

우드펠릿 전소 보일러의 노내 열흡수 개선 사례

We will make the world better place.
KOEN will present shining future for you.
KOEN pursues a healthy and constantly growing company with changing
and innovating mind and crates the values for the better future.



Introduction

➤ 대상 설비

□ '73년 준공된 국내 대표적인 무연탄 발전소 → '17년 연료전환된 친환경 발전소

- RPS(Renwable Portfolio Standard) 대응 및 REC(Renewable Energy Certificates) 확보하여,
- 수익을 창출함과 동시에 신재생에너지를 확대 보급하고자 하는 국가정책에 부응
- 사용연료 : 석탄(국내 무연탄) 및 중유 혼소 발전소에서 바이오매스(wood pellet) 전소 발전소로 전환

구분	항 목	단 위	내 용
보 일 러	형 식	-	Drum, Biomass Firing, Opposed wall Firing
	증 발 량	t/h	372
	주증기 압력	kg/cm ²	131
	주증기 온도	°C	541
	연료	-	Wood Pellet

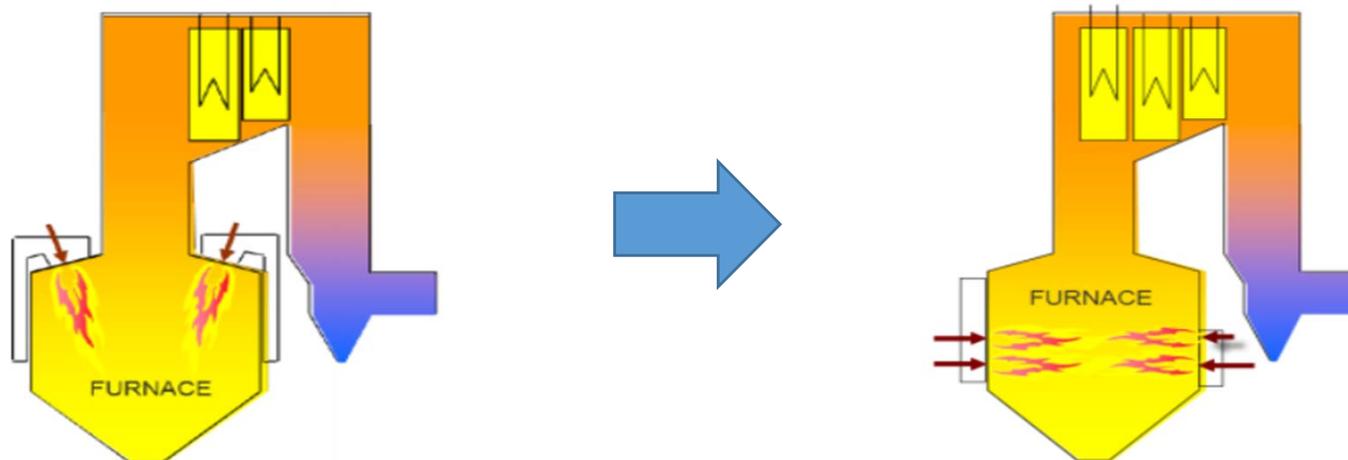


Fuel Conversion

➤ 연료전환공사 개요

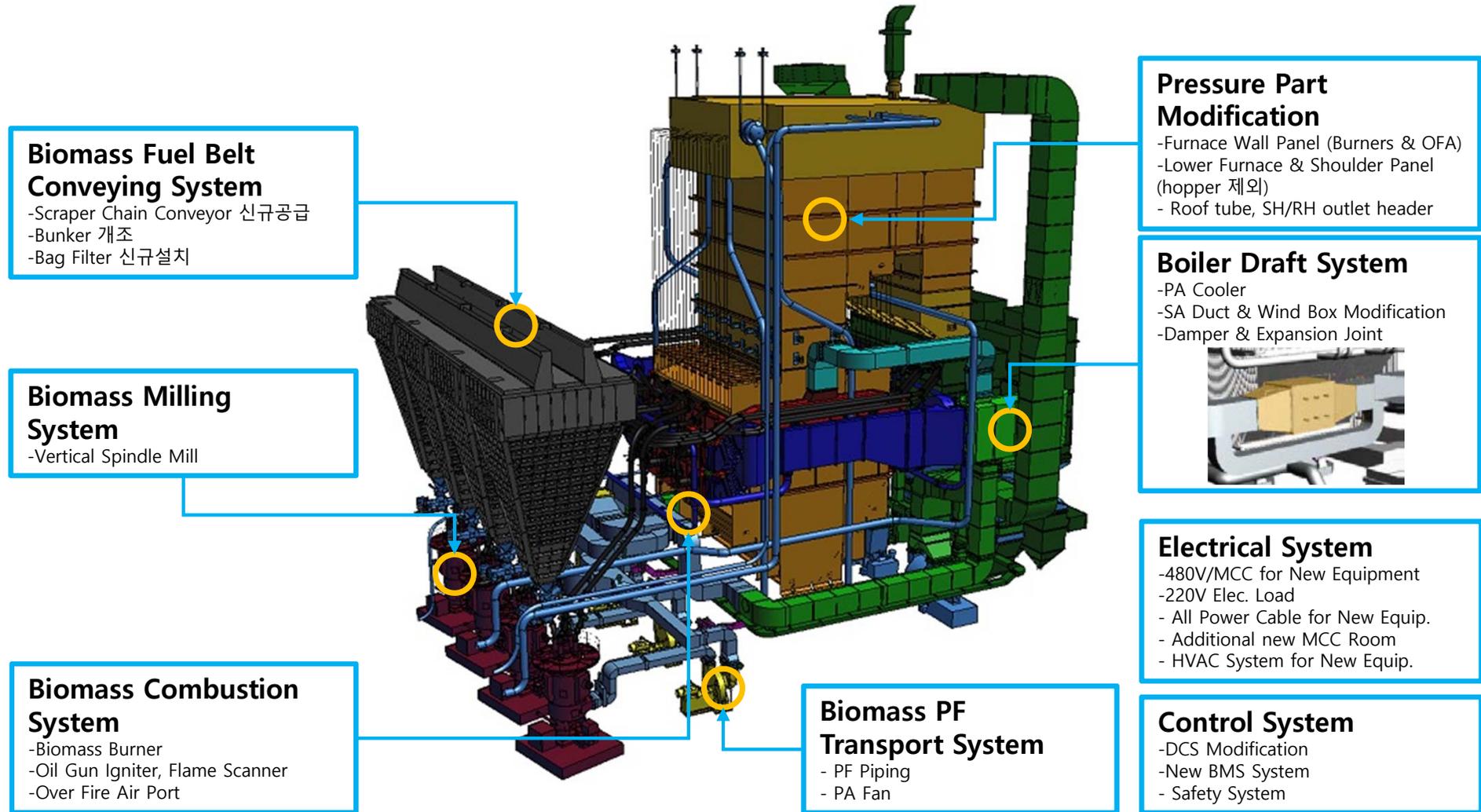
- 바이오매스(Wood Pellet)로의 연료전환에 따라 보일러는 기존 Downshot 연소 방식에서 Opposed Wall 연소 방식으로 변경되며, 관련 연소시스템 구성기기들이 변경
 ※ 여러 종류의 연료를 사용 가능하도록 설계되어 있으나, Wood Pellet 전소 조건에서 최적 연소가 될 수 있도록 설계됨.
- 연소시스템 변화에 따른 구성 기기 변화 (화로, 버너, 미분기, Fan 용량 향상 등 관련기기 변경)

