

### 3. 특집 : LNG 선박의 최근 동향

#### LNG 선박의 추진시스템

#### Propulsion System for LNG Carrier



정 훈 경

Hun-Kyung Chung

- (사) 한국선급 기관기술팀
- E-mail : hkchung@krs.co.kr

1964년부터 건조되어 현재 운항중인 Membrane형이나 Moss형 LNG 운송선박의 추진 장치는 증기터빈과 감속기어장치를 가지는 구조로 되어 있다. 운송화물인 LNG의 boil-off(증발)가스(BOG)를 보일러의 일부 연료로 이용하기 위하여 사용되고 있으나, 열효율은 디젤엔진 추진 장치보다 낮다.

LNG 운송선박의 대형화에 따라 기존 선박의 속도인 19.5~21.0 knots를 만족시키기 위해서는 출력증가가 요구되므로 기존에 사용되고 있는 보일러, 증기터빈 및 감속기어 등의 대형화가 필요하게 되었으며, 이에 따라 최근 대형 엔진 제조사는 보일러의 열효율보다 20% 정도 높은 디젤기관을 채용하고 재액화설비를 이용 BOG를 재액화하여 화물탱크로 이송하는 방식을 채용하려고 하고 있으며, 이중 연료분사장치를 가지는 디젤기관을 채용하려는 시도도 발표되고 있다. 이러한 시도는 제작 검증되었으며, 실선에서 채용되고 있다.

증기터빈을 사용하는 장점은 높은 신뢰성을 가지고, 선박의 운항 중 필연적으로 발생되어 폐기되는 청정 연료인 BOG를 보일러의 연료로 사용함으로써 유틸비용을 절감할 수 있으며, 단점으로는 증기터빈의 열효율이 다른 열기관보다 낮아 연료 비용이 높고, 증기 터빈을 취급할 수 있는 숙련된 선원이 필요한 것을 들 수 있다.

여기서는 현재까지 주로 이용되는 증기 터빈과 감속기어장치 및 디젤기관 추진에 관하여 간략히 기술한다.

#### 1. 증기터빈의 개요

열에너지를 기계적 에너지로 변환하는 장치를 열기관이라 하며, 증기터빈도 하나의 열기관이다. 보일러 또는 원자로에서 얻은 고온 고압의 증기를 노즐을 통과시켜 팽창하도록 하여 고속의 증기를 만들고, 이 고속증기를 회전익에 충돌시켜 충동작용과 반동 작용으로 일을 하도록 한다.

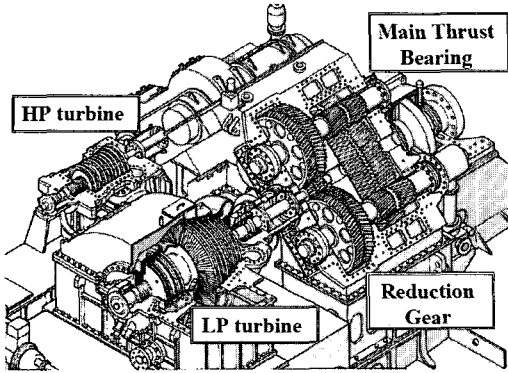


그림 1 증기터빈과 감속기

증기터빈은 고온 고압의 증기가 작은 구멍을 통하여 나올 때 높은 속도를 얻는 원리를 이용하였으며(이 속도의 증가는 증기의 팽창을 의미), 이 팽창은 증기의 열량을 변화시킨다. 증기의 팽창과정에서 운동에너지가 발생하고 노즐을 떠나는 운동에너지로 축에 회전력을 주어 추진하게 한다.

따라서 증기터빈은 증기가 가지는 열에너지를 속도에너지로 바꾸기 위한 노즐과 속도에너지를 기계적 일로 바꾸기 위한 터빈 날개를 바탕으로 하여 구성되어 있다. 노즐과 터빈 날개의 한 조를 터빈의 단(stage)이라고 한다. 증기터빈은 이러한 단을 여러 개 나란히 배열하여 구성하고 있다. 보일러로부터 보내오는 고압증기는 조절밸브를 지나 증기실로 들어가고 여기서부터 팽창하면서 각 단을 통과하여 배기실로 나간다.

