

# 판형열교환기를 이용한 배열회수 장치

유해성 / 부회장

장한기술(주) (hsryu@janghan.co.kr)

박형준

장한기술(주) 부설연구소 (hjpark@janghan.co.kr)

최규성

한국에너지기술연구원 (kschoi@kier.re.kr)

## 서론

1992년 유엔의 지구 온난화 방지를 위한 기후변화 협약이 발표된 후, 온실가스 배출 목표를 설정하고 공동의 차별화된 감축의무를 시행하기로 합의한 교토의정서가 2005년 2월 공식 발효됐다. 최근 2007년 12월 인도네시아 발리에서의 논의는 이를 좀 더 광범위하게 적용하는 계기가 됐고, 2009년까지 저감목표와 국가별 의무감축률이 확정될 것이다. 현재 우리나라는 경제협력개발기구(OECD) 국가 중 온실가스 배출량 6위, 에너지 부문 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량은 세계 10위이다. 이중 산업 설비 및 기기에서 배출하는 온실가스의 양은 2억 톤 정도로 한국 전체 온실가스 배출량의 1/3 정도를 차지한다.

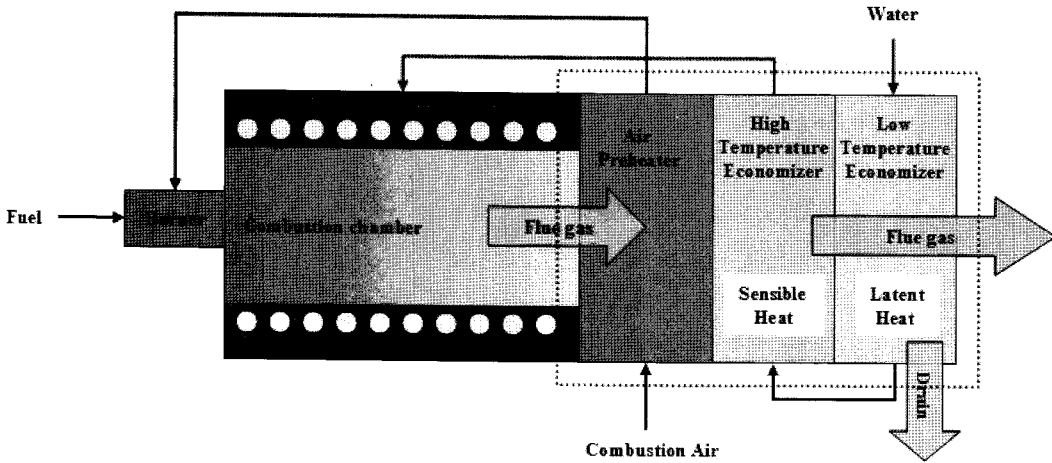
이와 같은 산업용 설비 및 기기의 온실 가스 배출량을 줄이기 위하여 배기가스 및 폐증기, 폐온수 등의 방출량 감소 및 방출되는 열의 회수가 필요하다.

최근 산업용 보일러의 효율을 높이고, 대기로 방출되는 배기가스의 온도를 낮추기 위한 노력으로 고효율 판형열교환기를 이용한 “차세대 산업용 보일러” 개발이 진행 중이다.

