ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ :

ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΜΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΜΠΑΚΟΓΙΑΝΝΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2016

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ :

ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΜΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ

ΑΜ : 4429

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Η καθηγήτρια

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία το κεντρικό θέμα είναι τα καύσιμα ναυτιλίας. Από την πρώτη εμφάνιση των ναυτιλιακών μηχανών που ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούσαν αποστάγματα πετρελαίου μέχρι και σήμερα, έχει γίνει τεράστια πρόοδος τόσο στον τομέα των μηχανών όσο και στον τομέα των καυσίμων. Οι ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες στον εμπορικό τομέα και στον τομέα μεταφορών δημιούργησε μια νέα τάξη πραγμάτων στην χρήση πλοίων για τους παραπάνω σκοπούς. Η τεχνολογική πρόοδος στην απόσταξη του πετρελαίου αλλά και περιβαλλοντολογικοί λόγοι που προέκυψαν, προέτρεψαν στην δημιουργία κατηγοριών καυσίμων στην ναυτιλία για την εξυπηρέτηση διαφορετικών σκοπών. Οι προδιαγραφές των καυσίμων παρακολουθούνται από διεθνή πρότυπα τα οποία οι κατασκευαστές πρέπει να ακολουθούν πιστά. Σημαντικοί παράγοντες κατανόησης συμπεριφοράς και ορθής επιλογής καυσίμου ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση του αποτελούν οι κρίσιμοι παράγοντες του καυσίμου, οι οποίοι ορίζουν τις ιδιότητες και χαρακτηριστικά του και αναλύονται στην παρούσα εργασία.

Abstract

In this paper the central theme is the marine fuel. From the first appearance of shipping engines as fuel oil distillates used until today, it has been tremendous progress both for machinery and motor fuel. The ever-increasing needs in the commercial sector and the transport sector has created a new order in the use of ships for the above purposes. The technological progress in the distillation of petroleum and environmental reasons arising urged to create categories fuels in shipping to serve different purposes. The specifications of the fuel monitored by international standards to which manufacturers must follow faithfully. Major behavioral factors understanding and proper fuel selection depending on the intended use form the critical fuel factors which define the properties and characteristics and are analyzed in this paper.

Πρόλογος

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσονται οι κρίσιμοι παράγοντες στα καύσιμα ναυτιλίας. Το θέμα των καυσίμων στην ναυτιλία είναι στο επίκεντρο ενδιαφέροντος ενός μηχανικού της σχολής Εμπορικού Ναυτικού διότι αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα της λειτουργίας του κινητήρα της τελικής απόδοσης του και της φθοράς του. Κατά συνέπεια αποτέλεσε για ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα για θεωρητική ερευνητική ενασχόληση και εμπλουτισμό γνώσεων.

Ο σκοπός τη παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει στον αναγνώστη τις κυριότερες γνώσεις στον τομέα των ναυτιλιακών καυσίμων με έμφαση σε κρίσιμους παράγοντες οι οποίοι ορίζουν ιδιότητες χαρακτηριστικά και εφαρμογές των καυσίμων.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας βασίστηκε κυρίως σε βιβλιογραφική αναζήτηση των κρίσιμων παραγόντων των καύσιμων ναυτιλίας αλλά και των καυσίμων ευρύτερα του πεδίου εφαρμογής έτσι ώστε να αναδειχτούν οι ιδιαιτερότητες των πρώτων.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά θεωρικά χαρακτηριστικά των καυσίμων ναυτιλίας αλλά και των μηχανών έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια πρώτη ιδέα για το θέμα -και κατά συνέπεια- μια ομαλότερη μετάβαση στο δεύτερο κεφάλαιο για των αναγνώστη.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια πιο ειδική ανάλυση των καυσίμων με ιδιαίτερη έμφαση στις ιδιότητες των καυσίμων αλλά και στην χημική τους σύσταση. Παράλληλα παρέχονται πίνακες παρουσίασης των διεθνών προτύπων που αφορούν τους κρίσιμους παράγοντες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

1.1 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Από τις αρχές του 19ου αιώνα μέχρι και τα μέσα του 20ο αιώνα, τα ατμόπλοια (steamships) άρχισαν να κάνουν αισθητή την παρουσία τους στην εμπορική ναυσιπλοΐα με αποτέλεσμα την σταδιακή παραγκώνιση των ιστιοφόρων. Με την εξέλιξη της γνώσης του ανθρώπου στις μηχανές άρχισε στα μέσα του 20ου αιώνα η παρουσία - και η κυριαρχία αργότερα- των μηχανοκίνητων πλοίων. Πιο συγκεκριμένα, η απαρχή της μηχανής diesel εντοπίζεται το 1892 με την ανάπτυξη της από τον Rudolf Diesel και μόλις είκοσι χρόνια αργότερα, καταγράφεται η παρουσία στην θάλασσα του πρώτου πλοίου με τετράχρονο κινητήρα πετρελαίου.

Καθώς η εμπορικές συναλλαγές ολοένα και αυξάνονταν με χαρακτηριστικό την αυξανόμενη ζήτηση σε ποσότητες εμπορευμάτων η ανάγκη για μεγαλύτερα πλοία ολοένα και αυξανόταν. Την δεδομένη χρονική στιγμή και για την εξυπηρέτηση της ανάγκης της αγοράς ήταν απαραίτητη η παρουσία ενός νέου τύπου πλοίου με κύρια χαρακτηριστικά το μεγαλύτερο μέγεθος και την μεγαλύτερη ταχύτητα. Ως αποτέλεσμα των ερευνών και της εξέλιξης της τεχνολογίας ήταν ο σχεδιασμός και η χρήση των δίχρονων πετρελαιοκινητήρων πλοίων τα οποία απέκτησαν ισχυρό προβάδισμα έναντι των προκατόχων τους. Ένα από τα αξιοσημείωτα στοιχεία αποτελεί το γεγονός ότι, μεταξύ του πρώτου και δεύτερου Παγκόσμιου Πόλεμου, το μερίδιο των σκάφων με ναυτιλιακού τύπου κινητήρα αυξήθηκε σε περίπου 25 τοις εκατό του συνολικού ποντοπόρου στόλου.

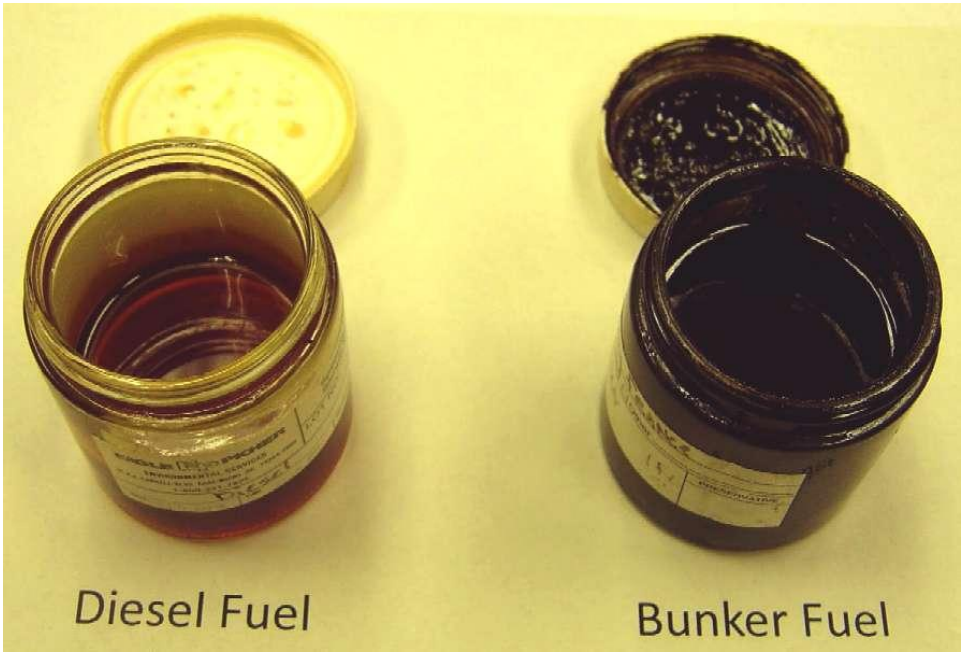
Τα αμέσως επόμενα χρόνια ακολουθεί μια σειρά από καινοτομίες στους πετρελαιοκινητήρες οι οποίες κατέστησαν δυνατή την χρήση βαρέως τύπου καύσιμου (Heavy Fuel Oil) σε κινητήρες μεσαίας ταχύτητας. Παράλληλα με την ανάπτυξη των μηχανών και των καυσίμων στην ναυτιλία, παρουσιάζεται ραγδαία εξέλιξη και στον τομέα των λιπαντικών με αποτέλεσμα στα μέσα της δεκαετίας του πενήντα να παρουσιαστούν τα λιπαντικά υψηλής αλκαλικότητας ικανά να εξουδετερώνουν το οξέα που παράγονται από την καύση του υψηλής περιεκτικότητας σε θείο καυσίμου. Το τεχνολογικό αυτό επίτευγμα εξίσωσε τα ποσοστά φθοράς του κινητήρα με εκείνα που μετρήθηκαν με την χρήση συμβατικού αποσταγμένου πετρελαίου (diesel).