구분	내용		
설비 개조	항목	기존	변경
	연소형태	Down Shot	Opposed wall
	연료	국내탄, 중유	Wood Pellet
기타 설비	Mill 교체, PA CLR 신설, 연료 전환 후 영향을 미치지 않는 기존설비는 유지		



Fuel Conversion

➤ 연료전환공사 개요



Removing Refractory

➤ 준공 후 주요 이슈

✓ TMCR 기준 FOT(Furnace Out gas Temp)가 최대 1300℃로 문제 발생

- Furnace Out Gas Temp가 1,100℃ ~ 1,300℃로 설계치(1,178℃) 대비 다소 높게 운전되고 있으며, 이로 인해 슬래깅 및 대형 클링커 생성

※ 설계 기준 FOT에 비해 연료 성상의 IDT가 충분히 높아 Clink 생성 가능성 낮게 예상

- IDT : 1,210℃/ 예상 FOT 온도 : 1,030(BMCR), 1002.5℃(TMCR)

- Platen SH 하부 Clink 생성 방지를 위해 Soot Blower 설치



대형 클링커(3m) 발생



Refractory 부위 집중생성

Removing Refractory

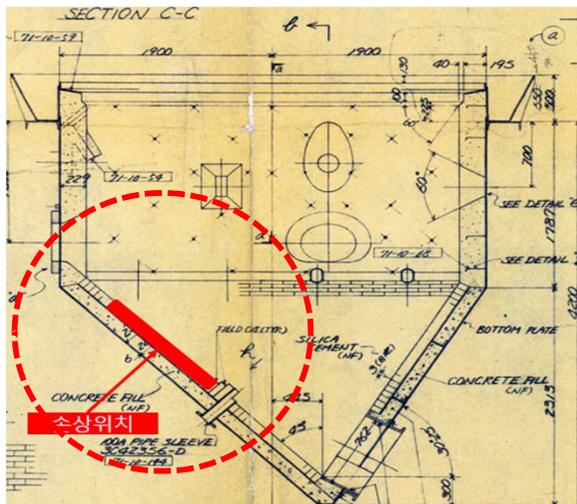
➤ 준공 후 주요 이슈

✓ Bottom Ash Hopper 내화벽돌의 탈락

- 계획중간정비 기간 중에 내부 점검을 실시한 결과 #A Bottom Ash Hopper 내화벽돌 약 6m² 가량 탈락된 것을 확인

✓ 수냉벽 대형 클링커 낙하로 인한 보일러 하부 Slope Tube 손상 빈번

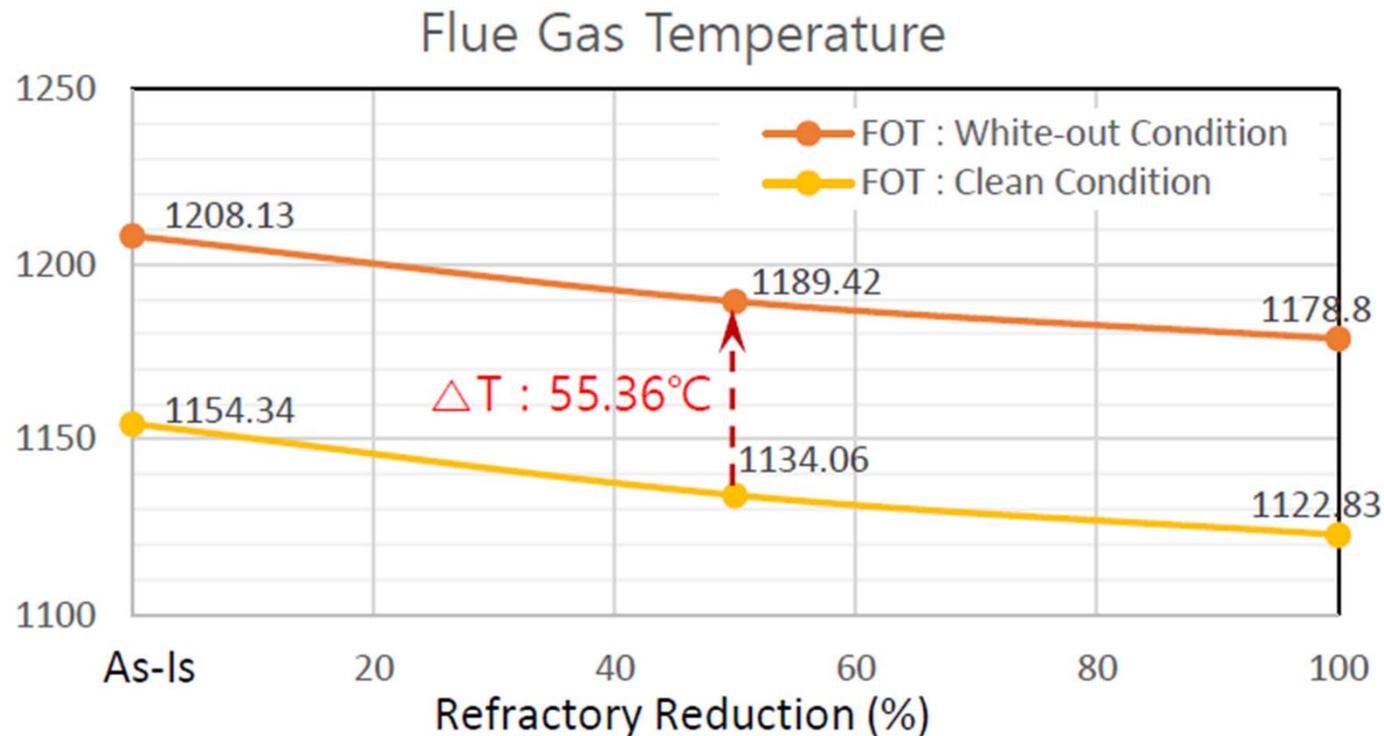
- 1호기 보일러 Slope Tube Leak 발생 사례('19.02.25)
 - 발생 위치 : 보일러 1.7F Left측 Front Slope Tube Leak
 - 발생 원인 : 대형 클링커 낙하로 인한 충격



