

연료비 절감을 위한 선박용 연료유 균질기 개발에 관한 연구

한상구* · 최정식** · 박노성*** · 김대현**** · 류경부***** · 천강우***** · 윤석훈***** · 최재혁*****†
* 해양환경관리공단, ** 한국해양대학교 대학원, *** 이신기계, **** 태영엔텍,
***** (사)한국선급, ***** 한국해양대학교 기관시스템공학부

A Study on the Development of Marine Fuel Oil Homogenizer for Fuel Costs Saving

Sang-Goo Han* · Jung-Sik Choi** · Ro-Seong Park*** · Dae-Hun Kim**** · Kyoung-Boo Ryu*****
· Kang-Woo Chun***** · Seok-Hun Yoon***** · Jae-Hyuk Choi*****†

* Korea Marine Environment Management Corporation, ** Graduate School of Korea Maritime University, Busan, Korea
*** ESYNDMT, Busan, Korea, **** Tae Young Entec, Busan, Korea, ***** Korean Register of Shipping, Busan, Korea
***** Division of Marine System Engineering, Korea Maritime University, Busan, Korea

요 약 : 본 연구에서는 고정자와 회전자에 의해 발생하는 전단력(Shearing force)을 이용한 선박용 연료유 균질기(Homogenizer) 개발에 관한 연구를 수행하였다. 균질기의 균질화 및 미립화 정도에 대한 성능을 조사하기 위하여 IFO 380 cSt Bunker-C 시료에 전처리(Pre-treatment)를 시행하였다. 전처리한 시료의 슬러지(Sludge) 저감 효과를 확인하기 위하여 유정정기(Oil purifier)를 이용하였다. 실험결과 균질기로 전처리한 시료에서 슬러지양이 약 13% 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 전처리 후 유정정한 시료를 실제 보일러 시스템에서 연소시켜 CO가 감소하는 연소특성 경향을 확인하였다. 이와 같은 결과를 통해 개발된 선박용 연료유 균질기를 실선에 적용할 경우 연료비 및 운항비용 절감 효과가 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 균질기, 전단력, 슬러지 저감, 균질화, 미립화

Abstract : In this study, we have conducted a work on homogenizer development which is operated by high shearing force generated by stator and rotor inside it. To investigate the performance for homogenization and atomization of homogenizer, Bunker-C (IFO 380 cSt) was used as a fuel for experiment. Pre-treatment of bunker-C was carried out with homogenizer developed in this study. Oil purifier was used to investigate effect of oil sludge reduction after pre-treatment. Experimental result showed that the amount of sludge of fuel oil after pre-treatment with homogenizer has decreased by 13%. To confirm combustion efficiency, Bunker-C which have pre-treatment with homogenizer and purified after are burned in boiler system. The result showed that CO concentration in exhaust gas was decreased. These results mean that if the homogenizer which is developed in this study for marine fuel oil is applied on real vessels, oil costs and operating costs can be reduced.

Key Words : Homogenizer, Shearing force, Sludge reduction, Homogenization, Atomization

1. 서 론

전 세계적인 경제 침체와 멈출 줄 모르는 국제 유가의 고공행진으로 연료비 부담이 증가함에 따라 어업선 및 중·소

형 해운선사는 물론 대형 해운선사 마저 경영에 치명적인 어려움을 겪고 있다(Hwang and Lee, 2008).

선박용 연료유인 Bunker-C (IFO 380 cst)의 가격은 올해 1분기 전 세계 주요 공급지에서 700 달러를 넘어섰고, M.D.O (Marine Diesel Oil) 또한 1,000 달러를 넘나들고 있어 금융 위기 이전인 2007년 대비 2배 이상, 2005년과 비교하면 3배 가까이 상승하였다(Lee, 2012).

* First Author : poseidon@koem.or.kr, 051-400-7713

† Corresponding Author : choi_jh@hhu.ac.kr, 051-410-4257

선박 연료비의 급증은 해운 기업들의 생존에 직접적인 위협 요인으로 운항중인 선박의 연료유 사용량을 매일 1%만이라도 절감할 수 있다면 기업 경영에 큰 도움이 될 것이며, 이를 위한 다양한 형태의 연료비 절감 기술들이 연구·개발되고 있다(Jeon and Lee, 2005; S.I.T Corp., 2004; Rischmann and Eng., 2006a).

