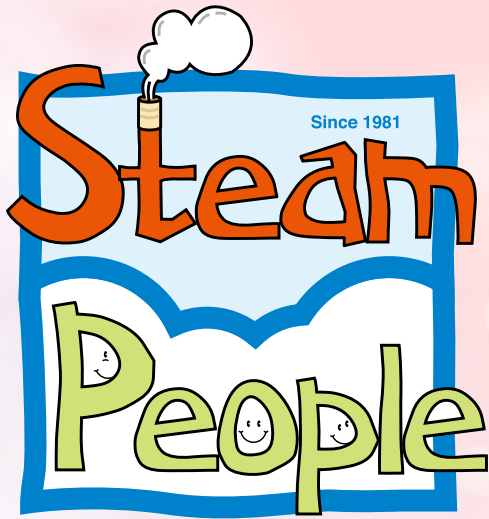




spirax/sarco

Vol.141 / March 2025



솔루션! 현장에서 답을 찾다!

여수 K에너지 보일러 절탄기 개선 사례

다시보는 Key Solution No.13

효율적인 배기가스 열 회수 시스템 적용

Digital Service

무선 스팀트랩 모니터링 시스템

After Service

스팀트랩 설치 및 AS

Content

솔루션! 현장에서 답을 찾다. **03**
여수 K에너지 보일러 절탄기 개선 사례

다시보는 Key Solution No. 13 **06**
효율적인 배기가스 열 회수 시스템 적용

Digital Service **11**
무선 스팀트랩 모니터링 시스템

After Service **14**
스팀트랩 설치 및 AS

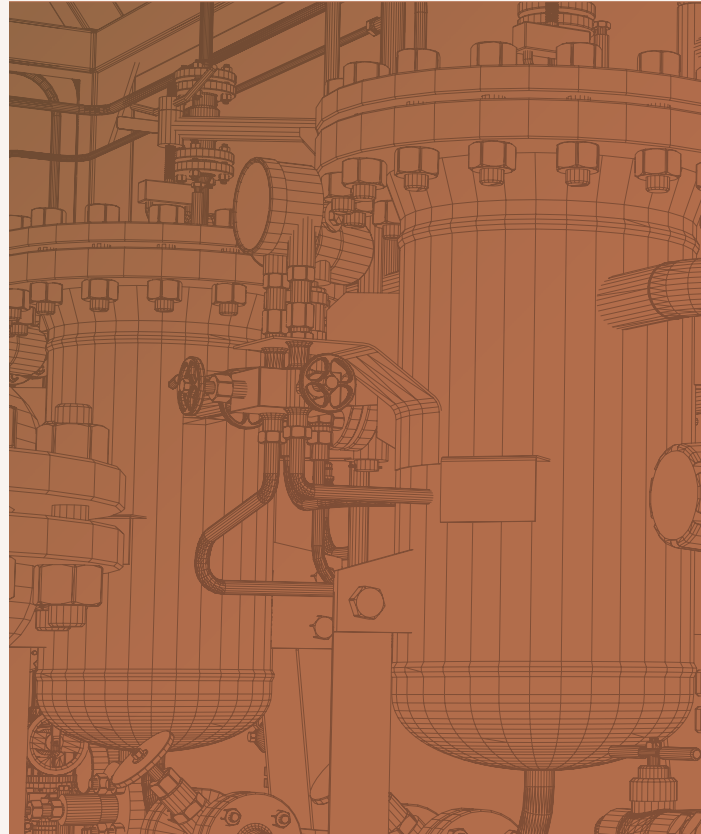
발행 : 한국스파이렉스사코(주)

발행인 : 김창용
편집인 : 오부열
편집 : 이미경
디자인 : 빈센트커뮤니케이션즈
인쇄 : 좋은사람들

Steam People의 모든 내용은 인터넷 홈페이지
<http://www.spiraxsarco.com/global/kr> 에서도
만나실 수 있습니다. 본문 내용에 대한 문의사항이 있을 경우
홈페이지 Q&A 코너를 이용하시기 바랍니다.



<http://www.spiraxsarco.com/global/kr>



한국스파이렉스사코에서는 고객 여러분의 현장에 딱 맞는 해
법을 제공하기 위하여 그동안 제안되었던 내용에 축적된 기술
을 한층 더 심화한 Key Solution (Best 성공사례)의 현장을 직
접 찾아가 고객의 소리를 직접 듣고자 합니다. 첫번째로 Key
Solution 13인 <효율적인 배기가스 열 회수 시스템>을 적용
한 K에너지 개선사례 적용 후 내용을 전달해 드립니다.

솔루션!
현장에서 답을 찾다.

여수 K에너지 보일러 절탄기 개선 사례

여수 K에너지는 열병합발전소, 열전용 보일러, 자원회수시설 등 1개소 이상의 집중된 에너지 생산시설에서 생산된 에너지 (열 또는 열과 전기)를 주거, 상업지역 또는 산업단지 내 다수 사용자에게 일괄 공급하는 종합에너지 공급사이다.

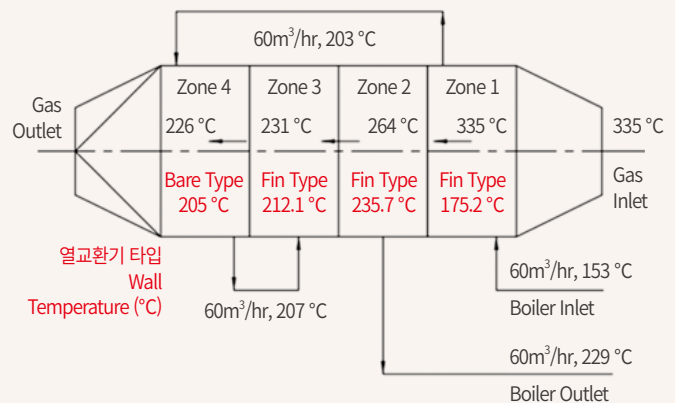
특히 K에너지는 배열을 효과적으로 이용해 전력과 열 에너지를 동시에 생산하여 열 이용률을 향상하고 있으며, 전력 부분에서는 범 국가적 전력수급의 안정화 및 원격지 전력 송전에 의한 설비비 및 송전 손실 비용을 줄이는데 기여하고 있다. 또한 열 부분에서는 지역산업단지 내 다수 업체에 연료 사용량 절감 및 온실가스 감축에 기여하고 있다.

K에너지는 인근 카본블랙 공장 (타이어 원료 생산)에서 배출된 Tail Gas를 처리하는 과정에서 발생된 스팀과 전기를 유효 에너지로 회수하고, 최종 배기가스는 친환경 공법으로 중화, 흡수 처리하는 공정을 운전 중에 있다. 그러나 Tail Gas 내 높은 농도의 황 및 질소 산화물에 의해 배기열을 회수하는 절탄기의 오염 및 부식의 문제가 공장 가동율을 저해하고, 효율적인 에너지 회수에 걸림돌이 되고 있었다.

2020년 한국스파이렉스사코에서 “ESPP를 통한 에너지 절감 및 온실가스 감축”의 제안을 통해 협업이 진행되었으며 공통의 관심사인 배기열 회수 절탄기에 대해 개선이 시작되었다.

기존 설치된 열교환기는 Zone 1 ~ 4로 구성되어 있으며, Zone 4에서는 저온부식이 발생되어 잦은 정비 및 교체가 진행되었으며, Zone 1 ~ 3은 SNCR 잔류 요소(Urea)와 황산의 반응으로 황산암모늄(황산, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)등에 의해 오염이 심화되어 열교환 효율을 저해하는 원인이 되었다. 이에 한국스파이렉스사코는 배기가스 조성 및 운전조건을 분석하고, 산 노점과 절탄기 Wall temperature 계산을 통해 가장 적합한 폐열 회수 시스템을 다음과 같이 설계하였다.

