الباب الثالث عشر

أنواع المحركات البحرية

13- موجز لبعض أنواع محركات الديزل البحرية :

هناك طرازات كثيرة ومتعددة من المحركات البحرية ، منها المحركات- المتصلة بالرفاص مباشرة – والغير مباشرة والملحق بها صندوق تروس تخفيض ، ومحركات رباعية الأشواط وأخرى ثنائية الأشواط أحادية التأثير – محركات جذعية ، ومحركات ذات الرأس المنزلقة .جميعها مختلفة فى التصميم من حيث الحجم ، السرعة ، والقدرة .

وسوف نستعرض بإيجاز لنوع واحد من كل تصميم كما هو آتى .

13a- محرك بحرى بطيئ السرعة ذو الرأس المنزلقة وصمام عادم علوى .

ويوضح الرسم شكل 1-13 معدلات التطور في برنامج محرك MC الديزل MAN B & W . طراز A K108 MC والذى تراوحت قدرته من 1100 kw إلى 97000 ولقد تم بناؤه بواسطة شركة Augsburg Nurnberg B &w (M.A.N) وهو محرك ثنائي الأشواط أحادى التأثير ذات الرأس المنزلقة slide shoe وبتصميم جيد لعملية الكسح الطولى ولقد تم إندماج شركة M.A.N مع شركة B &W وسمى هذا الإندماج بعد ذلك M.A.N B &W وذلك فى عام 1980 ولم تستمر شركة M.A.N فى تحسين المحركات التي تعمل بطريقة الكسح الحلقي Loop-scavenging وعن طريق شركة M.A.N B&W تم إستخدام الكسح الطولي بإستخدام صمام علوى فى سلسلة محركات MC .

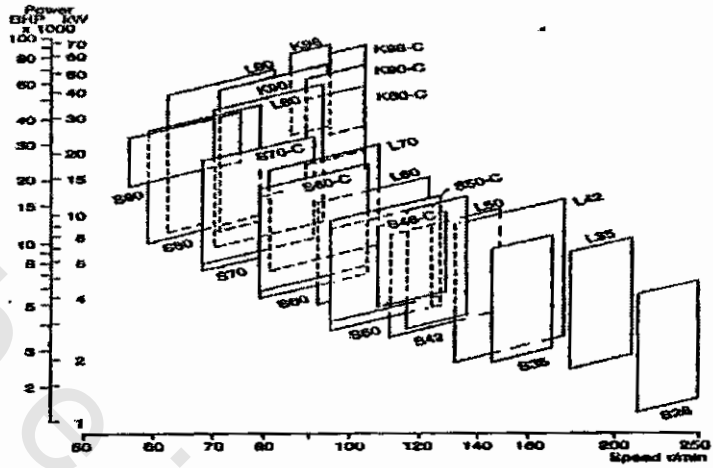

Figure 13-1 MAN B&W diesels MC engine programme .
A K 108 MC model has take the output threshold to 97 300 kw

دخل المحرك طراز MC L35 الخدمة فى عام 1982 مع محرك من طراز MC L60 وكان أول محرك من المحركات ذات الأقطار الكبيرة وبعدد ست إسطوانات وقد بدأت تجاربه على فرش المصنع عام 1983 .

والبرنامج الكامل للمحركات MC L قد دخلت العمل عام 1982 بأقطار تبدأ من 350mm , 500mm , 600 mm , 700mm , 800 mm , 900 mm.

ولقد تم تنقية تصميمات محركات MC وأدخلت أقطار جديدة عليها هى , 260 mm, 460mm , 980mm مع ثبوت طول الشواط .

و من عام 1980 إلى عام 1990 فإن السجلات تضمنت عدد 11 من أقطار الإسطوانات تبدأ من 260 mm إلى 1080 mm مع أطوال أشواط k (قصيرة) short stroke ، وأطوال (طويلة) Long stroke ، والأشواط (الأكثر طولا) super Long stroke مع نسبة الشوط وقطره من 2.44 : 1 إلى 1:4.2 ومعدل سرعة من 56 rev / min إلى 250 rev / min ، وقدرة من حوالى 1155 كيلواط إلى 97300 كيلواط والتى تنتج من محرك 4 إسطوانات إلى محرك 14 إسطوانة على خط واحد ، وموضح فى الجدول 1-13 برنامج التطور لعدد 7 أجيال مع زيادة الضغط المتوسط المؤثر إلى 19 بار وأكثر لطراز محركات MC S60 . ويبين شكل 2-13 منحنيات الأداء والتى تبين العلاقة بين كل من القدرة الفرملية لكل إسطوانة ، سرعة المحرك ، الضغط المتوسط المؤثر ، أقصى ضغط ، ضغط الإنضغاط ، ضغط الكسح ، درجة

الحرارة للهواء الداخل للتربينة ، درجة الحرارة الخارجة منها والإستهلاك النوعى لوقود المحرك MC S60 .

Year	*Development*	*Mark*	*Mep (bar)*	*Mean piston speed (m/sec)*	*Pmax (bar)*
1981	L35MC introduced				
1982	Full L-MC programme	1	15.0	7.2	
1984	L-MC upgraded.	2	16.2		
1985	L42MC introduced	2	16.2	7.2	
1986	K-MC introduced	3	16.2	7.6	130
	S-MC introduced	3	17.0	7.8	130
	L-MC upgraded	3	16.2	7.6	130
1987	S26MC introduced		16.8	8.2	
1988	K-MC-C introduced	3	16.2	8.0	130
1991	MC programme updated			8.0	
	K and L-MC	5	18.0	8.0	140
	S-MC	6	18.0		
1992	S26MC and L35MC updated		18.5	8.2	
1993	S35MC and S90MC-T introduced				
	K90MC/MC-C updated	6	18.0	8.0	
1994	S42MC introduced	6	18.5	8.0	
	K98MC-C introduced	6	18.2	8.3	140
1995	K80MC-C upgraded	6	18.0	8.0	
1996	L70MC upgraded	6	18.0	8.2	
	S70MC-C, S60MC-C, S50MC-C	7	19.0	8.5	150
	and S46MC-C introduced	7	19.0	8.3	150
1997	L80MC upgraded	6	18.0	8.0	
	K98MC introduced	6	18.2	8.3	140
1998	S80MC-C, S90MC-C,				
	L90MC-C introduced	7	19.0	8.1	150
	S35MC upgraded	7	19.1	8.1	145
1999	S42MC upgraded	7	19.5	8.0	
2001	L70MC-C introduced	7	19.0	8.5	150
	L60MC-C introduced	7	19.0	8.3	150

Table 13-1 Milestones in evolution of MAN B&W diesel,s MC programme

وتم تحويل محركات رئيسية بأقطار من 500mm إلى 1080 إلى تحكم إليكتروني ودخل هذا النظام فى العمل فى عام 2001 وبنفس القدرات للمحركات MC .

ومعظم الطرازات المتطورة التى تم تركيبها على السفن كانت من إنتاج شركة M.A.N B & W . ونظام تطبيق التحكم بالكمبيوتر والتى شملت برنامج السرعة المتكاملة .

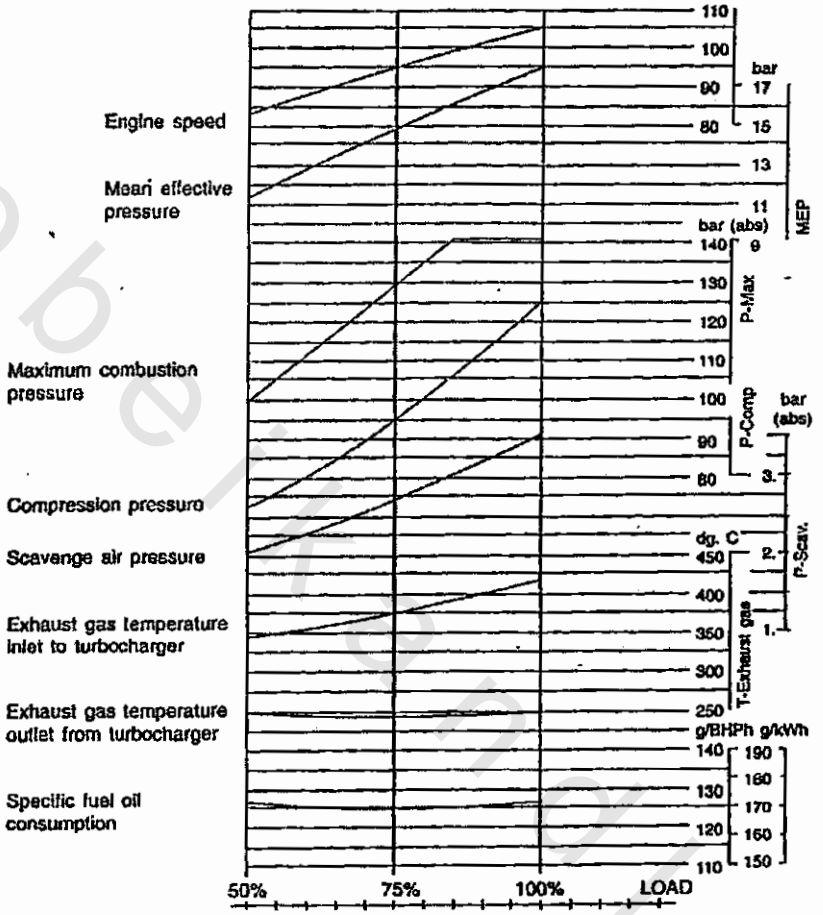

Figure 13-2 performance curves for S60MC engine

وإنتاج القدرة ، والبرامج المختارة والمتطابقة مع المحركات الرئيسية والحلول المثلى (لقطر الإسطوانة ، ومعدل السرعة ، والقدرة) ومن الممكن أن تحدد أساسا من الناحية الفنية والإقتصادية فى بيانات المدخلات .

ونظام التحكم بالكمبيوتر يعتمد على المقارنة بين البرامج الفرعية المتكاملة ، ويتكون من نظام متسلسل لتسهيل الحسابات وكذلك الأرقام المتغيرة لإستهلاكات الوقود ، والإستفادة من حرارة غاز العادم ، وتكاليف الصيانة ، والسماح بالمقارنة الإقتصادية للخيارات المختلفة .

ويبين الرسم التخطيطي شكل 3-13 مجموعة مؤلفة من قدرة المحرك kw والسرعة (riv/min) للمحرك MC S60 والتي تكون هناك حرية كاملة

لإختيار قدرة المحرك KW ، وسرعه المحرك rev / min للدلالة على شكل التشغيل المتوقع .

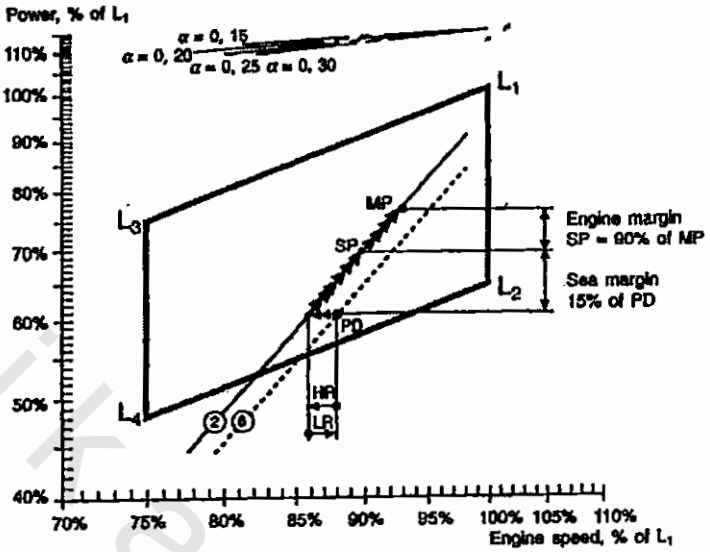

Figure 13-3 Ship propulsion running points and engine layout for MC S60 model

حيثLine 2 propulsion curve fouled hull and heavy weather

ان

Line 6 propulsion curve ,clean hull and calm weather

MP Specified MCR for propulsion

SP Continuous service rating for propulsion

PD propeller design point

HR heavy weather LR Light weather

ويمثل الخط الأفقى سرعة المحرك والخط الراسى القدرة وموضحة بالنسب المعدلة ويكون التعديل لوغارتمى .

