الباب الثامن

ألوقود Fuel

8- معالجة الوقود .

ألوقود من أحد العوامل المكلفة لتشغيل السفن وهو المصدر الرئيسى لمشاكل التشغيل والسبب فى هذا هوالأسلوب الفنى فى تكريرالوقود .

ومن أسباب النتائج الناجحة فى الشرق الأوسط فى عام 1973 ،1974 أن تم إضافة محفزات لوحدة تقطير خام البترول لإنتاج بقايا وقود مركزة ذو نوعية رديئة ، وتعرف هذه البقايا بالوقود الثقيل والذى أصبح تموينا لبعض السفن بعد ذلك وتقوم بإستخدامه المحركات الرئيسية بجميع أحجامها ، وبالرغم من التكلفة العالية لهذا الوقود نسبيًا فإن بعض أصحاب السفن لا تتردد فى إستخدامه كوقود للمحركات المصممة لذلك.

وبالرغم من ذلك فإن البعض يفضل إستخدام الوقود المخلوط بأنواع جيدة بالرغم من إرتفاع أسعارها .

ومن المشاكل المعروفة التى تؤثر على المحرك تعرف بمصطلحات البرى ، والتحززwear&tear ، التاكل الكميائى corrosion ، نتيجة المكونات الضارة التى يحتوى عليها الوقود الثقيل وعلى المهندس البحرى معرفته الجيدة بتأثيرالوقود الثقيل على المحرك عند التشغيل والحلول المتاحة لهذه الأضرار لما يسببه هذا الوقود من مشاكل جمة عند الإستخدام . ويبين شكل 1-8 خريطة تبين العلاقة بين درجة الحرارة ولزوجة الوقود الثقيل للإسخدامات المختلفة .

8.1-مشاكل إستخدام الوقود الثقيل problems with Heavy oil.

من أنواع المشاكل فى الحاضر والمستقبل عند إستخدام الوقود الثقيل الآتى :

a- التخزين والتداول.

b - عدم إنتاج حريق جيد .

c- التاكل وعطب أجزاء المحرك ومن هذه الأمثلة حريق ماسورة العادم .

8.2 - مشاكل التخزين والتداول Storage Proplems.

ومن مشاكل التخزين فى تنكات الوقود تكون ألروبة sludge والتى تؤدى إلى صعوبة كبيرة فى تداولها ونظافتها ، وأسباب تكون الروبة يرجع إلى خلط الوقود الثقيل بمنتجات وحدات تقطير الخام المتبقى من تكسير الوقود الخفيف مما يسبب تكون المواد الأسفلتية وجزيئات صغيرة جدًا عالقة بالوقود تعجل من تكون الرواسب بالإضافة إلى تكسير المخزون من الوقود بمذيبات أخرى ، وتترسب

الروبة على أرضية التنكات وتأخذ طريقها إلى مواسير نقل الوقود إلى منقيات الوقود مع الوضع

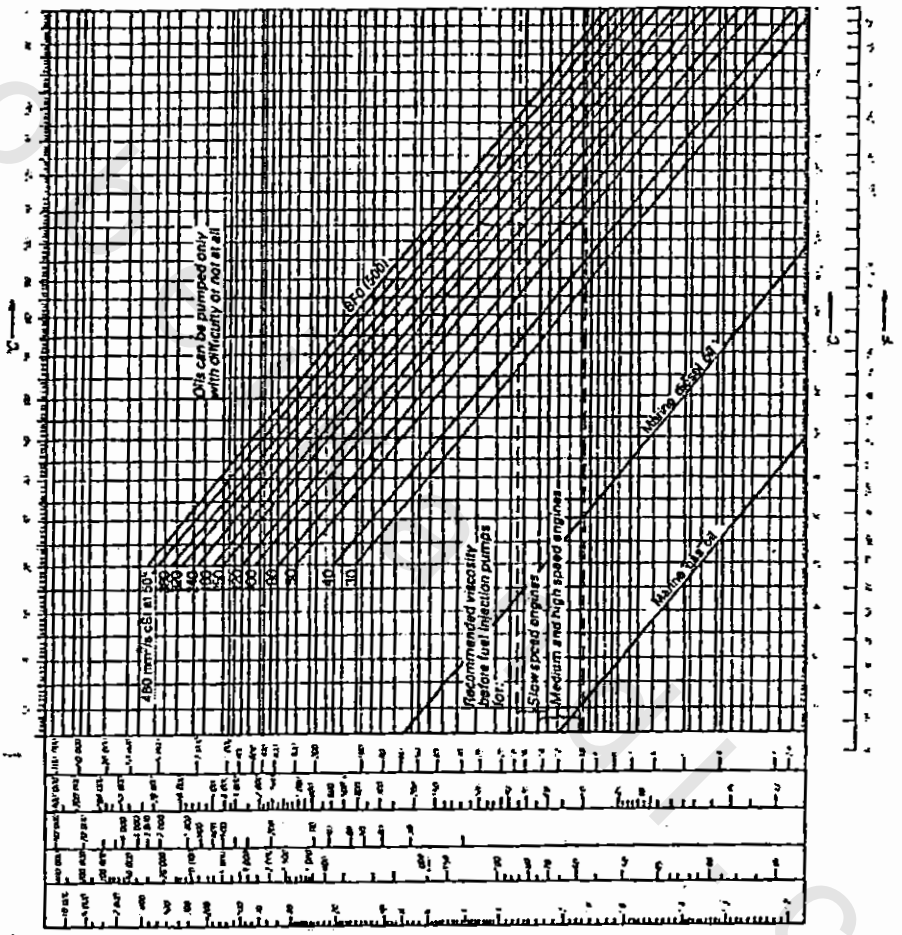


Figure 8-1 A typical temperature /viscosity chart for heavy fuel

فى الإعتبار أنها تسبب بعض المشاكل للمنقيات ، وتمر بعد ذلك إلى دائرة الوقود مصحوبة ببعض الشوائب تكون نتيجتها عدم القدرة على الحريق، وربما تسبب مشاكل لرشاش الوقود وبرى أجزاء المحرك نتيجة الشوائب العالقة ، ولتقليل المشاكل الناتجة من الروبة يقوم القائمين على التشغيل بسؤال مورد الوقود بإعطائه مستند يحتوى على كمية المياه والروبة والشوائب الموجودة فى الوقود على أن تكون فى الحدود المسموح بها ، ويجب على مصادر التموين المختلفة أن تحافظ على عدم تلوث الوقود بالماء لأقل مستوياته ، وللتشغيل السليم يتم إضافة

تنكات للترسيب ومواد كميائية لمعالجة الوقود لمنع دخول الروبة إلى المحرك، وأنواع المطهرات الكيميائية تستخدم لتقليل تكون الروبة فى تنكات التخزين للوقود .

والجول التالى1-8 يوضح خواص ومحتويات الوقود الثقيل .

Properties	*Present H.O.*	*Future, H.O.*	*Effect on engine*
Viscosity (Red 1 at 37°C	3500	5200	Increased fuel heating required
Heating temp.) pumping	50	65	
centrifuging	95	98	
injection	110–120	115–130	
Density at 15°C	0.98	0.99	Water elimination becomes more difficult
Pour point °C	30	30	
Noxious element			Fouling risk of components
Carbon residue %	6–12	15–22	Increased combustion delay
Asphaltenes %	4–8	10–13	Hard asphaltene producing hard particles Soft asphaltene giving sticky deposits at low output Increased combustion delay with defective combustion and pressure gradient increases
Cetane number	30–55	25–40	High pressure gradients and starting problems
Sulphur %	2–4	5	Wear of components due to corrosion below dew point of sulphuric acid (about 150°C)
Vanadium ppm	100–400	120–500	Burning of exhaust valves at about 500°C
Sodium ppm	18–25	35–80	Lower temp. in case of high Na content
Silicon and aluminium (CCF slurries)			Wear of liners, piston grooves, rings, fuel pump and injectors

Table 8-1 effects of Heavy Fuels

8.3 - وجود مياه فى الوقود Water in the fuel.

وجود المياه فى الوقود أيضًا تسبب مشاكل جمة ، وتوجد طرق كثيرة لدخول المياه إلى الوقود خلال النقل والتخزين فى السفن ، وزيادة نسبة المياه فى الوقود تسبب تلف فى أجزاء الرشاش مما يسبب رداءة الحريق والبرى الزائد فى الإسطوانة .

وعندما تكون المياه مالحة فإنها تحتوى على الصوديم الذى يعمل على توزيع التآكل عند إتحاده مع الفانيدم vanadium والكبريت خلال الحريق .

ومن الطبيعى يجب إزالة المياه من الوقود بالتشغيل السليم لمنقى الوقود مع التصميم السليم لتنكات الترسيب وتنك الإستهلاك اليومى ، وحيث أن الكثافة النوعية للوقود تكون مساوية أو أكبر من الكثافة النوعية للمياه فيصعب إزالة المياه ولهذا السبب فإن أقصى كثافة نوعية للوقود يجب ألا تزيد عن 0.99 .

8.4 - قابلية الوقود للإحتراق Burnability.