보일러에서 발생된 고압증기는 증기밸브, 조속기로 개폐되는 가감밸브를 거쳐 증기실(steam chest)로 들어가서 팽창하면서 각단을 지나 배기실에 이른다. 증기의 체적은 팽창하면서 현저히 증가하므로 이에 상응하는 통로를 주어야 하므로, 노즐 및 회전익의 높이는 저압단으로 가면서 커진다. 차실을 나온 증기는 복수기(condenser)로 들어가 냉각되어 물이 된다. 이 물은 다시 급수펌프로 보일러에 되돌려진다.

터빈의 단에는 터빈날개를 충동력만으로 구동하는 것과 충동력과 반동력의 양쪽에 의하여 구동하는 것이 있다. 전자를 충동단(impulse stage), 후자를 반동단(reaction stage)이라고 한다. 충동단만으로 이루어진 터빈을 충동터빈(impulse

turbine), 반동단만으로 이루어진 터빈을 반동터빈(reaction turbine)이라고 한다.

터빈의 구조는 터빈의 제조자나 형태에 따라 다소 차이는 있으나, 공통되는 주요요소는 기초(foundation), 차실(casing), 로터 및 블레이드(rotor & blades), 노즐(nozzle), 베어링, 실장치 등으로 구성된다.

선박용 터빈은 육상용의 것에 비하여 한층 더 운전의 신뢰성을 필요로 하는 동시에 거치장소가 제한되고, 자체의 무게를 제한할 필요가 있으며, 감속장치, 역전장치 및 변속운전이 중요한 문제이다. 또한 선박용 증기터빈의 추진기관으로서 최대의 결점은 역전이 불가능한 점이다. 이러한 이유로 전진과 후진 터빈을 설치되어야 하며 전진시에는 후진터빈이 공회전(空回轉)하여 전진축력의 일부를 사용하므로 후진 터빈은 간단한 구조의 소형으로 구비한다.

### 1.1 로터(rotor)

터빈 차축 및 회전익으로 구성되며, 차실 밖에 설치된 베어링으로 지지되어 회전하며, 회전익은 회전바퀴의 끝에 고정되어 교대로 설치된 노즐과 더불어 환상(環狀)의 증기 통로를 만든다.

### 1.2 회전익

회전익은 바퀴(wheel) 또는 로터에 설치되어 증기로부터 운동에너지를 회전력으로 변환하면서 고속으로 회전하므로 고온 고압의 증기에 견디어야 한다. 사용재료는 주로 Cr 또는 Cr-Mo 등의 고합금강이 많이 사용된다. 저압의 증기를 사용하는 경우 315℃이하에서는 Mn-Cu합금 또는 Cu-Ni합금을 사용하고, 증기온도가 220℃이하에서는 Cu-Zn합금을 사용하기도 한다.

### 1.3 노즐

노즐의 주 기능은 증기의 열에너지를 증기속도를 증가시켜 운동에너지로 변환하는 것이며, 부수적으로 블레이드에 증기를 안내하여 주는 것이다. 노즐은 구획판과 일체가 되어 있고, 이 구획판은

수평의 중심선을 기준으로 하여 상하로 이등분되어 차실에 지지되어있다. 노즐은 입구, 목(throat) 및 출구로 구성되며 그 단면적의 변화에 따라 선단축소, 선단확대와 평행노즐로 구분한다.

1.3.1 축소노즐(Convergent nozzle)

목과 출구의 단면적이 같은 것을 말하며, 출구 밖의 압력이 매우 낮아 증기가 모든 방향으로 팽창되므로 난류를 일으킨다.

1.3.2 축소-팽창노즐(Convergent-divergent nozzle)

축소노즐의 난류팽창을 방지하기 위하여 노즐의 단면적을 목 부위로부터 점차적으로 확장시켜 증기의 유동을 원활하게 한다.

1.4 축 그랜드(Shaft gland packing)

고압터빈에서 차실을 가로질러 축이 있으므로 차실 내외의 압력차가 크기 때문에 축과 차실 사이에는 누설이 생기며 이를 최소화하기 위하여 축 글랜드 패킹이 설치된다.

이 글랜드 패킹에는 여러 가지 형태가 있으나 일반적으로 래비린스 패킹(Labyrinth Packing)과 카본 패킹으로 구분한다.