열교환기 보일러급수 유로 변경



○ 개선 전 | 오염된 열교환기



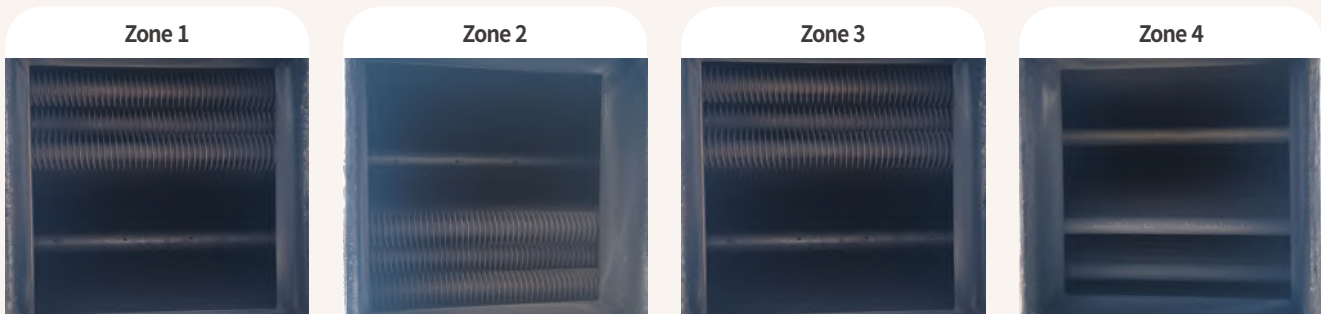
개선 1. 신규 제작되는 절탄기의 급수 유로를 Zone 1 → Zone 4 → Zone 3 → Zone 2 (일반적으로는 배기온도가 낮은 곳으로 급수를 공급하여 높은 곳에서 배출하는 순서인 Zone 4 → Zone 3 → Zone 2 → Zone 1)로 변경하여 탈기기에서 공급되는 낮은 온도의 급수를 고온의 배기가스와 1차 열교환하여 산 노점 이하로 운전되지 않도록 개선하였다.

개선 2. 탈기기 운전압력을 2.7 bar g × 140 °C에서 4.3 bar g × 153 °C 까지 승압하여 운전하여 급수 온도를 승온하였다.

개선 3. 가장 오염이 심한 Zone 4는 Bare tube type으로 열교환기를 설계하고, 나머지 Zone 1~3는 Fin tube type으로 열효율을 높이는 설계를 반영하였다.

개선 4. Steam Soot blower에서 스팀 내 응축수 유입을 최소화하였으며, 오염될 경우 효율적인 Soot blowing이 될 수 있도록 배열하고, 수량을 늘리는 설계가 반영되었다.

● 개선 후 | 깨끗하게 운전되고 있는 열교환기



이러한 개선을 통해 절탄기 저온부식을 최소화하고 황산암모늄 및 Dust에 의한 오염을 최소화하여 공장 가동률을 향상시키고 설비 유지 보수 비용도 감소하였다.

개선 후 1년 이상 사용한 절탄기 맨홀을 통해 내부의 오염 및 부식상태를 점검한 결과 거의 초기 설치상태로 운전되고 있음을 확인하였다.



**본 개선사례를 현재 운영하고 있는
여수 K에너지 담당 팀장에게 운영상황을
직접 들어보았습니다.**

Q_ 절탄기 관련하여 기존에 겪고 있던 문제는 무엇이었나요?

A_ 고유황 연료 (Carbon)를 사용하기 때문에 후단에 환경 설비를 적용하는데 황산암모늄 염 발생으로 인한 막힘 현상과 저온 부식이 발생하여 차압이 상승하는 문제가 있었습니다.

Q_ 이러한 문제를 해결하기 위해 어떤 시도를 해보셨나요?

A_ 절탄기가 황산암모늄 염으로 오염되어 차압이 형성되고 열교환 효율이 저하되어 수시로 청소를 실시하였습니다. Tube 부식으로 인한 터짐 현상이 발생하면 부식이 발생한 Tube만 절단하고 Plugging으로 해결하였고 약 10년 주기로 절탄기 교체 공사를 실시하였습니다. (1999년, 2009년 ~ 2010년, 2020년)

Q_ 여러 개선 방안 중에서 한국스파이렉스사코의 ‘보일러 절탄기 개선 공사’를 선택하게 된 결정적 이유는 무엇인가요?

A_ 타 열교환기 업체와 경쟁 입찰하던 중에 스파이렉스사코에서 절탄기의 배열과 BFW Line 배열 순서를 1 Bundle → 3 Bundle → 2 Bundle로 해보자는 기술적 접근 개선 방향의 아이디어가 막힘 현상과 저온 부식에 좀 더 적합할 것으로 판단되어 선택하게 되었습니다.

Q_ 개선 공사 도입 전에 기대하셨던 목표나 기준은 어느 정도였나요?

A_ 황산암모늄 염에 의해 막히고 저온 부식으로 인해 Tube 터지는 현상을 방지하고 싶었고 BFW Water 온도를 153°C (In)에서 229°C (Out)로 높여 성능을 개선하고 유지하는 것을 기대하였습니다.

Q_ 보일러 절탄기 개선 공사’가 실제로는 어떻게 적용되었나요?

A_ 에너지 운영팀에서 운전 조건과 개선 목적에 맞추어 자료를 제공하면 사코에서 제안서를 작성하여 저희 본사 기술지원팀의 승인을 받았고, 이를 설비보전팀 담당자를 통해 최종 기술 검토 후 사코로 선정하였습니다. 2021년 6월 계약하고 절탄기 제작 후 그해 10월 T.A(대정비 기간)에 맞추어 공사를 진행하고 시운전하였습니다.

Q_ 공사 이후 절탄기 부식 문제나 오염으로 인한 열 회수 효율 저하가 어떻게 개선되었나요?

A_ Tube가 부식되어 터지면 부식이 발생한 Tube만 절단하여 Plugging하는 작업을 1 ~ 2년 주기로 실시하는 불편함이 있었으나, 2021년 2호기 절탄기 교체 공사 이후 현재까지 4년간 운영하면서 저온부식으로 인한 Tube 터짐 현상은 없었습니다.

단, 4년간 운전하면서 절탄기의 Gas측 운전 차압이 47mmAq에서 100 ~ 110mmAq로 소폭 상승된 부분이 있으나, 이는 Soot blowing의 횟수 및 정기 청소작업 등의 관리적인 방법으로 제어가 가능할 것으로 판단됩니다.

또한 에너지 측면에서는 2호기 Economizer는 BFW Water 온도가 설계에 준하여 153°C(In)에서 229°C(Out)로 절감효과가 지속적으로 유지되고 있습니다.

Q_ 본 개선사례에서 가장 중요한 사항은 무엇인가요?

A_ 공정 운전조건 및 오염 등의 현상을 상세하게 검토하여 절탄기의 배열 및 BFW Line 배열 순서 (1 Bundle → 3 Bundle → 2 Bundle)를 변경하여 기술적으로 제안해준 스파이렉스사코의 아이디어라고 생각합니다.
개선 이후 현재까지 운전 및 성능에 문제없이 잘 운전되어 관련 직원들이 만족하고 있습니다.

Q_ 보일러 절탄기 개선 공사를 고려하는 다른 기업들에게 한 말씀 부탁드립니다.

A_ 우리와 동일한 현상이 많지는 않지만 비슷한 문제로 어려움을 겪고 있다면 이번 사례를 적용해 보기를 추천합니다.



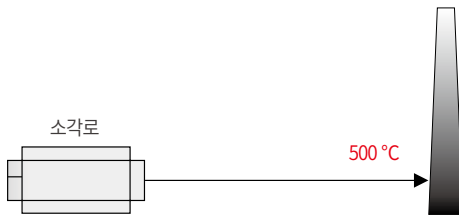
효율적인 배기가스 열 회수 시스템 적용

한국스파이렉스사코는 고객사의 ESG 경영체계 환경 부분 건전성 확보에 도움이 될 수 있는 “ESPP를 통한 에너지 절감 및 온실가스 감축”을 제안하고 있다. ESPP(Energy Saving Plan Package)는 고객사에 에너지 절감 아이디어를 쉽고 빠르게 찾아 적용할 수 있는 43개의 Application으로 구성되어 있으며, 이러한 제안을 통해 그 성과가 검증된 Best 성공사례가 바로 “Key-solution”이다. Application 04번 배기가스 열 회수 시스템의 구체적인 사례에 대해 다시 한번 소개하고자 한다.

