

· 技術 解説 ·

船用主機의 國內製作展望

金 俊 煥*

1. 序 言	3) 小型船用 Diesel 機關
2. 製作의 必要性	5. 能 力
3. 製造業체의 海外技術協力	6. 製作施設
4. 船用機關概況	7. 製作展望
1) 大型低速 Diesel 機關	8. 結 言
2) 中型中速 Diesel 機關	

1. 序 言

船用主機라 함은 各種動力船의 推進力이 되는 原動力을 供給해 주는 船舶의 主体라 할 수 있겠다. 이의 原動機로서는 디젤, 電氣点火, 燒玉, 蒸氣터빈, 개스터빈, 原子力 等 多樣하게 分類할 수도 있겠으나 그 중에서 디젤機關이 全主機의 大部分을 차지하고 있어서 여기에서는 主로 船用디젤機關에 對하여 言及코져 한다.

2. 製作의 必要性

現今까지 150PS 未滿의 小型漁船用 機關들은 1960年代 以後부터 大同, 進一 等 國內 數個業체에서 主로 日本의 該當 製造業체와 技術提携下에 80% 以上の 國産化가 推進中이며 相當한 技術蓄積이 이루어지고 있다고 볼 수 있으나 零細性을 벗어나지 못하고 있다.

한편 우리나라의 年間 造船能力은 1976年末 現在 260萬 G/T로서 1972년의 19萬 G/T에 比하면 不過 4年間에 걸쳐 무려 13.7倍의 增加를 記錄하게 되었다.

특히 第4次 經濟開發 5個年計劃期間中에 政府는 우리나라의 造船能力을 年間 425萬 G/T까지 擴張할 計劃이며 1981年度에는 114萬 G

/T의 船舶을 輸出하여 11億14萬 US\$의 外貨獲得을 計劃하고 있다.

그러나 昨今까지 大中小型 船舶輸出은 製造原價의 約 70%를 차지하는 船用機資材를 大部分 海外輸入에 依存하여 왔으며 特別히 資材價의 20% 以上을 차지하는 主機인 大中小型 디젤 機關은 全量 輸入에 依存하여 왔기 때문에 問題點이 있었으며 이러한 條件下에서 船舶建造의 原價節減을 기하고 世界造船市場의 國際競争力을 強化하며 海外의 先進技術을 導入 國內精密機械工業의 技術向上에 奇與하고 重化學工業 및 國內關聯産業에 對한 前後方 波及 效果 極大化, 大規模機械工場 稼動으로 雇傭效果 增大, 外貨稼得率을 提高시켜 國際收支改善 奇與 및 關聯機資材의 國産化 自給率 提高의 效果를 기하고져 該 主機의 國産化를 推進中에 있다.

3. 製造業체의 海外技術協力

이러한 大中小型 主機를 國內 製作推進함에 있어 獨自의인 設計로부터 着手한 다는 것은 大端히 어려운 點이 많은 것이 事實이다. 그 例로 世界的으로 有名한 船用主機 메이커인 SULZER, BURMEISTER WAIN, MAN

* 現代重工業(株) 엔진事業本部 技術部長

船用主機의 國內製作展望

이 半世紀 以上에 걸쳐 開發 生産中이며 日本의 MITSUBISHI, HITACHI, IHI, MITSUI, SUMITOMO, KAWASAKI 等 各社가 獨自의 力으로 開發한 機種도 있으나 거의 大部分이 長期間에 걸쳐 위의 各社와 技術提携를 해

서 機關을 製作하고 있는 實情이다. 이로 보아서도 初期段階에서의 單獨 設計 開發은 힘겨운 일이라 볼 수 있다. 따라서 國內業체들은 이의 國産化를 爲하여 海外 各社와 技術導入契約을 締結 하였다(表 1).