Στης αρχές του 21^{ου} αιώνα έως και σήμερα η χρήση καταλοίπων πετρελαίου (residual fuel oil) σχεδόν μονοπωλεί σε όλες τις θάλασσες ενώ, οι αντίστοιχοι κινητήρες βρήκαν εφαρμογή και στον τομέα της παραγωγής ενέργειας.

1.2 Βασικοί τύποι και ιδιότητες ναυτιλιακών καυσίμων

Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα (ISO 8217:2005) τα ναυτιλιακά καύσιμα διακρίνονται στις δύο παρακάτω βασικές κατηγορίες

- Τα αποστάγματα πετρελαίου (distillate type)
- Τα υπολείμματα αποστάξεως (residual oil)



Εικόνα 1: Απεικόινηση δειγματων για τις δύο διαφορετικές κατηγορίες ναυτιλιακών καυσίμων (πηγή: http://www.bluebird-electric.net)

Οι δύο παραπάνω κατηγορίες καυσίμων παρουσιάζουν διακριτές διαφορές και σε επίπεδο φυσικών ιδιοτήτων αλλά και τον τρόπο χρήσης τους. Πιο συγκεκριμένα, τα αποστάγματα αποτελούν τα υποπροϊόντα της κλασματικής απόσταξης όπως για παράδειγμα τα Diesel oil, Gasoil και ανήκουν στην κατηγορία των Diesel. Οφείλει το όνομα του στο γεγονός ότι αρχικά ήταν το μόνο καύσιμο που χρησιμοποιούνταν στις μηχανές diesel λόγω του χαμηλού ιξώδους του και του υψηλού βαθμού καθαρότητας που εξασφαλίζει καύση χωρίς επιβλαβή κατάλοιπα. Αποτελεί απόσταγμα φυσικού πετρελαίου (distillate fuel), ανήκει δηλαδή στα ευγενή προϊόντα του και κατατάσσεται στα καλύτερα και ακριβότερα καύσιμα μηχανών εσωτερικής καύσης. Το gasoil οφείλει το όνομα του στο γεγονός ότι πρόκειται για έλαιο (oil) το οποίο με εξαερίωση παράγει αέριο (gas).

Αντίθετα τα υπολείμματα απόσταξης αποτελούν τα προϊόντα που δεν αποστάχθηκαν κατά την διαδικασία της κλασματικής απόσταξης. Αρχικά χρησιμοποιούνταν ως καύσιμο των λεβήτων, δηλαδή στις μηχανές ατμού και είχε καταφέρει να εκτοπίσει τη χρήση του άνθρακα. Είναι το βαρύτερο από όλα τα κλάσματα πετρελαίου και απαιτεί προθέρμανση για σωστή ροή στις δεξαμενές. Επίσης χρησιμοποιείται και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή των λιπαντικών. Πρόκειται για μέρος του φυσικού πετρελαίου (περίπου 50%) και είναι χαμηλότερης ποιότητας σε σχέση με το diesel. Περιέχει πολλούς ρύπους όπως διοξείδιο του θείου. Παρόλα αυτά, είναι το φθηνότερο υγρό καύσιμο της αγοράς. Ανεξάρτητα από τις διακριτές διαφορές τους, στην πράξη, εξυπηρετώντας είτε λειτουργικούς είτε οικονομικούς λόγους χρησιμοποιούνται και οι δύο τύποι καυσίμων άλλοτε εναλλάξ, και άλλοτε σε μορφή μείγματος.

Άλλες κατηγορίες που αποτελούν προσμίξεις των δύο κύριων κατηγοριών είναι: IFO (Intermediate fuel oil), αποτελεί μίξη των δύο παραπάνω με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πετρέλαιο μαζούτ. Συγκεκριμένα αποτελείται περίπου 98% από κατάλοιπα πετρελαίου μαζούτ και 2% από απόσταγμα πετρελαίου diesel. Το residual fuel χρησιμοποιείται για την καύση της κύριας μηχανής (main engine), ενώ το πετρέλαιο distillate fuel (diesel) χρησιμοποιείται για τις βοηθητικές μηχανές (auxiliary engines). Σε αντιστοιχία με τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω το residual fuel oil που προορίζεται για την κύρια μηχανή και αναμιγνύεται ελαφρώς με πετρέλαιο diesel είναι συνήθως το IFO ή MFO ή HFO ενώ το IFO υπό κατηγοριοποιείται ανάλογα με το κινηματικό ιξώδες του το οποίο μετράται σε centistokes (cSt). Οι δύο τύποι που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη ναυτιλία είναι το IFO 380 cSt και το IFO 180 cSt. Εννοείται ότι όσο πιο πολλούς βαθμούς έχει, τόσο πιο παχύρευστο θα είναι και συνεπώς τόσο πιο δύσκολη θα είναι η καύση του. Το γεγονός αυτό κάνει απαραίτητη την προθέρμανση της μηχανής.

Εικόνα 2: Δείγμα κατάλοιπου πετρελαίου (residual fuel) Πηγή : Wikipedia

Το IFO ((Intermediate fuel oil) και γενικότερα όλα τα καύσιμα που χρησιμοποιούν κυρίως κατάλοιπα πετρελαίου είναι κατάλληλο για την κύρια μηχανή μεγάλων πλοίων που κάνουν ποντοπόρα ταξίδια και δεν χρησιμοποιείται όταν το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι. Οι κυριότεροι λόγοι είναι ότι έχει υψηλή συγκέντρωση ρύπων και κατά την καύση του. Το κινηματικό ιξώδες μετράει το βαθμό ρευστότητας του καυσίμου. Δηλαδή, μετράει την ικανότητα του καυσίμου να ρέει κάτω από την αντίσταση της βαρύτητας. Όσο πιο μεγάλος ο αριθμός τόσο καλύτερη η ροή και τόσο παράγει πολύ πυκνό και σκούρο καπνό. Επίσης χρειάζεται συγκεκριμένη θερμοκρασία για αποθήκευση και άντληση ενώ δεν παρέχει ευελιξία στις κινήσεις του πλοίου που είναι απαραίτητες μέσα στο λιμάνι.

Ένας καθοριστικός παράγοντας για τα ναυτιλιακά καύσιμα είναι η ποιότητα ανάφλεξης η οποία προσδιοριζόταν αρχικά σύμφωνα με τον αριθμό και τον δείκτη κετανίου (CCI-Calculated Cetane Index). Ο τρόπος υπολογισμού με βάση τον αριθμό και τον δείκτη κετανίου γινόταν με έμμεσο άμεσο ή μηχανικό τρόπο. Με την τεχνολογική εξέλιξη και την επιστημονική έρευνα σχετικά με τα καύσιμα προσεγγίστηκε ένας νέος δείκτης υπολογισμού της ποιότητας ανάφλεξης ο οποίος συνδέεται με την αρωματικότητα (CCAI-Calculated Carbon Aromaticity Index) των καυσίμων και ο υπολογισμός του δείκτη προκύπτει πλέον με την βοήθεια μαθηματικού τύπου.

