

中温水 및 高温水暖房시스템

Water Heating Systems (Medium and High Temperature)
(ASHRAE Handbook)

李 鍵* · 金 溶 植** · 辛 鍾 弼** 共譯

高温水시스템은 공급水温이 175°C(350°F)이상
中温水시스템은 120°C(250°F)이상 175°C(350°F)
미만의水温으로 분류된다.

一般的으로 温度的 實際的인 上限은 배관, 배
관부속 기기(equipment)와 부속품들의 壓力제한
때문에 대략 230°C(450°F)이다. 230°C(450°F)이
상에서는 급격한 압력상승률(그림1)로 인하여 高
壓에 견뎌야 하는 부속들의 耐壓性 때문에 시스

템의 비용이 증가된다. 일반적인 計劃原理들은
高温水나 中温水나 근본적으로 마찬가지로이다. 여
기서는 略語 H.T.W는 증온수나 고온수 시스템
모두를 건급하는데 使用한다. 이 글은 고온수 시
스템에만 적용되며 일반고온방식에 대한 광범위
한 일반적 개념의 說明을 目的으로 한다. 120°C
이하의 일반온수난방방식에 대하여는 숙지하고
있다고 전제한다.

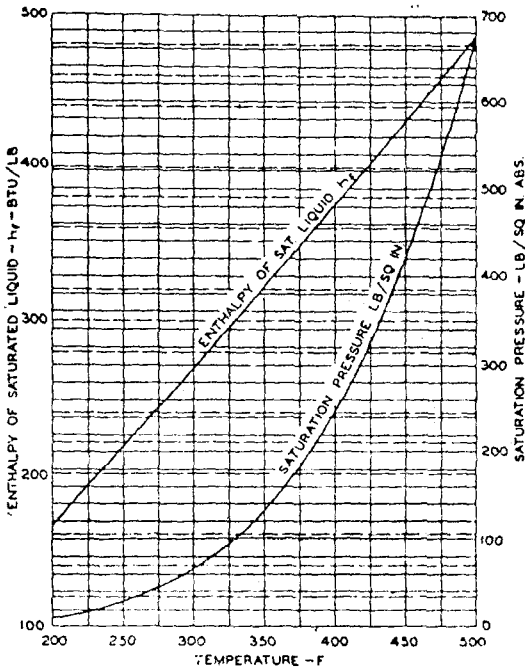


그림 1. 수온과 포타압력과 엔탈피와의 관계

시스템의 특징

다음의 사항들은 증기난방방식과 低温水난방방
식에 비교되는 H.T.W 시스템의 뚜렷한 특징들
이다.

1. 고온수난방방식은 압력아래서 유지되는 공
급환수관을 갖는 完全 밀폐회로이다. 프래싱(Flash-
ing) 때문에 생기는 손실이 없다. 末端의 열
교환기나 방열기에서 이용되지 않은 열은 고온수
발생기로 되돌아간다. 밀폐된 시스템내에서의 부
식이 最小이다.

2. 일반적으로 모든 기계장치들은, 개별적인 터
미널유니트의 作用을 제어하는 것을 제외하고는,
센트랄스테인에 집중되어 있다.

3. 배관에 있어서 낮은 지점에 트랩을 설치
하지 않고서도 건축적 構造的 要求條件과 地形에
따라 여러 높이에 설치될 수 있고 위 아래로 경사
를 지을 수 있다. 이것은 요구되는 漏水量을 줄
일 수 있으며 증기에서와 같은 환수펌프와 드립
포인트(Drip Point)를 제거할 수 있다.

4. 상당한 온도차를 이용하며 低温水시스템보
다는 적은 量의 물을 순환시킨다.

*正會員 서울大學校 工科大学

**正會員 서울大學校 大學院

5. 물의 프래싱이 증기로 변하는 것을 막기 위하여 시스템내의 모든 압력이 포화온도에 상응하는 압력이상으로 유지되어야 한다.

6. 여러가지水温을 요구하는 터미널 유니트에 서는 물의 流量을 조절하거나 공급水温을 조정한다거나 연속된 몇개의 유니트의 설치, 열교환기의 사용 또는 여러 다른 방법을 利用함으로써 필요로 하는 온도로 사용할 수 있다.

7. 高溫水回路가 갖는 높은 熱容量은 부하의 변동을 고르게 하는 熱的 프라이휠 (thermal flywheel)과 같은 역할을 한다. 열저장량(heat storage capacity)은 가벼운 부하가 걸리는 동안에 환수관의 溫度의 증장에 의해서 더욱 증가할 것이다.

8. 高溫水의 높은 熱容量 때문에 급속한 始動과 정지를 필요로 하는 간헐적으로 作動되는 시스템에는 부적당하다.

9. 증기나 低溫水시스템보다는 安全하고 운전하기 편리한 高溫水시스템의 설계를 위하여 좀더 세련된 기술이 필요하다. 이 계획은 경험이 많은 유능한 기술자에게 맡겨져야 한다. 시스템은 간단하여야 한다. 그러나 安全과 손쉬운 運轉을 위한 모든 기본요소들을 결합하여야 한다.

기본 시스템

고온수 시스템은 基本的으로는 증대의 강제식 온수난방시스템과 유사하다. 이것들은 물을 덥히는 열원-직접가열식 고온수발생기(direct fired high temperature water generators), 증기 보일러, 또는 개방식이나 밀폐식 열교환기-을 필요로 한다. 난방중의 물의 팽창은 팽창용기(Expansion vessel)로 올려지는데 이 팽창용기는 동시에 시스템내의 壓力을 유지하는데도 사용된다. 열의 운반은 循環펌프에 의한다. 분포시스템은 同一壓力下에서 공급·환수관들을 포함하여 밀폐되어 있으며 터미널 유니트에 있어서의 열방출은 열전달표면을 통한 열전달에 의해서 간접적이다. 기본적인 시스템은 그림 2에서 보여준다. 低溫水 시스템과의 기본적인 차이는 고압의 사용 그 결과 과중한 설비, 일반적으로 작은 배관들,

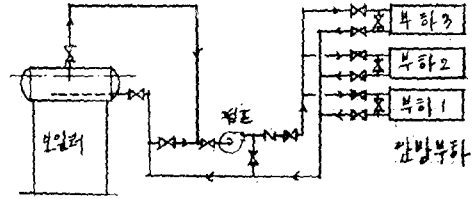


그림 2. 고온수시스템의 요소

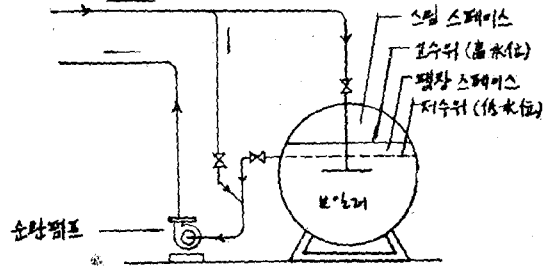


그림 3. 보일러 배관의 배치

그리고 물위에서의 압력유지방법이다. 대부분의 시스템은 2가지로 구분될 수 있다.

- (1) 고온수가 직접 압력을 만드는 포화증기류 시스템
- (2) 압력이 外部에서 加해지는 가스 또는 펌프 가압시스템

고온수발생기는 보일러給水장치, 압력탱크순환 펌프와 같은 부수적인 것들과 마찬가지로 센트랄 시스템이손에 위치한다. Cascade H.T.W. 발생기는 때때로 기존 증기분포시스템을 이용하며 이 때는 센트랄플랜트에서 먼곳에 설치된다.