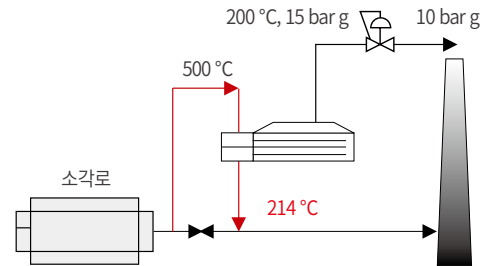
배기열 회수

높은 온도의 배기가스가 굴뚝을 통해 배출되어 버려질 때 최대한 에너지를 회수하여 재이용하려는 노력은 대부분의 현장에서 이루어지고 있다. 그렇다면 그림 1의 경우와 같이 과연 어떤 것이 가장 효율적인 것일까?를 생각해 보아야 한다.

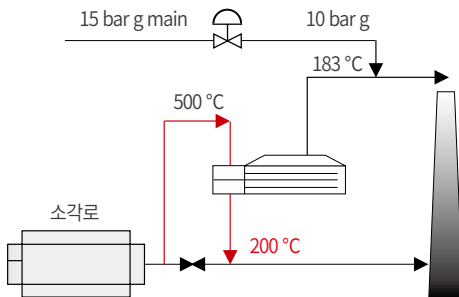
그림 1
소각로에서의 배기가스 회수



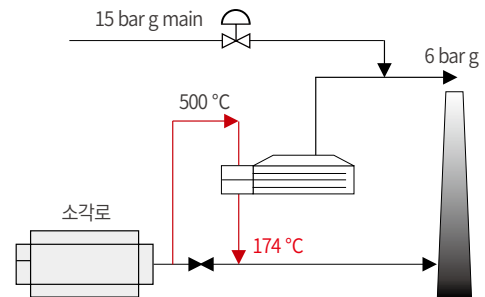
개선 전



개선 후_ 방법 1. 일반적인 스팀 발생 방법 1(5 bar g 스팀 생산)



개선 후_ 방법 2. 스팀 발생 압력 제어 방법 (10 bar g 스팀 생산)



개선 후_ 방법 3. 가장 효율적인 스팀 발생 방법 (6 bar g 스팀 생산)

소각로에서 500 °C로 높은 온도의 배기가스가 굴뚝으로 배출되고 있다면 이를 활용하여 스팀을 발생시키는 설비를 설치하는 것은 방법 1번과 같이 일반적인 배기열 회수 시스템의 적용이다. 그러나 스팀 압력의 제어적 측면에서 방법 2와 같이 조금 더 낮은 압력의 스팀을 발생시킨다면 배기가스 온도를 방법 1에 비해 약 14 °C 더 회수하여 스팀 발생량을 늘릴 수 있다.

그렇다면 가장 효율적인 방법은 무엇일까?

우리는 발생하는 스팀의 압력을 최대한 낮추면 배기가스 열을 최대한 회수할 수 있다고 이미 알고 있다. 스팀 사용공정을 면밀히 조사하고 스팀 사용량 및 압력이 충분히 낮은 공정을 발굴한다면 여기에 방법 3과 같이 전용 스팀을 공급할 수 있다. 이러한 이론은 다음의 열교환기의 열전달 특성을 알고 있다면 쉽게 이해할 수 있다.

그림 2

열교환기에서의 열 전달

피가열체 열량 $Q = Mw \times Cp \times \Delta T$
 가열체 열량 $Q = Ms \times Hfg$
 열교환기 선정 $Q = U \times A \times \Delta T_{LMTD}$

Mw	피가열체 질량유량	kg/hr
Cp	피가열체 비열	kcal/kg °C
△T	피가열체 온도차	°C
Ms	스팀 유량	kg/hr
Hfg	스팀 잠열	kcal/kg

그림 2에서 열교환기에서의 열전달 계산에서 피가열체가 받은 에너지와 가열체인 스팀이 공급한 에너지의 합은 같다. (방열 손실 무시) 그렇다면 이때 열교환기 선정은 $Q = UAdT_{LMTD}$ 로 계산할 수 있으며, 열교환기에서 전달열량(Q)은 열교환기의 총괄전열계수(U), 전열면적(A)과 가열체와 피가열체의 대수평균온도차(dT_{LMTD})에 비례하여 증가한다.

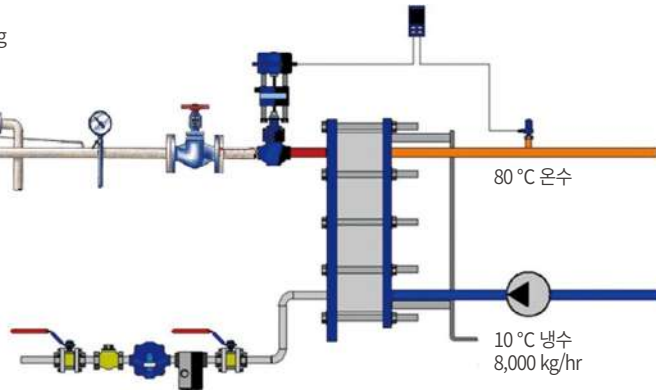
그림 1에서와 같이 이미 설치된 배기가스 열 회수 시스템의 효율을 좋게 하려면 어떻게 하면 될까?

우선 3가지 변수(U, A, dT_{LMTD})중 총괄전열계수(U)는 열교환기 재질과 유체의 특성으로부터 정해지는 값으로 고정된 값이다. 변수에 대해서는 아래와 같이 두가지로 생각해 볼 수 있다.

- ① 설치된 열교환기 내 스팀 응축수 정체가 발생된다면 이를 해소하고, 불응축 가스로 인해 전열면적 손실이 발생되지 않도록 하며, 열교환기를 깨끗하게 청소하여 유효 전열면적(A)을 원래 상태에 가깝게 키워주면 이전과 비교해서 더 많은 스팀을 생산할 수 있다.
- ② 가열체인 배기가스와 피가열체인 스팀의 온도차가 크도록 운전방법을 변경하는 것으로 스팀이 압력에 따라 포화온도가 낮아지는 특성을 이용하면 된다.

열역학1법칙

에너지는 새로 창조되거나 소멸될 수 없고
 : 에너지 보존의 법칙 단지 한 형태로부터 다른 형태로 변환될 뿐이다.



Q	전달열량	kcal/hr
U	총괄전열계수	kcal/m ² hr °C
A	전열면적	m ²
△T	대수평균 온도 차	°C

배기가스의 회수 가능 열량을 계산하려면 어떻게 해야 할까?

피가열체 열량을 계산하는 공식인 $Q = mwCpdT$ 공식을 이용하면 쉽게 배기열량을 계산할 수 있다. 즉 회수 가능 열량(Q)은 질량유량(mw)과 유체의 정압비열(Cp)에 열량 회수 전후의 온도차를 곱하면 된다. 예를 들어 아래 보일러 고온의 배기가스 열을 회수하여 보일러 급수를 승온하는 절탄기(Economizer)를 설계하여 보자.

예시. 보일러 배기가스 열 회수

LNG 사용량	= 650 Nm ³ /hr
배기가스 O ₂ 농도	= 4.0 %
이론 연소공기량	= 11 Nm ³ /Nm ³ LNG
이론 배기가스량	= 13 Nm ³ /Nm ³ LNG
배기가스 비열	= 0.33 Kcal/Nm ³ °C
배기가스 온도	= 200 °C
배기가스 회수 목표온도	= 100 °C
스팀 발생량	= 10 ton/hr
급수 온도	= 90 °C
급수 비열	= 1 kcal/kg °C

◈ 배기가스 유량 계산

보일러 배기가스 유량은 실제 유량을 측정하지 않아도 연료 사용량 및 배기가스 중 산소 농도를 이용하여 계산할 수 있다.

$$\text{공기비} = 21 \div (21 - \text{O}_2\text{농도}) = 21 \div (21 - 4) = 1.23$$

$$\text{보일러 실제 배기가스량} = \text{연료 사용량}(\text{Nm}^3/\text{hr}) \times [(\text{공기비}-1)$$

$$\times \text{이론 연소공기량} + \text{이론 배기가스량}]$$

$$= 650 \text{ Nm}^3/\text{hr} \times [(1.23 - 1) \times 11 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3\text{LNG}$$

$$+ 13 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3\text{LNG}]$$

$$= 10,132 \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

만약 보일러가 아닌 소각로에서의 배기가스량은 유속 및 온도를 직접 측정하여 Normal 유량으로 환산한 값을 사용할 수 있다.

