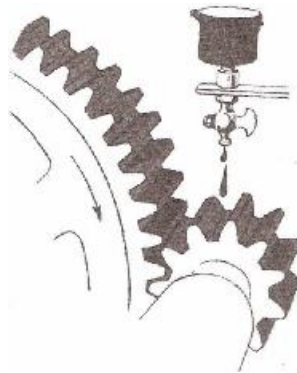


ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΣΑΝ ΜΕΣΟ ΣΤΗΝ
ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΤΩΝ ΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ**



ΟΙ ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΠΛΑΓΚΑ ΜΑΡΙΑ

ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΥΛΟΣ

Ο ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ

ΤΣΑΒΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2009

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

A. Πρόλογος.	8
B. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ	9
1.1 . Σκοπός και σημασία της λιπάνσεως.	
1.2 . Τριβή	
1.3 . Έργο τριβής .Απώλειες λόγω τριβής.	12
1.4 . Αποτελέσματα της τριβής.	13
1.5 . Θεωρία της λιπάνσεως. Λιπαντική μεμβράνη.	15
1.6 . Κατανομή των πιέσεων.	17
1.7 . Παράγοντες που επιδρούν στη λίπανση.	18
1.8 . Ομαλή λειτουργία της μηχανής και το λιπαντέλαιο.	20
Γ. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	
ΕΙΔΗ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ	
2.1. Τα γενικά χαρακτηριστικά ενός λιπαντικού.	23
2.2. Κατάταξη των λιπαντικών.	24
2.3. Ορυκτέλαια.	29
2.4. Παραγωγή και επεξεργασία ορυκτελαίων.	
2.4.1. Απόσταξη σε κενό.	30
2.4.2. Αποκύρωση .	
2.4.3. Κατεργασία με διαλύτες.	31
2.4.4. Αποχρωματισμός.	32
2.4.5. Χημικά πρόσθετα.	33
2.5. Συνθετικά λιπαντικά	35
2.6. Εστέρες διβασικών οξέων.	36
2.7. Οργανοφωσφορικοί εστέρες.	
2.8. Εστέρες του πυριτικού οξέος.	
2.9. Σιλκόνες.	37
Δ. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ	
3.1. Σκοπός και σημασία του ποιοτικού ελέγχου.	39
3.2. Δειγματοληψία.	41
3.3. Μακροσκοπική εξέταση	42

3.4. Ιξώδες.	
3.5. Φαινόμενο ή Φαινομενικό ιξώδες.	46
3.6. Δείκτης ιξώδους.	
3.7. Σημείο ροή, σημείο νεφώσεως.	
3.8. Αντοχή στην οξειδωση.	50
3.9. Αριθμός εξουδετερώσεως.	51
3.10. Εξανθράκωμα.	52
3.11. Συντελεστής αντοχής	53
3.12. Πτητικότητα.	
3.13. Βαθμός καθαρότητας.	55
3.14. Δοκιμή απογαλακτώσεως.	56
3.15. Μηχανικές δοκιμασίες.	57
Ε. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ	
4.1. Λίπανση ατμοστρόβιλων.	59
4.2. Λίπανση παλινδρομικών ατμομηχανών.	62
4.2. α.Εσωτερική λίπανση.	
β.Εξωτερική λίπανση.	65
4.3. Λίπανση ψυκτικών μηχανών.	66
.α.Εσωτερική λίπανση.	67
.β.Εξωτερική λίπανση.	
4.4. Λίπανση οδοντωτών τροχών.	68
4.5. Μονωτικά λάδια.	71
4.6. Λάδια κοπής.	
Ζ. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ	
ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΛΙΠΗ	
5.1. Γενικά.	76
5.2. Παραγωγή λιπαντικών λιπών.	77
5.2.1. Πρώτες ύλες.	
5.2.2. Διαδικασία παραγωγής.	79
5.3. Κατάταξη των γράσων.	
5.3.1. Γράσα με σάπωνες ασβεστίου.	
2. « « « νατρίου	
3. « « « αργιλίου.	80

4.	«	«	«	λιθίου.	
5.	«	«	«	βαρίου.	
6.	«	«	«	μολύβδου.	
5.4.	Ιδιότητες των γρασων.				81
5.4.1.	Σταθερότητα.				
5.4.2.	Συνεκτικότητα.				82
5.4.3.	Φαινόμενο ιξώδες.				84
5.4.4.	Σημείο σταγόνας.				85
5.4.5.	Αντοχή στην οξείδωση.				
5.4.6.	Αντίσταση στο νερό.				
5.5.	Προδιαγραφές γράσων.				86
Η. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ					
ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕΚ					
6.1.	Γενικά για τη λίπανση ΜΕΚ.				88
6.2.	Λίπανση βενζινομηχανών.				90
6.2.1.	Δίχρονες βενζινομηχανές.				
6.2.2.	Τετράχρονες βενζινομηχανές.				92
6.3.	Λίπανση μηχανών Diesel.				98
6.3.1.	Γενικά για τη λίπανση των μηχανών Diesel.				
6.3.2.	Λίπανση τριβέων.				102
6.3.3.	Λίπανση κυλίνδρου.				103
6.3.4.	Λίπανση στροβιλοφουσητήρων				
6.4.	Προδιαγραφές λιπαντελαίων μηχανών Diesel.				106
Θ. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ					
ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ					
7.1.	Αίτια των αλλοιώσεων.				110
7.1.1.	Φυσιολογικά αίτια αλλοιώσεως των λιπαντικών.				
7.1.2.	Λειτουργικά αίτια των αλλοιώσεων.				
7.2.	Συνέπειες των αλλοιώσεων. Τρόπος αντιμετώπισης.				112
7.3.	Καθαρισμός του λιπαντικού κατά τη χρήση του.				114
7.3.1.	Καθαριστήρες ή καθαριστές.				115
7.3.2.	Φίλτρα.				116
7.4.	Αντικατάσταση του λιπαντικού.				117
7.5.	Αναζωογόνηση των λιπαντελαίων (re-refining).				121

I. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

8.1. Γενικά.	124
8.2. Ρυπαντές προερχόμενοι από την καύση.	125
8.3. Συνέπειες της ρυπάνσεως.	126
8.3.1. Οξείδια του αζώτου .	
8.3.2. Οξείδια του θείου (SO _x).	
8.3.3. Υδρογονάνθρακες.	127
8.3.4. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).	
8.3.5. Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂).	
8.3.6. Αιθάλη (καπνός).	
8.3.7. Μόλυβδος.	
8.4. Όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας.	128
8.4.1. Τ Διοξείδιο του θείου (SO ₂).	
8.4.2. Οξείδια του αζώτου (NO _x).	130
8.4.3. Αιωρούμενα σωματίδια (καπνός).	131
8.4.4. Τρόποι περιορισμού ρυπάνσεως πετρελαιομηχανών.	
8.4.5. Μείωση των NO _x .	132
8.4.6. Αιωρούμενα σωματίδια (αιθάλη).	133

ΚΕΦΑΛΑΙΑ

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΙΔΗ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ

5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΛΙΠΗ

6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕΚ

7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

8. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΟΣ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

1. Τιμές συντελεστή τριβής μ.(Πίνακας 1.2.1)
2. Φυσικά μεγέθη.(Πίνακας 1.4.1)
3. Φυσικά μεγέθη.(Πίνακας 1.4.1)
4. Σχέσεις αριθμών SAE και τιμήσιζώδους.(Πίνακας 2.2.1)
5. Ταξινόμηση λιπαντικών κατά ISO.(Πίνακας 2.2.2)
6. Κύρια χαρακτηριστικά των συνθετικών λιπαντικών.(Πίνακας 2.5.1)
7. Πίνακας 3.12.1
8. Προδιαγραφές τουρμπινελαίων.(Πίνακας 4.1.1)
9. Λιπαντικά ατμοκυλίνδρων.(Πίνακας 4.2.1)
- 10.Προδιαγραφή κυλινδρελαίων.(Πίνακας 4.2.2)
11. Επίδραση της παρουσίας νερού σε μονωτικά λάδια.(Πίνακας 4.5.1)
- 12.Είδη γράσων Χαρακτηριστικές ιδιότητες και εφαρμογές τους.(Πίνακας 5.3.1)
- 13.Αντιστοιχία συνεκτικότητας-αριθμού διεισδυτικότητας γράσων.(Πίνακας 5.4.1)
14. Σύγκριση βασικών ιδιοτήτων ορυκτελαίων μηχανών Diesel.(Πίνακας 6.1.1)
15. Προδιαγραφή ΜΕΚ MIL-L-46162 Β.?(Πίνακας 6.2.2)

16. Συνηθισμένα αίτια διαμορφώσεως χαρακτηριστικών λιπαντελαίων.(Πίνακας 7.4.1)

17. Οριων τιμών ανάλογα με τη περίοδο(Πίνακας 8.2.1)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Παρά το γεγονός ότι η τριβή είναι απαραίτητη για την καθημερινή μας κίνηση, σε πολλές περιπτώσεις είναι ανεπιθύμητη επειδή απορροφά σημαντικό μέρος της ενέργειας σε σχέση με το αποδιδόμενο έργο.

Τα λιπαντικά των οποίων η κατανάλωση δεν ξεπερνά το 1 % της αντίστοιχης όλων γενικά των καυσίμων χρησιμοποιούνται για την ομαλή λειτουργία των διάφορων μηχανών, έχοντας σαν βασικό σκοπό την ελάττωση της τριβής και της φθοράς των κινούμενων μεταλλικών εξαρτημάτων των μηχανών.

Η μεγάλη τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων ετών, υποχρέωσε τους κατασκευαστές του μηχανολογικού εξοπλισμού να αντιμετωπίσουν με ιδιαίτερη προσοχή το σύστημα λίπανσης. Σχεδόν πάντα ο κάτοχος μιας μηχανής διερωτάται για το ποιό λιπαντικό πρέπει να διαλέξει, προκειμένου να εξασφαλίσει την καλύτερη δυνατή λίπανση και συντήρηση της μηχανής του. Όπως είναι φυσικό, ένα λιπαντικό δεν μπορεί να είναι κατάλληλο για όλα τα είδη των μηχανών. Μια κακή δε επιλογή προκαλεί ζημιές, με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση των εξόδων συντήρησης, λόγω των συχνών επισκευών.

Τέλος, η σωστή αγορά των λιπαντικών μπορεί να γίνει μόνο με τρεις τρόπους:

- Να ζητούνται πληροφορίες από τις εταιρείες πετρελαιοειδών
- Να τηρούνται πιστά οι υποδείξεις του κατασκευαστή
- Να αγοράζονται σύμφωνα με ορισμένες προδιαγραφές

Σκοπός μας είναι να δώσουμε τις βασικές αρχές, που έχουν σχέση με τη λίπανση και τη συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού. Απευθύνεται στους τεχνικούς οι οποίοι ασχολούνται κατά κύριο λόγο με τη συντήρηση βοηθώντας τους στην καθημερινή πρακτική, αλλά προσφέροντας παράλληλα και τα εφόδια, για μια βαθύτερη ανάλυση των προβλημάτων που έχουν σχέση με την λίπανση, την συντήρηση, την οργάνωσή του κ.λπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ

Λίπανση είναι η παρεμβολή μεταξύ δύο τριβομένων επιφανειών μιας ουσίας που λέγεται λιπαντικό και που έχει ως σκοπό

- I. Τη μείωση της τριβής μεταξύ των επιφανειών που έρχονται σε επαφή, με αποτέλεσμα
 - -Την ελάττωση των απωλειών λόγω τριβής άρα και τη βελτίωση του μηχανικού βαθμού αποδόσεως της μηχανής, στην οποία ανήκουν οι τριβόμενες επιφάνειες.
 - -Τον περιορισμό της φθοράς λόγω τριβής.
- II. Την απαγωγή της θερμότητας που αναπτύσσεται λόγω τριβής. Στην περίπτωση αυτή το λιπαντικό δρα ως ψυχτικό μέσο. Ιδιαίτερη σημασία έχει στην περίπτωση αυτή η ψύξη των κυλίνδρων ΜΕΚ.
- III. Τη στεγανοποίηση του χώρου καύσεως στις ΜΕΚ. Το λιπαντικό στην περίπτωση αυτή συμπληρώνει τη στεγανοποίηση του χώρου καύσεως ,που ως ένα βαθμό εξασφαλίζουν τα ελατήρια.
- IV. Την προστασία των μεταλλικών μερών της μηχανής από τη διάβρωση. Η προστασία αυτή διαρκεί και κατά το χρόνο που η μηχανή δεν εργάζεται. Σ αυτό βοηθάει και το γεγονός ότι τα περισσότερα λιπαντικά έχουν καλή πρόσφυση επάνω στα μέταλλα.
- V. Τη διατήρηση της καθαριότητας των μεταλλικών μερών της μηχανής ,με τα οποία το λιπαντικό έρχεται σε επαφή. Ι Αυτό οφείλεται στις απορρυπαντικές ιδιότητες που το λιπαντικό αποκτά με την προσθήκη ειδικών χημικών προσθέτων.
- VI. Μεγαλύτερη σημασία από τα παραπάνω έχει η ελάττωση της τριβής , που είναι και η σπουδαιότερη αποστολή της λιπάνσεως.

1.2 ΤΡΙΒΗ

Τριβή είναι η δύναμη που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σωμάτων ,από τα οποία το ένα μετακινείται επάνω στο άλλο ,που θεωρείται ακίνητο. Η δύναμη τριβής ενεργεί προς

την αντίθετη διεύθυνση από εκείνη που έχει η σχετική κίνηση των δύο τριβομένων επιφανειών, την οποία με τον τρόπο αυτό εμποδίζει. Το κατά πόσο την εμποδίζει εξαρτάται από το είδος της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των δύο επιφανειών που εφάπτονται.

Διακρίνονται δύο είδη τριβής

- **Στατική τριβή.** Οι δύο επιφάνειες είναι ακίνητες και αρχίζουν να κινούνται με τον παραπάνω τρόπο.
- **Κινητική τριβή.** Οι δύο επιφάνειες κινούνται ήδη κανονικά.

Κατά μία άλλη διάκριση έχουμε

- **Τριβή ολισθήσεως** που αναπτύσσεται όταν ένα σώμα κυλάει σε μία επιφάνεια.
- **Τριβή κυλίσεως**, όταν ένα σώμα κυλάει σε μία επιφάνεια.

Η στατική τριβή είναι μεγαλύτερη από την κινητική τριβή και διαρκεί στιγμιαία, όταν οι επιφάνειες που βρίσκονται σε επαφή είναι ακίνητες ή ακριβώς τη στιγμή της εκκινήσεως.

Η τριβή ολισθήσεως είναι μεγαλύτερη από την τριβή κυλίσεως, γιατί προϋποθέτει μεγάλες επιφάνειες σε επαφή, όπως συμβαίνει π.χ. κατά την παλινδρόμηση των εμβολών στους κυλίνδρους των μηχανών. Κατά την τριβή κυλίσεως το ένα από τα δύο τριβόμενα σώματα εφάπτονται στο άλλο με μια γραμμή, όπως συμβαίνει στα κυλινδρικά ρουλεμάν, ή με ένα σημείο, όπως συμβαίνει με τα σφαιρικά ρουλεμάν.

Μια άλλη διάκριση τριβών είναι

- **Ξηρή τριβή**, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών δεν παρεμβάλλεται καμία Τρίτη ουσία.
- **Υγρή τριβή**, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών παρεμβάλλεται Τρίτη ουσία, το λιπαντικό μέσο, σε μορφή λιπαντικής μεμβράνης.

Το πάχος της λιπαντικής μεμβράνης διαμορφώνει και το είδος της λιπάνσεως, έτσι ώστε μπορεί να έχουμε

- **Υδροδυναμική λίπανση**, όταν η λιπαντική μεμβράνη έχει σημαντικό πάχος.
- **Οριακή λίπανση**, όταν το πάχος της λιπαντικής μεμβράνης είναι σχετικά μικρό.

Μέτρο της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ δύο επιφανειών είναι ο λεγόμενος συντελεστής τριβής. Δηλαδή το Πηλίο F/B , ελάχιστης δυνάμεως F , που απαιτείται για να υπερνικηθεί η αντίσταση τριβής, που προβάλλει σώμα βάρους B , όταν ολισθαίνει

ή κυλάει σε μια επιφάνεια, προς το βάρος B.

$$\mu = \frac{F}{B}$$

Το $\mu = 0,15$ σημαίνει Π.χ. ότι για να υπερνικηθεί η αντίσταση τριβής ενός σώματος βάρους 1 kp, κατά την προσπάθεια μετακίνησής του σε μια οριζόντια επιφάνεια, απαιτείται δύναμη τουλάχιστον 150 ρ.

$$F = \mu \cdot B = 0,15 \times 1 = 0,15 \text{ kp (150 ρ)}$$

Κατά την τριβή κυλίσεως οι τιμές του συντελεστή τριβής μ , είναι πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές του μ κατά την τριβή ολισθήσεως. Η ορθή λίπανση των διαφόρων μηχανών αποβλέπει ακριβώς στο να μετατρέψει την ξηρή τριβή σε υγρή και αν είναι δυνατό στην ελαχιστοποίηση των συντελεστών τριβής μ , με την παρεμβολή του λιπαντικού. Επίσης αποβλέπει και στην κατά το δυνατό μεγαλύτερη χρησιμοποίηση της τριβής κυλίσεως από ότι της τριβής ολισθήσεως.

Στον πίνακα 1.2.1 αναγράφονται οι τιμές του συντελεστή τριβής μ για ορισμένες περιπτώσεις τριβών.

Πίνακας 1.2.1 Τιμές συντελεστή τριβής μ

1 Ξύλο σε ξύλο ξηρό	$\mu = 0,25-0,50$
2 Ξύλο σε ξύλο με σαπούνι	$\mu = 0,10-0,20$
3 Ξύλο σε ξύλο με γράσο	$\mu = 0,004-0,10$
4 Τριβή μεταξύ μετάλλων χωρίς λιπαντικό	$\mu = 0,5-1,5$
5 Τριβή μεταξύ μετάλλων με οριακή λίπανση	$\mu = 0,05-0,15$
6 Τριβή μεταξύ μετάλλων με υδροδυναμική λίπανση	$\mu = 0,001-0,03$

1.3 Έργο τριβής. Απώλειες λόγω τριβής.

Κατά την περιστροφή του άξονα σε ένα έδρανο η δύναμη τριβής που αναπτύσσεται παράγει έργο. Το έργο αυτό είναι αρνητικό, δηλαδή αφαιρείται από το έργο που παράγει η μηχανή και έχει ως συνέπεια την ελάττωση του βαθμού αποδόσεως

Το έργο τριβής ($E_{\tau\rho}$) εύκολα υπολογίζεται από τη σχέση.

$$E_{\tau\rho} = F \cdot S$$

(1)

όπου: F η δύναμη τριβής, που κατά τον ορισμό της θα είναι:

$$F = \mu \cdot W$$

(2)

όπου: μ ο συντελεστής τριβής

W το φορτίο που ενεργεί στο κομβίο του άξονα και

S το διάστημα που διανύθηκε από ένα σημείο του

κομβίου κατά την περιστροφή του.

Αν η ακτίνα του είναι R , τότε σε κάθε περιστροφή το διάστημα S θα είναι

$$S = 2\pi R$$

(3)

Από τις σχέσεις (1), (2) και (3) προκύπτει ότι το έργο τριβής, σε κάθε περιστροφή του άξονα θα είναι:

$$E_{\tau\rho} = \mu \cdot W \cdot R$$

(4)

Και αν ο άξονας περιστρέφεται με ταχύτητα N στρ/min, το έργο τριβής θα είναι..

$$E_{\tau p} = 2\pi R\mu NW \quad \text{σε kp/min} \quad (5)$$

ή ft . lb/min

ή kJ/min

ανάλογα με το σύστημα μονάδων που εφαρμόζεται.

1.4 Αποτελέσματα της τριβής.

Το μεγαλύτερο μέρος του έργου που παράγεται κατά την τριβή, όπως υπολογίζεται με τον τύπο (5), μετατρέπεται σε θερμότητα. Το ποσό της θερμότητας που παράγεται από την τριβή παρέχεται από τον τύπο

παρέχεται από τον τύπο:

μετρικό σύστημα

$$Q = \frac{2\pi R\mu NW}{427} \quad \text{kcal/min}$$

αγγλικό σύστημα

$$Q = \frac{2\pi R\mu NW}{778} \quad \text{BTU/min}$$

σύστημα SI

$$Q = \frac{2\pi R\mu NW}{4,188} \quad \text{kcal/min}$$

όπου το 427, το 778 και το 4,188 είναι οι τιμές του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας στο μετρικό, το αγγλοσαξονικό και το σύστημα si αντίστοιχα.

Το ποσό της θερμότητας που παράγεται από την τριβή απορροφάται από το λιπαντικό, που έτσι επιτελεί το δεύτερο προορισμό του: να δρα ως ψυκτικό μέσο.

Αν συνεπώς η λίπανση είναι ανεπαρκής, η θερμότητα που παράγεται από την τριβή θα ήταν αρκετή για να προκαλέσει την τήξη των προστριβομένων επιφανειών. Στην ελαφρότερη μορφή αυτό έχει σαν συνέπεια το λεγόμενο **άρπαγμα των κουζινέτων**, δηλαδή ένα ξεφλούδισμα της επιφάνειας των αντιτριβικών κραμάτων, που καλύπτουν το εσωτερικό των εδράνων. Αν η διακοπή της λιπάνσεως παραταθεί, η καταστροφή των εδράνων είναι πλήρης, με επακόλουθο την **κράτηση** της μηχανής. Αυτό στην πράξη είναι γνωστό σαν **κόλλημα της μηχανής**.

Από τα παραπάνω φαίνεται η τεράστια σημασία που έχει για μία μηχανή η σωστή λίπανσή της γιατί: περιορίζοντας τις απώλειες λόγω τριβής αυξάνεται ο βαθμός αποδόσεως και εξουδετερώνεται ο κίνδυνος υπερθερμάνσεως, που θα μπορούσε να προκαλέσει ακόμα και την πλήρη καταστροφή της.

Οι βασικοί τύποι της τριβής ανακεφαλαιώνονται ως εξής:

α) έργο τριβής	$E_{\tau\rho} = 2\pi R\mu NW$	
β) απώλεια ισχύος	$I_{\tau\rho} = \frac{2\pi R\mu NW}{4500}$	μετρικό σύστημα
ή	$I_{\tau\rho} = \frac{2\pi R\mu NW}{33000}$	(αγγλικό σύστημα)
	$I_{\tau\rho} = \frac{2\pi R\mu NW}{60}$	(σύστημα SI)
γ) παραγόμενη ισχύς	$Q = \frac{2\pi R\mu NW}{427}$	(μετρικό σύστημα) Kcal/Kg
ή	$Q = \frac{2\pi R\mu NW}{778}$	(αγγλικό σύστημα) BTU/lb
ή	$Q = \frac{2\pi R\mu NW}{4,188}$	(σύστημα SI) kcal/kg

Οι μονάδες μετρήσεως των φυσικών μεγεθών που περιέχονται στους παραπάνω τύπους, στα δύο συστήματα είναι

Πίνακας 1.4.1 Φυσικά μεγέθη

α/α	Φυσικό μέγεθος	Μονάδα μετρήσεως		
		Μετρικό σύστημα	Αγγλικό σύστημα	Σύστημα SI
1	Ακτίνα (R)	m	ft	m
2	Ισχύς (I)	HP	HP	W ή kW
3	Φορτίο (W)	kp	lb	N ή kN
4	Έργο (E)	kpm	ft.lb	J ή kJ
5	Θερμότητα (Q)	kcal	Btu	kcal ή kJ
6	Ταχύτητα περιστροφής (N)	rpm	rpm	rpm

1.5 Θεωρία της λιπάνσεως. Λιπαντική μεμβράνη

Στην πράξη κατά τη λίπανση συναντάμε τις εξής περιπτώσεις

α) Ξηρή τριβή.

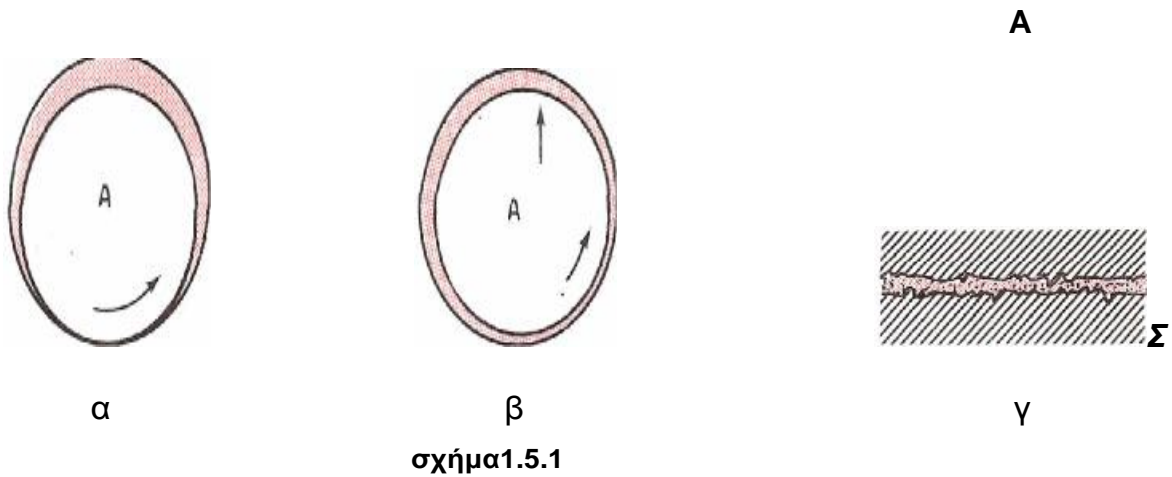
Εμφανίζεται όταν δύο στερεά ολισθαίνουν και λιπαντικό. Χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές του συντελεστή τριβής μ , που κυμαίνονται από 0,5 ως 1,5 ανάλογα με το υλικό και τη φύση των τριβόμενων επιφανειών. Η ξηρή τριβή προκαλεί μεγάλες απώλειες έργου, που μετατρέπονται σε θερμότητα, προκαλώντας σύντηξη ή συγκόλληση των επιφανειών.

β) Υγρή λίπανση.

Εμφανίζεται όταν μεταξύ των τριβομένων επιφανειών παρεμβάλλεται πλήρης λιπαντική μεμβράνη με ποικίλο πάχος.

- 1) Σε **υδροδυναμική λίπανση**, όταν η λιπαντική μεμβράνη έχει αρκετό πάχος Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής μειώνεται σε 0,001-0,03, πράγμα που συνεπάγεται αντίστοιχη μείωση των απωλειών ισχύος. Η ύπαρξη υδροδυναμικής λιπάνσεως προϋποθέτει εντελώς λείες επιφάνειες που στη πράξη είναι σχεδόν αδύνατο να επιτευχθούν, αλλά και μεγάλες ελευθερίες μεταξύ εδράνου και άξονα, που, όπως είναι γνωστό, δεν συνιστώνται για αυτό και έχουμε συνήθως
- 2) **Οριακή λίπανση**, που χαρακτηρίζεται από πολύ μικρό πάχος λιπαντικής μεμβράνης, και οφείλεται κυρίως στο ότι φαινομενικά λείες επιφάνειες

- 3) των μετάλλων παρουσιάζουν πάντοτε μικρές ανωμαλίες, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.5(γ).



Είναι λοιπόν φυσικό, κατά την έναρξη της περιστροφής του άξονα, και όταν το πάχος της λιπαντικής μεμβράνης είναι πάρα πολύ μικρό, οι ανωμαλίες των επιφανειών να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους σε μερικά σημεία. Στα σημεία αυτά η λιπαντική μεμβράνη διακόπτεται, με συνέπεια να εμφανίζεται τοπικά ξηρή τριβή.

Αυτό ακριβώς αποτελεί την οριακή λίπανση.

Ο σχηματισμός της λιπαντικής μεμβράνης εξηγείται ως εξής:

Όταν η μηχανή είναι ακίνητη, ο άξονας εδράζεται εντελώς στο στροφέιο κι' έτσι έχουμε σχεδόν ξηρή τριβή, που διαρκεί ως τη στιγμή της εκκίνησης (στατική τριβή) (σχ. 1.5.1α).

Ευθύς μετά την εκκίνηση, λόγω της ανοχής του στροφείου και των εδράνων, δημιουργείται η υδροδυναμική σφήνα του ορυκτελαίου κατά τη φορά της περιστροφής, που έχει ως συνέπεια την ύπαρξη μιας ανυψωτικής τάσεως, ωθώντας τον άξονα προς τα πάνω. Το λιπαντικό εισχωρεί στο κενό που σχηματίζεται μεταξύ του εδράνου και του στροφείου και αποκαθιστά τη λιπαντική μεμβράνη, οπότε έχουμε συνθήκες **υγρής λιπάνσεως**.

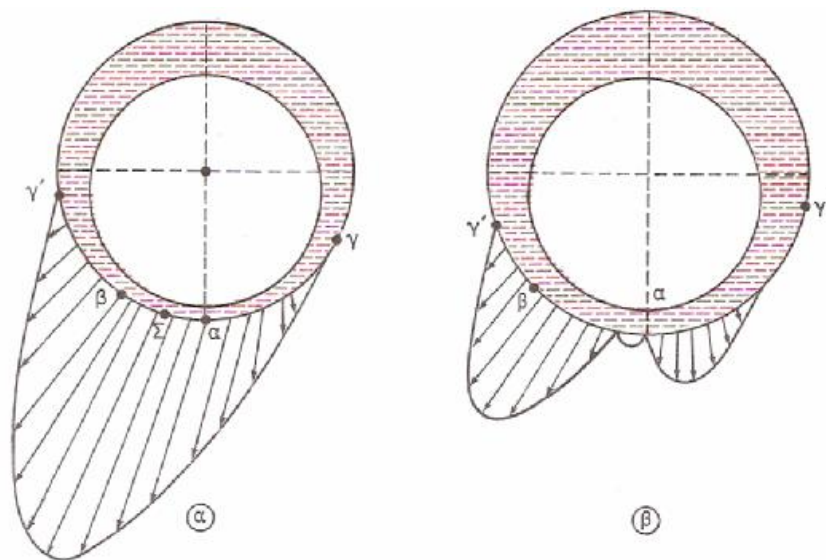
Κατά κανόνα, με υψηλές ταχύτητες περιστροφής και με μικρά φορτία έχουμε **υγρή** λίπανση, ενώ οριακή λίπανση αναμένεται, όταν έχουμε μεγάλα φορτία με μικρές ταχύτητες. Η οριακή λίπανση έχει συντελεστή τριβής 0,05-0.15.

1.6 Κατανομή των πιέσεων.

Την κατανομή των πιέσεων κατά μήκος της επιφάνειας ενός τριβέα δίνει το λεγόμενο **πολικό διάγραμμα των πιέσεων** (σχ. 1.6.1)

Η μέγιστη τιμή πίεσεως, P_{\max} αντιστοιχεί στο σημείο Σ , που βρίσκεται μεταξύ του σημείου α , όπου επενεργεί το φορτίο του άξονα και του σημείου β , όπου το στρώμα του λαδιού έχει το μικρότερο πάχος του. Κι' από τις δύο πλευρές του σημείου Σ οι πιέσεις ελαττώνονται και μηδενίζονται στα σημεία γ και γ' , που βρίσκονται σχεδόν στα άκρα της περιφέρειας του τριβέα.

Το πολικό διάγραμμα των πιέσεων σε τριβείς που φέρουν αύλακες, έχει τη μορφή που εικονίζεται στο σχήμα 1.6.1(β). Η πίεση κοντά στο σημείο που υπάρχει αυλάκι σχεδόν μηδενίζεται, ενώ η ολική πίεση γενικά είναι μικρότερη. Αυτό έχει ως συνέπεια να ελαττώνεται η ικανότητα του τριβέα να δέχεται ορισμένο φορτίο.



Σχ. 16.6.
Πολικό διάγραμμα πιέσεων.

Επομένως με τις αύλακες, που φέρουν οι τριβείς διανέμεται καλύτερα το λιπαντικό σε όλο το μήκος του τριβέα, δεν θα πρέπει όμως οι αύλακες να βρίσκονται στο τμήμα του τριβέα που, δέχεται το φορτίο.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι μεταξύ του κομβίου του άξονα και του

τριβέα απαιτείται η ύπαρξη ορισμένων ελευθεριών, που θα επιτρέψουν το σχηματισμό της σφήνας, η οποία είναι απαραίτητη για τη δημιουργία της πίεσεως του στρώματος του λιπαντελαίου.

Η ελευθερία (χάρη) στις τριβόμενες επιφάνειες και ειδικότερα στα στροφέα πρέπει να τηρείται σε ορισμένα όρια, για τους εξής λόγους:

α) Ελευθερία μικρότερη από την κανονική παρεμποδίζει την υδροδυναμική λίπανση. Η οριακή λίπανση, που είναι η συνηθισμένη μορφή λιπάνσεως, όταν η χάρη είναι πολύ περιορισμένη, μπορεί εύκολα να μεταπέσει στην καταστρεπτική ξηρή τριβή.

β) Ελευθερία μεγαλύτερη από την κανονική έχει τις εξής συνέπειες:

- Προκαλεί έντονους κραδασμούς.

- Πέφτει η πίεση του λαδιού και έτσι εξασθενίζει η αντοχή στα φορτία που ασκεί στον τριβέα ο άξονας.

Οι τιμές της ελευθερίας για κάθε τριβέα, καθώς και τα όρια στα οποία πρέπει να **κυμαίνεται**, καθορίζονται από τους κατασκευαστές και αναγράφονται στα εγχειρίδια των μηχανών. Οι τιμές αυτές πρέπει να τηρούνται από τους μηχανικούς με σχολαστικότητα, γιατί έχουν ιδιαίτερη σημασία για την καλή κατάσταση και την ομαλή λειτουργία των μηχανών.

1.7 Παράγοντες που επιδρούν στη λίπανση.

Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που επιδρούν στην λίπανση γενικά είναι:

α) Θερμοκρασία.

Ως προς τον παράγοντα αυτόν η λίπανση είναι ιδιαίτερα ευπαθής, γιατί η θερμοκρασία επιδρά άμεσα στις ιδιότητες του λιπαντικού και κυρίως στο ιξώδες, που είναι το σπουδαιότερο χαρακτηριστικό του. Με τη θέρμανση το ιξώδες ελατώνεται και, πέρα από ένα ορισμένο όριο, η ελάττωσή του καθιστά την ύπαρξη της λιπαντικής μεμβράνης αμφίβολη. Την επίδραση της θερμοκρασίας στο ιξώδες ενός λιπαντικού καθορίζει ο λεγόμενος **δείκτης ξώδους**, του οποίου η τιμή είναι ανάλογη προς τη σταθερότητα του ιξώδους ως προς τη θερμοκρασία. Υψηλές τιμές δείκτη ιξώδους (πάνω από 90) δείχνουν λιπαντικό που επηρεάζεται το λιγότερο δυνατό από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Τα λιπαντέλαια της κατηγορίας αυτής, γνωστά ως *Viscostatic*, είναι ακριβότερα. Η σημασία του δείκτη ιξώδους στηρίζεται στο ότι ένα καλό λιπαντικό δεν αρκεί να έχει το κατάλληλο ιξώδες κατά την

εκκίνηση της μηχανής, πρέπει και να το διατηρεί όταν η θερμοκρασία ανέρχεται κατά τη λειτουργία της μηχανής.

β) Λιπαρότητα .

Είναι ιδιότητα του λιπαντικού που σχετίζεται με την τιμή του συντελεστή τριβής. Μεγάλη λιπαρότητα σημαίνει λιπαντέλαια με μικρή τιμή συντελεστή τριβής, που έχει ευνοϊκή επίδραση στη λίπανση. Μεγάλη λιπαρότητα έχουν κυρίως τα φυτικά και ζωικά λάδια, που έχουν όμως το μειονέκτημα να αλλοιώνονται σχετικά γρήγορα από την οξείδωση.

γ) Φορτίο του άξονα.

Επιδρά άμεσα στις συνθήκες λιπάνσεως των τριβέων, στους οποίους εδράζεται ο άξονας. Υψηλό φορτία ευνοούν την οριακή λίπανση. Για να αποφευχθεί αυτή πρέπει το λιπαντικό να έχει το κατάλληλο ιξώδες, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εκθλίψεως της λιπαντικής μεμβράνης λόγω φορτίου.

Επιδρά άμεσα στις συνθήκες λιπάνσεως των τριβέων, στους οποίους εδράζεται ξονας. Υψηλά φορτία ευνοούν την οριακή λίπανση. Για να αποφευχθεί αυτή πρέπει το λιπαντικό να έχει το κατάλληλο ιξώδες, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εκθλίψεως της λιπαντικής μεμβράνης λόγω φορτίου. Εκτός από το κατάλληλο ιξώδες, ώστε στην περίπτωση της οριακής λιπάνσεως, απαιτείται και ενίσχυση του λιπαντικού με λάδια μεγάλης λιπαρότητας.

δ) Ταχύτητα περιστροφής

Σε περιπτώσεις που η πίεση είναι εξαιρετικά υψηλή καμιά λιπαντική μεμβράνη μπορεί να διατηρηθεί και η κατάσταση, γνωστή ως **λίπανση υψηλής πίεσεως**.

Τα πρόσθετα αυτά, λόγω της ανατπυσσόμενης υψηλής θερμοκρασίας, επιδρούν χημικά στις μεταλλικές επιφάνειες και σχηματίζουν ενώσεις που δρουν ως στερεά λιπαντικά. Αυτά αποθέτονται προσκολλούμενα στις μεταλλικές επιφάνειες, τις οποίες προστατεύουν από παραπέρα προσβολή, και συγχρόνως, τα λιπαντικά εξασφαλίζουν τη λίπανση στο σύστημα. Αντίθετα, σε χαμηλά φορτία και υψηλές ταχύτητες. Έχουμε συνήθως υδροδυναμική λίπανση. Στη λίπανση των τριβέων αξόνων, το έργο τριβής και η παραγόμενη

από την τριβή θερμότητα αυξάνονται ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται το ιξώδες και έτσι αντισταθμίζεται η αύξηση της τριβής, που προκαλεί η στροφή. Αυτή η ισορροπία όμως ισχύει μόνο στην οριακή δεν υπάρχουν μεγάλα περιθώρια ελέγχου Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την ενίσχυση των λιπαντικών με ειδικά πρόσθετα λιπαρότητας.

1.8 Ομαλή λειτουργία της μηχανής και το λιπαντέλαιο.

Η ορθή λίπανση της μηχανής επηρεάζει την απόδοση και γενικότερα τη συμπεριφορά της μηχανής στον ίδιο βαθμό που την επηρεάζουν η ποιότητα του καυσίμου και οι άλλοι βασικοί παράγοντες: σχεδίαση – κατασκευή- συντήρηση όπως δείχνει η παρακάτω εξίσωση.

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

ΜΗΧΑΝΗΣ= ΣΧΕΔΙΑΣΗ x ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ x ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ x ΚΑΥΣΙΜΟ x ΛΙΠΑΝΤΙΚΟ

Πρέπει να τονισθεί ότι όλοι αυτοί οι παράγοντες, από τους οποίους εξαρτάται η συμπεριφορά της μηχανής, συνδέονται μεταξύ τους Με σχέση γινομένου και όχι αθροίσματος πράγμα που σημαίνει ότι αν ένας από τους παράγοντες αυτούς μηδενισθεί, μηδενίζεται τότε η συμπεριφορά της μηχανής, ανεξάρτητα από το πόσο καλοί είναι οι άλλοι παράγοντες. Αν Π.χ. η λίπανση είναι τόσο κακή, ώστε να βαθμολογηθεί με μηδέν, μηδέν θα είναι και η συμπεριφορά της μηχανής , δηλαδή η μηχανή δεν θα παίρνει μπρος ή αν βρίσκεται σε λειτουργία,η καταστροφής θα είναι πλήρης.