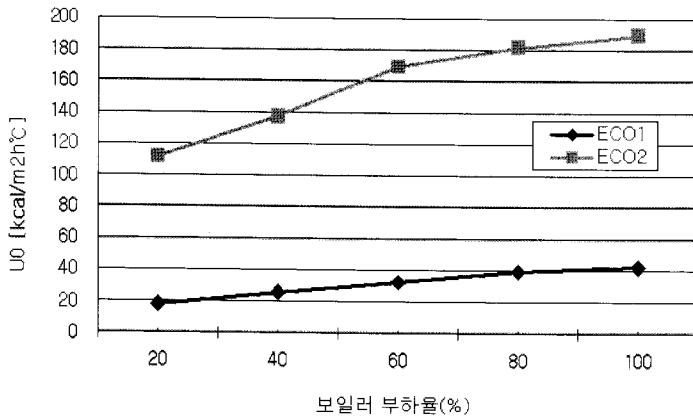
## 산업 설비 기기의 배열회수 시스템

화석연료를 연소시켜 발생하는 열을 이용하는 산업용 설비 기기들은 고온의 배기가스를 방출하게 된다. 이때 방출되는 배기가스의 열을 효율적으로 회수하기 위한 장치를 배열회수 장치라 하며, 회수 시킨 열을 이용하여 급수 또는 공기의 예열에 사용한다. 그림 1은 배기가스의 현열과 배기가스 내의 수분의 응축열을 효율적으로 회수하기 위한 응축형 배열회수 시스템을 보여주고 있다. 배기가스의 온도가 100℃ 이하가 될 경우 수분이 응축이 되며, 응축수의 잠열을 회수하여 효율을 극대화 시킬 수 있다. 그러나 일반적으로 배열회수 장치로 사용되는 핀-튜브 열교환기는 그림 2와 같이 판형 열교환기 대비 총괄전열계수가 작기 때문에 응축수의 잠열 회수를 위해서는 큰 전열면적이 필요하다.

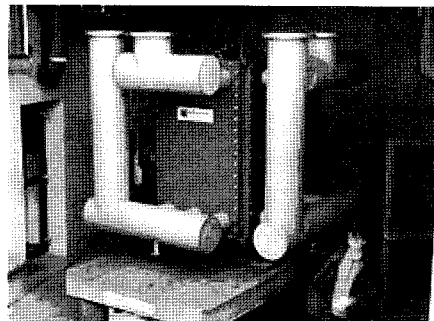
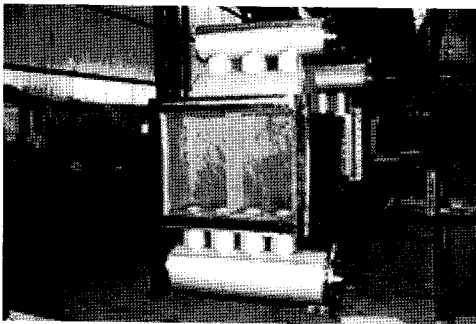
선진국에서는 산업용 보일러 및 소형열병합발전과 같은 산업용 설비기기의 배열회수 장치의 콤팩트화 및 응축수의 잠열 회수를 위한 그림 3과 같은 판형 열교환기 기술이 일반화 되어 있다. 국내에서도 그림 4와 같은 셸 앤 플레이트(shell & plate) 판형열교환기를 제작/판매하고 있다.



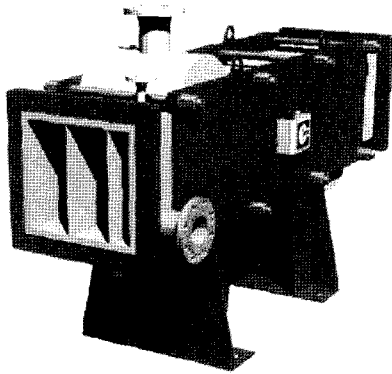
[그림 1] 고효율 산업용 보일러의 배열회수 시스템



[그림 2] 핀-튜브 열탄기(ECO1)와 판형 열탄기(ECO2)의 총괄전열계수 비교



[그림 3] Shell & Plate(Barrigaud, France)

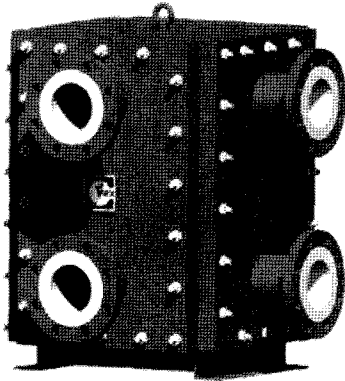


### 고효율 보일러의 배열회수 장치

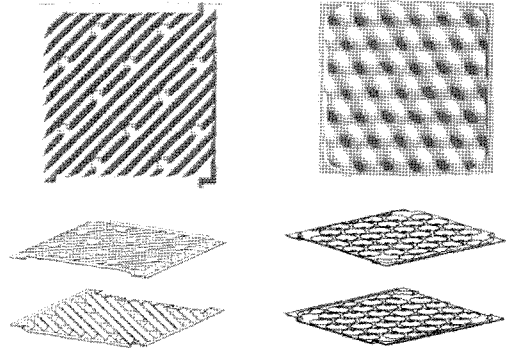
앞에서 언급한 2005 에너지·자원기술개발 과제의 일환으로 진행되고 있는 “차세대 산업용 보일러”의 배열회수 장치는 판형열교환기를 사용하여 배기가스 출구 온도를 50℃ 전후로 낮추는 효과로 보일러 효율을 2~3%pt 향상 시키는 결과를 보였다.