Η ποιότητα αναφλέξεως του πετρελαίου diesel καθορίζεται από την ταχύτητα με την οποία αναφλέγεται μέσα στον κύλινδρο της μηχανής μετά την εκτόξευση από τον εγχυτήρα (καυστήρα).

Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ εκτοξεύσεως και εναύσεως πρέπει να είναι κατά το δυνατόν μικρότερος. Επιβράδυνση της εναύσεως θα έχει ως αποτέλεσμα την συγκέντρωση στον θάλαμο καύσεως αρκετού πετρελαίου, που απότομη ανάφλεξη του δημιουργεί απότομες αυξήσεις πιέσεως. Οι αυξήσεις αυτές γίνονται αντιληπτές σαν κτύπημα (Knocking), δηλαδή κραδασμοί και δονήσεις που επιδρούν καταστρεπτικά στη μηχανή και μειώνουν την απόδοση της. Ο χρόνος μεταξύ εκτοξεύσεως και εναύσεως που είναι γνωστός σαν καθυστέρηση αναφλέξεως (delay period) και ο οποίος επηρεάζει την εξέλιξη όλου του φαινομένου εξαρτάται: α) Από την ποιότητα του καυσίμου (αριθμός κετανίου), δηλαδή από το είδος και την αναλογία υδρογονανθράκων που έχει, β) από τις συνθήκες που δημιουργούνται μέσα στον κύλινδρο κατά την στιγμή της εγχύσεως. Είναι γνωστό ότι στην πετρελαιομηχανή η ανάφλεξη γίνεται χωρίς σπινθηριστή, έχουμε αυτανάφλεξη, που για να συμβεί πρέπει να εξασφαλίσουμε τις κατάλληλες συνθήκες πιέσεως και θερμοκρασίας. Η αυτανάφλεξη αυτή που προκαλεί την καύση δεν είναι ακαριαία γιατί το καύσιμο στην μηχανή diesel βρίσκεται σε μορφή λεπτών σταγονιδίων, δηλαδή σε υγρή κατάσταση και πρέπει πριν την ανάφλεξη να προηγηθούν άλλες διεργασίες μετά από τις οποίες ακολουθεί η καύση όλου του μείγματος, όπως: α) πλήρης ανάμιξη των σταγονιδίων με τον αέρα, β) εξαέρωση των σταγονιδίων, γ) ανάμιξη των ατμών του καυσίμου με τον αέρα, δ) προφλογική οξείδωση του καυσίμου, ε) τοπική ανάφλεξη.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω κάθε κατηγορία καυσίμου χωρίζεται σε υποκατηγορίες που φέρουν ένα συγκριμένο χαρακτηριστικό. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ονοματολογία των καυσίμων που προσδιορίζει την κατηγορία που ανήκει και χαρακτηριστικά του. Πιο συγκεκριμένα, όσα ονόματα καυσίμων έχουν ως αρχικό γράμμα το D αυτό σημαίνει ότι το καύσιμο είναι προϊόν απόσταξης (Distillate fuel) αντίστοιχα για το γράμμα R υποδηλώνεται ότι το καύσιμο είναι υπόλειμμα απόσταξης (Residual fuel) ενώ καύσιμα με αρχικό γράμμα το M (Marine) εννοούνται τα ναυτιλιακά καύσιμα. Επίσης, κατά ISO 8217 προσδιορίζονται 10 διαφορετικοί τύποι ναυτιλιακού μαζούτ η ονομασία των οποίο ξεκινά με τα αρχικά RMX όπου το X παίρνει τιμές από το γράμμα A έως το K ενώ στην συνέχεια γράφεται με διψήφιο νούμερο το ιξώδες του συγκεκριμένου τύπου καυσίμου. Θέλοντας να προβούμε σε μια σύγκριση μεταξύ των δύο τύπων καυσίμων θα λέγαμε τα εξής: Το πετρέλαιο (Diesel) έχει ως χαρακτηριστικό το χαμηλό ιξώδες, το οποίο επιτρέπει πολύ καλύτερο διασκορπισμό του καυσίμου στον χώρο καύσης ενώ η υψηλή καθαρότητα του εξασφαλίζει μια ποιοτική καύση χωρίς επιβλαβή κατάλοιπα. Στις μέρες μας το diesel χρησιμοποιείται στις ταχύστροφες μηχανές με μικρή σχετικά ισχύ, ενώ στην κατηγορία των μηχανών μεγάλης ισχύος στην οποία ανήκουν και οι ναυτικές μηχανές χρησιμοποιούνται βαρέα καύσιμα με βάση το μαζούτ.

Το μαζούτ αποτελεί το μη αποσταγμένο μέρος του φυσικού πετρελαίου το οποίο συλλέγεται από την βάση του πύργου αποστάξεως του διυλιστηρίου και αποτελεί ένα πολύτιμο καύσιμο για τους εξής λόγους

- Αποτελεί περίπου του 50% του φυσικού πετρελαίου
- Είναι φθηνότερο έναντι του diesel),
- Έχει ευρύτατη εφαρμογή σαν καύσιμο πετρελαιομηχανών αλλά και λεβήτων.

Χαρακτηριστικό του μαζούτ είναι το έντονο μαύρο χρώμα και το υψηλό ιξώδες σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος για αυτό για να διατηρείται σε ρευστή κατάσταση στις δεξαμενές χρειάζεται προθέρμανση σε θερμοκρασία τουλάχιστον 15 – 45 °C για ευκολότερη ροή στην άντληση, ενώ η ονομασία διακίνησης του είναι Marine Fuel Oil. Το μαζούτ είναι χαμηλότερης ποιότητας σε επίπεδο φυσικοχημικών ιδιοτήτων έναντι του Diesel το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών προβλημάτων κατά την μετάπτωση από diesel σε μαζούτ στους ναυτικούς κινητήρες τα οποία καλούνται να αντιμετωπίσουν τόσο οι κατασκευαστές κινητήρων όσο και οι πλοιοκτήτες με δύο κύριος τρόπους:

- Κατασκευαστικούς, όπου οι σύγχρονες ναυτικές πετρελαιομηχανές είναι γενικά αργόστροφες και με μεγάλη ιπποδύναμη, εξοπλισμένες με συστήματα έντονου καθαρισμού και επεξεργασίας των καυσίμων.
- Λειτουργικούς, όπου περιλαμβάνουν σειρά μέτρων που σχεδόν εκμηδενίζουν ή τουλάχιστον ελαχιστοποιούν τα προβλήματα από την ποιότητα του καυσίμου όπως είναι η χρήση φυγοκεντρικών καθαριστήρων, η τοποθέτηση φίλτρων και η προθέρμανση του καυσίμου για την διατήρηση του ιξώδες στα κατάλληλα επίπεδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Οι διαφορετικοί τύποι εφαρμογών των καυσίμων ναυτιλίας καθώς και μια σειρά από περιβαλλοντικά τα ζητήματα έχουν οδηγήσει σε διαφορετικούς τύπους προδιαγραφών πετρελαίου. Οι προδιαγραφές αυτές είναι πολύ πιο αυστηρές από τις αρχικές προδιαγραφές των καυσίμων που χρησιμοποιούνταν για παράδειγμα σε λέβητες. Η ποιότητα των ναυτιλιακών καυσίμων απασχολεί τους διεθνείς οργανισμούς από το 1973, όμως φαινόμενα όπως: η μόλυνση της ατμόσφαιρας, η αύξηση του φαινόμενου του θερμοκηπίου, οι κλιματικές αλλαγές, η άνοδος της στάθμης των υδάτων ώθησαν τους διεθνείς οργανισμούς να λάβουν πιο αυστηρά μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών βλαβερών αερίων που προέρχονται από τη χρήση των ναυτιλιακών καυσίμων. Για τον έλεγχο της ποιότητας και της καταλληλότητας καυσίμων οι διεθνείς οργανισμοί έχουν θεσπίσει ποιοτικά όρια όπως πχ. αυτά που περιέχονται στο πρότυπο ISO 8217. Το πρότυπο όμως δεν περιλαμβάνει στοιχεία που είναι υψηλής σημασίας για την ποιότητα των διεργασιών καύσεως στο εσωτερικό των μηχανών και τις εκπομπές αερίων. Η προσπάθεια για την μείωση των βλαβερών αερίων οδήγησε σε περιορισμό της περιεκτικότητας των ναυτιλιακών καυσίμων σε θείο (sulfur). Τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο είναι ακριβότερα από αυτά των καταλοίπων πετρελαίου. Αυτό συμβαίνει γιατί απαιτούνται υψηλότερες διεργασίες διύλισης οι οποίες αυξάνουν το κόστους τους.