وتكون الوسائل فى هذا الرسم التخطيطى هى المنحنيات الفرعية ومنحنيات الرفاص ونلاحظ أن القدرة تتناسب طرديًا مع الضغط المتوسط المؤثر ، ومع السرعة أس 3 تكون الخطوط مستقيمة ، وتبين الخطوط الثابتة سرعة السفينة والقدرة المطلوبة لسرعات مختلفة للرفاص لكى تحافظ السفينة على نفس

سرعتها عند كل سرعة للسفينة ، ويوضع فى الإعتبار إستخدام قطر الرفاص الأمثل وكفاءة الدفع الكلية .

والرسم التخطيطى ، الشكل محدد بإثنين من الخطوط أحدهما للضغط المتوسط المؤثر L_1 , L_3 , L_4 و L_2 وإثنين من الخطوط لسرعة المحرك L_2 , L_1 و L_4 , L_3 والنقطة L_1 تشير إلى نقطة وهمية للمعدل الأقصى المستمر للمحرك Maximum continuance rating (M.c.r) ويعتمد على الدفع ودوران المحرك ، ونقطة المعدل الأقصى المستمر (M.c.r) يجب أن تكون داخل أو على حدود الخطوط للرسم التخطيطى .

إلا إذا تغيرت سرعة الرفاص أو تم إختيار طراز آخر للمحرك الرئيسى .

ويكون هذا فقط فى الحالات الخاصة عندما يكون موقع النقطه M فى يمين الخط L_2 ، L_1 . و M.c.r المحددة هى المعدل الأقصى المطلوب بواسطة الترسانة أو المالك وذلك لإختيار المحرك من أجل التشغيل المستمر .

والنقطة M من الممكن أن تكون نقطة خلال الرسم التخطيطي وتكون الزيادة فى السرعة 10% عن السرعة القصوى مقبولة لمدة ساعة واحدة كل 12ساعة مع مراعاة تآكل إسطوانات المحرك ويكون معدل الخدمة المستمر S هو القدرة عند التشغيل الطبيعى المفترض للمحرك .

وتشير النقطة S إلى نقطة خدمة الدفع Sp للمحرك إلا إذا أدار المحرك الرئيسى عمود إدارة مولد الكهرباء الملحق به .

وجميع محركات MC تورد مع مطابقتها لشروط الهيئة البحرية العالمية M. O . I وتعتمد على حدود الإنبعاثات الضارة مثل NO_x أكاسيد النتروجين الموجودة فى غاز العادم ، وتسجيل قياسات ISO 8178 ودوائر الإختبارات E_3 ، E_2 لمحركات الأعمال الشاقة ، وإنبعاثات NO_x من المحرك تكون أكثر كلما زاد حمل المحرك وزيادت القدرة عن القدرة المثلى ، الإستهلاك النوعى للوقود S.F.C ومستويات الإنبعاثات المرتبطة بعلاقات متبادلة للكميات متغير القيمة Parameters ومعطيات المحرك مع كلا من S.F.C وتحديد هيئة I.M.O لإنبعاثات NO_X والذى لا يسمح به أكثر من 5 % فى الوقود .

13.1- سمات تصميم محرك M C -C :

محركات طراز K98 MC -C .

لقد تم إنتاج محرك طراز K98MC-C بعدد 12 إسطوانه عام 1994 وبقدرة 68520 كيلـواط شـكل 4-13 وبقطـر إسـطوانة 980mm وطـول شـوط 2400mm وضغط متوسط مؤثر 18.2 بار وكانت سرعة المكبس 8.32 متر /الثانيه ، وبمتطلبات سرعة رفاص 104 rev / min ولقد أختيرت هذه البيانات عند التصميمات الأساسية ، وكانت العلاقه بين طول الشوط وقطر الإسطوانة 2.45 : 1 وخرج إسطوانة 5710 كيلواط ، والقطر ليس حديثاً

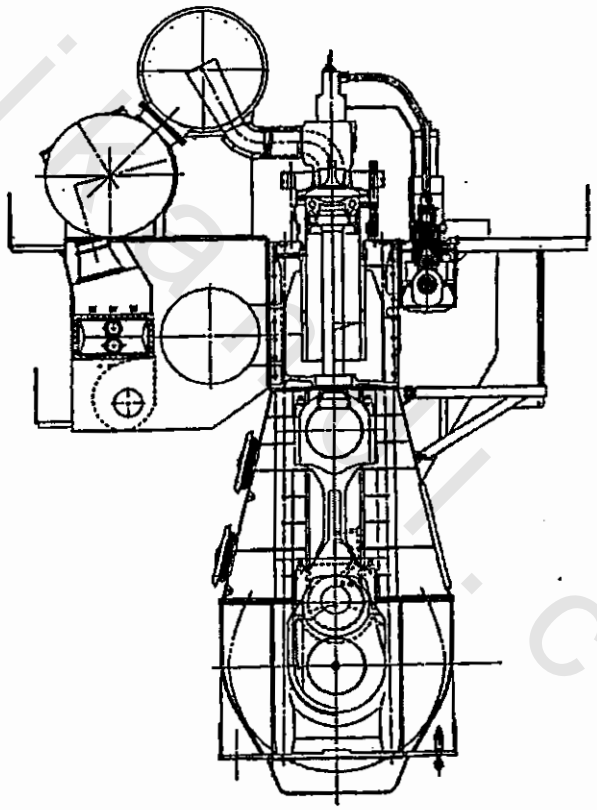

Figure 13-4 k98MC-C engine cross section

على المحركات البحرية لأنه فى عام 1966 أنتجت شركة B & W محرك بقطر 980 mm ذو 12 إسطوانة طراز K98 وكانت قدرتـه 350 33كيلواط وهذه الطرازات k98ff, k98gf موجودة فى الخدمة للآن .

ولقد تم إنتـاج أجيـال جديدة مـن المحركـات ذات أقطـار كبيـرة فـى عـام 1997 وخاصة المحركات طراز K98MC-C مع نفس المعدلات القصوى المستمرة

ولكن بسرعة بطيئة تصل إلى 94 rev /min وبعدد إسطوانات من 6 إلى 12 إسطوانة ونظام المحرك ذات السبعة إسطوانات تم إختباره عام 1999 شكل -13 5 والذى يوضح منحنيات الأداء للمحرك 7k98MC ، وفى البرنامج الأصلى تم إنتاج محرك ذو 14 إسطوانة طراز K98MC-C بقدرات من 74230 كيلواط إلى 080 80 كيلواط عند 94 rev /min ، 104 rev /min والبرنامج يسمح أيضًا بإنتاج محركات على خط واحد بعدد إسطوانات من 15 إلى 18إسطوانة مع قدرة 103300 كيلواط وهذه القدرة مرضية لرفاص واحد.

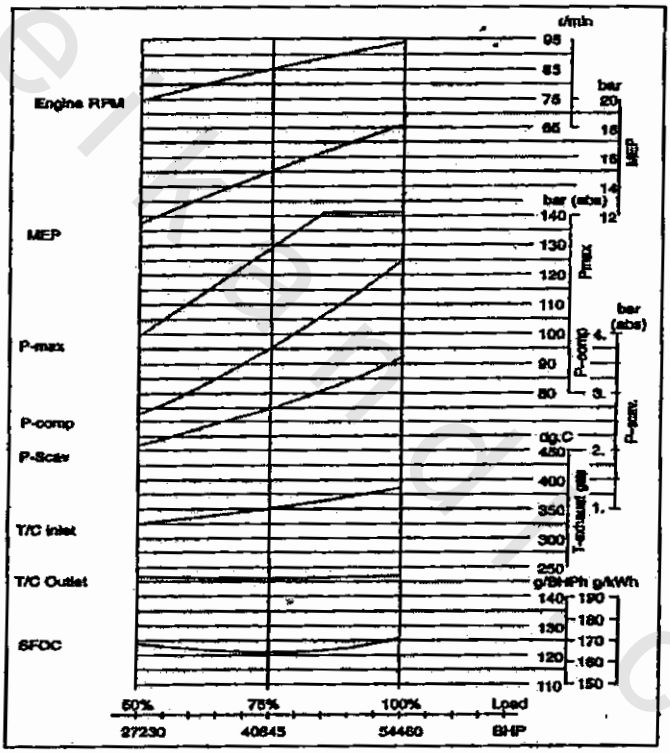

Figure 13-5 performance curves for 7k98MC engine

عادة ما تكون كتينة عمود الكامات فى المحركات الكثيرة فى عدد إسطواناتها بعدد إثنين منفصلتين وتعمل كل واحدة منهما مع عدد إسطوانات إما 7 او8 إسطوانة .

ومع طلاء الشنابر بطبقة من الألومنيوم تؤدى إلى تشغيل آمن ، ومن الأهمية إستخدام طريقة النصف تجليخ بالموجات القطعية لسطح جلبة الإسطوانة .

13.2- محركات MC تشمل على الأتى :

13.2a- فرش المحرك Bed Plate .

الفرش المقوى للمحركات كبيرة الأقطار يصنع من عوارض جانبية ممتدة مصنوعة من الصلب وملحوم بها تقويات عرضية مع مبيت للكراسى الرئيسية المصنوعة من الصلب المسبوك كدعامة ، ومعظم التقويات العرضية لهذه التصميمات قوية جدا لتتحمل الدفع المتغير من طوق الدفع (thrust collar).

13.2b- ألكراسى الرئيسية Main Bearing :

تصنع سبيكة الكراسى الرئيسية من القصدير والألومنيوم ورمزها (SN40 AL) وهى عالية الإجهاد ضد إجهاد الكلل Fatigue عند إرتفاع درجة الحرارة . وربما تستخدم هذه السبيكة فى محركات الأقطار الكبيره للثقة وللمحافظة على الكراسى الرئيسية .

13.2c- غرفة الإحتراق Combustion chamber :

وبخصوص غرفة الإحتراق شكل 6 -13تم تطويرها فى المحركات ذات الأقطار الكبيرة ويعتبر هذا من سمات مفتاح التطور .

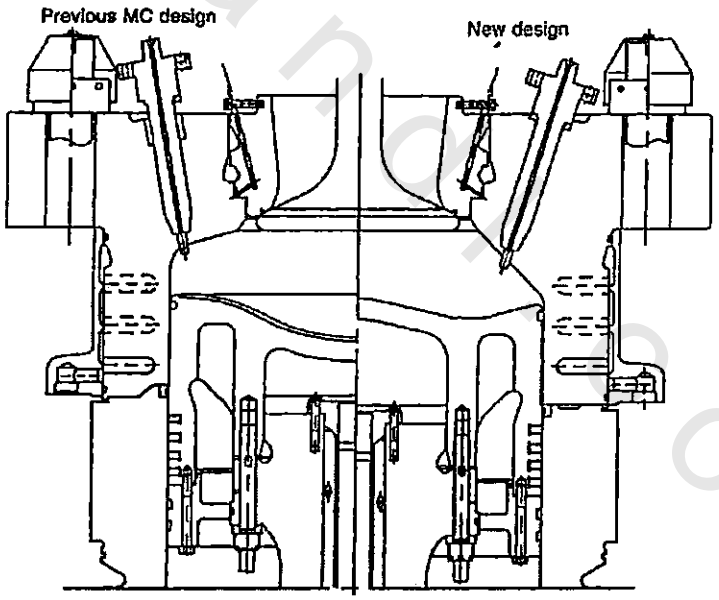

Figure 13-6 new and previous design of MC engine combustion chamber

13.2d- تاج المكبس مع إرتفاع المسافة العلوية Piston Crown :

تم إطالة تاج المكبس لإعلى بعد الشنبر العلوى وذلك لمنع تأثر الشنبر العلوى بالحرارة العالية فى غرفة الإحتراق شكل 7-13 وكانت النتيجة زيادة سطح التشغيل الصامد بين تاج المكبس وسطح الإسطوانة ويعمل هذا على تحسين حالة الشنابر والسماح باتساع زمن الصيانة ، وتم إستخدام نظام إرتفاع المساحة العلوية فى منتصف 1995 والخبرة والخدمة الممتازة أدت إلى إستخدام جميع الطرازات الحديثة لهذه الطريقة .

