

보일러 블로우다운 장치 및 폐열회수 장치

1. 보일러 블로우다운 장치의 필요성

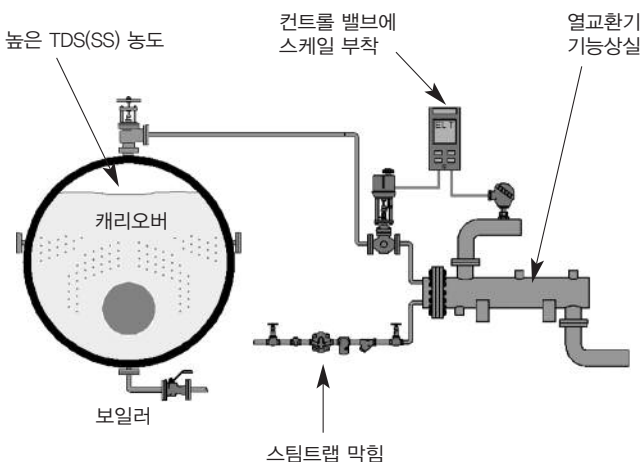
1.1 보일러 상부 블로우다운 장치의 필요성

보일러 급수로 사용되는 원수(Raw Water)에는 총용존고형물(TDS), 용존 가스 그리고 부유성 고형물 형태의 불순물이 포함되어 있다.

보일러의 기본적인 수처리 방법으로는 경수를 연수로 만드는 이온교환수지 탭(경수연화장치)을 사용하는 방법인데, 이 방법은 스케일로 변하기 쉬운 광물성 이온(Ca^{+2} , Mg^{+2})을 스케일을 형성하지 않는 용존성 이온(Na^{+})으로 그 화학적인 형태만을 변형시키기 때문에 이러한 수처리장치를 통해서 보일러 급수를 처리한다 하더라도 원수중의 총용존고형물의 양은 줄어들지 않고 보일러 내에 그대로 유입되며, 보일러 운전시간이 증가되면 총용존고형물은 농축하게 된다.

또한, 보일러 동체 내 스케일 부착 방지를 위해 여러 가지 청관제를 투입하기 때문에 보일러관수에는 용존된 상태의 고형물과 부유성 고형물의 농축 현상이 일어나게 된다.

보일러관수에 용존되어 있는 고형물(TDS)이 어느 한도 이상으로 농축하게 되면, 보일러내부에서는 캐리오버 현상이 발생되어 보일러관수가 넘어가는 현상과 보일러 전열면에서 국부적인 농축이 일어나 스케일이 생성되는 현상이 일어나게 된다. 농축된 총용존고형물이 들어있는 보일러관수가 증기 시스템으로 넘어가게 되면 각종 컨트롤 밸브의 시트면에 고형물이 퇴적되어 원활한 작동을 방해하며, 각종 열교환기의 전열면에 오염을 가속화시켜 전열효율을 떨어뜨리고 스팀트랩을 막히게 하는 등 증기사용 시스템 전체에 커다란 부작용을 일으키게 되어 에너지 손실을 가중시킨다. 또한 보일러 전열면의 스케일 현상은 보일러의 전열효율을 떨어뜨려 보일러 효율을 감소시키므로 연료사용량을 증대시키고, 국부적으로 전열면을 과열시켜 심할 경우 드럼이나 튜브를 손상시키게 된다. 따라서 보일러 수처리 중의 마지막 단계인 블로우다운은 보일러에 있어서 없어서는 안될 중요한 장치 중의 하나이다.



