

냉동공조에 있어서의 판형 열교환기 응용

Application of plate heat exchangers in HVAC system and air-conditioning system

류 해 성
H. S. Ryu
장한기술(주)



- 1954년생
- Compact 열교환기, 빙축열공조시스템, 水배관시스템 기술에 관심을 가지고 있다.

윤 재 성
J. S. Yun
장한기술(주)



- 1974년생
- Compact 열교환기, 압축식 냉동 사이클에 관심을 가지고 있다.

1. 판형 열교환기의 특성과 장점

1.1 소형, 경량의 고효율 열교환

판형 열교환기(plate heat exchanger : 이하 PHE)는 오늘날 시판되는 열교환기 중에 구조가 가장 간단하고 소형 경량인데, 그 이유는 다음과 같다.

- 1) PHE는 일반적으로 쉘-튜브형식에 비해서 물과 물사이에서의 열전달계수가 3배이상 높다.
- 2) 쉘-튜브형식에 비해서 열전달면적이 1/3에서 1/5정도면 충분하다.
- 3) PHE의 열판은 波形으로 가공되어 강도가 높은 구조로 되어 있으므로 쉘-튜브형식 보다 사용되는 재료의 양이 아주 적다.
- 4) 부식에 잘 견디는 재질을 사용하므로 부식에 의한 열판두께의 여유를 감안하지 않아도 된다.

- 5) 쉘-튜브형식의 경우 유지관리를 위해 튜브를 꺼낼 수 있는 여분의 서비스 공간이 필요하지만 PHE는 처음 설치된 공간 내에서 충분히 정비할 수 있다.

1.2 간편한 유지관리

PHE는 열판을 청소하거나 가스켓과 열판이 손상을 입어서 교환할 경우에도 장비의 분해 및 조립이 용이하다. 배관하고 용량 증가로 인한 열판의 추가도 용이하다. 이러한 것도 쉘-튜브형식에서는 거의 불가능하다.

1.3 온도 근접성이 우수

예를 들면 쉘-튜브형식의 경우 물/물 열교환기에 있어서 적절한 압력손실범위 이내에서는 최대 NTU(θ)의 값이 pass당 0.5 정도이지만 PHE의 경우에는 NTU(θ)의 값이 pass당 4정도로 크다. 이것이 PHE가 매우 근접한 온도조

건에서도 충분한 열교환 능력을 발휘할 수 있는 것을 의미하며 같은 열교환기 용량일 경우 유량을 매우 낮게 설계할 수 있으므로 펌프의 운전 비용을 대폭 절감할 수 있다. PHE에서는 유체를 저온측 입구온도의 1℃ 이내로 내릴 수 있으며 반대로 고온측 출구 온도의 1℃ 이내로 유체를 가열할 수도 있다. 그러므로 열회수(heat recovery) 효율을 85~90% 정도는 쉽게 얻을 수 있으므로 열회수 응용부분에서는 가장 효율적인 열교환기라 할 수 있다.

1.4 낮은 오염도

PHE에서는 난류가 크고 유량분배가 일정하므로 channel 내부의 유동이 빠르고 열판의 표면이 매끄럽기 때문에 오염(fouling)이 매우 낮다. 전열면의 표면에 부착된 스케일에 의해 열전달을 방해하게 되는 정도를 오염계수(fouling factor)라고 하며 물/물 열교환기에서는 대략 0.0001에서 0.0003을 설계상 고려하게 된다. 일반적으로 쉘-튜브 열교환기의 오염계수에 비해서 PHE는 1/7에서 1/10 정도이다. 그러나 PHE의 경우는 오염계수 대신에 여유율(oversurfacing-오염에 의한 영향을 고려해서 열교환면적을 증가시키는 비율)을 흔히 사용하는데 일반적으로 여유율은 10% 정도면 충분하다.

1.5 냉동시스템의 경우, 냉매 보유량을 대폭 절감 가능

냉동기의 시스템에 있어서 증발기, 응축기, 기

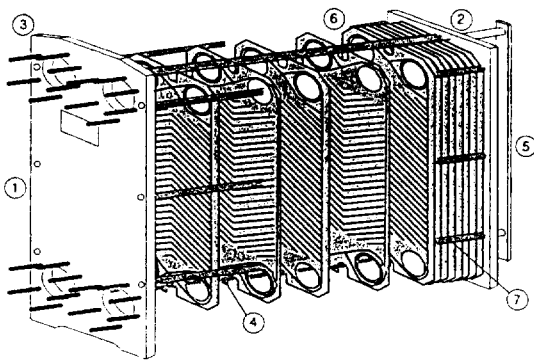
타 냉매용 열교환기로 용접식 판형 열교환기(CBE)를 채택하면 냉매회로의 체적이 훨씬 작아지기 때문에 냉매 충전량을 쉘-튜브방식의 열교환기에 비해 약 5~20% 정도로 할 수 있다. 따라서 값비싼 냉매충전 및 교환비용을 절감할 수 있으며 냉동시스템의 초기 설치비용과 유지관리 비용등에 있어서 모두 경제성이 향상된다.

2. 판형 열교환기의 구조

2.1 개요

PHE의 구조는 비교적 단순한데 판팩(plate pack)을 프레임(frame)에 고착력 조임볼트로 고정하면 된다. 판팩이란 특정 설계조건에 맞는 여러 종류의 plate들을 순서대로 배열하여 적층한 것(熱板 組立體)을 말하는데 각각의 판과 판 사이에는 유로(流路, channel)가 형성되고, 이 유로를 통하여 가열유체와 피가열 유체가 서로 교대로 흐르게 된다(그림 1).

그리고, 용접식 판형열교환기(CBE)가 있는데 이것은 기존의 판형열교환기 형태에 기초를 두고 있으나, 열교환기의 모든 이음부위를 銅 합금으로 brazing 용접함으로써 가스켓을 전혀 사용하지 않고 있지 않다. Brazing은 유로사이의 밀봉이 아주 확실하며, 열판 환경 주위나 각 형식 판의 교차점에도 용접이 이루어지기 때문에 기계적 강도 또한 우수하다(그림 2). CBE의 최대 사용압력은 30bar 정도이고 일반적으로 최고 사용온도는 185℃이다. 그러나 특별한 경우에는 그 이상의 조건에서도 사용할 수 있다.



