

ألباب 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 المنزقة .جميعها مختلفة في التصميم من حيث الحجم ، السرعة ، والقدرة .

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

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

ويوضح الرسم شكل 1-13 معدلات التطور في برنامج محرك MC الديزل MAN B & W . طراز A K108 MC والذي تراوحت قدرته من 1100 kw إلى 97000 وقد تم بناؤه بواسطة شركة Augsburg Nurnberg B & w (M.A.N) وهو محرك ثنائي الأشواط أحادى التأثير ذات الرأس المنزقة slide shoe وتصميم جيد لعملية الكسح الطولى ولقد تم إندماج شركة M.A.N مع شركة B & W وسمى هذا الإنماج 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 استخدام الكسح الطولى باستخدام صمام علوى فى سلسلة محركات MC .

الحرارة للهواء الداخل للتبريد ، 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	130
	S85MC upgraded	7	19.1	8.1	145
1999	S12MC 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
إلكتروني 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 التى شملت برنامج
السرعة المتكاملة .

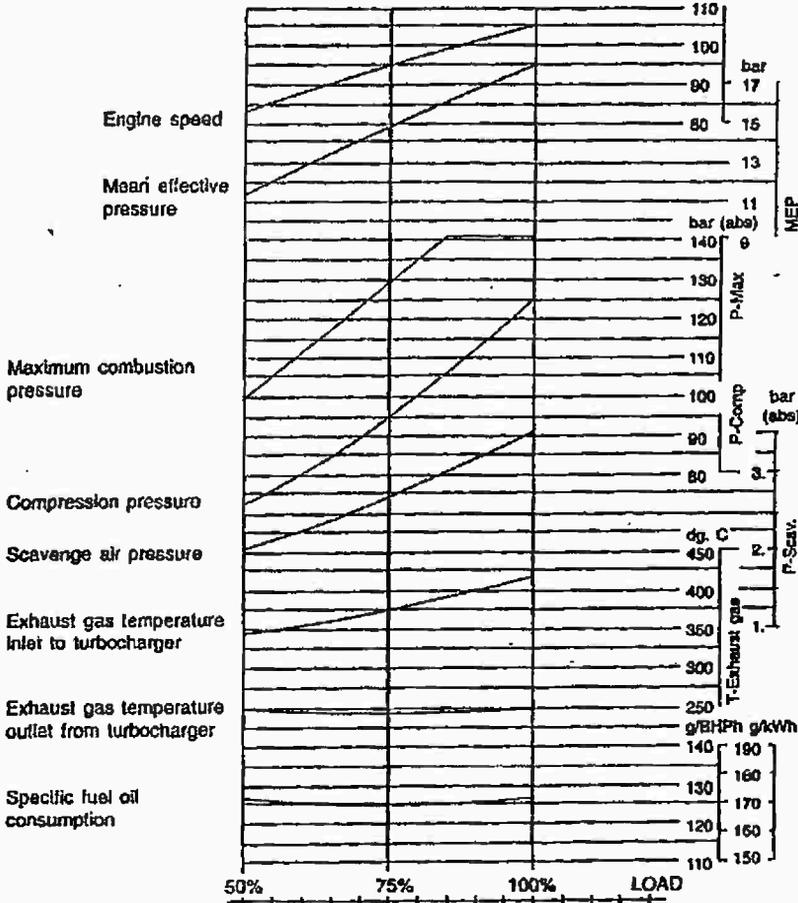


Figure 13-2 performance curves for S60MC engine

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 متصل لتسهيل الحسابات وكذلك الأرقام المتغيرة لإستهلاكات الوقود ، والإستفادة من حرارة غاز العادم ، وتكاليف الصيانة ، والسماح بالمقارنة الإقتصادية للخيارات المختلفة .

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

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

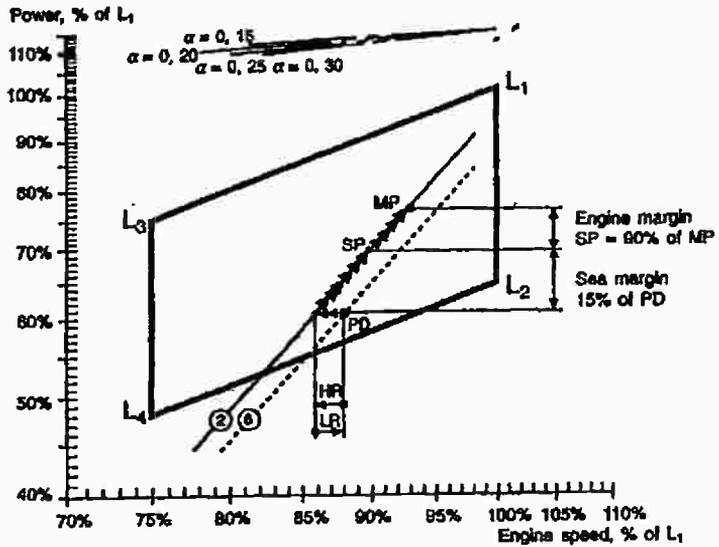


Figure 13-3 Ship propulsion running points and engine layout for MC S60 model

حيث Line 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 لو غارتمى .

وتكون الوسائل فى هذا الرسم التخطيطى هى المنحنيات الفرعية ومنحنيات الرفاص ونلاحظ أن القدرة تتناسب طردياً 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 للمفينة ، ويوضع في الاعتبار استخدام قطر الرفاص الأمتل وكفاءة الدفع الكلية .

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

إلا إذا تغيرت سرعة الرفاص أو تم إختيار طراز آخر للمحرك الرئيسي . ويكون هذا فقط في الحالات الخاصة عندما يكون موقع النقطة M في يمين الخط أو المالك وذلك لإختيار المحرك من أجل التشغيل المستمر .

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

وتشير النقطة S إلى نقطة خدمة الدفع Sp للمحرك إلا إذا أدار المحرك الرئيسي 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 في غاز العادم ، وتسجيل قياسات $ISO 8178$ ودوائر الإختبارات E_2 ، E_3 لمحركات الأعمال الشاقة ، وإنبعاثات NO_x من المحرك تكون أكثر كلما زاد حمل المحرك وزيادت القدرة عن القدرة المثلى ، الإستهلاك النوعي للوقود $S.F.C$ ومستويات الإنبعاثات المرتبطة بعلاقات متباعدة للكميات متغير القيمة $Parameters$ ومعطيات المحرك مع كلا من $S.F.C$ وتحديد هيئة $I.M.O$ لإنبعاثات NO_x والذي لا يسمح به أكثر من 5 % في الوقود .

13.1- سمات تصميم محرك C - M C :

محركات طراز C - K98 MC .

لقد تم إنتاج محرك طراز K98MC-C بعدد 12 إسطوانه عام 1994 وبقدرة 68520 كيلوواط شكل 4-13 وبقطر إسطوانة 980mm وطول شوط 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 كيلوواط ، والقطر ليس حديثاً

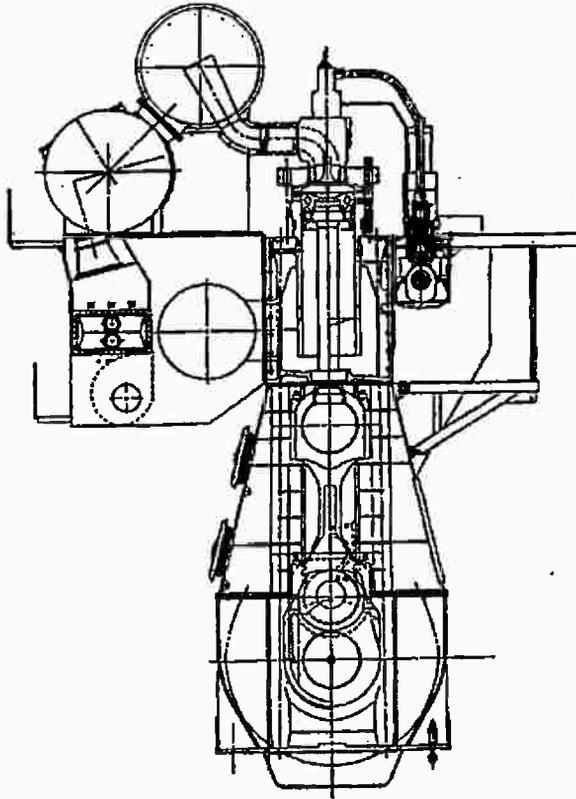


Figure 13-4 k98MC-C engine cross section

على المحركات البحرية لأنه في عام 1966 أنتجت شركة B & W محرك بقطر 980 mm نو 12 إسطوانة طراز K98 وكانت قدرته 33 350 كيلوواط وهذه الطرازات k98ff, k98gf موجودة في الخدمة الآن . ولقد تم إنتاج أجيال جديدة من المحركات ذات أقطار كبيرة في عام 1997 وخاصة المحركات طراز K98MC-C مع نفس المعدلات القصوى المستمرة