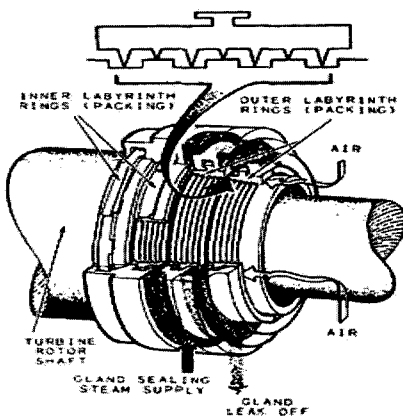


그림 2 래비린스 패킹

래비린스 패킹은 축주위에 기계 가공된 패킹 스트립을 차실에 설치하여 스트립사이에 아주 작은 간극을 만들고 이 좁은 간극을 통한 증기의 누출

로 압력이 강하하고 여러 개의 스트립을 통과하면 증기압은 대기압과 비슷하여진다. 이 패킹은 고온 고압에서 파손 우려가 많은 카본 패킹에 비해 고압에서 주로 사용된다.

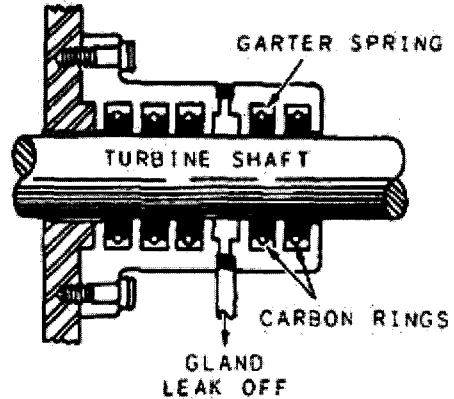


그림 3 카본패킹

카본 패킹은 래비린스 패킹과 같은 원리로 사용되나, 카본 패킹 블록은 스프링에 의해 축에 밀착되며 키에 의해 자체회전이 방지된다. 카본 패킹은 저온 저압의 패킹에 주로 사용된다.

패킹을 사용하여도 증기 터빈으로부터 완전히 증기를 차단할 수는 없으며, 저압 터빈에서 차축과 차실 사이의 압력이 대기압 이하로 강해질 때 이 틈새로 공기가 유입되어 터빈을 거쳐 복수기로 들어갈 우려가 있어 실 장치를 사용하여 공기의 유입을 방지한다.

1.5 베어링

증기터빈에는 메인 베어링과 추력베어링이 있다. 메인 베어링은 로터를 지지하고 로터와 차실 사이의 반지름 방향의 간극을 유지 시키는 기능을 가지고 있다. 베어링으로는 슬리브 베어링과 볼, 플러 베어링이 있으나 지나친 접촉 면압을 억제하고 냉각 윤활을 위한 윤활유의 유동을 원활하도록 하며, 설치와 보수를 용이하게 하기 위해 슬리브 베어링을 사용한다.

추력베어링은 차축 중심방향으로 작용하는 힘을 견지하고 터빈 축의 축 방향 위치를 결정한다. 두

개의 배בת 면을 가진 슈(shoe)는 축에 부착된 추력 칼라(thrust collar)를 에워싸고 있는 형태를 가지며, 추력 칼라와 슈 사이의 간극은 아주 작고, 축이 회전하면 추력 칼라는 슈와 접촉하여 축의 정위치를 유지시킨다. 큰 추력 베어링은 여러 개의 칼라를 가지며 이에 맞는 고정 슈를 설치하기도 한다.

## 1.6 기타 부속장치

### 1.6.1 조속기(Governor)

터빈의 회전속도를 필요범위 내로 유지하도록 하는 제어 기구를 조속기라 한다. 이 장치는 터빈의 안전과 운전에 필요한 것으로, 터빈이 설계된 속도보다 지나치게 빠른 속도로 회전하는 경우 원심력에 의해 회전익이 휠에서 빠져나올 수 있고, 파손의 우려가 있으며, 발전장치의 경우 주파수 변화에 대한 문제가 대두되며 직류의 경우 전압에 영향을 준다. 부하에 따라 증기의 공급을 변화시키는 데에는 첫째 단에 증기압력을 부하에 따라 변경시키기 위하여 교축하는 방법, 조속장치에 의해 작동되는 밸브가 부하증가시에 보조노즐에 증기를 별도로 공급하는 방법 및 이 두 가지를 혼용한다.

