산업용 히트펌프의 기기

SYSTEM

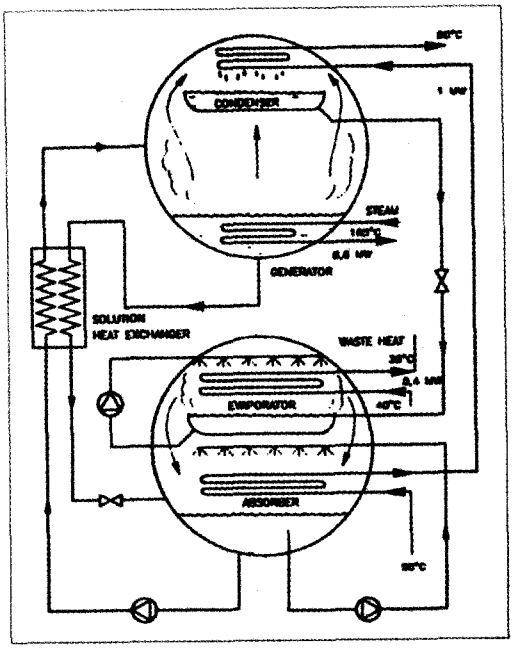
지난호에 이어서…

4. 흡수식 히트펌프

산업용 흡수식 히트펌프는 3개의 그룹, 즉 기존의 고온싸이클, 열변환기(히트 트랜스포머) 및 개방형싸이클 흡수식 히트펌프 등으로 분류할 수 있다. 작동혼합물은 거의 물-리듐브로 마이드이지만, 고온용으로 보다 더 적합한 다른 혼합물이 장차 사용될 것이다.

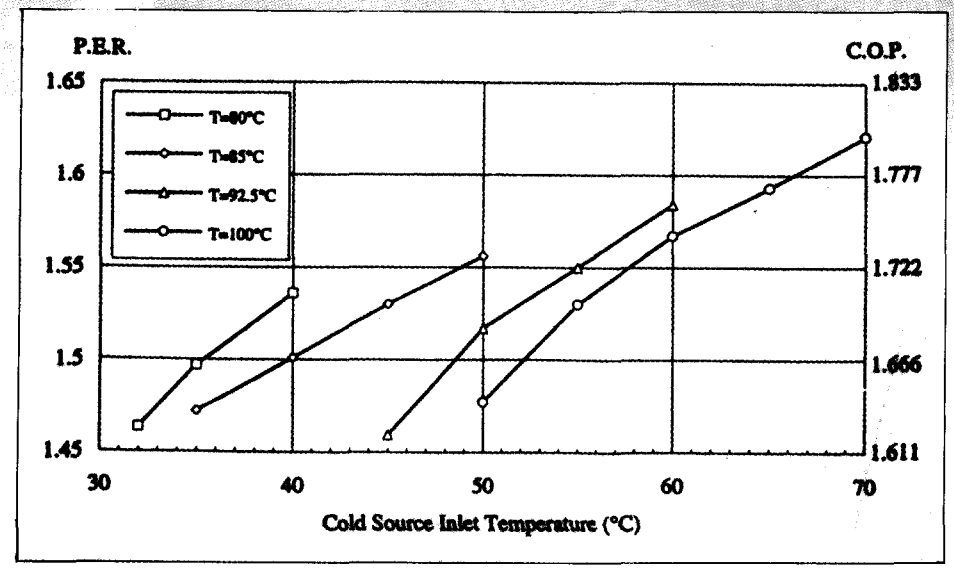
4.1 기존의 흡수식 싸이클

장치는 [그림 10]에 나타낸 계통도와 같이 고전적인 흡수식 냉동기와 유사하다. 발생기는 과열증기로 구동하고 있지만, 이것은 가스버너에 의해 직접 구동될 수 있다. 증발기는 30℃내지 40℃의 폐열을 사용하고, 냉각수는 직렬로 흡수기와 응축기로 공급되어 50℃의 물이 90℃로 가열이 가능하고, 장치에 대해 요구된 COP는 1.67이다. 예를들면, 발생기에 0.6MW의 열공급으로 필요한 온수 1MW를 제공하는 것이다. 이 장치는 온도가 100℃이하의 온수가 필요할 때에는 언제나 사용가능하며, 물론 30℃내지 40℃수준의 물이 이용되어야만 한다. 이 장치의 응용은 냉수열원의 상승하면 그대가로 약간 더 높은 온도(100℃ + 몇십 ℃)의 온수를 증가시킬 수 있다.

