

기술보고

FUNNEL 일체형 SOx Scrubber 개발

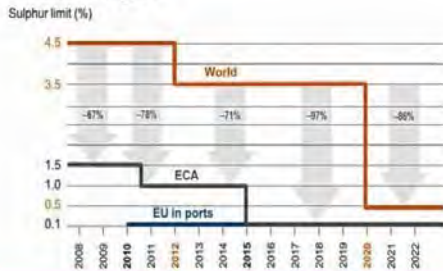
정현욱(현대미포조선)

1. 서론

1.1 SOx 규제 강화에 따른 시장 동향

IMO는 MEPC 70차 회의(2016.10.24~28)에서 2020년부터 선박에서 사용되는 연료유 속의 황함유량을 0.5% 이하로 규제하기로 결정하였다. 이에 따라 현재 관련 기술동향을 고려해 볼 때 선주사는 강화된 Global SOx 규제를 만족시키기 위해서 저유황유나 LNG를 선박용 주연료로 사용하거나 또는 탈황장비(Scrubber)를 추가로 장착하는 방법 등의 조치를 강구할 수 있다. 하지만 이런 조치로 인해 선주사의 선박운영비용과 선박건조비용의 증가는 피할 수 없을 것이다. 따라서 상기 3가지 방안의 장단점을 조사하여 시장에서 경쟁력 우위를 확보하기 위한 가장 효율적인 방안을 결정하는 것이 필요하게 되었다.

MARPOL Annex.VI Reg.14



Sulphur Limit of Fuel oil			
Global (excluding SECA)	Before 2012. 1. 1.	After 2012. 1. 1.	After 2020. 1. 1.
	4.5%	3.5%	0.5%
SECA	Before 2010. 7. 1.	After 2010. 7. 1.	After 2015. 1. 1.
	1.5%	1.0%	0.1%

그림 1 IMO SOx 배출 규제

1.2 SOx 배출 규제 대응 기술

현재 대표적으로 고려되는 SOx 배출 규제에 대한 대응 기술은 크게 3가지이다. 그 중에서 첫 번째는 주 연료로서 IMO의 요구 사항을 만족하는 저유황유를 사용하는 방법이다. 이 경우 추가적인 설비가 요구되지 않아 가장 간단한 방법으로

간주되지만 기존에 사용 중인 Bunker C유 대비 40~50% 이상 비싼 단점이 있다.

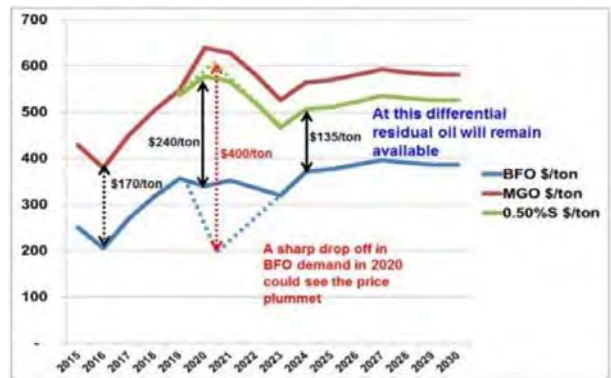


그림 2 해상 연료유 가격 추기

(Source: <https://ibia.net>)

두 번째 방법은 친환경적인 연료인 LNG를 주 연료로 사용하는 방안이다. LNG는 황산화물(SOx) 뿐만 아니라 입자형물질(PM)까지 감소시킬 수 있으며 기존 연료유에 비해 발열량이 높아 연료소모량을 줄일 수 있는 경제적인 친환경 연료이다. 하지만 추가설비(LNG 연료 Tank, LNG 연료공급장치, 이중관설비 등)에 대한 초기 투자 비용이 높고 LNG의 수급 및 운용이 상대적으로 힘든 단점이 있다.