계획에 있어서 고려할 사항들

시스템내의 壓力 供給溫度 온도강하의 선택 高溫水發器의 形式은 加壓의 方法과 마찬가지로 매우 重要한 初期 계획사항들이다. 몇 개의 중요한 요소들을 보면

1. 부하형식(난방부하, 프로세스부하 또는 양쪽의 경우 모두) 24시간 동안의 부하변동, 1년동안의 負荷變動을 고려하여야 한다. 난방부하는 外氣온도 또는 다른 기후의 영향 작용에 따라, 온도조절을 가능하게 하는 반면 프로세스용 負荷는 항상 주어진 最小供給溫度를 필요로 할 것이다.

2. 터미널 유니트에서 필요로 하는 溫度
3. 히팅프랜트에서 열을 필요로 하는 건물 또는 공장생산라인까지의 거리
4. 건물이 위치하고 있는 대지의 지형
5. 건물용도와 부하상황에 의거한 조우닝 요건들
6. 센트랄프랜트에서 파우어설비에 이용되는 스팀량과 압력
7. 시스템내에 있어서의 높이의 變化

시스템에 최대정압양정을 유지하기 위해서는 제일 높은 장소에 센트랄 프랜트를 설치하는 것이 바람직하다.

이론적으로는 175°C(350°F)까지 水溫을 높이려면 8.8kg/cm²에 적합한 설비를 갖추어야 한다. 그러나 實質的으로는 Push-Pull 펌핑이 사용되지 않는다면 最高水溫은 시스템計劃 펌프양정 높이 성격 등에 의하여 150°C(300°F)에서 165°C(325°F)로 制限될 것이다. 17.5(kg/cm²)(250°F)에서 21(kg/cm²)(300Psig)의 압력을 필요로 하는 175°C(350°F)에서 215°C(420°F)의 水溫은 상당한 溫度강하를 가능케 하며 따라서 배관경의 축소에서 오는 絶約이 고압에 견뎌야 하는 막중한 기구와 설비의 費用을 상쇄할 수 있는 곳 또는 터미널유니트에서 높은 溫度를 必要로 하는 곳에서만 채택될 수 있다. 증기加壓방식으로 설계된 대부분의 시스템은 스팀드럼(Steam Drum)을 가지고 있는데 이것을 통해 전유량이 모아지며 또한 팽창용기로도 쓰여진다.

循環펌프는 탱크로부터 물을 가져가는 공급라인에 위치한다. 스팀드럼으로부터의 水溫은 포화상태의 압력에 상당하는 드럼의 증기온도를 넘지 못한다. 最大壓力點은 循環펌프의 배출쪽에 있다. 예를 들어 이 최대압력이 125 Psig 이하로 유지된다면 드럼안의 壓力은 125Psig에서 순환펌프의 양정과 드럼과 순환펌프의 높이의 차에 의한 壓力을 뺀 값을 넘지 못한다. 대부분의 시스템들은 불활성가스가압방식으로 설계한다. 이러한 시스템의 대부분은 압력탱크가 순환펌프의 흡입쪽에 한개의 균형선(Single balance line)에 의해 시스템에 연결되어 있다. 循環펌프는 高溫水發生器

의 인렛(inlet)쪽에 位置한다. 가압탱크의 내부로는 고온수가 흐를 수 없다. 가스가압시스템의 특수한 특징이라 하면 탱크내에서 가스압을 창출하고 유지하는 장치이다. 高溫水시스템의 運轉과計劃에 있어서 제일 重要한 것은 시스템이 運轉되고 있던 아니던간에 시스템내의 어느 곳에서든 지 물의 수증기압(Vapor pressure)을 증가하는 압력의 유지에 관한 것이다. 이것은 수온의 제한을, 이로인한 수증기압의 제한을 必要로 할 것이며 또는 강제압력(imposed pressure)의 증가를 필요로 할 것이다. 높이의 영향과 供給라인에서 물의 프래싱이 증기로 변하는 것을 막기 위한 압력은 사용될지도 모를 最大水溫을 制限할 수 있으며, 따라서 시스템의 溫度와 壓力의 關係가 研究되어야 한다.

설계내용을 支配할 수 있는 물의 특성은

1. 온도 對 포화상태의 압력(그림 1)
2. 밀도 또는 比體積(specific volume) 對 溫度
3. 엔탈피 또는 현열 對 溫度
4. 점성 對 溫度

溫度 壓力 比體積(Specific volume)과 엔탈피의 관계는 증기표에서 이용할 수 있다. 100°C(212°F)에서 205°C(400°F) 범위의 물의 특성은 표 1에 요약되어 있다.

직접가열식 高溫水發生器

직접가열식 高溫水發生器가 사용되는 센트랄스테이션은 同一壓力범주내에서 운전되는 증기보일러플랜트와 相等한다. 發生器는 高溫水에 特殊한 循環요구사항 뿐만 아니라 負荷와 計劃壓力에 맞는 크기와 形式을 택해야 한다. 現在하는 많은 시스템들은 파우어나 프로세스용 증기와 고온수가 같은 보일러에서 공급되어지고 있다. 이와 다른 경우는 보일러에서 생성된 증기가 고온수를 만드는 것이며 또 다른 경우는 연료를 태워서 직접 물을 덥히는 시스템이다. 高溫水發生器는 수관식 또는 煙管式이 있으며 통상의 연소장치를 갖추고 있다. 水管式은 強制循環, 重力循環 또는 둘의 混合형식이 있다. 強制循環式 發生器의 循環펌프는 發生器가 接合되는 동안 연속 運轉되어

中温水 및 高温水 暖房 시스템

表 1. 물 의 특 성 (212°F to 400°F)

온 도(°F)	압 력 Psia	밀 도 Lb/Cu Ft	Specific Heat BTu/(Lb)(°F)	Total Heat, above 32°F	
				BTu/Lb	BTu/CuFt
212	14.70	59.81	1.007	180.07	10,770
220	17.19	59.63	1.009	188.13	11,216
230	20.78	59.38	1.010	198.23	11,710
240	24.97	59.10	1.012	208.34	12,313
250	29.83	58.82	1.015	218.48	12,851
260	35.43	58.51	1.017	228.64	13,378
270	41.86	58.24	1.020	238.84	13,910
280	49.20	51.94	1.022	249.06	14,430
290	57.56	57.64	1.025	259.31	14,947
300	67.01	57.31	1.032	269.59	15,450
310	77.68	56.98	1.035	279.92	15,950
320	89.66	56.66	1.040	290.28	16,437
330	103.06	56.31	1.042	300.68	16,931
340	118.01	55.96	1.041	311.13	17,409
350	134.63	55.59	1.052	321.63	17,879
360	153.04	55.22	1.057	332.18	18,343
370	173.37	54.85	1.062	342.79	18,802
380	195.77	54.41	1.070	353.45	19,252
390	220.37	54.05	1.077	364.17	19,681
400	247.31	53.65	1.085	374.97	20,117

야 한다. 自然循環式 증기보일러가 高温水 발생을 위해 使用될 때는 internal baffling을 必要로 한다. Scotch Marine式 보일러에서는 環水의 급격한 온도강하에 의해 煙管에 가해지는 thermal shock 문제를 고려해야 한다. 強制循環式 高温水發生器는 일반적으로 once through 形式이며 펌프에 의해서 循環이 된다. 設計前에 부하에 맞는 循環 유량의 배분을 적절히 하기 위하여 필요한 곳에는 오리피스(Orifice)를 설치하여야 한다. 발생기가 점화되는 동안 循環이 계속되어야 하고 水순환량은 제작자에 의해 지시된 最小값이하로 내려가서는 안된다. 高温水發生을 위해 重力循環式 증기보일러가 使用될 때 스팀드럼은 보통 팽창용기 역할을 한다. 強制循環式 高温水發生器에서는 분리용기(Separate Vessel)가 증기壓力쿠션의 유지를 위해 또한 팽창을 위해 使用된다. 분리용기는 항상 시스템이 불활성가스

