

Clinker Cooler EP의 예비 집진 설비 개조 결과 (Multi-cyclone → Hurri-vane)

남인수* · 이세용 · 윤종빈 · 장준영 · 류영호 · 권기영 · 박영섭

<라파즈한라시멘트>

1. 서 론

시멘트 제조공정에서 클링커 쿨러의 냉각공기를 1차공기와 2차공기로 구분하여 kiln과 calciner에서 연소용 공기로 사용하고 남는 여분의 공기를 전기 집진기를 통하여 대기로 배출한다. 당사에서는 이 과정에서 cooler에서 나오는 hot gas에 포함된 dust를 전기집진기에서 최종 여과하여 대기로 배출하기 전에 예비 집진장치의 하나인 다소 효율은 낮으나 고온에서 견딜 수 있는 Multi-clone이 설치되어 있었다. 고온영역 과 뜨거운 dust의 영향으로 이 설비의 수명은 1년에 불과하여 매년 정기보수시 multi-clone 내부의 pipe, cone 그리고 frame을 전량 교환하여야 하기 때문에 maintenance 비용 상승뿐 아니라 maintenance 기간에도 영향을 미치게 되었다.

이에 보수기간에 영향을 받지 않고 거의 maintenance가 필요 없는 Hurri-vane으로 개조하는 방안을 수립하였다.

또한 당사에서는 cooler hot gas의 폐열을 이용하여 waste heat boiler를 가동하여 발생한 증기를 사용하여 폐열 발전 시스템을 운영하고 있는데 multi-cyclone의 입구 dust 막힘 현상으로 집진효율 저하 및 이로 인한 많은 양의 dust가 보일러에 유입되어 보일러의 열 효율 또한 저하시키는 원인으로 작용하고 있었다. 당사에서는 Hurri-vane 개조를 통하여 이 두가지 문제를 모두 해결하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 Multi-clone의 구조적 문제점

다음의 그림에서처럼 Multi-cyclone은 수많은 소형 cyclone의 집합체이다. 소형의 cyclone이 다중으로 설치되어 있어 구조상 dust 및 air의 통로가 좁아 이 부분에 dust의 누적, coating 부착 등으로 설비 정기보수 이후 약 3개월 이내에 Multi-cyclone의 약 1/3에 해당하는 부분, 특히 고온 부위가 그 기능을 상실하는 현상이 계속하여 발생되어 왔다.