هذه المشاكل لها علاقة مباشرة فى إفتقار الحريق وإنتاج حريق غير جيد وهى متعددة ومعقدة وتتغير بتغيير أنواع المحركات وحتى الإسطوانات ، وبالرغم من أن معظم هذه المشاكل هام جدًا مثل تكون المواد الصلبة على فوهة الرشاش ، وعلى فتحات العادم وكذلك صمامات العادم وممرات تربينة غاز العادم نتيجة عدم حرق الوقود حرقاً جيدًا ، يكون نتيجة خلط الوقود ببقايا تكرير الوقود المتطاير والذى يحتوى على الكربون ونسبة من الهيدروجين الذى يعمل على عدم حرق الوقود جيدًا.

ومن المشاكل الأخرى للوقود الثقيل سماع صوت خبط بالمحرك عند الحريق ، وحريق غير منتظم نتيجة الحريق المتأخر والغير منتظم وإرتفاع ضغط الحريق المفاجئ.

هذه العوامل تعمل على إجهاد معدن المحرك وإخماده بإجهاد الكلل Ftigue stress ، وزيادة الأحمال الحرارية وزيادة إنبعاثات غازات العادم ، وإجهاد الشنابر وزيادة البرى فى الإسطوانة ، وكلما زادت فترة التشغيل على المدى الطويل للمحرك بهذه الحالة تعمل على زيادة إستهلاك الوقود ، وتؤثر على تشغيل المحرك وعطب أجزائه وتكون الأوساخ بكمية كبيرة مع زيادة الترسيبات عند تشغيل المحرك بحمل منخفض أوعند أحمال منخفضة جدًا .

ونوعية الوقود المستخدمة التى تشير إلى قابلية الوقود للحريق الجيد تكون بالإقلال من كمية الرماد المتبقى Conradson carbon residue ، والأسفلت ، وقيمة السيتين ونسبة الكربون إلى الهيدروجين .

والتأكد من سلامة تذرير الرشاش وكفاءة إستعمال فاصل الوقود fuel separator ومن الضرورى التأكد من نظافة تنك الترسيب وكذلك فلاتر الوقود، والمحافظة على لزوجة الوقود عند فونية الرشاش بتسخينه إلى الدرجات المناسبة كذلك الحفاظ على الضغط المناسب للرشاش والتأكد من ميعاد حقن الوقود السليم .
ومن الأهمية عمل الصيانة الجيدة بناءًا على تعليمات صناع المحرك وفى المواعيد المحددة وعدم السير بأحمال جزئية أو منخفضة لمدد طويلة ، وإضافة مطهرات للوقود تساعد على تشتيت المواد الصلبة والعالقة التى تسبب عدم الحصول على الحريق الجيد.

8.5 -التآكل نتيجة الحرارة العالية high-temperature corrosion .

عنصر الفاناديم vanadium هو أهم عنصر يساعد على الإحتكاك عند درجة الحرارة العالية ، ولا يمكن إزالته بإضافة المواد المطهرة ويمكن التخلص منه جزئيا باستخدام منقيات الوقود ، ويتحد مع كل من عنصر الصديوم والكبريت خلال عملية الإحتراق مكون خليط منصهر عند درجة حرارة أقل من $530\ c^0$ ، وهذا الخليط المنصهر يساعد على التآكل ومهاجمة طبقات الأكاسيد من على الأسطح الصلبة والمكلفة بحمايتها مما يساعد على تعرية السطح وتآكله .
ومن الأجزاء الحساسة للتآكل عند درجات الحرارة العالية داخل الإسطوانة هى صمامات الحر والعادم ، وتاج المكبس حيث يتكون على قواعد صمام العادم طبقة مترسبة من الرماد يصعب إزالتها وتساعد على سنفرة المعدن مما يؤدى إلى عمل حزوز ومجارى فى المعدن عند مرور غازات العادم الساخنة .
وعندما يصبح المزيج ساخنًا يؤدى إلى البرى ويأخذ طريقه إلى أجزاء المحرك ويعمل على إتساخها وتآكلها ويعمل على زيادة البرى فى الإسطوانة والشنابر .
ومن العوامل التى تساعد على تقليل الإحتكاك .
العمل على تخفيض سرعة المحرك وبالتالى تقليل درجة الحرارة العالية لأجزاء المحرك وخصوصا صمام العادم لمستويات أقل من درجة إنصهار الفاناديوم ، وزيادة تبريد كل من رأس الإسطوانة ، والإسطوانة وصمامات العادم . ويوضع فى الإعتبار أن ما سبق سوف يقلل من المشاكل السابقة وخاصة طبقات الحماية ضد تآكل الصمامات .

8.6- التآكل نتيجة الحرارة المنخفضة low temperaturecorrosion.

عموما إحتراق عنصر الكبريت الموجود فى الوقود هو السبب الرئيسى الذى يسبب التآكل عند درجات الحرارة المنخفضة .
وفى عملية الإحتراق يتحد عنصر الكبريت الموجود فى الوقود مع الأكسيجين مما يعمل على تكون ثانى أكسيد الكبريت So_2 وقليل من ثالث أكسيد الكبريت. ومن

خلال عملية الإحتراق فإن أشكال ثالث أكسيد الكبريت تتحد مع بخار المياه مكونة أبخرة حامض الكبريتيك ، وعندما تنخفض درجة حرارة المعدن إلى أقل من درجة حرارة نقطة الندى للحامض وهى $160\ c^0$ يتحول البخار المشبع إلى حامض الكبريتيك وتكون النتيجة تآكل المعدن فى الأماكن الأقل حرارة مثل ماسورة العادم .

ومن الطرق الواضحة فى تقليل هذه المشكلة المحافظة على درجة حرارة المحرك أعلى من درجة حرارة نقطة ندى الحامض من خلال التحكم فى درجة حرارة المياه .

ودائمًا يكون هناك خطورة فى إرتفاع درجات الحرارة لتجنب درجة الحرارة المنخفضة التى تسبب التآكل لربما تؤدى إلى إرتفاع درجة الحرارة مرة ثانية .

8.7 - الإحتكاك نتيجة الشوائب Abrasive temperature.

طبيعيًا ينتج الإحتكاك عند إستخدام الوقود المحتوى على الشوائب مثل الرماد والمعادن الصلبة مثل الفانديوم ، والنيكل ، والكلسيوم ، والسلكا ومن نتائجها الضارة البرى فى مكونات الرشاش ، وجلبة الإسطوانة ، شنابر ومجارى المكبس.

وعلى القياس مكونات الحديد والمعادن القوية جدًا مثل إحتكاك جزينات الألومنيوم والسلكا وهذه من العوامل الهامة للإحتكاك ، وهذه الشوائب العالقة تتكون عند عملية التكسير للخام وعند إستخدام المواد المحفزة فى معامل التكرير.

وتبقى عالقة فى أسفل الوقود لمدد طويلة ، وتعمل على تآكل مضخات الوقود على مرور الأيام ، وكذلك عدم إدارة المحرك لعدم كفاءة ضغط الرشاش .

ومن الطرق المؤثرة فى التشغيل السليم وعدم وجود إحتكاك نتيجة الشوائب هى الإضافات الأولية للوقود ، وتشغيل فاصل الشوائب Clarifier قبل دخول الوقود الثقيل إلى منقى الوقود purifier مما يقلل من كميات الرواسب والمواد العالقة إلى أقل من 20 % .

8.8 - خواص الوقود أسائل properties of fuel oil.

عمومًا يتم تحديد نوعية الوقود الثقيل من معالم - كميات متغيرة القيمة parameter - أى نسب المعادن الذى يحتوى عليها الوقود أوكمية الشوائب الدقيقه فى عينة الوقود الثقيل ومن المعالم المتغيرة القيمة اللزوجة ، والثقل النوعى للوقود ، ونقطة الوميض ، الوقود المتبقى carbon conradson ، وكمية المواد الأسفلتية ، والكبريت ، والمياه ، وكمية الفانديوم ، والصديوم ، ويوجد إثنين من العالم مهمة جدًا وتقليدية وهما القيمة الحرارية calorific value ، واللزوجة .

وتعتبر اللزوجة من أهم المعالم التى تشير إلى نوعية الوقود أو درجة ثقل الوقود ، ويعتبر المعيار الرئيسى لنوعية الوقود بسبب إمكانية تأثرها بعناصر الوقود .

8.9 - القيمة الحرارية Calorific value .