◈ 배기가스 비열

LNG 보일러 배기가스의 비열을 계산할 때 가스 조성(질소, 잔류산소, 이산화탄소 및 수분량 등)으로 비열을 계산할 수 있으나 일반적인 LNG 보일러인 경우 $0.33 \text{ kcal}/\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ 을 사용한다. 만약 보일러가 아닌 RCO, RTO 및 기타 공정에서 배출되는 배기가스의 비열은 성분 및 성분의 조성을 이용하여 비열을 계산된 값을 사용해야 한다.

◈ 배기가스 열 회수를 위한 온도차 고려

배기가스와 열교환하여 온도를 올릴 피가열체(여기서는 보일러 급수)의 온도차를 고려할 때 온도차가 크면 클수록 열교환기 전열면적은 작아지면서 투자비용은 감소하게 되며, 반대의 경우 에너지 회수량은 많으나 투자비용은 증가하게 된다. 적절한 수준에서의 온도차를 고려하여 설계해야 하며 통상 Gas vs Water의 경우 10°C 이상의 온도차를 고려하는 것이 일반적이다. (공정조건에 따라 온도 차는 다를 수 있음) 그렇다면 상기 조건으로 배기가스 회수 가능 열량을 계산하면 다음과 같다.

$$\text{배기가스 회수 열량}(\text{kcal}/\text{hr})$$

$$= \text{배기가스량}(\text{Nm}^3/\text{hr}) \times \text{배기가스 비열}(\text{kcal}/\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\times (\text{절탄기 입구온도} - \text{출구온도})^\circ\text{C}$$

$$= 334,400 \text{ kcal}/\text{hr}$$

$$\text{절탄기 출구 급수온도}(\text{C})$$

$$= \text{배기가스 회수열량}(\text{kcal}/\text{hr}) \div [\text{급수량}(\text{kg}/\text{hr})$$

$$\times \text{급수비열}(\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})] + \text{절탄기 입구 급수온도}(\text{C})$$

$$= 123.4^\circ\text{C}$$

즉, 현재 절탄기가 설치되지 않고 200°C 의 고온의 배기가스가 보일러 굴뚝으로 배출되고 있다면, 절탄기를 설치하여 보일러 급수 $10 \text{ t}/\text{h} \times 90^\circ\text{C}$ 를 배기가스와 열교환하여 123.4°C 로 보일러로 공급할 수

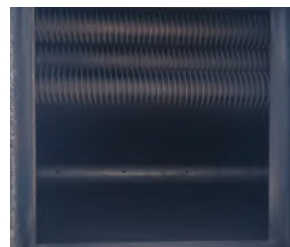
있다. 또한 LNG 저위 발열량이 $9,540 \text{ kcal}/\text{Nm}^3$ 이라고 하면, LNG 열감량은 $334,400 \text{ kcal}/\text{hr} \div 9,540 \text{ kcal}/\text{Nm}^3 = 35 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ 으로 계산할 수 있으며, 연간 에너지 절감금액으로 환산하면 약 3.5억원/년 에너지 절감효과가 있다. (단. LNG 단가 = $1,400 \text{ 원}/\text{Nm}^3$, 보일러 가동시간 = $7,200 \text{ hr}/\text{년}$)

LNG와 같은 청정 연료(탄화수소 화합물인 CH_4 메테인이 주성분으로 황과 같은 부식을 유발하는 성분이 미 포함된 연료)를 사용하는 경우 비교적 배기가스 열량을 회수하기 쉬우나 그렇지 않은 공정이 대부분이다.

즉, 배기가스 내 부식을 유발하는 황산화물, 염화수소 및 각종 분진이 많이 포함된 경우 배기열 회수 시스템을 적용할 때 특별히 주의해야 한다. 분진이 다량 포함된 배기가스의 경우 분진에 의한 오염을 방지하는 방법은 아래와 같다.



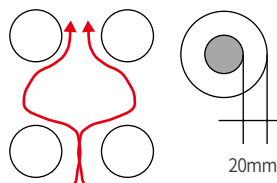
열교환기 Tube 제작 개선사례



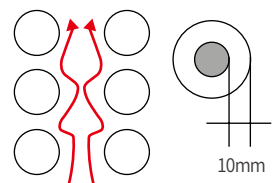
Fin Tube Type 3각 배열



Bare Tube Type 4각 배열



현재 배열 및 Fin 깊이



개선 후 배열 및 Fin 깊이

- ① 열교환기 Tube를 Fin Tube 타입이 아니라 Bare Tube로 설계
- ② 열교환기 Tube 배열을 분진이 덜 쌓이는 구조 및 간격으로 설계
- ③ 운전 중 분진을 제거할 수 있는 Soot blower를 설치하고, 정비 시 내부 청소가 용이한 구조로 제작

위와 같은 방법 외에도 다양한 방법이 있으나 분진에 대해서는 대표적으로 적용되는 부분을 언급하였다. 분진은 내부에 적체되어 쌓일 경우 열교환기 파손 등의 내구성 문제보다는 열교환 효율 저하 문제가 대부분이다. (일부 특수한 경우는 열교환기 오염으로 차압이 증가되어 문제되는 경우도 있음) 그러나 다음 설명할 배기가스 내 황산화물에 의한 저온부식의 경우는 특히 주의해야 할 필요가 있다.



배기가스 열회수 시 저온부식이란?

황을 함유한 화석연료가 히터나 보일러에서 연소되면 이산화황(SO_2)과 소량의 삼산화황(SO_3)이 CO_2 및 수증기와 함께 형성된다. SO_3 은 배기가스의 수증기와 결합하여 황산(H_2SO_4)을 형성하고 열 전달 표면에 응축되어 표면을 부식시키고 금속 조직을 파괴할 수 있다. 이러한 응축은 산성가스의 이슬점 이하 온도조건일 경우 열교환기 표면에 서 발생한다. 또한, 수증기가 이슬점 이하까지 냉각되면 CO_2 가 수증기와 결합하여 탄산을 형성할 수 있으며, 이는 약하지만 마일드 스틸(연강)을 손상시킬 수 있다. 이러한 부식의 형태를 황에 의한 저온부식이라고 말한다. 황산화물에 의한 저온부식의 형태는 열교환기 튜브가 전체적으로 얇아지는 형태(그림 4 참조)로 진행된다.

그림 4

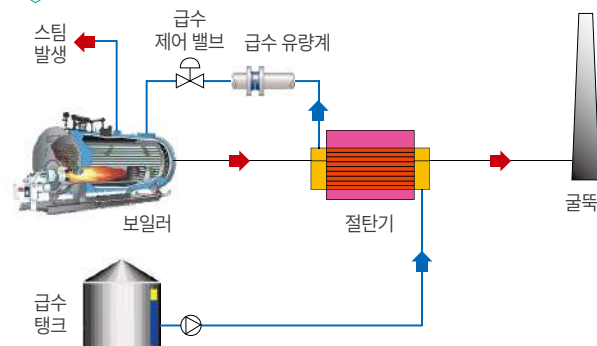
저온 부식에 의한 열 교환기 튜브 손상 사진



일반적으로 보일러 또는 히터, 소각로에서의 배기열 회수는 보일러 절탄기에서 급수를 승온하는 방식으로 진행된다. 이때 배기가스 중 SO_3 및 H_2O 의 농도에 따라 저온부식 온도가 결정되는데 만약 탈기기에서 공급되는 급수의 온도가 낮아 이코노마이저 튜브의 전열면 온도(Wall temperature)가 노점 이하가 되면 저온부식이 발생되는 것이다.