- ① 고정된 프레임판 (frame plate)
- ② 이동 가능한 압축판 (pressure plate)
- ③ 상부안내봉 (top carrying bar)
- ④ 하부안내봉(bottom carrying bar)
- ⑤ 지지대 (supporting column)
- ⑥ 열판(plate)
- ⑦ 조임볼트 (tightening bolts)

그림 1 판형열교환기

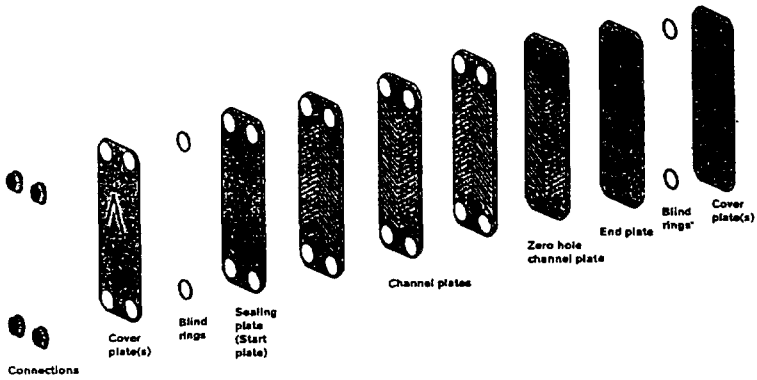


그림 2 용접식 판형열교환기

2.2 배관 연결구

판형열교환기에서 판과 배관부의 연결양식은 그림 3~12와 같다.

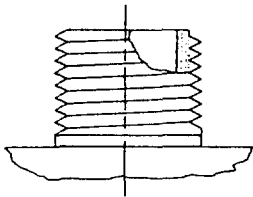


그림 3 슷나사배관

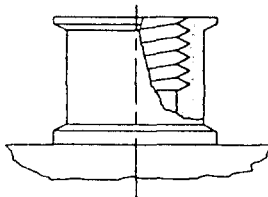


그림 4 암나사배관

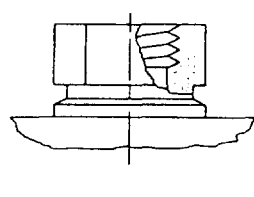


그림 5 육각암나사배관

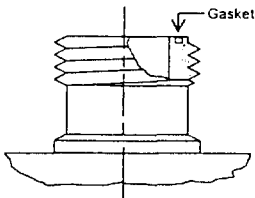


그림 6 로터록(rotalock) 배관

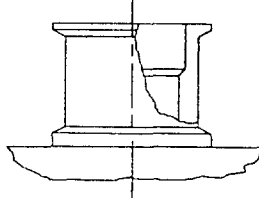


그림 7 납염배관

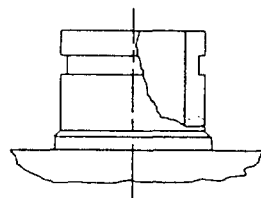


그림 8 빅토릭(victualic) 이음배관

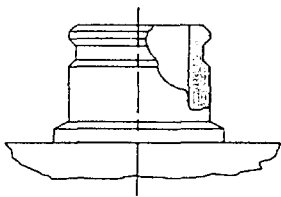


그림 9 용접 배관

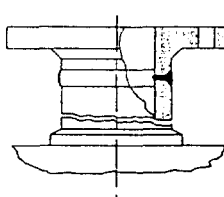


그림 10 플랜지 배관

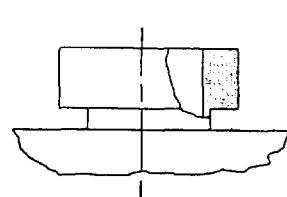


그림 11 플랜지(SAE규격) 배관

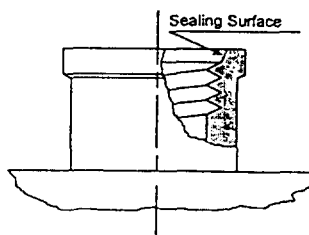


그림 12 O링(SAE규격) 배관

2.3 가스켓(gaskets)

가스켓은 이음매 없이 일체형(one piece)으로 제작되며 전열판의 가장자리 부분과 port hole 주위에 있는 홈에 접착제(glue)를 사용하여 부착하거나 끼워넣기 방식(clip-on type)으로 고정한다. 가스켓은 유로(流路)가 교대로 형성되게 설치하고 전열판의 금속 대 금속 접촉에 의해 간격을 유지한다(그림 13).

열교환기 내부의 유체가 서로 섞이지 않도록 하기 위해서 유로구멍(port hole) 주위에는 2층 가스켓(double gasketing)으로 되어 있는데 이 사이의 공간은 만약 누설이 생길 경우 유체를 외부로 안전하게 방출시키도록 배출구멍(weep hole)을 설치하였다(그림 14).

가스켓의 기능은 열판을 지지하는 것이 아니고 열판 안쪽의 유체를 밀봉시키기 위한 것이다. 가스켓의 재질은 최고온도 최고압력하에서 사용할 수 있는 한계가 정해져 있다. 합성고무로 된 가스켓의 실용적인 최고사용한계는 170°C/21bar 정도이다.

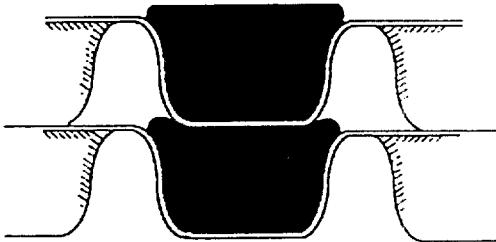


그림 13 가스켓의 형상

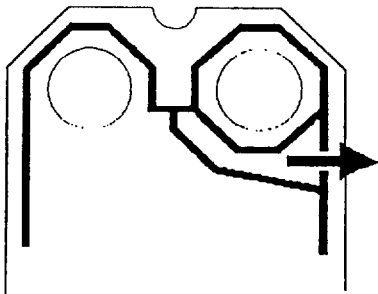


그림 14 가스켓의 누출 구멍

2.4 전열판(plate)

2.4.1 Herringbone 전열판

PHE의 herringbone은 일반적으로 두가지 형식의 양식을 사용하고 있는데, 하나는 광각형(high θ type)이고 또 다른 하나는 협각형(low θ type)이다. 이 두 형식을 혼합사용하여 중간 정도의 특성을 얻을 수 있다.