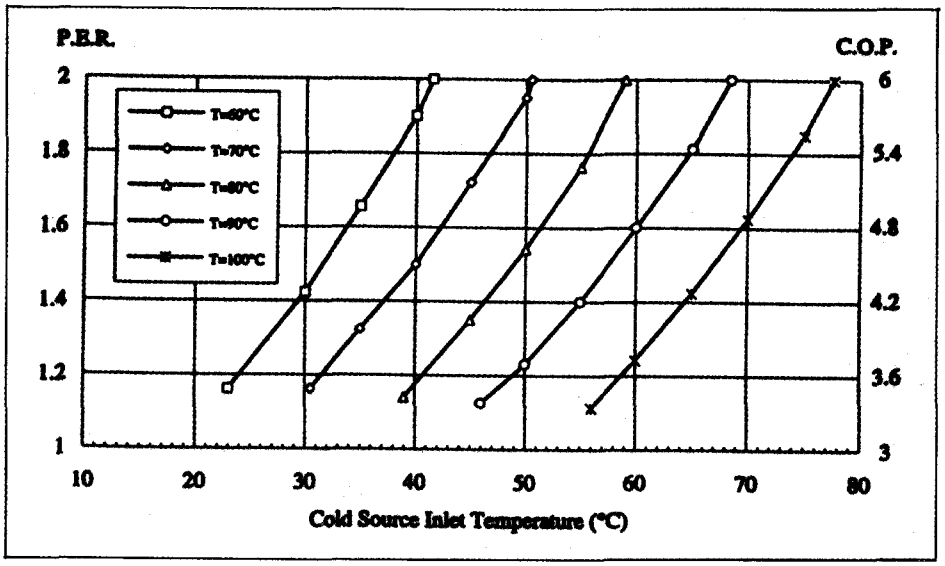


[그림 10] 산업용 흡수식 히트펌프

[그림 11]은 4개의 다른 고온유체온도에 대해서 저온열원의 입구온도함수로서 성능(PER, 연소효율 0.9)을 보여주고 있다. 이 그림은 연료의 화학적 에너지와 전기에너지사이에서 통상 3의 비율을 갖는 [그림 12]의 기계압축식 히트펌프와



[그림 11] 저온열원온도의 함수로서 고온유체온도에 대한 흡수식 히트펌프의 COP와 PER



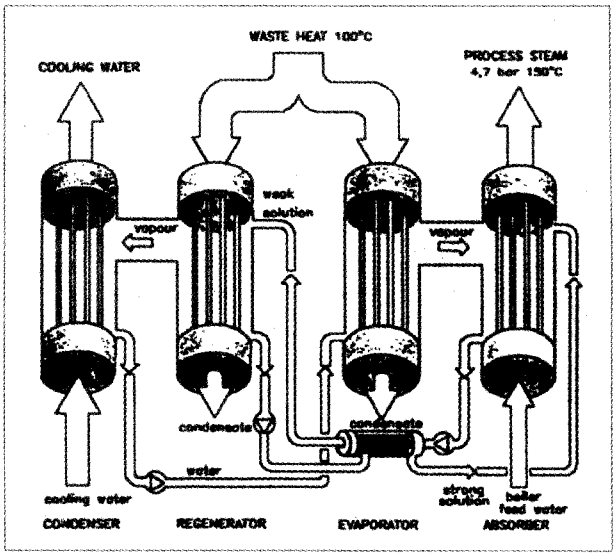
[그림 12] 저온열원온도의 함수로서 고온유체온도에 대한 압축식 히트펌프의 COP와 PER

의 비교에 대한 기본이 될 수 있다. 두 장치의 작용은 매우 다르다. 압축식 히트펌프의 작동범위는 더욱 광범위하지만, 그것은 고온유체에의 온도상승(5℃ 내지 10℃)은 더 낮다. 흡수식장치는 30℃ 내지 40℃까지 증가를 시킬 수 있고, 압축식은 흡수식보다 저온열원온도에 의해 훨씬 많이

