

분리형 히트파이프식 열교환기 개발

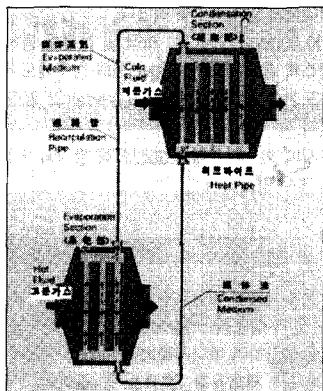
(Seperate Type Heat Pipe Heat Exchanger)

● 기술의 개요

산업체에서 많이 활용되고 있는 보일러 및 열풍로에서 배열은 가스형태로 배출되고 있으며, 폐가스로 배출되는 에너지는 전체의 약 20%에 이르고 있는 실정이다. 이러한 배가스열을 회수하기 위해서 기존의 열교환기를 사용하는 경우 배가스측의 열전달효과가 작아서 전열면적을 크게 하여야 하므로 장치가 커지는 단점이 있으며, 폐가스열이 배출되는 곳과 예열된 급기의 사용처가 멀리 떨어져 있으면 큰 닥트로 연결하여 사용하고 자 하는 곳까지 예열된 급기를 이동시켜야 하는 어려운 문제가 발생하고 있다.

히트파이프는 일반적으로 용기와 작동유체로 구성되며, 용기내에 작동유체를 주입하고 진공으로 하면 낮은 온도에서도 작동유체는 증발하고 증기상태의 작동유체는 냉각부에서 액체로 응축되어 증발부로 귀환하므로써 연속적인 반복에 의해 열을 전달하는 것이다. 분리형 히트파이프의 특징은 증발부와 응축부가 약 70m정도 분리되었다는 것이고 작동원리는 진공밀폐된 루프내부의 작동유체가 증발부에서 고온의 열유체에 의해 가열되면, 작동유체는 증발하여 증기상승관을 통하여 응축부로 이동하게 되고 여기서 증기는 응축기 관외부의 저온유체에 의하여 관내벽에 응축되며 응축액은 중력의 작용에 의하여 액체하강관을 통하여 증발기로 이동하여 순환하며 열을 수송하게 된다.

따라서 분리형 히트파이프식 열교환기의 이점은 증발부와 응축부간의 거리를 아주 멀리 할 수 있다는 것이지만 다음의 제약조건이 있다. 증발부와 응축부간의 설치위치에서 반드시 고도차가 있어야 하고, 그 고도차는 증기와 액체를 수송하는 압력손실에 상당하는 액주높이보다 반드시 커야 한다는 것이다. 분리형 히트파이프식 열교환기는 배가스열이 접촉되는 고온측의 증발부와 급기가 접촉하는 저온측의 응축부를 가격이 저렴한 탄소강관을 사용하는 것으로서 제작이 용이한 장점을 갖고 있는 에너지절약용 고성능의 열회수장치로 잠열에 의해서 열을 이동시킴으로서 파이프내의 열저항이 미소하므로 작은 온도차로서도 배가스열의 약 60~80%까지도 회수할 수 있다. 또한, 종래의 배가스열회수장치에서는 전열면적의 확대가 어려워 장치가 커지는 단점이 있었으나, 분리형 히트파이프는 양측의 외부로 배가스가 유동하므로 환을 부착하여 전열면적의 확대가 용이하기 때문에 장치의 크기도 기존의 1/3정도 소형화가 가능하며 전열면적의 비율도 자유로이 조절이 가능하므로 배가스열의 회수장치로서 보급이 촉진될 수 있는 장치이다.



▲ 분리형 히트파이프식 열교환기의 구조

● 연구내용 및 결과

3년 계획중 1차 년도에는 분리형 히트파이프식 열교환기의 작동원리와 히트파이프의 요소에 의한 기초실험으로부터 열전달특성값을 도출하고 분리형 히트파이프식 열교환기

의 설계 및 실험으로부터 열수송에 대해 연구하고, 2차 년도에는 열교환기의 설계전산화 프로그램을 작성하고, 설계프로그램으로부터 열교환량이 100,000Watt급이고 분리거리가 10m인 시제품을 설계 및 제작하여 성능실험을 행하여 설계프로그램을 보완하였다. 3차 년도에는 국내에서의 설계 및 제작기술의 신뢰성 입증 및 실용화 촉진을 위해 300,000Watt급 시범설치용을 설계하여 국내 에너지기술연구소에 시범설치 하여 운전결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

○ 분리형 히트파이프식 열교환기 설계프로그램을 개발하여 프로그램으로부터 예측된 교환열량과 시범설치용 운전을 통해서 얻은 실험열량이 5%이내에서 일치하도록 하였다. ○ 300,000Watt급 설계·제작 및 운전을 통하여 배가스측 유속이 낮은 1.3Nm/s의 경우에도 배가스 온도가 325°C에서는 325,000Watt의 열량을 얻었다.

○ 투자비 회수기간이 1.35년으로 평가되어 경제성이 매우 양호하다.

● 성과 및 활용가능 분야

적은 온도차로서 배가스열의 60% 내지 80%까지 회수할 수 있기 때문에 보일러 및 열품로의 배가스열회수용으로 설치하여 에너지절약에 기여할 수 있다.

중국에서는 제철공장, 정유소 등 중화학 플랜트의 가열로, 고온공기로, 보일러, 공기에 예열기, 건조탑 등에 사용하여 산업용 폐열의 30~50%를 회수할 수 있었으며, 연료절감률은 5~10%에 이르고, 초기투자에 대한 회수기간은 불과 1~3년 정도였다. 적용 온도범위는 고온 기체 온도가 150~450°C, 배기가스의 온도는 50~150°C로서 저온범위에 속한다. 또한 정비나 수리가 용이하고 내부식성도 훨씬 높일 수 있었다는 것이 알려져 있다.

가. 에너지 절약(대체, 청정, 자원)효과

산업체의 각종 폐열회수장치로 활용되어 제작비 및 설치비의 절감으로 인한 투자비회수기간을 단축할 수 있어 경제성이 양호하다.

○ 투자비용 : 3,000kW급 분리형 히트파이프식 열교환기의 제작 및 설치비는 약 3억 원 정도로 예상됨. ○ 절감비용 : 100기/년×3억원/1.5=400억원/년

나. 활용가능분야

○ 열품로용 공기예열기 : 용광로 열품로에서 배출되는 약 300°C 정도의 배가스열을 회수하여 열품로에 사용되는 보조공기를 가열하는데 사용한다. ○ 보일러용 BFG예열기 : 보일러용 BFG예열기의 보일러 배가스와 BFG의 예열기로써 BFG는 CO를 함유하는 위험한 가스이나, 분리형 히트파이프식 열교환기를 사용하는 경우에는 BFG가 접하는 응축부와 배가스가 접하는 증발부가 완전히 분리되어 있어 혼합의 위험이 없이 열교환을 할 수 있다. ○ 습식배연탈류장치 : 화력발전소의 습식배연탈류장치에서 배출되는 가스는 연돌에서 배출되기 전에 재가열을 행하고 있으며, 여기에 분리형 히트파이프식 열교환기를 사용하여 탈류장치에 유입하는 미처리가스의 현열로 탈류처리배출가스를 가열하는 방식이다.

● 기타

- 에너지관리공단의 에너지이용합리화 자금 이용가능
- 에너지절약 전문기업을 통한 정책자금 사용가능



▲ 에너지기술연구소에 설치된 분리형 히트파이프식 열교환기