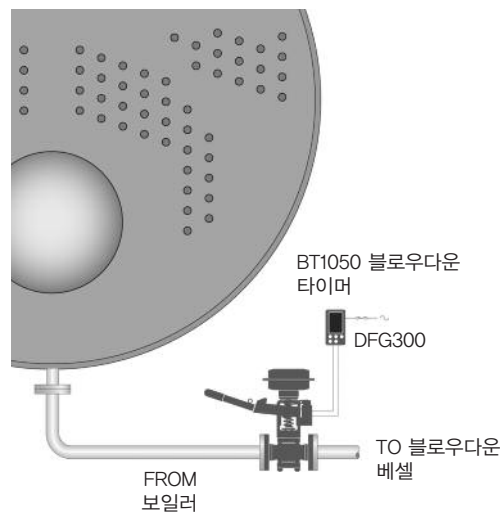
1.2 보일러 하부 블로우다운의 필요성

내처리 과정에서 청관제 등의 유입으로 경도 성분이 보일러 내에서 연질의 슬러지로 변하게 된다. 이러한 슬러지는 불용성 고형물로 보일러 내부에서 대류현상에 의해서 순환된다. 그러나 보일러 가동시간이 증가하게 되면, 슬러지량은 증가하게 되고 방지할 경우 순환관을 막히게 하거나 국부과열을 일으키게 할 수 있으므로 과도한 슬러지가 형성되기 전에 보일러 하부로 부터 침전된 슬러지를 제거하는 것이 필요하다.

자동 하부 블로우다운 시스템 설치 시 이점

- 보일러 하부에 침전된 슬러지의 효율적 제거
- 주기적인 자동 블로우다운 실시로 관리효율 증대
- 블로우다운 중복지나 누락 방지

● 자동 하부 블로우다운 시스템 구성도



2. 블로우다운량 계산 및 시스템 선정방법

2.1 블로우다운량 계산공식

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

단, F : 급수 TDS 농도(ppm 또는 $\mu\text{S/cm}$)
 B : 보일러수 TDS 농도(ppm 또는 $\mu\text{S/cm}$)
 S : 보일러 스팀 발생량(kg/h)

*보일러 TDS 농도 기준(KS B 6209)

보일러의 종류	노통연관 보일러	수관식 보일러
구분	($\mu\text{S/cm}$)	($\mu\text{S/cm}$)
전열면	30 이하	6,000 이하
증발율	30~60	4,500 이하
(kg/m ² .h)	60 이상	4,000 이하
최고사용	10 이하	4,500~4,000 이하
압력	(*전열면 증발율이 50 이하 시 4,500 이하)	
(kg/cm ²)	10~20 이하	3,000 이하
	20~30 이하	1,000 이하
	30~50 이하	800 이하

예제 1

보일러관수 농도 2000 ppm, 급수농도 150 ppm, 보일러 증발량이 10,000 kg/h일 때 상부블로우다운 량과 스파이렉스사코 블로우다운 시스템의 종류는?(보일러 운전압력은 10 bar g이다.)

식에 따라 계산하면,

$$\text{블로우다운량} = \frac{150}{2000-150} \times 10,000 \approx 810 \text{ kg/h}$$

따라서 시스템은 밸브의 용량표로부터 BCS 3000(15 mm 스트로크)이 선정된다.

예제 2

보일러수 농도 2500 ppm, 급수농도 200 ppm, 보일러 증발량이 4,000 kg/h일 때 상부블로우다운 량과 스파이렉스사코 블로우다운 시스템의 종류는? 보일러 운전압력은 7 bar g이다.
식에 따라 계산하면,

$$\text{블로우다운량} = \frac{200}{2500-200} \times 4,000 \approx 348 \text{ kg/h}$$

따라서 시스템은 밸브의 용량표로부터 BCS 1000이 선정된다.

2.2 상부 블로우다운 밸브 선정표

필요한 블로우다운량을 배출시킬 수 있는 밸브용량을 선정하여야 하며 보일러 운전압력에 따라 블로우다운량이 다르므로 아래표를 참조하여 밸브를 선정한다.

