

WORK BARGE 선의 냉동·공조 SYSTEM

남 임 우, 정 재 천[†], 김 봉 제

신성 엔지니어링(주)

HVAC & Refrigeration System for Work Barge Vessel

Im-woo Nam, Jae-chun Jung[†], Bong-je Kim

Department of Marine Division, Shinsung engineering Co., ltd, Busan 1437-29, Korea

ABSTRACT:

최근 작업자 숙소 및 이송용 외에 작업용으로 사용 가능한 Barge선의 일종인 Accommodation Work Barge 선의 건조량이 증가 추세인 바 현재 중국에서 건조 중인 해당 선박의 HVAC & Refrigeration system에 대하여 정리하였다.

본 시스템은 R404A Direct expansion 냉각방식 (직접팽창방식)이 적용되었으며 HVAC system 중 Air conditioning 부분에 대해서는 선박의 각 Deck 기준으로 Zoning 하여 개별적인 Air handling unit와 Condensing unit를 구성하였으며 (각 unit의 용량은 필요용량의 100%), 냉동 창고의 Refrigeration system은 해당 격실 (육고, 어고, 야채고)에 각각 Unit cooler를 설치하고, Condensing unit를 기계실에 설치하였다. 장비는 전체 용량 100%에 대하여 항상 운전하는 100% 용량의 장비와 비상시에 운전하는 100% 용량의 예비 장비로 구성된다. 냉동 창고에 인접한 Dry provision store는 냉동 창고와는 별개로 중앙 공조기로부터의 냉각 공기를 이용하여 Spot cooling하였다.

본 System의 구성에 대한 장점 및 단점은 아래와 같다.

1. Air conditioning system이 각 Zone에 대하여 구성되므로 각 Zone에 대하여 제어가 가능하다.
2. Air con. 실에 Air handling unit와 Condensing unit가 설치되므로 냉매 배관의 길이가 짧다.
3. Air con. 실에 Air handling unit와 Condensing unit가 설치되므로 실내의 Maintenance space 상에 여유가 없다.

Key words: Accommodation Work Barge, Air handling unit (공조기), Condensing unit (응축 유닛), Package air conditioner

1. 서 론

최근 건조되는 선박 중 작업자 숙소 및 이송용 외에 작업용으로 사용 가능한 Accommodation Work Barge의 건조량이 많아지고 있다. 과거의 선박은 선장실 및 기관장실 이외의 일반 선실에

대한 온도·습도 요구치가 낮았으나 근래에는 선장실 및 기관장실 포함한 모든 선실에 대해 공통적인 만족도를 요구하고 있다. 따라서 각 선실 기준의 제어가 이루어질 수 있어야 한다.

이에, 현재 중국 조선소에서 건조 중인 Accommodation Work Barge에 적용 설계된 HVAC & Refrigeration system에 대하여 해당 System의 장·단점 분석 및 추후 진행 방향에 대하여 서술하려 한다.

[†] Corresponding author
Tel.: +82-51-554-6025; fax: +82-51-554-1716
E-mail address: jcyjung@shinsung.co.kr

2. 선박의 개요

2.1 선박의 종류

일반적으로 선박의 용도에 따른 선박 분류는 아래와 같다.

2.1.1 General cargo vessel

운반선에는 Bulk carrier, Container carrier, Crude oil tanker, Chemical tanker, Gas tanker, Roro carrier 등이 있다.

2.1.2 Passenger ship

2.1.3 Navy vessel

2.1.4 Patrol ship

2.1.5 Fishing vessel

2.1.3 Special ship

2.1.6 Offshore plant

Offshore 장비에는 FPSO, Semi-submersible, Drill ship 등이 있다.

2.2 Accommodation Work Barge란.

Barge선은 바닥의 구조가 평평하며, 항내 (港內), 내해 (內海), 호수, 하천, 운하 등지에서 화물을 운반하는 소형 선박을 말한다.

Barge는 일반적으로 Barge와 Lighter로 구분된다. 두 지점 사이에서 화물이나 인원을 운반하는 배를 Barge, 항내 (港內)에 대형선이 접안할 수 없는 경우 화물을 싣고 내리기 위해 본선 옆에 대는 배를 Lighter라고 한다. Barge는 별도의 추진기(推進機)가 갖추어진 경우도 있으나 Tug boat (예인선)에 의해 끌려 다니는 경우가 보통이다. 본문의 Accommodation Work Barge는 추진기는 적용되어 있지 않으며, 작업자 숙소 및 이송용 외에 작업용으로 사용 가능한 Barge 선의 한 종류이다.



