

내마모 LINING 보강재에 대한 고찰

권오봉 · 조철연*
 <아세아시멘트(주)>

1. 서론

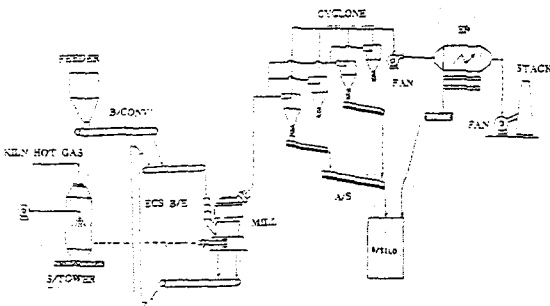
시멘트 제조산업은 전력 및 연료비가 전체 제조원가에 상당한 부분을 차지하는 에너지 다소비 업체로서, 최근의 시멘트 제조 공장에서는 에너지 절감형 및 대용량의 설비를 설치하여 가동하고 있다.

Raw Mix 및 Cement를 생산하는 Grinding Mill의 경우에도 종래의 Tube Mill에서 최근에는 전력원단위가 낮고 설비 자체가 단순한 Roller Mill을 채택하고 있다. 그러나, Roller Mill 및 Separator에서 분쇄, 선별된 제품을 Mill I.D.F에서 발생시킨 고속의 Air에 의해 생산되는데, 이러한 생산 과정에서 Mill 출구 Duct와 Cyclone 등 곡관부위의 마모가 극심한 상태이다.

당사 원료분쇄 Roller Mill의 경우도 상기와 같은 문제점으로 매년 Duct를 보강하는 작업을 반복하여 실시함은 물론 Duct의 마모에 의한 Air Leakage 발생으로 전력 손실 및 생산성 하락의 원인이 되고 있다.

2. 마모에 의한 문제점

2.1 마모에 의한 문제점



<그림 1> 원료분쇄기 공정 개략도

1) 마모 부위의 반복적 보강 공사

시운전(90년 3월)이후 94년말까지 7차례에 걸쳐 철판(9t) 보강작업을 반복적으로 실시하여 왔으며, 보강 부위는 <그림 2>에 나타내었다.(동일 부위를 1~3회 보강) 이와 같은 보강작업으로 보수비용이 과다하게 발생하였다.

2) Mill 성능저하

<표 1>

항 목	Spec'	보강전	차 이
생산성(T/Hr)	370.0	365.2	4.8↓

※ 상기 Data는 '95년 실적치임

3) 공정 Trouble

① Cyclone 내부 마모로 인한 철판 탈락으로 Cyclone 하부 R/Damper 차단

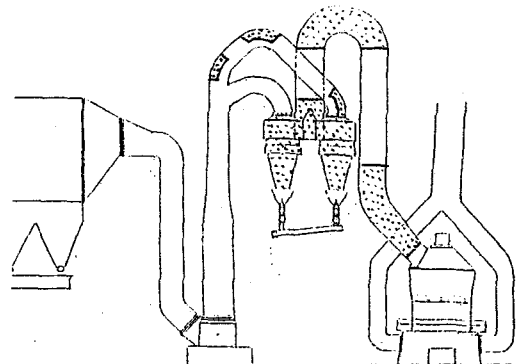
② Cyclone Hole 발생에 의한 빗물 유입으로 하부 A/S 수송 불량

4) 기타

① 고공 작업으로 안전사고의 위험 증가

② Duct 보강시 정리, 정돈, 청소 불량

(1회 보강시 공사 기간은 평균 3개월 소요)



<그림 2> 마모 부위 보강공사현황

5) 이에 본문에서는 상기와 같은 문제점을 해결하고자 내마모 Lining 보강재인 DENSIT에 대한 제반 사항을 고찰하고자 한다.