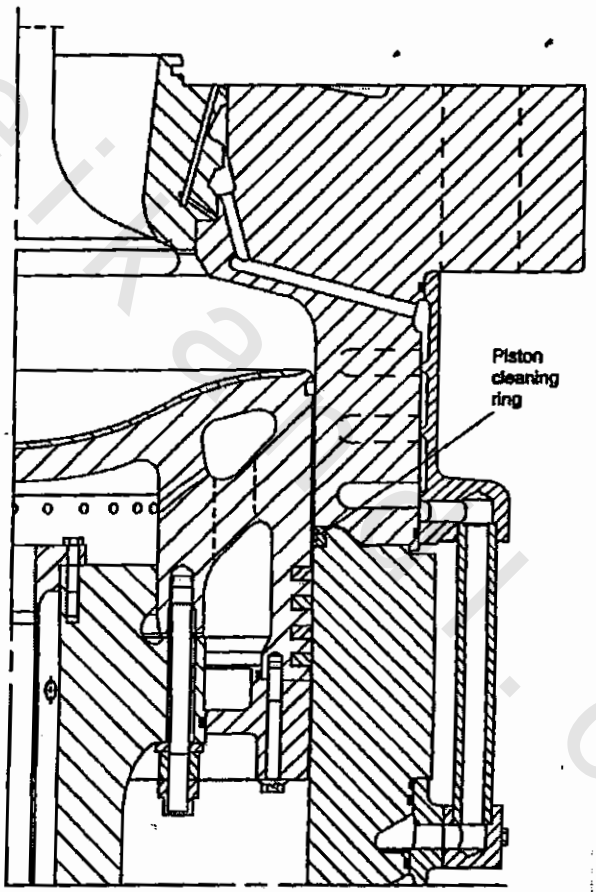

Figure 13-7 piston with high top Land and PC ring in Cylinder liner

تم التحكم فى تخفيض الضغط خلف الشنبر العلوى (c.p.r) Controlled Pressure Relief فى جميع المحركات MC-C مما أدى إلى تحسين حالة سطح الإسطوانة وتحسين حالة الشنابر السفلية ضد الأحمال الحرارية العالية .

والإنخفاض فى الضغط عبر الشنبر العلوى يتم بواسطة مجارى التهريب شكل 13-8 مع الزيادة فى الضغط المتوسط البيانى ، ويتم طلاء الشنبر الأول بطبقة من الكروم تصل إلى 0.5mm .

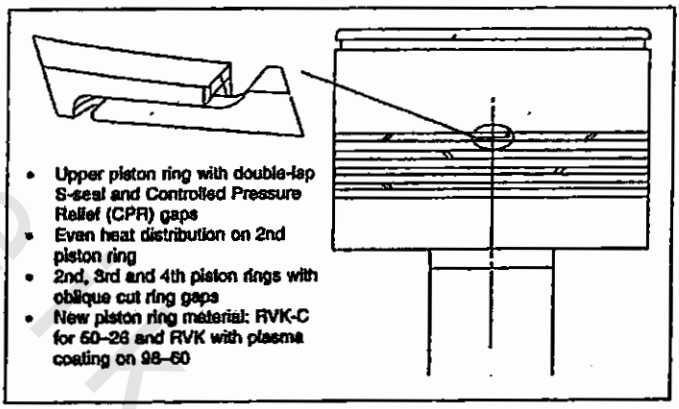

Figure 13-8 Configuration of controlled pressure relief (CPR) top piston ring

13.2e- جلبة الإسطوانة Cylinder Liner :

جلبة الإسطوانة للمحركات ذات الأقطار الكبيرة يتم تبريدها بنظام قطرى مع ضبط كمية مياه التبريد للمحافظة على مستوى درجة الحرارة المطلوبة والتأكد من الحالات الأمثل من مبحث علم الإحتكاك والبرى والتزييت وزيت تزييت جلبة الإسطوانة .

ولقد إستخدمت شركة M.A.N B&W ديزل لعدد من السفن نظام موجات قطعية لسطح الإسطوانة والتى تم تعديلها من سنين قليلة ماضية إلى طريقة السطح نصف المجلخ – ولقد تم التنويه عنها من قبل – لتسهيل التشغيل عند الأحمال العالية للمحركات .

ونظام الموجات القطعية الطبيعية يكون عمقها حوالى 0.02mm وتبين الخبرة بأن القطع أو التجليخ يعمل على تحسين الزيادة فى عمر جيوب الزيت على سطح الإسطوانة .

وبطلاء الشنابر بطبقة من الألومنيوم تؤدى إلى تشغيل آمن ، ولذلك فإنه من الأهمية إستخدام طريقة السطح نصف المجلخ بالموجات القطعية لسطح الإسطوانات .

13.3- ألتحكم الإلكترونى للمحركات الرئيسية

Main Engine Electronically control

فى المحركات من طراز MC يتحكم عمود الكامات ميكانيكيا فى حقن الوقود وتشغيل صمامات العادم وترتبط هذه الوصلات بالمرونة فى الوقت المحدد ، وسلسلة المحركات الرئيسية M.A.N B &W أنتجت للسوق العالمى فى عام 2001 مجموعة من طرازات المحركات المتعددة القدرات كما هو موضح بالشكل 9 - 13.والتحكم الإلكترونى لحقن الوقود وتشغيل صمامات العادم شكل 10-13 وكل هذا يسمح بحركة فردية وضبط مستمر لتوقيت كل إسطوانة .

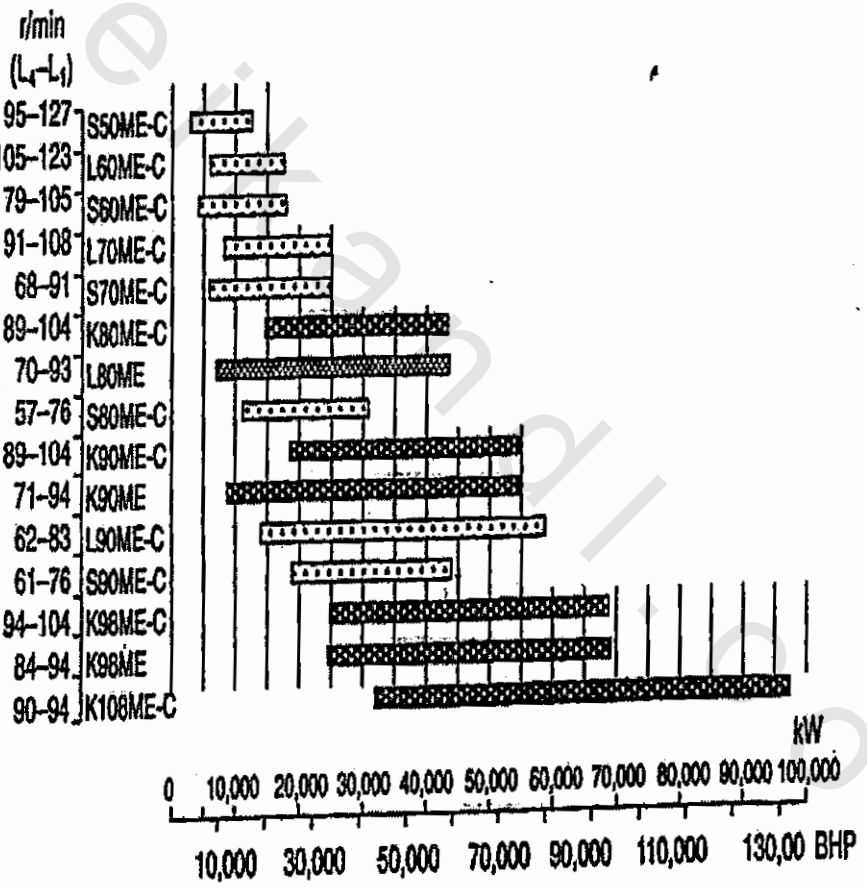

Figure 13-9 the electronically-controlled ME engine programme

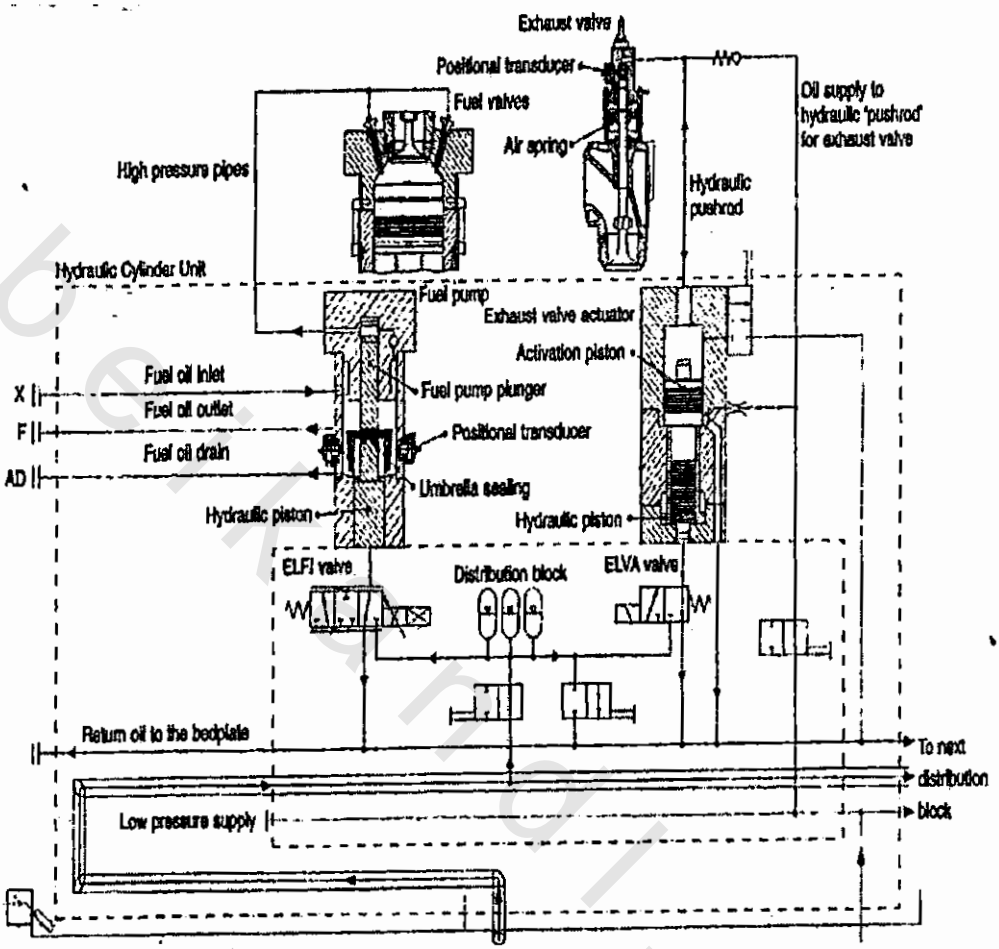

Figure 13-10 Mecahanical –hydraulic system for actvating the fuel pump and Exhaust valve of an ME engine Cylinder

13.4- تخفيض إستهلاك الوقود :

من الممكن أن تكون خصائص الوقود مثالية أومتغيرة عند أحوال كثيرة ، بينما تكون المحركات التقليدية فى الأحمال المضمونة وبنفس الأحمال عند 90 إلى % 110 من معدل الحمل الأقصى المستمر ، والضغط الموسط فى الحدود العالية للحمل فإنه من الممكن أن يكتمل بواسطة الربط بين توقيت الحقن وإختلاف نسب الإنضغاط (والأخير يختلف باختلاف ميعاد قفل صمام العادم) وتكون النتيجة أن الضغط الأقصى للحريق يستطيع أن يحافظ على ثبوت الحد الأدنى للحمل بدون زياده قصوى لحمل المحرك .