사진.1 Accommodation Work Barge

3. HVAC SYSTEM

3.1 설계 조건

본 선박의 공조 설계 조건은 표.1과 같다. 해당 선박은 하계에만 운항하는 기준으로 하계의 냉방 유지 조건은 외기온도 +35℃, 상대습도 95% 및 실내온도 +23~25℃, 상대습도 50~60%이다.

일반 선실 및 공실에 대해서는 공조 조건을 적용하고, 일부 구역에 대해서는 온도 제어 없이 냉풍만을 공급해 주는 Spot cooling을 적용한다. (Spot cooling 구역 : Galley, Laundry, Changing room, Store, Dry provision store, etc)

표.1 일반 공조 설계 조건

	하계 조건	동계 조건
실 외	+35℃, 95%	-10~0℃
실 내	+23℃, 60%	+20℃
냉각수	해수 +32℃	해수 +2℃
주전원	AC415V x 50Hz x 3Ph	

3.2 Deck별 공조 시스템 적용

본 선박의 공조 시스템은 표.2과 같이 각 Zone 별로 별도의 공조 시스템 (Air conditioning system)을 적용하였다. Zone 별로 각각의 Air handling unit (중앙 공조기) 및 Water cooled condensing unit (수냉식 응축기 유닛)을 설치하여 Zone 별로 제어한다.

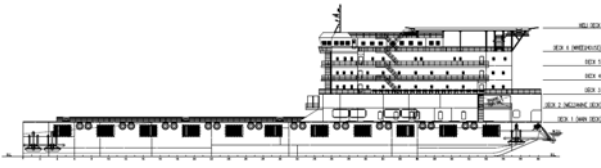


그림.1 Work barge의 구조

표.2 Zone별 적용 구역

Zone	적용 구역
1 구역	Deck-1 : 전체
	Deck-2 : 전체
2 구역	Deck-3 : 전체
	Deck-4 : "Cinema non-smoke"
3 구역	Deck-4 : "Cinema non-smoke" 제외
	Deck-5 : Gymnasium, Mess rm
4 구역	Deck-5 : Gymnasium, Mess rm 제외
	Deck-6 : 전체

3.3 공조 시스템 구성

공조 System은 Water chilling system과 Direct expansion system으로 구성할 수 있는데 그 비교표는 표.3과 같다.

표.3 냉각 System 비교

	직접 팽창식	Chilled water
장비구성	Condensing unit와 Air handling unit를 각 Zone별로 각각 1대씩 별도로 설치 (용량 100%)	기계실에 냉수 unit 2대 설치하고 (1대는 Stand-by), 각 Air handling unit와 연결
장점	Zone별 개별 제어 짧은 냉매 배관	예비품 비용 절감
단점	Maintenance 공간	자재비 증가

본 선박의 공조 시스템은 R404A 대체냉매를 사용한 Direct expansion 냉각 방식 (직접팽창식) 을 적용하며, 표.4과 같이 각 Zone 별로 구성된

다. 각 Zone에 대해서는 Zone 별로 최대 용량의 제품을 선정하여 동일한 제품을 적용하였다.

각 Compressor는 용량제어변이 부착되어 있어 부하에 따라서 0-33-66-100%의 용량으로 운전 가능하도록 되어 있다.

표.4 공조시스템 구성

Zone	장비	수량
1 구역	Air handling unit (320 m ³ /min)	1 unit
	Condensing unit (320 kW)	1 unit
2 구역	Air handling unit (320 m ³ /min)	1 unit
	Condensing unit (320 kW)	1 unit
3 구역	Air handling unit (320 m ³ /min)	1 unit
	Condensing unit (320 kW)	1 unit
4 구역	Air handling unit (320 m ³ /min)	1 unit
	Condensing unit (320 kW)	1 unit
-	Starter panel	4 unit

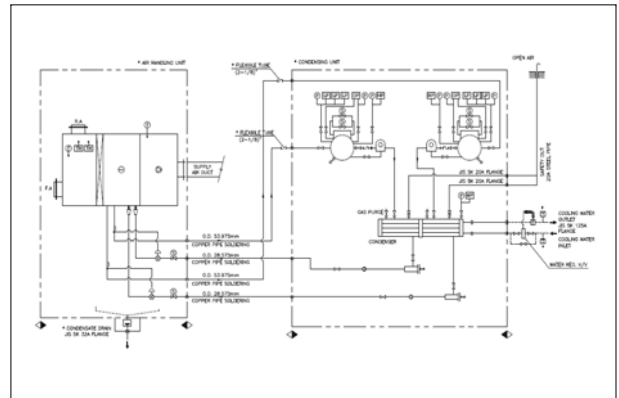


그림.2 공조 시스템 구성

3.4 시스템 세부 사양

해당 Air conditioning system의 세부 사양 및 장비의 구성품은 아래와 같다.