다양한 형태로 연구·개발 중인 연료비 절감 기술 가운데 선박용 연료유에 다량 함유된 불순물과 불균일한 입자크기를 균질화 및 미립화 하여 유청정기의 슬러지 발생량을 줄이는 방안을 주목할 필요가 있다.

연료유 입자를 균질화 및 미립화 하는 방법에는 화학적 첨가제를 투입하거나, 초음파를 연료유에 직접 조사하여 입자를 분쇄·유화시키는 방법, 교반 가열장치(Mixing Clean Heater, M.C.H)와 Oil purifier를 조합하는 방법 그리고 고정자와 회전자 간극(Clearance)에서 발생하는 매우 큰 전단력(High shear force)을 이용하는 등의 물리적 방법이 있다.

화학적 첨가제 투입에는 별도의 비용이 발생하고, 연료유 성상에 영향을 미칠 수 있어 일부 선박에 제한적으로 사용되고 있는 실정이며, 초음파를 이용한 연료유 입자의 균질화 및 미립화에는 긴 시간 동안 조사(Irradiation)해야 하는 어려움과 진동자 혼(Horn) 등의 소모품 교체 비용이 발생하는 단점이 있다(Lee et al., 1999; Han et al., 2003). 또한, M.C.H와 Oil purifier를 조합한 경우에도 교반기에서 발생하는 전단력이 매우 작아 연료유 입자를 물리적으로 분쇄하고 균질화하기에는 어려움이 있다(Han et al., 2007). 그러나 고정자와 고속으로 움직이는 회전자의 간극에서 발생하는 큰 전단력을 연료유에 직접 가하는 방식의 균질기의 경우, 연료유 입자의 균질도 및 미립도가 매우 우수한 것으로 알려져 있다(S.I.T Corp., 2004).

이와 같은 방식의 균질기 중 도입한 선박의 대부분을 점유하고 있는 독일 S.I.T Corporation의 CD-92TM 계열 제품이 슬러지 및 NOx 배출 저감에 큰 효과가 있는 것으로 보고되었으나(S.I.T Corp., 2004), 수평형(Horizontal type)으로 제작되어 넓은 설치공간이 필요하고, 제품의 가격 또한 매우 비싼 단점이 있다(Rischmann and Eng., 2006b).

국내에서 선박용 연료유의 균질화 및 미립화를 위한 전처리용 고전단력 균질기의 연구 및 개발 사례는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 High shear force를 이용한 고성능 균질기의 개발 및 실선 도입시 수입 대체품을 목적으로 수평형에 비해 작은 공간에서도 설치와 운용이 가능한 수직형 균질기를 설계하고 시제품을 제작하였다. 또한, 성능확인 및 평가를 위해 균질기로 전처리한 시료의 입도분석, 슬러지 저감 효과 및 연소특성 파악을 위한 실험을 수행하였다.

또한, 시제품 제작에 앞서 설계된 균질기의 RPM 변화에

따른 고정자/회전자 간극에서 발생하는 전단력 및 작동 유체내부에서 생기는 전단응력 그리고 작동유체의 속도와 압력 분포 확인을 위해 고정자/회전자의 간극 0.3 mm와 0.4 mm에 대하여 수치해석을 수행하였다.

수치해석은 한국과학기술정보연구원(KISTI)에 의뢰, KISTI가 보유중인 슈퍼컴퓨터(GAIA)와 유한체적법에 기반한 상용 Code, FLUENT 6.3 버전을 이용하였다.

2. 실험방법 및 장치

2.1 수직형 균질기 설계 및 수치해석

Fig. 1은 선박용 연료유 균질화 시스템의 전체 개발 구성도를 나타낸 것이다. Fuel oil tank의 연료유를 이송펌프로 Heater를 통과시키면서 충분히 가열, 점도가 낮아진 연료유는 Reactor로 이송되고, 재순환되는 연료유와 혼합되어 전처리 장치인 균질기로 유입된다. 유입된 연료유는 균질기 내부에 설치된 고정자와 고속으로 회전하는 회전자 간극에서 발생하는 높은 전단력을 직접 받으며, 균질화 및 미립화되어 토출된다.