القيمة الحرارية هى الكمية الحرارية للوقود ، وتكون مقياس لكمية الحرارة المطلقة خلال الحريق الكامل لوحدة كتلة من الوقود ويعبر عنها k j / k g .
والقيمة الحرارية عادة ماتحدد بجهاز الكالورميتر calorimeter ولكنها تبقى قيمة نظرية ويمكن حسابها كالآتى :

$$\text{calorific value in k cal / kg of fuel} = \frac{8100c+34000(H-\frac{o}{8})}{100}$$

حيث أن c, h, o نسب لهذه العناصر لكل كيلوجرام من الوقود وينتج الكربون 8080 kcal/kg عندما يحترق الوقود حريقا كاملاً .
والهيدروجين 34000 kcal/kg بفرض أن الأكسيجين يتحد بنسب مع الهيدروجين.
ومن الملاحظ أن كمية الهيدروجين $\frac{1}{8}$ وزن الأكسيجين ، ومركبات الكبريت والتى من المفترض أن تحترق ويتولد عنها كمية حرارة لا تتأثر بأكسيد النتروجين ويعبر عن ذلك بمعادلة أخرى مختلفة كالآتى :

$$\text{calorific value is k cal/ kg of fuel} = 7500C+33800\ (H-\frac{O}{8})$$

حيث أن C , H, O نسب لهذه العناصر تتكون من أجزاء صغيرة من الكيلوجرام لكل كيلوجرام من الوقود ويمكن تحولها إلى قيم k cal / kg لوحدات SI units بالإستخدام الأوسع مثال. 1cal / kg = 4.187 k j / kg
Example: A fuel of 10500 k cal/kg in S. Iunits10 500 k cal / kg = 10 500 × 4.187k j = 44000 kj/kg
والقيمة الحرارية كما هى محددة بواسطة جهاز الكالوريمتر calorimeter تكون عالية القيمة حيث أنها تحتوى على الحرارة الكامنة الموجودة فى بخار المياه الناتج من حرق الهيدروجين والقيمة الحرارية الصافية (المنخفضة) نحصل عليها بطرح الناتج من الحرارة الكامنة للبخار من الحرارة الكامنة الكلية والفرق بين القيمة الحرارية الصافية والحجمية تكون عادة حوالى من 600 k cal/kg إلى 700 وتعتمد على نسبة عنصر الهيدروجين . والمعادلة التالية يمكن إستخدامها فى حسابات القيمة الصافية .

$$CV_n = C\ V_g - 25\ (F + W)\ K j / KG$$

CV_n = NET CALORIFIC VALUE IN KJ/KG

CV_G = GROSS CALORIFIC IN KJ/KG

F= water content of the fuel in percentage by weight

W= water percentage by weight generated by combustion of the hydrogen in the fuel.

والآتى يوضح القيمة الحرارية لبعض أنواع الوقود المختلفة .

DIESEL OIL 10 75o kcal / kg

Gas oil 10 900 k cal / kg

Boiler fuel 10 300 k cal / kg

عندما لا تتوفر المعلومات لإختبارات الثقل النوعى للوقود سوف يستدل عليها تقريبًا بالقيمة الحرارية.

Specific gravity at 15 c^0 = 0.85 , 0.87 , 0.91 , 0.93-

Gross CV kcal / kg = 10 900,10800,10700,10500

8.10-اللزوجة Viscosity.

تعرف لزوجة الوقود بأنها قياس مقاومته للتدفق والتى تقل بسرعة مع زيادة درجة الحرارة، والحرارة من العوامل الضرورية لتخفيض اللزوجة العالية للوقود الثقيل ومن الشائع إستخدامها لإمكانية تداولها بسهولة ، ولسنوات عديدة تستخدم وحدات لقياس اللزوجة مثل : engler degree , saybolt universal seconds, Saybolt furol seconds, redwood no 1 seconds ومن أهم هذه الوحدات التى تستخدم على المستوى التجارى العالمى لقياس لزوجة الوقودهى centstokes 1cst =1mm^2 وعند ذكر اللزوجة يجب أن يتبعها ذكر الحرارة، ودرجة الحرارة المقبولة لتحديد اللزوجة لوقود الديزل البحرى40c^0 ، و100c^0 للفضلات المتبقية (ألوقود الثقيل) ، وإذا لم يتمكن تقدير كمية المياه فى الوقود يصبح إختبار تحديد درجة اللزوجة عند 100c^0 غير ممكن لأن كثيرًا من المعامل تعمل بطريقة روتينية لإختبار لزوجة الوقود مثلا عند درجة الحرارة من 80 c^0 to 90 c^0 تقوم بحسابها عند درجة 100c^0.وتوصى شركة wartsila بطيئة السرعة من 13 مدى لزوجة الوقود لمحركات شركة sulzer أو 75 sec Redwood no1 to 17cst ويوضح شكل2-8 جهاز لقياس اللزوجة ويعتمد فى عمله على كمية الوقود المتدفق 50mm^3 من الوقود السائل من فتحة صغيرة مستديرة وبواسطة ساعة إيقاف stop watch ومن الأهمية القصوى ضبط درجة الحرارة ولا يكون الفرق أكثر من 0.1 $\pm$ c^0 عند درجة حرارة 60 c^0 وتستخدم المياه للتسخين عند درجة حرارة 94c^0 لرفع درجة

حرارة الوقود ، وعدد الثوانى يكون هو الناتج عند درجة حرارة التجربة . بمعنى أن redwood no 1 at $38c^0$ = 500 sec ويلاحظ أن تكون العينة على درجة عالية من النظافة . وتستخدم المملكة المتحدة عمليا جهاز قياس اللزوجة redwood no 1 ، وتستخدم الولايات المتحدة الأمريكية كل من Saybolt furol , Saybolt universal وتستخدم نفس طريقة القياس أما فى أوربا فإنها تستخدم نظام engler viscometer مع المقارنة بين تدفق زيت الوقود والمياه وتكون النتيجة engler degree .

والجداول الآتية تبين العلاقة بين درجة الحرارة ودرجة اللزوجة لبعض أنواع الوقود المختلفة .

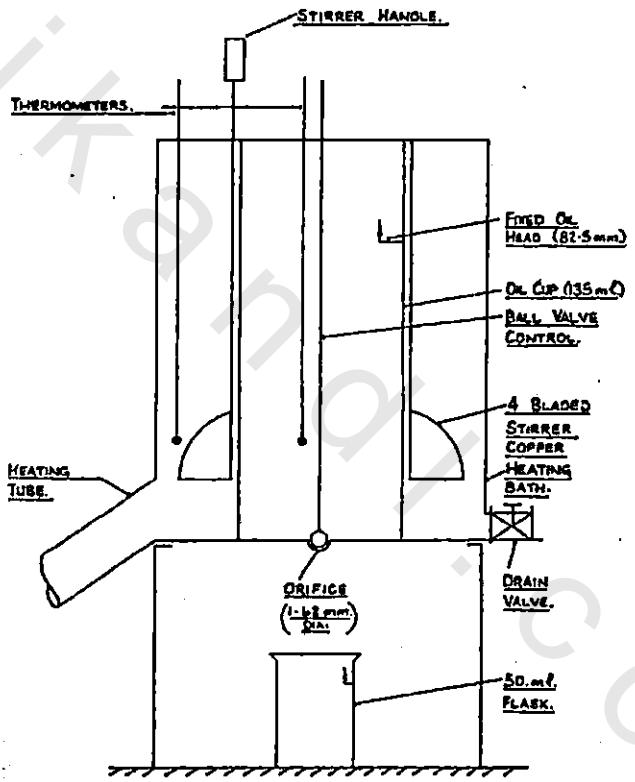


Figure 8-2 the redwood viscometer

التغيير فى اللزوجة عند درجات الحرارة النوعية لوقود الغلايات كالآتى :

Temperature c^0	=	95	80	65	50	40
Viscosity	=	80	160	300	650	1350

وإذا تم تسخينه إلى $80\ c^0$ تصل لزوجته إلى 150 sec عند الفلتر.
التغيير فى اللزوجة مع تغيير درجة الحرارة لوقود الديزل كالآتى :

Temperature c^0	=65	50	40	25	10
Viscosity	= 33-37	37-45	45-60	55-90	70- 140

والآتى حدود اللزوجة للوقود بدون تسخين مبدئى .

Temperature c^0	=95	80	65	50	40	25
Viscosity	=45	60	100	175	300	550

وفى المحركات متوسطة السرعة والتى تكون سرعتها حوالى 500 rev تكون لزوجة الزيت Viscosity حوالى 100 sec والعلاقة بين اللزوجة عند $40c^0$ والكثافة (الثقل النوعى) كما هو مبين بالجدول التالى ، وتقاس اللزوجة بالثانية sec .

Spec gravity =	o.94-o.96	o.92-o.94	o.95-o.92	o.88-o.95	o.86-o.88
Visc at $40c^0$ =	270-710	237-462	42-107	42-76	35-50

8.11 - رقم السيتين Cetane number.

الرقم السيتين لأى وقود هو نسبة بالحجم من السيتين $H_{34}C_{16}$ وهذه المادة جيدة الإشتعال وخلطهامع alpha-methylnaphthalene $H_{10}\ C_{11}$ وهذه المادة فقيرة للإشتعال وتسبب الحريق المتأخر ويوضع فى الإعتبار أن رقم السيتين العالى يقلل من الوقت بين حقن الوقود وبداية الإحتراق (سرعة إرتفاع الضغط فى الإسطوانة) ورقم السيتين يكون مناسبًا جدًا مع المحركات السريعة عن المحركات البطيئة والمستخدمة للوقود الثقيل البحرى والوقود ذات رقم السيتين العالى فى المحركات البطيئة يسبب فى بعض الأحيان زيادة ترسيب الكربون على الصمامات وإرتفاع فى درجة الحرارة، وعادة الحريق الغير كامل من المحتمل أن يسبب حريق قوى بجوار حاقن الوقود .

ويكون رقم السيتين فى المحركات البطيئة حوالى 25 ومن المتوقع أن يزيد زيادة طفيفة ، وللسهولة يستخدم عادة دليل الديزل فى تحديد نوعية الوقود ويمكن الحصول عليه من المعادلة التالية ، ومن الطبيعى أن تكون القيمة المتوسطة لدليل الديزل لوقود الديزل البحرى حوالى 35 ولا يقل عن25 ورقم السيتين للوقود يبين نوعية الوقود عند الحالات التى يعمل عندها المحرك ، وكلما زاد رقم السيتين تقل المدة بين حقن الوقود وسرعة زيادة الضغط داخل الإسطوانة ويمكن التعبير عن نوعية الحريق بالآتى .

$$\text{Diesel index number} = \frac{G \times A}{100}$$

Where G = specific gravity at $60f^0$ on the A.P.I (American petroleum institute) scale.
A= aniline point in f^0 which is the lowest temperature at which equal parts volume of distilled aniline and fuel oil are fully miscible.