Είναι σημαντικό πριν περάσουμε στους κρίσιμους παράγοντες των καυσίμων ναυτιλίας να αναφερθούμε σε αυτό το σημείο στα αρνητικά αποτελέσματα τις χρήσης καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Είναι γνωστό ότι το θείο που υπάρχει στο πετρέλαιο καύσεως έχει και ευεργετικές ιδιότητες για την μηχανή και ειδικά για τις αντλίες πετρελαίου γιατί βοηθάει στη λίπανση των κινούμενων μερών και αποφεύγονται τα κολλήματα.

Εικόνα 3: Απεικόνιση θείου σε κρυσταλλική μορφή (πηγή: Wikipadia)

Ήδη κυκλοφορούν αρκετά πρόσθετα στην αγορά που βελτιώνουν την λιπαντική ικανότητα των καυσίμων, ειδικά όταν το καύσιμο είναι πολύ χαμηλού θείου. Το χαμηλό Ιξώδες και οι επακόλουθες δυσκολίες καύσης. Το καύσιμο περιεκτικότητας σε θείο 0,1% που προβλέπεται να χρησιμοποιείται στα λιμάνια, χαρακτηρίζεται συνήθως από ένα ιξώδες της τάξεως του 1 – 3 mm2/s. Οι μηχανές όμως μέχρι σήμερα έχουν σχεδιασθεί να χρησιμοποιούν κατά την καύση ιξώδες από 10 – 20 mm2/s. Η περίπτωση της αντικατάστασης του συνηθισμένου καυσίμου (HFO) από το ελαφρύ MGO στα λιμάνια θα είναι μια συχνή πραγματικότητα. Ήδη καύσιμο πολύ χαμηλού θείου και χαμηλού ιξώδους χρησιμοποιείται και σε εγκαταστάσεις ξηράς αλλά εκεί έχουν τοποθετηθεί ψύκτες για τον σκοπό της διόρθωσης του ιξώδους του καυσίμου. Η θερμοκρασία και εξαέρωση των Καυσίμων. Όταν κανείς γυρίζει μια μηχανή από χρήση καυσίμου HFO σε MGO ή MDO όπου δεν απαιτείται προθέρμανση, λόγω της υπολειμματικής θερμότητας στο κύκλωμα καυσίμου, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν προβλήματα στις αντλίες από εξαέρωση του ελαφρού καυσίμου εξαιτίας της αυξημένης θερμοκρασίας. Πρέπει λοιπόν να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή κατά το γύρισμα από HFO σε MGO ή MDO.

Οι κανονισμοί πλέον απαιτούν κατά τον ελλιμενισμό την χρήση καυσίμου με την περιεκτικότητα σε θείο 0,1%. Είναι προφανές ότι το μόνο καύσιμο που πληρεί αυτούς τους όρους είναι το MGO. Είναι όμως πιθανό ότι θα υπάρχουν διαρροές καυσίμου από τις αντλίες εφ όσον οι αντλίες είναι σχεδιασμένες για ιξώδη 10 – 20 mm2/s ενώ τα χαμηλού θείου καύσιμα έχουν ιξώδη από 1 – 3 mm2/s. Τα κάτωθι μπορούν να συμβούν ως επακόλουθο των διαρροών:

1. Πτώση της πιέσεως στις αντλίες,

2. Περιορισμός στην ποσότητα εκχύσεως καυσίμου

3. Φαινόμενα Εξαερώσεως,

4. Διαρροές καυσίμου

5. Βραδυπορία στην ανάφλεξη για μηχανές που έχουν σχεδιασθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς NOX.

Από την άλλη, η ανάμειξη του καυσίμου με το λιπαντικό της μηχανής θα επιφέρει και τα κάτωθι προβλήματα:

1. Πτώση του ιξώδους του λιπαντελαίου

2. Πτώση του Σημείου Αναφλέξεως. Αυτό μπορεί να γίνει και αιτία ανάφλεξης

3. Επειδή το καύσιμο αυτό έχει χαμηλά αρωματικά δεν είναι φιλικό σε πολλά λάστιχα στεγανοποίησης και αυτό μπορεί να δημιουργεί προβλήματα στεγανοποίησης στο κύκλωμα καυσίμου.

2.1 Χημική σύσταση καυσίμων

Θείο

Η αυξημένη περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο επηρεάζει σημαντικά τη λειτουργία του κινητήρα Diesel, επειδή προκαλεί διάβρωση σε χαμηλές θερμοκρασίες αφού παράγεται το πολύ διαβρωτικό θειϊκό οξύ όταν οξείδια του θείου που έχουν σχηματιστεί κατά τη διαδικασία της καύσης ψυχθούν κάτω από τις θερμοκρασίες υγροποίησης (160-170 oC). Αυτού του τύπου η διάβρωση εμφανίζεται κυρίως στα κατώτερα τμήματα των χιτωνίων και στα έμβολα, και προκαλεί φθορές στα ελατήρια των εμβόλων. Τα επίπεδα θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα ολοένα αυξάνονται, επειδή περισσότερο ανεπτυγμένες μέθοδοι όπως η διύλιση κενού μπορούν και χρησιμοποιούν όλο και πιο βαριά άρα και φτηνά καύσιμα για τη διύλιση, που όμως έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο.

Υπόλειμμα άνθρακα

Η κατά την καύση πυρόλυση των βαρύτερων υδρογονανθράκων σε υψηλές θερμοκρασίες δημιουργεί επικαθήσεις άνθρακα. Οι τιμές Conradson Carbon Residue (CCR) και Micro-Carbon Residue (MCR) εκφράζουν την τάση ενός καυσίμου να σχηματίζει επικαθήσεις άνθρακα. Κατά τη μέθοδο μέτρησης του CCR, δείγμα καυσίμου θερμαίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία απουσία αέρα. Η ποσότητα άνθρακα ως προκύπτον υπόλειμμα είναι προϊόν πυρόλυσης, και καλείται CCR. Τα πλούσια σε άνθρακα καύσιμα είναι πιο δύσκολο να καούν, έχουν φτωχά χαρακτηριστικά σε καύση, και οδηγούν σε σχηματισμό υπολειμμάτων αιθάλης και άνθρακα κατά την καύση τους, με αποτέλεσμα φθορά στα χιτώνια, τις βαλβίδες εξαγωγής, τα ελατήρια των εμβόλων και τα ακροφύσια του στροβίλου του υπερπληρωτή και των εγχυτήρων. Οι μέγιστες αποδεκτές τιμές CCR και MCR σχετίζονται με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα, τόσο μικρότερη είναι η διάρκεια της καύσης και περισσότερα τα υπολείμματα. Συνεπώς, τα αποδεκτά όρια CCR/MCR ελαττώνονται με αύξηση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα.