어떤 주어진 설계조건에 정확히 맞는 전열길이(thermal length)를 얻도록 설계한다는 것은 거의 불가능하다. 그러므로 열교환기의 선정에 있어서는 어느 정도의 여유율이 필요하게 된다. 이러한 문제를 최소화하기 위해서 광각과 협각의 두 종류의 전열특성을 가진 plate가 개발되었으며 두 종류의 판을 하나의 열교환기 내에서 조합하여 사용할 수 있다. 이 다른 두 종류의 판은 세 종류의 유로(channel)를 형성시킬 수 있는데 광각유로, 협각유로 및 혼합각유로 등이 있다. 이렇게 함으로서 여러 가지 다른 유로들을 혼합하여 최적의 전열특성 즉, 광각유로만으로 된 가장 높은 값과 협각유로만으로 된 가장 낮은 값 사이의 어떤 값이라도 선택할 수 있도록 설계하는 것이다.

광각전열판은 넓은 각도(110°~130°)의 chevron 무늬(V자형의 패턴모양)를 가지고 있으며 큰 난류형성하여 상대적으로 열전달계수가 매우 크고 압력손실도 비교적 높은 편이다(그림 15).

협각전열판은 chevron이 좁은 각도를 가지고 있으며 난류형성효과가 약하고 상대적으로 열전달계수가 작으며 압력손실도 작다(그림 16).

광각, 협각 두 가지의 전열판을 혼합하여 V자형 각도를 평균화하면 전열특성(전달계수와 압력손실)이 중간값으로 된다(그림 17).

위의 세 가지 종류의 유로를 모두 함께 사용하는 것은 실용적으로는 별로 장점이 없으며 어떤 원하는 전열길이를 얻기 위해서 두 가지 종류의 유로를 혼합하여 (H+M) 또는 (M+L)을 사용할 수 있다.

2.4.2 그 밖의 전열판 종류

① 튜블라 전열판(Tubular plate)

형상이 튜브모양을 하고 있는 전열판으로서 저압의 응축, 증발 과정과 섬유질 또는 입자를

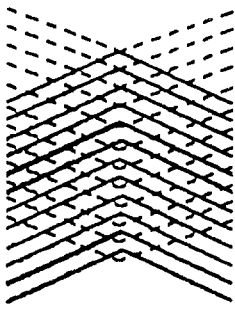
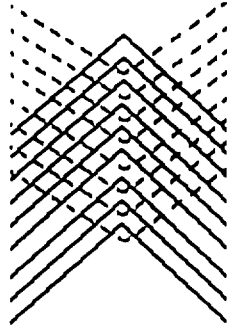
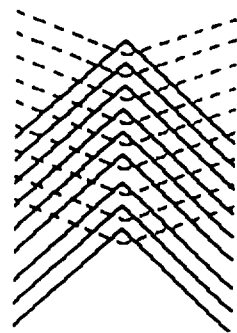
그림 15 광각(high θ) 채널그림 16 협각(low θ) 채널

그림 17 중간각 채널

함유한 유체를 사용할 때 적합하다. 그리고 전통적인 herringbone 형상의 전열판과 함께 사용함으로써 다양한 유로를 구성할 수도 있다(그림 16).

② 와이드 갭 전열판(Wide-gap plate)

섬유질 또는 입자를 함유하거나 점도가 높아서 종래의 셸-튜브(shell & tube) 열교환기를 사용하기에 곤란한 경우 와이드 갭 전열판을 사용할 수 있다. 열판의 요철은 난류를 촉진시키고 높은 전열계수를 유도한다(그림 19).

③ 용접가스켓 전열판(Twin plate)

Twin plate pack에서는 용접된 유로와 종래의 가스켓 밀봉식 유로가 교대로 오게 된다. 독성이 있거나 위험한 유체에 사용될 수 있는데, 이 경우 유해한 유체는 용접된 유로로 흐르게 되고, 그렇지 않은 유체는 가스켓과 접촉하는 유로를 흐르게 된다(그림 20).

④ 이중전열판(Double-wall plate)

열교환되는 유체끼리 섞이면 위험한 화학반응을 하거나 오염이 큰 문제가 될 때 이중전열판을 사용한다. Channel은 2중의 열판과 가스켓에 의해 형성되는데, 만일 열판에 누수가 생긴다면 2중 열판 사이로 흘러 나와서 열교환기 밖에서 급방 관찰할 수 있다(그림 21).

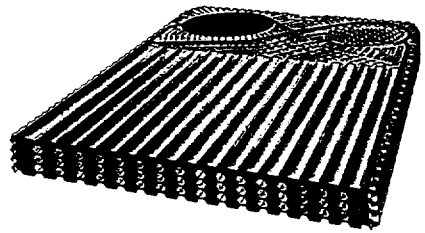


그림 18 튜블라 전열판(tubular plate)

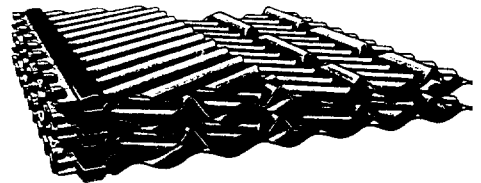


그림 19 와이드갭 전열판(wide-gap plate)

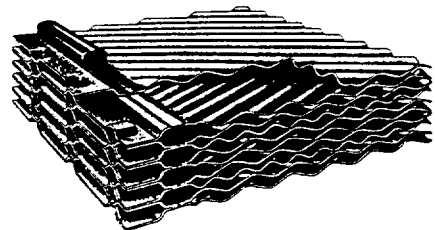


그림 20 용접-가스켓 전열판(twin plate)

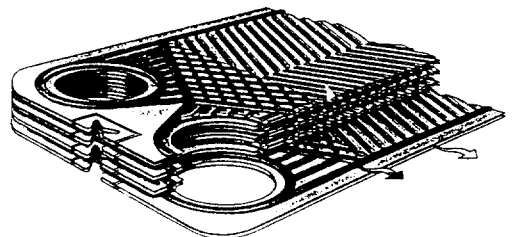


그림 21 이중 전열판(double-wall plate)

3. PHE의 선정

어떤 특정한 사용조건에 맞는 가장 좋은 열교환기를 선정하기 위해서는 아래에 열거한 여러 가지 사항들을 고려하여야 한다. 선정시 가장 우

선적으로 고려해야 할 중요한 사항으로는 유체의 온도와 압력의 한계, 유지관리성과 열교환 용량의 추후확장 가능성 경제성 비교 등이 있다.

