

spirax  
sarco

Vol.134 / DEC 2022

기획 시리즈 - 올바른 스팀사용을 위한 스팀 엔지니어링 지침 12

# 자동 제어

## 컨트롤 밸브의 주요 구성품

Key Solution 13

## 효율적인 배기가스 열 회수 시스템 적용

After Service

BCR3150 보일러 블로우다운 컨트롤러  
- TDS 보정

03

## 기획 시리즈

올바른 스팀 사용을 위한 스팀 엔지니어링 지침 12  
자동 제어 - 컨트롤 밸브의 주요 구성품

07

## Key Solution 13

효율적인 배기가스 열회수 시스템 적용

13

## After Service

BCR3150 보일러 블로우다운 컨트롤러  
- TDS 보정

15

## News

2022년 스팀트랩진단사 자격검정 및  
스팀기술연수교육 안내

16

## Natural Technology

발행 : 한국스피라릭스사(주)

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

발행인 : 이재호

편집인 : 좌운전

편집 : 이미경

디자인 : 더콘텐츠

인쇄 : 애드플랫폼

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.

### 기획 시리즈

올바른  
스팀 사용을 위한  
스팀 엔지니어링 지침 12

지난 2회에 걸쳐 자동 제어의 기초이론과 PID 제어에 대해 설명하였고 이번 호에서는 마지막으로 컨트롤 밸브의 구성품 및 선택사항과 밸브의 용량, 사이징, 특히 스팀 사용처에서의 사이징에 대해 알려드리고자 한다.



# Controls



## 자동 제어 컨트롤 밸브의 주요 구성품

컨트롤 밸브의 종류는 다양하게 존재하는데 여기서는 스팀과 기타 산업 유체의 자동 제어에 가장 널리 사용되는 2방 글로브 밸브에 대해 집중적으로 알아보려고 한다.

2방 밸브는 밸브를 통해 지나가는 유체의 양을 조절하는 것이고 3방 밸브는 밸브를 통해 지나가는 항상 일정한 양의 유체를 단지 섞어주거나(혼합형), 방향을 전환시킨다. (분배형)

글로브 밸브는 유량을 조절하기에 적합하고 밸브의 개도와 밸브를 통해 흐르는 유량과의 관계인 유량 특성을 부여하기 쉽기 때문에 제어 응용처에서 널리 사용되고 있다.

글로브 밸브의 주요 부분들은 다음과 같다.

- 몸체    • 보닛    • 밸브 시트와 밸브 플러그 또는 트림
- 밸브 스팀들 (구동기와 결합)    • 밸브 스팀과 보닛 사이의 씰링

그림 1은 단일 시트 2방 글로브 밸브의 도식으로 이 경우에 유체는 밸브 플러그를 밀어 올려 밸브 시트로부터 떨어뜨리는 힘을 가하게 된다.

### 밸브의 선택사양

컨트롤 밸브를 선정할 때는 항상 고려해야 할 선택사양이 많다.

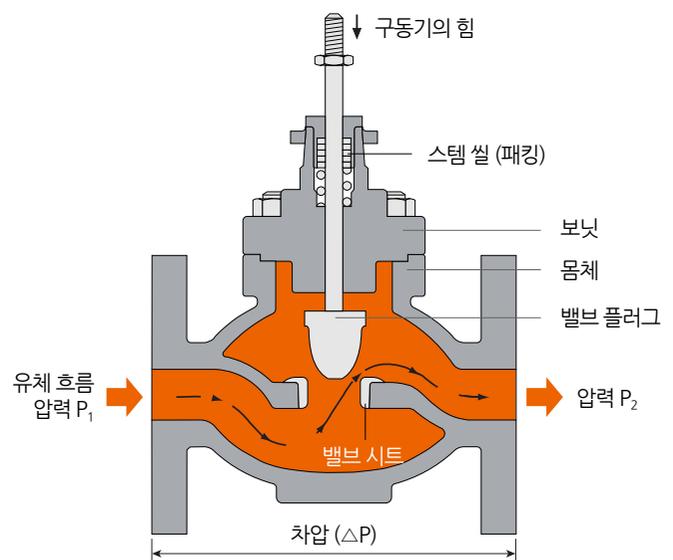


그림 1. 단일 시트 2방 글로브 밸브에서의 흐름

글로브 밸브에서는 이러한 선택사양에 스팀들 글랜드 패킹 재질의 선택과 더 높은 온도나 다양한 유체에서 사용할 수 있도록 설계된 글랜드 패킹 구성 등이 포함되어있다. 이러한 선택사양의 예를 그림 2에서 볼 수 있다. 어떤 종류의 패킹은 다른 것들보다 밸브 스팀들에 마찰을 많이 준다는 것을 알 필요가 있다.

예를 들어 전통적인 스테핑 박스 방식의 패키징은 PTFE 스프링 작동 웨브론 방식이나 벨로즈 씰 방식보다 큰 마찰을 발생시킨다. 마찰력이 더 클수록 더 큰 구동력을 필요로 하고 움직이지 않다가 순간적으로 크게 움직이는 경향이 증가한다. 스프링 작동 패키징은 마모될 경우 자체적으로 위치가 조절된다. 이렇게 함으로써 정기적인 유지보수의 필요성을 감소시킨다. 벨로즈 씰 밸브는 이 세 가지 방식 중 가장 값비싼 방식이다. 그러나 최고의 스템 씰링 메커니즘을 가지면서 마찰을 최소화한다.

그림 2에서 볼 수 있듯이 벨로즈 씰 밸브는 밸브 스템들 하우징 위쪽에 기존의 스템 씰을 하나 더 가지고 있다. 이 씰은 스템들을 통하여 대기 중으로 누출될 수 있는 가능성에 대한 최후의 방어 수단으로 사용된다.

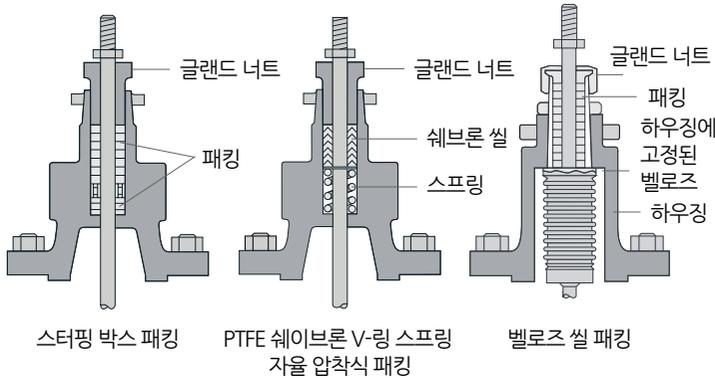


그림 2. 호환 가능한 패키징

또한 밸브는 밸브 플러그를 몸체 안쪽으로 유도하는데 서로 다른 방식을 가지고 있다. 그림 3에서 볼 수 있는 한 가지 공통적인 가이드 방식은 이중 가이드 방식이며 스템들은 위쪽과 아래쪽 모두에서 가이드된다. 다른 방식은 가이드 플러그 방식이며 플러그는 케이징이나 프레임에 의해 가이드된다. 어떤 밸브는 작은 구멍이 많이 뚫여있는 천공 플러그를 도입하는데 이를 사용하여 플러그 가이드와 소음 감소 효과를 얻을 수 있다.

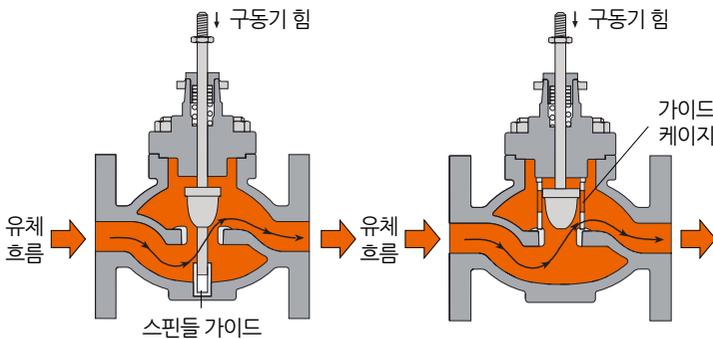


그림 3. 가이드 구성

### 밸브 용량

컨트롤 밸브는 이름에서도 알 수 있듯이 공정에 영향을 줄 수 있는 능력을 가지고 있어야 한다. 연결 구경과 재질 같은 상세한 사항은 매우 중요하지만 밸브가 가지고 있는 제어 능력을 표시할 수는 없다.

컨트롤 밸브는 다음을 변경함으로써 공정에 영향을 기친다.