وينتج عن ذلك إنخفاض الإستهلاك النوعى للوقود عند الأحمال الجزئية ، والمراقبة الوحيدة لعملية الإسطوانة التأكد من توزيع الحمل بين الإسطوانات وضغط الحريق لكل إسطوانة على حدة ، ولذلك فإنه من الممكن المحافظة على المعدلات الجيدة العالية وإطالة عمر المحرك .

13.5- محركات سولزر Sulzer Engine :

هو محرك بطيئ ذو الرأس المنزلقة ثنائى الأشواط أحادى التأثير بفتحات عادم وحر ، ولقد تعرضنا سابقاً لشرح محرك M.A.N B&W بطيئ مع صمام عادم علوى .

بدأت شركة Sulzer بناء المحركات البحرية عام 1898 وفى عام 1905 قامت ببناء أول محرك يعمل بعكس الحركة وثنائى الأشواط وبعد حوالى 5 أعوام تم إنتاج محركات ثنائية الأشواط بدون بلوف لنظام الشحن ونظام لتبريد المكبس ، وحقن لا هوائى وطبق هذا الإنتاج فى عام 1932 وإستخدم Turbocharger فى عام 1954 ، وبعد عام 1956 كانت المحركات تعمل بنظام الشاحن الجبرى ونظام كسح غاز العادم الحلقى Loop وتطوير المحرك طرز RD إلى طراز RND ، RND m , و RLB بالتوإلى ويوجد بعض منهم يعمل حتى الآن .

وفى نهاية عام 1981 تم تصنيع محركات بنظام عمود كامة وكسح علوى فى إتجاه واحد عن طريق صمام عادم مع تربينة عادم ضغط ثابت مع طرازات RTA وهم 6 طرازات بأحجام وأقطار مختلفة منها 380mm ، 480mm ، 580mm ، 680mm ، 760mm ، 840mm وبنسب طول الشوط للقطر 2.86 بالمقارنة بنسب 2.1 لطرازات RL ، وبهذه الطريقة تم زيادة القدرة النوعية لخرج المحرك إلى 9 % والمحركات من طراز RTA 38 حتى RTA 84 تم تطويرها إلى طراز RTA-84 والملحق بعام 1984 للأشواط الطويلة لطرازات RNA-2 وفى نهاية عام 1981 تم تطوير نظام المحرك إلى طراز TA84C وفى عام 1991 تم التطوير إلى طراز RTA84T وتم إنتاج أول محرك ودخل فى العمل عام 1994 وبنسبة طول شوط S/b 4.17 وسوف نستعرض لشرح محرك Sulzer ثنائى الأشواط أحادى التأثير بفتحات حر وعادم مع تربينة العادم .

بعد عام 1956 تم تطوير محركات طراز RD إلى طراز RND ومنها تم إنتاج أربعة أحجام كما هو مبين فى الجداول من 1-13 إلى 4-13 مع الإختلاف فى سرعات المحركات فى حدود مؤكدة لتلائم تصميم وسرعة الرفاص ، والمحرك

RND68 يعمل عند عدد لفات 137 لفة / دقيقة إلى 150 لفة / الدقيقة ، والضغط المتوسط الفرملى عند الخدمة المستمرة القصوى لا يزيد إلا فى الحالات الخاصة.

Type	*5RND68*	*6RND68*	*7RND68*	*8RND68*	*9RND68*	*10RND68*
Cylinders	5	6	7	8	9	10
Max. continuous output, bhp (metric)	7500	9000	10500	12000	13500	15000
kW	5520	6620	7720	8830	9930	11030
Corresponding rev/min	137	137	137	137	137	137
Bmep, kgf/cm²	10·9	10·9	10·9	10·9	10·9	10·9
Bmep, bar	10·7	10·7	10·7	10·7	10·7	10·7

Table 13-1 Sulzer Type RND 68 mm Bore, 1250mm stroke

Type	*5RND76*	*6RND76*	*7RND76*	*8RND76*	*9RND76*	*10RND76*
Cylinders	5	6	7	8	9	10
Max. continuous outpnt bhp (metric)	10000	12000	14000	16000	18000	20000
kW	7350	8830	10290	11770	13240	14710
Corresponding rev/min	122	122	122	122	122	122
Bmep, kgf/cm²	10·5	10·5	10·5	10·5	10·5	10·5
Bmep, bar	10·3	10·3	10·3	10·3	10·3	10·3

Table 13-2 Sulzer RND 76 , 760mm Bore, 1550mm Stroke

وجميع طرازات محركات RND تعمل بالشحن الجبرى وبنظام الضغط الثابت ، ويعتمد على حجم المحرك وعدد التربينات إما واحدة ، أو إثنتين ، أو ثلاثه ، مع تركيب مروحة هوائية تعمل أوتوماتى فى حالة الحمل المنخفض لزيادة هواء الشحن والتأكد من كفاءة الحريق .

Type	*6RND90*	*7RND90*	*8RND90*	*9RND90*	*10RND90*	*11RND90*	*12RND90*
Cylinders	6	7	8	9	10	11	12
Max. continuous output bhp (metric)	17400	20300	23200	26100	29000	31900	34800
kW	12800	14930	17060	19200	21330	23460	25600
Corresponding rev/min	122	122	122	122	122	122	122
Bmep, kgf/cm²	10·85	10·85	10·85	10·85	10·85	10·85	10·85
Bmep, bar	10·63	10·63	10·63	10·63	10·63	10·63	10·63

Table 13-4Sulzer RND 90, 900mm Bore, 1550mm Stroke

Type	*8RND105*	*9RND105*	*10RND105*	*11RND105*	*12RND105*
Cylinders	8	9	10	11	12
Max. continuous output bhp (metric)	32000	36000	40000	44000	48000
kW	23540	26480	29420	32360	35300
Corresponding rev/min	108	108	108	108	108
Bmep, kgf/cm²	10·7	10·7	10·7	10·7	10·7
Bmep, bar	10·5	10·5	10·5	10·5	10·5

Table 13-5 Sulzer RND 105. 1050mm Bore , 1800mm Stroke

ويبين شكل 11- 13 قطاع عرضى لمحرك من طراز RND وشكل 12-13 لقطاع جانبى وهذه القطاعات تمثل جميع المحركات طراز RND المتتالية أيضًا أنظر إلى شكل 13-13من سمات هذه الطرازات الكسح العرضى ورأس إسطوانة

غير مجهزة إلا من وجود صمام للحقن فى المنتصف وبدون مجموعة تشغيل لصمامات الحر والعادم .

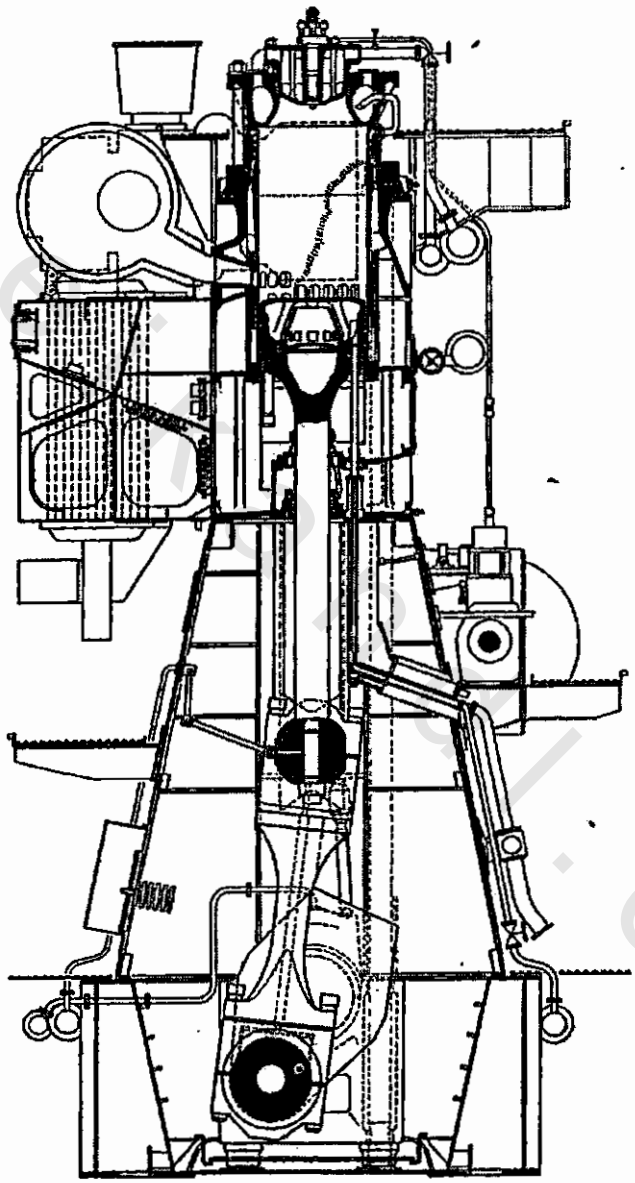

Figure 13-11 Type RND engine , transverse section

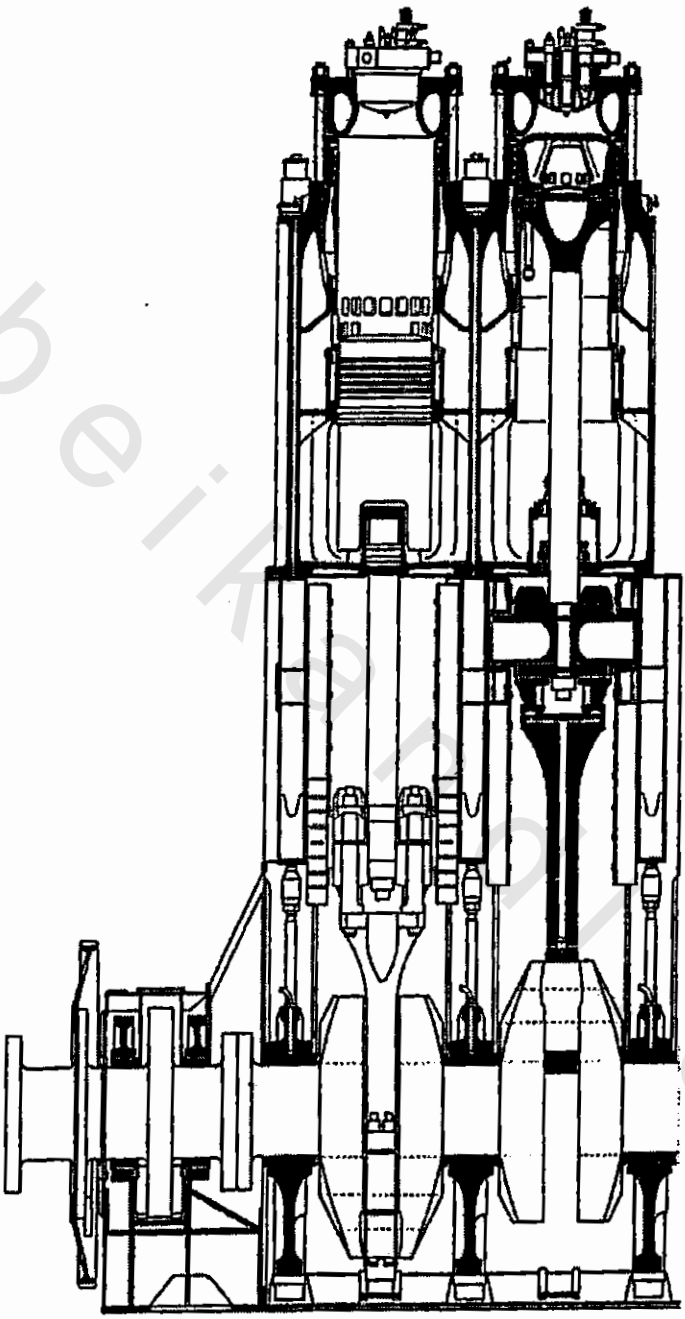

Figure 13-12 Type RND engine , Longitudinal section

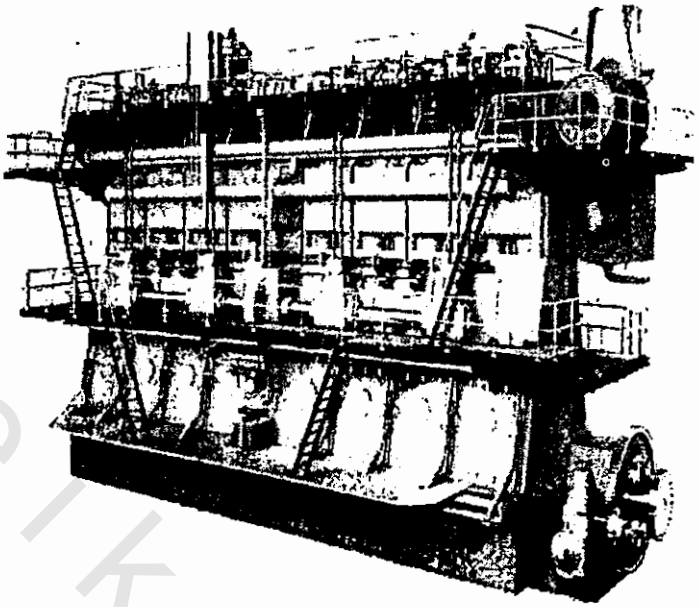

Figure 13-13 Eight –Cylinder type RND engine , 760mm bore

13.6- فرش المحرك والأعمدة ومسامير الرباط .