Removing Refractory

▶ 제작사 상태분석 결과

- ✓ Furnace 표면이 'Clean' 한 조건과 'White-out' 조건에서의 FOT 및 Furnace Wall, Platen SH 에서의 열흡수량 변화 검토
- 실제 운전상태를 기준으로, O/H직후 'Clean' 조건에서 약1주일 정도의 운전 후 'White-out' 조건으로 바뀌게 되면, FOT는 1,134℃에서 → 1,189℃로 상승하게 됨.
- 이로 인하여 화로에서의 열흡수량은 134.2MW에서 → 120.5MW로 낮아짐 (▼약13.7MW)



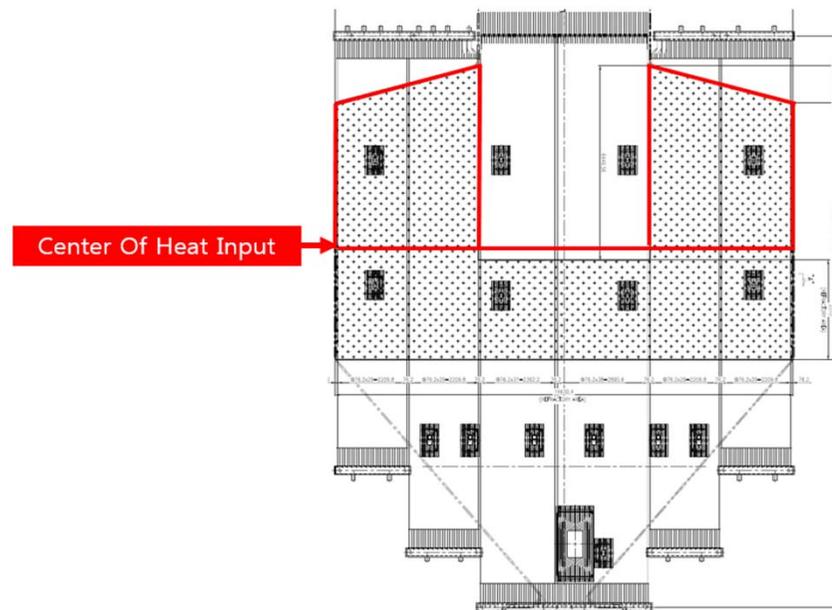
1. Removing Refractory

➤ 개선공사 검토 (1차, 50%)

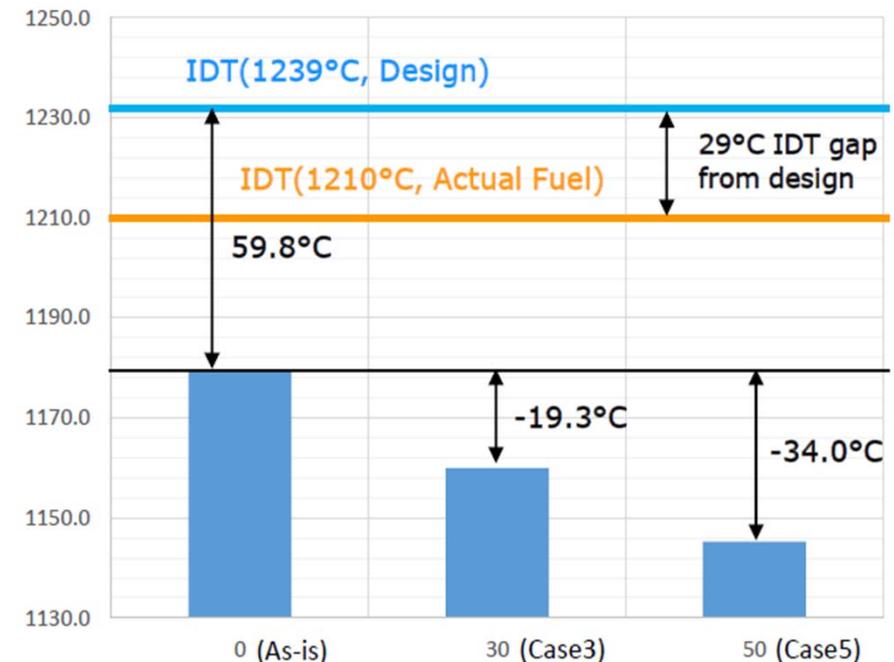
□ Furnace Refractory 50% 제거 검토 결과 : 수냉벽의 열흡수율 향상 예상

✓ 제거 후 운전상태 검토 결과(제작사)

- 주증기 및 재열증기 특성에 영향 없음 및 FOT 약 34℃ 저감효과 예상
- Center of Heat Input의 상부 105m²(50%) 제거 추천



