المدخل لنجاح محركات الديزل فى قرن من الزمان
Introduction : a century of diesel progress

0- مقدمة .

مر حوالى أكثر من مائة عام من الزمن على تركيب أول محرك ديزل يدخل الخدمة على ظهر السفينة النرويجيه Selandia عابرة المحيطات .

إحتلت محركات الديزل فى هذا الوقت السيطرة الكاملة لمحركات الدفع الرئيسية للسفن التجارية وكان معظم التفكير فى هذا الوقت حول التربينات البخارية , ومحركات البخار الترددية والتى كانت موجودة فى أكثر السفن فى هذا الوقت ولقد تم إزحتها بواسطة محركات الديزل بطيئة السرعة slow speed والمحركات متوسطة السرعة medium speed وتم وضعها فى سفن الحاويات container ships ، سفن البضائع السائبة bulk carriers وسفن خام البترول oil tankers ، والسفن عابرات القنوات cruise liner ولم يتبقى فى الآونه الأخيرة إلا سفن الغاز المسال وبعض السفن الحربية التى تعمل بالتربينات البخارية .

ولقد قل التنافس بينها وبين محركات الديزل ثنائية الأشواط والتى تعمل بوقود الديزل وفى عام 1987 تم تغيير المحركات البخارية للسفينة الفخمة ذات الخطوط الملاحية المنتظمة Queen Elizabth بعد أن كانت محركاتها البخارية والغلايات فى أسوء حالاتها وكانت هى آخر سفينة يتم تغيير محركاتها البخارية .

ولقد تم تغييرها بوحدات من محركات الديزل طراز L 58/ 64 M.A.N B&w رباعية الأشواط بعدد 9 تسعة إسطوانات , وبقطر مكبس 580 مم وطول شوط 640 مم وملحق بها مولدات كهربائية بقدرة 95000 كيلواط تعمل على إدارة محركات كهربائية لدفع الرفاص والإنارة وجميع متطلبات السفينة من الكهرباء , وتعمل بالتيار المستمر.

ولقد مهد الطريق للسفينة selandia والتى تم بناؤها فى عام 1912 ولقد جهزت بعدد إثنين من الرفاصات وحمولة ساكنة 7400 dwt طن وتصنف بسفينة بضائع وركاب cargo - passenger وتملك عدد 2 إثنين من محركات الدفع الرئيسية ذات الثمانية إسطوانات بقطر مكبس 530 مم , وطول شوط 730 مم وقدرة 920 كيلواط عند 140 لفه / د , ولها جهاز عاكس للحركة .

ومع النجاح فى زيادة القدرة خلال 70 السبعين عام الأخيرة شجع على تعديل محركات السفينة QE2,s بمحركات أخرى بقطر إسطوانة 580 مم وطول شوط 640 مم وكانت المعدلات القصوى للتشغيل المستمر لقدرة كل إسطوانة 1213 كيلواط وتم بناء السفينة selandia بواسطة ترسانة Burmeister & wain B & w فى مدنة كوبنهاجن copenhagen بدولة الدنمارك Denmark

لشركة شرق آسيا وبعد تجربتها فى فبراير 1912 وبنجاح كامل على مدى 20000 ميل بحرى برحلة تمت من العاصمة الدنمركية إلى الشرق الأقصى .
و من الأهمية ملاحظة سلامة منظومة الدفع طول فترة الرحلة وبمجرد وصول السفينة الى London تم فحصها بواسطة السيد ونستون تشرشر Winston churcher واللورد قائد القوات البحرية البريطانية.
أما السفينة Fiona الأخت للسفينة selandia فقد تم الإنتهاء من بنائها بعد أربعة أشهر وفى نفس الترسانة ship yard وتم شراؤها بواسطة الأمبراطورية الألمانية بواسطة خطوط هامبرج أمريكا شكل .1-1

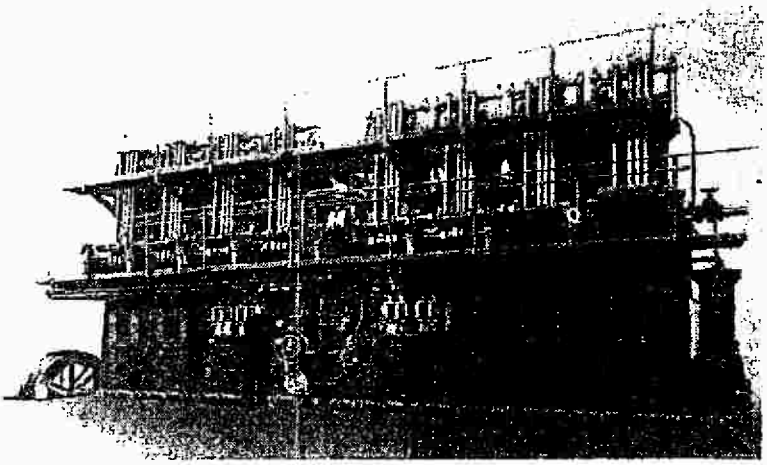

Figure 1.1 One of two Burmeister & Wain DM8150X engines commissioned (1912) to power the first Selandia (MAN B&W Diesel)

والسفينة الثالثة من هذه السلسلة Jutlandia قد بنيت بواسطة ترسانة Barclay curle , فى إسكتلاندا Scotland وتم تسليمها لشركة شرق آسيا فى عام 1912 .
الشركة الإسكندنافية Danish Company أصبح أسطولها فى عام 1920 ستة عشر سفينة - عابرة للمحيطات وكانت أكبر حمولة ساكنة dwt لسفينة من أسطولها وتسمى أفريقيا afrika 13275طن وتم تركيب إثنين من المحركات الرئيسية عليها لدفع الرفاص من طراز B & W عدد 6 ست إسطوانات لكل محرك وبقطر مكبس 740 مم وطول شوط 1150 مم وبقدرة 3300 كيلواط عند 115لفة / د .
وفى عام 1914 , 1915 تم تغيير المحركات البخارية لثلاثة سفن بالترتيب والتى شيدت عام 1909 بمحركات ديزل بواسطة شركة B & W وكانت الحمولة الساكنة DWT لكل منها 4950 طن فى مدينة جلاسجو glasgo وكان

كل محرك يحتوى على 6 ستة إسطوانات وقطرالمكبس 676 مم وطول شوط المكبس 1000 مم وقدرة 865 كيلواط عند 110 لفة / د.
والسفينة selandia إستمرت فى التشغيل ثلاثون عاما محتفظة بحمولتها وكانت سرعتها 10,5 knot عقدة "ميل بحرى فى الساعة " قبل فقدها فى اليابان عام 1942.
وكانت وحدة الدفع للسفينة selandia 2 والتى دخلت الخدمة فى عام 1938 من مظاهر التقدم فى صناعة المحركات البحرية فى هذا الوقت مما مهد الطريق إلى تصميم محركات أحادية , وثنائية التأثير single & double acting بعدد خمسة إسطوانات ثنائية التأثير بقوة 5370 كيلواط عند 120 لفة/ د وحمولة سلكنة 8300 طن وكانت القدرة المسجلة ثلاثة أضعاف القدرة السابقة.
والأداء الجيد لمحركات selandia دفع شركة شرق آسيا إلى تحويل كل السفن التى تعمل بالبخاربمحركات ديزل أحادية التأثير ثنائية الأشواط وأتبعها معظم ملاك السفن حتى وصلت فى عام 1914 إلى حوالى 300 محرك ديزل وبحمولة 235000 طن حجمى Grt شكل.2-1 .