Bed Plate , Frames , and Tie – rods

يصنع فرش المحرك والأعمدة على شكل حرف A من ألواح الصلب المقوى ومن أجزاء طولية وعرضية أنظر شكل13-14،13-15 .

والتقويات العرضية تحتوى على أماكن للكراسى الرئيسية مصنوعة من الصلب المطروق أو المسبوك مع إزالة الإجهادات قبل الإنتهاء من اللحامات الكليه لفرش المحرك .

Figure 13-14 Longitudinal member of bedplate

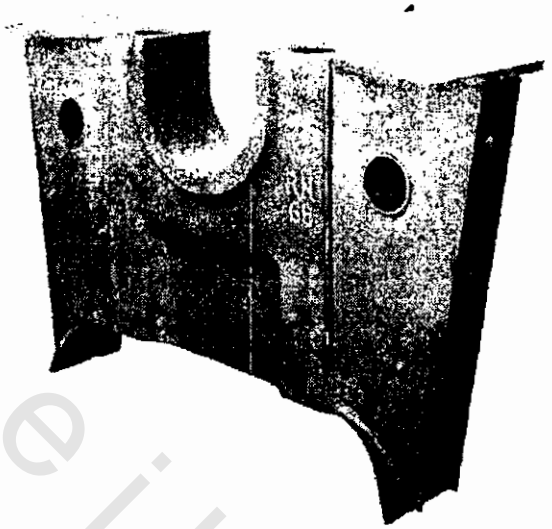

Figure 13-15 Transverse member of bedplate

وفى القاع توجد مصافى لسحب الزيت إلى الدائرة ، ويحمل فرش المحرك الأجزاء العرضية وبها مكان للكراسى الثابتة لعمود المرفق وكل منها تحتوى على لينة من الصلب مبطنة بسبيكة بيضاء أحداهما علوية والأخرى سفلية وغطاء من الصلب المسبوك مثبت بأربعة جوايط تحكم بأربعة صواميل ، ومجهز كل كرسى بمجموعة من الشرائح على الجانبين مصنوعة من الصلب لضبط خلوص الكرسى ، وتعمل الكراسى الرئيسية على تقليل أقصى عزم إنحناء على أجزاء فرش المحرك ، والحمل الذى يقع فى الإتجاه الأسفل لعمود المرفق ، وتحفظ الكراسى الثابتة في موضعها بأربعة مسامير للضبط Jack bolts شكل 16-13.

obeikandl.com

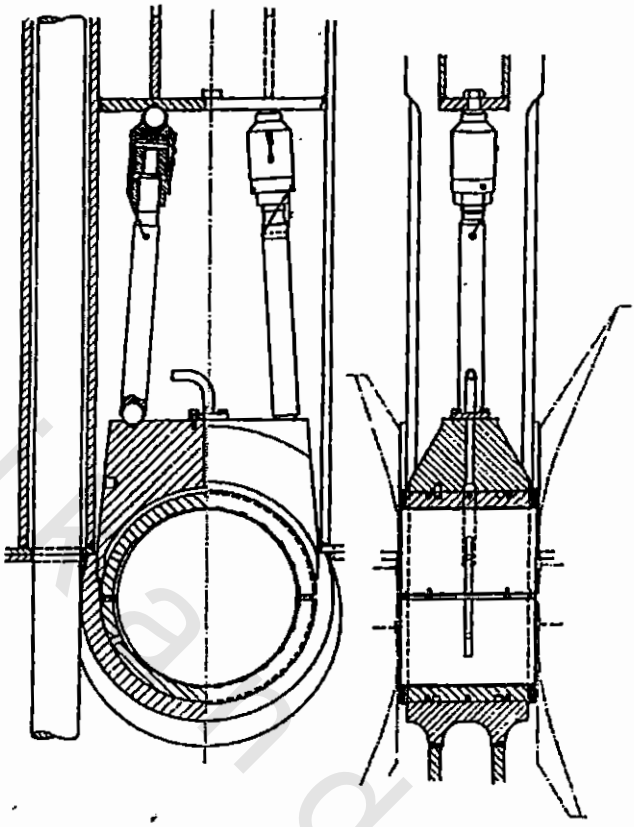

Figure 13-16 Jakbolts on main bearing keeps

13.7- حيز التبريد ، الإسطوانة ، جلند ذراع المكبس

Cylinder Jacks , liners , piston rod gland

تصب كتلة الإسطوانات كل إسطوانة على حده وتجمع بواسطة مسامير تربط بالصواميل وتكون كتلة قوية .

ويتم تجميع فرش المحرك مع كتلة الإسطوانات بواسطة مسامير رباط طويلة Tie- Rod مكون بناء قوى ليفى دائمًا بمتطلبات التشغيل بعيدًا عن التشوية تحت حالات التشغيل القصوى .

وكل إسطوانة مزودة بفتحة أعلى طلمبة الوقود تساعد على الدخول إلى جلند عمود المكبس ، والحشو الدائرى العلوى ، وجذع المكبس .

ويبن شكل 17-13 جلبة إسطوانة وهى مصنوعة من سبيكة خاصة من الفاناديوم والتيتانيم والحديد الزهر ومصنوعة من قطعة واحدة .

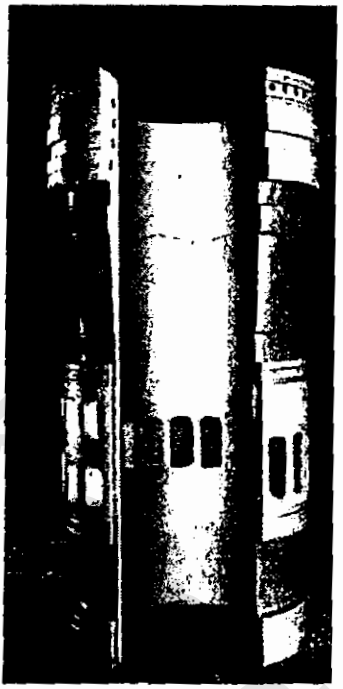

Figure 13-17 Cylinder liner

تربط رأس الإسطوانة على شفة الإسطوانة وأعلى كتلة الإسطوانات والجزء العلوى من الإسطوانة به ثقوب قطرية وممرات لمرور مياه التبريد بكثافة .
ويمنع إختلاط هواء الشحن وغازات العادم بمياه التبريد عن طريق حلقات من المطاط المقاوم للحرارة .
ويوجد حيز بين كل إثنين من حلقات الكاوتشوك متصلة بثقب خارج من كتلة الإسطوانات وذلك لمعرفة أى تسرب للمياه من حيز التبريد ، والمسافات البينية بين بوابات غاز العادم توجد بها ثقوب رأسية لمرور مياه التبريد للجزء الأسفل من الإسطوانة .
وتبريد بوابات العادم يعمل على عدم تشوه الإسطوانة وتكون الرواسب الكربونية عليها .

وأسطح التشغيل للإسطوانة يتم تزييتها بواسطة ثمانية مزايت مركب عليها صمامات غير رجاعة ، ومزايت التزييت تمر فى أنبوبة محكمة مانعة لتسريب المياه أو الغاز شكل 18-13، وأى تسرب لغاز العادم والمياه يمر بين المزيتة والأنبوبة ، ومن الممكن حل المزيتة للكشف بدون تصفية مياه التبريد من قميص الإسطوانة ، وتقع جلندات أعمدة المكابس فى منتصف أسفل كتلة الإسطوانة شكل 19- 13 والجلند ينقسم إلى مجموعتين أحداهما علوى

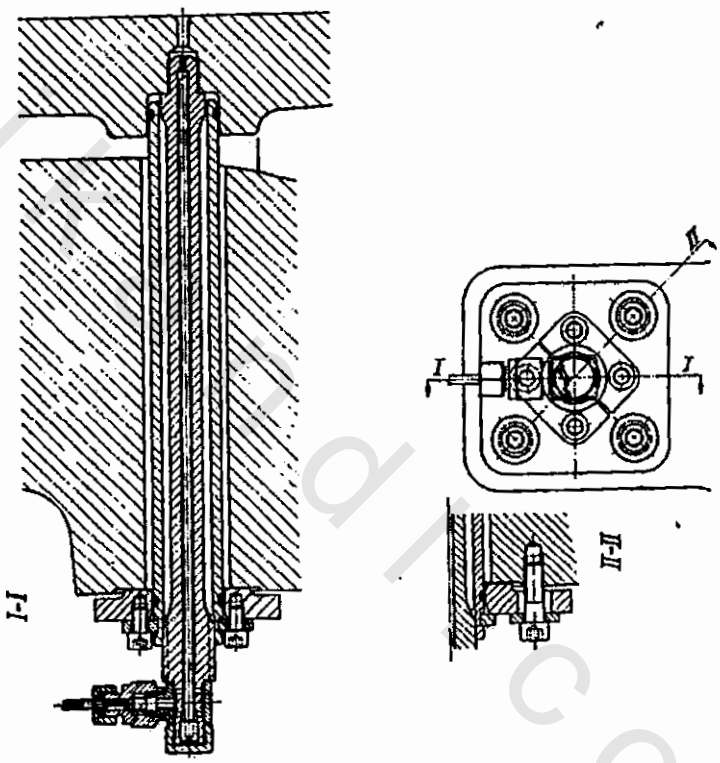

Figure 13- 18 Lubrication quill

والآخر سفلى ، وتستخدم المجموعة العلوية لمنع الهواء المكسوح أسفل المكبس أو الشوائب من الدخول إلى حيز المرفق أما الجلند الأسفل يعمل على كشط الزيت ورجوعه إلى صندوق المرفق وجميع الجلندات من الممكن رفعها بدون رفع المكبس الرئيسى .

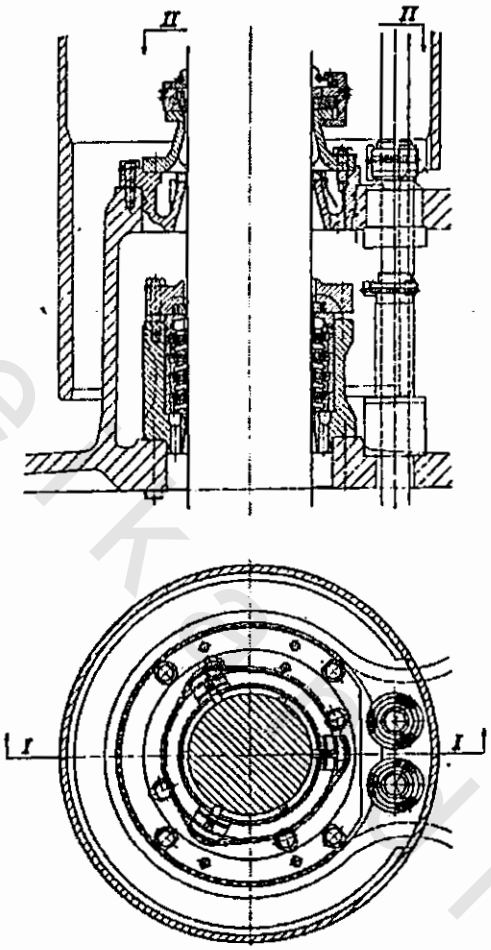

Figure 13-19 Piston rod gland

13.8- رشاش الوقود Fuel valve

يتكون رشاش الوقود شكل 20- 13 من إبرة محملة بضغط يای بينهما دليل ومركب عليه طبق ، ويبرد صمام الوقود بالمياه العذبة من دائرة منفصلة عن الدائرة الرئيسية ، ومثبت بواسطة إثنين من الجوايط وصواميل للربط مع وجود وردة سستة .