3. DENSIT 내마모재의 고찰

3.1 DENSIT 란?

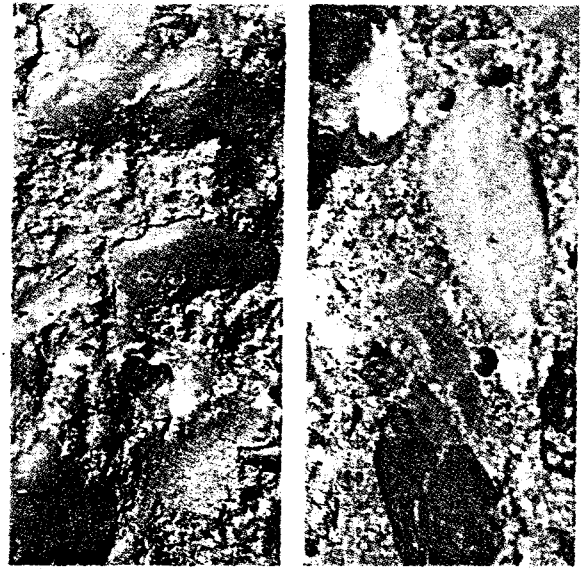
DENSIT는 시멘트와 초미립자인 실리카흙을 조합시키고, 다량의 분산제(고성능 감수제)로 미립자를 분산시켜서 얻어지는 경화체로서 종래의 공극을 많이 함유하는 시멘트 MORTAR, 콘크리트와는 전혀 다른 시멘트 경화체이다. DENSIT 경화체는 저기공율, 내마모성, 초고강도, 초치밀의 특성을 가지고 있다.

3.2 DENSIT 기술의 기본 원리

DENSIT는 새로운 특성의 경화체 제조가 가능한 화학결합 세라믹물질로 구성되어 있다.

종래의 주입 성형제품이나 MORTAR 제품과 DENSIT 세라믹 제품과 근본적인 차이점 중의 하나는 미세구조의 치밀도이다. 일반적인 주입 성형, MORTAR의 물질을 결합하는 페이스트는 상당량의 공극을 함유하지만, DENSIT 세라믹의 결합재에는 상온에서 경화하여 완전치밀에 이르게 하는 초미립자를 포함하고 있다(그림 3).

이런 유형의 종래 제품이 결합재로 사용된 경우 골재보다 상당히 약했으나 DENSIT의 경우는 이와는 반대이다. 압축강도 시험시편의 파단면에서 명백히 나타난다. 종래 제품은 골재의 경계면을 따라 파열되지만 DENSIT 세라믹은 하소된 보오



〈종래 제품〉 〈DENSIT〉
〈그림 4〉 DENSIT의 파단면 비교

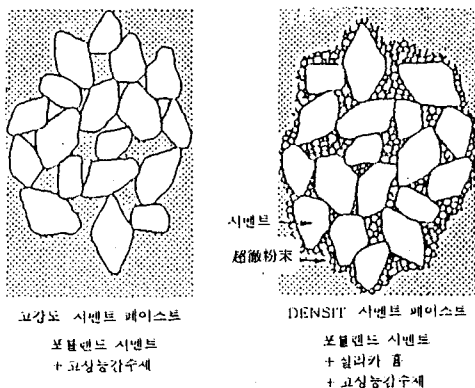
크사이트, 실리콘 카바이드, 강옥등과 같은 초경 재료를 골재로 사용했음에도 불구하고 골재를 관통하여 파열된다(그림 4).

3.3 DENSIT의 종류 및 성분 비교

3.3.1 저온 용도의 DENSIT

〈표 2〉 저온용

제품명 물성	WearCast 500	WearCast 1000	WearCast 2000	WearCast 3000
	WearFlex 500	WearFlex 1000	WearFlex 2000	WearFlex 3000
사용골재	석 영	보오크사이트	강 옥	탄화규소
물성	최대온도	300℃	300℃	300℃
	비 중	2500kg/cm ³	2800kg/cm ³	2900kg/cm ³
	최대입자	4mm	4mm	3mm
	수 축 율	0.2%	0.2%	0.2%
성분	CaO	22%	21%	18%
	SiO ₂	76%	16%	25%
	Al ₂ O ₃ +TiO ₂		58%	53%
	SiC			60.2%
압축강도 (kg/cm ²)	1일	667	1,025	1,000
	28일	1,250	1,775	1,542
마모저항	시험1	4-5cm/50cm ²	3.5-4cm/50cm ²	1.7-2cm/50cm ²
	시험2	60min/cm ²	60-80min/cm ²	120-140min/cm ²
Steel fibres 첨가량	4.5-8%	4.5-8%	4.5-8%	4.5-8%
물 첨가량	6-7%	6-7%	5-6%	5-6%
소비량(kg/m ² /30mm layer)	75	84	87	84