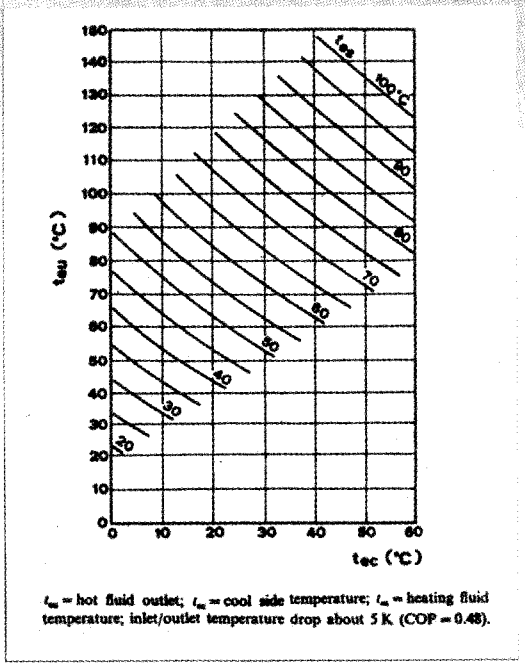
영향을 받는다. 예를들면, 온수 100℃에서의 PER은 압축식 열펌프는 55℃와 75℃사이의 저온열원온도에 대해 1.1과 2.0사이에 있지만, 흡수식 히트펌프의 PER은 50℃와 70℃사이의 저온열원온도에 대해 1.5와 1.6사이에 있다. 따라서 흡수식 시스템은 저온열원과 온수측의 높은 온도차, 그리고 고온유체측의 온도증가가 큰 경우에 보다 바람직한 시스템이다.

4.2 열변환기(heat transformer)

열변환기는 일종의 흡수식장치로 불리는 이름으로, 만약에 비교적 낮은 온도의 히트싱크가 이용가능하다면, 이것은 폐열이 유입되어 폐열보다 더높은 온도의 열에너지를 공급하는 것이다. 싸이클의 여러 공정들은 [그림 13]의 1단계장치의 단순계통도에 의해 이해할 수 있다. 60℃ 내지 100℃의 폐온수는 증발기에서 냉매를 증발시키고, 증기는 30℃ 내지 40℃이상 더 높아져서 산업공정에 이용가능한 온도범위에 있는 흡수기에서 흡수된다.



[그림 13] 열변환기의 계통도



t_{aa} = hot fluid outlet; t_{ec} = cool side temperature; t_{ea} = heating fluid temperature; inlet/outlet temperature drop about 5 K (COP = 0.48).

[그림 14] 1단열변환기의 성능

전통적인 장치와는 달리, 증발기와 흡수기는 응축기와 발생기보다 더 높은 압력에서 작동한다. 흡수기로부터 오는 과농의 냉매 혼합물은 재생기에 도달하고, 그 곳에서 증발기와 발생기를 병렬로 가열하는 폐열에 의해 적당한 온도에서 더 낮은 압력의 증기가 발생된다. 다시 전통적인 장치와는 다르게, 용액열교환기는 흡수기로부터 오는 용액을 냉각시키고 발생기로부터 오는 용액을 예열해야만한다는 것을 기억할 필요가 있다. 증발기-흡수기에서보다 발생기-응축기 부문을 더낮은 압력으로 유기하기 위해, 폐열보다 20℃ 내지 30℃ 더낮은 온도로 히트싱크를 처리하는 것이 필요하다. 발생기로부터 오는 냉매증기는 응축하고 그것은 펌프를 통해 증발기로 보내지기 때

문에 싸이클은 밀폐되어 있다.

