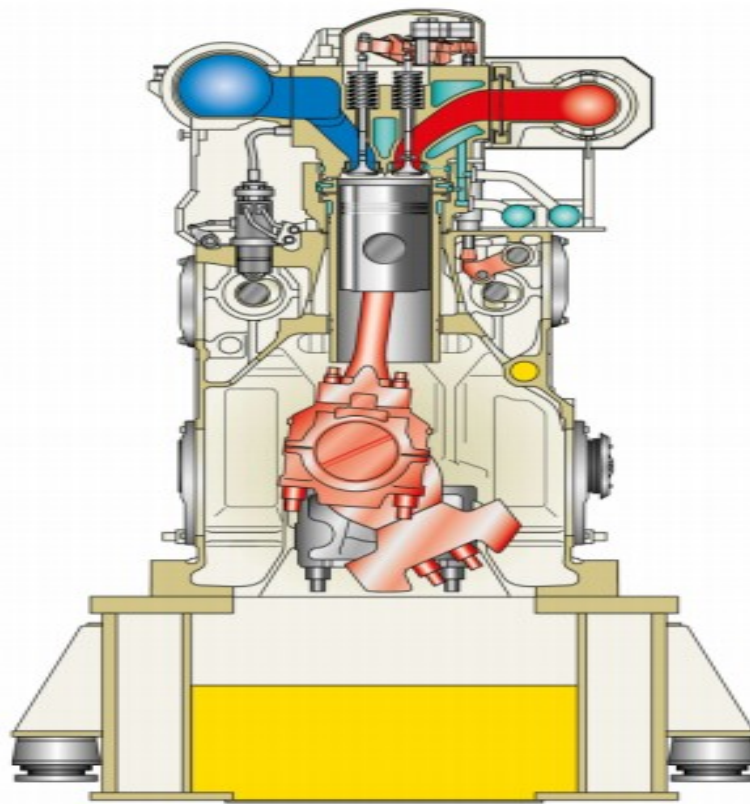


**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ  
ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**



**ΔΕΜΕΤΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ Α.Μ. 6206**

**ΠΑΤΡΑ – ΜΑΡΤΙΟΣ**

**2022**



## Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	9
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ .....	17
1.1 ΤΡΙΒΗ.....	17
1.2 ΦΘΟΡΑ .....	22
1.3 ΛΙΠΑΝΣΗ.....	24
1.3.1 Ο σκοπός της λίπανσης .....	24
1.3.2 Καμπύλη Stribeck .....	24
1.3.3 Είδη λίπανσης .....	25
1.3.4 Παράγοντες και απαιτήσεις των συστημάτων λίπανσης. ....	28
1.3.5 Συστήματα λίπανσης.....	29
1.3.6 Προέλευση και σχεδιασμός λιπαντικών .....	34
2 ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (Μ.Ε.Κ) .....	35
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ Μ.Ε.Κ .....	35
2.2 ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ Μ.Ε.Κ .....	35
2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ Μ.Ε.Κ .....	37
2.4 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ Μ.Ε.Κ.....	41
3 ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕΡΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΩΡΩΝ ΜΕΚ .....	44
3.1 ΛΙΠΑΝΣΗ ΔΙΧΡΟΝΩΝ ΚΙΝΗΡΩΝ .....	45
3.1.1 Λίπανση εμβόλων .....	46
3.1.2 Ελατήρια εμβόλων (piston rings).....	48
3.1.3 Λίπανση κυλίνδρων.....	49
3.1.4 Λίπανση ζυγώματος (crosshead lubrication).....	53
3.1.5 Λίπανση εδράνων.....	54
3.1.6 Τύποι εδράνων.....	56
3.1.7 Λίπανση εδράνων βάσεως-διωστήρα.....	58
3.1.8 Στυπαιοθλίπτης (stuffing box) .....	59
3.1.9 Λίπανση εκκεντροφόρου.....	60
3.1.10 Στροβυλοφουσητήρας (turbocharger).....	61
3.2 ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΕΡΑΧΡΟΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ.....	64
3.2.1 Ψύξη εμβόλου.....	66
3.2.2 Λίπανση κυλίνδρου.....	66
3.3 ΛΟΙΠΟΣ ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	68
3.3.1 Ωστικός Τριβέας (Thrust Bearing) .....	68
3.3.2 Έδρανα τελικού άξονα.....	69
3.3.3 Μειωτήρες (Gear Box).....	72
3.3.4 Σύστημα χοάνης τελικού άξονα.....	73
4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	75
4.1 ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ.....	75
4.2 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΛΙΠΑΝΣΗΣ .....	78
4.3 ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ .....	83
4.3.1 Λειτουργικοί Παράγοντες Λιπαντικών Ναυτιλίας.....	84
4.3.2 Τύποι και Απαιτήσεις Λιπαντικών.....	85
4.3.3 Ιδιότητες Λιπαντικών.....	85
4.3.4 Έλεγχος Λιπαντικών.....	88




4.4	ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΛΙΠΑΝΣΗΣ .....	89
4.4.1	Πτώση Πίεσης .....	89
4.4.2	Θερμοκρασία Λιπαντικού. ....	90
4.4.3	Κατανάλωση Λιπαντικού (LUBE OIL CONSUMPTION).....	91
4.4.3	Νεφελοποίηση.....	92
4.4.4	Καθαρισμός Δικτύου.....	92
4.4.5	Αποτελέσματα Εσφαλμένης Λίπανσης. ....	93
5.	ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ 2020.....	94
5.1	Δίχρονοι Αργόστροφοι Κινητήρες.....	94
5.2	Τετράχρονοι Κινητήρες. ....	94
5.3	Απαιτήσεις Συστημάτων Επεξεργασίας Λιπαντικών.....	95
5.4	Μελλοντικές Δράσεις στη Ναυτιλία. ....	95
5.4.1	Βασικά Στοιχεία Πρόληψης Κινητήρων. ....	95
	<b>ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	97
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	99



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Βασικές ιδιότητες λίπανσης.....	12
Εικόνα 2: Ταξινόμηση λιπαντικών ανάλογα με την φυσική κατάσταση.....	15
Εικόνα 3: Ταξινόμηση λιπαντικών ανάλογα με την προέλευσή τους .....	15
Εικόνα 4: Ταξινόμηση λιπαντικών ανάλογα την χρήση τους. ....	16
Εικόνα 5: Σχηματική παράσταση δυνάμεων σώματος [forces-13-728.jpg (728×546) (slidesharecdn.com)] .....	17
Εικόνα 6: Δύναμη τριβής [Frictional Force (passnownow.com)].....	17
Εικόνα 7: Σημεία επαφής-τριβής σφαιρικού εδράνου [stock-photo-ball-bearing-in-the-cut-form-isolated-background-d-render-450w-296478827.jpg (450×470) (shutterstock.com)] .....	18
Εικόνα 8: Συνοπτική διάκριση τριβής [types-of-frictional-force.jpg (450×422) (roznavaγka.org)].....	19
Εικόνα 9: Σχηματική παράσταση τριβής ολίσθησης [types-of-frictional-force.jpg (450×422) (roznavaγka.org)].....	19
Εικόνα 10: Σχηματική παράσταση τριβής κύλισης [types-of-frictional-force.jpg (450×422) (roznavaγka.org)].....	20
Εικόνα 11: Φθορά προσκόλλησης [wpa-31.jpg (654×496) (acmecmservices.com)] .....	22
Εικόνα 12: Έμβολο με αποκόλληση υλικού [0.jpg (2592×1944) (ghostcruises.org)] .....	23
Εικόνα 13: Ρουλμάν με διάβρωση [corrosive wear mechanism - Bing images].....	23
Εικόνα 14: Καμπύλη Stribeck [Schematic-of-the-Stribeck-Curve-for-Journal-Bearings-from-Wang-et-al-4.png (763×462) (researchgate.net)].....	24
Εικόνα 15: Βασικές κατηγορίες υγρής λίπανσης .....	26
Εικόνα 16: Βασικές κατηγορίες υγρής λίπανσης.....	27
Εικόνα 17: Χειροκίνητος μηχανισμός λίπανσης [T3696-2-1024x1024.jpg (1024×1024) (tooltique.co.uk)].....	31
Εικόνα 18: Λίπανση μέσω βαρύτητας [29cebc_9cdbf42960764e7eac81f93925c0deb0~mv2.jpg (324×285) (wixstatic.com)] .....	32
Εικόνα 19: Συστήματα αυτόματων λιπαντήρων [single line oil system.png (800×450) (grouphe.com)] .....	32
Εικόνα 20: Λίπανση με εκτίναξη [splash_lube2.jpg (604×718) (bp.blogspot.com)].....	33
Εικόνα 21: Λίπανση μέσω ελαιολεκάνης [komponen+sistem+pelumasan.PNG (612×437) (bp.blogspot.com)].....	33
Εικόνα 22: Χαρακτηριστικά λιπαντικών.....	34
Εικόνα 23: Ιδιότητες λιπαντικών .....	34
Εικόνα 24: Διαχωρισμός Μ.Ε.Κ .....	35
Εικόνα 25: Κατηγορίες πετρελαιοκινητήρων .....	37
Εικόνα 26: Τομή αργόστροφης 2-Χ μηχανής MAN B&W [21500-8012263.jpg (575×832) (nauticexpo.fr)] .....	38
Εικόνα 27: Τομή 4-Χ Wartsila 4L20 [wartsila4602.JPG (1008×1427) (bp.blogspot.com)] .....	40
Εικόνα 28: Φάσεις λειτουργίας 2-Χ κινητήρα [diesel_page_00.gif (722×298) (trms.org.au)].....	42
Εικόνα 29: Καμπύλη Stribeck λιπανόμενων μερών ενός κινητήρα [stribeck line - Bing images] .....	44
Εικόνα 30: Κεφαλή και ποδιά εμβόλου κινητήρα MAN [1825.jpg (924×743) (diytrade.com)].....	46
Εικόνα 31: Ψύξη εμβόλου [2_stroke_piston_cooling.gif (320×291) (bp.blogspot.com)].....	47
Εικόνα 32: Λίπανση εμβόλου με χρήση πλάκας ακροφυσίων [Piston1.bmp (588×298) (bp.blogspot.com)].....	47
Εικόνα 33: Ροή ελαίου στο σετ ελατηρίων [ENGR1304: Power Cycles (e1304.blogspot.com)].	48

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ	
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	
ΔΕΜΕΤΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΜ 6206	

Εικόνα 34: Χιτώνιο 2-Χ κινητήρα [The cross-section of the cylinder of SULZER RTA 58 engine.   Download Scientific Diagram (researchgate.net)].....	49
Εικόνα 35: Συστήματα λίπανσης χιτωνίων CLU-4 [Retrofit Pulse Lubricating System (wartsila.com)].....	51
Εικόνα 36: Σύστημα λίπανσης χιτωνίων Alpha Lubricators [f.jpg (843×669) (infomarine.gr)] ....	52
Εικόνα 37: Συγκρότημα ζυγώματος-διωστήρα [crosshead.jpg (1524×895) (wartsila.com)] .....	53
Εικόνα 38: Λίπανση ζυγώματος [R.ba3c61270449a211d56511043ff5bb03 (351×270) (bing.com)] .....	54
Εικόνα 39: Ροή ελαίου στα έδρανα κομβίου διωστήρα και εδράνου πείρου εμβόλου [LESSON THIRTEEN (uniri.hr)] .....	55
Εικόνα 40: Δομή εδράνου μολυβδου-χαλκού [Engine Bearing - procedures for Inspection and Calibration - MirMarine] .....	56
Εικόνα 41: Δομή διμεταλλικών εδράνων [fetch.php (635×325) (substech.com)] .....	57
Εικόνα 42: Δομή τριμεταλλικών εδράνων [fetch.php (635×325) (substech.com)].....	57
Εικόνα 43: Στροφαλοφόρος άξονας [Diesel-Crankshaft-Diagram.jpg (701×277) (capitalremanexchange.com)] .....	58
Εικόνα 44: Διάταξη οπών λίπανσης κομβίων βάσεως και διωστήρα [Crankshaft lubrication - Bing images] .....	59
Εικόνα 45: Διάταξη στυπαιοθλίπτη-ράβδος εμβόλου [Untitled.bmp (639×1195) (bp.blogspot.com)].....	60
Εικόνα 46: Στεγανοποιητική διάταξη ελατηρίων [maxresdefault.jpg (1048×576) (yting.com)]... 60	60
Εικόνα 47: Εκκεντροφόρος άξονας [fetch.php (702×273) (substech.com)] .....	61
Εικόνα 48: Δίκτυο λίπανσης εκκεντροφόρου [lubrication_system.jpg (650×398) (veetopia.com)] .....	62
Εικόνα 49: Στροβυλοφυσητήρας [oelverbrauch-turbolader.jpg (640×577) (ms-motorservice.de)].....	62
Εικόνα 50: Δίκτυο λίπανσης [6.4L Lubrication System   PDF   Turbocharger   Pump (scribd.com)] .....	63
Εικόνα 51: Τομή turbo-διαδρομή ελαίου [vtulochnayaaa.jpg (650×658) (avto-blogger.ru)].....	64
Εικόνα 52: Λίπανση τετράχρονου κινητήρα [I0000txDlx1LM5vw.jpg (1000×895) (photoshelter.com)] .....	65
Εικόνα 53: Τομή διωστήρα-εμβόλου [fig12-07.jpg (450×239) (maritime.org)] .....	65
Εικόνα 54: Διαδρομή λιπαντικού στο έμβολο μέσω διωστήρα [0420 - E111 - Emergency Diesel Generators - Chapter 05 - Engine Lubrication System. (nrc.gov)].....	66
Εικόνα 55: Σύστημα εκκεντροφόρου-ωστηρίων [OHC+vs.+OHV+valve+config.jpg (750×655) (bp.blogspot.com)].....	68
Εικόνα 56: Ωστικός τριβέας [obsq-f-self-lubrication-section-(300)-661px.tmb-width661.png (661×661) (wartsila.com)].....	69
Εικόνα 57: Ωστικός τριβέας τύπου Michell [275122d1578803497-ot-legacy-agm-michell-1905-a-544.jpg (784×686) (practicalmachinist.com)].....	69
Εικόνα 58: Εξοπλισμός αυτοματισμού και ένδειξης θερμοκρασίας [Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube] .....	70
Εικόνα 59: Διάταξη κυκλοφορίας ελαίου [Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube].....	71
Εικόνα 60: Διάταξη κυκλοφορίας λαδιού και νερού ψύξης [Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube] .....	71
Εικόνα 61: Σύστημα λίπανσης και ψύξης [Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube].....	72
Εικόνα 62: Τομή-διάταξη γραναζιών μειωτήρα [reduction-gear2.tmb-width661.jpg (661×543) (wartsila.com)].....	73
Εικόνα 63: Τομή / διάταξη χοάνης τελικού άξονα [Stern Tube Seals – Oil & Water - Falck Formco].....	73



Εικόνα 64: Δίκτυο κυκλοφορίας ελαίου με βαρύτητα / πεπιεσμένο αέρα [stern tube seals lubrications - Bing images] .....	74
Εικόνα 65: Συστήματα ελέγχου δικτύου λίπανσης [Medium Speed Engine Room Simulator MER - YouTube].....	76
Εικόνα 66: Τυπική σύνδεση ανιχνευτή νέφους σε Κ/Μ [OMD.jpg (528×247) (alpha-prm.jp)].....	77
Εικόνα 67: Φυγοκεντρικός διαχωριστήρας και τομή αυτού [GEA Westfalia Separator - Indonesia Marine Equipment (inameq.com)] .....	79
Εικόνα 68: Φίλτρο ελαίου [automotivewings: Oil Filters &flow work] .....	80
Εικόνα 69: Προθερμαντήρας ατμού [DRG-0.5 Marine Electric steam heat Calorifier, Buy Marine Calorifier from China Manufacturer - JINBO MARINE].....	81
Εικόνα 70: Προθερμαντήρας ηλεκτρικού τύπου [Electric Heaters for Preheating Lube Oil Main Engine Separators - Navkratis] .....	81
Εικόνα 71: Ανακουφιστική βαλβίδα Perkins [electronic relief valve - Bing images].....	82
Εικόνα 72: Αυλωτός εναλλάκτης [Shell and Tube Heat Exchanger: What Is It? Types, Process (iqsdirectory.com)] .....	82
Εικόνα 73: Τυπικός εναλλάκτης με πλάκες [China Discount Swimming Pool Plate Heat Exchanger Manufacturers, Suppliers, Factory - Wholesale Price - HLB (hlbpoolsandspas.com)] .....	83



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν ανάγνωσμα αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα μηχανολόγων μηχανικών, της σχολής μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και έχει σαν σκοπό να αναλύσει την σημασία της σωστής λίπανσης που αποτελεί ίσως την σημαντικότερη παράμετρο για την ορθή και χωρίς περαιτέρω ανωμαλίες χρήση δίχρονων και τετράχρονων κινητήρων του πλοίου καθώς και του λοιπού μηχανολογικού εξοπλισμού.

