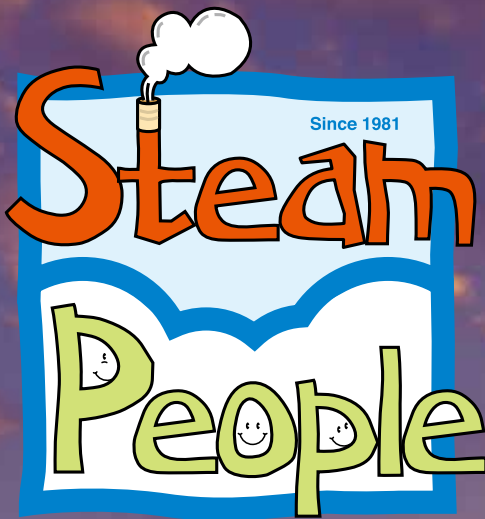




Vol.129 / Sep. 2021

기획 시리즈 - 올바른 스팀사용을 위한 스팀 엔지니어링 지침 7

# 보일러의 부식방지 및 효율 향상을 위한 가압식 탈기기

Key Solution 8

## 보일러의 효율적인 블로우다운 시스템

After Service

### TD42 써모다이나믹 스팀트랩

### CONTENTS

기획 시리즈 - 올바른 스팀 사용을 위한 스팀엔지니어링 지침 7  
보일러의 부식방지 및 효율 향상을 위한 가압식 탈기기 03

Key Solution 8  
보일러의 효율적인 블로우다운 시스템 10

After Service  
TD42 써모다이나믹 스팀트랩 14

2021년 스팀트랩 진단사 자격 검정 및 스팀기술연수교육 안내 16

발행 : 한국스파이렉스사(주)

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

발행인 : 이재호

편집인 : 좌윤전

편집 : 이미경

디자인 : 에디아커뮤니케이션서비스

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 7



#### 보일러 급수에서 용존 가스가 제거되어야 하는 이유

산소는 급수탱크, 급수 배관, 급수펌프 및 보일러 부식의 주원인이다. 이산화탄소가 함께 있는 경우에는 pH가 낮아지고, 물은 산성화 되는 경향이 있으며, 부식은 증가하게 된다.

일반적으로 산소 부식은 점식 (Pitting) 형태를 갖추게 되어, 비록 금속 손상은 심각하지 않다 하더라도 튜브에 침식 및 파공 발생이 단 시간 내에 발생할 수 있다.

용존 산소는 화학적 또는 물리적 방법으로 제거할 수 있지만, 일반적으로 두 가지가 결합된 방식에 의한다. 부식을 줄일 수 있는 기본적인 조건을 이산화탄소가 존재할 수 없는 최저수준인 pH를 8.5 ~ 9 이상으로 유지하며, 잔류 용존 산소를 제거한다. 스팀 사용 설비로부터 응축수 회수는 보일러 급수 처리에 큰 영향을 미치게 된다. 즉 뜨거운 응축수는 이미 화학적으로 처리가 된 것으로, 결과적으로 많은 응축수는 처리해야 할 급수의 양이 줄어든다는 것을 의미한다.

물이 공기 중에 노출되면 공기 속에 있는 산소가 물속으로 용해되며, 물속의 산소 농도는 온도에 따라 달라지게 된다. 즉, 온도가 높을수록 산소 용해도가 떨어지게 된다.

급수 처리의 첫 번째 단계는 산소를 제거하기 위해서 물을 가열하는 것





이다. 일반적으로 보일러 급수탱크는 85 ℃ ~ 90 ℃의 온도를 유지하는 것이 좋다. 이 경우 산소 함유량은 약 2 mg/litre (ppm)이 남게 된다.

대기압 상태에서 이 보다 더 높은 온도로 운전하는 것은 포화온도의 근접뿐 아니라 급수탱크가 보일러 급수펌프로부터 상당히 높은 곳에 설치되지 않는 한 급수 펌프의 캐비테이션 가능성 때문에 어려운 일이다.

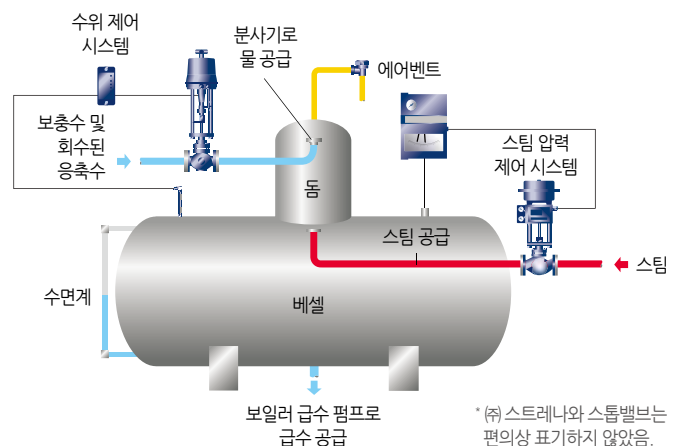
탈산소제 (아황산나트륨, 히드라진 또는 탄닌)를 첨가할 경우 잔류 산소를 제거하고 부식을 방지한다.

이는 일반적인 처리 방식이다. 그러나 설비들은 요구되는 규격, 특수 용도, 현지 표준에 따라 사용되는 청관제의 양을 줄이거나 늘리는 것이 필요하다. 이와 같이 사용하는 청관제 양을 줄여야 하는 경우, 가압식 탈기기를 사용하는 것이 일반적이다.

### 가압식 탈기기의 운전 원리

액체가 포화온도 상태인 경우 그 액체는 완전한 탈기 상태가 되기 위해서 강하게 순환하거나 비등하게 되어 그 안에 있는 기체의 용해도는 제로 상태가 된다. 물을 가능한 많은 수의 작은 방울 상태로 나누고, 이들 방울들의 주위를 스팀이 감싸면서 탈기가 이루어지는데, 이것들은 탈기기의 헤드에서 이루어진다. 이 결과 질량 대비 표면적이 크게 되어 스팀에서 물로 열을 신속하게 전달하도록 함

으로써, 빠른 속도로 스팀 포화온도에 도달하게 된다. 이때 물속에 있는 용존 가스가 분리되어 수면 상부의 스팀과 함께 벤트로 이동하여 대기로 배출된다. (이러한 가스와 스팀의 혼합물의 온도가 포화 온도보다 낮게 되어 열역학적 현상에 의해 벤트가 자연히 이루어지게 된다.) 탈기된 물은 아래쪽 베셀의 저장 공간으로 이동하게 된다. 저장된 물 상부에 있는 스팀이 보호막 역할을 하여 가스가 재흡수되지 않도록 한다.



\* (주) 스트레나와 스톱밸브는 편의상 표기하지 않았음.

그림 1. 가압식 탈기기의 일반적인 구조

## 물의 분사

공급되는 물을 작은 방울들로 나누고, 물의 질량 대비 표면적을 최대화해야 한다. 이때 물의 온도를 올리는 것뿐 아니라 탈기기 상부 돔 (또는 헤드) 내에서 매우 짧은 잔류 기간 동안 가스를 배출시키는 것도 필수적이다. 물을 작은 방울로 만드는 방법은 탈기기 상부 돔의 스팀 환경에 따라 채택된 방법 중의 하나를 이 용함으로써 가능하다.

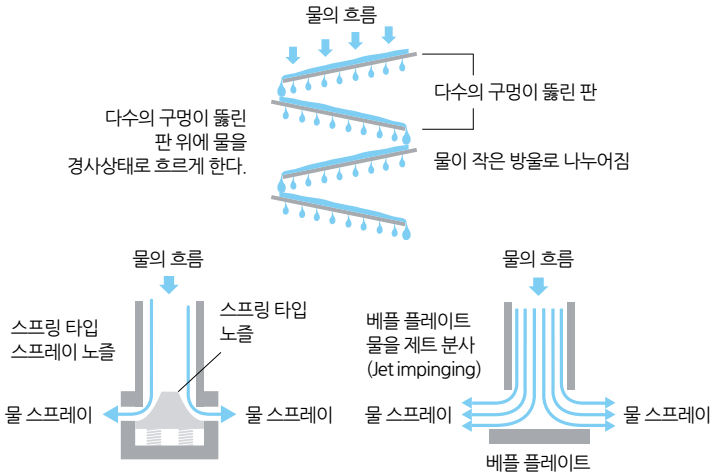


그림 2. 탈기기의 여러가지 물 유입 방식

물론 물 분사 방식에 따라 각 유형별 장단점이 있으며, 이는 비용과도 연계된다. 표 1은 가장 중요한 요인들 몇몇 가지를 비교 요약한 것이다.

표 1. 트레이 타입과 스프레이 타입 탈기기의 비교

|               | 트레이 타입 | 스프레이 타입 |
|---------------|--------|---------|
| 예상 수명 (년)     | 40     | 20      |
| 부하조정비 (최대/최저) | 매우 높음  | 5       |
| 비용 계수         | 1      | 0.75    |
| 대표 적용처        | 발전소    | 공정 설비   |

## 제어 시스템

### ◆ 탈기기의 수위 제어

베셀 내부에 물 저장 공간의 수위를 제어하기 위해서 모듈레이팅 컨트롤 밸브가 사용된다.

안정적인 운전 조건을 제공하기 위해 모듈레이팅 제어는 필수적이며, On / Off 수위 제어 시스템인 경우에는 비교적 찬 냉수가 급격히 유입될 경우 이는 압력 제어 기능뿐 아니라 탈기기가 수요 변동에 대하여 신속히 반응할 수 있는 기능에도 큰 영향을 미치게 된다.

모듈레이팅 수위 제어를 하기 위해서는 아날로그 출력 신호를 가진 차압 전송기 또는 정전용량식 수위 검지기가 필요하다.