- 순간 유량 (예를 들어 공정 설비에 들어가는 스템이나 물의 양)  
2방 밸브에서는 밸브 플러그가 닫히는 쪽으로 움직이면 공정에 가해지는 스템 유량이나 열량이 줄어든다.  
3방 밸브에서는 밸브 플러그가 새로운 위치로 움직이면 밸브는 공정으로 고온수가 가지 않도록 분리시킨다.
- 차압 (밸브의 입구 압력과 출구 압력의 차. 그림 4 참조)  
주어진 오리피스 크기에 대해 어느 제한 범위 내에서 차압이 커질수록 유량은 커진다. 포화증기일 경우 압력이 낮을수록 온도가 낮아진다. 그리고 열교환기에서는 전열량이 적어진다.

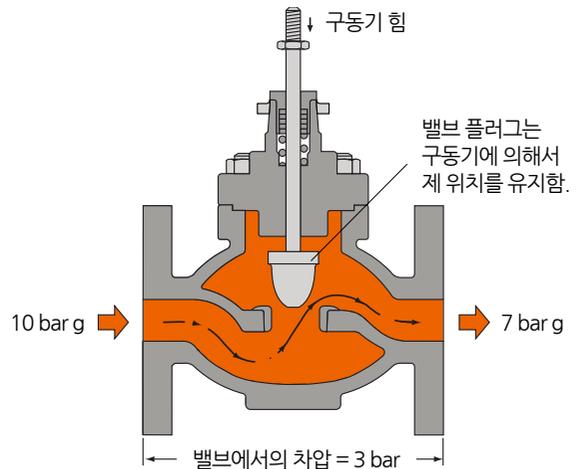


그림 4. 밸브에서의 차압

여기에서 두 가지 팩터 (a) 유량과 (b) 차압은 둘 다 유량 계수 또는 가끔 일컬어지는 '용량 지수'에 도입된다.

유량 계수는 다음을 가능하게 한다.

- 밸브의 성능을 비교
- 주어진 유량에 대해 밸브에서의 차압을 계산
- 주어진 차압에 대해 밸브에서의 유량을 계산

전 세계에 걸쳐 서로 다른 단위가 많이 사용되고, 몇 개의 유량 계수가 존재하므로 이 용어의 정의를 이해하는 것이 좋다. 표 1에 자주 사용되는 단위를 정의하였다.

표 1. 컨트롤 밸브를 통과하는 유량을 식별하고 양을 정하는데 사용되는 표시와 정의

Kv	정해진 온도, 일반적으로 5 ~ 40°C 사이의 온도에서 밸브 오리피스 통과 시 1 bar의 압력 강하가 있을 때 m <sup>3</sup> /h 단위의 물 유량 (주로 유럽에서 사용)
Kvs	특정한 밸브가 완전히 열렸을 때 실측되거나 선언된 Kv 밸브의 유량 계수 또는 용량 지수
Kvr	응용처에서 필요로 하는 유량 계수 값
Cv	정해진 온도, 일반적으로 40~100°F 사이의 온도에서 밸브 오리피스 통과 시 1 psi의 압력 강하가 있을 때 gallon/min 단위의 물 유량 (주로 미국과 그외 나라에서 사용)
Av	1 파스칼의 압력 강하가 있을 때 m <sup>3</sup> /s의 물 유량

※ 변환식 : Cv (미국식) = Kv × 1.156

컨트롤 밸브의 유량 계수 Kvs는 반드시 필요한 정보이며 제조사의 데이터 시트에 기타 다른 정보와 함께 명시된다. 컨트롤 밸브 제조사는 보통 다수의 트림 크기(밸브 플러그와 시트의 조합)를 제공한다. 이렇게 함으로써 배관에 레듀서를 사용해야 할 필요를 없애 배관 작업을 단순하게 하고 소음을 감소시킨다.

### 스팀 시스템에서의 컨트롤 밸브 사이징

스팀 시스템에서의 컨트롤 밸브 사이징을 논하기 전에 열전달 응용에서의 스팀 특성을 살펴볼 필요가 있다.

- 스팀은 컨트롤 밸브의 1차 측에 특정한 압력으로 전달되어 밸브를 통하여 열교환기로 지나가서 또한 특정한 압력으로 동작한다.
- 스팀은 컨트롤 밸브를 통하여 전열면과 만나게 되는 장치의 스팀 공간으로 들어간다.
- 스팀은 전열면에서 응축되어 응축수를 형성한다.
- 응축수의 부피는 스팀의 부피에 비해 매우 작다. 이 말은 스팀이 응축되면 스팀 공간의 압력은 감소한다는 것을 의미한다.
- 스팀 공간에서 감소된 압력은 컨트롤 밸브에서 압력 차가 발생한다는 것을 말하고 스팀은 높은 압력 지역(컨트롤 밸브의 1차 측)에서 낮은 압력 지역(장비 내의 스팀 공간)으로 압력 차의 일정한 비율로, 이론적으로는 스팀이 응축되는 것과 같은 비율로 흘러 들어간다.
- 장비로 흘러 들어가는 스팀 유량은 차압과 밸브 오리피스 구경에 의해서 결정된다. 밸브를 통하여 흐르는 유량이 응축량보다 적다면 (아마도 밸브가 너무 작을 경우) 스팀 압력과 열교환기 내의 열전달량은 필요한 양보다 떨어질 것이다. 열교환기는 열 부하량을 감당할 수 없게 된다.
- 만약 연속 제어 시스템이 사용되어 공정 온도가 컨트롤러의 설정 값에 접근하면 컨트롤러는 밸브를 그에 따른 양만큼 닫음으로써 더 낮은 열부하량을 유지하는데 필요한, 낮은 압력으로 유지하도록 스팀 유량을 줄일 것이다.
- 밸브를 닫으면 질량 유량이 감소된다. 스팀 공간 내 스팀 압력은 떨어지고 스팀 온도도 떨어진다. 이 말은 스팀과 공정 사이에 온도 차가 더 작게 나므로 식 1에 따라 열전달률은 줄어든다는 것이다.

식 1.  $Q = U A \Delta T_M$

Q	단위 시간당 열전달량 (W(J/s))
U	총괄전열계수 (W/m <sup>2</sup> °C)
A	전열 면적
ΔT <sub>M</sub>	스팀과 2차 유체 사이의 평균 온도차 (°C)

총괄전열계수(U)는 공정에서 그리 크게 변하지 않는다. 그리고 전열 면적(A)은 고정되어 있다. 따라서 평균 온도차(ΔT<sub>M</sub>)가 줄어들며 스팀과 2차 유체 사이의 열전달 또한 줄어든다.

### 컨트롤 밸브를 통한 포화증기 흐름

열교환기 제조사는 어떤 열 출력을 주기 위해 장비를 설계한다. 이러한 열 출력을 달성하려면 특정한 포화증기 온도가 전열면에서 필요로 할 것이다(마치 쉘 & 튜브 열교환기 안의 가열 코일 안쪽에서와 같이). 포화증기는 온도

와 압력이 서로 밀접하게 연관되어 있으므로 스팀 압력을 제어함으로써 쉽게 온도를 제어할 수 있다.

10 barg의 스팀이 컨트롤 밸브에 공급되는 응용을 생각해 보자. 밸브를 통하여 일정한 질량 유량의 스팀이 열교환기로 공급되고 있다. 이 밸브는 완전히 열려 있다 (그림 5 참조).

- 만약 DN50 밸브가 설치되어 있고 이 밸브가 완전히 열리면 밸브에서의 압력 강하는 비교적 작다. 그리고 열 교환기에 공급되는 스팀은 상당히 높은 압력 (그리고 온도)이다. 그 이유는 설계 부하를 얻기 위해 필요한 가열 코일이 상대적으로 작기 때문이다.
- 완전히 열린 DN40 밸브가 위의 DN50 밸브와 같은 유량이 흐르는 공급 배관에 설치되어 있다고 하자. 밸브 오리피스가 더 작기 때문에 밸브 양단 간의 압력 강하는 더 커야 하고 열교환기에서의 압력은 더 낮아지게 된다(온도 역시). 이렇게 때문에 동일한 열부하를 얻기 위해 필요한 전열 면적은 더 증가하여야 한다. 다른 말로 더 큰 가열 코일이나 열교환기가 필요할 것이다.
- 밸브 구경을 더 줄이면 컨트롤 밸브에서 동일한 질량 유량이 흐르도록 하기 위해서는 압력강하가 더 커져야 한다. 그리고 동일한 열 출력을 얻기 위해서는 전열 면적을 더 증가시켜야 한다.