Αρχικά θα αναφερθούμε στο φυσικό φαινόμενο της τριβής, στην σπουδαιότητα της λίπανσης των μηχανικών μερών εξοπλισμού καθώς και η χρήση τους στα επιμέρους εξαρτήματα, που περιγράφονται στο κεφάλαιο τεχνικής περιγραφής μηχανών.

Εν συνεχεία θα γίνει αναφορά στα λιπαντικά ναυτιλίας επί των της μηχανής καθώς και οι εν δυνάμει κίνδυνοι και ελλοχεύουν από τις αλλοιώσεις και τη μη ορθή χρήση αυτών και τέλος τα οφέλη από την χρήση νέας γενιάς λιπαντικών.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Κο Βούρο Ανδρέα Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε που με εμπιστεύτηκε στην παρούσα πτυχιακή και μου προσέφερε την συνεχή καθοδήγηση και βοήθειά του σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα, επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα και τους συνεργάτες της ναυτιλιακής εταιρείας GOLDEN UNION SHIPPING COMPANY για την απρόσκοπτη βοήθειά τους κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσης.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την ηθική συμπαράσταση στα χρόνια των σπουδών μου.

**Μάρτιος 2022**

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής  
(Ονοματεπώνυμο)

(Υπογραφή)



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όπως ακριβώς ένας κινητήρας δεν μπορεί να λειτουργεί χωρίς καύσιμα δεν μπορεί να λειτουργήσει και χωρίς λιπαντικά. Ο κύριος λόγος της εφαρμογής της είναι η αντιμετώπιση της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται λόγω των τριβών και είναι ίσως από τα σημαντικότερα αποτελέσματα της. Επιπλέον βοηθά (η λίπανση) στη μείωση των φθορών, στη απορρόφηση θορύβων που δημιουργούνται και στην παρεμπόδιση εμφάνισης του χημικού φαινομένου της οξειδωσης.

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία γίνεται μια εκτενής αναφορά στα προβλήματα και στους τρόπους επίλυσης αυτών σχετικά με την λίπανση δίχρονων και τετράχρονων μηχανών εσωτερικής καύσης στη ναυτιλία καθώς και του λοιπού μηχανολογικού εξοπλισμού του πλοίου.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία απαρτίζεται από πέντε κεφάλαια τα οποία είναι αδιάρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους, αποσκοπώντας στην αρτιότερη κατανόησή της από τον αναγνώστη.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στη θεωρία της λίπανσης, της τριβής, του σκοπού της λίπανσης και της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης. Επίσης εξετάζονται οι απαιτήσεις αλλά και ποιους παράγοντες πρέπει να πληρούν τα συστήματα λίπανσης, καθώς και μία αναφορά για την προέλευση των λιπαντικών

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει αρχικά μια ιστορική αναδρομή στις μηχανές εσωτερικής καύσης και στη συνέχεια εκτενή αναφορά στην κατάταξη των διάφορων τύπων των μηχανών της ναυτιλίας. Τέλος θα γίνει μία περιγραφή των κύριων μερών των μηχανών, και εν συνεχεία ανάλυση του τρόπου λειτουργίας των μηχανών

Το τρίτο κεφάλαιο θα γίνει μια αναφορά στα σημεία που απαιτούν λίπανση στις μηχανές ναυτιλίας και εν συνεχεία ανάλυση των επιμέρων εξαρτημάτων που υπόκεινται σε λίπανση σε μια δίχρονη μηχανή, αλλά και στα μέρη μίας τετράχρονης μηχανής. Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού θα γίνει μια ανάλυση στον βοηθητικό εξοπλισμό που χρειάζεται λίπανση μιας και αυτός αποτελείται από εξίσου σημαντικά εξαρτήματα

Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται γίνεται στην αρχή μια ανάλυση στον μηχανολογικό εξοπλισμό που πρέπει να έχει το πλοίο, για να επιτευχθεί η επιθυμητή λίπανση. Στην συνέχεια θα γίνει αναφορά, στις απαιτήσεις και ιδιότητες που πρέπει να πληρούν τα λιπαντικά καθώς και ο έλεγχος που πρέπει να πραγματοποιείται. Τέλος θα γίνει ανάλυση των πιθανών ανωμαλιών που μπορεί να παρατηρηθούν στο δίκτυο λίπανσης, καθώς και στους τρόπους που μπορεί αυτοί να αντιμετωπιστούν.

Στο τελευταίο πέμπτο κεφάλαιο λαμβάνοντας υπόψη τους ισχύοντες διεθνείς κανονισμούς που αναφέρονται στην προστασία του περιβάλλοντος από την λειτουργία των πλοίων και είναι αρωγοί στη παραγωγή νέων φιλικών προς το περιβάλλον ναυτικών καυσίμων, θα γίνει ανάλυση των νέων λιπαντικών ελαίων, η





διαφορά τους με τα έως τώρα σε χρήση λιπαντικά έλαια, και η άρρηκτα συνδεδεμένη αλληλεπίδρασή τους με τα ναυτιλιακά καύσιμα.

Τέλος η πτυχιακή με τον επίλογο θα αναφερθεί στα γενικά συμπεράσματα που αφορούν την προστασία από την τριβή μέσω της λίπανσης, την αναγκαιότητα της που απορρέει από την ασφαλή λειτουργία των μηχανών, τη σημαντικότητα επιλογής κατάλληλων λιπαντικών ελαίων και θα κλείσει με την ιδεολογία ότι οι μελλοντικές προκλήσεις και απαιτήσεις στο χώρο των μηχανών θα ακολουθηθούν από ανάλογη εξέλιξη των λιπαντικών.



## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

1. ΤΡΕ.....Trank Piston Engines
2. ΜΕΚ.....Μηχανές Εσωτερικής Καύσης
3. Κ/Μ.....Κυρία Μηχανή
4. Η/Ζ-Η/Μ.....Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος -Ηλεκτρομηχανή
5. 2-Χ.....Δίχρονος Κινητήρας
6. 4-Χ.....Τετράχρονος Κινητήρας
7. ΑΝΣ.....Άνω Νεκρό Σημείο
8. ΚΝΣ.....Κάτω Νεκρό Σημείο
9. D/G.....Diesel Generator
10. DS/HD.....Diesel Set/ Heavy Duty
11. ΒΝ.....Base Number
12. ΤΒΝ.....Total Base Number
13. ΑΡΙ.....American Petrolleum Institute
14. FΡ.....Flush Point
15. VΙ.....Viscosity Index
16. ΗΤΗΣ.....Δείκτης αντοχής λιπαντικού
17. ΡΡ.....Pour Point
18. ΤΑΝ.....TotalAcid Number
19. ΙSΟ.....International Standard Organization
20. ΙΜΟ.....International Maritime Organization
21. ΟΜΔ.....Oil Mist Detector
22. SΟLΑS.....Safety Of Life At Seas
23. ΟΕΜ.....Original Equipment Manufactures
24. ΜΑRΡΟL.....Marine Pollution
25. SΑΕ.....Society of Automotive Engineering
26. ΑΝ.....Acid Number
27. S.....Sulphur
28. ΑSΤΜ.....American Society of Testing Materials
29. ΕΗL.....Ελαστο-υδροδυναμική λίπανση



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1. Περιγραφή αρχής λίπανσης

Όπως είναι γνωστό η μείωση της τριβής και κατ' επέκταση της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με την λίπανση.

Σκοπός της λίπανσης είναι με την παρεμβολή του κατάλληλου λιπαντικού είναι να:

- ✚ Μειωθεί η τριβή που δημιουργείται
- ✚ Μειωθεί η συνολική απώλεια έργου από την ελκυόμενη θερμότητα
- ✚ Μείωση απωλειών ωφέλιμου έργου
- ✚ Η κατά το ελάχιστο ελάττωση της μεταξύ τους επαφής που θα έχει σαν συνέπεια την φθορά ακόμα δε και την καταστροφή τους ενώ παράλληλα
- ✚ Απάγει την θερμότητα λόγο τριβής λειτουργώντας ως ψυκτικό μέσο

Στην περίπτωση της παρούσης πτυχιακής ο σκοπός της λίπανσης στις εμβολοφόρες ΜΕΚ με το λιπαντικό μέσο, επιτυγχάνουν εκτός των άλλων:

1. Την προστασία από την διάβρωση των μεταλλικών εξαρτημάτων με τα οποία θα έρθει σε επαφή προστασία που συνεχίζεται να υφίσταται και κατά το νεκρό χρόνο της μηχανής λόγω της ιδιότητας τους, της πρόσφυσης τους στα μεταλλικά μέρη.
2. Την διατήρηση καθαριότητας με βάση τις απορρυπαντικές ιδιότητες που επιτυγχάνονται με την πρόσμιξη ποικίλων χημικών ειδικών πρόσθετων στα μεταλλικά μέρη της μηχανής και τέλος
3. Την στεγανοποίηση στο χώρο καύσης κυλίνδρου λειτουργώντας συμπληρωματικά με το έργο που μερικώς επιτυγχάνεται από τα ελατήρια του εμβόλου

Στις ΜΕΚ βασικά σημεία που από την κατάσταση τους εξαρτάται η παράγωγη έργου είναι τα έδρανα ολίσθησης(κουζινέτα) και τα έδρανα κύλισης (ρουλεμάν), γλίστρες, οδηγοί, οδοντωτοί τροχοί (γρανάζια) κλπ. στα οποία η λίπανση επιτελεί το πιο ουσιαστικό έργο .

Εκτενέστερη περιγραφή των προς λίπανση μερών θα γίνει στο αντίστοιχο κεφάλαιο 2 (περιγραφή μηχανών)

Στην εικόνα 1 παρατηρούνται συνοπτικά οι ιδιότητες ενός λιπαντικού.



Εικόνα 1: Βασικές ιδιότητες λίπανσης

### 2. Ιστορική αναδρομή της λίπανσης



Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιηθήκαν για την παρασκευή των πρώτων λιπαντικών ήταν φυτικές και ζωικές. Με την πάροδο των χρόνων και η ανάπτυξη νέων λιπαντικών ουσιών που έφερε η τεχνολογική έξαρση, οδήγησε η συνεχιζόμενη ερευνά πάνω σε νέες λιπαντικές ύλες και ουσίες οι οποίες θα προσέφεραν οικονομία σε ενεργεία στον μηχανολογικό εξοπλισμό και στην προστασία του περιβάλλοντος, είχαν ως αποτέλεσμα την παράγωγη ενός νέου είδους λιπαντικού ελαίου με βάση το πετρέλαιο.

Παρακάτω, ακολουθούν ορισμένα ορόσημα λίπανσης:

✚ 17ος αιώνας π.Χ.

Η λίπανση ανάγεται τουλάχιστον στην περίοδο αυτή στην αρχαία Αίγυπτο, σύμφωνα με αρχαιολογικά ευρήματα. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, το ελαιόλαδο χρησιμοποιείται ως λιπαντικό για να μετακινήσετε μεγάλες πέτρες και άλλα βαριά αντικείμενα.

✚ 14ος αιώνας π.Χ.

Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούν ζωικά λίπη (λίπος) για τη λίπανση των αμαξών.

✚ 1850

Η πρώτη πετρελαιοπηγή δημιουργήθηκε με επιτυχία στο Titusville της Πενσυλβάνιας, το 1859. Η καλά πρώτη εξόρυξη πετρελαίου σηματοδοτεί την αυγή της εποχής του πετρελαίου. Μέχρι τότε, τα λιπαντικά είχαν κατασκευαστεί κυρίως από ζωικά λίπη και φυτικά έλαια.

✚ 1920

Σε απόκριση στις αυξανόμενες απαιτήσεις, ιδιαίτερα από την αναπτυσσόμενη αυτοκινητοβιομηχανία, οι κατασκευαστές λιπαντικών ξεκινούν την επεξεργασία λαδιών με βάση το πετρέλαιο για να βελτιώσουν την απόδοση λιπαντικών (που στο παρελθόν ήταν αρκετά κακή) Διάφορες διαδικασίες χημικές, μερικές πιο επιτυχημένες από άλλες, αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας. Μεταξύ αυτών, η διύλιση διαλυτών αναδύεται ως μια από τις πιο βιώσιμες μεθόδους.

✚ 1930 - 1940

Πρόσθετα για την αναστολή της οξειδωσης, την αντίσταση στη διάβρωση, την ενίσχυση των σημείων ροής, τη βελτίωση των δεικτών ιξώδους και άλλων δημιουργούνται τη δεκαετία του 1930. Από τη δεκαετία του 1940, χρησιμοποιούνται ευρέως σε λιπαντικές συνθέσεις, ειδικά για την παράταση της απόδοσης και της διάρκειας ζωής των λιπαντικών κινητήρων αυτοκινήτων. Πριν από αυτό το χρονικό διάστημα, τα λιπαντικά κινητήρα χωρίς πρόσθετα συνήθως παρέχουν μόνο έως 80 έως 100 ώρες λειτουργίας.