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

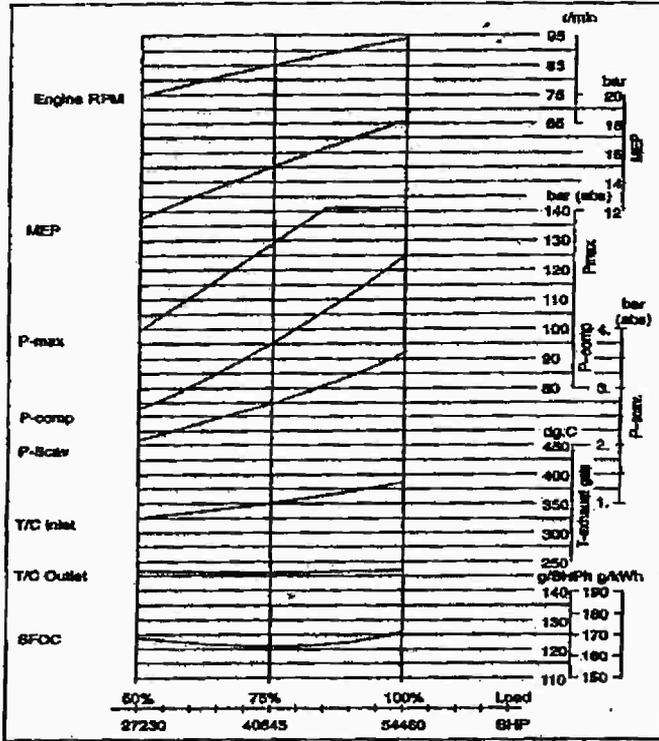


Figure 13-5 performance curves for 7k98MC engine

عادة ما تكون كتينة عمود الكامات في المحركات الكثيرة في عدد إسطواناتها
 بعدد إثنين منفصلتين وتعمل كل واحدة منهما مع عدد إسطوانات إما 7 او 8
 إسطوانة .

ومع طلاء الشنابر بطبقة من الألومنيوم تؤدي إلى تشغيل آمن ، ومن الأهمية
 استخدام 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- الكراسى الرئيسية Main Bearing :

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

13.2c- غرفة الإحتراق Combustion chamber :

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

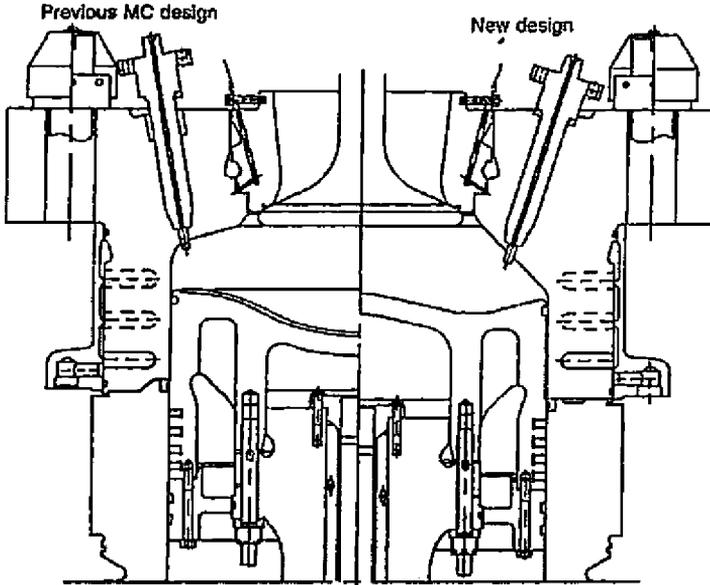


Figure 13-6 new and previous design of MC engine combustion chamber

13.2d- تاج المكبس مع ارتفاع 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 و سطح 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 .

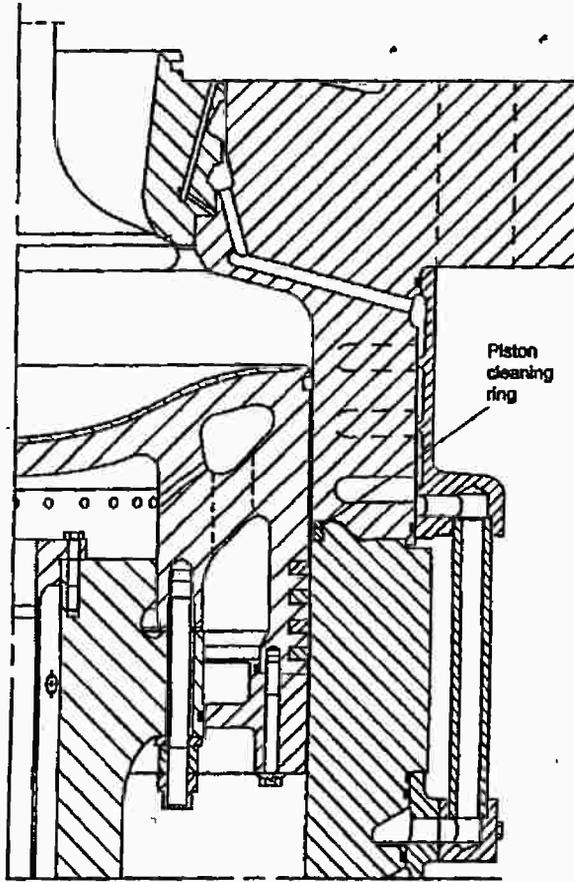


Figure 13-7 piston with high top Land and PC ring in Cylinder liner

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 .

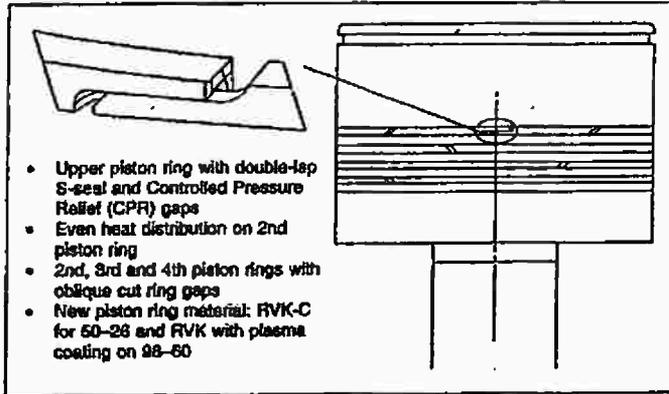


Figure 13-8 Configuration of controlled pressure relief (CPR) top piston ring

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 والتي تم تعديلها من سنين قليلة ماضية إلى طريقة السطح نصف المملخ - 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 .

ويطلاء الشنابر بطبقة من الألومنيوم تودى إلى تشغيل آمن ، ولذلك فإنه من الأهمية إستخدام طريقة السطح نصف المملخ بالموجات القطعية لسطح الإسطوانات .

