

## LNG Cargo Pump 소개

전상규\* · 정기철\* · 김현식\* · 서영수\* · 구영하\*

### 1. 서론

석유, LPG, LNG 등과 같은 액체상태의 Bulk 화물을 운송하는 선박은 탱크 내부로 적재 또는 탱크에서 선체 외부로 화물을 하역하기 위해 유체에 압력을 가하는 기기를 Cargo Pump라고 한다. 수송선에 설치되는 LNG Cargo Pump는 LNG 선박에서 가장 핵심이 되는 기기로서 극저온상태의 LNG를 적재/하역하는 역할을 담당하는 높은 기술 수준을 요구하는 기자재에 속한다. LNG 선박은 건조비가 일반 화물선에 비해 2배 이상 되는 고부가가치선이지만 전체적인 LNG 선박 기자재의 국산화율은 30~40% 정도로 미흡하다. 특히 세계에서 가장 많은 LNG 선박을 건조하는 국내 빅3 조선사는 LNG 선박에 채용되는 Cargo Pump를 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 현재 미국의 EBARA International Corporation Cryodynamics Division이 전 세계 공급 물량을 독점하고 있으며 일본의 SHINKO와 NIKKISO도 후발로 개발하여 일부 시장을 차지하고 있다.

그림 1은 각 탱크마다 LNG 적재/하역하기 위해 사용되는 LNG Main Cargo Pump, 탱크나 파이프라인 냉각 및 LNG를 기화기로 이송하거나 탱크내 잔류 LNG제거시 사용하는 Spray/Stripping Pump,

Main Cargo Pump 고장 시 작동되는 Emergency Pump를 나타내며, LNG 수송선 1대당 소요 LNG Pump 수량은 표1과 같다.

그림 2는 LNG 선박의 카고탱크와 그 내부의 Main Cargo Pump, Spray/Stripping Pump를 포함한 시스템 계통도를 보여주며, Main Cargo Pump를 통하여 흡입되고 토출되는 LNG는 배출라인을 통하여 Liquid Cross Over Line을 통하여 배출된다.

LNG Cargo Pump는 고난이도의 기술이 필요함과 동시에 신뢰성 문제를 극복해야하는 과제를 안고 있다. 본 원고에서는

LNG Cargo Pump에 대한 소개 및 시험설비에 대해서 간략하게 소개하고자 한다.

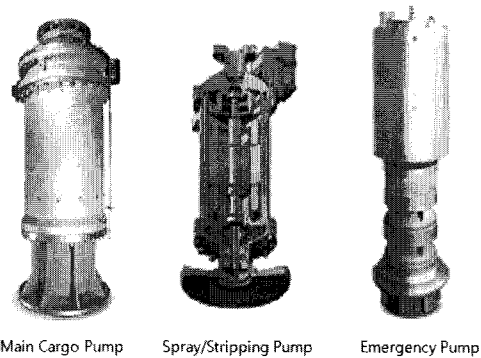


그림 1. LNG Cargo Pump 종류 3가지

표. 1 LNG 수송선 1대당 소요 LNG Pump 수량

구분	탱크당 수량	LNG 수송선 1척당 수량
LNG Main Cargo Pump	2/tank	8
LNG Spray/Stripping Pump	1/tank	4
LNG Emergency Pump	1/ship	1

