

저온수2단흡수냉난방기의 개발

구 기 동, 김 상 호, 류 진 상[†], 이 재 영, 서 종 철, 장 훈

한국지역난방공사, (주)월드에너지

Development of Single effect/Double lift Absorption Chiller & Heater for a District Heating Net work

Ki-Dong Koo, Sang-Ho Kim, Jin-Sang Ryu[†], Jae Young Lee, Jong Cheol Seo, Hoon Jang

Korea District Heating Corp., [†] World Energy Co. Ltd

ABSTRACT: This is to report the result of Development of Single effect/Double lift absorption chiller & heater which is used in the district heating net work. The heating cycle was newly developed to make the secondary hot water from evaporator and the cycle change-over function was added for the heating to the cooling mode and the cooling to the heating mode. Finally, it was assured through the site trial operation that the outlet temperature of primary hot water can be produced lower than 68°C when the outlet temperature of secondary hot water is 60°C.

Key words: Single effect/Double lift absorption chiller & heater(저온수2단흡수냉난방기), Heating Cycle(난방사이클), Cycle change-over(냉난방전환), Primary hot water(1차측 온수)

[†] Corresponding author

Tel : 82-31-501-2704, Fax : 82-31-501-2705

E-mail address : jsryu@worldenergy.co.kr

동주택에까지 그 사용범위를 넓이고자 하는 것이다.

1. 서론

계절에 따른 에너지 불균형을 해소할 목적으로, 또한 경제적이고 안전한 기기로 개발된 저온수2단 흡수냉동기가 75 ~ 1000RT의 범위까지 상품화되었지만, 냉방 이외에는 사용할 수 없으므로 난방을 위해 기존 방식의 판형열교환기가 설치하여야 하고, 모든 연결 배관을 흡수냉동기에서 판형 열교환기로 전환해야 하는 불편함이 있다.

저온수2단흡수냉동기는 궁극적으로 상업용건물의 냉방뿐만이 아니라 공동주택의 냉방을 고려하여 개발된 기기이므로, 냉난방겸용기기로 확대 개발하여, 별도로 설치되는 난방전용판형열교환기(컴팩트유니트)의 투자비용을 절감하고, 단순한 조작만으로도 쉽게 냉난방전환을 할 수 있는 기기로 발전시켜 공

2. 개발목표

현재 사용 중인 저온수2단흡수냉동기에 가스흡수 냉난방기에서 사용하는 것과는 다른 새로운 난방사이클을 적용하여 1차측 온수입출구온도 115 ~ 70°C 일 때, 2차측 온수 입출구온도 55 ~ 60°C가 가능하고, 이러한 냉난방의 전환이 제어판넬의 스위치조작으로 가능한 저온수2단흡수냉난방기를 개발하고, 이러한 개발결과를 실제로 운전 중인 저온수2단흡수 냉동기에 적용하여 상업적으로 적용이 가능함을 확인하는 것으로 하였다.

3. 난방사이클과 냉난방전환방법의 연구

1차측 온수의 열로 재생기에서 흡수액을 비등시켜, 발생된 냉매증기가 증발기로 가서 열을 전달해야 하는 조건에서 2차측 온수 출구온도가 60°C 일 때, 1차측 온수 회수온도를 70°C 이하로 낮추어야 한다. 1차측 온수 회수온도와 2차측 온수출구온도사

이 온도차가 적은 조건에서 열을 전달하기 위해, 흡수액에 냉매증기가 흡수될 경우 온도가 상승하는 흡수기의 원리를 활용한 사이클을 개발하였다. 아래의 그림이 가스직화식 흡수냉온수기의 온수생산 방식과 다른 현재 개발된 저온수2단냉난방기 방식을 보여 준다.