### ◆ 탈기기의 압력 제어

스팀 공급은 모듈레이팅 컨트롤 밸브로 제어된다. 이러한 밸브는 베셀 내부에서

압력을 유지하기 위해 압력 컨트롤 장치를 통해서 제어된다. 정확한 압력 제어는 탈기기 내의 온도 제어를 위한 기본이기 때문에 매우 중요하다. 따라서 빠른 속도로 작동되는 공압식 컨트롤 밸브가 사용된다.

\*주 : 파이로트 타입 압력 컨트롤 밸브는 작은 용량에 주로 사용되며, 자율식 다이어프램 밸브는 부하가 매우 일정하게 보장되는 경우에 사용될 수 있다.

스팀은 탈기기 헤드 하부에서 분사되어 물의 반대 방향 (Counter Flow)으로 흐를 수도 있고, 또는 탈기기 측면으로부터 분사되어 물의 흐름을 가로질러서 (Cross Flow) 흐를 수도 있다.

스팀이 분사되는 방향과는 관계없이 그 목적은 물을 필요 온도까지 올리기 위해서 물과 스팀을 최대한으로 혼합하고 접촉시키는 것이다.

탈기기 상부 돔에서 스팀을 원활하게 분사하기 위해서 스팀은 디퓨저를 통하여 분사된다. 분사 스팀은 또한 다음과 같은 역할을 한다.

- 분리된 가스를 에어벤트로 이동시키는 수단
- 저장된 탈기 물 상부에 있는 스팀이 가스의 재흡수 방지

### ◆ 탈기기의 에어벤트 용량

이전 모듈에서는 일반적인 급수 온도로서 대기압에서 운전되는 대기 벤트형 보일러 급수탱크인 경우 실제적인 급수 온도의 최대치로서 약 85 ℃로 설명하였다. 또한 85 ℃의 온도에서는 물 1,000 kg당 약 3.5 g의 산소를 함유하고 있으며, 다음과 같은 두 가지의 주된 이유로 스팀 시스템 내의 주 손상을 일으키는 것이 산소인 것은 이미 알려져 있다.

첫째, 산소는 스스로 배관 및 장치 내부에 접촉함으로써 산화물뿐 아니라 녹과 스케일을 생성하게 된다.

두 번째, 산소는 이산화탄소와 결합하여 탄산을 생성시킴으로써 일반적으로 금속을 부식시키고 철을 용해시킨다. 이 때문에 보일러에 급수를 공급하기 전에 보일러 급수로부터 산소를 제거하는 것이 매우 중요하다. 노통 연관 보일러로부터 포화증기가 공급되는 저압 및 중압의 설비인 경우, 대기압식 탈기기 (세미 탈기기로도 부름)가 결합된 급수탱크의 설계로 인하여 매우 효율적으로 운전할 수 있다. 이때 남아 있는 잔류 산소는 화학적 방법에 의해 제거되므로 저압 및 중압의 스팀 설비에 있어서 매우 경제적인 방법이다. 그러나 과열증기를 취급하는 스팀 플랜트 및 고압 수관식 보일러의 경우에는 보일러 관수 내의 용존 산소량이 훨씬 낮게 유지되어야 하는데 (일반적으로 7 ppb 미만), 이는 고온일수록 용존 가스에 의한 손상이 급격히 증가하게 때문이다. 이러한 낮은 용존 산소량을 유지하기 위해서 가압식 탈기기를 사용할 수 있다.

급수가 대기압 상태의 급수탱크 안에서 100 ℃의 포화온도까지 가열되었다면, 물속에 있는 용존 산소량은 이론적으로는 제로가 된다. 그러나 실제로는 아주 적은 양의 용존 산소가 남게 된다. 또한 대기압식 급수탱크로부터 생성되는 스팀의 손실량이 매우 커지게 되어 비경제적이며, 바로 이러한 것이 20 bar g 이상에서 운전되는 고압 설비의 경우 가압식 탈기기를 선호하게 되는 주 이유인 것이다. 가압식 탈기기는 주로 105 ℃의 포화온도에 상응하는 0.2 bar g에서 운전되도록 설계되는데, 이 경우에도 일정량의 스팀이 여전히 스스로를 벤트를 통해 대기로 손

실되지만, 대기압식 급수탱크에서 손실되는 양에 비하면 훨씬 적다.

산소만 벤트되어야 하는 것은 아니다. 즉, 기타 불응축성 가스들도 동시에 배출된다. 그러므로 탈기기는 공기의 다른 구성물 중에서도 특히 질소를 일정량의 스팀과 함께 벤트시킨다. 따라서 물로부터 배출되는 공기의 양은 물 1,000 kg 당 3.5 g인 산소의 양보다 많아야 한다.

실제로는 대기압 상태에서 80 ℃ 온도의 물에 있는 공기의 양은 물 1,000 kg 당 5.9 g이다. 따라서 산소 3.5 g이 배출되려면, 물 1,000 kg 당 공기는 5.9 g이 배출되어야 한다. 이와 같이 공기는 수면에서 스팀과 혼합되어 있기 때문에 탈기기로부터 이들이 배출할 수 있는 유일한 방법은 스팀과 동시에 배출하는 것이다. 배출해야 하는 스팀 / 공기 혼합물의 양은 달톤의 분압 법칙과 헨리의 용해도 법칙에 따라 계산할 수 있다.

다음은 가압식 탈기기 설치의 타당성에 대해 검토해 보기로 한다. 설치 이전 상태에서 보일러에 80 ℃ 온도의 급수가 대기압식 급수탱크로부터 공급되고 있다. 기본적으로 이것은 급수 1,000 kg 당 5.9 g의 공기가 함유되어 있음을 의미한다. 제안된 가압식 탈기기는 포화온도 105 ℃에 상응하는 0.2 bar의 압력에서 운전된다. 따라서 모든 공기는 탈기기 내에서 물로부터 분리된다고 가정한다면 탈기기에서 스팀과 공기의 벤트 용량은 급수 1,000 kg 당 5.9 g의 공기량을 갖게 된다.

물로부터 분리된 공기가 수면 위에서 스팀과 함께 혼합되어 있다고 가정해보자. 비록 가압식 탈기기 운전 압력이 0.2 bar g (1.2 bar a)이지만, 스팀 / 공기 혼합물의 온도는 100 ℃ 정도이다.

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| 탈기기 내의 총 압력             | 1.2 bar a     |
| 탈기기 내 스팀 / 공기 혼합물의 온도   | 100 ℃         |
| 100 ℃는 1 atm의 포화 압력에 상응 | 1.01325 bar a |

달톤의 분압 법칙에 의해 탈기기 내의 스팀 공간이 순수한 스팀으로 채워져 있는 경우 스팀 압력은 1.2 bar a이다. 스팀 공간의 실제 온도는 100 ℃이므로 스팀의 분압은 1.01325 bar a에 불과하다.

따라서 불응축성 가스(공기)의 분압은 이들 두 수치 간의 차이, 즉  $1.2 - 1.01325 = 0.18675 \text{ bar a}$ 가 된다.

$$\text{혼합물 내의 스팀 대비 공기의 비율} = \frac{0.18675}{1.01325} = 18.43 \%$$

$$\begin{aligned} \text{공기 1 리터 당 배출되는 스팀량} &= \frac{100 - 18.43 \text{ 리터의 스팀}}{18.43} \\ &= 4.42 \text{ 리터의 스팀과 함께 배출된다} \end{aligned}$$

100 ℃에서 공기의 밀도는 약 0.946 g/ℓ, 스팀의 밀도는 0.6 g/ℓ이다.

그러므로 0.946 g의 공기는  $0.6 \times 4.42 = 2.65 \text{ g}$ 의 스팀과 함께 배출되며 5.9 g의 공기는

$$\frac{2.65 \times 5.9}{0.946} = 16.5 \text{ g의 스팀과 함께 배출된다.}$$

따라서 5.9 g의 공기를 제거하기 위해서는 다음과 같은 스팀 / 공기 혼합물이 배출된다.

$$5.9 \text{ g} + 16.5 \text{ g} = 22.4 \text{ g의 공기 / 스팀 혼합물}$$

그러나,

- 배출 온도를 정확하게 측정하는 것이 쉽지 않으며
- 탈기기와 대기압 간에는 압력차가 비교적 작으며
- 벤트량이 매우 적기 때문에

자동 벤트 시스템은 탈기기 벤트 배관에 거의 적용되지 않는다. 이러한 기능은 항상 수동 조절 볼 밸브, 니들 밸브 또는 오리피스 플레이트에 의해 처리된다.

아울러 탈기기의 주 목적은 가스를 제거하는 것이라는 것을 유념해야 한다. 그러므로 일단 용존 산소를 물에서 분리시킨 후 이러한 가스들이 물속으로 재흡수되기 전에 신속히 제거되어야 한다.

실제의 경험치에 따라 탈기기 제조 업체들은 1,000 kg/h 당 22.4 kg/h의 스팀 / 공기 혼합물을 벤트시킬 수 있는 탈기기 용량을 목표로 하고 있다.

일반적으로 벤트량을 조절하기 위해서 부분 개방된 상태를 유지하는 적절한 압력 용량의 DN20 구경의 스팀용 볼밸브를 사용한다.

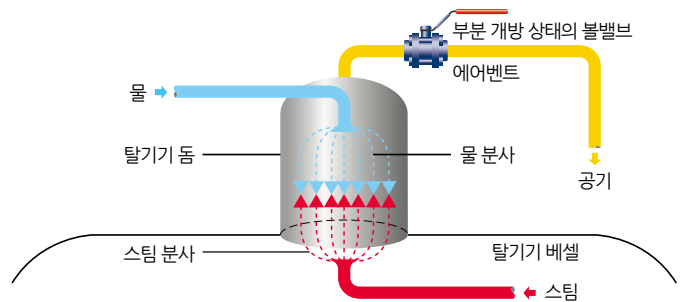


그림 3. 가압식 탈기기 돔 내부

#### ◆ 일반적인 가압식 탈기기 운전 방법

다음은 탈기기의 대표적이며 실제적인 설치 방법에 대한 설명으로 설비에 따라 개별적인 요구 조건을 만족시키기 위해서 여러 가지 방법이 있을 수 있다.