〈表 1〉 技 術 提 携 先

技術提携先	Sulzer	B&W (Denmark)	M. A. N (W. Germany)	Kubota (Japan)	Mitsubishi (Japan)	Yanmar (Japan)	Nigata (Japan)	備考
國內業체								
馬力範圍 (PS)	780— 48,000	450— 41,000	1,500— 44,000	8— 150	7— 250	4— 650	250— 850	
現代重工業	1975. 6. 11	1976. 9. 7	1976. 12. 10					
雙 龍		1977. 4. 8						
大宇重工業				1966. 7. 10				
大同工業					1967. 9. 2			
進一工業						1970. 7. 25		
大韓造公							1967. 4. 14	

4. 船用機關 概況

船舶建設에 있어서 1975年 以後 現今까지 超大型船 建造가 極度로 沈滯化 되어 있으며 10,000~30,000 DWT의 一般貨物船의 需要가 比較的 많은 셈이다. 디젤機關의 製造台數를 보면 全世界에서 1976年中 2,000DWT 以上이 1,109台(10,212,313 PS)에 달하고 있으며 그中 日本이 410台(4,886,280 PS)로서 世界 全生産量의 47%를 占하고 있다. 이 境遇 6,000~20,000 PS 程度의 Cylinder Bore 450~760 mm 程度의 機關이 壓倒的으로 많다. 이러한 日本도 事實은 自体開發 機關보다는 MITSUBISHI가 SULZER+MAN, HITACHI가 SULZER+E&W, IHI가 SULZER+PIELSTICK, KAWASAKI가 MAN, NK가 PIELSTICK와 오래 前부터 技術提携하여 生産實績을 올리고 있다. 이런 製作社들은 1) Energy 節減 2) 船舶稼働率上昇 乘務員 勞動力 輕減面에서 機關의 信賴性 耐久性向上을 기하고 3) 船舶全體의 System으로서 高性能 및 高經濟

性을 勘案, 推進効率, Maintenance 容易度 向上, 例를 들면 Propeller 回轉數를 低下시킴으로써 推進効率을 向上시키고져 長行程 機關開發, 減速機附 低速機關의 實用化等에 多角度的 努力을 기울이고 있다. 最近에는 特히 燃料消費率을 低下시키는 것이 큰 課題로 되어 있고 機關이 多小 重構造化 되더라도 最高壓力을 높이려는 傾向이 있다. 經濟性 向上을 爲하여 平均有効壓力(P_{me}) 및 平均 Piston速度(C_m)를 올려 出力率($P_{me} \times C_m$)을 높이는 新標準型이 계속 나오고 있다.

1) 大型低速 Diesel 機關

從來의 Turbo 過給機關에 있어선 $P_{me} \approx 11.5 \text{ kg/cm}^2$, 出力率 $P_{me} \cdot C_m \approx 75$ 程度였으나 現今에는 $P_{me} = 12 \sim 13.5 \text{ kg/cm}^2$, $P_{me} \cdot C_m = 80 \sim 85$ 에 이르렀고 1976年 以後부터는 $P_{me} = 15 \text{ kg/cm}^2$, $P_{me} \cdot C_m = 100$ 에 이르고 있다. 表2에서 보는 바와 같이 高過給 大型低速 Cross Head型 機關의 標準으로서 B&W 社의 KGF型, Sulzer社의 RND-M型, MAN社의 KSZ-A 또는 B型을 들 수 있다. (表 2 參照) 1974年 油

〈表 2〉 大形 低速 2 Stroke 機關 新標準形

會社	形式	D	S	PS/cyl.	n	P_{me}	C_m	$P_{me} \cdot C_m$
B. & W.	K 90 GF	900	1,800	3,410	114	11.80	6.84	80.77
	K 80 〃	800	1,600	2,640	126	11.75	6.72	79.2
	K 67 〃	670	1,400	1,870	145	11.82	6.77	80.0
	K 45 〃	450	900	880	228	12.10	6.84	83.1
SULZER	RND 90 M	900	1,550	3,350	122	12.30	6.30	79.3
	RND 76 〃	760	1,550	2,400	122	12.60	6.31	79.5
	RND 68 〃	680	1,250	1,900	150	12.60	6.25	78.8
	RND 68 〃	680	1,250	(1,735)	(137)	(12.60)	(5.72)	(72.0)
M. A. N.	KSZ 90/160 A	900	1,600	3,330	122	12.04	6.50	78.2
	KSZ 70/125 A	700	1,250	1,904	145	12.30	6.04	74.3
	KSZ 90/160 B	900	1,600	3,677	122	13.21	6.50	85.8
	KSZ 78/155 B	780	1,550	2,665	122	13.30	6.30	83.8
	KSZ 70/125 B	700	1,250	2,067	145	13.40	6.04	80.9