1차 내화벽돌 제거 부위



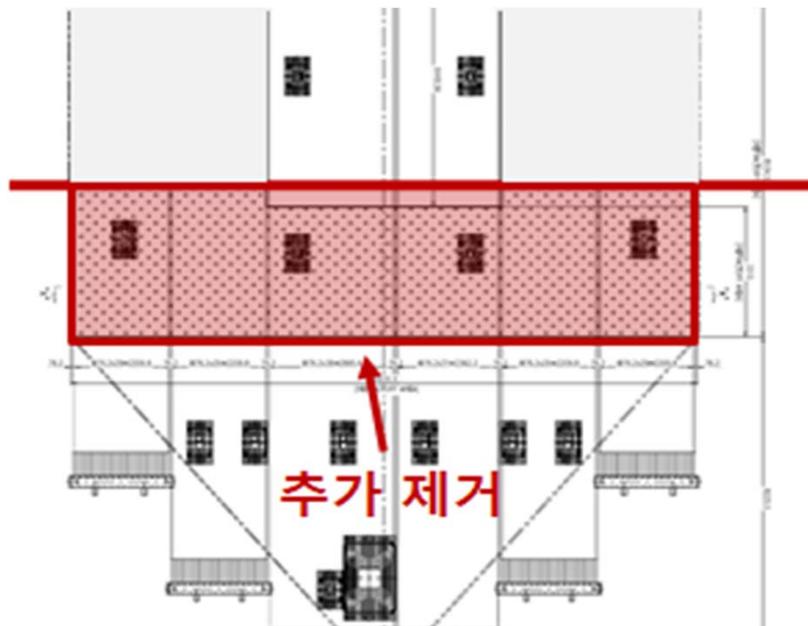
Removal Rate & FOT

Removing Refractory

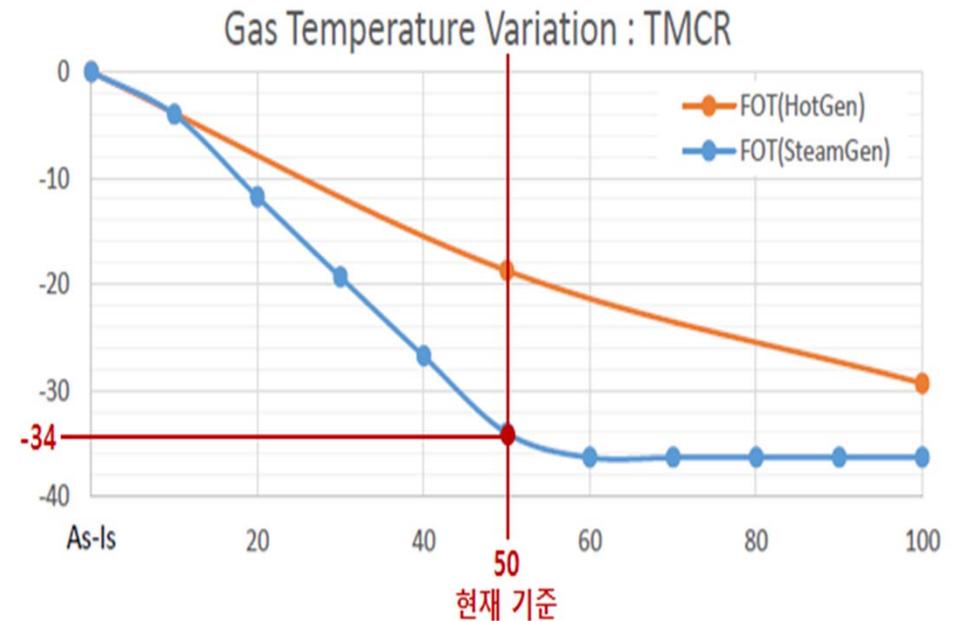
➤ 개선공사 검토 (2차, 100%)

□ 1차 공사 후, 잔여 50% 추가 제거

- ✓ Center of Heat Input의 하부 98m²(50%) 제거 시 FOT 온도변화 효과는 적으나, 잔여 Refractory 부와의 온도차에 의한 슬래깅 집중생성 문제로 100% 제거 결정



2차 내화벽돌 제거 부위



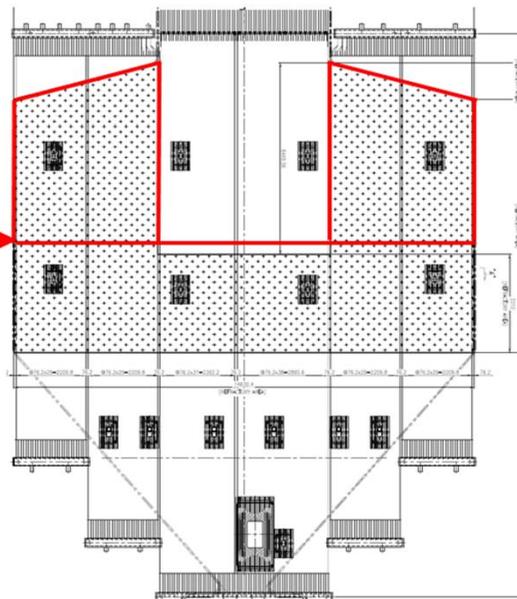
Removal Rate & FOT

Removing Refractory

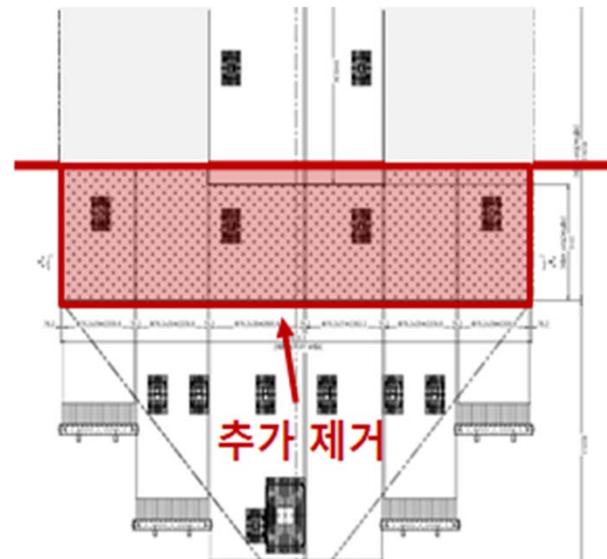
➤ 내화물 제거공사 완료

□ 1차 Furnace Refractory 제거 : 상부 50% (105m²)

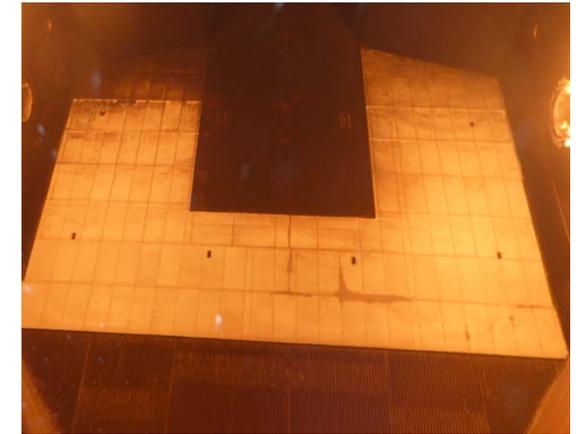
□ 2차 Furnace Refractory 제거 : 하부 50% (98m²)



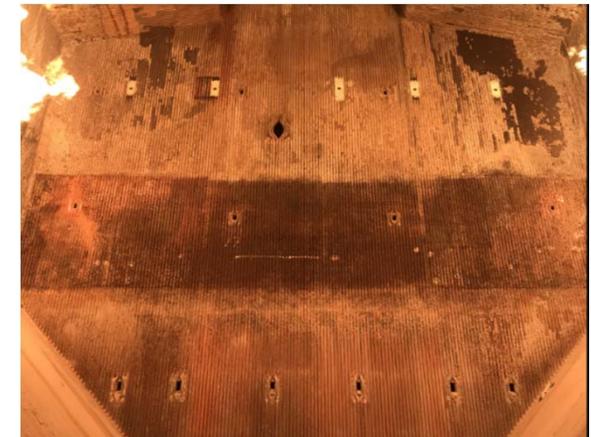
상부 50% 제거



추가 50% 제거



제거 전



제거 후

Performance Test

➤ 개선공사 전·후 성능시험 개요

- ✓ 준공 이후 1차 성능시험(인수성능시험) 결과 보일러 출구 배기가스의 온도가 크게 증가하고, 노내 내화물 부에 집중적인 클링커 발생 등 문제가 발생하였다.
- ✓ 이를 해결하기 위해 보일러 노내의 내화물을 제거하였으며, 이후 효과 확인을 위한 2차 성능시험 실시