- 운전 압력은 일반적으로 약 0.2 bar (3 psi)로서 포화온도 105 ℃ (221 ℉)를 유지한다.
- 탈기기의 베셀은 보일러 최대 부하에서 10 ~ 20분 동안 공급할 수 있는 물을 저장한다.
- 탈기기에 공급되는 물의 압력은 노즐에서 원활한 분사를 하기 위해서 최소한 2 bar 이상 되어야 한다. 이는 설비 내의 스팀트랩에 배압이 형성되며 펌프에 의한 응축수 회수가 필요함을 의미한다.
- 스팀의 압력 컨트롤 밸브 공급 압력은 5 ~ 10 bar 사이에 있다.
- 탈기기의 최대 부하 조정비는 대략 5:1이다.
- 공정으로부터 유량이 탈기기에서 요구하는 유량 이하로 되면, 노즐 또는 스프레이식 물 분사장치에서 분무가 원활하지 못하는 불충분한 압력이 된다.
- 이러한 문제점은 한 개의 탈기기에 하나 이상의 상부 돔을 설치함으로써 해결할 수 있다. 상부 돔의 총 용량은 보일러 용량에 일치시키고, 부하에 따라 한 개

또는 복수의 상부 돔을 사용할 수 있다.

- 초기 운전 시 베셀의 저장 공간을 가열할 필요가 있다. 이는 코일 또는 직접 분사 방식에 의해 가능하다.
- 그러나 가압식 탈기기가 적용되기 가장 적합한 형태의 설비들은 연속적인 운전 상태를 기본으로 하고 있으며, 운전자는 간헐적인 초기 운전 시 탈기기의 성능이 저하된다는 것을 인지하고 있다.

탈기기의 설계, 재질, 제조, 구조 및 인장은 승인된 표준을 따라야 한다. (예를 들면 영국의 경우 PD 5500 표준을 따라야 한다.)

일반적으로 탈기기의 열정산(Heat Balance)은 공급된 물 온도의 증가분을 20 ℃로 가정하여 계산한다.

탈기기에는 일반적으로 85 ℃ 상태의 물이 공급된다. 유입되는 물의 온도가 이보다 훨씬 높을 경우, 설정 압력에 도달하기 위해 필요한 스팀의 양은 더욱 적어진다. 바꾸어 말하면, 이는 스팀 컨트롤 밸브가 교축됨으로써 스팀 노출 부분에서의 적절한 분사를 위한 스팀 유량이 과도하게 낮아질 수 있다. 이는 매우 높은 비율의 응축수가 회수될 경우, 적절한 탈기를 위해서는 다른 방법이 필요할 수 있음을 의미한다.

이 경우 탈기기 열정산(Heat Balance)을 위해서 다른 요소를 사용하여 계산하거나 탈기기를 더욱 높은 압력에서 운전할 수 있다.

## 비용 및 설치의 필요성

### ◆ 비용

탈기기의 운전에 관련해서는 추가적으로 발생하는 에너지 비용은 존재하지 않는다. 급수 온도를 올리기 위해 사용되는 스팀은 높은 보일러 출력으로부터 발생되기 때문에 플랜트에 보내지는 스팀의 최대량은 탈기기 유무와 상관없이 동일하다. 그러나

- 탈기기로 인한 약간의 방열 손실은 존재한다. (이것은 적절한 보온으로 최소화할 수 있다.)
- 급수탱크와 탈기기 사이의 이송 펌프를 운전하기 위해서 추가 비용이 발생한다.
- 약간의 스팀은 비응축성 가스와 함께 벤트되어 손실된다.

### ◆ 설치의 필요성

가압식 탈기기를 선정하는 중요한 이유는 다음과 같다.

- 산소 농도를 화학 제품을 사용하지 않고 최소한(20 ppb 미만)으로 줄이기 위해서이다. 이는 보일러 급수 시스템의 부식을 억제한다.
- 수처리 약품에 관련하여 비용을 절감할 수 있다. 이러한 장점은 급수 유량이 많고, 보일러 급수의 TDS (1,000 ppm 미만)를 낮게 유지해야 하는 대형 수관식 보일러에 있어서 매우 유리하다.
- 보일러 관수의 용존 산소량을 제어하기 위해 사용하는 청관제는 그 자체가 TDS에 영향을 주어 블로우다운시켜 주어야 한다. 따라서 청관제 사용량을 줄여 비용 절감과 함께 블로우다운량이 감소하게 된다.

- 식품의 멸균을 목적으로 스팀이 사용되는 경우와 같이 스팀이 제품과 직접적으로 접촉되어 발생할 수 있는 오염을 방지하기 위해서이다.

## 탈기기의 열정산 (Heat Balance)

시스템 설계와 스팀 컨트롤 밸브의 용량을 정확하게 선정하기 위해서는 탈기기를 가열하기 위해 얼마나 많은 스팀이 필요한지를 파악하는 것이 중요하다. 이러한 스팀은 탈기기 설치 이전의 일반적인 급수 온도에서 요구되는 용존 산소 농도까지 수치를 줄이기 위해 필요한 온도로 가열시키기 위해 사용된다.

필요한 스팀 유량은 질량(Mass)과 열(Heat) 밸런스에 의해 산출된다. 질량/열 밸런스는 급수가 가지고 있는 초기 열량에 급수를 가열하기 위해서 분사된 스팀의 질량에 의해 추가되는 열이 최종 급수가 가지고 있는 최종 열량과 가열 후 응축된 스팀의 질량과의 합이 일치해야 하는 원리를 바탕으로 한다.

식 1은 이러한 목적을 위해 사용되는 질량 / 열 밸런스 계산식이다.

$$\langle \text{식 1} \rangle \quad \dot{m}h_1 + \dot{m}_s h_g = (\dot{m} + \dot{m}_s)h_2$$

|             |                                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------|
| $\dot{m}$   | 초기의 급수 온도에서 최대 보일러 스팀 발생량 (kg/h) → (상당증발량 × 보일러 증발 계수) |
| $\dot{m}_s$ | 분사된 스팀의 질량 (kg/h)                                      |
| $h_1$       | 초기 급수 온도에 해당하는 엔탈피 (kJ/kg)                             |
| $h_2$       | 요구되는 급수 온도에 해당하는 엔탈피 (kJ/kg)                           |
| $h_g$       | 스팀 컨트롤 밸브에 공급되는 스팀의 엔탈피 (kJ/kg)                        |

주: 공급되는 스팀이 과열증기인 경우, 이 수치는 과열증기 (h)의 총열량이다.

필요 스팀 유량을 계산하기 위해서  $m_s$  값을 정리하면 식 2가 된다.

$$\langle \text{식 2} \rangle \quad \dot{m}_s = \dot{m} \frac{(h_2 \times h_1)}{(h_g \times h_2)}$$

### ◆ 예 1. 탈기기를 가열하기 위해 필요한 스팀량 선정

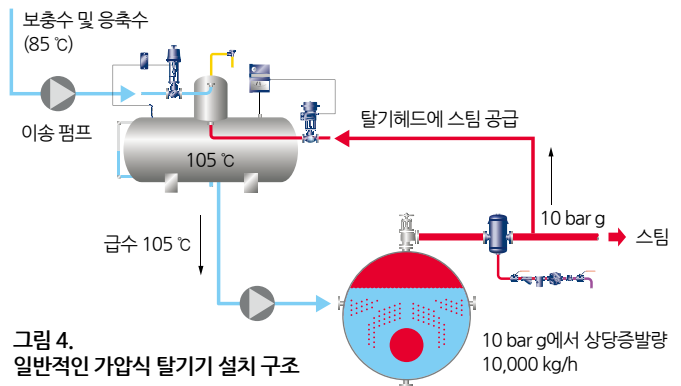


그림 4. 일반적인 가압식 탈기기 설치 구조

기존의 보일러 설비는 85 ℃ 온도의 급수를 사용한다. 수처리 약품의 가격이 상승함에 따라 급수 온도를 105 ℃로 올리기 위해 0.2 bar g 상태의 가압식 탈기기를 설치할 것을 권고하고 있으며, 이 경우 일반적으로 ppb 단위로 측정되는 양까지 산소의 용해도를 감소시키게 된다.

보일러에서 생성된 10 bar g 스팀을 가열체로서 사용할 수 있다. 스팀 발생량이



10 ton/h 인 경우를 가정했을 때, 가압식 탈기기를 위해 필요한 스팀 유량을 계산해 보기로 한다.

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| 보일러 상당증발량                     | 10,000 kg/h          |
| 초기 급수 온도                      | 85 ℃                 |
| 85 ℃의 급수 엔탈피 ( $h_1$ )        | 356 kJ/kg (포화증기표 참조) |
| 보일러 압력                        | 10 bar g             |
| 10 bar g에서의 포화스팀 엔탈피( $h_g$ ) | 2,781 kJ/kg          |

가압식 탈기기의 용량을 산정하기 전에 무엇보다도 최대 가능한 급수 필요량을 확인해야 한다. 이 수치는 보일러의 최대 유효 스팀 발생량을 계산함으로써 얻을 수 있는 것으로, 이는 초기 급수 온도에 좌우된다는 것을 의미한다. 최대 스팀 발생량은 보일러 증발 계수를 산출함으로써 얻을 수 있다.

$$\text{증발 계수} = \frac{A}{B - C}$$

|   |                                           |
|---|-------------------------------------------|
| A | 대기압에서의 스팀 엔탈피는 2,258 kJ/kg                |
| B | 보일러 압력에서의 포화스팀의 엔탈피 ( $h_g$ ) (단위: kJ/kg) |
| C | 급수의 엔탈피 ( $h_1$ ) (단위: kJ/kg)             |

$$\text{증발 계수} = \frac{2,258}{2,781 - 356} = 0.9311$$

$$\begin{aligned} \text{최대 보일러 출력} &= \text{보일러 상당증발량} \times \text{증발 계수} \\ &= 10,000 \times 0.9311 = 9,311 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

식 2는 가압식 탈기기를 위해 필요한 스팀량을 얻기 위해 사용된다.