8.12- حساب الرقم الأروماتى للكربون
. Calculated Carbon Aromaticity Index (CCAI)

نوعية إحتراق الوقود المتبقى (الثقيل) أصعب بكثير من الوقود السائل نتيجة التقطيربسبب الإختلافات الكثيرة للمركبات المخلوطة ولكن نوعية الحريق لهذا الوقود مصنف بواسطة حساب الرقم الأروماتى المحدد للكربون وقياسات الكثافة أو اللزوجة ويجب ملاحظة العلاقة الرئيسية لأداء الحريق للوقود المتبقى عند تصميم المحرك وعوامل التشغيل . وقانون حساب CCAI للرقم الأروماتى للكربون يتم تحديد معرفتة بواسطة الموردين ومصمموا المحركات

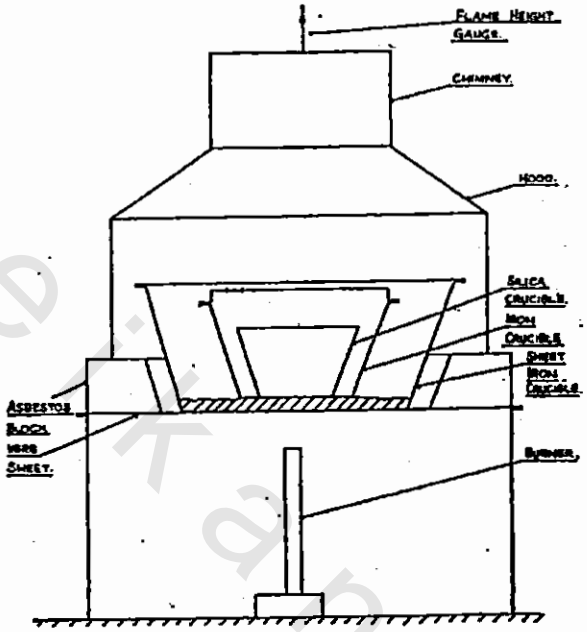
8.13- تحديد كمية الكربون بواسطة جهاز Conradson.

تتم هذه العملية لقياس نسبة الكربون المتبقى بعد تبخير الوقود فى حيز مغلق وتحت المراقبة ، وكمية الكربون المتبقى تكون بقياس ميل الوقود وإستعداده للتشكيل الكربونى ويدل هذا على وجود رواسب كربونية على فونية حاقن الوقود وطريقة قاع راموس Ramsbottem للوقود المتبقى هى أكبر عملية إستبدال لطريقة Conradson لإختبار الكربون المتبقى ولكنها تعطى قيم تقريبية .

8.14 - طريقة Conradson للكربون المتبقى.

ويشير هذا الإختبار إلى نزعة الوقود الطبيعية لتكوين الكربون . ويكون هذا الإختبار من وسائل تحديد كمية الوقود المتبقى إلخ .
وهذا الإختبار أستخدم أكثر منذ عهد قريب مع إستخدام الوقود ذو اللزوجة العالية فى ألآت الإحتراق الداخلى .
وكتلة العينة الموضوعة فى بوتقة السليكا يجب ألآ تزيد عن o.o1 kg وتكون فترة التسخين المبدئية $10\ min \pm 1\frac{1}{2}$، ويحترق بخا ر الوقود بعد فترة 13 min ± 1 علاوة على إستخدام التسخين7 دقائق بالضبط ، وتكون فترة التسخين الكلية $20\ min \pm 2$ ويترك الغطاء غير محكم ليسمح بهروب البخار
ويحكم الغلق لجهاز الإختبار بعد رفع العينة ووزنها ، وتكون النتيجة واضحة للكربون المتبقى Conradson كنسبة من الكتلة الطبيعية للعينة .

وعادة ما يتم إعادة التجربة لعدة مرات للحصول على نتائج مماثلة وشكل 3-8 يبين جهاز تجربة Conradson .



Figuer 8-3 Conradson carbon test Apparatus

8.15 - مقدار الرماد Ash content.

يقاس مقدار الرماد للشوائب الغير عضوية المحتوى عليها الوقود وهى عبارة عن العناصر الآتية :

مثل الرمل ، النيكل ، والألومنيوم ،والسلكون ، والصوديوم والتى تشكل خليط من سلفات الصوديوم ، خماسى أكسيد الفانديوم والذى يتم إنصهاره عند درجات حرارة منخفضة ويعمل على زيادة الإحتكاك لأجزاء المحرك وخاصة صمامات العادم .

8.16 – المكون الكبريتى Sulphur content.

الوقود يحتوى على نسب مختلفة من الكبريت الذى يؤثر على جودة الحريق ، وتعتبر النسب العالية للكبريت خطيرة وتسبب تكون الأكاسيد المذكورة سابقا فى هذا الباب ولقد تم ربط العلاقة بين المكونات الكبريتية فى الوقود وبرى الإسطوانة ويوجد فكر مختلف لهذه المسالة (أنظر باب الإنبعاثات) .

8.17 - المحتوى المائى .Water content .

تحتوى عينة الوقود على كمية من المياة وعادة ما تكون معروفة ومحددة بواسطة معامل التكريرولا تزيد عن o.5%.

8.18 - نقطة التغييم Cloud point:

نقطة التغييم للوقود السائل هى درجة الحرارة التى يبدأ عندها تبلور شمع البرافين وتكون ملحوظة عندما يتم تبخيره عند درجات قليلة .

8.19- نقطة الإنسكاب Pour point :

هى أقل درجة حرارة يبقى فيها سائل الوقود فى حالة إنسياب وهى من الأهمية لإمكانية تداول الوقود فى المناطق الباردة وعادة ما تكون درجة التجمد أقل من درجة حرارة الإنسكاب بحوالى $3\ c^0$ وتكون أقل درجة حرارة مسموح بها لتداول الوقود أعلى بحوالى من $5\ c^0$ إلى $10\ c^0$ من نقطة الإنسكاب لأمان سهولة الضخ والتداول بواسطة الطلمبات .

8.20- نقطة أليوميضFlash point :

تحدد نقطة الوميض بأقل درجة حرارة يتم عندها تحويل الوقود إلى بخار أو هى النقطة التى يمكن عندها إشتعال خليط من الهواء وبخار الوقود بواسطة لهب أو شرارة .

8.21- أكثافة أنلوعية Specific gravity:

ويعبر عنها عادة $k\ g\ /cm^3$ أو جرام /سم مكعب عند درجة حرارة $15c^0$ وبما أن الثقل النوعى للوقود يعتمد على كثافة المكونات الفردية للوقود، وحيث أنه من الممكن أن يكون الوقود متماثل فى كثافته ، ولكنه يختلف فى المكونات التى تؤثر على كثافته .

وفى هذه الحالة يشار إلى ثقل الوقودعندما يتم قياس الكثافة النوعية بواسطة الهيدروميتر hydrometer يمكن إستخدامها فى حساب كمية الوقود إذا ما توا فرت أبعاد التنكات ويوجد علاقة بين الحجم ، والكثافة ، والكتلة كالآتى :

$$\text{Density } \rho = \frac{mass(m)}{volume(v)}$$

والجدول التالى يوضح القيم المثالية للوقود القياسى وعادة ما تكون الوحدات kg/m^3 (المياه العذبة $1000\ kg/m^3$) والجدول التالى يوضح المواصفات القصوى التى تؤدى إلى إنخفاض عدد لفات المحرك عن عدد لفات المصنع وتعتبر هذه المكونات هى الأردأ فى تأثيرها على تشغيل المحرك وأجزائه .

Density at 15°C	kg/m^3	max. 991
Kin. viscosity		
at 50°C	mm^2/s (cSt)	max. 700
at 100°C	mm^2/s (cSt)	max. 55
Carbon residue (CCR)	m/m (%)	max. 22
Sulphur	m/m (%)	max. 5.0
Ash content	m/m (%)	max. 0.2
Vanadium	mg/kg (ppm)	max. 600
Sodium	mg/kg (ppm)	max. 100
Aluminium	mg/kg (ppm)	max. 30
Silicon	mg/kg (ppm)	max. 50
Sediment (SHF)	m/m (%)	max. 0.10
Water content	v/v (%)	max. 1.0
Flash point	°C	min. 60
Pour point	°C	max. 30

8.22- الاشتعال المتأخر Ignition delay .

حريق الوقود المرذذ fuel atomization يعتمد على إختراق penetration الرذاذ لطبقات الهواء المضغوط داخل غرفة الإحتراق لأقصى ما يمكن وكذلك على درجة حرارة الهواء المضغوط والتى تصل إلى درجة الإشتعال وهى فى محركات الديزل ما بين $550c^o$ إلى $600c^o$، وإذا كان هناك تأخير فى الإشتعال فإنه من الممكن قياسه بواسطة مبين الضغط كذلك ميعاد بدئ الحقن للرشاش وميعاد إرتفاع ضغط الحريق ، وإذا كانت فترة التعويق delay ignition طويلة نتيجة لزوجة الوقود العالية عند بداية الحريق يلاحظ زيادة الضغط بسرعة وسماع صفع فى المحرك ومن الطبيعى ألآ تزيد فترة التعويق عن 0.5 to 10 millisec وينتج عن ذلك الزيادة فى الضغط ودرجة حرارة الإشتعال ، وزيادة معدل التفاعل الكيمائى للوقود ، وتعتمد فترة التعويق أيضًا على حركة الدوامات الهوائية turbulence داخل غرفة الإشتعال .