그림 3 현대미포조선 LNG 추진 벌크선

마지막 세 번째 방법은 황산화물(SOx)을 제거할 수 있는 탈황장비인 Scrubber를 설치하고 기존의 고유황유를 계속 사용하는 것이다. 저유황유 연료사용 대비 연료비용이 절감되고

LNG 추진선 대비 초기 투자비가 적게 들어 저유황유 사용 또는 LNG 추진선의 절충안이라 할 수 있다. 최근 계약되는 신조들을 살펴보면 탈황장비의 설치가 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

2. Funnel 일체형 SOx Scrubber 적용 배경

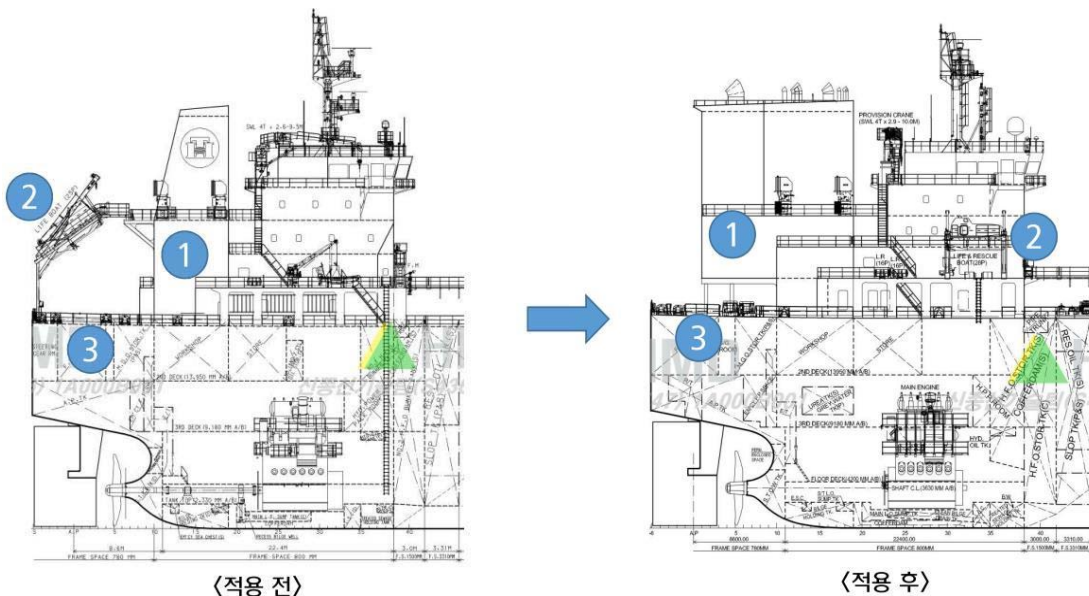
보편적으로 SOx Scrubber는 선박 내 설치되는 연소장비인 엔진, 보일러들의 폐기 가스에 포함되어 있는 황산화물을 제거하는 것을 목적으로 폐기관들이 설치되는 기관실 Casing에 설치 된다. 선박의 사이즈 및 선종별로 차이가 있을 수 있으나 기본적으로 기존 기관실 Casing의 공간이 제한적이고 추가로 설치되어야 하는 SOx Scrubber 장비가 대형의 장비이기 때문에 추가적인 공간 확보가 필요하다. 통상 50K P/C선을 기준으로 기존 대비 약 2배로 Casing을 확장해야 독립형 SOx Scrubber를 설치 할 수 있다. 이로 인해 선미 구역의 공간이 협소해져 종래 설치되던 Free Fall Type의 Life Boat를 더 이상 설치할 수 없어 Gravity Type으로 변경하여 Accommodation 주변에 설치하게 된다.

확장된 Casing 구조를 지지하기 위해서 그 하부에 Pillar 구조가 형성되어야 하며, 그로 인해서 Upper deck 선미 구역에 설치되는 Mooring equipment들의 배치가 수정되어야 한다.