Ασφαλτένια

Τα ασφαλτένια είναι ενώσεις υδρογονανθράκων υψηλού μοριακού βάρους σε σύνθετη μοριακή δομή (αλειφατική, ναφθενική και αρωματική), οι οποίοι βρίσκονται διάσπαρτοι σε

κάποιου είδους κολλοειδείς αιωρήσεις εντός του καυσίμου. Τα ασφαλτένια επιδρούν στην καύση με τρόπο παρόμοιο με αυτόν των υπολειμμάτων άνθρακα. Μειώνουν τις λιπαντικές ιδιότητες του καυσίμου, και σε σπάνιες περιπτώσεις είναι πιθανό ακόμα και το "κόλλημα" της αντλίας καυσίμου. Τα ασφαλτένια επηρεάζουν την συμβατότητα/σταθερότητα ελαφρών και βαρέων μειγμάτων, καθώς και τον ρυθμό έκλυσης της θερμότητας κατά τη διεργασία της καύσης (Rate Of Heat Release – ROHR). Η συμβατότητα αποτελεί μια πολύ σημαντική ιδιότητα του καυσίμου. Όσο τα καύσιμα καταλοίπων (residual oils) διυλίζονται εντονότερα, το καύσιμο που προκύπτει αναμιγνύεται με ελαφρότερα καύσιμα (cutter stocks), ώστε το μίγμα να αποκτήσει ικανοποιητικές ιδιότητες. Όταν ελαφρά κλάσματα, τα οποία υπερέχουν σε αλειφατικούς υδρογονάνθρακες, αναμιγνύονται με βαρύτερα καύσιμα, διακόπτεται η κολλοειδής διάδοση των στοιχείων υψηλού μοριακού βάρους. Λόγω αυτής της άρσης της ισορροπίας, τα βαρύτερα συστατικά αρχίζουν να σχηματίζουν ιζήματα, δηλαδή να λασπώνουν. Μια απλούστερη ερμηνεία των όρων συμβατότητα/σταθερότητα θα ήταν η τάση του καυσίμου να σχηματίζει κατάλοιπα σε μορφή λάσπης, για παράδειγμα κατά την αποθήκευση. Για αυτόν τον λόγο, καύσιμα που έχουν φορτωθεί στο πλοίο από διαφορετικά λιμάνια προτιμάται, αν αυτό είναι δυνατόν, να αποθηκεύονται σε διαφορετικές δεξαμενές, και η ανάμιξη καυσίμων από διαφορετικές δεξαμενές του πλοίου θα πρέπει να αποφεύγεται.

Νερό / διάβρωση

Το νερό που περιέχεται στο καύσιμο μπορεί να εισέλθει στο πλοίο κατά τη φόρτωση ή ως συμπύκνωμα κατά την αποθήκευση του καυσίμου. Το αλάτι που υπάρχει στο θαλασσινό νερό μπορεί να ενωθεί με το βανάδιο που συνήθως υπάρχει στα καύσιμα, και να προκαλέσει προβλήματα επικαθήσεων και διάβρωσης υψηλών θερμοκρασιών σε μηχανικά μέρη του κινητήρα, όπως η βαλβίδα εξαγωγής και ο στρόβιλος του υπερπληρωτή, καθώς και διάβρωση των σωληνώσεων από το αλάτι και διάβρωση χαμηλών θερμοκρασιών από το θειϊκό οξύ. Μικροβιακή ανάπτυξη μπορεί να προκληθεί από την παρουσία νερού στο βαρύ καύσιμο. Αυτές οι πολύ απλές μορφές ζωής υπάρχουν στο νερό, και τρέφονται με βαρύ καύσιμο μεταξύ της διεπιφάνειας νερού – καυσίμου. Το αποτέλεσμα αυτής της αποικίας στο καύσιμο μπορεί να είναι ένα είδους λάσπης, το οποίο είναι δυνατόν να αποβεί διαβρωτικό για τους διαχωριστές και τα φίλτρα

Βανάδιο

Το βανάδιο είναι στοιχείο το οποίο συναντάται και αυτό στη σύνθεση του καυσίμου. Τα επίπεδα βαναδίου στα καύσιμα καταλοίπων (residual oils) ποικίλουν ανάλογα με την προέλευση του αργού πετρελαίου. Κατά την καύση, το βανάδιο οξειδώνεται σε πεντοξείδιο του βαναδίου V2O5, σχηματίζοντας επικαθήσεις. Το αλάτι, NaCl, από το θαλασσινό νερό ή από τον θαλασσινό αέρα πληρώσεως, αντιδρά με το οξυγόνο και το διοξείδιο του θείου, και σχηματίζει θειϊκό νάτριο.

Το θεϊικό νάτριο και το πεντοξείδιο του βαναδίου τήκονται σε θερμοκρασία της τάξης των 500-600^{o} C, η οποία εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις των δύο ενώσεων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία στερεών τηγμάτων που εμμένουν στις επιφάνειες, και την τοπική αύξηση της θερμοκρασίας που καταλήγει σε διάβρωση υψηλών θερμοκρασιών.

Κατάλοιπα καταλυτικής απόσταξης

Κατά τη μέθοδο διάσπασης ρευστού καταλύτη, το πετρέλαιο αναμιγνύεται με καταλύτη σε μέση θερμοκρασία περίπου 500 ^{o}C, με αποτέλεσμα τη διάσπαση των μακρομορίων του σε ελαφρύτερα. Οι κόκκοι του καταλύτη (συνήθως βασισμένος σε alumino silicate) μπορεί να αποκολληθούν από τον καταλύτη, να παρασυρθούν από το πετρέλαιο, και να ενσωματωθούν σε αυτό. Αν οι κόκκοι αυτοί δεν αφαιρεθούν από το καύσιμο, μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στον κινητήρα. Κόκκοι διαμέτρου 10 μm μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στις αντλίες καυσίμου και τους εγχυτήρες. Μεγαλύτεροι κόκκοι, διαμέτρου 10–70 μm, μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στα ελατήρια των εμβόλων, στα χιτώνια, στις βαλβίδες εξαγωγής και στον στρόβιλο του υπερπληρωτή. Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων θα πρέπει να εφαρμόζονται τεχνικές διαχωρισμού και φιλτραρίσματος του καυσίμου για την απομόνωσή τους από το καύσιμο.

Στερεά υπόλοιπα και τέφρα

Οι επικαθήσεις της τέφρας που εμμένουν στις μεταλλικές επιφάνειες προκαλούν τοπική υπερθέρμανση που μπορεί να οδηγήσει σε διάβρωση υψηλών θρεμοκρασιών. Η παρουσία τέφρας σε συνδυασμό με άλλα στερεά υπολείμματα όπως άμμος, σκουριά και στοιχεία μετάλλων, φθείρει τα ελατήρια εμβόλων, τα χιτώνια, τις βαλβίδες εξαγωγής και τον στρόβιλο του υπερπληρωτή. Τα ιζήματα από άλατα του αργού πετρελαίου και διάφορες επικαθήσεις πρέπει να απομακρύνονται από το καύσιμο μέσω κατακάθισης, διαχωρισμού και φιλτραρίσματος, ώστε να αποφεύγεται πιθανή διάβρωση

2.2 Ιδιότητες των Ναυτιλιακών Καυσίμων.