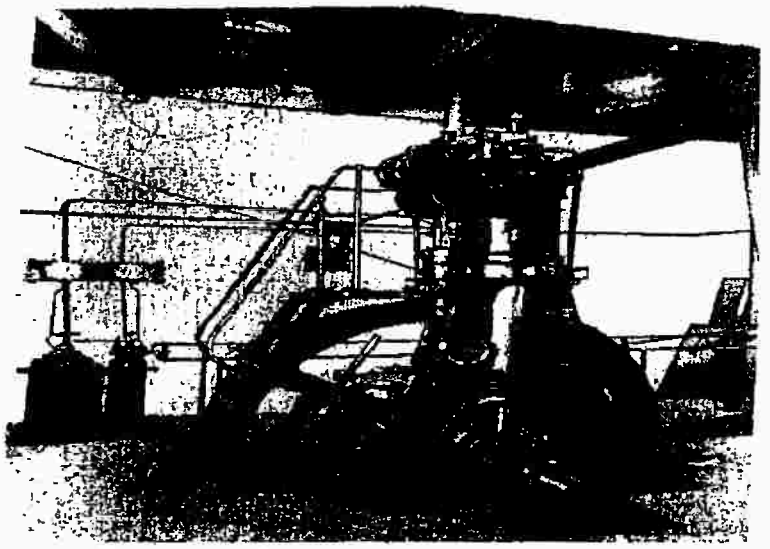

Figure 1.2 A 20 bhp engine built in 1898 by Burmeister & Wain to drawings supplied by Dr. Diesel, for experimental and demonstration purposes. MAN built the first diesel engine—a 250 mm bore/400 mm stroke design—in 1893

وفى آخر العقد وصل عدد السفن إلى 2000 سفينة بحمولة مليون طن حجمى ، Grt وفى عام 1940 إرتفعت الحمولة الكلية إلى 18 مليون طن حجمى ، 8000 محرك ديزل .

وفى المدة الزمنية بين الحرب العالمية الأولى والثانية حدثت طفرة فى الحمولة الكلية للسفن التجارية التى تعمل بالديزل بنسبه من 1,3 % إلى 25 % وفى عام 1939وصلت إلى 60 % والتى كانت 4% فى عام 1920 شكل 3-1 .

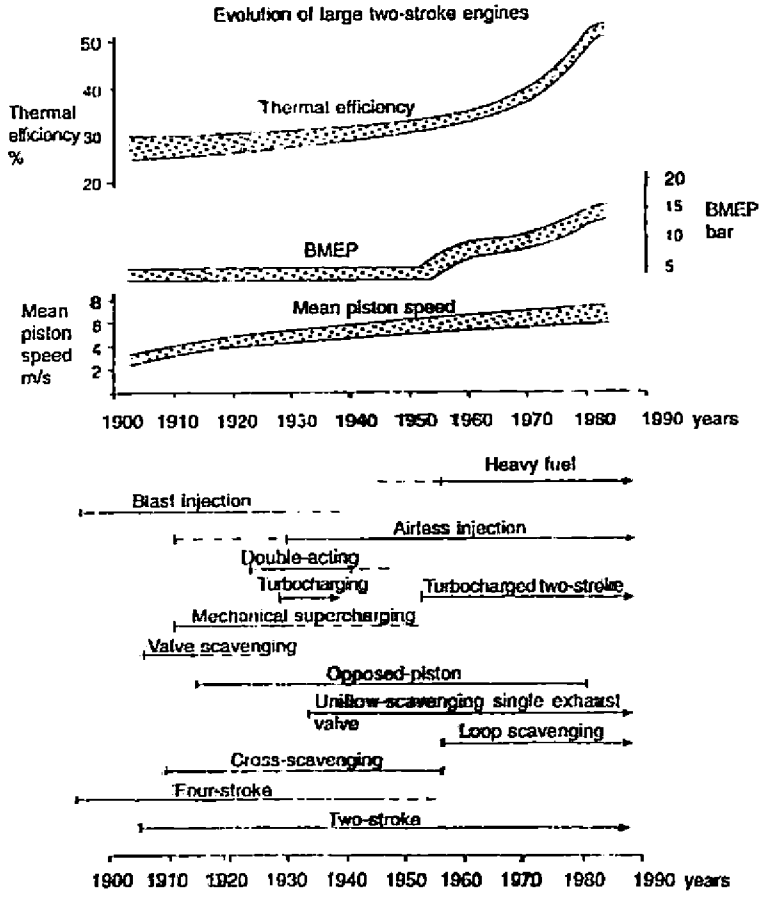

Figure 1.3 Main lines of development for direct-drive low speed engines

إن أساسيات محركات الديزل فى حينه قد مهدت الطريق إلى السيطرة على السفن واتسمت بسمعة جيدة.

وفى عام 1903 دخلت سفينتين الخدمة بالتوالى إحداهما روسية تسمى Vandal حاملة وقود وسميت بعد ذلك Volga وأخرى فرنسية تسمى Petit Pierre عابرة قنوات وفى عام 1910 كان هناك 4 سفينة أكبر من 30 متر طول منتشرة

تستخدم محركات الديزل وعدد آخرغيرمعروف من السفن الحربية وخاصة الغواصات شكل 4-1 .

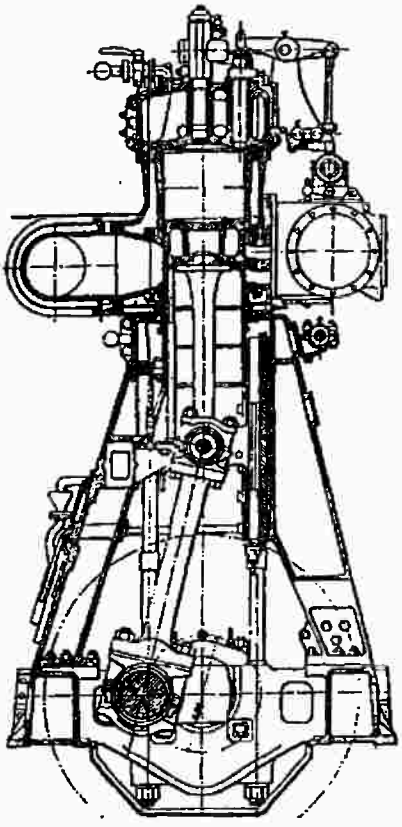

Figure I.4 Twin Sulzer 4S47 type cross-flow scavenged crosshead engines served the Monte Penedo, the first large oceangoing vessel powered by two-stroke engines (1912). Four long tie-rods secured each cylinder head directly to the bedplate, holding the whole cast iron engine structure in compression

ومن السفن التى إستخدمت فى السابق لمحركات الديزل وكانت تعمل بعدد إثنين من الرفاصات هى السفينة Ramagna وكانت حمولتها 678 طن ولقد شيدت عام 1910 بواسطة الترسانة البحرية Cantieri Navali Riuniti وكانت محركات الدفع الرئيسية بها بعدد إثنين من المحركات وتحتوى كل منها على أربع إسطوانات بها فتحات لكسح الهواء ومكابس جزعية trunk piston توريد شركة Sulzer بقطرمكبس 310 مم وطول شوط 460 مم وبقدرة280 كيلواط عند 250 لفة / د .

وفى عام 1910 كان يوجد سفن برفاص واحد حموله ساكنة 1179 dwt طن وهى anglo - Saxon tanker Vulcanus ودخلت الخدمة بقدرة 370 كيلواط وتم تصنيع محركاتها فى شركة Werkspoor ويحتوى كل محرك على 6 ست إسطوانات رباعية الأشواط four – stroke برأس منزلقة slide shoe

وقطر مكبس 400 مم وطول شوط 600 مم وتم بناؤها فى دولة هولندا وكانت أول سفينة تصنف بواسطة هيئة اللويدز البريطانية Lloyds register وفى عام 1911بنيت السفينة Toiler لشركة Swanhunter بحمولة ساكنة 2600 طن وكانت عابرة للمحيطات ومركب بها عدد إثنين من المحركات تسمى poler قدرة كل منها 132 كيلواط سويدى الصنع .