### 1.6.2 주증기 정지밸브(Main steam stop valve)

보일러의 주증기를 고압 터빈에 공급하는 밸브로서 유량 제어는 못하고, 개폐기능만 있다. 정상 운전 중에는 고압 터빈에 증기를 공급하고, 비상시나 정지 시에는 차단 기능을 가진다.

### 1.6.3 교축밸브(Throttling Valve)

터빈의 회전속도를 가감하기도 하고 급히 정지하기 위하여 사용하는 것으로 보통은 조속기와 연계되어 있다.

### 1.6.4 배출밸브(Exhaust Valve)

안전밸브의 역할을 하는 밸브로 터빈내의 압력이 계획된 값 이상 상승하는 경우 자동적으로 분기시켜 위험을 방지하고, 통상 저압터빈의 케이싱 전/후부에 각 1개, 고압터빈에서는 후부에 1개를

설치한다.

### 1.6.5 복수장치(Condenser)

주기능은 터빈의 배압을 낮게 유지하는 것이며, 이차적인 기능으로 복수를 만드는 것이다. 복수기는 밀폐된 용기로 압력을 낮추기 위하여 공기펌프와 증기를 복수로 만드는 열교환기로 구성되어 있다.

### 1.6.6 조정밸브(Maneuvering Valve)

조정장치는 조정밸브와 비상차단장치로 구성되어, 고압터빈의 앞쪽에 위치한다. 조정밸브는 유압에 의해 개폐되며, 비상인 경우 비상차단장치의 작동에 의해 조정밸브를 닫음으로써 신속히 정지시킨다. 전진밸브와 후진밸브가 링크레버에 의해 작동되므로 동시에 열리는 것은 불가능한 구조로 되어 있다.

## 2. LNG 운송선박에서 주로 채용하고 있는 증기 터빈

### 2.1 고압터빈

고압터빈은 보통 2개의 세미커티스 단(Semi-Curtis)과 8개의 라토(Rateau)단을 가지고 있으며 케이싱은 상부와 하부구조로 분리되어 볼트로 조립하도록 하고 있으며, 스팀체스트는 하부 케이싱에 위치한다. 조절밸브에 연결된 2개의 증기 입구가 있으며, 주증기관과 용접으로 연결되어 있다. 케이싱의 전부 끝단은 베어링 지지대와 연결되어 있으며 베드프레임에 의해 강성 지지되어 있고, 후부끝단은 후부베어링 지지대와 플랜지로 연결되어 있으며 베드프레임에 플렉시블 플레이트에 의해 지지되어 있다. 열팽창은 후부베어링 지지대와 기어 케이싱 사이에 있는 벨로즈형 expansion joint 형상의 커플링 덮개에 의해 흡수된다.

노즐은 조립식이며 다이아프램에 용접되어 있다. 고압터빈의 제1단 노즐은 하부 케이싱 안쪽에 고정되어 있으며 스팀체스트에도 확실히 고정되어 있다. 각 다이아프램은 터빈로터의 각 단간 스팀

의 누설을 낮추도록 래비린스 패키징을 가진다. 이 래비린스 패키징의 재질은 Ni-Pb이 첨가된 황동재이며 패키징은 여러 조각으로 구성되며 스프링에 의해 지지된다.

고압터빈의 로터는 일체형이며, 블레이드의 루트 부는 디스크 휠 림에 T 슬롯을 가지고 있으며 1단 및 2단의 블레이드는 band 슈라우드를 가지며 3단부터의 블레이드는 일체형 슈라우드를 가지고 있다. 블레이드 끝단에서 증기의 누설을 막기 위해 래비린스를 가진 블레이드를 한 unit씩 가공되어 있다. 추력칼라는 로터축에 일체형으로 제작되며, 노즐 출구와 블레이드의 입구부의 거리는 터빈 추력 베어링의 조정라이너에 의해 터빈 로터의 위치를 조정하게 된다.

저널 베어링은 분할 원통형이며, 탄소강의 back metal을 가진다. 베어링은 베어링 캡 및 지지대에 고정되며, 윤활유는 베어링 지지대의 입구 부로부터 베어링 입구 구멍으로 들어가며 로터 저널과 배빗메탈 사이의 틈새로 흘러 들어가며, 베어링에 윤활하고 베어링 양쪽 끝으로 빠져 나온다.