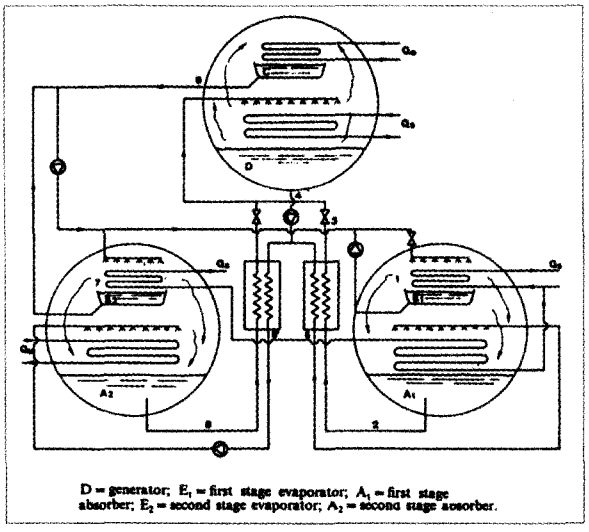
[그림 14]는 그와같이 장치에서 가능한 성능도표이다. 세로좌표는 흡수기에서 얻어진 유용한 온도이고, 반면 횡좌표는 응축온도이다. 곡선의 변수는 폐열온도이다. COP는 약 0.4~0.5이므로, 폐열에너지의 거의 반은 더높은 온도에서 처리가능하다. 상품화 기술은 유럽의 몇 개를 예외로 하여, 특히 네델란드와 독일을 예외로 하여, 거의 일본이 독점하고 있다. 이러한 기술의 개발은 1981년으로 소급되며, 그 이후로 적어도 10개의 대형 열변환기가 일본에 설치되어왔으며, 단일장치의 용량은 약 MW급이다.

이러한 장치의 개발향상은 COP를 증가시키는 것에는 특별히 전념하지 못하였다. 그대신 폐열과 실용적인 효과가 있는 온도차이를 증가시키려는 오력이 있었다. 이 결과로서 2단장치가 개발되었고, [그림 15]의 계통도는 앞에서 기술한 바와 유사하지만, 흡수기는 더 높은 압력에서 작동하는 또다른 증발기에 그의 열을 준다. 이로인해 발생된 증기는 두 번째 흡수기에서 더 높은 온도로 흡수된다. 물론 장치는 전보다 더 복잡하지만, COP 0.3으로 약 60℃의 온도차이를 제공한다. 용량이 70kw이고, 최근에 설치된 소형파이롯트시설에서, 91℃의 폐열과 31℃의 히트싱크로 0.31의 COP에서 151℃의 열수준이 얻어진다.

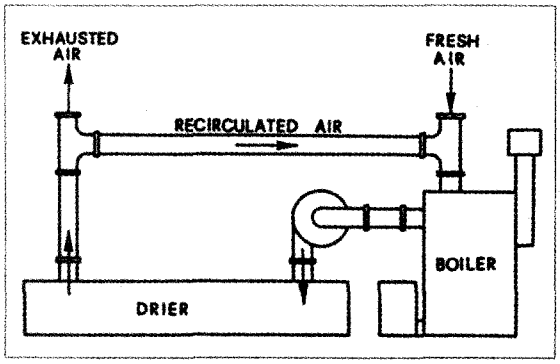
유용한 온도의 증가는 복잡한 싸이클을 요구할 뿐난아니라, 많은 난점들을 이르킨다. 그중에 첫째는 혼합물의 큰 부식성이다. 그러므로 적합한 재료를 사용하는 것외에, 장기간의 내구성을 보증하기위해 혼합물에 부식방지제를 첨가하는 것이 필요하다. 이러한 과제에 관하여, 1980년대초에 실행된 시설들은 년간 7000시간 내지 8000시간의가동시간으로 아직도 완전하게 작동되고 있으며, 모든 흡수식장치에 공통적인 큰 신뢰성을 확인하고 있다.