※ 성능시험 수행기준

- 발전플랜트 성능 계산은 MPT46을, 보일러 성능 계산은 MPT4를 각각 적용
- 계측기는 특설계측기 또는 현장에 설치되어있는 계측기 값을 사용
- 시험부하는 100% TMCR 수준에서 각각 2시간 씩 운전 데이터를 취득
- 사용연료는 시험시간 동안 동일한 조건으로 투입하였고, 정확한 성능시험을 위해 계통격리를 실시
- 성능시험은 각각 2회 시행되었고 두 시험의 평균값을 구하여 내화벽돌 제거 전·후의 상태를 비교

Performance Test

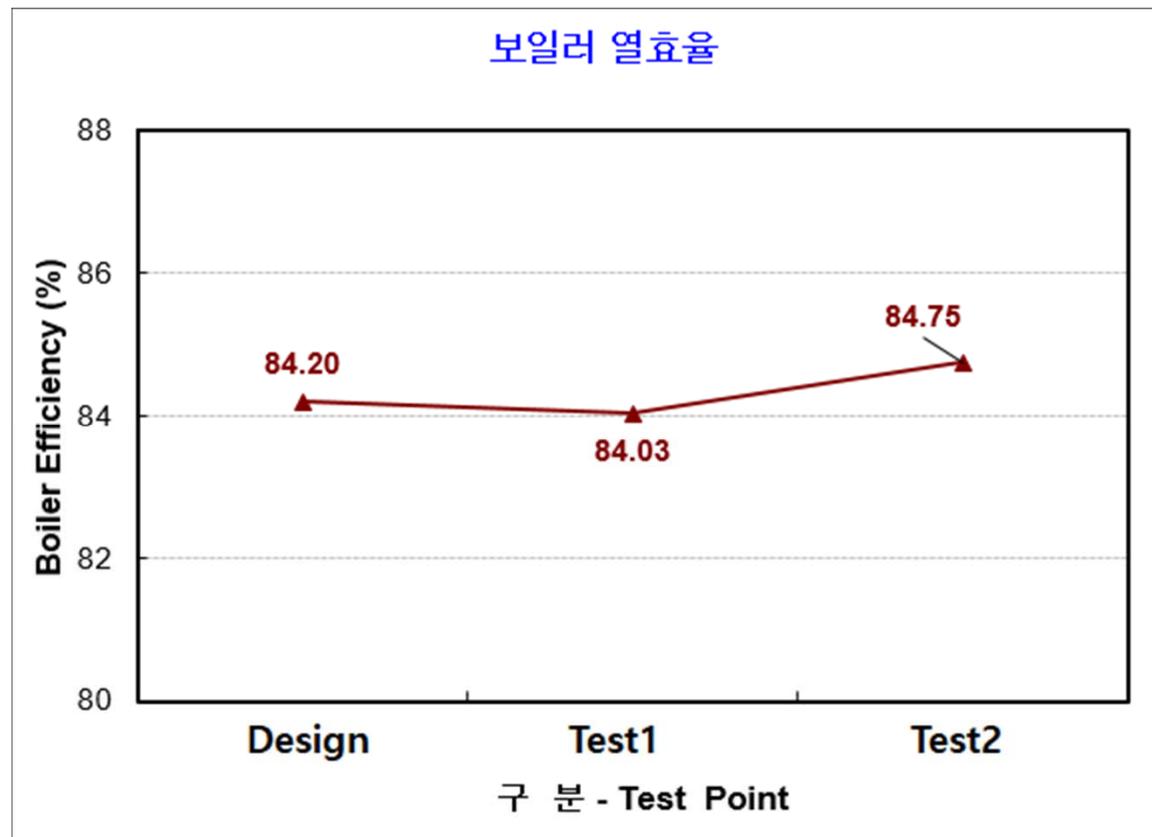
- 시험연료 성상

Parameter	Units	Design	Test1	Test2
Ultimate Analysis_ AF basis				
Carbon	% wt	50.00	49.67	46.42
Hydrogen	% wt	6.17	5.92	4.70
Oxygen	% wt	41.67	41.84	38.04
Nitrogen	% wt	0.25	0.39	0.29
Sulphur	% wt	0.03	0.03	0.03
Ash	% wt	1.88	2.12	1.81
Proximate Analysis_ AF basis				
Volatile Matter	% wt	74.73	74.20	72.84
Fixed Carbon	% wt	17.16	15.80	17.62
Moisture	% wt	6.40	8.05	7.72
Ash	% wt	1.69	1.95	1.82
HHV	kcal/kg	4,100	4,394	4,243