추력 베어링은 고압 터빈의 앞쪽에 위치하며, 미첼식이며 추력패드는 청동의 back metal에 화이트메탈이 라이닝되어 있다.

## 2.2 저압 및 후진터빈

통상 저압터빈은 8단 충동/반동터빈으로 되어 있으며, 후진단을 가지고 있다.

케이싱은 전진 증기실, 전진 케이싱, 후진 케이싱 및 배기 케이싱을 가지며, 하나의 용접구조물을 이룬다. 전진 케이싱과 수지 플랜지로 연결되어 있으며 수평중심으로 구분되어 있다. 후진 케이싱은 배기 케이싱에 부착되며 배기 케이싱의 수평면에 볼트로 지지된다. 앞쪽의 케이싱은 배기 케이싱의 수직면에 볼트로 연결된다. 후진용 증기 입구는 배기 케이싱의 상반부에 위치하며, 피스톤 링 형식의 조인트 피스를 통해 후진용 증기주관에 플랜지로 연결되어 있다. 전/후부 베어링 지지대는 전진 증기실과 배기 케이싱에 각각 수지 플랜지로 연결되어 있다.

저압터빈의 1단 노즐은 조립식이며 다이아프램에 용접되어 있다. 2단부터의 노즐과 후진 터빈 2단 후진노즐은 다이아프램과 주조되어 있다. 각 다이아프램은 터빈 로터의 각 단간 증기의 누설을 낮추도록 래비린스 패키징을 가진다. 재질은 Ni-Pb가 첨가된 황동이며 패키징은 여러 조각으로 구성되며 스프링에 의해 지지된다. 글랜드 패키징은 Ni-Pb가 첨가된 황동으로 된 래비린스 패키징으로 스프링으로 지지되어 있다.

저압터빈의 로터는 일체형이며 후진 디스크를 가진다. 블레이드의 루트 부는 디스크 휠 림에 T 슬롯을 가지고 있으며, 1단부터 4단까지의 블레이드는 일체형 슈라우드를 가지고 있으며, 나머지 단의 블레이드는 band형 슈라우드를 가진다.

저널베어링은 분할 원통형이며, 탄소강의 back metal을 가진다. 베어링의 지지 및 윤활은 고압터빈과 같은 방법으로 이루어진다. 추력베어링은 앞쪽에 위치하며, 미첼식 추력패드는 청동의 back metal에 화이트메탈이 라이닝 되어 있다.

## 2.3 조정밸브(Maneuvering Valve)

조정장치는 조정밸브와 비상차단장치로 구성되며, 고압터빈의 앞쪽에 위치한다.

조정밸브는 유압에 의해 개폐되며, 보조 장치는 밸브 액추에이터에 의해 움직인다. 밸브 액추에이터는 servo motor 형식으로 동작신호에 의해 작동된다. 비상인 경우 비상차단장치의 작동에 의해 조정밸브를 닫음으로써 신속히 정지시킨다.

전진 및 후진 밸브는 초기의 lifting force가 작게 걸리도록 하며, 피스톤은 공통으로 사용되며, 전진밸브와 후진밸브가 링크레베에 의해 작동되므로 동시에 열리는 것은 불가능한 구조로 되어 있다.

유압장치의 이상이 생기면 조정밸브는 유압장치와 독립적으로 수동에 의해 작동하여야 하며, 수동 조정해제에 따라 유압구동으로 변환할 경우 조정핸들 위치를 중립으로 변화하여야 한다.

## 3. 증기의 흐름

전진 운전시 주 증기는 보일러로부터 조정밸브

→ 고압터빈 → Cross over pipe → 저압터빈 → 복수기의 경로로 이동하며, 후진 운전시에는 조정 밸브 → 후진 guardian 밸브 → 후진터빈 → 복수기로 이동한다. 전진용 증기관은 조정밸브로부터 2개의 경로로 나누어져 고압터빈 하부 케이싱에 연결되며, 후진용 증기관은 후진 터빈 상부 케이싱에 연결된다. 후진 guardian 밸브는 공기구동 피스톤형식이다.

#### 4. 감속기어장치(Reduction gear system)

터빈은 고속운전시 열효율이 좋은 것에 반해 프로펠러는 저속회전에서 좋은 효율을 얻게 되므로 감속장치를 설치하여 터빈이나 프로펠러에서 각각 높은 효율을 발휘하도록 설계한다.