Compliance Techniques for SOx Regulation

Techniques	Strong Point	Weak Point
with LSMGO/LSHFO	- Low Capital Cost	- High fuel cost
with SOx Scrubber	- Capital cost is less than half the cost to convert to LNG fueled ship	- Additional operating costs (NaOH, Sludge, etc.) - Produce toxic solid waste
LNG Fueled Engine	- Low fuel cost - Low emission → SOx, NOx, PM, CO2	- High capital cost - Lack of LNG infrastructure - Possible decrease in cargo space

그림 4 황산화물 대응 기술 비교표 (Source: KR)



No.	설계변경 사항	Scrubber 미적용	독립형 Scrubber 적용	비고
1	E/R Casing	-	선미 방향으로 Casing 확장	
2	Life Boat	Free Fall Type	Gravity Type으로 수정 및 재 배치	
3	Mooring 장비	-	Upper deck AFT. 구역 재 배치	

그림 5 50K P/C선 독립형 스크러버 적용 전/후

상기 기술된 바와 같이 종래 독립형 SOx Scrubber를 적용하기 위해서는 많은 설계 변경이 필요하며, 이를 사전에 차단하기 위한 노력으로 HHI 그룹 내 중앙기술연구소와 공동으로 Funnel 외측 공간을 활용해 Funnel 일체형 SOx Scrubber를 개발하게 되었다. (HHI 특허출원 완료, HMD 디자인등록 출원 완료)

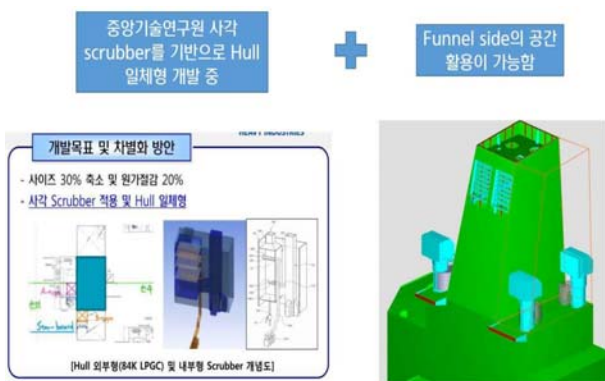


그림 6 Funnel 일체형 SOx scrubber 개발 배경

3. Funnel 일체형 SOx Scrubber 상세

3.1 Funnel 일체형 Scrubber 장점

Funnel 일체형 Scrubber의 적용으로 기존 독립형 타입 대비 Casing 확장이 필요 없게 되어 Scrubber가 적용되지 않는 선박과 외형적으로 거의 차이가 없게 되었다. 즉, 종래의 Free Fall Type의 Life Boat를 그대로 사용 할 수 있으며, 선미 구역의 Mooring 장치 배치에 전혀 영향을 주지 않게 되었다.

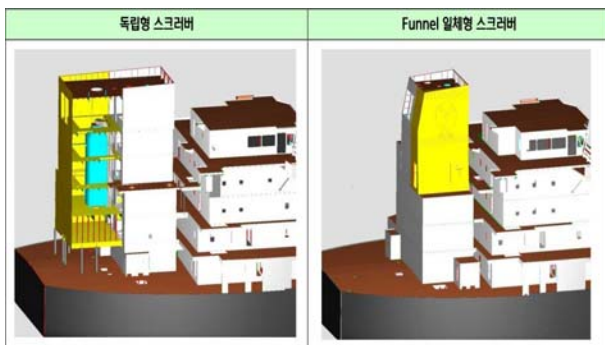


그림 7 독립형 VS 일체형 Casing 형상 비교

3.2 Funnel 일체형 Scrubber Configuration

Funnel 일체형 SOx Scrubber는 Scrubber body (재질: 254SMO)와 이를 둘러싸고 있는 선각 구조로 구성이 된다. 이렇게 만들어진 Funnel 일체형 SOx Scrubber는 기존 Funnel과 합쳐져 최종 Funnel 형태를 만들게 된다.

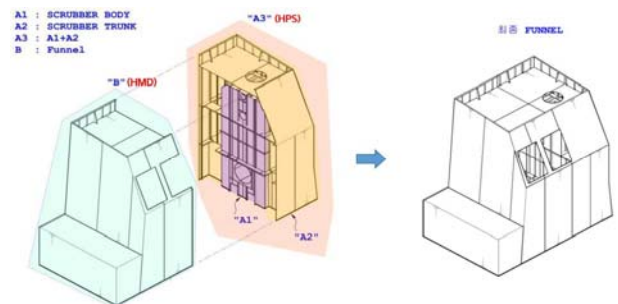


그림 8 Funnel 일체형 SOx scrubber 형상

3.3 Funnel 내부 상세

Funnel 일체형 SOx scrubber가 적용되면 Funnel 내부에 Scrubber 유지 및 보수를 위한 Traffic이 적절히 배치되어야 하고 각 엔진 및 보일러의 폐기관들은 배기가스가 원활히 배출 될 수 있도록 설계하였다. 기존의 의장품들과 Scrubber 적용으로 추가되는 폐기관 및 각종 장치 모드를 제한된 공간에서 배치해야하기 때문에 높은 수준의 상세 설계를 요구한다.