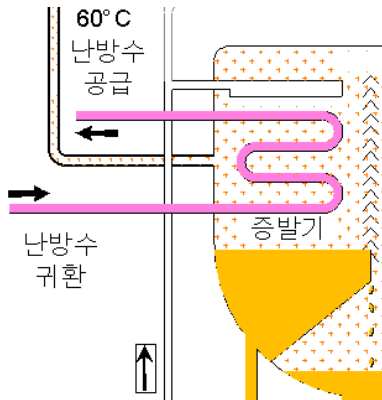


Fig. 1 직화식흡수냉난방기 방식

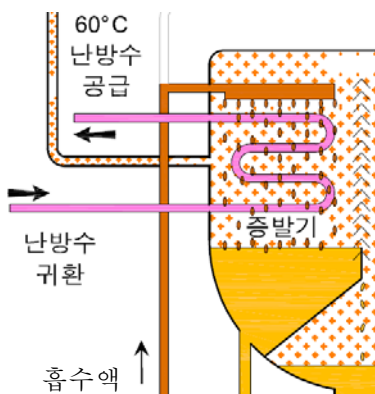


Fig. 2 저온수2단냉난방기 방식

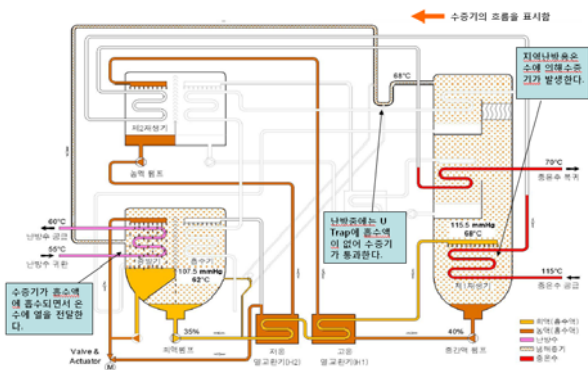


Fig. 3 저온수2단냉난방기 난방 계통도

또한 냉난방운전모드의 전환이 가능하도록 하기 위해 증발기로 흡수액 산포배관, 제1재생기와 증발기사이의 냉매가스배관, 냉난방전환을 위해 U Trap을 개발하였다. Fig.3은 개발된 난방사이클의 계통도이다.

4. 제어로직의 연구

난방운전을 위해, 또한 냉방에서 난방으로, 난방에서 냉방으로 변환을 위해, 운전모드변환제어로직을 연구 개발하였다. 난방운전시 1차측 온수의 입구 온도가 115°C이므로 1차측 온수의 유량을 온도에 따라 아래의 그림과 같이 제어하는 Program를 개발하고, 난방에서 냉방으로 전환시 흡수액으로 오염된 냉매를 정제하는 Program 등을 개발하였다.

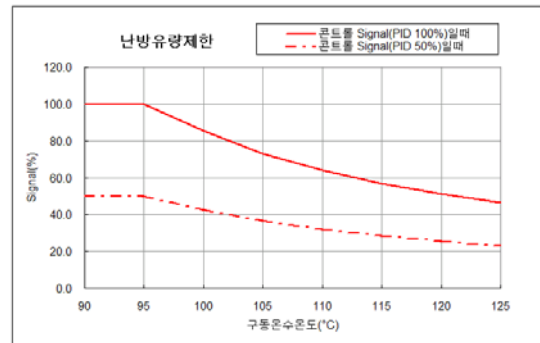


Fig. 4 온수량 제한 제어로직

공동주택의 관리 수준(전문적인 운전관리자가 상주하지 않음)을 고려하여 아래의 그림과 같이 냉난방기의 제어판넬의 모니터에서 스위치의 조작만으로도 냉난방을 자동으로 변환할 수 있고, 제어판넬의 모니터에서 냉난방의 운전을 감시할 수 있도록 개발하였다.



Fig. 5 모니터의 냉난방 운전 감시 화면

5. 냉난방 전환밸브의 개발

냉난방겸용기기는 동절기에 난방운전사이클을 난방사이클로, 하절기엔 그 반대로 전환시켜야 한다. 그리고 그러한 전환을 위해 배관계통의 흐름을 변화시킬 수 있는 전환밸브가 필요하고 그 밸브를 자동으로 개폐하여야 한다. 흡수액에 의한 부식 문제로 인하여 흡수냉동기에서는 기밀관리가 가장 중요한 품질 조건임을 고려하여 밸브 스템(Stem)에서 허용누설량이 $1 \times 10^{-6} \text{ atm.cc/sec}$ (1일 허용 누설량이 0.1cc이하임)이하가 되도록 한 전동구동용 고기밀 벨로우즈밸브 (Motorized Bellows Valve)를 개발하였다. 아래의 그림은 벨로우즈를 밸브 스템(Stem)에 적용한 밸브의 그림이다