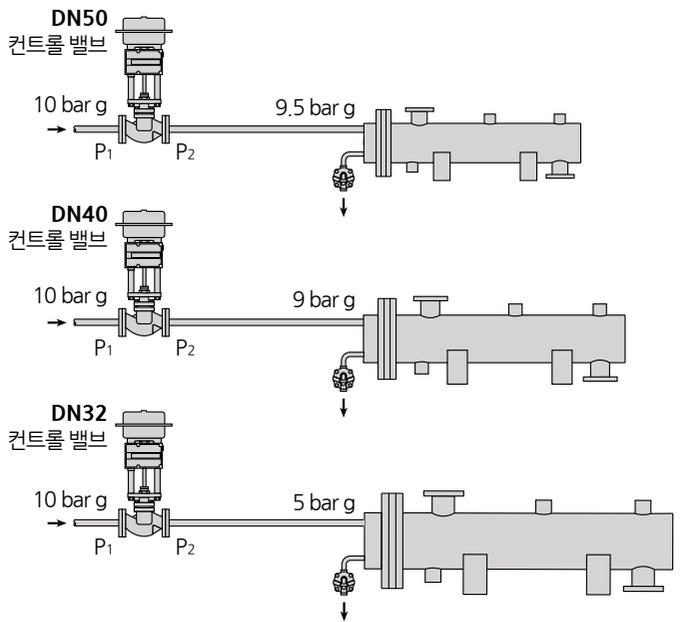


그림 5. 완전히 열린 컨트롤 밸브를 통한 유량

컨트롤 밸브의 구경에 상관없이 공정 요구량이 줄어든다면 밸브는 완전히 열린 위치에서 닫히는 방향으로 움직여야 한다. 어쨌든 밸브 행정의 첫 부분은 아주 작은 제어 효과만 얻을 수 있으며 밸브 행정의 몇 %가 움직이더라도 유량 변화에서는 더 작은 %만이 변화한다. 일반적으로 10% 행정 변화는 단지 5%의 유량 변화만 가져온다. 밸브의 움직임이 더 커져 플러그가 시트에 접근하면 이러한 효과는 반대가 되어 5%의 밸브 행정 변화가 10%의 유량 변화를 일으키며 보다 나은 제어 효과를 얻을 수 있다.

이렇게 제어 효과가 저하되는 컨트롤 밸브 행정의 초기 부분은 최대 부하에

서 낮은 압력 강하를 나타내는 더 큰 밸브를 고를수록 더욱 길어진다. 정해진 컨트롤 밸브가 최대 부하에서 임계 압력강하를 필요로 할 만큼 충분히 작아지면 이러한 효과는 사라진다. 임계 압력은 아래에서 설명한다. 만약 필요 이상으로 큰 컨트롤 밸브를 선택했을 때 적절한 크기의 컨트롤 밸브에서 필요한 밸브 움직임보다 더 조금 움직여야 원하는 유량 변화를 얻을 수 있다. 그리고 약간만 움직여도 필요 이상의 큰 유량 변화를 줄 수 있어 종종 제어가 불안정해질 수 있고, 특히 저부하 조건에서 공정값이 설정값 위, 아래로 진동할 수 있는 가능성을 키워준다.

컨트롤 밸브에서의 차압이 계속 커지면 플러그와 시트 사이의 가장 작은 유로 면적에서 스팀의 속도는 음속이 된다. 이렇게 스팀 속도가 음속일 때 최소 유로 면적 또는 병목점(Throat)이라고 불리는 곳의 압력은 임계 압력으로 알려져 있으며 이 지점의 압력과 최초(절대) 압력의 비는 포화 증기가 지나가는 경우 0.58에 근접한 것으로 알려져 있다.

### 소음

소음은 컨트롤 밸브를 사이징 할 때 중요한 고려 사항이다. 소음이 소리 레벨을 증가시키기 때문이 아니라 소음과 연관된 진동이 밸브 내부 부품에 손상을 줄 수 있기 때문이다. 특수한 소음 저감 밸브 트림을 사용할 수 있으나 때때로 비용이 덜 드는 해법은 필요한 것보다 더 큰 밸브 몸체를 설치하는 것이다. 컨트롤 밸브에서 발생하는 소음을 계산하기 위해서는 복잡한 공식이 필요하고 이것은 수작업으로 계산하기 힘들다. 컨트롤 밸브 출구에서 건포화증기가 마하 속도 0.3배 이상의 속도로 흘러갈 경우에는 허용할 수 없는 소음이 발생한다고 일반적으로 간주된다. 스팀에서의 음속은 스팀의 온도와 스팀의 질에 달려있다. 그러나 조건이 알려져 있다면 식 2와 같이 계산할 수 있다. (마하 1 = 음속)

식 2.  $C = 31.6 \sqrt{yRT}$

C	스팀에서의 음속 (m/s)
31.6	비례상수
y	스팀 등엔트로피 지수
R	0.4615 스팀의 가스 상수 (kJ/kg)
T	스팀의 절대 온도 (K)

소음이 문제가 될 때 보다 덜 정확하지만 효과적인 예측 방법은 밸브 출구에서 속도를 계산하는 것이다. 건포화증기용으로 간략화된 형태인데 이 속도가 150 m/s보다 크면 밸브 몸체가 너무 작을 가능성이 있다(비록 필요로 하는 용량에 트림 구경이 맞는다 할지라도). 더 높은 속도는 밸브 2차측 몸체의 침식을 야기한다. 특히 스팀이 이 부분에서 습하다면 더 그렇다. 따라서 습증기의 최대 출구 속도는 출구 포트에서 40 m/s를 권장한다.

컨트롤 밸브 양단에서 스팀 압력을 떨어뜨림으로써 얻는 또 다른 결과는 밸브에 들어가는 스팀의 상태에 따라 스팀을 건조시키거나 과열시키는 것이다. 가열 공정에서 높은 과열도는 바람직하지 않다. 따라서 이러한 상태가 일어날 것인지를 계산하는 것은 유익하다. 과열증기(또는 건증기) 속도는

출구 포트에서 마하 0.5까지 허용할 수 있다. 액체의 경우 최대 출구 속도는 10 m/s로 제한된다.

### 침식

밸브에서 과도한 속도로 인해 발생할 수 있는 또 다른 문제는 침식의 가능성이다. 간단히 컨트롤 밸브를 떠나는 스팀의 상태가 과열증기임을 보장할 수 있다면 출구 속도의 한계는 150 m/s이다.

몇몇 경우 컨트롤 밸브에 포화증기가 공급될 때 이 스팀에는 어느 정도 응축수를 포함할 수 있다. 예를 들어 스팀이 97 ~ 98% 정도의 건도 상태일 수 있다. 만약 적절하게 설계된 기수분리기를 통과한다면 거의 100%에 가깝게 된다. 공급 스팀이 건조하고, 또는 밸브에서 큰 압력 강하가 있는 경우에 스팀은 더욱 과열될 것이다.

### 컨트롤 밸브의 사이징

스팀 유량을 계산하는 공식과 관련된 많은 표준이 존재한다. 그 표준 중 하나가 IEC 60534이다. 불행히도 계산은 너무 복잡해서 컴퓨터 소프트웨어를 활용하여야만 계산할 수 있다. 수작업 계산은 매우 지루하고 느리다.

말할 것도 없이 중요한 공정을 위한 컨트롤 밸브를 사이징 할 때는 이러한 소프트웨어의 사용이 필수 불가결하다. 예를 들어 IEC 60534는 큰 압력 강하에 대해 컨트롤 밸브에서 발생하는 소음 수준과 같은 기타 다른 현상을 계산하도록 설계되었다.

컨트롤 밸브 제조사는 대체적으로 자신의 밸브를 위한 선정 소프트웨어를 가지고 있다. 단순한 스팀 밸브 사이징 공식은 글로브 밸브에서 대부분의 증기 응용을 위한 계산에 적합하다. 또한 1차 측 절대 압력의 58%에서 발생하는 임계 압력만 고려한다면 글로브 밸브는 언더 사이징 되기가 힘들다.

간단히 하기 위해서 포화증기의 임계 압력이 1차 측 절대 압력의 58%에서 발생한다고 가정한다. 예를 들어 컨트롤 밸브의 1차 측 압력이 10 bar a라면 최대 유량은 다음의 2차 측 압력에서 발생한다.

$$10 \text{ bar a} \times 58\% = 5.8 \text{ bar a}$$

동일하게 임계 압력 강하는 입구 압력의 42%이다. 이 말은 압력 강하비가 0.42이다. 한번 이 2차 압력에 도달하면 더 이상의 압력 강하는 질량 유량의 스팀에 영향을 끼치지 못한다.

이러한 효과는 그림 6에서 보는 '글로브 밸브에서 임계 압력 강하까지 떨어지는 2차 측 압력에 따른 유량의 증가'에서 볼 수 있다.

스팀 열교환기를 위한 컨트롤 밸브의 사이징은 다음 사이에서 타협점을 찾아야 한다.