4.3 개방형 싸이클

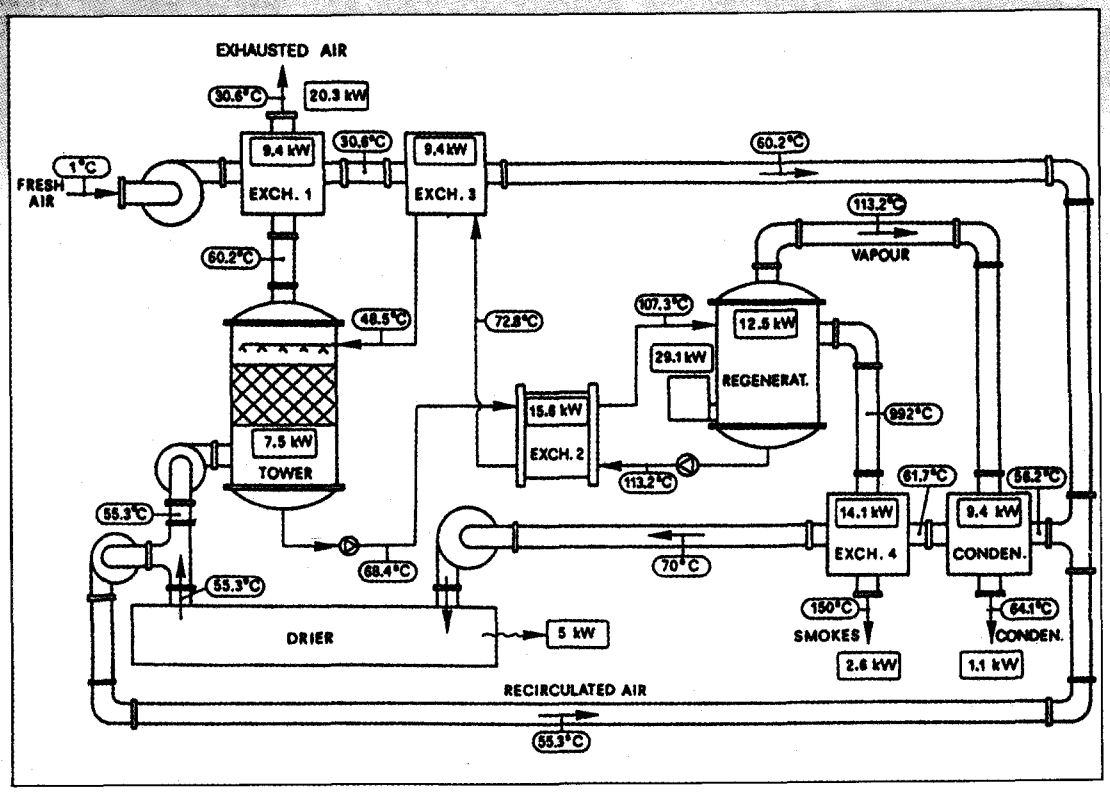
개방형 싸이클 흡수시스템의 대표적인 응용분는 열풍건조이며, 이 열풍건조기의 전통적인 시스템을 [그림 16]에 나타내었다. 예를들면, 가스버너에 의해 재래식으로 가열된 공기는 재료를 가열하여 건조시키고, 건조기의 출구에서의 온도는 입구에서의 온도보다 더 낮지만, 습기함량은 더 높다. 약간의 공정용 공기는 배출되