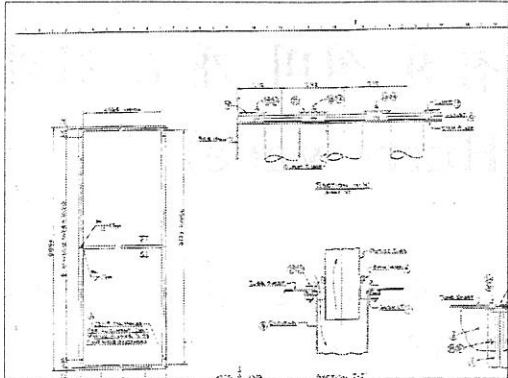


Fig. 1 Multi-cyclone air 흐름도

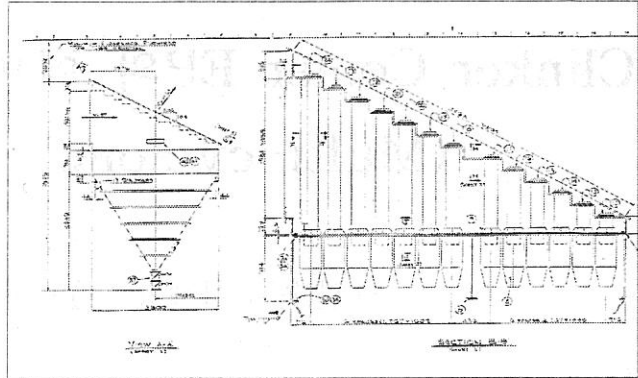


Fig. 2 Multi-cyclone의 배치도

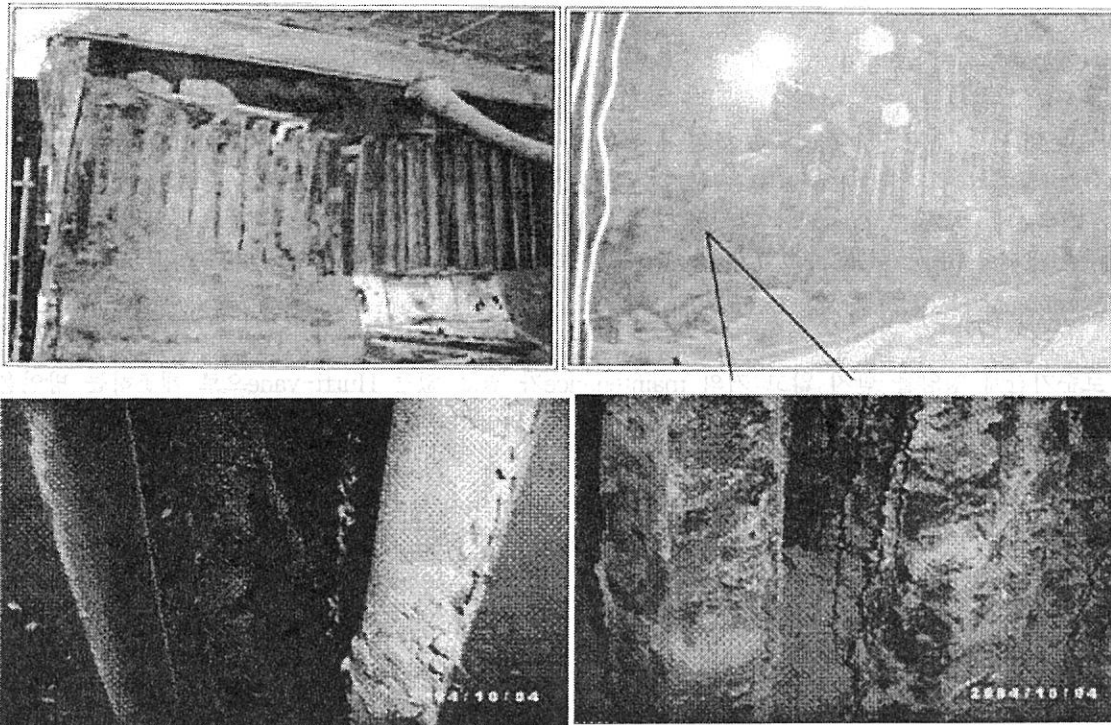


Fig. 3 Multi-cyclone의 손상 부위

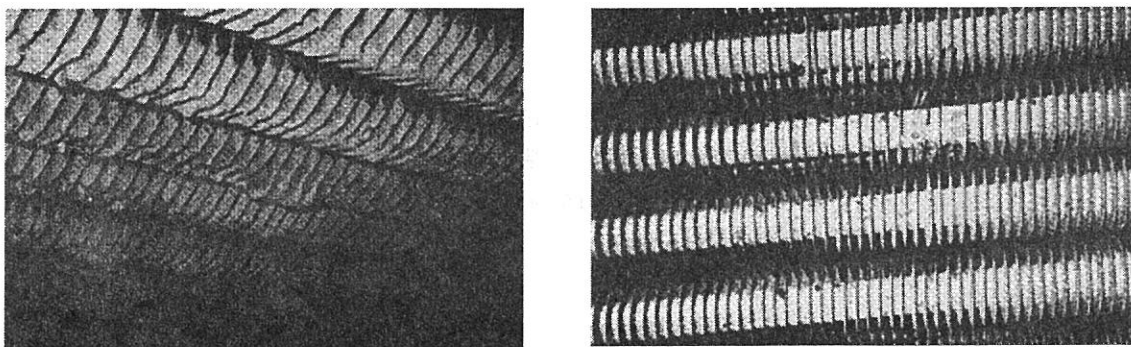


Fig. 4 Waste Heat Boiler의 pin tube에 부착된 dust 및 coating
→ 열교환 효율을 저하시키는 주된 원인으로 작용하고 있음.

2.2 Hurri-vane의 기능 및 장점

일반적으로 알려진 Hurri-vane의 장점은 아래와 같다.

- 높은 집진 효율에 따른 배출 dust 량의 감소
- 낮은 압력 손실로 전력비의 절감이 가능하다
- Compact한 design으로 설치공간이 작게 필요하고 일반적인 cyclone에 비하여 투자비가 작게 소요됨
- 설비 마모의 감소
- 생산량 및 performance 증가

Hurri-vane은 하나의 실린더 내에 2개의 dip tube와 2개의 air 유출구가 있어 집진 효율을 높이고 동시에 guide vane의 역할과 함께 압력 손실도 줄일 수 있다.