8 .23 - معالجة الوقود Fuel oiltreatment .

المحركات البطيئة ومتوسطة السرعة والسريعة مصممة لحرق وقود الديزل البحرى (ISO 8217, Class DMB or BS 6843, Class DMB) بينما المحركات البطيئة وكثيرًا من المحركات متوسطة السرعة عندها المقدرة فى إستخدام ألوقودالثقيل (H.F.O) لزوجه (Red wood no1 7000 sec) (700cst) .

ولكى نضمن تأثير ونظافة الوقود الثقيل H.F.O (يجب إزالة المياه والروبة) والثقل النوعى للوقود عند $15\ c^0$ يجب أن يكون أقل من 0.991 والكثافة العالية أكثر من 1.010 تكون مقبولة إذا ما أستخدمت منقيات حديثة ذات طرد مركزى مثل النظام المتاح فى منقيات alfa- laval والتى تسمى Alcap Westfalia unitrol أو متسوبيشى Mitsubishi (E.Hidens II) .

ونظام (Alcap) Alfa-laval يشمل على المنقيات wt200 , fopx والمعدات التابعة تشمل محول لطاقة المياه ، ووحدة التحكم Epc 400 شكل 4 -8 دائما ما تراقب النسب المختلفة للمياه بواسطة محول طاقة المياه والتى تكون مرتبطة بالوقود النظيف الخارج من المنقى والمتصل بوحدة التحكم وتتجمع جزيئات الشوائب الدقيقة على سطح جدار الحلة الداخلى وتتجة المياه والروبة إلى تنك الرواسب وعندما تصل الشوائب على جدار الحلة الداخلى إلى ذروتها يعمل محول الطاقة على دفع الجزء السفلى للمنقى إلى أسفل لفتح البوابة التى يندفع منها الرواسب إلى تنك الرواسب ولهذا السبب تكون كفاءة الفصل مثلى وتكون المنافع المعلن عنها لنظام Alcap أكثر منفعة من نظام النظافة التقليدى .

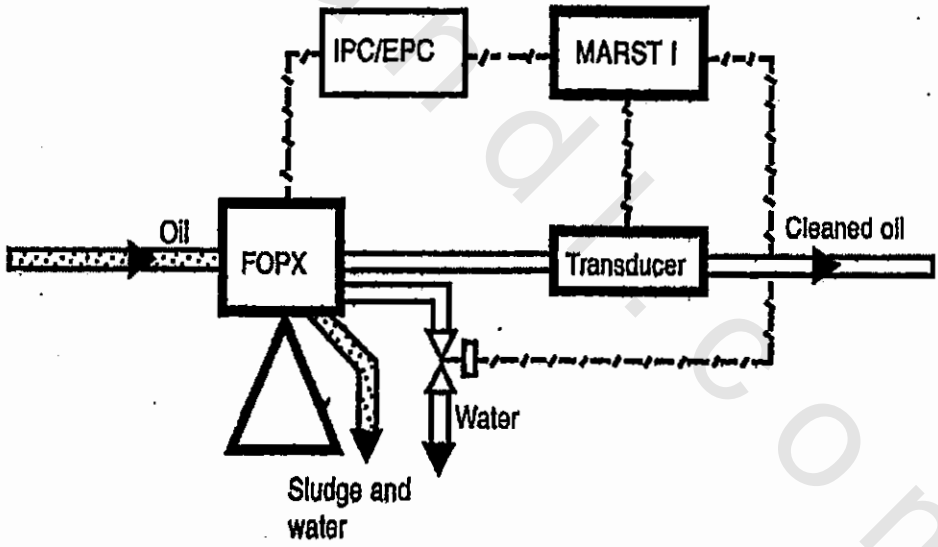


Figure 8-4 Schematic diagram of Alfa Lavals Alcap fuel treatment system based its FOPX centrifugal separator

ومع إستمرار التحسين فى كفاءة الفصل لا يسمح للشوائب المتراكمة على سطح الحلة الداخلى بالدخول إلى قرص التثاقل gravity disk ، ونحتاج منقى واحد فقط من نوع Alcap fopx بمرحلة واحدة وغالبًا ما تكون كفاءة الفصل عالية عن الفاصل العادى الذى يسبقه فاصل للشوائب clarifier .

والمنقيات اليدوية غير مسموح بها فى غرفة المحركات ولا يوصى بها .

ومنقيات الطرد المركزى يجب أن تكون ذاتية النظافة مع التصريف الكلى أو التصريف الجزئى ويجب أن تكون الطاقة السعوية للمنقى موصى بها عن طريق المورد .

وعادة ما يركب إثنين من المنقيات عند إستخدام الوقود الثقيل ، ويراعى السعة المناسبة لهما والمطابقة لنوع الوقود الموصى به ، فى الرسم التخطيطى والمتمثل فى نظام معالجة الوقود والمعتمد من شركة Wartsila والموضح فى شكل 5-8

ولقد سلطت الشركة الضوء على تصميم عملية النظافة الدقيقة بالنقط التالية :

obeikandl.com

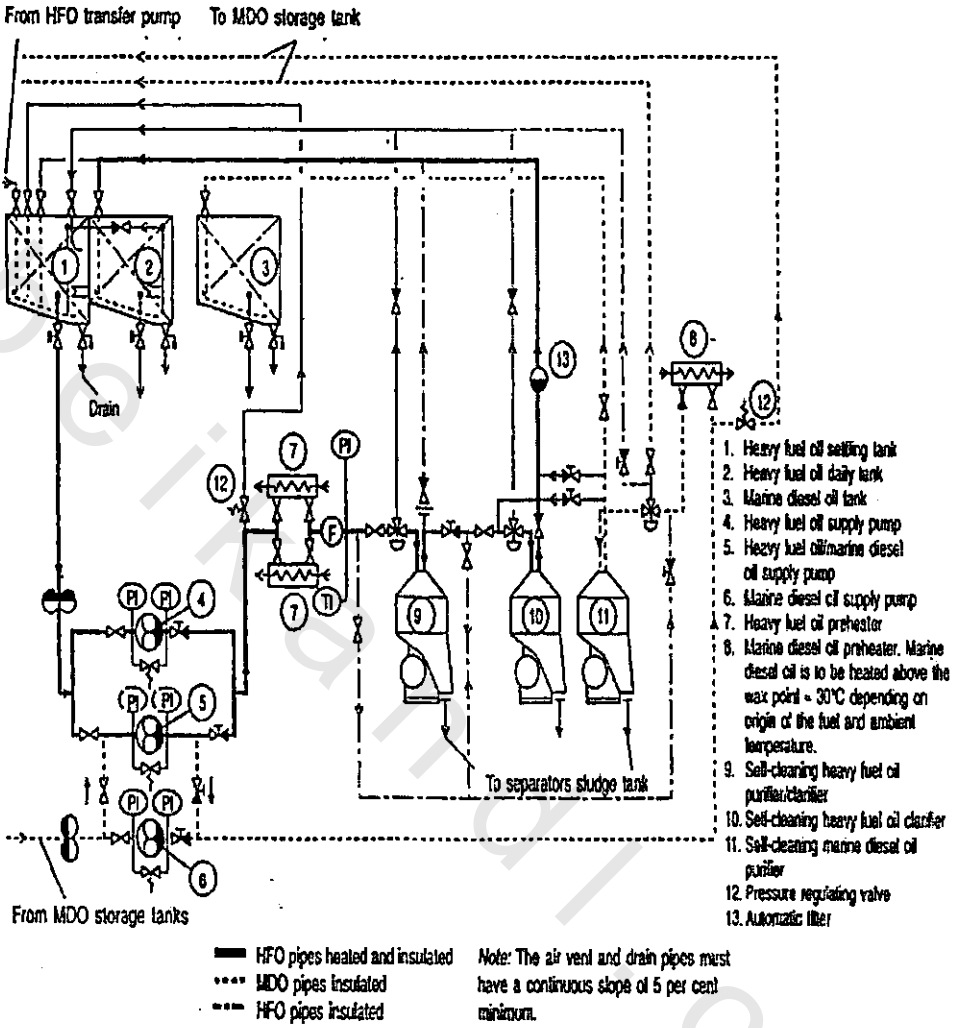


figure 8-5 Heavy fuel oil Plane layout approved by Wartsila for its low speed engine