Πυκνότητα (Density)

Η πυκνότητα ορίζεται ως ο λόγος της μάζας μιας ουσίας προς τον όγκο αυτής. Η μονάδα μέτρησης της πυκνότητας στο SI είναι τα kg/m3. Η ιδιότητα αυτή μπορεί να δώσει χρήσιμες ενδείξεις για την σύσταση του καυσίμου, την ποιότητα ανάφλεξης καθώς και για την δυνατότητα ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η τιμή 991 kg/m3 στα περισσότερα καύσιμα είναι το άνω όριο ώστε να γίνει διαχωρισμός του νερού από το καύσιμο. Ο διαχωρισμός γίνεται με φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες (purifier). Πάντως η τεχνολογία σήμερα έχει επιτρέψει ακόμα και τον διαχωρισμό του νερού σε καύσιμα πυκνότητας έως 1010 kg/m3. Τα πλοία που κινούνται με ατμό κυρίως LNG

(Liquified Natural Gas, Πλοία Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου) δεν έχουν ανάγκη φυγοκέντρισης του καυσίμου καθώς οι λέβητες έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν με πολύ βαρύ πετρέλαιο. Τα συγκεκριμένα πλοία δεν έχουν κάποιο περιορισμό στην πυκνότητα του καυσίμου που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν. Η πυκνότητα των μαζούτ μετριέται μεταξύ 50 ºC και 60 ºC και έπειτα διορθώνεται και αναφέρεται στους 15 ºC. Η διόρθωση γίνεται με συντελεστές διόρθωσης που έχουν δημοσιευτεί από τους επίσημους φορείς τυποποίησης (ASTM, IP, ISO) Η πυκνότητα των Diesel μετριέται κατευθείαν στους 15 ºC.

Ιξώδες (Viscosity)

Το ιξώδες ορίζεται ως αντίσταση του ρευστού σε διάτμηση ή ροή και αποτελεί ένα μέτρο των δυνάμεων συνεκτικότητας ή τριβών που παρουσιάζει το καύσιμο. Η τιμή του εξαρτάται από την θερμοκρασία και την πίεση. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται το ιξώδες μειώνεται, ενώ όσο αυξάνεται η πίεση το ιξώδες αυξάνεται. Ορίζονται 2 είδη μέτρησης του ιξώδους: Το δυναμικό και το κινηματικό.

Το δυναμικό ιξώδες αναφέρεται και ως απόλυτο ιξώδες και είναι η εφαπτομενική δύναμη ανά μονάδα επιφανείας που απαιτείται για να διατηρηθεί η κίνηση ενός οριζοντίου επιπέδου ως προς ένα άλλο σταθερό σε σταθερή ταχύτητα αφού το ρευστό έχει διανύσει κάποια απόσταση. Η μονάδα του δυναμικού ιξώδους είναι το Poise (P) το οποίο ισούται με

$$\text{gr/cm x sec} \qquad (1)$$

Οι μονάδες του δυναμικού ιξώδους στο SI είναι Pa·sec = 10 P. Στην πράξη χρησιμοποιείται μια υποδιαίρεση του Poise to centiPoise. (cP).

$$1\text{cP} = 10^{-2}\ \text{P} = 10^{-3}\ \text{Pa·sec}$$

Το κινηματικό ιξώδες είναι ο λόγος του δυναμικού ιξώδους προς την πυκνότητα, μετρημένα στην ίδια θερμοκρασία. Οι μονάδες του έχουν ονομαστεί Stokes

$1\ \text{S} = \text{cm}^2/\text{sec} = 10^{-4}\ \text{m}^2/\text{sec}$. Η υποδιαίρεση του είναι τα cSt.

$$1\ \text{cS} = 10^{-2}\ \text{S} = 10^{-6}\ \text{m}^2/\text{sec}$$

Για τα μαζούτ η θερμοκρασία αναφοράς του ιξώδους είναι οι 50 ºC. Για τα καύσιμα Diesel η θερμοκρασία αναφοράς του ιξώδους είναι οι 40 ºC. Η μέτρηση του γίνεται σύμφωνα με την μέθοδο ASTM D 445.

Σημείο Ανάφλεξης (Flash Point)

Το σημείο ανάφλεξης (flash point) είναι το κατώτερο όριο θερμοκρασίας για το οποίο το καύσιμο αναφλέγεται όταν έρθει σε επαφή με φλόγα και ξανασβήνει όταν η φλόγα απομακρυνθεί. Η μέτρηση του γίνεται όπως ορίζεται από την πρότυπη μέθοδο ASTM D 93.

Σημείο Καύσεως

Είναι η θερμοκρασία στην οποία το καύσιμο αναφλέγεται όταν το πλησιάσει φλόγα και εξακολουθεί να φλέγεται όταν η φλόγα απομακρυνθεί. Το σημείο αυτό είναι μεγαλύτερο του σημείου αναφλέξεως μέχρι και κατά 60 ºC.

Σημείο Αυτανάφλεξης

Είναι η θερμοκρασία στην οποία το καύσιμο αναφλέγεται μόνο του υπό ατμοσφαιρική πίεση.

Σημείο Ροής (Pour Point)

Σημείο ροής είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία για την οποία το καύσιμο μπορεί να ρέει. Κάτω από αυτή την θερμοκρασία η ροή του καυσίμου είναι πολύ δύσκολη ή ακόμα και αδύνατη. Οι απαιτήσεις είναι αυστηρότερες για την περίοδο Οκτώβριο έως Μάιο λόγω των μειωμένων θερμοκρασιών περιβάλλοντος που επικρατούν στο Βόρειο ημισφαίριο εκείνη την περίοδο. Η μέτρηση του γίνεται με βάση με την μέθοδο ASTM D 97.

Η πρακτική σημασία του σημείου ροής των μαζούτ είναι πολύ μικρή. Το μαζούτ ακόμη και πολλούς βαθμούς πάνω από το σημείο ροής του δεν πληρεί τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του κινητήρα για την έγχυση στον θάλαμο. Η θέρμανση του μαζούτ είναι απολύτως απαραίτητη για να οδηγηθεί στους εγχυτήρες όπου θα ψεκαστεί στους κυλίνδρους.

Η σημασία του σημείου ροής στο Diesel είναι μεγάλη καθώς το καύσιμο δεν θερμαίνεται προ της εισαγωγής του στον κινητήρα. Η θερμοκρασία στην οποία το diesel σταματάει να ρέει είναι πολύ σημαντική για πλοία τα οποία πλέουν στα πιο ψυχρά γεωγραφικά πλάτη της Γης όπως για παράδειγμα τα παγοθραυστικά

Σημείο Θόλωσης (Cloud Point)

Σημείο θόλωσης είναι η θερμοκρασία στην οποία το καύσιμο γίνεται θολό ή νεφελώδες λόγω εμφάνισης κρυστάλλων. Οι παραφινικοί υδρογονάνθρακες είναι οι πρώτοι που παγώνουν λόγω του υψηλού σημείου ροής τους, δημιουργώντας κρυστάλλους. Αξίζει να σημειωθεί πως η εμφάνιση των κρυστάλλων δεν περιορίζει την δυνατότητα ροής του καυσίμου.

Η προδιαγραφή για το σημείο θόλωσης υπάρχει μόνο για το καύσιμο DMX και είναι -16 ºC. Η πρακτική σημασία αυτής της απαίτησης είναι πως το καύσιμο πρέπει να είναι κατάλληλο για χρήση σε θερμοκρασίες έως -16 ºC χωρίς την θέρμανση του. Η μέτρηση του σημείου θόλωσης γίνεται με βάση την πρότυπη μέθοδο ASTM D 2500.

Τέφρα (Ash)

Η τέφρα είναι ανόργανα στερεά συστατικά που εμπεριέχονται μέσα στο αργό πετρέλαιο και παραμένουν μέσα σε αυτό μετά την διαδικασία της απόσταξης. Αποτελούνται από βανάδιο, νάτριο, αργίλιο, πυρίτιο νικέλιο. Μετριέται σε ποσοστό % m/m με την μέθοδο ASTM D 482. Η τέφρα είναι ανεπιθύμητη καθώς μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αποθέσεων στο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου. Επιπροσθέτως η τέφρα εναποτίθεται στις επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας με συνέπεια να μειωθεί και ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης.