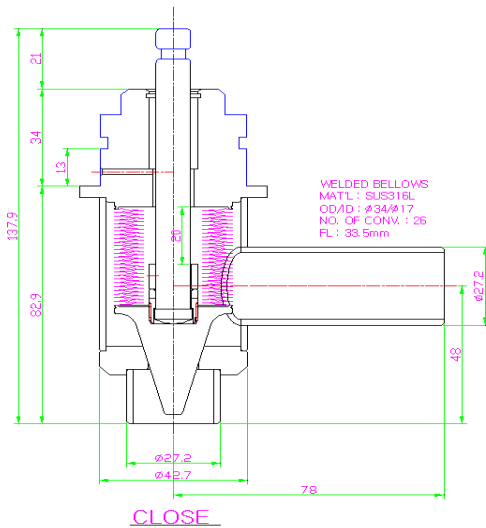


Fig. 6 냉난방 전환 벨로우즈밸브



Fig. 7 벨로우즈밸브의 신뢰성 시험기

벨로우즈밸브 (Motorized Bellows Valve)의 내

구연함과 신뢰성을 확인하기 위해 Fig. 7과 같은 신뢰성 시험장치를 가지고 3개월간 수명가속시험을 수행하였다.

6. 시범적용

본 연구를 통해 개발된 난방사이클, 난방배관계통, 고기밀 벨로우즈 밸브, 난방운전과 냉난방전환 제어로직을 한국지역난방공사 본사에 설치된 300RT급 저온수2단흡수냉동기에 시범적으로 적용하여 냉난방의 변환, 난방운전, 난방운전 중 1차온수의 회수온도 70°C 이하의 실현 등이 가능한지 확인한다. 아래 그림과 사진은 2008년 겨울에 시범적용을 위해 개조된 저온수2단흡수냉동기 설계도면과 개조공사가 완료된 후의 형상을 보여 준다.

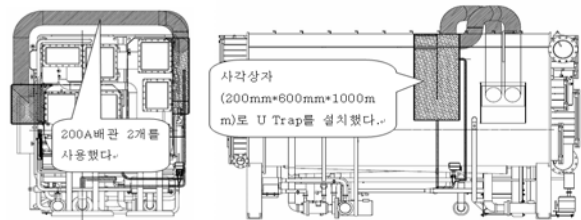


Fig. 8 냉난방개조 도면



Fig. 9 개조공사 완료사진

7. 난방운전 결과

난방사이클의 연구 결과로 냉난방배관 계통이 설계되었고, 개발된 고기밀 벨로우즈 밸브를 사용하여 한국지역난방공사 본사 설치 300RT급 (모델 2AB300)을 개조하여 시험하였다. 2007년 시범운전을 한 결과 냉난방의 자동변환, 난방운전 등의 연구 과제는 성공하였는데 난방운전의 중요한 목표인 “1

차온수의 회수온도 70℃이하”를 실현하지 못하였다. 따라서 그에 대한 원인 분석을 하고, 2008년에 추가로 배관설계와 공사를 하여 2차로 시범운전을 하였고 최종적으로 1차온수의 회수온도 67~68℃를 실현하였다. 아래의 도표는 그 운전결과를 기록한 것으로 난방부하를 조금씩 증가시켜 100% 이상으로 운전하는 경우에도 1차온수의 회수온도가 68℃이하로 유지되고 있음을 보여 준다.

Load Rate		%	100%	80%	60%	40%	20%
Generator side	Heat Capacity	kcal/h	907,200	725,760	544,320	362,880	181,440
	Concentration	%	40%	40%	40%	40%	40%
	Boiling Temp.	°C	68	68	68	68	68
	Pressure	mmHg	115.5	115.5	115.5	115.5	115.5
	Steam Cond. Temp.	°C	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5
Evaporator	Concentration	%	35%	35%	35%	35%	35%
	Absorbing Temp.	°C	62	62	62	62	62
	Pressure	mmHg	107.5	107.5	107.5	107.5	107.5
	Steam Cond. Temp.	°C	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0
Allowable	Pressure Drop	mmHg	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	Condensing T	°C	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5
Steam Properties	Pressure	mmHg	115.5	115.5	115.5	115.5	115.5
	Viscosity	N.s/m ²	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011
	Enthalpy, hg	kcal/kg	620.8	620.8	620.8	620.8	620.8
	Enthalpy, hf	kcal/kg	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5
	Enthalpy Diff	kcal/kg	566.3	566.3	566.3	566.3	566.3
	Density, x=100	kg/m ³	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102
	Volume flow	m ³ /s	4.4	3.5	2.6	1.7	0.9
	Mass flow	kg/s	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1
	Indiameter	mm	200	200	200	200	200
	Pipe	Pipe number	EA	2	2	2	2
Total Cross Area		m ²	0.0628	0.0628	0.0628	0.0628	0.0628
Steam Velocity		m/s	70	56	42	28	14
Cd			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Pressure Loss	Sudden Contraction	Pa	123	79	44	20	5
	Pipe Length	mmH ₂ O	13	8	5	2	1
	Friction factor		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	Reynold No.		0.0180	0.0180	0.0180	0.0180	0.0180
	Friction Loss	Pa	131,641	105,313	78,985	52,656	26,328
	Friction Loss	mmH ₂ O	133	85	48	21	5
	Friction Loss	mmH ₂ O	14	9	5	2	1
	Total DP	Pa	607	388	218	97	24
	Total DP	mmH ₂ O	62	40	22	10	2
	Total DP	mmHg	4.6	2.9	1.6	0.7	0.2
Elbow Loss	Short Coefficiency		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	Elbow number		6	6	6	6	6
	Elbow Loss	Pa	296	189	106	47	12
	Elbow Loss	mmH ₂ O	30	19	11	5	1
Elbow Loss	mmHg	2	1	1	0	0	