포화증기표에 의하면,

요구되는 105 ℃ 온도의 급수 엔탈피 ( $h_2$ ) = 440 kJ/kg

스팀 컨트롤 밸브에 공급되는 10 bar g 스팀 엔탈피 ( $h_g$ ) = 2,781 kJ/kg

85 ℃의 급수 엔탈피 ( $h_1$ ) = 356 kJ/kg

최대 보일러 출력 = 9,311 kJ/h

$$\dot{m}_s = \frac{9,311 (440 - 356)}{2,781 - 440} = 334 \text{ kg/h}$$

따라서 스팀 컨트롤 밸브는 10 bar g의 공급 압력으로 0.2 bar g의 탈기기에 334 kg/h의 스팀을 공급할 수 있어야 한다.

## ◆ 예 2. 가압식 탈기기의 제어 시스템 선정 및 용량 계산

본 예제의 가압식 탈기기의 시스템 선정이 유일한 방법은 아니며, 설계자는 전기 및 공압의 공급과 현장 조건을 감안하여 이를 고려할 필요가 있다. 여기서의 목적은 컨트롤 밸브 및 시스템의 선정에 관한 것이다. 스트레나 및 스톱밸브와 같은 배관보조기자재는 편의상 생략하였으나, 이것들 또한 가압식 탈기기의 원활한 가동 및 운전을 위해 매우 중요하다.

포화증기 공급용 컨트롤 밸브에 대한 용량 선정은 식 4를 사용하여 계산할 수 있다.

|                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 보일러 압력              | 10 bar g                  |
| 보일러 상당증발량           | 10,000 kg/h               |
| 실제 보일러 스팀 발생량       | 9,311 kg/h (급수 온도 : 85 ℃) |
| 탈기기 운전 압력 ( $P_2$ ) | 0.2 bar g (포화 온도 : 105 ℃) |

$$\text{〈식 4〉} \quad \dot{m}_s = 12 K_v P_1 \sqrt{1 - 5.67 (0.42 - x)^2}$$

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| $\dot{m}_s$ | 스팀 질량 유량 (kg/h)       |
| $K_v$       | 필요한 밸브 유량 계수          |
| $P_1$       | 컨트롤 밸브의 전단 압력 (bar a) |
| $P_2$       | 컨트롤 밸브의 후단 압력 (bar a) |

$$x = \text{압력 강하율} \left( \frac{P_1 - P_2}{P_1} \right)$$

그러나  $P_2$  (1.2 bar a) 가  $P_1$  (11 bar a) 의 58% 보다 작게 되면 스팀 유량은 임계 압력 강하가 발생하므로, 따라서  $K_v$  는 임계 유량 조건에서 사용되는 더욱 간단한 식(식 5)으로 계산할 수 있다.

$$\text{〈식 5〉} \quad \dot{m}_s = 12 K_v P_1$$

$$K_v = \frac{334}{12 \times 11} = 2.53$$

선정된 컨트롤 밸브는 2.53보다 큰  $K_{vs}$  값을 가져야 하며, 이는 일반적으로 표준  $K_{vs}$  값 4인 DN15 밸브 및 등가 개방형 트림을 선정할 수 있다.

## ◆ 스팀 압력 제어 장치의 선정

이러한 제어 장치는 탈기기 내의 압력 변동폭에 신속히 반응해야 하며, 압력을 정확히 유지하기 위해서는 공압식 구동 밸브가 필수적이다. 압력 감지 및 제어 기능은 공압식 또는 전자식 장비에 의해 제공되며, 이러한 제어 신호의 출력(0.2 ~ 1 bar 또는 4 ~ 20 mA)은 적절한 포지셔너에게 전달되어야 한다.

필요 장비 :

- 표준 등가 개방형 트림을 가진 DN15 구경의 2방 밸브 ( $K_{vs} = 4$ )
- 스팀 10 bar 압력에 대응하여 DN15 구경 밸브를 닫을 수 있는 공압식 구동기
- P / P (공압 / 공압식) 포지셔너 및 장착 키트  
(선택 사항 : E / P (전자/공압식) 포지셔너 및 장착 키트)
- 공압식 컨트롤러 (0 ~ 7 bar 범위)  
(선택 사항 : 적절한 범위를 가진 전자식 제어 장치 및 감지기)

앞에서 언급한 바와 같이 파이로트 타입 자율식 압력 조절 밸브도 사용할 수 있다. 그러나 탈기기 부하의 변동폭이 심한 경우에는 다이어프램 타입 자율식 압력 조절 방식은 피해야 하며, 이는 넓은 P 밴드를 가진 밸브의 특성으로 인하여 큰 부하 범위에 대하여 정확하고 충분한 압력 제어를 제공하지 못하기 때문이다.

## ◆ 탈기수위 제어 시스템

탈기기에 물 공급:

- 이송 펌프 토출 압력 = 2 bar g
- 급수탱크 온도 = 85 ℃
- 탈기기에 대한 스팀 유량 ( $m_s$ )은 이미 334 kg/h으로 계산되었다.

본 예제에서 탈기기에 대한 물의 최대 유량(보일러의 실제 용량)은 9,311 kg/h이다. 물 공급 밸브는 체적 유량으로 용량이 결정된다. 따라서 질량 유량인 9,311 kg/h를 체적 유량 ( $m^3/h$ )으로 환산하는 것이 필수적이다.

펌프의 컨트롤 밸브에 대한 토출 압력은 2 bar g이다. 포화증기표에 의하면 2 bar g, 85 ℃의 물의 비체적은 0.001032  $m^3/kg$ 이다.

물 분사 노즐이 적절한 분사를 할 수 있도록 필요한 압력을 선정하는 것이 중요하며, 컨트롤 밸브의 선정 시 이러한 점을 고려해야 한다.

본 예제에서는

- 분사 노즐의 입구에서 필요한 압력이 1.8 bar로 가정한다.
- 물 공급 컨트롤 밸브의 규격 결정을 위한 척도는 다음과 같다.

$$\dot{V} = 9,311 \text{ kg/h} \times 0.001032 \text{ m}^3/\text{kg} = 9.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_1 = 2 \text{ bar g}$$

$$P_2 = 1.8 \text{ bar g}$$

액체용 컨트롤 밸브의 용량 선정은  $K_v$  계산에 의해 결정하며, 식 6을 참고하기 바란다.

$$\langle \text{식 6} \rangle \quad \dot{V} = K_v \sqrt{\frac{\Delta P}{G}}$$

|           |              |            |                   |
|-----------|--------------|------------|-------------------|
| $\dot{V}$ | 체적 유량        | $\Delta P$ | 밸브 압력 강하 (bar)    |
| $K_v$     | 필요한 밸브 유량 계수 | $G$        | 유체의 상대 밀도 (물 = 1) |

물의 경우  $G = 1$  이므로 선정된 컨트롤 밸브는 21.5보다 큰  $K_{vs}$ 값을 가져야 한다.

$$\dot{V} = K_v \sqrt{\Delta P}$$

$$K_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{9.6}{\sqrt{2-1.8}} = \frac{9.6}{\sqrt{0.2}} = 21.5$$

## ◆ 수위 제어 장치의 선택

탈기기에는 비교적 많은 양의 물이 보관되기 때문에 제어 신호 반응의 속도는 일반적으로 문제가 되지 않으므로, 전기식 구동 제어 방식이 적절하게 적용될 수 있다. 또한 공압식 구동 제어 방식도 매우 좋은 제어 시스템으로 선정될 수 있다.

필요 장비:

- 표준 트림을 가진 DN40 구경의 2방 밸브 ( $K_{vs} = 25$ )
- 이송 펌프의 최대 압력에 대응하여 DN40 구경 밸브를 닫을 수 있는 전기 구동기
- 구동기에 필요한 피드백 포텐시오메타
- 적정 길이의 정전용량식 수위 검지기 또는 차압 전송기
- 정전용량식 수위 검지기 또는 차압전송기로부터 신호를 수신하여 가변적 신호를 밸브 구동기에 전달할 수 있는 수위 컨트롤러

이들 장비는 단지 수위 제어와 고수위 또는 저수위 경보 하나만을 제공한다. 따라서 추가적인 저수위 혹은 고수위 경보가 필요한 경우에는 다음과 같은 선택 장비가 필요하다.

- ① 수위 컨트롤러를 포함한 정전용량식 수위 검지기 또는 차압 전송기로 두 개의 추가적인 수위 경보를 제공할 수 있는 수위 검지기
- ② 4팁 전기전도도식 수위 검지기와 수위 컨트롤러 (4단계까지의 경보를 제공할 수 있는)
- ③ 1팁 자기진단식 수위 검지기와 수위 컨트롤러 (고수위 또는 저수위 경보를 제공할 수 있는)

가압식 탈기기의 주요 문제점과 이에 대한 원인들은 다음과 같다.

| 탈기기의 오작동        | 원인                                                                                                                                                                    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 높은 용존산소 농도      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 탈기기 내로 공기의 유입</li> <li>• 불충분한 체류 시간</li> <li>• 물, 스팀 혼합 장비가 정확하게 설계, 설치, 작동되지 않는 경우</li> <li>• 유량이 설계 사양을 초과하는 경우</li> </ul> |
| 압력 변동           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 컨트롤 밸브의 부적절한 용량</li> <li>• 공급되는 물의 온도 변동폭이 심할 경우</li> </ul>                                                                  |
| 출구 급수 온도가 낮음    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 불충분한 스팀 공급</li> <li>• 물, 스팀 혼합 장비가 정확하게 설계, 설치, 작동되지 않는 경우</li> </ul>                                                        |
| 급수의 높은 이산화탄소 농도 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 급수 pH가 너무 높다</li> </ul>                                                                                                      |

이상으로 4회에 걸쳐 보일러의 이해로 <노통 연관 보일러의 구조와 특징>, <수관식 보일러의 특징과 보일러 효율 및 동체 부족품>, <보일러 수처리, 블로우다운, 수위 제어 시스템> 그리고 <가압식 탈기>까지 알아보았다. 효율적인 보일러실 운전에 도움이 되었기를 바라며 다음 호부터는 <유량 측정 시스템>에 대하여 소개하겠다. 