Επίσης, στα τέλη της δεκαετίας του 1940 σηματοδοτεί την αρχή της συστηματικής ανάλυσης λαδιού: Η σιδηροδρομική βιομηχανία αρχίζει να τη χρησιμοποιεί σε μια προσπάθεια να αποφευχθούν βλάβες του κινητήρα.

✚ 1950



Τα συνθετικά λιπαντικά αναπτύσσονται, κυρίως για χρήση στις αεροπορικές και αεροδιαστημικές βιομηχανίες. Παρουσιάζονται πολλαπλά λιπαντικά αυτοκινήτων.

✚ 1970

Οι τεχνολογίες υδροεπεξεργασίας όπως η υδροπυρόλυση δύο σταδίων βελτιώνουν δραματικά τον καθαρισμό και την απόδοση του βασικού λαδιού.

✚ 1990

Χρησιμοποιούνται ευρέως οι σύγχρονες τεχνολογίες υδροϊσομερισμού (στα βασικά έλαια dewax με τη μετατροπή των μορίων κεριού σε βασικά έλαια υψηλής ποιότητας). Τα βασικά έλαια που είναι τώρα γνωστά ως "Group II" (διατίθενται ευρέως από τη δεκαετία του 1970) ταξινομούνται επίσημα ως Group II από το American Petroleum Institute. Το API στη συνέχεια ταξινομεί τα βασικά έλαια της ομάδας III, της ομάδας IV και της ομάδας V.

✚ 2000

Η εξέλιξη του λιπαντικού συνεχίζεται καθώς τα ολοένα και πιο προηγμένα προϊόντα αναπτύσσονται για να καλύψουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις των σύγχρονων μηχανημάτων για καλύτερη παραγωγικότητα, αξιοπιστία απόδοσης, ενεργειακή απόδοση και περιβαλλοντική ευθύνη

### 3. Περιγραφή λιπαντικών

Για τη μείωση της τριβής μεταξύ δυο επιφανειών σε επαφή χρησιμοποιούνται λιπαντικά. Τα λιπαντικά όπως γνωρίζουμε είναι ένα μίγμα από 90% κλάσματα πετρελαίου(ορυκτέλαια) και ποσοστό 10% πρόσθετα. Βασικός τους στόχος είναι να ελαχιστοποιούν την εκλυόμενη λόγω τριβής θερμότητα, να επενεργούν για τη μετάδοση δυνάμεων, τη μεταφορά σωματιδίων και τη θέρμανση-ψύξη.

Τα ορυκτέλαια παρασκευάζονται με διήθηση σε ατμοσφαιρική πίεση του αργού πετρελαίου, διήθηση υπό κενό του υπολείμματος, απομάκρυνση αρωματικών υδρογονανθράκων κλπ. , ενώ τα συνθετικά λιπαντικά παρασκευάζονται με σύνθεση δυο ή και περισσότερων χημικών ενώσεων με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να έχει τις συγκεκριμένες και καθορισμένες ιδιότητες.

Η χρήση πρόσθετων αποσκοπεί στη βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων όπως βέλτιστο δείκτη του ιξώδους, αντίσταση στη διάβρωση, προστασία από τη γήρανση και τις μολύνσεις, και αυξημένη μείωση τριβών και φθορών.

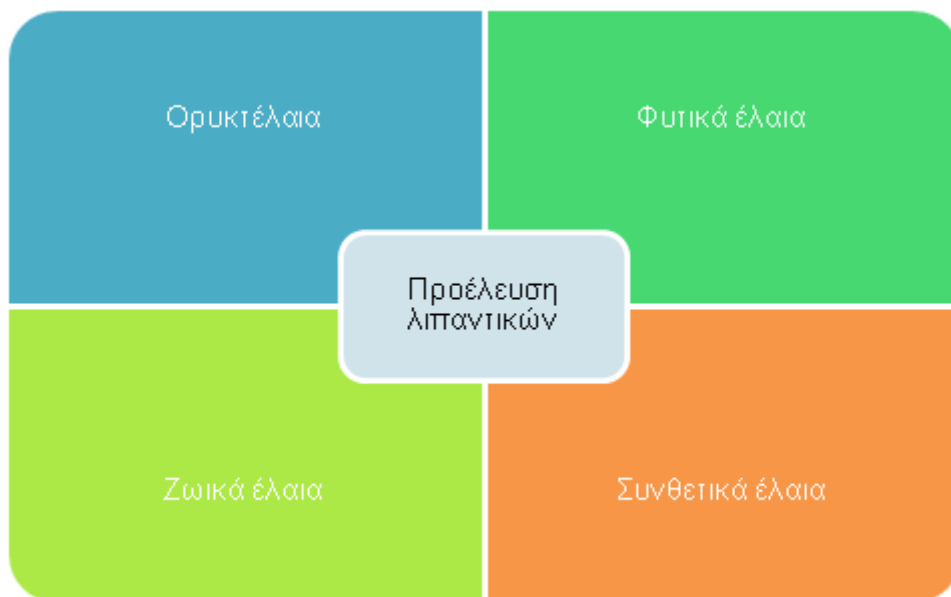


Στην εικόνα 2 γίνεται ταξινόμηση των λιπαντικών ανάλογα με την φυσική τους κατάσταση



**Εικόνα 2:** Ταξινόμηση λιπαντικών ανάλογα με την φυσική κατάσταση

Στην εικόνα 3 ταξινομούνται ανάλογα με την προέλευση τους



**Εικόνα 3:** Ταξινόμηση λιπαντικών ανάλογα με την προέλευσή τους

Στην εικόνα 4 που ακολουθεί, γίνεται ταξινόμηση ανάλογα με τη χρήση τους.



**Εικόνα 4:** Ταξινόμηση λιπαντικών ανάλογα την χρήση τους.

#### 4. Εφαρμογή λιπαντικών

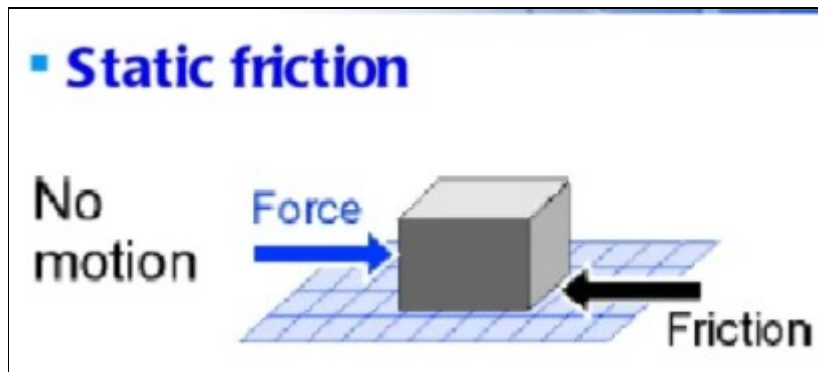
Όπως προαναφέρθηκε τα τελευταία χρόνια το συνθετικό λαδί χρησιμοποιείται σε όλο και περισσότερους τομείς. Ιδιαίτερα αναπτυγμένη είναι η χρήση του σε βιομηχανικές εφαρμογές, στην αυτοκινητοβιομηχανία καθώς και στους τομείς της ναυτιλίας και αεροναυπηγικής.



# 1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

## 1.1 ΤΡΙΒΗ

Όταν δυο επιφάνειες εφάπτονται οι τραχύτητες των επιφανειών τους αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με αποτέλεσμα να υπάρχει αντίσταση στην ολίσθηση ή στη μετακίνηση της μίας επιφάνειας επάνω στην άλλη. (Εικόνα 5).

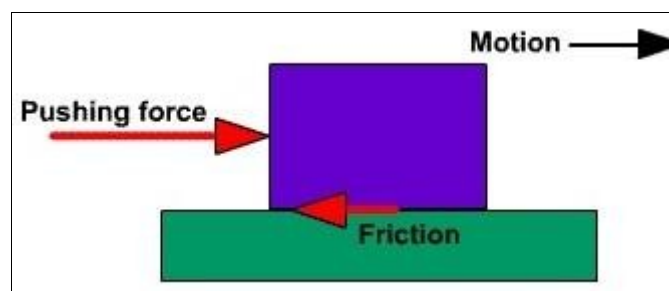


Εικόνα 5: Σχηματική παράσταση δυνάμεων σώματος [[forces-13-728.jpg \(728x546\)](#) ([slidesharecdn.com](#))]

Αν σε ένα σώμα ακίνητο σε μια επιφάνεια εφαρμοστεί μια δύναμη  $F$  τότε το σώμα τείνει να μετακινηθεί (Εικόνα 6). Η αλληλεπίδραση αυτή των δυο σωμάτων παράγει μια δύναμη  $F$  που αντιστέκεται στην κίνηση (δύναμη αντίδρασης= τριβή). Όσο δε πιο τραχείς είναι οι επιφάνειες τόσο μεγαλύτερη είναι και η δύναμη τριβής.

Το μέγεθος της δύναμη τριβής( $T_f$ ) εξαρτάται από:

- ✚ Το είδος του τριβολογικού συστήματος
- ✚ Την φύση και την κατάσταση των επιφανειών
- ✚ Την κάθετη δύναμη μεταξύ δύο επιφανειών και είναι ανεξάρτητη από την έκταση της επιφάνειας τριβής.



Εικόνα 6: Δύναμη τριβής [[Frictional Force \(passnownow.com\)](#)]

Κάθε σημείο επαφής συνεργαζόμενων μηχανικών σωμάτων είναι ένα τριβολογικό ζεύγος και αποτελείται από τέσσερα στοιχεία. Τα δε συνεργαζόμενα στοιχεία μηχανών έχουν περισσότερα του ενός σημείου επαφής τριβής. Ένα κλασσικό παράδειγμα είναι τα ευρέως γνωστά έδρανα κύλισης(ρουλεμάν) (Εικ. 7).





**Εικόνα 7:** Σημεία επαφής-τριβής σφαιρικού εδράνου [[stock-photo-ball-bearing-in-the-cut-form-isolated-background-d-render-450w-296478827.jpg](https://www.shutterstock.com/stock-photo-ball-bearing-in-the-cut-form-isolated-background-d-render-450w-296478827.jpg) (450×470) (shutterstock.com)]

Η ιδιότητα των επιφανειών να δημιουργούν τριβή εξαρτάται από τον συντελεστή τριβής ( $\mu$ ) και είναι αντιστρόφως ανάλογος της τριβής. Η τριβή υπολογίζεται από την εξίσωση 1.1 η οποία είναι:



$$F_f = \mu \cdot F_n \quad (1.1)$$

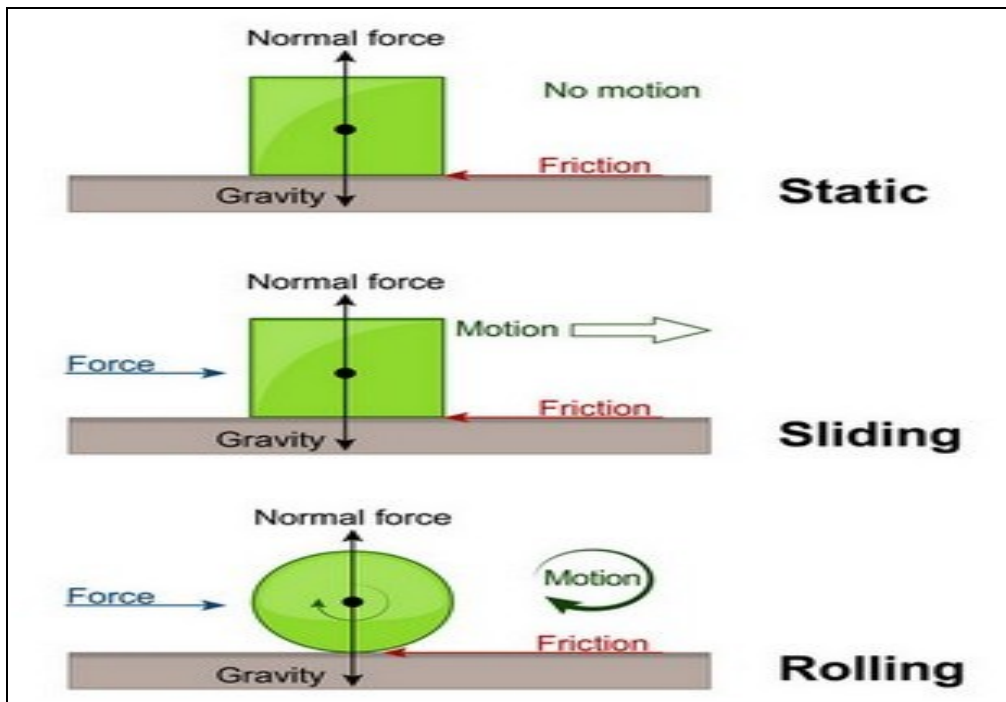
Κατά την τριβή έχουμε φθορά στις τριβόμενες επιφάνειες των σωμάτων, καθώς και απώλειες ενέργειας. Τόσο η φθορά όσο και η απώλεια ενέργειας είναι ανεπιθύμητες, κυρίως σε μηχανισμούς που μετατρέπουν κάποιο είδος ενέργειας σε μηχανική. Σαν τέτοιους μηχανισμούς μπορούμε να αναφέρουμε τους κινητήρες εσωτερικής καύσης που μετατρέπουν την θερμική ενέργεια κατά την διαδικασία της καύσης σε μηχανική ή τους ηλεκτροκινητήρες που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική.

Για τον σκοπό αυτόν λοιπόν άρχισε και συνεχίζεται η προσπάθεια που αποβλέπει στη μείωση των τριβών και στην ελάττωση της φθοράς. Η προστασία αυτή αφορά κατά κύριο λόγο στη χρήση των λιπαντικών.

Ο όρος τριβή (εικόνα 8) περικλείει ένα σημαντικό μεγάλο αριθμό φυσικών φαινομένων όπως την εσωτερική τριβή μεταξύ των μορίων των αερίων, των υγρών και των στερεών σωμάτων αλλά και την εξωτερική τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ των αλληλοεπιδρώμενων επιφανειών δύο στερεών σωμάτων.