D: cylinder 直徑(mm)
 S: piston 行程(mm)
 PS/cyl.: 1 cylinder 當出力(PS)
 n: 回轉數(rpm)
 P_{me} : 正味平均有效壓力(kg/cm²)
 C_m : 平均 piston 速度(m/s)
 $P_{me} \cdot C_m$: 出力率(kg/cm² · m/s)

〈表 3〉 長行程 低速 2 Stroke 機關

會社	形式	D	S	S/D	n	PS/cyl.	P_{me}	C_m	$P_{me} \cdot C_m$
B. & W.	L 90 GF	900	2,180	2.42	94	3,420	11.80	6.83	80.6
	L 80 GF	800	1,950	2.44	104	2,670	11.80	6.76	79.8
	L 67 GF	670	1,700	2.54	119	1,870	11.80	6.74	79.5
	L 55 GF	550	1,380	2.51	150	1,340	12.50	6.90	86.3
SULZER	RLA 56	560	1,150	2.05	175	1,290	12.06	6.52	78.2
	RLA 56	560	1,150	2.05	155	1,190	12.06	5.94	72.5
	RLA 90	900	1,900	2.11	98	3,350	12.74	6.21	79.1
	RLA 90	900	1,900	2.11	122	3,350	13.16	6.30	82.9

類波動以後 船舶全体 System으로서 燃料費의 節減을 기하고 熱效率을 向上시킴으로서 Propeller回轉數를 낮추어 推進效率을 改善코져 努力하여 왔다. 그 方法의 하나로서 低速直結式 機關의 長行程化 또는 在來의 大型低速機關에 齒車減速機를 附着해 보는 것이다. 從來에는 Diesel機關의 出力率向上을 기하고 小形化하기 爲해서 回轉數를 높여야 했으나 이를 Propeller에 直結할 境遇 推進 效率이 떨어져서 B&W社는 船用低速機關의 行程을 從來의 標準仕樣에 比하여 約 20% 程度 長行程化한 L-GF를 設計, 燃料費를 5% 低減시켰다. 이 境遇 機關重量, 軸系 및 船低部重量이 增大되지만 燃料費를 勘案할 때 短期間內에 卡버할 수 있다고 본다. Sulzer도, RLA56, RLA90等 長行程機關을 開發함으로서 B&W와 同一步調를 取하러 試圖하고 있다. (表3 參照)

2) 中型中速 Diesel 機關

中小型船, 客船, Ferry 等に 採擇되고 있는 減速機付 中型 Diesel 機關은 大中型 貨物船에도 使用되며 低質油 使用이 容易하고 또한 保守整備도 簡便하게 되었으며, 耐久性도 頗저히 改善되어 最近에는 Car Ferry, 自動車運搬船으로서

Ro~Ro船에도 많이 쓰이고 있으며 2,000重量等 以上 船舶主機 全體量의 20% 以上을 占有하고 있다. (表4參照). 表4에서 Group I, II, III는 開發順位를 나타낸 것이고, 各社에서는 現在 2,000 PS/cyl. 以上의 出力比 機關開發에 主力을 두고 있다.

이런 機關들은 高過給高出力을 얻기 爲해 過給 機效率을 上昇시킴으로서 壓縮比를 높이고 過給 方法의 改善과 同時에 機關 自體의 高性能을 維持키 爲한 耐久性構造로 되어 있다. 이 中速機關 또한 低速機關에서 말한 바와 같이 減速比가 높은 齒車減速機, 例를 들면 遊星齒車方式을 써서 高效率減速을 試圖함으로서 Propeller 推進效率 向上을 기하고 있다. 또한 美國에서는 最近 Gas Turbine 驅動用 發電機를 써서 推進機關內 電動機에 依한 電氣推進方式이 實用化되고 있다. 如何間 現在까진 超大形船用主機外엔 거의 大部分이 Diesel機關을 推進原動機로서 使用하고 있다.