당사에서 Hurri-vane으로 교체한 주된 이유는 크게 3가지로 나누어 질 수 있다. 집진효율 향상에 따른 boiler pin tube의 마모감소, 낮은 압력손실을 이용한 전력비용 절감 그리고 maintenance 을 크게 줄일 수 있다는 것이다.

특히 당사에서는 이미 서술한 바와 같이 maintenance 작업을 최소화 하여 이에 따른 비용절감 달성에 초점을 두었다.

아래의Fig. 5에 Hurri-vane의 processing duct 및 air의 흐름에 대한 개략도를 첨부하였다.

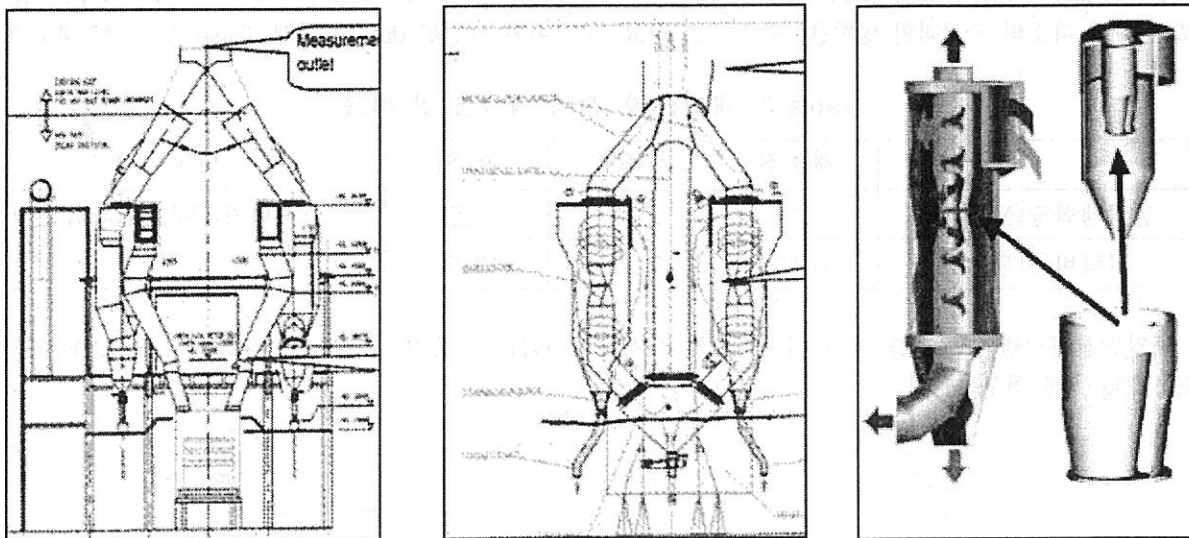


Fig. 5 Hurri-vane의 processing duct 및 air의 흐름 개략도

2.3 Hurri-vane 개조 전, 후 Process 변화

Hurri-vane개조 전, 후의 주요 process 변화는 아래의 Table 1.에 나타난 바와 같다.

Cooler vent gas량의 증가에도 불구하고 Cyclone의 압력 손실은 감소하였으며 cyclone의 dust load 또한 입,출구에서 모두 감소하였다. 이는 상대적으로 높은 정압을 유지하면서도 Multi-cyclone에서 흔히 발생하는air 유입 통로의 현저한 감소가 발생하지 않아 전체적인 유속이 감소한 때문으로 해석된다.

Cyclone의 집진효율을 보면 개조 후 3.2%의 효율 증가가 발생되었는데 이로 인한 boiler 내부로 dust 유입량이 감소하여 boiler 내에서의 dust coating이 줄어 boiler의 열효율 상승을 기대할 수 있고 dust에 의한 pin tube의 마모 역시 크게 감소 될 수 있을 것으로 기대된다.

