

海外 에너지消費節約技術

廢熱을 利用한 Chemical Heat Pump

저온의 廢熱을 회수하여 재사용함으로써 에너지를 節減하기 위한 여러가지 방법들이 강구되고 있다.

최근에는 이러한 에너지절약수단의 하나로서 화학히트펌프에 대한 研究가 先進國 등에서 활발히 추진되고 있다.

화학 히트펌프는 종래의 히트펌프와는 달리 기계적인 壓縮器나 터빈이 必要없는 대신 凝縮水나 冷却水 등의 廢熱을 리튬브로마이드 ($\text{LiBr} \cdot \text{H}_2\text{O}$)나 황산 등의 水溶性 化學物質과 물 사이의 發熱反應을 일으키는데 사용함으로써 이러한 反應生成物로부터 시스템에 流入된 廢熱보다 높은 온도의 熱을 얻을 수 있다. 높은 온도에서 작동하면서도 電力消費는 기계적인 壓縮히트펌프에서 소모되는 電力消費量의 5 ~ 25 %에 지나지 않는다는 것이 큰 장점이다.

최근에는 廢熱을 165 °C까지 끌어올릴 수 있는 化學히트펌프가 미국·유럽·일본·소련에서 商業化되었으며, 최대 240 °C까지 온도를 상승시키는 시스템도 商業化되고 있다. 지난해 Rocket Research Co. (RRC, Redmond, Washington)社は 에너지省(DOE)의 후원 아래 容量 44 kw의 황산을 사용한 히트펌프를 開發하는데 성공하였다.

〈 工程原理 〉

RRC의 ICHP(Industrial Chemical Heat Pump) 시스템은 低溫의 물질에서 그보다 높은 온도의 물질로 熱이 전달되도록 유도함으로써 가동하는데, 이것은 황산과 물의 反應에 의해 수행된다. 54 ~ 121 °C의 물을 廢熱源으로 이용할 때 이 에너지의 30 ~ 50%가 추출되어 66 ~ 193 °C의 온도로 上昇되며, 이어서 부수적인 熱源인 175 °C의 굴뚝가스를 사용하여 다시 240 °C로 상승된 최종 이용 가능한 熱을 얻게 된다. 〈圖 1〉에 나타난 것처럼 ICHP 시스템은 황산/물 循環系를 중심으로 증기발생장치, 凝縮器, 吸收裝置 蒸發裝置, 2개의 열교환기 등 6개의 주요요소로 이루어져 있는데 크게 酸循環系와 물循環系로 나누어 설명한다.

酸循環系: 閉循環系에 들어 있는 황산 증기 발생장치와 吸收裝置 사이를 연속적으로 흐르도록 되어 있는데, 증기발생장치로 流入된 묽은 황산은 플래쉬정제에 의해 濃縮되며 증기발생장치의 壓力을 0.5 ~ 1.5psia로 유지하면서 수증기를 발생시킨다. 이때 증기발생장치의 壓力은 凝縮器內의 물의 온도에 의해 조절된다. 濃縮된 황산은 증기발생장치 下部로 배출되어 열교환기(no.1)로 보내진다. 여기서 황산은 시스템에 공급된 廢熱로 다시 가열되는데 總廢熱量의 30 ~ 50%가 이때 소모된다.

농축된 황산은 吸收裝置의 蒸氣壓보다 훨씬 낮은 蒸氣壓 狀態로 吸收裝置에 流入된다. 이때 吸收裝置의 壓力(2.2 ~ 30psia)은 증발장치에서 발생한 수증기의 壓力에 의해서 조절된다. 나머지 廢熱源의 50 ~ 70%는 증발장치에서 消費된다.

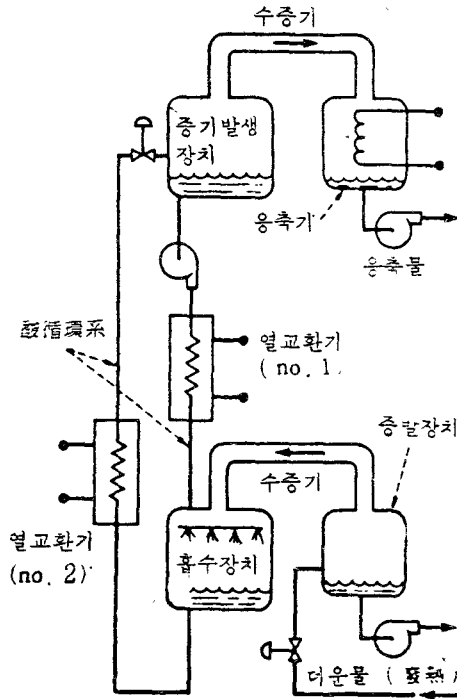
증발장치에서 생성된 수증기는 황산 속으로 凝縮되어 들어가서 황산을 희석시킨다. 이때 산의 희석열과 물의 기화열이 발생함으로써 황산의 온도를 20~80℃정도 상승시킨다. 희석과정은 酸溶液이 吸收裝置의 壓力과 平衡을 이룰 때까지 진행된다.

高温의 희석 황산은 吸收裝置와 증기발생장치 사이의 壓力差에 의해 열교환기(no.2)를 지나 증기발생장치로 들어간다. 특히 열교환기를 통과하는 동안 희석황산의 온도는 본래 廢熱源의 온도보다 높은 66~240℃의 온도로 다음 과정에 전달된다.