에 의해 가압될 때 使用된다. 모든 형식의 보일러에 있어서 과열과 불균형 팽창으로 인한 管의 파열을 방지하기 위해서 특별한 내부순환을 하는 것이 필수적이다. 초기의 H.T.W 시스템이나 현재도 비교적 덜 복잡한 시스템에서 使用되는 발생기는 水位의 팽창을 흡수하고 가압을 위해 使用되는 一體式 스팀드럼을 갖춘 증기보일러이다. 덤프관(dip pipe)은 일반적으로 水位선 이하의 물을 수용하기 위해 쓰여진다(그림3). 이 덤프관(dip pipe)이 설치됨으로서 물을 포화온도 또는 그 초의 온도에서 많은 증기거품이 없이 수용할 수 있도록 하며 시스템내에 배관파열이 일어날 경우에도 보일러는 히팅표면이 벗겨지거나 보일러 폭발의 위험선까지 비어 있지 않게 된다. 환수관에도 마찬가지로 주의가 필요하다. 環水管이 보일러의 낮은 부분에 연결되어 있다면, 보일러가 비는 것을 막기 위하여 보일러에 연결되는 라인에 체크

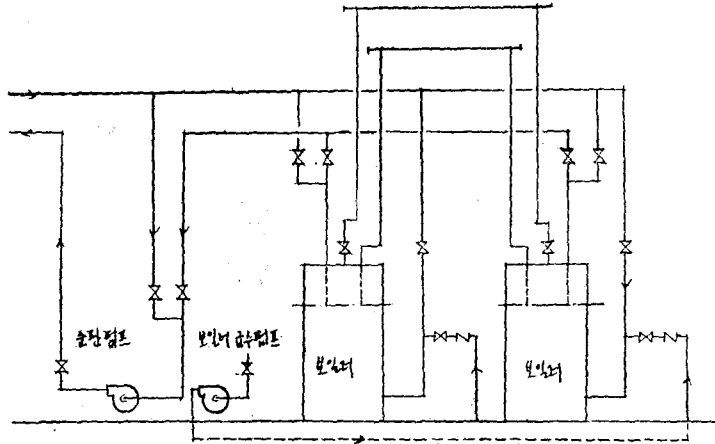


그림 4. 증기가압 고온수시스템의 보일러 배관 연결

크발브를 설치해야 한다. 보통 시스템 공급을 위해 2개 또는 그 이상의 보일러가 사용될 때에는 同一한 증기압력과 수위가 유지되는 수단이 강구되어야 한다. 물과 증기균형배관들(balance pipes)은 보통 드럼들 사이에 설치된다(그림 4). 이러한 배관 사이즈는 여유가 있어야 한다. 다음 표가 추천할만 하다.

보일러등급 (1,000,000 BTUH)	균형관 (Balance Pipe) Dia. Inches
2.5	3
5	3 1/2
10	4
15	5
20	6
30	8

100 Psig에서 운전되는 2개의 보일러에서 증기압력이 1/4 psi의 차이가 나면 수위(水位)에 있어서는 9in의 차가 생긴다. 전복(upset)이 저절로 되지 않기 때문에 이 상태는 더욱 악화된다. 오히려 두 보일러중의 하나에서 너무 높은 열방출이 보일러내의 압력을 상승시키고 수위를 저하시켰을 때는 보일러로 돌아오는 차거운 환수량의 감축은 더욱 높은 압력상승을 조래하게 되며, 다른 보일러에서는 반대現象이 일어날 것이다. 그러므로 개개의 보일러의 연소율(firing rates)과 유량을 조화시키는 것이 重要하다. 비록 아직까

지는 각각 드럼과 水位를 가진 다수의 보일러가 동시에 작동하는 고온수프랜트가 있지만, 다수의 팽창드럼을 설치하는 방식은 기피되어져 가는 경향이다. 最近에는 모든 發生器에 공통인 1개의 외부 드럼을 갖는 민액식 고온수보일러(flooded high temperature water heater)를 택하거나 또는 증기보일러와 direct contact heater(cascade)의 혼합형식을 택한다.

팽창과 가압

일반적인 온수난방 방식의 팽창과 가압의에 다음 사항들이 고려되어야 한다.

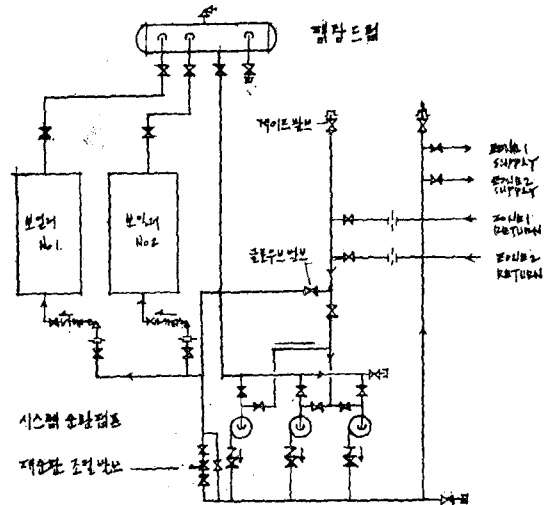


그림 5. 혼합(단식펌프)시스템의 고온수 배관

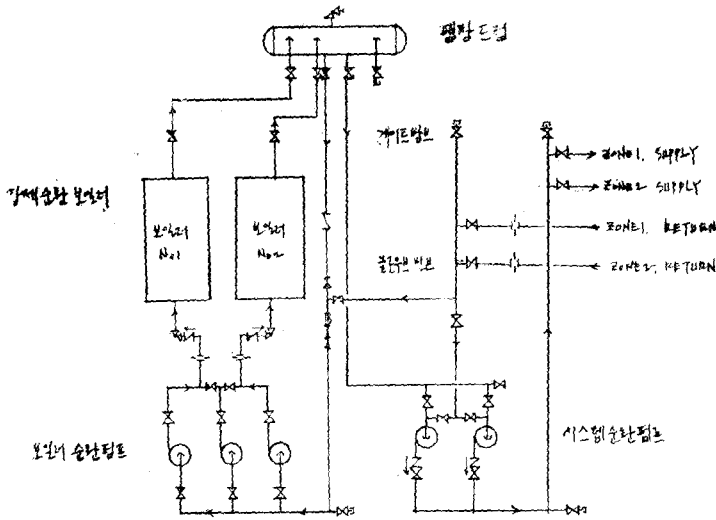


그림 6. 분리(복식펌프) 시스템의 고온수 배관

1. 가압용 팽창탱크의 접속점(接續點)은 시스템의 압력분포에 영향을 주며, 또한 H.T.W.의 프래싱 제거에도 영향을 끼친다.

2. 높고 낮은 수위와 과중한 압력을 위한 특수한 안전장치가 팽창탱크와 결합되어야 하며 연소 안전제어과 유량제어와도 연결되어야 한다.

다음의 사항들은 기본적인 방법들에 대한 설명들이다.

1. 加壓의 간단한 방법은 高架 저장탱크(elevated storage tank)이다. 그러나 필요한 압력을 위해서는 높은 높이가 요구되기 때문에 실질적이지 아니다.