- ① 열교환기 크기를 줄일 수 있는(비용을 줄일 수 있는) 더 작은 압력 강하
- ② 밸브 행정 대부분을 이용하여 정확하고 효과적으로 압력과 유량 제어를 할 수 있도록 하는 큰 압력 강하
- 만약 압력 강하가 최대 부하에서 10% 미만이라면 다음의 3가지 문제점이 발생한다.
- 컨트롤러 설정과 2차측 온도, 시스템의 시간 지연에 따라 설정값 부근에서

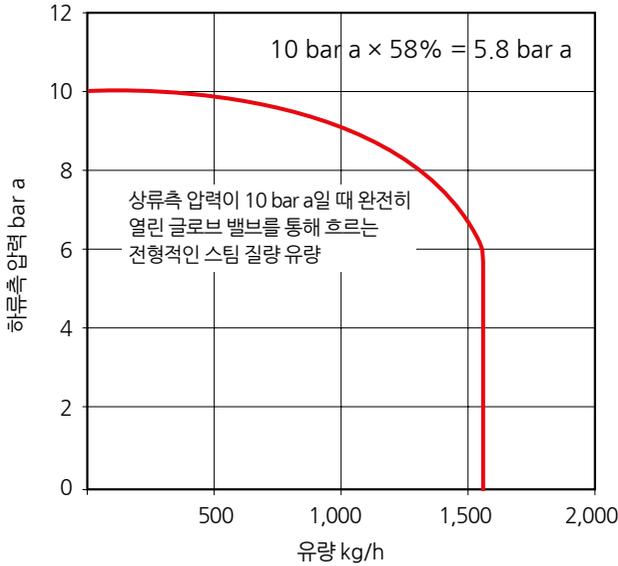


그림 6. 스팀 밸브를 통해 흐르는 질량 유량은 임계 압력에 도달하기전까지는 증가한다

온도가 위아래로 진동하는 결과가 발생할 수 있는데 이는 밸브가 오버사이징되었기 때문이다. 밸브 행정이 조금만 변화하더라도 유량에 큰 변화를 일으키는데 특히 선형 비례형 유량 특성을 갖는 밸브에서 더욱 그렇다.

- 운전 부하는 최대 부하에 비해 대부분 매우 작다. 그리고 밸브는 오랜 시간 동안 플러그가 시트에 근접한 채로 작동할 수 있다. 이 경우 와이어 드로잉의 (높은 속도의 물방울이 좁은 통로를 지나가면서 표면이 마찰되어 발생하는 침식) 위험을 야기시킨다. 와이어 드로잉은 밸브의 수명을 단축시킨다.
- 시스템은 낮은 열부하에서 제대로 제어가 안될 것이며 밸브의 부하 조정비가 줄어든다.

### 스팀 서비스에서 간단히 글로브 밸브 사이징하는 방법

밸브를 통해 흐르는 스팀의 흐름과 팽창은 복잡한 과정이다. 사용할 수 있는 복잡한 계산 방법이 많이 있으나 실용적인 접근방법은 실험적인 결과를 수

학적인 곡선에 가장 잘 맞추는 방법을 기초로 한 포화증기 제어 글로브 밸브 용 공식 3이다. 이 비교적 간단한 공식의 장점은 간단히 계산기만을 사용하여 계산할 수 있다는 것이다. 이 식은 임계 압력 강하가 1차측 압력의 58%에서 발생한다는 것을 가정으로 한다.

$$\text{식 3. } \dot{m}_s = 12 K_v P_1 \sqrt{1 - 5.67 (0.42 - x)^2}$$

$\dot{m}_s$	질량 유량 kg/h	x	압력 강하율 = $\frac{P_1 - P_2}{P_1}$
$K_v$	밸브 유량 계수 $\text{m}^3/\text{h bar}$		
$P_1$	1차측 압력 bar a	$P_2$	2차측 압력 bar a

(주) 만약 식 3을 사용할 때  $P_2$ 가 임계 압력보다 더 낮다면, 괄호 안의  $(0.42 - x)$ 는 음수가 된다. 이 경우 이 값을 0으로 간주하고 제곱근 안의 값이 1이 되면 식은 4와 같이 단순해진다.

$$\text{식 4. } \dot{m}_s = 12 K_v P_1$$

### 스팀 밸브 사이징을 하기 위한 정보 수집

정확한 밸브를 사이징하기 위해서는 다음과 같은 최소한의 정보가 있어야 한다.

- 공급 스팀의 압력은 반드시 알아야 한다.
- 최대 열부하를 충족하기 위한 열교환기 내부 압력은 반드시 알아야 한다. 위의 조건들의 차이는 최대 부하 조건에서의 밸브에서 차압을 의미한다.
- 열교환기 내 작동 압력에서 증발 엔탈피와 장비의 열부하 출력은 반드시 알아야 한다. 이러한 값들은 스팀의 질량 유량을 계산하기 위해서 필요하다.

지금까지 제어와 컨트롤 밸브에 대해 설명하였다. 공정 효율성을 높이기 위해서는 공정의 동특성을 이해하고 적절한 제어를 하는 것이 필수적이다. 컨트롤 밸브는 공정 제어에 있어 핵심적인 장비이며 제어를 잘 하기 위해서는 비용 효율적으로 적합한 선택사양을 갖춘 컨트롤 밸브를 선정하여 사용해야 한다. 지금까지 연재된 내용을 현장에 적절히 적용하여 공정의 효율성 향상에 도움이 되기를 바란다.



Key Solution No.



한국스파이렉스사(주)  
SGS 팀 이상윤 이사

# 효율적인 배기가스 열 회수 시스템 적용

한국스파이렉스사(주)에서는 고객 여러분의 현장에 딱 맞는 해법을 제공하기 위하여 그동안 제안되었던 내용에 축적된 기술을 한층 더 심화한 "Key Solution (Best 성공사례)"를 추진하고 있다. 122호부터 차례로 소개하고 있으며 13번째로 <효율적인 배기가스 열 회수 시스템 적용>에 대해 알아보겠다.

최근 세계적인 경제 흐름의 주체들이 기업의 경영기준을 ESG경영체계를 요구하고 있으며, 우리나라 정부도 기업에 이를 의무공시하였다. 현재 국내 유수의 기업들이 “ESG 경영체제”를 선언하고 이를 구체화하고 있으며, 2025년부터 자산이 2조원을 넘는 코스피 상장기업은 친환경, 사회적 활동을 담은 “지속가능 경영보고서”를 공시해야 한다.

ESG 경영체제란 환경(Environmental), 사회(Social), 지배구조(Governance)의 약자로 “환경”은 기업이 경영과정에서 환경에 미치는 영향으로 에너지 사용량, 폐기물 및 온실가스 배출에 대한 건전성을 확보해야 한다는 내용이다. “사회”는 인권이나 지역사회 기여에 연결된 다양한 사회적 책임을 잘 수행해야 한다는 의미이며, 마지막으로 “지배구조”는 경

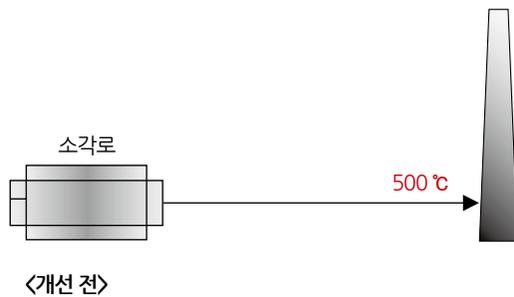
영의 투명성이라고 볼 수 있다. 향후 ESG는 기업을 판단하는 기본적인 지표가 될 것이라는 전망이다.

이러한 세계적인 흐름 속에 한국스파이렉스사코는 고객 여러분 회사의 ESG 경영체제 환경 부분 건전성 확보에 도움이 될 수 있는 “ESPP를 통한 에너지 절감 및 온실가스 감축”을 제안하고 있다. ESPP(Energy Saving Plan Package)는 여러분 회사에 에너지 절감 아이디어를 쉽고 빠르게 찾아 적용할 수 있는 37개의 Application으로 구성되어 있으며, 이러한 제안을 통해 그 성과가 검증된 Best 성공사례가 바로 “Key-solution”이다. 금번 주제는 Application 04번 배기가스 열 회수 시스템의 구체적인 성공사례에 대해 소개하고자 한다.