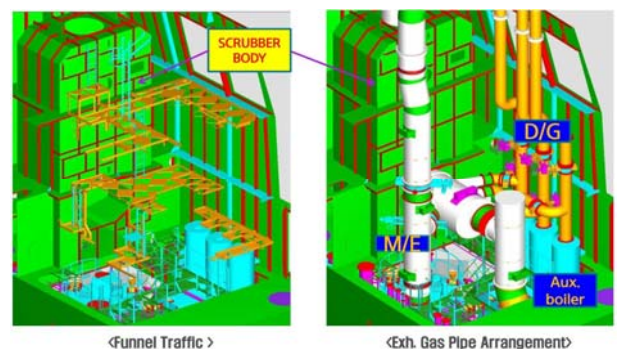


그림 9 일체형 Scrubber가 적용된 Funnel 내부

3.4 Scrubber 성능 검증

장비에서 가장 우선 시 되며 중요한 사항인 성능 만족에 대하여 CFD 해석을 통한 사전 검증을 시행하였다. Funnel 일체

형 SOx Scrubber는 황산화물 제거율이 최소 97.1%(3.5% Sulphur → 0.1%)를 만족하도록 설계되었으며, CFD 해석 결과 상 Design condition에서 98%의 제거율이 나오는 것을 확인하였다. 이에 대한 실제 검증은 해상 시운전 중 scheme B test를 통해 확인할 예정이다.

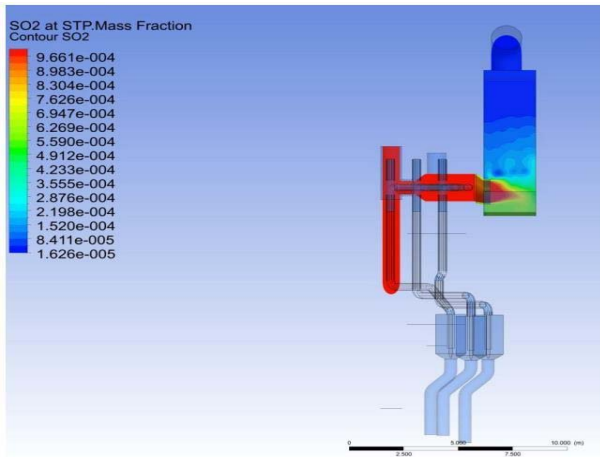


그림 10 CDF 해석 결과 (SOx 제거율)

Scrubber의 정상적인 성능 발휘를 위해서는 황산화물을 제거하기 위해 Scrubber로 공급되는 해수가 원활하게 선외로 배출되어야 한다. 만약 어떤 비정상적인 상태로 인하여 Scrubber 내부에 물이 차게 되는 경우 Scrubber 내부에 설치된 센서가 작동하여 해수를 공급하는 펌프를 포함한 전체 시스템이 작동을 멈추게 된다.

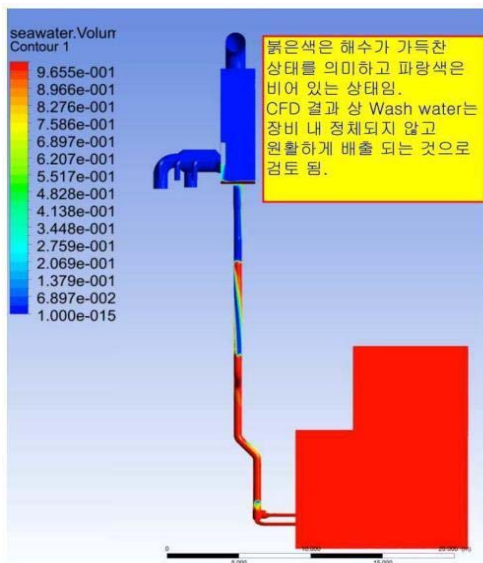


그림 11 CDF 해석 결과 (해수 및 배기가스 배출)