Performance Test

➤ 개선공사 전·후 성능시험결과 비교

□ Boiler Thermal Efficiency

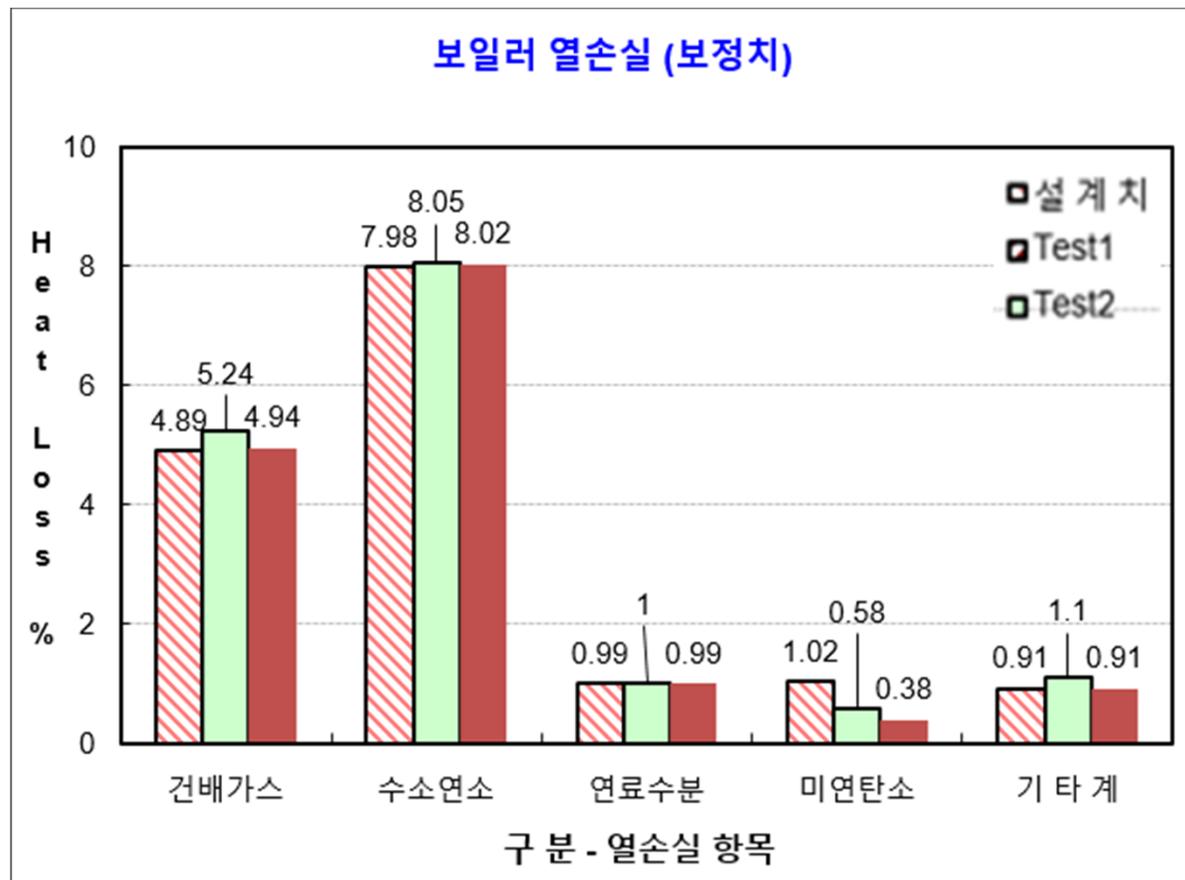


- 내화물 제거 전(Test1)
보일러 열효율은 84.03%로
설계치 84.20 % 대비 **0.17%P 감소**
- 내화물 제거 후(Test2)
보일러 열효율은 84.75%로
Test1 대비 **0.72%P 증가**
- Test1의 보일러 열효율이 낮은 원인은
건배기가스손실 증가요인

Performance Test

➤ 개선공사 전·후 성능시험결과 비교

□ Boiler Thermal Loss

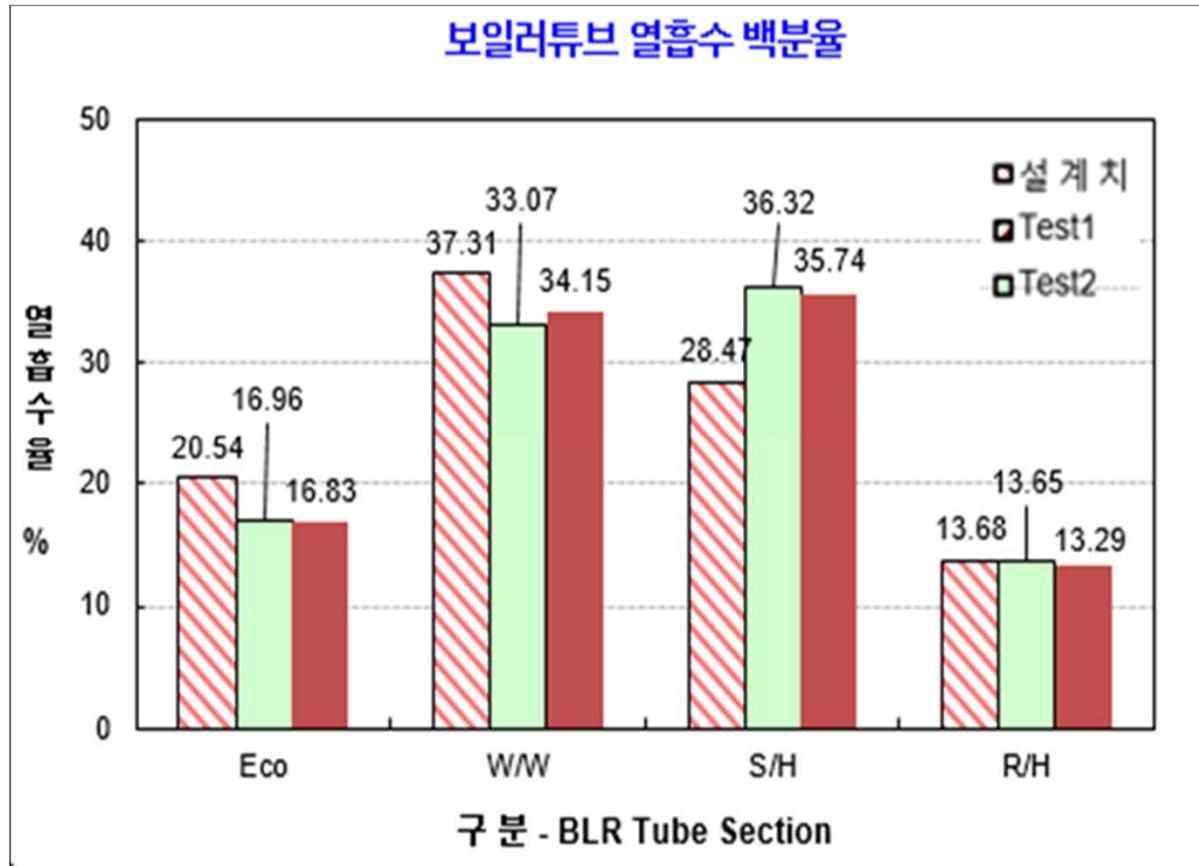


- 내화물 제거 전(Test1)
건배기가스손실은 5.24%로
설계치 4.89% 대비 **0.35%P 증가**
- 내화물 제거 후(Test2)
건배기가스손실은 4.94%로
Test1 대비 **0.3%P 감소**
- 내화물로 인한 수냉벽 열흡수 저하로
건배기가스손실 증가