2. H.T.W. 發生器와 분리되어 있는 팽창용기에 의한 증기加壓

연소율과 유량율이 완전하게 조화될 수는 없기 때문에 가끔 약간의 증기가 운반되어 진다. 그러므로 용기(Vessel)는 H.T.W. 發生器위에 있어야 하며 發生器로부터의 供給라인에 연결되어야 한다. 팽창용기내의 水量(water content)의 프래싱에 의해 보충된 증기는 시스템을 加壓하는 증기쿠션을 보장한다. 팽창용기는 모든 發生器에서 生成되는 증기를 방출할 수 있는 증기안전발브를 설치하여야 한다. 發生器는 팽창드럼보다는 더 높은 압력에 運轉되도록 설계되어야 하며, 안전용 릴리프발브들도 더 높은 압력에 견디도록

설치되어 자주 작동되지 않아야 한다.

기본적인 H.T.W. 펌핑은 한개의 펌프가 發生器와 시스템 負荷를 조정하는 단식펌프식과 한개의 펌프는 發生器를 통해 高温水를 순환하고, 다른 한개의 펌프는 시스템에 高温水를 순환시키는 복식펌프식으로 정리할 수 있다(그림 5,6).

순환펌프는 물을 팽창용기로 부터 시스템으로 다시 되돌아 발생기로 순환시킨다. 용기는 펌프 흡입에 있어서의 프래싱과 캐비테이션(cavitation)을 방지하기 위한 순흡입양정(NPSH)을 증가시키려고 높은 곳에 위치시켜야 한다. 이러한 배치는 필수적이다. 프래싱방지를 위해서 H.T.W. 시스템의 리턴라인에서 펌프흡입까지에 바이패스(bypass)가 놓여진다. 返環된 차거운 물은 팽창용기의 더운 물과 합하여져서 용기내의 상응하는 포화점 아래로 온도를 내린다.

복식펌프시스템에서는 보일러재순환은 항상 시스템순환을 증가하여야 한다. 왜냐 하면 Over circulation의 경우에는 드럼으로 들어가는 返環된 차거운 물에 의하여 드럼의 수량(水量: water content)의 과중한 냉각이 분포시스템에 있어서 압력의 손실과 프래싱 現象을 야기시키기 때문이다. 드럼으로의 역류(back flow)는 드럼으로부터 보일러재순환펌프까지의 균형선(balance line)에 체크발브를 설치함으로써 방지할 수 있다.

용기의 크기 선정 : 증기로 加壓된 용기의 크기 V_r

$$V_r = V_1 + V_2 + V_3$$

V_1 : 증기스페이스로 필요한 크기

V_2 : 물팽창으로 필요한 크기

V_3 : 슬러지(Sludge)와 예비(Reserve)로 필요한 크기

V_2 와 V_3 의 합의 20% 정도가 V_1 의 크기에 적합하다. V_2 의 크기는 最小작동온도에서 最大작동온도까지의 水量(water volume)의 변화에 의해 정해진다. 시스템에서 全水量의 팽창을 최초 차거울 때부터 하는 것은 불필요하다. 시동시에는 最低출발온도로부터 가장 낮은 평균작동온도까지의 팽창에 의한 水量을 빼내는 것이 필요하다. V_3 의 크기는 사이즈, 시스템의 계획과 발생기 容量에 달려있다. V_2 크기의 40% 정도가 적합하다.

3. 가스가압

질소는 가장 흔히 使用되는 불활성 가스이다. 공기는 공기중의 산소가 시스템내에 부식을 일으키기 때문에 권장할 것이 못된다. 팽창용기는 균형선(balance line)에 의해 가능한 H. T. W.의 흡입쪽에 밀접하게 연결한다. 加壓用 불활성 가스는 실린더의 상부로 공급되어야 한다. 불활성가스 실린더에 연결되어진 감압변을 이용하는 수동식 공급배관을 통해서 공급되는 것은 바람직하지 않다. 最低水位(water line)아래에 릴리프밸브를 설치함이 좋다. 왜냐하면 릴리프밸브를 水位위에 놓거나 시스템의 불활성가스에 노출

시켜 두는 것 보다는 진밀하게 물로 봉해서 압력 쪽에 두는 것이 쉽기 때문이다. 물과 가스의 접촉면적을 줄이고 가스가 물에 흡수되는 것을 줄이기 위해서 탱크는 수직으로 세워야 한다. 센트럴스페이스에서 제일 적당한 곳에 설치한다. 증기가압시스템과 마찬가지로 펌핑도 단식펌프식과 복식펌프식으로 정리할 수 있다(그림 7, 과 8).

시스템의 최대압력을 정하는때는 배관부속(fittings)과 밸브, 관, 기기(equipment)의 등급을 고려해야 한다. 最小압력은 최대포화압력위로 약 25에서 50psi 정도로 택해야 한다. 수증기압위의 강제부가 압력양정은, 동시에 運轉되는 발생기의 연소율과 유량율이 조화되지 않는 조건아래서 또는 발생기내의 회로의 열흡수와 유량(flow)이 잘 조화되지 않는 조건아래서도 항상 H. T. W. 發生器내의 스티밍(Steaming)을 방지할 수 있는 충분한 크기가 되어야 한다. 가스가압시스템은 생성된 증기를 버릴 수 있는 스팀분리기구(Steam separating means)와 안전밸브를 갖고 있지 않기 때문에 이것은 매우 중요하다. 가스加壓시스템의 가장 간단한 形式은 水量의 變化를 조절하는 분리팽창용기(Separate expansion vessel)안의 고정가스량(fixed quality of gas)을 사용한다. 이 경우에 있어서 가스스페이스 안의 압력은 팽창용기 내의 水位의 변화에 따라 달라진다. 시스템평균수온이 증가함에 따라 용기로 들어가는 시스템의 물팽창은 불활성가스를 압축하여 시스템의 압력을 상승시킨다. 시스템평균수온의 강

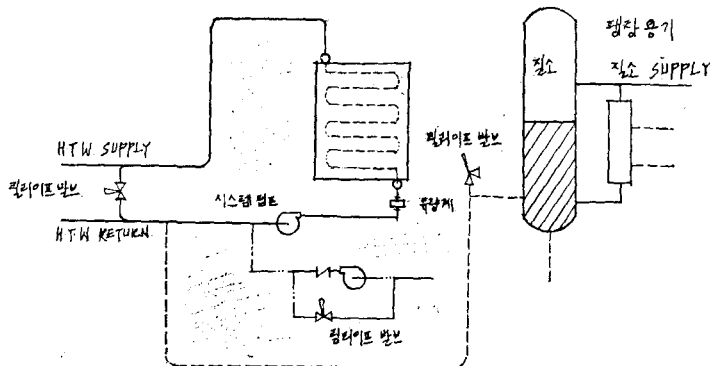


그림 7. 단식펌프시스템의 불활성가스 가압

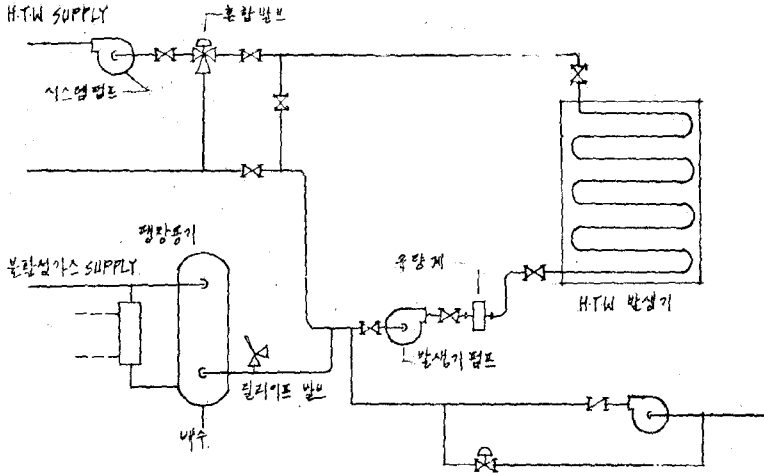


그림 8. 복식펌프시스템의 불활성가스 가압

하는 반대현상이 일어난다. 압력은 포화상태의 최소점으로부터 시스템에 사용되는 재료에 의해 정해지는 최대점까지 변한다.