* 1/2" BCV1 밸브 용량표

보일러 압력 bar g	최대 블로우다운량(kg/h)	
	표준설정	최대설정
3.4	105	315
5.5	125	375
6.9	140	420
8.3	150	450
10.3	165	500
14.0	200	590

* DN20(DN40) BCV30(31) 밸브 용량표 ()은 DN40 용량임

보일러 압력 bar g	블로우다운 밸브용량 kg/h		
	저유량 10 mm 스트로크	중간유량 15 mm 스트로크	고유량 20 mm 스트로크
5	380(2900)	530(3450)	730(3550)
7	460(3300)	710(4100)	1150(4500)
10	570(3700)	950(4750)	1500(5450)
15	700(4550)	1150(6450)	1650(7150)
20	780(5750)	1250(8100)	1700(8650)
32	940(8400)	1400(10300)	1800(11050)

2.3 상부 블로우다운 컨트롤 시스템 구성방법

시스템명	컨트롤러	운전방법	센서	센서챔버	컨트롤 밸브	비고
BCS1000	BC3150	간헐운전	CP10&	S10	BCV1	그림 1
	BC3250		PT2			
BCS3000	BC3150	연속운전	CP32	불필요	BCV30	그림 2
	BC3250				BCV31	
BCS4000	BC3150	간헐운전	CP10&	S11	BCV30	그림 3
	BC3250		PT2		BCV31	

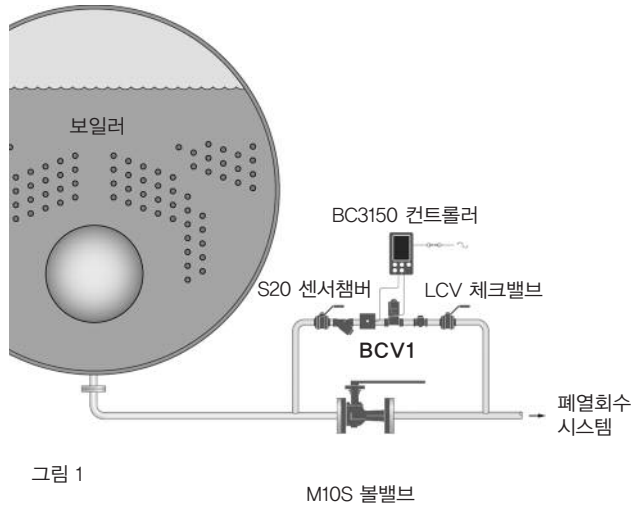
3. 블로우다운 컨트롤 시스템의 작동원리

3.1 BCS1000 시스템

이 시스템은 보일러수의 TDS농도를 측정하는 센서를 블로우다운 라인에 설치하는 방식이므로 보일러수의 TDS를 측정하기 위해서는 센서챔버에 보일러관수를 통과시켜야 한다.

매 30분마다 블로우다운 라인을 퍼지시키며 최초 퍼지시간(표준 : 10초) 동안에 측정된 TDS 농도가 컨트롤러에 설정된 셋포인트와 비교하여 측정된 농도가 낮을 경우에는 퍼지가 완료된 후 블로우다운 밸브는 30분 주기의 나머지 시간동안 닫혀있게 되며 높은 경우에는 밸브가 10초동안 열리고 20초동안 닫히는 동작을 반복하게 된다.(어느정도 시간이 지난 후에 보일러관수의 블로우다운으로 인해 보일러관수의 TDS 농도는 낮아지게 된다.) 이와 같은 반복되는 동작동안에 측정된 TDS 농도가 셋포인트보다 낮아진다면 밸브는 그 즉시 닫혀지고 30분 주기의 나머지 시간동안 예를 들면 20분이 지났으면 나머지 10분 동안, 계속해서 닫혀있게 된다.

* 30분이라는 주기는 보일러가 정지된 후 다시 기동되어 정상적이 운전조건이 갖출 경우 예상되는 소요시간을 가정한 것으로 고정되어 있음.