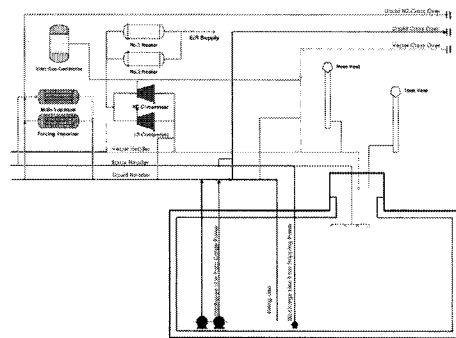


그림 2. LNG Cargo Pump 시스템 계통도

\* 효성에바라(주) 기술연구소  
Email : hec-sgjun@hyosung.com

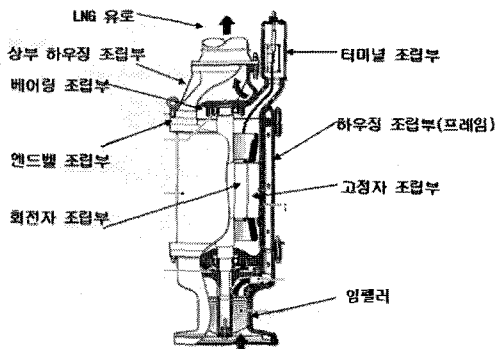


그림 3. LNG Cargo Pump의 구조

## 2. 본 론

### 2.1 LNG Cargo Pump 및 주요 구성품

LNG Cargo Pump는 그림 3과 같이 LNG 유로와 연결되는 하우징 상부 조립부, LNG 흡입을 위해 임펠러와 연결되는 하우징 하부 조립부, 전동기 구성품인 프레임, 고정자, 회전자, 베어링부로 구성된다. 각 부품의 재료는 극저온 환경에 내구적이고 친화적인 알루미늄 합금 및 스텐레스강을 주로 사용하고 있으며, 다음은 각 주요 구성품에 대해서 살펴보기로 한다.

#### 2.1.1 Submerged Motor

LNG Cargo Pump는 발전기에서 생성된 전기가 카고 탱크 내부에 있는 LNG Cargo Pump의 Submerged Motor에 전달되고, 이 Motor가 펌프의 축을 회전시켜 LNG를 흡배출하는 메커니즘을 가지고 있다. 이 Motor가 LNG라는 극저온 유체에 잠겨서 운전되기 때문에 고정자 및 회전자의 극저온용 재질 및 절연재를 필요로 하며, 자체 Impeller를 통하여 흡입되는 LNG는 베어링 윤활 및 모터 권선 냉각에 사용된다.

#### 2.1.2 Impeller 및 Casing

Impeller는 LNG Cargo Pump의 성능을 결정하는 가장 중요한 부품으로 요구되는 유량과 양정을 최대한 효율적으로 이송할 수 있도록 설계하여야 한다.

Casing은 임펠러를 빠져 나온 유체의 운동에너지를 압력에너지로 전환하는 부분으로서, 압력에너지로의 전환을 최대한 증가시키는 것이 중요한 기술이다.

상기 Impeller와 Casing은 유체에 에너지를 전달하는 펌프의 핵심을 이루는 부분으로, LNG Cargo Pump 개발을 위한 다경험의 노하우와 고성능의 펌프를 설계할 수 있는 수력 설계 기술이 필요하다.

#### 2.1.3 Inducer

LNG 기화에 의한 캐비테이션에 의한 성능 저하를 보완하기 위해 임펠러 입구부에 Inducer라는 완충장치를 부착한다. LNG Cargo Pump의 성능을 국외 선진기업과 동등한 성능을 가지기 위해서는 Inducer의 외형 설계기술 노하우 습득을 통해 Inducer의 최적의 형상을 구현하여 Main Cargo Pump, Spray/Stripping Pump와 Emergency Pump용 최적성능의 Inducer를 각각 필요로 한다.

#### 2.1.4 하우징 및 구조물

저온과 고온영역에서의 온도차에 따른 재질변화가 있을 수 있으며, 열팽창에 따른 각 조립부의 공차가 발생 할 수 있기 때문에 넓은 온도범위에서 사용되고 저온영역에서 취성이 적고 연성과 강성이 유지되는 극저온용 소재를 개발하고 개발된 소재에 대한 가공기술과 조립기술을 요하고 있다.

#### 2.1.5 Cryogenic Flexible Cable

Cryodynamics Power Feed Cable(극저온 전력선)은 600V의 전압과  $-200^{\circ}\text{C}$ 의 극저온 환경에 적합하게 제작된다. 저온에서 유연성을 가지는 극저온용 Cable은 Ship Yard에서 제공하는 해상용 Cable과 Junction Box에서 연결되기 이전까지의 물량을 LNG Cargo Pump 공급자는 제공하여야 한다.