وتم أيضًا إنتاج محرك بحرى يسمى krupp,s بعدد ست إسطوانات وقطر مكبس450 مم وطول شوط 800 مم وتم تحسين قدرته إلى 920 كيلواط عند 140لفة / د شكل 5-1 .

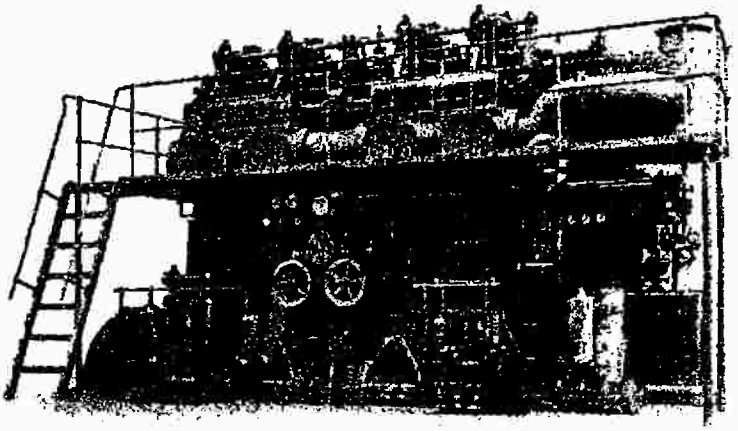

Figure 1.5 One of the two Sulzer 4S47 engines installed in the Monte Penedo (1912)

وتم تركيب هذا المحرك فى نفس العام على السفينتين Hagen and Loki حاملات الوقود - tanker - وكانت حمولة كل منها الساكنة 8000 طن من المواد البترولية وتم بناؤها لشركة المانية بمساعدات مالية من شركة Standerd oil company فى مدينة نيوجيرسى Newjersey وفى السنة التالية وبعد أشهر قليلة من بناء السفينة selandia تم بناء سفينة لخطوط هامبرج أمريكا الجنوبية مصنفة تحت سفن بضائع وركاب وكانت تسمى فيما بعد سفن نصف بوسطة ذات خطوط ملاحية منتظمة وكانت حمولتها الساكنة 6500 طن وتسمى Monte Penedo ودخلت الخدمة كأول سفينة كبيرة عابرة للمحيطات ، وكانت محركاتها ثنائية الأشواط بعدد أربعة إسطوانات طراز 47 S-4 ذات الرأ س المنزلقة , وبقطر المكبس 470 مم وطول الشوط 680 مم وقدرة 625 كيلواط عند 160 لفة / د.

إختارت شركة Sulzer سولزر عدد من محركات الديزل طراز 47 S-4 كبيرة الحجم وكبيرة القدرة ثنائية الأشواط عام 1905 وتكفلت أن تكون بسيطة وبفتحات كسح شكل 6-1 .

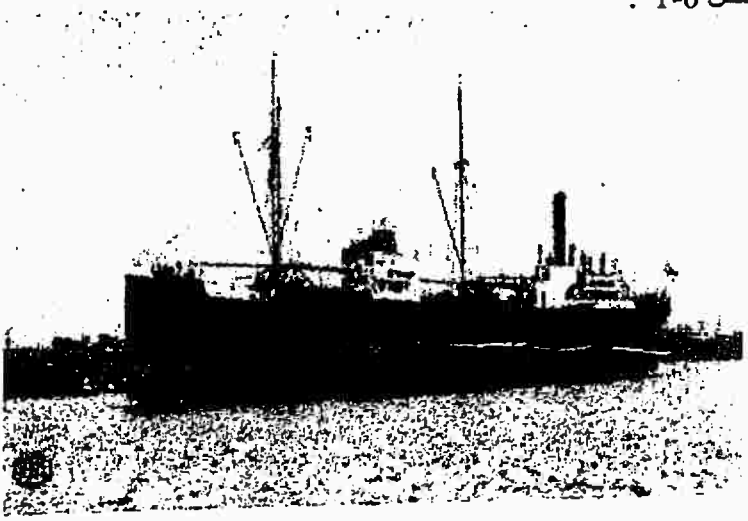

Figure I.6 The 6500 dwt cargo liner Monte Penedo (1912)

وفى عام 1910 أدخلت شركة سولزر تعديلات على المحركات التى تستعمل بلوف العادم المركبة على رأس الإسطوانة وذلك بتصميم بلوف بسيطة لمحركاتها ثنائية الأشواط , واعتبرتها وهى متصورة أنها من إختصاصها هى فقط واستمرت على هذا النحو لمدة 70 عام .

وفى عام 1982 تم التعديل مرة ثانية إلى وضع بلف عادم على رأس الإسطوانة وليصبح مسار الغاز فى إتجاه واحد uniflow direction بكسح طولى للإسطوانة ويعمل بالكامة مع تكبير طول الشوط مما تطلب تقليل السرعة وبالتالى زادت كفاءة الرفاص وهذا لم يكن مناسبا عند إستخدام حوارى الكسح , وكان من الأهمية فى عام 1912 إنتاج محرك Furness engine وتركيبه على سفينة البضائع Eavestone بحمولة ساكنة 3150 طن وكان محركها ثنائى الأشواط بعدد أربعة إسطوانات وعلى صف واحد وبالرأس المنزلقة وبقدرة 590 كيلواط عند 95 لفة / د وقطر للمكبس 508 مم وطول الشوط 914 مم وتم تصميمه بواسطة المملكة المحدة بشهادة من Richardsons Westgarth فى Middlesbrough ولوجود بعض المشاكل مع إستعمال الصمامات فقد تم التفكير فى إنتاج محرك مضاد المكابس .

مثلا تم إنتاج محركين Junkers ثنائية الأشواط وتم تركيبها على سفينة بضائع حمولتها 6000 طن لخطوط هامبرج أمريكا Hamburg Amerika line بدلا من ثلاث محركات بخارية .

لم يكن عادة فى تصميم محركات Junker نظام صف واحد in line وكان كل إنتاجها محركات بعدد 6 إسطوانات على شكل حرف V أى ثلاثة إسطوانات على كل جانب وكانت ثنائية الأشواط two stroke ثنائية التأثير double acting وبقطر إسطوانة 400 مم وشوط مركب 800 مم - الشوط المركب هو شوط المكبس من أعلى إلى أسفل نتيجة شوط الحريق وفى نفس الوقت شوط العادم من أسفل المكبس - وقدرة 735 كيلواط عند 120 لفة / د .

مع الزيادة فى النجاح تم إنتاج محرك hapag's لسفينة تسمى secunddus وتم تسليمها فى عام 1914 مع توأمة Bloihm + Voss لشركة M.A.N وكان إسمها فى ذلك الوقت قبل إندماجها مع شركة B &W وتصبح MAN B &W أخيرًا ويحتوى المحرك على أربعة إسطوانات ثنائى الأشواط أحادى التأثير وبقدرة 990 كيلواط عند 120 لفة / د لكل محرك وبعد الحرب العالمية الأولى كانت نوعية محركات الديزل تعمل بقدرات كبيرة ومركبة على سفن البضائع , وتم تركيبها بعد ذلك على سفن الركاب الكبيرة .

ولقد ظهرت بعد ذلك المحركات الملحق بها تروس التخفيض عام 1921 وبعد مرور عام تم مضاعفة الحمولة أربع مرات حتى وصلت 17490 طن Grt حمولة مسجلة فى ترسانة Fairfield Yard فى المملكة المتحدة.

وفى ديسمبر من عام 1924 تم تصميم محرك Sulzer ودخولة فى الخدمة بعدد ست إسطوانات طراز St70 ثنائى الأشواط أحادى التأثير بقطر 700 مم , وطول شوط 990 مم وقدرة كاملة 9560 كيلواط عند 127 لفة / د ، وتم تركيبة فى السفينة Aorangi وكانت سرعتها 18 عقدة (ميل ساعة) .