Εκτός όμως από την επίδραση του λιπαντικού στη ιδιαίτερη σημασία έχει και η αντίθετη περίπτωση, δηλαδή η επίδραση της μηχανής,ιδιαίτερη σημασία έχει και η αντίθεση περίπτωση , δηλαδή η επίδραση της μηχανής στην ποιότητα του λιπαντικού. Μια γρήγορη αλλοίωση του λιπαντικού, στα ε όταν μάλιστα επαναλαμβάνεται συχνά, οφείλεται πολλές φορές σε ανωμαλία μηχανής που συνήθως προέρχεται από κακή συντήρηση. Σε μια μηχανή Diesel μέτρια έγχυση του καυσίμου ή ατελής ψύξη, θα προκαιτικού με καύσιμο και γρήγορη αλλοίωσή του. Η συμπτώματα κακής λειτουργίας, όπως: δημιουργία απώλεια ισχύος, υψηλές θερμοκρασίες, χαμηλές πιέσεις

Ενδείξεις κακής λειτουργίας της μηχανής που προέρχεται απο το κάουσιμο ή το

λιπαντικό, έχουμε

α) Για την καύση: από τις πιέσεις συμπίεσεως και τη σύσταση καυσαερίων

β) Για τη λίπανση: από την πίεση στο δίκτυο λιπάνσεως ή άπο την κατανάλωση λαδιού. Αυξημένη κατανάλωση μπορεί να οφείλεται σε φθορά χιτωνίων ή ελατηρίων, που συχνά προέρχονται από υπερβολική ψύξη ή από συχνή εκκίνηση εν ψυχρώ. Στις μηχανές μεγάλων ιπποδυνάμεων αυτό αντιμετωπίζεται, με την κατάλληλη προθέρμανση ή προλίπανση της μηχανής. Για το σκοπό αυτό οι σύγχρονες προωστήριες εγκαταστάσεις διαθέτουν ιδιαίτερες διατάξεις. Οι υπεύθυνοι χειριστές πρέπει να θεωρούν την χρησιμοποίηση τους ως πρωταρχικής σημασίας.

Πρέπει να τονισθεί ότι παρόλο που, τόσο οι μηχανές όσο και τα λιπαντέλαια έχουν φθάσει σήμερα σε υψηλό βαθμό εξελίξεως, ώστε να παρέχουν εμπιστοσύνη οι ανωμαλίες εξακολουθούν.

Οι ανωμαλίες αυτές μπορούν να οφείλονται σε ένα ή περισσότερους από τους παρακάτω λόγους

- Αρχική κατασκευή.
- Συνθήκες λειτουργίας.
- Χειριστής.
- Συντήρηση.
- Επιθεώρηση και επισκευή.
- Καύσιμο.
- Λίπανση.

Η πρώτη αιτία (κατασκευή) αντιμετωπίζεται με συνεχή έρευνα των κατασκευαστικών μηχανών. Ανάγκες μετατροπών, που ανακύπτουν εκ των υστέρων, πρέπει να πραγματοποιούνται το ταχύτερο δυνατό.

Η σχολαστική τήρηση των οδηγιών του κατασκευαστή σε ότι αφορά την τήρηση των ενδείξεων λειτουργίας στα καθορισμένα όρια, την προληπτική συντήρηση, τις ορθές ρυθμίσεις των ελευθεριών, την ποιότητα των καυσίμων και των λιπαντικών αποτελούν βασικούς παράγοντες για τον περιορισμό των ανωμαλιών.

Στη λίπανση, ειδικότερα, δεν δίνεται η πρέπουσα προσοχή, εφόσον η μηχανή λειτουργεί ικανοποιητικά, ενώ πολλές βλάβες αποδίδονται στην ποιότητα του λιπαντικού, πράγμα που δεν είναι πάντοτε σωστό. Βέβαια, αν η ποιότητα του λιπαντικού δεν είναι αυτή που πρέπει, αυτό μπορεί να αποτελεί το αίτιο της

ανωμαλίας. Το σημερινό όμως επίπεδο εξελίξεως, τόσο των μηχανών όσο και των λιπαντελαίων σχεδόν αποκλείει το ενδεχόμενο να είναι το λιπαντικό η αιτία της ανωμαλίας.

Στην πραγματικότητα, η κακή κατάσταση του λιπαντικού, ιδίως όταν επαναλαμβάνεται συχνά, οφείλεται σε αμέλειες χειρισμού ή σε παραλείψεις κατά τη συντήρηση.

Σαν συμπέρασμα μπορεί να τονισθεί ότι:

Το λιπαντέλαιο, όχι μόνο αποτελεί σπουδαίο παράγοντα για την ομαλή λειτουργία της μηχανής, αλλά είναι και δείκτης **της** καταστάσεώς της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΕΙΔΗ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ

2.1 Τα γενικά χαρακτηριστικά ενός Λιπαντικού.

Οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί μια ουσία που προορίζεται για λιπαντικό είναι:

α) Να έχει κατάλληλο ιξώδες, αλλά και να το διατηρεί κατά το δυνατό ανεπηρέαστο, στις μεταβολές της θερμοκρασίας, που το λιπαντικό θα συναντήσει στις διάφορες φάσεις λειτουργίας της μηχανής. Δεν αρκεί να έχουμε στη μηχανή μας λιπαντικό με κατάλληλο ιξώδες κατά την εκκίνηση. Όταν η μηχανή ζεσταθεί, ύστερα από ορισμένο χρόνο λειτουργίας, πρέπει το ιξώδες του λιπαντικού να παραμένει αρκετά υψηλό, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εκθλίψεως της λιπαντικής μεμβράνης. Όταν το ιξώδες είναι μεγαλύτερο από το κανονικό δυσχεραίνει την εκκίνηση της μηχανής και προκαλεί απώλεια ισχύος και μείωση του "βαθμού αποδόσεως. Αντίθετα, χαμηλό ιξώδες δεν εξασφαλίζει πάντοτε τη λιπαντική μεμβράνη που απαιτείται ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες. Την απαίτηση για τη μέγιστη δυνατή σταθερότητα του ιξώδους στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας εξασφαλίζει η άλλη ιδιότητα του λιπαντικού, που εκφράζεται με το **δείκτη ιξώδους** . .

β) Να μην έχει διαβρωτική επίδραση στις μεταλλικές επιφάνειες τις οποίες λιπαίνει. Αποστολή των λιπαντικών είναι και η προστασία των μεταλλικών επιφανειών από τη διάβρωση. Κατά κανόνα τα ορυκτέλαια ικανοποιούν τέλεια αυτή τη βασική απαίτηση.

γ) Να έχει ικανοποιητική πρόσφυση στις μεταλλικές επιφάνειες τις οποίες λιπαίνει, ώστε η προστασία τους από τη διάβρωση να συνεχίζεται και όταν η μηχανή δε λειτουργεί.

δ) Να έχει χημική σταθερότητα, για να μην αλλοιώνεται από τους παράγοντες που συναντά κατά τη λειτουργία της μηχανής και που είναι: ο ατμοσφαιρικός αέρας, το νερό τα μέταλλα, τα καυσαέρια και οι συχνές εναλλαγές της θερμοκρασίας. Η αλλοίωση του λιπαντικού από τους παράγοντες αυτούς εκδηλώνεται με τους εξής κυρίως τρόπους:

- 1) Εμφάνιση ιλύος (λάσπης) και ασφαλικών καταλοίπων.

- 2) Προϊόντα αλλοιώσεως με διαβρωτική δράση στα μέταλλα (όξινα συστατικά).
- 3) Αύξηση του ιξώδους. Η αύξηση όμως αυτή πιθανόν να μην εκδηλώνεται, γιατί μπορεί το λιπαντικό να μολύνεται με καύσιμο, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις, έχει μικρότερο ιξώδες από το λιπαντέλαιο, ενώ σε άλλα μεγαλύτερο, οπότε το αυξημένο ιξώδες θα οφειλόταν στο υψηλό ιξώδες του καυσίμου που υπεισέρχεται στο λιπαντέλαιο.

Τις παραπάνω απαιτήσεις εξασφαλίζουμε με τους εξής Κυρίως τρόπους

- : α) Την καλή συντήρηση της μηχανής.
β) Την επιλογή του κατάλληλου λιπαντικού, του οποίου η καταλληλότητα επηρεάζεται από την επιλογή των πρώτων υλών. γ) Την κατάλληλη επεξεργασία και δ) την ανάμιξη με κατάλληλα χημικά πρόσθετα (additives).

2.2 Κατάταξη των λιπαντικών.

Τα λιπαντικά κατατάσσονται κατά διάφορους τρόπους, από τους οποίους σπουδαιότεροι είναι:

1) Ως προς την κατάσταση.

- I. **Υγρά λιπαντικά** (ορυκτέλαια, φυτικά λάδια, ζωικά λάδια): Τα ζωικά και φυτικά λίπη μπορούν να καταταγούν στην κατηγορία αυτή, γιατί τη στιγμή της λιπάνσεως μετατρέπονται σε υγρή κατάσταση.
- II. **Στερεά λιπαντικά** (ταλκ, γραφίτης).
- III. **Ημίρρευστα ή συνεκτικά λάδια** (γράσσα).

2) Ως προς την προέλευση.

- I. **Ορυκτέλαια**, που προέρχονται από την επεξεργασία του φυσικού πετρελαίου και καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό των λιπαντικών ουσιών. Υπερέχουν κυρίως κατά τη χημική σταθερότητα, που οφείλεται στη μοριακή τους δομή, δηλαδή στους υδρογονάνθρακες που είναι τα κύρια συστατικά τους και από τη φύση τους έχουν πολύ μεγάλη χημική σταθερότητα.
- II. **φυτικά λάδια.**
- III. **Ζωικά λάδια.**
- IV. Και οι δύο αυτές κατηγορίες λιπαντικών έχουν περιορισμένη εφαρμογή γιατί χαρακτηρίζονται από έλλειψη χημικής σταθερότητας. Προσθέτονται όμως σε μικρές αναλογίες στα ορυκτέλαια, όταν επιδιώκεται καλύτερη πρόσφυση. Αυτό

συμβαίνει με τα λιπαντικά ορισμένων παλινδρομικών μηχανών, όπου η πρόσφυση αποτελεί πρόβλημα και στη λύση του συμβάλλουν με την παρουσία τους.

V. **τα ζωικά και φυτικά λάδια.**

VI. **Συνθετικά λάδια.** Παράγονται συνθετικά. Υπερέχουν ποιοτικά από όλες τις άλλες κατηγορίες, όταν υπάρχει η δυνατότητα κατά την παραγωγή τους να εξασφαλισθούν οι επιθυμητές ιδιότητες. Η χρήση τους ολοένα επεκτείνεται παρά το υψηλό κόστος τους.

3) Ως προς τον προορισμό διακρίνουμε:

- I. Λιπαντέλαια Μ Ε Κ.
- II. Λιπαντέλαια ατμοστροβίλων (τουρμπινέλαια).
- III. Λιπαντέλαια ατμομηχανών.
- IV. Λιπαντέλαια διαφόρων χρήσεων, όπως: υδραυλικά λάδια, μονωτικά, λάδια για ψυκτικές μηχανές, λάδια αεροσυμπιεστών κλπ.

4) Ως προς το ιξώδες.

Τόσο μεγάλη είναι η σημασία του ιξώδους ενός λιπαντικού, ώστε να αποτελεί βασικό γνώρισμα κατατάξεως σε κατηγορίες, ανάλογα με την τιμή του. Συνηθέστερα χρησιμοποιείται μια αυθαίρετη κλίμακα, γνωστή ως κλίμακα SAE. Την κλίμακα αυτή υπέδειξε η αμερικανική εταιρία μηχανικών αυτοκινήτου (**SAE = Society of Automobile Engineers**) και μετά τις ΗΠΑ την υιοθέτησαν όλες σχεδόν οι χώρες του κόσμου. Η κλίμακα SAE, αρχίζει από το 5, που αντιστοιχεί σε ένα πολύ λεπτόρρευστο λάδι, κατάλληλο ίσως για λεπτούς ωρολογιακούς μηχανισμούς και καταλήγει στο 250, που είναι ένα βαρύ παχύρρευστο λιπαντικό κατάλληλο για λίπανση οδοντωτών τροχών (γρανάζια). Η κλίμακα περιέχει μόνο ακέραια πολλαπλάσια του 10..

Πρέπει να τονισθεί ότι ο αριθμός SAE ενός λιπαντικού δεν έχει καμιά σχέση με την ποιότητα του. φανερώνει μόνο την τιμή του ιξώδους, και σε μερικές περιπτώσεις έμμεσα το δείκτη ιξώδους, όταν δίπλα στον αριθμό SAE υπάρχει η ένδειξη W, που προέρχεται από την αγγλική λέξη Winter (χειμώνας). Π.χ. ορυκτέλαιο με **SAE 20**, που ίσως είναι κατάλληλο για τη λίπανση μιας βενζινομηχανής στους θερινούς μήνες, στις χαμηλές θερμοκρασίες της χειμερινής περιόδου θα αποκτήσει ιξώδες τόσο υψηλό, που μπορεί να δυσχεραίνει την εκκίνηση της μηχανής. Αντίθετα η ένδειξη **SAE 20W** φανερώνει λιπαντικό που και στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα

διατηρεί το ιξώδες του στην κατάλληλη τιμή, ενώ στη μηχανή συμπεριφέρεται σαν κανονικό **εικοσάρι**. Αυτό επιτυγχάνεται:

α) Με την επιλογή καταλλήλων πρώτων υλών.

β) Ειδική επεξεργασία εξευγενισμού

γ) Ανάμιξη με ειδικά χημικά πρόσθετα, που διατηρούν την τιμή του ιξώδους σχετικά σταθερή σε σχέση με τη θερμοκρασία. Αυτά είναι γνωστά ως βελτιωτικά **Δείκτη Ιξώδους** και διευρύνουν σημαντικά το φάσμα τιμής ιξώδους που ένα λιπαντικό μπορεί να καλύπτει.

Έτσι παράγονται τα λεγόμενα **λιπαντικά πολλαπλού ιξώδους** ή **πολυτνπα λάδια** (Viscostatic ή Multigrade), που καλύπτουν τιμές ιξώδους από SAE 10W μέχρι SAE 50 .

Η αντιστοιχία των αριθμών της κλίμακας SAE προς τις τιμές ιξώδους φαίνεται στον πίνακα 2.2.1.

Λιπαντέλαια με SAE 10W μέχρι SAE 20 είναι γενικά λεπτόρρευστα, κατάλληλα για χαμηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούνται ακόμα για τον καθαρισμό των δικτύων λιπάνσεως, όταν αντικαθιστούμε το λιπαντικό. Η περιοχή SAE 30 μέχρι SAE 50 αντιστοιχεί σε λιπαντέλαια με μέσο και υψηλό ιξώδες κατάλληλα για τις Μ ΕΚ. Ενώ η περιοχή SAE 70W μέχρι SAE 250 αντιστοιχεί σε λάδια που προορίζονται για τη λίπανση κιβωτίων ταχυτήτων και του διαφορικού (βαλβολίνες).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1 Σχέσεις αριθμών SAE και τιμής ιξώδους

Αριθμός	CP	Τιμή ιξώδους		Παρατηρήσεις	
		θερμοκρασία (°C)	cSt		θερμοκρασία (°C)
OW	3250	-30	3,8 (min)	100	
5W	3500	-25	3,8 (min)	100	
IOW	3500	-25	4,1 (min)	100	
15W	3500	-15	5,6 (min)	100	λιπαντέλαιο
20W	4500	-10	5,6 (min)	100	ΜΕΚ
25W	6000	-5	9,3 (min)	100	
20	–		5,6-9,3	100	
30	–		9,3-12,5	100	
40	–		12,5-16,3	100	
50	–		16,3-21,9	100	
70W	–		4,1 (min)	100	
75W	–		4,1 (min)	100	λιπαντικά
80W	–		7 (min)	100	οδοντωτών
85W	–		11 (min)	100	τροχών
90	–		13,5-24	100	
140	–		24-41	100	

Από το έτος 1975 ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποιήσεως (ISO) έχει καθιερώσει ένα νέο σύστημα ταξινόμησης των ορυκτελαίων, που έχει γίνει ήδη δεκτό από τις περισσότερες χώρες του κόσμου και τείνει να εκτοπίσει όλα τα παλαιότερα συστήματα.

Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, που καλύπτεται από το πρότυπο ISO 3448, η ρευστότητα (ιξώδες) εκφράζεται σε μονάδες centistokes (cSt) σε θερμοκρασία 40°C, που είναι αντιπροσωπευτική των θερμοκρασιών λειτουργίας των λιπαντικών στις περισσότερες εφαρμογές.

Η ταξινόμηση ISO καθορίζει 18 κλάσεις ρευστότητας από 2 μέχρι 1500 cSt σε 40°C, που καλύπτουν όλα τα προϊόντα: από το πετρέλαιο ως τα βαριά κυλινδρέ-λαια. Η κάθε κλάση χαρακτηρίζεται και αριθμείται από το ιξώδες στο μέσο των ορίων της με επέκταση +10 από την τιμή αυτή. Π.χ. ISO 10, είναι προϊόν με ιξώδες σε 40°C από 9 μέχρι 11cSt, που αντιπροσωπεύεται με μέση τιμή 10 cSt.

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η ταξινόμηση ISO είναι:

- I. Περιλαμβάνει τον ελάχιστο αναγκαίο αριθμών κλάσεων (18) που καλύπτουν τις απαιτήσεις λιπάνσεως όλων των κατηγοριών μηχανών και μηχανημάτων.
- II. Με τη διεθνή αναγνώριση του συστήματος ISO από τους κατασκευαστές των μηχανών και μηχανημάτων διευκολύνονται σημαντικά τόσο οι μηχανικοί όσο και οι προμηθευτές λιπαντικών στον καθορισμό του κατάλληλου για κάθε περίπτωση λιπαντικού.

Στον πίνακα 2.2.2 παρέχεται η αντιστοιχία των κλάσεων ISO με τις τιμές ιξώδες cSt σε 40°C.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.2
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ISO

Κλάση		Ιξώδες cSt σε 40°C	Όρια τιμής ιξώδες	
		(μέση τιμή)	(cSt σε 40°C)	
			Ελάχιστα	Μέγιστα
ISO	2	2,2	1,98	2,42
ISO	3	3,2	2,88	3,52

ISO	5	4,6	4,4	5,06
ISO	7	6,8	6,12	7,48
ISO	10	10	9	11
150	15	15	13,5	16,5
ISO	22	22	19,8	24,2
ISO	32	32	28,8	35,2
ISO	46	46	41,4	50,6
ISO	68	68	61,2	74,8
ISO	100	100	90	110
ISO	150	150	135	165
ISO	220	220	198	242
ISO	320	320	288	352
ISO		460	414	506
150	680	680	612	748
		1000	900	1100
1500		1500	1350	1650

2.3 Ορυκτέλαια

Είναι η σπουδαιότερη κατηγορία λιπαντικών, που καλύπτει σήμερα περίπου το (90%) των εφαρμογών λιπάνσεως. Αυτό οφείλεται στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν, σε σύγκριση με άλλες κατηγορίες λιπαντικών.

Τα σπουδαιότερα από τα πλεονεκτήματά τους είναι:

- i. Εξαιρετη χημική σταθερότητα.

- ii. Αρκετά καλή πρόσφυση στις μεταλλικές επιφάνειες.
- iii. Καλύπτουν μεγάλη περιοχή ιξώδους.
- iv. Έχουν σχετικά μικρό κόστος παραγωγής.

Τα ορυκτέλαια προέρχονται από το υπόλειμμα αποστάξεως του φυσικού πετρελαίου, που απομένει στον αποστακτήρα μετά την απόληψη των συστατικών που έχουν αποστάξει ως τους 360°C. Το υπόλειμμα της αποστάξεως είτε χρησιμοποιείται ως καύσιμο (μαζούτ), είτε υποβάλλεται σε παραπέρα επεξεργασία από την οποία παράγονται τα ορυκτέλαια.

2.4 Παραγωγή και επεξεργασία ορυκτελαίων.

Οι κυριότερες φάσεις για την παραγωγή και επεξεργασία των ορυκτελαίων είναι οι παρακάτω:

2.4.1 Απόσταξη σε κενό.

Το μαζούτ αποστάζεται σε ειδικές εγκαταστάσεις που λειτουργούν σε κενό (στην πραγματικότητα σε χαμηλή πίεση), ώστε η θερμοκρασία αποστάξεως να μην υπερβαίνει τους 360°C και να μην υπάρχει έτσι κίνδυνος καταστροφής των υδρογονανθράκων από πυρόλυση. Το προϊόν της αποστάξεως αυτής λέγεται vacuumgas oil (λάδι που παράγεται σε κενό), ενώ τα υπολείμματα της αποστάξεως κατεργάζεται συνήθως για την παραγωγή ασφάλτου. Αυτό περιέχει υδρογονάνθρακες που είναι τα κύρια συστατικά των ορυκτελαίων. Με παραπέρα κλασματική απόσταξη τα ορυκτέλαια χωρίζονται σε ομάδες, ανάλογα με τη θερμοκρασία αποστάξεως, που συμβαδίζει με το μοριακό βάρος, το ιξώδες και το ειδικό βάρος των παραγομένων προϊόντων.

Διακρίνονται τέσσερις ομάδες προϊόντων (κλασμάτων).

- I. Τα πολύ ελαφρά προϊόντα: είναι τα πρώτα αποστάγματα και μόνο ως καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.
- II. Λεπτόρρευστα λιπαντέλαια, με ιξώδες αντίστοιχο των SAE 5W και SAE 10W, γνωστά ως ατρακτέλαια (spindle oils).
- III. Κανονικά ορυκτέλαια με μέση τιμή ιξώδους (20-50): είναι η σπουδαιότερη κατηγορία αποσταγμάτων και αποτελούν τη βάση παραγωγής των περισσότερων λιπαντικών MEK και ατμοστροβίλων.
- IV. Βαριά αποστάγματα ή υπολείμματα αποστάξεως με υψηλό ιξώδες, από

τα οποία παράγονται κυλινδρέλαια για τις ατμομηχανές και λιπαντικά για οδοντωτούς τροχούς (βαλβολίνες).

- V. Διευκρινίζεται ότι τα υπολείμματα αποστάξεως, τα οποία προέρχονται από φυσικό πετρέλαιο με παραφινική βάση, που δεν περιέχει άσφαλτο, χρησιμοποιούνται **ως μελανά κυλινδρέλαια** και οφείλουν το όνομα τους στην παρουσία ασφαλτενίων με έντονο μελανό χρώμα. Υστερα από διήθηση με αποχρωστικές γαίες λαμβάνονται τα διηθημένα κυλινδρέλαια, που παράγονται από αποπαραφίνωση των διηθημένων κυλινδρέλαιων.

2.4.2 Αποκρήρωση.

Η αποκρήρωση ή οπαραφίνωση είναι η επεξεργασία με την οποία απομακρύνονται από τα ορυκτέλαια τα παραφινούχα συστατικά με μεγάλο μοριακό βάρος, που είναι στερεά στις συνηθισμένες συνθήκες περιβάλλοντος. Τα συστατικά αυτά αποτελούν την παραφίνη και η παρουσία τους στα ορυκτέλαια είναι ανεπιθύμητη, γιατί ανεβάζει το σημείο πήξεως, με αποτέλεσμα να αποβάλλεται παραφίνη ή να γίνονται παχύρρευστα ή και να στερεοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες.

Για την αποκλήρωση, το λάδι υποβάλλεται σε επεξεργασία με μίγμα ακετόνης βενζολίου, που έχει την ιδιότητα να διαλύει τελείως το λάδι, ενώ οι παραφίνες έχουν μέτρια διαλυτότητα, που γίνεται ακόμα μικρότερη σε χαμηλές θερμοκρασίες. Σε θερμοκρασία $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ως $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ η διαλυτότητα σχεδόν μηδενίζεται και όλα τα παραφινικά συστατικά, αφού κρυσταλλωθούν, αποβάλλονται εντελώς από την υγρή μάζα, από την οποία και αποχωρίζονται με περιστρεφόμενα φίλτρα. Ο διαλύτης ανακτάται με απόσταξη, αφού εξατμίζεται σε θερμοκρασία πολύ χαμηλότερη από το λάδι (γύρω στους $70\text{ }^{\circ}\text{C}$), ενώ το λάδι που απομένει έχει απαλλαγεί σχεδόν πλήρως από την παραφίνη, που συλλέγεται από τα φίλτρα και αποτελεί αξιόλογο υποπροϊόν της βιομηχανίας των ορυκτελαίων (χρησιμεύει ως πρώτη ύλη για σειρά στιλβωτικών προϊόντων, όπως παρκετίνες, στιλβωτικά δερμάτων κλπ., καθώς και για την κατασκευή κεριών κλπ.).

2.4.3 Κατεργασία με διαλύτες.

Ανάλογα με την πετρελαιοπηγή από την οποία προέρχεται, το φυσικό πετρέλαιο περιέχει διάφορα είδη υδρογονανθράκων (παραφινικοί, αρωματικοί, ναφθενικοί κλπ.) ορισμένοι από τους οποίους δεν είναι κατάλληλοι ως

συστατικά των λιπαντελαίων και πρέπει να απομακρύνονται. Η απομάκρυνση των ανεπιθυμητών αυτών συστατικών, που είναι κυρίως οι **ασφαλτικοί** και οι **αρωματικοί** υδρογονάνθρακες, γίνεται με **εκχύλιση** με διαλύτες που εκλεκτικά τους διαλύουν, αφήνοντας τα εκλεκτικής ποιότητας **ναφθενικά** και **παραφινικά** συστατικά ανέπαφα. Το εξεγευτισμένο προϊόν, που έχει ως βάση ναφθενικούς και παραφινικούς υδρογονάνθρακες, διακρίνεται για την αντοχή του σε οξείδωση και την υψηλή τιμή του δείκτη ιξώδους. Αποτελεί τη βάση για την παραγωγή των υψηλής ποιότητας λιπαντελαίων, που διατίθενται στο εμπόριο ως λιπαντικά για βαριές απαιτήσεις (Heavy Duty), αφού ενισχυθεί με κατάλληλα πρόσθετικά.

Για την εκχύλιση χρησιμοποιούνται συνήθως η **φουρφουράλη**, ένας οργανικός διαλύτης που παράγεται από πίτυρα. Ο διαλύτης εισάγεται στον πύργο εκχυλίσεως ή σε περιστρεφόμενες εκχυλιστικές συσκευές από το επάνω μέρος, ενώ από κάτω καταθλίβεται το λάδι που προορίζεται για εξεγευτισμό.

Έτσι ο διαλύτης, που είναι βαρύτερος από το λάδι, οδεύει σε αντίστροφη προς το λάδι ροή δηλαδή από πάνω προς τα κάτω. Έτσι έρχεται σε πλήρη επαφή με το λάδι που ανεβαίνει από κάτω προς τα πάνω, αφαιρώντας απ' αυτό με εκχύλιση όλα τα ανεπιθύμητα συστατικά. Μέσα στον πύργο εκχυλίσεως βρίσκονται μεταλλικά ελάσματα τοποθετημένα παράλληλα, ώστε να φέρνουν σε πληρέστερη επαφή το λάδι με το διαλύτη. Ο διαλύτης με τα κατάλοιπα που έχει εκχυλίσει οδηγείται από το κάτω μέρος του πύργου σε μονάδα ανακτήσεως του διαλύτη με απόσταξη. Το εξεγευτισμένο λιπαντικό παραλαμβάνεται από την κορυφή του πύργου και διαχωρίζεται, επίσης με απόσταξη, από τη μικρή ποσότητα διαλύτη που περιέχει.

2.4.4 Αποχρωματισμός.

Συχνά τα ορυκτέλαια μετά τις παραπάνω κατεργασίες έχουν βαθύ Καστανόμαυρο χρώμα που οφείλεται σε διάφορες χρωστικές ουσίες, τις οποίες περιέχουν. Μαζί μ' αυτές συνυπάρχουν και άλλα ανεπιθύμητα συστατικά δηλαδή άνθρακα κατάλοιπα, ίχνη οξέων, θειούχες ενώσεις, ρητίνες κλπ. Το λάδι από τα συστατικά αυτά απαλλάσσεται με κατεργασία με **διηθητική γη**. Η διηθητική γη είναι ένα είδος χώματος, που αποτελείται από **πυριτικά άλατα** αργιλίου και μαγνησίου, ενεργοποιούνται με πύρωση στους 450°C. Έχουν την ικανότητα να συγκρατούν με εκλεκτική προσρόφηση τις χρωστικές ύλες και τα

άλλα ανεπιθύμητα συστατικά

που περιέχει το λάδι. Το λάδι αναμιγνύεται με τη διηθητική γη και, μετά την προσρόφηση απαλλάσσεται απ' αυτή με διήθηση σε φιλτροπρέσες. Για τον αποχρωματισμό εφαρμόζονται σήμερα και άλλες διαδικασίες, όπως είναι η κατεργασία με υδροογόνο.

2.4.5 Χημικά πρόσθετα.

Στην τελική φάση παραγωγής των ορυκτελαίων γίνεται η ανάμιξή τους με ορισμένες ουσίες, που λέγονται πρόσθετα ή **προσθέματα** ή βελτιωτικά (additives). Σκοπός τους είναι να προσδώσουν στο παραγόμενο λιπαντικό ιδιότητες που δεν είχε ή να βελτιώσουν τις αρχικές του ιδιότητες. Η πετρελαιοβιομηχανία διαθέτει σήμερα πολλά τέτοια χημικά πρόσθετα, που μπορεί να ανταποκριθούν σε όλες τις απαιτήσεις λιπάνσεως των συγχρόνων μηχανών, που μέρα με τη μέρα γίνονται μεγαλύτερες. Δεν είναι υπερβολή να λεχθεί ότι για κάθε ειδική απαίτηση υπάρχει το κατάλληλο χημικό πρόσθετο. Βέβαια, τα χημικά πρόσθετα επιβαρύνουν σημαντικά το κόστος των παραγομένων λιπαντικών, όμως η επιβάρυνση αυτή αντισταθμίζεται από την παράταση ζωής των λιπαντικών και από την καλύτερη απόδοσή τους. Έτσι η φθορά της μηχανής είναι μικρότερη και συνεπώς μικρότερο είναι και το κόστος της συντηρήσεως.

Σε άλλες περιπτώσεις τα χημικά πρόσθετα μειώνουν ακόμα και το κόστος διυλίσεως. Π.χ. το επιθυμητό σημείο ροής ορυκτελαίου, αντί να το επιτύχουμε με έντονη αποκρήρωση, μπορούμε με λιγότερα έξοδα να το εξασφαλίσουμε προσθέτοντας σε μικρή αναλογία τα κατάλληλα χημικά πρόσθετα (ταπεινωτές σημείου ροής).

Τα σπουδαιότερα είδη χημικών προσθέτων είναι:

- I. **Βελτιωτικά δείκτη ιξώδους** (v.l. improvers). Αν προστεθούν σε αναλογία 2-10% περιορίζουν τη μεταβολή του ιξώδους με τη θερμοκρασία. Λιπαντέλαια με υψηλή τιμή δείκτη ιξώδους είναι γνωστά ως Viscostatic ή multigrade (πολλαπλού ιξώδους).
- II. **Ταπεινώτες σημείου ροής** (Pour point depressants) κατεβάζουν το σημείο ροής, δηλαδή την κατώτερη θερμοκρασία στην οποία το λάδι μπορεί να ρέει. Συνεπώς, τα πρόσθετα αυτά έχουν αποφασιστική σημασία για την άνετη κυκλοφορία του λαδιού στο δίκτυο λιπάνσεως της

μηχανής. Η αναλογία με την οποία τα προσθέτουμε στο λάδι είναι από 0,1-1 %.

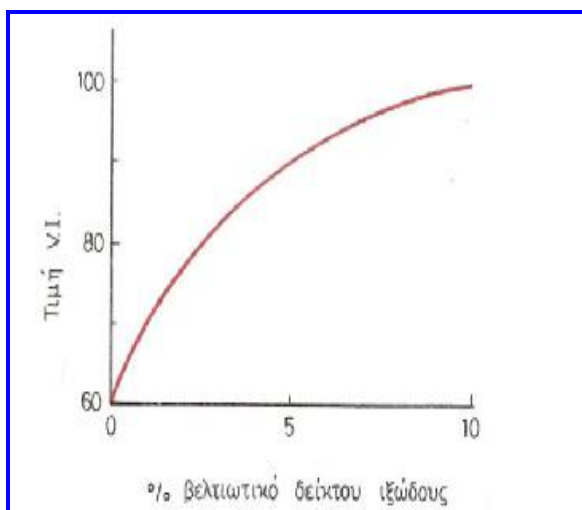
- III. **Αντιρρυπαντικά πρόσθετα** (detergents). Τα προσθέτουμε κυρίως στα λάδια των Μ Ε Κ και έχουν σκοπό να εμποδίσουν τη ρύπανση των κυλίνδρων από τα σχηματιζόμενα εξανθρακώματα. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα των ουσιών αυτών να περιβάλλουν τα εξανθρακώματα με μια λεπτή μεμβράνη, εμποδίζοντας έτσι την επικάθησή τους στα εσωτερικά τοιχώματα των κυλίνδρων.
- IV. **Αντιοξειδωτικά πρόσθετα** (antioxidants). Επιβραδύνουν ή ακόμα και εμποδίζουν τελείως την οξειδωση του λαδιού, που θα κατέστρεφε τις λιπαντικές του ικανότητες, ή ακόμα θα μπορούσε, με τα οξέα που παράγονται κατά την οξείδωση, να δράσει διαβρωτικά στις μεταλλικές επιφάνειες. Η αναλογία τους κυμαίνεται από 0,5-2%.
- V. **Χαλινωτές** ή εμποδιστές διάβρωσης (corrosion inhibitors). Εμποδίζουν τη διάβρωση των μετάλλων, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το νερό ή τα προϊόντα οξειδώσεως του λαδιού. Αυτό οφείλεται στην υψηλή πολική έλξη που τα πρόσθετα αυτά διαθέτουν προς τις μεταλλικές επιφάνειες. Σχηματίζεται έτσι στις μεταλλικές επιφάνειες ένα συνεχές συνεκτικό στρώμα, που εμποδίζει την άμεση επαφή όλων των παραπάνω διαβρωτικών παραγόντων με τα μέταλλα.
- VI. **Προληπτικά φθοράς**(wear preventives). Είναι, πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό της φθοράς από την τριβή κάτω από συνθήκες οριακής λιπάνσεως. Μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:
- 1)Βελτιωτικά λιπαρότητας (oiliness agents). Πρόκειται για ουσίες που μειώνουν το συντελεστή τριβής.
 - 2)Προληπτικά φθοράς για συνηθισμένη καταπόνηση.
 - 3)Προληπτικά φθοράς για πολύ υψηλές πιέσεις (extreme pressure additives). Λιπαντέλαια ενισχυμένα με τέτοια πρόσθετα φέρουν την ένδειξη E.P. (extreme pressure) και έχουν ιδιαίτερη σημασία για λίπανση των μειωτήρων στροφών των ατμοστροβίλων, όπου πράγματι αναπτύσσονται πολύ μεγάλες πιέσεις. Τα λιπαντέλαια αυτά είναι γνωστά ως TEP (Turbine extreme pressure).

Η βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων των ορυκτελαίων με χημικά πρόσθετα δεν είναι ανάλογη με την ποσότητα του χημικού προσθέτου.

Ενώ στην αρχή υπάρχει θεαματική βελτίωση, από ορισμένο ποσοστό αναλογίας και

πέρα η βελτίωση είναι ασήμαντη και το όφελος αμφίβολο. Η βάση δηλαδή της αξίας ενός λιπαντικού είναι η ποιότητα της πρώτης ύλης από την οποία προέρχεται και η επεξεργασία που έχει προηγηθεί. Στο διάγραμμα του σχήματος 2.4.5 φαίνεται ότι για ένα βασικό λάδι με δείκτη ιξώδους 60, προσθέτοντας ένα βελτιωτικό δείκτη ιξώδους μέχρι 5% ανεβάζουμε τον ν.ι. στα όρια του 90. Για 10% προσθέτουμε μόνο 10 μονάδες ν.ι. ακόμα, ενώ πέρα από το 10% η βελτίωση του δείκτη ιξώδους είναι σχεδόν αμελητέα

Τα περισσότερα χημικά πρόσθετα μετά από ορισμένες ώρες λειτουργίας μηχανής εξαντλούνται ή καταστρέφονται. Η ανανέωσή τους μπορεί να γίνει, μόνο κατά την αναζωογόνηση του λιπαντικού, πράγμα που απαιτεί ειδικές εγκαταστάσεις. Μερική ενίσχυση του λιπαντικού γίνεται κατά τις τμηματικές συμπληρώσεις των ελαιοδεξαμενών με καινούργιο λάδι. Η ποσότητα του λαδιού, όμως, που προσθέτουμε πρέπει να είναι μικρή (λιγότερο από 10% της ποσότητας που η μηχανή περιέχει) και το λάδι στη δεξαμενή υποδοχής να είναι θερμό.



Σχήμα 2.4.5

2.5 Συνθετικά λιπαντικά.

Τα λιπαντικά της κατηγορίας αυτής δεν προέρχονται από το φυσικό πετρέλαιο, αλλά παράγονται συνθετικά.

Εφαρμόζονται σε περίπτωση που τα ορυκτέλαια δεν μπορούν να

ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των συνθηκών για τις οποίες προορίζονται. Η επιλογή των πρώτων υλών, αλλά και της διαδικασίας παραγωγής τους, επιτρέπουν την εξασφάλιση των ιδιοτήτων εκείνων, που μπορούν να ικανοποιήσουν τις ειδικές απαιτήσεις για κάθε περίπτωση λιπάνσεως. Παρά το υψηλό κόστος τους, η χρήση τους επεκτείνεται όλο και περισσότερο, γιατί το κόστος αυτό, όπως είπαμε και αλλού, αντισταθμίζεται από το κέρδος στη συντήρηση της μηχανής και γενικότερα στην παράταση της ζωής της.

Από τα σπουδαιότερα είδη συνθετικών λιπαντικών είναι:

2.6 Εστέρες διβασικών οξέων.

Πρόκειται για αλειφατικούς διεστέρες του γενικού τύπου: $\text{ROOC}-(\text{CH}_2)_v-\text{COOR}$, από τους οποίους γνωστότερος είναι ο διισοοκτυλικός εστέρας του σεβακικού οξέος. Σπουδαιότερο προσόν τους είναι η εξαιρετική σταθερότητα του ιξώδους απέναντι στις μεταβολές της θερμοκρασίας, δηλαδή η πολύ μεγάλη τιμή του δείκτη ιξώδους. Έχουν επίσης ικανοποιητική χημική σταθερότητα, μικρή πτητικότητα και με τα πρόσθετα που περιέχουν δεν προκαλούν διαβρώσεις στα μέταλλα. Το μειονέκτημα τους είναι ότι προσβάλλουν χρώματα και πλαστικά ή εξαρτήματα από λάστιχο, με τα οποία έρχονται σε επαφή. Χρησιμοποιούνται σε μηχανές αεριωθουμένων αεροπλάνων, καθώς και για τη λίπανση ορισμένων οργάνων.

2.7 Οργανοφωσφορικοί εστέρες.

Έχουν εξαιρετική λιπαρότητα και ικανοποιητικές τιμές δείκτη ιξώδους. Το σημαντικότερο μειονέκτημα τους είναι η ευπάθεια τους ως προς την υδρόλυση, από την οποία παράγεται το εξαιρετικά διαβρωτικό φωσφορικό οξύ. Έχουν καλή θερμική σταθερότητα ως τους 150°C . Χρησιμοποιούνται ως υδραυλικά λάδια.

2.8 Εστέρες του πυριτικού οξέος.

Έχουν την καλύτερη τιμή δείκτη ιξώδους, δηλαδή τη μικρότερη μεταβολή ιξώδους με τη θερμοκρασία, από όλα τα συνθετικά λάδια. Υστερούν και αυτά ως προς την ευπάθεια στην υδρόλυση, από την οποία παράγεται πυριτικό οξύ (SiO_2) που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές φθορές στους τριβείς τους οποίους λιπαίνουν. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή λιπαντικών λιπών (γράσσα) με μικρή πτητικότητα.

2.9 Σιλικόνες.

Είναι ένα από τα πιο γνωστά είδη συνθετικών λιπαντικών. Έχουν ως βάση προϊόντα πολυμερισμού των **σιλοξανών**, δηλαδή οργανοπυριτικών ενώσεων, από τις οποίες γνωστότερες είναι η διμεθυλοσιλαξόνη $\text{CH}_3\text{SiO}-\text{CH}_3$ και η μεθυλοφαινυλοσιλοξάνη $\text{CH}_3-\text{SiO}-\text{C}_6\text{H}_5$.

Διακρίνονται για τα εξής χαρακτηριστικά:

- I. Εξαιρετικά υψηλές τιμές δείκτη ιξώδους.
- II. Πολύ καλή αντοχή στην οξείδωση.
- III. Σταθερότητα στις υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 300°C).

Ένα από τα μειονεκτήματά τους είναι ότι δεν αντέχουν σε μεγάλες πιέσεις που αναπτύσσονται από υψηλά φορτία τριβών και που μπορεί να προκαλέσουν την ζελατινοποίησή τους.