연료유 균질화 및 미립화 시스템의 핵심 장치인 수직형(Vertical type) 균질기 설계에는 경사형 고정자와 경사형 회전자의 간극(Clearance)을 0.1~0.4 mm로, 작동 가능 유체는 일반적인 선박용 연료유인 Bunker-C와 M.D.O 등의 연료유 일체와 130~150 °C의 온도 범위를 고려하였다. 또한, 시간당 1,500 Liter 이상의 처리용량과 회전자의 분당 최대 회전수를 7,650 RPM(Tip Speed : 20 m/s)으로 설정하였다.

Fig. 2(a)는 설계된 경사형 고정자/회전자의 조립도, (b)는 실제 가공/제작된 고정자와 회전자를 나타낸 것이다.

회전축이 수직형으로 설계되어 별도의 드레인(Drain) 장치가 불필요하고, Cleaning in process가 용이하여 손실이 적은 특징이 있다. 또한, 회전축이 수직이므로 회전자가 자중의 영향을 작게 받아 회전자의 다단 배열이 쉽다.

회전자는 열처리된 특수 스테인레스 재질로 제작, 내구성과 내식성을 높였다. 또한, 높은 전단력을 발생시키고, 다수

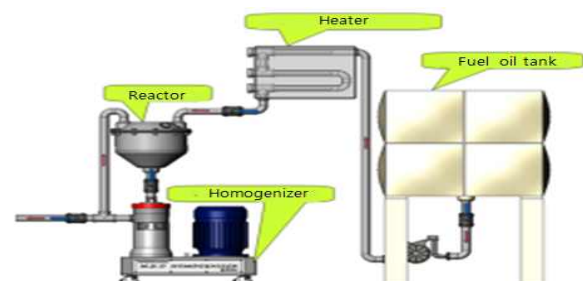
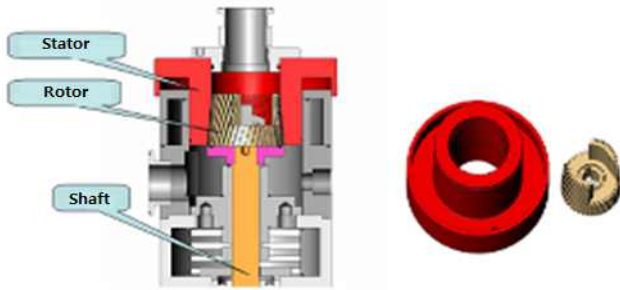


Fig. 1. Schematic diagram of homogenization system.



(a) Assembling diagram of gradient type stator and rotor



(b) Manufacture photo of stator and rotor

Fig. 2. Components of fuel homogenizer.

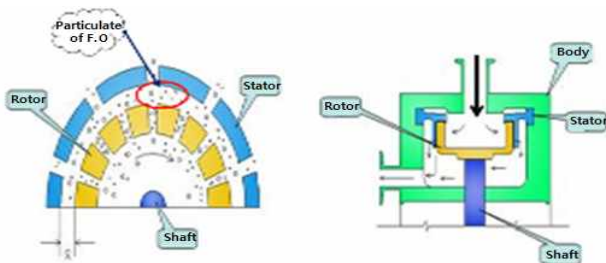


Fig. 3. Principle of fuel oil atomization.

의 전단력이 전달될 수 있도록 형상을 디자인 하여 고효율 장비가 될 수 있도록 설계하였다.

Fig. 3은 고전단력 균질기가 연료유 입자를 미립화 하는 원리를 나타낸 것이다. 일반적으로 연료유의 미립화 정도는 외부에서 가해지는 힘(전단력, Shearing force)에 의해 결정되는데, 회전자/고정자의 선단속도(Tip speed)에 비례하고, 회전자/고정자의 간극에 반비례 한다. 따라서 회전자의 고속회전과 미세간극으로 강력한 전단력이 발생되어 서브마이크론 및 나노 수준의 미립자 및 균질화가 가능하게 된다.