감속장치에는 기계식, 전기식 등의 감속장치가 있으나, 터빈 출력이 큰 선박에서는 기계식 감속장치가 구조가 간단하고 효율도 우수하여 널리 이용된다.

전기식의 경우는 터빈에 의해 발전기를 구동하고, 발생한 전기 에너지로 전동기를 구동하고 프로펠러에 직결하여 사용하며, 전기저항을 변화시키며 스위치 변환에 의해 역회전도 할 수 있도록 하나, 전달효율도 낮으며, 장비가 고가이다.

증기터빈을 사용하는 경우 고압터빈과 저압터빈의 회전수는 약 6000rpm과 3000rpm이다. 따라서 고효율을 얻기 위하여 프로펠러는 약 100 rpm 전후로 사용하기 때문에 증기터빈을 사용하는 경우에는 감속기어장치가 필요하며, 더블 헬리컬 기어(Double Helical gear)를 가진 2단 감속기어장치가 주로 이용된다. 감속비는 고압터빈에서는 약 1/80~1/50이며, 저압터빈에서는 1/50~1/30 정도이다. 전달효율은 1단에서 98%, 2단에서 96%정도로 조사되고 있다.

기어 휠 사이에는 열팽창 등의 부적절한 정렬을 피할 수 없기 때문에 이를 흡수하기 위하여 플렉시블 축과 커플링(Quill shaft with flange)이 설치된다.

고압터빈과 저압터빈에서 발생한 토크는 플렉시

블 커플링을 통해 1단 감속기어에 전달되고, quill shaft와 2단 플렉시블 커플링을 통해 2단 감속기어에 전달된다.

#### 4.1 케이싱

감속기어장치의 케이싱은 상하부가 분할된 용접 구조로 만들어지며, 하부 케이싱에는 전부에 주추력베어링 자리가 일체로 만들어지며 기름받이는 하부 케이싱의 밑 부분에 용접구조로 부착된다.

#### 4.2 감속 기어

각 기어는 개량된 인블류트 형상을 가지며, 호빙 및 셰이빙 또는 그라인딩에 의해 제작된다. 피니온은 축과 일체로 제작되며, 기어는 단조강 축과 림 사이에 강판 spoke의 용접구조로 만들어진다.

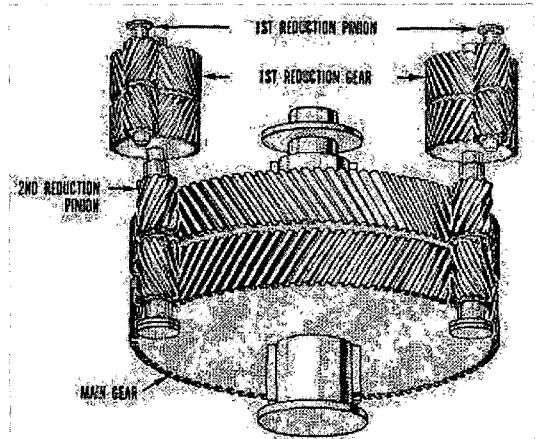


그림 4 Articulated type of reduction gearing

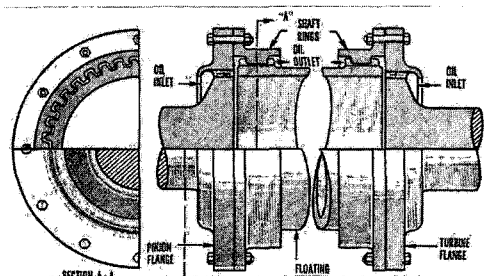


그림 5 Gear type flexible coupling

4.3 1단 감속 플렉시블 커플링

고압터빈과 저압터빈의 커플링은 두개의 안기어와 축과 일체인 바깥기어로 이루어지며, 터빈로터와 1단 감속 피니온 사이의 열팽창으로 인한 부적절한 정렬을 피할 수 없기 때문에 이를 흡수하기 위하여 설치한다.

