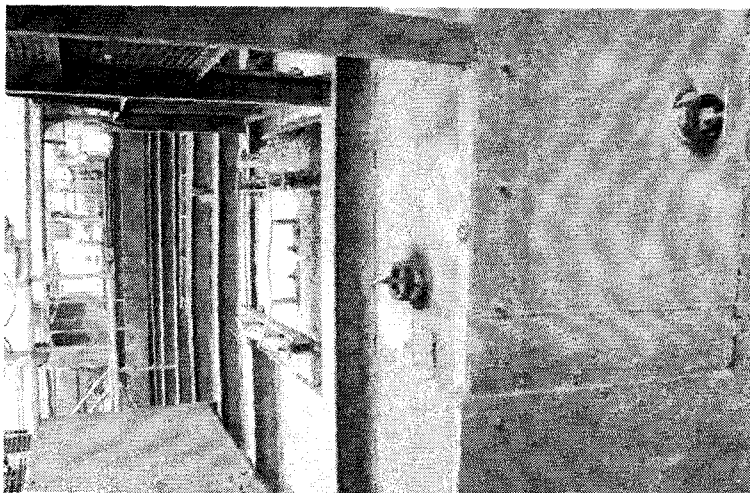
<그림 13> 사일로 내부에서 소결 경화된 Build-up 제거

사일로 혹은 호퍼에서 발생하는 Build-up은 분체의 유동특성 인자인 비중, 수분함량, 입자형태, 입자크기 등과 사일로의 구조와 재질 그리고 저장량 등에 기인한다. 전통적인 유동보조장치들인 유동화층, 바이브레이터, 에어녹커, 에어블라스터 등으로 소형저장시설의 Build-up이나 연결인 Build-up들은 쉽게 해결할 수 있으나 대형저장시설의 Build-up과 점결성 혹은 경질 Build-up의 제거에는 성능상의 한계로 인해 작업자가 저장시설에 직접 들어가서 해결해야 하는 경우가 자주 있다. 이 경우에 Cardox System의 적용 또한 작업자의 안전과 작업효율 측면에서 적극적으로 검토될 수 있다.

### 3.4 기타 개소의 Build-up 제거 (그림 14)

## 4. Cardox System의 특징

- 생산성 향상 설비의 운전중 적용 혹은 Down Time 최소화 (킬른)
- 높은 성능효과 1회 적용에 직경 3 m 범위의 약 3톤의 Build-up 제거
- 높은 신뢰성 세계 유수의 시멘트 제조사들에서의 50여년 이상의 사용실적
- 높은 안전성 영국 보건안전국의 승인제품, 폭발물 취급자격 불필요



<그림 14-1> 크랭크 쿨러의 스노우맨 Build-up 제거 <그림 14-2> 사이클론 코팅 Build-up 제거

- 우수한경제성 초기 투자비, 운전비용 절감
- 장수명 15년 이상 (2,000 ~ 4,000회 적용)

## < 참 고 >

### 1. 시멘트산업의 Cardox System 사용현황

#### 대형 시멘트 제조사

LAFARGE(& BLUE CIRCLE), HOLCIM (formally HOLDERBANK), HEIDELBERGER, ITALCEMENTI, CEMEX, CIMPOR, CIMENT FRANAIS, DYCKERHOFF GROUP, PORTLAND CEMENT,RMC GROUP, TABUK CEMENT, ARABIAN CEMENT CORP, UNION CEMENT CORPORATION .....

#### 사용국가

ARGENTINA, AUSTRIA, AUSTRALIA, BRAZIL, BELGIUM, CANADA, CZECH REPUBLIC, FRANCE, GERMANY, HOLLAND, INDONESIA, IRELAND, ISRAEL, ITALY, MALAYSIA, MOROCCO, NEW ZEALAND, PHILIPPINES, POLAND, PORTUGAL, SAUDI ARABIA, SENEGAL, SOUTH AFRICA, SLOVAKIA, SPAIN, SWEDEN, SWITZERLAND, THAILAND, U.K., U.S. ....

### 2. Cardox 란 ?

Cardox는 영국의 Cardox International Ltd.의 등록상표 이나 토목분야에서는 특수공법으로 까지 자리 매김하고 있으며 이산화탄소의 기화팽창력을 이용하는 장치들의 일반적인 명칭으로 사용되고 있다.