2.2 입도분석을 위한 시료(Bunker-C, IFO 380 cSt) 사양

Table 1은 개발한 균질기를 이용해 전처리할 연료유(Bunker-C)의 사양을 나타낸 것이다.

입도분석을 위해 총 3가지 시료를 채취하였다. 시료명 A 시료는 아무런 전처리를 시행하지 않은 Bunker-C, 시료명 B 시료는 균질기의 회전자/고정자 간극 0.2 mm에서 전처리 후 채취한 것이며 시료명 C 시료는 간극 0.3 mm에서 전처리 후 채취한 것이다. 채취된 시료의 입도분석은 국제공인시험기관인 한국고분자시험연구소(주)에 의뢰하였다.

2.3 슬러지 저감 및 연소특성 Test Bed

Fig. 4(a)는 균질기를 이용한 연료유 전처리 전·후에 유청정기에서 걸러져 배출되는 슬러지 양을 계측할 수 있도록 구성된 슬러지 저감 Test bed 구성도이며, (b)는 실제 구축한 실험장치와 슬러지 배출을 마치고 소제를 위해 분해한 Bowl의 내부 및 분리된 디스크를 나타낸 것이다.

슬러지 저감 Test bed에는 Table 1과 같은 약 0.1 톤의 연료유(Bunker-C)를 각각 아무런 전처리를 하지 않고 Oil purifier만을 이용해 유청정(SJ-700 청정기 사용, 미쓰비시 제품)한 후 생성·배출되는 Sludge양을 $Sludge_{oil}$ 로 명명하고, 균질기

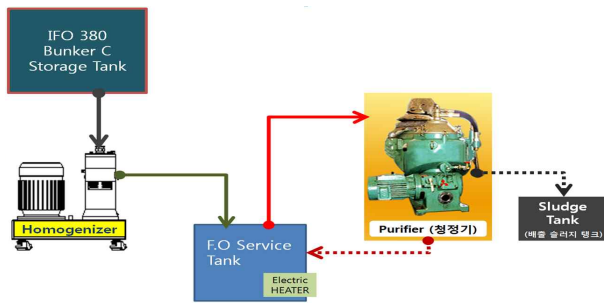
Table 1. Specification of Bunker-C (IFO 380 cSt)

Characteristic	Unit	Limit	Category ISO-F	Characteristic	Unit	Limit	Category ISO-F
			RMG 380				RMG 380
Density at 15°C	kg/m ³	max.	991.0	Water	% (v/v)	max.	0.5
Kinematic viscosity at 50°C	mm ² /s	max.	380.0	Total sediment potential	% (m/m)	max.	0.10
Flash point	°C	min.	60	Vanadium	mg/kg	max.	300
Ash	% (m/m)	max.	0.15	Sulfur	% (m/m)	max.	4.5
Carbon residue	% (m/m)	max.	18	Aluminium plus silicon	mg/kg	max.	80
Pour point (upper)				Used lub. oil (ULO)			
- winter quality	°C	max.	30	- zinc		max.	15
- summer quality		max.	30	- Phosphorus	mg/kg	max.	15
				- Calcium		max.	30

연료비 절감을 위한 선박용 연료유 균질기 개발에 관한 연구

를 이용해 전처리한 연료유를 유청정한 후 생성·배출되는 Sludge양을 $Sludge_{hom.o.}$ 로 명명하여 측정값을 비교하였다.

전처리를 하지 않은 연료유와 균질기로 전처리한 연료유가 혼합되는 것을 막기 위해 별도의 저장탱크를 준비하였고, 유청정 후 배출되는 슬러지를 모두 수거하기 위해 비닐 튜브와 수집 전용용기를 이용하였다. 또한, 슬러지 배출이 완료된 후 Bowl을 개방, 내부 및 Disc에 남아있는 유성분 및 잔류 불순물을 모두 소제한 후 다음 실험을 진행하였다.