Από δω και στο εξής ο όρος τριβή θα αναφέρεται στην εξωτερική τριβή και ως προς το είδος της σχετικής κίνησης μπορεί να είναι:

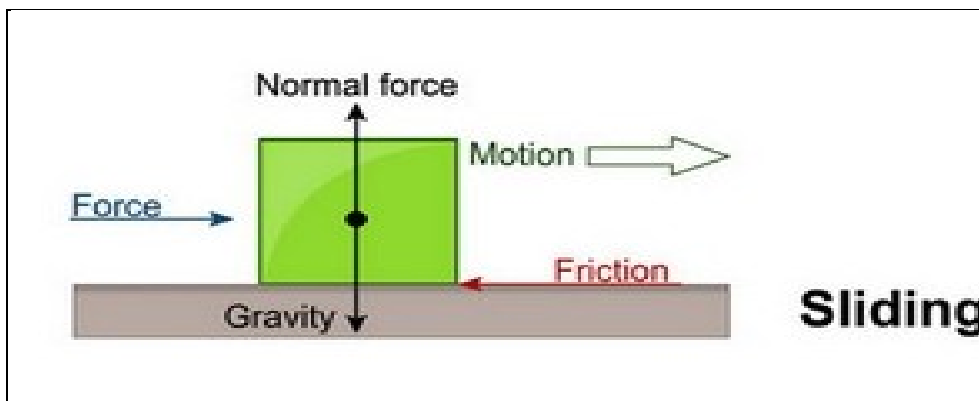
-  Τριβή ολίσθησης
-  Τριβή κύλισης



Εικόνα 8: Συνοπτική διάκριση τριβής [[types-of-frictional-force.jpg \(450x422\)](#) ([poznavayka.org](#))]

### α) Τριβή ολίσθησης

Αναπτύσσεται όταν δύο σώματα (Εικόνα 9) βρίσκονται σε σχετική κίνηση μεταξύ τους.



Εικόνα 9: Σχηματική παράσταση τριβής ολίσθησης [[types-of-frictional-force.jpg \(450x422\)](#) ([poznavayka.org](#))]

Όταν πρέπει να κινηθεί ένα σώμα χρειάζεται να του ασκηθεί μια δύναμη  $F$  η οποία θα εξουδετερώσει την δύναμη τριβής. Η δύναμη αυτή ονομάζεται δύναμη ολίσθησης και δίνεται από τον τύπο:

$$T = \mu \cdot N \quad (1.2)$$

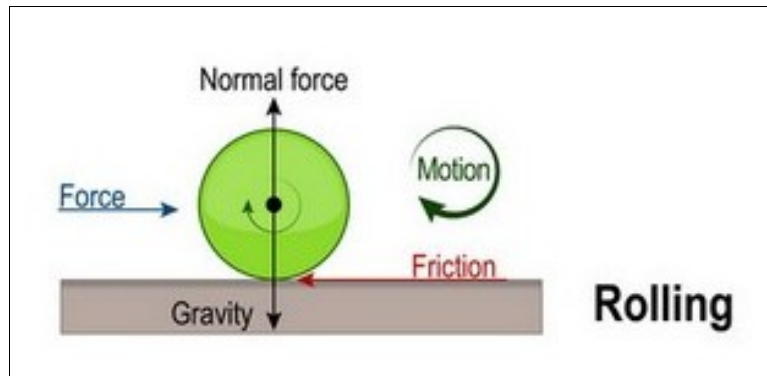
Όπου  $\mu$  ο συντελεστής τριβής,  
 $N$  η κάθετη αντίδραση (ισούται με βάρος σώματος  $B$ )



Κατά την τριβή ολίσθησης όταν αρχίζει η σχετική κίνηση των σωμάτων (ύπαρξη στατικής τριβής) η δύναμη της τριβής πάντα είναι μεγαλύτερη από αυτή που αναπτύσσεται όταν τα δυο σώματα είναι σε κίνηση (κινητική τριβή).

### β) Τριβή κύλισης

Αναπτύσσεται (εικόνα 10) όταν κάποιο σώμα όπως πχ μια σφαίρα ή ένας κύλινδρος κυλά στην επιφάνεια κάποιου άλλου σώματος.



**Εικόνα 10:** Σχηματική παράσταση τριβής κύλισης [[types-of-frictional-force.jpg](http://types-of-frictional-force.jpg) (450×422) ([poznavayka.org](http://poznavayka.org))]

Η γενική εξίσωση που περιγράφει τη σχέση στην περίπτωση αυτή είναι:

$$F_k = \mu_k \cdot W \quad (1.3)$$

Όπου  $\mu_k$  ο συντελεστής τριβής  
 $W$  το βάρος σώματος.

Επίσης μια άλλη σχέση που συνδέεται με την διάμετρο  $d$  σφαίρας ή και κυλίνδρου και τη δύναμη  $F$  είναι:

$$F_k = \frac{\kappa \cdot W \rho}{\rho \cdot \lambda} \quad (1.4)$$

Όπου  $\kappa$  η σταθερά σε σχέση με το υλικό και την κατάσταση των δύο επιφανειών  
 $\rho, \lambda$  εμπειρικές σταθερές με τιμές ( $0,85 \leq \rho \leq 1,7$  και  $1,5 \leq \lambda \leq 1,7$ ).

Όπως και στην τριβή ολίσθησης έτσι και στην τριβή κύλισης έχουμε στατική και κινητική τριβή. Για την τριβή ισχύουν οι παρακάτω νόμοι:

1. Η τριβή είναι ανεξάρτητη από το εμβαδόν των επιφανειών που έρχονται σε επαφή,
2. Η τριβή είναι ευθέως ανάλογη του φορτίου  $L$  πάνω στην επιφάνεια επαφής, και εξαρτάται από τη φύση των επιφανειών.

Είναι γεγονός ότι όσο λείες και αν είναι οι επιφάνειες θα παρουσιάζουν έστω και λίγη τραχύτητα η οποία θα παρεμποδίζει την ομαλή κίνηση αλλά θα παρουσιάζουν χαμηλότερη τριβή. Μέτρο της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ δυο επιφανειών είναι ο λεγόμενος συντελεστής τριβής. Δηλαδή το πηλίκο  $F/B$ , δηλαδή της ελάχιστης



δύναμης  $F$  που απαιτείται για να υπερνικηθεί η αντίσταση που προβάλλει σώμα βάρους  $B$ .

$$\mu = \frac{F}{B} \quad (1.5)$$

Οι τιμές του συντελεστή τριβής κυλίσεως είναι πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές της τριβής ολίσθησης. Ο συντελεστής τριβής για δεδομένα ολισθαίνοντα σώματα πρακτικά είναι σταθερός και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά τους (υλικό, ύψη και θερμοκρασία), ενδεικτικές τιμές συντελεστή τριβής διαφόρων υλικών παρατίθενται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Συντελεστής τριβής υλικών

[[main-qimg-f41e6f15704a902856d77017a29d4f4b](http://main-qimg-f41e6f15704a902856d77017a29d4f4b) (602×430) ([quoracdn.net](http://quoracdn.net))]

Materials	$\mu_s$	$\mu_k$
Steel on steel	0.74	0.57
Aluminum on steel	0.61	0.47
Copper on steel	0.53	0.36
Rubber on concrete (dry)	1.0	0.8
Rubber on concrete (wet)	0.3	0.25
Wood on wood	0.25-0.5	0.2
Glass on glass	0.94	0.4
Teflon on Teflon	0.04	0.04
Teflon on steel	0.04	0.04
Waxed wood on wet snow	0.14	0.1
Waxed wood on dry snow	0.10	0.04
Metal on metal (lubricated)	0.15	0.06
Ice on ice	0.1	0.03
Synovial joints in humans	0.01	0.003
Very rough surfaces		1.5

Με βάση τα ανωτέρω και έχοντας σαν δεδομένο το φορτίο πάνω σε μια ολισθαίνουσα επιφάνεια όπως είναι ένα κουζινέτο, ο μόνος τρόπος που υπάρχει για να μειωθεί η απώλεια λόγω τριβών είναι η μείωση του συντελεστή τριβής, και επιτυγχάνεται με τη χρήση λιπαντικών.

Κλείνοντας το κεφάλαιο τριβή θα πρέπει να κάνουμε μια ακόμη διάκριση που θα μας απασχολήσει και αυτή είναι:

- ✚ Ξηρή τριβή: Κατά τη όποια ουδεμία Τρίτη ουσία παρεμβάλλεται μεταξύ των Σωμάτων,
- ✚ Υγρή τριβή: Όταν μεταξύ των δυο επαπτόμενων επιφανειών παρεμβάλλεται Τρίτη ουσία (λιπαντικό μέσο) και παρατηρείται ως λιπαντική μεμβράνη.

Η ορθή λίπανση στα διάφορα μηχανικά μέρη αποβλέπει αφενός στη μετατροπή της ξηρής λίπανσης σε υγρή και αφετέρου στην ελαχιστοποίηση του συντελεστή τριβής με αποτέλεσμα την μείωση της φθοράς .

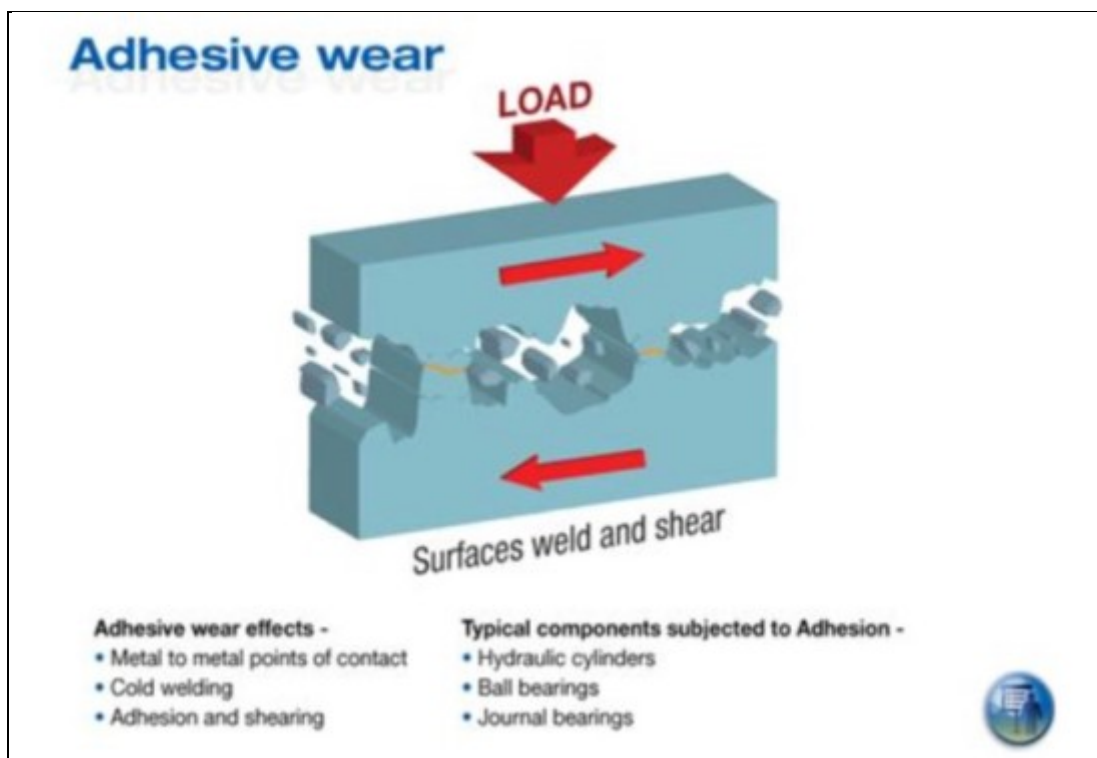


## 1.2 ΦΘΟΡΑ

Η φθορά ορίζεται σαν η ανεπιθύμητη αλλαγή των διαστάσεων ενός σώματος σαν αποτέλεσμα των καταπονήσεων κατά την επαφή και τη σχετική του κίνηση με κάποιο άλλο σώμα. Ενδεικτικά στη συνέχεια θα αναφέρουμε είδη φθοράς που είναι σε άμεση εξάρτηση με τη λίπανση εξαρτημάτων.

### α) Φθορά προσκόλλησης (Adhesive wear)

Κατά την τριβή παράγεται θερμότητα, η όποια τοπικά στα σημεία επαφής των επιφανειών, στις "κορυφές", μπορεί να φθάσει στο σημείο τήξης των υλικών με αποτέλεσμα να σημειωθούν τοπικές συγκολλήσεις μεταξύ αντίθετων κορυφών με τελικό αποτέλεσμα την λείανση και καταστροφή του υλικού (εικόνα 11).



Εικόνα 11: Φθορά προσκόλλησης [[wpa-31.jpg \(654×496\) \(acmecmservices.com\)](#)]

### β) Αποκόλληση υλικού (Scuffing)

Χαρακτηριστικό της φθοράς αυτής είναι η απότομη αποκόλληση μεγάλων τμημάτων υλικού (όπως απεικονίζεται στη εικόνα 12) και εμφανίζεται σε περιπτώσεις υπερβολικά υψηλών φορτίων και υψηλών ταχυτήτων.



Εικόνα 12: Έμβολο με αποκόλληση υλικού [0.jpg (2592×1944) (ghostcruises.org)]

### γ) Φθορά χημικής διάβρωσης (Corrosive wear)

Η φθορά προέρχεται από τη χημική προσβολή των εφαιπτόμενων επιφανειών και μπορεί να οφείλεται σε έντονα διαβρωτικά περιβάλλοντα, σε οξείδωση λόγω έκθεσης στον ατμοσφαιρικό αέρα ή ακόμα και σε οξείδωση του λιπαντικού με αποτέλεσμα τα σχηματιζόμενα οξείδια να προσκολλώνται πάνω στις επιφάνειες και να τις καταστρέφουν (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Ρουλιάν με διάβρωση [corrosive wear mechanism - Bing images]

### δ) Δημιουργία ψωρίασης (Pitting)

Χαρακτηριστικό της φθοράς αυτής είναι η ότι παρατηρείται σε στάσιμες επιφάνειες οι οποίες όμως υπόκεινται σε μικρές δονήσεις. Ο μηχανισμός της φθοράς αρχίζει με τη χημική προσβολή των επιφανειών από τα μεταλλικά οξείδια που δημιουργούνται στις επιφάνειες λόγω διαβρωτικού περιβάλλοντος ή έλλειψης λιπαντικού.

Συνοψίζοντας μια σειρά δυσμενών επιπτώσεων λόγω τριβής είναι:

- ✚ Αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας
- ✚ Χαμηλός βαθμός απόδοσης



- ✚ Απώλεια ενέργειας με τη μορφή θερμότητας
- ✚ Πρόωρες φθορές
- ✚ Καταστροφή λιπαντικών
- ✚ Καταστροφή στοιχείων μηχανών

Για την ελάττωση και αντιμετώπιση των φθορών και κατ' επέκταση των ζημιογόνων βλαβών δυο είναι οι βασικοί μέθοδοι.

1. Η επικάλυψη των συνεργαζόμενων επιφανειών με αντιτριβικά υλικά (λευκά μέταλλα, δακτύλιοι ορείχαλκου κλπ.)
2. Τέλος η χρήση λίπανσης που είναι και το αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας.