#### 2.1.6 베어링

모든 펌프는 추력평형기구가 있고, 없음을 상관없이 Thrust Bearing과 Radial Bearing을 구비하고 있다. LNG Cargo Pump에도 상부베어링과 하부베어링이 설치된다. 이 베어링은 Thruster 하중에 대하여 만족시키는 기능을 있다. 또한 케이싱 내측에 베어링이 있어 Pumping되는 액체에 의해 윤활이 되는 형식을 채택하고 있다.

특히 저온 영역에서 사용이 가능한 베어링으로 수명에 대한 계산과 예측이 가능해야하고 충분한 신뢰성확보를 위한 수명 시험이 이루어져야 한다.

### 2.2 LNG Cargo Pump 시험설비

LNG Cargo Pump 성능에 문제가 발생하였을 때 LNG 선박 또는 LNG 인수 터미널은 심각한 사태를 맞이할 수 있기 때문에 사전에 철저한 성능시험을 통해 모든 문제를 해결하는 것이 중요하다. 또한 수요자는 이러한 시험결과들을 국제공인시험기관에서 발급하는 시험성적서와 생산기업이 제시할 수 있는 모든 성능지표를 요구할 것이기 때문에 성능시험 설비에서 산

출되는 데이터는 가장 중요한 요소이다.

그림 4는 Storage Tank, Test Loop, Control Room, LNG Cargo Pump로 구성되어 있는 국외 선진기업의 Test Facility로 인구밀집지역이나 산업지역과는 지리적으로 격리된 장소에 위치하고 있다. 상기 Test Loop에 대한 상세도를 그림 5에 나타낸다. 이 Test Facility는 LNG Cargo Pump 성능시험을 포함하여 극저온 환경에서 사용되는 기기 및 기자재에 대한 종합 시험이 가능하다.

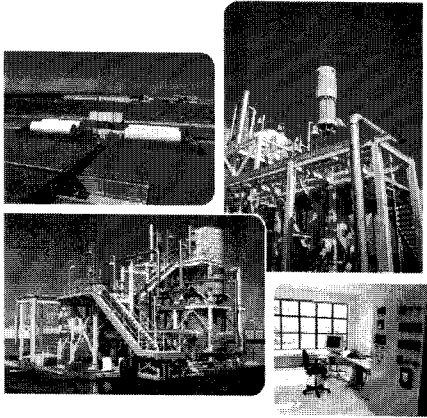


그림 4. LNG Cargo Pump Test Facility

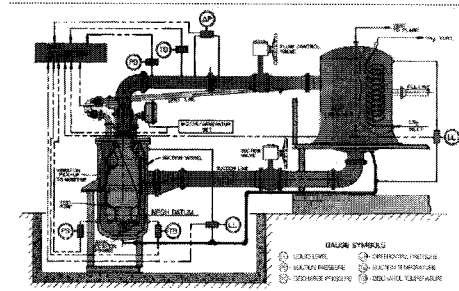


그림 5. LNG Cargo Pump Test Loop

### 3. 결론

LNG Cargo Pump는 단순히 LNG 선박에만 국한하여 사용되는 것이 아니라 육상 및 해상 모든 LNG 시스템(Terminal, FPSO, FSRU)에 적용되는 고부가가치 제품으로 국내에서는 설계기술이 없어 100% 전량 수입에 의존하고 있으며, 일부 업체에서 이에 대한 국산화를 검토하고 있으나, 극저온용 펌프 시험설비 투자비 때문에 적극적으로 개발하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 LNG Cargo Pump를 포함한 LNG선의 밸브를 포함한 기자재를 국산화하기 위해서는 극저온용 기기를 시험할 수 있는 시험설비를 국가차원에서 구축하는 것이 선행되어야 한다. 시험 설비의 구축에 따라 현재 전량 수입에 의존하고 있는 LNG 펌프를 포함한 밸브 등의 기기들에 대한 설계 기술을 확보할 수 있을 것이며, 관련 부품산업의 발전에 크게 이바지할 것으로 기대된다.