황산의 농도는 원하는 최종 出力溫度, 廢熱溫度와 凝縮器 溫度에

< 圖 1 >

ICHP - 화학 히트펌프의 工程圖



따라 결정된다. 희석산의 농도는 보통 온도와 고온에서 각기 60%와 90% 정도로 변하며, 농축산의 농도는 이보다 3~4% 정도 높다. 황산을 사용하는利點의 하나는 結晶化가 일어나지 않고, 廢熱과 冷却水 온도의 큰 變化에 關係없이 사용할 수 있다는 것이다.

水循環系 : ICHP 시스템에서 증기발생장치/응축기와 吸收裝置/증발장치들이 서로 壓力差가 거의 없이 연결되어 있다. 증발장치로 流入된 廢熱의 온도는 凝縮器에서의 배출 온도보다 40~70°C 가량 높기 때문에 吸收裝置/증발장치의 壓力은 증기발생장치/凝縮器의 壓力보다 2~29psia 정도 높다.

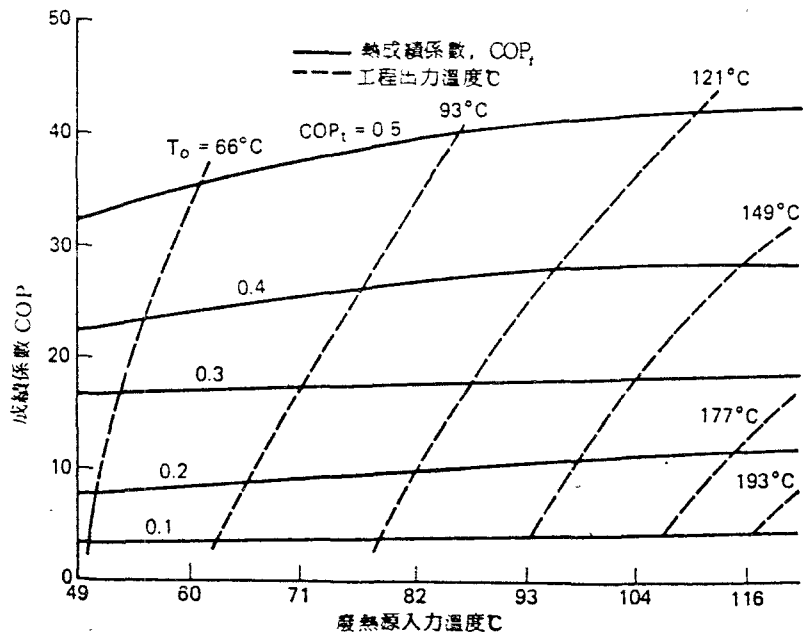
증기발생장치에서 나온 수증기는 凝縮器內에서 工業用水나 地下水로 冷却된다. 冷却水의 溫度는 에너지와 溫度의 出力을 最大化할 수 있을 만큼 가능한 낮은 온도여야 하는데, 보통 5~50°C 정도이다. 凝縮物은 最終적으로 廢棄處理 되거나 蒸發器로 循環한다.

性能 : 産業用 히트펌프의 性能은 電氣 成績係數 COP_e로 정의되는데, 이것은 酸과 물을 순환시키는데 必要한 電力量(Btu/h로 환산)에 대한 프로세스로 전달된 熱量의 比를 말한다. 또 入力熱量에 대한 出力熱量의 比를 나타내는 熱成績係數(COP_t)를 결정할 수 있다. <圖 2>에 COP_t와 最終出力溫度를 變數로 하여 廢熱源溫度의 함수로 계산된 COP_e를 나타냈다. 이것은 응축기 入力溫度는 10°C, 열교환기 入口溫度는 5°C라는 가정으로 계산된 것이다. 廢熱溫度가 증가할수록, 出力溫度가 낮아질수록 COP_e와 COP_t 모두 증가함을 보여준다. COP_t의 값이 0.5~0.1 사이에서 변하고

있어 공급되는 廢熱量은 프로세스에서 필요로 하는 양의 2~10배는 되어야 한다. 현재는 시스템개선을 통하여 COP_t 값을 2~3 배 낮추려는 연구를 진행하고 있으며, 지금보다 온도가 높은 熱源을 사용하게 되면 그 높은 溫度만큼 出力溫度를 상승시킬 수 있을 것이다.

裝置 : 44 kw의 試驗裝置는 管理·整備를 쉽게 하도록 모듈러 배열로 되어 있다. 사용된 설비재료는 유리, 테프론(Teflon), 캐스트 硅素鐵, 세라믹 材質과 기타 合金 등이다. 여기에 사용된 두 개의 열교환기는 工業的 生産시스템에서의 壓力과 溫度의 限界를 극복할 수 있도록 특별히 설계 제작되었다. 現在 두 가지의 廢熱源을 이용할 수 있는 586 kw짜리 裝置의 1차 설계가 完了되었다

〈圖 2〉 廢熱源 溫度에 따른 成績係數의 變化



연간 100 대 생산을 기준할 경우 ICHP 한대의 價格은 약 183,000
달러 정도이다. 設備費를 包含한 裝置에 대한 投資費는 약 2,3
年이면 回收할 수 있다.

(Chemical Engineering, vol.91, no.4, 1984, pp.50 ~ 51)

사람마다. 질서의식

기업마다 공정거래