그림 5

일반적인 배기열 회수



저온부식 방지 방법

배기가스 중 황산화물에 의한 저온부식이 우려될 경우 이를 개선하는 방법은 아래와 같이 3가지로 나눌 수 있다.

방법 1. 폐열 회수 열교환기 선정 시 황산에 강한 재질 (지르코늄, 티타늄 등등 이상) 사용

방법 2. 테플론 또는 Glass Lining된 특수 열교환기 사용

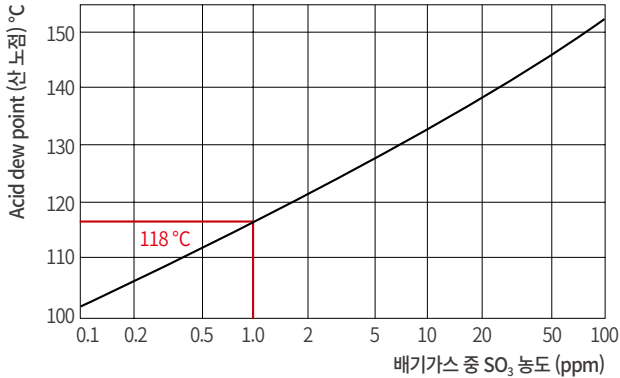
방법 3. 산 노점 이상으로 열교환기 Tube Wall Temperature를 설계

우선 방법 1번의 경우 황산 부식에 강한 특수한 재질의 금속(지르코늄, 티타늄 등)은 일반 재질에 비해 최소 10배 이상 고가이므로 이러한 재질을 활용하여 열교환기를 제작할 경우 투자대비 경제성이 낮아 투자가 어려운 경우가 대부분이다.

방법 2는 일반적인 Carbon steel 재질에 내식성인 테플론이나 유리 라이닝하여 특수하게 제작할 수 있다. 그러나 이렇게 제작되는 열교환기도 일반적으로 투자 비용이 높으며, 또한 지속적으로 가열과 냉각이 반복될 수 있는 폐열 회수 열교환기 특성상 소재와 라이닝 재질의 열팽창 차이로 열교환기 내구성에 문제가 발생할 우려가 있다. 그래서 마지막으로 방법 3의 산 노점 이상으로 열교환기를 설계하는 방법이다. 우선 배기가스 내 삼산화황(SO_3)과 수분(H_2O)의 농도에 의해 산 노점이 결정된다. 즉 수분과 삼산화황의 농도가 높을수록 높은 온도에서 노점이 형성되어 열교환기 부식이 발생되므로 정확하게 산 노점을 계산하고, 설계 여유를 고려하여 열교환기 운전조건을 결정하는 것이 필요하다.

연료 중 황이 산화되면 $\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow \text{SO}_2$ (이산화황)이 생성되고 SO_2 와 SO_3 분압 값의 비로 SO_2 에서 SO_3 로의 전환율이 결정된다. 일반적으로 SO_2 에서 SO_3 로의 전환율은 2 ~ 5 % 사이에서 결정된다. 그렇다면 배기가스 중 수분의 부피비율과 상기 삼산화황의 부피 비율을 통해 각각의 분압이 계산되면 A.G Okkes SAD(Sulfuric Acid Dew Point) 법 또는 Verhoff F.H and Banchemo J. T SAD 법을 통해 산 노점을 계산할 수 있다. 만약 배기가스 중 SO_2 부피 비율이 0.0032 % (32 ppm)이고 SO_3 전환율이 3.3 %라고 가정하면 $32 \text{ ppm} \times 3.3 \% = 1.05 \text{ ppm}$ SO_3 로 농도가 계산된다. 이때 배기가스 중 수분의 농도가 10 %라고 할 때 그림 6에서 산 노점은 약 118 °C로 읽을 수 있다. 이렇게 아래 그래프로 읽는 값과 A.G Okkes 또는 Verhoff F.H and Banchemo J.T 산 노점 계산 값과는 비슷한 결과를 얻을 수 있다.

그림 6 Acid dew point vs SO₃ Concentration



(주) Journal of The Air Pollution Control Association January 1979. Volume 29 No.1. Page 43~46에서 인용

여기까지 황산에 의한 산 노점을 계산하였다면 이제 열교환기에서의 Wall temperature를 계산할 차례이다. Wall temperature가 중요한 이유는 한여름 유리컵에 차가운 물을 따랐을 때 유리잔 표면에 공기 중 수분이 응축되어 결로가 발생하는 현상이 열교환기에서도 일어나는지 확인하는 과정이 반드시 필요하기 때문이다.

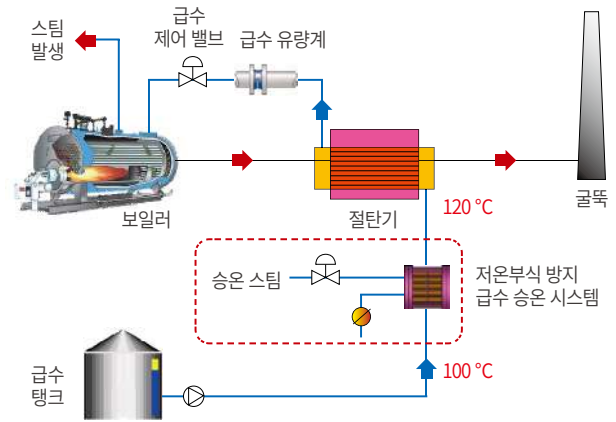
열교환 튜브의 Wall temperature는 아래 식으로 계산된다.

$$tw = 0.5 [t + tg - U(tg - t) (1/ha - 1/h)]$$

tw	평균 튜브 Wall temperature	°C
t	튜브 내 수온	°C
tg	튜브 외부 가스온도	°C
h	튜브 내부 열전달계수	kcal/m ² h °C
ha	튜브 외부 열전달계수	kcal/m ² h °C
U	전체 열전달계수	kcal/m ² h °C

통상 가스의 비열보다 물의 비열이 높고 열전달계수가 물이 크기 때문에 물온도 + 5 °C 내외로 물온도에 근접하여 Wall temperature가 결정된다. (상기 값은 통상의 값이며, 정확한 값은 상기 식으로 계산하여야 함) 만약 그림 7과 같이 보일러 급수온도가 100 °C일 때 상기 산 노점 118 °C 이하이므로 절탄기는 저온부식을 피할 수 없다. 그렇다면 저온부식을 해소할 수 있는 방법은 저온부식점 118 °C 보다 높게 Wall temperature가 형성되도록 보일러 급수 온도를 올려주는 방법을 선택할 수 있다.

그림 7 저온부식을 예방하는 폐열 회수 시스템 예시



황에 의한 저온부식 외에도 염화수소(염산)에 의한 부식, 브롬화 수소산 및 수분에 의한 부식도 고려되어야 한다. 단, 염산 및 브롬화 수소, 수분의 경우 노점(Dew point)이 통상 100 °C 이하(농도에 따라 노점이 다름)이므로 상대적으로 배기열 회수 시 열교환기의 Wall temperature가 이보다 높기 때문에 영향이 덜 할 수 있다.

그림 8 염산에 의한 부식 형태



에너지 진단을 통해 에너지 절감 아이디어를 개발하고 구체화하는 과정에서 배기열 회수를 통한 열 에너지 회수는 투자대비 효과가 눈에 보이게 뚜렷하고 확실한 결과로 표시된다. 그러나 이러한 매력에 빠져 다양한 공정의 리스크를 간과하여 투자가 진행된다면 실패로 이어질 가능성이 높은 것 또한 현실이다.

배기가스 열 회수 시스템에서의 안정적인 설비투자를 원한다면, 다양한 경험과 노하우를 보유한 한국스파이렉스사코 기술진과 함께 여러 분 회사의 ESG 경영체계를 만족할 성과를 거두길 기대한다.