Table 1. 주요 process 운전 data

구 분	개조전	개조후	차 이	
Gas volume	(Am ³ /hr)	428,217	553,219	125,002
	(Nm ³ /hr)	197,524	226,234	28,710
Temperature	(°C)	320	383	63
Static pressure	(mmWG)	-50	-63	-13
Inlet dust load	(g/Am ³)	16	6.57	-9.43
Outlet dust load	(g/Am ³)	0.88	0.212	-0.668
Pressure drop	(mmWG)	55	48.3	-6.7
Sep. Efficiency	(%)	93.7	96.9	3.2

반면 상대적으로 높은 boiler 입구 온도로 폐열 발전 시스템을 통한 전력 생산량 또한 증가하였다. Boiler 입구 온도는 근본적으로 소성공정 상태 및 클링커 생산량에 직접적인 영향을 받지만 Multi-cyclone 사용시 상대적으로 고온 부위의 air 유입 통로가 막히는 현상을 고려하면 hurri-vane 개조로 인하여 다소의 긍정적인 영향을 준 것으로 사료된다. 이와 관련된 data를 아래 Table 2.에 첨부하였다.

Table 2. 개조전,후 전력 생산량 및 비용

	개조전	개조후	차 이	비고
전력생산량(MW/hr)	7.04	7.32	0.29	전력단가: 57.3 원/kW
전력비(천원/일)	6,922	7,318	396	

폐열발전시스템의 이해를 돕기 위하여 쿨러에서부터 WHR을 통한 폐열 발전 시스템의 Process 개략도를 Fig. 6에 첨부하였다.

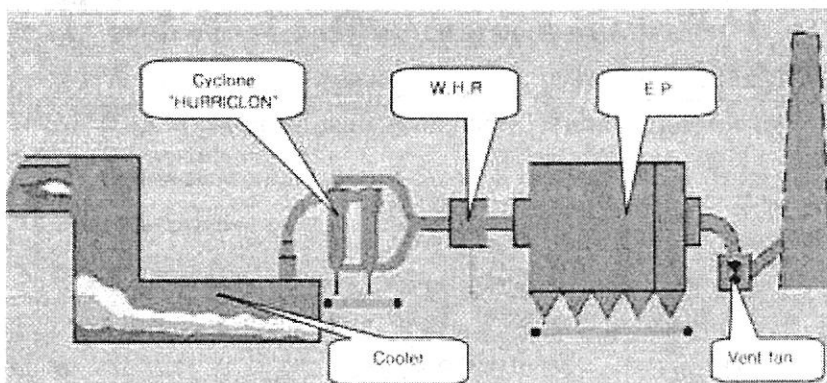


Fig. 6 Cooler, WHR 및 전기집진기 설비 배치도

2.4 경제성 비교

Hurri-vane교체를 위한 총 투자비용은 6억 5천만원이 소요되었으며, 전체적인 경제적 효과는 연간 maintenance 비용절감 1억 2천 만원과 폐열보일러 발전량 증가에 따른 경제적 효과 연간 1억 3천 만원으로 총 2억 5천 만원의 경제적 효과를 달성할 수 있었다. 이 밖에도 압력 손실 감소에 따른 EP fan 전력 사용량을 감안할 경우 그 경제적 효과는 더욱 증가 될 수 있을 것으로 사료된다.

2.5 향후 계획

Hurri-vane의 3호 line에 설치 적용한 결과가 양호하게 나타나 당사에서는 다른 line에 대해서도 기존의Multi-cyclone을 Hurri-vane으로 설치 할 계획을 수립하고 있으며 올해 하반기 보수 기간에 2호 multi-cyclone을 교체하고 순차적으로 다른 line도 교체 할 예정이다.

3. 결 론

1. Hurri-vane의 개조를 통하여 매년 지속적으로 실시하여야 하는 Multi-cyclone의 보수가 현저히 감소할 수 있다.
2. Boiler 내부의 dust 누적 및 dust coating이 감소하여boiler 열효율이 향상되었고 이에 따른 폐열보일러의 전력 생산량이 증가하였다. 또한 상대적으로 높은 집진효율로 boiler에 유입되는 dust 량이 감소하여boiler pin tube의 유지보수가 감소하였다.
3. 구체적인 비용 계산은 실시하지 않았으나 전체 system 내의 압력손실 감소로 EP fan의 전력 사용량을 감소에 기여할 것으로 기대된다.

< 참 고 문 헌 >

1. International Cement Review
2. Lafarge "Vade Mecum - Cement Process Engineering"
3. Lafarge "Best Practice"