4.4 Quill축과 2단 감속 플렉시블 커플링

Quill축은 1단 감속 기어와 2단 감속 피니온의 중공축 안쪽에 설치된다. 앞쪽부분은 1단 감속 기어축과 플랜지 커플링으로, 뒤쪽부분은 2단 감속 기어와 2단 감속 플렉시블 커플링을 통하여 플랜지 커플링으로 감속 시 일어나는 충격하중을 감소시키기 위하여 설치된다. 이 기능은 첫 번째로 2단 감속 피니온과 1단 감속 기어에 대한 축방향의 자유도를 주고, 두 번째로는 1단 감속 기어 추력 베어링에 영향을 주는 주축의 추력을 방지하기 위하여 설치한다.

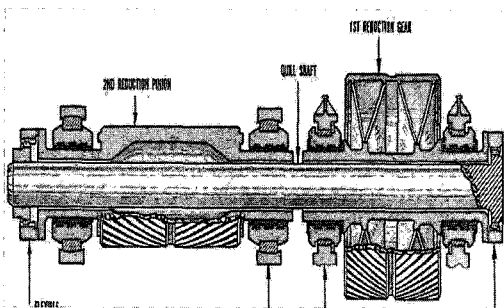


그림 6 Quill shaft assembly

4.5 베어링

모든 베어링은 상/하부 셀로 나누어지며, 강관의 back metal에 화이트메탈이 라이닝 된다. 케이싱에는 각 베어링의 상태를 확인하기 위하여 온도계 및 sight glass가 설치된다.

주 추력베어링은 titling 패드형식이며, 하부 케이싱에 기어 케이싱과 한 몸체로 제작되며, 윤활유는 주 윤활계통으로부터 급유되며, 유량 조절기를 부착하여 베어링 온도를 조절한다.

5. 디젤기관 및 전기추진선박

과거 선박의 주기관은 디젤기관으로 큰 출력이 얻지 못하여 대형 출력을 요구되는 선박에서는 증기 터빈을 주로 사용하였다. 또한 LNG운송선박에서는 운항 중 분기되는 BOG를 보일러의 연료의 일부로 사용하는 장점이 있어 주로 증기 터빈을 주 추진기관으로 사용하였으나, 내연기관의 대형화가 가능하여졌으며, 연료유의 가격상승으로 운항 경비의 절감 차원에서 증기터빈보다 열효율이 20% 정도 높은 디젤 추진기관으로 전환하고 있다. 이러한 움직임은 해상운송 시 화물의 손실을 인정하지 않는 관행에 따라 BOG를 재액화하여 화물창으로 이송하므로 화물의 손실을 없애 운송사의 신뢰성을 제고하려는 목적도 있으며, 선박의 대형화에 따라 보일러나 감속기 등이 차지하는 공간을 줄여 화물창을 넓힐 수 있는 목적도 있다.

특히 LNG 운송선박에는 항내에서 추진기관의 운전정지가 허용되지 않아 증기터빈을 가지는 선박에서는 보일러를 2대로 장비하거나, 비상 추진 장치를 설치하여 이중화의 요건을 충족시키고 있다. 거의 대부분의 디젤기관을 추진기관으로 하는 선박에서 추진기관을 1대만 장비하는 것에 비해 LNG 운송선박에서의 추진 기관 이중화 요건은 선박 추진장치 설계 관점에서 큰 장애가 된다.

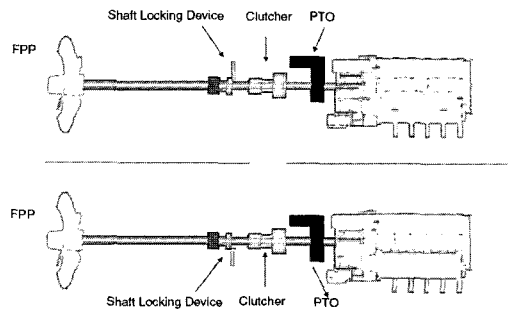


그림 7 2기 2축 디젤기관 추진

이 이중화 요건에 따라 저속 기관을 탑재하는 경우 LNG 운송선박은 디젤기관 또는 Dual Fuel 디젤기관(DFD)을 프로펠러축과 직결하여 사용하며 2기 2축선으로 설계한다.