3.2 BCS3000 시스템

이 시스템은 보일러관수의 TDS 농도를 측정하는 센서를 보일러 동체에 직접 설치하기 때문에 연속적인 TDS 측정과 블로우다운이 가능하다. 측정된 TDS 농도와 컨트롤러의 셋포인트와 비교하여 높은 경우는 밸브를 열어 보일러관수를 블로우다운 시키고 낮은 경우는 밸브를 닫아 보일러관수의 블로우다운을 차단한다. BCS3000 시스템은 센서의 스케일 부착여부를 컨트롤러가 감지할 수 있도록 회로가 구성되어 있어 스케일 부착 시 자동으로 센서를 클리닝 시키는 장점이 있어 항상 정확한 TDS 농도를 측정하여 블로우다운 컨트롤 하게 된다.

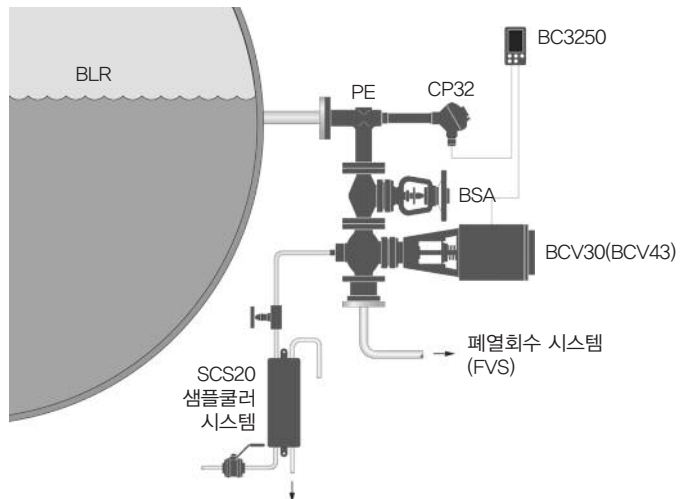


그림 2

3.3 BCS4000 시스템

- BCS1000 시스템과 동일한 원리에 의해 작동되며 컨트롤러는 BC3150 또는 BC3250 사용이 가능하며 컨트롤 밸브는 전기식 밸브 (BCV30) 또는 공압식 밸브로 구성 가능하다.
- 32 bar g까지의 보일러 운전압력에 적용 가능하다.

자동연속 블로우다운 시스템 설치 시 이점

- 캐리오버(Carry over) 감소로 증기건도 향상
- 보일러 및 증기시스템 내부의 스케일 및 부식방지
- 생산제품의 오염방지(식품, 음료, 살균 증정)
- 최소의 필요한 블로우다운으로 에너지 손실방지
- 폐열회수시스템을 통한 에너지 절감
- 자동컨트롤을 통한 관리효율의 증대

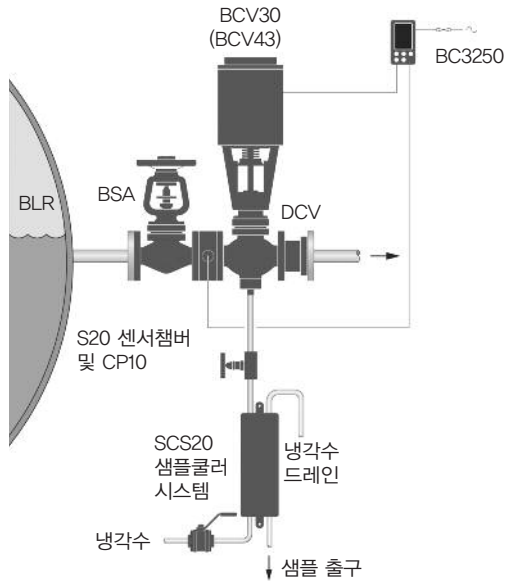
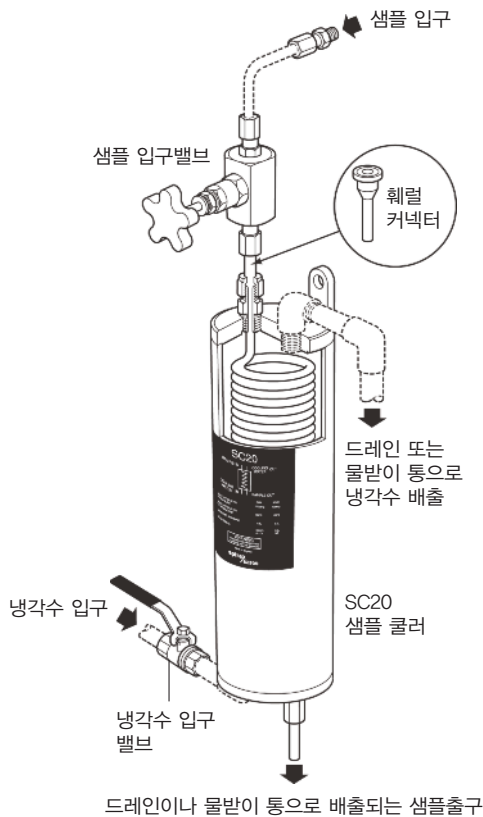