그러나 그림 5와 같은 일반적인 Chevron /Dimple 형태의 판형 열교환기를 사용한 판형열교환기는 핀-튜브 열교환기와 비교하였을 경우 전열 성능은 우수하나 송풍 저항이 다소 높음을 확인 할 수 있었다.

그림 6은 1.0 t/h급 관군연소 보일러(그림 7)에서



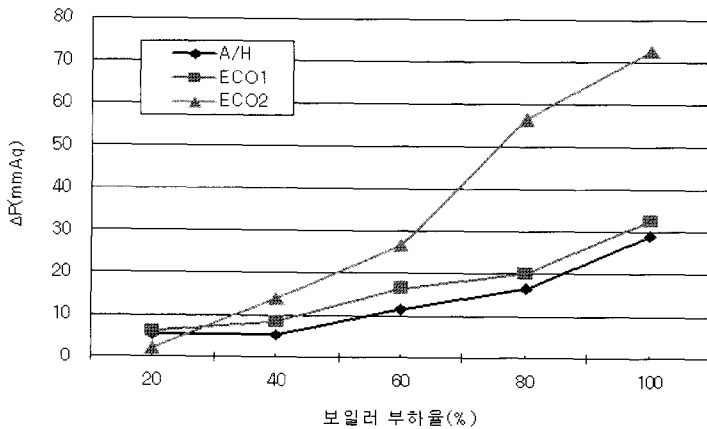
[그림 4] Shell &Plate (ViEX, 장한기술)



a) Chevron Plate

b) Dimple Plate

[그림 5] 판형 열교환의 종류



[그림 6] 부하별 압력손실



의 판형 공기예열기(A/H)와 핀-튜브 절탄기(ECO1), 판형 절탄기(ECO2)의 부하별 압력손실을 보여주고 있다.

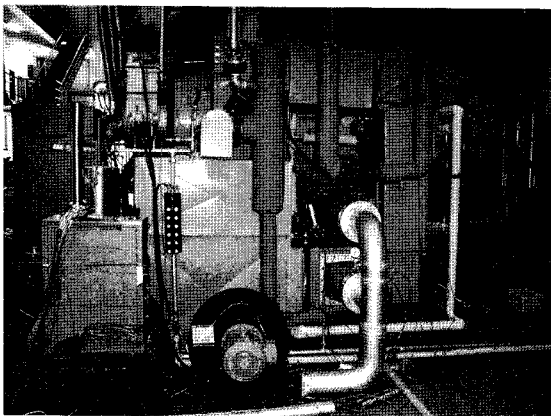
절탄기는 배기가스와 급수의 체적차이가 크다. 따라서 판형 열교환기를 절탄기로 이용을 할 경우 비대층 채널(고온측과 저온측 채널 높이 또는 채널수가 서로 다른) 구조여야 필요 전열면적과 압력손실을 동시에 만족이 가능하다. 그러나 일반적으로 내압을 견디기 위하여 판형 열교환기는 대층 구조로

제작이 된다.

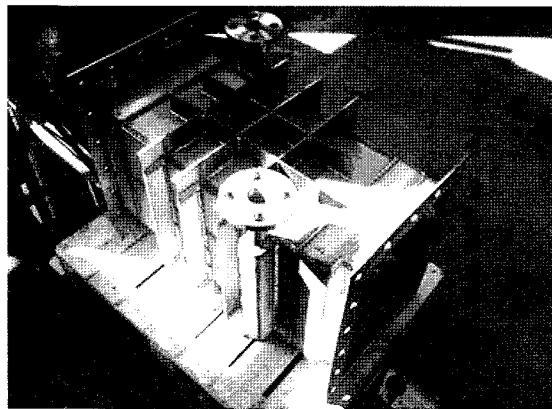
본 연구에서는 이러한 판형 열교환기의 단점을 극복하기 위한 판형 열관의 패턴(Pattern)을 개발하여 실험 중이다.