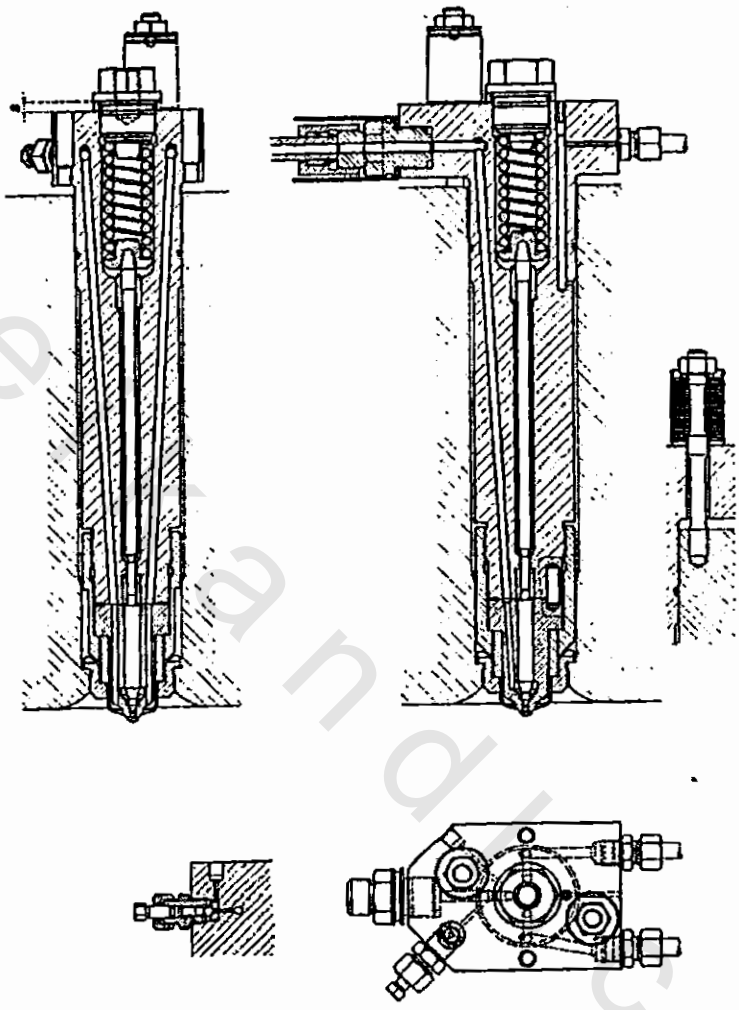

Figure 13-20 Fuel valve

والأجزاء الرئيسية هى الصامولة الحافظة للفونية ، الفونية ، وصامولة الضبط.
ويتم تطبيع Lapping الإبرة على قاعدتها والفونية مخروطية الشكل فى المحركات الصغيرة ويتم الضغط عليها بواسطة الدليل والسستة ، وضغط الوقود الخارج من صمام الوقود يصل إلى حوالى 270 بار ويمكن ضبطه بواسطة حلقات من الصلب توضع وترفع تحت صامولة الربط ، وبطريقة أخرى يوجد مسمار ضبط عند زيادة الرباط عليه يزيد الضغط على السستة ويقل مع حله ، ويتم تغيير الضغط فى حدود 5 ± بار ومقطع صمام الوقود الذى على يسار

الرسمة شكل 20-13 بين مسار تبريد مياه الرشاش ، وتبريد صمام الوقود يعمل على عدم تكون الترسيبات الكربونية بالقرب من أخرام الفونية ، ويوضع بنز لتثبيت الفونية ومنعها من الدوران عند رباطها مع البدن .

يتم تغيير الفونية لعدة أسباب .

ا – إنسداد عدد قليل من الأخرم .

ب – تآكل الإبرة عندما يصبح شكلها بيضاوى

ج – زيادة قطر الأخرام عن % 10 من القطر الأصلى .

د – زيادة شوط الإبرة عن O.6mm نتيجة السنفرة – أو التجليخ .

ويسبب هذا عدم التذرير الجيد وحريق على رأس المكبس نتيجة التسييل ، وإرتفاع درجة الحرارة وزيادة النحر للإسطوانة وشنابر المكبس ، وزيادة على ذلك زيادة شوط الإبرة ينتج عنه خبط للقاعدة وتلف صمام الوقود .

يجب دهان بدن صمام الوقود الخارجى بالزيت والجرافيت أو الرصاص الأبيض White Lead لسهولة حله لتعرضه لدرجات حرارة عالية .

وتحتوى رأس الإسطوانة على صمام بدء الحركة شكل 21- 13 والذى يتحكم فيه ضغط الهواء بواسطة صمام منزلق والموضح على يمين الرسمة .

وهواء التحكم يدخل الصمام المنزلق ويخرج إلى صمام بدء الحركة بواسطة إثنين من المواسير ذات الأقطار الصغيرة ، ويعمل على فتح وقفل الصمام بسرعة وإخماد الحركة عند حركة القفل مع منع الصدمات مع القاعدة ، وهواء بدء الحركة يصل ضغطة إلى حوالى 29.4 بار ويمر فى مواسير ذات أقطار كبيرة ، وإذا كان ضغط هواء التقويم أقل من ضغط الإسطوانة يعمل على عدم فتح صمام بدء الحركة لمنع وصول غاز العادم للوصول إلى الماسورة الرئيسية ، وكل إسطوانة مزودة بصمام لتهريب الضغط Relief Valve دائما فى وضع القفل حتى أن يرتفع الضغط داخل الإسطوانة عن الضغط الأقصى ويمكن ضبط الضغط الأقصى لهذا الصمام .

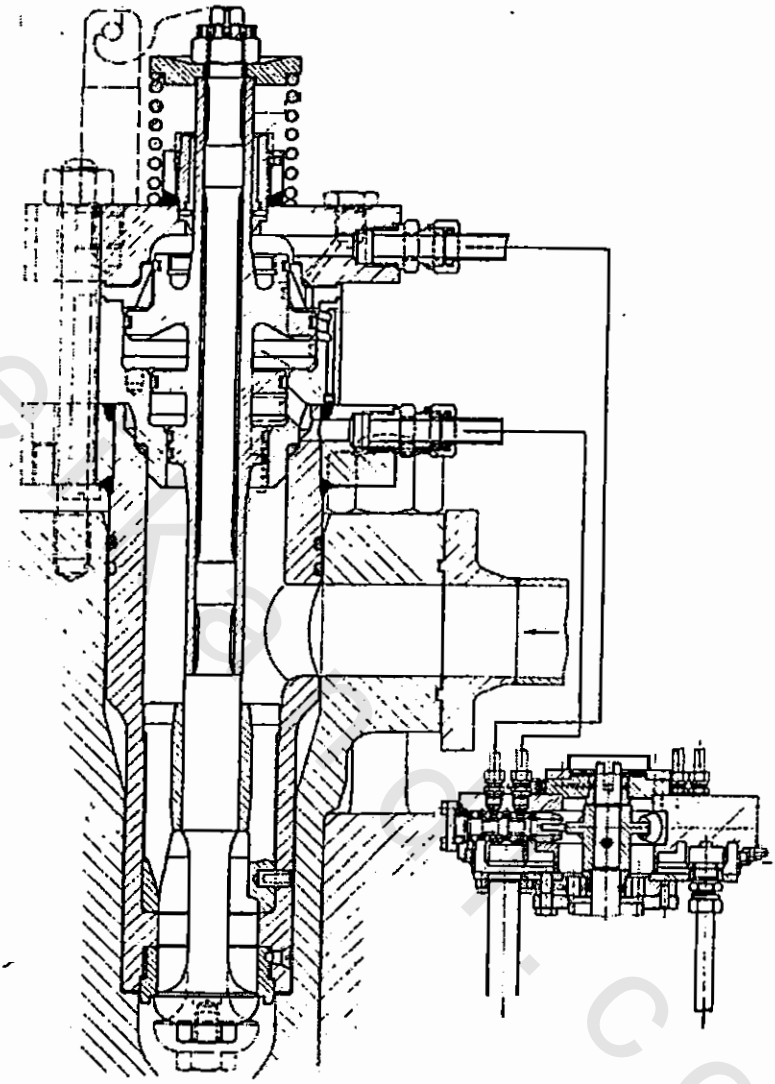

Figure 13-21 Starting valve

13.9- المكبس Piston .

يبين شكل 22- 13 شكل المكبس ويتكون من رأس المكبس – تاج المكبس – Piston Crown وذراع المكبس بالصامولة ، ومواسير تبريد المكبس بالمياه ، ويصنع تاج المكبس من الصلب المسبوك مع أعصاب رفيعة نسبيًا وهذه الأعصاب تعمل على تخفيض الإجهادات الحرارية والإبقاء على درجة الحرارة

لاقل حرارة خارج المكبس ويقلل هذا من خطورة التآكل نتيجة الإحتكاك بواسطة الفانديوم عند إستخدام الوقود الثقيل .

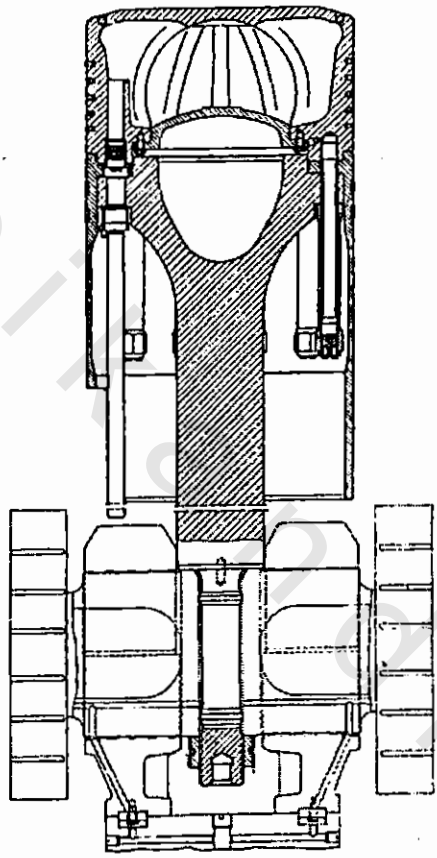

Figure 13-22Piston assembly

تصنع المجارى الخمسة لشنابر المكبس من ألواح الكروم ويعمل ذلك على تخفيض التآكل ، يجب التعامل مع شنابر المكبس بعناية ويجب تثبيتها بواسطة الجهاز المعد لذلك ، ويصنع جذع المكبس من الحديد الزهر ويزود بإثنتين من حلقات التآكل المصنوعة من البرنز والتى تساعد على التشغيل الجيد للمكبس والإسطوانة ، ويصنع ذراع المكبس من الصلب المطروق مع وجود فلنجة عريضة بأعلاه ، ويربط بإحكام مع تاج المكبس بمسامير طويلة مارة خلال

ماسورة طويلة تمسك كل أجزاء المكبس مع بعض ويسمح هذا النظام بالمرونة والتمدد .

والطرف الأسفل من عمود المكبس يقل قطرة ليساعد على المرور خلال بنز الرأس المنزلقة ويربط معها ربلطاً جيداً بواسطة صامولة ويقفل عليها بواسطة قطعة من الصلب مستطيلة ومثبتة فى البنز.