وفى عام 1925 تم بناء السفينة Cripsholm للخطوط السويدية الأمريكية وكانت حمولتها 18134 طن grt وكانت تسمى خطوط ركاب الديزل عبر الأطلنتي بقدرة محركات 9930 كيلواط وتستخدم محركين من طراز B &W رباعى الأشواط ثنائية التأثير وبعدد ست إسطوانات وقطر إسطوانة 840 مم وبعد وقت قليل طلبت خطوط إتحاد القلعة Castle بناء السفينة Caernarvon وكانت فى هذا الوقت تملك أسطولا كبيرًا لخطوط الركاب وكانت قدرة محركاتها 11000كيلواط طراز B & W - Harland & Wolff ثنائى التأثير رباعي الأشواط شكل 7-1 .

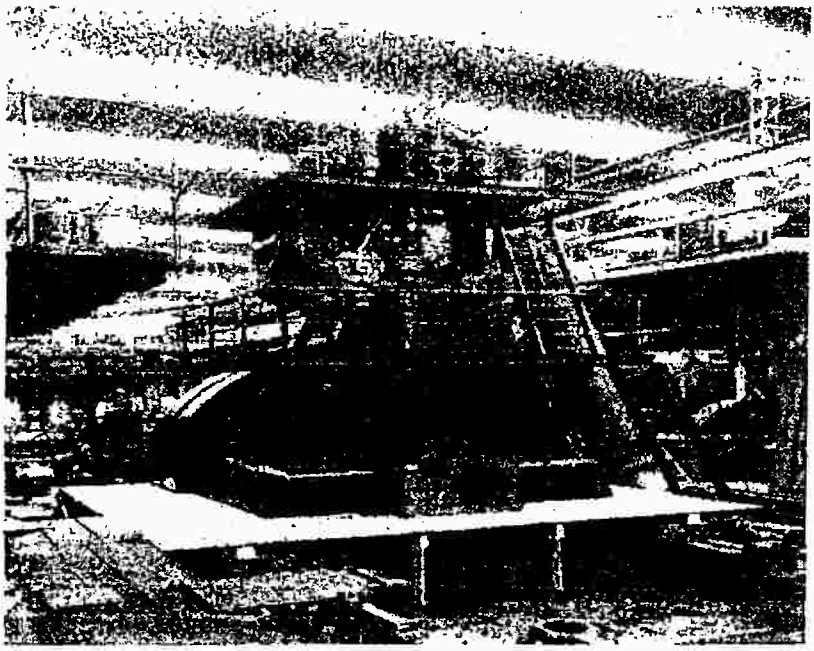

Figure 1.7 Sulzer's 1S100 single-cylinder experimental two-stroke engine (1912) featured a 1000 mm bore

ومن النتائج الحقيقية فى عام 1925 أن تم بناء السفينة Augustus للخطوط الملاحية المنتظمة بحمولة 30000 طن حمولة مسجلة وبعدد أربعة محركات دفع طراز MAN وقدرة إجمالية 20 600 kw وبعدد ست إسطوانات ثنائية الأشواط ثنائية التأثير double acting وبقطرمكبس 700 مم وطول شوط 1200مم ومع بداية ظهورالمحركات ثنائية التأثير ثنائية الأشواط حدث تقدم كبيرضد تصميم المحركات أحادية التأثير ورباعية الأشواط . كما أنها حازت على رعاية كاملة من المصممين عام 1930 وتم تصميم أشكال عدة من المحركات أحادية التأثير , ثنائية الأشواط وكذلك من محركات ثنائية التأثير ثنائية الأشواط وكانت هذه المحركات مناسبة لإنتاج محركات ذات قدرات كبيرة مما أدى إلى التقدم الكبير لصناعة السفن ذات الحمولات الكبيرة والسرعات العالية ، وكان هذا من الأعمال الباهرة فى ذلك الحين .

وتم بناء السفينة Oranje بحمولة مسجلة 20000 طن عام 1939 وأصبحت معظم القدرات الكبيرة لمحركات السفن لعدة سنوات , وكان آخرها إنتاج محرك بعدد 12 إسطوانة طراز SDT76 بقطر 760 مم , أحادى التأثير بإجمالى قدرة 27600كيلـواط .

ملحوظة : تم إنتاج محرك ذواسطوانة واحدة ذات قطركبيرلشركة سولزر وكان المحرك ذو الراس المنزلقة slide shoe ولقد تم إختباره التجريبى عام

1912وكان محرك ثنائى الأشواط وبقطر1000مم وطول الشوط 1100 مم طراز IS100 وتم تطويره حتى وصلت قدرته 1470 كيلواط عند 150 لفة / د , ومهد هذا لإنتاج محركات بدون صمام عادم علوى وإستخدام نظام الكسح العرضى للإسطوانة , وكذلك مهد الطريق لإنتاج إسطوانات مختلفة الأقطارمن 600مم إلى 820 مم ولم يزيد القطرحتى عام 1968.

وفى أواخرعام 1920 كانت طرازات محركات S90 لشركة سولزرخمسة إسطوانات فقط بقطر900 مم وقدرة 3420 كيلواط عند 80 لفة / د وتم بناؤها بشهادة من JohnBrown فى إنجلترا ، وفى عام 1929 وجدوا معظم المصممين أن نظام الحقن الهوائى يوجد به مشاكل كثيرة جدًا وبدأ التفكير فى وسيلة أخرى لحقن الوقود المباشر .

وكانت المشاكل منحصرة فى وسيلة الحصول على الهواء المضغوط والذى كان ينتج من تركيب طلمبة هوائية لإنتاج هواء مضغوط بضغط عالى وكان يستهلك حوالى 15 % من قدرة المحرك وكذلك مشاكل كبيرة فى نظام الحقن الهوائى.

وكان نظام الحقن الهوائى يتم بواسطة حقن الوقود بالهواء المضغوط من إسطوانة الهواء , ويقوم بتذريرالوقود عن طريق فونية الرشاش ويجب أن يكون الضغط الداخل إلى غرفة الإحتراق أعلى من ضغط غرفة الإحتراق ولم يرضى السيد رودلف ديزل عن هذا النظام لكونه فى عام 1905 تقدم بتصورلنظام حقن جاف للوقود يصل ضغطه إلى عدة مئات من الضغط الجوى عن طريق طلمبة حقن الوقود ورشاش .

وساعد على ذلك تهيئة رأس الإسطوانات شكل 8-1.

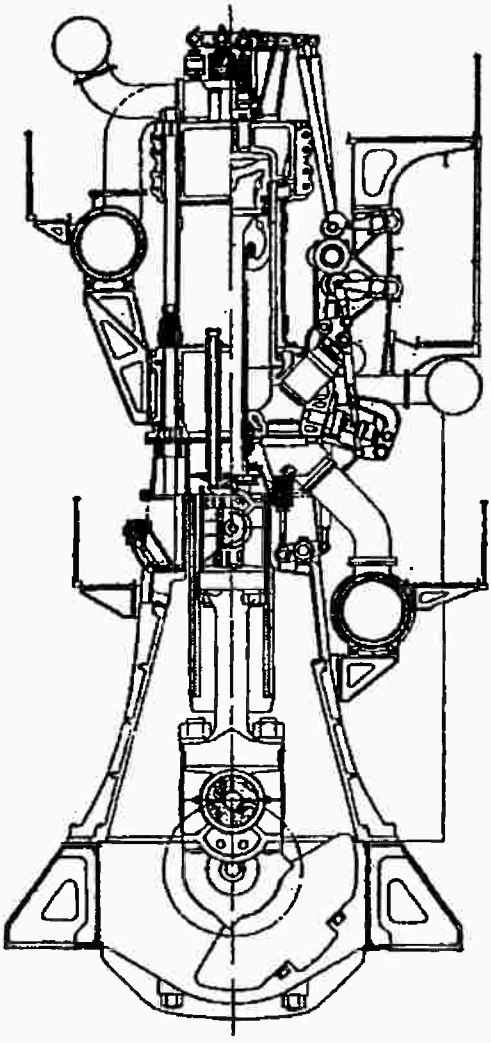

Figure 1.8 A B&W 840-D four-stroke double-acting engine powered Swedish America Line's Gripsholm in 1925

وفى عام 1910 تم تطوير كامة الوقود بواسطة المدير الفنى Mchechnie وبعد ستة أشهر قام مخترع آخر من شركة Deutz بالإقتراح على مخترع إنجليزى بتجميع نظام حقن لاهوائى " مباشر " لحقن الوقود عند ضغط من 140 بار إلى 420 بار , وفى عام 1915 تم إختبار وتشغيل المحركات بالحقن المباشر شكل 1-9.