(a) Schematic diagram of sludge test bed



(b) Photo of sludge test bed and bowl with disc

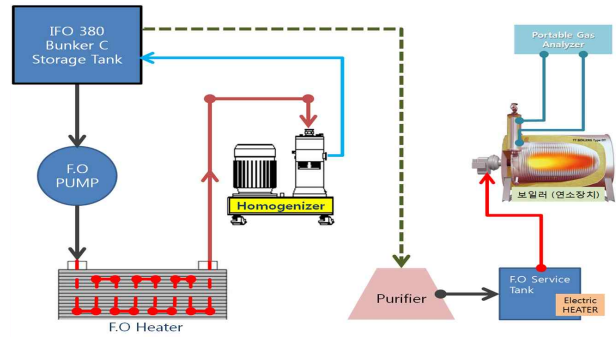
Fig. 4. Experiment of sludge reduction test bed.

Fig. 5(a)는 Table 1과 같은 연료유의 전처리 전·후의 연소 특성을 확인하기 위한 실험장치의 구성도 이고, (b)는 실제 구축한 실험 장치를 나타낸 것이다.

연소실험은 중유용 버너가 장착된 보일러(미우라공업, EX-1000) 연소 시스템을 구축해 시행하였고, 연소 후 배출되는 배기가스 계측을 통해 연소특성을 확인하였다.

실험에는 Table 1과 같은 Bunker-C, 각각 약 0.02 톤씩에 아무런 전처리를 하지 않은 순수 Bunker-C (B_{oil}), Oil purifier만을 이용해 유청정한 Bunker-C (B_{puri}) 및 균질기로 전처리한 후 유청정기로 청정한 Bunker-C ($B_{hom.o.}$)를 사용하였다.

연소 후 배출되는 배기가스는 보일러 연도 중앙에 위치시킨 Probe를 통해 포집, HORIBA, PG-250A(Japan) 장비를 이용해 배기가스의 성분(NO_x , CO, CO_2 , O_2) 및 농도(ppm)를 계측하였다.



(a) Schematic diagram of combustion test bed



(b) Photo of exhaust gas measurement

Fig. 5. Experimental set up of exhaust gas measurement.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 수치해석 및 입도분석 결과

정상상태, Newtonian fluid의 경우 벽면에서부터 유체의 속도구배는 일정하고, 벽면에 발생하는 전단응력(τ)은 속도의 구배와 점성계수에 비례한다. 이때, 속도구배(전단속도/점성계수)는 식 (1)을 통해 구할 수 있는데, 전단응력(τ)에서 점성계수 μ 를 나누어준 값이 된다.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1)$$

Table 2는 회전자/고정자의 간극 0.3 및 0.4 mm에서 RPM (Revolution per minute)에 따른 유체변형력(Shearing stress)과 속도구배 값을, 이 값을 그래프로 나타낸 것이 Fig. 6이다.

회전자의 RPM이 커짐에 따라 Shearing stress가 선형적으로 증가함을 볼 수 있고, 중심에서 멀리 떨어져 있는 간극에서 전단력이 크게 나타나는데, 이는 같은 각속도에서 중심과의 거리가 멀어지기 때문에 회전자의 선속도가 커지고 이에 따라 속도 구배가 커지기 때문이다.

Table 2. Shearing stress according to RPM(left) and velocity gradient(right)

RPM		500	1500	2500	3500	4500	5500	6900	RPM		500	1500	2500	3500	4500	5500	6900
Shearing stress	0.3 mm	37.763	74.250	125.301	183.768	253.033	313.857	362.463	Velocity distribution	0.3 mm	37763	74250	125301	183768	253033	313857	362463
	[Pa]	0.4 mm	26.424	63.421	106.885	163.415	203.443	238.587		267.837	[peripheral speed /Clearance]	0.4 mm	26424	63421	106885	163415	203443

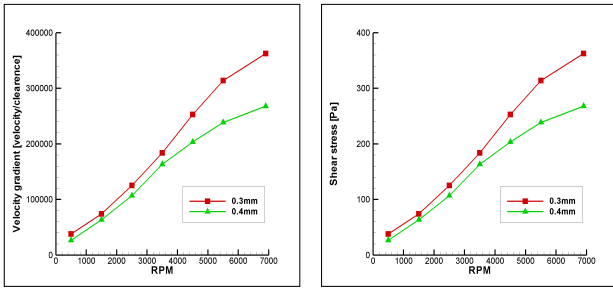


Fig. 6. Shear stress(left) and velocity gradient(right) according to RPM.