3) 小形 船用 Diesel 機關

小形船에 있어 Diesel機關이 차지하는 台數는 約 70% 程度이며, 馬力數로 보더라도 總馬力의 90%로 앞도적인 分布를 차지하고 있다. 最近

〈表 4〉 中型 中速 GEARED DIESEL 機關

GROUP	會社名	形 式	STROKE	D	S	PS/cyl.	n	P _{me}	C _m
I	B. & W.	SU 45 HU	4	450	500	550	450	13.80	7.5
	M. A. N	LV 40/54 A	4	400	540	680	450	20.00	8.10
	SEMT	PC2-5	4	400	460	650	520	18.00	7.98
	SULZER	ZUB 40/48	4	400	480	700	500	20.89	8.00
II	B. & W.	50L	4	500	540	850	465	15.50	8.37
	M. A. N	LV52/55A	4	520	550	1,055	450	18.06	8.25
	SEMT	PC3	4	480	520	950	470	19.45	8.15
III	B. & W.	60P	4	600	645	1,500	375	19.00	8.07
	M. A. N— SULZER	LV65/65	4	650	650	1,800	400	18.67	8.67
	SEMT	PC4	4	570	620	1,500	400	21.30	8.25

이르러서는 車輛의 FRP船이 增加되고 있어 船速은 飛躍的으로 增大의 傾向에 있다. 特히 20 噸 未滿의 FRP漁船은 往復時間을 短縮 爲기로서 操業能率을 올리며 從來 7~8Knot를 유지하던 船速이 16Knot 以上으로 一般化되었다. 따라서 이를 推進하기 위한 主機關은 小型輕量大出力化 즉 高速화가 되어야 한다. 最近엔 船用專門 機關外에도 GM-Caterpillar, Benz, Volvo 等の 高速 디젤機關이 主機로 등장하고 있다.

한편, 20 噸 以上の 船舶에 있어서는 經營合理化를 기하고 小型輕量, 大出力中高速機關을 採擇하는 傾向을 보이고 있다.

5. 能 力

150 PS 未滿 小型船用主機的 生産은 主로 50 噸 未滿의 小型 沿岸 漁船에 使用되고 있는 바 이의 生産規模는 最大 200,000PS 前後가 될 것이다. 受注에 依한 國內需要 充當으로 輸出船, 外航船 其他 內需用을 包含한 大型 船用主機에 있어서는 現代重工業이 900,000PS, 中速은 雙龍重工業이 460,000 PS 程度를 製作하게 될 것이다.

6. 製作 施設

小型 漁船 Diesel 機關의 製作施設中 特히 工作機械類는 各社가 老朽化되어 將次 需要 增大를 豫想한다면 新規 施設 投資가 必要하리라 본다.

現代重工業과 雙龍重工業은 大中型 船用 機關을 製作하기 爲하여 1976年 上半期 부터 工場建設 基本計劃을 樹立 機械設置가 때때 段階에 들어가고 있다. 그중 現代重工業은 内外資 總 8,400萬\$의 施設을 保有할 鑄造工場, 鍛造工場, 組立工場을 갖추게 될 것이다. 鑄造工場은 年産 18,000 噸 規模로서 機關의 Cylinder-Jacket, Cylinder Liner, Flywheel, Endshield Upper Chain, Wheel Frame, Guide Plate 部品類 및 各種 合金鑄鐵, 船用部品을 鑄造하게 되며 最

大鑄物重量은 20 噸에 이른다. 主 施設로서는 10 噸 低周波 電氣誘導爐 2基, 砂處理 施設(20 噸/時間) 1式, 連續型砂機施設(10 噸/時間) 2基 外에 熱處理, 後處理, 木型 및 試驗施設을 갖추게 된다. 鍛造工場은 年産 25,000 噸 規模로서 機關의 Cylinder Cover, Connecting Rod, Piston Rod, Tie Rod, Thrust Shaft 等 鍛造部品은 勿論이고 船用部品으로서 大型 Propeller Shaft, Intermediate Shaft, Rudder Stock, Pintle 類를 鍛造하게 된다. 主施設로서는 國內유일의 4,000 噸 自由鍛造 Press를 비롯한 75M- 噸 Forging Manipulator, 4.5M- 噸 Tool Manipulator, Gas Cutting Machine(Cutting Dia. 2,000mm), Heating Furnace 4基(Max 80 噸) Heat Treatment Furnace 4基(Max 100 噸) 및 100/40 噸의 特殊 Forging Crane을 들 수 있다. 이 施設을 利用하면 最大길이 20,000mm, 最大經 1,600mm 까지의 大型 鍛造物 生産이 可能하며 最大單位 重量은 60 噸에 이르게 된다. 엔진工場은 다시 機械工場과 組立試運轉工場으로 나눌 수 있다.