Στον πίνακα 2.5.1 αναγράφονται τα κυριότερα γνωρίσματα και οι σπουδαιότερες εφαρμογές των συνθετικών λιπαντικών.

Ειδική κατηγορία συνθετικών λιπαντικών, είναι τα παραγόμενα με βάση συνθετικούς υδρογονάνθρακες, που προορίζονται για λίπανση Μ Ε Κ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.1 Κύρια χαρακτηριστικά των συνθετικών λιπαντικών

α/α	Είδος συνθετικού λιπαντικού	Σχέση ιζώδους και θερμοκρασί	Αντοχή στην οξειδωση	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			Πηπτικότη τα	Εφαρμογές
				Λιπαντι κόητητα	θερμική σταθερό τητα	Αντοχή στην υδρόλυσ η		
1	Εστέρες διβασικών οξέων	ΠΚ	Κ	Κ	Κ	Μ	χαμηλή	Λίπανση μηχανών αεριοθουμένων αεροπλάνων. Υδραυλικά υγρά. Λίπανση συσκευών και οργάνων. Γράσσο χαμηλής πηπτικότητας.
2	Εστέρες του φωσφορικού οξέος	Κ	ΠΚ	ΠΚ	Μ	Μ	πολύ χαμηλή	Παρασκευή γράσσων με χαμηλή πηπτικότητα και μεγάλη λιπαντική ικανότητα.
3	Εστέρες του πυριτικού οξέος	Ε	Μ	Μ	Ε	Μ	χαμηλή πολύ	Υγρά μεταφοράς θερμότητας. Υδραυλικά υγρά για υψηλές θερμοκρασίες. Λίπανση συσκευών, που απαιτούν ελάχιστη μεταβολή
4	Σιλικόνες	Ε	Ε	Μ	Κ	Ε	χαμηλή	του ιζώδους με τη θερμοκρασία. Παρασκευή γράσσων μεγάλης αντοχής σε υψηλά φορτία

(Ε = εξαιρετη Π Κ = πολύ καλή Κ = καλή Μ = μέτρια)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ

3.1 Σκοπός και σημασία του ποιοτικού ελέγχου.

Ο ποιοτικός έλεγχος των λιπαντικών γίνεται σε δύο κυρίως περιπτώσεις:

- 1) Κατά την αρχική παραλαβή ορισμένης ποσότητας λιπαντικού από τις εταιρίες, με σκοπό να εξακριβωθεί κατά πόσο το λιπαντικό αυτό ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του τύπου στον οποίο ανήκει. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται πλήρης χημική ανάλυση, που μόνο στα χημικά εργαστήρια μπορεί να γίνει, οπότε και εκδίδεται **δελτίο αναλύσεως**, που συνοδεύει την ποσότητα του λιπαντικού απ' το οποίο προέρχονται τα δείγματα και παραδίδεται στον αρχιμηχανικό της εταιρίας που θα το χρησιμοποιήσει. Το δελτίο αναλύσεως έχει αξία κυρίως γιατί οι τιμές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, που αναγράφονται στο δελτίο, αποτελούν μέτρο σύγκρισεως για τις αντίστοιχες τιμές που θα προκύπτουν κατά τις περιοδικές εξετάσεις του ίδιου λιπαντικού, όσο καιρό χρησιμοποιείται από σ αυτόν που έχει χορηγηθεί.
- 2) Αν παρατηρηθεί σημαντική απόκλιση από τις αρχικές τιμές ενός ή περισσότερων χαρακτηριστικών του λιπαντικού, αυτό μπορεί να βοηθήσει στην επισήμανση κάποιας ανωμαλίας της μηχανής, στην οποία το λιπαντικό αυτό χρησιμοποιείται, και να οδηγήσει στην έγκαιρη αντιμετώπιση της. Ασυνήθιστη π.χ. μείωση του ιξώδους, που συνοδεύεται και από μείωση του σημείου αναφλέξεως ενός λιπαντελαίου, φανερώνει διαρροή καυσίμου. Στην περίπτωση αυτή το αίτιο πρέπει να αναζητηθεί στους καυστήρες, που συχνά παρουσιάζουν διαρροή πετρελαίου, την οποία πρέπει έγκαιρα να εντοπίζουμε και να αποκαθιστούμε τη βλάβη.
- 3) Η χρήση ενός λιπαντικού για μεγάλο χρονικό διάστημα σε μια μηχανή μπορεί να αλλοιώσει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του σε βαθμό που η εκπλήρωση της αποστολής του, δηλαδή η ορθή λίπανση, να είναι προβληματική. Για το ενδεχόμενο αυτό επιβάλλεται ο περιοδικός έλεγχος του λιπαντικού, που ονομάζεται **επιτήρηση της ποιότητας** (Quality surveillance). Ο έλεγχος πραγματοποιείται σε ορισμένα χρονικά διαστήματα ή μετά από Τα

δείγματα αυτά στέλνονται στα ειδικά εργαστήρια, συνήθως της εταιρίας από την οποία προέρχεται το λιπαντικό, τα οποία εκδίδουν επίσης ένα δελτίο αναλύσεως με παρατηρήσεις ή υποδείξεις ανάλογα με τα αποτελέσματα της εξετάσεως..

4) Η σημασία του ποιοτικού ελέγχου των λιπαντικών για το μηχανικό περιορίζεται σε δύο **κυρίως** σημεία:

- I. Να μπορεί ο μηχανικός να εκτελεί μόνος του ορισμένες από τις δοκιμές και μετρήσεις. Βέβαια η ακρίβεια των μετρήσεων στην περίπτωση αυτή είναι μικρή, δίνουν όμως στο μηχανικό μια ένδειξη για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το λιπαντικό. Όταν υπάρχει και η παραμικρή αμφιβολία για τα αποτελέσματα μιας τέτοιας πρόχειρης εξετάσεως, τότε τα δείγματα στέλνονται στα χημικά εργαστήρια της εταιρίας από την οποία προέρχεται το λιπαντικό για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων.
- II. Να μπορεί να ερμηνεύει σωστά τα αποτελέσματα των εξετάσεων που περιέχονται στα δελτία αναλύσεως που παίρνει από τα εργαστήρια των εταιριών και σύμφωνα μ' αυτά να προβαίνει στις ενέργειες που απαιτούνται για τον εντοπισμό ή την αποκατάσταση μιας ανωμαλίας, την οποία η ανάλυση μπορεί να επισημάνει.

Από τα παραπάνω προκύπτει μια βασική διαφορά ανάμεσα στον ποιοτικό έλεγχο των καυσίμων και τον ποιοτικό έλεγχο των λιπαντικών:

Ο έλεγχος των καυσίμων γίνεται **μια φορά μόνο**, κατά την αρχική παραλαβή. Αλλοίωση των χαρακτηριστικών του κατά την παραμονή του στις δεξαμενές ή κατά τη χρήση του είναι απίθανη, εκτός από την περίπτωση ανωμαλίας (π.χ. ανάμιξη με νερό από διαρροή στο δίκτυο του καυσίμου κλπ).

Ο έλεγχος των λιπαντικών πρέπει να είναι συνεχής, πράγμα που εξασφαλίζεται με την **επιτήρηση της ποιότητας**.

Εκτός από τη συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας των λιπαντικών, οι εταιρίες ενημερώνουν συνεχώς τους πελάτες τους, για τις νεότερες εξελίξεις στον τομέα χρήσεως των καταλλήλων λιπαντικών. Για το σκοπό αυτό στέλνουν πίνακες των λιπαντικών, που θεωρούνται κατάλληλα για κάθε περίπτωση λιπάνσεως. Υπάρχει παράδειγμα πίνακα λιπαντικών που αναφέρεται .κα που χρειάζονται στη λίπανση και υποδεικνύει για το καθένα από αυτά το κατάλληλο λιπαντικό.

3.2 Δειγματοληψία.

Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων μιας χημικής αναλύσεως εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον τρόπο με το οποίο γίνεται η λήψη του δείγματος. Οι βασικοί κανόνες για τη σωστή δειγματοληψία μπορούν να συνοψισθούν εξής:

1) Αντιπροσωπευτικότητα.

Το δείγμα που θα σταλεί για εξέταση πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό όλης της ποσότητας του λιπαντικού από την οποία προέρχεται. Για το σκοπό αυτό πρέπει το δείγμα να παίρνεται ζεστό και όσο η μηχανή βρίσκεται ακόμα σε λειτουργία. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, πρέπει η δειγματοληψία να γίνεται αμέσως μετά το κράτημα της μηχανής, ώστε το λάδι να είναι ακόμα ζεστό.

Το δείγμα παίρνεται συνήθως από ειδικό κρουνό, που βρίσκεται πριν από το φυγοκεντρικό καθαριστήρα, αφού προηγουμένως αλέθει να τρέξει αρκετή ποσότητα λαδιού.

2) Καθαρότητα.

Τα δοχεία στα οποία συλλέγεται το δείγμα πρέπει να είναι **καθαρά** και **στεγνά**. Ο καθαρισμός πρέπει να γίνεται πρώτα με ένα οργανικό διαλύτη (π.χ. βενζίνη) και ύστερα με νερό. Τα ξεπλυμένα δοχεία στεγνώνονται σε κλιβάνους σε θερμοκρασία 100-105°C, ώστε να εξατμισθεί και η τελευταία σταγόνα νερού.

3) Συχνότητα.

Εφόσον δεν υπάρχει ειδικός λόγος (π.χ. μια ανωμαλία της μηχανής), η δειγματοληψία του λιπαντικού για τον ποιοτικό έλεγχο πρέπει να γίνεται κάθε 3 ή 4 μήνες για τα λιπαντικά ΜΕΚ και κάθε 6 μήνες για τα τουρμπινέλαια. Προτιμότερο είναι η δειγματοληψία να γίνεται όταν το λιπαντικό συμπληρώσει ορισμένες ώρες λειτουργίας (200-600) και να τηρείται ειδικό μητρώο για κάθε μηχανήμα στο οποίο καταχωρούνται τα αποτελέσματα κάθε αναλύσεως. Έτσι έχουμε μια εικόνα της καταστάσεως του λιπαντικού όσο διάστημα χρησιμοποιείται στη μηχανή, που συχνά φανερώνει και την κατάσταση της μηχανής.

Στα δοχεία που περιέχουν τα δείγματα, πριν σταλούν στο εργαστήριο για έλεγχο, τοποθετείται πινακίδα στην οποία αναγράφονται τα εξής στοιχεία:

- I. Όνομα .
- II. Ημερομηνία δειγματοληψίας.
- III. Ώρες λειτουργίας.

- IV. Τύπος λιπαντικού.
- V. Λιπαινόμενο μηχανήμα.
- VI. Ποσότητα που αντιπροσωπεύει το δείγμα.

3.3 Μακροσκοπική εξέταση.

Γίνεται σε αντιπροσωπευτικό δείγμα του λιπαντικού με απλή παρατήρηση σε γυάλινο σωλήνα ή σε άλλο κατάλληλο σκεύος.

Κατά τη μακροσκοπική εξέταση ελέγχονται τα εξής κυρίως σημεία:

- I. **Εμφάνιση.** Το καινούργιο λάδι πρέπει να είναι τελείως διαφανές. Στο μεταχειρισμένο λάδι, στο μεν τουρμπινέλαιο είναι ανεκτή μια μικρή θολερότητα, που μπορεί να οφείλεται στην παρουσία νερού, αλλά το λάδι από ΜΕΚ είναι συνήθως μαύρο και αδιαφανές.
- II. **Ξένες ύλες.** Ελέγχεται προσεκτικά η παρουσία ξένων υλών, που μπορεί να αιωρούνται στο λάδι ή να κατακαθίζουν στον πυθμένα του γυάλινου δοκιμαστικού σωλήνα. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην τυχόν παρουσία μεταλλικών τεμαχίων, δηλαδή ρινισμάτων ή ξεσμάτων, που είναι πολύ επικίνδυνα για τη μηχανή και ιδιαίτερα για τα ευπαθή αντιτριβικά κράματα των εδράνων. Αν διαπιστωθεί η παρουσία τέτοιων μεταλλικών ρινισμάτων, πρέπει το δείγμα να διηθείται με χαρτί ή βαμβάκι, που συγκρατεί τις ξένες ύλες, ώστε να εξετάζονται κατόπιν προσεκτικότερα. Έτσι τα συμπεράσματα από τη μακροσκοπική εξέταση θα είναι θετικότερα.
- III. **Χρώμα.** Το χρώμα ενός λιπαντικού μόνο ενδείξεις μπορεί να παρέχει για την ποιότητα ή για την κατάσταση του. Τα καινούργια λιπαντικά είναι γενικά ανοικτόχρωμα, ενώ με τη χρήση τους το χρώμα σκουραίνει. Αυτή η μεταβολή του χρώματος σε σκουρότερες αποχρώσεις είναι πιο αισθητή στα λιπαντέλαια των ΜΕΚ, που περιέχουν διασκορπιστικά πρόσθετα τα οποία συγκρατούν τα εξανθρακώματα σε αιώρηση. Στην περίπτωση αυτή ο βαθύς χρωματισμός που το λάδι αποκτά λίγες ώρες μετά την έναρξη της λειτουργίας του, σημαίνει ότι το λάδι αυτό εκπληρώνει μια βασική αποστολή του: να διατηρεί τις λιπαινόμενες επιφάνειες καθαρές.

3.4 Ιξώδες.

Το **ιξώδες** είναι το αντίθετο της **ρευστότητας** και είναι το σπουδαιότερο από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ενός λιπαντικού, η δε τιμή του αποτελεί αποφασιστικό

παράγοντα για τις συνθήκες λιπάνσεως σε ένα τριβέα. Όταν η τιμή του Ίξώδους είναι υψηλή, θα έχουμε και σχετικά μεγάλο συντελεστή τριβής, άρα και μεγαλύτερη απώλεια έργου λόγω τριβής. Αντίθετα, πολύ μικρό Ίξώδες καθιστά αμφίβολη τη διατήρηση της λιπαντικής μεμβράνης, που μπορεί εύκολα να εκθλίβεται από τις πιέσεις που ασκούν τα **φορτία** π.χ. σε ένα τριβέα, πράγμα που μπορεί να προκαλέσει τη γρήγορη φθορά του. Η υγρή λίπανση μπορεί να μεταπέσει σε συνθήκες οριακής λιπάνσεως, που δεν μπορούν πια να τεθούν υπό έλεγχο, από το Ίξώδες του ελαίου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η μέτρηση του Ίξώδους για τα μεταχειρισμένα λάδια κατά τις διάφορες περιοδικές εξετάσεις, στις οποίες υποβάλλονται κάθε ορισμένες ώρες λειτουργίας. Στην περίπτωση αυτή δεν επιτρέπεται μεταβολή του Ίξώδους μεγαλύτερη από 10% της αρχικής τιμής, γιατί:

1) **Αύξηση** του Ίξώδους μεγαλύτερη από 10% σημαίνει προχωρημένη αλλοίωση του λαδιού, από την οποία σχηματίζονται ασφαλτούχα ή ρητινικά προϊόντα, που συντελούν στην αύξηση του Ίξώδους. Η αύξηση του Ίξώδους συμβαδίζει συνήθως με την αύξηση του αριθμού εξουδετερώσεως (οξύτητα) και αργά ή γρήγορα το λάδι πρέπει να αντικατασταθεί. 2) **Μείωση** του Ίξώδους κάτω από 10% της αρχικής τιμής οφείλεται συνήθως σε διαρροή καυσίμου στο λιπαντέλαιο, πράγμα που συνοδεύεται και από σημαντική μείωση του σημείου αναφλέξεως. Στην περίπτωση αυτή το λάδι πρέπει να αντικατασταθεί, γιατί:

- I. Υπάρχει κίνδυνος εκρήξεως στο στροφαλοθάλαμο.
- II. Μειώνεται η συνοχή της λιπαντικής μεμβράνης σε βαθμό που συχνά εκθλίβεται, αφήνοντας τη λιπανόμενη επιφάνεια ακάλυπτη. Αποφασιστική σημασία για το Ίξώδες έχει η τιμή του παράγοντα ZN/P, που συνδέεται με το συντελεστή τριβής με την παρακάτω σχέση:

$$\mu = \kappa^{-ZN/P}$$

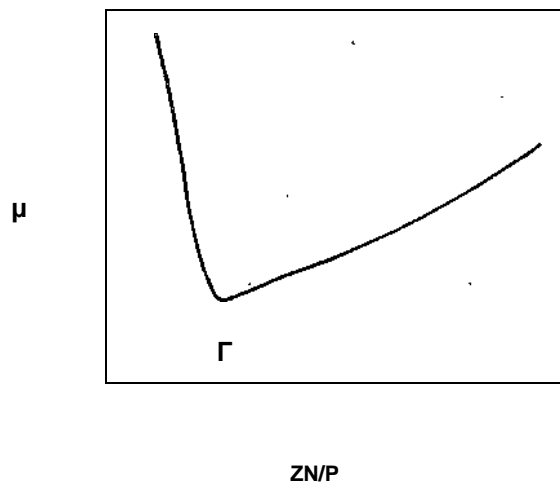
Αυτό σημαίνει ότι η τιμή του συντελεστή τριβής, που αναπτύσσεται στη λιπαντική μεμβράνη (εσωτερική τριβή) των μορίων του λιπαντικού που παρεμβάλλονται σε ένα τριβέα, εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Από την τιμή του Ίξώδους Z, προς την οποία είναι ανάλογη.
- Από την ταχύτητα περιστροφής N του άξονα που λιπαίνεται με το εξεταζόμενο

- λιπαντικό σε ένα συγκεκριμένο τριβέα, προς την οποία είναι επίσης ανάλογη.
 - Από το φορτίο P, προς το οποίο ο συντελεστής τριβής μ είναι αντιστρόφως ανάλογος.
 - Από το συντελεστή κ , που εξαρτάται από τις άλλες συνθήκες που επικρατούν κατά τη λίπανση ή από τα ειδικά χαρακτηριστικά του τριβέα.
- Τη σχέση μεταξύ του συντελεστή τριβής μ και της ομάδας ZN/P

Ιξώδες χ Στροφές

απεικονίζει η καμπύλη του σχήματος 3.4. Στο αριστερό τμήμα της καμπύλης, όπου επικρατεί η **οριακή λίπανση**, όταν μειώνεται η τιμή της ομάδας ZN/P, έχουμε απότομες μεταβολές της τριβής, όπως φαίνεται από τις μεταβολές του συντελεστή μ , που δύσκολα αντισταθμίζονται. Έτσι με οριακή λίπανση, μια μικρή αύξηση π.χ. της ταχύτητας περιστροφής προκαλεί σημαντική ελάττωση της τριβής, ενώ με λιγότερες στροφές η τριβή αυξάνει απότομα. Γενικά οι συνθήκες της οριακής λιπάνσεως δύσκολα ελέγχονται, γιατί δεν επηρεάζονται ουσιαστικά από το ιξώδες, ενώ αντίθετα στην υδροδυναμική λίπανση, την οποία απεικονίζει το δεξιό τμήμα της καμπύλης του σχήματος 3.4, η μεταβολή της τριβής, όταν μεταβάλλεται ένας από τους παράγοντες της ομάδας ZN/P, είναι ομαλότερη. Η μεταβολή μιας από τις μεταβλητές Z, N ή P είναι εύκολο να αντισταθμισθεί από αντίστοιχη μεταβολή μιας άλλης.



Σχήμα 3.4

Αν π.χ. στην περιοχή της υδροδυναμικής λιπάνσεως μειωθούν οι στροφές N, μειώνεται η τιμή της ομάδας ZN/P, που μετακινείται προς τα αριστερά, όπου βρίσκεται το **γόνατο** της καμπύλης Γ, μετά το οποίο μεταπίπτουμε στην οριακή

λίπανση. Αυτό όμως στην πράξη σπάνια συμβαίνει, εκτός αν η πτώση των στροφών είναι πολύ απότομη. Διαφορετικά αντισταθμίζεται από την αύξηση του ιξώδους Z, που οφείλεται στη μείωση της θερμοκρασίας του λαδιού..

Έτσι η τιμή ZN/P μένει σχεδόν σταθερή, πράγμα που εξασφαλίζει και αντίστοιχη σταθερότητα στην τιμή του συντελεστή τριβής μ και γενικά στις συνθήκες λιπάνσεως, στο μέτρο που αυτές εξαρτώνται από το συντελεστή μ .

Αντίθετα, στην περιοχή της οριακής λιπάνσεως, την οποία αντιπροσωπεύει το αριστερό σκέλος της καμπύλης στο διάγραμμα του σχήματος 3.4, οι συνθήκες λιπάνσεως είναι γενικά ασταθείς. Οι μεταβολές στην ομάδα ZN/P, που καθορίζουν την τιμή του συντελεστή τριβής μ , δεν αντισταθμίζονται όπως στην υδροδυναμική λίπανση. Αν π.χ. αυξηθεί το φορτίο P, η τιμή ZN/P ελαττώνεται, πράγμα που ανεβάζει το συντελεστή τριβής μ σε πολύ υψηλά επίπεδα, όπως δείχνει η απότομη κλίση του αριστερού σκέλους του διαγράμματος, που αντιστοιχεί στην οριακή λίπανση. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρήση ειδικών λιπαντικών που να έχουν τη λεγόμενη **λιπαρότητα** (oilness). Τα λιπαντικά αυτά είναι ενισχυμένα με ειδικά χημικά πρόσθετα (oilness additives) που εξουδετερώνουν τα δυσμενή αποτελέσματα της οριακής λιπάνσεως. Η λείανση των κομβίων του άξονα στην περίπτωση αυτή πρέπει επίσης να είναι τέλεια, ώστε και πάλι να απομακρύνεται το ενδεχόμενο οριακής λιπάνσεως, που μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες βλάβες στον τριβέα.

Η **μέτρηση** του ιξώδους ενός λιπαντικού βασίζεται, όπως και για τα καύσιμα και για όλα γενικά τα υγρά σώματα, στο χρόνο που απαιτείται για τη ροή ορισμένης ποσότητας δείγματος κάτω από αυστηρά καθορισμένες συνθήκες. Η ροή γίνεται από ειδικό ακροφύσιο και σε θερμοκρασία που, με τη βοήθεια μεγάλης ακρίβειας θερμοστατικών διατάξεων, διατηρείται σταθερή.

Οι συσκευές μέτρησεως του ιξώδους λέγονται **ιξωδόμετρα**. Ο χρόνος μετράται πάντοτε σε δευτερόλεπτα και η τιμή του συνοδεύεται πάντοτε από τη συσκευή με την οποία γίνεται η μέτρηση και από τη θερμοκρασία στην οποία η μέτρηση αναφέρεται. Π.χ. ιξώδες 250 SSU/130°F σημαίνει ότι ο χρόνος εκροής ορισμένης ποσότητας δείγματος (στην προκειμένη περίπτωση 60 cc) από το ακροφύσιο Universal της συσκευής Saybolt σε 130°F είναι 250 δευτερόλεπτα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των διαφόρων κλιμάκων μέτρησεως ιξώδους και οι μεταξύ τους σχέσεις φαίνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 3.4.1.

3.5 Φαινόμενο ή φαινομενικό ιξώδες.

Προϋποθέτει μια γραμμική σχέση μεταξύ της τάσεως διατμήσεως (shear stress) F/A και της παραμόρφωσης την οποία η τάση διατμήσεως προκαλεί στο ρευστό στο οποίο εφαρμόζεται. Η παραμόρφωση στην περίπτωση αυτή εκφράζεται με το πηλίκο V/H , δηλαδή τη μεταβολή της ταχύτητας V προς τη μεταβολή της αποστάσεως H και αναφέρεται ως **Ταχύτητα αποσχίσεως** (rate of shear). Η γραμμική αυτή συνάρτηση ισχύει μόνο για τα λεγόμενα **νευτώνεια υγρά** (νερό, αλκοόλες, πετρέλαιο κλπ.). Πολλά όμως από τα λιπαντικά και κυρίως τα λιπαντικά λίπη ή τα πολύτιμα έλαια δεν ακολουθούν το νόμο αυτό (νόμος του Νεύτωνα). Η παραμόρφωση λόγω διατμήσεως με την ίδια τάση διατμήσεως είναι μεγαλύτερη από εκείνη που αντιστοιχεί στα Νευτώνεια υγρά. Τα υλικά αυτά λέγονται **μη νευτώνεια** και για το ιξώδες τους χρησιμοποιείται ο όρος **φαινόμενο ή φαινομενικό ιξώδες**. Αυτό ορίζεται ως η **σχέση της τάσεως διατμήσεως προς την ταχύτητα αποσχίσεως ή γενικότερα προς την παραμόρφωση, την οποία η τάση αυτή προκαλεί**. Η τιμή φαινομένου ιξώδους δίνεται μαθηματικά από τη σχέση:

$$n = \frac{F}{S}$$

όπου: n είναι η τιμή του φαινομένου ιξώδους, F η τάση διατμήσεως και S η παραμόρφωση του ρευστού λόγω διατμήσεως.

Η μέτρηση του φαινομένου ιξώδους περιγράφεται στη μέθοδο D 2602 του ASTM.

3.6 Δείκτης ιξώδους.

Ιδιαίτερη σημασία για ένα λιπαντικό δεν έχει μόνο η τιμή του ιξώδους του, αλλά και η σχέση ιξώδους-θερμοκρασίας, δηλαδή σε ποιο βαθμό η τιμή του ιξώδους επηρεάζεται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας που το λιπαντικό αντιμετωπίζει μέσα στο δίκτυο λιπάνσεως της μηχανής. Τη σχέση ιξώδους-θερμοκρασίας εκφράζει η τιμή του λεγόμενου **δείκτη ιξώδους**-που συμβολίζεται με $\Delta.I.$ ή με $V.I.$ (Viscosity Index). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του $V.I.$ ενός λιπαντικού, τόσο λιγότερο μεταβάλλεται το ιξώδες του από τις μεταβολές της Θερμοκρασίας. Λιπαντικά με υψηλό $V.I.$ έχουν αξιοσημείωτη σταθερότητα του ιξώδους απέναντι στις

θερμοκρασιακές μεταβολές, πράγμα που αποτελεί ιδιότητα με μεγάλη σημασία. Τα λιπαντικά αυτά είναι γνωστά ως Πολύτυπα ή Viscostatic ή Multigrade και με την ονομασία αυτή κυκλοφορούν στο εμπόριο. Παράγονται ύστερα από προσεκτική επιλογή των πρώτων υλών, κατάλληλη επεξεργασία και ανάμιξη με χημικά πρόσθετα που είναι βελτιωτικά του Δ.Ι. (V.I. improvers). Ο μηχανισμός δράσεως των προσθέτων αυτών μπορεί να εξηγηθεί αν δεχθούμε ότι τα μόρια τους έχουν σπειροειδή μορφή, που όταν θερμανθούν μετατρέπονται σε επιμήκη μόρια. Σ αυτή την επιμήκη μορφή δυσχεραίνουν την κίνηση των μορίων του λιπαντικού, αυξάνουν τις τριβές των μορίων και επομένως δεν επιτρέπουν τη μείωση του ιξώδους

Αντίθετα, όταν ελαττωθεί η θερμοκρασία, ανακτούν τη σπειροειδή μορφή, που δεν εμποδίζει την κίνηση των μορίων του λιπαντικού και έτσι η τιμή του ιξώδους ελάχιστα μεταβάλλεται.

Όλες αυτές οι διαδικασίες για την παραγωγή λιπαντικού με υψηλό δείκτη ιξώδους επιβαρύνουν σημαντικά το κόστος του, πράγμα που, όπως τονίσαμε παραπάνω, αντισταθμίζεται από το κέρδος που προκύπτει στη συντήρηση της μηχανής και από άλλα πλεονεκτήματα.

Το ρόλο και τη σημασία του δείκτη ιξώδους αντιλαμβάνεται κανένας εύκολα αν λάβει υπόψη του τη μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας ενός λιπαντικού κατά την εκκίνηση της μηχανής, ως τη στιγμή που αυτό θα αποκτήσει τη μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής. Η διακύμανση αυτή της θερμοκρασίας μπορεί να φθάσει τους 100°C και έτσι να μεταβάλει αισθητά το ιξώδες του λιπαντικού, σε βαθμό που η διατήρηση της λιπαντικής μεμβράνης, από την οποία εξαρτάται η ορθή λίπανση, να είναι αμφίβολη. Αυτό ακριβώς το ενδεχόμενο περιορίζεται τόσο περισσότερο όσο ο δείκτης ιξώδους είναι μεγαλύτερος.

Για τη μέτρηση του δείκτη ιξώδους (μέθοδος ASTM D567) χρησιμοποιείται μια αυθαίρετη κλίμακα, στην οποία το μηδέν κατέχει ορυκτέλαιο ναφθενικής βάσεως εξαιρετικά" ευπαθές στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Το 100 της κλίμακας κατέχει ορυκτέλαιο παραφινικής βάσεως πολύ λίγο ευαίσθητο στις αντίστοιχες μεταβολές της θερμοκρασίας. Τέτοια πρότυπα λιπαντέλαια είναι διεθνώς καθιερωμένα και χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του δείκτη ιξώδους οποιουδήποτε άλλου λιπαντικού.

Ο τρόπος υπολογισμού του V.I. φαίνεται στο παράδειγμα του σχήματος 3.6β.

Εκλέγονται δυο πρότυπα λιπαντέλαια με V.I. 0 και 100 αντίστοιχα, που να έχουν σε 210°F (100° C) το ίδιο ιξώδες με το άγνωστο λιπαντικό (που είναι 50 SSU στο

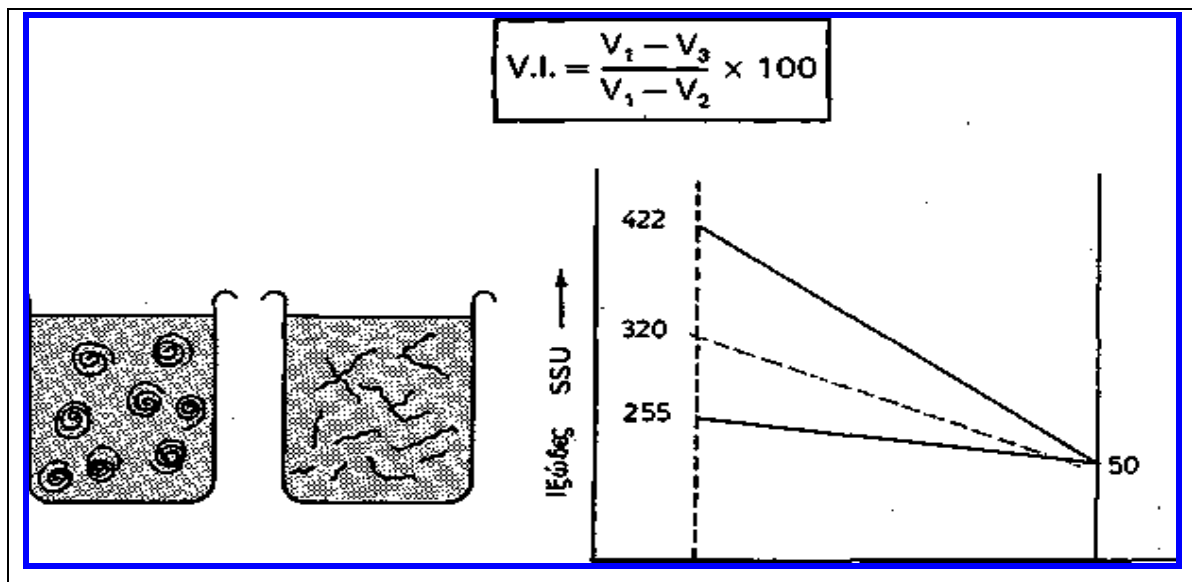
παράδειγμα του σχήματος 3.6β). Μετά μετράται το ιξώδες και των τριών δειγμάτων στους 100°F (40° C), οπότε έχουμε τις εξής τιμές:

V_1 , το ιξώδες σε 40°C του λιπαντικού με V.I. = 0

V_2 το ιξώδες σε 40°C του λιπαντικού με V.I. = 100

V_3 το ιξώδες σε 40°C του άγνωστου λιπαντικού.

Η τιμή V.I. του άγνωστου λιπαντικού προκύπτει εφαρμόζοντας τον τύπο:



Σχήμα3.6 α

σχήμα3.6 β

3.7 Σημείο ροής, σημείο νεφώσεως.

Κατά τη διάρκεια της ψύξεως ενός λιπαντελαίου συναντάμε διαδοχικά τρεις θερμοκρασίες, σε κάθε μια από τις οποίες επέρχονται ορισμένες εμφανείς διαφορές στις ιδιότητες του:

- α) Το **σημείο νεφώσεως** ή **σημείο θολώσεως** (Cloud point) T_v είναι η θερμοκρασία στην οποία το δείγμα του λιπαντικού ψυχόμενο εμφανίζει θολερότητα. Αυτή οφείλεται στην αποβολή από τη μάζα του λαδιού των παραφινικών συστατικών, που στη θερμοκρασία T_v είναι αδιάλυτα.
- β) **Σημείο ακινησίας** T_a είναι η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία το λάδι έχει πια ακινητοποιηθεί κατά την ψύξη του.

Στην πράξη, μετά τον προσδιορισμό του σημείου νεφώσεως, μετράται το σημείο ακινησίας με διαδοχικές ψύξεις κατά 3°C, ώσπου το δείγμα του λαδιού, όταν

έλθει σε οριζόντια θέση σε πρότυπο γυάλινο σωλήνα, να μην παρουσιάζει στην ελεύθερη επιφάνεια του κύρτωση, αν παραμείνει στη θέση αυτή για 5 δευτερόλεπτα .

γ) Το σημείο ροής T. συμβατικά καθορίζεται 3°C πάνω από το σημείο ακινησίας και είναι ουσιαστικά η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία μπορεί να ρέει ένα λάδι.

Στο παράδειγμα του σχήματος 3.7 έχουμε:

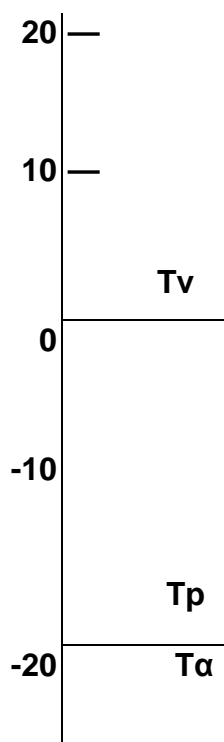
α) Σημείο νεφώσεως T_v 4°C

β) Σημείο ακινησίας T_α ! -20°C

γ) Σημείο ροής $T_\rho = T_\alpha + 3 = -20 + 3 = -17^\circ\text{C}$.

Η σημασία του σημείου νεφώσεως περιορίζεται στις περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες το λάδι πρέπει να διατηρεί τη διαύγεια του σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπου η θολερότητα μπορεί να δυσχεραίνει τη χρήση του.

F



Πολύ μεγαλύτερη σημασία έχει το **σημείο ροής** γιατί από αυτό εξαρτάται η αντλητικότητα του λαδιού στο δίκτυο λιπάνσεως σε χαμηλές θερμοκρασίες, που μπορεί να αντιμετωπισθούν στην πράξη. Η τιμή του σημείου ροής εξαρτάται κυρίως από το είδος των υδρογονανθράκων από τους οποίους αποτελείται το λιπαντικό. Οι

υδρογονάνθρακες με ευθεία άλυσσο (παραφινικοί) έχουν γενικά υψηλό σημείο ροής, που μπορεί να μειωθεί με την κατεργασία της αποκηρώσεως ή αποπαραφινώσεως, δηλαδή με την απομάκρυνση των παραφινικών συστατικών, στα οποία ακριβώς οφείλεται η υψηλή τιμή του σημείου ροής. Μετά είναι δυνατό να προστεθούν ειδικά πρόσθετα, γνωστά ως **ταπεινωτικά σημείου ροής**

Επομένως τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με συνδυασμό αποκηρώσεως και χημικών προσθέτων, των οποίων η αναλογία δεν υπερβαίνει το 1%.

Τα πρόσθετα για την ταπείνωση του σημείου ροής ενεργούν στην επιφάνεια των παραφινικών κρυστάλλων, όπου και σχηματίζουν ένα είδος περιβλήματος που εμποδίζει τη συνένωση τους και συνεπώς την αποβολή κατά τη ψύξη. Οι κρύσταλλοι της παραφίνης παραμένουν στο λάδι σε λεπτή διασπορά μέχρι θερμοκρασίες πολύ χαμηλότερες από εκείνες που αντιστοιχούν σε λάδι χωρίς πρόσθετα.

3.8 Αντοχή στην οξείδωση.

Παρά την αξιόλογη χημική σταθερότητα, την οποία τα ορυκτέλαια οφείλουν στη μοριακή τους δομή, οι συνθήκες κάτω από τις οποίες χρησιμοποιούνται ευνοούν μια προοδευτική οξείδωση, που προκαλεί αλλοίωση των μορίων τους. Από την αλλοίωση αυτή παράγονται προϊόντα ανεπιθύμητα (οργανικά οξέα, εστέρες κλπ.), των οποίων η παρουσία στο λάδι μπορεί να έχει τα εξής δυσάρεστα για τη μηχανή επακόλουθα:

1. Διαβρωτικές διεργασίες, λόγω της οξύτητας που συνήθως εμφανίζουν.
2. Σχηματισμός ιλύος (λάσπης), λόγω πολυμερισμού των οξυγονούχων ενώσεων με αποτέλεσμα την αύξηση του ιξώδους, η οποία δυσχεραίνει έτσι τη λίπανση. Η αντοχή στην οξείδωση ελέγχεται εργαστηριακά, υποβάλλοντας δείγμα του λιπαντικού σε καταπόνηση, κάτω από συνθήκες όμοιες μ' αυτές που συναντά στην πράξη κατά τη χρησιμοποίησή του. Οι βασικοί παράγοντες στους οποίους οφείλεται η οξείδωση των ορυκτελαίων κατά τη χρησιμοποίησή τους είναι:
 - I. Η θερμοκρασία και μάλιστα οι συνεχείς διακυμάνσεις της.
 - II. Το οξυγόνο του αέρα.
 - III. Συστατικά των καυσαερίων (οξείδια του θείου).
 - IV. Επαφή με μέταλλα, που δρουν καταλυτικά στην οξείδωση.

Η δοκιμή αντοχής στην οξείδωση γίνεται ακριβώς κάτω από την επίδραση των

παραπάνω παραγόντων με συνθήκες που με αυστηρότητα καθορίζονται από τη μέθοδο που εφαρμόζεται για την εκτέλεση της δοκιμής.

Σε γενικές γραμμές η δοκιμή αντοχής στην οξειδωση γίνεται ως εξής: Το δείγμα του λαδιού παραμένει σε επαφή με οξυγόνο σε σταθερή θερμοκρασία για ορισμένο χρόνο. Στο δοχείο που περιέχει το δείγμα τοποθετούνται μεταλλικά σύρματα, συνήθως από χαλκό και σίδηρο, που ενεργούν σαν καταλύτες, με τρόπο ανάλογο μ' αυτόν που προκαλείται από τη δράση των μετάλλων της μηχανής. Μετά από τον προκαθορισμένο χρόνο που διαρκεί η δοκιμή, ο έλεγχος του βαθμού οξειδώσεως γίνεται με συνδυασμό δοκιμών όπως:

- 1) Του αριθμού εξουδετερώσεως.
- 2) Του σχηματισμού ιλύος (λάσπης).
- 3) Του ιξώδους και
- 4) του ανθρακούχου υπολείμματος.

- I. α) Η αύξηση της οξύτητας του λιπαντικού, που μετράται με τον **αριθμό εξουδετερώσεως**, για μια δοκιμή 1000 ωρών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 2mg KOH ανά γραμμάριο δείγματος και
- II. β) ο σχηματισμός της λάσπης που οφείλεται στα προϊόντα οξειδώσεως, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5 mg ανά 10 g δείγματος, για δοκιμή διάρκειας 2V₂ ωρών.

3.9 Αριθμός εξουδετερώσεως.