3.4.1 Water cooled condensing unit

- 1) 장비 사양
 - 냉동능력 : 320 kW (91 USRT)
 - 증발온도/응축온도 : 5℃ / 41℃

- 소요동력 : 102.6 kW
- 냉각수량 : 76.3 m³/h

2) 장비 구성품

- Comp. : 개방형 왕복동식 (Bitzer 6F.2Y)
- Motor : 전밀폐형 (45kWx4P)
- Condenser : 셸 앤드 튜브식
- Oil separator
- Filter drier
- Sight glass
- Stop valve
- 안전 장치 : 압력 스위치, 안전 밸브 외
- 기타 Accessories



사진.2 Water cooled condensing unit

3.4.2 Air handling unit

1) 장비 사양

- 냉각능력 : 320 kW (91 USRT)
- 풍량 : 19,200 m³/h
- 총정압 : 200 mmAq
- 송풍기 모터 : 18.5 kW

2) 장비 구성품

- Fan : 다익형 시로코 타입 (#3.5)
- Motor : 전밀폐형 (18.5kWx4P)
- Air filter
- Cooling coil : Al. fin & copper tube
- Eliminator
- Expansion valve

- Solenoid valve
- Stop valve
- 기타 Accessories



사진.3 Air handling unit

3.4.3 Starter panel

1) 장비 제어 범위

- 장비 작동/정지
- 용량 제어
- Compressor motor Space heater 작동/정지
- Fan motor Space heater 작동/정지
- AHU 수동-자동 선택
- Compressor 수동-자동 선택

2) 장비 구성품

- Breaker (차단기, M.C.C.B)
- Magnet contactor (접촉기)
- Over current relay (과전류 계전기)
- Ampere meter, Running hour meter
- 각종 Switch, Lamp 외

3.5 개별 공조 시스템

본 선박의 공조 시스템 중 중앙 공조가 불리하고 선박 SOLAS (해상인명안전규약) 규정에서 언급하는 구역은 별도의 개별 공조를 적용하였다. (적용 : Galley, Main switchboard room)

Galley의 경우, spot cooling 이외에 추가로 보조 Package air conditioner를 설치하고, Main switchboard room 또한 중앙 공조로 제어가 부적합하고 SOLAS 규정에서 별도의 Package air

conditioner를 설치하도록 규정하고 있다.

표.4 개별 공조 시스템

	장 비	수량
Galley	Package air conditioner	1 unit
M.S.B.R	Package air conditioner	1 unit



사진.4 Package air conditioner

3.6 환기 시스템 (Ventilation system)

3.6.1 Mechanical supply & exhaust fan

표.5 Mechanical fan

	장 비	풍량
S-1	Deck.1 Machine shop/store	6,000 m ³ /h
S-2	Deck.1 Machine shop/store	5,000 m ³ /h
S-3	Deck.1 Galley	4,000 m ³ /h
S-4	Engine room	55,000 m ³ /h
E-1	Deck.1 Galley	4,000 m ³ /h
E-2	Deck.3 Toilet	3,000 m ³ /h
E-3	Deck.4 16 WCS	3,000 m ³ /h
E-4	Deck.2 Prov. Comp room	2,000 m ³ /h
E-5	Deck.3 16 Shower	2,000 m ³ /h
E-6	Deck.4 16 Shower	2,000 m ³ /h
E-7	Deck.1 CO2 room	1,500 m ³ /h
E-8	Deck.1 WP	1,500 m ³ /h
E-9	Deck.1 Change room	1,200 m ³ /h
E-10	Deck.2 Prov. store	800 m ³ /h

	장 비	풍량
E-11	Deck.4 Cinema smoking	800 m ³ /h
E-12	Deck.1 Paint store	500 m ³ /h
E-13	Deck.1 Crew laundry	500 m ³ /h
E-14	Deck.4 Officer laundry	500 m ³ /h
E-15	Recr. Room	500 m ³ /h
E-16	Deck.5 Gymnasium	500 m ³ /h
E-17	Deck.5 Toilet	500 m ³ /h

3.7 시스템의 장·단점

본 System의 구성에 대한 장점 및 단점은 아래와 같다.