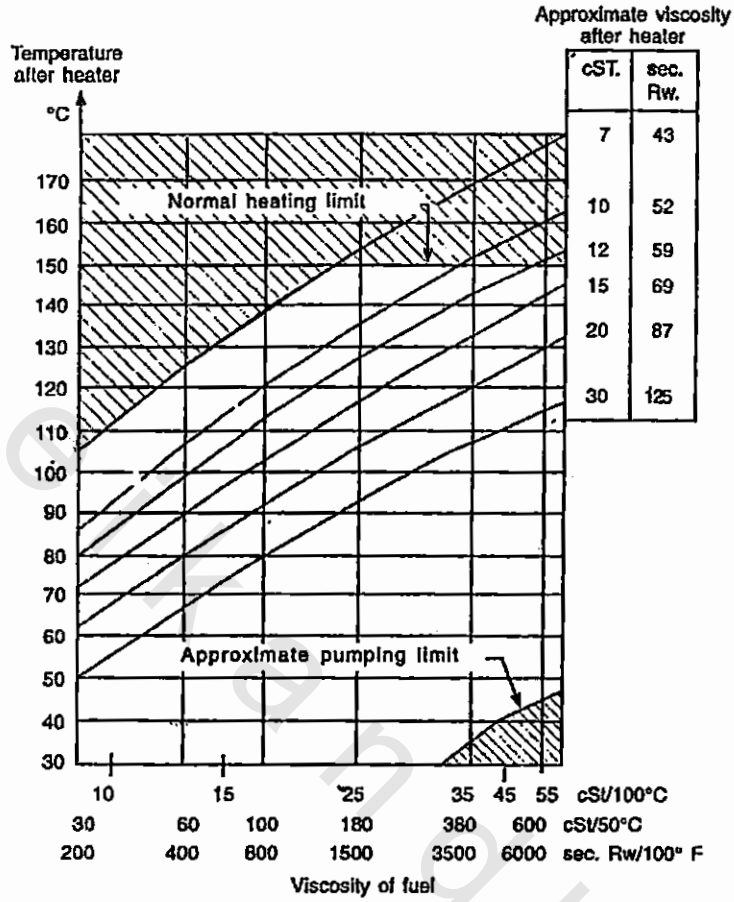
a - عملية الترسيب البطيئة للغاية نتيجة ثقل المياه والروبة فى الوقود العصرى والتى يكون فيها فرق الثقل النوعى بين الوقود والروبة صغيرا جدًا ، وذلك للحصول على ترسيب جيد ، وتكون مساحة سطح التنك كبيرة بقدر الإمكان مع عمقه البسيط لكى تؤدى عملية الترسيب مهمتها فى التنك ويجب أن نفرق بين الكثافة واللزوجة .

b- تكون مهمة تنك الترسيب الفصل بين المياه والروبة عن الوقود، ولكى تتم عملية الترسيب بسهولة يتم رفع درجة حرارة الوقود فى التنك بدرجة حرارة مناسبة وثابتة بين $50c^0$ إلى $70c^0$ ومن المستطاع تركيب إثنين من تنكات الترسيب للإستخدام اليومى بالتناوب وذلك لتحسين الفصل .

وتنصح أيضًا شركة wartsila بإستخدام الأجيال الجديدة من المنقيات والتى تعمل بدون قرص التثاقل لمعالجة الوقود الثقيل التى تصل لزوجته إلى 700 cstعند $50C^0$ وسهولة الإستمرار وعدم توقف التشغيل عند إستخدام قرص التثاقل فى المنقيات التقليدية ، وعندما يفرض إستخدام نوعية من المنقيات أحدهما يعمل على تنقية المياه والآخر على تنقية الشوائب تكون كفاءة تصريف المنقى متساوية لأقصى إستهلاك للمحرك مع زيادة 18% ، والتاكد من تدفق الوقود النقى الراجع من تنك الخدمة اليومية إلى تنك الترسيب .

والمنقيات يجب أن تستمر فى التشغيل من ميناء لآخر للمحافظة على التدفق الثابت الذى يتناسب مع الإزاحة الثابتة لطلمبات الوقود ، ويكون التحكم فى درجة حرارة التسخين حوالى C^0 2± بواسطة السخانات .

ولتحسين نظام معالجة الوقود تركب منقيات أوتوماتيكية الفصل كما أنها تراقب بواسطة أجهزة أمان عند سوء الإدارة ، وربما يكون سخان الوقود من نوع المواسيرtube أو الألواح Plate مع وجود مصدر كهربى أو بخار المياه أو زيت حرارى للعمل كوسيط حرارى ، ويمثل شكل 6 -8 درجة الحرارة المطلوبة للوقود ذات اللزوجة المختلفة والمتمثلة فى جدول درجات الحرارة واللزوجة للوقود البحرى ، ويتم التحكم فى رقم اللزوجة عند سخان الوقود عن طريق إختلاف درجة الحرارة المعطاه لإعطاء أرقام لزوجة مختلفة للوقود البحرى .



Figuer 8-6 Fuel oil heating chart (MAN B & W Diesel

وجهاز قياس اللزوجة ViscosityMeter يعكس أرقام اللزوجة المرغوب فيها عند حقن الوقود والموصى بها من قبل صناع المحرك وتكون حوالى من 10 to15 CST . ولثبوت درجة أرقام اللزوجة السليمة للوقود الداخل إلى المحرك من السخان يجب أن يكون التحكم إما بالهواء المضغوط أو الدوائر الإلكترونية ، ويعتقد أن نظام منقيات الوقود ذات المرحلتين المضغوطتين لنظام الوقود الداعم والمغذى جيدة جدًا .

مع الإيحاء بأن نظام المرحلة الواحدة صعب التحكم فيه كما أنه يعانى من وجود تنقير(تكهف) Cavitation وكذلك مشاكل تحويل الوقود إلى غاز مع درجات الحرارة العالية والتى تصل من $120\ c^0$ إلى $150c^0$.

ومن سمات نظام المنقيات ذات مرحلتى الضغط أن جانب الضغط المنخفض يصل ضغطه إلى 4 بار ، وفى جانب الضغط العالى ما بين 6-16بار ويعتمد هذا على متطلبات مصممى المحرك.

وفى جانب الضغط المنخفض توجد طلمبتين (أحدهما إحتياطية) وفلتر أوتوماتيك مدعم بفلتر تحويل يدوى ويوجد أيضًا تنك الخلط حيث يتم خلط الوقود النقى مع الوقود الراجع من المحرك ، ويتغذى المحرك من الوقود الموجود فى تنك الخدمة اليومى عن طريق طلمبات التغذية للضغط المنخفض ، ويأتى الوقود من تنك الخلط إلى جانب الضغط المرتفع حيث يحافظ على معدل التدفق الحقيقى لإستهلاك الوقود لكى يمنع إفتقار الرشاش للوقود ، وجانب الضغط المرتفع H P يحتوى على طلمبات التقليب circulation pump ، السخانات ، وجهاز قياس اللزوجة يعمل على مقارنة اللزوجة مع قيم اللزوجة الموصى بها من مصممى المحرك ، ويتم إرسال إشارة إلى جهاز التحكم لتغيير درجة الحرارة لضبط تدفق الوسيط الحرارى (البخار أو الزيت الحرارى أو الكهرباء) إلى السخان ، ويمكن إدارة الطلمبة الإحتياطية بمجرد وجود عطل فى الطلمبة الرئيسية أو إنخفاض فى الضغط أوتوماتيكيا .

8-24 - تطور منقى الوقود Separator development .

من الأهداف الرئيسية لمنقيات الوقود التى تعمل بنظرية الطرد المركزى هى إزالة الشوائب وخصوصًا المياه والعناصر الدقيقة والمواد التى تسبب الإحتكاك مثل الصوديوم الموجود فى المياه المالحة والذى يسبب البرى المفرط عند إحتراقه فى غرفة إشتعال المحرك ، ويتتبع التطور المستمر للمنقيات مهد الحصول على كفاءة عالية لفصل الشوائب وزاد ذلك من حماية المحرك وزيادة كفاءة التصريف الكامل مما قلل من فترات الحل والنظافة ومن ثم تقليل كمية المياه المستخدمة فى فصل كميات العناصر المتجمعة فى تنك الرواسب .

وحيث أن التصريف الجزئى فى أنواع من المنقيات والتى إستبدلت بنظام التصريف الكلى للإستهلاك الفعلى عند التصميم يصبح دراماتيكى فى عملية التصريف الجزئى ، وعلى الرغم من أن أحجام كبيرة للمياه نحتاجها فى إزاحة الوقود فى نظام التشغيل ، وتساهم الكميات الكبيرة من المياه فى إجمالى حجم الرواسب .

ووحدات الفصل " للمنقيات "Alfa-laval's تتأثر بعملية التصريف الجديدة والتى تسمى الإندفاع نحو المركز ، والتى صممت بوحدات منفصلة للتحسين والمساعدة فى تخفيض أحجام الرواسب بالإشتراك مع المنقيات بنسب أقل من 30% تصل إلى 50% إذا ما قورنت بالنظم السابقة .