## 1.3 ΛΙΠΑΝΣΗ

### 1.3.1 Ο σκοπός της λίπανσης

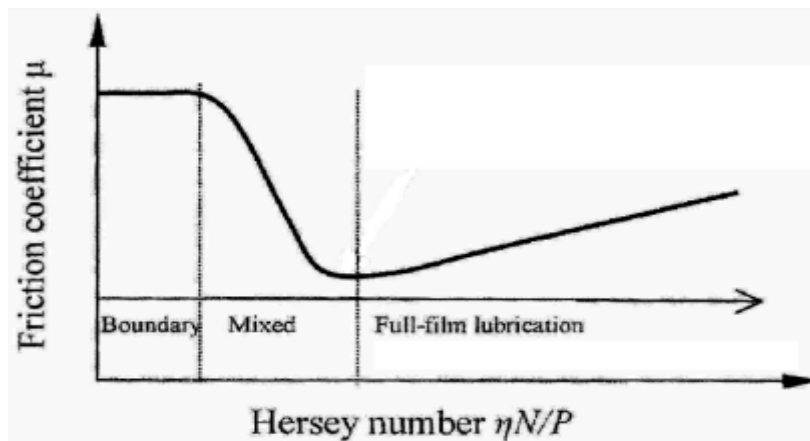
Ο σκοπός της λίπανσης είναι να μειωθεί κατά το ελάχιστο η τριβή και η μεταλλική φθορά. Είναι εμφανές ότι η μείωση της τριβής συνεπάγεται οικονομία στην ενέργεια που δαπανάται για την υπερνίκηση της και μείωση της φθοράς συνεπάγεται οικονομία στα υλικά τα οποία απαιτούν χρόνο και χρήμα. Για τον σκοπό αυτόν χρησιμοποιούνται ευρέως οι λιπαντικές ύλες οι οποίες παρεμβάλλονται στις τριβόμενες επιφάνειες και μετατρέπουν τη ξηρή τριβή σε υγρή.

Το λιπαντικό υλικό εισχωρεί στις εσοχές των επιφανειών σχηματίζοντας ένα στρώμα το οποίο δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μοριακών δυνάμεων με αποτέλεσμα να μειώνεται η τριβή.

Συνοπτικά η λίπανση διασφαλίζει:

- ✚ Προστασία από φθορά
- ✚ Μείωση ενεργειακών απωλειών λόγω τριβών
- ✚ Απαγωγή θερμότητας που εκλύεται λόγω της τριβής
- ✚ Απομάκρυνση των σωματιδίων φθοράς
- ✚ Μείωση κραδασμών και θορύβων λειτουργίας.

### 1.3.2 Καμπύλη Stribeck



Εικόνα 14: Καμπύλη Stribeck [[Schematic-of-the-Stribeck-Curve-for-Journal-Bearings-from-Wang-et-al-4.png \(763×462\) \(researchgate.net\)](#)]



Η καμπύλη Stribeck (Εικ.14) είναι μια θεμελιώδης έννοια στον τομέα της τριβολογίας και δείχνει ότι η τριβή στις λιπαινόμενες με υγρό επιφάνειες είναι μια μη γραμμική συνάρτηση του φορτίου, του ιξώδους του λιπαντικού και της ταχύτητας σύσφιξης του λιπαντικού. Η ανακάλυψη και η έρευνα αποδίδονται στον Richard Stribeck και στον Mayo Dr. Hersey που μελέτησαν τις τριβές σε ρουλεμάν για τις εφαρμογές στα βαγόνια σιδηρόδρομων, η καμπύλη παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ του λεγόμενου αριθμού Hersey-μιας διαστατικής παραμέτρου και του συντελεστή τριβής.

Ο αριθμός Hersey ορίζεται ως:

$$\text{Hersey number} \quad r = \frac{n \cdot N}{P} \quad (1.6)$$

όπου n: το δυναμικό ιξώδες του ρευστού,  
N: ταχύτητα ρευστού,  
P: το κανονικό φορτίο στην τριβολογική επαφή.

Με βάση την τυπική εξέλιξη της καμπύλης μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κύριες κατηγορίες λίπανσης.

#### ✚ Οριακή λίπανση

Οι στερεές επιφάνειες έρχονται σε άμεση επαφή, το φορτίο στηρίζεται κυρίως από τις επιφανειακές αστάθειες και την υψηλή τριβή.

#### ✚ Μικτή λίπανση

Κάποια επαφή αστάθειας, φορτίο υποστηριζόμενο και από τις δύο πλευρές και το υγρό λιπαντικό

#### ✚ Υδροδυναμική λίπανση

Απρόσβλητη επαφή, φορτίο υποστηριζόμενο κυρίως από υδροδυναμική πίεση. Μέσω της καμπύλης Stribeck μπορούν να προβλεφθούν οι μεταβάσεις από την οριακή σε μεικτή λίπανση και από τη μεικτή σε ελαστουδροδυναμική και στη συνέχεια μπορεί να προβλεφθεί το καθεστώς λίπανσης στο οποίο λειτουργεί μια συγκεκριμένη επιφάνεια.

### 1.3.3 Είδη λίπανσης

Ανάλογα με την φυσική κατάσταση των λιπαντικών που χρησιμοποιούνται η λίπανση διακρίνεται σε:

- A. Στερεή
- B. Υγρή
- Γ. Αέρια

#### A. Στερεή λίπανση

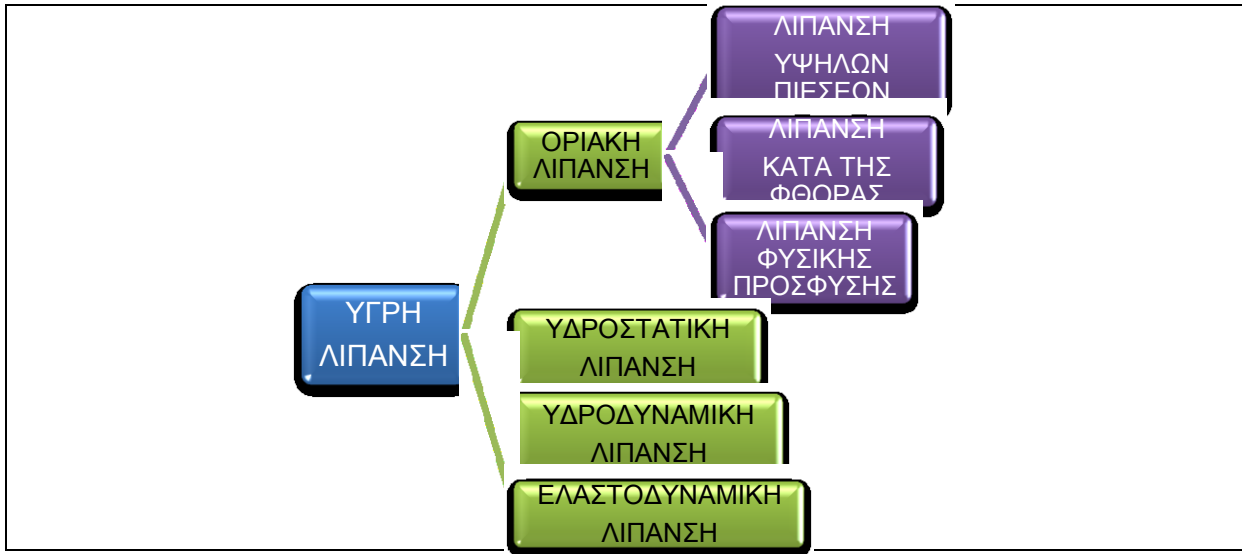
Η λίπανση στερεής ή αμιγούς μεμβράνης πραγματοποιείται όταν μεταξύ των τριβόμενων επιφανειών παρεμβάλλονται στερεές λιπαντικές ουσίες όπως γραφίτης ή θειούχο μολυβδαίνιο ( $\text{MoS}_2$ ) οι οποίες διευκολύνουν τη σχετική κίνηση των επαπτόμενων σωμάτων/





## B. Υγρή λίπανση

Τα υγρά λιπαντικά αποτελούν το κυριότερο μέσο λίπανσης στις μηχανολογικές εφαρμογές. Για την αποφυγή της επαφής μεταξύ των επιφανειών, δημιουργείται μια επίστρωση λιπαντικού γνωστή ως λιπαντική μεμβράνη. Ανάλογα με το είδος της λιπαντικής μεμβράνης διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15.



Εικόνα 15: Βασικές κατηγορίες υγρής λίπανσης

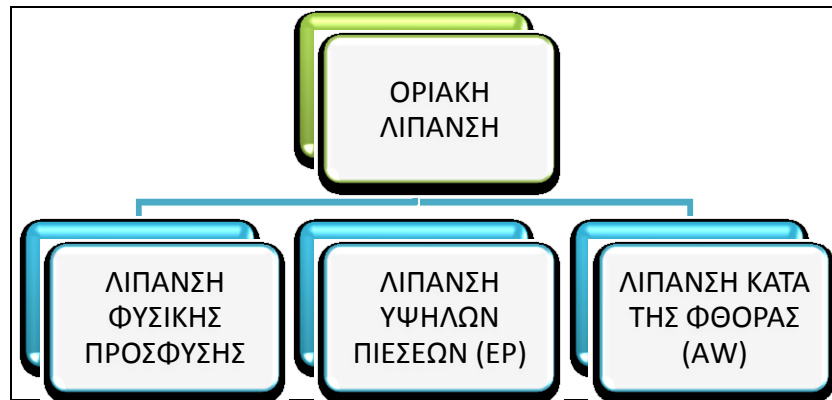
### i. Οριακή λίπανση (Boundary Lubrication)

Στη περίπτωση μεγάλων φορτίων υπάρχει κίνδυνος το πάχος του στρώματος να μειωθεί σημαντικά με αποτέλεσμα κάποιες προεξοχές (οι επιφάνειες πάντα παρουσιάζουν τραχύτητα) να έρθουν σε επαφή και να προκληθεί αύξηση της θερμοκρασίας, των φθορών και της τριβής. Το φαινόμενο επιταχύνεται διότι με την αύξηση της θερμοκρασίας, μειώνεται το ιξώδες του λιπαντικού με συνεπακόλουθο τη δύσκολη συντήρηση της λιπαντικής μεμβράνης.

Η κατάσταση καλείται λίπανση λεπτής ή οριακής μεμβράνης (thin film lubrication) και είναι η δυσμενέστερη περίπτωση. Εκτός από τα κυλινδρικά έδρανα ολίσθησης αυτό το είδος λίπανσης παρουσιάζεται μεταξύ των ελατήριων του εμβόλου και του χιτωνίου στο ΑΝΣ και ΚΝΣ όταν μηδενίζεται στιγμιαία η ταχύτητα καθώς και στις γλίστρες και τους οδηγούς του ζυγώματος (ευθυντηρίες).

Επίσης μπορεί να παρουσιαστεί σε εργαλειομηχανές, ατέρμονες οδοντωτούς τροχούς, σε εξαρτήματα υδραυλικών συστημάτων καθώς και σε συνθήκες υδροδυναμικής λίπανσης-ενδεικτικά κατά το ξεκίνημα και σταμάτημα εδράνων που κινούνται με περιστροφική λίπανσης.

Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας η λίπανση οριακής μεμβράνης χωρίζεται στις παρακάτω κατηγορίες όπως παρατίθενται στην Εικ.16.



Εικόνα 16: Βασικές κατηγορίες υγρής λίπανσης.

## ii. Υδροστατική λίπανση (Hydrostatic Lubrication)

Η λιπαντική μεμβράνη μεταξύ των επαπτόμενων επιφανειών δημιουργείται με τη χρήση αντλιών υψηλής πίεσης. Το φορτίο εξισορροπείται από την πίεση που εξασκείται, εν συνέχεια ξεκινά η περιστροφή και έως την οριστική παύση, η αντλία συνεχίζει να λειτουργεί. Η υδροστατική λίπανση εξασφαλίζει σημαντική αντιτριβική προστασία κατά την εκκίνηση από υψηλά φορτία και χαμηλές ταχύτητες περιστροφής.

## iii. Ελαστοϋδροδυναμική λίπανση (EHL)

Η ελαστοϋδροδυναμική λίπανση αναφέρεται στη λίπανση μεταξύ επιφανειών με ανόμοια υλικά κατασκευής. Επιφάνειες που παρουσιάζουν αυτού του είδους λίπανσης είναι τα γρανάζια, οι σφαιροτριβείς καθώς και έκκεντρα. Κατά το είδος αυτό της λίπανσης και υπό την επενέργεια φορτίων τα επαπτόμενα στοιχεία παραμορφώνονται ελαστικά σχηματίζοντας πολύ μικρές επιφάνειες επαφής (επαφές Hertz). Κατά το στάδιο παρεμβολής του λιπαντικού σχηματίζεται υγρή (υδροδυναμική) μεμβράνη πολύ λεπτού πάχους παρέχοντας την κατάλληλη αντιτριβική προστασία του τριβολογικού ζεύγους.

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο σχηματισμός της μεμβράνης είναι:

- ✚ Ιξώδες λιπαντικού
- ✚ Η ταχύτητα
- ✚ Η θερμοκρασία
- ✚ Η επιφανειακή τραχύτητα
- ✚ Η ποιότητα του λιπαντικού

Λόγω του φαινομένου της ελαστικής παραμόρφωσης των συνεργαζόμενων επιφανειών παρατηρούνται τριβές ολίσθησης θα πρέπει τα προς χρήση λιπαντικά να είναι εμπλουτισμένα με ειδικά πρόσθετα AW και EP.

## iv. Υδροδυναμική λίπανση (Hydrodynamic Lubrication)

Η υδροδυναμική λίπανση ή λίπανση παχέος στρώματος (thick film lubrication) υπάρχει όταν οι κινούμενες επιφάνειες διαχωρίζονται από ένα συνεχόμενο



αδιάσπαστο φιλμ λιπαντικού(lubrication film). Σε αυτό το είδος λίπανσης το φορτίο λαμβάνεται εξολοκλήρου από το λιπαντικό έλαιο και επιτυγχάνεται, όταν κατά την περιστροφή δημιουργείται ένα κωνικό ή σφηνοειδές φιλμ λαδιού το οποίο συσσωρεύεται στο διάκενο και δημιουργεί την απαραίτητη πίεση για την στήριξη του φορτίου.

Εφαρμογές υδροδυναμικής λίπανσης συναντάται σε:

- ✚ Ελαφριάς χρήσης μηχανολογικό εξοπλισμό
- ✚ Έδρανα βάσης
- ✚ Έδρανα κινητήρων μηχανών ντίζελ

#### v. Λίπανση υψηλής πίεσης

Υφίσταται όταν υπάρχουν περιπτώσεις λίπανσης στις οποίες παρατηρούνται ακραίες πιέσεις και υψηλές ταχύτητες και απαιτούνται λιπαντικά έλαια τα οποία να σχηματίζουν πιο ανθεκτικά φιλμ ικανά να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και υψηλά φορτία. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών πρόσθετων στα λιπαντικά έλαια κατά κύριο λόγο οργανικές ενώσεις όπως χλώριο (χλωριούχοι εστέρες), θείο (θειωμένα έλαια) και φώσφορος(φωσφορικό τριοξείδιο).