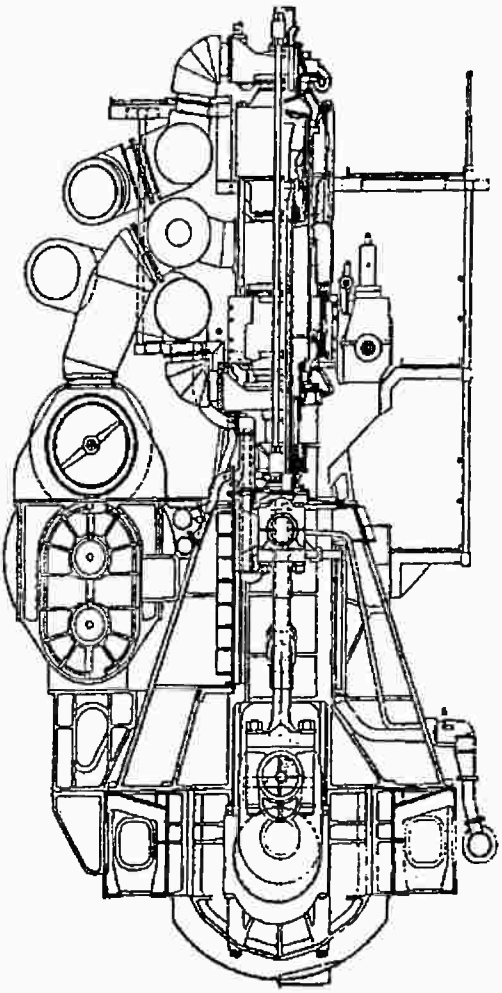

Figure 1.9 A B&W 662-VF/40 two-stroke double-acting engine, first installed as a six-cylinder model in the Amerika (1929)

وبعد حوالى ثمانية أعوام أصبحت شركات التصنيع تثق فى إنتاج طلمبات الحقن ذوالضغط العالى , مما إستحق الإستمرارفى تطبيقه .

ومن رواد الحقن الأهوائى شركة Doxford ولقد تمت تجربتها الأولى للتحول إلى النظام الأهوائى فى حقن الوقودعام 1911 بعد تطوير المعادن المناسبة التى تتناسب مع الإجهادات العالية الواقعة على عمود الكامات وطلمبات الحقن ومكوناتها , وكان من الأهمية العناية بنظام الحقن الذى أدى إلى تحسين كفاءة محركات الديزل وزيادة سرعتها شكل 10-1 .

1- 0 الدعم من تربينة العادم A BOOST FROM TURBOCHARGER

الدعم الأكبر لقدرة المحركات والذى تسبب فى تصغيرحجمها ووزنها والذى كانت نتيجته تبنى إختيار الشاحن الجبرى , والذى كان يطبق بطرق مختلفة بواسطة معظم الصناع فى ما بين عام 1920 , 1930 والتأكد من أن كمية هواء الكسح مناسبة للمحرك بدأ من طلمبات الهواء الترددية والتى كانت مركبة على المحرك وكانت تأخذ حركتها من الرأس المنزلقة بواسطة ذراع متأرجحة ويعتمد عليها فى إدارة الطلمبات والمراوح , وفى بعض التصميمات يستخدم أسفل المكبس كطلمبة لضخ الهواء.

ويعتبر المهندس السوسرى الفرد بوش هو المخترع لتربينة العادم واعتبره نموذج مسلم به فى عام 1905 وأخذ على عاتقه عمل التجارب الأولية للتربينات فى شركة سولزرإخوان ما بين عام 1911 , 1915 وبعد حوالى ما يقرب من 50 عام لهذا النموذج الأول تم تطبيقه وبرضاء كامل فى المحركات الكبيرة ثنائية الأشواط وكانت أول تربينة عادم للمحركات البحرية لمحرك 10 إسطوانات ويسمى بركان مان Vulcan-M.A.N رباعى الأشواط أحادى التأثير وهذه المحركات مركبة على سفينتين لكل منهما رفاصين إحداهما تسمى prussen والأخرى hansestatd danzig وكان أهم عمل فى عام1927 أن ظهرت تربينة نظام الضغط الثابت بواسطة شركة تربينات Brown Boveri وكان من نتائج إستخدامها أن زادت قدرة المحرك ذو قطر المكبس 540 مم , وطول المشوار600 مم من 1250 كيلواط عند 240 لفة / د إلى 1765 كيلواط عند 275لفة / د وبحد أقصى 2960 كيلواط عند 317 لفة / د

وكان تصميم تربينة شحن الهواء Buchi من التصميمات الباهرة للمحركات الكبيرة رباعية الأشواط.

وفى عام 1929 تم إنتاج 79 محرك بقدرة كلية 162000 كيلواط ودخلت فى الخدمة فى ذلك الوقت.

وفى عام 1950 , 1951 كانت إختبارات شركة M.A.N تبشر بإنتاج تربينة شاحن جبرى يعرف بالشاحن الجبرى ذو الضغط العالى لمحركات متوسطة السرعة رباعية الأشواط , ووصل ضغط التربينة فى ذلك الوقت إلى 2,3 بار.

ولقد مهد ذلك إلى التقدم المتزايد فى كفاءة الشاحنات الجبرية , وكان أقصى تطور فى تصنيعها فى منتصف عام 1950 وتم تركيبها فى المحركات الرئسية ثنائية الأشواط .

ولقد ساهم ذلك فى كفاءة عمل الصيانة للشاحنات الجبرية بنسبة % 70 وزيادة قدرة المحرك لعدم فقد القدرة فى إدارة طلمبات الهواء الملحقة , وذلك ساعد على إلحاق مولد كهرباء للمحرك الرئيسى .

ولقد مهد ذلك فى تطوير التربينات الغازية" الطاقه الجديدة " والتى سوف تكون قادرة على التنافس الكبير للمحركات ثنائية الوقود والمحركات الكبيرة رباعية الأشواط وكانت النتيجة الإقتصاد فى إستهلاك الوقود والزيادة فى السرعة .

0-2 الوقود الثقيل Heavy fuel oils

والخطوه الثانية والمهمة هى إستهلاك محركات الديزل البحرية للوقود الثقيل فى دفع الرفاص ، وكانت محركات R & D هى الأولى القادرة على حرق الوقود رخيص الثمن .

والوقود الثقيل كان هو الداعم الرئيسى للتقدم فى منتصف عام 1950 وذلك لإتاحة وجود مزايت للإسطوانات والتى تكون قادرة على معادلة الحمضية نتيجة حرق الوقود الثقيل الذى يحتوى على نسبة عالية من الكبريت وبالتالى تقليل معدل تآكل الإسطوانات .

وكذلك مهدت التجارب لحرق الوقود الثقيل فى المحركات بطيئة السرعة ثنائية الأشواط والمحركات رباعية الأشواط .