أولا : بناءًا على ذلك فإن حجم حلة المنقى تقل كثيرًا فى محتوياتها عن المنقيات المساوية لها فى الحجم والتى تكون وسيلة لطرد المحتويات الأقل أهمية .
ثانيا : عدد مرات التصريف قد تكون حوالى أربعة مرات بالمقارنة مع التصريف الجزئى للمنقيات أى ، والتصميمات الجديدة لطرد الشوائب إستبدل بإنحدار جدار الحلة الداخلى فى إتجاه منتصف القاع .
والإنحدار الخارجى عند الحافة يكون مرن ويصل حوالى من 1_{mm} إلى 2_{mm} تقريبا عند كل طرد ويسمح بعمل تفريغ هوائى فى منطقة تكون الرواسب .
ولما كان التوظيف القياسى لوحدة الشوائب تعمل بواسطة حزمة من software والتى تسمح بتركيب قرص مرن عليه برامج فى كمبيوتر محمول ومتصل بالغرفة الرئسية للتحكم ويعمل النظام على عرض تسجيلات الإنذارات ويعمل على إجراء العمليات للقيم المتغيرة parameters مثل درجة الحرارة والضغوط واللزوجة ، وهذه البيانات يمكن إستخدامها فى حالات متابعة الأعطال بإنتظام .
ومنقيات westfolia الجيل C من عائلة المنقيات بنظام الإيقاف الهيدروليكى ، السريان المرن soft stream ، ومن سمات التوقف الهيدروليكى فتحات الطرد الخاصة وفن تصميم حلة المنقى والتى تسمح بإندفاع الرواسب بكفاءة عند سرعة التشغيل الكاملة .
وذلك بتحويل بسيط فى فترات منع إندفاع الرواسب مما يؤدى إلى تخفيض تكلفة الصيانة .
والمرور الناعم يسمح للسائل بالدخول فى الحلة بحالة هادئة مما يسبب تحسين كفاءة المنقى وزيادة معدل التدفق يساعد على عدم برى مكوناته .
ونموذج منقى westfolia الجيل الثانى سوف يقلل حجم الرواسب إلى % 50 من خلال تنقية الوقود والزيوت . وبناءًا عليه يجب أن نتصور حالة التداول الأوتوماتيكية للوقود والزيوت مختلفة الأنواع والكثافات فى غرفة الآلآت ألتى لا تحتاج متابعة بشرية unmanned engine room .
يتم تعريف تحسين الأداء بواسطة شركة Mitsubishi kakoki kaisha فى الأعوام الحديثة بأنه طلب إجمالى لتحسين الأداء ، والسعة ، وسهولة التشغيل ، وقلة الصيانة ، والدفع الذاتى للمستقبل selfjector future (sj-f) للمنقيات المثالية ، والزيادة فى الإحكام وخفة وزن الوحدة كل هذا كان هدف المصممون اليابانيون كما هو مبين فى شكل 7-8 .

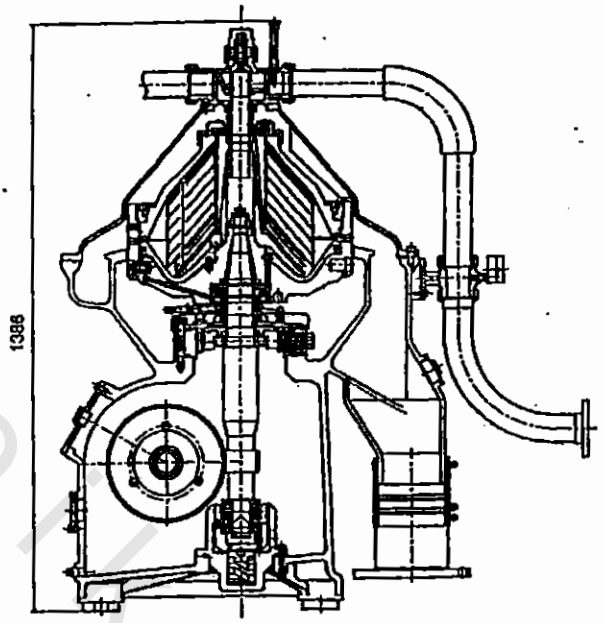


Figure 8 -7 Mitsubishi Selfjector SJ-FH design centrifugal separator

وتقدم شركة M.K.K نظام لعرض معالجة الوقود ذات الكثافة الأكبر من $1.01g/cm^3$ عند $15c^0$ ويشمل الجهاز على لوحة تحكم كهربائية أوتوماتيكية لإكتشاف المياه وكذلك التصريف وتكون كمية المياه التى يحتوى عليها الوقود مراقبة بإستمرار ، وحيث أن الأوضاع السابقة للمستويات العالية للفصل كانت مهمتها تصريف كلى وأوتوماتي حقيقى .

ويمكن تحديد نظام صرف الرواسب والتحكم فيها بواسطة مجموعة تحكمية . ومعظم الفترات الأساسية للتصريف المناسب للتغذية المرتدة من الوقود الداخل للجهاز الحساس لقياس الرواسب المركزة وبذلك يمكن معرفة الأنواع المختلفة للوقود المورد فى المرحلة الأولى للمنقى عن طريق نظام مراقب بإستطاعته الإشراف والتشخيص لحالة التشغيل لعدد 6 منقيات فى وقت واحد .

وربما تصميم ودعم المنقيات والفلاتر يعمل على معالجة الوقود وتجانسه ، وحركة القص التى تعمل على إنهيار جسيمات الوقود إلى أحجام أقل من الميكرون ويكون التقسيم النهائى للمياه على هيئة قطيرات صغيرة ، ويكون من الأهمية إنخفاض كمية الرواسب لتحسين عملية الإحتراق ، ونظام تقليل التجانس يصمم لإنتاج مستحلب وقود ومياه ثابت ، وعند وصول كمية المياه إلى 50 % وأكثر تساهم فى تخفيض نسبة أكسيد النتروجين المنبعث من غازات العادم .

وعلى الرغم من أن هناك بعض الإختلافات لأكثر حالات نظام معالجة وتجانس الوقود قبل أو بعد المنقى (الفاصل) Alfa- Laval هذا يؤكد أن تركيب مثل هذه الوحدة السابقة لجهاز المنقى تعمل على تخفيض كفاءة ونظافة المعالجة فى إزالة هذه الشوائب والذى من الممكن أن يسبب تلف مكونات حاقن الوقود ، وأجزاء رئيسية من المحرك وعليه يجب تجنب ذلك .

ونظام دورة التنقية تقع تحت ضغوط حقن وقود عالية ، ونظم للإستخدامات الواسعة لمواسير نقل الوقود مع ازالة الأجزاء الصلبة المتبقية قبل مراحل العلاج السابقة من دوائر الوقود بواسطة النظافة اليدوية للفلاتر البسيطة أو النظافة الأوتوماتيكية لمنقيات الكسح الخلفى .

ونظام خطوط التغذية والمسمى بأسلوب التنقية الدقيقة مثالى حيث أن حجم الجسيمات فى الوقود لا تزيد عن 5 ميكرون لحماية مكونات حاقن الوقود من البرى والإتساع ، وكذلك مكونات الفلاتر، وذلك إما عن تقليل عمره أو زيادة سعته عن طريق البرى ، ويجب أن نعوض هذا بواسطة جهاز منقى طارد مركزى والذى لا تكون سعته عند التدفق القصوى لها تأثير على ادائه الجيد عند إزالة الأجزاء الصلبة .

8.25 -التداول العملى للوقود الجيد Good Bunkering practice.

يعتبر الوقود الثقيل هو أحد نتائج الوقود الخام بعد تكريره فى معامل تكرير الوقود. والأنواع المختلفة ذات القيم الحرارية العالية مثل الجازولين Gasolines ، وقود النفايات (ألوقود الثقيل) ، وقود الديزل ، والبتروكيماويات المغذية للصناعة . ومعامل التقطير التقليدية تنتج هذه المنتجات البسيطة نسبيًا من عملية التقطير ، ولكن للإكتفاء مع الزيادة على الطلب توجد عمليات إضافية مثل التيار الحرارى والتكسير لإنتاج مواد محفزة وذلك لإنتاج الوقود المستخدم والمواد الثقيلة الناتجة من عملية التقطير مثل المواد الثقيلة المغذية للصناعة ، والكمية النهائية للوقود المتبقى الثقيل من وقود السفن كانت بكميات قليلة وتتركز بها الشوائب .

وبين معامل تكرير الوقود وتسليم الوقود للسفن يوجد فى ألوسط تخزين مطلوب وفرص كثيرة لتلوث الوقود ، وأحيانًا يكون التخزين سيئ للغاية مما يسبب مشاكل كثيرة للمحرك مع نظم مشتركة خاصة مع وقود سيئ ناتج من مرحلة تكسير المواد المحفزة فى معامل التكرير والتى تكون فيها المادة المحفزة من سلكات الألومنيوم تحت درجة حرارة عالية جدًا وينتج عنها مادة صلبة جدًا من المعدن على فترات متوسطة وطويلة وتوجد خطورة على السفن والمحركات مشتركة مع الوقود السيئ وهذه الخطورة تشمل الحريق ، والإفجار ، والفقد فى قدرة المحرك الرئيسى والإظلام نتيجة توقف المحركات المساعدة (ألمولدات الكهربائية)

كذالك يؤثر على سرعة السفينة والإستهلاك النوعى للوقود بما لا يفى بمتطلبات التشغيل .
ومع قلة سن القوانين التى تحكم وقود السفن فإن المعالم القياسية العالمية ISO 8217 فى الأعوام الحديثة تطبق بإتساع منذ ظهور المشاكل على السفن ولقد إشترط عند تسليم الوقود للسفن تسليم عينة من هذا الوقود تحفظ وتستخدم فى أى نزاع بين الأطراف مع وجود أمرالتوريد المثبت فيه التحليل الفنى للوقود والذى يشير فيه أن اللزوجة عند $50\ c^0$ ، ويجب أن تستخدم نوعية من الوقود تتناسب مع المحرك ودوائر الوقود .
ومن النقط المهمة فى إستخدام وقود موصى به من طرف صناع المحرك .
كما يجب أن يكون تسليم الوقود على السفينة بواسطة المهندسين تحت إشراف كبير المهندسين مع أخذ مقاسات التنكات لكل من السفينة وسفينة التموين قبل وبعد الضخ بالإشتراك مع مهندسى سفينة التموين مع التأكد من مطابقة كمية ونوع الوقود .
ومن بعض المواصفات الموجودة فى العقد ومحضر التسليم الآتى :
- أقصى لزوجة : من خلال متطلبات صناع المحرك والحدود النوعية لها لعملية التداول المناسب مع أماكن التخزين .
- أعلى كثافة أوالكثافة النوعية : لعمل خطة لمعالجة الوقود .
- أقل نقطة وميض : لتأمين تخزين الوقود .
- أقصى نقطة إنسكاب : لتحديد درجة الحرارة المطلوبة لتداول الوقود .
- تحديد كمية المياه فى الوقود .
- وربما يكون من الأهمية تحديد كمية الكبريت فى الوقود ليتناسب مع المناطق (الأقاليم) التى يطبق فيها قوانين المنع وحماية البيئة ، وكذلك تقليل التآكل مع إختبار نوعية الزيوت المستخدمة فى المحرك .
ومن المنازعات المستمرة بين الموردين وأصحاب السفن عدم توريد الكمية بالكامل وكذلك إختلاف نوع الوقود ويجب أخذ العينة من نوع الوقود عند الضخ وتختم بالشمع الأحمر .