13.3- التحكم الإلكتروني للمحركات الرئيسية

Main Engine Electronically control

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

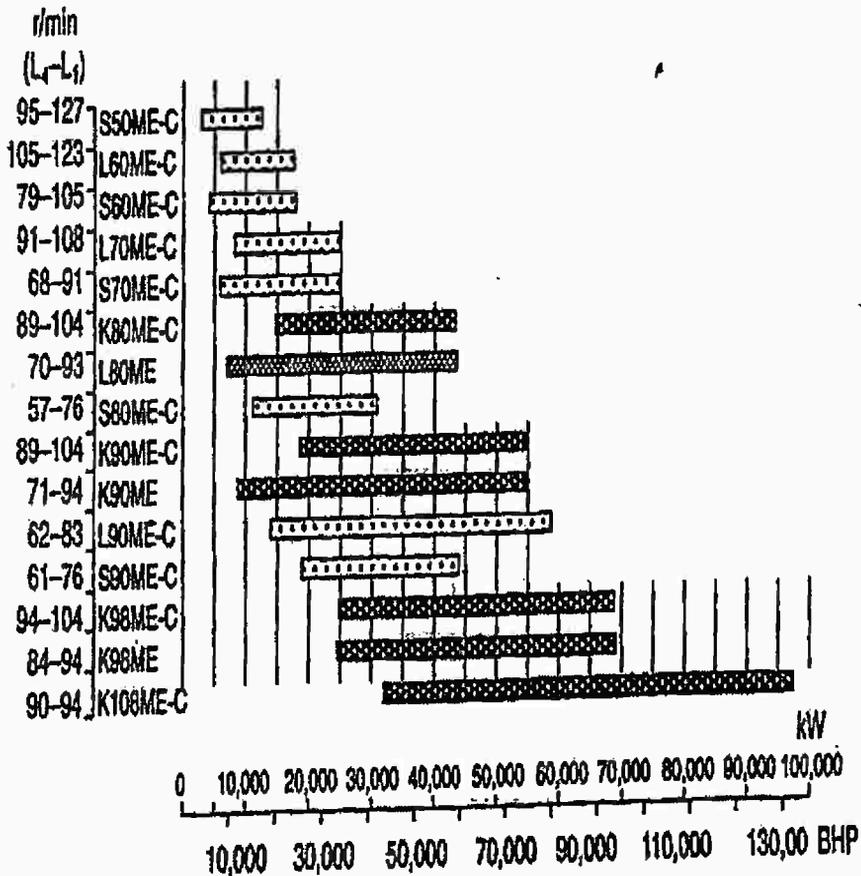


Figure 13-9 the electronically-controlled ME engine programme

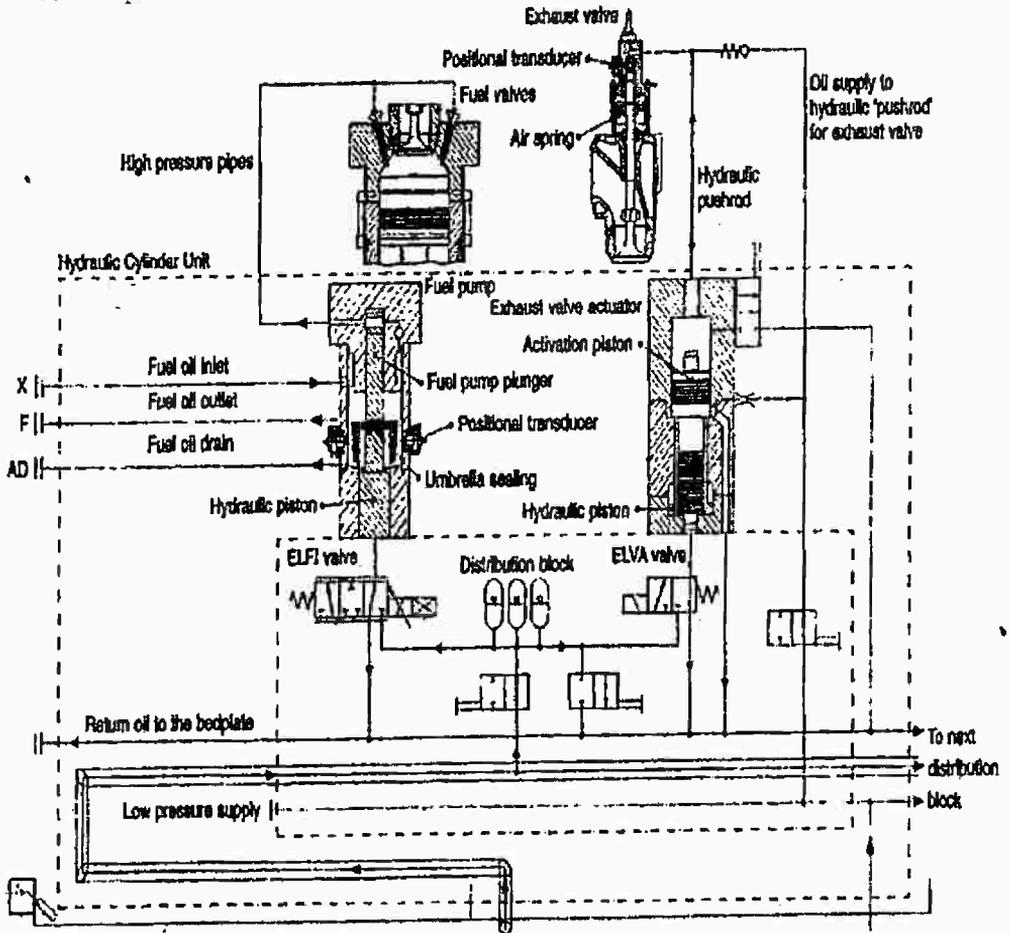


Figure 13-10 Mechanical-hydraulic system for activating the fuel pump and Exhaust valve of an ME engine Cylinder

13.4- تخفيض إستهلاك الوقود :

من الممكن أن تكون خصائص الوقود مثالية أو متغيرة عند أحوال كثيرة ، بينما تكون المحركات التقليدية في الأحمال المضمونة وبنفس الأحمال عند 90 إلى % 110 من معدل الحمل الأقصى المستمر ، والضغط المتوسط في الحدود العالية للحمل فإنه من الممكن أن يكتمل بواسطة الربط بين توقيت الحقن واختلاف نسب الإنضغاط (والأخير يختلف باختلاف ميعاد قفل صمام العادم) وتكون النتيجة أن الضغط الأقصى للحريق يستطيع أن يحافظ على ثبوت الحد الأدنى للحمل بدون زيادة 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 المنزقة ثنائى الأشواط أحادى التأثير بفتحات عامم وحر ، ولقد تعرضنا سابقاً لشرح محرك M.A.N B&W بطيئ مع صمام عامم 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 بالتوالى ويوجد بعض منهم يعمل حتى الآن .

وفى نهاية عام 1981 تم تصنيع محركات بنظام عمود كامة وكسح علوى فى إتجاه واحد عن طريق صمام عامم مع تربيئة عادم ضغط ثابت مع طرازات RTA وهم 6 طرازات بأحجام وأقطار مختلفة منها 380mm ، 480mm ، 580mm ، 680mm ، 760mm ، 840mm وينسب طول الشوط للقطر 2.86 بالمقارنة بنسب 2.1 لطرزازات 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 لطرزازات 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 4.17 S/b وسوف نستعرض لشرح محرك Sulzer ثنائى الأشواط أحادى التأثير بفتحات حر وعادم مع تربيئة 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)	7 500	9 000	10 500	12 000	13 500	15 000
kW	5 520	6 620	7 720	8 830	9 930	11 030
Corresponding rev/min	137	137	137	137	137	137
Bmep, kgf/cm ²	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 output bhp (metric)	10 000	12 000	14 000	16 000	18 000	20 000
kW	7 350	8 830	10 290	11 770	13 240	14 710
Corresponding rev/min	122	122	122	122	122	122
Bmep, kgf/cm ²	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 التريينات إما واحدة ، أو إثنين ، أو ثلاثة ، 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/cm ²	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 13-4 Sulzer 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/cm ²	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

وبين شكل 11-13 قطاع عرضى لمحرك من طراز RND وشكل 12-13 لقطاع جانبي وهذه القطاعات تمثل جميع المحركات طراز RND المتتالية أيضاً انظر إلى شكل 13-13 من سمات هذه الطرازات الكسح العرضى ورأس إسطوانة

غير مجهزة إلا من وجود صمام للحقن في المنتصف وبدون مجموعة تشغيل
لصمامات الحر والعام.