그림 8은 실험에 사용된 판형 절탄기 외형이다. 그림 9는 절탄기 모듈에 대한 전산유체 해석을 수행한 결과이며, 실험값과 비교 검토한 결과 압력손실 및 전열성능 모두 유사한 결과를 얻었다.

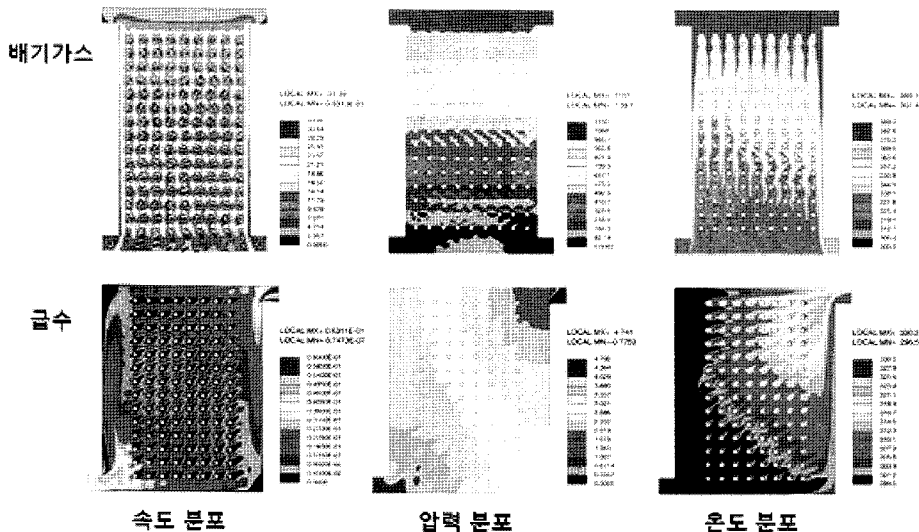
공기예열기는 배기가스와 공기의 온도차에 의한



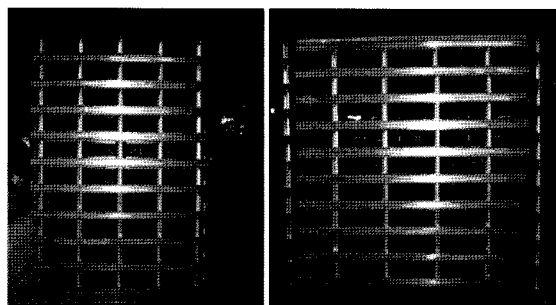
[그림 7] 1.0 t/h 고효율 관군연소 가스 보일러



[그림 8] 판형 절탄기(1.0 t/h용)



[그림 9] CFD Simulation for Dimple plate



a) Air side

b) Gas side

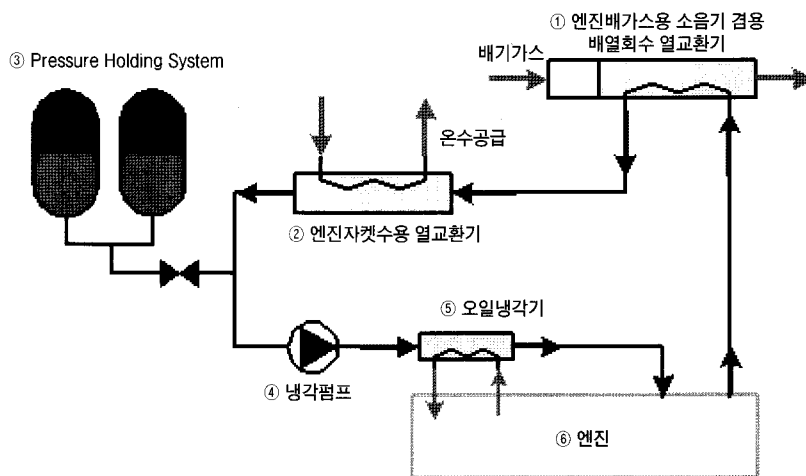
[그림 10] 공기에열기의 열교환기 코어

체적만 고려하면 된다. 따라서 직사각형 형태의 열관을 이용할 경우 쉽게 압력손실에 대한 문제를 해결할 수 있다.