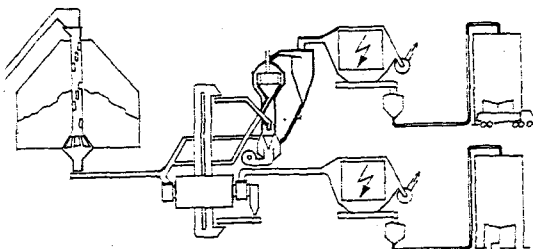
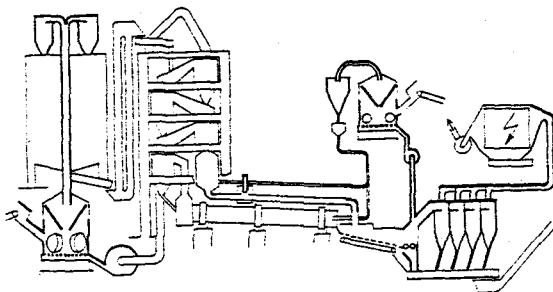
〈그림 3〉 DENSIT와 콘크리트의 비교

3.3.2 고온 용도의 DENSIT

<표 3> 고온용

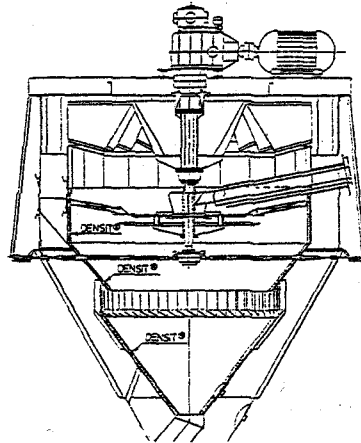
제품명		WearCast 1000 HT	WearCast 2000 HT	WearCast 3000 HT
물성		보옥사이트	강 옥	탄화규소
물	최대온도	1200℃	1200℃	1200℃
	비 중	2800kg/m ³	2900kg/m ³	2800kg/m ³
	최대입자	4mm	3mm	3mm
	수 축 율	0.2%	0.2%	0.2%
성	CaO	8.5%	9%	6.0%
	SiO ₂	10%	7%	4.5%
	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	79%	82%	16.0%
	SiC			73.0%
	Fe ₂ O ₃	0.3%	0.2%	0.1%
압축강도 (kg/cm ²)	2일	708	667	625
	28일	1,167	1,083	1,000
마모저항 (800→20℃)	시험1	5-6cm/50cm ²	3-4cm/50cm ²	1.5-2cm/50cm ²
	시험2	50min/cm ²	90min/cm ²	250min/cm ²
Steel fibres 첨가량		4.5-8%	4.5-8%	4.5-8%
물 첨가량		6-7%	5-6%	5-6%
소비량(kg/m ² /30mm layer)		84	87	84

3.4 시멘트 공장의 DENSIT 적용사례



<그림 5> DENSIT 적용 사례

3.4.1 Turbo-Separator

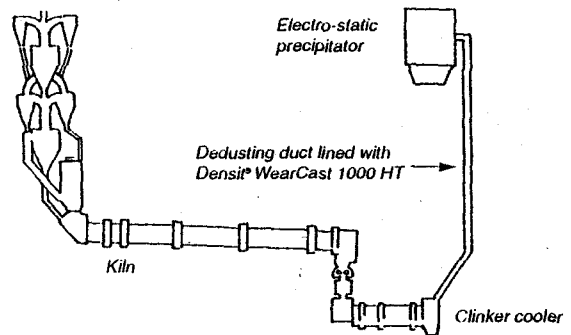


<그림 6>

<표 4>

시공부위	Cone 부위(약 35m ²)
시공조건	입자 : 0~4 mm이하 Flow Velocity : 약 25m/sec
시공두께	30mm
시공방법	WearCast 1000 + 손미장
사용조건	수송량 : 160만 톤
마모량	마모 거의 없음(약 2년 사용후)