Εξανθράκωμα (Residue)

Το εξανθράκωμα είναι ανθρακούχες αποθέσεις οι οποίες δημιουργούνται κατά την καύση του καυσίμου. Τα βαρύτερα από τα συστατικά του πετρελαίου δεν οξειδώνονται άλλα πυρολύονται, και επικάθονται μέσα στον κύλινδρο και στις βαλβίδες. Τα καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε υπόλειμμα άνθρακα προκαλούν αυξανόμενη φθορά των αεραγωγών της μηχανής, ειδικά των λεβήτων και των στροβιλοϋπερπληρωτών

Η μέτρηση του εξανθρακώματος γίνεται με 2 μεθόδους. Είτε με την μέθοδο Micro Carbon Residue (ASTM D-4530) είτε με την Ramsbottom Carbon Residue (ASTM D-524). Για τα diesel η μέτρηση του εξανθρακώματος δεν γίνεται στο καύσιμο αλλά στο υπόλειμμα 10% της απόσταξης. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ποσοστό % κατά βάρος.

Ολικό Ίζημα (Total Sediment)

Ιζήματα είναι τα αδιάλυτα υπολείμματα όπως άμμος ρύποι και σκουριά που δεν προέρχονται από το καύσιμο. Το ίζημα είναι σημαντικό στο καύσιμο και στην σταθερότητα του καθώς την επηρεάζει αρνητικά.

Σταθερότητα ενός καυσίμου μπορεί να οριστεί η ως η δυνατότητα να παραμένει αμετάβλητο παρά τις καταστάσεις που μπορούν να προκαλέσουν την αλλαγή του.

Ένα μίγμα θεωρείται πως είναι ομοιογενές δηλαδή έχει τις ίδιες ιδιότητες σε κάθε σημείο του αμέσως μετά την παρασκευή του και παραμένει το ίδιο μετά την αποθήκευση του. Αντίθετα ένα μη

σταθερό καύσιμο είναι αυτό που κατά την πάροδο του χρόνου ή με την αύξηση της θερμοκρασίας σχηματίζει ασφαλτικά ή ανθρακούχα αποθέματα.

Η μέτρηση του ιζήματος πραγματοποιείται με την μέθοδο TSP (Total Sediment Potential) ή όποια όμως έχει χρόνο προετοιμασίας 24 ώρες. Αντί της TSP χρησιμοποιείται συχνά η μέθοδος TSA (Total Sediment Accelerated) η οποία είναι πιο γρήγορη.

Αριθμός Κετανίου (Cetane Number)

Ο αριθμός κετανίου είναι ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει την καθυστέρηση ανάφλεξης του Diesel κατά την έγχυση του στον κύλινδρο. Όσο μεγαλύτερο είναι το χρονικό διάστημα από την αρχή της έγχυσης μέχρι να αρχίσει η καύση τόσο περισσότερο άκαυστο πετρέλαιο συσσωρεύεται στον κύλινδρο. Αυτό θα καεί απότομα, με αποτέλεσμα την κατακόρυφη αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Οι απότομες μεταβολές προκαλούν τους λεγόμενους κτύπους στην μηχανή και φθείρουν τα εξαρτήματα της. Επιθυμητό είναι να υπάρχει όσο το δυνατό μικρότερη καθυστέρηση ανάφλεξης μέσα τον κύλινδρο δηλαδή καύσιμο με μεγάλο αριθμό κετανίου.

Ο αριθμός κετανίου κυμαίνεται από 0 έως 100. Χρησιμοποιούνται 2 χημικές ενώσεις που έχουν ως αριθμό κετανίου τα παραπάνω όρια. Η α-μεθυλο-ναφθαλίνη (C10H7-CH3) έχει πολύ μεγάλη καθυστέρηση ανάφλεξης και θεωρήθηκε αριθμός κετανίου ίσος με 0 ενώ το κ-δεκαεξάνιο (κετάνιο, C16H34) έχει αριθμό κετανίου 100. Η χημική ένωση επταμεθυλο-εννεάνιο (2,2,4,4,6,8,8 C16H34) έχει αριθμό κετανίου 15 και έχει αντικαταστήσει την α-μεθυλο-ναφθαλίνη. Ο προσδιορισμός του αριθμού κετανίου γίνεται σε πρότυπο μονοκύλινδρο κινητήρα (CFR Cetane Engine, ASTM D-613).

2.3 Προδιαγραφές ISO

Τα χαρακτηριστικά και προδιαγραφές των ναυτιλιακών καυσίμων καθορίζονται σύμφωνα με κανονισμούς A.S.T.M (American Society Testing material), BSS(British Standard Specification), ISO 8217 2010, CIMAC H-55 και τα εγχειρίδια κατασκευαστών μηχανών. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ποιότητα του καυσίμου και η επεξεργασία αυτού μέχρι και την έγχυση του στο θάλαμο καύσης αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα για την σύσταση των προϊόντων που προκύπτουν από την καύση του, δηλαδή τις εκπομπές του πλοίου στο περιβάλλον. Ας δούμε κάποια επιμέρους χαρακτηριστικά. Ειδικό βάρος (0.83-1.05). οι τιμές δίνονται στο μετρικό σύστημα στους 15 °C , στο Αγγλικό στους 60 F σε Beaume και στην Αμερική σε API. Οι τύποι μετατροπής είναι:

Η αναγωγή του ειδικού βάρους για διαφορετικές θερμοκρασίες από 15 °C, γίνεται με την πρόσθεση για $t > 15$ °C και αντίστοιχα αφαίρεση για $t < 15$ °C. Το σημείο ανάφλεξης (Flash point), είναι η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία το πετρέλαιο θερμαινόμενο δίνει ατμούς αναφλεγόμενους

στιγμιαία σε επαφή με φλόγα. Κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 70-120 °C και μετράται με την μέθοδο κλειστού ή ανοιχτού δοχείου. Σύμφωνα με τους Lloyds το σημείο ανάφλεξης για λόγους ασφαλείας πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 65 °C. Το σημείο καύσης είναι η ελάχιστη θερμοκρασία που οι ατμοί του θερμαινόμενου πετρελαίου αναφλεγόμενοι από φλόγα συνεχίζουν να καίονται επί 5 δευτερόλεπτα. Είναι συνήθως 15-25 °C μεγαλύτερο από το σημείο αναφλέξεως. Το σημείο αυτανάφλεξης, είναι η θερμοκρασία που αυταναφλέγεται το καύσιμο σε ατμοσφαιρική πίεση, συνήθως 350-500 °C, όπου σε συμπίεση 30 ATM. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι προδιαγραφές κατά ISO για αποστάγματα πετρελαίου

Πίνακας 2.1: Προδιαγραφές κατά ISO 8217 για τα αποστάγματα πετρελαίου

Παράμετρος	Μονάδες	Όρια	DMX	DMA	DMB	DMC	Μέθοδος
Πυκνότητα στους 15 °C	kg/m^3	Max	-	890,0	900,0	920,0	ISO 3675 ISO 12185
Κιν. Ιξώδες στους 40 °C	mm^2/s	Max	5,5	6,0	11,0	14,0	ISO 3104
Κιν. Ιξώδες στους 40 °C	mm^2/s	Min	1,4	1,5	-	-	ISO 3104
Εξανθράκωμα στο 10% του υπολείμματος απόσταξης	% m/m	Max	0,30	0,30	-	-	ISO 10370
Εξανθράκωμα	% m/m	Max	-	-	0,30	2,50	ISO 10370
Νερό	% V/V	Max	-	-	0,3	0,3	ISO 3733
Θείο	% m/m	Max	1,0	1,5	2,0	2,0	ISO 8754 ή ISO 14596
Ολικό ίζημα	% m/m	Max	-	-	0,10	0,10	ISO 10307-1
Τέφρα	% m/m	Max	0,01	0,01	0,01	0,05	ISO 6245
Βανάδιο	mg/kg	Max	-	-	-	100	ISO 14597
Αργίλιο και Πυρίτιο	mg/kg	Max	-	-	-	25	ISO 10478
Σημείο Ανάφλεξης	°C	Min	43	60	60	60	ISO 2719
Σημείο Ροής Καλοκαίρι	°C	Max	-	0	6	6	ISO 3016
Σημείο Ροής Χειμώνας	°C	Max	-	-6	0	0	ISO 3016
Σημείο Θόλωσης	°C	Max	-16	-	-	-	ISO 3015
Δείκτης Κετανίου		Min	45	40	35	-	ISO 4264
Εμφάνιση			Καθαρό και διαυγές		-	-	
Ψευδάργυρος	mg/kg	Max	-		-	15	IP 501 IP 470
Φωσφόρος	mg/kg	Max	-		-	15	IP 501 IP 500
Ασβέστιο	mg/kg	Max	-		-	30	IP 501 IP470