배기가스의 원활한 배출도 Scrubber 성능에 중요한 부분이다. 배기가스가 원활히 배출되지 못할 경우 이는 고스란히 각 엔진 및 보일러 연소에 직접적인 영향을 미쳐 심각한 문제를 발생 시킬 수 있다. 이런 문제를 사전에 제거하기 위해서 CFD 해석을 통한 검증 과정을 시행하였으며, 두 부분 모두 만족할 만한 결과를 얻었다.

Scrubber가 Funnel에 일체화됨에 따라 진동측면에서 문제가 없는지 FE modeling을 통한 해석을 시행하였다. Scrubber 내부에 설치되는 자재들의 정보를 포함하여 해석의 정확도를 높였으며 해석 결과 Dry condition에서는 문제없이 만족되었으나 operation 조건에서 Scrubber body 중앙부에서 문제가 확인되어 추가 보강으로 이를 해결하였다.

Nat. Freq. [Hz]	Design Target(NCR) [Hz]	Possibility of resonance
13.3	12.8	No.

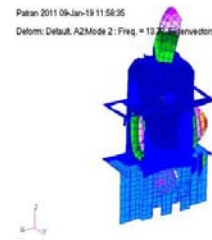
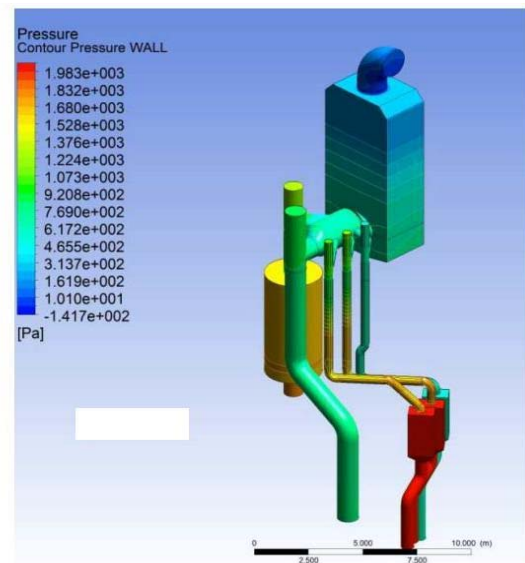


그림 12 Vibration analysis (operation condition)



4. 결론

현재 탈황장비 시장은 다수의 업체들이 진출하여 사용자 선택의 폭이 매우 넓게 형성되어 있다. 이런 시장 상황에서 조선소 표준의 탈황장비업체를 고수하기는 매우 힘들 것이다. 기존 실적들을 살펴보다도 다양한 탈황장비 업체들이 선주들의 요청으로 여러 선박에 적용된 것을 볼 수 있다.

본 기술문서를 통해 소개된 Funnel 일체형 SOx Scrubber는 종래 독립형 대비 장점이 뚜렷하고 추가 공간 확장이 필요 없는 Casing 구조로 인한 선박의 경하중량 절감, 선미 구역의 Mooring 장비 운전 편의성 유지 그리고 독립형 보다 더 나은 외관으로 선주 친화적인 장비라고 볼 수 있다.

또한, Funnel 일체형 SOx Scrubber라는 차별화된 디자인을 적용함으로써 수주 경쟁력을 향상시킬 것으로 자부한다.

참고 문헌

한국선급(KR) '기술정보지'
국제해사기구(IMO) 대기오염방지협약(MARPOL 73/78
ANNEX VI)



정 현 욱

- 1981년생
- 2007년 울산대학교 조선해양공학과 학사 졸업
- 현 재 : 현대미포조선 설계전략팀 과장
- 관심분야 : 조선해양 및 가스선 관련 신기술
- 연 락 처 : ***-*****
- E - mail : ddahyung@hmd.co.kr