

히트펌프와 보일러를 조합한 溫水供給 시스템

1973년에 시작된 石油쇼크 이래 省에너지 및 省資源이 提起되어 이에 관한 연구, 開發이 많이 行해지고 있다. 家庭이나 地域에서의 冷暖房 또는 工場 등에 있어서 熱供給에 關해서도 마찬가지로 集中熱供給시스템이 省에너지 및 省資源의 有力한 手段으로서 여러분야에 채용되어 널리 보급되어 지고 있다.

그러나 종래의 集中熱供給시스템으로서 보일러 방식이 많이 채용되고 있으나 이것은 理想的인 狀態의 가동이라도 熱利用率이 90%程度로서 熱에너지의 有效利用이라는 點에서는 限界가 있다. 거기에 熱供給에 있어서 燃料를 절약하여 熱利用率을 높이기 위하여 工場排熱등 지금까지 廢棄된 熱을 적극적으로 利用하는 노력이 行해지고 있다. 그러나 이러한 것은 比較的 高溫의 熱源이 얻어지는 경우에 限하며 大氣나 廢棄된 溫排水등의 低溫度의 熱源(30℃程度)을 効率的으로 利用할 수 있는 기술이 기대되고 있었다. 여기에서 소개하는 「히트펌프·보일러병용에 의한 高効率熱利用 溫水供給시스템」은 蒸氣機關驅動的 히트펌프와 보일러를 組合함에 따라 高溫의 蒸氣로부터 動力(回轉力)과 熱을 取出하여 얻어진 動力으로 종래 利用이 곤란했던 大氣 등의 低熱源으로부터 熱을 끌어내어 이렇게 昇溫한 熱과 앞서 蒸氣에 의한 熱을 合하여 60~90℃程度의 溫水を 熱利用率 120~180%로서 공급하는 것이다.

이 시스템은 日本 北海道大學 工學部教授 谷口博氏의 研究結果인데 國民經濟上 중요한 과학기술로서 新技術開發事業團의 開發課題로 채택하여 그 開發을 추진해온 것으로 最近 實用化에 成功하여 이에

시스템의 概要, 效果에 關하여 기술한다.

1. 히트펌프·보일러시스템의 概要

일반적으로 地域熱供給이나 工場의 溫水供給은 보일러로 燃料를 燃燒시켜 蒸氣를 만들어 이것을 사용하는 경우가 많다. 이 경우 다음式으로 定義되는 熱利用率은 최대 90%程度이다. 이 방식을 專用보일러方式이라고 부른다.

$$\text{熱利用率} = \frac{\text{얻어진 熱量}}{\text{보일러投入熱量}}$$

이에 對하여 만약 立地條件이 구비되면 有效한 방식의 熱併合發電方式이 있다. 이것은 發電에 사용한 後의 蒸氣, 即 熱機關으로부터 排出된 蒸氣를 熱供給에 利用하는 것이다. 이 방식에 依하면 發電後 廢棄된 蒸氣의 에너지를 그대로 利用할 수 있어서 省에너지效果는 크다.

그러나 實際로는 發電設備와 熱을 使用하는 設備의 공존이라는 입지상의 제약이 있고 더우기 電力과 熱이라는 다른 에너지를 동시에 발생하기 때문에 兩者의 밸런스 調整이 곤란하여 實用에는 問題가 있다.

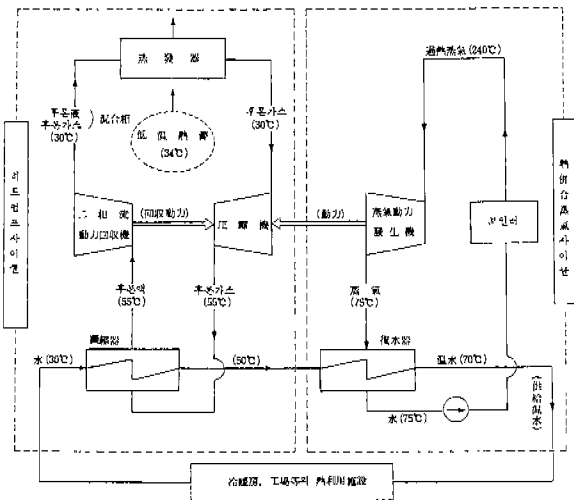
한편 最近 大端한 주목을 끌고 있는 히트펌프 시스템을 利用하면 排熱을 잘 利用함에 따라 投入熱量(電力)의 數倍의 熱량을 공급할 수가 있다. 그러나 히트펌프는 通常 모터에 의하여 驅動되어지기 때문에 보일러등과 比較하기 위하여 一次에너지水準에서 생각하면 熱에너지를 電氣에너지로 變換할 때의 손실이 있으며 또 發電所에서는 發電後의 熱은 버려지기 때문에 一次에너지水準으로서의 熱利用率

은 120%程度로 된다.