Fig. 7과 Fig. 8은 RPM이 3,500과 6,900일 때 회전자와 고정자 사이의 속도 및 압력분포에 대한 수치해석 결과를 나타낸 것이다. 회전자의 RPM이 높으면, 속도 분포는 전체적으로 높게, 압력 분포는 낮게 나타남을 확인할 수 있다. 또한, 고정자와 회전자의 간극이 좁은 부분에서 속도와 압력이 매우 높은 것을 볼 수 있는데, 이는 회전자가 고속으로 회전하

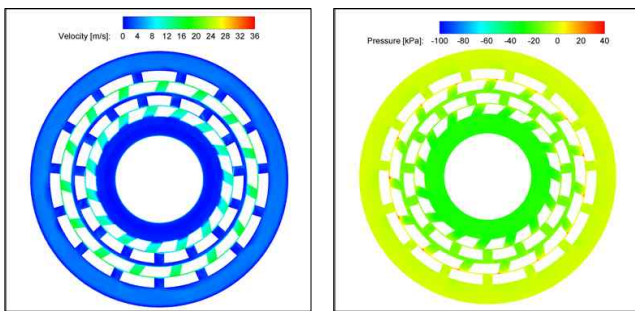


Fig. 7. Velocity(left) and pressure(right) distribution at 3,500 RPM.

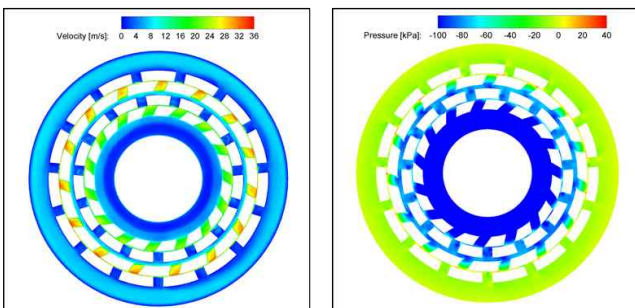


Fig. 8. Velocity(left) and pressure(right) distribution at 6,900 RPM.

면서 고정자 사이에 큰 전단력이 발생됨을 뜻한다. 크게 발생하는 전단력으로 인해 연료유 입자의 균질화 및 미립화 효과가 우수할 것으로 기대된다.

Table 3은 시료명 A, B, C의 입도분석 결과를 나타낸 것이다. 분석범위를 0.017 μm ~ 2000 μm(분산용매 : Hexane)로 하여 레이저 회절 및 산란법으로 입도분석을 수행하였다.

대조군인 시료명 A의 입도분석 결과와 고정자/회전자 간극 0.2 mm의 균질기로 전처리한 시료명 B를 살펴보면, 입도분석을 위해 채취한 시료의 10%에서 입자크기가 2.686 μm에서 2.507 μm로 미립화 효과가 약 6.6% 증가한데 비해 채취한 시료의 90%에서의 입자크기는 22.300 μm에서 8.258 μm로 미립화 효과는 약 63%로 크게 증가된다. 또한, 시료명 B와 C를 통해 균질기의 간극이 연료유 입자의 미립화 및 균질화에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

이는 균질기를 통한 연료유 전처리가 연료유 입자의 미립화는 물론 균질화에도 매우 높은 효과가 있음을 의미하는 것이며, 고정자/회전자의 간극이 작을수록 더욱 효과적임을 시사한다.

Table 3. Particle size analysis results of Bunker-C samples

(*Analysis : Korea Polymer Testing & Research Institute)

Sample (Clearance)	Particle size (μm)			
	Diameter at 10 %	Diameter at 50 %	Diameter at 90 %	Mean diameter
A	2.686	5.976	22.300	10.03
B (0.2 mm)	2.507	4.612	8.258	5.041
C (0.3 mm)	2.850	5.565	10.630	6.226

Fig. 9는 시료명 A, B, C 각각에 대해 고해상도 전자 현미경을 이용하여 400배 확대 촬영한 연료유 입자의 이미지를 나타낸 것이다.