3.4.2 Dedusting Duct

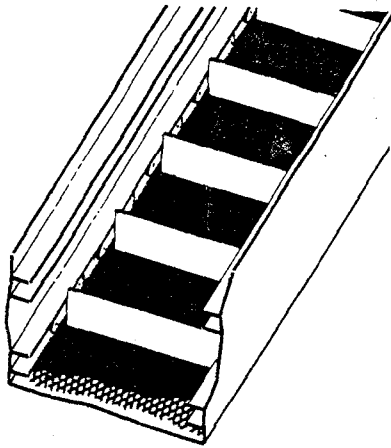


<그림 7>

<표 5>

시공부위	Dedusting Duct(12 Pipes + 1 Bend)
시공조건	17mL × 990mmD 온도: 340~420℃, 용량:22,700Nm ³ /Hr Flow Velocity : 약 20 m/sec
시공두께	30mm
시공방법	WearCast 1000 HT + Mould Casting
마모량	마모 미량 (약 2년 사용후)
비 고	시공이전은 8mm Steel을 6개월마다 보수

3.4.3 Coal Chain Conveyor

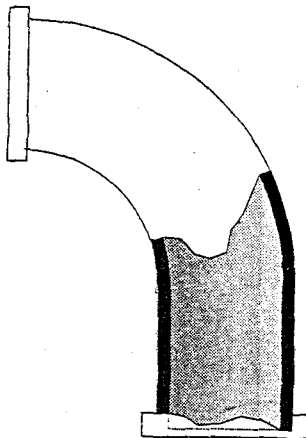


<그림 8>

<표 6>

시공부위	Bottom 부위
시공조건	37mL×1.1mW, 부식, 마모방지 위해 시공
시공두께	30mm
시공방법	WearCast 1000 HT + 손미장
사용조건	수송량 : 325,000Tons
마 모 량	마모 미량 (약 2년사용후)

3.4.4 Coal-Dust Bend

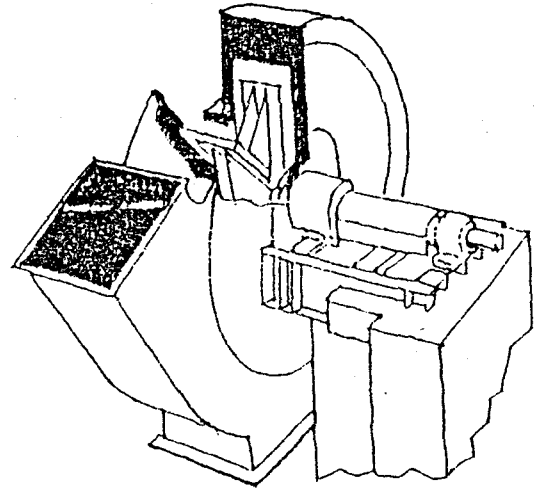


<그림 9>

<표 7>

시공부위	Coal Dust Bend
시공조건	온도 : 90℃, 99μ 잔사 25%
시공두께	32mm
시공방법	WearCast 1000 + Mould Casting
사용조건	사용시간:30,600Hr, 수송량:190,600Ton
마 모 량	마모 2mm 미만 (약 5년 사용후)

3.4.5 Fan Housing

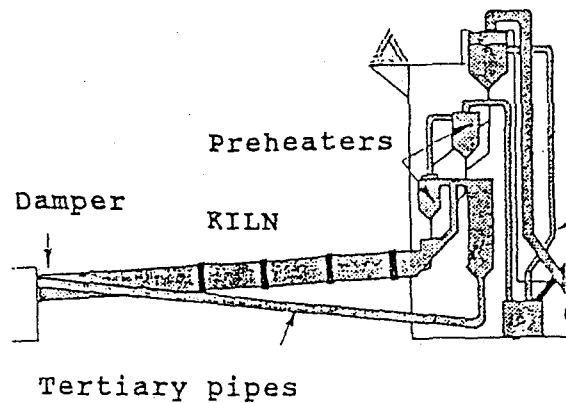


<그림 10>

<표 8>

시공부위	Fan Housing
시공조건	Primary Fan, AQC Cooling Fan
시공두께	30mm
시공방법	WearCast 2000 HT + 손미장
마 모 량	미량 (약 5년 사용후)
비 고	시공이전은 Special Steel로 주기적 보강

