

흡수식 고 효율화 방안

이중효용 흡수냉동기의 고효율화 방안과 당사(한국 캐리어)에서 개발한 흡수식 냉동기를 소개하고자 한다.

문인식

캐리어 GAC팀 (IS.Moon@carrier.co.kr)

서 언

흡수냉동기는 1777년 영국의 NAIRNE에 의해 흡수 냉동기 이론을 발표한 이후 1945년 미국 CARRIER사가 냉매로서 물, 흡수제로서 리튬브로마이드(LiBr)를 이용한 이중 효용 흡수냉동기가 세계 최초로 상용화 되면서 공조용 및 산업용 냉방기기로서 보급되기 시작하였다. 이러한 흡수식 기술은 일본에서 이중효용 흡수냉동기 및 냉온수기를 개발하면서 공조용 및 산업용 냉·난방기기로서 널리 보급되기 시작하였으며, 최근에는 고효율 이중효용 흡수냉동기 및 냉온수기(COP 1.2~1.3)를 개발하여 제작·판매하고 있으며 또한 삼중효용 흡수냉온수기(COP 1.6)를 개발하고 있다. 그리고 세계 흡수냉동기 시장은 일본 및 중국을 중심으로 고효율 흡수냉동기 시장으로 재편되고 있다. 그러나, 우리나라에는 아직 일본 기술에 의존한 표준 COP 이중효용 흡수냉동기 및 냉온수기(COP 1.01)를 제작 판매하고 있는 실정이다. 따라서 본 고에서는 이중효용 흡수냉동기의 고효율화 방안과 당사(한국 캐리어)에서 개발한 흡수식 냉동기를 소개하고자 한다.

흡수냉동기의 고효율화 방안

흡수냉동기의 고효율화 방안은 크게 아래 4가지 카테고리로 분류할 수 있다.

(1) 사이클(Cycle)에서 열을 회수하는 방안

- 용액 열교환기의 전열효율 개선 : 용액 열교환기는 효율을 향상시킬 수 있는 가장 큰 인자(factor)이다. 일반 셸&튜브 타입 열교환기의 효율은 일반적으로 약70%이다. 관형 열교환기를 적용하면 효율을 90%까지 향상시킬 수 있으며 냉동기의 COP를 약12% 향상시킬 수 있다.
- 응축냉매 열 회수기(CHX) 설치 : 저온재생기와 응축기 사이에 응축 냉매 열 회수기를 설치하여 냉각수로 배출되는 냉매증기의 응축열 회수한다. 이는 냉동기의 COP를 약4% 향상시킬 수 있다.
- 흡수기에 용액 열 회수기 설치 : 흡수기 상단에 용액 열 회수기를 설치하여 흡수기 입·출구의 열을 교환 함으로서 약2%의 COP를 향상시킬 수 있다.

(2) 흡수기 및 증발기의 성능개선

- 2단 흡수기 및 증발기 구조 : 흡수기와 증발기를 고온동과 저온동으로 구분하고 이단 용액 스프레이 시스템을 적용 함으로서 용액 순환량을 줄일 수 있고 튜브의 젖음성을 좋게 하여 흡수기 출구의 농도 및 온도를 낮출 수 있다. 이로서 냉동기의 COP를 약2% 향상시킬 수 있다.
- 고효율 전열관 적용 : 고효율 흰 튜브(fin tube) 또는 튜브 표면처리 등을 통하여 전열효율을 증대 시킴으로써 COP를 약3% 향상시킬 수 있다.
- 기타 냉수 및 냉각수의 온도차를 크게 하는 방안 (대수 온도차 방법), 용액 및 냉매의 순환량을 조절하여 필름(film) 두께를 최적화 함으로서 전열 효율을 증대 시키는 방안, 엘리미네이터 및 튜브

번들의 압력강하를 최소화 하여 효율을 향상 시키는 방안 등이 있다.

(3) 배기가스로부터의 열 회수

- 고온재생기의 배기가스 덕트에 배기가스 열교환기를 설치하여 배기가스의 열을 회수 함으로서 COP를 약6% 향상 시킬 수 있다.
- 이는 두 가지 방법으로 구분된다. 첫째, 흡수기로부터 묽은 용액을 배기가스 열교환기로 보내 배기가스의 열을 회수한 후 재생기로 보내는 방안과 둘째로 외부 공기를 배기가스 열교환기로 보내 배기가스의 열을 회수한 후 버너로 보내는 에어프리히팅(air pre-heating)방안이 있다.