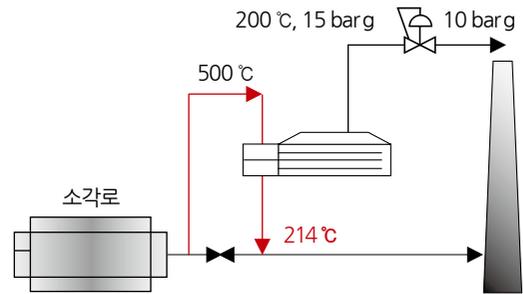
## 배기열 회수

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

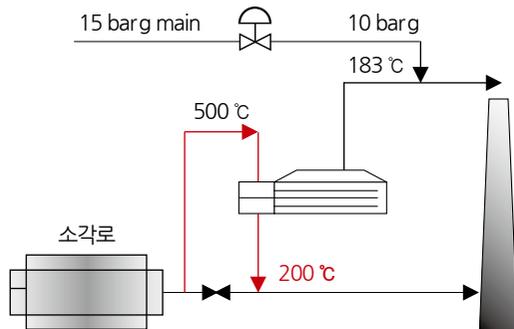
그림 1. 소각로에서의 배기가스 회수



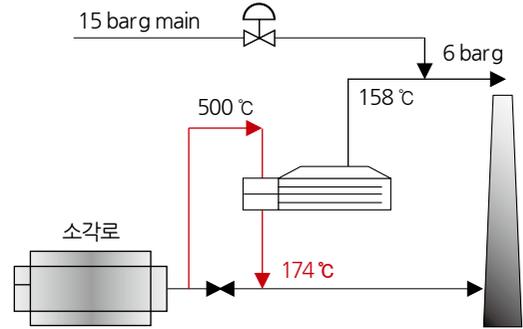
<개선 전>



<개선 후> 방법 1. 일반적인 스팀 발생 방법 (15 barg 스팀 생산)



<개선 후> 방법 2. 스팀 발생 압력 제어 방법 (10 barg 스팀 생산)



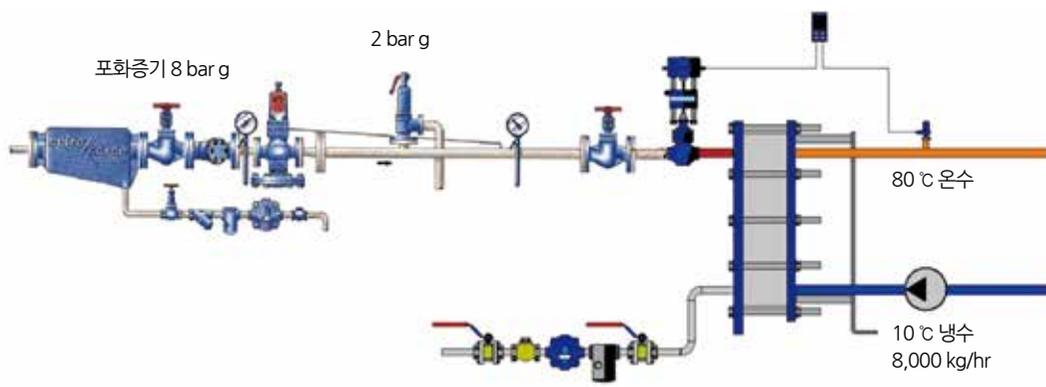
<개선 후> 방법 3. 가장 효율적인 스팀 발생 방법 (6 barg 스팀 생산)

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 제어 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 발생되

는 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



열역학1법칙: 에너지 보존의 법칙  
에너지는 새로 창조되거나 소멸될 수  
없고 단지 한 형태로부터 다른 형태  
로 변환될 뿐이다.

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
ΔT	피가열체 온도차	°C
Ms	스팀 유량	kg/hr
Hfg	스팀 잠열	kcal/kg

Q	전달열량	kcal/hr
U	총괄전열계수	kcal/m <sup>2</sup> hr °C
A	전열면적	m <sup>2</sup>
ΔT	대수평균 온도 차	°C

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.

그렇다면 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. 그렇다면 두 가지를 변수에 대해 아래와 같이 생각해 볼 수 있다.

① 설치된 열교환기 내 스팀응축수 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.

**예시. 보일러 배기가스 열 회수**

LNG 사용량	= 650 Nm <sup>3</sup> /hr
배기가스 O <sub>2</sub> 농도	= 4.0 %
이론 연소공기량	= 11 Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> LNG
이론 배기가스량	= 13 Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> LNG
배기가스 비열	= 0.33 Kcal/Nm <sup>3</sup> °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

② 가열체인 배기가스와 피가열체인 스팀의 온도차가 크도록 운전방법을 변경하는 것으로 스팀이 압력에 따라 포화온도가 낮아지는 특성을 이용하면 된다.

그럼 배기가스의 회수 가능 열량을 계산하려면 어떻게 할까?  
 피가열체 열량을 계산하는 공식인  $Q = mwCpdT$  공식을 이용하면 쉽게 배기열량을 계산할 수 있다. 즉 회수가능 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 절단기(Economizer)를 설계하여 보자.

**◆ 배기가스 유량 계산**

보일러 배기가스 유량은 실제 유량을 측정하지 않아도 연료사용량 및 배기가스 중 산소농도를 이용하여 계산할 수 있다.

공기비 =  $21 / (21 - O_2\text{농도}) = 21 / (21 - 4) = 1.23$

보일러 실제 배기가스량 = 연료사용량(Nm<sup>3</sup>/hr) × [(공기비-1) × 이론연소공기량 + 이론배기가스량] = 650 Nm<sup>3</sup>/hr × [(1.23 - 1) × 11 Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>LNG + 13 Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>LNG] = 10,132 Nm<sup>3</sup>/hr 으로 계산할 수 있다.  
 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 kcal/Nm<sup>3</sup> °C를 사용한다. 만약 보일러가 아닌 RCO, RTO 및 기타 공정에서 배출되는 배기가스의 비열은 성분 및 성분의 조성을 이용하여 비열을 계산된 값을 사용해야 한다.

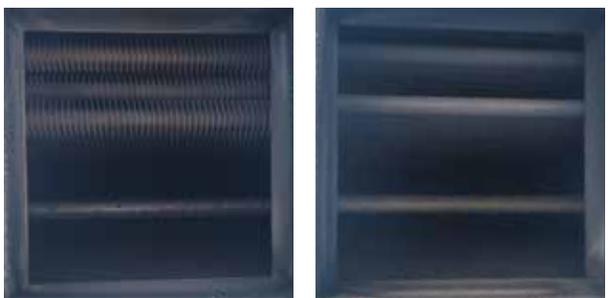
◆ 배기가스 열 회수를 위한 온도차 고려

배기가스와 열교환하여 온도를 올릴 피기열체(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℃ 이상의 온도차를 고려하는 것이 일반적이다. (공정조건에 따라 온도 차는 다를 수 있음)

그렇다면 상기 조건으로 배기가스 회수 가능 열량을 계산하면 다음과 같다.  
 배기가스 회수열량(kcal/hr) = 배기가스량(Nm³/hr) × 배기가스비열(kcal/Nm³·℃) × (절탄기 입구온도 - 출구온도)℃ = 334,400 kcal/hr  
 절탄기 출구 급수온도(℃) = 배기가스 회수열량(kcal/hr) ÷ [급수량(kg/hr) × 급수비열(kcal/kg·℃)] + 절탄기 입구 급수온도(℃) = 123.4℃  
 즉, 현재 절탄기가 설치되지 않고 200℃의 고온의 배기가스가 보일러 굴뚝으로 배출되고 있다면, 절탄기를 설치하여 보일러 급수 10 t/h × 90℃를 배기가스와 열교환하여 123.4℃로 보일러로 공급할 수 있다.

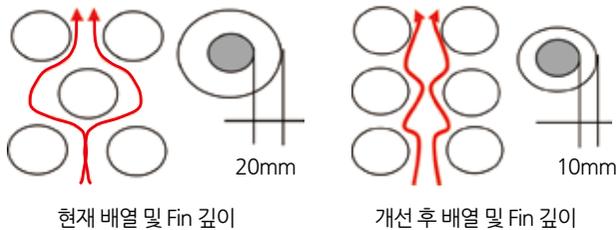
또한 LNG 저위 발열량이 9,540 kcal/Nm³이라고하면, LNG 절감량은 334,400 kcal/hr ÷ 9,540 kcal/Nm³ = 35 Nm³/hr으로 계산할 수 있으며, 연간 에너지 절감금액으로 환산하면 약 3.5억원/년 에너지 절감효과가 있다. (단. LNG 단가 = 1,400 원/Nm³, 보일러 가동시간 = 7,200 hr/년)  
 LNG와 같은 청정 연료(탄화수소 화합물인 CH₄, 메테인이 주성분으로 황과 같은 부식을 유발하는 성분이 미 포함된 연료)를 사용하는 경우 비교적 배기가스 열량을 회수하기 쉬우나 그렇지 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.

① 열교환기 Tube를 Fin Tube 타입이 아니라 Bare Tube로 설계



Fin Tube Type 3각 배열

Bare Tube Type 4각 배열



현재 배열 및 Fin 깊이

개선 후 배열 및 Fin 깊이

그림 3. 열교환기 Tube 제작 개선사례

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

상기와 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.

1. 배기가스 열회수 시 저온부식이란?