이러한 방식에 對하여 히트펌프·보일러시스템은 보일러에서 발생한 증기로 열기관을 작동시켜 얻은 動力으로 직접 히트펌프를 驅動하며 히트펌프로 昇溫한 溫수에 熱機關으로 부터 排出된 蒸氣의 熱도 증가함에 따라 매우 높은 效率이 얻어진다. 히트펌프·보일러시스템을 構成하는 주요한 機器는 다음과 같다.

- ① 보일러
- ② 熱機關(蒸氣動力發生機)
- ③ 復水器
- ④ 給水펌프
- ⑤ 壓縮機
- ⑥ 凝縮器
- ⑦ 二相流動力回收機
- ⑧ 蒸發器

以上の 機器를 조합한 기본적인 프로시트를 그림 1에 나타내었다. 또한 그림중에 표시한 溫度는 作動溫度의 一例이다. 히트펌프·보일러시스템은 그림과 같이 「熱併合蒸氣사이클」과 「히트펌프사이클」을 組合한 것이다. 또 히트펌프사이클에 있어서는 一般的으로 減壓弁에 의한 高压冷媒液의 減壓過程이 필요한데 이것은 減壓過程의 조립 膨창에 의하는 등 엔탈피變化가 되고 있다. 이 減壓過程에 氣體와 液体를 同時に 다루는 二相流動力回收機를 使用하면 動力을 回收할 수가 있다.



〈그림-1〉 히트펌프·보일러시스템(作動의一例)

回收된 動力을 히트펌프사이클의 補助動力으로서 使用할 수 있기 때문에 시스템의 熱利用率이 훨씬 높아진다.

2. 히트펌프·보일러시스템의 作動原理

히트펌프·보일러시스템은 그림 1에 나타낸 바와 같이 構成되어 있으나 여기에서 그림중에 例示한 作動溫度에 따라서 그 原理를 설명한다.

(1) 熱併合蒸氣사이클에 있어서 보일러에서 發生한 高温의 過熱蒸氣(240°C)에 의하여 蒸氣動力發生機를 運轉하며 動力을 發生시킨다.

(2) 이 動力으로 히트펌프사이클側의 壓縮機를 驅動하고 30°C의 후론가스를 壓縮하여 55°C의 飽和 高压가스 高压가스로 한다.

(3) 이 高压가스 凝縮器로 供給水와 熱交換하여 55°C의 液体후론이 되고 同時に 供給水는 30°C에서 50°C로 加溫된다.

(4) 후론液을 二相流動力回收機로 유도, 減壓過程의 壓力差로 二相流動力回收機를 回轉시켜 動力을 回收하고 이것을 壓縮機의 補助動力으로 한다.

(5) 二相流動力回收機를 나온 후론은 30°C의 液, 가스混合의 二相流가 되어 蒸發器에 유도된다. 蒸發器에서는 外部의 低温熱源(34°C)에서 熱을 흡수하여 30°C의 后론가스가 된다.

(6) 여기에서 발생한 후론가스는 壓縮機에 吸入된다. 여기까지에서 히트펌프사이클이 完了되어 34°C의 低温熱源에서 熱을 만들어내고 30°C의 供給水를 50°C까지 昇溫한다.

(7) 한편 熱併合蒸氣사이클의 蒸氣動力發生機로부터 나온 蒸氣는 75°C가 되어 復水器에 들어가고 히트펌프사이클로 50°C까지 昇溫된 供給水와 열을 交換하고 復水하여 75°C의 물이 되어 給水펌프에 의하여 보일러에 환원시킨다. 이때 50°C의 供給水는 70°C까지 昇溫된다.

이와같이 히트펌프·보일러시스템은 蒸氣動力發生機에서 얻은 動力에 의하여 히트펌프를 직접 驅動하여 히트펌프사이클로 二相流動力回收機를 利用하여 動力을 회수하고, 補助動力으로 하고 있어서 매우 效率 좋은 시스템이 되고 있다.