(4) 용액 흐름방식 개선

- 용액의 흐름 방식을 다양화 함으로서 COP 향상 및 결정 방지 효과를 얻을 수 있다.

한국 캐리어사의 고 효율 흡수 냉동기 개발

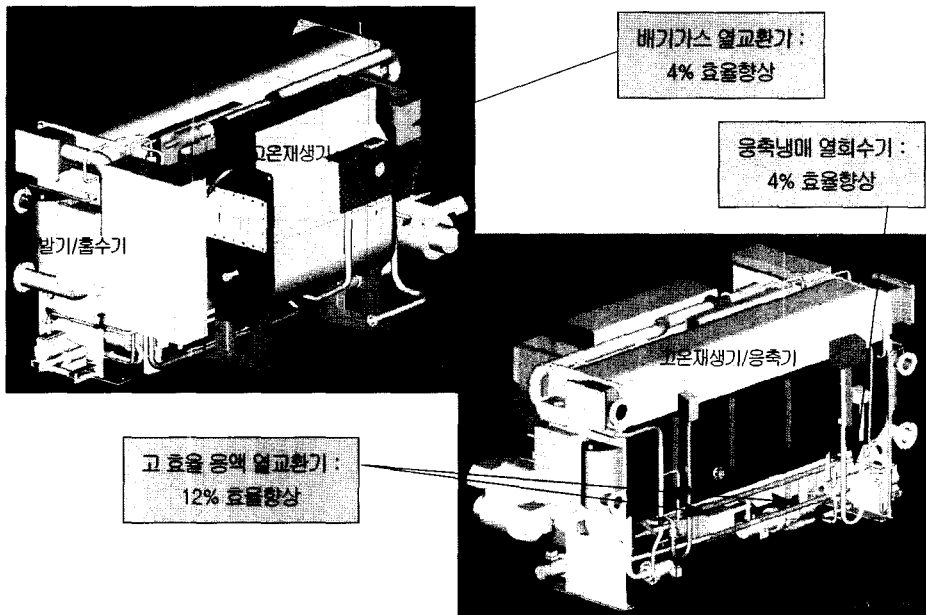
당사는 일본으로부터 기술도입에 의존하여 온 흡수식 냉동기의 기술을 미국 캐리어 연구소와의 공동으로 몇 년에 걸쳐 자체 개발에 성공하였다. 이러한 흡

수식 기술의 노하우는 고 효율 흡수 냉동기 개발로 이어졌으며, 당사는 단기간에 고 효율 흡수 냉동기를 개발에 성공하였고 현재 국내 및 중국에서 판매되고 있다. 이에 적용된 기술을 간단히 서술하고자 한다.

고 효율 냉동기를 위한 주요 적용 기술

- (1) 고 효율 용액 열 교환기(H1/H2) 적용 => COP 12% 향상.
- (2) 응축냉매 열 회수기(CHX) 적용 : 냉각수로 배출되는 냉매증기의 응축열 회수 => COP 4% 향상
- (3) 용액 배기가스 열 교환기(FGR) 적용 : 배기가스로부터 열 회수 => COP 4% 향상
- 4) 용액흐름 방식 개선 : 저온 열 교환기의 진한 용액측 농도를 묽게 하여 줌으로서 용액결정 방지 및 0.3% COP 향상.

당사에서는 제품 크기 및 가격 경쟁력을 고려하여 상기 4가지 요소만 적용하였다. 아래 그림 1은 고 효율 흡수냉동수의 구조 및 주요 열 회수기의 설치 위치를 보여 준다.



[그림 1] 구조도



사이클다이어그램 (CYCLE DIAGRAM)

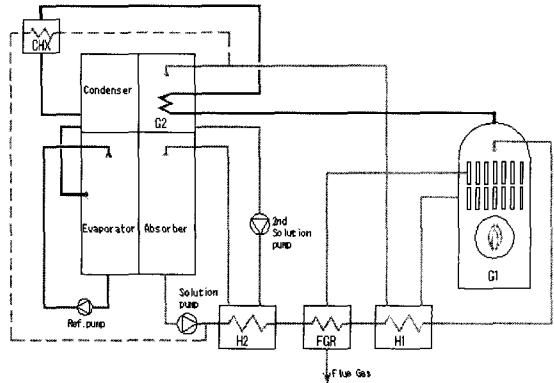
고효율 흡수냉온수기 Cycle Diagram은 그림 2 High COP Cycle Diagram과 같다.