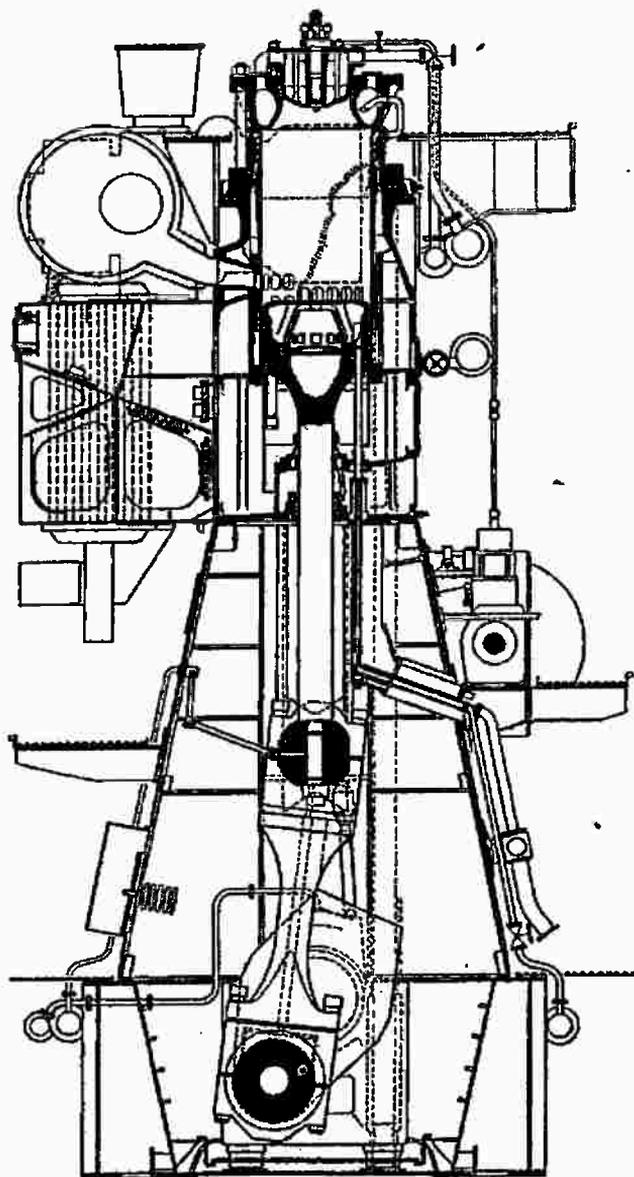


Figure 13-11 Type RND engine , transverse section

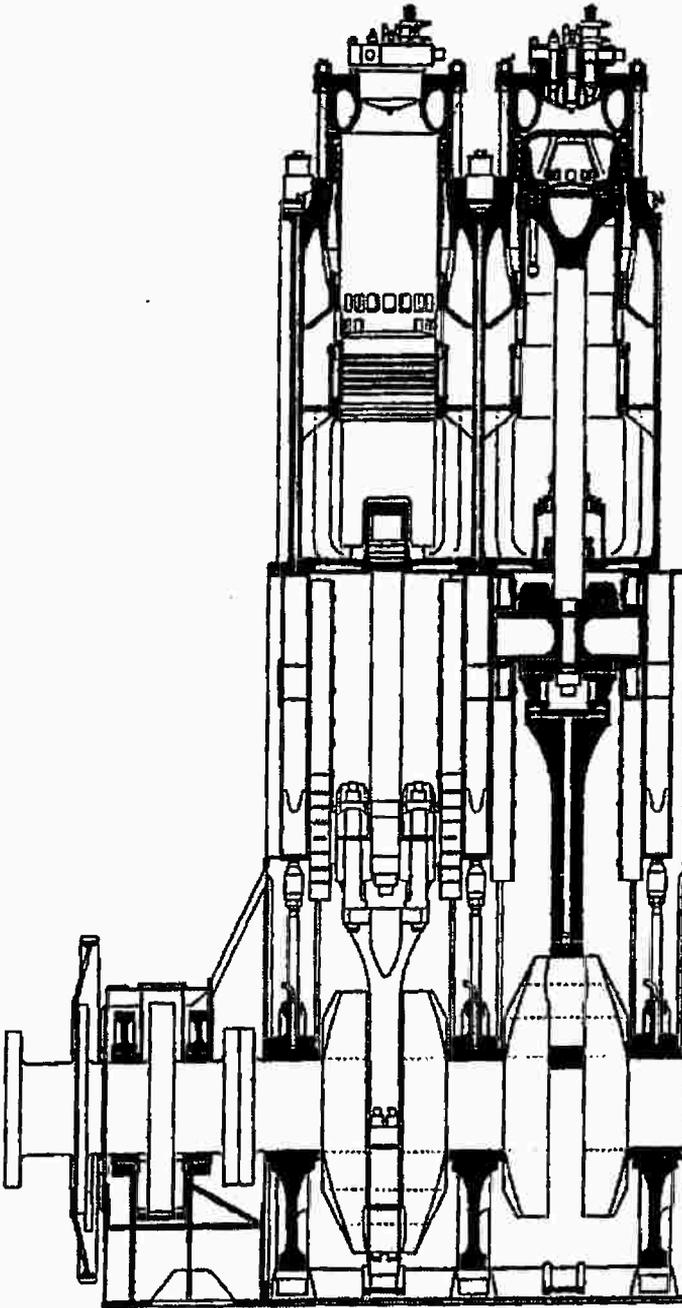


Figure 13-12 Type RND engine , Longitudinal section

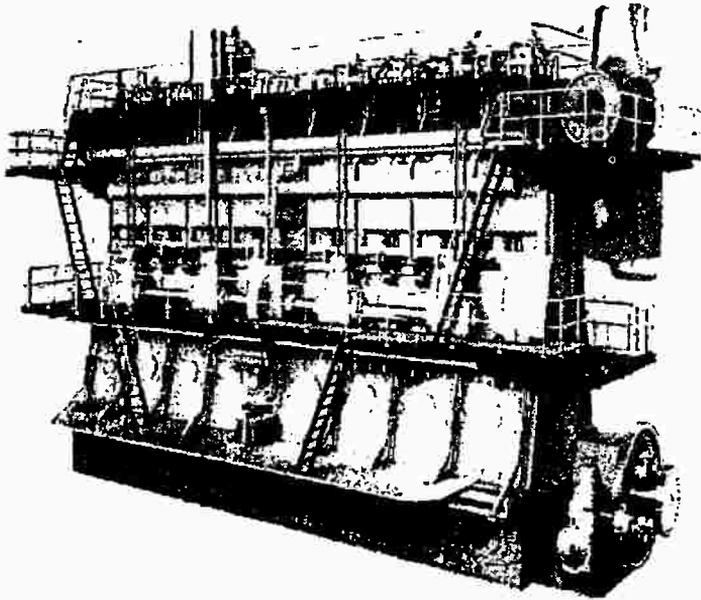


Figure 13-13 Eight-Cylinder type RND engine , 760mm bore

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 شكل 13-14، 13-15 .
والتقويات العرضية تجتوى على أماكن للكراسي الرئيسية مصنوعة من الصلب المطروق أو المسبوك مع إزالة الإجهادات قبل الإنتهاء من اللحامات الكليه لفرش المحرك .



Figure 13-14 Longitudinal member of bedplate

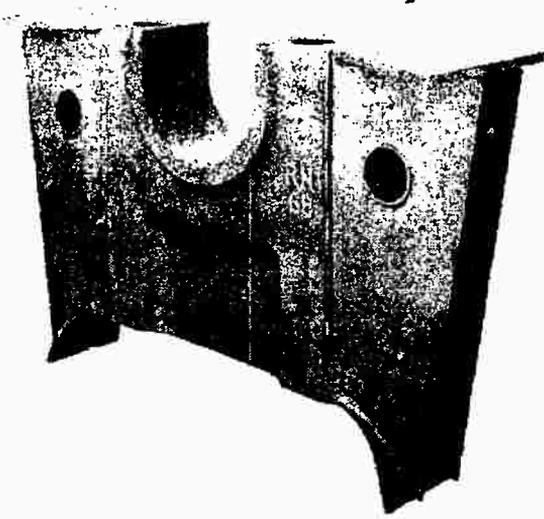


Figure 13-15 Transverse member of bedplate

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 أحدها 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 فى موضعها بأربعة مسامير للضبط Jack bolts شكل 13-16.

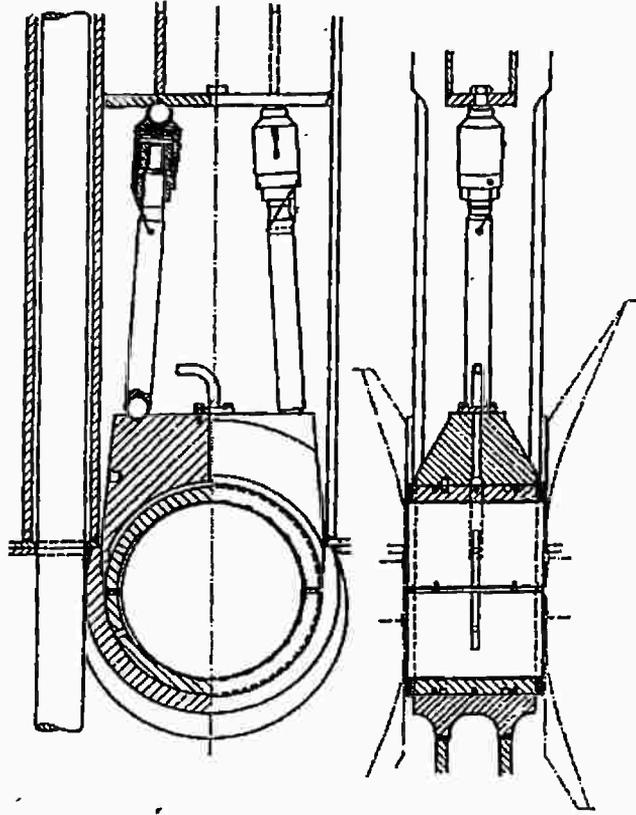


Figure 13-16 Jakbolts on main bearing keeps

13.7- حيز التبريد ، الإسطوانة ، جلند ذراع المكبس

Cylinder Jacks , liners , piston rod gland

تصعب 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 دائماً بمتطلبات التشغيل بعيداً عن التشوية تحت حالات التشغيل القصوى .

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

ويبين شكل 13-17 جلبة إسطوانة وهى مصنوعة من سبيكة خاصة من الفانديوم والتيتانيوم والحديد الزهر ومصنوعة من قطعة واحدة .