무선 스팀트랩 모니터링 시스템

Wireless Steam Trap Monitoring System

24시간 연중무휴 스팀트랩 모니터링으로 효율성 극대화

무선 스팀트랩 모니터링 시스템은 스팀트랩을 원활하고 효율적이며 안정적으로 관리할 수 있는 방법을 제공합니다. 최첨단 무선 기술을 활용하여 에너지 손실을 방지하고 예기치 않은 유지보수 비용을 절감하며 운영의 안전을 보장하는 솔루션입니다.

무선 스팀트랩 모니터링의 이점

무선 스팀트랩 모니터링 시스템은 스팀트랩을 원활하고 효율적이며 안정적으로 관리할 수 있는 방법을 제공합니다. 최첨단 무선 기술을 활용하여 에너지 손실을 방지하고 예기치 않은 유지보수 비용을 절감하며 운영의 안전을 보장하는 솔루션입니다.



지속 가능성 향상



생산성 향상



예기치 않은 시스템 종료

확장성 (소규모, 대규모 시설 어디든 가능)

에너지 효율에서 스팀트랩이 고장 나면 상당한 양의 에너지가 낭비될 수 있습니다. 무선 모니터링 시스템을 사용하면 스팀트랩의 문제를 더 빠르게 감지하고 해결하여 스팀 시스템의 에너지 효율을 유지할 수 있습니다.

비용 절감

결함이 있는 스팀트랩을 조기에 식별하면 에너지 손실, 긴급 유지보수 및 예기치 않은 가동 중단과 관련된 비용을 최소화할 수 있습니다. 편리한 시간에 유지보수의 우선순위를 정하고 예약하여 프로세스 운영 정지 시간과 비용을 줄일 수 있습니다.

지속가능성

에너지 낭비를 줄이면 스팀 시스템이 효율적으로 작동하여 비용을 절감하고 넷 제로 목표를 달성할 수 있습니다.

프로세스 안전

스팀트랩이 오작동하면 위험한 상황이 발생할 수 있습니다. 스파이렉스의 무선 모니터링 시스템은 안전한 작업 환경을 유지하는 데 도움이 되는 알림을 제공합니다.

무선 스팀트랩 모니터링의 특징

24시간 연중무휴 모니터링이 가능합니다. 무선 센서는 직관적인 대시보드를 통해 각 스팀 트랩의 상태에 대한 업데이트를 제공합니다.

확장성이 있습니다. 소규모 시설이든 대규모 복합시설이든 상관없이 필요에 따라 시스템을 확장할 수 있습니다.

간편한 통합이 가능합니다. 무선 센서는 기존 스팀 시스템에 쉽게 통합할 수 있습니다. 데이터를 분석합니다. 고급 데이터 분석을 통해 스팀트랩의 성능에 대한 통찰력을 가질 수 있습니다. 대시보드는 스팀 시스템을 최적화하는 데 도움이 되는 트렌드, 보고서 및 실행 가능한 통찰력을 제공합니다.

작동 방식

- 01. 설치 :** 스파이렉스의 무선 센서는 시스템의 스팀트랩에 설치됩니다. 설치가 빠르고 방해가 되지 않아 큰 운영 정지 시간이 필요하지 않습니다.
- 02. 데이터 전송 :** 센서는 스팀트랩을 모니터링하고 데이터를 중앙 허브로 안전하게 전송합니다.
- 03. 데이터 분석 :** 수집된 데이터는 스팀 전문 지식을 사용하여 디지털 방식으로 분석하여 스팀트랩 고장 또는 비효율성의 징후를 파악합니다.
- 04. 알림 및 신고 :** 문제가 감지되면 시스템에서 유지보수 팀에 경고를 보냅니다. 문제를 이해하고 적절한 조치를 취하는 데 도움이 되는 보고서가 생성됩니다.
- 05. 대시보드 모든 기기에서 사용할 수 있는 사용자 친화적인 포털을 통해 모든 데이터와 보고서에 안전하게 액세스 하세요.**

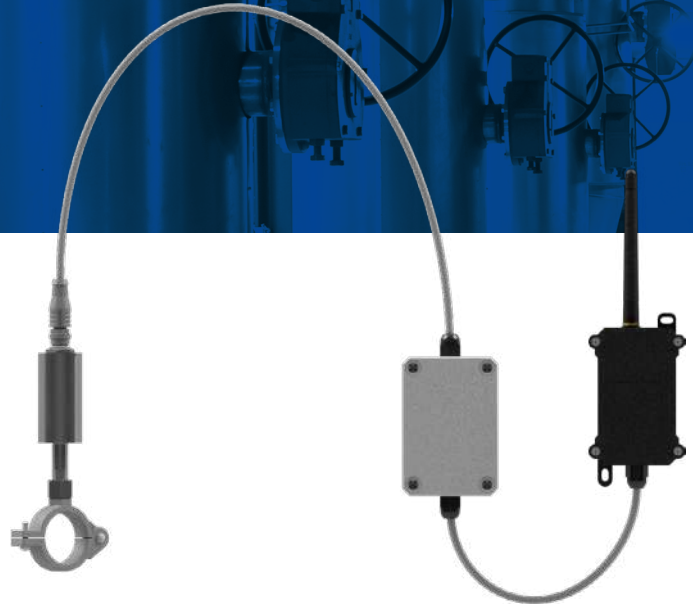
ecoBolt

무선 스팀트랩 모니터링 시스템

Wireless Steam Trap Monitoring System

ecoBolt는

스팀트랩에 장착되는 센서로
스팀 시스템의 효율적인
온라인 모니터링을 위해 설계되었습니다.
열교환기 및 스팀 라인의
응축수 배출 시스템에 사용되며
스팀 전문가의 온라인 지원 서비스를 제공합니다



ecoBolt 특징

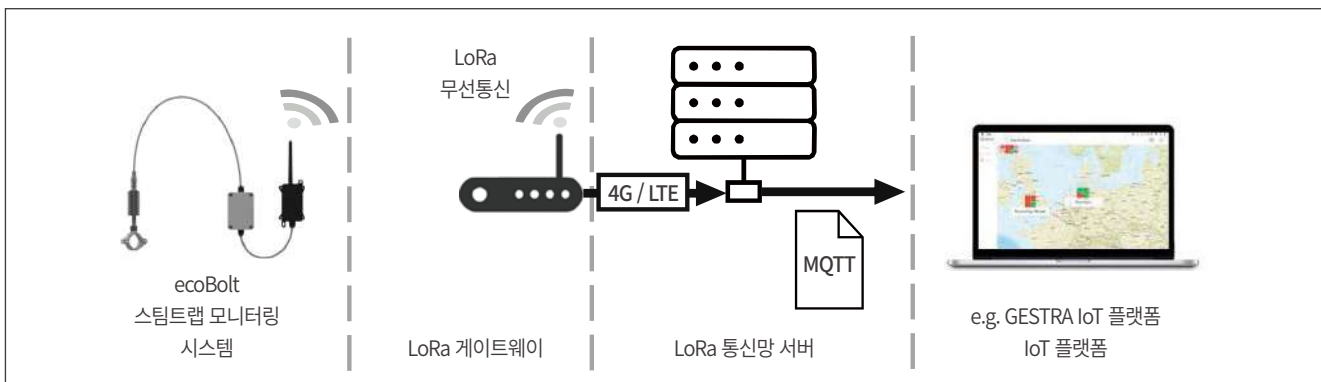
- 배관 사이즈 : DN 15 (1/2") ~ DN 65 (2 1/2")
- 표면 온도 : 최대 240°C
- 신뢰할 수 있는 상태 진단 및 고유한 스팀 노하우
- 검증된 TRAP Test 계측기인 VKP와 호환 가능
- 압력 등급 : 최대 PN 40 / Class 300
- 탄소강 또는 스테인리스강으로 제작된 스팀 시스템에 적합
- 교정 인증 포함
- 배터리 구동
- LoRa* 무선 기술을 사용한 IoT 플랫폼에 ecoBolt 통합

ecoBolt 장점

- 스팀 전문가의 지원 서비스
- 검증된 스팀트랩 모니터링 프로세스 사용
- 스팀트랩 전단 배관에 탈부착이 유용하도록 클램프로 견고하게 체결

* LoRa (Long Range)

3G나 LTE 등 기존 스마트폰 통신망과 달리 저전력으로 통신할 수 있는 장거리 무선 통신망



ecoBolt[™]는

- 스팀 누출을 즉시 감지하여 에너지 및 비용 손실을 예방합니다.
- 정체되거나 막힌 스팀트랩을 조기에 발견합니다.
- 다양한 공정 조건에서 스팀트랩 성능 모니터링이 가능합니다.