Ο αριθμός εξουδετερώσεως αντιστοιχεί προς τα χιλιοστόγραμμα (mg) καυστικού καλίου KOH, που απαιτούνται για την εξουδετέρωση των ελευθέρων οξέων που περιέχονται σε 1 g δείγματος του ορυκτελαίου. Επομένως ο αριθμός εξουδετερώσεως χαρακτηρίζει την **οξύτητα** του λιπαντικού, που οφείλεται στην παρουσία ή στον προοδευτικό σχηματισμό οξέων. Γι αυτό, ο αριθμός εξουδετερώσεως έχει σημασία στις εξής κυρίως περιπτώσεις:

- α) Στα καινούργια λάδια, που δεν περιέχουν χημικά πρόσθετα. Σ' αυτά η τιμή του αριθμού εξουδετερώσεως δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,1.
- β) Στα μεταχειρισμένα λάδια. Η παρακολούθηση της τιμής του κατά τις περιοδικές αναλύσεις, μπορεί να αποκαλύψει τυχόν αλλοιώσεις που τα λάδια αυτά παθαίνουν κατά τη χρήση τους. Από ένα όριο και πάνω τα λάδια πρέπει να αντικαθίστανται.
- γ) Σε ορισμένα λάδια ο έλεγχος της αντοχής του λιπαντικού στην οξειδωση γίνεται με βάση την αύξηση του αριθμού εξουδετερώσεως μετά από 1000 ώρες επαφής με οξυγόνο κάτω από

ειδικές συνθήκες. Στη διάρκεια των 1000 ωρών ο αριθμός εξουδετερώσεως δεν πρέπει να παρουσιάζει αύξηση μεγαλύτερη από 2 mg KOH. Σήμερα τα περισσότερα λιπαντικά ενισχύονται με αλκαλικά πρόσθετα, που ως κύριο σκοπό έχουν την εξουδετέρωση των όξινων συστατικών των καυσαερίων (SO₂, οξείδια του αζώτου κλπ.), που θα μπορούσαν να προκαλέσουν επικίνδυνη διάβρωση στα μεταλλικά μέρη της μηχανής με τα οποία έρχονται σ' επαφή. Έτσι, τα περισσότερα λιπαντικά όχι μόνο δεν έχουν οξύτητα, αλλά έχουν μεγάλη αλκαλικότητα, που είναι γνωστή ως **αριθμός TBN** (Total base number), δηλαδή Ολικός Αριθμός Αλκαλικότητας. Ο **Ολικός Αριθμός Αλκαλικότητας** (TBN) δείχνει την ποσότητα οξέων, εκφρασμένη σε ισοδύναμη ποσότητα (mg) KOH, που απαιτούνται για να εξουδετερώσουν τα αλκαλικά συστατικά που περιέχονται σε 1 g δείγματος του λιπαντικού.

Τα χημικά πρόσθετα, στα οποία οφείλεται η υψηλή αλκαλικότητα των λιπαντικών, είναι συμπλοκές χημικές ενώσεις που έχουν και αντιρρυπαντικές ιδιότητες. Τα πρόσθετα αυτά περιέχουν υψηλή αναλογία αλάτων ασθενών οξέων με ισχυρές βάσεις, όπως π.χ. το ανθρακικό ασβέστιο CaCO₃. Τα άλατα αυτά αντιδρούν με τα όξινα συστατικά των καυσαερίων, τα οποία εξουδετερώνουν σχηματίζοντας ακίνδυνα άλατα, όπως π.χ. θειικό ασβέστιο CaSO₄. Τα παραπάνω άλατα, επειδή είναι συνήθως αδιάλυτα στα ορυκτέλαια, συνδυάζονται με συστατικά των προσθέτων, που αποτελούνται από φαινολικά ή σουλφονικά άλατα ή αλκυλοφαινολοσουλφίδια, που είναι διαλυτά στα έλαια και στα οποία περιέχονται σε μορφή λεπτών κολλοειδών αιωρημάτων.

3.10 Εξανθράκωμα.

Ο προσδιορισμός του εξανθρακώματος γίνεται καίγοντας ορισμένη ποσότητα δείγματος κάτω από ορισμένες συνθήκες, που τις χαρακτηρίζει απουσία πολλού αέρα. Η τιμή του εξανθρακώματος ανάγεται επί % του αρχικού δείγματος και φανερώνει την τάση του λιπαντικού να σχηματίζει ανθρακούχα κατάλοιπα, όταν βρεθεί κάτω από παρόμοιες συνθήκες μέσα στη μηχανή.

Η τιμή του εξανθρακώματος στα περισσότερα λιπαντέλαια Μ ΕΚ δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,3%, ενώ για τα κυλινδρέλαια μπορεί να φθάσει το 3%.

Η τιμή του εξανθρακώματος ενός λιπαντικού εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

α) Από το τρόπο επεξεργασίας: η εκχύλιση με διαλύτη, που γίνεται κατά τον

εξευγενισμό των λιπαντελαίων δίνει προϊόντα με χαμηλό εξανθράκωμα.

β) Από το ιξώδες: Λιπαντέλαια με μικρό ιξώδες έχουν και χαμηλή τιμή εξανθρακώματος.

γ) Λάδια ναφθениκής βάσεως έχουν λιγότερο εξανθράκωμα από λάδια παραφινικής βάσεως.

Το εξανθράκωμα που ένα λιπαντικό μπορεί να αποβάλει στη μηχανή κατά τη λειτουργία, εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως:

α) Η ποιότητα του καυσίμου.

β) Η αναλογία καυσίμου/αέρα.

γ) Η παρουσία ξένων προσμίξεων κλπ.

Η τιμή του εξανθρακώματος ενός λιπαντικού παρέχει επίσης ενδείξεις και για το βαθμό ρυπάνσεως ή αλλοιώσεως που μπορεί να έχει υποστεί κατά την αποθήκευση ή τη χρησιμοποίηση του. Μια ασυνήθιστη αύξηση του εξανθρακώματος, που αποκαλύπτεται κατά τον περιοδικό έλεγχο, μπορεί να οφείλεται σε ρύπανση, σε προϊόντα οξειδώσεως ή σε εξωτερικούς παράγοντες (σκόνες, ρινίσματα κλπ.).

3.11 Συντελεστής αντοχής (Work factor).

Η δοκιμή αυτή παρέχει ενδείξεις για την ικανότητα ενός λιπαντικού να αντέχει στην αλλοίωση, όταν καταπονείται κάτω από ορισμένες συνθήκες. Η δοκιμή γίνεται στον τριβέα μιας πρότυπης μηχανής, της οποίας οι συνθήκες λειτουργίας καθορίζονται με ακρίβεια από την αντίστοιχη προδιαγραφή, και διαρκεί 100 ώρες.

Μέτρο της αντοχής του λιπαντικού αποτελεί η αλλοίωση που έχει υποστεί, συγκρίνοντας τις τιμές ορισμένων χαρακτηριστικών πριν και μετά τη δοκιμή και κυρίως το ιξώδες, το εξανθράκωμα και τον αριθμό εξουδετερώσεως.

Από τη διαφορά των τιμών των χαρακτηριστικών αυτών, πριν και μετά τη δοκιμή, υπολογίζεται ο συντελεστής αντοχής από ειδικούς πίνακες. Η τιμή του συντελεστή είναι 1, όταν η διαφορά αυτή είναι μηδέν, που σημαίνει ότι το λιπαντικό δεν έπαθε καμιά αλλοίωση κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Όσο μικρότερη από τη μονάδα είναι η τιμή Του συντελεστή αντοχής, τόσο μικρότερη σταθερότητα θα έχει το λιπαντικό κατά τη χρήση του.

3.12 Πτητικότητα.

Η πτητικότητα ενός λιπαντικού εκφράζει την τάση που έχει να σχηματίζει ατμούς

σε ορισμένες θερμοκρασίες, τις οποίες συναντά μέσα στη μηχανή. Μέτρο της πτητικότητας είναι το λεγόμενο **σημείο αναφλέξεως** (Flash point), δηλαδή η κατώτερη θερμοκρασία στην οποία το θερμαινόμενο δείγμα του λαδιού σχηματίζει αρκετούς ατμούς, ώστε να αναφλέγεται στιγμιαία κατά την προσέγγιση μικρής φλόγας κάτω από ορισμένες συνθήκες. Ανάλογη σημασία έχει και το **σημείο καύσεως**, δηλαδή η κατώτερη θερμοκρασία στην οποία οι παραγόμενοι ατμοί στην επιφάνεια του θερμαινόμενου δείγματος είναι αρκετοί, ώστε μετά την ανάφλεξη, η καύση να συνεχίζεται επί 5 δευτερόλεπτα τουλάχιστον. Η μέτρηση του σημείου αναφλέξεως γίνεται με τρόπο ανάλογο μ αυτό που ισχύει για τα καύσιμα. Έχουμε και εδώ σημείο αναφλέξεως ανοικτού δοχείου (Σ.Α.Α.Δ.) και σημείο αναφλέξεως κλειστού δοχείου (Σ.Α.Κ.Δ.). Τα αποτελέσματα σε ανοιχτό δοχείο είναι συνήθως κατά 20-40°C υψηλότερα από αυτά που προκύπτουν με τη συσκευή Pensky-Martens σε κλειστό δοχείο.

Ο προσδιορισμός των σημείων αναφλέξεως και καύσεως για καινούργιο λάδι δεν έχει ιδιαίτερη σημασία. Αποτελεί ένδειξη της προελεύσεως του ή του τύπου των υδρογονανθράκων που το αποτελούν. Κατά κανόνα ορυκτέλαια ναφθениκής βάσεως έχουν χαμηλότερα σημεία αναφλέξεως και καύσεως, σε σύγκριση με ορυκτέλαια με ίδιο ιξώδες αλλά παραφινικής βάσεως. Στην περίπτωση αυτή το σημείο αναφλέξεως χρησιμεύει ως στοιχείο ταυτότητας του λιπαντικού (πίνακας 3.12.1).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η μέτρηση του σημείου αναφλέξεως για τα μεταχειρισμένα λιπαντικά κατά τον περιοδικό έλεγχο, στον οποίο υποβάλλονται μετά από ορισμένες ώρες λειτουργίας. Η μέτρηση αυτή γίνεται πάντοτε σε συσχέτισμό με το αμεταχείριστο λιπαντικό, από το οποίο προέρχεται το εξεταζόμενο δείγμα. Μείωση της τιμής του σημείου αναφλέξεως κάτω από ορισμένα όρια, μαρτυρεί την παρουσία καυσίμου στο λάδι, που συνήθως οφείλεται σε διαρροή.

Μια τέτοια ένδειξη επιβεβαιώνεται με άμεση μέτρηση του καυσίμου, που περιέχει το λιπαντικό και που δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Αν αυτό συμβαίνει τότε υπάρχει σοβαρός κίνδυνος εκρήξεως στο στροφαλοθάλαμο, όταν δημιουργηθούν και οι άλλες προϋποθέσεις για ένα τέτοιο ενδεχόμενο: υψηλή θερμοκρασία, σπινθήρας, ανάλογη ποσότητα αέρα κλπ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12.1

α/α	Είδος λιπαντικού	Σημείο αναφλέξεως σε °C	
		SAE 10W	SAE 50
1	Ναφθενικής βάσεως	160-205	200-230
2	Παραφινικής βάσεως	190-230	230-265

3.13 Βαθμός καθαρότητας.

Οι ξένες προσμίξεις που μπορεί να περιέχει το λιπαντικό έχουν άμεση επίδραση στην εκπλήρωση της αποστολής του.

Οι ουσίες αυτές είναι:

Νερό, ανόργανα συστατικά, ασφαλικά κατάλοιπα κλπ.

Ο βαθμός καθαρότητας ενός λιπαντικού μπορεί να ελεγχθεί με τους εξής τρόπους:

α) Μακροσκοπικά.

Δείγμα του λιπαντικού σε γυάλινο κυλινδρικό δοχείο εξετάζεται στο διερχόμενο φως. Έτσι μπορεί να αποκαλυφθεί η παρουσία ξένων συστατικών που αιωρούνται στο λάδι.

β) Με φυγοκέντρωση.

Δείγμα 10 ml του λιπαντικού αραιώνεται με κατάλληλο διαλύτη και φυγοκεντρείται επί 10 min με ταχύτητα περιστροφής 1750 rpm. Οι ξένες ύλες που περιέχει, συγκεντρώνονται λόγω διαφοράς ειδικού βάρους στον πυθμένα των σωλήνων φυγοκεντρήσεως, που είναι κατάλληλα βαθμολογημένοι.

Έτσι, με απλή ανάγνωση βρίσκεται η περιεκτικότητα των ξένων συστατικών, που περιέχει το δείγμα, σε μονάδες όγκου. Ο όγκος αυτός των ακαθαρσιών και προσμίξεων εκφράζεται % κατ' όγκο του λιπαντικού και αναφέρεται ως **αριθμόςκατακρημνίσεως** (precipitation number). Η τιμή του στα καινούργια λάδια

πρέπει να είναι μηδέν, ενώ στα μεταχειρισμένα δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,1.

γ) Προσδιορισμός του νερού.

Το νερό που περιέχει ένα λιπαντικό προσδιορίζεται συνήθως με απόσταξη, στην οποία υποβάλλεται, αφού προηγουμένως αραιωθεί με κατάλληλο διαλύτη. Τα καινούργια λιπαντέλαια δεν πρέπει να περιέχουν καθόλου νερό, ενώ στα μεταχειρισμένα επιτρέπεται κάποια μικρή περιεκτικότητα. Το νερό που απομονώνεται από το λιπαντικό, υποβάλλεται σε παραπέρα εργαστηριακό έλεγχο για να διαπιστωθεί αν περιέχει άλλα συστατικά και κυρίως χλωριούχο νάτριο NaCl. Η παρουσία χλωριούχου νατρίου στο νερό που περιέχει ένα λιπαντικό, δείχνει ότι αυτό είναι θαλασσινό και προέρχεται από το δίκτυο ψύξεως. Έτσι επισημαίνεται πιθανή διαρροή στο σύστημα αυτό. Το χλωριούχο νάτριο είναι διαβρωτικό για τα έδρανα. NaCl μπορεί να περιέχει ένα λιπαντικό MEK και χωρίς να περιέχει καθόλου νερό, γιατί το νερό της διαρροής μπορεί να έχει εξατμισθεί στις συνθήκες λειτουργίας του λαδιού.

δ) Τέφρα.

Ο βαθμός καθαρότητας ενός λιπαντικού ελέγχεται προσδιορίζοντας την τέφρα που αφήνει μετά από την τέλεια καύση ορισμένης ποσότητας δείγματος. Ασυνήθιστη αύξηση της τιμής της τέφρας ενός λιπαντικού, παρέχει ένδειξη μόλυνσεως με ανόργανα συστατικά (ρινίσματα, σκόνη, άμμος κλπ.), των οποίων η πηγή πρέπει να εντοπίζεται και να εξουδετερώνεται από το προσωπικό της μηχανής.

3.14 Δοκιμή απογαλακτώσεως.

Με τη δοκιμή αυτή ελέγχεται η ταχύτητα με την οποία ένα λιπαντέλαιο αποχωρίζεται από το νερό με το οποίο προηγουμένως είχε αναμιχθεί σχηματίζοντας γαλάκτωμα. Η δοκιμή αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για τα τουρμπινέλαια, τα οποία συχνά σχηματίζουν γαλάκτωμα με τον ατμό ή το συμπύκνωμα με το οποίο έρχονται σε επαφή. Στην περίπτωση αυτή ενδιαφέρει η ταχύτητα με την οποία μπορεί να γίνει ο αποχωρισμός του νερού.

Η δοκιμή απογαλακτώσεως περιλαμβάνει δύο στάδια:

α) Σχηματισμός γαλακτώματος.

Το δείγμα του λαδιού αναδεύεται επί 10 m in σε 130°F σε γυάλινο κύλινδρο, με ίσο όγκο νερού, οπότε σχηματίζεται γαλάκτωμα.

β) Διαχωρισμός του γαλακτώματος.

Το γαλάκτωμα που έχει σχηματισθεί αφήνεται σε ηρεμία ώσπου να διαχωρισθούν οι δύο στιβάδες: του νερού και του λαδιού. Ο διαχωρισμός αυτός, που οφείλεται στη διάσπαση του γαλακτώματος, λέγεται **απογαλάκτωση**. Ο χρόνος για την πλήρη απογαλάκτωση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 30 min.

3.15 Μηχανικές δοκιμασίες.

Τα αποτελέσματα όλων των δοκιμών που εξετάζονται στις προηγούμενες παραγράφους, δίνουν πλήρη εικόνα για την ποιότητα του λιπαντικού ως προς:

- α) Την πρώτη ύλη που έχει χρησιμοποιεί για την παραγωγή τους.
- β) Την επεξεργασία που έχει υποστεί,
- γ) Τα πρόσθετα που έχουν χρησιμοποιηθεί.
- δ) Την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το λιπαντικό, όταν πρόκειται για μεταχειρισμένο.

Τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών εξασφαλίζουν την ποιότητα του λιπαντικού **μόνο κατά τη στιγμή της αρχικής του χρησιμοποίησως**. Δεν δίνουν καμιά πληροφορία για τη συμπεριφορά του στην πράξη, πέρα από λίγες ώρες μετά την έναρξη της χρησιμοποίησως του για μια συγκεκριμένη περίπτωση λιπάνσεως. Το κενό αυτό στον ποιοτικό έλεγχο των λιπαντικών καλύπτουν οι λεγόμενες **μηχανικές δοκιμασίες**, στις οποίες τα λιπαντικά υποβάλλονται παράλληλα προς τις άλλες δοκιμές. Οι μηχανικές δοκιμασίες στηρίζονται στη χρησιμοποίηση του λαδιού σε πρότυπη μηχανή για ορισμένο χρόνο και με αυστηρά προκαθορισμένες συνθήκες.

Στο τέλος της δοκιμής ελέγχονται προσεκτικά τα μέρη της μηχανής που θα μπορούσαν να έχουν υποστεί καταστρεπτική επίδραση από ακατάλληλο λιπαντικό.

Τα μέρη αυτά είναι: Ελατήρια, έδρανα αξόνων, χιτώνια, βαλβίδες, έμβολα κλπ.

Μετά τη δοκιμή συγκρίνεται το βάρος και η εμφάνιση τους γενικά μ' αυτήν που είχαν πριν από τη δοκιμή. Από τα αποτελέσματα συγκρίσεως βαθμολογείται η ποιότητα του λιπαντικού, πράγμα για το οποίο χρειάζεται αρκετή πείρα.

Από τα συνηθέστερα είδη μηχανών που χρησιμοποιούνται για τις μηχανικές δοκιμασίες, αναφέρονται δύο, που προβλέπονται από την προδιαγραφή MIL-L-9000 και αφορούν λιπαντέλαια μηχανών Diesel.

α) Μηχανή Caterpillar (1-G).

Λειτουργεί με πετρέλαιο που περιέχει θείο 1%. Η δοκιμή διαρκεί 480 ώρες και

αποβλέπει στην εξακρίβωση της ικανότητας του λιπαντικού να προλαβαίνει:

- Τη διάβρωση.
- Τις μηχανικές φθορές.
- Τη συσσώρευση καταλοίπων.

Η θερμοκρασία του λαδιού κατά τη διάρκεια της δοκιμής διατηρείται στους 145°F (63°C).

β) Μηχανή General Motors.

Η δοκιμή που γίνεται με τη μηχανή GM-71 διαρκεί 300 ώρες και αποβλέπει στην εκτίμηση της συμπεριφοράς λιπαντικού που ρυπαίνεται κατά τη χρήση του με θαλασσινό νερό. Κατά τη δοκιμή η θερμοκρασία του λαδιού διατηρείται σε σχετικά υψηλά επίπεδα (250°F, 121°C), που ευνοούν την επιτάχυνση της οξειδώσεως. Η μηχανή τροφοδοτείται με πετρέλαιο που περιέχει θείο μέχρι 1%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ

4.1 Λίπανση ατμοστροβίλων.

Τα κυριότερα μέρη ενός ατμοστροβίλου που λιπαίνονται από το σύστημα λιπάνσεως της εγκαταστάσεως είναι:

- Τα **έδρανα**, στα οποία στηρίζεται ο στρόβιλος και τα οποία φέρουν το κύριο μέρος του φορτίου.
- **Οι ωστικοί τριβείς.**
- **Οι μειωτήρες των στροφών** (όταν υπάρχουν).
- **Ο αυτόματος ρυθμιστής στροφών** (φυγοκεντρικός).

Η λίπανση γίνεται με ειδικό ορυκτέλαιο: **το λάδι ατμοστροβίλων ή τουρμπινέλαιο**, του οποίου τα κύρια χαρακτηριστικά είναι:

- 1) Αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, τις οποίες το τουρμπινέλαιο συναντά μέσα
- 2) στο δίκτυο, Αντοχή στην οξειδωση, ώστε να αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά.

- I. Η αύξηση της οξύτητας του λαδιού, άρα και της διαβρωτικότητάς του,
- II. Η αύξηση του ιξώδους από τα προϊόντα πολυμερισμού και
- III. Ο σχηματισμός ιλύος (λάσπης) που θα μπορούσε να δυσχεράνει τη λειτουργία των φίλτρων.

3) Αντίδραση στο νερό και ειδικότερα απροθυμία σχηματισμού γαλακτωμάτων με το νερό. Επειδή πάντως, ο σχηματισμός γαλακτώματος των τουρμπινελαίων με το νερό είναι αναπόφευκτος, θα πρέπει το τουρμπινέλαιο να έχει την ιδιότητα να απογαλακτώνεται γρήγορα, δηλαδή να διαχωρίζονται γρήγορα και αποτελεσματικά οι δύο φάσεις: το νερό και το λάδι. . Τις απαιτήσεις αυτές, καθώς και άλλες με μικρότερη σημασία, καλύπτουν οι προδιαγραφές των τουρμπινελαίων. Ενδεικτικές τιμές των χαρακτηριστικών που καθορίζουν οι διάφορες προδιαγραφές, αναγράφονται στον πίνακα 4.1.1. Το σύστημα λιπάνσεως, που συνήθως εφαρμόζεται στον ατμοστρόβιλο, είναι η βιασμένη (αναγκαστική) λίπανση, με κυκλοφορία του λαδιού με

αντλία. Το δίκτυο λιπάνσεως, αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη:

- I. Δεξαμενή χρήσεως (καθαρού λαδιού).
- II. Αντλία.
- III. Ψυγείο.
- IV. Δεξαμενή επιστρεφόμενου λαδιού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.1 Προδιαγραφές τουρμπινελαίων

Κύρια χαρακτηριστικά	Όρια τιμών
Εμφάνιση	διαυγής
Αντίδραση	ουδέτερη
Αριθμός εξουδετερώσεως (max)	0,20
Διάβρωση με παρουσία θαλάσσιου νερού	αρνητική
Χρόνος για πλήρη σπογαλάκτωση (max)	30min
Συντελεστής αντοχής	0,9
Νερό (max)	0,1%
Σημείο αναφλέξεως (min)	180°C
Σημείο ροής (max)	-5°C
Ιξώδες σε 130°F,SSU	180-210
Ιξώδες σε 130 cSt	38-45
Δοκιμή οξειδώσεως. Ελάχιστος χρόνος για αύξηση του αριθμού εξουδετερώσεως μέχρι 2 mg/g	1000 ώρες

Σύστημα καθαρισμού, που βρίσκεται ανάμεσα στις δύο δεξαμενές και περιλαμβάνει τα φίλτρα και το φυγοκεντρικό καθαριστήρα.

Ένας από τους αγωγούς λιπάνσεως καταλήγει στο μειωτήρα, που τον ραντίζει, με διασκορπισμό, σε όλο το πλάτος των οδοντωτών τροχών με ειδικά ακροφύσια. Το υπόλοιπο λάδι οδηγείται στα έδρανα του στροβίλου, όπου και εκπληρώνει την κύρια αποστολή του, δηλαδή: Τη μείωση των τριβών και την απαγωγή της θερμότητας, που προέρχεται από την τριβή και από τη θερμότητα, που μεταδίδεται με αγωγιμότητα από τον άξονα.

Το συνολικό ποσό της θερμότητας που απάγεται μ' αυτόν τον τρόπο από το λιπαντικό είναι σημαντικό και υπολογίζεται ότι αντιστοιχεί στο V_3 περίπου της

ιπποδυνάμεως της μηχανής.

Τα παραπάνω ισχύουν για την περίπτωση κατά την οποία τα έδρανα και οι μειωτήρες του στροβίλου λιπαίνονται με το ίδιο λιπαντικό, με ενιαίο σύστημα λιπάνσεως, πράγμα που έχει σαν πλεονέκτημα την απλότητα της όλης διαδικασίας λιπάνσεως. Είναι όμως δυνατόν τα έδρανα να λιπαίνονται με ιδιαίτερο δίκτυο, ξεχωριστά από τη λίπανση των μειωτήρων. Στην περίπτωση αυτή τα λιπαντικά των δύο δικτύων διαφέρουν. Για τα έδρανα χρησιμοποιείται λεπτότερο λάδι, γιατί έχουμε μεγάλες ταχύτητες περιστροφής (3000-10000 rpm), χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς το δείκτη ιξώδους. Το λάδι αυτό πρέπει να είναι ανθεκτικό στην οξείδωση και να απογαλακτώνεται εύκολα, γιατί η επαφή του με ατμό ή συμπύκνωμα είναι αναπόφευκτη. Για τους μειωτήρες απαιτείται λάδι με μεγαλύτερο ιξώδες, ενισχυμένο με πρόσθετα πολύ υψηλών πιέσεων (extreme pressure) καθώς και με αντι-διαβρωτικά πρόσθετα για την προστασία των δοντιών από τον κίνδυνο διαβρώσεων.

Όταν υπάρχει ενιαίο σύστημα λιπάνσεως των ατμοστροβίλων, πρέπει το λιπαντικό να συνδυάζει όλες τις παραπάνω ιδιότητες. Έτσι καταλήγομε σε τουρμπινέλαια με πολύ υψηλή ποιότητα, άρα πολύ πιο δαπανηρά του ενιαίου συστήματος λιπάνσεως. Τέτοιο είναι π.χ. το τουρμπινέλαιο που χρησιμοποιείται σε όλα τα πολεμικά πλοία που κινούνται με ατμοστροβίλους, γνωστό ως 2190 TEP (turbine, extreme pressure), που ισχύει για όλες τις χώρες του NATO με τον κωδικό αριθμό 0-250, και καλύπτεται από την προδιαγραφή MIL-L-17331 [πίνακας 4.1.2].

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.2 Προδιαγραφή για τουρμπινέλαια

Κύρια χαρακτηριστικά	Όρια τιμών	Μέθοδος δοκιμής
Αριθμός εξουδετερώσεως (max)	0,30	ASTM D 974,
Διάβρωση με παρουσία θαλάσσιου νερού	αρνητική	ASTM D 665
Δοκιμή διαβρώσεως με ταινία χαλκού (max)	1	ASTM D 130
Συντελεστής αντοχής (Work factor) (max)	0,9	FS 791, Μέθοδος 3452
Νερό (max)	0	ASTM D 95
Σημείο αναφλέξεως (min)	350°F	ASTM D 92
Σημείο ροής	20^	ASTM D 97
Ιξώδεςα)σε100°P(ο5i) (38°C)	82-110	ASTM D 445
β)σε210°P(ο3i) (100°C)	8,2 (min)	
Απογαλάκτωση σε 130°F (max)	30 min	ASTM D 1401.
Αντοχή σε οξειδωση (min)	1000 ώρες	ASTM D 943.
Δοκιμή φθοράς (Wear test) Μέγιστη διαμ. γραμμώσεων Αντοχή σε φορτίο (Load carrying capacity) (min)	0,45 mm 2200 PSI (150 bar)	F.S. 791, μέθοδος 6508 F.S. 791, μέθοδος 6508

4.2 Λίπανση παλινδρομικών ατμομηχανών.

Η λίπανση των παλινδρομικών ατμομηχανών διακρίνεται σε:

α) Εσωτερική λίπανση, που περιλαμβάνει τη λίπανση των κυλίνδρων και των συρτών.

β) Εξωτερική λίπανση, που αναφέρεται κυρίως στη λίπανση των εδράνων και των αρθρώσεων.

4.2.α Εσωτερική λίπανση.

Η εσωτερική λίπανση, δηλαδή η λίπανση των κυλίνδρων, γίνεται τροφοδοτώντας τους με λάδι, που διαβιβάζεται σ αυτούς με τρεις τρόπους:

- I. Στον ατμαγωγό σωλήνα. Είναι ο συνηθέστερος και αποτελεσματικότερος τρόπος λιπάνσεως.
- II. Στον ατμοθάλαμο.
- III. Κατευθείαν στα έμβολα, τις βαλβίδες και τους στυπαιοθλίπτες.
- IV. Μπορεί ο διωστήρας του εμβόλου να λιπαίνεται συμπληρωματικά από ειδική διάταξη.

Η ανάμιξη του λιπαντικού με τον ατμό γίνεται με διασκορπιστικές διατάξεις (atomizers), στις οποίες το λάδι καταθλίβεται από την αντλία του. Μετά την ανάμιξη το λάδι παρασύρεται από τον ατμό με μορφή λεπτών σταγονιδίων και οδηγείται στα σημεία που πρέπει να λιπανθούν.

Έτσι ένα μέρος του λαδιού παραμένει στο συμπύκνωμα και οδηγείται στο λέβητα, πράγμα που είναι ανεπιθύμητο. Πρέπει, συνεπώς, το λάδι να διαχωρίζεται από τον ατμό μετά την εκτόνωση του ή από το συμπύκνωμα. Ο διαχωρισμός του λαδιού από τον ατμό ή το συμπύκνωμα μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως:

- 1) Με **διαχωριστές ατμού** (steam separators) ή με **ατμοπαγίδες** που τοποθετούνται στη γραμμή εκτονώσεως του ατμού. Εκεί ο ατμός επιταχύνεται και ελίσσεται σε απότομες καμπές, οπότε απαλλάσσεται από το λάδι, που προσκρούει στα τοιχώματα των καμπών ή άλλων εμποδίων.
- 2) Με **ειδικά απορροφητικά φίλτρα**, με τα οποία διοχετεύεται το μίγμα λαδιού-συμπυκνώματος. Το λάδι συγκρατείται από τα φίλτρα από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί με κατάλληλους διαλύτες.
- 3) Με **ειδική κατεργασία** του μίγματος λαδιού-συμπυκνώματος με αργιλώδεις ύλες. Το λάδι, που αιωρείται με μορφή γαλακτώματος, προσροφάται από τις ύλες αυτές και κατακαθίζει, οπότε και αποχωρίζεται εύκολα.

Οι τρόποι αυτού του διαχωρισμού έχουν καλά αποτελέσματα, όταν πρόκειται για αμιγή κυλινδρέλαια. Στα σύνθετα κυλινδρέλαια, που περιέχουν και ζωικά και φυτικά λίπη, ο διαχωρισμός δεν είναι εύκολος.

Σε μερικές περιπτώσεις η εσωτερική λίπανση των παλινδρομικών μηχανών περιορίζεται σ αυτήν που γίνεται μόνο με το συμπύκνωμα που προέρχεται από την υγροποίηση του ατμού στα τοιχώματα του κυλίνδρου. Έτσι το συμπύκνωμα παραμένει καθαρό, αλλά η φθορά των χιτωνίων από την τριβή είναι πολύ πιο γρήγορη.

Άλλο πρόβλημα κατά την εσωτερική λίπανση είναι η έκπλυση του λιπαντελαίου από τον ατμό ή το συμπύκνωμα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τα λεγόμενα **σύνθετα κυλινδρέλαια**. Πρόκειται για ορυκτέλαια που περιέχουν ζωικά ή φυτικά λίπη σε αναλογία μέχρι 10%. Τα σύνθετα κυλινδρέλαια έχουν πολύ καλύτερη πρόσφυση στις μεταλλικές επιφάνειες που λιπαίνουν και έτσι εξουδετερώνεται η τάση εκπλύνσεως του λαδιού από το νερό ή τον ατμό.

Τα σύνθετα κυλινδρέλαια χρησιμοποιούνται μόνο για τη λίπανση ατμομηχανών που εργάζονται με κορεσμένο ατμό, γιατί με τον κορεσμένο ατμό έχουμε χαμηλές θερμοκρασίες, που δεν επηρεάζουν τα ζωικά λίπη των συνθέτων κυλινδρελαίων. Είναι ακατάλληλα για την περίπτωση που ο ατμός είναι υπέρθερμος, γιατί στον υπέρθερμο ατμό, οι σχετικά υψηλότερες θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν αποσύνθεση των ζωικών ή φυτικών λαδιών. Τα προϊόντα της αποσυνθέσεως αυτής είναι επικίνδυνα για τον κύλινδρο λόγω διαβρώσεων.

Γενικότερα, όσο υψηλότερη θερμοκρασία έχει ο ατμός που χρησιμοποιείται σε μια ατμομηχανή, τόσο λιγότερα ζωικά ή φυτικά λίπη πρέπει να περιέχονται στο λιπαντικό. Σχετικός είναι ο πίνακας 4.2.1, στον οποίο περιέχονται επίσης οι αντίστοιχες τιμές ιξώδους. Στον πίνακα 4.2.2 παρέχονται τα κύρια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κυλινδρελαίων παλινδρομικών ατμομηχανών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.1 Λιπαντικά ατμοκυλινδρών

Είδος ατμού	Ιξώδες σε 210°P		Αναλογία ελαίου %
	SSU	cSt	
Κορεσμένος με πίεση μέχρι 10 bar	120-150	25-32	8-10
Κορεσμένος με πίεση 10-15 bar	140-180	30-38	5-8
Κορεσμένος με πίεση 15-30 bar	170-200	36-42	2-5
Κορεσμένος με πίεση άνω των 30	200-300	42-64	1-3
Υπέρθερμος με θερμοκρασία κάτω από 450F	100-200	20-42	4-6
Υπέρθερμος με θερμοκρασία 450-550°F	180-230	58-49	2-5
Υπέρθερμος με θερμοκρασία 550-600°F	220-300	47-64	μέχ 2
Υπέρθερμος με θερμοκρασία άνω των 600°F	250-350	54-75	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.2 Προδιαγραφή κυλινδρελαίων

α	Κύρια.φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	Αμιγή κυλινδρέλαια			Σύνθετα κυλινδρέλαια
		SAE 90	SAE 140	SAE 250	
1)	α) Ιξώδες cSt, σε 210°F (100°C) β) Ιξώδες cSt, σε 130°F (54°C)	135-165	18-220	220-240	– 80-90
2)	Δείκτης ιξώδους	-	-	90	-
3)	Σημείο αναφλέξεως, °C min	250	275	300	250
4)	Σημείο ροής, °C max	15	15	15	15
5)	Εξανθράκωμα %, max	3	3,25	3,25	2
6)	Τέφρα %, max	0,05	0,05	0,05	0,05
7)	Είδος και αναλογία λιπαρού ελαίου	-	-	-	βόειο λίπος 5-10%
8)	Αριθμός εξουδετερώσεως, max	0,5	0,5	0,5	1
9)	Αριθμός κατακρημνίσεως, max	0	0	0	0,05

β Εξωτερική λίπανση.

Η εξωτερική λίπανση των παλινδρομικών ατμομηχανών περιλαμβάνει κυρίως τη λίπανση των εδράνων, των βάκτρων και των αρθρώσεων. Η λίπανση γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

Με πίεση (αναγκαστική κυκλοφορία).

Με εκτίναξη.

Με τοπικά ανεξάρτητα συστήματα λιπάνσεως.

Τα λιπαντικά είναι συνήθως κυλινδρέλαια, που σχηματίζοντας γαλάκτωμα με το νερό εξασφαλίζουν καλύτερη αντοχή της λιπαντικής μεμβράνης.

1)Λίπανση με πίεση.

Η λίπανση εδράνων και βάκτρων με πίεση, δηλαδή με βιασμένη (αναγκαστική) κυκλοφορία, εφαρμόζεται στις ταχύστροφες ατμομηχανές, που σε πολλά σημεία έχουν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των πετρελαιομηχανών. Γι αυτό και το σύστημα αυτό λιπάνσεως είναι ανάλογο με το χρησιμοποιούμενο στις μηχανές Diesel. Η τροφοδότηση γίνεται με αντλία από ελαιολεκάνη (υγρή ή ξηρή) που καταθλίβει το λάδι στα σημεία λιπάνσεως.

Το πρόβλημα αναμίξεως του λαδιού με νερό αντιμετωπίζεται με τους εξής τρόπους:

Η αναρρόφηση της αντλίας κυκλοφορίας του λαδιού δεν πρέπει να βρίσκεται στο κατώτερο σημείο της ελαιολεκάνης, για να μη παρασύρεται το νερό που συγκεντρώνεται στον πυθμένα.

- I. Η στάθμη του νερού που συγκεντρώνεται πρέπει να παρακολουθείται συνέχεια στον υδροδείκτη της ελαιολεκάνης (κάρτερ).
- II. Να αποστραγγίζεται συχνά το νερό από τον εξυδατωτικό κρουνό που είναι τοποθετημένος στο κάτω μέρος του κάρτερ.
- III. Στην κατάθλιψη της αντλίας κυκλοφορίας τοποθετούνται φίλτρα, για τον καθαρισμό του λαδιού.

2)Τοπική λίπανση.

Εφαρμόζεται στα έδρανα των μεγάλων άκρων ανοικτών ατμομηχανών καθώς επίσης και στα έδρανα των βάκτρων και τα έκκεντρα των βαλβίδων.

Χρησιμοποιούνται συνήθως σταγονομετρικά λιπαντήρια ή λιπαντήρια με θρυαλίδα.

4.3 Λίπανση ψυκτικών μηχανών.

Η λίπανση των ψυκτικών μηχανών αναφέρεται στους συμπιεστές, που αποτελούν άλλωστε και το βασικότερο τμήμα μιας ψυκτικής εγκαταστάσεως.

Στους συμπιεστές η λίπανση διακρίνεται σε **εσωτερική** και **εξωτερική**. Στους παλινδρομικούς συμπιεστές, η εσωτερική λίπανση αναφέρεται στα έμβολα, ενώ στους περιστροφικούς συμπιεστές αναφέρεται στις επαφές των περιστρεφόμενων μερών με το ακίνητο περίβλημα.

Η εξωτερική λίπανση αφορά τη λίπανση των εδράνων.

α. Εσωτερική λίπανση.

Τα λιπαντέλαια που χρησιμοποιούνται για την εσωτερική λίπανση των συμπιεστών των ψυκτικών μηχανών, εκτός από τις γενικές ιδιότητες λιπαντικότητας που ισχύουν για όλα τα λιπαντικά (ιξώδες, αριθμός εξουδετερώσεως, αντοχή σε οξείδωση, αντιδιαβρωτικότητα κλπ.), πρέπει ακόμα να έχουν και τις παρακάτω ιδιότητες.

1) Να μην περιέχουν νερό. Το ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε νερό είναι 0,02% για δύο λόγους:

- Πολλά ψυκτικά αέρια (NH_3 SO_2) γίνονται διαβρωτικά όταν υπάρχει νερό.
- Μπορεί να σχηματισθεί πάγος, που αποτίθεται στις βαλβίδες εκτονώσεως ή στα στοιχεία του ψυγείου και μειώνει την απόδοση της μηχανής.

2) Το σημείο ροής να μην υπερβαίνει την ελάχιστη θερμοκρασία του κυκλώματος ψύξεως, διαφορετικά αποχωρισμός παραφινούχων συστατικών από τη μάζα του λαδιού μπορεί να δυσχεράνει τη ροή στο δίκτυο λίπανσεως ή και να φθάσει ως την απόφραξη του. Τις απαιτήσεις αυτές ικανοποιούν λάδια με ναφθενική βάση, με μικρό ιξώδες, τα οποία πριν από την εισοδό τους στο συμπιεστή της ψυκτικής εγκαταστάσεως, διέρχονται από φίλτρα πιέσεως για τη συγκράτηση και των τελευταίων ιχνών υγρασίας και παραφίνης. Τα κύρια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους είναι: - Ιξώδες 4-5 cSt (σε 0°C).

- Σημείο ροής -20°C (max).
- Σημείο αναφλέξεως (Α.Δ.) 190°C (min).

Τα λάδια της κατηγορίας αυτής δεν περιέχουν χημικά πρόσθετα.

β. Εξωτερική λίπανση.

Για την εξωτερική λίπανση χρησιμοποιούνται τα συνηθισμένα μηχανέλαια των M E K (SAE 30 DG ή DS) που λιπαίνουν τα έδρανα με ιδιαίτερο δίκτυο. Είναι όμως δυνατόν η λίπανση των εδράνων να είναι κοινή με την εσωτερική λίπανση με κοινό δίκτυο.

Γενικότερα, για την επιλογή του κατάλληλου λιπαντικού για τις ψυκτικές μηχανές, πρέπει κατά κανόνα να τηρούνται οι υποδείξεις του κατασκευαστή. Η επαφή του λιπαντικού με τα ψυκτικά αέρια που συχνά είναι πολύ διαβρωτικά (NH_3 , SO_2) απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, γιατί και το λάδι μπορούν να αλλοιώσουν και βλάβες στη μηχανή να προκαλέσουν (διαβρώσεις).