#### vi. Μικτή λίπανση

Η μικτή λίπανση, που ονομάζεται επίσης μερική λίπανση, είναι ένα σημαντικό καθεστώς λίπανσης σε κινητήρες εσωτερικής καύσης. Τόσο η ελαστοϋδροδυναμική λίπανση όσο και η επαφή από μέταλλο σε μέταλλο συμβαίνουν σε μικτή λίπανση. Το φορτίο υποστηρίζεται εν μέρει από τη μεμβράνη υγρού και εν μέρει από τις επιφανειακές τραχύτητες. Πολλά εξαρτήματα κινητήρα λειτουργούν με μικτή λίπανση, για παράδειγμα οι δακτύλιοι του εμβόλου και τα έκκεντρα. Τα ρουλεμάν του κινητήρα μπορεί επίσης να λειτουργούν με μικτή λίπανση υπό σοβαρή στιγμιαία φόρτιση. Η κατανόηση της μικτής λίπανσης είναι ιδιαίτερα σημαντική για έναν μηχανικό συστήματος για τους ακόλουθους λόγους. Πρώτον, είναι το καθεστώς λίπανσης στο οποίο η ακριβής πρόβλεψη της τριβής είναι η πιο δύσκολη, λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ της σύνθετης τοπογραφίας επιφανείας και της πίεσης υγρού (ή του πάχους της μεμβράνης λαδιού).

Σε σύγκριση με τη μικτή λίπανση, τα συστήματα υδροδυναμικής και ελαστοϋδροδυναμικής λίπανσης είναι σχετικά απλούστερα. Ο υπολογισμός της μικτής λίπανσης είναι επίσης πιο περίπλοκος από αυτόν του καθεστώτος λίπανσης ορίου. Επίσης η μικτή λίπανση είναι μια γέφυρα μεταξύ της υδροδυναμικής (ή της ελαστοϋδροδυναμικής) και των οριακών συνθηκών λίπανσης για έναν μηχανικό σχεδιασμό συστήματος για την πλήρη κατανόηση όλων των δεσμών μεταξύ τους. Οι τυχόν αστοχίες ή και η φθορά της μεμβράνης λιπαντικού κινητήρα (ανησυχία για την ανθεκτικότητα) ξεκινούν από τη μικτή λίπανση.

#### 1.3.4 Παράγοντες και απαιτήσεις των συστημάτων λίπανσης.

Ορισμένοι παράγοντες καθορίζουν την αποτελεσματικότητα της λίπανσης και της επιθυμητής μεμβράνης λαδιού. Περιλαμβάνουν φορτίο, θερμοκρασία, ιξώδες, ρυθμό ροής, ταχύτητα, ευθυγράμμιση, κατάσταση των επιφανειών εδράνου, διάκενα



λειτουργίας και καθαρότητα του λιπαντικού. Πολλοί από αυτούς τους παράγοντες, φυσικά, είναι αλληλένδετοι και αλληλεξαρτώμενοι.

Ένα λιπαντικό πρέπει να κολλήσει στις επιφάνειες των εδράνων και να υποστηρίξει το φορτίο σε ταχύτητες λειτουργίας. Απαιτείται περισσότερη συγκόλληση για να ένα λιπαντικό κολλημένο στις επιφάνειες των εδράνων σε υψηλές ταχύτητες παρά σε χαμηλές ταχύτητες. Σε χαμηλές ταχύτητες, απαιτείται μεγαλύτερη συνεκτικότητα ώστε το λιπαντικό να μην συμπιέζεται μεταξύ των εδράνων.

Μεγάλα διάκενα μεταξύ των επιφανειακών εδράνων απαιτούν τη χρήση ενός λιπαντικού με υψηλό ιξώδες και συνοχή που θα παρέχει ένα κατάλληλο φιλμ λιπαντικού λαδιού. Όσο μεγαλύτερες είναι οι ελευθερίες, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση που πρέπει να έχει το λιπαντικό, ώστε να μην ξεφλουδίζεται. (Εάν το λιπαντικό αφαιρεθεί, το φιλμ λιπαντικού λαδιού θα καταστραφεί.) Υψηλή μονάδα φόρτισης ενός εδράνου θα απαιτήσει επίσης τη χρήση ενός λιπαντικού με υψηλό ιξώδες. Ένα λιπαντικό που υπόκειται σε υψηλή φόρτιση πρέπει να είναι επαρκώς συνεκτικό ώστε να συγκρατεί και να διατηρεί τη μεμβράνη λαδιού.

### 1.3.5 Συστήματα λίπανσης.

Έχοντας αναλύσει το θεωρητικό κομμάτι της λίπανσης θα ήταν ορθό να αναφερθούν τα συστήματα και οι τρόποι παροχής του λιπαντικού ελαίου. Η οποιαδήποτε ανάλυση για την ορθή αξιοποίηση της λίπανσης απαιτεί τη γνώση και την εξοικείωση με τις βασικές αρχές, οι οποίες καθορίζουν το σωστό χειρισμό και την ορθή εφαρμογή των λιπαντικών και αυτές είναι:

#### ❖ Η καθαριότητα των εξαρτημάτων λίπανσης.

Όλα τα εξαρτήματα και τα συστήματα που αξιοποιούνται κατά την διαδικασία της λίπανσης, πρέπει να διατηρούνται καθαρά, να προστατεύονται, να φυλάσσονται όσο το δυνατόν από ρύπους και να συντηρούνται (εάν αυτό απαιτείται) με σκοπό μια επιτυχημένη λίπανση.

#### ❖ Συμβατότητα λιπαντικών.

Η χρήση μη συμβατών λιπαντικών με τα προς λίπανση εξαρτήματα ή τους μηχανολογικούς εξοπλισμούς πρέπει να αποφεύγεται ειδάλλως ελλοχεύει κίνδυνος με αρνητικές συνέπειες τόσο για την βιωσιμότητα του εξοπλισμού ή του συστήματος όσο και για την ανθρώπινη ζωή.

#### ❖ Συντήρηση εξοπλισμού και διάταξη κυκλοφορίας (δίκτυο)

Τα φίλτρα, οι διατάξεις καθαρισμού-φιλτραρίσματος πρέπει να διατηρούνται καθαρά, αλλά και να συντηρούνται βάσει προδιαγραφών που αναφέρονται στα τεχνικά εγχειρίδια των εκάστοτε κατασκευαστών του ανάλογου λιπαντικού εξοπλισμού.

Ιριδίζουσα αποτελεί η περίπτωση εναλλαγής λιπαντικών ελαίων διαφόρων κατηγοριών καθώς απαιτείται όχι μόνο ο καθαρισμός του συστήματος φιλτραρίσματος αλλά και ο εσωτερικός καθαρισμός του δικτύου λίπανσης-περίπτωση σωληνώσεων-(κλειστό σύστημα λίπανσης), είτε του λιπαντικού εξοπλισμού (ανοιχτό σύστημα).

#### ❖ Κατάλληλο λιπαντικό



Η επιλογή του κατάλληλου λιπαντικού πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές προδιαγραφές του και τις απαιτήσεις και συνθήκες εργασίας του εξοπλισμού που θα λιπάνει.

- ❖ Η αύξηση της θερμοκρασίας υποδηλώνει ανεπαρκή ή ελλιπή λίπανση.
- ❖ Τα λιπαντικά ελαία είναι χημικές ουσίες και για την ασφαλή διαχείριση τους θα πρέπει να μεταχειρίζονται με εξαιρετική προσοχή λαμβάνοντας κάθε δυνατό μέτρο ανθρώπινης και περιβαλλοντικής προστασίας βάσει διεθνών κανόνων υγιεινής και ασφαλείας.

### Είδη λιπαντικού μέσου

Σημαντικό παράγοντα για μια επιτυχημένη λίπανση είναι η σωστή επιλογή του λιπαντικού μέσου που θα χρησιμοποιηθεί. Τα πιο κοινά λιπαντικά είναι το γράσο και το λάδι).

#### ❖ Λίπανση γράσου

Είναι ένα ευρέως γνωστό λιπαντικό μέσο καθότι έχει αρκετά πλεονεκτήματα συγκριτικά με το πετρέλαιο, όπως:

- ✚ Παρέχει καλύτερες δυνατότητες πρόσφυσης
- ✚ Διασφαλίζει την προστασία από υγρασία και ρύπους
- ✚ Συγκρατείται ευκολότερα στο περίβλημα του εδράνου.

Η επιλογή του γράσου ως λιπαντικό μέσο (γίνεται) σε υπό κανονικές λειτουργίες των εδράνων (δεν απαιτούνται υψηλά φορτία ή πιέσεις ή θερμοκρασίες) και σε αυτές τις περιπτώσεις η πλήρωση πραγματοποιείται είτε από πιστόλι γράσου (γρασαδόρος) είτε με τα χέρια. Όταν γίνεται χρήση του γράσου ως λιπαντικού μέσου θα πρέπει ο αγωγός λίπανσης στο περίβλημα του εδράνου να τροφοδοτεί το λιπαντικό μέσο είτε στην εξωτερική επιφάνεια του δακτυλίου είτε στο έδρανο μέσω της αυλάκωσης λίπανσης.

#### ❖ Λίπανση λαδιού

Χρησιμοποιείται όταν υψηλές ταχύτητες είτε φορτία είτε οι υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται κάνουν απαγορευτική τη λίπανση μέσω γράσου, κύριος λόγος που εφαρμόζεται λίπανση με λάδι είναι διότι μεταφέρεται αποτελεσματικά μακριά από τα έδρανα ή λοιπά παρακείμενα τμήματα της μηχανής η θερμότητα που δημιουργείται λόγω της τριβής.

Καθοριστικός παράγοντας για την ορθή λίπανση μέσω λαδιού είναι μία ανάλυση του λαδιού ώστε να ελεγχθεί:

- ✚ Η ύπαρξη λειαντικών σωματιδίων
- ✚ Η εμφάνιση οξειδωσης
- ✚ Βλάβη σε περίπτωση πρόσθετου ελαίου.

Είναι ζωτικής σημασίας να ελέγχεται το λιπαντικό καθώς με τη σειρά του και αυτό εξασφαλίζει την ορθή λειτουργία και τη διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων και των μηχανικών μερών μια μηχανής.



## Συστήματα παροχής ελαίου

Έχοντας μιλήσει γενικά περί λίπανσης πρέπει να αναφερθούμε και στα μέσα που μας εξασφαλίζουν την επιθυμητή λίπανση. Η ενότητα αυτή εξετάζει τα διαφορετικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή του λιπαντικού μέσου.

Υπάρχουν δυο κύρια συστήματα με τα όποια δίνεται να πραγματοποιηθεί η παροχή του επιθυμητού λιπαντικού:

- A. Ανοιχτά συστήματα λιπάνσεως
- B. Κλειστά συστήματα λιπάνσεως

### A. Ανοιχτά συστήματα λίπανσης

Ορίζονται ως τα συστήματα στα οποία κατά την διαδικασία της λίπανσης εισέρχεται η χρήση του ανθρώπου για την πλήρωση του λιπαντικού, τη ρύθμιση της δοσολογίας και του χρόνου που απαιτείται έτσι ώστε να έχουμε μια επιτυχημένη λίπανση. Σε τέτοιου είδους συστήματα το ήδη χρησιμοποιημένο λιπαντικό απορρίπτεται. Υπάρχουν δυο υποκατηγορίες, μέθοδοι που εφαρμόζονται σε τέτοιου είδους συστήματα:

- i. Λίπανση μέσω χειρών/συσκευών (χειροκίνητη λίπανση)→Λιπαντικό μέσο: γρασαδόρος.
- ii. Συνεχής λίπανση→ Λιπαντικό μέσο: Εξαρτήματα

#### i. Λίπανση μέσω χειρών-συσκευών-Γρασαδόρος(χειροκίνητη λίπανση)

Είναι η απλούστερη και η πιο ευρέως γνωστή μέθοδος εφαρμογής των λιπαντικών (υγρά η γράσα) με ειδικές χειροκίνητες συσκευές. Εικόνα 17, γνωστά ως λαδικά, γρασαδόροι κλπ. και είναι το πιο εύκολα διαδεδομένο σύστημα λίπανσης για όλους τους μηχανολογικούς εξοπλισμούς .



**Εικόνα 17:** Χειροκίνητος μηχανισμός λίπανσης [[T3696-2-1024x1024.jpg](#) (1024×1024) ([tooltique.co.uk](http://tooltique.co.uk))]



## ii. Συνεχής λίπανση /Λίπανση μέσω βαρύτητας , Λιπαντικό μέσο: Εξαρτήματα

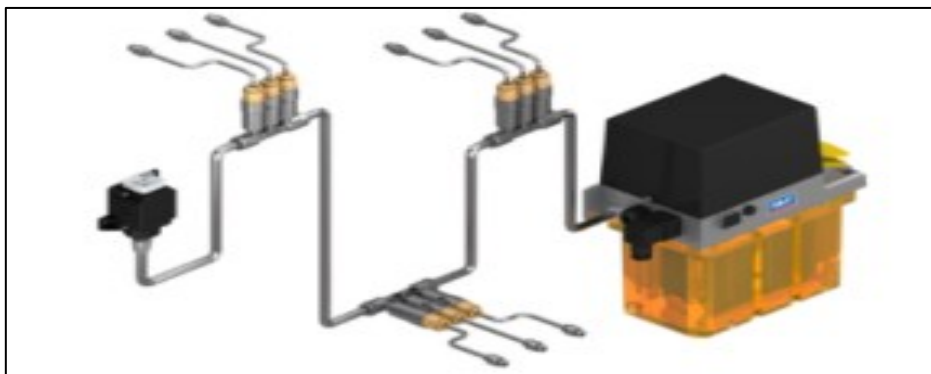
Εξαιτίας των περιορισμένων εφαρμογών, της δαπάνης σε χαμένο υλικό και απαιτούμενη ενέργεια ή ακόμη και του κινδύνου πυρκαγιάς από διαρροή του λιπαντικού είτε της επικινδυνότητας σε ορισμένες θέσεις, λοιπές εγκαταστάσεις εξαλείφουν την ανάγκη λίπανσης μέσω εξαρτημάτων και χρησιμοποιούν λίπανση μέσω βαρύτητας. Είναι από τους πρώτους τρόπους λίπανσης με λιπαντέλαιο (Εικόνα 18,) χρησιμοποιείται συνήθως για λίπανση εδράνων κυλίσεως αντλιών, τριβών που δεν χρειάζεται κυκλοφορία ελαίου είναι δε εύκολος ο τρόπος πλήρωσης καθώς και ο τρόπος ελέγχου ροής, και είναι γνωστοί ως λιπαντήρες.



**Εικόνα 18:** Λίπανση μέσω βαρύτητας

[[29cebc\\_9cdbf42960764e7eac81f93925c0deb0~mv2.jpg \(324x285\) \(wixstatic.com\)](#)]

Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη χρησιμοποιούνται ευρέως οι αυτόματοι λιπαντήρες ρυθμιζόμενης παροχής λιπαντικού (Εικόνα 19) όπου προγραμματίζεται ταυτόχρονα και ο χρόνος λίπανσης.