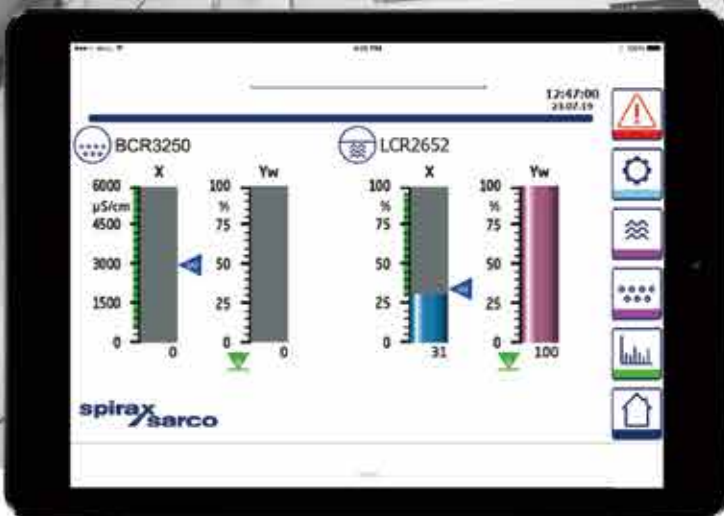


# 첨단 보일러 컨트롤 시스템

## Advanced Boiler Control System

간단하고, 안전하며, 신뢰성 있는  
보일러 수위, TDS 및 하부 블로다운

- ▶ 데이터를 자동으로 빠르게 표시
- ▶ 에너지 관리 시스템에 연결되어 사용자에게 원격으로 트렌드를 모니터하고 개선점을 찾을 수 있는 편의 제공
- ▶ 보일러 하우스의 수위 및 블로다운 제어에서 기존의 수동 프로세스를 대신 수행함으로써 관리자의 수고를 덜어줌과 동시에 휴먼 에러를 없애고 안전을 보장
- ▶ 수위 및 TDS 오염상태를 자동으로 모니터링하여 보일러 효율 증대



### ◆ 고해상도 터치 스크린 디스플레이

- Modbus RTU 또는 TCP / IP를 사용한 간단한 BMS 연결
- 터치 스크린으로 간편한 수위 / TDS 셋팅 및 측정값 모니터 확인
- 트렌드, 경보 히스토리 기능으로 잠재적인 문제까지 해결 가능

### ◆ 간단하고 편리한 수위 / 블로다운 컨트롤러

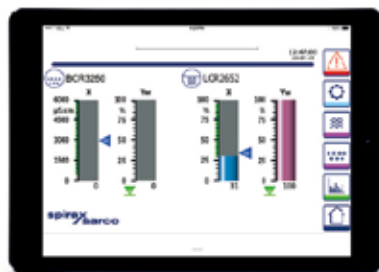
- 자동 검지기 세척 및 오염 감지 기능으로 쉬운 유지보수 제공
- 블로다운 인터록 기능 탑재

### ◆ 높은 신뢰도의 수위 경보기

- SIL3 승인된 높은 신뢰도 제품
- 보일러 시스템 수위 제어의 안전성 확보



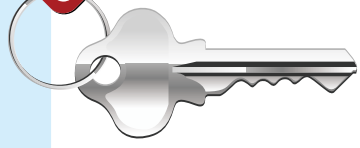
스파이렉스사코의 BHC 시스템 및 디스플레이는 데이터를 자동으로 빠르게 표시하며, 에너지 관리 시스템에 연결되어 사용자에게 원격으로 트렌드를 모니터하고 개선점을 찾을 수 있는 편의를 제공합니다.



스파이렉스사코의 BHC 시스템은 보일러 하우스의 블로다운 및 수위 제어에서 기존의 수동 프로세스를 대신 수행하여 여러분의 수고를 덜어줌과 동시에 휴먼 에러를 없애고 안전을 보장합니다.



엄격한 규제는 에너지 관리자가 에너지 사용을 줄여야 함을 의미합니다. 스파이렉스사코의 기능적인 보일러 컨트롤 시스템은 수위 및 오염 상태를 자동으로 모니터링하여 보일러 효율을 증대시킵니다.



## Key Solution No.

8

# 보일러의 효율적인 블로우다운 시스템



한국스파이렉스사코(주)  
SGS 팀 김경호 과장

한국스파이렉스사코에서는 고객 여러분의 현장에 딱 맞는 해법을 제공하기 위하여 그 동안 제안되었던 내용에 축적된 기술을 한층 더 심화한 “Key Solution (Best 성공사례)”를 추진하고 있다. 122호부터 차례로 소개하고 있으며 8번째로 <보일러의 효율적인 블로우다운 시스템> 솔루션에 대해 알아보겠다.

약수터에서 떠온 물이나 지하수를 주전자에서 계속 끓이면 주전자의 바닥에 하얀 침전물이 생기는 것을 볼 수 있다. 물속에는 용존 고형물이라 부르는 눈에 보이지 않는 고형물(이온성 물질)이 녹아 있으며, 물을 끓이게 되면 이러한 물질이 화학반응에 의해 용해도가 낮은 물질로 변형되어 바닥에 앙금처럼 가라앉게 된다.

산업현장에서 사용되는 보일러도 물을 끓이는 장치라는 점에서는 거대한 주전자라고 생각할 수 있다. 주전자와 달리 보일러는 장시간 내부의 보일러 수를 끓이기 때문에 이러한 용존 고형물이 농축될 수 있으며, 이로 인해 캐리오버나 스케일 등의 문제가 나타난다.

이러한 문제를 예방하기 위해 우리는 보일러 내부의 물을 강제로 배출시킴으로써 보일러 수 내부의 용존 고형물의 농도를 관리한다. 바로 블로우다운(Blowdown)이다. 보일러를 운용하면서 블로우다운을 아예 하지 않는 경우는 없으리라 생각되지만, 잘못된 블로우다운으로 에너지를 낭비하거나 용존 고형물 농도가 관리되지 않아 스케일, 캐리오버로 몸살을 앓고 있는 고객사를 종종 보게 된다. 특히 최근 많이 설치되고 있는 관류 보일러에서는 아주 작은 구경의 수관에서 물이 가열되어 스팀이 되기 때문에 정확한 블로우다운 관리가 필수적이다. 따라서 관류 보일러의 효율적인 블로우다운 시스템 구축에 대해 알아보려 한다.

## 블로우다운 시스템

### ◆ 블로우다운의 필요성

보일러 수의 수질을 관리하기 위해 보일러 드럼의 외부에서 이루어지는 외처리와 보일러 드럼 내에서 이루어지는 내처리 방법을 사용한다.

외처리 방법에는 여러 가지가 있으나 일반 산업용 보일러에서는 이온교환수

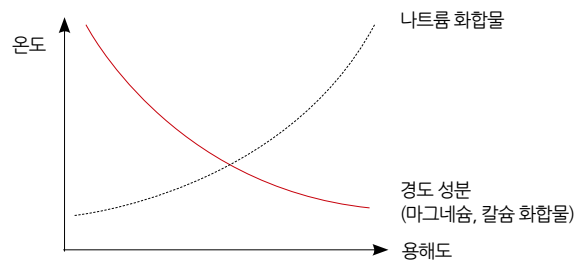


그림 1. 온도에 따른 염의 용해도

지를 이용한 경수연화장치의 사용이 가장 보편화되어 있다. 경수연화장치는 말 그대로 경수를 연수로 만드는 수처리 장치로, 원수 속에 포함되어 있는 이온 중 칼슘, 마그네슘 이온을 나트륨 이온으로 바꾸어준다. 보일러 내에서 스케일을 형성하지 않는 나트륨을, 스케일을 형성할 수 있는 칼슘과 마그네슘과 치환하기 때문에 분명히 효과는 있지만, 다음과 같은 문제로 완벽한 해결책이 되지는 못한다.