열교환기의 선정시 고려해야 할 여러 가지 항목

- 재질
- 유량, 온도조건, 허용압력손실의 한계와 같은 설계조건
- 압력과 온도의 사용한계
- 사용 유체의 오염 상태의 고려
- 유지관리
- 추후 열교환기 용량증설 필요성

3.1 부 식

열판의 두께는 0.4~0.7mm 정도로 다른 열교환기의 전열면과 비교하여 아주 얇으므로 부식 여유두께를 고려한다는 것은 어려우며 일반적으로 부식 정도는 연간 최대 0.05mm 정도밖에 허용되지 않는다.

관형 열교환기에서는 원통 다관형(shell & tube) 열교환기와는 달리 열판의 재질을 한층 고급화하여 내부식성을 높여야 할 필요가 있다. 그러나 PHE는 값비싼 고급 재질의 금속을 사용함에도 불구하고 얇은 두께의 전열판으로도 충분히 기계적 강도 높고 열전달계수가 높기 때문에 재료의

소요량을 대폭 절감하여 전체적인 가격으로는 오히려 값이 싸다.

3.2 Plate 재질

PHE의 재질은 프레스가공이 가능한 것으로 부식에 잘 견딜 수 있어야 하며, 가장 일반적인 재질은 표 1과 같다.

1) 스테인레스강(stainless steel)

- 304 : 가장 저렴한 오오스테나이트(austenitic) 계열의 스테인레스강. 일반적인 유기물이나 무기물에 의한 부식에 견디지만, 황산이나 염산에는 내식성이 약하다. 냉수측에 염소 성분이 존재할 때는 금속조직의 특정성분이 공격을 받아 孔蝕(pitting)이나 간극부식이 생기기 쉽다.
- 316 : 여러 가지 광범위한 환경조건에서 사용할 수 있으며, 낮은 농도(10~15%)의 황산에서도 사용할 수 있다. 2.5%정도의 몰리브덴을 함유하고 있으므로 염소성분에 의한 부식에 대해서도 상당한 저항력이 있다.
- AVESTA-254SLX : 이 금속은 황산용액에서도 사용할 수 있고 특히 염소와 플루오르 이온이 섞여 있는 인산용액등에도 사용할 수 있다. 니켈 25%를 함유하고 있으며

표 1 PHE의 일반적인 재질

합 금	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe	Ti	Pd	Co	Others
Stainless계열									
304	18	10			Bal.				
316	18	10	2.5		Bal.				
254SLX	20	25	4.5	2	Bal.				
254SMO	20	18	6	0.82	Bal.				
Ni Alloy 계열									
Hast B-2	<1	Bal.	28		2			2.5	
Hast.C-276	15.5	Bal.	16		5	3.5		2.5	
기타									
Titanium						>99			
Ti-Palladium						>99	0.15		

로 흔히 316 스테인리스강에서 발생하기 쉬운 응력 부식작용으로 인한 균열 등을 거의 완벽하게 방지할 수 있다.

- AVESTA-254SMO : 몰리브덴을 316보다 많이 함유하고 있으므로 염소성분에 의한 孔蝕(pitting)이나 틈새부식에 대한 저항력이 아주 좋다. 염수나 미네랄산을 사용하는 설비에서는 없어서는 안될 중요한 재료이다.

2) 니켈합금(Ni Alloys)

- HASTELLOY B-2 : 이 금속은 염산이나 고농도의 황산에 효과적이나 내식성을 발휘하는 값비싼 니켈을 사용한 합금이다. 그러나 산화하기 쉬운 환경이나 철분과 구리가 이온의 상태로 유체속에 포함되어 있을 때는 저항력이 크게 떨어지는 단점이 있다. 만약 산(酸)이 공기와 혼합되면 급격한 반응이 생겨 이 금속은 부식에 저항하는 효과가 상당히 떨어지게 된다.
- HASTELLOY C-276 : 값비싼 니켈합금으로 실제로 낮은 pHTKDXO에서 염소이온에 의한 강한 부식을 방지할 수 있고, 황산농도가 높은 곳에서도 사용할 수 있으며 상당히 진한 농도의 염산에서도 사용할 수 있다. 실제로 이 금속은 인산용액이나 온도가 높고 농도가 짙은 황산용액에 사용해도 좋은 결과를 얻고 있다.

3) 그 밖의 금속

- Titanium : 이 금속은 염소 이온을 가진 용액에서 매우 탁월한 내식성을 가지고 있으며 실제로 120℃의 바닷물이라든가 염화칼슘과 같은 염화물 용액이나 농도 70%까지의 질산용액에도 저항하는 능력이 아주 우수하다. 그러나 황산에 저항하는 능력은 316과 유사하다. 염산용액에도 좋은 결과를 나타내고 있으며 특히 철분이나 구리의 산화이온을 가지고 있는 경우에도 상당한 저항력을 보이고 있다.
- Titanium-Palladium : 티타늄에 0.15%의 palladium을 첨가하여 부식에 저항하는 능력을 개선하였고, 특히 미네랄산(황산/염산)에 저항하는 능력이 뛰어나다.

3.3 가스켓 재질

가스켓은 두 가지의 유체 사이에 혼합이 생기는 것과 누설을 방지하는 역할을 하고 있다. 만약 하나의 가스켓에서 누설이 생기면 유체가 열교환기 밖으로 새어나오게 되며 누설되더라도 두 유체간의 혼합이 발생하는 경우가 없다. PHE에서는 NBR, EPDM, Viton G와 같은 탄성을 가진 가스켓을 사용하며, 최고 사용온도는 대략 다음과 같다.

NBR	: 110℃
EPDM	: 150℃
Viton G	: 170℃

3.4 유 량

PHE에서 허용될 수 있는 최대유량은 주어진 압력손실의 한계를 초과하지 않는 범위에서 유로를 통하여 흐를 수 있는 유량의 총합계로 결정된다. 대부분의 물/물 또는 점도가 낮은 유체의 경우 연결배관구에서의 압력손실이나 속도가 주된 제약요인으로 작용한다.