황을 함유한 화석연료가 히터나 보일러에서 연소되면 이산화황(SO₂)과 소량의 삼산화황(SO₃)이 CO₂ 및 수증기와 함께 형성된다. SO₃은 배기가스의 수증기와 결합하여 황산(H₂SO₄)을 형성하고 열 전달 표면에 응축되어 표면을 부식시키고 금속 조직을 파괴할 수 있다. 이러한 응축은 산성가스의 이슬점 이하 온도조건일 경우 열교환기 표면에서 발생한다. 또한, 수증기가 이슬점 이하까지 냉각되면 CO₂가 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 열교환기 튜브 손상 사진

일반적으로 보일러 또는 히터, 소각로에서의 배기열 회수는 보일러 절탄기에서 급수를 승온하는 방식으로 진행된다. 이때 배기가스 중 SO₃

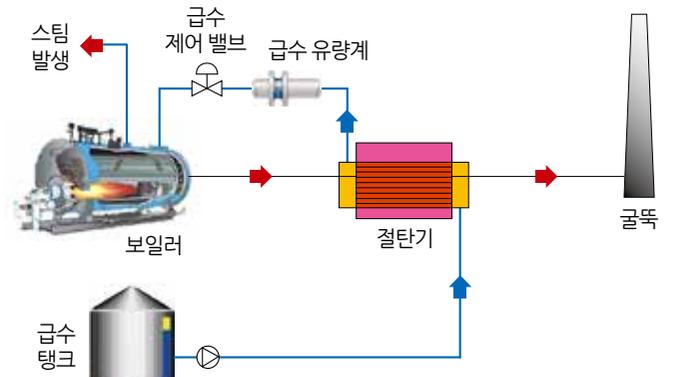


그림 5. 일반적인 배기열 회수

및 H<sub>2</sub>O의 농도에 따라 저온부식 온도가 결정되는데 만약 탈기에서 공급되는 급수의 온도가 낮아 이코노마이저 튜브의 전열면 온도(Wall temperature)가 노점 이하가 되면 저온부식이 발생되는 것이다.

## 2. 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 동등 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 유리로 라이닝하여 특수하게 제작할 수 있다. 그러나 이렇게 제작되는 열교환기도 일반적으로 투자 비용이 높으며, 또한 지속적으로 가열과 냉각이 반복될 수 있는 폐열 회수 열교환기 특성상 모재와 라이닝 재질의 열팽창 차이로 열교환기 내구성에 문제가 발생할 우려가 있다.

그렇다면 마지막으로 방법 3의 산 노점 이상으로 열교환기를 설계하는 방법이다.

우선 배기가스 내 삼산화황(SO<sub>3</sub>)과 수분(H<sub>2</sub>O)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  $S + O_3 \rightarrow SO_2$  (이산화황)이 생성되고 SO<sub>2</sub>와 SO<sub>3</sub> 분압 값의 비로 SO<sub>2</sub>에서 SO<sub>3</sub>로의 전환율이 결정된다. 일반적으로 SO<sub>2</sub>에서 SO<sub>3</sub>로의 전환율은 2~5 % 사이에서 결정된다.

그렇다면 배기가스 중 수분의 부피비율과 상기 삼산화황의 부피비율

을 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<sub>2</sub> 부피비율이 0.0032 % (32 ppm)이고 SO<sub>3</sub> 전환율이 3.3 %라고 가정하면  $32 \text{ ppm} \times 3.3 \% = 1.05 \text{ ppm}$  SO<sub>3</sub>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.

여기까지 황산에 의한 산 노점을 계산하였다면 이제 열교환기에서의 Wall temperature를 계산할 차례이다. Wall temperature가 중요한 이유는 한여름 유리컵에 차가운 물을 따랐을 때 유리잔 표면에 공기중 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 <sup>2</sup> h °C
ha	튜브 외부 열전달계수	kcal/m <sup>2</sup> h °C
U	전체 열전달계수	kcal/m <sup>2</sup> 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 아래 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.

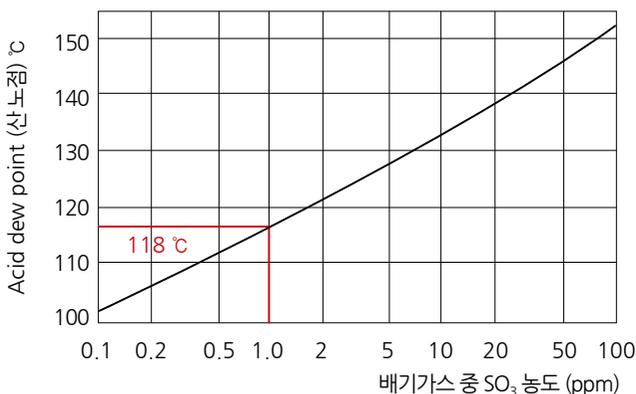


그림 6. Acid dew point vs SO<sub>3</sub> Concentration

(주) Journal of The Air Pollution Control Association January 1979, Volume 29 No1, Page 43~46에서 인용

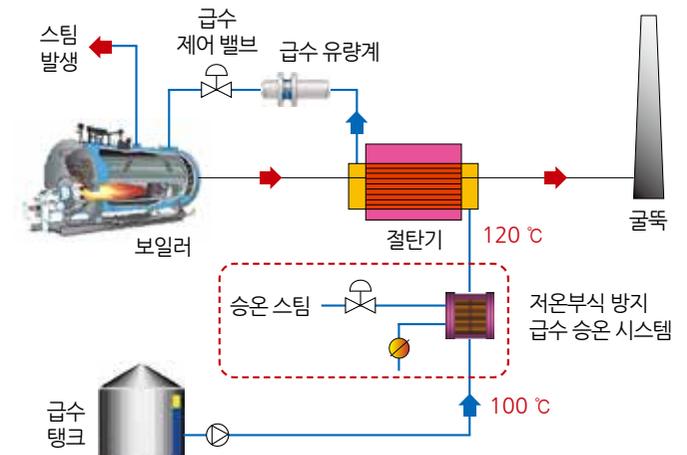


그림 7. 저온부식을 예방하는 폐열 회수 시스템 예시

황에 의한 저온부식 외에도 염화수소(염산)에 의한 부식, 브롬화 수소산 및 수분에 의한 부식도 고려되어야 한다. 단, 염산 및 브롬화수소, 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.

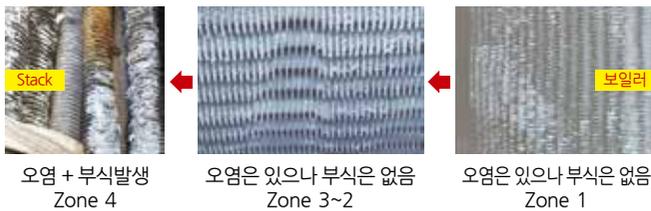
배기가스 열 회수 시스템에서의 안정적인 설비투자를 원한다면, 다양한 경합과 노하우를 보유한 한국스파이렉스사코 기술진과 함께 여러분 회사의 ESG 경영체계를 만족할 성과를 거두길 기대한다.

## 사례 : 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 주저, 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 황과 질소산화물에 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.

### (개선 전) 열교환기의 오염된 사진



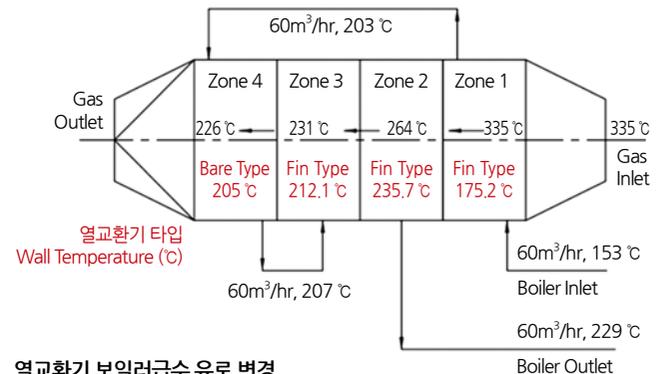
기존 설치된 열교환기는 Zone 1~4로 구성되어 있으며, Zone 4에서는 저온부식 발생되어 잦은 정비 및 교체가 진행되었으며, Zone 1~3은 SNCR 잔류 요소(Urea)와 황산의 반응으로 황산암모늄(황안,  $(NH_4)_2SO_4$ ) 등에 의해 오염이 심화되어 열교환 효율을 저해하는 원인이 되었다. 이에 한국스파이렉스사코는 배기가스 조성 및 운전조건을 분석하고, 산 노점과 절탄기 Wall temperature 계산을 통해 가장 적합한 폐열 회수 시스템을 우측 도면과 같이 설계하였다.

**개선 1.** 신규제작되는 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 탈기기에 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 °C까지 승압하여 운전하여 급수 온도를 승온하였다.

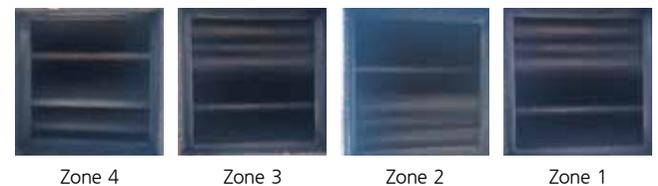
**개선 3.** 가장 오염이 심한 Zone 4는 Bare type으로 열교환기를 설계하고, 나머지 Zone 1~3는 Fin tube type으로 열효율을 높이는 설계를 반영하였다.