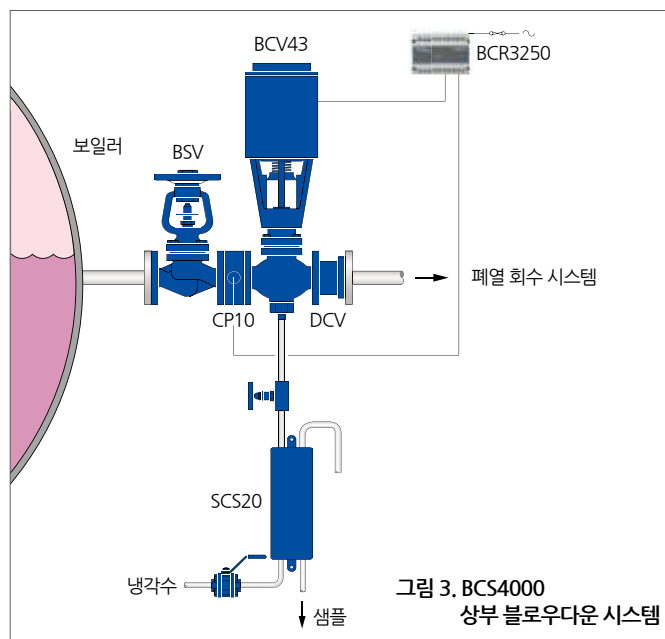
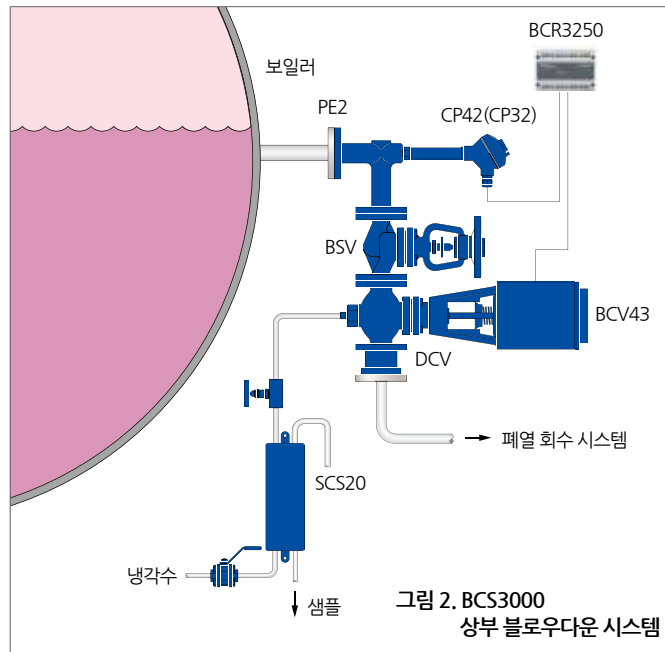
보일러 수 내의 용존 고형물의 농도는 흔히 전기전도도(Conductivity)를 측정하여 알 수 있다. 문제는 Conductivity는 보일러 수 내의 이온성 물질의 양만을 알려주는 것이기 때문에 그것이 칼슘인지, 마그네슘인지 혹은 나트륨 화합물인지는 알려주지 못한다는 점이다. 따라서 경수연화장치를 사용한다고 하더라도 전기전도도는 기준과 변화가 없으며, 완벽하게 처리되지 못한 스케일 성분을 제거하기 위해 보일러 드럼 내로 주입되는 여러 가지 화학약품(청관제, 탈산소제 등)으로 인해 용존 고형물 양이 오히려 증가하는 경우까지도 발생할 수 있다. 그렇다고 TDS를 줄이기 위해 청관제를 사용하지 않게 되면 보일러수의 pH 조절, 탈기작용, 스케일 등의 문제를 방지할 수 없는 상황이 된다.

위와 같은 문제가 누적되면 보일러 내에서 용존 고형물이 고농도로 농축되고 보일러 전열면에 부착되어 스케일로 변하게 되며, 캐리오버의 원인이 되어 스팀 발

생원에서부터 스팀 사용처에 이르기까지 열전달 효율을 떨어뜨리게 된다. 이렇게 되면 전체 스팀 시스템의 비효율성을 초래하므로 보일러수의 TDS농도를 조절해야만 한다. 보일러 수처리 중 내처리 방법으로 하나로 외처리 방법의 문제를 보완하기 위해 블로우다운 시스템을 동시에 사용한다.

#### ◆ 상부 블로우다운 시스템

앞서 설명한 바와 같이, 보일러 수 내의 TDS 농도를 조절하기 위해 사용되는 시스템이 상부 블로우다운 시스템이다. 센서를 통해 보일러 드럼 내 보일러 수의



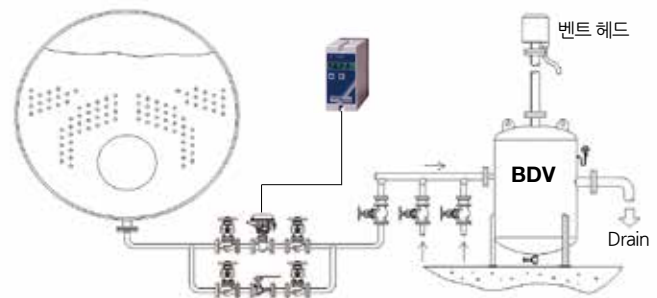
전기전도도를 측정하고 내부에 용존 고형물이 농축되지 않도록 지속적으로 보일러 수를 배출한다. 지속적으로 일정량의 보일러 수를 배출하기 때문에 보일러 수가 가지고 있는 열을 다시 회수하여 사용하는 시스템과 연계할 수 있다.

- 캐리오버 감소로 스팀 건도 향상
- 보일러와 스팀 시스템 내부의 스케일 및 부식 방지
- 생산 제품의 오염 방지 (식품, 음료, 살균 증정)
- 최소의 필요한 블로우다운으로 에너지 손실 방지
- 폐열 회수 시스템을 통한 에너지 절감
- 자동 컨트롤을 통한 관리 효율의 증대

#### ◆ 하부 블로우다운 시스템

하부 블로우다운의 목적은 TDS 컨트롤을 위한 상부 블로우다운과는 달리, 보일러 내부로 투입되는 수처리 약품의 반응에 의해 발생하는 슬러지나 용해도 감소로 석출되는 침전물이 보일러 드럼의 하부에 침전되어 보일러 튜브를 막는 문제를 방지하는 것이다. 이러한 슬러지나 침전물의 양은 TDS 센서로는 측정이 불가능하기 때문에 일정한 간격을 두고 주기적으로 보일러 하부에서 보일러 수를 배출하는 방식을 사용하고 있다. 이때 사용되는 밸브의 타입은 가능한 Quick Open 되는 타입의 밸브를 사용하며, 일반적으로 5 ~ 10 초 정도의 짧은 시간만 작동시켜 적은 양의 물을 배출시키면서 많은 침전물을 효과적으로 배출할 수 있도록 한다.

- 보일러 하부에 침전된 슬러지의 효율적인 제거
- 주기적인 자동 블로우다운 실시로 관리 효율 증대
- 블로우다운 중복이나 누락 방지



#### 관류 보일러의 블로우다운 시스템 적용

관류식 보일러의 가장 큰 특징 중 하나는 노통 연관식, 수관식 보일러와 달리 수관 내에서 스팀이 생성된다는 점이다. 노통 연관식은 보일러 드럼 내에서 수관식 보일러는 상부의 드럼에서 스팀이 발생하지만, 관류식 보일러는 단관 또는 관모임에 부착시킨 다관 내에서 보일러수가 순환하는 일 없이 급수 펌프에 의해서 압송된 급수가 수관 내를 1회만 통과하면서 전열면에서 스팀을 발생시킨다.

최근 비교적 작은 사이즈와 운전의 용이성 등의 장점으로 대형빌딩, 오피스텔, 사무실 등 난방용으로 널리 이용되고 있으며, 산업용으로는 하루 8시간 이내의 저부하 소용량 사용처에서 사용하고 있다.

- 보유 수량이 적어 증발 속도가 빠르다.
- 보일러수관은 통상 Ø25mm로 수질 관리가 매우 중요하며, 스케일 생성에 따른 정기적인 블로우다운이 필요하다.
- 손쉬운 운전이 가능하고 설치면적은 비교적 작다.
- 부하 변동에 따른 압력 변화가 크므로 자동 제어 시스템이 필수적이다.
- 보일러 수명은 운전 상황에 따라 차이는 있으나, 노통 연관식 또는 수관식 보일러에 비해 비교적 짧다.

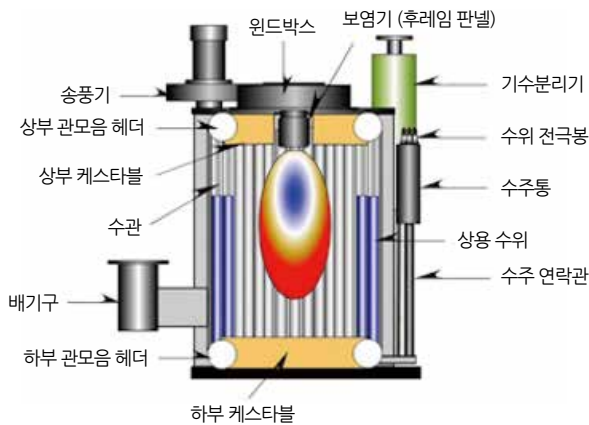


그림 5. 관류 보일러 내부 구조도 (출처 : 한국에너지기술연합회)

#### ◆ 관류 보일러의 블로우다운 종류

앞서 설명한 바와 같이, 관류식 보일러는 작은 수관에서 물이 끓어 스팀이 되기 때문에 스케일 관리가 매우 중요하다. 스케일이 조금만 발생하여도 작은 수관이 쉽게 막힐 수 있으며, 다수의 수관이 막히게 되면 보일러 자체가 파손될 가능성이 매우 높다. 따라서 관류 보일러는 다른 방식의 보일러에 비해 정확한 블로우다운 시스템 및 블로우다운 양의 선정이 필수적이다.

- **연속 블로우다운** : 가동 중에 연속으로 관수를 배출시키는 블로우 방법으로 보일러 관수 수면의 찌꺼기나 불순물을 연속적으로 블로우하는 장치이다. 일반적으로 보일러의 상부 블로우다운 시스템을 일컫는다. (자동 / 수동 연속 블로우다운 시스템 선택)

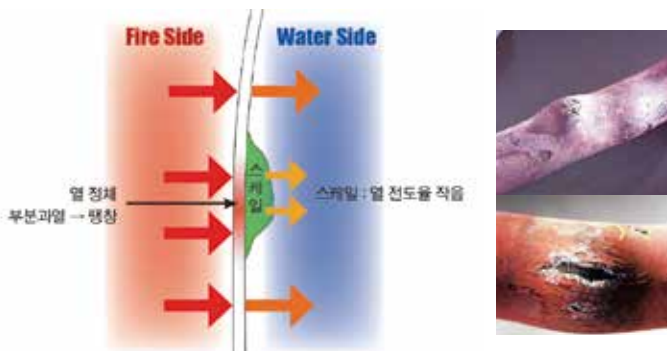


그림 6. 스케일에 의한 관류 보일러 수관 파열 사례

운 시스템 선택)

- **반 블로우다운** : 가동상태, 열효율을 고려하여 간헐적으로 실시하는 방법으로 관수의 농축물질, 부유물 등을 배출하는 방법으로 통상적으로 8시간 가동 후 1회 블로우를 실시하여야 한다.
- **전 블로우다운** : 보일러를 완전 정지 후 적정압력 (보일러 압력 1 ~ 2 kg/cm<sup>2</sup>)에서 단시간 내 배출시키는 것으로 하부에 퇴적된 슬러지 등을 제거하기 위하여 실시한다.