Σημεία που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στη λίπανση των ψυκτικών μηχανών είναι:

- 1) Σχηματισμός ιλύος (λάσπης).** Είναι συχνά αποτέλεσμα της επιδράσεως των ψυκτικών αερίων στο λιπαντικό και κυρίως του SO₂, λόγω της έντονης χημικής δραστηριότητάς του. Απαιτείται συχνή παρακολούθηση του λαδιού και όταν ο αριθμός κατακρημνίσεως υπερβαίνει τα προκαθορισμένα όρια, το λάδι πρέπει να αντικαθίσταται.
- 2) Αποθέσεις στο σύστημα ψύξεως.** Προέρχονται συνήθως από λάδια με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε παραφινικά συστατικά. Τα συστατικά αυτά μπορεί να αποθεθούν στο εσωτερικό της αυλακώσεως, όπου σχηματίζουν μονωτικό στρώμα που μειώνει την ψυκτική απόδοση της εγκαταστάσεως. Η μέτρηση του σημείου ροής, που για τις συνηθισμένες περιπτώσεις δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 20°C, παρέχει ικανοποιητική ασφάλεια από ένα τέτοιο ενδεχόμενο.
- 3) Υπερβολική κατανάλωση.** Οφείλεται σε φθορές των εμβόλων, ελατηρίων ή χιτωνίων, που συχνά προέρχονται από κακή λίπανση. Στην περίπτωση αυτή η τιμή του ιξώδους και του δείκτη ιξώδους παίζουν πρωτεύοντα ρόλο. Ιξώδες μικρότερο από το κανονικό δεν εξασφαλίζει τη διατήρηση της λιπαντικής μεμβράνης, ενώ με μεγαλύτερο ιξώδες η εκτίναξη του λιπαντικού στους κυλίνδρους δεν είναι αποτελεσματική.

4.4 Λίπανση οδοντωτών τροχών.

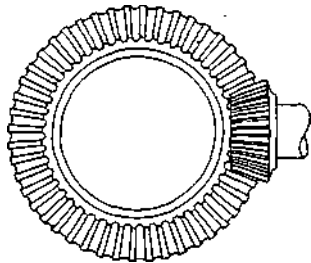
Οι οδοντωτοί τροχοί (γρανάζια, gears) είναι μηχανισμοί με τους οποίους μεταδίδεται η κίνηση από έναν άξονα σε έναν άλλο. Αποτελούνται από ζεύγη αξόνων, με τα αντίστοιχα γρανάζια τους τοποθετημένα κατά διάφορους τρόπους.

Γνωστότεροι τύποι οδοντωτών τροχών είναι:

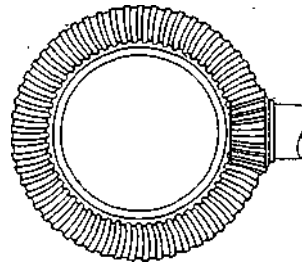
- I. Οι **συνηθισμένοι** οδοντωτοί τροχοί, των οποίων τα δόντια και οι άξονες είναι παράλληλοι μεταξύ τους.
- II. Οι **κωνικοί**, στους οποίους οι άξονες είναι κάθετοι μεταξύ τους [σχήμα 4.4(α) και 4.4(β)].
- III. Οι **ατέρμονες**, που έχουν δόντια ελικοειδή.
- IV. Οι **υπερβολοειδείς** (hypoids) που εικονίζονται στο σχήμα 4.4(γ)

Η λίπανση των οδοντωτών τροχών έχει σκοπό τη μείωση των τριβών που αναπτύσσονται κατά την κίνηση των δοντιών μεταξύ τους. Οι τριβές αυτές είναι συνδυασμός τριβών κυλίσεως και τριβών ολισθήσεως. Κατά την κίνηση αυτή

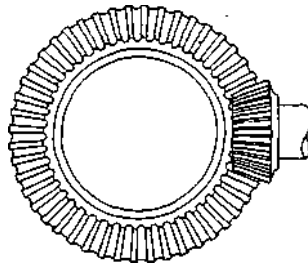
αναπτύσσονται πολύ μεγάλες πιέσεις, ιδίως στους υπερβολοειδείς (hypoid gears). Γι αυτό τα λιπαντικά οδοντωτών τροχών στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να είναι ενισχυμένα με κατάλληλα πρόσθετα, που εξασφαλίζουν την αντοχή τους στις μεγάλες πιέσεις.



α.)κωνικοί



β)κωνικοί



γ)υπερβολοειδείς

Σχ. 4.4

Η λίπανση των οδοντωτών τροχών μπορεί να γίνεται με τους ακόλουθους τρόπους:

Με εκτίναξη.

Με εμβάπτιση του ενός τροχού στο λάδι.

Με ραντισμό στο σημείο επαφής.

Με σύστημα aerosol, δηλαδή με διασκορπισμό του λαδιού υπό μορφή πολύ λεπτών σταγονιδίων, σε ρεύμα αέρα υπό πίεση. Έτσι επιτυγχάνεται και ικανοποιητική ψύξη.

Τα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται για τους οδοντωτούς τροχούς παράγονται από εξευγενισμένα ορυκτέλαια και καλύπτουν μια πολύ μεγάλη περιοχή της κλίμακας ιξώδους, ώστε να αντιμετωπίζονται οι ποικίλες συνθήκες λιπάνσεως των οδοντωτών τροχών.

Οι βασικές απαιτήσεις των λιπαντικών για οδοντωτούς τροχούς είναι:

1) Ιξώδες.

Η τιμή του επιδρά άμεσα στις συνθήκες λιπάνσεως των γραναζιών. Αν το ιξώδες είναι πολύ χαμηλό έχουμε μεγάλες φθορές στα δόντια των γραναζιών και θορυβώδη λειτουργία. Αντίθετα, με ιξώδες μεγαλύτερο από το κανονικό η κίνηση των τροχών δυσχεραίνεται, με αποτέλεσμα απώλεια έργου και υπερθέρμανση. Η τιμή ιξώδους των λιπαντικών που προορίζονται για οδοντωτούς τροχούς καθορίζεται από το είδος του οδοντωτού τροχού, την ταχύτητα περιστροφής και το φορτίο.

Με βάση το ιξώδες τα λιπαντικά των οδοντωτών τροχών κατατάσσονται σε μια κλίμακα, ανάλογη με την κλίμακα SAE, που είναι γνωστή ως κλίμακα AGMA (American Gear Manufacturing Association). Η αντιστοιχία της κλίμακας AGMA προς την τιμή του ιξώδους δίνεται στον πίνακα 4.4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1 Κατάταξη λιπαντελαιων οδοντωτών τροχών

Κλίμακα AGMA	Τιμή ιξώδους				Παρατηρήσεις
	Σε 100°F		Σε 210°P		
	SSU	cSt	SSU	cSt	
1	180-240	39-52			για κωνικούς ή ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς
2	280-360	60-78			
3	490-700	106-151			
4	700-950	150-210			
5			80-105	15-21,5	για ατέρμονες και υπερβολοειδείς οδοντωτούς τροχούς
7 comp.			125-150	23-32	
8 comp.			150-190	32-42	
8A comp.			190-250	42-54	

2) Αντοχή στην οξειδωση.

Βελτιώνεται με τα κατάλληλα αντιοξειδωτικά πρόσθετα, ώστε να αντιμετωπίζεται ο κίνδυνος οξειδώσεως από τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα μεγάλα

φορτία.

3) Αντοχή σε μεγάλες πιέσεις.

Αντιμετωπίζεται και αυτή με κατάλληλα πρόσθετα (extreme pressure additives) ιδίως για την περίπτωση λιπάνσεως κωνικών οδοντωτών τροχών με υπερβολοειδείς άξονες (hypoid gears).

4.5 Μονωτικά λάδια.

Χρησιμοποιούνται στους ηλεκτρικούς μετασχηματιστές κυρίως και γι αυτό είναι γνωστά ως λάδια μετασχηματιστών. Παρόμοια όμως είναι και τα λάδια που χρησιμοποιούνται στους μεγάλους αυτόματους διακόπτες ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Σκοπός των μονωτικών λαδιών είναι:

- Η ψύξη, δηλαδή η απαγωγή της παραγόμενης θερμότητας.
- Η βελτίωση της μονώσεως του μετασχηματιστή ή διακόπτη.
- Η απόσβεση του τόξου στους διακόπτες.

Στους μετασχηματιστές ποσοστό 1-2% της μετασχηματιζόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα, που πρέπει να απομακρύνεται, γιατί οι μονώσεις των σπειρών των μετασχηματιστών σκληρύνονται και καταστρέφονται στις υψηλές θερμοκρασίες. Για την απομάκρυνση αυτής της θερμότητας χρησιμοποιούνται τα λάδια των μετασχηματιστών, στα οποία βαπτίζονται οι μετασχηματιστές. Η εμβάπτιση γίνεται σε κιβώτια με μεταλλικά τοιχώματα, με τα οποία η θερμότητα διοχετεύεται προς την ατμόσφαιρα. Η ψύξη μπορεί να συμπληρώνεται με κυκλοφορία νερού.

Οι ιδιότητες των μονωτικών λαδιών καθορίζονται από ειδικές προδιαγραφές, όπως η αμερικανική προδιαγραφή W-I-530.

Οι σημαντικότερες απαιτήσεις για τα λάδια αυτά είναι:

1) Διηλεκτρική αντοχή.

Είναι η σημαντικότερη ιδιότητα των μονωτικών λαδιών, από την οποία εξαρτάται η βασικότερη αποστολή τους: η ηλεκτρική μόνωση του μετασχηματιστή. Η διηλεκτρική αντοχή των μονωτικών λαδιών υπολογίζεται ως εξής: το δείγμα τοποθετείται σε κυκλικό δοχείο πορσελάνης, στου οποίου τα τοιχώματα σε θέση διαμετρική φέρονται κατάλληλα ηλεκτρόδια. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων καθορίζεται από την προδιαγραφή που ακολουθείται στη συγκεκριμένη μέτρηση (συνήθως 0,1 in ή 2,5 mm). Στα ηλεκτρόδια εφαρμόζεται τάση που αυξάνεται προοδευτικά με τη βοήθεια

ρεοστάτη. Ως διηλεκτρική αντοχή καθορίζεται η τιμή της εφαρμοζόμενης τάσεως, όταν εμφανισθεί ρηκτικός σπινθήρας ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Ένα καλής ποιότητας μονωτικό λάδι δεν πρέπει να έχει διηλεκτρική αντοχή μικρότερη από 30000 V.

Η τιμή της διηλεκτρικής αντοχής εξαρτάται από δύο κυρίως παράγοντες: από την παρουσία νερού και από τις ξένες ύλες:

- **Παρουσία νερού.** Η διηλεκτρική αντοχή των μονωτικών λαδιών μειώνεται αισθητά από την παρουσία και μικρών έστω ποσών υγρασίας, όπως φαίνεται από τον πίνακα 4.5.1. Στον πίνακα αυτό φαίνεται η ελάττωση της διηλεκτρικής αντοχής λόγω της παρουσίας νερού, σε σχέση με μονωτικό λάδι που χωρίς ίχνος νερού έχει διηλεκτρική αντοχή 70000 V.
- **Ξένες ύλες.** Οι ξένες ύλες στα λάδια των μετασχηματιστών προέρχονται από τα προϊόντα οξειδώσεως, που σχηματίζουν λάσπη, και από τα μονωτικά υλικά του μετασχηματιστή (βερνίκι), που σε ορισμένες περιπτώσεις προσβάλλονται από το λάδι.

Η παρουσία των ξένων υλών μειώνει τη διηλεκτρική αντοχή, ιδίως όταν συνυπάρχει υγρασία. Με υγρασία π.χ. 0,05% χωρίς ξένες ύλες ή διηλεκτρική αντοχή μειώνεται κατά 35%, ενώ με υγρασία 0,01% και ξένες ύλες σε αναλογία 0,004% η διηλεκτρική αντοχή μειώνεται κατά 90%.

Ο έλεγχος της διηλεκτρικής αντοχής έχει ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο για τα αμεταχειρίιστα μονωτικά λάδια, αλλά και γι' αυτά που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί, των οποίων απεικονίζει την κατάσταση, άρα και τη δυνατότητα για παραπέρα χρησιμοποίησή τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.1 Επίδραση της παρουσίας νερού σε μονωτικά λάδια

Περιεκτικότητα νερού	Διηλεκτρική αντοχή
(% κατ όγκο)	(Volt)
0	70000
0,1	22000
0,2	16000
0,3	14000
0,5	12500
0,7	11000
1	10000

2) Υγρασία.

Η παρουσία υγρασίας στα μονωτικά λάδια επιδρά άμεσα στη διηλεκτρική σταθερά, της οποίας την τιμή μειώνει αισθητά, όπως δείχνει και ο πίνακας 4.5.1.

Κατά κανόνα τα λάδια μετασχηματιστών δεν πρέπει να περιέχουν καθόλου υγρασία.

3) Σημείο αναφλέξεως.

Δεν πρέπει να είναι κάτω από μία ελάχιστη τιμή, ώστε να περιορίζεται σημαντικά ο κίνδυνος αναφλέξεως από τυχαίο σπινθήρα μέσα στο μετασχηματιστή, όπου αναπτύσσονται σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (80-100°C). Συνήθως ορίζεται ως ελάχιστη θερμοκρασία αναφλέξεως οι 145°C, γιατί τα λάδια των μετασχηματιστών είναι γενικά λεπτόρρευστα, πράγμα που έρχεται σε αντίθεση με την ανάγκη επιτεύξεως υψηλότερων τιμών σημείου αναφλέξεως.

4) Σημείο ροής.

Καθορίζεται ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής στην οποία το λάδι πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Κατά κανόνα, το σημείο ροής δεν πρέπει να είναι ανώτερο από 30°C, ώστε και κατά τους χειμερινούς μήνες οι χαμηλές θερμοκρασίες να μη δυσχεραίνουν την κυκλοφορία του λαδιού, αν ληφθεί υπόψη ότι συχνά τα κιβώτια των μετασχηματιστών και των διακοπών είναι σε υπαίθριους χώρους.

5) Ιξώδες.

Τα μονωτικά λάδια είναι γενικά λεπτόρρευστα με ιξώδες 40-50 cSt σε 40°C.

6) Αριθμός εξουδετερώσεως.

Τα λάδια των μετασχηματιστών πρέπει να είναι γενικά ουδέτερα. Όξινη ή αλκαλική αντίδραση σημαίνει ιονισμό, που μειώνει την μονωτικότητα του λαδιού και προκαλεί φαινόμενα διαβρώσεως. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή αριθμού εξουδετερώσεως δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,2 .

7) Πτητικότητα.

Οι υψηλές σχετικά θερμοκρασίες που επικρατούν στα κιβώτια των μετασχηματιστών προκαλούν εξάτμιση μέρους των συστατικών των λαδιών. Το εξατμιζόμενο ποσοστό υπό ορισμένες συνθήκες δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,6%.*

8) Αντοχή στην οξείδωση.

Έχει ιδιαίτερη σημασία για τα λάδια των μετασχηματιστών, γιατί αν δεν είναι ικανοποιητική τότε παράγονται:

- α) όξινα και συνεπώς διαθρωτικά για το μετασχηματιστή προϊόντα, που υποβοηθούν τον πολυμερισμό.
- β) Παράγονται επίσης προϊόντα πολυμερισμού, που σε μορφή λάσπης επικάθονται στις επιφάνειες των περιελίξεων και του κιβωτίου των μετασχηματιστών, δυσχεραίνοντας την κυκλοφορία του λαδιού. Τα προϊόντα αυτά παρεμποδίζουν την ψύξη, γιατί είναι κατά κανόνα υλικά δυσθερμαγωγά.

Η οξείδωση των μονωτικών λαδιών και οι συνέπειες της επιταχύνονται από τη συνεχή επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, από τις υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να αναπτύσσονται και από την επαφή με τα μεταλλικά μέρη του μετασχηματιστή.

Η αντοχή των μονωτικών λαδιών στην οξείδωση ελέγχεται διαβιβάζοντας υπό ορισμένες συνθήκες αέρα σε δείγμα λαδιού, για ορισμένο χρόνο, τον οποίο καθορίζουν οι προδιαγραφές. Το ποσό της λάσπης που σχηματίζεται από την οξείδωση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που καθορίζουν οι προδιαγραφές. Οι συνθήκες της δοκιμής είναι πολύ δυσμενέστερες από εκείνες που επικρατούν στην πράξη, ώστε να συντομεύεται η διάρκεια της δοκιμής. Παρόλα αυτά είναι πολύ χρήσιμες, γιατί παρέχουν ενδείξεις και συγκριτικά στοιχεία για την πραγματική αντοχή των λαδιών αυτών στην οξείδωση, κατά τη χρήση τους.

4.6 Λάδια κοπής.

Για την αντιμετώπιση της τριβής και της θερμότητας, που αναπτύσσονται κατά την εκτέλεση μηχανουργικών εργασιών κοπής, είναι απαραίτητη η χρήση καταλλήλων λιπαντικών, που περιβρέχουν το κατεργαζόμενο αντικείμενο στο σημείο κοπής. Κυρίως τα λιπαντικά αυτά χρησιμοποιούνται στους τόνους, τρυπάνια, σιδηροπρίονα και άλλες παρόμοιες εργαλειομηχανές.

Τα λάδια κοπής είναι συνήθως γαλακτώματα ορυκτελαίων με νερό, που έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα, και συνεπώς καλές ψυκτικές ιδιότητες. Τα γαλακτώματα αυτά περιέχουν λάδι 5-10%, και ειδικά πρόσθετα που αυξάνουν την αντοχή στην πίεση.

Σε ορισμένες βαριές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αυτούσια ειδικά ορυκτέλαια ενισχυμένα με πρόσθετα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΛΙΠΗ (ΓΡΑΣΣΑ)

5.1 Γενικά.

Τα λιπαντικά λίπη ή στέατα (κοινώς γράσσα) αποτελούν πηγματα λαδιών με ειδικές ζελατινοποιημένες ουσίες. Το λάδι είναι συνήθως ορυκτέλαιο, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται συνθετικά λιπαντικά, όταν πρόκειται να παραχθούν γράσσα με ειδικές απαιτήσεις. Για τη ζελατινοποίηση χρησιμοποιούνται σάπωνες, και σπανιότερα άλλες ουσίες, όπως το silica gel (κολλώδες πυριτικό οξύ). Η αναλογία του σάπωνα που προστίθεται είναι γύρω στο 1-5%. Από την αναλογία αυτή εξαρτάται και η μορφή του παραγόμενου λίπους. Με αναλογία 20-30% το γράσσο αποκτά στερεή μορφή, ενώ κάτω από 10% είναι ημίρρευστο, και με 5% έχει τα χαρακτηριστικά πολύ παχύρρευστου ορυκτελαίου. Η ιδιότητα αυτή αποδίδεται με τον όρο **συνεκτικότητα** (consistency). Τα γράσσα χρησιμοποιούνται όταν οι συνθήκες λιπάνσεως δεν επιτρέπουν την εφαρμογή υγρών λιπαντικών, πράγμα που ισχύει για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- I. Χαμηλές ταχύτητες περιστροφής σε τριβείς.
- II. Πολύ υψηλά φορτία τριβέων, και μάλιστα όταν αναπτύσσονται κραδασμοί.
- III. Ακραίες θερμοκρασίες.
- IV. Όταν απαιτείται ελάχιστη επίβλεψη.
- V. Με μεγάλες ελευθερίες τριβέων.
- VI. Όταν απαιτείται στεγανότητα από εξωτερικές πηγές ρυπάνσεως.
- VII. Όταν απαιτείται καθαρότητα ή αποφυγή διαρροών.
- VIII. Όταν το σημείο λιπάνσεως δεν είναι προσιτό.
- IX. Όταν οι επιφάνειες είναι κατακόρυφες.

Τα παραπάνω εξασφαλίζονται με ορισμένες βασικές ιδιότητες των γράσσων, από τις οποίες σημαντικότερες είναι:

1) Λιπαρότητα, που οφείλεται στην παρουσία των λιπαρών οξέων των σαπώνων με τους οποίους παρασκευάζεται το γράσσο. Η ιδιότητα αυτή εξηγεί και την αυξημένη ικανότητα προσφύσεως στα μέταλλα.

2) Διατήρηση της συνεκτικότητας, άρα και της λιπαντικής τους ενέργειας, σε

ευρέα όρια θερμοκρασιών, που κυμαίνονται από 70°C μέχρι 150°C.

3) Ικανότητα προσφύσεως σε μεταλλικές επιφάνειες, που έχει ιδιαίτερη σημασία στις εξής περιπτώσεις:

Σε λίπανση κατακόρυφων επιφανειών, όπου η εφαρμογή υγρών λιπαντικών είναι αδύνατη.

Σε μηχανήματα βιομηχανιών τροφίμων ή υφασμάτων, των οποίων τα προϊόντα παραμένουν καθαρά.

4) Σημαντική ιδιότητα των γράσων είναι επίσης η ικανότητα τους να συμπεριφέρονται σαν στερεά, ώσπου να υποβληθούν σε διαμητικές τάσεις και μετά να συμπεριφέρονται σαν ρευστά, οπότε το ιξώδες τους αποκτά τιμές κοντά στις τιμές ιξώδους του λαδιού που περιέχουν. Τα λιπαντικά λίπη (γράσα) έχουν ακόμα το πλεονέκτημα σε πολλές περιπτώσεις να μη χρειάζονται ιδιαίτερο δίκτυο λιπάνσεως, επομένως δεν απαιτείται ιδιαίτερη επίβλεψη κατά τη χρήση τους. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία σε περιπτώσεις στις οποίες η συχνή αντικατάσταση λιπαντικού θα ήταν δύσκολη και αντισοικονομική. Παράδειγμα αποτελούν οι τριβείς των τροχών των αυτοκινήτων που λιπαίνονται με γράσα, ή τα σημεία στηρίξεως του αμαξώματος στα οποία η λίπανση με γράσο γίνεται με ειδικές διατάξεις γνωστές ως **γρασαδόροι.**

5.2 Παραγωγή λιπαντικών λιπών (γράσων).

5.2.1 Πρώτες ύλες.

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παράγωγή των γράσων είναι:

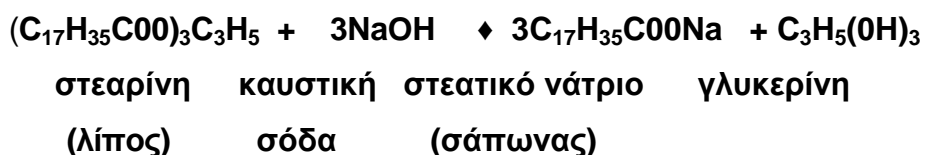
1) Ορυκτέλαια.

Είναι το βασικότερο συστατικό των γράσων, του οποίου οι ιδιότητες μεταβιβάζονται στα παραγόμενα γράσα. Για την παραγωγή π.χ. γράσων που προορίζονται για πολύστροφα μηχανήματα με μικρό φορτίο, απαιτείται λιπαντικό με μικρό ιξώδες, άρα και το ορυκτέλαιο, που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του, πρέπει να έχει ανάλογη τιμή ιξώδους. Αντίθετα, τριβείς με υψηλά φορτία και μικρές ταχύτητες, θα πρέπει να λιπαίνονται με γράσα παρασκευασμένα από λάδια με υψηλό ιξώδες. Όταν αντιμετωπίζονται υψηλές σχετικά θερμοκρασίες πρέπει να χρησιμοποιούνται λάδια με μικρή πτητικότητα στη θερμοκρασία αυτή και μεγάλη αντοχή στην οξείδωση. Τα συνθετικά λάδια, όπως π.χ. οι σιλικόνες, χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα για την παραγωγή γράσων για ειδικές

περιπτώσεις λιπάνσεως και έχουν υψηλό κόστος παραγωγής

2) Σάπωνες.

Προστίθενται στα ορυκτέλαια σε αναλογία 5-30%, για τη ζελατινοποίηση, με την οποία το τελικό προϊόν αποκτά τη γνωστή ημιστερεή κατάσταση, που χαρακτηρίζει τα γράσα. Οι σάπωνες είναι, καθώς γνωρίζουμε, άλατα διαφόρων μετάλλων με λιπαρά οξέα, δηλαδή οξέα που υπάρχουν στα διάφορα λίπη. Παράγονται με την επίδραση βάσεων, όπως η καυστική σόδα, σε λίπη, που είναι εστέρες των λιπαρών οξέων με γλυκερίνη. Η πράξη αυτή ονομάζεται **σαπωνοποίηση**, ακριβώς γιατί οδηγεί στο σχηματισμό σάπωνα, όπως π.χ.:



Για την παραγωγή προτιμώνται τα ζωικά λίπη, γιατί έχουν λιγότερα **ακόρεστα** και επομένως μεγαλύτερη χημική σταθερότητα. Το είδος του μετάλλου της βάσεως, με την οποία γίνεται η σαπωνοποίηση καθορίζει και το είδος του παραγόμενου σάπωνα και αποτελεί ιδιαίτερο χαρακτηριστικό για την κατάταξη και την αξιολόγηση του γράσου που θα παραχθεί. Έτσι διακρίνουμε γράσα με σάπωνες νατρίου, καλίου, ασβεστίου, λιθίου κλπ., των οποίων οι βασικές ιδιότητες φαίνονται στον πίνακα 5.3.1.

Για την πηγμάτωση των ορυκτελαίων, αντί για σάπωνες χρησιμοποιούνται μερικές φορές και άλλες ουσίες, όπως το ένυδρο οξείδιο του πυριτίου (silica gel).

3) Λοιπά συστατικά.

Εκτός από τα ορυκτέλαια και τους σάπωνες, που είναι τα κύρια συστατικά των γράσων, για την παραγωγή τους χρησιμοποιούνται ακόμα τα παρακάτω υλικά:

Αντιοξειδωτικά πρόσθετα, που αυξάνουν την αντοχή στην οξείδωση, άρα μπορούν να παρατείνουν τη χρήση τους για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Πρόσθετα εξαιρετικά υψηλών πιέσεων (extreme pressure). Αυξάνουν την ικανότητα του γράσου να ανταπεξέρχεται στις πολύ μεγάλες πιέσεις που αναπτύσσονται από μεγάλα φορτία σε σημεία που το γράσσο λιπαίνει. Το σημαντικότερο από τα πρόσθετα αυτά περιέχει θειούχες ενώσεις (οργανικές), όπως είναι π.χ. το θειούχο μολυβδαίνιο.

Επιβαρυντικές ύλες (fitters), όπως το τάλκης, ο γραφίτης, η μίκα σε λεπτό

διαμερισμό, ο αμίαντος κ.α., που προστίθενται για να διευκολύνουν τη συγκράτηση του γράσου στους τριβείς κατά τις απότομες αυξομειώσεις του φορτίου.

5.2.2 Διαδικασία παραγωγής.

Η ανάμιξη των παραπάνω συστατικών ακολουθεί τα εξής στάδια:

Σαπωνοποίηση. Λίπη ή λιπαρά οξέα θερμαίνονται σε κατάλληλο δοχείο, αφού προηγουμένως αναμιχθούν με την κατάλληλη βάση.

Κατεργασία σάπωνα. Στο σάπωνα που σχηματίζεται προσθέτονται τα ορυκτέλαια και κατεργάζονται με παραπέρα θέρμανση με συνεχή ανάδευση.

Μορφοποίηση του γράσου. Αφού προστεθούν οι διάφορες βελτιωτικές ουσίες (additives) ή επιβαρυντικές ύλες (fillers), το παραγόμενο γράσο αναδεύεται ώσπου να αποκτήσει τέλεια ομοιογένεια. Ορυκτέλαια προσθέτονται, αν απαιτείται, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή συνεκτικότητα.

5.3 Κατάταξη των γράσων.

Ο συνηθέστερος τρόπος για την κατάταξη των γράσων έχει ως βάση το είδος του σάπωνα που περιέχουν. Έτσι διακρίνομε τις εξής κατηγορίες:

5.3.1 Γράσα με σάπωνες ασβεστίου.

Τα γράσα που παράγονται με σάπωνες ασβεστίου έχουν μία πολύ μαλακή βουτυρώδη υφή. Για την παραγωγή τους προστίθεται μικρή ποσότητα νερού, που καταναλώνεται για την ενυδάτωση του σαπουνιού. Ο υδρίτης που σχηματίζεται συμβάλλει στη σταθερότητα του παραγόμενου γράσου, που διατηρείται μέχρι τους 70°C. Πάνω από τη θερμοκρασία αυτή ο υδρίτης διασπάται και το νερό που αποβάλλεται μειώνει τη σταθερότητα του γράσου. Για το λόγο αυτό γράσα με βάση σάπωνες ασβεστίου δεν χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που αναπτύσσονται θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 70°C. Έχουν σημείο σταγόνας"κάτω από τους 100°C.

Στα γράσα της κατηγορίας αυτής μπορεί να προστίθεται γραφίτης σε αναλογία 5-20%, οπότε είναι κατάλληλα για λίπανση εδράνων, οδοντωτών τροχών κλπ.

5.3.2 Γράσα με σάπωνες νατρίου.

Τα γράσα της κατηγορίας αυτής έχουν ινώδη μορφή και πολύ υψηλότερο σημείο τήξεως γύρω στους 140°C σε σύγκριση με τα προηγούμενα. Χαρακτηρίζονται από τις εξής βασικές ιδιότητες:

Έχουν πολύ ευρύτερα όρια θερμοκρασιών χρησιμοποίησεως (110°C). Δεν είναι σταθερά στο νερό, από το οποίο προσβάλλονται σχηματίζοντας γαλάκτωμα, άρα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν προβλέπεται παρουσία νερού στο σημείο που λιπαίνουν.

5.3.3 Γράσα με σάπωνες αργιλίου.

Έχουν απαλή, λιπαρή υφή και παρουσιάζουν πολύ καλή αντοχή στο νερό. Μεταξύ των άλλων ιδιοτήτων, αναφέρονται οι εξής:

- Ρευστοποιούνται γρήγορα όταν υποβάλλονται σε έντονη μηχανική καταπόνηση.
- Έχουν χαμηλό σημείο σταγόνας.
- Παρουσιάζουν πολύ καλή πρόσφυση στις μεταλλικές επιφάνειες.

5.3.4 Γράσα με σάπωνες λιθίου.

Έχουν την καλύτερη αντοχή από όλα τα γράσα σε υψηλές θερμοκρασίες (ακόμη και μέχρι 150°C) και άριστη συμπεριφορά στο νερό, από το οποίο δεν προσβάλλονται.

Εξίσου καλή είναι και η συμπεριφορά τους σε χαμηλές θερμοκρασίες (ως τους 70°C). Συνεπώς τα γράσα της κατηγορίας αυτής έχουν τα ευρύτερα όρια θερμοκρασιών στα οποία μπορούν να χρησιμοποιούνται.

5.3.5 Γράσα με σάπωνες βαρίου.

Περιέχουν σε υψηλή αναλογία σάπωνες (μέχρι 25%) πράγμα που δυσχεραίνει τη διανομή του γράσου στα λιπαντέλαια σε χαμηλές θερμοκρασίες ή με πολύ υψηλές ταχύτητες.

5.3.6 Γράσα με σάπωνες μολύβδου.

Είναι κατάλληλα για λίπανση σε περιπτώσεις που αναπτύσσονται πολύ υψηλές πιέσεις, στις οποίες παρουσιάζουν εξαιρετική αντοχή.

Εκτός από τις παραπάνω κατηγορίες, παράγονται και γράσα **μικτής** βάσεως, που περιέχουν δύο ή περισσότερα είδη σαπώνων. Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται περισσότερες απαιτήσεις, που καθένα από τα είδη των προστιθεμένων σαπώνων εξασφαλίζει.

Στον πίνακα 5.3.1 παρέχονται συνοπτικά οι κυριότερες ιδιότητες και εφαρμογές των συνηθισμένων κατηγοριών στεατών

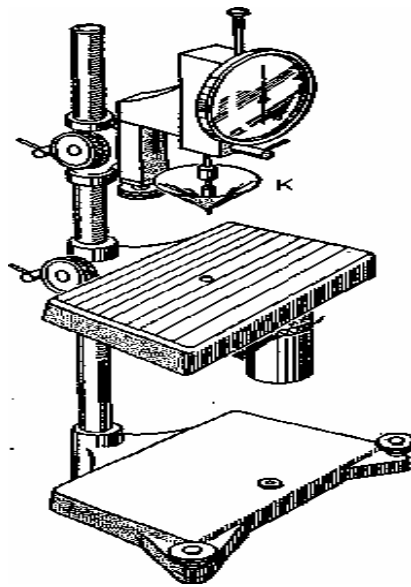
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3.1 Είδη γράσων Χαρακτηριστικές ιδιότητες και εφαρμογές τους

Είδος γράσου			Κύριες ιδιότητες			Παρατηρήσεις	I
	Υφή	Σημείο σταγόνας	Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργία	Αντοχή σε νερό	Αντοχή λειτουργίας		Εφαρμογές
Με σάπωνες νατρίου	ινώδης	160°C	110°C	κακή	Πολύ καλή	Εξαιρετική συμπεριφορά σε θερμοκρασίες μέτρια υψηλές	Για τη λίπανση ρουλεμάν και απλών εδράνων
Με σάπωνες ασβεστίου	βουτυρώδη	90°C	70°C	καλή	ικανοποιητική	Αποσυντίθεται σε θερμοκρασία πάνω από 90°C	Λιπαντικό γενικής χρήσεως σε λιπαντήρια λίπους (γρασαδόροι).
Με σάπωνες λιθίου	βουτυρώδη	170°C	135°C	καλή	άριστη	Πολύ καλή συμπεριφορά και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Άριστη σταθερότητα σε θερμικές και μηχανικές	Λιπαντικό λίπος κατάλληλο για περιπτώσεις βαριάς καταπονήσεως τριβέων και ρουλεμάν
Με σάπωνες αργιλίου	κολλώδης	85°C	80°C	καλή	μέτρια ως ικανοποιητική	Διακρίνονται για την άριστη ικανότητα προσφύσεως σε μεταλλικές επιφάνειες	Για πλαίσια αυτοκινήτων (αμαξώματα) Γενικότερα όπου απαιτείται ισχυρή πρόσφυση σε μεταλλικές επιφάνειες την οποία τα στέατα της κατηγορίας αυτής παρουσιάζουν (κνώδακες, αλυσίδες κλπ.)
Με σάπωνες βαρίου	απαλή ινώδης	175°C	135°C	καλή	πολύ καλή	Σκλήρυνση σε χαμηλές θερμοκρασίες και με μεγάλες ταχύτητες	Γενικής χρήσεως, με τους περιορισμούς της στήλης των παρατηρήσεων.

5.4 Ιδιότητες γράσων.

5.4.1 Σταθερότητα.

Τα λιπαντικά λίπη δεν πρέπει να αλλοιώνονται ούτε κατά την αποθήκευση ούτε κατά τη χρήση τους. Η έλλειψη σταθερότητας εκδηλώνεται κυρίως με διαχωρισμό του ορυκτελαίου που περιέχει το λίπος, ένα μέρος του οποίου αποβάλλεται με μορφή εξιδρώματος. Εμφανίζονται δηλαδή σταγόνες λαδιού πάνω στη μάζα του γράσου. Ο έλεγχος της σταθερότητας γίνεται διατηρώντας ορισμένη ποσότητα δείγματος κάτω από καθορισμένες συνθήκες περιβάλλοντος για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.



Σχήμα 5.4α

Ο παραπάνω έλεγχος αποτελεί ένα στατικό τρόπο αξιολόγησης του γράσου και προσδιορίζει κυρίως την τάση αποχωρισμού λαδιού από τη μάζα του. Πολύ μεγαλύτερη σημασία έχει **η σταθερότητα σε μηχανικές καταπονήσεις**, που σχετίζεται με τη συμπεριφορά στην πράξη. Η ιδιότητα αυτή εξαρτάται τόσο από τη σύσταση του γράσου όσο και από την επεξεργασία της παραγωγής του. Ελέγχεται υποβάλλοντας δείγμα του γράσου σε μεγάλο αριθμό εμβολισμών (περίπου 100000) σε ειδική παλινδρομική διάταξη και συγκρίνοντας τη συνεκτικότητα του πριν και μετά τη δοκιμή. Όσο μικρότερη είναι η διαφορά τιμών συνεκτικότητας τόσο καλύτερη είναι η σταθερότητα του γράσου σε μηχανικές καταπονήσεις.

5.4.2 Συνεκτικότητα (consistency).

Η **συνεκτικότητα** είναι όρος που αναφέρεται στη συνοχή μεταξύ των συστατικών του γράσου, μας δίνει δηλαδή την έννοια του πόσο μαλακό ή σκληρό είναι ένα γράσο. Μέτρο της συνεκτικότητας αποτελεί η διεισδυτικότητα (penetration), δηλαδή το βάθος, σε δέκατα του χιλιοστού, στο οποίο εισδύει μεταλλικός κώνος, όταν πέφτει κάτω από ορισμένες συνθήκες στην επιφάνεια ενός δείγματος από το εξεταζόμενο γράσο.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η εργαστηριακή συσκευή που εικονίζεται στο σχήμα 5.4α.

Το δείγμα τοποθετείται σε κατάλληλο δοχείο, αφού προηγουμένως ομογενοποιηθεί εντελώς με προσεκτική κατεργασία, τις λεπτομέρειες της οποίας καθορίζει η προδιαγραφή ASTM D-217.

Από ορισμένο ύψος αφήνεται να πέσει πάνω στο δείγμα ο μεταλλικός κώνος Κ και μετράται το βάθος στο οποίο εισδύει μέσα στη μάζα του δείγματος. Το βάθος αυτό σε δέκατα του χιλιοστομέτρου αποτελεί το λεγόμενο **αριθμό διεισδυτικότητας** (penetration number), προς το οποίο η συνεκτικότητα συνδέεται με ειδική κλίμακα, γνωστή ως κλίμακα NLGI (National Lubricating Grease Institute). Η αντιστοιχία μεταξύ αριθμού διεισδυτικότητας και συνεκτικότητας κατά NLGI φαίνεται στον πίνακα 5.4.1

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.1 Αντιστοιχία συνεκτικότητας-αριθμού διεισδυτικότητας γράσων

Δεισδυτικότητα σε 77°F (δέκατα του mm)	Αριθμός συνεκτικότητας κατά NLGI
445-475	000
400-430	00
355-385	0
310-340	1
265-295	2
220-250	3
175-205	4
130-160	5
85-115	6

Από τον πίνακα 5.4.1 συμπεραίνεται ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός διεισδυτικότητας ενός γράσου, τόσο μικρότερη είναι η συνεκτικότητα του. Γράσα με συνεκτικότητα πάνω από 6 (διείσδυση μικρότερη από 8,5 mm) έχουν στερεή μορφή και ονομάζονται **γράσα σε πλάκες** (block greases).

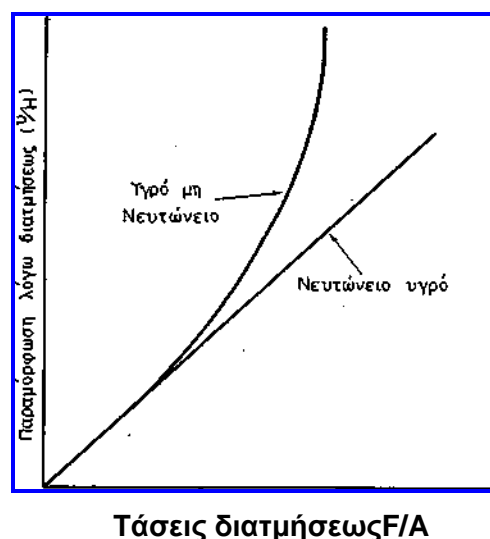
5.4.3 Φαινόμενο ιξώδες (apparent viscosity).

Στα λιπαντέλαια το ιξώδες καθορίζεται, όπως μάθαμε, από τη σχέση:

που αποτελεί τη μαθηματική διατύπωση του Νόμου του Νεύτωνα. Σύμφωνα με το νόμο αυτό, η παραμόρφωση του ρευστού, που εκφράζεται με το πηλίκο V/H της μεταβολής της ταχύτητας ροής V διά της αποστάσεως H , είναι ανάλογη με την τάση διατμήσεως F/A , με συντελεστή αναλογίας την τιμή του απόλυτου ιξώδους Z .

$$Z = \frac{F/A}{V/H}$$

Τα λιπαντέλαια, καθώς και κάθε υγρό που υπακούει στον παραπάνω Νόμο του Νεύτωνα, ονομάζονται **Νευτώνεια υγρά**. Στο διάγραμμα του σχήματος 5.4β βλέπουμε ότι η σχέση τάσεως διατμήσεως και παραμορφώσεως για Νευτώνεια υγρά είναι συνάρτηση γραμμική. Αντίθετα, στα **μη Νευτώνεια υγρά**, όπως είναι τα γράσα, η συνάρτηση διατμήσεως-παραμορφώσεως δεν είναι γραμμική (σχ. 5.4β). Η παραμόρφωση με την ίδια τάση είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που αντιστοιχεί στα Νευτώνεια υγρά.