용기의 크기 선정 : 용기의 크기 V_T 는

$$V_T \approx V_1 + V_2 + V_3$$

V_1 : 가압에 필요한 크기

V_2 : 물팽창을 위해 필요한 크기

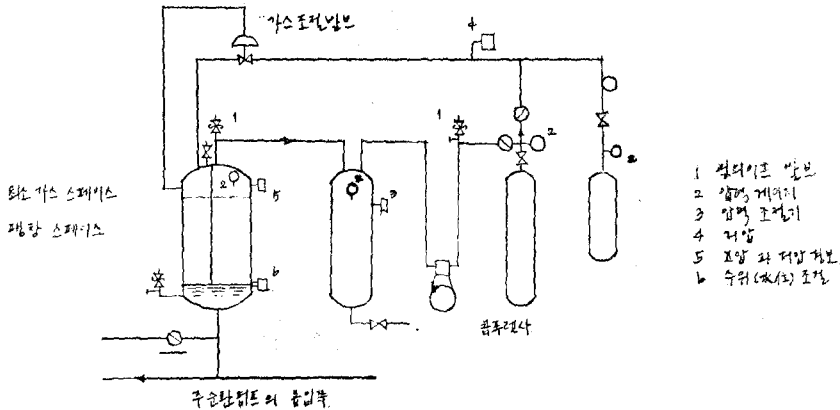
V_3 : Sludge와 Reserve를 위해 필요한 크기

일정한 온도아래서 탱크가 운전되고 있다는 가정 아래 부피와 압력의 변화에 관한 보일의 법칙에 근거해서 계산이 행해져야 한다. 最小가스량

은 팽창량 V_2 , 탱크의 최소압력 P_1 , 탱크의 최대압력 P_2 가 알려질 때 정해 질 수 있다. 가스량은 최소량(V_1)에서 물팽창량 V_2 를 포함하는 최대량까지 변할 수 있다. 最小가스량 V_1 은 다음 공식에서 얻어질 수 있다.

$$V_1 = P_1 V_2 / (P_2 - P_1)$$

여기서 P_1 과 P_2 의 단위는 Psia이다. V_1 과 V_2 의 합의 10% 정도가 V_3 에 적합하다. V_2 의 크기는 시스템 運轉기간 동안 최소작동온도에서 최대작동온도 사이에서 일어나는 실질적인 팽창으로 제한해야 한다. (시동시에 (Start-up cycle) 차가운 물을 빼는 것이 필요하다.)



- 1 플로티잉 밸브
- 2 압력계
- 3 압력 조절기
- 4 저압
- 5 포압 과 저압 계보
- 6 수위 (액위) 조절

그림 9.

1,000,000에서 10,000,000 BTUH 이하의 작은 시스템에서는 팽창용기의 크기를 최초로 물체우기때의 온도로부터의 전팽창량을 고려하는 것이 일반적이다.

4. Feed 펌프와 조절방브로 구성되어 있는 간단한 형식의 펌프加壓

펌프는 계속해서 물을 보급수(Make-up) 탱크로부터 시스템으로 끌어들이는 作用을 한다. 압력조절발브는 계속해서 보급수(Make-up) 탱크로 흘러보낸다. 이 方法은 일반적으로 작은 프로세스히팅시스템에 국한한다. 그러나 큰 시스템에서는 팽창탱크수리시에 폐쇄를 피하기 위하여 일시적인 가압수단으로 쓰여진다. 큰 센트랄 H. T. W 시스템에서는 펌프가압은 완충(buffer) 역할을 하는 固定量(fixed quantity) 가스압축탱크와 결합되어 있다. 완충탱크 안에서 압력이 전(前)에 설정한 값 이상으로 올라갈 때는 콘트롤 밸브가 열려 물을 균형선(balance line)에서 make-up storage 탱크로 방출한다. 압력이 preset second value (2번째 설정된 값) 이하로 떨어졌을 때는 Feed 펌프가 자동적으로 작동되어 물을 make-up 탱크에서 시스템으로 보낸다. 완충탱크는 압력콘트롤시스템의 특수한 기능에 필요한 제한된 팽창량만을 흡수하기 위해서 설계된다. 이것은 보통 크기가 작다. 산소와 같은 부식을 일으키는 요인이 H. T. W. 시스템내로 들어가는 것을 방지하기 위하여 make-up storage 탱크는 밀폐되어 있다. 1에서 5 psig의 저압질소쿠션이 탱크안에 유지된다. 가스쿠션은 보통 대기로 방출하는 variable gas quantity 형식이다.

直接接觸式(캐스케이드방식)

高温水는 터빈에서의 排出蒸氣나 抽出蒸氣 혹은 스팀보일러로부터의 蒸氣를 系統의 리턴(Return)과 混合하는 接觸式 히터로부터 얻을 수 있다. 그 混合은 히터의 윗부분의 수평배플(Horizontal Baffle)에서 떨어지는 물과 증기를 直接 接觸하여 이루어진다. 그림 10과 그림 11은 그 基本系統圖이다.

히터의 윗부분의 蒸氣空間은 系統을 加壓할

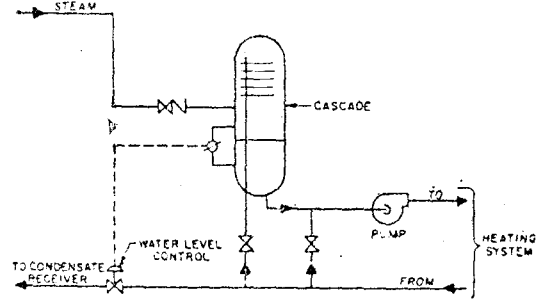


그림 10. 접촉식 고온수방식

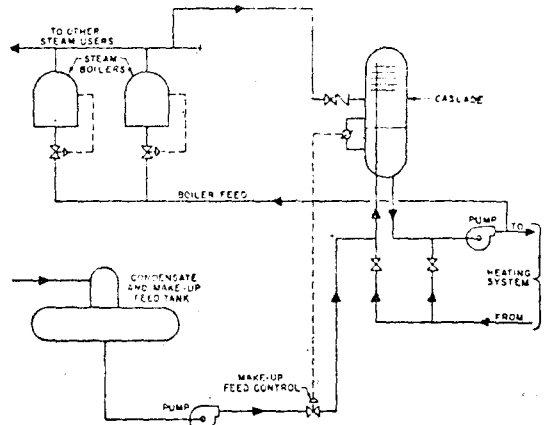


그림 11. 보일러 보충수를 예열하는 접촉식 고온수방식

때 緩衝物의 역할을 하고 아랫부분은 그 系統의 팽창탱크의 역할을 한다. 히터나 보일러가 같은 壓力下에서 作動한다면 超過溫水는 高温水循環 펌프의 排出口를 通하여 直接 보일러로 들어간다.

이 直列方式(Cascade System)은 증기와 溫水가 모두 必要한 곳에서도 適用될 수 있다. 熱과 動力의 生産이 組合될 때는 직접접촉식 히터는 混合凝縮機가 된다.

系統循環펌프

強制循環式 보일러方式은 단일펌프방식(One-Pump System)과 이단펌프방식(Two-Pump System)으로 나눈다. 이런 用語들은 펌프의 個數를 意味하는 것이 아니고 使用된 펌프들의 用途上의 分類일 뿐이다. 前者의 方式(그림 5)에서

는 한 종류의 펌프들이 温水發生機系統과 分布系統의 循環을 擔當한다. 즉 이 방식에서는 分布系統과 温水發生機가 連結되어 있다.