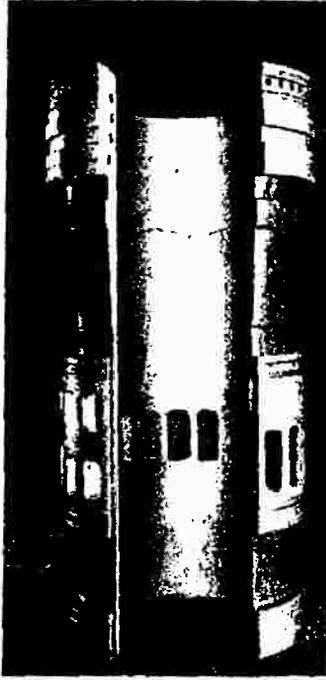


Figure 13-17 Cylinder liner

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 .

واسطح التشغيل للإسطوانة يتم تزييتها بواسطة ثمانية مزابت مركب عليها صمامات غير رجاعة ، ومزابت التزييت تمر في أمبوبة محكمة مانعة لتسريب المياه أو الغاز شكل 13-18 ، وأى تسرب لغاز العادم والمياه يمر بين المزيتة والأمبوبة ، ومن الممكن حل المزيتة للكشف بدون تصفية مياه التبريد من قميص الإسطوانة ، وتقع جلنديات أعمدة المكابس فى منتصف أسفل كتلة الإسطوانة شكل 13-19 والجلند ينقسم إلى مجموعتين أحدهما علوى

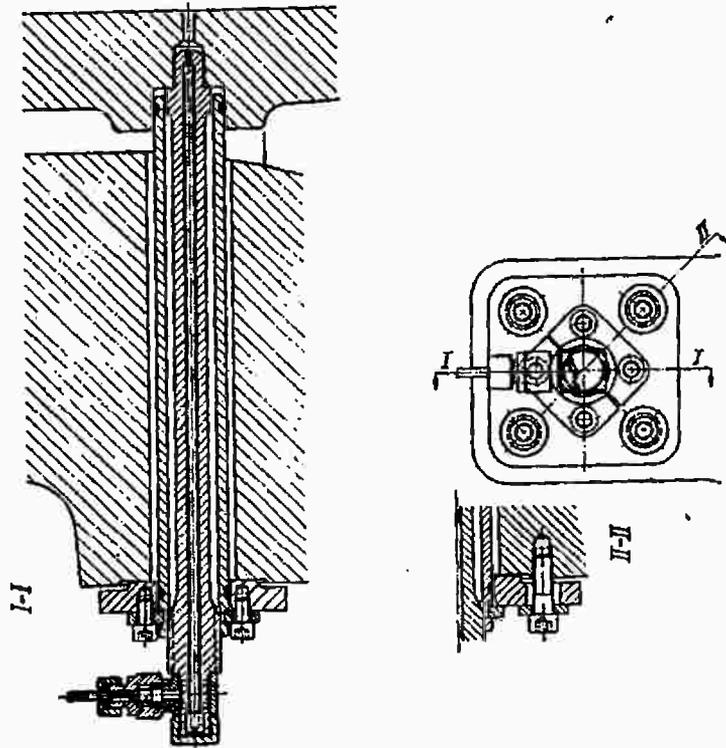


Figure 13- 18 Lubrication quill

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

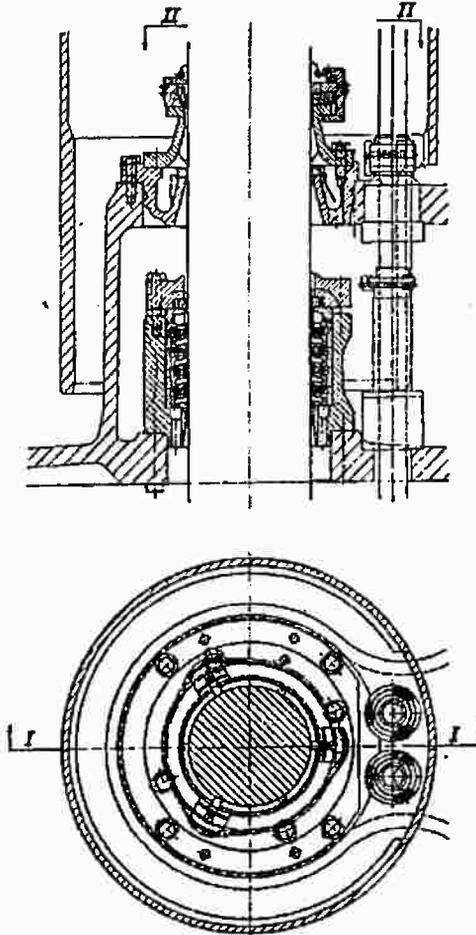


Figure 13-19 Piston rod gland

13.8- رشاش الوقود Fuel valve

يتكون رشاش الوقود شكل 20- 13 من إبرة محملة بضغط ياي 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 .

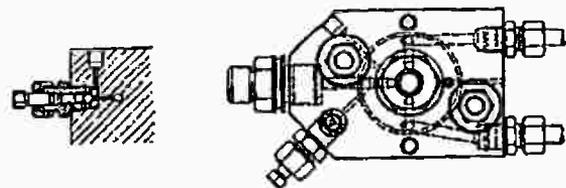
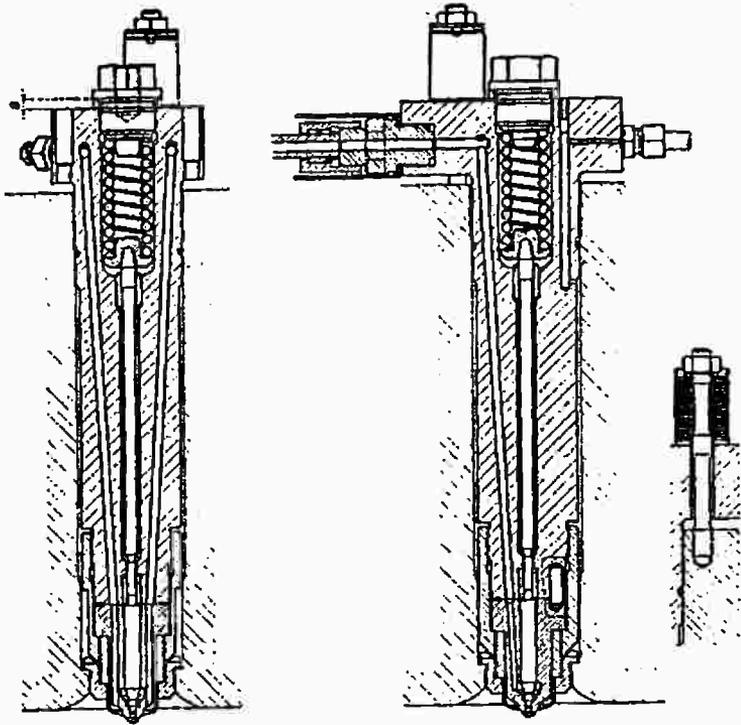


Figure 13-20 Fuel valve

والأجزاء الرئيسية هي الصامولة الحافظة للفونية ، الفونية ، وصامولة الضبط. ويتم تطبيع Lapping الإبرة على قاعدتها والفونية مخروطية الشكل في المحركات الصغيرة ويتم الضغط عليها بواسطة الدليل والمستة ، وضغط الوقود الخارج من صمام الوقود يصل إلى حوالي 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 المستة ويقل مع حله ، ويتم تغيير الضغط في حدود ± 5 بار ومقطع صمام الوقود الذي على يسار

الرسمه شكل 20-13 بين مسار تبريد مياه الرشاش ، وتبريد صمام الوقود يعمل على عدم تكون الترسبات الكربونية بالقرب من أكرام 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 الأكرام عن % 10 من القطر الأصى .

د - زيادة شوط الإبرة عن 0.6mm نتيجة السفرة - أو التجليخ .

ويسبب هذا عدم التذير 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 الرسمه .

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 ضغطه 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 لتهديب الضغط Relief Valve دائما فى وضع القفل حتى أن يرتفع الضغط داخل الإسطوانة عن الضغط الأقصى ويمكن ضبط الضغط الأقصى لهذا الصمام .