그림 3

3.4 샘플쿨러 시스템(SCS20)

고온고압의 베셀로부터 물이나 공정유체의 샘플을 채취할 필요가 있을 때 샘플쿨러의 사용없이 샘플을 채취할 경우 재증발 비산(Flash off)으로 인하여 정확한 샘플링을 할 수 없으며 작업자도 위험하게 된다. SCS20 샘플쿨러 시스템은 코일에 샘플유체를 흐르게 하고 몸체에 냉각수를 흐르게 함으로써 대향류(countercurrent flow)를 이용하여 샘플의 온도 및 압력을 적당하게 낮추어 작업자가 정확하고 안전하게 샘플링을 할 수 있다.



샘플쿨러 설치 시 이점

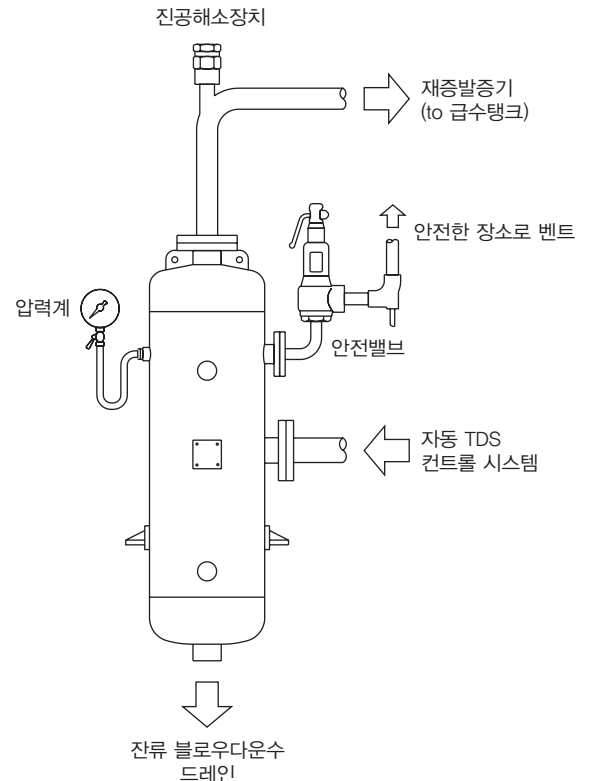
- 정확하고 안전한 샘플링
- 간편한 샘플링

4. 폐열회수장치

4.1 후래쉬 베셀

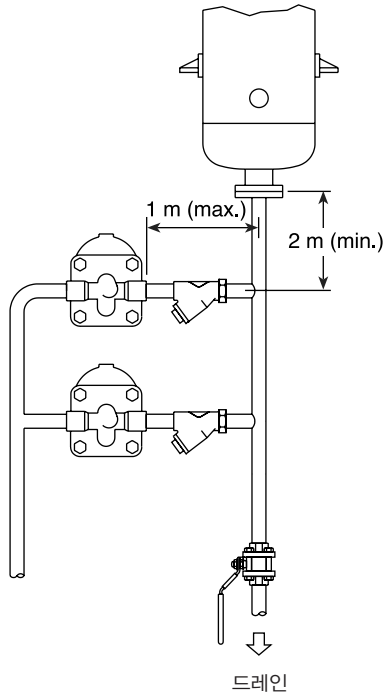
상부 블로우다운 밸브를 통해 보일러 관수가 배출될 때 압력이 감소된다. 재증발 증기가 형성되며 밸브 2차측 배관에는 빠른 속도로 흘러가는 증기와 물이 혼합되어 있다. 후래쉬 베셀로 가는 배관구경이 너무 작으면 난류에 의해 배관에 침식이 발생할 수 있으며 후래쉬 베셀로 들어갈 때 캐리오버가 일어날 수 있다. 최적의 배관 방법은 블로우다운 밸브 2차측의 배관구경을 증가시키는 것이다. 인접된 높은 위치에 후래쉬 베셀을 설치하지만 급수탱크에 볼트로 고정하지 않는다. 아래 그림처럼 압력계, 안전밸브, 진공해소장치를 설치한다. 후래쉬 베셀부터 급수탱크까지 배관 구경은 후래쉬베셀 출구에 맞추어야 한다.

안전밸브는 안전밸브 위 스프링 하우징의 중심이 수직이 되도록 설치하여야 한다. 안전밸브 분출배관은 안전밸브를 뒤틀리게 하거나 세게할 수 있는 부적절한 응력이 가해지지 않도록 배관하여야 한다. 분출배관은 가능한 짧고 직관이어야 하며 손상을 일으킬 수 없는 곳이나 재산이나 인명피해를 줄 수 없는 곳에 분출하여야 한다. 