3.5 압력손실

압력손실은 열교환기 설계에 있어서 중요한 설계인자이다. 동력비의 절감이나 설비의 사용여건에 따라 효율적으로 사용할 수 있도록 하기 위해서 PHE에서 허용할 압력손실은 어떤 제한을 두어야 한다. 열판에서의 압력손실은 주로 유로구멍 부분과 유로에서 이루어진다. 多回路式(multipass)일 경우에는 압력손실이 급격히 증가하게 되므로 열교환기 효율을 고려하되 가능한 한 패스를 줄이는 것이 바람직하다. 전열판에서의 압력손실은 유로에서 전열판 표면과 유체의 마찰에 의해 발생되며, 이는 유로에서의 속도가 증가할수록 더욱 크게 된다. 압력손실의 크기는 유로당 유량의 제곱에 비례하는 것이 일반적이다.

유로에서의 압력손실은 실제로 열전달을 일으키는 필요불가결한 요소이다. 따라서 연결배관이나 열판의 포트(port)에서는 압력손실을 최소화 유지하는 것이 바람직하며 이러한 손실은 대개

전체 압력손실의 30%를 넘지 않도록 하는 것이 좋다.

3.6 오염에 대한 고려

오염은 모든 열교환기에서 공통된 문제인데, 열전달 표면에 열전도율이 낮은 물질(스케일)이 부착되는 것을 말한다. 이렇게 되면 열전달을 방해하는 전도층이 하나 더 생기기 때문에 열전달 효율이 낮아지게 된다. 또한 유로가 좁아지면서 압력손실도 더욱 크게 된다.

PHE에서는 유체가 균일하게 분배되고, 난류가 크게 형성되며, 표면이 매끄럽기 때문에 오염 계수가 낮다. 또한 부식에 잘 견디는 고급재질로 만들어졌기 때문에 오염도는 더욱 낮아지게 된다.

오염에 의해 성능이 저하된 열교환기는 전열면을 청소하여 스케일을 제거함으로써 성능을 회복할 수 있다.

열교환기의 청소는 기계적인 방법과 화학적 처리의 두 가지 방법이 있다.

기계적인 방법으로 열교환기를 효과적으로 청소하기 위해서는 쉽게 분해조립이 가능해야 하는데 이것이 바로 PHE의 가장 우수한 장점 중 하나이다. 화학적처리에 의한 청소작업을 할 때는 산성, 염기성 또는 세척제등의 적절한 용액을 사용하면 된다. 세척은 세척액이 잘 분배되고 난류가 크게 일어나야 가장 효과적으로 처리된다.

일반적으로 열교환기의 성능저하 즉 온도조건이 맞지 않거나 압력손실이 크게 되거나 하기 전까지는 청소를 하지 않는 것이 원칙이다.

3.7 유지관리 및 용량증설

PHE는 유지관리를 잘하면 최상의 조건으로 사용할 수 있다. PHE는 오염이나 부식상태를 쉽게 판별할 수 있으며, 화학적 또는 기계적 세척이나 수리하기에 매우 편리하다.

PHE는 필요한 경우 전열판만 추가시키면 손쉽게 용량을 증가시킬 수 있다. 또한 열판과 가스켓이 적합하기만 하다면 얼마든지 다른 목적의 새로운 시스템에도 사용할 수 있다.

4. PHE의 응용

4.1 냉동용 증발기

냉동용 증발기로 사용되는 판형열교환기는 용접식을 사용하며 판형열교환기의 특성상 증발기 내에서 냉매는 거의 완전한 가스상태로 상변화하며 대부분의 경우 액분리거나 어큐뮬레이터(accumulator) 등 부속 장치를 생략할 수 있어서 상당한 원가 절감을 달성할 수 있다.

냉동용 증발기로 CBE를 선정할 경우 특히 주의해야 할 점은 냉매액을 각 증발회로(냉매유로)로 균등하게 분배할 수 있도록 고려하여야 하는 것인데, 이를 위해서는 냉매액 분배기가 내장된 특수한 형식의 CBE를 채택하는 것이 바람직하다(그림 22).

일반적으로 냉매 증발시의 유동특성은 매우 불안정하고 복잡하기 때문에 냉매 포트에서의 압력손실을 최소화하도록 유로구멍의 크기를 키우는 것만으로 막연히 냉매액의 분배가 원활할 것이라고 기대하는 것은 무리이며 경우에 따라서는 팽창밸브의 제어량이 불안정하게 되고 냉

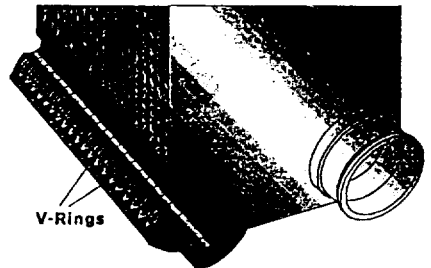


그림 22 증발기용 용접식 판형 열교환기

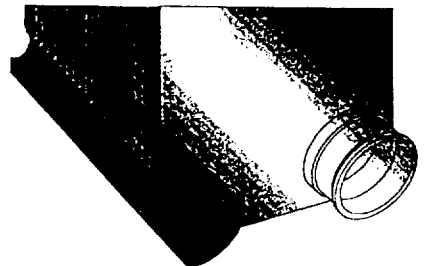


그림 23 응축기용 용접식 판형 열교환기

동사이클이 현탕(fluctuating)하는 현상이 발생하기도 한다.

4.2 냉동용 응축기

냉동용 응축기로 사용하는 CBE는 냉동시스템의 설계 응축압력 및 온도한계를 고려하여 운전 압력의 1.3~1.5배 까지 견딜 수 있는 제품을 선택하여야 한다. 또한 응축된 냉매액이 판형열교환기의 외부로 쉽게 빠져나갈 수 있도록 응축기 냉매 출구는 하부에 연결하여 곧바로 수직으로 떨어지도록 배관하는 것이 좋다.(그림 23, 그림 24)

그림 25에 증발기와 응축기를 비교하여 냉매 및 물측의 배관연결 방법을 나타내었다.

4.3 기타 냉매용 열교환기

CBE는 응축기 증발기 외에 냉동사이클에 있어서 절탄기, 오일냉각기, 중간냉각기, 캐스케이드응축기, 과열기 등 여러 용도로 사용될 수 있으며 소형경량이고 냉매 보유량이 적으며 온도 근접성이 우수하여 냉동사이클의 효율개선에 아주 적합한 형식의 열교환기이다.