وللآن يتم تشغيلها بواسطة إستخدامها لأكبر درجة لزوجة من الوقود الثقيل تصل إلى 700 cst / $50C^o$ درجة منوية وشمل هذا التقدم تصميم محركات ذات سرعات عالية مع مقدرتها لإستخدام هذا الوقود ، وفى هذا الوقت كان الصراع بين إستخدام نوعية وقود به شوائب عالية مع تحسين عمل محركات الديزل وذلك بمشاركة تكنولوجيا جديدة لزيت التزييت مع الإضافات لمعالجة الوقود وكل ذلك أدى إلى نجاح التصميمات المناسبة لمتطلبات السوق العصرية فى هذا الوقت شكل 10-1 .

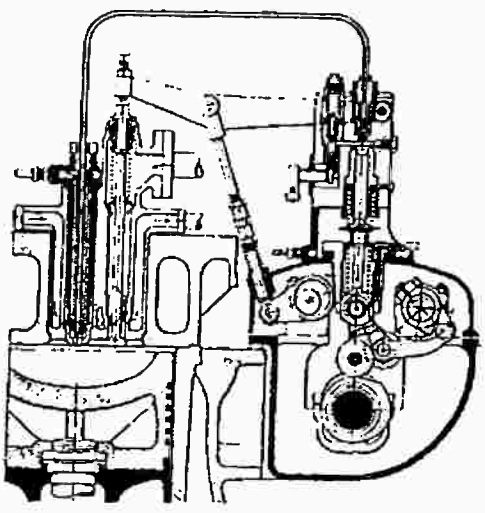

Figure 1.10 Direct fuel injection system introduced by Sulzer in 1930, showing the reversing mechanism and cam-operated starting air valve. Airless fuel injection had been adopted by all manufacturers of large marine engines by the beginning of the 1930s: a major drawback of earlier engines was the blast injection system and its requirement for large, high pressure air compressors which dictated considerable maintenance and added to parasitic power losses

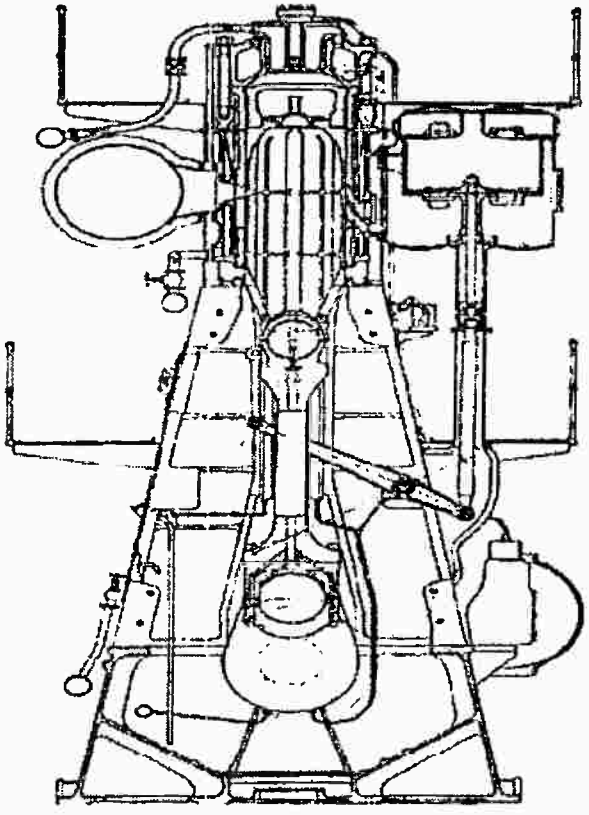

Figure 1.11 Construction of Sulzer Sl72 two-stroke engine (1947). Each cylinder had its own scavenge pump, lower down off the crankcase. The pistons were oil cooled to avoid the earlier problem of water leaks into the crankcase

0-3 ضغوط البيئة المحيطة Environmental pressures .

إستمرار الجهود فى تخفيض تلوث الهواء الجوى بغاز العادم , ومن التحديات التى قابلت المصمم والتشدد العالمى للتحكم فى كيفية مواجهته فى السنوات القادمة وذلك بالقضاء على مشكلة أكسيد النتروجين , وأكسيدات الكبريت , ثانى أكسيد الكربون , والجسيمات الدقيقة المحتوية عليها الإنبعاثات وعلى القياس لمحركات الديزل (تأخير حقن الوقود) ومقدرة الهيئة البحرية العالمية I.M.O لمحاولتها الناجحة للقضاء على أكسيد النتروجين بواسطة الحقن المباشر للمياه , ونظام مستحلب الوقود , والهواء المحمل ببخار المياه , ونظام إختيار المادة المحفزة لتخفيض الإنبعاثات , وهذه الطرق إستطاعة الإقلال من التأثير الكبير لهذه الإنبعاثات على أن يقابله فرض لهذه المطلبات بقوة القانون على المناطق المحددة

وكذلك المتطلبات المفروضة على سفن العبارات لعدم وجود دخان وكذلك الجسيمات الدقيقة للشوائب عند التشغيل مع حساسية الهواء الجوى للتلوث وتلعب هذه الخطوات المشتركة فى نجاح وتنمية المحركات مع التحدى لمستويات الإنبعاثات و تخفيضها . ويكون الضغط القوى للتحرك الواسع فى تنمية متطلبات نظام ثنائى الوقود غاز – ديزل لمحركات الديزل والذى أدى إلى مكاسب دعم السفن التى تعمل وراء الشاطئ , وسفن العبارات , وسفن حاملات الغاز الطبيعى.

0-4 السرعات البطيئة , الأقطار الكبيرة lower speed , larger Bores .

يعزز الزيادة للخرج النوعى للقدرة إلى 6950 كيلواط / إسطوانة بواسطة شركة MAN B&W ديزل لمحركاتها MC, ME ثنائية الأشواط بقطرمكبس 1080مم منفرد بنموذج 14 إسطوانة على صف واحد لإمكانية إعطاء قدرة مقدارها 97300 كيلواط لتسييرسفينة حاويات بسرعة 25 عقدة) ميل بحرى / ساعة (وكانت أكبر حاوية فى عام 1970 وبنفس المتطلبات تعمل بمحركين لكل منهما عدد 12 إسطوانة ذات سرعة بطيئة وكانت قدرتها 61760 كيلواط وبعد ذلك تم التوسع فى برنامج إنتاج المحركات بطيئة السرعة التقليدية والمحدود بعدد 12 إسطوانة ويشمل أيضًا على نماذج لمحركات 14 إسطوانة ولما بلغت الزيادة إلى 100000 كيلواط للمحرك الواحد كان الجدل حول تصميم المحركات بطيئة السرعة على شكل خط واحد أوعلى شكل حرف V للإسطوانات، وإن كان تصميم طراز المحركات على حرف V لا يوجد لها برنامج رسمى للآن مع الوعود فى الإقتصاد فى وزن وطول طرازت المحركات التى على خط واحد والسماح فى الزيادة لعدد الإسطوانات لأعلى من 18 إسطوانة وذلك من خلال تصميم حجرات للمحركات الموجودة وحتى المحركات ذات الأقطار الكبيرة التى ظهرت مع الزيادة فى القدرة لكل إسطوانة .

ومن التحسينات التى طرقت على المحركات هى الزيادة فى إقتصاد الوقود والسرعة المنخفضة لدوران المحرك , والضغط العالى للحريق والزيادة فى كفاءة الشاحن الجبرى .