**Εικόνα 19:** Συστήματα αυτόματων λιπαντήρων [[single line oil system.png \(800x450\) \(grouphes.com\)](#)]

## B. Κλειστά συστήματα λίπανσης.

Ορίζονται ως τα συστήματα στα οποία κατά την διαδικασία της λίπανσης δεν υπάρχει παρέμβαση του ανθρώπου και η ρύθμιση της δΟΣΟΛΟΓΙΑΣ όσο και ο χρόνος που απαιτείται έτσι ώστε να έχουμε μια επιτυχημένη λίπανση γίνεται είτε ηλεκτρονικά

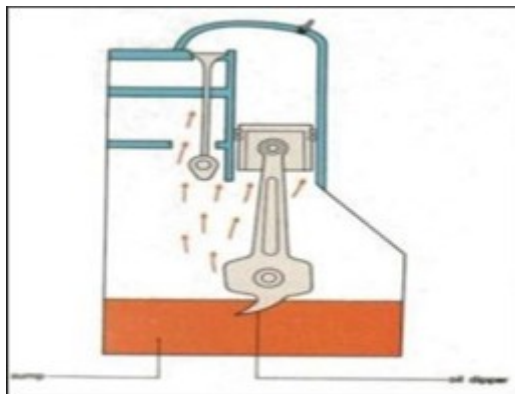


είτε μέσα σε εσώκλειστο χώρο Σε τέτοιου είδους συστήματα το λιπαντικό επανα-χρησιμοποιείται μέχρι να επέλθει ο χρόνος πλήρωσης ή αλλαγής του. Υπάρχουν δυο κατηγορίες τέτοιου είδους συστήματος:

### i. Μη υποχρεωτικά συστήματα

#### ✚ Λίπανση με εκτίναξη

Το λιπαντικό εκτινάσσεται στα απαιτούμενα σημεία λίπανσης με την βοήθεια κατάλληλα διαμορφωμένων τμημάτων επί των κινουμένων μερών του εξοπλισμού με μέσω του εμβαπτισμού στην ελαιολεκάνη την λίπανση τμημάτων συνήθως όπως μέσω των διωστήρων επιτυγχάνεται η λίπανση εμβολών. Η Εικόνα 20 απεικονίζει την χρήση περιστρεφόμενων εξαρτημάτων (δακτύλιοι ελαίου) που εκτινάσσουν λαδί

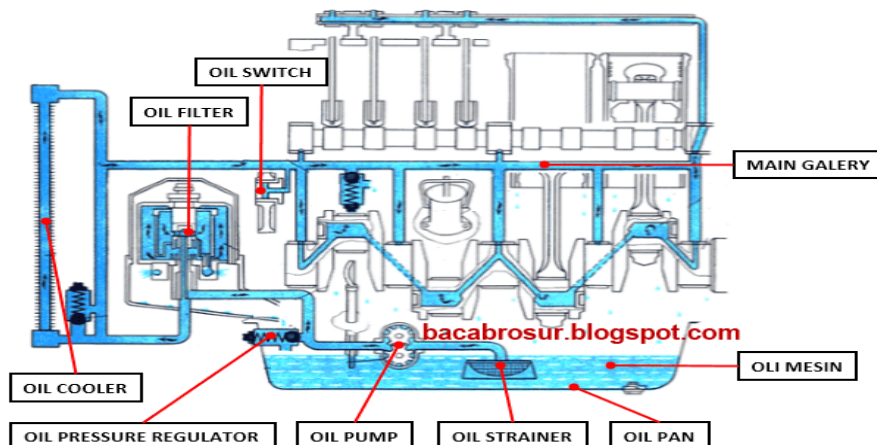


Εικόνα 20: Λίπανση με εκτίναξη [[splash\\_lube2.jpg \(604×718\) \(bp.blogspot.com\)](#)]

### ii. Συστήματα εξαναγκασμένης λίπανσης

#### ✚ Λίπανση με κυκλοφορία λαδιού

Είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος λίπανσης για εφαρμογές όπου τα φορτία είναι υψηλά Είναι πλήρη συστήματα λίπανσης εξοπλισμένα με αντλίες, φίλτρα, εναλλάκτες θερμότητας και τροφοδοτούνται είτε από εξωτερικές δεξαμενές ελαίου ή από την δεξαμενή κυρίου εξοπλισμού (ελαιολεκάνη), (Εικ.21).



Εικόνα 21: Λίπανση μέσω ελαιολεκάνης [[komponen+sistem+pelumasan.PNG \(612×437\) \(bp.blogspot.com\)](#)]





### 1.3.6 Προέλευση και σχεδιασμός λιπαντικών

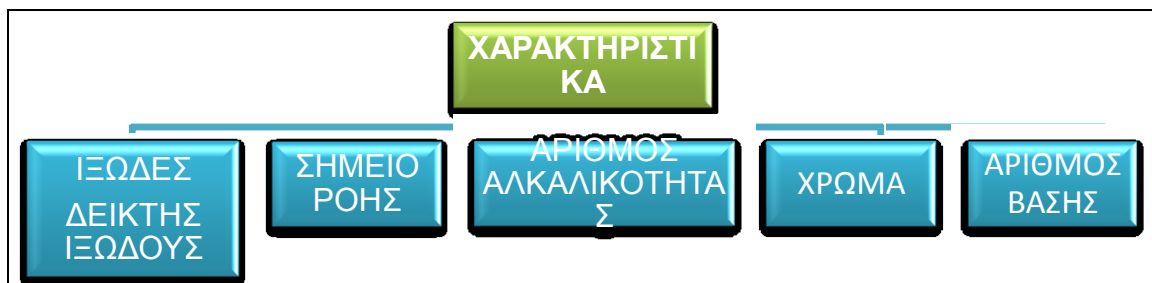
Η βασική πρώτη ύλη των βιομηχανικών λιπαντικών είναι τα βασικά λάδια που είτε προέρχονται από το αργό πετρέλαιο (ορυκτέλαια), που καλύπτουν το 90% των εφαρμογών, ή συνθετικά όταν πρόκειται για λιπαντικά πολύ υψηλής απόδοσης και ελεγχόμενων ιδιοτήτων, και προκύπτουν από την κλασματική απόσταξη πετρελαίου και πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στη παραγωγή λιπαντικών μετά την διεργασία εξευγενισμού.

#### ✚ Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες ορυκτελαίων.

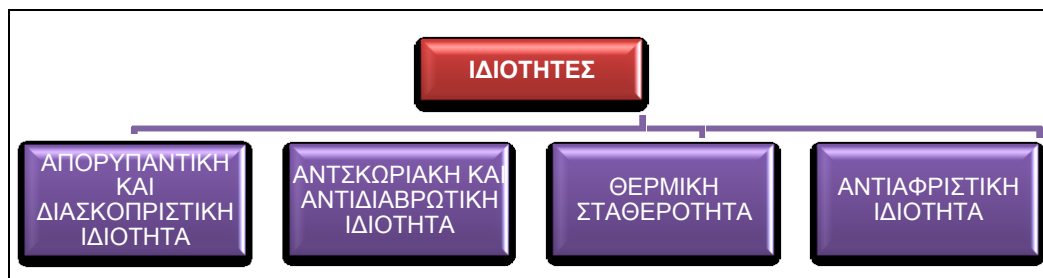
Όλα τα χρησιμοποιούμενα λιπαντικά είναι μίγματα βασικών λαδιών ( ορυκτέλαια ή συνθετικά ) με χημικά προσθετά για την ενίσχυση ώστε να ανταποκριθούν και στις πιο ακραίες συνθήκες λειτουργίας και μπορεί να είναι:

- ❖ Προσθήκη ιδιοτήτων που μόνο από την διύλιση δεν μπορούν να αποκτήσουν.
- ❖ Αποφυγή των σταδίων διύλισης (ορυκτέλαια) όταν με την χρήση προσθέτων μπορούμε να επιτύχουμε π.χ. ταπείνωσή σημείου ροής ,δείκτη ιξώδους κλπ.
- ❖ Ενίσχυση κάποιας ιδιότητας που απαιτείται για την εφαρμογή τους όπως πρόσφυση, αντιδιαβρωτική ικανότητα.
- ❖ Ενίσχυση της αντοχής οξειδωσης κάτι που αποτελεί την κυριότερη αίτια καταστροφής τους.

Σχετικά με τα χαρακτηριστικά (Εικόνα 22) και χημικές ιδιότητες (Εικόνα 23) των λιπαντικών καθώς και στα προσθετά που χρησιμοποιούνται για την βελτίωση γίνεται παρακάτω μια αναφορά.



Εικόνα 22: Χαρακτηριστικά λιπαντικών



Εικόνα 23: Ιδιότητες λιπαντικών



## 2 ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (Μ.Ε.Κ)

Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ) ορίζεται εκείνη η θερμική μηχανή στην οποία η καύση του μίγματος(καυσίμου-ατμοσφαιρικός αέρας) λαμβάνει χώρα σε κλειστό χώρο. Η κύρια διαφορά με τις ατμομηχανές (το καύσιμο είναι ο ατμός) είναι ότι δεν επεμβαίνει εξωτερικός παράγοντας (άνθρωπος) στον χώρο καύσης, δηλαδή με το να τροφοδοτεί την μηχανή με την καύσιμη ύλη.

### 2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ Μ.Ε.Κ

Η ιστορική αναδρομή του ανθρώπινου είδους αποτελείται από επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις σε ποικίλους τομείς της καθημερινής ζωής. Η ολοένα αυξανόμενη αναζήτηση για εξέλιξη στον τομέα της παραγωγής και σε συνδυασμό με την βιομηχανική επανάσταση έθεσαν τα θεμέλια για την έρευνα, την μελέτη και την κατασκευή των Μ.Ε.Κ. Η εξέλιξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης οι οποίοι τροφοδοτούνται με υγρά καύσιμα πραγματοποιήθηκε σε τρία στάδια, αρχικά από τον Jean-Josef Lenoir σε συνέχεια από τον Nicolaus Otto(πατέρας των βενζινομηχανών) για να καταλήξει στον Rudolf Diesel(πατέρας των πετρελαιομηχανών). Οι τρεις προαναφερθέντες επιστήμονες-ερευνητές με το έργο τους έθεσαν τις βάσεις με τις οποίες λειτουργούν μέχρι την σύγχρονη εποχή όλες οι μηχανές.

### 2.2 ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ Μ.Ε.Κ

Ένας τυπικός διαχωρισμός των ΜΕΚ φαίνεται στην εικόνα 24



Εικόνα 24: Διαχωρισμός Μ.Ε.Κ

Στο παρακάτω Πίνακα 2. απεικονίζεται η κατάταξη των εμβολοφόρων



παλινδρομικών ΜΕΚ

**Πίνακας 2:** Κατάταξη Μ.Ε.Κ

<b>ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΕΣ ΜΕΚ</b>		
<b>A/A</b>	<b>ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΜΕΚ</b>	
<b>1</b>	Τρόπος έναυσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μηχανές εναύσεως με σπινθήρα (βενζινοκινητήρες-ΟΤΤΟ)</li> <li>Μηχανές εναύσεως με συμπίεση (πετρελαιομηχανές-DIESEL)</li> <li>Μηχανές Semi-Diesel</li> </ul>
<b>2</b>	Αριθμό διαδρομής εμβόλου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τετράχρονες(Four-stroke engines)</li> <li>Δίχρονες(Two-stroke engines)</li> </ul>
<b>3</b>	Είδος καυσίμου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μηχανές βαραίου πετρελαίου(μαζούτ)</li> <li>Μηχανές ελαφρών καυσίμων (πετρέλαιο, βενζίνη)</li> <li>Μηχανές αερίων καυσίμων</li> <li>Μηχανές πολλαπλών καυσίμων (Multifuel)</li> <li>Μηχανές διπλού καυσίμου(Dual fuel)</li> </ul>
<b>4</b>	Ταχύτητα περιστροφής	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αργόστροφες (έως 350 RPM-κύριες μηχανές πλοίων)</li> <li>Μεσόστροφες (έως 1500 RPM-κύριες μηχανές πλοίων -τρένων-ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη)</li> <li>Πολύστροφες (έως 5000 RPM-μηχανές τροχοφόρων)</li> <li>Ταχύ στροφές (άνω των 5000 RPM-αγωνιστικά-κλπ)</li> </ul>
<b>5</b>	Αριθμό κυλίνδρων	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μονοκύλινδρες</li> <li>Πολυκύλινδρες</li> </ul>
<b>6</b>	Διάταξη κυλίνδρων	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κατακόρυφες- Εν σειρά (V, W, H, X)</li> <li>Αντιτιθεμένων κυλίνδρων</li> <li>Αστεροειδής</li> <li>Διπλών εμβόλων</li> </ul>
<b>7</b>	Τρόπος ψύξης	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αερόψυκτες</li> <li>Υδροψυκτες</li> </ul>
<b>8</b>	Τρόπος σύνδεσης εμβόλου-διωστήρα	Μηχανές με ή χωρίς ζύγωμα
<b>9</b>	Παροχή αέρα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υπερπληρούμενες(Super-charged)</li> <li>Ατμοσφαιρικές</li> </ul>
<b>10</b>	Τρόπος εγκατάστασης	<ul style="list-style-type: none"> <li>Σταθερής ή μόνιμης βάσης</li> <li>Κινητές ή φορητές</li> </ul>
<b>11</b>	Τρόπος χρήσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μηχανές οχημάτων</li> <li>Ναυτικές μηχανές</li> <li>Βιομηχανικές σταθερές</li> <li>Μηχανές αεροσκαφών</li> </ul>
<b>12</b>	Εισαγωγή καυσίμου	<ul style="list-style-type: none"> <li>Με εξαερωτήρα(carburetor)</li> <li>Αντλία εγχύσεως και εγχυτήρα(injection)</li> <li>Δεξιόστροφες</li> </ul>



13	Φορά περιστροφής	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αριστερόστροφες</li> <li>• Αναστρέψιμες</li> </ul>
14	Παραγόμενη ισχύς	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μικρής ισχύος (έως 20 Ps)</li> <li>• Μέσης ισχύος (έως 200 Ps)</li> <li>• Μεγάλης ισχύος (άνω 200 Ps)</li> </ul>
15	Απόδοση ισχύος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μηχανές σταθερών στροφών και μεταβλητού φορτίου</li> <li>• Μηχανές μεταβλητών στροφών</li> </ul>
16	Είδος θαλάμου καύσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μηχανές με ενιαίο θάλαμο</li> <li>• Μηχανές με διαιρούμενο θάλαμο</li> </ul>