- 1) Air conditioning system이 각 Zone에 대하여 구성되므로 각 Zone에 대하여 제어가 가능하다.
- 2) Air con. room에 Air handling unit와 Condensing unit가 설치되므로 냉매 배관의 길이가 짧다.
- 3) Air con. room에 Air handling unit와 Condensing unit가 설치되므로 실내의 Maintenance space 상에 여유가 없다.

3.8 향후 진행 방향

현재 국내 및 중국 조선소에서 진행하고 있는 동형의 선박 수량이 많다. 따라서 본 시스템에 대한 수요와 요구가 증가할 것이며, 논문에서 적용되지 않은 기타 시스템에 대한 요구가 있을 것으로 보인다.

Accommodation Work Barge는 선박의 구조상 일반 상선과 달리 Generator (발전기)의 용량을 크게 할 수 없으므로 전력이 적게 드는 기타의 시스템으로의 전환이 필요하다.

추후 검토해 볼 만한 시스템으로는 아래와 같은 시스템이 있다.

3.8.1 Chilled water cooling 방식

기계실 측에 Chilled water unit를 설치하고 각 Zone에 Air handling unit를 설치한다. 이 시스템을 적용할 경우, 예상되는 장점은 하나의 장비로 모든 Air conditioning system을 제어할 수 있고

장비에 대한 예비품을 적게 가져갈 수 있다는 것이다. 반면, 예상되는 단점은 냉수 배관이 필요하므로 배관 자재 및 관련 펌프 등의 자재가 필요하며 기계실의 Chilled water unit의 고장 발생 시 조치 중에는 전체 공조 시스템을 작동할 수 없다는 것이다.

3.8.2 Multi air conditioner 방식

Air cooled condensing unit를 실외 또는 별도의 Air con. room에 설치하고 각 Room에 실내기를 설치한다. 각 구역의 Zoning은 수요자의 요구 또는 장비 용량에 따라 결정이 가능하다.

본 시스템을 사용하였을 경우 예상되는 장점은 Duct 작업이 없으며, Duct space에 비해 작은 배관 및 배수 파이프 연결용 공간만 확보되면 된다는 것이다. 또한 Remote control을 이용하여 각 방에서 개별적인 온도 제어가 가능하다는 것이다. 반면, 예상되는 단점은 선박에서 요구되는 필요 외기를 위한 별도의 외기용 덕트 및 외기 도입용 송풍기가 필요하며, 현재 상용되는 실외기 제품이 해풍에 노출될 경우 내구성 문제가 있다.

4. REFRIGERATION SYSTEM

4.1 설계 조건

본 선박의 식료 저장 창고 설계 조건은 표.6과 같다. 육고와 어고는 냉동실로서 유지 온도 -20°C 이며, 야채고는 냉장실로 유지 온도 $+8^{\circ}\text{C}$ 이다.

각 냉동실 및 냉장실은 별도의 Chamber로 제작되어 선박에 설치되며, Dry provision store가 인접하여 있다.

표.6 냉동 창고 설계 조건

	Room volume	유지 온도
육 고	Abt. 45m^3	-20°C
어 고	Abt. 50m^3	-20°C
야채고	Abt. 40m^3	$+8^{\circ}\text{C}$
냉각수	해수 32°C	
주전원	AC415V x 50Hz x 3Ph	

4.2 식료 저장 창고의 냉동 시스템 적용

본 선박의 냉동 시스템은 각 실에 대하여 Unit cooler 1대씩을 설치하고 선박의 기계실 구역에 Water cooled condensing unit를 설치한다. 냉동 창고에 인접한 Dry provision store의 경우는 본 시스템과 연결하지 않고 중앙 공조기로부터의 냉각 공기를 이용하여 Spot cooling한다.

4.3 식료 저장 창고의 냉동 시스템 구성

본 선박의 식료 저장 창고 시스템은 R404A 대체냉매를 이용한 Direct expansion 냉각방식(직접 팽창식)을 적용하며, 장비의 운전시간은 하루 18시간으로 설계하였다. 전체 용량 100%에 대하여 항시 운전하는 100% 용량의 장비와 비상시에 운전하는 100% 용량의 예비 장비로 구성된다.

각 Compressor는 용량제어변이 부착되어 있어 부하에 따라서 0-33-66-100%의 용량으로 운전 가능하도록 되어 있다.