ولقد زادت الكفاءة الحرارية أكثر من 54 % مع وصول الإستهلاك النوعى للوقود إلى 155 جرام / كيلواط ساعة وبنفس كفاءة دفع الرفاص ولقد أعتبر هذا التحسن نتيجة لتقليل سرعة دوران المحرك وتخفيض السرعة لأكثر من 40 % لتصل أقل من 55 لفة / دقيقة وبعض المحركات تم إغفالها أوإستخدامها فى نشاطات أخرى ومن هذه المحركات AEG'Hesselman, Werft, Krupp, Mclntosh, opntune, poler, nikers, والبعض الأخر تضائل عددها مثل Doxford,Gotavrken,Stork ولقد مهد الطريق للمصممين بنزعة فردية فى عرض شامل لتقديم بعض النظم للمحركات مثل المحركات ثنائية ورباعية

الأشواط , أحادية وثنائية التأثير , أواحادى ومضاد المكابس .
ولقد عاشت وتطورت هذه المحركات الثلاثة بطيئة السرعة والمصممة بواسطة الشركات MAN B &W , Mitsubishi , Sulzer وسوف تستمر على الأقل فى الوقت الحاضر .
والحكمة الرئيسية المعروفة للكسح فى إتجاه واحد , ووجود بلف العادم الذى يعمل هيدروليكيا على رأس الإسطوانة , وتربينه الشحن الهوائى ذات الضغط الثابت , وإستغلال المحركات ذات رأس الزلاقة والزيادة الكبيرة فى العلاقة بين نسبة الشوط بالنسبة للقطر 4.2 : 1 والتشغيل بسرعات بطيئة والمباشرة مع الرفاص وبأقطارمكابس من 260 مم إلى 1080 مم والتباين فى المحركات العالية السرعة هى الحصول على قدرات كبيرة وتناولت عدد من الشركات حافظة أوراق للمحركات رباعية الأشواط , والمحركات الجزعية trunk piston بتصميمات كسح للهواء بنظام إتجاه واحد أو إتجاه عرضى , ونظام المكبس الدواربقطرمكبس حتى640 مم مثل محرك شركة WARTSILA ولقد تم إنتاج 65 محرك من هذا الطراز ، ومعظم قدرات المحركات متوسطة السرعة تتناول معدلات أكثرمن 2000 كيلواط / للإسطوانة من طرازات محركات الصف الواحد وفى الأعوام الحديثة تم تطوير تصميمات المحركات متوسطة وعالية السرعة مع الزيادة فى القدرة وتناسب الوزن , وبنظام محكم لزيادة سرعة السفن التجارية وهذا من متطلبات السوق.

0-5 نظرة إلى المستقبل .

من الصعب جدًا التنبؤ بالمشاكل الخطيرة للمحرك الرئيسى فى الوقت القريب أو البعيد ولا يوجد قانون لذلك , وذلك عند إستخدام الوقود الرديئ أوالوقود النظيف " السائل أو الغاز " وحتى فى إستخدام الفحم ووقود الغلايات لتوليد البخارللتربينات البخارية أوالغاز للتربينات الغازية .

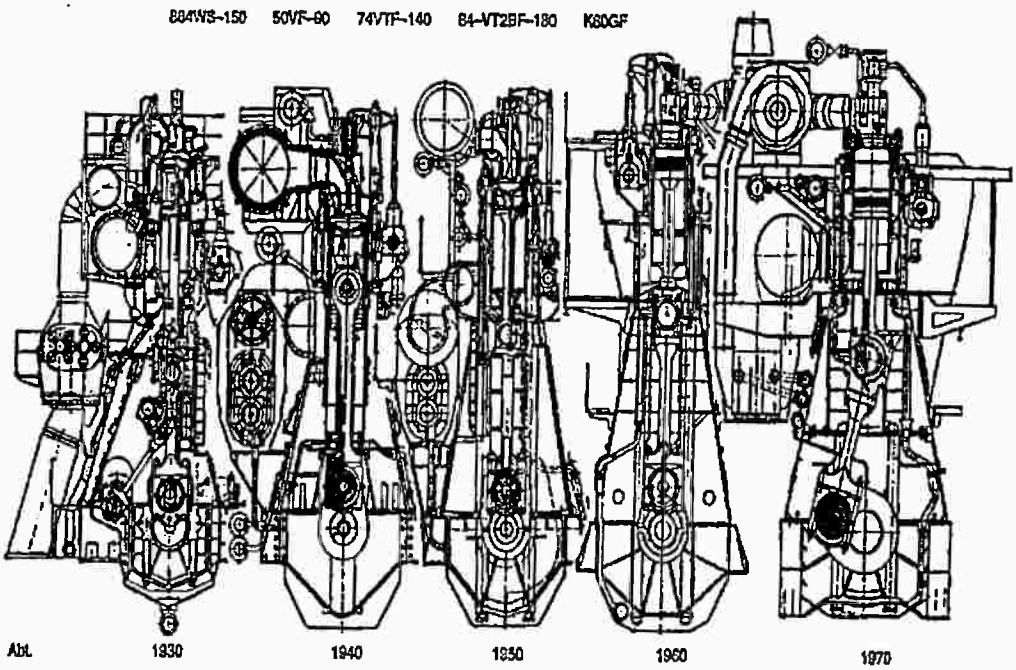

Figure 1.12 Development of Burmeister & Wain uniflow-scavenged engine designs

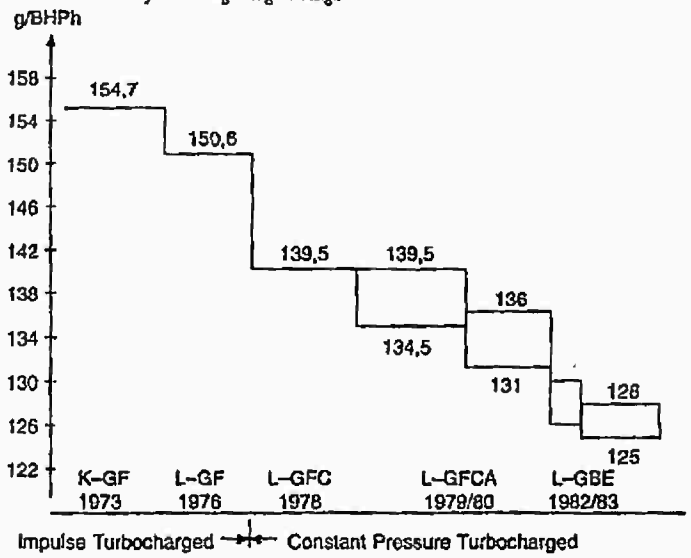

Figure 1.13 Advances in specific fuel consumption by Burmeister & Wain uniflow-scavenged two-stroke engine designs (900 mm bore models)

و أحيانًا يقل ويزيد التنافس بين محركات الديزل والوقود النووى المحبب للسفن الحربية وكذلك إستخدام الغاز فى التربينات الغازية ، وبالرغم من إستخدام التربينات الهوائية التى تدار بواسطة الغاز الطبيعى حديثاً فى العبارات السريعة *aircraft* والمؤمنه جدًا . والتحدى الأكبر من التربينات الغازية فى مواجهة محركات الديزل بالرغم من حلول ودمج محركات الديزل والتربينات الغازية وإختيار الحلول للحصول على قدرات كبيرة .

ومع رؤية نقص الوقود الحفرى *fossil fuel* الذى أنعش الآن توليد القدرة من الوقود النووى على الوقت الطويل .

ولقد مهد الطريق لمحركات الديزل فى شركة *M.A.N B & W* وشركة سولزر *Sulzer* (واللتان إندمجتا من وقت قريب مع شركة *Wartsila* وأصبحتا جزءًا منها) إلى تصميمات سهلة ليستمر التنافس إلى بقية القرن 2000 وذلك بالدعم المستمر فى تصميم وتطوير الشواحن الجبرية ، ومعالجة الوقود ، والزيوت ، وتذرير الوقود ، والمعادن ، والتشخيص بالحاسبات الرئيسية ، ونظم المراقبة والصيانة ، وبرامج إدارة قطع الغيار . وأيضًا من أهداف التقدم والتحسين المقدرة فى إستخدام وحرق الوقود الردئ (ربما يشمل الفحم والوقود السائل الردئ) وبعض الإحتمالات المتبقية فى مساندة وتطوير الكفاءة وقدرة محركات الديزل .