그러나 항상 보일러를 통과하는 流量을 最小限으로 하기 위하여 分布系統으로 바이패스(By-Pass)시켜야 한다. 이것은 총마찰저항이 比較的 작은 系統에 適用하는데 그 理由로는 작은 流量을 必要로 할 때 바이패스에서의 調節로 因한 可能한 循環양정의 총에너지 손실량이 실제로 作動경비를 增加시킬 수 있기 때문이다.

이단펌프방식(그림 6)은 温水發生機에서의 循環을 目的으로 순환펌프를 더 設置한 方式이다. 그 펌프는 각 發生機가 팽창탱크나 계통의 리-턴으로부터 물을 끌어들이고 그 물을 温水發生機를 通하여 팽창탱크로 보내는 일을 한다. 또한 계통 순환펌프는 팽창탱크로부터 물을 끌어 들여 分布系統에 순환시키는 역할만 한다. 이 방식은 상당한 용통성을 보장해 준다. 분포계통으로 들어가는 供給水の 溫度는 리-턴管의 温水를 펌프의 吸入側에서 供給管의 温水와 混合하여 變化시킬 수 있다. 또한 zoning(Zoning)이 필요할 때는 펌프들이 각 조운(Zone)마다 다른 양정과 溫度로 使用될 수 있다. 流量은 温水發生機의 温水循環에 영향을 주지 않고 또 계통의 바이패스를 하지 않고도 調節할 수 있다.

蒸氣加壓方式에서는 순환펌프가 供給管에 設置되어 있어 분포계통의 모든 부분에서 보일러의 壓力보다 높은 壓力을 維持하여 스팀의 蒸氣現象(Flashing)을 막는다.

普通 계통의 리-턴에서 펌프의 吸入口에 이르기까지 混合接合部(Mixing Connection)를 設置하여 温水發生機를 바이패스한다. 이 부분은 始動할 때나 供給溫度를 調節할 때 사용되지만 펌프흡입구에서 NPSH(순흡입양정)를 증가시킬 때는 사용하지 말아야 한다. 適合한 設計에 依한 所要침수량(Submergence)을 보장할 수 없을 때는 별도로 작은 프리믹싱-라인(Premixing-Line)을 設置해야 한다.

分布계통에서의 近來의 경향은 푸쉬-풀 펌핑(Push-Pull Pumping)이다. 이 방법은 순환양

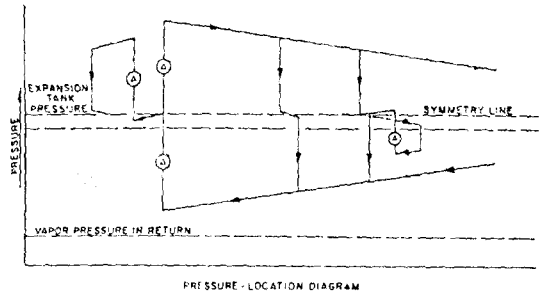
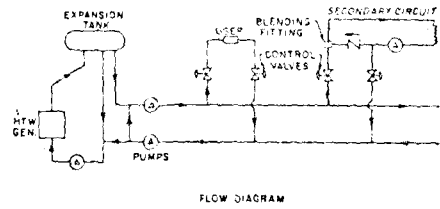


그림 12. 푸쉬풀 펌핑을 채택한 증온수방식

정을 連結된 2개의 펌프에서 같이 나누어 負擔한다. 한 펌프는 供給側에 設置되어 분포계통 內에서의 마찰저항에 견딜 수 있도록 하며 다른 한 펌프는 리-턴側에 設置되어 리-턴에서의 마찰저항에 견딜 수 있도록 한다. 팽창탱크의 壓力은 두 펌프 사이의 계통에서 表示되어야 한다. 温水發生機는 두 펌프 사이에 位置하거나 펌프로부터 분포계통까지의 공급管에 設置되어야 한다. (그림 12)

푸쉬-풀方式에서는 그 계통이 정지해 있을 때의 壓力 즉 그 壓縮源(팽창탱크)에 依한 壓力만을 나타내는 部分에 對하여 두 펌프에 걸리는 壓力은 對稱이 된다. 使用裝備나 2차回路로의 熱供給은 從來의 出發側에만 두는 단일밸브가 아니라 吸入口 및 排出口에 각각 設置한 2개의 밸브에 의하여 조절된다. 이 두 밸브는 같은 調節機로부터 同時에 조절된다. 따라서 같은 마찰저항이 양쪽에 걸리게 된다. 結果의으로 使用回路나 裝備에 걸리는 壓力은 供給主管과 리-턴主管에서의 壓力과의 사이점에서 維持된다. 그런데 그 사이점이 對稱點에 위치하기 때문에 裝備側이나 回路에서의 壓力은 壓縮源(팽창탱크)의 壓力에서 높이의 差에 依한 靜양성을 加減한 값이 된다. 바꾸어 말하면 계통의 분포양정은 그 어느 것도 장비나 회로에 영향을 주지 않는다는 것이다.

供給側에서의 壓力은 펌창탱크에서의 壓力보다 높지만 리-턴側에서의 壓力은 供給側과 對稱인 關係로 보다 낮게 된다. 따라서 푸쉬-풀 方式은 리-턴側에서의 溫度가 恒常 供給側에서의 溫度보다 상당히 낮을 때만 適用할 수 있다. 萬一 그렇지 않으면 蒸發現象이 일어난다. 이것은 매우 중요한 일이며 모든 點에서 溫度-壓力의 關係를 充分히 檢討하여야 한다. 이 푸쉬-풀 方式은 리버스 리-턴 方式(Reverse Return System)에는 適合하지 않다.

푸쉬-풀 方式의 두드러진 特性은 全體 壓力의 減小인데 中溫永 方式에서는 125Psig (8.8kg/cm²)의 施設物이나 設備機器를 使用할 수 있다. 2차 펌핑(Pumping)과 관련된 이런 方式은 빌딩에서의 低溫의 末端部分 裝備에 직접 연결된다. 그리하여 高溫水 方式에서만 얻을 수 있었던 溫度降下를 中溫水 方式에서도 얻을 수 있다.

예를 들면 166°C의 물이 90Psig (6.3kg/cm²)의 壓力으로 공급된다고 하자. 또 2차 펌핑에서 93°C까지 온도가 강하한다고 하자. 그때 末端機器에서의 壓力은 90Psig (6.3kg/cm²)이고 中溫水는 82°C의 溫度로 1차계통에 돌아온다. 一次 中溫水 系統에서의 공급측과 환수측의 온도차는 83 deg로서 高溫水 方式에 필적할만하다. 또한 종래의 열교환기나 펌창탱크나 보급수의 설비가 二次 系統에서는 省略된다.

配管系統設計

配管設計의 系統이나 조닝의 區分은 난방방식, 부하의 성격, 소요水溫等에 의하여 決定된다. 이러한 要素들은 使用한 設備와 함께 온도降下를 決定하는데 보통 44~111deg의 範圍內에서 決定된다.

高壓과 큰 마찰손실에 適當한 밸브나 펌프등의 값과 작은 管徑 및 高速循環으로 인한 經費節減이 均衡을 이루도록 經濟的인 考慮를 해야 할 것이다. 初期投資, 作動經費 그리고 固定經費에 適切한 關係가 있을 때 가장 좋은 投資를 할 수 있다.

從來의 도관 및 터널分布 方式은 設置에 必要한

테크닉과 비슷하게 採用된다. 비록 主管이 다른 높이로 지나가게 된다 할 지라도 높은 點은 通氣가 되고 낮은 點은 排水가 되어야 한다. 경사는 큰 문제가 안된다.