안전밸브 분출 배관은 밸브 출구 구경보다 작아서는 안된다. 분출관이 길면 안전밸브 성능 저하나 캐터링이 발생할 수 있지만 피할 수 없는 경우에는 보다 큰 구경의 분출관을 사용한다. 안전밸브 입구 출구에는 스톱밸브를 설치해서는 안된다. 후래쉬베셀 드레인 배관은 후래쉬베셀의 하부 노즐 구경에 맞추어야 한다. 진공해소장치는 블로우다운 밸브가 닫혔을 때 진공이 발생하는 것을 방지하기 위하여 후래쉬 베셀 출구 재증발증기 배관에 수직으로 설치하여야 한다.



4.2 후로트 트랩

후래쉬 베셀내 블로우다운수는 포화온도 상태의 물을 연속적으로 배출시킬 수 있는 후로트 트랩이 설치하여 정체되지 않도록 하여야 한다. 트랩몸체에 표시된 화살표 방향 아래로 향하도록 하고 블로우다운수의 흐름방향대로 설치한다. 용량이 커 2개의 후로트 트랩을 요구하는 경우에는 병렬로 설치해야 한다. 트랩을 통해 배출되는 용량은 트랩에 미치는 수두압에 따라 변한다. 시스템의 최대용량을 배출하기 위해서 트랩은 그림과 같이 후래쉬 베셀로부터 최소 2 m 아래 설치하여야 한다. 트랩에 쉽게 접근할 수 있도록 하기 위해 열교환기 상부에 트랩을 설치하는 것이 편리하다. 후로트 트랩에서 스팀로킹현상이 발생되지 않도록 하기 위해서는 후래쉬 베셀과 후로트 트랩 입구간에 1 m 정도 이격시켜야 한다.



4.3 열교환기

열교환기 입출구 배관과 스톱밸브 사이즈는 열교환기 통과유량에 따라 적절히 선정한다. 열팽창에 의해 관형 열교환기나 피팅류에 영향을 주지 않도록 배관을 하여야 한다. 이것은 배관구간 내에서 또는 플렉시블에 의해 흡수될 수 있다. 밸브와 배관은 열교환기 연결노즐에 당겨서 설치하지 않는다. 후래쉬 베셀에서 드레인관으로 배출될 잔류 블로우다운수는 시스템이 올바르게 작동되고 있는지 육안으로 점검할 수 있는 수단이 될 수 있다.