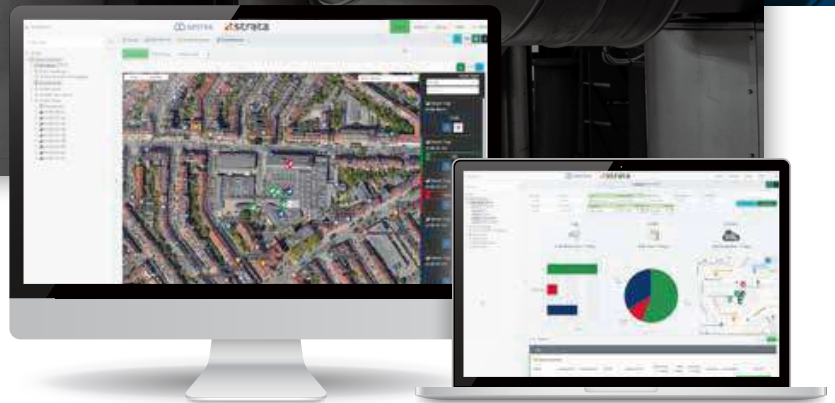
ecoBolt 기능

스팀트랩은 피에조 소자에서 측정한
초음파 및 온도 측정값을 일정한 간격을 두고
자동으로 모니터링 합니다.

측정되고 분석된 데이터는 LoRa 무선 기술을 이용하여
네트워크 프로토콜을 통해 게이트웨이로 전송됩니다.
측정 결과는 스팀트랩의 음향 및 온도 값과 파라미터를
기반으로 분석됩니다.

APP을 통한 지원

- 연속 스팀트랩 모니터의 설치 및 유지보수 중 빠르고
효율적인 지원
- 설치된 장비에 메타데이터를 전송하고 IoT 플랫폼에서
혼동 없는 통합 보장
- APP을 로딩하고 데이터를 전송하려면 데이터 연결이
필요함 (Wi-Fi 또는 SIM 카드)



무선 스팀트랩 모니터링 시스템

성능 프로필

- 연속 스팀트랩 모니터링 시스템
- 판독값 분석 소프트웨어
- LoRa 페이로드에는 테스트 및 분석 결과 포함
- LoRa 무선 기술을 통해 LoRa 네트워크 서버에 연결

사용 가능한 액세서리

- 배관 장착용 클립
- Pre-amplifier 및 LoRa node용 장착 시스템
- LoRa 게이트웨이
- 요청 시 추가 액세서리 제공 가능

After Service

스팀트랩 설치 및 AS

스팀피플에 게재되었던 AS사례 중에 스팀트랩 대한 내용을 다시 안내합니다.

TD42 써모다이나믹 스팀트랩 (Thermodynamic Steam Trap)

TD42 계열의 제품은 42 bar g까지의 압력에 사용할 수 있고 정비가 가능한 써모다이나믹 스팀트랩으로써 스트레나가 내장되어 있고 배관 연결방법은 나사식이다. TD42L과 TD42LC는 특별히 응축수 부하가 적은 곳에 사용하도록 설계되어 있다. 트레이싱과 스팀 주관의 드레인용으로 사용하는 것이 이상적이다. “L”과 “LC”는 저용량을 의미한다. TD42와 TD42H는 특별히 응축수 부하가 큰 곳에 사용하도록 설계되었다.

분해 및 조립 순서는 유튜브에서 확인 가능합니다.



이상 원인 및 조치방법

이상현상	원인	조치방법
스팀누출	몸체시트, 디스크에 이물질/ 스케일에 의한 누출	분해청소/ 연마(래핑) 또는 교체
응축수 미배출	스트레나 막힘	분해청소/스크린교체
	디스크 고착	몸체 분해 청소, 디스크 연마
	잘못 에어바인딩	에어바인딩 디스크 교체

TD62LM, TD62M 시트교체형 써모다이나믹 스팀트랩

TD62LM 시트교체형 고압용 써모다이나믹 스팀트랩은 스트레나와 교체 가능한 시트가 내장되어 있어 유지보수가 용이하며, 62bar까지의 스팀 주관 드레인용으로 설계되었고 과열증기와 스팀 주관 드레인 등 상대적으로 응축수 부하가 적은 곳에 사용되도록 설계되었다. 또한 외기의 낮은 온도, 비, 바람 등의 영향을 최소화하기 위한 보온캡이 표준으로 공급된다.

분해 및 조립 순서는 유튜브에서 확인 가능합니다.



FT14HC 볼후로트식 스팀트랩

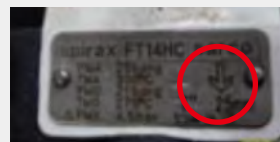
FT14, FT14HC는 스테인리스강 재질의 내부 부품과 자동 에어벤트가 표준으로 내장된 구상흑연주철 재질의 볼후로트식 스팀트랩이다. 수평배관에 설치해야 하며 나사식 배관연결방법으로만 공급된다. 응축수의 흐름 방향이 트랩의 몸체에 각인되어 있다.

주의사항

- 몸체에 각인된 화살표 방향으로 유체가 흐르도록 설치
- 명판에 표기된 화살표가 지면을 향하도록 설치



유체 흐름 방향 (몸체 각인된 화살표)



설치 방향 (네임플레이트 화살표)

분해 및 조립 순서는 유튜브에서 확인 가능합니다.



BPT13 압력평형식 스팀트랩

정비가 가능한 황동 재질의 압력평형식 스팀트랩이며 응축수가 스팀트랩을 통과하게 되면 트랩 내 캡슐 내부의 액체에 열이 전달되면서 액체의 증발로 인한 캡슐의 팽창에 의해 트랩 밸브가 닫히게 된다. 트랩이 닫혀 있는 상태에서 응축수 정체에 따른 방열 손실에 의해 캡슐이 수축되고 트랩 밸브가 열려 응축수가 배출된다.



설치 시 주의사항

- 트랩은 캡이 상부로 향하도록 하여 캡슐이 수평면에 있게 설치하도록 설계되어 있다.
- 트랩 전단에는 포켓을 설치하면 보다 좋은 효율을 얻을 수 있다.
- 70°C의 과열도까지 사용할 수 있다.

분해 및 조립 순서는 유튜브에서 확인 가능합니다.





HM 버켓식 스팀트랩

스파이렉스사코의 HM시리즈는 주철 재질의 버켓식 스팀트랩으로써 스트레나가 표준으로 내장되어 있다. HM시리즈는 수평배관에 설치하도록 설계되었으며 14 bar g까지의 스팀압력에서 사용할 수 있으며 HM34시리즈는 HM시리즈와 비슷하지만 재질이 탄소강인 버켓식 스팀트랩으로 스팀 압력 32bar g까지 사용할 수 있다.



설치 시 주의사항

- HM트랩은 반드시 버켓트가 상하로 자유롭게 움직일 수 있도록 몸체를 수직으로 설치한다. 과열증기 조건에서는 트랩을 통해 스팀이 누출되지 않도록 스팀 시스템 가동 전에 트랩 몸체에 물을 채울 필요가 있다.
- 버켓식 스팀트랩은 공기를 빨리 배출하지 못하기 때문에, 특히 공정 응용처의 경우 예열시간이 길어지고 스팀 공간에 응축수 정체가 발생할 수 있기 때문에 효과적으로 공기를 제거하기 위해서는 별도의 에어벤트를 스팀트랩과 병렬로 설치할 것을 추천하며 바이패스는 트랩 위쪽에 위치하는 것이 좋다.
- 트랩의 유입구는 응축수 배출점보다 낮은 위치에 있어 워터실이 유지되도록 해야 한다.