供給側과 리-턴側과의 사이에 작은 밸브의 바이패스連結이 긴 回路의 末端 部分에 設置되어서 主管에서의 最小限의 물의 순환을 유지할 수 있어야 한다.

Schedule 40의 銅管이 용접한 강철물이나 강철밸브와 함께 대부분의 高溫水 方式에 適合하다. 이 系統의 連結部分의 個數를 최소한 줄이는 것이 바람직하다. 대부분의 경우 配管系統의 모든 밸브류는 용접되거나 납땜되었다. 主要裝備에 使用되는 플레인지連結은 톱니모양의 도드라진(Raised), 플레인지페이스(Flange Facing) 혹은 링조인트연결(Ring Joint Connection)로 되어 있다.

모든 밸브는 백시-팅(Back Seating)형이 바람직하며, 이 온도에 견디는 특수팩킹이 요구된다.

밸브나 관류 및 배관부속들의 등급(Rating)을 검토할 때는 주어진 규칙에 맞는 등급을 결정하는 것이 필요하다. 보통 300psi (21kg/cm²)의 밸브가 206°C에서 가동된다면 665psi (46.7kg/cm²)의 壓力등급이 된다. 따라서 高溫水 方式에서는 300psi (21kg/cm²)를 넘는 등급의 밸브나 배관·들을 使用할 必要는 없다.

高溫水가 低溫水보다 더 침투력이 강하므로 毛細管現象으로 인한 漏出은 아무리 작더라도 즉시 蒸發을 유발하므로 無視해서는 안된다. 이 같은 작은 누출은 沸騰後 少量의 소금의 침전이 남아 있는 부분 즉 글랜드(Gland)의 외부나 밸브의 스템(Stem)에서 발생하기 쉽다. 高溫水 方式에서는 나사연결이나 이음을 피하여야 한다.

각각의 暖房設備의 單位들에는 流量調節을 爲한 록실드밸브(Lock-Shield Valve)와 開閉를 爲한 分離된 밸브를 설치해야 한다. 이것을 가장 接近하기 쉬운 場所에 설치되어야 한다. 만일 그 단위(Unit)가 설치상 분리되어 있으면 그 단위로 가는 供給管 및 리-턴管에 밸브를 設置해야 한

다. 밸브트림(Valve Trim)은 만드시 스텐레스나 그와 비슷한 금속으로 쓰며 낫쇠나 청동은 피해야 한다.

배관에서 높은點에서는 空氣의 收集과 通氣를 爲하여 에어벤드가 설치되어야 하고 낮은 부분에서는 排水設備가 필요하게 된다.

루프式 팽창접속(Expansion Joint)는 루프(Loop)의 됨에 의하여 팽창을 흡수하는데 이것이 오히려 메케니칼形보다 낫다. 萬一 메케니칼形이 사용되면 만드시 적절하게 관리하여야 하며 앵카로 고정을 시켜야 한다.

熱交換機

열교환기나 열변환기는 애드미럴메탈(Admiral Metal) 또는 동니켈튜브(Cupro-Nickel Tube) 등을 써서 몸통(Shell)을 만든다. 구리는 121°C 이하의 물에서는 사용될 수 없다. 金屬의 선택은 각 계통의 溫度-壓力의 성질에 따라 신중한 고려를 요한다. 모든 연결을 플레인지 연결이나 용접연결로 되어야 한다. 큰 열교환기에서는 파이프의 연결을 손상하지않고 튜브번들(Tube Bundle)의 제거를 爲하여 수관식(Water-Box Type)의 構造가 바람직하다. 고온수는 튜브를 통하여 순환하고 덩혀진 물이 몸체(Shell)을 통하여 돈다. 히터의 물이 용해된 공기를 포함하고 있으면 몸체 내부에 튜브와 같은 金屬으로 조절판을 설치하여 부식을 막는다.

공기가열코일

204°C 이상의 고온수방식에서는 코일을 동-니켈이나 全鋼鐵로 만드는 것이 바람직하다. 이 溫度 아래에서는 레드브라스(Red-Brass)와 같은 금속으로도 온도에 대한 적합성을 검토하여 사용될 수 있다. 외기연결부의 코일은 凍結을 防止해야 한다. 담퍼(Damper)의 遮閉의 형태나 동결 썬모스타트(Freeze-Up Thermostadt)의 送風機(Fan)의 차폐의 형태를 취한다. 豫熱코일의 조절밸브를 최소한의 위치에 설치하는 것이 可能하다. 고온수의 흐름의 평행한 회로(Parallel Paths)가 존재하는 튜브회로에서 불균형이 일어나

지 않는 한 이것은 동결을 방지할 수 있다. 적당한 방법으로 코일을 통하여 일정할 流量을 보내고 페이스 댐퍼(Face Damper)나 바이패스 댐퍼로 放熱量을 조절하거나 혼합펌프로 水溫을 조절하여 방열량을 조절한다.

어떤 경우에는 페이스 댐퍼나 바이패스 댐퍼가 밸브조절기와 함께 연결되어 사용된다. 댐퍼에 연속하여 작동하는 코일밸브는 페이스 댐퍼가 닫힐 때는 같이 닫혀야 한다. 코일의 배치는 바이패스 댐퍼가 노출된 장소에 있을 때는 氣溫의 취득을 최소로 할 수 있게 해야 한다.

作業空間 暖房機器

工場에서는 작업공간의 난방을 고온수로 한다. 콘벡터나 라디에이터는 中温水나 低温水를 필요로 하는데 이들의 採擇은 機器들이 작업자와 얼마나 밀착되어 있느냐 그리고 그것들이 얼마만큼 壓力에 맞게 설계되었느냐에 따라서 採擇이 된다. 機器를 통과하는 温水의 流速은 그 容量에 영향을 준다. 이 點은 機器를 선정할 때 주의해야 한다. 왜냐하면 萬一 큰 온도강하가 채택된다면 순환율은 감소되고 결과적으로 流速은 감소되어 熱傳達率을 낮추게 된다.

낮은 표면온도로 설계된 콘벡터는 149~204°C 의 온수를 쓰는 것이 보통이다.

이 계통의 高温은 그것들을 복사패널 표면에서 직접 사용에 맞도록 한다. 복사방열량은 표면복사온도의 4승에 비례하므로 고온수의 경우 소오 표면적은 저온수방식에 대하여 상당히 감소된다. 표면은 보통 20A나 25A의 강관으로 구성된 패널을 쓰고 보강(Stiffening)을 爲하여 귀둥이에 집혀진 강관에 용접된다. 몇가지 다른 변화도 可能하다. 강관은 알루미늄 혹은 그와 비슷한 금속의 반사기를 함께 사용하고 밀으로 내려가는 熱을 반사하고 파이프 위의 表面이 더러워지는 것을 막는다.

계장 및 제어

壓力計는 펌프의 흡입구, 토출구, 그리고 작동과 유지관리상 필요한 곳에 설치한다. 온도계(문

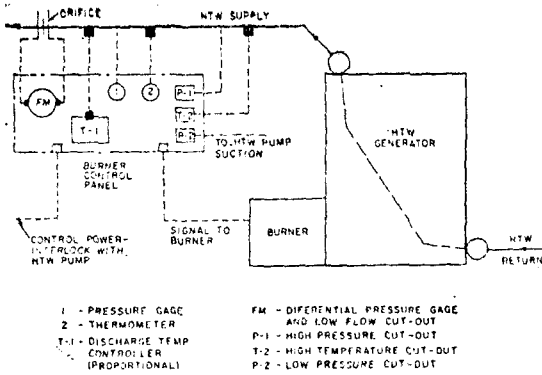


그림 13. 고온수발생기의 콘트롤 다이어그램

자판), 봉상온도계는 리-턴 파이프나 펌프의 토출구나 중요한 온도 변화點 그리고 그 계통을 작동하는데 중요한 지점에 설치되어야 한다. 또한 각 빌딩의 열교환기로 들어가는 배관에서 온도계나 계기가 있는 것이 좋다.