Fig. 10 난방배관계통의 압력손실 해석

이러한 연구의 일환으로 진행된 이번의 연구는 직화식흡수냉난방기와 같은 형태로 저온수2단흡수냉동기의 증발기에서 냉방용 냉수와 난방용 온수를 공급할 수 있도록 개발하는 것이었다. 결과적으로는 별도의 난방장치(난방용 Compact Unit)를 설치하지 않아도 난방이 가능하도록 하였고, 기존의 직화식흡수냉난방기보다 한 단계 더 발전하여 제어판넬의 스위치조작만으로 냉난방 변환을 가능하도록 하여 그 편리성을 증대시켰다.

본 과제의 연구에서 가장 어려웠던 것인 “1차측 회수온도 70℃이하의 실현”에 대해서도, 2차측 난방용 온수의 공급온도가 60℃일 때, 1차측 지역 난방용 온수의 회수온도를 68℃까지 달성하여 본 과제의 목표치인 70℃이하로 낮추었다. 하지만, 저온수2단흡수냉난방기의 난방사이클 1차측 회수온도인 70℃는 대류 · 공조난방용 난방열교환기의 1차측 설계회수온도인 55℃(복사난방용 은 50℃)에 비해 높으므로, 저온수2단흡수식냉난방기의 난방사이클을 지역난방에 적용하기 위해서는 새로운 난방사이클의 개발 등 1차측 회수온도를 낮추기 위한 지속적인 기술개발이 필요하다.

후기

본 연구는 2007~2009년 한국지역난방공사의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- ASHRAE Handbook Fundamentals 1989. Refrigerant Tables and Charts page 17.70
- Takata Akihito, 1992, Absorption chiller and Heat pump pp. 284-285
- Masahiro Furugawa and Eiichi Enomoto, 1998, Heat Transfer Enhancement for Absorber of Absorption Heat Pump, Jour. HTSJ, Vol. 37
- M. Furugawa and T. Kaneko, 1992, Heat Transfer Performance of Various Tubes for Absorber of Absorption Chiller, Japan Heat Transfer Symposium, 1992
- J. I. Yoon and W. S. Seol, 1988, Experimental investigation of enhanced heat

8. 결론

1999년에 개발샘플(Prototype)로써 40usRT급을 개발하고, 2006년에 75 ~ 820usRT 범위까지 저온수2단흡수냉동기를 상업화함으로써 저온수2단흡수냉동기에 의한 지역냉방의 기초를 만들었다.

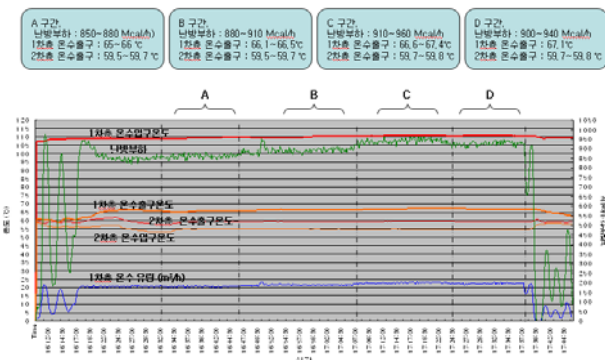


Fig. 11 난방운전 측정 Data

and mass transfer for LiBr/H₂O absorber,
Korean Journal of Air- Conditioning and

Refrigeration Engineering, Vol. 10, pp.
581-588. 1998