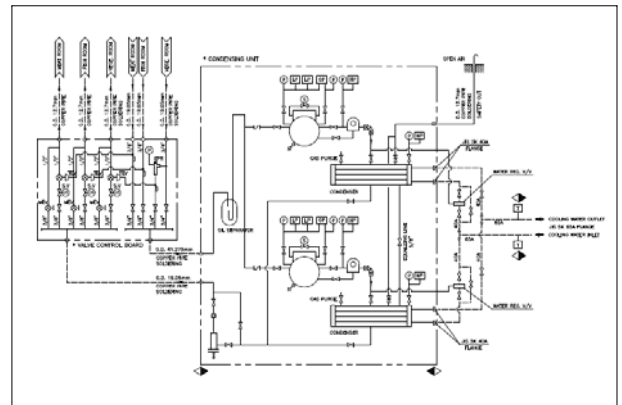


그림.4 냉동 시스템 구성

표.7 냉동시스템 구성

	장비	수량
1	Condensing unit (12.4 kW)	2 unit
2	Unit cooler	3 set
3	Starter panel	1 set
4	Valve control board	1 set

4.4 시스템 세부 사양

해당 Refrigeration system의 세부 사양 및 장비의 외형은 아래와 같다.

4.4.1 Water cooled condensing unit

- 1) 장비 사양
 - 냉동능력 : 12.4 kW (3.53 USRT)
 - 증발온도/응축온도 : -25℃ / 41℃
 - 소요동력 : 7.4 kW
 - 냉각수량 : 9.8 m³/h
- 2) 장비 구성품
 - Compressor : 개방형 왕복동식
 - Motor : 전밀폐형
 - Condenser : 헬 앤드 튜브식
 - Oil separator
 - Filter drier
 - Sight glass
 - Stop valve
 - 안전 장치 : 압력 스위치, 안전 밸브 외
 - 기타 Accessories

4.4.2 Unit cooler



사진.5 Unit cooler

4.4.3 Valve control board

- 1) 장비 구성품
 - Thermo. expansion valve
 - Solenoid valve
 - Manual expansion valve
 - Stop valve 외

4.4.4 Starter panel

- 1) 장비 제어 범위
 - 장비 작동/정지
 - Unit cooler 작동/정지
 - 용량 제어
 - Compressor motor Space heater 작동/정지
 - Compressor 수동-자동 선택
 - Solenoid valve 수동-자동 선택
 - 격실 온도 조절기
- 2) 장비 구성품
 - Breaker (차단기, M.C.C.B)
 - Magnet contactor (접촉기)
 - Over current relay (과전류 계전기)
 - Ampere meter, Running hour meter
 - 각종 Switch, Lamp 외

4.5 시스템의 장·단점

해당 Refrigeration system의 장점 및 단점은 아래와 같다.

- 1) Condensing unit의 용량제어가 용이하다.
- 2) 장비의 내구성 및 정비성이 우수하다.
- 3) Unit cooler와 Condensing unit가 떨어져 있어 배관 작업 및 결선 작업이 필요하다.
- 4) Unit cooler와 Condensing unit가 떨어져 있어 별도의 공간이 필요하다.
- 5) 각 보관실이 Chamber 구조로 되어 있어 공간이 많이 필요하다.

4.6 향후 진행 방향

Accommodation Work Barge는 선박의 구조상 일반 상선과 달리 식료 저장 창고의 물량 및 운전 기간이 길지가 않으므로 현재와 같이 보관물에 따라서 Chamber를 구성하고, 별도의 냉동 장치를 구성하는 대신 일체화된 냉동·냉장고를 선박에 설치하는 방법이 있다. 이 경우 장비 설치에 대한 공간이 줄어들고 배관 및 결선에 대한 비용이 절감될 수 있다.

5. 결론

국내외 유가의 상승으로 인한 석유시추작업과 관련된 해양구조물에서의 작업은 바다 한가운데에서 진행됨으로 인해 많은 작업인원의 숙소와 이송용 및 작업용으로 사용가능한 Work Barge 선의 향후 많은 건조가 예상된다. 이에 승선인원과 작업인원에게 보다 쾌적하고 좋은 환경 조건을 만들기 위해서는 HVAC & Refrigeration System의 설계가 적절히 되어야 한다.

HVAC & Refrigeration System의 설계 시에 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 1) Air conditioning 구역을 Deck 별로 Zoning 한다.
- 2) Spot cooling area를 선정한다.
- 3) Return할 수 있는 Air conditioning된 공조 공기를 산정한다.
- 4) 냉각 System은 Water chilling system을 적용할 것인지, Direct expansion system을 적용할 것인지 결정한다.
- 5) Air handling unit는 각 Deck 별로 두어 개별 제어한다.
- 6) 식료 저장 창고의 Refrigeration system은 일체화된 냉동·냉장고를 선박에 설치하는 방법을 적용한다.