물배관등에 있어서 프러싱(flushing)을 제대로 시행하지 않을 경우에 이물질의 막힘에 의해 여러 가지 사용상의 문제점을 일으킬 수 있으므로 이를 철저히 방지하도록 고려하여야 한다. 대개 직경 1mm 이하의 이물질은 판형열교환기의 유로를 쉽게 통과할 수 있으므로 문제가 되지 않는다. 따라서 물배관의 입구에는 20mesh 정도의 스트레이너를 설치하면 좋다(경우에 따라서는

40mesh 정도까지 사용하기도 한다).

사용중에 오염이 증가하여 열교환 성능이 저하되면 PHE와는 달리 CBE의 경우 분해, 조립이 불가능하므로 특수한 산세척장비에 의해 오염을 제거하게 되는데 이런 공법을 CIP(cleaning in place)라고 한다. 약 5%정도의 묽은 인산 또는 수산 용액을 펌프에 의해 강제 순환시켜 스케일 등을 제거하는데 이 때 유량은 정격유량의 1.5배 정도로 하고 배관회로를 역순환(back flush)시키는 것이 좋다. 산세척 후에는 충분한 양의 맑은 물로 2~3회 이상 flushing하여야 한다.(그림 26)

4.4 일반 빌딩의 냉·난방과 급탕

특징 : ① 증기에도 안심하고 사용할 수 있다.
그럼에도 불구하고 보유유량은 작다.

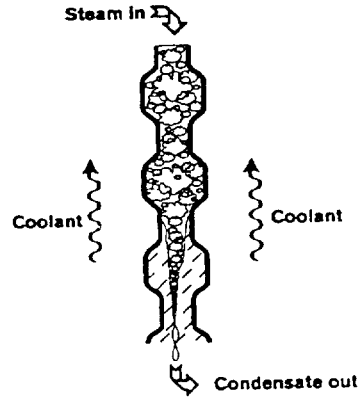


그림 24 응축기 내부단면

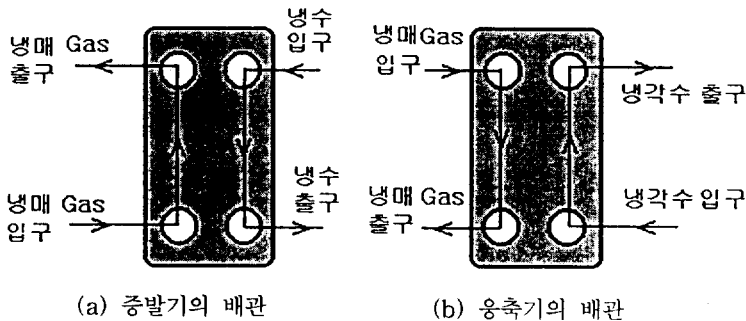


그림 25 냉동용 판형열교환기의 배관방식

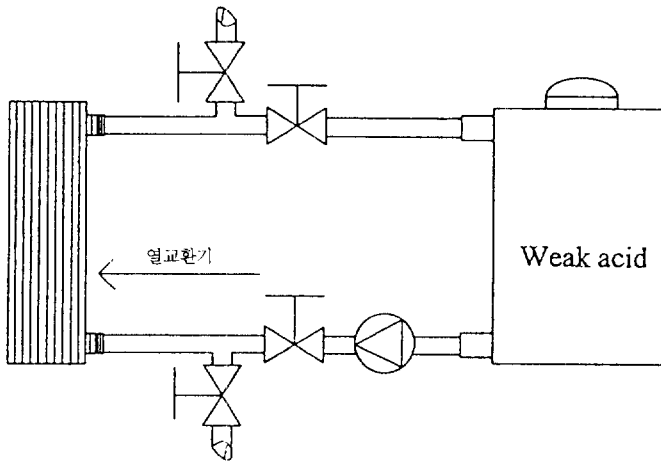


그림 26 현장세척방법(cleaning in place :CIP)

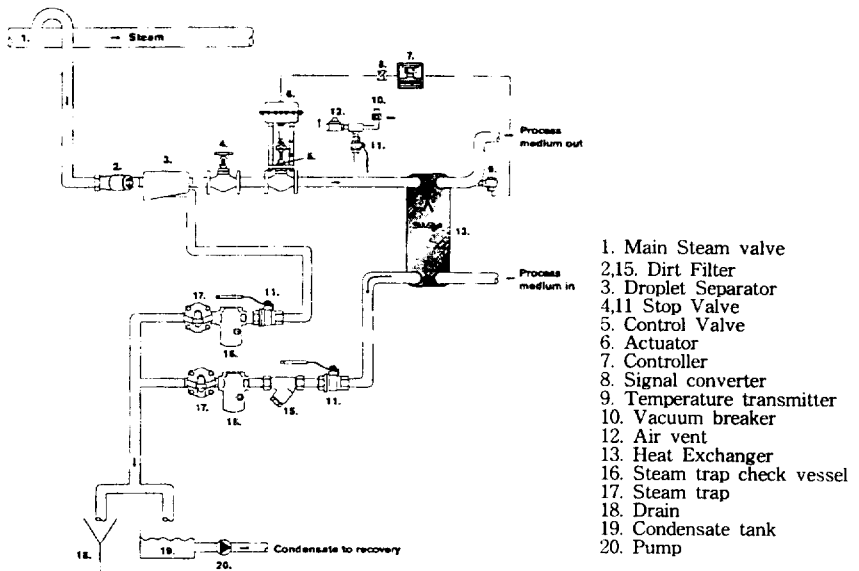


그림 27 증기시스템의 배관회로

- ② 설치면적, 유지보수를 위한 면적을 최소화 할 수 있다.
- ③ 열원기기와 2차측 설비를 독립시켜 유지보수가 용이하다.

증기를 이용한 시스템의 배관회로를 그림 27 과 같이 나타내었다.

4.5 축열 시스템

- 특징 : ① 2차측 회로 밀폐화에 의한 비용절감과 배관 내식성 향상을 도모할 수 있다.
- ② 2차측 회로 밀폐화에 의해 반송동력을 경감시킨다.