전처리가 되지 않은 시료명 A 이미지에서는 연료유에 포함된 Ash와 같은 비교적 큰 불순물 등의 입자들이 밝게 보이는데 반해, 전처리된 시료명 B와 C의 이미지에서는 찾아보기 어렵다.

또한, 전처리한 연료유의 입자크기 및 입자의 분포상태가 더 우수한 것으로 판단된다.

연료비 절감을 위한 선박용 연료유 균질기 개발에 관한 연구

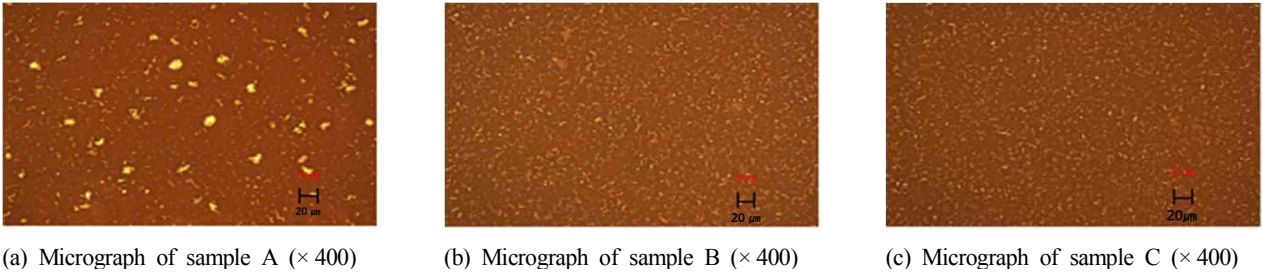


Fig. 9. Micrograph of Bunker-C samples.

3.2 슬러지 저감 및 연소특성 결과

슬러지 저감 실험을 통해 생성·배출된 슬러지양을 측정 한 결과 $Sludge_{oil}$ 은 1,459 g이고 $Sludge_{homo.}$ 는 1,269 g이었다.

개발된 균질기로 연료유를 전처리하고 유청정기를 통해 청정하는 경우 생성·배출되는 되는 슬러지 양이 190 g(약 13%) 적음을 확인하였다.

이와 같은 결과를 통해 전처리 없이 유청정만을 시행한 연료유에 함유된 큰 입자는 유청정 과정에서 슬러지로 걸러져 배출되는 반면, 전처리를 통해 입자가 잘게 부서지고, 일정한 크기의 입자들로 균일하게 분포된 연료유의 경우에는 유청정 과정에서 걸러지지 않아 실제 사용할 연료의 양이 저감된 슬러지 양 만큼 증가하는 효과를 가져올 것으로 판단된다.

Fig. 10은 보일러에서 연소시킨 시료의 배기가스를 측정해 CO 농도를 그래프로 나타낸 것이다.

Boil, Bpuri 및 Bhomo를 비교한 결과, Bhomo가 Boil 비해 일산화탄소(CO)의 농도가 최대 36% 가량 낮았다. 이는 Bhomo

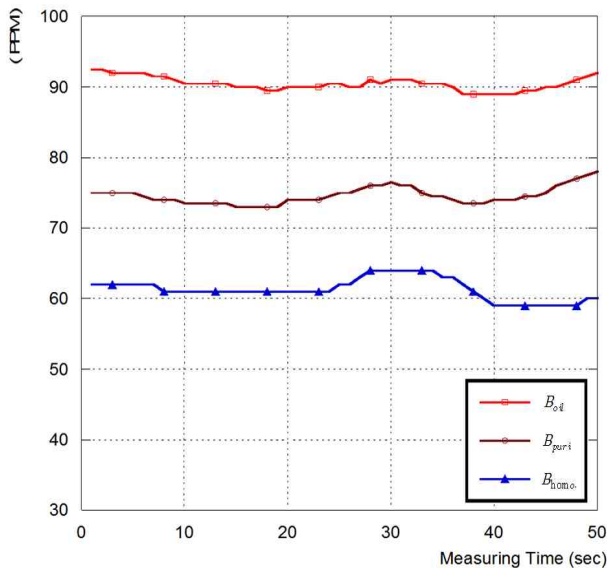


Fig. 10. Measured results of CO concentrations.