#### ◆ 관류 보일러의 블로우다운량 계산방법

블로우다운은 보일러 내에서 포화온도에 있는 고온의 물을 외부로 배출시키는 것이므로 많은 양을 배출시킬수록 열손실이 커지므로, 보일러 수의 수질 표준을 확인하여 적절한 블로우다운 양을 결정해야 한다.

#### ◆ 보일러 종류별 수질 관리 기준

| (kg/m <sup>2</sup> h) (μS/cm) |         | 노통 연관 보일러 | 수관식 보일러       |
|-------------------------------|---------|-----------|---------------|
| 전열면 증발율                       | < 30    | 6,000 이하  |               |
|                               | 30 ~ 60 | 4,500 이하  |               |
|                               | > 60    | 4,000 이하  |               |
| 최고 사용 압력                      | < 10    |           | 4,000 ~ 4,500 |
|                               | 10 ~ 20 |           | 3,000 이하      |
|                               | 20 ~ 30 |           | 1,000 이하      |
|                               | 30 ~ 50 |           | 800 이하        |

#### ◆ 블로우다운량 계산 공식

$$\text{블로우다운량} = \frac{F \times S}{B - F}$$

|   |                           |
|---|---------------------------|
| F | 급수 TDS 농도 (ppm, μS/cm)    |
| B | 보일러 수 TDS 농도 (ppm, μS/cm) |
| S | 보일러 스팀 발생량 (kg/h)         |

\* 블로우다운 량 (kg/h) ∝ 급수 TDS (ppm)

#### 관류 보일러 블로우다운 시스템 사례

##### 1. 관류 보일러 연속 블로우다운 폐열 회수를 통한 에너지 절감 (적정 블로우다운 기준)

관류 보일러를 사용하고 있는 고객사의 적정 블로우다운 양을 에너지 절감을 고려하여 계산해 보면 다음과 같다.

예시의 고객사는 아래 표를 기준으로 시간당 2,000kg 스팀을 발생시킬 수 있는 관류 보일러 3대를 보유하고 있으며, 상시 2대를 사용하고, 1대는 비상용으로 보유하고 있다. 수질에 대한 기준은 전국 상수도 수질 분석 결과의 평균값을 참고로 하여 계산에 적용하였다.

##### 1) 블로우다운량 계산 (관류 보일러 고연소 기준)

|          |                 |           |             |
|----------|-----------------|-----------|-------------|
| 보일러 용량   | 2,000 kg/h X 3대 | 가동시간      | 24시간        |
| 보일러 상용운전 | 2대-상시, 1대-비상    | 가동율       | 100 %       |
| 급수 전기전도도 | 150 μm/cm       | 보일러수 허용농도 | 4,000 μm/cm |

\* 전국상수도 수질 분석 평균 수치 참조



$$\text{블로우다운량} = \frac{\text{시간당 스팀 발생량} \times \text{급수 전기전도도}}{\text{보일러수 허용농도 급수 전기전도도}} = \frac{4,000 \text{ kg} \times 150}{4,000 - 150} = 156 \text{ kg/h}$$

## 2) 블로우다운에 따른 에너지 절감량

### ■ 블로우다운 실시 기준

|          |                           |
|----------|---------------------------|
| 연속 블로우다운 | 24 sec / 회, 1회 / h        |
| 반 블로우다운  | 실시하지 않음 (필요에 의해 수행할 수 있음) |
| 전 블로우다운  | 1회 / day                  |

### ■ 블로우다운량 열량 계산

| 운전대수<br>EA | 보일러용량<br>kg/hr | 운전압력<br>kg/cm <sup>2</sup> g | B/D밸브<br>Kv | B/D시간<br>sec/회 | B/D량<br>kg/hr | 열량<br>kcal/hr |
|------------|----------------|------------------------------|-------------|----------------|---------------|---------------|
| 1대 기준      | 2,000          | 7                            | 4.5         | 24             | 78            | 46,896        |
| 2대 기준      | 4,000          | 7                            | 4.5         | 24             | 156           | 93,792        |

\* 참조 (블로우다운 밸브 = 15 mm, 보일러 운전압력 = 7 kg/cm<sup>2</sup>g, 포화증기 전열 = 660.85 kcal/kg)

|         |        |        |
|---------|--------|--------|
| 포화증기 압력 | 7.0    | -      |
| 잠열      | 489.32 | 539.06 |
| 현열      | 171.53 | 100.09 |
| 포화증기 전열 | 660.85 | 639.15 |
| 포화온도    | 169.78 | 100.00 |
| 비체적     | 0.24   | 1.67   |

### ■ 블로우다운량 폐열 회수를 통한 절감 효과

총 절감 금액 = 40.3 백만원/년

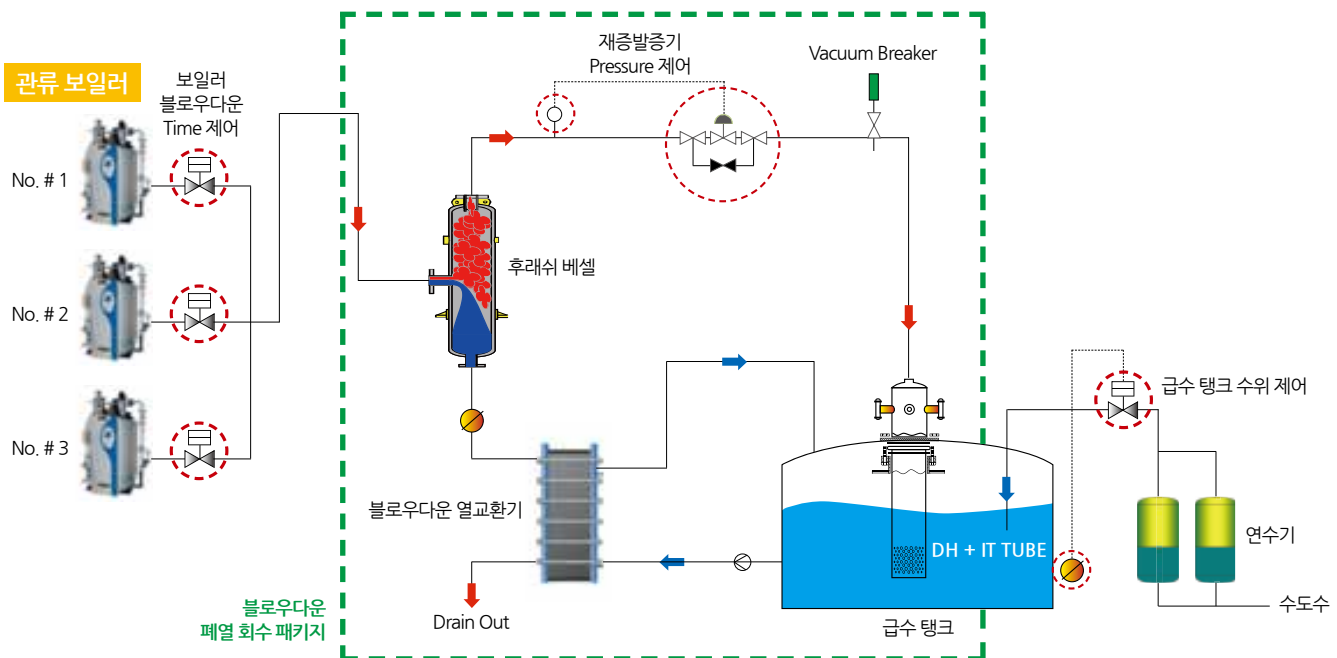
| 에너지 절감량 |                          | 온실가스 감축 절감량 |                                    |
|---------|--------------------------|-------------|------------------------------------|
| 열량      | 93,792 kcal/hr           | LNG 환산량     | 77,865 Nm <sup>3</sup> /년          |
| LNG 환산량 | 9.83 Nm <sup>3</sup> /hr | 온실가스량       | 38 ton-C/년, 138 CO <sub>2</sub> /년 |
| 유효 절감액  | 37.4 백만원/년               | 유효절감 금액     | 2.9 백만원/년                          |

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| LNG 발열량       | 9,540 kcal/Nm <sup>3</sup>   |
| LNG 단가        | 600 원/Nm <sup>3</sup>        |
| 운전시간          | 7,920 hr/년                   |
| 온실가스 단가       | 21,000 원/ton-CO <sub>2</sub> |
| LNG TOE 환산 계수 | 0.955                        |
| LNG C 환산 계수   | 0.637                        |
| 가스연료 탄소 산화율   | 0.995                        |

## 2. 관류 보일러의 블로우다운 최적 시스템 제안

상기 계산 결과를 토대로 아래와 같은 최적의 블로우다운 폐열 회수 절감 시스템을 제안한다.

관류 보일러의 블로우다운 수를 Flash Vessel을 적용하여 재증발증기를 생성하여 이를 급수 탱크에 DH + IT Tube를 통해 분사하여 1차 폐열을 회수하고, Flash Vessel의 하부 응축수는 열교환기를 적용하여 급수 순환을 통해 폐열을 충분히 회수할 수 있는 시스템을 구성할 수 있다.