ويستخدم جهاز هيدروليكى للربط وإطالة النهاية السفلى لعمود المكبس للمسافة المطلوبة ، ودائمًا ما تربط الصامولة بمفتاح عزم ، ويتم تبريد المكبس بواسطة مواسير مارة بجوارعمود المكبس ، ويشترط أن تكون على إستقامة ويمكن الكشف عليها بالنظرأوأجهزة القياس ، والجلندات فى شكل13-23 مصممة على أن يمكن فحصها ، وتتكون الجلندات من أجزاء داخلية وخارجية وتكون متطابقة فى مجموعة الكشط العلوية والسفلية .

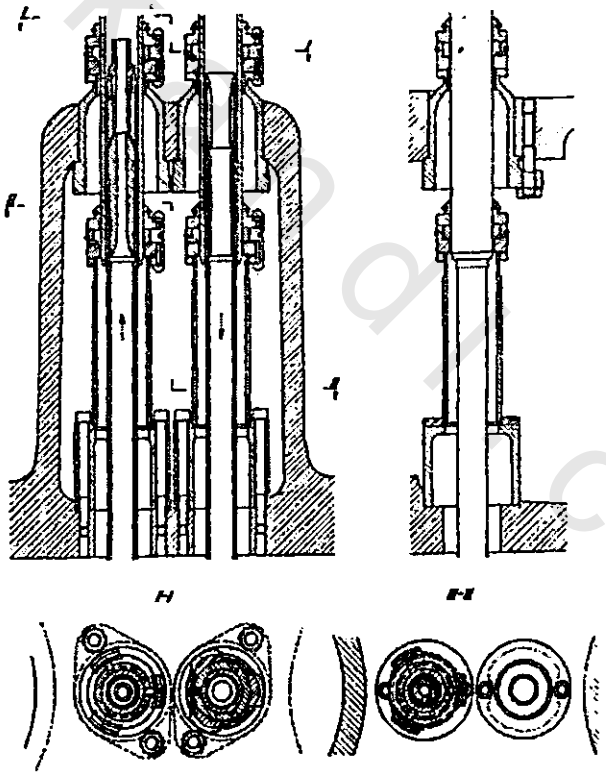

Figure 13-23 Piston cooling glands

13.10-المحرك ذات المكابس المضادة Opposed Piston Engine .

المحرك من طراز Doxford محرك مضاد المكابس ثنائى الأشواط أحادى التأثير لكل إسطوانة إثنين من المكابس المضادة ومتحركة فى إتجاه معاكس وغرفة الإحتراق تتوسط المكبسين ، والمكبس الأسفل يكشف عن صف من فتحات شحن الهواء فى أسفل الإسطوانة فى شوطه لإسفل ، والمكبس العلوى يكشف عن صف فتحات لغاز العادم عند أعلى حافة للمكبس فى شوطه لأعلى وفى الوقت الحاضر فإن هواء الشحن يزود عن طريق الشاحن الجبرى ويدار بواسطة غاز العادم المتولد من المحرك وكذلك مروحة مركزية بضغط حوالى من 0.7 إلى 0.825 بار ضغط مانومترى .

ويوجد نظامين من التوصيل:

النظام الأول لكل إسطوانة لها ثلاث ركب من عمود المرفق ركبة المكبس الأصلى عكس الركبتين الأخريتين وتوجد بينهما زاوية حوالى 9^0 درجات من درجات زوايا عمود المرفق للمحرك من طرازP Type وحوالى من 8 إلى 10^0 لمحرك طرازJ Type وفى المحرك طراز J Type يعمل المكبس السفلى بواسطة الركبة التى فى المنتصف بواسطة ذراع توصيل فردى متصل بالراس المنزلقة بينما المكبس العلوى يتصل بواسطة كمرة عرضية ويركب معها عمودين جانبيين متصلين بالراس المنزلقة والتى تتحرك أعلى وأسفل ، وفى هذا الطراز عند دورانة يعمل على إتزان الكتل المتحرك للمحرك وفى الشكل -13 24a يوضح أيضًا أن طول شوط المكبس السفلى أكبر من شوط المكبس العلوى ، والمحرك الأصلى لشركة Doxford بنى بدون شاحن جبرى أما الآن فإنه يعمل بالشاحن الجبرى .

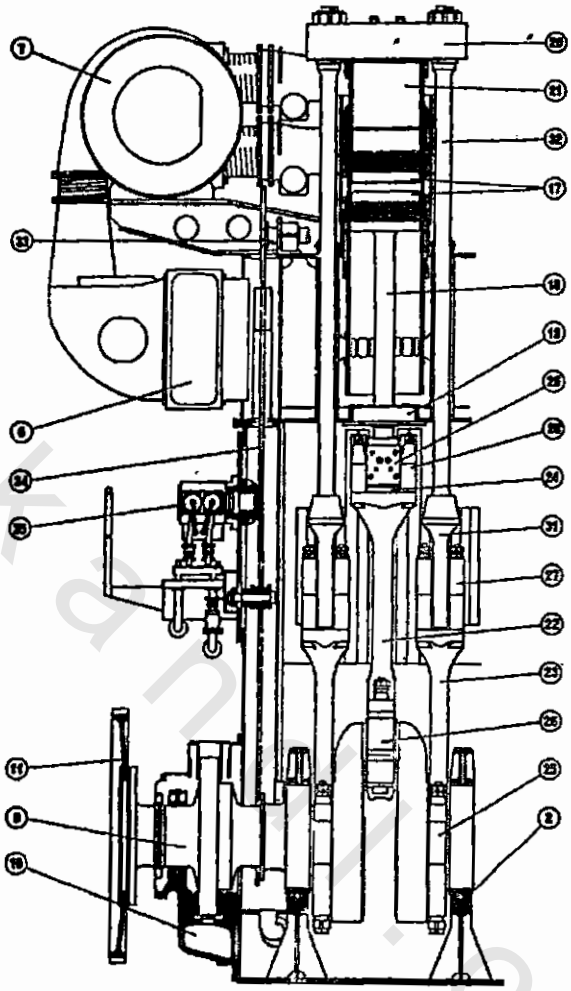

Figure 13-24a Longitudinal section of J- type engine

والمحرك من طراز J Type ينتج بقدرات كبيرة . أما المحرك طراز P Type تم بناؤه لكى تنتج كل إسطوانة قدرة 1250 kw لدرجة ان محرك 6 إسطوانات ينتج قدرة حوالى 7500 kw أنظر الجدول رقم 6-13 .

No. of cylinders	bhp	kW	*Length* mm	*Height* mm	*Width* mm	*Weight* tonne
4	6 640	5000	10600	9500	3710	250
5	8300	6200	12600	9500	3710	325
6	10000	7500	13900	9500	3710	380

Table 13-6 Range of P- type Engines

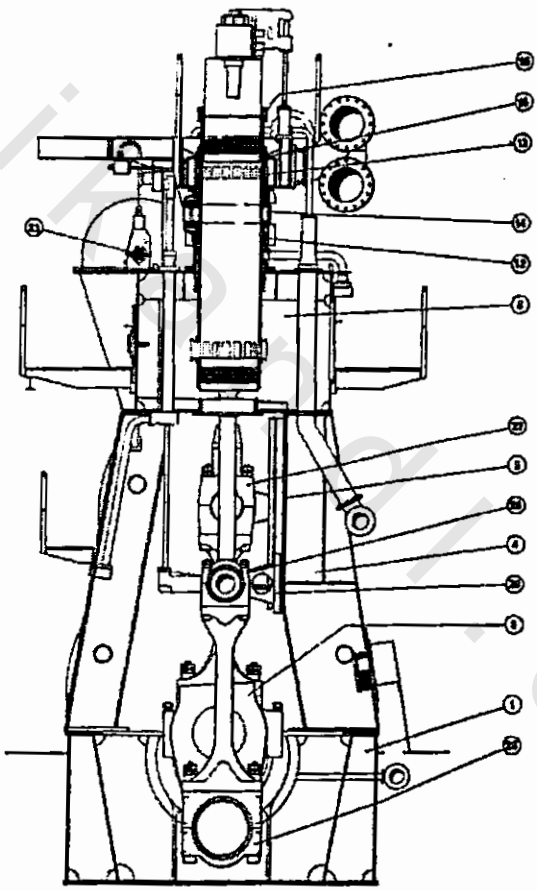

Figure 13-24b Cross-section of J- type engine

بنى المحرك طراز J Type بثلاث إسطوانات فقط وكانت قدرته حوالى من 4000 إلى 17000 كيلواط أنظر شكل 13-24 b .

ويبين الشكل 24- 13 مقطع عرضى لإسطوانة واحدة وفى هذا التصميم روعى أن يكون وزن المكبس العلوى ، ووزن الكمرة العرضية فى التصميمين المختلفين وكذلك الأعمدة الجانبية والرأس المنزلقة الخاصة بهما وذراع التوصيل أثقل من المكبس السفلى والرأس المنزلقة وذراع التوصيل .

13.11- دوائر تشغيل المحرك Phases of the cycle :

يبين شكل 13-25a , 13-25b دائرة التشغيل للفة واحدة من عمود المرفق.

1 – عندما يكون المكبس السفلى فى النقطة الميتة السفلى ، مع وجود بوابات الحر والعادم مفتوحة بالكامل يسمح بدخول الهواء المشحون إلى الإسطوانة .

2 – فى حركته إلى أعلى تقفل بوابات شحن الهواء .

3 – وبعد ذلك تقفل بوابات العادم عن طريق المكبس العلوى ومن هذه النقطة يبدأ الإنضغاط مع إستمرار حركة المكبسين .

4 - يصل المكبسين إلى النقطة الميتة العليا وقبل هذه النقطة بحوالى من 10 إلى 15 درجة من زوايا عمود المرفق يتم حقن الوقود ويبدء الحريق ، ويكون حقن الوقود عند الحمل الكامل عند 14 درجه قبل النقطة الميتة العليا ويستمر إلى 20 درجة بعد النقطة الميتة العليا .

وفى حالة المحركات البطيئة يتم حقن الوقود فى حوالى 5 درجات قبل النقطة الميتة العليا إلى حوالى 5 درجات بعد النقطة الميتة العليا .

5 – ويتحرك المكبسين على حده فى شوط القدرة ، وتبدأ بوابات العادم بالفتح أولا ويتم خروج غازات العادم إلى ماسورة العادم .

6 – تبدأ بوابات شحن الهواء بالفتح لتسمح بدخول هواء الشحن مدفوع بضغط الشاحن الجبرى لنظافة ما تبقى من غازات العادم حتى تمتلئ الإسطوانة بالهواء.

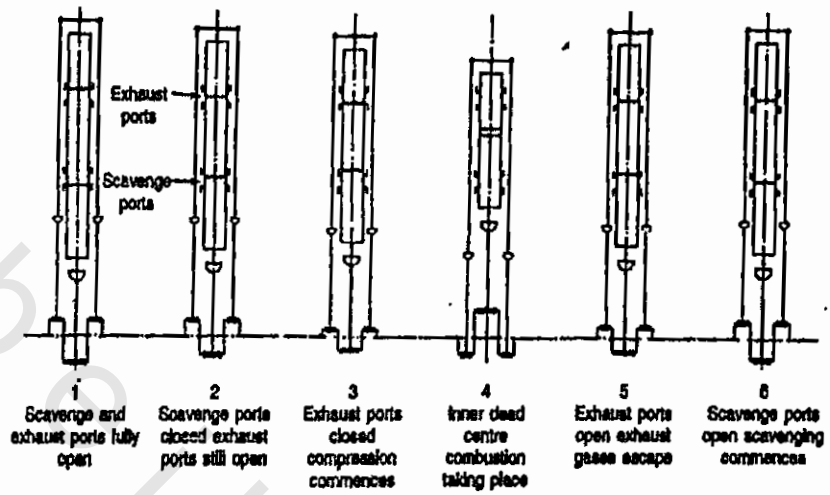

Figure 13-25a Exhaust and scavenge events

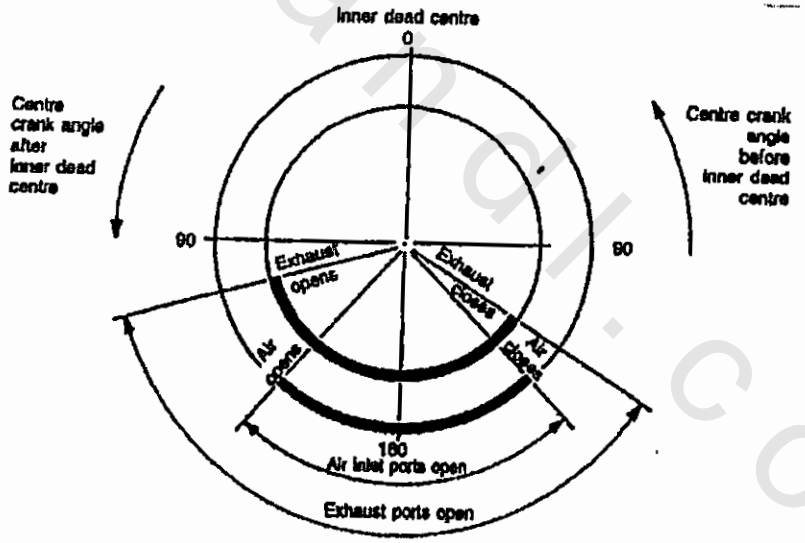

Figure 13-25b Engine type 76J4C port timing diagram

13.12- مجمل الوصف .