Σχήμα 5.4β

Επειδή η παραμόρφωση διατμήσεως S δeneίται δυνατόν να μετρηθεί με το λόγο V/H , μετράται με διάφορες συμβατικές μεθόδους. Κατά τη μέθοδο ASTM, το δείγμα του γράσου φέρεται σε μεταλλικό κύλινδρο, όπου και συμπιέζεται με κατάλληλο έμβολο και εκρέει από πλάγιους τριχοειδείς σωλήνες. Η ταχύτητα εκροής απ' αυτούς τους σωληνίσκους είναι το μέτρο της παραμορφώσεως S, ενώ η καταπόνηση F προσδιορίζεται από την πίεση που εφαρμόζεται στο έμβολο της συσκευής. Πριν από τη δοκιμή το δείγμα φέρεται σε σταθερή θερμοκρασία 77°F (25°C).

5.4.4 Σημείο σταγόνας.

Τα λιπαντικά λίπη, εξαιτίας της συστάσεως τους, δεν έχουν ένα καθορισμένο σημείο τήξεως. Ως μέτρο της θερμοκρασίας τήξεως χρησιμοποιείται το λεγόμενο **σημείο σταγόνας**.

Αυτό συνήθως ορίζεται ως η θερμοκρασία εκείνη στην οποία το γράσο διαχωρίζεται στο σάπωνα και στο λάδι, ώστε να πέσει σταγόνα από ένα καψίδιο, στον πυθμένα του οποίου υπάρχει τρύπα με διάμετρο 7/64". Με την τιμή του σημείου σταγόνας έχουμε μία ένδειξη για τα όρια θερμοκρασίας στα οποία ένα γράσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, δηλαδή μερικούς βαθμούς κάτω από το σημείο τάξεως. Πέρα από τη θερμοκρασία αυτή το γράσο ρευστοποιείται, οπότε η χρήση του δεν συνιστάται,

5.4.5 Αντοχή στην οξείδωση.

Από το οξυγόνο του αέρα, με το οποίο το γράσο έρχεται σε επαφή, μπορεί να υποστεί οξείδωση και στη συνέχεια προοδευτική αποσύνθεση. Η αντοχή στην οξείδωση έχει για ένα γράσο βασική σημασία και ελέγχεται ως εξής: Σε μία χαλύβδινη οβίδα, που φέρει θλιβόμετρο, τοποθετούνται 4g δείγματος λίπους σε θερμοκρασία 210°F και οξυγόνο με πίεση 7 bar. Κάτω απ' αυτές τις συνθήκες το γράσο απορροφά οξυγόνο και συνεπώς παρατηρείται μία συνεχής πτώση της πίεσεως, της οποίας ο ρυθμός καταγράφεται και αποτελεί το μέτρο αντοχής του λίπους στην οξείδωση. Όσο γρηγορότερα πέφτει η πίεση τόσο μικρότερη είναι η αντοχή του γράσου στην οξείδωση.

5.4.6 Αντίσταση στο νερό.

Συχνά κατά τη χρήση του το γράσο υπόκειται σε μακροχρόνια επίδραση του νερού, που μπορεί να το απομακρύνει από την επιφάνεια την οποία καλύπτει,

αν δεν έχει την αντοχή στο νερό. Η αντοχή αυτή ελέγχεται ως εξής: δείγμα του δοκιμαζόμενου λίπους τοποθετείται σε ειδικό ένσφαιρο τριβέα (ρουλεμάν), που στη συνέχεια υποβάλλεται σε καταιονισμό με νερό υπό ορισμένη παροχή και πίεση. Η απώλεια βάρους κατά τη διάρκεια της δοκιμής αποτελεί μέτρο της αντιστάσεως του γράσου στο νερό.

5.5 Προδιαγραφές γράσων.

Η ποιότητα των γράσων καλύπτεται από τις αντίστοιχες προδιαγραφές, που καλύπτουν τις απαιτήσεις σε ένα ευρύτατο φάσμα προϊόντων. Μια από τις συνηθέστερες προδιαγραφές είναι η αμερικανική προδιαγραφή VV-G-632, που καλύπτει έξι είδη. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον πίνακα 5.5. 1

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5.1 Προδιαγραφές γράσων IW-G-632)

Κύρια χαρακτηριστικά	Τύπος Α			Τύπος Β			Μέθοδος FED-STD
	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3	
Γενικός χαρακτηρισμός του γράσου	γράσο αμαξωμάτων	τριβένων τροχών	υδραυλικών υδραντλιών	μαλακό	μέσου τύπου	σκληρό	
Περιεκτικότητα σε ορυκτέλαιο (% min)	85	82	65	85	80	75	5412
Ιξώδες του ελαίου σε 110°F(SSU)min	750	350	100	300	300	300	-
Σημείο αναφλέξεως του ελαίου (F°) min	350	350	315	350	350	350	ASTM D-92
Διεισδυτικότητα (25°C)	310-340	265-295	175-205	310-340	265-295	220-250	311
Νερό % (max)	2	1,5	3	1,5	2	2,5	3001
Σημείο σταγόνας (°F) min	200	300	210	185	185	185	1421

Ελεύθερο άλκαλι (%) max	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	5412
Ελεύθερο λιπαρό οξύ (%) max	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5412

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕΚ

Λίπανση μηχανολογικού εξοπλισμού.

6.1 Γενικά για τη λίπανση ΜΕΚ.

Η λίπανση των μηχανών εσωτερικής καύσεως (πετρελαιομηχανές, βενζινομηχανές) γίνεται συνήθως με αναγκαστική κυκλοφορία, την οποία εξασφαλίζει η αντλία του λαδιού. Η αντλία αυτή μόνο στις μηχανές μικρής ιπποδυνάμεως μπορεί να βρίσκεται μέσα στο οτροφαλοθάλαμο. Στις περισσότερες περιπτώσεις βρίσκεται χωριστά, κοντά στην ελαιοδεξαμενή, από την οποία αντλεί το λάδι και το διανέμει δια μέσου του δικτύου λίπανσεως στα λιπαινόμενα μέρη της μηχανής, που είναι:

- Τα έδρανα βάσεως.
- Οι τριβείς διωστήρων.
- Οι πείροι εμβόλων.
- Τα τοιχώματα του κυλίνδρου και τα έμβολα.
- Οι μειωτήρες.

Τα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των ΜΕΚ, εκτός από τα συνηθισμένα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά (ιξώδες, σημείο αναφλέξεως, σημείο ροής, σταθερότητα στην οξειδωση, σταθερότητα ιξώδους-θερμοκρασίας κλπ, των οποίων οι τιμές αναγράφονται στον πίνακα προδιαγραφών) πρέπει να έχουν και έντονες απορρυπαντικές ιδιότητες. Να μπορούν δηλαδή να απομακρύνουν από τις λιπαινόμενες επιφάνειες τα εξανθρακώματα που σχηματίζονται και επικαθονται σ' αυτές. Τα εξανθρακώματα αυτά σχηματίζονται συνήθως από την υπερθέρμανση του εμβόλου και έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών σ' αυτά, που οφείλονται στην κακή και ανομοιόμορφη μετάδοση της θερμότητας, στήν οποία προκαλούν τα εξανθρακώματα. Για την αύξηση της απορρυπαντικότητας των λιπαντελαίων ΜΕΚ χρησιμοποιούνται κατάλληλα αντιρρυπαντικά πρόσθετα (detergents), που συμβάλλουν στη διατήρηση των επιφανειών των χιτωνίων και των εμβόλων καθαρών. Η υπερθέρμανση των εμβόλων εξάλλου, εκτός από τις ρωγμές μπορεί να προκαλέσει και έκρηξη στο οτροφαλοθάλαμο, ιδίως όταν το λάδι περιέχει διαλυμένο καύσιμο από κακή λειτουργία των καυστήρων. Η έκρηξη στο οτροφαλοθάλαμο

αποφεύγεται με την καλή συντήρηση της μηχανής ώστε οι καυστήρες να λειτουργούν ικανοποιητικά. Αποφεύγεται επίσης και με τη χρήση λιπαντικού καλής ποιότητας, δηλαδή ενισχυμένου με τα κατάλληλα αντιρρυπαντικά πρόσθετα, ώστε η μηχανή να διατηρείται καθαρή και να αποτρέπεται έτσι η υπερθέρμανση από τα εξανθρακώματα.

Εκτός από τα αντιρρυπαντικά πρόσθετα, τα λιπαντέλαια των ΜΕΚ ενισχύονται-με:

Βελτιωτικά δείκτη ιξώδους, που αυξάνουν την τιμή του δείκτη ιξώδους, δηλαδή περιορίζουν τη μεταβολή του ιξώδους με τη θερμοκρασία.

Αντιοξειδωτικά πρόσθετα, που περιορίζουν το βαθμό και την ταχύτητα οξειδώσεως, παρατείνοντας έτσι τη χρήση τους.

Διακρίνονται τρεις κατηγορίες λιπαντελαίων ΜΕΚ.

- I. **Κοινά λάδια** (regular). Χρησιμοποιούνται σε ολιγόστροφες μηχανές με μικρά φορτία και γενικά όπου δεν προβλέπονται δυσμενείς συνθήκες λιπάνσεως. Τα λάδια αυτά δεν περιέχουν πρόσθετα.
- II. **Λάδια μερικώς ενισχυμένα** (premium). Είναι ενισχυμένα με αντιοξειδωτικά πρόσθετα και επομένως κατάλληλα για τη λίπανση ΜΕΚ στις οποίες προβλέπονται συνθήκες με μέτρια καταπόνηση του λιπαντικού, τόσο από το φορτίο όσο και από τη θερμοκρασία. Στο εμπόριο φέρουν το συμβολισμό DG, όταν πρόκειται για λάδια πετρελαιομηχανών και MM όταν πρόκειται για λάδια βενζινομηχανών.
- III. **Λάδια βαριών απαιτήσεων** (heavy duty). Είναι ενισχυμένα με αντιοξειδωτικά και αντιρρυπαντικά πρόσθετα, ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις πιο δυσμενείς συνθήκες λιπάνσεως, ως προς το φορτίο και τις θερμοκρασίες. Τα λάδια της κατηγορίας αυτής συμβολίζονται με MS για τις βενζινομηχανές, ενώ τα αντίστοιχα λάδια των μηχανών Diesel συμβολίζονται με DS ή HD.

Ειδικότερα για τις πετρελαιομηχανές, ανάλογα με το τμήμα της πετρελαιομηχανής που πρόκειται να λιπάνουν, διακρίνονται σε:

- 1) **Λάδια κυλίνδρων ή κυλινδρέλαια** (cylinder oils). Χρησιμοποιούνται μόνο για τη λίπανση των τοιχωμάτων των κυλίνδρων, στις μηχανές εκείνες στις οποίες η λίπανση των κυλίνδρων γίνεται χωριστά. Πρόκειται για τις μηχανές με ζύγωμα (crosshead engines) όπως είναι

κατ' εξοχή οι αργόστροφες πετρελαιομηχανές που χρησιμοποιούνται στο εμπορικό ναυτικό.

- 2) **Λάδια στροφαλοθαλάμων** (crankcase oils). Χρησιμοποιούνται μόνο για τη λίπανση των τριβέων και την ψύξη των εμβόλων, και πάλι στις περιπτώσεις που η λίπανση τους γίνεται χωριστά, ανεξάρτητα από τη λίπανση των κυλίνδρων, δηλαδή στις αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές. Στις μικρές μηχανές μέσης και υψηλής ταχύτητας, που λειτουργούν χωρίς ζύγωμα, δηλαδή με διωστήρα (trunk piston engines), η λίπανση είναι ενιαία τόσο για τους κυλίνδρους όσο και για τους τριβείς. Το δίκτυο λιπάνσεως είναι κοινό και η ποιότητα του λιπαντικού εγίαία, και καθορίζεται από τις αντίστοιχες προδιαγραφές. Στις αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές τα δίκτυα λιπάνσεως των κυλίνδρων είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο των τριβέων και φυσικά και τα λιπαντικά των δύο αυτών τμημάτων είναι διαφορετικά. Συνήθως τα κυλινδρέλαια είναι βαρύτερα από τα λάδια των ελαιοδεξαμενών (κάρτερ) και περισσότερο ενισχυμένα με αλκαλικά πρόσθετα για την εξουδετέρωση του θειικού οξέος που παράγεται κατά την καύση του πετρελαίου.

Η σύγκριση των ιδιοτήτων για τα λάδια κάρτερ σε σχέση με τα κυλινδρέλαια φαίνεται **ενδεικτικά** στον πίνακα 6.1.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.1 Σύγκριση βασικών ιδιοτήτων ορυκτελαίων μηχανών Diesel

Κύρια χαρακτηριστικά	Όρια τιμών	
	Λάδια κάρτερ	Λάδια κυλίνδρου
1) Ειδικό βάρος	0,885-0,881	0,943-0,948
2) Σημείο αναφλέξεως (Κ.Δ.)	430-460°F (221-238°C)	500-510°F (260-265°C)
3) Σημείο ροής	5°F (-20°C)	0-10°F (-18ως-12°C)
4) Ιξώδες	620-630	700-1100
α) SSU(100°F)	67-68	66.90
SSU(210°F)	133-135	150-235
β) cSt(100°F)		

cSt(210°F)	12-13	12-18
5) Δείκτης ιξώδους	88-90	73-85
6) Ολικός αριθμός βάσεως (TBN)	4-10	54-70

6.2 Λίπανση βενζινομηχανών.

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο λιπάνσεως μεταξύ των δίχρονων και τετράχρονων των βενζινομηχανών, γι' αυτό η λίπανση των δύο αυτών κατηγοριών εξετάζεται χωριστά.

6.2.1 Δίχρονες βενζινομηχανές.

Η λίπανση των δίχρονων βενζινομηχανών γίνεται με μίγμα λαδιού με βενζίνη σε αναλογία από 1:10 ως 1:25. Το μίγμα αυτό είναι έτοιμο από την αρχή, δηλαδή από την αποθήκη του καυσίμου, από όπου και αντλείται σαν καύσιμο προς τον εξαεριωτήρα. Κατά την εξαερίωση της βενζίνης, το λάδι που απομένει παρασύρεται με μορφή λεπτών σταγονιδίων, διοχετεύεται προς το στροφαλοθάλαμο και αποτίθεται σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες, λιπαίνοντας τα έδρανα κ μ το κατώτερο τμήμα των τοιχωμάτων του κυλίνδρου. Μέρος του λαδιού μπαίνει μαζί με το καύσιμο στο θάλαμο καύσεως, όπου, αφού λιπάνει τον κύλινδρο, φαίνεται τελικά μαζί με τη βενζίνη. Έτσι η λίπανση των συνηθισμένων τριβέων δινών μπορεί να είναι ικανοποιητική. Γι αυτό στις δίχρονες βενζινομηχανές συνήθως χρησιμοποιούνται ένσφαιροι τριβείς (ρουλεμάν).

Το σπουδαιότερο πρόβλημα που παρουσιάζει αυτός ο τρόπος λιπάνσεως των δίχρονων βενζινομηχανών είναι η ρύπανση των κυλίνδρων από τα εξανθρακώματα ή άλλα προϊόντα από την ατελή καύση του λαδιού που καίγεται μαζί με τη βενζίνη. Η ατελής καύση του λιπαντικού στις δίχρονες βενζινομηχανές φαίνεται εύκολα και από την έντονη οσμή και τον πυκνό καπνό που αφήνουν συχνά οι εξατμίσεις των μηχανών αυτών. Το πρόβλημα αυτό κατά μέγα μέρος αντιμετωπίζεται με την επιλογή άριστης ποιότητας λιπαντικών, που αναμιγνύονται με βενζίνη για την παρασκευή του τελικού μίγματος. Πρέπει τα λιπαντικά αυτά να συγκεντρώνουν, εκτός από τα τ άλλα, δύο κυρίως ιδιότητες:

- Να έχουν δηλαδή κατάλληλο ιξώδες και να μην αφήνουν κατάλοιπα κατά την καύση.

Παρόλο που τις ιδιότητες αυτές συγκεντρώνουν κυρίως τα ναφθενικής βάσεως ορυκτέλαια , όμως χρησιμοποιούνται τα ορυκτέλαια με υψηλό δείκτη ιξώδους, που

αποτελούν τη βάση παραγωγής λιπαντικών για δίχρονες βενζινομηχανές. Παρά τα παραπάνω, η ατελής καύση και οι συνέπειες της στην ταχύτερη ρύπανση των κυλίνδρων στις δίχρονες βενζινομηχανές, που οφείλονται στον τρόπο λιπάνσεως, αποτελούν ένα γνωστό μειονέκτημα σε σύγκριση με τις τετράχρονες βενζινομηχανές. Αυτό αντισταθμίζεται από άλλα γνωστά πλεονεκτήματα που οι δίχρονες βενζινομηχανές παρουσιάζουν και κυρίως τη μεγαλύτερη ισχύ στον ίδιο όγκο. Σε πολλές περιπτώσεις τα λιπαντικά περιέχουν πρόσθετα που διατηρούν καθαρούς τους σπινθηριστές.

6.2.2 Τετράχρονες βενζινομηχανές.

Στις τετράχρονες βενζινομηχανές η λίπανση γίνεται με αμιγές ορυκτέλαιο, του οποίου οι ιδιότητες καθορίζονται από τις σχετικές προδιαγραφές ανάλογα με την ποιότητα του. Σημαντικότερες είναι οι αμερικανικές προδιαγραφές MIL-L-2104 και MIL-L-46152, με διεθνή αναγνώριση και εφαρμογή. Τα κύρια χαρακτηριστικά που οι προδιαγραφές αυτές καθορίζουν, αναγράφονται στους πίνακες 6.2.1 και 6.2.2. Οι ίδιες προδιαγραφές ισχύουν και για τη λίπανση μηχανών Diesel.

Η λίπανση των βενζινομηχανών διακρίνεται σε:

- I. Λίπανση εδράνων.
- II. Λίπανση κυλίνδρων.
- III. Λίπανση λοιπών μερών, που εξετάζονται συνοπτικά στις επόμενες παραγράφους.

1) Λίπανση εδράνων.

Τα κύρια έδρανα όλων σχεδόν των βενζινομηχανών λιπαίνονται **υπό πίεση**, που μπορεί να υποβοηθείται με εκτίναξη. Τα έδρανα του στροφάλου και του διωστήρα μπορούν να λιπαίνονται κατά δυο τρόπους:

- I. Υπό πίεση με διόδους μέσω του κύριου άξονα.
- II. Με εμβάπτιση μέσα στο λάδι της ελαιολεκάνης (κάρτερ) και από την εκτίναξη του λαδιού, που προκαλείται κατά την περιστροφή.

Τη λίπανση υποβοηθεί μια σειρά από ακροφύσια λαδιού, που έχουν κατάλληλη διάταξη και παίρνουν το λάδι από την αντλία τροφοδοτήσεως.

2) Λίπανση κυλίνδρων.

Στους κυλίνδρους το λιπαντικό έχει διπλή αποστολή: την ψύξη του εμβόλου και τη

λίπανση των τοιχωμάτων των κυλίνδρων.

Τα έμβολα ψύχονται με λάδι που εκτοξεύεται από διόδους διά μέσου του σώματος του διωστήρα και προέρχεται από τα κομβία του στροφάλου.

Τα τοιχώματα του κυλίνδρου λιπαίνονται με εκτίναξη του λαδιού του κάρτερ από τα αντίβαρα ζυγοσταθμίσεως του στροφαλοφόρου άξονα. Τα τοιχώματα μπορεί επίσης να λιπαίνονται με εκτίναξη λαδιού που προέρχεται από τα κομβία των στροφάλων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.1

Προδιαγραφή λιπαντελαίων ΜΕΚ MIL-L-2104 C

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Μέθοδος ASTM	SAE 10	SAE 30	SAE 40	SAE 50
1) Κινηματικό ιξώδες σε 100°C (cSt)	D445				
α) Ελάχιστη τιμή		5,7	9,6	12,9	16,8
β) Μέγιστη τιμή		7,5	12,9	16,8	22,7
2) Φαινόμενο ιξώδες, σε CPF (cp)	D2602				
α) Ελάχιστη τιμή		1200	-	-	-
β) Μέγιστη τιμή		2400	-	-	-
3) Δείκτης ιξώδους (min)	D2270	-	75	80	85
4) Σημείο ροής, °F (max)	D97	-25	0	5	15
5) Σημείο αναφλέξεως, °F (min)	D92	400	425	435	450

Παρατηρήσεις.

1) Εκτός από τα παραπάνω αναγράφονται οι τιμές των παρακάτω χαρακτηριστικών, για τα οποία

η προδιαγραφή δεν καθορίζει όρια.

Εξανθράκωμα (μέθοδος Ramsbottom, ASTM D524).

Ειδικό βάρος, API (μέθοδος ASTM D287).

Περιεκτικότητα σε φωσφόρο (μέθοδος ASTM D1091).

Περιεκτικότητα σε χλώριο (μέθοδος ASTM D808).

Περιεκτικότητα σε θείο (μέθοδος ASTM D1552).

Θειική τέφρα (μέθοδος ASTM D874).

Οργανομεταλλικές ενώσεις (μέθοδος ASTM D811).

2) Από την προδιαγραφή επίσης προβλέπονται δοκιμές αναφερόμενες σε:

Αφρισμό.

Σταθερότητα.

Αναμιξιμότητα με λιπαντέλαια, που έχουν παρόμοιες προδιαγραφές (MIL-L-461 52, MIL-L-21260 κλπ.).

Μηχανικές δοκιμές που να εξασφαλίζουν ικανοποιητική συμπεριφορά στην πράξη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.2 Προδιαγραφή MEK MIL-L-46162 B

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Μέθοδος ASTM	SAE				
		10W	30	5 W-20	10W-30	5 W - 40
1) Κινηματικό ιξώδες, σε 100°C (cSt)	D445					
α) Ελάχιστη τιμή		5,6	9,3	5,6	9,3	12,5
β) Μέγιστη τιμή		7,4	12,5	9,3	12,5	16,3
2} φαινόμενο ιξώδες, (cp)	D 2602					
α) Ελάχιστη τιμή		3500 σε 25°C	-	3250σε -30°C	3500 σε -25	3500 σε 20°C
β) Μέγιστη τιμή		3500		3500	3500	
3) Όρια αντλητικότητας °C (max)	D 3829	σε (20°C)	-	Σε -25°C	σε-20°	σε 15°C
		-25		-30	-25	-20
4) Δείκτης ιξώδους (min)	D 2270	αναφέρεται	75	αναφέρεται	αναφέρεται	αναφέρεται
5) Σημείο ροής, °C (mm)	D 97	-32	-18	-40	-32	-23
6) Σημείο αναφλέξεως, °C (min)	D 92	205	200	205	205	215
7) Περιεκτικότητα σε φωσφόρο %κ.β. (max)	D 1091	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14

Παρατηρήσεις.

1) Εκτός από τα παραπάνω αναγράφονται οι τιμές των παρακάτω

χαρακτηριστικών, για τα οποία, οι προδιαγραφές δεν καθορίζουν όρια:

Ειδικό βάρος, API (ASTM D287).

Εξανθράκωμα (ASTM D524 μέθοδος Ramsbottom).

Θείο (μέθοδος ASTM D1552).

Θειική τέφρα (ASTM D874).

Μεταλλικά στοιχεία (ASTM D811).

2) Από την προδιαγραφή προβλέπονται επίσης δοκιμές αναφερόμενες σε:

Αφρισμό.

Σταθερότητα.

Αναμιξιμότητα με άλλα παρομοίων προδιαγραφών λιπαντέλαια (MIL-L-2104, MIL-L-21260, MIL-L-46167 κλπ.).

Μηχανικές δοκιμές, που να εξασφαλίζουν ικανοποιητική συμπεριφορά στην πράξη.

Οι οδοντωτοί τροχοί, οι βαλβίδες κλπ. λιπαίνονται με λάδι που καταθλίβεται από το επάνω μέρος της μηχανής και κατά την επιστροφή του στο κάρτερ με τη βαρύτητα.

Έτσι λιπαίνονται τα διάφορα σημεία που συναντά κατά την κάθοδο του.

Το λιπαντικό και των δυο προηγούμενων περιπτώσεων (έδρανα - κύλινδροι) είναι κοινό και καλύπτεται από τις προδιαγραφές που αναφέρονται στον πίνακα 6.2.2. Τα λιπαντικά αυτά είναι ενισχυμένα με αντιρρυπαντικά πρόσθετα (detergents) που απομακρύνουν τα εξανθρακώματα διατηρώντας καθαρά τα κρίσιμα μέ-

ρη της μηχανής με τα οποία το λιπαντικό έρχεται σε επαφή.

Εκτός από τα αντιρρυπαντικά, τα λιπαντικά των βενζινομηχανών ενισχύονται:

Με αντιοξειδωτικά πρόσθετα που παρατείνουν την ζωή τους και με βελτιωτικά δείκτη ιξώδους (V.I. Improvers) που διευρύνουν τα όρια θερμοκρασιών, στις οποίες τα λιπαντικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιούνται τα λάδια αυτά είναι γνωστά ως multigrade ή Viscostatic και φυσικά είναι ακριβότερα. Έτσι, το λάδι SAE 20 δεν εξασφαλίζει εύκολη εκκίνηση της μηχανής στις θερμοκρασίες κάτω από 10°C, επειδή αυξάνεται πολύ το ιξώδες. Το αντίστοιχο λάδι με βελτιωτικό δείκτη ιξώδους, με ένδειξη SAE 20 W στη συνηθισμένη θερμοκρασία συμπεριφέρεται σαν SAE 20, σε χαμηλές όμως θερμοκρασίες δεν αυξάνει το ιξώδες του παρά πολύ, επιτρέποντας εύκολα την εκκίνηση της μηχανής ως τους 20°C.

Πολύ πλατύτερα όρια θερμοκρασιών λειτουργίας καλύπτουν τα ορυκτέλαια πολλαπλού τύπου π.χ. SAE 10W/50, που, χάρη στα πρόσθετα που περιέχουν,

καλύπτουν τις απαιτήσεις ιξώδους της κλίμακας SAE από SAE 10 W ως SAE 50.

Τα συστήματα λιπάνσεως της κυρίως μηχανής (έδρανα - κύλινδροι) μπορούν να καταταγούν σε δυο κατηγορίες:

- I. **Σύστημα υγρής ελαιολέκανσης.** Εξασφαλίζει τη λίπανση με συνδυασμό πίεσεως και εκτινάξεως. Έχει το πλεονέκτημα ότι είναι οικονομικό και ότι οι κίνδυνοι εμφράξεως των σωληνώσεων κλπ. είναι λιγότεροι. Βασικό μειονέκτημα του είναι ότι η στάθμη του λαδιού στο κάρτερ αυξομειώνεται κατά τις εκτινάξεις και προκαλεί αντίστοιχες διακυμάνσεις κατά τη λίπανση.
- II. **Σύστημα ξηρής ελαιολέκανσης** (πίεσεως). Εξασφαλίζει τη λίπανση μόνο με πίεση, που Γι αυτό το λόγο είναι πλήρης και σταθερή. Το σύστημα όμως είναι δαπανηρότερο και παρουσιάζει τον κίνδυνο εμφράξεως των σωληνώσεων από τις αποθέσεις, που προκαλεί η φυγόκεντρη δύναμη. Το μειονέκτημα αυτό, όμως, αντιμετωπίστηκε με ενισχυμένα φίλτρα και με διατάξεις ασφάλειας με ενδεικτικές λυχνίες που ενεργοποιούνται όταν η πίεση του δικτύου πέσει κάτω από τα όρια ασφάλειας.

Λίπανση λοιπών μερών.

Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το σύστημα μεταδόσεως της κινήσεως που μπορεί να θεωρηθεί ως τμήμα ή συμπλήρωμα της κυρίως μηχανής.

Το σύστημα αυτό αποτελείται κυρίως από τα εξής κύρια μέρη:

- I. **Το κιβώτιο ταχυτήτων**, που είναι ένα είδος μειωτήρων και ρυθμίζει τη σχέση μεταδόσεως της κινήσεως μεταξύ του κινητήρα και του άξονα.
- II. **Το συμπλέκτη**, που συνδέει ή αποδεσμεύει τον κινητήρα από το κιβώτιο ταχυτήτων, άρα και από τον άξονα.
- III. **Το διαφορικό**, που ενδιαφέρει κυρίως τα αυτοκίνητα και επιτρέπει στους τροχούς να στρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες, όταν το αυτοκίνητο κινείται σε κυκλικές τροχιές.

Για τους συμπλέκτες χρησιμοποιούνται κατάλληλα υδραυλικά λάδια που πρέπει απαραίτητα να συγκεντρώνουν τις εξής βασικές ιδιότητες:

Αντοχή σε οξειδωση.

Υψηλή τιμή ειδικού βάρους, γιατί η μετάδοση της ισχύος εξαρτάται από την κινητική ενέργεια του ρευστού, που είναι ανάλογη προς το ειδικό βάρος.

Κατάλληλο ιξώδες, που να επιτρέπει την άνετη κυκλοφορία ρευστού.

Αντιδιαβρωτική προστασία.

Για το διαφορικό και για το κιβώτιο ταχυτήτων συνήθως χρησιμοποιείται ενιαίος τύπος λιπαντικού με βάση τα ορυκτέλαια, που κυκλοφορούν στο εμπόριο με το κοινό όνομα **βαλβολίνες**. Μερικές βαλβολίνες έχουν υψηλό ιξώδες και είναι ενισχυμένες με χημικά πρόσθετα, τα οποία αυξάνουν την αντοχή στις πολύ υψηλές πιέσεις που αναπτύσσονται στα γρανάζια και των δύο αυτών μηχανισμών (17.4.5). Μια από τις γνωστότερες προδιαγραφές για βαλβολίνες είναι και η MIL-L-2105C, που τα κυριότερα χαρακτηριστικά της περιέχονται στον πίνακα 6.2.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.3 Προδιαγραφή βαλβαλίνης MIL-L-2105 C

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Μέθοδος ASTM	SAE		
		75W	80W-90	85 W-140
1) Κινηματικό ιξώδες σε 100°C (cSt)	D 445			
α) Ελάχιστη τιμή		4,1	13,5	24
β) Μέγιστη τιμή		-	24	41
2) Θερμοκρασία στην οποία το φαινόμενο ιξώδες αποκτά τιμή 150000 cp (max)	D2983	-40°C	-26°C	-12°C
3) Σημείο αναφλέξεως, °C (min)	D 92	150	165	180
4) Δείκτης ιξώδους	D2270	αναφέρεται	αναφέρεται	αναφέρεται
5) Αδιάλυτα σε πεντάνιο	D893	αναφέρεται	αναφέρεται	αναφέρεται
6) Ειδικό βάρος, API	D287	αναφέρεται	αναφέρεται	αναφέρεται

Παρατηρήσεις.

Για τις τιμές των χαρακτηριστικών 4,5 και 6 δεν προδιαγράφονται όρια. Οι τιμές των χαρακτηριστικών αυτών απλώς αναφέρονται, καθώς επίσης και των παρακάτω.

- Σημείο ροής (ASTM D97).
- Θείο (ASTM D1552).
- Φωσφόρος (ASTM D1091).
- Χλώριο (ASTM D808).
- Άζωτο (ASTM D3228).
- Οργανομεταλλικές ενώσεις (ASTM D811).

6.3 Λίπανση μηχανών Diesel.

6.3.1 Γενικά για τη λίπανση των μηχανών Diesel.

Στις μηχανές Diesel (πετρελαιομηχανές) ισχύουν οι ίδιες βασικές αρχές λιπάνσεως, όπως και στις βενζινομηχανές, αφού και τα δυο είδη μηχανών ανήκουν στην κατηγορία MEK. Επομένως έχουν κοινά χαρακτηριστικά σε πολλούς τομείς, και μεταξύ αυτών και στη λίπανση.

Σε όλους τους τύπους μηχανών Diesel εφαρμόζονται κυκλοφοριακά συστήματα με πίεση του τύπου υγρής ή ξηρής ελαιολεκάνης.

Η λίπανση των πετρελαιομηχανών, σε σύγκριση με τις βενζινομηχανές, απαιτεί πολύ μεγαλύτερη προσοχή και παρουσιάζει περισσότερα προβλήματα, γιατί:

- Τα συνολικά φορτία είναι πολύ μεγαλύτερα, επομένως ασκούνται πολύ μεγάλες πιέσεις.
- Οι θερμοκρασίες είναι συνήθως πολύ υψηλότερες, και μάλιστα κυμαινόμενες συχνά σε πλατιά όρια.
- Χρησιμοποιούνται καύσιμα με ολοένα πιο χαμηλή ποιότητα που επιδρούν δυσμενώς στο λιπαντικό.

Για να αντιμετωπισθούν όλες αυτές οι συνθήκες λειτουργίας των πετρελαιομηχανών η τεχνολογία των λιπαντικών έχει φθάσει σε πολύ υψηλά επίπεδα τελειότητας. Τόσο η παραγωγή των λαδιών όσο και οι αντίστοιχες προδιαγραφές εξασφαλίζουν την ποιότητα εκείνη που χρειάζεται, ώστε η λίπανση να επιτελεί με απόλυτη επιτυχία την τόσο ζωτικής σημασίας αποστολή της, τη διατήρηση δηλαδή της μηχανής σε καλή κατάσταση και την εν γένει αποδοτική λειτουργία της. Εκτός όμως από τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις ποιότητας που οι αγοραστές των λιπαντικών καθορίζουν, ο ανταγωνισμός μεταξύ των εταιριών παραγωγής και διαθέσεως των λιπαντικών έχει βελτιώσει πολύ την ποιότητα τους.

Η λίπανση των πετρελαιομηχανών διακρίνεται:

- Στη λίπανση των κυλίνδρων.
- Στη λίπανση των τριβέων.

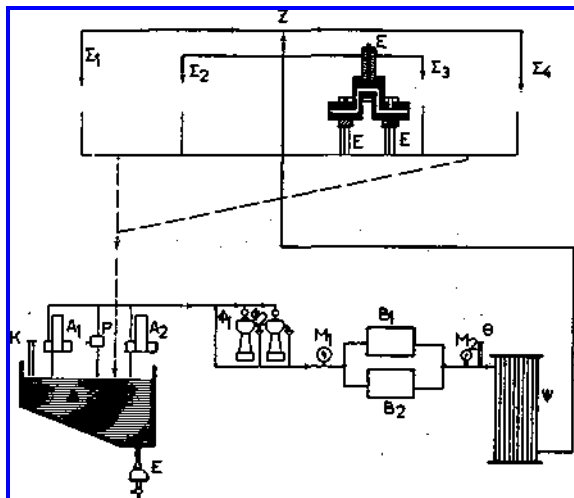
Τα δυο δίκτυα λιπάνσεως, δηλαδή των κυλίνδρων και των τριβέων, άλλοτε μεν τροφοδοτούνται από κοινή δεξαμενή με τα ίδια λιπαντέλαια και άλλοτε είναι τελείως ανεξάρτητα μεταξύ τους με χωριστές δεξαμενές, και φυσικά με διαφορετικό είδος λαδιού, ανάλογα με το είδος της μηχανής. Κοινό δίκτυο λιπάνσεως με ενιαίο τύπο λιπαντικού έχουν οι μηχανές χωρίς ζύγωμα (Trunk piston engines), πράγμα που

ισχύει για ταχύστροφες κατ' εξοχή πετρελαιομηχανές μικρής ισχύος. Αντίθετα, στις βαριές αργόστροφες μηχανές Diesel του εμπορικού ναυτικού που έχουν ζύγωμα (crosshead engines), έχουμε δυο δίκτυα λιπάνσεως με διαφορετικό λιπαντικό: ένα για τους κυλίνδρους και ένα για τους τριβείς .

Ο τρόπος λιπάνσεως και ειδικότερα η διάταξη των δικτύων ή το είδος των χρησιμοποιούμενων συστημάτων λιπάνσεως, ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο της μηχανής. Μια γενική διαγραμματική διάταξη δικτύου λιπάνσεως μηχανής Diesel δείχνει το σχήμα 6.3α.

Η αναρρόφηση του λαδιού με τις αντλίες A_1 και A_2 γίνεται από την ελαιοδεξαμενή Δ . Στις μικρές μηχανές δεν υπάρχει ξεχωριστή δεξαμενή-ο πυθμένας της βάσεως της δεξαμενής διαμορφώνεται κατάλληλα, ώστε να αποτελεί τον **ελαιοσυλλέκτη** ή **ελαιολεκάνη (κάρτερ)** μέσα στον οποίο βρίσκεται η αντλία λαδιού. Στις μεγάλες μηχανές το κάρτερ αποτελεί ιδιαίτερη δεξαμενή, που βρίσκεται στη βάση της μηχανής, ή και μέσα στα πυθμένα και φέρει:

- I. Τον εξυδατωτικό κρουνό E , για την απομάκρυνση του νερού και της λάσπης.
- II. Τον καταμετρικό σωλήνα K , που χρησιμεύει και ως εξαεριστικό του δικτύου.
Μεταξύ των αντλιών A_1 και A_2 παρεμβάλλεται ο ρυθμιστής πίεσεως P , από
- III. τον οποίο το λάδι επιστρέφει στη δεξαμενή όταν η πίεση καταθλίψεως υπερβαίνει την προκαθορισμένη τιμή. Το δίκτυο συμπληρώνεται με:
- IV. Τους φυγοκεντρικούς καθαριστήρες Φ_1 και Φ_2 .
- V. Τα φίλτρα B_1 και B_2 .
- VI. Δυο θλιβόμετρα M_1 και M_2 , που δίνουν τις ενδείξεις της πίεσεως πριν και μετά τα φίλτρα.
- VII. Θερμόμετρο Θ για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του λαδιού.

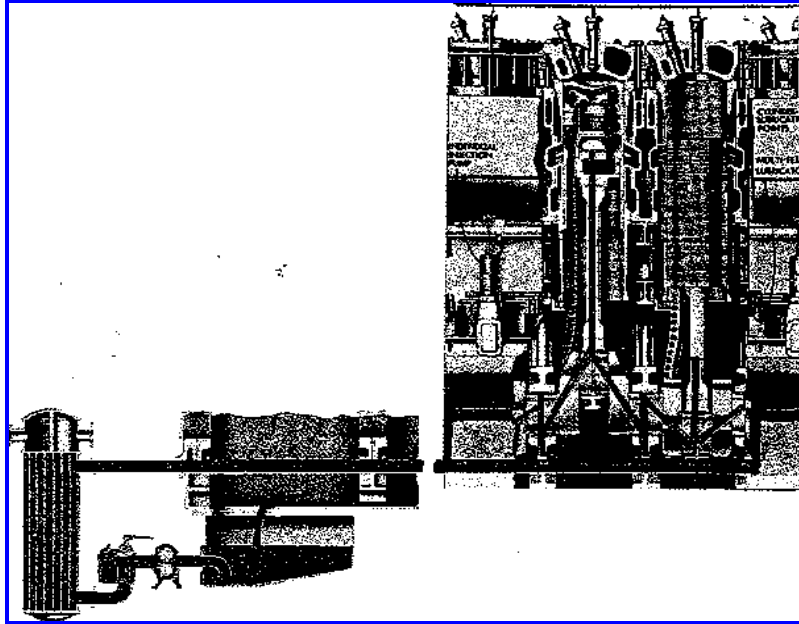


Σχ. 6.3α.

Διάγραμμα δικτύου λιπάνσεως μηχανής Diesel.

Το λιπαντικό διά μέσου των σωληνώσεων διανομής Z διακλαδίζεται στους στρόφαλους και ειδικότερα στο επάνω μέρος των εδράνων της βάσεως. Από την τρύπα που υπάρχει στο κομβίο του στροφάλου, το λάδι φθάνει στον εσωτερικό οχετό του στροφάλου και διά μέσου των διάτρητων βραχιόνων, στους τριβείς των κομβίων του στροφάλου. Από εκεί το λάδι οδηγείται προς τον πείρο ή το ζύγωμα (αν υπάρχει) είτε από την εσωτερική τρύπα του διωστήρα E, είτε από σωληνώσεις που είναι τοποθετημένες στο εξωτερικό του διωστήρα, λιπαίνοντας τους αντίστοιχους τριβείς. Το λάδι εκρέει μετά από τα έδρανα, τους τριβείς και τις ευθυντηρίες και με τη βαρύτητα συλλέγεται στην ελαιοδεξαμενή.