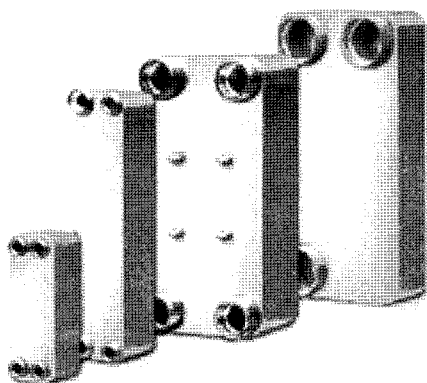
그림 10은 공기에열기의 열교환기 코어이며, 진공로를 이용한 브레이징(brazing) 용접기법으로 제작되었다. 브레이징 용접은 대량생산이 용이하여 제품의 가격 경쟁력을 높여 준다.

### 소형열병합 발전의 배열회수 장치

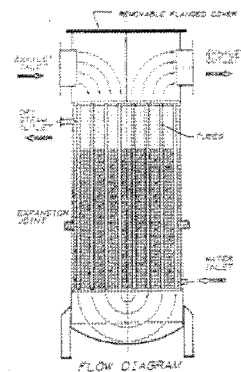
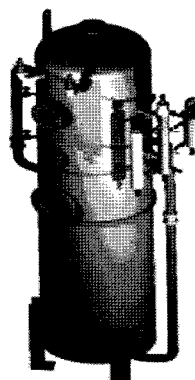
그림 11은 가스엔진으로부터 배출되는 고온(500



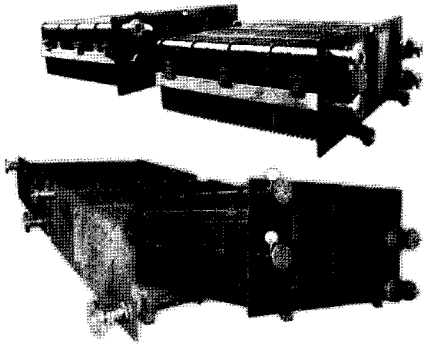
[그림 11] 가스엔진 소형열병합발전의 배열회수 시스템



[그림 12] 브레이징 열교환기 (장한기술)



[그림 13] Shell & Fined-Tube Type 소음기 겸용 열교환기 (Beird 사)



[그림 14] Plate Coil (ViEX, 장한기술)

~ 600℃)의 배기가스의 폐열을 회수하여 온수를 공급하는 가스엔진 소형열병합발전의 배열회수 시스템이다. 여기서 엔진자켓수용 열교환기, 오일 냉각기는 기존에는 개스킷(gasket) 타입 판형열교환기를 사용을 하였으나, 고온에서의 내구성이 우수한 그림 12와 같은 브레이징 타입의 열교환기를 사용을 하고 있다.

엔진배기가스 열교환기는 보일러 시스템의 절탄기(economizer)와 동일한 역할을 하지만, 배기가스의

방출온도가 높고, 유속이 빠르기 때문에 체적변화에 따른 소음 문제를 추가적으로 해결하여야 한다.

따라서, 소음기를 별도로 장착하거나 그림 13과 소음기 겸용 배열회수 열교환기를 사용을 한다. 소형열병합 발전의 배열회수 장치의 콤팩트화 및 고효율화를 위해서 판형 열교환기가 필요하며, 현재 그림 14와 같은 형태를 응용을 한 소음기 겸용 판형 배열회수 장치 개발이 진행 중이다.

### 결론

산업용 보일러 및 소형열병합발전 등 산업용 설비 및 기기의 지속적인 고효율화 노력은 배열회수 열교환기에 대한 관심을 낳고 있다. 이러한 노력으로 판형열교환기를 이용한 고효율 배열회수 열교환기 기술 개발은 가속화되고 있다.

판형열교환기를 이용한 배열회수 기술은 적용시스템에 대한 기술 의존도가 낮다. 따라서 다른 영역으로의 기술 활용이 용이하여 산업용 설비 및 기기 전반의 고효율화 및 콤팩트화에 큰 역할을 할 것이라 판단된다. ㉔