يبدأ المحرك فى الدوران بواسطة الهواء المضغوط الذى يصل ضغطه إلى حوالى 30 بار من خزان سعته 5 متر مكعب ويوجد للإستخدام عدد إثنين من هذه الخزانات لكل سفينة .

يتم تذرير الوقود عند ضغط ما بين 400 إلى 550 بار وهذا الضغط يتم المحافظة علية للتشغيل الطبيعى لطلمبات الوقود ، ولكل إسطوانة طلمبة حقن واحدة .

جميع المحركات من هذا النوع يتم فيها تبريد الإسطوانات والمكبس العلوى من دائرة مياه عذبة مقفلة وتبرد مياه التبريد الساخنة العذبة عن طريق مبردات مواسير وتسمى بالمبدلآت الحرارية وتبرد بمياه البحرالتى تمر من داخل المواسير والمياه العذبة من خارجها .

وتدخل مياه التبريد إلى المحرك بدرجة حرارة حوالى 60 درجة منوية وتخرج عند حوالى 75 درجة منوية ويتم تسخين المياه قبل بدأ الدوران لتجنب الإجهادات الحرارية .

وفى طراز المحركات J , P يتم تبريد المكابس السفلية بالزيت عن طريق مواسير تيلوسكوبية ، وجميع أعمدة المرافق والرووس المنزلقة يتم تزيتها من خلال ضغط الدائرة بواسطة طلمبات زيت وكذلك كرسى الدفع ، ويتم تنقية الزيت بعد خروجة من طلمبة الزيت وبعد ذلك يتم تبريدة فى مبردات المياه .

ومحرك طراز J Doxford صمم بعدد من 4 حتى 9 إسطوانات وعموما فإن محرك الأربع إسطوانات يعمل بشاحن جبرى واحد ، والمحركات ذات الست والتسع إسطوانات تعمل بعدد إثنين أو ثلاثة من الشواحن الجبرية بالتوالى ولكل ثلاثة إسطوانات شاحن جبرى واحد كما هو مبين فى شكل 26-13.

ويغطى الجدول رقم 7-13 جميع الطرازات من المحرك P Type لقطر إسطوانة 670 ملليمتر ، ويبين الجدول رقم 7-13القدرة لثلاث أحجام من الإسطوانات لطراز محركات J Type ، وجميع المحركات تجهز بكرسى

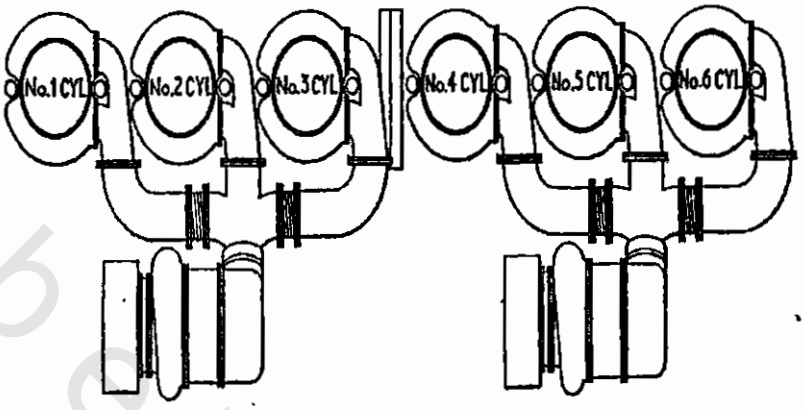

Figure 13-26 Arrangement of turbochargers on a Six-cylinder engine

Type	bhp	kW	*No. of cyls.*	rev/min	*Length* mm	*Width* mm	*Height* mm	*Weight* tonne
10-35 bar, mip								
580× 1850	5500	4000	4	128	7400	3350	8640	173
	6000	4500	4	140		3350	8640	173
	6700	5000	4	155		3350	8640	173
10-20 bar, mip								
670× 2140	8000	6000	4	124	8380	3860	10100	270
	12000	9000	6	124	11500	3860	10100	371
10-20 bar, mip								
760× 2180	10000	7500	4	119	9200	3960	10300	336
	15000	11200	6	119	13300	3960	10300	472
	17500	13000	7	119	14700	3960	10300	538
	20000	15000	8	119	16500	3960	10300	605
	22500	17000	9	119	18200	3960	10300	665

Table 13-7 power5 of J engine (Maximum continuous Rating)

دفع يوضع فى نهاية فرش المحرك ومن السهولة عمل الصيانة لة ، ويصنع فرش المحرك من ألواح الصلب وتجمع باللحام كذلك تصنع أعمدة التربيط من الصلب القوى ، وتصنع كل من جلب الإسطوانات ، مواسير العادم ، ودليل الرأس المنزلقة من الحديد الزهر .

13.13- اعمدة المرفق Crank Shafts :

غالبا ما تكون أطوال أعمدة المرفق 9 متر ومصنوعة من قطعة واحدة ، وفى المحركات ذات الأقطار الكبيرة يصنع عمود المرفق من قطعتين ووصلة قوية فى المنتصف .

وفى طراز المحركات 76 j أربع وخمس إسطوانات ويصنع عمود المرفق من قطعة واحدة ولكن التصميمات الأخرى تصنع من قطعتين ، وكراسى الدفع Mitchell يتم تزييته من الدائرة الرئيسية للتزييت الجبرى ، ويتم تزييت الكراسى الرئيسية من أسفل عن طريق مواسير ملحومة فى القوائم العرضية لفرش المحرك وتتغذى الكرسى من خلال أخرام فى بنوز عمود المرفق ، يصل الزيت إلى منتصف ذراع التوصيل من خلال مواسير تيلوسكوبية إلى منتصف الرأس المنزلقة ثم إلى كراسى النهاية الكبرى أنظر شكل27- 13.

13.14- الكراسي الرئيسية والنهايات الكبرى لذراع التوصيل :

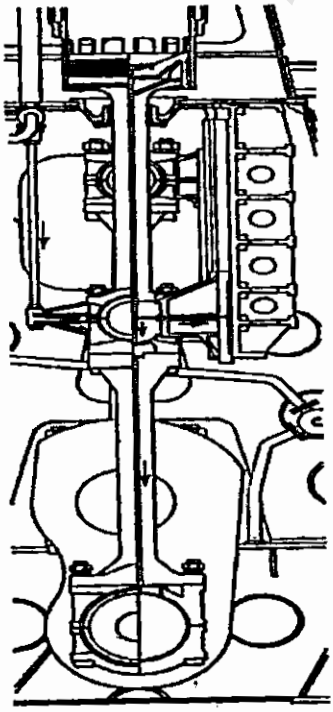

Figure 13-27 Lubricating oil and cooling oil circuits

عادة ما تكون اللينة الصلب للنصف الأسفل للكرسى الرئيسى سميكة ومبطنة بسبيكة بيضاء ومثبتة على التقويات العرضية لفرش المحرك وبأقطار متوازية، والغطاء العلوى مصنوع من الصلب المسبوك المبطن بسبيكة بيضاء أيضا أنظر شكل 13-28

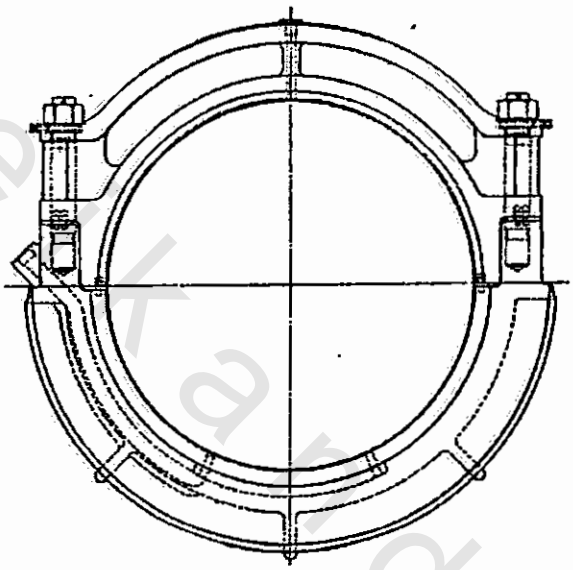

Figure 13-28 Main bearing Assembly

وسمك اللينة الصلب السفلى للكرسى الثابت تكون 50 ملليمتر مع 6 ملليمتر سبيكة بيضاء ، وتركب فى المنيم الموجود فى التقوية العرضية للفرش ، ويصل سمك الغلاف السفلى فى المحركات الكبيرة إلى 120 ملليمتر ويصنع من الصلب المسبوك ومبطن بالسبيكة البيضاء وبدون تعشيقة غفارية ، وسمك النصف العلوى للكرسى يصل إلى 12 ملليمتر ومبطنة بسبيكة بيضاء بسمك 3ملليمتر وجميع أغلفة الكراسى الرئيسية والمتحركة مصنعة عند شركات متخصصة وربما تكون الكراسى مصنعة بواسطة شركة Doxford وذلك حسب طلب المصنع .

13.15- الأعمدة والهياكل :

وتتكون الأعمدة في المحركات من طراز J Type من دعامتين أحدهما أمامية والأخرى خلفية ويرتبطان بقوة بالهيكل من أعلى وقرش المحرك من أسفل ، وتوجد هناك أنبوبة مجوفة في منتصف ضلعي الإنضغاط لوصل الدعامتين مع بعض وبقوة انظر شكل 13-29.

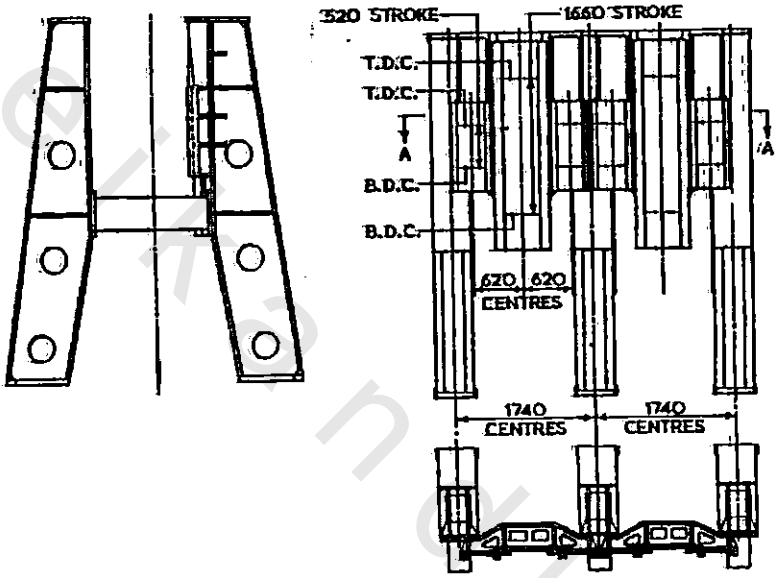

Figure 13-29 construction of main fram76j engine

أشكال الهياكل يتم تربيطها لإستقبال هواء الشحن ، والإسطوانات يتم تربيطها مع اللوحة العلوية للهيكل .