스팀가압사이클에서 온수발생기에 불을 때는 비율은 온수발생기를 떠나는 온수의 온도로 부터 조절을 해야 한다. 팽창탱크에서의 스팀압력으로부터 작동하는 主壓力調節計는 上限오버리드(Override)로써 통합되어야 한다. 가스를 주입시켜 가압하는 방식은 온수발생기의 토출부분으로부터 조절되어야 한다.

高温水方式에서 가장 널리 사용되는水管式 온수발생기에서는 물의 흐름이 온수발생기를 통하여 2차물질 속을 지나간다. 온도조절기는 되도록 일정한 수온으로 물을 내보내기 위하여 신속한 반응을 보여야 한다. 이 온수의 온도가 3 deg의 오차 이내로 유지하는 것은 거의 要求되는 일이지만 장소에 따라 감지부와 조절기 자체가 신속할 감지와 반응을 못한다면 큰 온도차가 생기게 된다. 조절은 간단히 할수 있어야 한다. 온수발생기를 통한 신속한 반응을 위하여 큰 계통에서는 연소율의 조절을 필요로 한다. 작은 범위에서는 불태는 量을 많게 혹은 적게 하여 이것을 조절한다. 中央式 暖房과 같은 큰 계통에서는 산화율의 조절을 적어도 통용량의 20%로 한다.

증기가압방식의 버너는 2위치제어방식(On-Off Control)은 채택하지 않는다. 그 이유는 버너를

정지시켰을 때 증기압이 떨어져 고온수의 증발현상과 펌프에서의 캐비테이션(Cavitation)이 발생하기 때문이다.

모든 온수발생기는 고온과 고압하에서 연소장치를 끄는 각각의 안전조절기를 가져야 한다. 高温水발생기는 튜브의 파손을 방지하기 위하여 항상 최소한의 流量을 필요로 한다. 유량을 측정하고 또 만일 유량이 최소한의 값 以下로 떨어진다 면 연소를 멈추는 방법도 필요하다. 가스가압방식에서는 壓力의 손실이 있을 경우 연소계통을 멈출 수 있도록 저압조절기를 포함하여야 한다.

밸브의 선택과 크기선정은 고온수방식의 특징인 큰 온도강하와 작은 유량으로 因하여 매우 어렵게 된다. 조절을 잘하기 위하여 밸브는 接管까지 효과적으로 작용할 수 있도록 크기를 선정하여야 한다. 밸브 및 裝備들은 그 위치한 장소에서 최대 유량이 통과할 때의 供給側의 壓力과 리-턴側의 壓力과의 差의 $\frac{1}{2}$ 을 조절밸브에서 흡수할 수 있도록 크기가 선정되어야 한다. 같은 비율의 유량을 갖는 밸브가 바람직하다. 때로는 계통의 조절을 위하여 1개의 큰 밸브보다 2개의 작은 밸브를 쓰기도 한다. 모든 밸브의 재료나 팩킹(Packing)은 고온과 고압에 견딜 수 있는 것 이라야 한다. 밸브는 최소한의 순환펌프에 의한 최대양정과 같은 클로우즈오프(Close-Off)의 등급을 가져야 한다. 일반적으로 2방밸브(2 way Valve)는 3방밸브(3 way Valve)보다 더 바람직한 데 그 이유로는 2방밸브에서는 같은 비율의 流量에서 보다 작은 容量이 可能하기 때문이다. 그리고 싱글시-트밸브(Single-Sheated Valve)가 단단하게 닫을 수 있다는 點에서 더블시트 밸브(Double-Sheated Valve)보다 잘 쓰인다.

조절밸브는 각 유니트로부터의 리-턴에 설치하는 것이 좋다. 그 이유로는 밸브의 작동온도를 낮출 수 있다는 點도 있고 또한 고온수로 因한 플러그(Plug)의 損傷을 막을 수 있기 때문이다.

適用方法의 하나로는 고온수를 열매개체로 하는 열교환기 속에서 덩어린 물의 온도를 조절하는 방법이 있다. 조절기의 感知부분은 온도변화를 잘 포착할 수 있는 곳에 설치하여 고온수가

과열되지 않도록 한다. 감지부분이 排出管에 位置한다면 열교환기를 통한 계속적인 온수의 흐름이 있게 되고 이것이 감지부분을 지나게 된다. 조절기는 1차측의 고온수의 급수를 리-턴측의 조절밸브로 조절한다. 만일 열교환기를 출발하는 온수가 난방에 이용된다면 이 온수측의 온도조절기(Thermostadt)의 조절점은 외기온도에 따라 다시 조절된다.

또 하나의 방법으로는 고온수를 열원으로 하는 50 Psig (3.5 kg/cm²)미만의 壓力을 使用하는 中壓 또는 低壓의 증기발생기의 조절이다. 이 방법에서는 비례압력조절기가 2차측의 증기의 壓力을 측정하고 일차측에는 일정한 증기압을 유지하기 위하여 고온수조절밸브를 설치한다.

水處理

高温水方式의 水處理는 만드시 취급전문가에게 의뢰해야 한다. 補充水로부터 같이 들어온 酸素는 이같이 높은 온도에서는 곧 酸化鐵이 되고 時間의 經過에 따라 부식현상이 현저하게 나타난다. 그밖의 不純物은 보일러 튜브에 有害한 작용을 한다. 팩킹에서 빠져나온 증기가 남긴 不純한 물 속의 異物質은 유지관리비를 증가시킨다. 이 온도로 작동하는 어떤 시스템에서도 물과 鐵表面의 상태를 확인하는 검사를 주기적으로 할 필요가 있다.

축열조

물의 고유한 성질인 큰 축열능력은 많은 고온

수방식에서 플라이휠(Flywheel)의 역할을 하여 負荷의 變動을 平靜한다. 보통 피크(Peak)點에 도달한 계통에서는 물의 축열능력으로 困하여 15%정도의 附加容量을 갖는다. 주기적인 성질의 피크부하와 最低부하는 고온수축열기에 의하여 없앨 수 있다. 큰 계통에서의 축열은 温水를 공 급측에서 주관의 末端部에 있는 리-턴에 바이패스 시켜서 增加시킬 수 있다.

안전성의 고려

적절하게 만들어지고 가동된다면 고온수방식도 안전하고 믿을만한 방식이다. 부품들과 재료들의 선정과 배치에 주의하는 일은 중요하다. 配管에 不當한 壓力이 걸리지 않도록 設計하고 배치하여야 한다.

고온수가 大氣에 나오면 증발현상이 일어나 많은 에너지를 흡수한다. 물과 증기가 실내공기와 소란스러운 混合은 온도를 100°C 以下로 떨어뜨린다. 작은 流量에서는 低温水方式의 토출부분과 비교하여 짧은 거리에서 온도가 52°C~60°C로 떨어진다. 그리고 이 온도가 흐르는 온수의 온도와 같게 되는 것이다.

큰 파이프나 용기의 파탄으로 발생하는 것과 같이 고온수의 큰 유량이 大氣中에 放出되면 큰 시스템主管의 파탄으로 발생한 것과 같은 매우 위험한 상태가 된다. 이러한 실패들은 설계후 훌륭한 시공이 뒤따른다면 거의 일어나지 않을 것이다.