설계 결과

당사는 180RT 시제품을 제작하여 시험하였으며, 그 결과 설계조건과 거의 유사한 성능과 제품크기 및 제조원가 달성을 이룩할 수 있었다.

성능시험 결과

표 1은 그 시험결과를 나타내고 있으며, 설계조건과 거의 유사한 성능 결과를 얻을 수 있었다. 다만 냉수 및 냉각수 입·출구 온도(RTD Sensor 적용 ; +0.1°C Tolerance)를 제외한 온도는 Thermo-couples을 이용하여 약간의 측정 오차는 있을 수 있다. 그리고 유량계 및 각 온도 Sensors는 당사 정밀 측정실의 Calibrator에 의해 보증 되었다.



[그림 2] 고효율 흡수식 냉온수기 Cycle Diagram

제품크기 및 중량

본 연구에서 16DNH018(180RT) ECS를 통하여 표 2의 제품크기 및 중량과 같이 고효율 흡수냉온수기의 제품의 크기는 표준 냉온수기와 동일하며, 제품중량은 2.4% 증가하였다.

<표 1> High COP Performance Test Result

ITEM	Unit	Design Cond	KS Test	ARI Test
A Leaving Temp	℃	40.4	38.6	36.2
H2 Tube Leav Temp	℃	83.1	85.4	81.9
H1 Leav Temp	℃	143.5	144.2	138.3
G1 Leav => H1 Shell Eent Temp	℃	155.4	156.0	150.2
H1 Shell Leav Temp	℃	93.9	97.2	92.6
G2 Leav Temp	℃	90.2	93.0	89.1
A Ent Temp	℃	45.4	45.8	42.5
Correct gas flow	m ³ /hr	42.6	43.2	42.6
HHV	kcal/m ³	10550	10550	10550
LHV	kcal/m ³	9495	9495	9495
Gas input heat corrected	ton	148.8	150.7	148.6
Corrected capacity	ton	180.0	180.2	179.7
System COP based on HHV		1.210	1.196	1.209
System COP based on LHV		1.344	1.328	1.343
Heat Balance		0.999	1.026	1.005
Concentration				
- A leaving	%	57.9	58.17	57.09
- G1 leaving	%	60.8	61.83	60.98
- G2 leaving	%	63.1	63.49	63.17

<표 2> 제품크기 및 중량비교

- v High COP(16DNH) Dimension is same with Standard(16DN)
- v High COP(16DNH) Shipping Weight Is increased around 2.4% as adding FGR, CHX and Circulation.

Tonage	16DN / 16DNH Dimension (mm) W x H x L	16DN Shipping Weight (Kg)	16DNH Shipping Weight (Kg)
120	1797x2081x2811	4270	4346
180	1866x2056x3631	5352	5466
240	2070x2313x3679	6444	6596
330	2113x2381x4780	8166	8375
400	2360x2630x4788	10075	10328
500	2493x2820x4867	12098	12415
560	2905x3102x5510	15440	15795
630	2905x3102x5510	17660	18040
700	2905x3102x5510	18730	19173

Note 1. 16DN ; Standard COP Machine, 16DNH ; High COP Machine
 2. Dimension ; Same with 16DN, Weight ; Increased 2.4%.

제조원가

당사에서는 고 효율 흡수냉온수기의 제조원가는 표

준 흡수냉온수기 대비 추가로 설치되는 배기가스 열 교환기 등의 원가상승 요인만으로 제작할 수 있었다.

결론

당사에서는 흡수냉동기의 효율을 20% 향상시킬 수 있었으며, 설계 program과 시험 결과가 그의 유사함을 검증 함으로서 본 설계 program을 이용하여 model extension을 할 수 있었다. 또한 제품의 크기는 기존 냉동기와 동일 크기로 설계할 수 있으며, 소폭의 원가상승만으로 20%의 성능향상 및 에너지 절감 효과를 얻을 수 있었다. 앞으로 판형 열교환기의 국산화를 이룩할 경우 표준제품과 거의 동일한 제조원가로 제작이 가능할 것이다. *