Παράλληλη σωλήνωση οδηγεί το λάδι και προς τους κυλίνδρους για τη λίπανση των τοιχωμάτων τους και προς τα έμβολα για την εσωτερική ψύξη τους. Απ' αυτά τελικά επιστρέφει στην ελαιοδεξαμενή για να υποστεί την ίδια διαδικασία καθαρισμού, ελέγχου και ψύξεως, όπως και το λάδι των τριβέων.



Σχ. 6.3β.

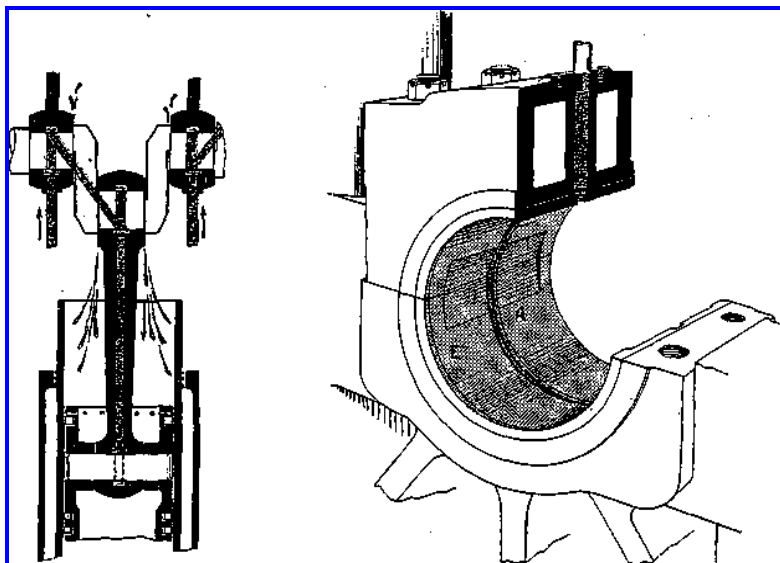
Λίπανση δίχρονης πετρελαιομηχανής Nordberg (Ενιαίο δίκτυο).

Μια τέτοια διάταξη με ενιαίο δίκτυο λιπάνσεως των κυλίνδρων και των τριβέων δείχνει και το σχήμα 6.3β για μια δίχρονη πετρελαιομηχανή Nordberg TS-21.

Η λίπανση των κυλίνδρων στη μηχανή αυτή γίνεται με μηχανικούς λιπαντήρες που στέλνουν το λάδι στα τοιχώματα του κυλίνδρου.

Η λίπανση όμως των κυλίνδρων μπορεί να γίνει και με εκτίναξη του λαδιού, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3γ.

Το λάδι, καθώς ξεφεύγει από τους τριβείς του στροφαλοφόρου άξονα, εκτοξεύεται στο κάτω μέρος του κυλίνδρου και στα τοιχώματα του, με τη βοήθεια της φυγόκεντρης δυνάμεως που αναπτύσσεται κατά την περιστροφή του στροφάλου.



Σχ. 6.3γ.

Λίπανση κυλίνδρων με εκτίναξη.

Σχ. 6.3β.

Λίπανση τριβέων

6.3.2 Λίπανση τριβέων.

Η λίπανση των τριβέων αποβλέπει στο σχηματισμό και τη διατήρηση λιπαντικής μεμβράνης ανάμεσα στο έδρανο και τον άξονα, για τον περιορισμό των τριβών που αναπτύσσονται κατά την περιστροφή.

Η λιπαντική μεμβράνη πρέπει να έχει την ικανότητα να διατηρείται, όσο μεγάλα φορτία και να αναπτύσσονται στον τριβέα (φθάνουν τα 500 bar). Αυτό εξαρτάται:

- Από την παροχή λαδιού.
- Από την ποιότητα του λαδιού.
- Από τη σχεδίαση και την κατασκευή του τριβέα.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3δ το λιπαντικό διοχετεύεται υπό πίεση στο επάνω μέρος του τριβέα και διά μέσου της κυκλικής αύλακας Α διανέμεται στην εσωτερική επιφάνεια Ε.

Ο σχηματισμός της λιπαντικής μεμβράνης κατά την περιστροφή του άξονα, φαίνεται σταδιακά στο σχήμα 6.3ε.

ΦΑΣΗ Ι.

Ο άξονας είναι ακίνητος και το μεγαλύτερο μέρος του λιπαντικού είναι συγκεντρωμένο στο επάνω μέρος του τριβέα.

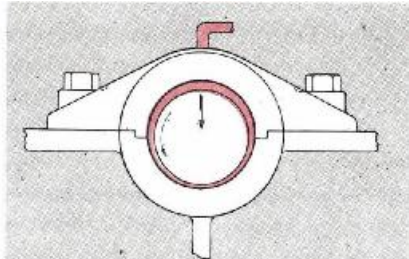
ΦΑΣΗ Π.

Με την έναρξη της περιστροφής ο άξονας ανυψώνεται και το λιπαντικό εισχωρεί

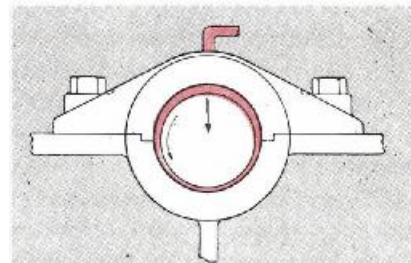
στο κάτω μέρος, όπου έχουμε συνθήκες οριακής λιπάνσεως.

ΦΑΣΗ III.

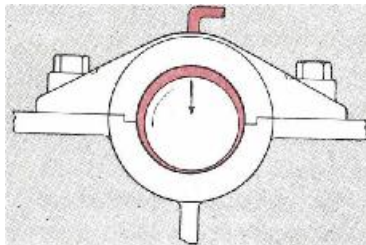
Η αντλία λαδιού, που κινείται από τον άξονα, στέλνει αρκετό λάδι ώστε να συμπληρώσει τα κενά που δημιουργούνται κατά την περιστροφή ανάμεσα στο κομβίο και το έδρανο. Η λίπανση γίνεται τώρα υγρή



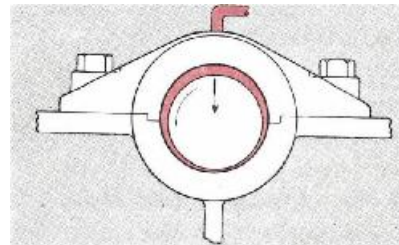
ΦΑΣΗ I



ΦΑΣΗ II



ΦΑΣΗ III



ΦΑΣΗ IV

Σχ. 6.3ε.

ΦΑΣΗ IV.

Ο άξονας έχει αποκτήσει τη μέγιστη ταχύτητα περιστροφής, οπότε το πάχος της μεμβράνης έχει αποκτήσει τιμές που να αντέχουν στα αναπτυσσόμενα φορτία. Από τη φυγόκεντρη δύναμη που αναπτύσσεται κατά την περιστροφή, η μέγιστη τιμή πίεσεως μετατοπίζεται προς το δεξιό μέρος του τριβέα .

Τα κύρια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του λιπαντελαίου, που προορίζεται για τη λίπανση τριβών, αναγράφονται στον πίνακα 6.1.1.

6.3.3 Λίπανση κυλίνδρου.

- I. Η λίπανση των κυλίνδρων στις μηχανές Diesel έχει ως σκοπό:
- II. Την ελάττωση των τριβών μεταξύ των ελατηρίων που περιβάλλουν το έμβολο και των τοιχωμάτων του χιτωνίου. Έτσι και οι μηχανικές φθορές περιορίζονται

και ο βαθμός αποδόσεως βελτιώνεται.

III. Την ψύξη.

IV. Τη στεγανοποίηση των κυλίνδρων, ώστε να εμποδίζεται η διαφυγή καυσαερίων προς το στροφαλοθάλαμο.

V. Την προστασία από διάβρωση.

VI. Η λίπανση του κυλίνδρου γίνεται συνήθως με δυο τρόπους:

1) Με εκτίναξη λαδιού.

Εφαρμόζεται κυρίως στις ταχύστροφες μηχανές, χωρίς ζύγωμα, που έχουν κοινό δίκτυο λιπάνσεως με τους τριβείς. Ένα μέρος του λαδιού, μετά τη λίπανση των τριβέων, επιστρέφοντας στη δεξαμενή με τη βαρύτητα, παρασύρεται και εκτινάσσεται, από τον περιστρεφόμενο στροφαλοφόρο άξονα. Ένα μεγάλο μέρος από το λάδι που εκτινάσσεται καταλήγει στα χιτώνια των κυλίνδρων, τα οποία και λιπαίνει διά μέσου των ελατηρίων. Η διάταξη αυτή, που εικονίζεται στο σχήμα 20.3γ, είναι απαρχαιωμένη και δεν χρησιμοποιείται πια. Μπορεί να τη συναντήσει κανείς σε παλιού τύπου μηχανές.

2) Με μηχανικούς λιπαντήρες (λουμπρικήτες).

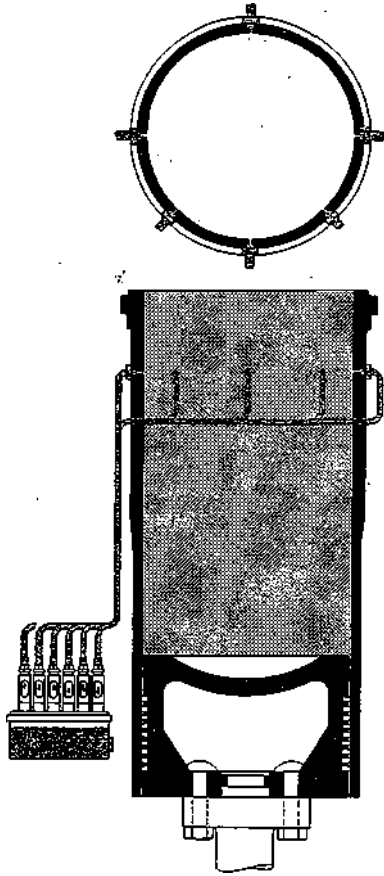
Είναι ειδικές αντλίες για σταγονομετρική λίπανση των κυλίνδρων και χρησιμοποιούνται σε όλες τις αργόστροφες πετρελαιομηχανές με ζύγωμα. Οι αντλίες αυτές ενεργοποιούνται από τη μηχανή με ειδικούς κνώδακες. Η εισαγωγή του λαδιού γίνεται από ειδικά διαμορφωμένες στον κύλινδρο λαδότρυπες (quills), 6 ως 8 τον αριθμό, που βρίσκονται στο ύψος μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου ελατηρίου συμπίεσεως, όταν το έμβολο βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ) της διαδρομής του. Έτσι το έμβολο καθώς ανεβαίνει προς το ΑΝΣ συμπαρασύρει το λάδι, λιπαίνοντας με τον τρόπο αυτό τον κύλινδρο (σχ. 20.3στ). Στις δίχρονες μηχανές το λάδι καταθλίβεται σε σημεία, που βρίσκονται στη ζώνη μεταξύ των δυο κατωτέρων ελατηρίων του εμβόλου, όταν αυτό βρίσκεται στο ΑΝΣ, γιατί σε χαμηλότερα σημεία το λάδι θα διαφεύγει από τις θυρίδες με επιβλαβή αποτελέσματα, τόσο για τη λίπανση όσο και για τη ρύπανση της μηχανής.

Το λιπαντικό που χρησιμοποιείται για τη λίπανση των κυλίνδρων των ταχυστροφών μηχανών έχει την ίδια ποιότητα και καλύπτεται από τις ίδιες προδιαγραφές, όπως και το λιπαντικό των τριβέων. Τέτοιες είναι οι προδιαγραφές MIL-L-2104 και MIL-L-46152 που περιέχονται στους πίνακες 6.2.1 και 6.2.2. Στις αργόστροφες βαριές μηχανές με ζύγωμα, όπου η λίπανση των κυλίνδρων γίνεται από χωριστό

δίκτυο που τροφοδοτείται από ιδιαίτερη δεξαμενή, το λιπαντέλαιο διαφέρει από εκείνο που λιπαίνει τους τριβείς κυρίως ως προς: Το ιξώδες (SAE 40 ή 50) και την ενίσχυση με αλκαλικά πρόσθετα που ανεβάζουν τον ολικό αριθμό βάσεως (TBN) σε πολύ υψηλές τιμές (60-70). Αυτό έχει σκοπό να εξουδετερώσει τα οξέα που παράγονται από τα καυσαέρια των μηχανών Diesel, ιδίως όταν χρησιμοποιούν βαριά καύσιμα με βάση το μαζούτ, που περιέχουν πολύ θειάφι (μέχρι 3%), πράγμα που κατ' εξοχή συμβαίνει με τις αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές. Τα λάδια αυτά λέγονται **κυλινδρέλσια μηχανών Diesel** (Diesel cylinder oils) και δεν πρέπει να συγχέονται με τα κυλινδρέλσια των ατμομηχανών, που είναι τελείως διάφορα ως προς τη σύνθεση και τις ιδιότητες

6.3.4 Λίπανση στροβιλοφουσητήρων.

Οι στροβιλοφουσητήρες, που όπως είναι γνωστό αποτελούν βασικό τμήμα όλων σχεδόν των σύγχρονων πετρελαιομηχανών, λιπαίνονται από δίκτυο που συνδέεται με το κύριο δίκτυο λιπάνσεως των τριβέων κλπ. της μηχανής. Το λάδι των στροβιλοφουσητήρων το παίρνουμε από το σωλήνα του δικτύου λιπάνσεως των ζυγμάτων, απ' όπου καταθλίβεται σε δεξαμενή ύψους, που βρίσκεται αρκετά μέτρα πάνω από τον άξονα του στροβίλου. Από τη δεξαμενή αυτή λιπαίνονται οι στροβιλοφουσητήρες με στατική πίεση.



Σχ. 6.3στ. Μηχανική λίπανση κυλίνδρων.

6.4 Προδιαγραφές λιπαντελαίων μηχανών Diesel.

Η ποιότητα των λιπαντελαίων που προορίζονται για τις μηχανές Diesel, καλύπτεται από διεθνείς προδιαγραφές που εκδίδουν διάφοροι κρατικοί οργανισμοί, όπως:

1) Στις Η ΠΑ οι στρατιωτικές προδιαγραφές.

- MIL-L-2104
- MIL-L-46152
- MIL-L-45199
- MIL-L-21260
- MIL-L-9000

Τα κύρια χαρακτηριστικά των δυο πρώτων προδιαγραφών, δηλαδή του (MIL-L-2104 και MIL-L-46152) αναγράφονται αντίστοιχα στους πίνακες 20.2.1 και 20.2.2.

Χαρακτηρίζονται συνήθως με γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου A, B, C, D, E κλπ, που δείχνουν την εξέλιξη της προδιαγραφής με την πάροδο του χρόνου.

2) Στη Μεγάλη Βρετανία.

DEF-2101

OMD-112

OMD-113

3) Στη Δυτική Γερμανία! Οι προδιαγραφές DIN

Προδιαγραφές όμως εκδίδουν και οι μεγάλες κατασκευαστικές εταιρίες (Ford, General Motors, Caterpillar, Fiat κλπ.) τις οποίες συνιστούν στους πελάτες τους.

Γενικότερα όμως, οι κατασκευαστές όλων των πετρελαιομηχανών, στα εγχειρίδια λειτουργίας, που συνοδεύουν κάθε μηχανή, καθορίζουν τους τύπους των λιπαντικών που συνιστούν ιδιαίτερα, σαν το καταλληλότερο για κάθε περίπτωση. Ο μηχανικός είναι υποχρεωμένος να συμμορφώνεται σχολαστικά ως προς τον τύπο του λιπαντικού που ο κατασκευαστής υποδεικνύει, όχι όμως και ως προς την εταιρία παραγωγής των λιπαντικών. Με βάση τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του υποδεικνυόμενου λιπαντικού, θα πρέπει να αναζητεί το προϊόν της εταιρίας εκείνης, που συνδυάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα ως προς την ποιότητα, το κόστος και την αξιοπιστία της εταιρίας.

Εκτός από τα συνηθισμένα ορυκτέλαια για τη λίπανση των κυλίνδρων χρησιμοποιούσαν στο παρελθόν και γαλακτώματα, δηλαδή διασπορά σε μια φάση λαδιού σε νερό. Το νερό έχει τη δυνατότητα να συγκρατεί σε διάλυση μεγάλα ποσά υδατοδιαλυτών αλκαλικών προσθέτων, που μπορούν να εξουδετερώσουν αποτελεσματικά τα όξινα προϊόντα της καύσεως. Έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα να διατηρούν τον κύλινδρο σε πολύ καθαρότερη κατάσταση σε σύγκριση με τα αμιγή ορυκτέλαια. Μειονεκτούν όμως κατά την ευπάθεια που παρουσιάζουν στο διαχωρισμό των δυο φάσεων. Στην αγορά κυκλοφορούν με διάφορα εμπορικά ονόματα, όπως είναι π.χ. το Alexia oil της εταιρίας Shell, το TΓO - Mar DX της ESSO κλπ. Σήμερα όμως έχουν βρεθεί πρόσθετα που διαλύονται στα ορυκτέλαια και τους προσδίδουν υψηλές τιμές TBN.

1) Το παραγόμενο κατά την καύση θειικό οξύ αποτελεί σοβαρό κίνδυνο διαβρώσεων, αν δεν αντιμετωπισθεί κατάλληλα.

2) **Η ποιότητα καύσεως**, δηλαδή **ο αριθμός κετσνίου**, που στα βαριά καύσιμα είναι γενικά πολύ χαμηλός (CN 20) και αυξάνει την καθυστέρηση αναφλέξεως. Αυτό έχει ως συνέπεια μεγαλύτερο **κτύπημα**, που οφείλεται σε απότομη αύξηση της πίεσεως μετά την ανάφλεξη, και περισσότερη ρύπανση από τα προϊόντα

ατελούς καύσεως.

3) **Το ειδικό βάρος**, που μπορεί να φθάσει το 1, δημιουργεί προβλήματα απομακρύνσεως του νερού κατά το φυγοκεντρικό διαχωρισμό.

4) **Η αστάθεια** του καυσίμου, μπορεί να οδηγήσει σε αποχωρισμό ασφαλικών καταλοίπων, που δημιουργούν προβλήματα κατά την καύση. Αυτή οφείλονται κυρίως στο ότι κατά τη διέλευση των ασφαλικών καταλοίπων από τους καυστήρες μεταβάλλεται η γωνία εκτοξεύσεως του πετρελαίου από τους καυστήρες και το βάθος διεισδύσεως στο θάλαμο καύσεως, με συνέπεια να παρατηρούνται θερμοκρασίες υψηλότερες από τις κανονικές.

Τα προβλήματα αυτά, που προκαλούνται από τη χαμηλή ποιότητα των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες ναυτικές πετρελαιομηχανές, μπορούν να αντιμετωπισθούν με δυο κυρίως τρόπους

1) **Με καλύτερη σχεδίαση και κατασκευή των μηχανών**, κυρίως στους παρακάτω τομείς:

- Στο σύστημα εγχύσεως του καυσίμου.
- Στο σχήμα και τις διαστάσεις του θαλάμου καύσεως.
- Στη θερμοκρασία του εισαγόμενου αέρα, με κατάλληλη προθέρμανση.
- Στη βελτίωση των στροβιλοφουσητήρων, ώστε να παρέχουν περισσότερο αέρα και μάλιστα με κατάλληλο στροβιλισμό, ώστε να εξασφαλίζει καλύτερη καύση.
- Στη χρησιμοποίηση καλύτερης ποιότητας υλικών για την κατασκευή των εμβόλων, των ελατηρίων, των χιτωνίων, των βαλβίδων κλπ.

2) **Με τη βελτίωση της ποιότητας των λιπαντικών**, κυρίως ως προς τις ακόλουθες ιδιότητες:

- **Καλύτερη και αποτελεσματικότερη αντιρρυπαντικότητα**, ώστε να απομακρύνονται εύκολα όλα τα ανθρακούχα κατάλοιπα που αποβάλλονται από τα καύσιμα. Αυτό κατορθώνεται με ενίσχυση των λιπαντελαίων με περισσότερα αντιρρυπαντικά πρόσθετα .
- **Μεγαλύτερη θερμική σταθερότητα**, για να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά οι αυξημένες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την καύση των βαριών καυσίμων. Για το σκοπό αυτό τα λιπαντικά των εδράνων ενισχύονται με αντιοξειδωτικά πρόσθετα, που εμποδίζουν την αλλοίωση τους από την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών.
- **Αυξημένη σλκαλικότητα**, αρκετή ώστε να εξουδετερώνεται όλο το θειικό οξύ

που παράγεται από την καύση των θειούχων ενώσεων που περιέχουν τα βαριά καύσιμα. Η τιμή του TBN προκειμένου για κυλινδρέλαια κυμαίνεται σήμερα γύρω στο 70, με τάση να φθάσει το 100. Στις μηχανές με ζύγωμα, όταν έχουν κοινό δίκτυο λιπάνσεως για τους κυλίνδρους και για τα έδρανα, η πυπτικότητα του λιπαντελαίου (TBN) κυμαίνεται από 25 ως 30.

- Στο σχήμα και τις διαστάσεις του θαλάμου καύσεως.
- Στη θερμοκρασία του εισαγόμενου αέρα, με κατάλληλη προθέρμανση.
- Στη βελτίωση των στροβιλοφουσητήρων, ώστε να παρέχουν περισσότερο αέρα και μάλιστα με κατάλληλο στροβιλισμό, ώστε να εξασφαλίζει καλύτερη καύση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°

ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

7.1 Αίτια των αλλοιώσεων.

Η προοδευτική αλλοίωση της ποιότητας των λιπαντικών κατά τη χρήση τους είναι ως ένα βαθμό, αναπόφευκτη και επιβάλλει τη συνεχή επιτήρηση της ποιότητας τους, από την οποία εξαρτάται η ίδια η ζωή της μηχανής.

Τα αίτια των αλλοιώσεων των λιπαντελαίων μπορεί να καταταγούν σε δυο κατηγορίες:

- Σε φυσιολογικά αίτια και
- σε αίτια, που οφείλονται σε αντικανονική ή ανώμαλη λειτουργία της μηχανής.

7.1.1 Φυσιολογικά αίτια αλλοιώσεως των λιπαντικών.

Παρά την εξαιρετική σταθερότητα του μορίου των λιπαντελαίων, που την οφείλουν στη δομή τους (υδρογονάνθρακες), η βαθμιαία αλλοίωση τους είναι αναπόφευκτη και οφείλεται στις συνθήκες κάτω από τις οποίες το λιπαντικό επιτελεί τον προορισμό του.

Τα κυριότερα αίτια της φυσιολογικής αλλοιώσεως είναι:

1) Η επαφή με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα.

Αυτή προκαλεί βαθμιαία οξειδωση του μορίου των υδρογονανθράκων από την οποία σχηματίζονται οξυγονούχες ενώσεις με όξινο χαρακτήρα, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται πολυμερισμός του μορίου τους. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη διαβρωτικών δράσεων στα μέταλλα, και το σχηματισμό ιλύος (λάσπης), που επιδρούν στη λιπαντικότητα του λαδιού.

Η έκταση και ο βαθμός των αλλοιώσεων αυτών εξαρτάται από τις συνθήκες, κάτω από τις οποίες το λιπαντικό εργάζεται, καθώς και από την ποιότητα του. Το πρόβλημα της οξειδώσεως των λιπαντικών αντιμετωπίζεται με τα κατάλληλα αντιοξειδωτικά πρόσθετα, που επιβραδύνουν ή και αναστέλλουν τελείως την οξειδωση. Αν η αλλοίωση προχωρήσει πέρα από ορισμένο βαθμό, όπως συνάγεται κυρίως από την αύξηση της οξύτητας του ιξώδους και του αριθμού κατακρημνίσεως, το λάδι πρέπει να αντικαθίσταται.

2) Επίδραση θερμοκρασίας.

Οι υψηλές θερμοκρασίες τις οποίες το λιπαντικό συναντά κατά τη διαδρομή του στο δίκτυο λιπάνσεως και προ πάντων η διαρκής αυξομείωση της θερμοκρασίας, συχνά επιταχύνουν την αλλοίωση από την οξειδωτική δράση του αέρα και αυξάνουν τις συνέπειες που αναφέρθηκαν παραπάνω και μάλιστα σε συντομότερο χρονικό διάστημα.

3) Καταλυτική δράση των μετάλλων.

Τα μεταλλικά μέρη των μηχανών με τα οποία το λάδι έρχεται σε επαφή, καθώς και τα μεταλλικά ρινίσματα από τις εσωτερικές φθορές της μηχανής, επιταχύνουν επίσης την αλλοίωση του λαδιού.

Όλα τα παραπάνω προϊόντα από την αλλοίωση του λιπαντικού είναι αδιάλυτα στο λάδι και είτε κυκλοφορούν ως αιώρημα σ' αυτό είτε καθιζάνουν ως λάσπη, είτε τέλος υφίστανται θερμική διάσπαση από την οποία σχηματίζονται εξανθρακώματα.

Τα πρόσθετα (additives) με τα οποία αντιμετωπίζονται οι ανωμαλίες από τις παραπάνω αλλοιώσεις είναι:

- **Αντιοξειδωτικά πρόσθετα** (anti-oxidants). Παρεμποδίζουν την αρχική οξείδωση ή την εξέλιξη της στο λάδι από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο και τους άλλους οξειδωτικούς παράγοντες (θερμοκρασιακές εναλλαγές, καταλυτική δράση των μετάλλων).
- **Επιβραδυντές ή χαλινωτές οξειδώσεως** (oxidation inhibitors) Επιβραδύνουν την οξείδωση του λιπαντικού.
- **Αντιρρυπαντικά (καθαριστικά ή διασκορπιστικά πρόσθετα** (detergents). Διατηρούν τα αδιάλυτα προϊόντα αιωρούμενα μέσα στο λάδι σε λεπτό διαμερισμό, εμποδίζοντας έτσι την επικάθησή τους στις εσωτερικές επιφάνειες των κυλίνδρων, άρα και τη ρύπανση τους. Σημαντικό μέρος των ακαθαρσιών κυρίως των εξανθρακωμάτων που τα πρόσθετα κρατούν διασπαρμένα στη μάζα του λιπαντικού, συγκρατούνται από τα φίλτρα. Τα υπόλοιπα κυκλοφορούν στο δίκτυο λιπάνσεως χωρίς να προκαλούν καμιά ανωμαλία. Έτσι το λιπαντικό των MEK, που περιέχει αντιρρυπαντικά πρόσθετα, αμέσως μετά τις πρώτες ώρες λειτουργίας αποκτά σκούρο καστανοκόκκινο χρώμα, που όχι μόνο δεν προκαλεί ανησυχία, αλλά αποτελεί και ένδειξη ότι λιπαντικό επιτελεί αποτελεσματικά τον προορισμό του.

Περισσότερη ανάγκη από τα παραπάνω πρόσθετα έχουν τα λιπαντικά των MEK

που εργάζονται κάτω από βαριές συνθήκες φορτίου και θερμοκρασιών. Τα λιπαντικά που ενισχύονται με τα πρόσθετα αυτά ανήκουν στις κατηγορίες DG και DS ή HD .

- **Επιβραδυντές διαβρώσεως** (corrosion inhibitors) που παρεμποδίζουν τη διάβρωση των μετάλλων.

7.1.2 Λειτουργικά αίτια των αλλοιώσεων.

Εκτός από τα παραπάνω φυσιολογικά αίτια, αλλοίωση των λιπαντικών μπορούν να προκαλέσουν και τα παρακάτω αίτια, που προέρχονται από λειτουργικές ανωμαλίες της μηχανής και που ο μηχανικός πρέπει έγκαιρα να επισημαίνει και να αποκαθιστά.

Παρουσία νερού.

Η παρουσία του νερού στα λιπαντέλαια μπορεί να είναι φυσιολογική, προερχόμενη από την υγρασία του αέρα ή από τη συμπύκνωση ατμών (ατμοστρόβιλος), συνηθέστερα όμως προδίδει διαρροή από το δίκτυο ψύξεως της μηχανής. Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια περιεκτικότητας σε νερό των καινούργιων λιπαντελαίων μηχανών εσωτερικής καύσεως είναι 0,1%. Για τα λάδια των μηχανών ατμού δεν καθορίζονται ανώτατα όρια, αρκεί ο αποχωρισμός του νερού με φυγοκέντριση να είναι ευχερής. Αυτό εξαρτάται από τα άλλα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του λαδιού και κυρίως από την ικανότητα **απογαλακτώσεως**. Ο χρόνος που απαιτείται για τον αποχωρισμό των δυο φάσεων έχει ιδιαίτερη σημασία, κυρίως για τα τουρμπι-νέλαια, και καθορίζεται με αυστηρότητα από τις ειδικές προδιαγραφές. Στα λιπαντέλαια των μηχανών εσωτερικής καύσεως, νερό πάνω από 0,5%, αποτελεί αίτια αλλοιώσεως του λαδιού, επιταχύνει την οξείδωση και διευκολύνει τη διαβρωτική δράση επάνω στα μέταλα. Πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια απομακρύνσεως με φυγοκέντριση. Μεγαλύτερη **σημασία** έχει η περιεκτικότητα του νερού σε NaCl.

Καυσαέρια.

Τη διαφυγή των καυσαερίων προς το χώρο του λιπαντελαίου εμποδίζει κατ' αρχήν η στεγανότητα του χώρου καύσεως, την οποία εξασφαλίζουν τα ελατήρια του εμβόλου μαζί με το λιπαντικό. Η επαφή εντούτοις των καυσαερίων με το λιπαντέλαιο, προκαλεί την αλλοίωση του, κυρίως λόγω της παρουσίας SO₂, που το καθιστά όξινο

και συνεπώς διαβρωτικό. Η υψηλή αλκαλικότητα των κυλινδρελαίων ντηζελομηχανών (TBN), που πρέπει να ελέγχεται και να παρακολουθείται συνεχώς, εξουδετερώνει το SO₂ και τις δυσάρεστες για τη μηχανή συνέπειες του.

Διαρροή καυσίμου.

Αφορά τις MEK και οφείλεται στην κακή λειτουργία των καυστήρων πετρελαίου που μπορεί να προκαλέσει κίνδυνο εκρήξεως στο στροφαλοθάλαμο από την επικίνδυνη μείωση του σημείου αναφλέξεως, την οποία προκαλεί η παρουσία του καυσίμου.

Μπορεί επίσης να προκαλέσει την αισθητή μείωση του ιξώδους, άρα και απώλεια της λιπαντικότητας του λαδιού.

Λάδι που περιέχει καύσιμο σε αναλογία πάνω από 5% πρέπει να παρακολουθείται εντατικά και να εντοπίζονται τα αίτια της διαρροής που πρέπει να αποκαθίστανται. Σε μερικές περιπτώσεις επιβάλλεται η αντικατάσταση του λαδιού.

Η παρουσία καυσίμου στα λιπαντέλαια ελέγχεται με τρεις τρόπους:

- I. Με άμεση μέτρηση του καυσίμου, που γίνεται με απόσταξη με υδρατμούς.
- II. Με μέτρηση του σημείου αναφλέξεως.
- III. Με μέτρηση, του ιξώδους.

Στις δυο τελευταίες περιπτώσεις η περιεκτικότητα του λαδιού σε καύσιμο προκύπτει από τη σύγκριση των τιμών σημείου αναφλέξεως και ιξώδους προς τις αντίστοιχες τιμές του αμεταχείριστου λαδιού από το οποίο προέρχεται το δείγμα που παίρνεται από τη μηχανή

4 Πλημμελής λειτουργία των φίλτρων.

Οφείλεται σε έμφραξη ή γενικότερα σε κακή κατάσταση των φίλτρων και έχει ως συνέπεια τη βαθμιαία ρύπανση του λαδιού με ξένες ύλες, τις οποίες τα φίλτρα δεν συγκρατούν. Ένδειξη της ανωμαλίας αυτής αποτελεί ο **αριθμός κασκημνίσεως**. Σε πολλές περιπτώσεις, όταν η τιμή του υπερβεί το 0,1 πρέπει το λάδι να αντικαθίσταται.

7.2 Συνέπειες των αλλοιώσεων. Τρόπος αντιμετώπισης.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω αιτιών που αλλοιώνουν το λιπαντέλαιο, το υποβαθμίζει ποιοτικά, σε βαθμό που να μη μπορεί πια να ανταποκριθεί στην κύρια αποστολή του, δηλαδή τη Καταπόνηση των τριβομένων επιφανειών. Αυτό οφείλεται στις συνέπειες που έχει η αλλοίωση του λιπαντικού, την οποία οι παράγοντες που

αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο προκαλούν. Οι συνέπειες αυτές μπορούν να συνοψισθούν στις* εξής:

- I. Αύξηση της οξύτητας, άρα και της διαβρωτικότητας.
- II. Αύξηση του ιξώδους από την οξειδωση του λιπαντικού, σε βαθμό που μπορεί να επηρεάσει την αντλητικότητα και γενικά τη διακίνηση του στο δίκτυο λιπάνσεως.
- III. Σχηματισμός αδιαλύτων προϊόντων πολυμερισμού, που εμποδίζουν την ορθή λίπανση ή προκαλούν έμφραξη των φίλτρων.
- IV. Μείωση ιξώδους λόγω διαρροής καυσίμου, που με τη σειρά της μειώνει την αντοχή της λιπαντικής μεμβράνης και δημιουργεί κίνδυνο εκρήξεως στους στροφαλοθαλάμους των ΜΕΚ.
- V. Ρύπανση από το νερό των ψυγείων.
- VI. Διαρροή καυσαερίων από κακή στεγανότητα των κυλίνδρων.

Τα παραπάνω δυσμενή αποτελέσματα για το λιπαντικό και τη μηχανή την οποία λιπαίνει, μπορούν να αντιμετωπισθούν με τους παρακάτω τρόπους:

- 1) Με συχνές αναλύσεις δειγμάτων για την εξακρίβωση της καταστάσεως στην οποία βρίσκεται το λιπαντικό. Οι αναλύσεις αυτές είτε γίνονται στο πλοίο, με τα εργαστηριακά μέσα που διαθέτει, είτε σε ειδικά εργαστήρια. Στη δεύτερη περίπτωση την παρακολούθηση της ποιότητας των λιπαντικών αναλαμβάνουν οι εταιρίες από τις οποίες γίνεται η προμήθεια των λιπαντικών. Συνήθως οι αναλύσεις γίνονται κάθε ορισμένες ώρες λειτουργίας της μηχανής, τις οποίες καθορίζει ο αρχιμηχανικός της εταιρίας.
- 2) Με τον καθαρισμό στον οποίο το λάδι υποβάλλεται συνεχώς κατά τη χρήση του, στο ίδιο το δίκτυο λιπάνσεως, που περιλαμβάνει τους φυγοκεντρικούς καθαριστήρες, τα φίλτρα τους κλπ.
- 3) Με την αντικατάσταση του λαδιού, όταν αυτό επιβάλλεται από τα αποτελέσματα της αναλύσεως.

7.3 Καθαρισμός του λιπαντικού κατά τη χρήση του.

Στις περισσότερες μηχανές και κυρίως στις ΜΕΚ, το λιπαντικό υποβάλλεται σε συνεχή καθαρισμό κατά τη χρήση του, ώστε να είναι δυνατόν να παρατείνεται η χρησιμοποίησή του για όσο το δυνατό μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Ο καθαρισμός γίνεται με δυο τρόπους:

- I. Με τους φυγοκεντρικούς καθαριστήρες ή καθαριστές.
- II. Με φίλτρα.

7.3.1 Καθαριστήρες ή αποχωριστές.

Καθαριστήρες ή αποχωριστές De Level, όπως είναι γνωστοί από τον τύπο των συσκευών που χρησιμοποιούνται, επιταχύνουν το διαχωρισμό του νερού και των ξένων υλών που περιέχει το λιπαντέλαιο. Ο διαχωρισμός αυτός βασίζεται στη διαφορά ειδικού βάρους μεταξύ των ξένων υλών και του λαδιού, την οποία η φυγόκεντρη δύναμη πολλαπλασιάζει. Αποτελούνται βασικά από ένα κοίλο κυλινδρικό δοχείο, που περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα. Μέσα στο δοχείο φέρεται το λάδι που πρόκειται να καθαρισθεί. Η φυγόκεντρη δύναμη, που αναπτύσσεται κατά την περιστροφή, αναγκάζει το νερό και τις ξένες ύλες να εναποτεθούν στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου απ' όπου και συνεχώς απομακρύνονται.

Είναι απαραίτητοι τόσο για τα λάδια των μηχανών ατμού, από τα οποία αφαιρούν το νερό, όσο και για τα λάδια των ΜΕΚ, στα οποία το νερό έχει την τάση να σχηματίζει γαλακτώματα.

Ο καθαρισμός των λιπαντελαίων με τους φυγοκεντρικούς αποχωριστές διευκολύνεται, όταν το λιπαντέλαιο προθερμαίνεται σε 60-80°C (140-160°F). Τα αποτελέσματα του καθαρισμού είναι πολύ καλύτερα, αν το λάδι παραμείνει πριν τον καθαρισμό επί αρκετό χρονικό διάστημα για καθίζηση. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι δεξαμενές καθιζήσεως (settling tanks), στις οποίες τα βαρύτερα συστατικά (νερό, λάσπη, ρινίσματα κλπ.) κατακάθονται στον πυθμένα, απ' όπου εύκολα μπορούν να απομακρύνονται. Ο φυγοκεντρικός καθαρισμός και το φιλτράρισμα που ακολουθούν μετά την καθίζηση, έχουν πολύ καλύτερα αποτελέσματα, αν μέσα στις δεξαμενές καθιζήσεως η θερμοκρασία του λαδιού διατηρείται σε 75-80°C.

Η απομάκρυνση των ακαθαρσιών με φυγοκέντριση συχνά διευκολύνεται με την προσθήκη νερού σε αναλογία 5% περίπου του λαδιού που φυγοκεντρείται. Το νερό αυτό πρέπει να έχει προθερμανθεί στην ίδια θερμοκρασία όπως το λάδι. Έτσι το ζεστό νερό ξεπλένει κατά ένα τρόπο το λάδι, από το οποίο απομακρύνει τις υδατοδιαλυτές ύλες, όπως είναι τα περισσότερα άλατα, που ενδεχομένως περιέχει. Απαιτείται όμως προσοχή για τα ενισχυμένα λάδια, όταν τα πρόσθετα που περιέχουν είναι υδατοδιαλυτά ή έχουν την τάση να σχηματίζουν γαλακτώματα. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να ακολουθούνται προσεκτικά οι οδηγίες των εταιριών από τις οποίες το πλοίο προμηθεύεται τα λιπαντικά.

Τα αποτελέσματα του φυγοκεντρικού καθαρισμού εξαρτώνται επίσης από το ρυθμό με τον οποίο εργάζονται οι συσκευές καθαρισμού. Ο ρυθμός αυτός πρέπει να

είναι τέτοιος, ώστε η απόδοση των καθαριστήρων να είναι γύρω στο 50% της δυναμικότητάς τους. Αν π.χ. ένας φυγοκεντρικός καθαριστήρας έχει μέγιστη απόδοση 4000 λίτρα την ώρα, ο καλύτερος διαχωρισμός των ξένων υλών γίνεται όταν ο καθαριστήρας αυτός εργάζεται με απόδοση 2000 λίτρα/ώρα.

7.3.2 Φίλτρα.

Όταν το μέγεθος των σωματιδίων των ξένων προσμίξεων ενός λιπαντικού είναι μικρότερο από ορισμένα όρια, η απομάκρυνση τους με φυγοκέντριση δεν είναι αποτελεσματική. Κατάλοιπα του είδους αυτού αφθονούν στα λιπαντέλαια ΜΕΚ που περιέχουν διασκορπιστικά πρόσθετα (detergents) και πρέπει να απομακρύνονται. Ο καθαρισμός στην περίπτωση αυτή συμπληρώνεται με **φίλτρα**. Οι συνηθέστεροι τύποι των φίλτρων αυτών περιγράφονται παρακάτω:

1)Μεταλλικά φίλτρα (strainers).