3.4.6 Tertiary Duct의 Damper



<그림 11>

<표 9>

시공부위	Tertiary Damper 2개소
시공조건	Damper의 직경 : 1800mm, 온도 : 700~800℃
시공두께	75mm
시공방법	WearCast 1000HT + 손미장
사용조건	사용시간 : 약 16,000Hr
마 모 량	마모 소량 (약 4년사용후)

4. DENSIT의 시공방법

DENSIT Wear Compound는 DENSIT Wear-Cast 또는 WearFlex, 물, Steel Fibres를 혼합하여 만들어지며 필요시 첨가제를 투입하여 보다 높은 효과를 얻을 수 있다.

4.1 적용범위 : 마모 설비 및 수송 설비
(Metal 표면, Concrete 표면)

4.2 시공설비 및 공구
: Mixer, Scale, Water, Sprayer, 흙손, Rubber Bucket, 전기 용접기, 압축공기

4.3 시공부위의 표면처리

① Metal 표면
- 표면에 Oil이나 Dust가 없도록 깨끗이 청소한다.
- DENSIT Compound의 효율적 작업 및 접착력 증진을 위하여 Metal 표면에 Stopper, Round Bar, Expanded Metal을 용접 취부한다.

② Concrete 표면
- 골재가 노출되도록 꺼칠꺼칠하게 하고 깨끗이 청소한다.
- 표면에 물을 젖게하여 습기가 있도록 하고 젖은 표면은 DENSIT Primer (WearFlex)로 닦아 낸다.

4.4 DENSIT 시공전 준비

① 시공할 부위를 선정하고 시공 두께를 결정한다.
② Metal 표면의 Oil이나 먼지등을 완전히 제거한다.
③ Metal 표면이 Stopper를 약 1.2m 간격으로 DENSIT 시공 두께와 동일한 높이로 용접 취부한다.
④ DENSIT의 접착력을 증진시키기 위하여 Stopper 사이에 5~8mm Round Bar를 사용하여 약 30cm간격으로 용접하고 Round Bar 위에 Expanded Metal을 용접 취부한다.

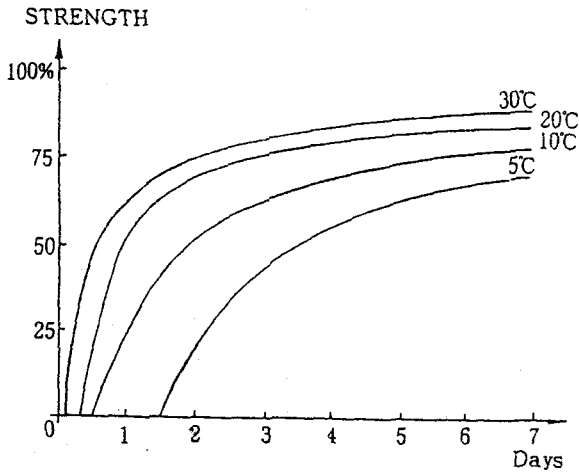
Expanded Metal과 Metal 표면과의 거리는 DENSIT 시공 두께의 30% 정도로 한다.

4.5 DENSIT 시공 (WearFlex)

① DENSIT 시공은 직사광선이나 바람이 부는 장소는 피하여야 한다.
② 작업에 필요한 재료 설비 및 공구를 준비한다.
③ Mixer에 DENSIT WearFlex를 넣고 Mixer를 수회전 가동한 후, 물을 투입한다. (Mixer의 효율적인 혼합을 위하여 100~150kg을 1 Batch로 한다.) 이 때, 물의 양은 Wear Flex의 5~7%로 한다
④ 물을 넣고, 7~10분 정도 Mixing한 후, Steel Fibres (Size 0.4×12.5mm) 4.5~8%를 넣고 5분정도 혼합한다.
⑤ 필요시 기타 첨가제를 즉시 투입한다.
⑥ Mixing이 완료되는 즉시 Rubber Bucket으로 운반하여 시공 부위에 흙손으로 시공한다.
⑦ 시공시 주의 사항은 Expanded Metal 내부로 DENSIT Compound가 완전히 침투되도록 흙손을 눌러 주면서 작업을 하도록 한다.
⑧ 시공중 흙손이나 수평 Bar를 이용하여 시공부위 표면을 평평하게 한다.
⑨ 시공후에 마감제인 Curing Compound를 Spray해 준다. 마감제는 시공 부위 표면에서의 물의 증발을 방지하여 시공부위의 Crack을 방지해 주며 DENSIT 표면의 강도를 증진시킨다. 작업표면이 넓을때에는 시공과 Spray를 겸하여 작업을 실시한다.

