

## 유기랭킨사이클을 이용한 폐열회수에 관한 연구

### The Study on the Recovery of Waste Heat using Organic Rankine Cycle

이 용국<sup>0</sup>, 김 동관, 조 길원, 박 홍수, 이 상진\*, 김 무환\*, 이 진원\*

산업과학기술연구소 에너지연구실

포항공과대학 기계공학과\*

에너지자원이 부족한 우리나라는 산업 및 경제생활에 필요한 많은 에너지를 외국에서 수입해오고 있으며 이에따라 에너지 절약기술과 대체에너지에 대한 연구를 꾸준히 해오고있다. 특히 주요 에너지원인 석탄과 석유는 거의 전량 수입에 의존하고 있으며 이의 대체를 위해 태양에너지이용 등의 연구가 진행되어오고있다. 또한 산업체의 여러공정중에서 배출되는 열을 효과적으로 재생하기위해서 폐열을 이용한 기계의 구동력 및 전력으로의 전환을 꾀하고 있으며 이중에서 특히 그 양이 방대한 350 °C이하의 중저온 폐열을 회수하기 위한 장치의 설계기술을 확보하기 위해서 랭킨사이클등 동력회수장치의 연구가 활발히 진행되고있다. 랭킨사이클은 증발기를 통과하면서 고압이 된 증기가 터빈단을 회전시킴으로써 축동력이 전기에너지로 변환되며 이는 열전달특성이 이상적인 카르노사이클과 유사한특성을 가진다. 그러나 이는 작동유체로 물을 사용하므로 고온의 배열원에 대해서는 적절하나 그 열원이 중저온일 경우에는 경제성의 문제로 인하여 물보다 비등점이 낮고 증기압이 높은 유기매체를 사용함이 바람직하다.

국내 산업체에서 배출되는 배열원의 형태와 양은 크게 3가지로 구분되는데 폐가스, 폐증기, 폐열수 등이 주요열원이며 배열원은 제철산업을 비롯하여 요업, 화공, 섬유, 제지, 식품등 다양하며 온도범위도 광범위하다. 특히 우리나라 제철산업은 에너지사용비 점유율이 15% 내지 20%에 이르는 에너지 다소비산업으로 연간 45조kcal의 배열중 7조kcal의 열만 공정에 재투입되고 나머지는 방출되고있는 실정이며 특히 350 °C이하의 중저온배열이 전체배열량의 50% 정도를 차지하고있다. 이와같이 국내산업의 배열회수 기술은 상당히 시급한 과제이고 특히 중저온 배열회수기술의 개발은 최종적인 과제로 남을것이 확실하며 이는 그 이용상의 문제때문에 전력으로 회수함이 가장 바람직할 것으로 예상된다.

유기랭킨사이클에 대한 연구는 1960년대초 구미선진국에서 우주산업 및 대체에너지 개발을 위해 시작되었고 배열회수를 위한 연구는 1970년대말부터 시작되어 현재 유기열매를 이용한 열동력장치가 실용화 되어있는 실정이다. 그 실용화된 국가를보면 미국을 비롯하여 일본, 유럽공동체, 프랑스, 이태리, 소련, 이스라엘 등 다양하며 동력범위도 수 KW에서 수 MW까지 다양하다. 국내의 개발현황을보면 1980년대말 정부주도의 연구가 어느정도 진행된 바 있으나 연구단계에 머무르고 있는 실정이며 실용화는 전무한 상태이다.

본 연구에서는 먼저 유기랭킨사이클의 경제적 타당성을 조사하기 위해서 장치에 대한 경제성분석을 행하였으며 직접비, 간접비 및 총생산비 등을 감안하여 장치수명을 10년으로 할경우 투자회수기간이 7-8년정도 될것으로 결론을 얻었으며 이는 외국의 4-5년에 비해 상당히 긴 기간이나 이는 국내전력단가등의 요인으로 인한 문제이다. 이와 아울러 유기랭킨사이클의 효율을 구하기위해 컴퓨터를 이용한 프로그램을 개발, 사이클 시뮬레이션을 행하였고 여러작동유체의 증발온도 및 증발압력에 대한 사이클효율 및 역서지효율을 구하였다. 이에따라 적용이 용이한 제철소내 배열온도의 범위와 경제성 및 장치의 소형화 등을 고려하여 프레온 계열의 작동유체로 선정하였으며 이의 규제가 강화되고있는 프레온 작동유체의 대체를 위해서 대체열매를 사용할 경우의 장치설계 및 제작기술을 확보하기 위하여 연구중에 있다. 이상과 같이 유기랭킨사이클 시스템은 산업공정에서 배출되는 막대한 양의 증저온 폐열을 회수하기위한 가장효과적인 열동력기관중 하나로서 각종 산업체에 적용함이 필수적이라 할수있다 .

#### 참 고 문 헌

1. Barber, R.E., "Solar Powered Organic Rankine Cycle Engine (Characteristics and Costs)." proc. 11th Intersoc. Energy convers. Eng. conf., State Line, Nevada, pp 1151-1156 (1976)
2. Sternlicht, B and Colosimo, D.D., "The Rebirth of the Rankine Cycle" Mech Engineering Vol.103 No 1, pp 41-47 (1981)
3. Badr, O., Probert, S.D. & O'Callaghan, P.W., "Selecting a working fluid for a Rankine-Cycle Engine", Appl. Energy, 21, pp 1-42 (1985)
4. K.H.Lee, S.H.Won et al., "Development of Organic Rankine Cycle System Utilizing the Waste Heat(I)" KIER Report (1989)
5. K.H.Lee, S.H.Won et al., "Development of Organic Rankine Cycle System Utilizing the Waste Heat(II)" KIER Report (1991)