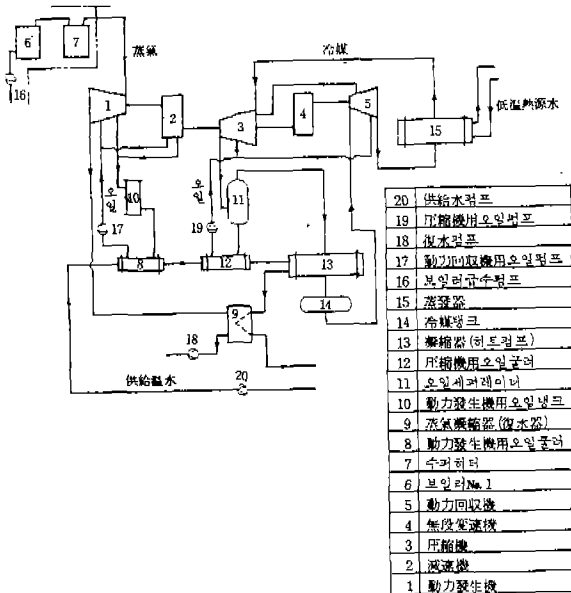
3. 實證 플랜트

히트펌프·보일러시스템 實證플랜트는 主要機器인 蒸氣動力發生機, 二相流動力回收機의 二種의 膨脹機로 效率, 신뢰성등의 理由로 스크류형을 이번에 새로이 開發 利用하고 또 壓縮機에 관하여도 히트펌프 冷凍用으로서 多數의 實績을 가지고 있는 스크류형을 채용하였다.

實證플랜트는 下記의 조건으로 製作했다. 프로시트를 그림 2에 나타냈다.

實證플랜트에서 熱利用率을 測定하여 熱利用率 1.5를 얻었다.

供給溫水溫度	70℃
同上還元溫度	30℃
熱源水溫度	34℃
供給熱量	790,000Kcal/h
熱利用率	1.5



〈그림-2〉 실험플랜트 후로시트

또 本實證플랜트에 있어서 供給溫水溫度, 還元溫度, 熱源水溫度, 供給熱量을 파라미터로서 運轉을 行하여 各種 데이터를 얻었다.

또한 히트펌프·보일러시스템은 供給溫度100℃이상도 可能하고 供給熱量도 15Kcal/h까지 可能하다. 熱利用率은 스케일업과 함께 向上되어 1.6~1.8까지

可能하다. 아래에 히트펌프·보일러시스템의 特徵을 記述한다.

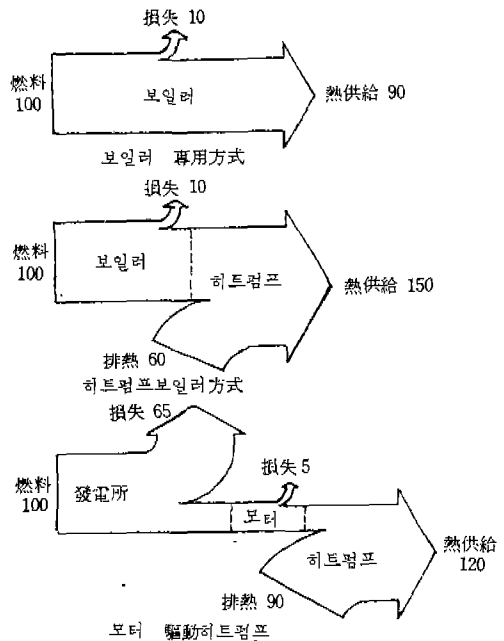
4. 히트펌프·보일러시스템의 特徵

히트펌프·보일러시스템의 特徵을 보일러 專用方式, 他히트펌프시스템등과 比較한다.

(1) 專用보일러方式과 比較하여, 히트펌프를 利用함에 따라 現在 使用되지 않는 排熱을 有效하게 利用할 수 있고 그 위에 히트펌프를 驅動하는 動力源에 蒸氣를 使用하기 위하여 蒸氣로부터 動力과 熱을 同時에 取出한다. 이를 爲하여 實證플랜트에서도 나타낸바와 같이 그림 1의 作動溫度에서 熱利用率 1.5가 얻어지며 燃料은 2/3가 든다.