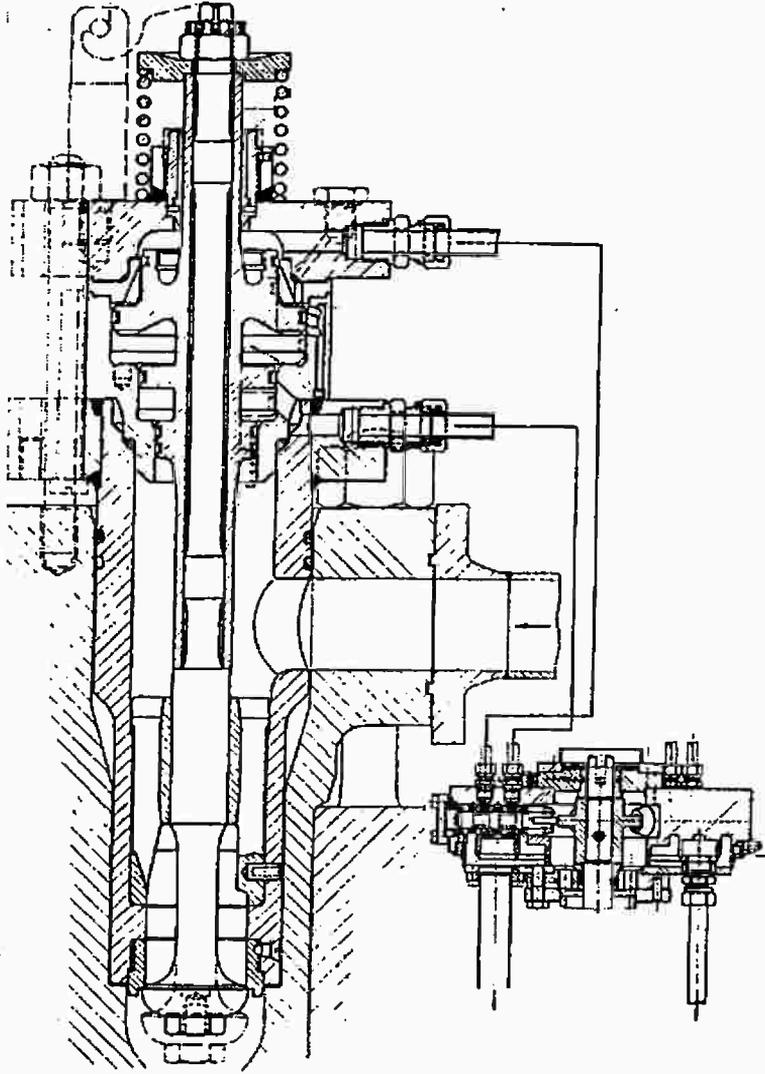


Figure 13-21 Starting valve

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 نسيبًا وهذه
الأعصاب تعمل على تخفيض الإجهادات الحرارية والإبقاء على درجة الحرارة

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

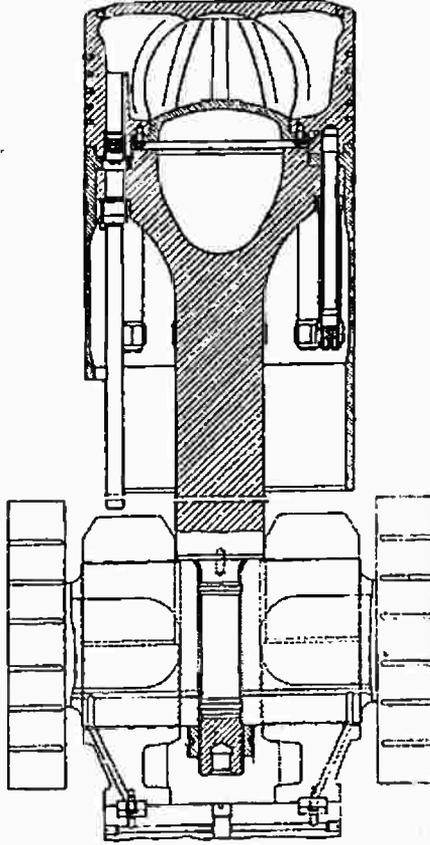


Figure 13-22Piston assembly

تصنع المجارى الخمسة لشناير المكبس من الواح الكروم ويعمل ذلك على تخفيض التآكل ، يجب التعامل مع شناير المكبس بعناية ويجب تثبيتها بواسطة الجهاز المعد لذلك ، ويصنع جذع المكبس من الحديد الزهر ويزود بإثنين من حلقات التآكل المصنوعة من البرنز والتي 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

ممسورة 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 المنزلة ويربط معها رباطاً جيداً بواسطة صامولة ويقفل عليها بواسطة قطعة من الصلب مستطيلة ومثبتة في البنز .

ويستخدم جهاز هيدروليكي للربط وإزالة النهاية السفلى لعمود المكبس للمسافة المطلوبة ، ودائماً ما تربط الصامولة بمفتاح عزم ، ويتم تبريد المكبس بواسطة مواسير مارة بجوار عمود المكبس ، ويشترط أن تكون على إستقامة ويمكن الكشف عليها بالنظر أو أجهزة القياس ، والجلندات في شكل 23-13 مصممة على أن يمكن فحصها ، وتتكون الجلندات من أجزاء داخلية وخارجية وتكون متطابقة في مجموعة الكشط العلوية والسفلية .

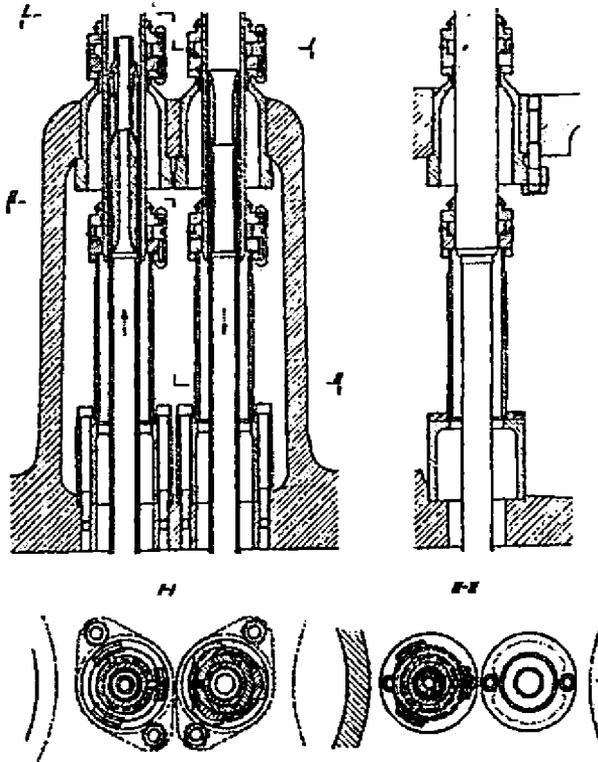


Figure 13-23 Piston cooling glands

13.10-المحرك ذات المكابس المضادة Opposed Piston Engine .

المحرك من طراز Doxford محرك مضاد المكابس تتلقى الأمتواط لأحدى التأثير لكل إسطوانة إثنين من المكابس المضادة ومتحركة في إتجاه معاكس وغرفة الإحتراق تتوسط للمكبسين ، والمكبس الأسفل يكشف عن صف من فتحات شحن الهواء في أسفل الإسطوانة في شوطه لإسفل ، والمكبس العلوى يكشف عن صف فتحات لغاز العادم عند أعلى حافة للمكبس في شوطه لأعلى وفي 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 متومتري .

ويوجد نظامين من التوصيل:

النظام الأول لكل إسطوانة لها ثلاث ركب من عمود المرفق ركية المكبس الأصلي عكس الركبتيين الأخرى وتوجد بينهما زاوية حوالى 90 درجات من درجات زوايا عمود المرفق للمحرك من طراز P Type وحوالى من 8 إلى 100 لمحرك طراز J Type وفي المحرك طراز J Type يعمل المكبس السفلى بواسطة الركية التى فى المنتصف بواسطة ذراع توصيل فردى متصل بالرأس المنزلقة بينما المكبس العلوى يتصل بواسطة كمره عرضية ويركب معها عمودين جانبين متصلين بالرأس المنزلقة والتى تتحرك أعلى وأسفل ، وفى هنا للطراز عند دورانه يعمل على إتزان الكتل المتحرك للمحرك وفى الشكل -13 24a يوضح أيضًا أن طول شوط المكبس السفلى أكبر من شوط المكبس العلوى ، والمحرك الأصلي لشركة Doxford بنى بدون شاحن جبرى أما الآن فإنه يعمل بالشاحن الجبرى .