Τα μεγάλα εξανθρακώματα ρυπαίνουν τα στοιχεία της μηχανής που έρχονται σε επαφή. Η περιεκτικότητα σε μέταλλα, όπως βανάδιο, μετριέται σε ppm και πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 200-600 και σε συνδυασμό με το νάτριο προκαλεί χημική και θερμή διάβρωση. Η περιεκτικότητα σε ασφαλτένια, κυμαίνεται μεταξύ 0.5-2% στα ελαφρύτερα καύσιμα, 6-8% στα βαρύτερα και 10-20% στα καύσιμα που προέρχονται από θερμική πυρόλυση. Αυτά κατακάθονται στις δεξαμενές, βουλώνουν τα φίλτρα και αποβάλλονται από τη φυγοκέντριση. Η περιεκτικότητα σε αρωματικούς

υδρογονάνθρακες και τέλος το ιξώδες (Viscosity), είναι το μέτρο αντίστασης στη ροή ενός ρευστού ή το μέτρο της εσωτερικής τριβής των μορίων του. Όσο μικρότερο το ιξώδες ενός καυσίμου τόσο λεπτότερο το υγρό και ταχύτερη η ροή του. Στον πίνακα 2.2 παρουσιάζοντες οι προδιαγραφεές κατά ISO 8217 για τα υπολείμματα αποστάξεως πετρελαίου

Πίνακας 2.2: Προδιαγραφές κατά ISO 8217 για τα υπολείμματα αποστάξεως πετρελαίου

Παράμετροι.	Μονάδες	Όριο	RMA 30	RMB 30	RMC 80	RME 180	RMF 180	RMG 380	RMH 380	RMK 380	RMH 700	RMK 700
Πυκνότητα στους 15 °C	kg/m^3	Max	960,0	975,0	980,0	991,0	991,0	991,0	991,0	1010,0	991,0	1010,0
Κιν. Ιξώδες στους 50 °C	mm^2/s	Max	30,0	30,0	80,0	180,0	180,0	380,0	380,0	380,0	700,0	700,0
Εξανθράκωμα	% m/m	Max	10	10	14	15	20	18	22	22	22	22
Νερό	% V/V	Max	0,5									
Θείο [1]	% m/m	Max	3,5	3,5	4,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Ολικό ίζημα	% m/m	Max	0,10									
Τέφρα	% m/m	Max	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Βανάδιο	mg/kg	Max	150	150	350	200	500	300	600	600	600	600
Αργίλιο και Πυρίτιο	mg/kg	Max	80									
Σημείο ανάφλεξης	°C	Min	60									
Σημείο Ροής Καλοκαίρι	°C	Max	6	24	30	30	30	30	30	30	30	30
Σημείο Ροής Χειμώνας	°C	Max	0	24	30	30	30	30	30	30	30	30
Ψευδάργυρος [2]	mg/kg	Max	15									
Φωσφόρος [2]	mg/kg	Max	15									
Ασβέστιο [2]	mg/kg	Max	30									

[1] Ο περιορισμός του θείου στο 1,5%m/m θα ισχύει στις περιοχές ελέγχου εκπομπών SO_x οι οποίες είναι σχεδιασμένες από τον IMO. (International Maritime Organization).Μπορεί να υπάρχουν τοπικές διαφοροποιήσεις

[2] Το καύσιμο πρέπει αν είναι ελεύθερο από χρησιμοποιημένο λιπαντικό (ULO). Ένα καύσιμο θεωρείται ελεύθερο από ULO όταν ένα η περισσότερα από τα στοιχεία είναι κάτω από τα όρια. Και τα τρία στοιχεία πρέπει να ξεπερνάνε τα όρια για να θεωρηθεί πως ένα καύσιμο είναι επιμολυμένο με ULO

Επίλογος - Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιαστήκαν οι κρίσιμοι παράγοντες στα καύσιμα ναυτιλίας. Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε ότι η επιστημονική εξέλιξη καυσίμων και μηχανών είναι ραγδαία και σε άμεση εξάρτηση με τις ανάγκες όλων των ειδών μεταφορών με πλοία. Τα καύσιμα αναλόγως με την επεξεργασία τους χωρίζονται σε βασικές κατηγορίες με διαφορετικά χαρακτηριστικά και εφαρμογές. Επιπλέον, η κάθε κατηγορία διαιρείται σε περισσότερες υποκατηγορίες με πιο εξειδικευμένες εφαρμογές. Λόγο των περιβαλλοντολογικών περιορισμών η χρήση του θείου έχει περιοριστεί, με αρνητικές συνέπειες για του κινητήρες και ειδικότερα για τια αντλίες αλλά και τη λίπανση.

Τέλος, οι κρίσιμοι παράγοντες των καυσίμων ναυτιλίας πρέπει να αποτελούν μια απαραίτητη γνώση για κάθε μηχανικό του εμπορικό ναυτικού διότι κατανοεί πληρέστερα βασικά κεφάλαιο στο γνωστικό του αντικείμενο

Βιβλιογραφία

1) https://www.wikipedia.org/
2) http://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/73473-properties-of-heavy-fuel-oil/
3) https://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/Rules&Guides/Current/31_HeavyFuelOil/Pub31_HeavyFuelOil
4) http://www.chevronmarineproducts.com/products/iso-specs.aspx
5) https://www.exxonmobil.com/MarineLubes-En/Files/exxonmobil-marine-fuel-oil.pdf
6) http://www.platts.com/IM.Platts.Content/ProductsServices/ConferenceAndEvents/2012/pc251/presentations/Raghuvir_Bhavani.pdf
7) http://www.viscopedia.com/viscosity-tables/substances/bunker-oil-marine-fuel-oil/
8) http://www.caltex.com.au/sites/Marine/Products/Pages/MarineGasOil.aspx
9) http://www.chevronmarineproducts.com/docs/Chevron_EverythingYouNeedToKnowAboutFuels_v3_1a_DESKTOP.pdf
10) http://www.dma.dk/themes/LNGinfrastructureproject/Documents/Bunkering%20operations%20and%20ship%20propulsion/51-60DF_IMO_TierII_%E2%80%93_Marine_partII.pdf
11)

Περιεχόμενα

Περίληψη 3

Abstract 4

Πρόλογος 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ 6

1.1 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή 7

1.2 Βασικοί τύποι και ιδιότητες ναυτιλιακών καυσίμων 8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ 13

2.1 Χημική σύσταση καυσίμων 16

Θείο 16

Υπόλειμμα άνθρακα 16

Ασφαλτένια 16

Νερό / διάβρωση 17

Βανάδιο 17

Κατάλοιπα καταλυτικής απόσταξης 18

Στερεά υπόλοιπα και τέφρα 18

2.2 Ιδιότητες των Ναυτιλιακών Καυσίμων. 18

Πυκνότητα (Density) 18

Ιξώδες (Viscosity) 19

Σημείο Ανάφλεξης (Flash Point) 20

Σημείο Καύσεως 20

Σημείο Αυτανάφλεξης 20

Σημείο Ροής (Pour Point) 20

Σημείο Θόλωσης (Cloud Point) 20

Τέφρα (Ash) 21

Εξανθράκωμα (Residue) 21

2.3 Προδιαγραφές ISO 22

Επίλογος - Συμπεράσματα 27

Βιβλιογραφία..... 28

Περιεχόμενα..... 29