분해 및 조립 순서는 유튜브에서 확인 가능합니다.



MST21 압력평형식 스팀트랩

MST21은 응축수 부하가 비교적 소량인 계기 트레이싱과 같은 응용처에 적합하도록 제작 설계된 캡슐 타입의 압력 평형식 스팀트랩으로서 모든 구성품과 몸체가 스텐레스강 재질로 제작되어 내식성이 뛰어나고 정비가 용이하다.



트레이싱용 표준용량제품(표준제품)은 캡슐에 'STD'라고 표기되어 있고 스팀 포화온도보다 약 10°C 낮은 온도에서 응축수를 배출한다. 선택 사양으로 'SUB' 캡슐은 스팀포화온도보다 22°C 낮은 온도에서 응축수를 배출하며 포화온도보다 4°C 낮은 온도에서 응축수를 배출하는 'NTS' 캡슐의 공급도 가능하다.

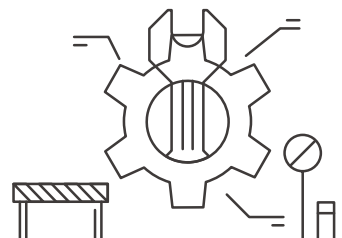
설치 시 주의사항

- 몸체에 각인된 화살표 방향으로 유체가 흐르도록 설치한다.
- MST21은 트랩입구가 상부, 출구가 하부에 위치하도록 수직배관상에 설치하여 응축수가 자연스럽게 드레인되도록 하여야 한다.
- 만일 수평배관에 설치할 경우에는 트랩 입구측의 배관을 조금 하향시킨 후 설치해야 한다

분해 및 조립 순서는 유튜브에서 확인 가능합니다.



▶ 유튜브에서 '한국스파이렉스사코'를 검색하면 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다.





2025년 스팀기술연수교육 안내

저희 한국스파이렉스사코(주)에서는 스팀 및 공정 유체 분야의 기술 향상과 에너지 절감을 위하여 고객에게 최신의 기술지식 보급의 일환으로 스팀 관련 현장 실무자 및 엔지니어를 대상으로 스팀기술연수교육(STSC)을 매년 실시하고 있습니다. 1982년을 시작으로 매년 18~23회씩 실시되어 오고 있으며 2024년 말까지 18,900여명이 본 과정을 수료하였으며, 2025년도에도 다음과 같은 일정으로 실시하고자 하오니 많은 참석바랍니다. 교육과정별 교육내용은 별첨의 '스팀기술연수교육(Steam Technology and Solution Course) 과정안내' 정보를 참고해 주십시오.

2025년 스팀기술연수교육 일정

※ 아래 일정은 당사의 사정에 따라 변경될 수 있으나 신청 전에 확인하여 주시기 바랍니다.

4월_STSC 2504 일반과정 16 (수) ~ 18 (금)	6월_STSC 2507 일반과정 11 (수) ~ 13 (금)	7월_STSC 2509 일반과정 9 (수) ~ 11 (금)	9월_STSC 2511 정비과정 03 (수) ~ 05 (금)	10월_STSC 2514 일반과정 22 (수) ~ 24 (금)	11월_STSC 2515 설비분야 대학(대학원)생 과정 05 (수)	12월_STSC 2517 일반과정 03 (수) ~ 05 (금)
4월_STSC 2505 일반과정 23 (수) ~ 25 (금)	6월_STSC 2508 일반과정 25 (수) ~ 27 (금)	8월_STSC 2510 정유 및 석유화학과정 26 (화) ~ 27 (수)	9월_STSC 2512 식품과정 10 (수) ~ 12 (금)		11월_STSC 2516 일반과정 19 (수) ~ 21 (금)	12월_STSC 2518 일반과정 10 (수) ~ 12 (금)
5월_STSC 2506 스팀 실무 기초종합과정 19 (월) ~ 23 (금)			9월_STSC 2513 일반과정 17 (수) ~ 19 (금)			

과정명	회수	대상	기간	교육비(VAT포함)
● 일반과정	12	스팀 시스템을 관리하는 공무, 시설, 정비, 원동 및 열관리 담당자	2박 3일	870,000
● 정비과정	2	스팀 설비 정비 실무 담당자		
● 식품과정	1	식품회사의 설계, 시설, 정비, 원동 및 열관리 담당자		
● 기초종합과정	1	스팀 시스템 실무 3년 이하의 초보자 또는 신입사원	4박 5일	1,440,000
● 정유 및 석유화학과정	1	엔지니어링 회사의 설계 담당자 및 석유화학 회사의 설계, 정비, 생산부 실무자	1박 2일	610,000
● 설비분야 대학(원)생과정	1	스팀 시스템의 기초 교육을 원하는 대학생 또는 대학원생	1일	무료
특별과정	수배관과정	수배관 시스템 관리, 설계 담당자	1박 2일	610,000
	식음료 및 헬스케어과정	식음료, 제약, 병원 및 헬스케어 회사의 설계, 시설, 정비, 원동, 생산부 실무자		
	기타	각 산업 현장에서 실무적으로 스팀 시스템을 관리하는 공무, 시설, 설비 등 열관리 담당자 (고객의 요청에 따라 단위 회사별 특별과정 실시 가능. 원하시는 고객은 당사 영업사원과 협의 요망)		

* 교육 관련 문의사항은 기술연수원(T. 032-820-3080 E-mail, Training@kr.spiraxsarco.com)으로 해주시기 바랍니다.

2025 스팀트랩 진단사 자격 검정 안내



스팀트랩 진단사란?

스팀 사용 설비에서의 에너지 절감을 위해 대표적으로 진단해야 할 장치인 스팀트랩의 작동 상태 점검 및 문제 해결의 숙련도를 검증하는 민간자격입니다.

한국스파이렉스사코 스팀트랩 진단사 사무국에서는 스팀트랩 진단사 민간자격 검정에 도움을 드리고자 스팀트랩 진단에 필요한 이론 및 실습을 포함한 교육과정인 <스팀트랩 진단사 교육 과정>을 한국스파이렉스사코 기술연수원에서 실시하고 있습니다. 자세한 사항은 스팀트랩 진단사 사무국(T. 032-820-3080)이나 홈페이지를 참고하시기 바랍니다.

등급	내용	2025년 교육 및 검정 일정		기간	교육비(검정료, VAT포함)
Level 1	- 스팀의 발생, 성질, 이용방법 - 스팀트랩 종류, 작동원리, 설치, 진단방법, 점검방법 - 스팀트랩 진단기 종류, 구조, 작동원리	39회	6. 18 (수) ~ 20 (금)	2박 3일	870,000
		40회	11. 12 (수) ~ 14 (금)		

* 2025년에는 Level 1 정규교육이 실시됩니다.

본 <스팀피플>은 당사의 교육 및 세미나 참석 시 제공하여 주신 [개인정보 제공 동의서] 또는 명함에 따라 발송해 드리고 있습니다. 한국스파이렉스사코(주)는 고객님의 개인정보를 항상 소중히 보호하고 있으며 이용 항목과 활용 범위는 아래와 같습니다.

- 개인 정보 이용 항목 : 회사명, 주소, 고객명, 직책, 연락처, E-Mail 주소
- 개인 정보 활용 범위 : 고객관리, 스팀피플 및 기술자료 발송 / 세미나 안내

한국스파이렉스사코(주)가 제공하는 스팀피플 및 기술자료, 세미나 안내를 원하지 않으실 경우에는 접수처 E-mail 주소(SSKDesk@kr.spiraxsarco.com)로 개인정보 제공 동의 취소를 요청하실 수 있습니다. 접수된 요청에 따라 고객님의 개인 정보는 지체 없이 삭제 처리되어 이후 일체의 세미나 안내, 스팀피플 및 기술자료가 발송되지 않을 것입니다. 보다 상세한 개인정보 처리방침은 한국스파이렉스사코(주) 홈페이지(www.spiraxsarco.com/global/kr)에서 확인하실 수 있습니다. 감사합니다.