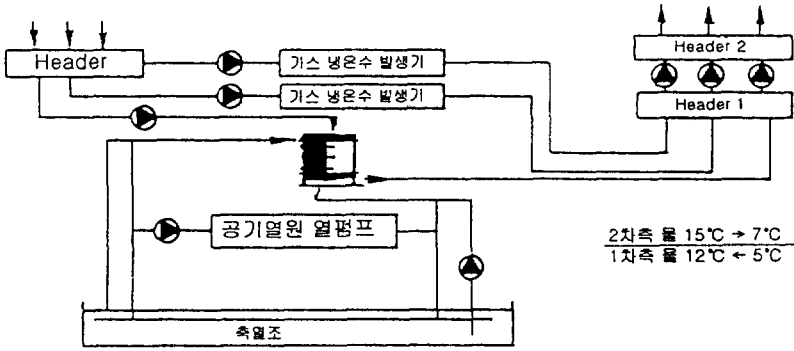


그림 28 빌딩의 축열시스템

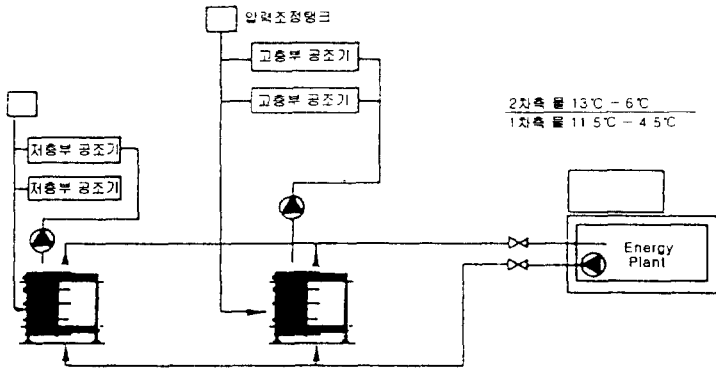


그림 29 지역 냉·열원 이용 시스템

- ③ 다른 열원(축열식과 가스연소 냉온수발생기)을 접속시킬 수 있다.
- ④ 고층부에 설치된 기기에 작용하는 내압을 경감시킬 수 있다.

축열조와 가스 냉온수 발생기에 대한 회로를 그림 28과 같이 나타내었다.

4.6 지역 냉·열원이용 시스템

- 특징 : ① 개별 열원을 이용하는 열교환기에서 다른 설비의 고장으로부터 독립할 수 있다.
- ② 2차측 회로 밀폐화로 인해 배관의 내식성 향상과 비용절감을 도모한다.
 - ③ 1차측의 압력제어가 간단해진다.
 - ④ 긴급용 열원과의 접속이 용이해진다.

지역난방에 응용되는 경우를 그림 29와 같이

나타내었다.

4.7 열병합(Co-generation) 시스템

- 특징 : ① 효율이 높은 다관식 열교환기의 1/3 ~ 1/4정도의 설치면적만을 필요로 하면서 가격을 낮출 수 있다.
- ② 설치와 유지보수에 필요한 면적을 줄일 수 있다.
 - ③ 경량이기 때문에 특별한 기초공사가 필요없다.
 - ④ 동형의 열교환기로 증기에서도 사용할 수 있다.

열병합 시스템에 응용되는 경우를 그림 30과 같이 나타내었다.

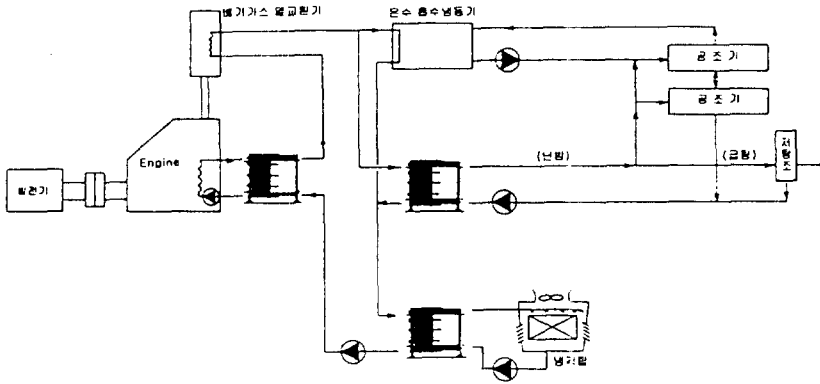


그림 30 열병합 발전 시스템

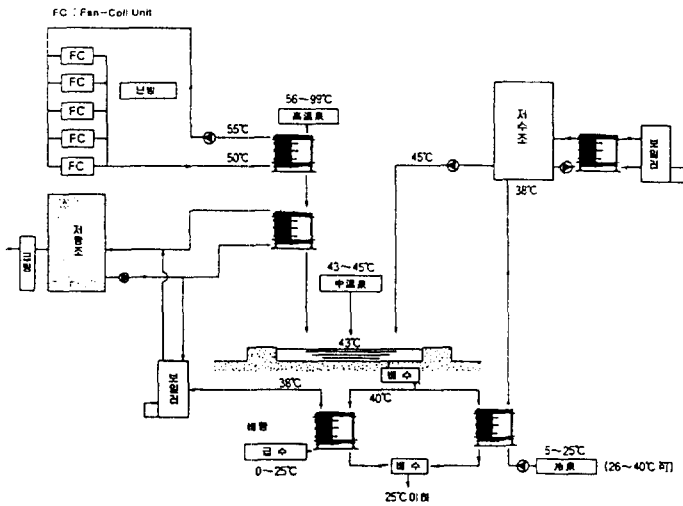


그림 31 온천열(지열)이용 시스템

4.8 온천열(지열) 이용 시스템

- 특징 : ① 온천열(지열)에 의한 급탕, 난방 열원의 이용이 가능하다.
- ② 단계적 열이용에 의한 에너지 시스템의 채용이 가능하다.
- ③ 내식성을 감안하여 티타늄 전열판을 사용한다.

지열이용 시스템에 응용되는 경우를 그림 31과 같이 나타내었다.

4.9 수냉 컴퓨터, 수족관, 푸울의 적용

- ① 수냉 computer로의 적용 : 통상적인 냉열

원과 비상용 냉열원, 또는 냉각탑과 칠러(chiller)의 두 열원의 조합에 의한 3회로 열교환에의 대응이 가능하다.(그림 32)

- ② 수족관, 양식어업의 적용 : 해수조의 온도 조절에는 티타늄의 소형 PHE가 저렴하다.(그림 33)
- ③ 푸울(pool)에의 적용 : 푸울의 온도조절에는 증기, 온수 이외에도 저온배수를 이용할 수 있다.