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



열교환기 보일러급수 유로 변경

### (개선 후) 열교환기가 깨끗하게 운전되는 사진



상기와 같은 개선을 통해 절탄기 저온부식을 최소화하고 황산암모늄 및 Dust에 의한 오염을 최소화 하여 공장 가동률 향상 및 설비 유지 보수 비용을 최소화 한 사례가 된다.

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

# BCR3150

## 보일러 블로우다운 컨트롤러 - TDS 보정



BCR3150 블로우다운 컨트롤러는 전기전도도 검지기(CP10, CP30/CP40 및 CP32/CP42)와 함께 구성되어 블로우다운 컨트롤 및 미터로 사용된다. 대표적인 응용처는 스팀 보일러, 온수설비, 응축수 및 급수 탱크가 있다. 컨트롤러에 PT100 온도 센서를 연결하여 보일러수의 온도를 표시하고 온도 보상도 가능하다. 이는 보일러가 다양한 압력에 작동하거나 응축수 모니터링 또는 코일 보일러와 같이 온도가 달라질 수 있는 운영체계에 권장된다. 블로우다운 컨트롤러는 미리 설정된 TDS/전기전도도의 최대 값에 도달할 때 제어를 지시하며 블로우다운 밸브를 제어하고 컨트롤러는 MAX 경고 기능도 탑재된다.

### 기능

- 전기전도도 검지기를 사용하여 TDS / 전기전도도 자동 제어 밸브를 컨트롤
- 검지기 팁에서 스케일을 제거하는 전자 검지기 청소 기능
- 필요할 때 검지기를 배관에서 꺼낼 수 있게 하는 ON / OFF 제어
- 감쇠 효과를 상승시켜 밸브의 과도한 작동을 방지하는 필터 (선택사양)
- 전기전도도 - TDS 변화 (단위 :  $\mu\text{S}/\text{cm}$  또는 ppm)
- 보일러가 절전 상태나 부하가 적은 경우 보일러 워터 손실을 줄이기 위한 절전 / 버너 입력 (24VDC)
- 4 - 20 mA 출력
- 패스워드 보호 기능

### 안전정보

본 제품은 Electromagnetic Compatibility Directive 2004/1087/EC 그 모든 요건을 준수한다. 본 제품은 Class A 환경에 적합하며(예, 산업용) 세부 EMC 평가를 충분히 거쳤다. 다음의 조건들은 산업재해 면책 범위에서 규정한 제한조건에서 벗어나 간섭을 일으킬 수 있으므로 피해야 한다.

- 제품 또는 제품의 결선 케이블이 무전기에 가까이 있다.
- 주 전원에서 과도한 노이즈가 발생된다. 만약 메인 전원에서 노이즈가 발생할 가능성이 있는 경우에는 교류 전원 보호기를 설치하여야 한다. 보호기를 여과, 제거, 서지 및 불꽃 어레스터를 조합할 수 있다.
- 휴대폰과 휴대용 라디오를 본 제품이나 제품 결선의 1m 이내에서 사용하면 간섭을 일으킬 수 있다. 실제 필요한 이격 거리는 설치 환경과 무전기의 소비전력에 따라 다를 수 있다.

- ① 접근: 안전하게 접근할 수 있어야 하며 필요하다면 제품을 작동하기 전에 적절히 보호할 수 있는 안전한 작업대를 갖추어야 한다.
- ② 조명: 특히 세밀하고 복잡한 작업이 필요한 곳에서는 적절한 조명을 갖추어야 한다.
- ③ 제품 주변의 환경: 폭발 위험지역, 산소 부족, 위험한 가스, 극단의 온도, 뜨거운 표면, 화재위험, 과도한 소음, 움직이는 기계 등을 주의한다.
- ④ 시스템: 예정된 작업이 전체 시스템에 미치는 영향을 고려하며 시스템의 일부분 또는 인체에 위험을 줄 수 있는 지를 고려하여 예방 대책을 강구한다.
- ⑤ 차단: 시스템의 갑작스러운 충격을 피하기 위해 차단밸브는 천천히 열고 닫아야 한다.
- ⑥ 압력: 안전한 작업을 위해서는 작업 구간의 압력을 차단하고 대기압 상태로 안전하게 배기해야 하며 압력계가 0을 지시하더라도 제품 및 시스템에 압력이 없다고 단정지어서는 안된다.
- ⑦ 온도: 압력 차단 후 상온으로 냉각될 때까지 대기하여 작업자의 화상을 방지하고, 필요하면 보호 장비를 착용해야 한다.
- ⑧ 기타 위험: 정상 운전 시 제품의 표면온도가 매우 뜨거울 수 있다. 최대 허용운전 조건에서 사용할 때 제품의 표면 온도가 239°C까지 올라갈 수 있다. 설치된 상태에서 제품을 분해하거나 떼어낼 때 특별한 주의가 필요하다.
- ⑨ 폐기: 이 제품은 재활용이 가능하며, 적절한 폐기 절차에 의하여 폐기한 경우 생태학적 위험은 없다.

◎ 검지기 캘리브레이션

시스템을 캘리브레이션할 때는 보일러가 작동 온도에 있어야 한다. 경우에 따라 캘리브레이션 전에 TDS가 측정될 수 있도록 보일러를 일정 시간 동안 가동해야 할 수도 있다. 보일러 관수의 샘플을 채취하여 MS1과 같은 포터블 측정기로 전기전도도를 측정하고 그 값을 기준으로 최적의 성능을 보장하기 위해 매주 캘리브레이션 진행을 추천한다.



◎ 이상 현상에 대한 조치 방법

오류 코드	오류	조치 방법
E.001	온도 센서 오류 (값이 너무 낮음)	→ 온도 센서 측정값 확인 → 센서 결선 상태 점검 → 필요한 경우 교체
E.002	온도 센서 오류 (값이 너무 높음)	
E.005	TDS / 전기전도도 검지기 오류 (회로 열림)	→ 전기전도도 검지기를 확인하고 조치 → 필요한 경우 교체
E.006	TDS / 전기전도도 검지기 오류 (회로 단함)	
E.097	시범 테스트 오류	
E.098	시범 사용처 오류	
E.099	내부 테스트 오류	



\* 본 점검 절차는 유튜브에 등록된 동영상을 통해 확인이 가능합니다.  
<https://youtu.be/NUf8GQGpN7s>  
 \* 유튜브 검색창에서 "한국스파이렉스사코"로 검색하면 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다.

한국스파이렉스사코(주)  
서비스영업팀 경유성 차장



# 2023 신년복 많이 받으세요

스팀피플 여러분,  
 올해 보내주시는 관심과 성원에 진심으로 감사의 마음을 전합니다.  
 2023년에도 한국스파이렉스사코는 변함없이 스팀피플 여러분과 함께 성장해 나가겠습니다.  
 언제나 건강하고 행복하세요.  
 감사합니다.





Steam Trap  
Audit

# 2023 스팀트랩 진단사 자격 검정 안내

등급	내용	2023년 교육 및 검정 일정	
Level 1	스팀의 발생, 성질, 이용방법 스팀트랩 종류, 작동원리, 설치, 진단방법, 점검방법 스팀트랩 진단기 종류, 구조, 작동원리	35회 : 06. 21 (수) ~ 23 (금)	3일 출퇴근 (16시간)
		36회 : 11. 15 (수) ~ 17 (금)	2박 3일

\* 2023년에는 Level 1 정규교육, Level 2 선택교육이 실시됩니다.

\* 출퇴근과 숙박 중에 선택하여 교육을 받으실 수 있습니다. 숙박 시에는 교육비가 추가됩니다. (교육비는 인상될 예정으로 추후 공지합니다)



## 2023년 스팀기술연수교육 안내

본 교육은 국내 유일의 교육과정으로 스팀 및 공정 유체 분야의 기술 향상과 에너지 절감에 대한 최신의 기술 지식을 보급하기 위하여 스팀관련 현장 실무자 및 엔지니어를 대상으로 실시하고 있습니다. 1982년 시작하여 매년 20회 이상의 정규과정과 특별과정을 실시해 오고 있으며, 2022년까지 18,900여 명 이상이 본 과정을 수료하였습니다. COVID-19로 인하여 과정이 취소될 수 있고, 10명 이하 접수 시에도 취소될 수 있으나 사전에 확인 후 신청해 주시기 바랍니다. 자세한 사항은 당사 홈페이지 [www.spiraxsarco.com/global/kr](http://www.spiraxsarco.com/global/kr)에서 확인해 주시기 바랍니다.

◆ 2023 스팀기술연수교육 일정 (아래 일정은 당사의 사정에 따라 변경될 수 있으나 신청 전에 확인하여 주시기 바랍니다.)