8.26- إختبار نوع الوقود Bunker quality testing:

يوجد على السفن أجهزة لإختبار الوقود تسمى test kits وذالك للسماح لأفراد الطاقم عمل الإختبارات للوقود أثناء إستلام الوقود أو عند التخزين أوعندما يكون الوقود فى موضع ريبة للتأكد من عدم دخول مياه للوقود أو عند نقل الوقود من تنك لآخر ويمكن التحقيق من عدم وجود مياه وشوائب بواسطة منقى الوقود وفاصل الشوائب .

وأجهزة الإختبار الجديدة يمكنها إكتشاف المواد المحفزة الدقيقة وفى الحاضر إكتشاف المكروبات ونسب اللزوجة المطابقة والمتزنة ، والكثافة والمحتويات الغير قابلة للذوبان ونقطة الإنسكاب ، والمياه المالحة والروبة أوالشمع والمحتوى المائى.

وتقدم شركات تصنيف السفن مثل Llyd's Register ,Det Norske Veritas American Bureau, عرض لتحليل الوقود على مستوى العالم مع نتائج سريعة وتوصيات لتقنية تداول الوقود مع إستخدام العينة الأساسية للوقود وتحت قوانين الهيئة العالمية للتوحيد القياسى ISO 8217 وعادة ما يصاحب الوقود مواصفات قياسية وعدم إحتوائه على مواد ضارة أو نفايات كميائية تسبب تلف المحرك أو تسبب مشاكل صحية لأفراد الماكينة .

ويمكن أن يحتوى الوقود على مكونات مختلفة تعمل على إفساد الوقود عن قصد وقد يكون حمضى أو يحتوى على مادة البروبيلين ، وكلوريدات عضوية وسلفات الهيدروجين مما عانا منه عدد من السفن مع حدوث مشاكل فنية وتلف المحرك ، وفى الأعوام الحديثة تم التجريم فى حالة وجود غش أو تلوث الوقود كالآتى.

- وجود مذيبات قاعدية بترولية من المحتمل أن تدمر الغشاء الزيتى بين الأسطح مما يسبب إحتكاك وتلف أجزاء طلمبات الوقود وإسطوانات المحرك .
- الكلوريدات العضوية ليست فقط تسبب تلف المحرك ولكن أيضا تسبب مخاطر لأفراد الماكينة .
- أسترات الميثيل تكون أمان وصديقة للبيئة ، ومع ذلك تكون مادة مذيبة تعمل على إزالة الغشاء الزيتى oil film وتدمر الزيت مما يسبب الإحتكاك بين أجزاء المحرك .

ومن المحتمل أن يكون التدمير كبيرًا جدًا ، وبمعدل عالى بين كباس وإسطوانة طلمبة الوقود وأيضًا بين شنابر المكبس وإسطوانة المحرك .

بالإضافة فإن المحلول يعرض أفراد الماكينة لمخاطر كبيرة حتى ولو كانت بنسب صغيرة جدا PPM ولا يوصى بها إذا تم خلطها مع الوقود لوجود مخاطر حقيقية فى غرفة المحركات على الأفراد إذا ما إقتربوا من أبخرتها خصوصًا فى غرفة المنقيات مع عدم وجود أى طريقة لإزالة مثل هذا التلوث على ظهر السفينة .

ولقد تم إستدعاء Det Noriske Veritas فى حالة شحن السفينة vlcc بكمية كاملة من ألوقود الثقيل حوالى 3000 طن بعد زمن قليل من نهاية الشحن عانت المحركات الرئيسية والمساعدة وأظلمت السفينة وتوقت المحركات الرئيسية فى مضيق Malacca strait نتيجة قفش طلمبات الوقود وإنسداد الفلاتر .

وعند المعاينة والفحص ظهر الآتى : بالمعاينة من الهيئة العامة للتوحيد القياسى ظهرأنه عمل عدوانى بوضع محلول يشبه المكونات العضوية (أكتشفت بواسطة

تحليلات إضافية متقدمة) تعتبر مخاطر كبيرة ، وعلى الأقل وجد 10 سفن متاثرة وعانت كثيرًا من المشاكل . ومع سرعة المعاينة لهذه المشاكل تم منع حوادث كبيرة .

8.27 - ألوقود قليل الكبريت Low Sulphar Fuels.

مما يشغل فكر العلماء الضرر الكبير الواقع على البيئة والنظام البيئى نتيجة إنبعاثات أكسيدات الكبريت (أنظر باب الإنبعاثات) فيما حرك فكرة التحكم فى مناطق تكون إنبعاث أكسيدت الكبريت sulpher emission control SO_x Areas $SECA_S$.

كونت الهيئة البحرية العالمية . هيئة عمل يكون الغرض منها التأكد من إحتواء الوقود على نسبة % 4.5 كبريت ، وعلى وقود فى حدود % 1.5 كبريت لتحقيق غرض $SECA_S$ والأخير يضع تحديات كبيرة لكل منتجين الوقود البحرى ، وموردين الوقود والقائمين على تشغيل السفن ، ومصممى المحركات .

وعموما يكون إنتاج الوقود الذى يشمل على كبريت منخفض هو خام الوقود منخفض الكبريت ، وربما تحتاج معامل التكرير إلى خام نظيف من الكبريت وهوخام الصخور الرمادية الداكنة والوضع الأخير يصنع التحدى التجارى والفنى لموردى الوقود ، ومشغلى السفن ، ومصممى المحركات .

ويقابل موردين الوقود تحدى فى التخزين والأسواق بالإضافة إلى درجات الوقود مع عمل صيغة من مصممى المحركات وصانعى الزيوت ويجب أن تتوافق مع الرقم القاعدى الكلى total base number لزيت الإسطوانة ونظام تزييت المحرك ومع درجات أنواع جديدة من الوقود منخفض الكبريت .

الخلاصة :

إن أسلوب التحكم فى الوقود منخفض الكبريت من ملاك السفن والقائمين على تشغيلها (الطاقم) ، وللأهمية القصوى لشركة إكسون موبل للوقود البحرى الآتى:

- يجب التشديد على إستخدام الوقود منخفض الكبريت فى مناطق التحكم فى إنبعاثات أكسيد الكبريت .

-الإحتياج إلى إجراءات ثابته من الربان وكبير المهندسين لمعرفة متى وأين يجب إحراق الوقود منخفض الكبريت .

- ويجب حفظ السجلات الموضحة بالضبط لحرق الوقود متى وأين لتزويد السلطات بالدليل والبرهان .

- يجب إختبار الوقود عند التوريد للتاكد من مطابقته لإحتوائه على نسبة الكبريت المحددة.

- ويجب على ملاك ومؤجرى السفن التأكد من أن القائمين على التشغيل ومشترى الوقود عندهم دراية بأن الأسطول يعمل بالوقود منخفض الكبريت فى المناطق المحددة.

- يحتاج ملاك السفن النظر فى تعديل الحمولة الموجودة للسماح بتوريد وقود متميز وجيد ويجب أن تكون السفن فى أحسن حال بمعنى أنه يجب على القائمين بالتشغيل الإحساس بالفرق عند التحويل من نوع وقود إلى آخر .

وبعض السفن التى بنيت حديثا تم تخصيص تنكات للوقود منخفض الكبريت ومن المحتمل أن تعمم قريبًا ولم يفرض أى تعديل على المحركات .

والسفن التجارية المقصورة على مناطق التحكم فى إنبعاث أكسيدات الكبريت من الممكن أن تستعمل المحركات الرئيسية زيوت ذات الرقم القاعدى المنخفض رخيص الثمن. بالإضافة إلى أن الوقود منخفض الكبريت ترتفع طاقته قليلا مع تحسن طفيف فى الإستهلاك النوعى للوقود والعمل على تقليل البرى والتآكل لمكونات المحرك وصمامات العادم وذلك لإنخفاض نسبة حامض الكبريتيك ، وكذلك فى جهاز غسيل غازات العادم لتوليد الغاز الخامل بتكلفة بسيطة .

وباب إنبعاثات غاز العادم يشمل على معلومات من هيئة اللويدز لخدمة تحليل وقود السفن fuel oil Bunker analysis service (foBas) – والجمعية العالمية لتصنيع وقود السفن .

The international Bunker industry Association (IBIA) Tramp oil and solters maritime , Shell marine concultants Exxon mobil marine oil fuel .