Είναι μεταλλικά πλέγματα ή αυτοκαθαριζόμενοι επάλληλοι δίσκοι (autoclean), από τους οποίους διέρχεται ολόκληρη η ποσότητα του λιπαντελαίου που κυκλοφορεί. Στα φίλτρα αυτά συγκρατούνται οι ξένες ουσίες, των οποίων το μέγεθος είναι μεγαλύτερο από το μέγεθος των ανοιγμάτων του μεταλλικού πλέγματος των φίλτρων. Οι ξένες αυτές ουσίες μπορεί να είναι εξανθρακώματα, προϊόντα οξειδώσεως, ρινίσματα μετάλλων, ή οποιοσδήποτε άλλες ακαθαρσίες των οποίων το μέγεθος δεν είναι μικρότερο από 0,05mm (50μ).

2)Διηθητικά φίλτρα (filters).

Έχουν την ικανότητα να συγκρατούν σωματίδια μέχρι 0,0001" [0,0025mm, (2,5μ)]. Τέτοια είναι τα σωματίδια που προέρχονται από τα εξανθρακώματα, τα οποία αιωρούνται στα λάδια που περιέχουν αντιρρυπαντικά πρόσθετα, σκόνες που προέρχονται από τα αέρια, ασφαλτούχα κατάλοιπα που προέρχονται από την οξείδωση του λιπαντικού, ή πολύ λεπτά ρινίσματα που προέρχονται από τη φθορά των μετάλλων. Τα διηθητικά αυτά φίλτρα, όπως και τα απορροφητικά, αποτελούνται στην απλούστατη μορφή τους από μια φύσιγγα κυλινδρικού σχήματος. Η φύσιγγα αυτή περιέχει ως απορροφητικό υλικό χαρτί, βαμβάκι, τσόχα ή διηθητική γη.

3)Μαγνητικά φίλτρα.

Αποτελούνται από αλληπάλληλα δικτυωτά, που είναι μόνιμα μαγνητισμένα και

συγκρατούν τα μεταλλικά ρινίσματα που έχουν μαγνητικές ιδιότητες (σίδηρος).

Η γενική συνδεσμολογία του δικτύου για τον καθαρισμό των λιπαντελαίων μπορεί να γίνει κατά πολλούς τρόπους. Σημαντικότεροι είναι οι ακόλουθοι:

— Καθαρισμός με πλήρη ροή (full-flow).

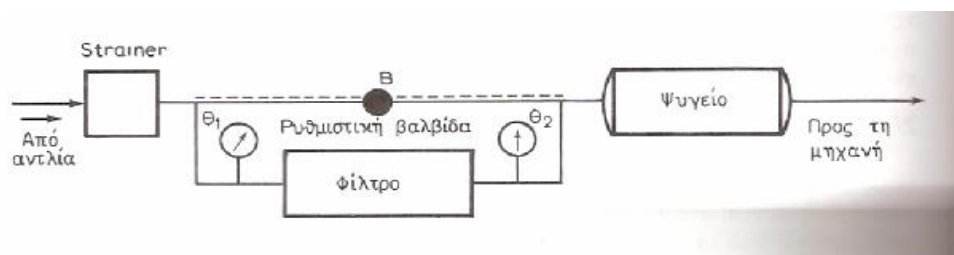
Ολόκληρη η ποσότητα του λιπαντικού κυκλοφορεί συνεχώς μέσα από τα φίλτρα, πράγμα που έχει τα καλύτερα αποτελέσματα ως προς το βαθμό καθαρότητας που εξασφαλίζεται με τον τρόπο αυτό. Μειονεκτήματα αυτής της διατάξεως είναι ότι:

- Απαιτείται μεγάλος όγκος φίλτρων.
- Η διάταξη αυτή απορροφάει σημαντικά ποσά ισχύος.
- Καταστροφή της μηχανής σε περίπτωση εμφράξεως αν δεν λειτουργήσει η βαλβίδα ανάγκης.

Καθαρισμός μερικής ροής με ρείθρο (shunt).

Η διάταξη αυτή εφαρμόζεται όταν κυκλοφορεί στο δίκτυο μεγάλη ποσότητα λαδιού, ένα μέρος της οποίας διοχετεύεται κατευθείαν στο ψυγείο, χωρίς να περάσει από τα φίλτρα (σχ. 7.3β). Η κατανομή του λαδιού στους δυο κλάδους της διατάξεως γίνεται με την ασφαλιστική βαλβίδα Β, που εξασφαλίζει την παροχή λαδιού στη μηχανή, έστω και ακάθαρτου, στην περίπτωση εμφράξεως των φίλτρων.

αν



Σχ. 7.3β.Καθαρισμός μερικής ροής (Shunt).

7.4 Αντικατάσταση του λιπαντικού.

Για τη διατήρηση ή την αποκατάσταση της ποιότητας, δεν έχουν κανένα αποτέλεσμα. Στην περίπτωση αυτή δεν απομένει παρά η αντικατάσταση του

λιπαντικού με καινούργιο, μια και η χρησιμοποίηση του αλλοιωμένου λιπαντικού μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στη μηχανή.

Τα όρια ποιότητας, πέρα από τα οποία επιβάλλεται η αντικατάσταση, δεν είναι σαφώς καθορισμένα και συχνά διευρύνονται για λόγους οικονομίας. Το κόστος αντικαταστάσεως όλου του λαδιού (που σε μερικές περιπτώσεις φθάνει τους 50 τόνους) μιας μηχανής είναι πολύ υψηλό, παρόλο που το κόστος αυτό αντισταθμίζεται από τις βλάβες που θα μπορούσε να προκαλέσει στη μηχανή η λίπανση με ακατάλληλο λιπαντικό.

Ενδεικτικά, τα όρια τιμών για μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των λιπαντελαίων, πέρα από τα οποία συνιστάται αντικατάσταση, είναι τα παρακάτω:

α) Λιπαντέλαια ΜΕΚ.

- 1)Αριθμός κατακρημνήσεως
- 2)Νερό
- 3)Καύσιμο

β) Τουρμπινέλαια.

- 1)Αριθμός εξουδετερώσεως
- 2)Δοκιμή διαβρώσεως

Η δοκιμή διαβρώσεως (rust prevention test) γίνεται με παρατεταμένη επίδραση (20 ώρες) δείγματος του λαδιού σε πρότυπα δοκίμια από χάλυβα σε θερμοκρασία 60°C. Σύμφωνα με τη μέθοδο ASTM D-665 στο λάδι προστίθεται νερό και το χαλύβδινο δοκίμιο περιστρέφεται στο μίγμα νερού-λαδιού επί 20 ώρες. Η δοκιμή χαρακτηρίζεται επιτυχής (pass), αν στην επιφάνεια των χαλύβδινων δοκιμών δεν εμφανισθούν οξειδώσεις, πέρα από ορισμένα όρια, που καθορίζονται με πρότυπα δοκίμια, προς τα οποία γίνεται η σύγκριση.

Οι παραπάνω δοκιμές των λιπαντελαίων πρέπει να γίνονται κάθε φορά που συμπληρώνονται ορισμένες ώρες λειτουργίας του λιπαντικού. Οι ώρες αυτές καθορίζονται επίσης από τον αρχιμηχανικό της εταιρίας, λαμβάνονται όμως υπόψη και οι υποδείξεις της εταιρίας από την οποία γίνεται η προμήθεια των λιπαντικών. Κατά κανόνα κυμαίνονται από 500 ως 1000 ώρες για μερικές μηχανές Diesel, ενώ είναι πολύ περισσότερες για τους ατμοστρόβιλους. Σε ειδικές περιπτώσεις απαιτείται έκτακτος έλεγχος, όπως π.χ. μετά από μια επισκευή ή μια αντικατάσταση φίλτρων, ή αν παρατηρείται μια ασυνήθιστη συχνότητα αλλοιώσεων του λιπαντικού, οπότε

επιβάλλεται ο εντοπισμός της αιτίας και η αποκατάσταση.

Συμπεράσματα για τη σχέση μηχανής-λιπαντελαίου, μπορούν να εξαχθούν και από άλλα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του λαδιού, όπως: τέφρα, ιξώδες, σημείο ροής, εξανθρακώματα κλπ. Στον πίνακα 7.4.1 αναγράφονται μερικές από τις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις διαμορφώσεως των τιμών στα χαρακτηριστικά των λιπαντελαίων:

—Όταν είναι καινούργια και

—κατά τη διάρκεια της χρησιμοποίησής τους και αφορούν κυρίως σε MEK.

Στη δεύτερη περίπτωση οι τιμές των χαρακτηριστικών του λαδιού μπορούν να οδηγήσουν στον εντοπισμό των αιτιών και στην εξουδετέρωσή τους.

Πριν από την αντικατάσταση του λιπαντικού από καινούργιο, πρέπει να προηγείται πλύση της μηχανής με ψιλό λάδι (SAE 10). Με το λάδι αυτό η μηχανή μπαίνει σε λειτουργία αφόρτιστη επί 10 λεπτά περίπου. Με τον τρόπο αυτό παρασύρονται ακαθαρσίες που έχουν συγκεντρωθεί στο δίκτυο λιπάνσεως, ώστε το καινούργιο λάδι να μη μολυνθεί με αυτές. Αν το καινούργιο λάδι είναι έντονα αντιρρυπαντικό, είναι πιθανό να παρασύρει κατάλοιπα από τη μηχανή με κίνδυνο αποφράξεως των φίλτρων, πράγμα που απαιτεί σχολαστική παρακολούθηση των ενδείξεων των θλιβομέτρων πριν και μετά τα φίλτρα. Αν η διαφορά πιέσεων είναι σημαντική, απαιτείται καθαρισμός ή ακόμα και αντικατάσταση των φίλτρων. Είναι επίσης πιθανό, μετά την αντικατάσταση κοινού λιπαντελαίου σε μια MEK με λάδι έντονα αντιρρυπαντικό (HD), να παρουσιασθεί μείωση της συμπίεσεως στους κυλίνδρους και δυσχέρεια εκκινήσεως, που μπορεί να οφείλεται σε ξέπλυμα των ελατηρίων και των αυλακών των εμβόλων από τα κατάλοιπα που είχαν συσσωρευθεί. Η ανωμαλία αυτή δεν οφείλεται βέβαια στο καλύτερης ποιότητας αντιρρυπαντικό λάδι, που απλώς επιταχύνει την εκδήλωση μιας φθοράς που προϋπήρχε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.1 Συνηθισμένα αίτια διαμορφώσεως χαρακτηριστικών λιπαντελαίων

Κύρια φυσικοχημικά	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ ΤΟΥΣ	
χαρακτηριστικά	Καινούργιο λιπαντικό	Μεταχειρισμένο λιπαντικό
1) Ιξώδες	α) Είδος υδρογονανθράκων β) Χημικά πρόσθετα	α) Διαρροή καυσίμου β) Προϊόντα οξειδώσεως
2) Σημείο ροής	α) Βελτιωτικά σημείου ροής β) Παραφινικά συστατικά	α) Διαρροή καυσίμου β) Οξείδωση γ) Ρύπανση με ξένες ουσίες
3) Ειδικό βάρος	α) Δομή των υδρογονανθράκων που αποτελούν το λιπαντικό	α) Διαρροή καυσίμου β) Μόλυνση με ξένες ουσίες
4) Χρώμα .	α) Είδος κατεργασίας	α) Καθαριότητα του λιπαντελαίου (αντιρυπαντικά πρόσθετα) β) Οξείδωση γ) Καθαρότητα του συστήματος λιπάνσεως της μηχανής
5) Σημείο αναφλέξεως	-	α) Διαρροή καυσίμου
6) Αριθμός εξουδετερώσεως	α) Κατεργασία του λιπαντικού Διαδικασία παραγωγής ή αναζωογονήσεως β) Οργανομεταλλικά πρόσθετα	α) Οξείδωση β) Ρύπανση από εξωτερικούς παράγοντες
7) Τέφρα	α) Οργανομεταλλικά πρόσθετα	α) Μόλυνση (από αντικτονωτικά πρόσθετα) β) Φθορά της μηχανής γ) Μόλυνση από εξωτερικούς παράγοντες (σκόνης)
8) Εξανθράκωμα	α) Είδος υδρογονανθράκων	α) Οξείδωση β) Υπερθέρμανση γ) Μόλυνση από εξωτερικές πηγές
9) Αριθμός κατακρημνίσεως	α) Ξένες ύλες, με τις οποίες το λιπαντικό μολύνεται κατά την παραγωγή ή την αναζωογόνηση	α) Οξείδωση β) Υπερθέρμανση γ) Μόλυνση από εξωτερικές πηγές δ) Παρουσία νερού από διαρροή στο σύστημα ψύξεως του λιπαντικού ή από άλλες αιτίες
10) Δοκιμή διαβρώσεως μηχανών ατμού	α) Κατεργασία	α) Οξείδωση β) Μόλυνση από εξωτερικές πηγές

11) Απογαλάκτηση (μόνο για τουρμπινέλαια)	α) Κατεργασία	α) Μόλυνση από εξωτερικές πηγές
--	---------------	---------------------------------

7.5 Αναζωογόνηση των λιπαντελαίων (re-refining).

Τα λιπαντέλαια που πρέπει να αντικατασταθούν επειδή έχουν αλλοιωθεί, μπορεί να ανακτήσουν τα αρχικά τους χαρακτηριστικά και να ξαναχρησιμοποιηθούν, ύστερα από μια σειρά επεξεργασιών στις οποίες υποβάλλονται. Οι επεξεργασίες αυτές απαιτούν ειδικές εγκαταστάσεις, στις οποίες το κάθε πλοίο ή η εταιρία στέλνουν τα μεταχειρισμένα λιπαντικά που έχουν συγκεντρωθεί, εφόσον βέβαια η διαδικασία αυτή συμφέρει οικονομικά. Διαφορετικά, εκποιοούνται ή καίονται ή απορρίπτονται ως άχρηστα.

Το σύνολο των επεξεργασιών για τον καθαρισμό και γενικότερα για την αποκατάσταση της ποιότητας των λιπαντικών, αποτελεί τη λεγόμενη **αναζωογόνηση** και περιλαμβάνει τα εξής κύρια στάδια:

- **Επεξεργασία με πυκνό θειικό οξύ.**

Γίνεται σε κυλινδρικούς λέβητες, που εσωτερικά έχουν επένδυση με φύλλα μολύβδου, τα οποία, δεν προσβάλλει το θειικό οξύ. Οι λέβητες αυτοί έχουν κωνική απόληξη, ώστε να διευκολύνεται η συγκέντρωση και η απομάκρυνση των προϊόντων επεξεργασίας. Μέσα στους λέβητες το λάδι αναδεύεται επί αρκετό χρόνο σε θερμοκρασία 45-50°C με 5% πυκνό θειικό οξύ, πράγμα που προκαλεί τη συσσωμάτωση και καθίζηση των εξανθρακωμάτων και λοιπών ασφαλτούχων συστατικών, που βρίσκονται σε κολλοειδή διασπορά μέσα στο λάδι. Το θειικό οξύ μαζί με τις ακαθαρσίες, που έχουν συσσωματωθεί, αποχωρίζεται λόγω πυκνότητας από το κάτω μέρος του κωνικού δοχείου. Για την πλήρη καθίζηση και τον καλύτερο διαχωρισμό απαιτείται 12ωρη περίπου παραμονή.

- **Διήθηση.**

Γίνεται με φίλτρα που περιέχουν απορροφητικές γαίες. Το λάδι, κατά τη δίοδο του από τα φίλτρα αυτά, απαλλάσσεται από:

- 1) Ασφαλιστικά υπολείμματα που έχουν διαφύγει από την καθίζηση.
- 2) Όξινα συστατικά που προέρχονται από το θειικό οξύ, τα οποία συγκρατούνται από τις απορροφητικές γαίες.

3) Υγρασία.

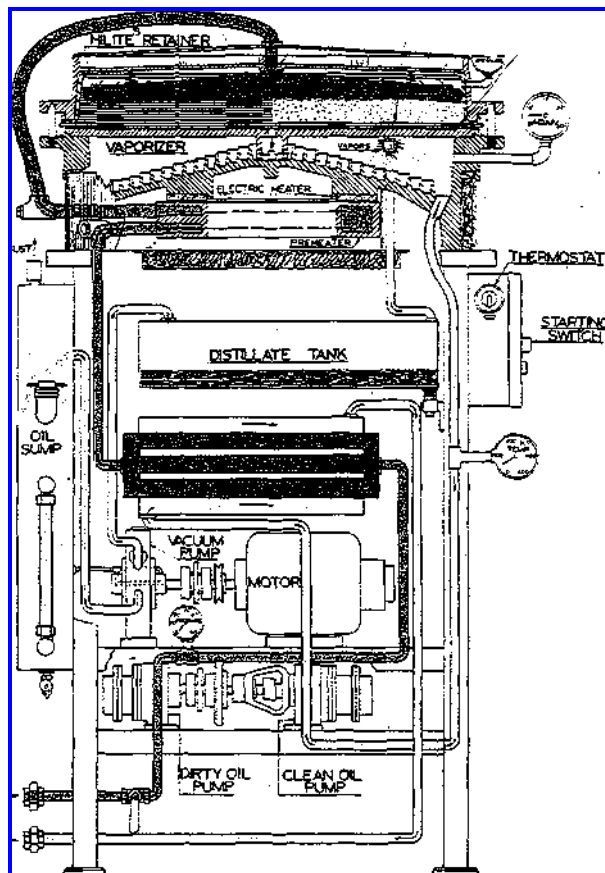
- **Απόσταξη σε κενό.**

Το λάδι, μετά τη διήθηση του υποβάλλεται σε απόσταξη σε κενό, με την οποία απαλλάσσεται από το καύσιμο που περιέχει και από το υπόλοιπο του νερού που είχε συγκρατήσει.

Η επεξεργασία αυτή γίνεται σε ειδικές μονάδες, όπως η συσκευή Hilco, που εικονίζεται στο σχήμα 7.5. Οι μονάδες αυτές αποτελούν μικρογραφίες διυλιστηρίων. Ο καθαρισμός συμπληρώνεται με την προσθήκη απορροφητικών υλικών σε μορφή σκόνης, που συγκρατούν και τα τελευταία κατάλοιπα των προσμίξεων.

Το νερό και αρκετό από το λεπτόρευστο καύσιμο αποστάζουν βέβαια σε θερμοκρασίες πολύ χαμηλότερες από τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του λιπαντελαίου αλλά παρόλα αυτά ο αποχωρισμός τους σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι πλήρης, και ως εκ τούτου οι συσκευές αυτές δεν είναι ικανοποιητικές.

- **Ανάμιξη με χημικά πρόσθετα.**



Σχ. 7.5.Συσκευή Hilco για την απόσταξη λιπαντελαίου υπό κενό.

Τα πρόσθετα που περιέχονται στο αναζωογονημένο λιπαντικό καταστρέφονται κατά τις διάφορες φάσεις κατεργασίας, ιδίως από το θειικό οξύ. Είναι ανάγκη επομένως στο τέλος της αναζωογονήσεως, να προσθέτονται ανάλογα με τον τύπο του λιπαντικού τα καθορισμένα πρόσθετα με τα οποία αυτό ανακτά πλήρως τις αρχικές του ιδιότητες.

Ο βαθμός αποδόσεως της αναζωογονήσεως εξαρτάται κυρίως από την αρχική κατάσταση του επεξεργαζόμενου λιπαντελαίου και κυμαίνεται από 50-75%.

Είναι αμφίβολο όμως αν η ποιότητα των αναζωογονημένων λιπαντικών είναι ίδια με την ποιότητα των αντιστοίχων καινούργιων λιπαντικών, πράγμα που πρέπει να επιβεβαιώνεται από πλήρη εργαστηριακή ανάλυση (χημική και μηχανική).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΛΟΓΩ ΚΑΥΣΕΩΣ

8.1 Γενικά.

Με τον όρο «ρύπανση» εννοούμε την παρουσία στο περιβάλλον ουσιών, που είναι επιβλαβείς τόσο για τους ζώντες οργανισμούς (άνθρωποι, ζώα, φυτά) όσο και για τα άψυχα αντικείμενα. Οι ουσίες αυτές προέρχονται: α) Από την καύση, γενικά, β) Από τη λειτουργία διαφόρων βιομηχανιών, γ) Από απορρίμματα, κλπ.

Με την αύξηση του πληθυσμού της γης και με την τεχνολογική πρόοδο και εξέλιξη, οι πηγές ρυπάνσεως αυξάνονται συνεχώς, σε βαθμό ώστε η προστασία του περιβάλλοντος να αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που η ανθρωπότητα αντιμετωπίζει σήμερα.

Το μεγαλύτερο μέρος της ρυπάνσεως δέχεται ο ατμοσφαιρικός αέρας, στον οποίο μεταφέρονται τα προϊόντα της καύσεως, τα προϊόντα της λειτουργίας των βιομηχανιών και τα απόβλητα. Οι περισσότεροι από τους ρυπαντές της ατμόσφαιρας δρουν άμεσα ως ατμοσφαιρικός αέρας, ενώ οι υπόλοιποι μεταφέρονται με το νερό, στο οποίο διαλύονται ή αιωρούνται. Σύμφωνα με την υπ' αριθμόν 84/360 Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, η **ατμοσφαιρική ρύπανση** ορίζεται ως «η άμεση ή έμμεση εισαγωγή στον ατμοσφαιρικό αέρα από τον άνθρωπο ουσιών, που μπορούν να βλάψουν την υγεία του ανθρώπου, τους βιολογικούς πόρους και τα οικοσυστήματα, να φθείρουν τα υλικά αγαθά και να θίξουν ή να παραβιάσουν την ψυχαγωγική λειτουργία, καθώς και τις άλλες νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος».

Το κεφάλαιο αυτό περιορίζεται στην εξέταση της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως, που προέρχεται από την καύση. Η ρύπανση αυτή παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα, αφού ο καύσεις των διαφόρων καυσίμων αυξάνονται αλματωδώς, για να ικανοποιήσουν τις τεράστιες ανάγκες σε ενέργεια που η ανθρωπότητα καθημερινά αντιμετωπίζει για τις διάφορες λειτουργίες: κίνηση, μεταφορές, θέρμανση, βιομηχανία, κλπ.

8.2 Ρυπαντές προερχόμενοι από την καύση.

Όλα τα λεγόμενα «συμβατικά» καύσιμα δηλαδή:

- I. Τα στερεά καύσιμα (γαιάνθρακες).
- II. Τα υγρά καύσιμα (πετρέλαιο, προϊόντα πετρελαίου).
- III. Τα αέρια καύσιμα (υγραέρια, φυσικά αέρια) με τα οποία κινούνται οι θερμικές μηχανές, άρα και οι ναυτικές μηχανές, κατά την καύση τους ή και την απλή διακίνηση τους, μεταφέρουν στην ατμόσφαιρα προϊόντα, τους λεγόμενους «ρυπαντές», των οποίων η δράση είναι επιβλαβής τόσο για τα έμψυχα όντα, όσο και για το περιβάλλον ευρύτερα.

Οι σπουδαιότεροι από τους ρυπαντές είναι:

1) **Τα οξειδία του αζώτου**, που συμβολίζονται ως NO_x και προέρχονται από τον καυσιγόνο αέρα, που ως γνωστόν περιέχει περίπου 78% άζωτο.

2) **Τα οξειδία του θείου**, που συμβολίζονται ως SO_x και προέρχονται από την καύση του θείου, το οποίο υπάρχει σε όλα τα καύσιμα. Έχουν ιδιαίτερη σημασία, ως πρόβλημα, για τις ναυτικές μηχανές, των οποίων τα καύσιμα περιέχουν μεγάλες ποσότητες θείου, που σε μερικές περιπτώσεις φθάνει το 5%.

3) **Οι υδρογονάνθρακες**, HC , που είναι τα κύρια συστατικά του πετρελαίου και η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα οφείλεται στη διακίνηση τους μάλλον, παρά στην καύση. Ως ρυπαντές έχουν ιδιαίτερη σημασία στις βενζίνες, των οποίων οι υδρογονάνθρακες είναι πτητικοί και εύκολα μπορούν να μεταφερθούν στην ατμόσφαιρα. Μερικοί από αυτούς, όπως το βενζόλιο, είναι καρκινογόνοι και ήδη λαμβάνονται μέτρα περιορισμού της αναλογίας τους στις βενζίνες.

4) **Το μονοξείδιο του άνθρακα** CO . Είναι προϊόν ατελούς καύσεως του άνθρακα και των ενώσεων υπό τις οποίες ο άνθρακας βρίσκεται στο πετρέλαιο (υδρογονάνθρακες). Είναι εξαιρετικά τοξικό για τον ανθρώπινο οργανισμό.

5) **Το διοξείδιο του άνθρακα**, CO_2 , είναι το κύριο προϊόν καύσεως όλων των συμβατικών καυσίμων, αφού ο άνθρακας είναι τό κύριο συστατικό τους. Συνεπώς η παρουσία του CO_2 στην ατμόσφαιρα είναι αναπόφευκτη. Στο διοξείδιο του άνθρακα οφείλεται κατά κύριο λόγο το γνωστό «φαινόμενο θερμοκηπίου», δηλαδή η παγίδευση μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, που προκαλούν συνεχή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη μας και γενικά μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών της γης.

6) **Η αιθάλη** (καπνός). Είναι προϊόν ατελούς καύσεως του πετρελαίου,

αποτελούμενη από κόκκους άνθρακα πολύ μικρού μεγέθους (περίπου 1μ). Η παρουσία αιθάλης στην ατμόσφαιρα προδίδεται από το χρώμα των καυσαερίων και μετρείται με τα αιθαλόμετρα.

7) **Ο μόλυβδος.** Προέρχεται από τη βενζίνη, που αποτελεί το κατ' εξοχήν καύσιμο στις μηχανές αυτοκινήτων και οφείλεται στην προσθήκη ενώσεων του μολύβδου για την αύξηση της αντικροτικής της ικανότητας .

8.3 Συνέπειες της ρυπάνσεως.

Η παρουσία των παραπάνω ρυπαντών στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στον ατμοσφαιρικό αέρα έχει τις παρακάτω συνέπειες:

8.3.1 Οξειδία του αζώτου .

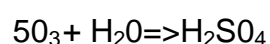
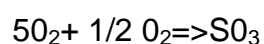
Εισπνεόμενα με τον αέρα προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα. Παρουσία υδρατμών σχηματίζουν όξινα προϊόντα, τη λεγόμενη «όξινη βροχή», που προσβάλλει τους φυσικούς οργανισμούς (καταστροφή δασών), αλλά και ανόργανα υλικά (μαρμάρια μνημεία). Με τους υδρογονάνθρακες, που διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα, τα οξειδία του αζώτου αντιδρούν και σχηματίζουν αιθαλομίχλη, σύμφωνα με την παρακάτω φωτοχημική αντίδραση



Κατά την παραπάνω αντίδραση παράγεται όζον (O_3), που σε συγκεντρώσεις άνω του 1 ppm προκαλεί σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα στον άνθρωπο.

8.3.2 Οξειδία του θείου (SO_2).

Εκτός από την «όξινη βροχή» και τον ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος, τα οξειδία του θείου έχουν έντονη διαβρωτική επίδραση στις μεταλλικές επιφάνειες, με τις οποίες έρχονται σε επαφή. Τούτο οφείλεται στη μετατροπή τους σε θειικό οξύ, αφού πρώτα οξειδωθούν από SO_2 σε SO_3 και κατόπιν ενωθούν με νερό, που είναι βασικό συστατικό των καυσαερίων



8.3.3 Υδρογονάνθρακες.

Προέρχονται, κυρίως από την εξάτμιση των πτητικών συστατικών των υγρών καυσίμων κατά την αποθήκευση ή τη μεταφορά τους, και σε μικρότερο βαθμό από ατελή καύση. Στην παρουσία τους, μαζί με τα οξειδία του αζώτου, οφείλεται ο σχηματισμός του φωτοχημικού νέφους.

8.3.4 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).

Είναι πολύ τοξικό αέριο. Εισπνεόμενο, διά των πνευμόνων μεταφέρεται στο αίμα, όπου δεσμεύει την αιμοσφαιρίνη και σχηματίζει την ανθρακυλαιμοσφαιρίνη, εμποδίζοντας έτσι το ρόλο της αιμοσφαιρίνης, δηλαδή τη μεταφορά του οξυγόνου και την κυκλοφορία του διά του αίματος.

Σε μικρή αναλογία προκαλείται ελαφρά ζάλη, δύσπνοια, καρδιακή αρρυθμία, ενώ σε μεγαλύτερα ποσά επέρχεται κώμα και τελικά θάνατος.

8.3.5 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

Ευθύνεται για το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», δηλαδή τη σταδιακή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης . γιατί το στρώμα του CO₂ εμποδίζει την απαγωγή της θερμότητας από την επιφάνεια της γης προς το διάστημα. Έτσι επέρχεται μία σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας της οποίας η μέση τιμή προβλέπεται ότι θα γίνει αισθητή ως το τέλος του αιώνα μας, ενώ ως το τέλος του επόμενου αιώνα (21ος) η αύξηση αυτή θα υπερβεί τους 5°C. Αυτό, μεταξύ άλλων θα προκαλέσει τήξη των πάγων στους πόλους, που θα επιφέρει ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, προκαλώντας πλημμύρες στις παράκτιες ζώνες.

8.3.6 Αιθάλη (καπνός).

Η αιθάλη αποτελείται από κόκκους άνθρακα, που είναι προϊόν ατελούς καύσεως και είναι γνωστή ως «καπνός». Μαζί με τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια, που προέρχονται από την τέφρα των καυσίμων, επιδρούν δυσμενώς στην υγεία του ανθρώπου.

8.3.7 Μόλυβδος.

Οι ενώσεις του μολύβδου έχουν ισχυρή τοξική δράση στον οργανισμό του ανθρώπου και η παρουσία τους στον αέρα πρέπει να διατηρείται σε όσο το δυνατόν

χαμηλότερα επίπεδα $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Προέρχεται από ενώσεις, όπως ο T.E.L. (τετρααιθυλικός μόλυβδος), που προστίθενται στη βενζίνη για την αύξηση του αριθμού οκτανίου, σε τέτοια αναλογία, ώστε η περιεκτικότητα της βενζίνης σε μόλυβδο να μην υπερβαίνει τα 0,15 g//. Και τα όρια αυτά, εν τούτοις, δεν επαρκούν για την προστασία του περιβάλλοντος και του ανθρώπινου οργανισμού από την επιβλαβή δράση του μολύβδου. Έτσι σήμερα παράγεται βενζίνη χωρίς μόλυβδο, που προορίζεται για κινητήρες με καταλύτη. Με αυτόν τον τρόπο το περιβάλλον απαλλάσσεται αφ' ενός από το μόλυβδο, αφ' ετέρου από ανεπιθύμητα συστατικά των καυσαερίων (NO_x , HC, CO), που οι καταλύτες απομακρύνουν.

8.4 Όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας.

Για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως και των επιβλαβών επιδράσεων της στον άνθρωπο, τους λοιπούς ζώντες οργανισμούς (ζώα, φυτά), και το περιβάλλον γενικότερα έχουν θεσπισθεί όρια τιμών για καθέναν από τους ρύπους. Οι τιμές αυτές εκφράζονται σε μικρογραμμάρια ανά m^3 αέρα (εκτός από το CO που μετρείται σε mg/m^3), σε 25°C και πίεση 1 ατμόσφαιρα ή 101,3 kPa.

8.4.1 Τ Διοξείδιο του θείου (SO_2).

Τα όρια τιμών SO_2 στην ατμόσφαιρα καθορίζονται πάντοτε σε σχέση με την παρουσία αιωρουμένων σωματιδίων (καπνός) και έχουν ως εξής:

Πίνακας 8.1.Όρια τιμών SO₂

Περίοδος αναφοράς	Τρόπος υπολογισμού	Ανώτατο όριο	Αιωρούμενα σωματίδια (καπνός) μg/m ³
Έτος	Μέσος όρος των ημερησίων μέσων τιμών για 1 έτος.	80	>40
Έτος	Μέσος όρος των ημερησίων μέσων τιμών για 1 έτος.	12Q	<=40
Χειμώνας	Μέσος όρος των ημερησίων μέσων τιμών για την περίοδο από 1 έως ως 31 Μαρτίου.	130	>60
Χειμώνας	Μέσος όρος των ημερησίων μέσων τιμών για την περίοδο από 1 έως ως 31 Μαρτίου.	180	>60
Έτος	98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών για 1 έτος.	250	>150
Έτος	98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών για 1 έτος.	350	<=150

Τα παραπάνω όρια τιμών για SO₂ ορίζονται με την υπ' αριθμόν 80/779 οδηγία της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, από 15 Ιουλίου 1980 και είναι υποχρεωτική για όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ενώσεως, άρα και για την

Ελλάδα. Για την περιοχή της Αττικής, όπου το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως είναι οξύτερο, προβλέπεται η λήψη εκτάκτων μέτρων, όταν η περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε SO₂ υπερβαίνει τα 300 µg/m³, επί 24ώρου βάσεως.

Ο Π.Ο.Υ. (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας) συνιστά τα παρακάτω όρια τιμών SO₂, ανάλογα με τη χρονική περίοδο, στην οποία αναφέρονται:

- α) Για περίοδο 10 λεπτών 500 µg/m³
- β) Για περίοδο 1 ώρας 350 µg/m³
- γ) Για περίοδο 24 ωρών 100-150 µg/m³

Τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως ως προς το SO₂ για 24ωρες τιμές χαρακτηρίζονται από το ΥΠΕΧΩΔΕ (Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος) ως εξής:

- Μέχρι 200 µg/πι³: χαμηλά
- 200 - 250 µg/πι³: μέτρια
- 250 - 300 µg/πι³: υψηλά
- Άνω των 300 µg/πι³: πολύ υψηλά

Η Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρυπάνσεως και Θορύβου του ΥΠΕΧΩΔΕ αναφέρει ότι για το 1993 η ρύπανση της ατμόσφαιρας ως προς SO₂ στην Αττική ήταν «πολύ υψηλή», σε ποσοστό 0,6%.-

8.4.2 Οξειδία του αζώτου (NO_x).

Σύμφωνα με την απόφαση 85/203 του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, που ισχύει από το Μάρτιο του 1985 για όλες τις χώρες της Ε.Ε. άρα και για την Ελλάδα, η περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε NO_x δεν πρέπει να υπερβαίνει τα **200** ως ο μέσος όρος των μέσων τιμών ανά ώρα, επί ετησίας βάσεως.

Ο Π.Ο.Υ για τα NO_x συνιστά τα παρακάτω όρια:

- 400 µg/ηπι³ για περίοδο 1 ώρας 150 µg/m³ για
- περίοδο 24 ωρών

Τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως ως προς NO_x για ωριαίες τιμές χαρακτηρίζονται από το ΥΠΕΧΩ ως εξής:

- Μέχρι 200 µg/m³: χαμηλά
- 200-350 µg/m³: μέτρια

350-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: υψηλά

Άνω από 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: πολύ υψηλά, οπότε και λαμβάνονται έκτακτα μέτρα.

Για το 1993, 70% των ημερών στην Αττική η ρύπανση από NO_x ήταν χαμηλή, το 25% μέτρια, το 4% υψηλή και μόνον το 0,3% η ρύπανση ήταν πολύ υψηλή.

8.4.3 Αιωρούμενα σωματίδια (καπνός).

Τα όρια τιμών σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ δίδονται στον παρακάτω πίνακα, ανάλογα με την περίοδο στην οποία αναφέρονται οι μετρήσεις:

Πίνακας 8.2. όριων τιμών αναλογα με τη περιοδο

Περίοδος αναφοράς	Τρόπος υπολογισμού	Ανώτατο όριο ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Έτος	Ο μέσος όρος των ημερησίων μέσων τιμών για 1 έτος.	80
Χειμώνας	Ο μέσος όρος των ημερησίων μέσων τιμών από 1 Οκτ. ως 31 Μάρτη.	130
Έτος	Το 98% όλων των ημερησίων μέσων τιμών για 1 έτος.	250

Ο χαρακτηρισμός των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως ως προς τα αιωρούμενα σωματίδια (καπνός) για 24ωρες τιμές έχει ως εξής:

Μέχρι 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: χαμηλή

250 - 275 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: μέτρια

275 - 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: υψηλή

Άνω των 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: πολύ υψηλή, οπότε λαμβάνονται έκτακτα μέτρα.

Από τις μετρήσεις της Διευθύνσεως Ε.Α.Ρ.Θ. του ΥΠΕΧΩΔΕ στην Αττική το 1993, βρέθηκε πολύ υψηλή ρύπανση ως προς τον καπνό, σε ποσοστό 0,3%.

8.4.4 Τρόποι περιορισμού ρυπάνσεως πετρελαιομηχανών .

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως σε

παγκόσμια κλίμακα είναι σοβαρός. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για τη μείωση των ρύπων, που εκπέμπονται στον αέρα με τα καυσαέρια, οι περισσότεροι από τους οποίους, συνεπάγονται οικονομική επιβάρυνση, πράγμα που εξηγεί την καθυστέρηση λήψεως μέτρων για την εφαρμογή τους. Προβλέπεται, παρόλα αυτά, ότι σύντομα οι ενδιαφερόμενοι:

- Οι κατασκευαστές μηχανών.
- Τα διυλιστήρια, οι εταιρείες πετρελαιοειδών

θα προχωρήσουν στη λήψη των μέτρων αυτών, αφού θα επιβάλλει η ανάγκη συμμορφώσεως προς νόμους ή κανονισμούς ή ακόμα και διεθνείς συμφωνίες.

Η έρευνα και οι προσπάθειες στρέφονται κυρίως προς τον περιορισμό των NO_x και SO_x , ώστε να καταστεί δυνατή η μείωση ως το έτος 2000 των μεν NO_x σε 50%, των δε SO_x σε 30% των σημερινών ορίων. Οι σπουδαιότεροι τρόποι είναι.

8.4.5 Μείωση των NO_x .

Οι σπουδαιότεροι τρόποι μειώσεως των NO_x στα καυσαέρια είναι:

1) **Η καθυστέρηση εγχύσεως του καυσίμου.** Αυτή μπορεί να προκαλέσει μείωση της περιεκτικότητας σε NO_x στα καυσαέρια μέχρι 15%, λόγω μειώσεως της θερμοκρασίας, που δεν ευνοεί το σχηματισμό των NO_x . Τούτο, φυσικά, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του βαθμού αποδόσεως της μηχανής.

2) **Η έγχυση νερού** στο θάλαμο καύσεως ή χρησιμοποίηση γαλακτωμάτων νερού/πετρελαίου. Με αυτά μειώνεται επίσης η εκπομπή NO_x . Έχει αποδειχθεί ότι προσθήκη νερού σε αναλογία 10% του καυσίμου, προκαλεί μείωση των NO_x κατά 6-12%.

3) **Η ανακύκλωση των καυσαερίων.** Γίνεται σε ιδιαίτερο χώρο, όπου τα καυσαέρια ψύχονται, οπότε το συμπυκνούμενο νερό διαλύει τα οξείδια του αζώτου και του θείου, από τα οποία τα καυσαέρια τελικά απαλλάσσονται. Έχει βρεθεί πειραματικά ότι ανακυκλώνοντας περίπου 20% των καυσαερίων, επιτυγχάνεται μείωση των NO_x κατά 50% περίπου.

4) **Χρήση καταλυτών.** Είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την απομάκρυνση των οξειδίων του αζώτου από τα καυσαέρια, ιδίως όταν πρόκειται για καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, όπως είναι το ελαφρό πετρέλαιο (gas oil ή diesel oil). Οι καταλύτες είναι διατάξεις, που περιέχουν ουσίες ικανές να ανάγουν τα οξείδια του αζώτου, μέχρι καθαρό άζωτο (N_2). Συνήθως δρουν παρουσία αναγωγικών ουσιών, που εγχέονται στο καύσιμο, όπως είναι η αμμωνία (NH_3) και η ουρία.

8.4.6 Αιωρούμενα σωματίδια (αιθάλη).

Πρόκειται περί κόκκων άνθρακα που προέρχονται από την ατελή καύση του πετρελαίου. Περίσσεια αέρα θα μπορούσε να οδηγήσει σε τέλεια καύση, χωρίς αιθάλη, αλλά πέραν ενός ορισμένου ορίου, αυτό θα μείωνε το βαθμό αποδόσεως της μηχανής, αφού ο αέρας αυτός θα μετέφερε άσκοπα σημαντικά ποσά θερμότητας.

Εκτός από τη ρύθμιση του βαθμού περίσσειας αέρα, η αιθάλη μπορεί επίσης να ελαττωθεί με τη χρήση γαλακτωμάτων πετρελαίου και νερού, με αναλογία νερού έως 20%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βιβλίο «Κάυσιμα και λιπαντικά.» Του πολεμικού ναυτικού.
2. Βιβλίο «Λίπανση.»Του Αποστολίδη.
3. INTERNET.
 - α. www.google.gr
 - β. www.moto.gr
 - γ. www.in.gr