4.5 시공후 강도 발현

① 경화속도에 영향을 주는 것은 대기온도이다
② 강도 발현을 대기온도에 따라 <그림 12>에 나타내었다
③ 사용후 10시간이후부터 경화하기 시작하여 통상 20℃에서는 2-3일 경과후 실제 강도를 발휘하게 된다.
④ 대기온도 5℃(겨울철)에서는 일시적 강도 발현의 저하로 6-7일 정도가 지나야 강도가 발휘하게 된다.
⑤ DENSIT 표면강도가 말기 강도의 65~75%



<그림 12> DENSIT의 강도발현 추이

가 되기전에 사용 되어져서는 안된다.

⑥ 경화의 촉진이 필요할 시에는 열을 서서히 가해줌으로써 경화를 촉진시킬 수 있다.

5. DENSIT 시공 실적

5.1 원료분쇄기 출구 Duct

① DENSIT 시공

- 작업기간 : 1995. 6. 20 - 7. 4
- 시공면적 : 191.8m²
- 시공두께 : 30mm
- 조 건 : 온도 70~75℃, 유속 18~22m/sec
생산성 370T/Hr
- 작업방법 : Duct 제작후 흙손에 의한 방법으로 시공
- 자재 소요량

<표 10>

사 용 자 재	사 용 량	
	kg	kg/m ²
WearFlex 2000	16,000	84.0
Steel Fibres(0.4×12.5mm)	730	3.8

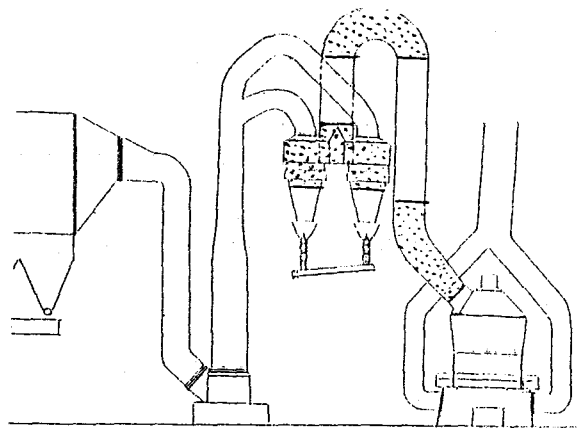
② DENSIT 시공한 Duct를 동계대보수 기간('96.2월)에 교환하였음.

5.2 Cyclone 및 입구 Duct

- 작업기간 : 1996. 1.27~2.10
- 시공면적 : 290m²
- 시공두께 : 25mm
- 작업방법 : Cyclone 내부에서 흙손에 의한 방법으로 시공
- 자재 소요량

<표 11>

사 용 자 재	사 용 량	
	kg	kg/m ²
WearFlex 2000	20,125	69.4
Steel Fibres(0.4×12.5mm)	900	3.1



<그림 13> DENSIT 시공부위

5.3 시공결과

원료분쇄기 출구 Duct 및 Cyclone 내부에 내마모 Lining 보강재인 DENSIT를 시공하여 현재 5개월을 사용한 결과,

- 시공부위의 마모는 거의 일어나지 않았으며,
- Mill 출구 Duct 및 Cyclone 내 Air Leakage 감소로 생산성이 향상되는 효과를 얻었다.

<표 12> Duct 보강전후 비교

	DENSIT시공전	DENSIT시공후	차 이
기 간	95.3.1-6.30	96.3.1-6.30	
생산성(T/Hr)	366.5	373.2	6.7↑

6. 결 론

시멘트 제조공장에서 마모로 인한 공정 Trouble이 있는 설비 및 수송라인의 모든 부위에 적용할 경우 반영구적으로 마모에 대한 문제는 해결될 것으로 판단된다.