4.10 해수(하천수) 열 이용 시스템

- 특징 : ① 자연의 해수열을 간접적으로 유효하

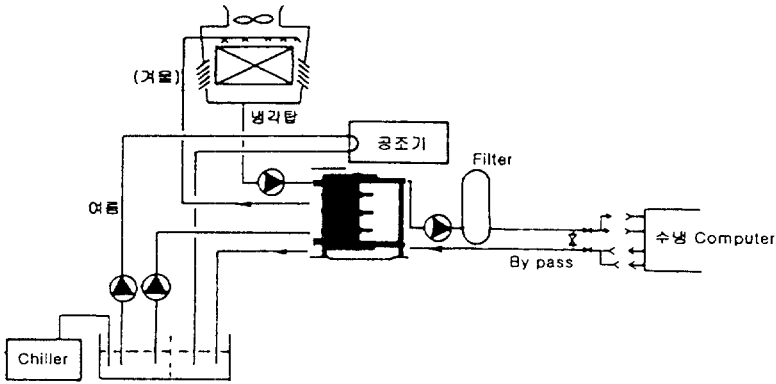


그림 32 수냉 컴퓨터의 적용

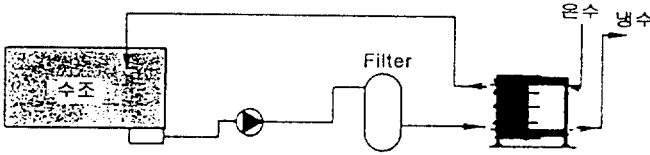


그림 33 수족관, 양식어업에의 적용

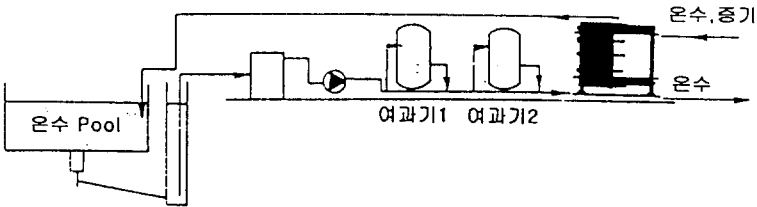


그림 34 빌딩 온수의 적용

게 이용한다.

- ② 판형 열교환기로 내부기기(냉동기)를 보호한다.
- ③ 배수 접촉부는 티타늄 재질을 사용하여 내식성을 향상시킨다.
- ④ 해수에 포함된 이물질에 대해서 스케일 방지대책이 필요하다.

해수 열 이용 시스템에 응용되는 경우를 그림 35와 같이 나타내었다.

4.11 개방식 냉각탑의 밀폐화(密閉化)로의 적용

- 특징 : ① 2차측의 순환 냉각수계는 완전히 밀폐되므로 오염에 의한 기기의 악영향(성능저하, 부식)이 거의 없다.
- ② 열교환기에 대해서는, 냉각 능력이 가장 우수한 판형 열교환기를 사용하고 있으므로 고밀도의 설계로 설치면적을 줄일 수 있다.
 - ③ 판형 열교환기는 용이하게 분해·세정이 가능하기 때문에 냉각탑 순

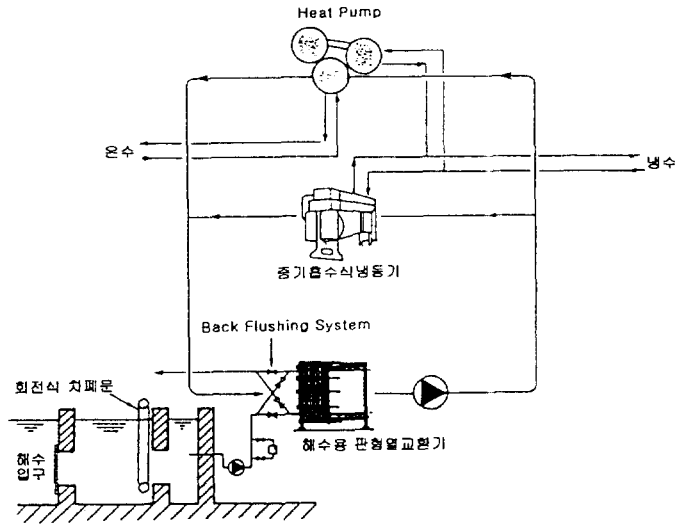


그림 35 해수 열이용 시스템

환수(1차측)에 의한 전열면의 오염도 간단하게 청소할 수 있다.

- ④ 전열판의 재질은 stainless steel을 표준으로 하기 때문에 부식의 발생도 거의 없다.
- ⑤ 밀폐식 냉각탑과 비교하면, 시스템 전체의 소비전력이 작다.
- ⑥ 설치 장소에 대해서는, 개방식 냉각탑과 PHE를 분리하여 사용하는 것도 가능하다.(例 : 냉각탑은 옥상에, PHE는 지하에 설치)

5. 맺음 말

1930년대에 개발되어 식품산업에서 최초로 실용화된 판형열교환기는, 1950년대에 이르러 Herringbone 패턴 개념이 도입되면서 plate pack

의 강도가 향상되었고, 사용압력의 한계도 한층 높아졌다. 아울러 합성고무 제조기술의 발달로 가스켓의 품질이 향상되면서 사용온도 조건도 170℃ 이상으로 확대되었다.

설계기술의 발달에 따라 Herringbone 각도를 최적상태로 변화시킴으로써 압력손실을 낮추고 열전달계수를 극대화하는 한편, 오늘날에는 용접식 판형열교환기(CBE)등 다양한 형태의 판형 열교환기가 개발되고 있다.

이러한 발전에 힘입어 판형 열교환기는 식품산업, 화학 공업, 발전설비, 일반공업 등 거의 모든 산업분야에 걸쳐 다양하고 광범위하게 응용되고 있으며, 고성능 밀집(compact) 열교환기의 대표적인 형식으로 자리잡고 있다.

이 분야에서 선진국에 비해 크게 뒤떨어진 우리로서는, 관련 기술의 확보가 시급하다.