(2) 모타驅動的 히트펌프에 比較 熱에너지를 電氣에너지로 變換할 때의 損失가 없기 때문에 效率이 좋다. 히트펌프·보일러시스템은 發電所와 모타驅動히트펌프를 一體化 했다고 말한다. 그림 3에 各方式의 熱利用率의 比較를 나타낸다.

(3) 모타驅動히트펌프와 比較하여 필요로 하는 溫度까지 溫水를 昇溫하기 위하여 溫度幅을 히트펌프와 蒸氣사이클과 2段階로 나누어 昇溫시키기 때문에 各各의 昇溫幅이 적어진다. 히트펌프의 效率은

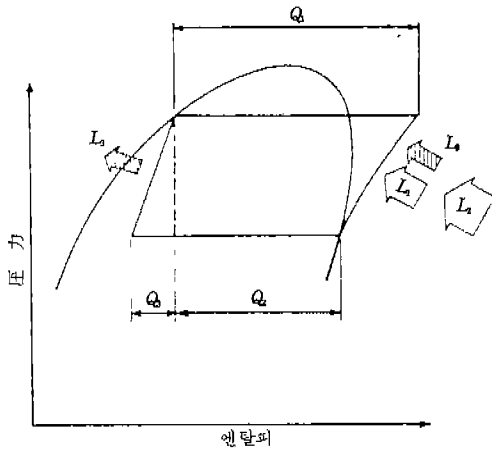


〈그림-3〉 熱利用率의 比較

昇溫幅이 적은쪽이 좋기 때문에 效率이 좋은 쪽으로 히트펌프가 운전된다.

(4) 히트펌프사이클중의 팽창과정에 二相流動力回收動力을 압축기의 補助動力으로 사용함에 따라 히트펌프사이클의 效率이 5~10%向上된다. 動力回收機를 사용할 경우의 히트펌프사이클을 그림 4에 나타내었다.

(5) 昇溫을 二段階로 行하여 低熱源溫度가 낮아도 높은 熱利用率을 유지할 수 있다. 그림 5에 低熱源溫度에 의한 熱利用率의 變化를 나타내었다.

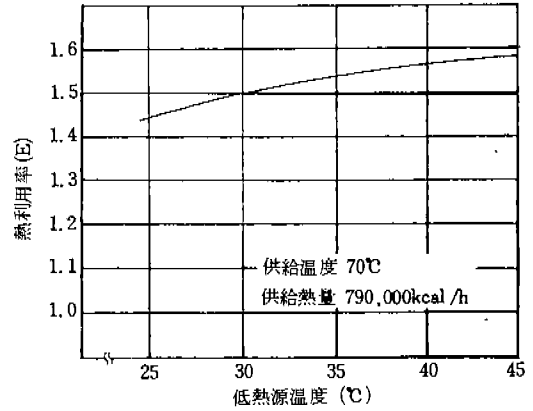


- L_c : 動力回收機가 없는 경우의 壓縮機動力
- L_e : 動力回收機가 없는 경우의 壓縮機動力
- L_c : 動力回收機로 回收하는 動力
- Q_c : 히트펌프의 昇溫能力
- Q_e : 動力回收機가 없는 경우의 熱量
- Q_c : 動力回收機가 없는 경우의 熱量增加分

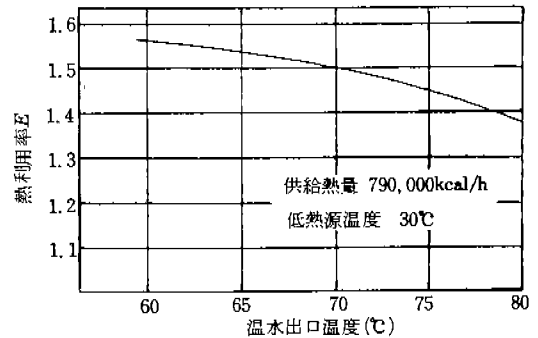
〈그림-4〉 動力回收機가 없는 경우의 히트펌프사이클

(6) 主要機器에 스크류型 動力發生機, 스크류型 壓縮機, 스크류型 動力回收機를 使用하고 있어서 回轉系의 變速기가 좋아 回轉數를 變化시킴에 따라 쉽게 공급熱量을 制御할 수가 있다.