機械加工場은 Bed Plate, Frame Box, Air Receiver, Piston, Piston Rod, Connecting Rod, Cylinder Jacket, Cylinder Cover, Cylinder Liner 等 機關의 主要部品을 비롯한 50餘種 以上을 加工할 수 있는 最新式 大型工作 機械施設을 Europe 地域에서 導入하였다.

그 施設을 區分하면 超大型 Plane Miller(最大 5,750W×7,500H×2,500L) 6臺, Horizontal Boring & Milling Machine (最大 15,000W×10,000H×4,000L) 7臺, Vertical Lathe (最大 SW 3,000×4,000H) 7臺, Heavy Duty Lathe (最大 SW 4,000×13,000L) 3臺, Honing Machine (Max Dia. 1,050) 2臺 等 總 50餘臺의 精密工作機械를 갖추게 된다.

特記할 것은 아직 國內에선 많지 않은 CNC 및 NC Control System을 갖춘 機械가 19臺에 이르고 있다.

끝으로 組立試運轉工場은 最大 40,000PS와 25,000PS까지의 機關性能 Test가 可能한 Froude 型 Dynamometer를 保有하게 되며, Test Bed 式을 갖추게 된다.

船用主機的 國內製作展望

또한 225톤 Crane 2기를 갖추어 機關重量 450톤까지는 Dismantling까지 않고도 Transport Car와 Goliath Crane에 의하여 直接 배에 搭載 可能하게 되어 있다.

其他 各種 Piping work가 可能한 Piping Shop이 있다.

7. 製作 展望

위에서 言及한 施設을 活用하게 되면 各 機種은 Bed Plate, Frame Box, Cylinder Cover, Air Receiver, Cylinder Jacket, Cylinder Liner, Piston, Connecting Rod, Piston Rod, Cross Head, Cam Shaft, Endshield, Upper Chain, Wheel Casing, Flywheel, Gear, White Metal 등 機關의 Main Body를 構成하는 主部品の 加工이 製作 初期 부터 可能하게 될 것이다. 따라서 標準部品類(Bolt, Nut, Washer, Gasket等)와 非標準部品 一部 Gallery Brecket, Piping類等 國內 開發對象品을 包含한다면 最初 船用機關 國産化率은 65% 程度에 이를 것으로 본다.

機能部品 中에서 Injector, Fuel Injector Pump, Governor oil Lubricator, Turbocharger, Crank shaft, Maneuvering System等은 初期段階에선 導入할 豫定으로 있다.

그중에서 Crankshaft는 全体 Engine 價格構成比가 12%나 됨으로 國産化 提高를 爲해서 早速 國內 生産을 推進中에 이다.

따라서 1980年代에 이르러서는 國産化率은 最小 77%에 이를 것이다. 그리하여 1985년에는

100% 完全 國産化가 이루어지도록 努力하고 있다. 船用 主機는 陸上用 小型高速機關과는 그 規模가 判異하게 달라서 初期段階에 앞서서 相當한 試練期가 豫想되고 있다. 例로서 B&W의 1個 機種인 6K90GF를 들어보기로 하자. CSR이 18,600PS이고 110rpm인 이 船用主機의 重量은 645톤이고 Liner 3.5톤, Piston & Piston Rod 3.0톤, Conn. Rod 2.5톤, Cross Head 2.6톤, Cylinder Cover 5.3톤이며 Crank Shaft의 重量은 무려 145톤이나 된다. 機關 크기 또한 길이 13.93m, 폭이 4.4m, 높이가 11.18m에 이르고 있어서 巨大한 Building에 걸출만 하다.

특히 大型鑄造, 鑄鋼 鍛造 및 合金鋼類 素材의 國內開發 製作을 爲해서는 最大의 努力을 기울여야 하리라고 본다.

現代重工業은 現在 鑄造工場이 이달부터 定常 操業에 들어갈 豫定이며, 鍛造工場은 8月末, 機械工場은 9月末에 各各 定常稼動 豫定으로 있다. 그리하여 1979年 4月 大望의 國內最初인 大型國産 船用디젤主機를 引渡하게 될 것이다.

또한 陸, 船用 Turbine 該施設을 利用 製作 可能하게 되었다.

8. 結 言

以上에서 言及한 船用主機의 國內製作을 爲해서는 1) 産學協同으로 製作技術의 開發 2) 生産 技術人力의 不斷한 技術訓練 3) 國內造船 海運 業界의 協調와 指導 4) 政府當局의 支援이 隨半 되어야 할 것이다.