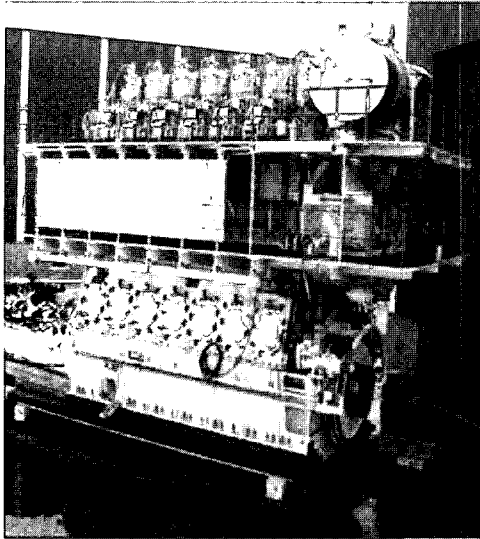


그림 8 저속 디젤기관

- 1. DFD Engine                      Propellers: FP or CP
- 2. Gas Compressor                Shafts: With or without PTO and clutch/brake
- 3. Reliquefaction Plant
- 4. Gas Oxidizer
- 5. Generator Sets

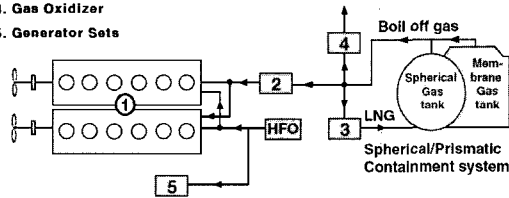


그림 9 저속 DFD Engine 추진구성

중속기관을 사용하는 경우 2대 이상의 중유와 LNG를 연료로 하는 DFD 기관과 직결된 발전기를 설치하여 생산된 전기에 의해 추진을 한다.

이 두 가지 경우 모두 높은 신뢰성과 이중화 요건을 충족시킬 수 있다.

최근 계획되고 발주되는 LNG 운송선박은 대형화 되어 화물용량이 200,000m<sup>3</sup> 이상으로 커지고 있다.

216,000m<sup>3</sup>용량으로 발주된 선박의 주기관은 실린더 지름이 700mm인 6기통 저속 전자제어 디젤기관 2대로 발주되었으며, 이들의 합계출력은 37,200kW이다. (발전기 용량 제외)

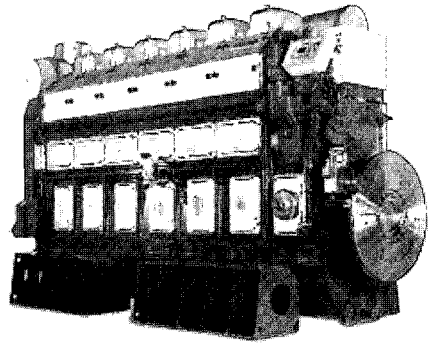


그림 10 중속 DFD 기관

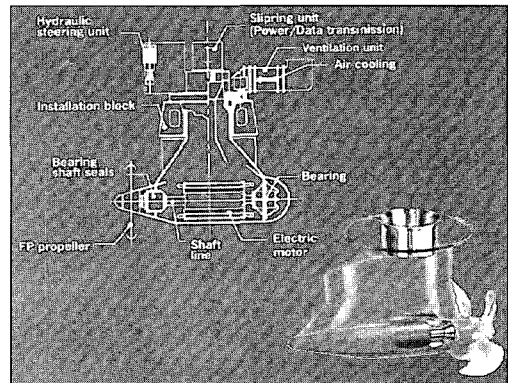


그림 11 Azipod 전기추진장치

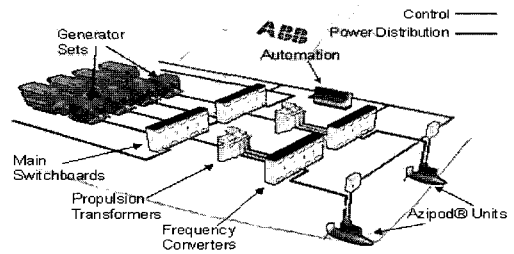


그림 12 전기추진 개략도

전기추진방식으로 설계된 선박으로 발주된 154,000m<sup>3</sup> 선박의 경우 발전기를 구동하는 기관은 실린더 지름이 500mm로 12기통 3대(V Type, 1대당 11,400kW) 와 6기통 1대(5,700kW) 등 4대의 중속 DFD기관을 장비하며 합계출력 39,900kW이다.