Performance Test

➤ 개선공사 전·후 성능시험결과 비교

□ The Percentage of Heat Absorption in each tube

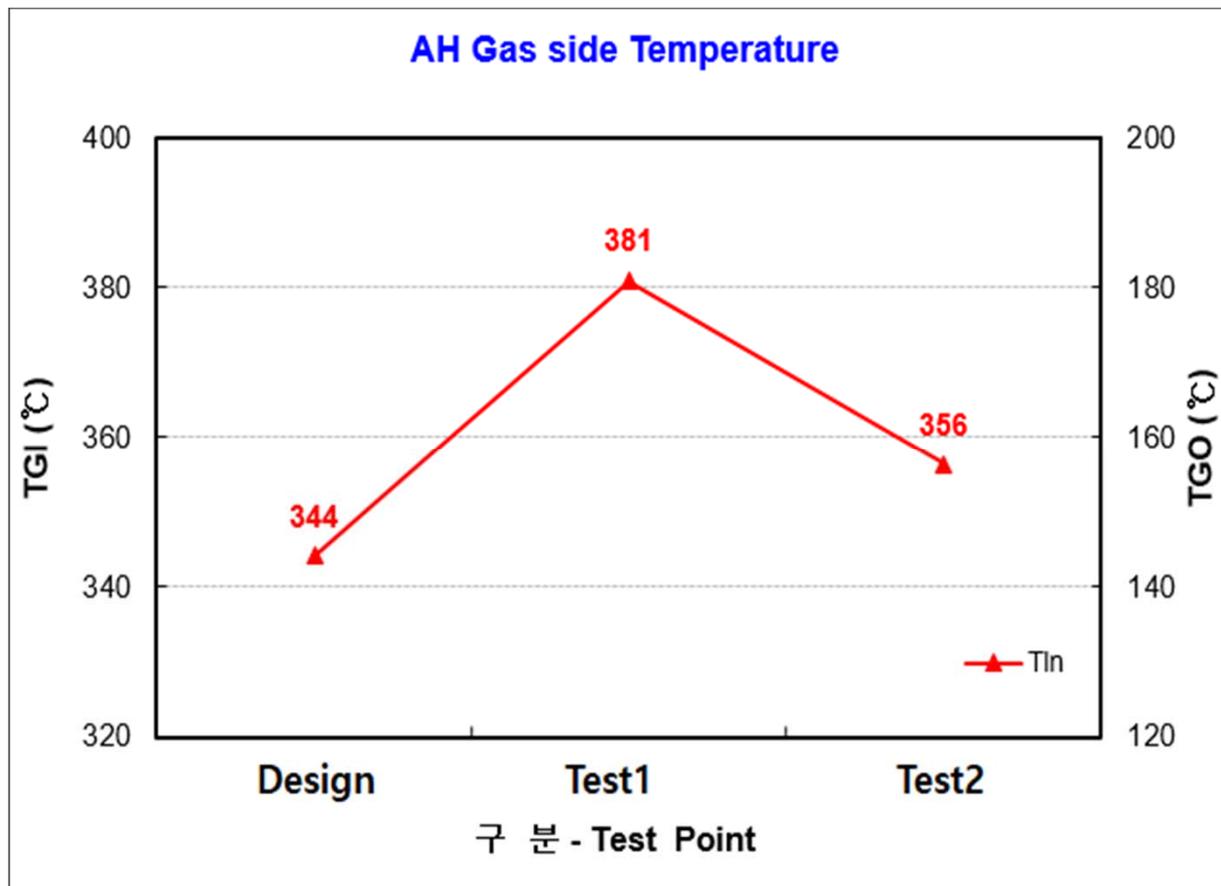


- 수냉벽 열흡수백분율 :
Test1의 경우 33.07%로
 설계치 37.31%보다 **약 4.24%P 낮음**
Test2의 경우 34.15%로
 Test1 대비 **약 1.08%P 증가**
- 과열기 열흡수백분율 :
Test1의 경우 36.32%로
 설계치 28.47% 대비 **7.85%P 증가**
Test2의 경우 35.74%로
 Test1 대비 **0.58%P 감소**
- 보일러 내화벽돌 제거 후,
 제거 전 대비하여 수냉벽 열흡수 증가
 → **대류부(SH,RH) 열흡수 소폭 감소**
- 그러나, 내화물 제거 전·후 모두
 수냉벽 열흡수백분율은
 설계치 대비 큰폭 감소
 → **과열기 열흡수백분율 증가**