[그림 15] 2단열변환기



[그림 16] 재순환과 배출공기의 현열회수용 건조기의 시스템

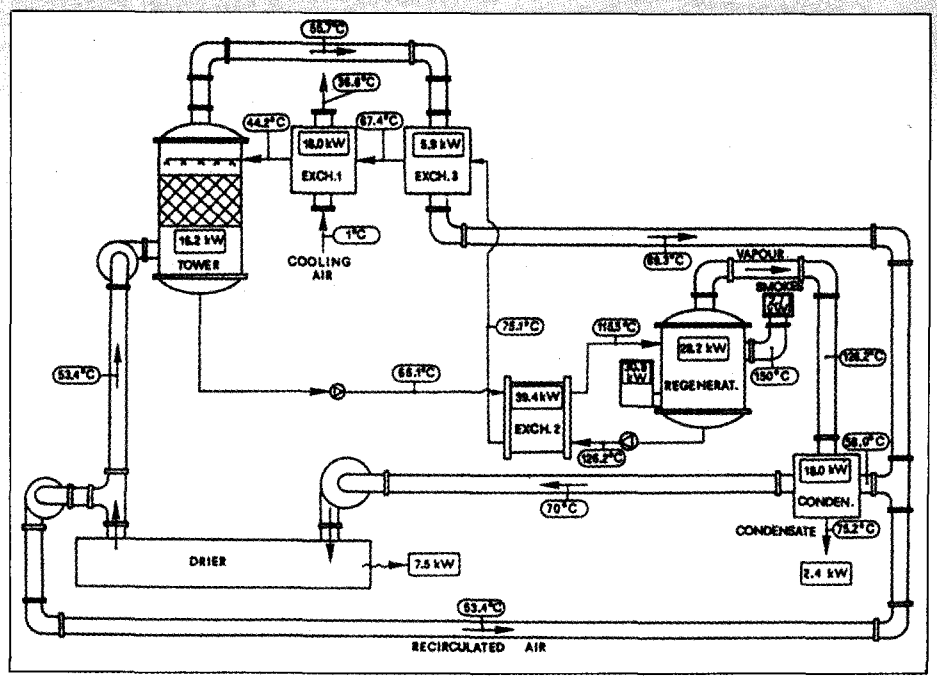


[그림 17] 건조기용 흡수식 재습시스템도

고, 나머지공기는 재순환된다. 습도가 더 낮은 신선한 공기는 외부로부터 유입된다. 배출되는 공정용 공기와 신선한 공기사이에 열교환기가 배치되어 있다. 공정용 공기는 많은 량의 잠열을 회수하는 액체흡수제에 의해 배출전에 제습될 수가 있다. 가능한 시설의 시스템을 [그림 17]에 나타내었다. 패키지타워(액체흡수제가 뿌려지는 Raschig ring, Lessing ring과 같은 큰 전열면적의 재료로 채워진 기둥)는 리듐 브로마이드-물혼합물에 의해 제습하면서 공정용 공기의 분류를 처리하며, 그리고 그것은 열교환기(EXCH3)에서 신선한 공기에 의해 예냉각된다.

제습된 공기는 입구에서 신선한 공기에 의해 냉각되어(EXCH1) 배출되고, 신선한 공기는 배출된 제습공기와 재생기(EXCH3)로부터 오는 진한 흡수제에 의해 예열된다. 예를들면, 겨울에는 신선한 공기는 첫 번째열교환기(효율 0.5)에서 1℃에서 30℃이상으로 되고, 두 번째 열교환기(효율 0.7)에서 60℃이상으로 된다. 결국 신선한 응축기(효율0.7)에서 재순환공기와 혼합하고, 열교환기내에서 재생기(EXCH4)다음의 연소가스와 혼합한 후에 70℃의 공정용 온도에 도달된다.

응축기는 흡수용액회로를 취급하는 것으로서 고려할 수 있다. 패키지타워(packed tower) 다음에 과농의 물 흡수용액은 입구에서보다 약 20℃ 더 높은 온도로 되고, 열교환기(EXCH2, 효율 0.9)내에서 재생된 용액에 의해 예열된다. 그다음에 흡수용액은 버너에 의해 가열된 재생기로 들



[그림 18] 건조기용 페루프 흡수식 재습시스템도

어간다. 재생기는 물을 분리시키고, 응축기에서 응축하는 증기는 공정용 공기에 의해 냉각되어 배출되고, 뜨거운 재생용액(110℃ 이상)은 패키지 타워내로 들어가기전에 두개의 열교환기에 의해 냉각된다. 공정에 공급된 유일한 에너지는 용액을 재생시키기위해 사용된 에너지뿐이다. 열은 용액과 응축하는 증기와 열교환하고, 배출가스는 건조될 생산품에 대해 충분한 열을 공급하고, 건조기의 열손실을 보충하면서 증발의 수요를 보충하기위한 공기를 가열한다. 폐루프에서 작동가능한 또 다른 시스템이 [그림 18]과 같이 제안되어 왔다. 이것은 독성이 있거나, 오염물질 또는 주거근처에 악취를 배출할 수 있는 건조시설에 적합하다. 패키지타워에서 재습된 공기는 농용액에 의해 열교환기 3에서 예열되고, 재순환공기와 혼합후에 응축기에 의해 공정용 온도로 된다. 용액은 농용액(EXCH2)에 의해 예열을 통해 패키지 타워 다음의 재생기로 들어간다. 재생기는 버너에 의해 전과같이 보충된다. 농용액은 묽은 용액과의 첫 번째 냉각후에, 취급공기의 예열을 위해 열교환기 3으로 간다. 이것은 열교환기 1에서 외부공기에 의해 더욱 냉각되고, 그 다음에 타워로 보내진다. 이러한 기술적인 가능성의 연구는 아직도 출발점에 있다. 에너지절약은 가장 좋은 기존시스템과 비교하여 20%내지 40%로 예상된다.

5. 결 론

여러가지의 산업용 히트펌프가 검토되었다. 이러한 것들은 히트펌프의 용량과 열원의 온도범위, 싱크와 최대작동온도 등을 고려하면, 산업체에서 요구가능성이 많은 것들을 만족시킬 수 있다. 부디치는 특별한 상황 때문에 산업체에 히트펌프적용의 보급이 어려움에도 불구하고, 대표적인 예를 검토하면 히트펌프는 유용할지도 모른다.