또 回轉數를 變化시켜도 效率의 變化가 적어 負荷變化에 대하여 높은 熱利用率을 유지할 수 있다. 또한 溫水條件등에 變化가 있어도 效率의 變化가 적기 때문에 安定된 熱利用率이 얻어진다. 그림 6에 供給溫水溫度를 變化시켰을 때의 熱利用率特性을 나타내었다.



〈그림-5〉 히트펌프·보일러시스템의 熱利用率 (1)



〈그림-6〉 히트펌프·보일러시스템의 熱利用率 (2)

(7) 作動이 신속한 보일러의 起動이 完了되면 即時 필요한 溫水溫度와 熱量을 얻게 된다.

(8) 既設 보일러설비와 組合하여 利用할 수 있기 때문에 電氣設備등의 導入없이 히트펌프가 利用될 수 있다.

이와같이 히트펌프·보일러시스템은 좋은 특징을 많이 갖추고 있는 시스템이기 때문에 地域熱供給, 各種工場의 溫水供給에 적용이 가능하며 어떤 경우에도 높은 에너지節約效果가 얻어진다. 特別히 冷水와 溫水를 同時에 필요로 할 경우에는 한층 더 높은 에너지節約效果가 기대된다.

5. 에너지節約效果

一例로서 아래와 같은 케이스에 관하여 보일러專用方式, Motor驅動히트펌프方式, 히트펌프·보일러시스템의 燃料費, 에너지節約效果를 比較한다.

〈표-1〉 에너지節約效果的 比較

方式	보일러 專用方式	모터 驅動히트펌프方式	히트펌프 · 보일러方式
熱利用率 또는 COP	熱利用率 0.9	COP 3.5	熱利用率 1.38
使用 燃料	C 重油 發熱量 9,800 [kcal/kg] 比重 0.95 [kg/l]	-	C 重油
燃料單價 또는 電氣料單價	420원 /ℓ	120원 /kW	210원 /ℓ
1年間使用燃料量 또는 電氣量	763.8kℓ /年	2,126×10 ³ kW /年	498.1kℓ /年
1年間燃料費 또는 電氣代	32,082만원 /年	25,512만원 /年	20,922만원 /年
에너지 節約 效果	-	11.7만원 /年	11.16만원 /年

供給温水溫度 80℃
 供給熱量 800,000Kcal /h
 低熱源溫度 30℃
 低熱源熱量 300,000Kcal /h
 年間稼動時間 8,000h

표 1에 나타낸바와 같이 히트펌프 · 보일러시스템
 專用보일러方式에 비해 1年間に 265kℓ의 燃料가 削
 減되어 11.16만원을 절약하게 된다. 設備도 2~5

年으로 償却可能하다.

以上 「히트펌프 · 보일러병용에 의한 高効率熱 利
 用温水供給시스템」에 關하여 概要, 特徵 및 效果동
 을 記述했다. 本시스템 및 本시스템을 구성하는 機
 器의 高効率 또는 汎用性은 다른 것이 없으며 大福
 的인 에너지節約 및 資源節約을 실현할 수 있기 때
 문에 今後 各方面에서 많이 사용될 것으로 期待된
 다. (전기기술정보센터제공)

● 支部消息 (忠南)

전기인 조찬회

대전지역 전기인 조찬회가 7월16일 대전시내 동명회
 관에서 월례회 모임을 가졌다. 이번 7월월례회에서는(1)
 충남대 이은웅 교수의 캐나다교환교수 귀국보고 (2)한전
 창립 25주년기념 전력 심포지움 보고 (3)한전GIS변전소
 건설현황 (4)한전하기부하조절 개선문제 (5)수용가에어론
 배전서 불평형문제 (6)누전차단기 불량사항 교재및 시험
 강화문제 (7)유용업소 소방전기안전 점검 강화문제 (8)발
 전소 건설공사 발주시토목, 전기분리발주문제등 관심사
 에 대한 의견교환이 있었다.

대전전기기술자 협의회

대전전기기술자협의회는 7월18일 7월 월례회를 가
 졌다. 이번 모임에서는 대전공업설비 설계사무소 손문
 영소장 담당으로 “구내통신로설비설계지침”에 關한
 세미나가 있었다. 이날 세미나는 건축법 제5조 제1항
 전기통신기본법 제28조등에 의한 구내통신설비 수요산
 출, 공중회선의 구내인입형식, 보안접지, 구내단자함,
 배선용 선조등 다양한 토의가 있었다.