ومع تصور حقن البخار وإندماج محركات الديزل مع دوائر البخار والتى كانت من نتائجه زيادة كفاءة الوحدة إلى 60% .

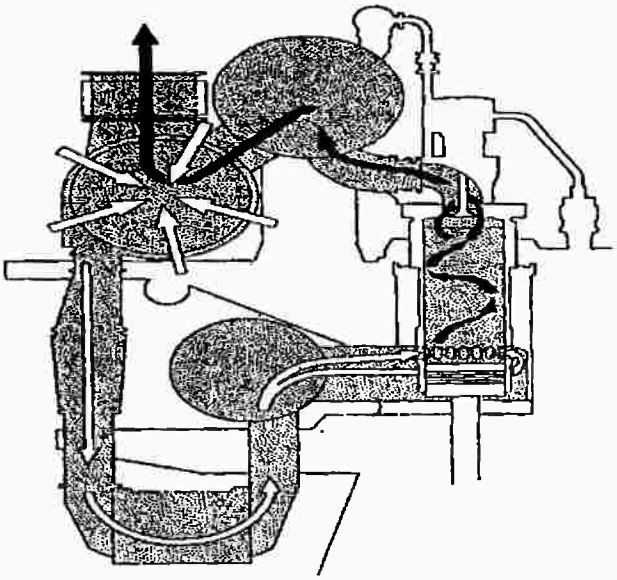

Figure 1.14 Burmeister & Wain uniflow scavenging system

وهذا الإندماج نتج عنه التحول الشديد فى الإتزان الحرارى والتى كانت متأثرة بعملية إرتفاع درجة حرارة الحريق والتقليل من تبريد الإسطوانة وإستبعاد كل من المكبس ورأس الإسطوانة ، وتركيز الحرارة المفقودة فى غاز العادم فقط ، والحرارة المفقودة فى غاز العادم يتم سحبها وإستخدامها فى توليد بخار بضغط عالى لإستخدامه فى تربينات البخار .

0-6 الخلاصة :

إن المهندسين القائمين على صناعة السفن يدورون فى فلك الوقود الحفرى بأنواعه ويبتعدون عن الحقيقة ، وأنا أرى أن التطور الحقيقى فى إتجاه آخر تماما وسوف يعم العالم ما بعد البترول ألا وهى الطاقة المتطورة *Advanced Energy* وهى ليست كالمتعارف عليها من الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح أو طاقة مساقط المياه أوالطاقه الشمسية ولكن هى طاقة متولدة من *fuel cell* من الممكن أن تكون من مياه البحربتكنولوجيا متطورة ، أو من *polymer Electrolyte Membrane* وأساس هذه العملية هو الهيدروجين مع محاليل العناصر الطبيعية مثل اللثيم والبوتاسيوم هيدروكسيد والصديوم .

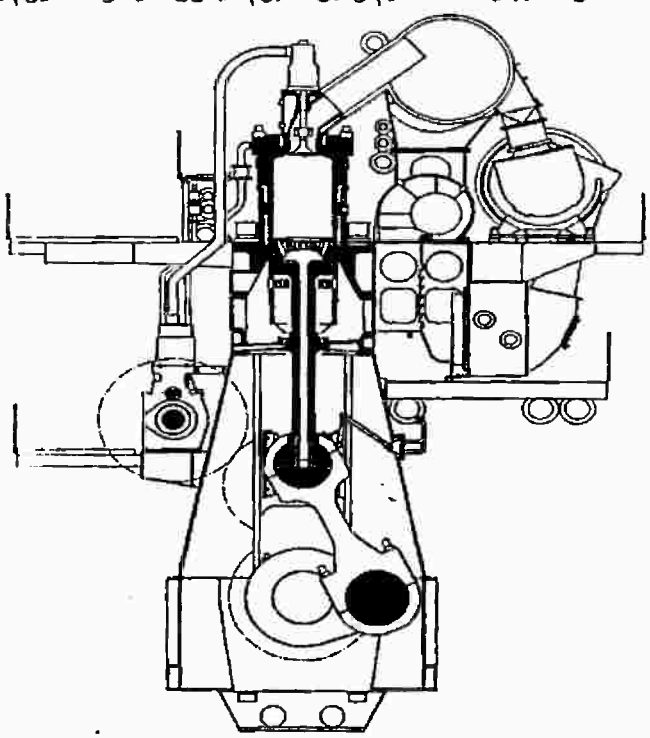

Figure 1.15 Cross-section of a modern large bore two-stroke low speed engine, the Sulzer RTA96C

وحمض الفسفوريك أو محاليل اللثيم والصديوم أو البوتاسيوم كربونات وكذلك *Yattria Stabilized Zirconia* الخ .

ولقد تم التوصل الآن بواسطة *fuel cell Technologies* من توليد طاقة مستمرة وبقدرات كبيرة تصل إلى 3 ميجاوات مما يساعد على إستخدامها فى السفن .

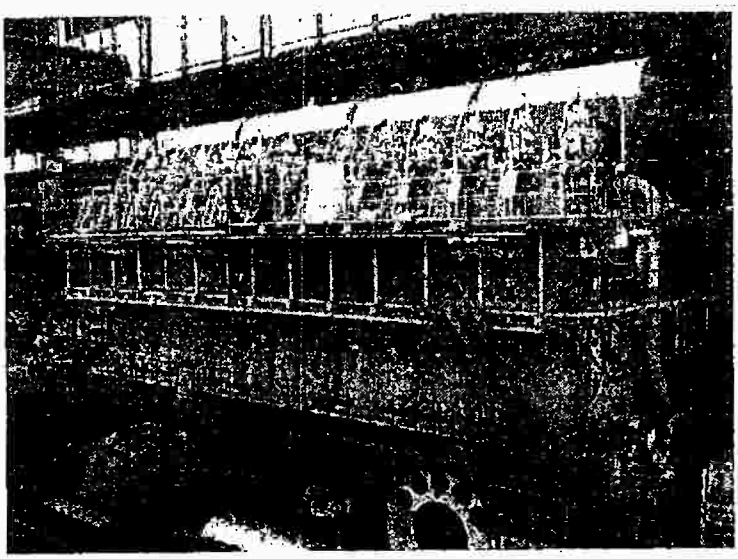

Figure 1.16 The most powerful diesel engines in service are 12-cylinder MAN B&W K98MC low speed two-stroke models developing 68 640 kW

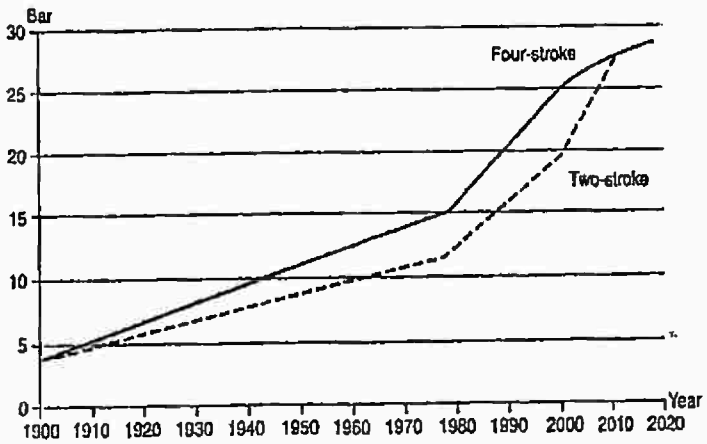

Figure 1.17 Historical and estimated future development of mean effective pressure ratings for two-stroke and four-stroke diesel engines (Wärtsilä Corporation)