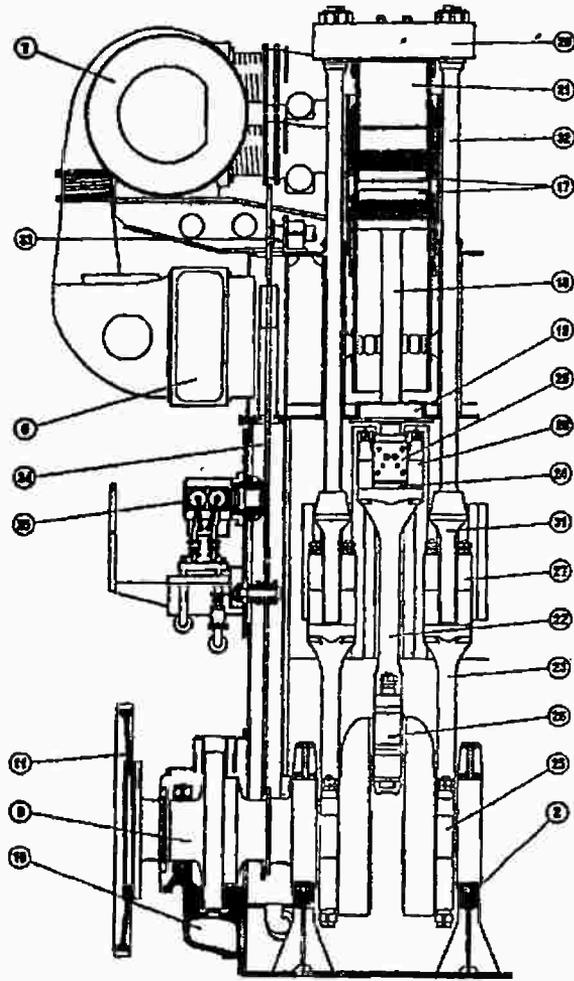


Figure 13-24a Longitudinal section of J- type engine

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

<i>No. of cylinders</i>	<i>bhp</i>	<i>kW</i>	<i>Length mm</i>	<i>Height mm</i>	<i>Width mm</i>	<i>Weight tonne</i>
4	6 640	5 000	10 600	9 500	3 710	250
5	8 300	6 200	12 600	9 500	3 710	325
6	10 000	7 500	13 900	9 500	3 710	380

Table 13-6 Range of P- type Engines

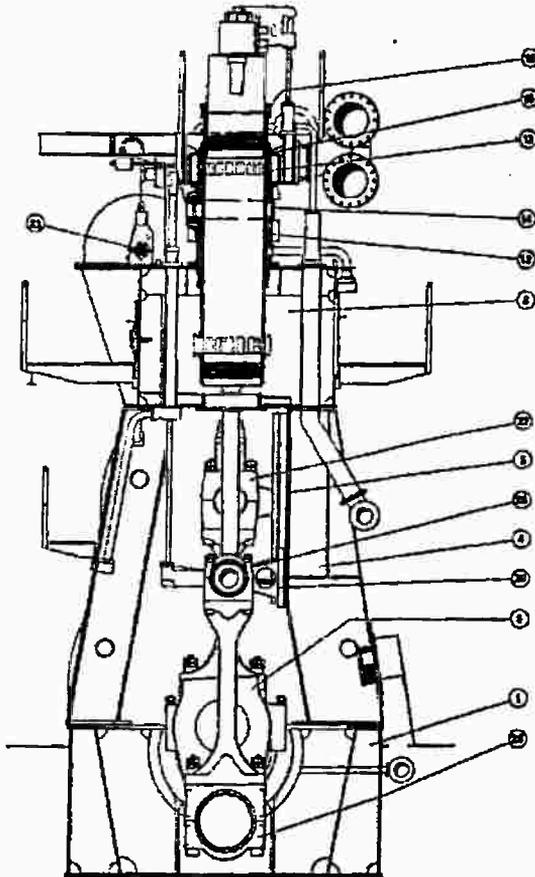


Figure 13-24b Cross-section of J- type engine

بنى المحرك طراز J Type بثلاث إسطوانات فقط وكانت قدرته حوالى من 4000 إلى 17000 كيلواط أنظر شكل b 13-24 .
ويبين الشكل 24-13 مقطع عرضى لإسطوانة واحدة وفى هذا التصميم روعى أن يكون وزن المكبس العلوى ، ووزن الكمره العرضية فى التصميمين المختلفين وكذلك الأعمدة الجانبية والرأس المنزلة الخاصة بهما وذراع التوصيل أثقل من المكبس السفلى والرأس المنزلة 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 والعلام مفتوحة بالكامل يسمح بدخول الهواء المشحون إلى الإسطوانة .
 - 2 - فى حركته إلى أعلى تقفل بوابات شحن الهواء .
 - 3 - وبعد ذلك تقفل بوابات العلام عن طريق المكبس العلوى ومن هذه النقطة يبدأ الإنضغاط مع استمرار حركة المكبس .
 - 4 - يصل المكبس 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 درجة قبل النقطة الميتة العليا ويستمر إلى 20 درجة بعد النقطة الميتة العليا .
 - 5 - وفى حالة المحركات البطينية يتم حقن الوقود فى حوالى 5 درجات قبل النقطة الميتة العليا إلى حوالى 5 درجات بعد النقطة الميتة العليا .
 - 6 - ويتحرك المكبس على حده فى شوط القدرة ، وتبدأ بوابات العلام بالفتح أولاً ويتم خروج غازات العلام إلى ماسورة العلام .
 - 6 - تبدأ بوابات شحن الهواء بالفتح لتسمح بدخول هواء الشحن مدفوع بضغط الشاحن الجبرى لنظافة ما تبقى من غازات العلام حتى تمتلئ الإسطوانة بالهواء .

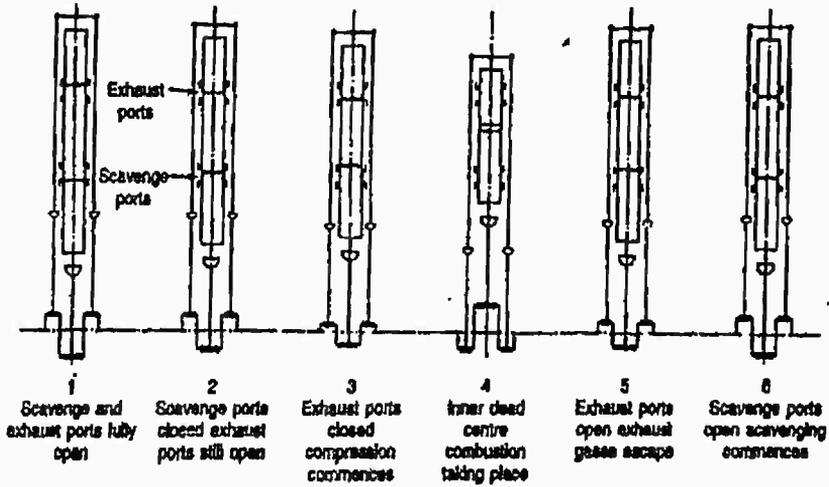


Figure 13-25a Exhaust and scavenge events

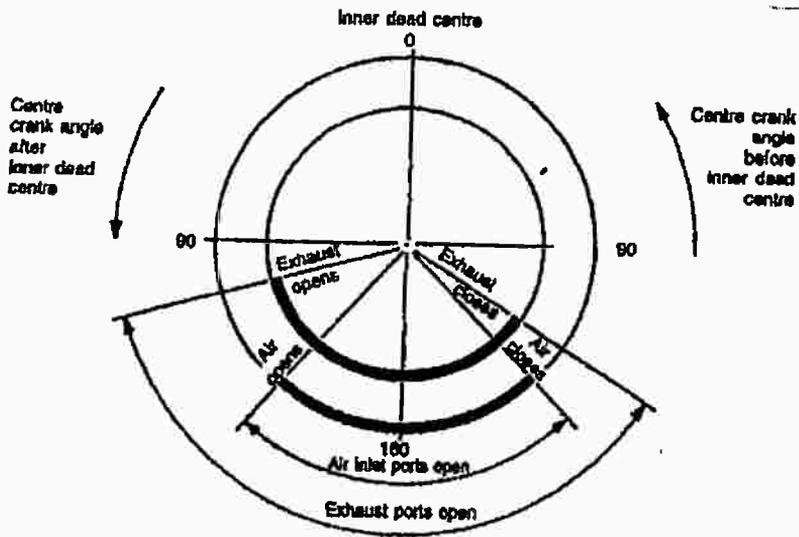


Figure 13-25b Engine type 76J4C port timing diagram

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 تزيير الوقود عند ضغط ما بين 400 إلى 550 بار وهذا الضغط يتم المحافظة عليه للتشغيل الطبيعى لظلمبات الوقود ، ولكل إسطوانة ظلمبة 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 بالمبدلات الحرارية وتبرد بمياه البحر التى تمر من داخل المواسير والمياه العذبة من خارجها .

وتدخل مياه التبريد إلى المحرك بدرجة حرارة حوالى 60 درجة مئوية وتخرج عند حوالى 75 درجة مئوية 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 والرؤوس المنزلة يتم تزييتها من خلال ضغط الدائرة بواسطة ظلمبات زيت وكذلك كرسى الدفع ، ويتم تنقية الزيت بعد خروجه من ظلمبة الزيت وبعد ذلك يتم تريدة فى مبردات المياه .