FEB 02	MAR 03	MAY 05	JUN 06	JUL 07	AUG 08	SEP 09	OCT 10	NOV 11	DEC 12
STSC 2301 일반과정 22 (수) ~ 24 (금)	STSC 2302 1차 설비분야 대학(대학원)생 과정 02 (목)	STSC 2306 일반과정 10 (수) ~ 12 (금)	STSC 2308 일반과정 14 (수) ~ 16 (금)	STSC 2309 기초종합과정 17 (월) ~ 21 (금)	STSC 2310 선박과정 23 (수) ~ 25 (금)	STSC 2311 일반과정 06 (수) ~ 08 (금)	STSC 2314 일반과정 11 (수) ~ 13 (금)	STSC 2317 1차 설비분야 대학(대학원)생 과정 02 (목)	STSC 2319 일반과정 06 (수) ~ 08 (금)
	STSC 2303 일반과정 08 (수) ~ 10 (금)	STSC 2307 스팀에서의 제어 및 모니터링 과정 18 (목) ~ 19 (금)				STSC 2312 정비과정 13 (수) ~ 15 (금)	STSC 2315 경유 및 석유화학과정 19 (목) ~ 20 (금)	STSC 2318 일반과정 08 (수) ~ 10 (금)	STSC 2320 일반과정 13 (수) ~ 15 (금)
	STSC 2304 스팀보일러 하우스과정 16 (목) ~ 17 (금)					STSC 2313 일반과정 20 (수) ~ 22 (금)	STSC 2316 일반과정 25 (수) ~ 27 (금)		
	STSC 2305 정비과정 22 (수) ~ 24 (금)								

과정명	횟수	대상	기간
일반과정	11	스팀 시스템을 관리하는 공무, 시설, 정비, 원동 및 열관리 담당자	2박 3일
선박과정	1	조선 회사의 설계, 시설, 정비, 원동 및 열관리 담당자	
정비과정	2	스팀 설비 정비 실무 담당자	
스팀보일러하우스과정	1	보일러 및 냉각수 시스템을 관리하는 운전, 공무, 시설, 열관리 담당자	1박 2일
스팀에서의 제어 및 모니터링과정	1	스팀 시스템에서 계측제어, 스팀 설비관리 담당자(운전, 정비, 운용, 관리)	
경유 및 석유화학과정	1	엔지니어링 회사의 설계 담당자 및 석유화학 회사의 설계, 정비, 생산부 실무자	
기초종합과정	1	스팀 시스템 실무 3년 이하의 초보자 또는 신입사원	4박 5일
설비분야 대학(원)생과정	2	스팀 시스템의 기초 교육을 원하는 대학생 또는 대학원생	1일
특별과정	수배관과정	수배관 시스템 관리, 설계 담당자	1박 2일
	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 특별 과정을 실시할 수 있습니다. 원하시는 고객은 당사 영업사원과 협의해 주시기 바랍니다.)	

\* 출퇴근과 숙박 중에 선택하실 수 있으며 숙박 시에는 교육비가 추가됩니다. 교육비는 인상될 예정으로 추후 공지합니다.

\* 문의: 기술연수원 교육담당 T. 032-820-3080 / e-mail. Training@kr.spiraxsarco.com

Powerful yet sustainable

# NATURAL TECHNOLOGY

## 다음은 Net-Zero, 지금 바로 미래를 준비하는 Natural Technology

스팀은 현대 산업과 기술에 혁명적 변화를 가져왔다. 깨끗하고 효율적인 스팀 시스템으로 수술용 의료 장비를 멸균하고 백신과 기타 의약품을 생산하며 사람들이 주점에서 즐기는 맥주를 양조할 수도 있다. 하지만 이상 기후변화에 맞서 싸우는 상황에서, 탄소 중립을 향한 여정의 필수 구성 요소로서 스팀에 대해 이야기하는 것이 현실적일까? 스팀 생성을 화석 연료에서 분리하여 진정으로 지속 가능한 기술로 만들 수 있을까? 우리가 Natural Technology를 통해 달성하고자 하는 것이 바로 그것이다.

오늘날의 보일러는 매우 효율적이므로 필요한 에너지의 양을 최소화하여 작동하며, 또한 스팀은 열량과 에너지 밀도가 높기 때문에 생산 인프라와 배관을 콤팩트하게 구성함으로써 공간을 절약하고 원료 사용량을 줄일 수 있다. 전 세계가 재생에너지로부터 더 많은 전기를 생산하는 방향으로 움직임에 따라 스팀은 훨씬 더 지속 가능하고 환경 친화적이 될 것이다. 청정 전기, 그린 수소 또는 바이오매스 보일러로 스팀을 생산할 수 있으므로 지금이라도 바로 탄소 배출 제로의 스팀 생산을 실현할 수 있다. 예를 들어, 스팀은 열 저장 및 열병합 발전(CHP) 시스템과 같은 에너지 솔루션의 핵심 부분이다.

스팀은 올바르게 관리하면 본질적으로 깨끗하고 안전하다. 화재 위험이나 유독성 폐기물이 없으며 물만 남는다. 지구를 생명으로 가득 찬 행성으로 유지해 주는 비와 물의 증발로 이루어지는 자연적인 물 순환과 비슷한 방식으로 스팀을 응축하고 재사용할 수 있다.

스파이렉스사코는 스팀이 장기적으로 탈탄소화된 미래에 중요한 역할을 하도록 하기 위한 신기술을 개발하고 있다. 수력, 태양열 및 풍력 발전과 같은 100% 재생 가능 전력과 함께 전기 스팀 발생기를 사용하면 배기가스가 없고 이산화탄소가 발생하지 않는다. 스팀 발생기는 97%의 에너지 변환 효율로 재생 가능 전기를 스팀으로 변환할 수 있다. 또 다른 옵션은 그린 수소를 연료로 사용하여 물을 가열해 스팀을 생성하는 것이다. 이 기술을 사용하면 플루 가스의 양이 10% 감소해 보일러 효율을 상당히 개선할 수도 있다. 또한 식품 생산의 부산물인 올리브 펄프, 왕겨, 팜 커널 쉼(PKS, 아자 핵 껍질)과 같은 유기 폐기물을 연소시켜 스팀을 생성할 수도 있다. 이 바이오매스는 열병합 발전(CHP) 시스템에서 사용 시 열뿐만 아니라 전기 에너지를 생성하는 데

도 사용할 수 있다. 유기 폐기물의 감소와 바이오매스의 활용으로 환경의 지속 가능성을 개선하는 동시에 에너지 비용도 절감할 수 있다.

스팀에 대한 다양한 접근 방식에서 파생되는 이점이 있는 건 분명하지만, 스팀 시스템이 실제로는 무엇으로 구성될까?

스팀 시스템의 핵심은 보일러인데, 오늘날의 보일러는 종종 연료를 연소해서 가동되지만 연소식 연료 대신 전기나 바이오매스를 사용해 가동할 수도 있다. 버너에서 발생하는 열로 가열 중인 물탱크를 통과하는 보일러의 튜브를 통해 고온의 가스를 보낸다. 물은 충분히 뜨거워지면 끓기 시작하고 스팀 거품이 생성되며, 이런 스팀 거품이 스팀 시스템의 파이프와 밸브를 통해 흐른다. 스팀의 온도는 보일러의 압력에 따라 달라지며 일반적으로 150 °C를 초과할 수 있다.

스팀이 공장이나 플랜트의 목적지에 도달하면 여러 가지 방법으로 스팀을 사용할 수 있는데, 예컨대 스팀으로 채워진 재킷으로 팬을 둘러싸는 형태의 '재킷 팬'을 사용하여 음식을 끓이거나 요리하거나 의료 장비를 살균하려고 스팀을 채운 챔버인 '오토클레이브'에 사용하는 사례를 들 수 있다.

일반적으로 스팀의 흐름은 시스템 전체에 걸쳐 여러 지점에서 측정해 에너지 소비량과 효율을 면밀히 모니터링할 수 있다. 산업용 사물 인터넷(IoT)으로의 전환을 비롯하여 증가하는 산업 디지털화의 일부로, 이는 새로운 스팀 기술을 최적화 및 자동화하고 예방 유지보수로 비용을 절감하며 효율성을 더욱 높일 기회를 제공한다. 스팀 기술은 안정적으로 소정의 결과를 얻을 수 있는 것으로 잘 알려진 원리를 기반으로 하는 검증되고 믿을 수 있는 기술이다. 스팀은 기존 인프라를 '전면 교체'할 필요 없이 넷제로로 가는 여정에서 온실가스 배출량을 줄이기 위한 저위험, 저비용의 길을 제시한다.

Natural Technology는 수십 년간의 엔지니어링 전문성을 바탕으로 실질적인 차별화를 이루어낼 만큼 충분히 중대하고 조직이 지속가능성에 대한 약속을 분명히 보여줄 수 있는 구체적이고 측정 가능한 결과를 보여주고 있다. 또한 산업계는 Natural Technology를 바탕으로 화석 연료에서 탈피하여 탄소 중립 스팀 시스템을 사용해 열, 전력, 멸균 등의 목적을 달성하는 보다 지속 가능한 여정에 나설 수 있다. 