의 경우 연료유는 물론이며 연료유 내의 슬러지 등이 다른 경우와 비교해 균질화 및 미립화 정도가 우수하여 보일러에서 연소될 때 공기와의 혼합특성이 향상되고 점성이 감소하여 노즐에서의 분무특성이 좋아진 것에 기인하는 것으로 판단된다.

4. 결론

선박 운항비의 대부분을 차지하고 있는 연료비 절감을 위한 방안으로 고전단력을 이용한 선박용 연료유 균질기를 연구·개발하였고, 성능확인 및 평가를 위한 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. IFO 380 cSt 등급의 Bunker-C를 개발된 균질기를 이용해 전처리한 후 유청정기에서 생성·배출된 Sludge 양이 약 13% 감소하였다.
2. 개발된 균질기의 회전자/고정자의 간극을 0.2 mm로 설정하고 전처리한 연료유의 입도를 분석한 결과 전처리하지 않은 연료유에 비해 Diameter at 10%에서의 입자크기가 2.686 μm 에서 2.507 μm 로, Diameter at 90%에서의 입자크기는 22.300 μm 에서 8.258 μm 로 줄어들어 미립화 효과는 약 63%로 크게 증가됨을 확인하였다.
3. 연소실험 결과, 균질기로 전처리한 후 유청정한 연료유의 CO 농도는 평균 62 ppm이고, 전처리 없이 유청정한 연료의 CO 농도는 평균 91 ppm으로 전처리 없이 유청정한 연료유의 배기가스 중 CO 농도보다 최대 36% 가량 낮았다.

후 기

이 연구결과는 국토해양부 소관 해양안전 및 해양교통시설 기술개발 사업 녹색선박 TCS 시스템 구축 과제의 지원과 중소기업청 “산·학·연 협력 기업부설 연구소 지원 사업(신규 설치과제)”의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Han, Won-Hui, Jeong-Gil Nam and Don-Chool Lee(2007), A Study on the Variation of Physical & Chemical Properties with Refining Treatment and Additive Mixture for Marine Fuel Oil, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 13, No. 1, pp. 39-45.
- [2] Han, Won-Hui, Man-Sik Ha and Jin-yeol Lee(2003), A Study on the Refining Performance Improvement of Marine Sludge Fuel Oil(I)(for the temperature and pressure effects in metal filtering element), Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 9, No. 1, pp. 93-98.
- [3] Hwang, Ki-Hyung and Heon-Dong Lee(2008), The Impact of High Oil Prices on Fisheries Industry and Korea's Response, Korea Maritime Institute, A Study of Policy 2008-02 (ocasional), pp. 6-70.
- [4] Jeon, Hyo-Jung and Don-Chool Lee(2005), Diesel Engine and Gas Turbine for Ship, Dongmyungsa, pp. 88-98.
- [5] Lee, Jin-yeol, Man-Sik Ha and Won-Hui Han(1999), An Ultrasonic Breaking Action on the Homogeneous Effect of Marine Oil Particles, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 5, No. 2, pp. 67-78.
- [6] Lee, In-Ae(2012), Shipping Rip, Current Address, Maritime Korea, May, p. 32.
- [7] Rischmann, Juergen and B. Eng.(2006a), The Role of the Homogenizer in Modern Shipping, Lloyd's Register Technical Association:Paper No. VII, Session 2005-2006, pp. 6-32.
- [8] Rischmann, Juergen and B. Eng.(2006b), The Role of the Homogenizer in Modern Shipping, Lloyd's Register Technical Association:Paper No. VII, Session 2005-2006, pp. 16-21.
- [10] S.I.T Corp.(2004), Documentation reporting the overall efficiency of all CD92™ Systems by example of a power station on the island Madeira, pp. 1-4.

원고접수일 : 2012년 08월 27일

원고수정일 : 2012년 10월 23일 (1차)

2012년 12월 07일 (2차)

계재확정일 : 2012년 12월 27일