Performance Test

➤ 개선공사 전·후 성능시험결과 비교

□ AH Gas side Temperature

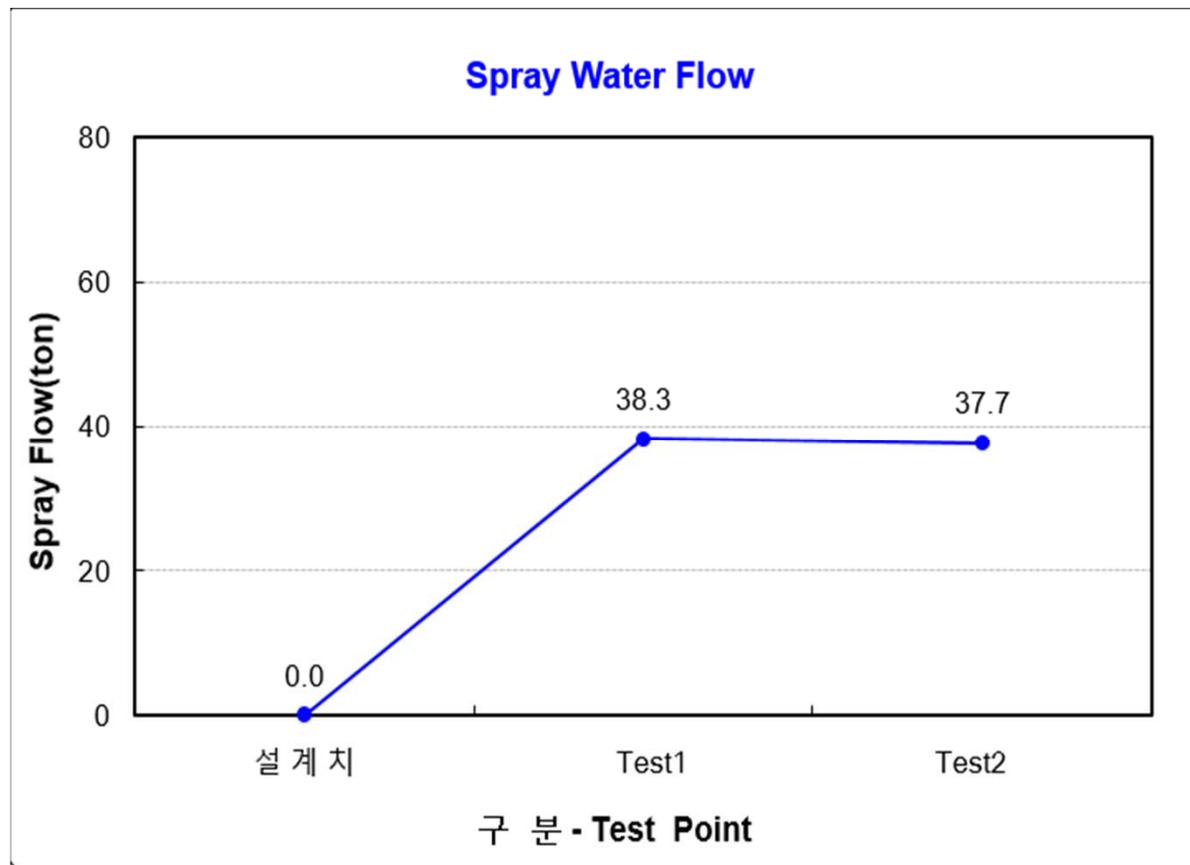


- 보일러 출구 배기가스 온도변화:
Test1의 경우 381℃로
 설계치 344℃ 대비 **37℃ 증가**
- Test2**의 경우 356℃로
 Test1 대비 **25℃ 감소**
 설계치 344℃ 대비 **12℃ 증가**
- 내화물 제거 전·후 모두
 배기가스 온도 설계치 대비 증가
 → **건배기가스손실 증가**

Performance Test

➤ 개선공사 전·후 성능시험결과 비교

□ Mass Flow of Attemperator



- 과열기 과열저감수량 :
Test1의 경우 38.3t/h로
 설계치 0t/h 대비 **38.3t/h 증가**
- Test2**의 경우 37.7t/h로
 Test1 대비 **0.6t/h 감소**
 설계치 0 t/h 대비 **37.7t/h 증가**
- 내화물 제거 전·후 모두
 수냉벽 열흡수율 저하
 → 과열기 열흡수율 증가
 → 과열기 과열
 → 과열저감수량 증가
 → **플랜트 사이클효율 감소**

Summary

➤ 개선공사 후 효과

1) Water Wall Tube 열흡수율 증가

내화물 제거 후 W/W Tube의 열흡수 백분율이 제거 전 대비 **1.08%P 개선**

2) 보일러 출구 배기가스 온도 감소

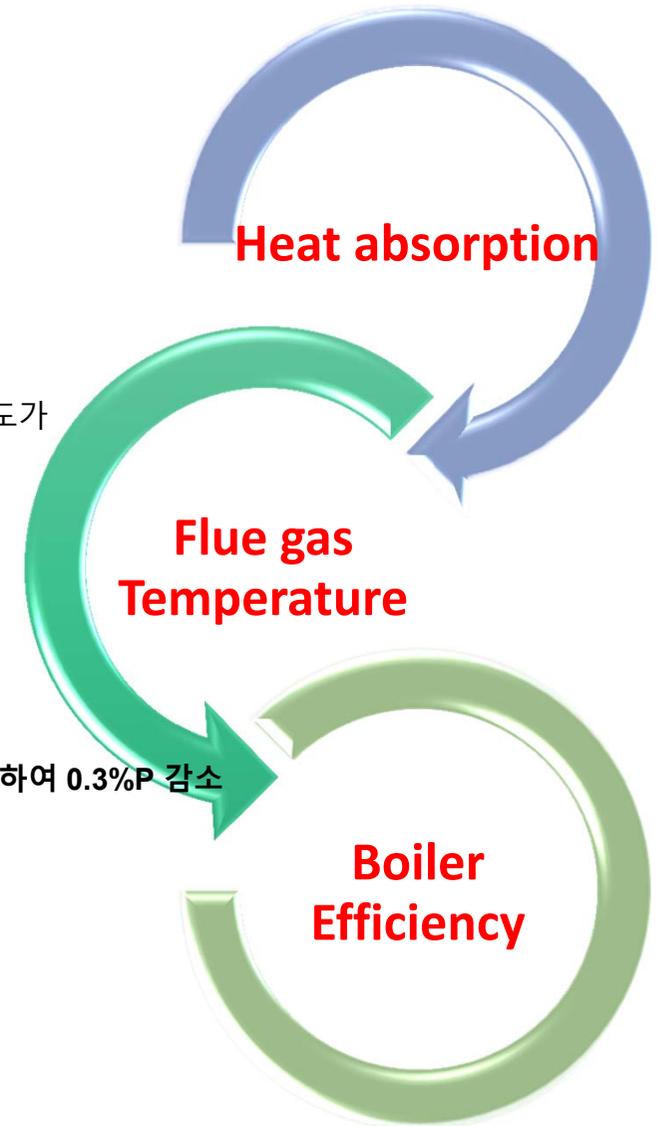
내화벽돌 제거 전 Water Wall Tube와 Eco Tube의 열흡수율저하 영향으로 보일러 출구 배기가스 온도가 설계치 대비 약 37℃ 증가하였으나, 내화벽돌 제거 후 제거 전과 비교하여 약 25℃도 감소

3) 건배기가스 손실 감소

내화벽돌 제거 전 배기가스 온도 상승으로 인해 보일러의 건배기가스 손실이 설계치 대비 0.35%P 증가하였으나, 내화벽돌 제거 후 배기가스 온도가 감소하며 건배기가스 손실이 제거 전 대비하여 **0.3%P 감소**

4) 보일러 열효율 증가

내화벽돌 제거 전 보일러 효율은 설계치 대비 낮은 상태였으나, 제거 후 보일러 효율이 설계치 이상으로 증가하였고, 제거 전 대비 **0.72%P 증가**



Conclusion

- ✓ 노내의 내화벽돌 제거 후, 제거 전 대비하여 수냉벽 열흡수율은 증가하였고,
→ 보일러 건배기가스손실이 감소하며 보일러 효율은 소폭 증가하였다.
- ✓ 그러나 여전히 보일러 Tube별 열흡수율이 설계치와 상이(수냉벽 열흡수율 저하)하며,
→ 이로 인해 과열기의 열흡수율이 증가하며 과열기 과열저감수가 과도하게 투입되고 있다.
- ✓ 이러한 경우 플랜트의 사이클 효율이 감소할 수 있고, 과열기 과열 및 파손 등의 문제가 발생하므로,
→ 추가적인 연소조정 및 설비개선을 통한 수냉벽 열흡수율 향상 및 과열기 열부하 감소방안 필요
- ✓ 또한, 추후 연료전환 시 설계단계에서 동일 연료의 보일러 운영사례를 통해 연료 연소특성(슬래깅성, 적정 미분기 및 보일러 타입 설정)을 정확히 파악하여 반영 필요