관류 보일러는 앞서 설명한 바와 같이 다른 방식의 보일러에 비해 수질 관리에 더 많은 노력이 필요하다. 하나의 작은 수관 내에서 물이 끓어 스팀이 되는 방식이기 때문에 스케일로 인한 문제가 치명적이다. 정확한 블로우다운 시스템 구축 및 블로우다운 양 계산이 필수적이며, 블로우다운 수가 가진 폐열의 회수까지 이루어지도록 해야 한다. 본 글이 관류식 보일러를 운용함에 있어 수질 관리에 어려움을 겪는 고객분들께 도움이 되었으면 한다. 하지만 각 고객사 현장마다 조건이 다르기 때문에 이 글 만으로는 해결이 어려울 수 있다. 한국스파이렉스스코는 스팀 시스템 전문 기업으로서 안정적인 설비의 운용과 에너지 절감의 두 마리 토끼를 다 잡을 수 있도록 최선의 지원을 약속합니다.

# TD42 써모다이나믹 스팀트랩

## Thermodynamic Steam Trap



- TD42 계열의 제품은 42 bar g 까지의 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.

### ■ 안전정보

운전 지침서에 의거하여 자격을 갖춘 사람이 본 제품을 적절하게 설치와 시운전 그리고 사용과 유지보수를 해야만 안전한 운전을 보증할 수 있다. 배관과 설비 공사에 대한 일반적인 시방과 안전 규정뿐만 아니라 공구 및 안전장비의 적절한 사용 규칙을 준수해야 한다.

이 제품은 특별히 스팀, 공기 및 물 / 응축수에 사용하도록 설계되었다. 이외의 다른 유체에 대한 적합성 여부는 한국스파이렉스사코에 문의하여 확인 후 사용해야 한다. 올바른 설치 장소와 유체의 흐름방향을 결정한다. 이 제품은 어떤 설비의 시스템에 의해서 발생된 외부 스트레스를 극복하는 기능은 없다.

**접근 :** 안전하게 접근할 수 있는지 확인한다. 필요하면 이 제품과 관련된 작업을 하기 전에 적절하게 보호 설비가 된 안전한 작업용 플랫폼을 준비한다.

**배관 내의 위험한 유체 :** 배관 내에 현재 무엇이 있는지 또는 이전에 배관 내부에 무엇이 있었는지를 검토한다. 가연성 물질, 인체에 유해한 물질, 높은 온도에 대해서는 사전에 충분한 안전대책을 강구한다.

**제품 주변의 위험한 환경 :** 폭발의 위험성이 있는 지역, 산소가 부족한 지역, 위험한 가스, 온도가 극히 높은 곳, 뜨거운 표면, 화재의 위험성이 있는 곳, 심한 소음, 움직이는 기계류 등에 대해서는 사전에 충분한 안전대책을 강구한다.

**압력 :** 안전한 작업을 위해서 예정된 작업 구간은 압력을 차단하고 대기압 상태로 안전하게 배기하여야 한다. 이중격리를 고려하고, 닫혀있는 밸브를 열지 못하도록 잠금 장치를 하거나 “밸브 닫힘” 등의 라벨을 부착한다. 압력계가 “0”을 지시하더라도 시스템에 압력이 없다고 추정해서는 안된다.

**잔류 위험 :** 제품이 사용 중일 때 제품의 외부 표면은 매우 뜨거울 수 있다. 최대 허용 운전조건에서 사용되고 있을 때는 표면 온도가 500 °C까지 올라갈 수 있다. 거의 모든 제품은 스스로 드레인하는 기능을 가지고 있지 않으므로 설치되어 있는 제품을 분해하거나 배관에서 제품을 떼어낼 때 주의해야 한다.

**폐기 :** 특별한 언급이 없는 한 이 제품은 재활용이 가능하며, 적절한 폐기 절차에 의하여 폐기한 경우 생태학적 위험은 없다.

### ■ 분해 사진



## ■ 분해 및 조립 순서



TD42 스팀트랩 →



바이스 물림 →



스패너로 캡 이완 →



손으로 캡 이완 →



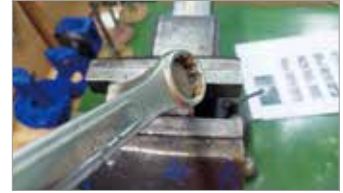
몸체에서 캡 분리 →



디스크 이완 →



스트레나 캡 →



스트레나 캡 이완 →



캡 분리 →



스트레나 분리 →



몸체 내부 청소 →



디스크 연마 (래핑) →



연마 완료 →



몸체 시트 연마 →



연마 완료 →



분해 역순 조립

- 디스크와 시트 연마는 약간의 마모일 경우에만 가능하며 “8”자 형태로 연마한다.
- 디스크와 시트 연마 시 제거되는 두께가 0.25mm를 넘지 않도록 주의해야 한다.
- 재조립 시 디스크 홈이 있는 부분이 시트로 향하게 한 후 캡을 조립한다.

## ■ 이상 원인 및 조치방법

| 이상 현상   | 원인                        | 조치 방법                 |
|---------|---------------------------|-----------------------|
| 스팀 누출   | 몸체시트, 디스크에 이물질/스케일에 의한 누출 | 분해 청소 / 연마 (래핑) 또는 교체 |
| 응축수 미배출 | 스트레나 막힘                   | 분해 청소 / 스크린 교체        |
|         | 디스크 고착                    | 몸체 분해 청소, 디스크 연마      |
|         | 잘은 에어바인딩                  | 에어바인딩 디스크로 교체         |



\* 본 점검 절차는 유튜브에 등록된 동영상상을 통해 확인이 가능합니다.  
<https://youtu.be/pVTw5b1Hlhg>



한국스파이렉스사(주)  
AS팀 정유성 차장



Steam Trap  
Audit

## 2021 스팀트랩 진단사 자격 검정 안내

| 등급      | 내용                                                                         | 2021년 교육 및 검정 일정          | 교육비 (검정료, VAT 포함)                         |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|
| Level 1 | 스팀의 발생, 성질, 이용방법<br>스팀트랩 종류, 작동원리, 설치, 진단방법, 검정방법<br>스팀트랩 진단기 종류, 구조, 작동원리 | 33회 : 11. 17 (수) ~ 19 (금) | 3일 출퇴근 (16시간)<br>220,000원                 |
|         |                                                                            |                           | 2박 3일<br>2인실 : 616,000원<br>1인실 : 715,000원 |

\* 출퇴근과 숙박 중에 선택하실 수 있으며, 숙박 시 교육비가 추가됩니다. COVID-19로 인해 가급적 1인실 사용을 권장합니다.



## 2021년 스팀기술연수교육 안내

\* 10월까지 교육과정은 COVID-19로 취소되었습니다. 아래 과정도 취소될 수 있으나 반드시 신청 전에 확인하여 주시기 바랍니다.

### ◆ 2021 스팀기술연수교육 일정

| NOV 11                              | DEC 12                                 |
|-------------------------------------|----------------------------------------|
| STSC 2115<br>2차 설비분야 대학(원)생과정 03(수) | STSC 2118<br>정유 및 석유화학과정 02(목) ~ 03(금) |
| STSC 2116<br>일반과정 10(수) ~ 12(금)     | STSC 2119<br>일반과정 08(수) ~ 10(금)        |
| STSC 2117<br>정비과정 24(수) ~ 26(금)     |                                        |



스팀실무기술  
WEBINAR

### 스팀실무기술 WEBINAR 실시

COVID-19로 취소되었던 스팀실무기술교육 STSC 일반과정을 지난 8월 온라인으로 실시하였습니다.

일정 : 1일 2시간씩 4일 총 8시간 (과목당 1시간)

과목 : 스팀 시스템, 보일러 컨트롤 시스템, 유량계 & 감압밸브, 컨트롤 시스템, 열교환 솔루션, 스팀트랩, 응축수 회수, ESPP를 통한 에너지 절감

본 과정은 COVID-19 상황에서만 한시적으로 실시하며 10월말이나 11월초, 12월에 동일한 과정으로 추가 실시 예정입니다.

온라인 교육에 관심 있으신 고객은 아래 기술연수원 담당자 이메일로 문의해 주시면 관련 사항 안내해 드리겠습니다.

| 과정명              | 횟수           | 대상                                                                                                                       | 기간    | 교육비 (VAT 포함) |            |
|------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|------------|
| 일반과정             | 9            | 스팀 시스템을 관리하는 공무, 시설, 정비, 원동 및 열관리 담당자                                                                                    | 2박 3일 | 2인실          | 1인실        |
| ESPP를 통한 에너지절감과정 | 1            | 산업체 및 빌딩의 스팀 및 유체 에너지 관련 담당자, 관리 / 운전자                                                                                   |       | 616,000원     | 715,000원   |
| 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 | 506,000원     | 555,500원   |
| 제어 및 모니터링과정      | 1            | 스팀 시스템에서 계측제어, 스팀 설비관리 담당자(운전, 정비, 운용, 관리)                                                                               |       |              |            |
| 정유 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 | 1,034,000원   | 1,232,000원 |
| 설비분야 대학(원)생과정    | 2            | 스팀 시스템의 기초 교육을 원하는 대학생 또는 대학원생                                                                                           | 1일    | 무료           |            |
| 특별과정             | 수배관과정        | 수배관 시스템 관리, 설계 담당자                                                                                                       | 1박 2일 | 506,000원     | 555,500원   |
|                  | 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, 정비 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 시 교육비가 추가됩니다. COVID-19로 인해 가급적 1인실 사용을 권장합니다.

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



본 <스팀파일>은 당사의 교육 및 세미나 참석 시 제공하여 주신 [개인정보 제공 동의서] 또는 명함에 따라 발송해 드리고 있습니다.

한국스파이렉스사(주)는 고객님의 개인정보보호를 항시 소중히 보호하고 있으며 이용 항목과 활용 범위는 아래와 같습니다.

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

한국스파이렉스사(주)가 제공하는 스팀파일 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, 스팀파일 및 기술자료가 발송되지 않을 것입니다.

보다 상세한 개인정보 처리방침은 한국스파이렉스사(주) 홈페이지(www.spiraxsarco.com/global/kr)에서 확인하실 수 있습니다. 감사합니다.