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

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

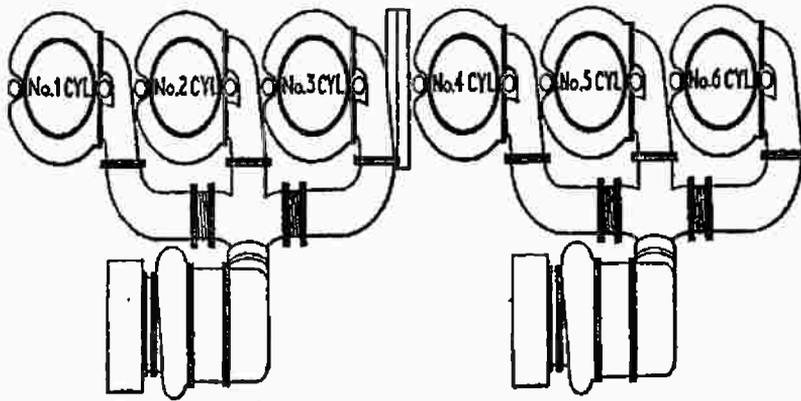


Figure 13-26 Arrangement of turbochargers on a Six-cylinder engine

Type	bhp	kW	No. of cyls.	rev/min	Length mm	Width mm	Height mm	Weight tonne
10-35 bar, mip								
580 ×	5 500	4 000	4	128	7 400	3 350	8 640	173
1850	6 000	4 500	4	140		3 350	8 640	173
	6 700	5 000	4	155		3 350	8 640	173
10-20 bar, mip								
670 ×	8 000	6 000	4	124	8 380	3 860	10 100	270
2 140	12 000	9 000	6	124	11 500	3 860	10 100	371
10-20 bar, mip								
	10 000	7 500	4	119	9 200	3 960	10 300	336
760 ×	15 000	11 200	6	119	13 300	3 960	10 300	472
2 180	17 500	13 000	7	119	14 700	3 960	10 300	538
	20 000	15 000	8	119	16 500	3 960	10 300	605
	22 500	17 000	9	119	18 200	3 960	10 300	665

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

نفع يوضع فى نهاية فرش المحرك ومن السهولة عمل الصيانة لة ، ويصنع فرش المحرك من ألواح الصلب وتجمع باللحام كذلك تصنع أعمدة التبريط من الصلب القوى ، وتصنع كل من جلب الإسطوانات ، مواشير العادم ، ودليل الرأس المنزلة من الحديد الزهر .

13.13- اعمدة المرفق Crank Shafts :

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

وفي طراز المحركات 76 زاربع وخمس إسطوانات يصنع عمود المرفق من قطعة واحدة ولكن التصميمات الأخرى تصنع من قطعتين ، وكرسى الدفع Mitchell يتم تزييته من الدائرة الرئيسية للتزييت الجبرى ، ويتم تزييت الكراسى الرئيسية من أسفل عن طريق مواسير ملحومة في القوائم العرضية لفرش المحرك وتتغذى الكراسى من خلال أخرام في بنوز عمود المرفق ، يصل الزيت إلى منتصف ذراع التوصيل من خلال مواسير تيلوسكوبية إلى منتصف الرأس المنزلة ثم إلى كراسى النهاية الكبرى أنظر شكل 27-13.

13.14- الكراسى الرئيسية والنهاتت الكبرى لذراع التوصيل :

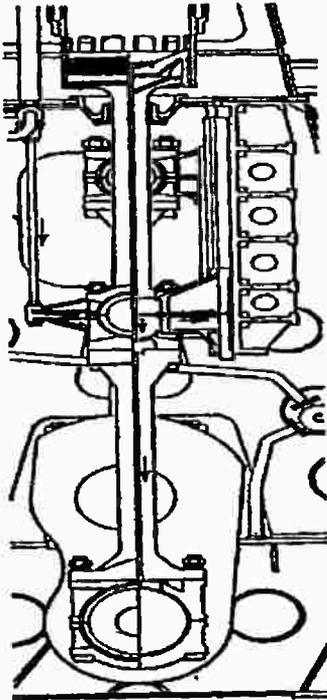


Figure 13-27 Lubricating oil and cooling oil circuits

عادة ما تكون اللينة الصلب للنصف الأسفل للكرسي الرئيسي سميكة ومبطنة
بسميكة بيضاء ومثبتة على التقويات العرضية لفرش المحرك ويقطار متوازية،
والغطاء العلوي مصنوع من الصلب المصبوك المبطن بسميكة بيضاء أيضًا أنظر
شكل 13-28

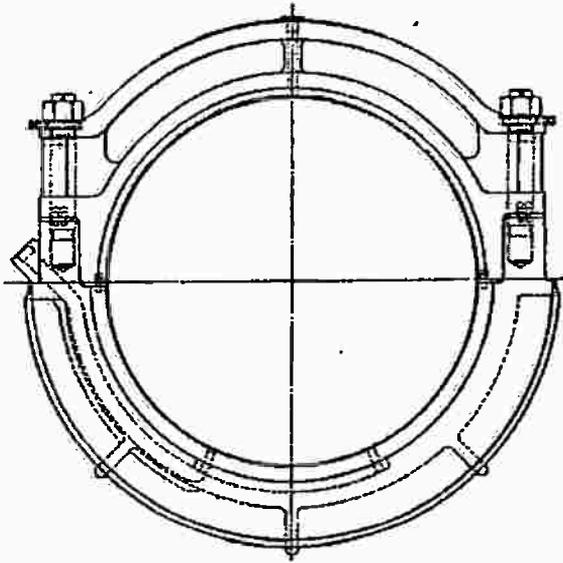


Figure 13-28 Main bearing Assembly

وسمك اللينة الصلب السفلى للكرسي الثابت تكون 50 ملليمتر مع 6 ملليمتر
سميكة بيضاء ، وتركب في المنيم الموجود في التقوية العرضية للفرش ، ويصل
سمك الغلاف السفلى في المحركات الكبيرة إلى 120 ملليمتر. ويصنع من الصلب
المصبوك ومبطن بالسميكة البيضاء وبدون تشيقة غنغارية ، وسمك النصف
العلوي للكرسي يصل إلى 12 ملليمتر ومبطنة بسميكة بيضاء بسمك 3 ملليمتر
وجميع أغلفة الكراسي الرئيسية والمتحركة مصنعة عند شركات متخصصة
وربما تكون الكراسي مصنعة بواسطة شركة Doxford وذلك حسب طلب
المصنع .

13.15- الأعمدة والهيكال =

وتتكون الأعمدة في المحركات من طراز Type J من دعمتين أحدهما ألمانية والأخرى خلفية ويرتبطان بقوة بالهيكال من أعلى وقرش المحرك من السفلى، وتوجد هناك أمبوية مجوفة في منتصف ضلعي الإنضغاط لوصول الدعالتين مع بعض وبفوقه انظر شكل 13-29.

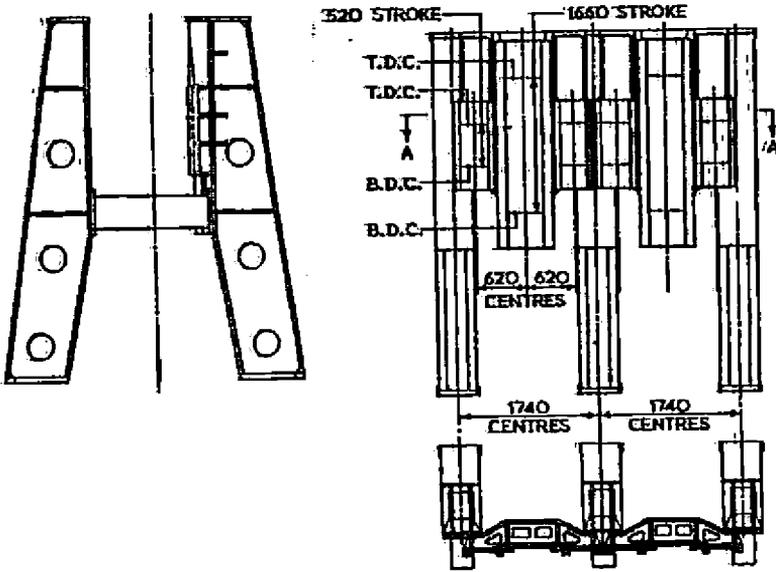


Figure 13-29 construction of main frame 76j engine

أشكال الهيكال يتم تربيطها لإستقبال هواء الشحن ، والإسطوانات يتم تربيطها مع اللوحة العلوية للهيكال .