Στην Εικόνα 25 απεικονίζεται η χρήση των πετρελαιοκινητήρων

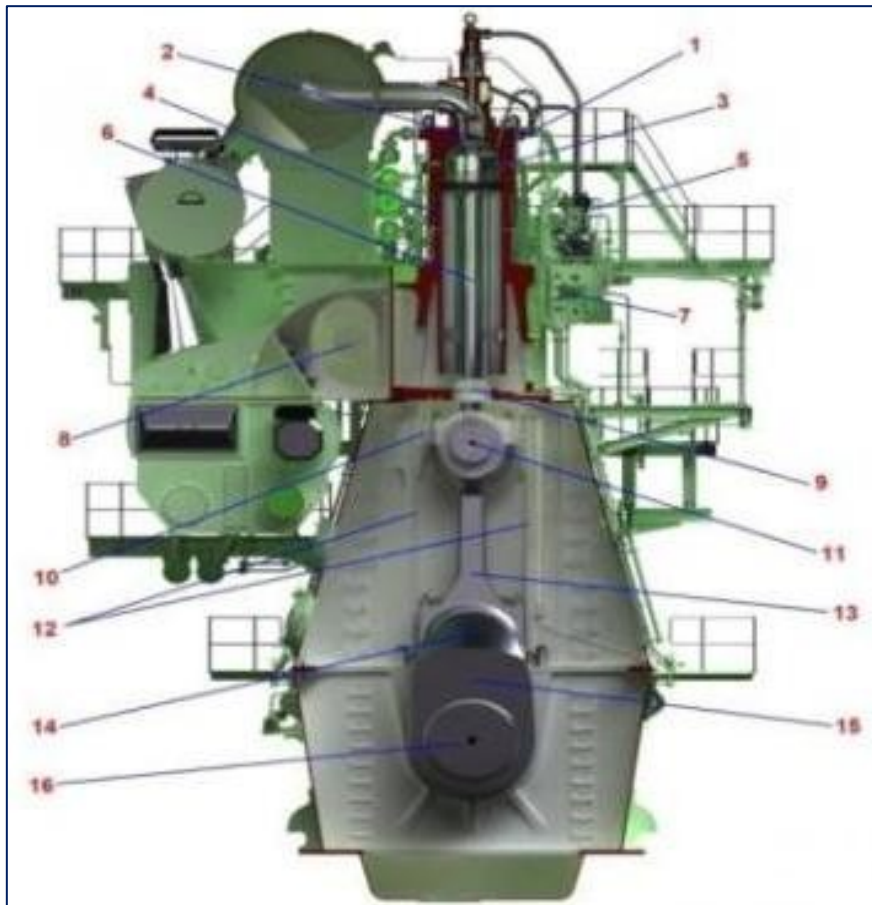


Εικόνα 25: Κατηγορίες πετρελαιοκινητήρων

### 2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ Μ.Ε.Κ

Όπως αναφέρθηκε η ανάπτυξη και εξέλιξη των μηχανών στους τομείς της βιομηχανίας, των κατασκευών και της παραγωγής, δεν θα γινόταν να μην επηρεάσει και την ανάπτυξη της ναυτιλίας ειδικά με την ανακάλυψη του κινητήρα Diesel. Στη σημερινή εποχή τόσο για την πρόωση όσο και για την ηλεκτροπαραγωγή επί των πλοίων και για οικονομικούς λόγους έχουν επικρατήσει οι δίχρονες αργόστροφες-τετράχρονες πολύστροφες μηχανές πετρελαίου. Οι δίχρονες αργόστροφες μηχανές είναι βαρύτερες και ακριβότερες κατά την κατασκευή τους από τις τετράχρονες, μειονεκτήματα τα οποία αντισταθμίζονται από την οικονομικότερη και αποδοτικότερη χρήση τους. Τα πλεονεκτήματα τους είναι η καύση κακής ποιότητας καυσίμου χωρίς προβλήματα, η απουσία μειωτήρα και η απλούστερη κατασκευή (μικρότερος αριθμός κυλίνδρων καθώς και εξαρτημάτων για δεδομένη ισχύ). Με τον μικρότερο αριθμό κυλίνδρων επιτυγχάνεται η μείωση των κινουμένων μερών αυτής με αποτέλεσμα την αύξηση της αξιοπιστίας της.

Με την χαμηλή ταχύτητα περιστροφής της υπάρχει η δυνατότητα απευθείας μετάδοσης κίνησης στην προπέλα χωρίς την παρεμβολή μειωτήρα, ενώ παράλληλα υπάρχει και ο απαραίτητος χρόνος για την καύση χαμηλής ποιότητας καυσίμου. Με την επίτευξη σχεδιασμού χρήσης ζυγώματος και βάκτρου επιτυγχάνουμε την απομόνωση του στροφαλοθαλάμου από το κιβώτιο σαρώσεως ώστε να είναι δυνατή η χρήση διαφορετικού λιπαντικού για τους κυλίνδρους και διαφορετική για την υπόλοιπη μηχανή.



**Εικόνα 26:** Τομή αργόστροφης 2-Χ μηχανής MAN B&W [21500-8012263.jpg (575×832) (nauticexpo.fr)]

**Πίνακας 3:** Περιγραφή μερών τομής της μηχανής

A/A	Περιγραφή	A/A	Περιγραφή
1	Πώμα κυλίνδρου	9	Στυπαιοθλίπτης
2	Βαλβίδα εξαγωγής	10	Έδρανο ζυγώματος
3	Έμβολο	11	Κομβίο ζυγώματος
4	Χιτώνιο	12	Ευθυντηρίες(Γλίστρες)
5	Υ/Σ κίνησης βαλβίδας εξαγωγής	13	Διωστήρας
6	Βάκτρο	14	Κομβιον διωστήρα στροφαλοφόρου άξονα
7	Χώρος εκκεντροφόρου άξονα	15	Αντίβαρο στροφάλου (παρειά)
8	Χώρος σάρωσης	16	Κομβίο βάσεως στροφαλοφόρου άξονα

Στην εικόνα 26 απεικονίζεται σε τομή μια δίχρονη αργόστροφη πετρελαιομηχανή με ζύγωμα (10), και στον πίνακα 3, η περιγραφή της. Στο ανώτερο σημείο διακρίνεται η κεφαλή του κυλίνδρου(1), ο οποίος μαζί με το χιτώνιο αποτελεί τον θάλαμο καύσης. Ο κάθε κύλινδρος είναι διαιρούμενος (έχει τον δικό του χώρο καύσης) και συνδέεται με το υπόλοιπο σώμα της μηχανής με μπουλόνια (φυτευτοί κοχλίες). Το εσωτερικό της μηχανής είναι κατασκευασμένο με κατάλληλες κοιλότητες για τον σχηματισμό υδροθαλάμων με σκοπό της ψύξης της. Στο άνω σημείο της κεφαλής είναι



στερεωμένη η βαλβίδα εξαγωγής(2), στην οποία τοποθετείται το ελατήριο αέρα( safety air) για την επανατατική κίνησή της, ενώ για την καθοδική της κίνηση υφίσταται υδραυλική πίεση από το λάδι το οποίο παρέχεται από κατάλληλο μηχανισμό(5), ο οποίος ενεργοποιείται από τον εκκεντροφόρο άξονα με την κίνηση των κατάλληλων έκκεντρων. Ο εκκεντροφόρος άξονας εδράζεται στον χώρο εκκεντροφόρου άξονα(7) πάνω στο σώμα της μηχανής, λαμβάνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω της καδένας, και είναι υπεύθυνος για την κίνηση της βαλβίδας εξαγωγής και των αντλιών πετρελαίου.

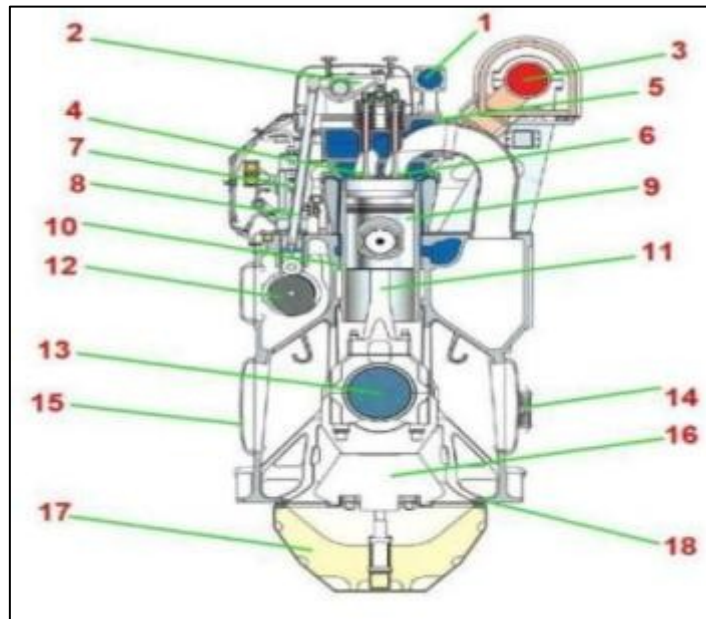
Μέσω των διπλών έκκεντρων που φέρει το ένα για την πρόσθια και το άλλο για την ανάποδη κίνηση, μέσω υδραυλικής πίεσης επιτυγχάνεται η κατάλληλη εμπλοκή του αντίστοιχου έκκεντρου μέσω αξονικής μετατόπισης. Κάτω από την κεφαλή διακρίνεται το χιτώνιο (4) μέσα στο οποίο παλινδρομεί το έμβολο(3), φέρει κατάλληλες εσωτερικές αυλακώσεις για την ροή του νερού ψύξης της μηχανής, ενώ η εισαγωγή του αέρα που απαιτείται για την καύση παρέχεται από τον χώρο σάρωσης(8), μέσω ειδικά διαμορφωμένων θυρίδων εισαγωγής στο κάτω μέρος του χιτωνίου. Ο χώρος σάρωσης τροφοδοτείται με αέρα από τον υπερπληρωτή. Μέσα στο χιτώνιο παλινδρομεί το έμβολο το οποίο συνδέεται με το ζύγωμα μέσω του βάκτρου (6).

Σκοπός λειτουργίας του εμβόλου μέσω της πίεσης των καυσαερίων είναι η μετατροπή της θερμικής ενέργειας από την καύση σε κινητική (δύναμη).Μέσω της παλινδρομικής κίνησής του ελέγχει την εισαγωγή του αέρα καύσης. Η ψύξη του επιτυγχάνεται με λάδι μέσω του κύριου συστήματος λίπανσης, με κατάλληλα εσωτερικά διαμορφωμένους διόδους για την κυκλοφορία του λιπαντικού με σκοπό την αύξηση της ψυχομένης επιφάνειας, και εξωτερικά φέρει κατάλληλες αυλακώσεις για την τοποθέτηση των ελατήριων συμπίεσης και ελαίου. Λόγω της μεγάλης διαδρομής του εμβόλου και για την μετάδοση της κίνησης στο διωστήρα το έμβολο συνδέεται μέσω του βάκτρου που είναι ένας χαλύβδινος βραχίονας και στο εσωτερικό του μέσω αγωγών κυκλοφορεί το λάδι ψύξεως εμβόλου με ενδιάμεση αρθρωτή σύνδεση που ονομάζεται κόμβιο ζυγώματος (11), και εδράζεται στο έδρανο ζυγώματος (10) το οποίο ολισθαίνει κατακόρυφα επί των ευθυντυριών (12).

Για την μείωση των τριβών κατά την ολίσθηση του εδράνου ζυγώματος μετά των ευθυντυριών τοποθετούνται πέδιλα από λευκό μέταλλο για τα οποία απαιτείται πολύ καλή λίπανση. Για την στεγανοποίηση-απομόνωση του χώρου σάρωσης από τον στροφαλοθάλαμο τοποθετείται κατάλληλη διάταξη-στυπαιοθλίπτης (9), τοποθετημένος στο μεταλλικό διάφραγμα του κιβωτίου σάρωσης. Το ζύγωμα συνδέεται με τον διωστήρα (13) ο οποίος φέρει στα άκρα του κατάλληλα διαμορφωμένες οπές με διαιρούμενους τριβείς με λευκό μέταλλο αποσκοπώντας στην μετατροπή της ευθύγραμμης κίνησης του βάκτρου σε περιστροφική και την μεταφορά της στον στροφαλοφόρο άξονα, εσωτερικά δε φέρει διόδους για την μεταφορά του λιπαντικού στους τριβείς. Ο στροφαλοφόρος άξονας με την βοήθεια του διωστήρα μετατρέπει την ευθύγραμμη κίνηση σε περιστροφική και αποτελείται από τα κύρια κομβία βάσεως (16) για την έδραση επί της μηχανής και τα κομβία διωστήρα (14) και φέρει στο εσωτερικό του διόδους για την παροχή ελαίου προς του κύριους τριβείς βάσεως και στους τριβείς κομβίων του διωστήρα. Τέλος για την αποφυγή των ταλαντώσεων και για την ζυγοστάθμιση των έκκεντρων μαζών αυτού



καθώς και των παλιδρομούντων μαζών εμβόλου-διωστήρα, ο στροφαλοφόρος άξονας φέρει αντίβαρα (15).



Εικόνα 27: Τομή 4-Χ Wartsila 4L20 [[wartsila4602.JPG \(1008×1427\) \(bp.blogspot.com\)](#)]

Πίνακας 4: Περιγραφή μερών τομής μηχανής

A/A	Περιγραφή	A/A	Περιγραφή
1	Οχετός εισαγωγής	10	Χιτώνιο
2	Ωστήριες γέφυρες βαλβίδων	11	Διωστήρας
3	Οχετός εξαγωγής	12	Εκκεντροφόρος Άξονας
4	Βαλβίδα εισαγωγής	13	Στροφαλοφόρος Άξονας
5	Πώμα κυλίνδρου	14	Θύρα εκρήξεως στροφαλοθαλάμου
6	Βαλβίδα εξαγωγής	15	Θύρα στροφαλοθαλάμου
7	Αντλία εκχύσεως	16	Αντίβαρα
8	Ωστήρια Ράβδος βαλβίδας	17	Ελαιολεκάνη
9	Έμβολο	18	Βάση σκελετός στήριξης

Στην εικόνα 27 απεικονίζεται σε τομή μια τετράχρονη πετρελαιομηχανή και στον πίνακα 4, η περιγραφή της. Στο ανώτερο σημείο διακρίνεται το σύστημα ωστηρίων γεφυρών βαλβίδων (2) το οποίο συνδέεται μέσω των ωστηρίων ράβδων βαλβίδων (8) με τον εκκεντροφόρο άξονα (12) και ο οποίος εδράζεται στον χώρο εκκεντροφόρου άξονα πάνω στο σώμα της μηχανής, λαμβάνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα και είναι υπεύθυνο για την κίνηση των βαλβίδων εισαγωγής (4) και εξαγωγής (6) καθώς και των αντλιών εκχύσεως (7). Επίσης στο ανώτερο σημείο του σώματος της μηχανής διακρίνεται η κεφαλή κυλίνδρου (5) η οποία μαζί με το χιτώνιο (10) αποτελεί το θάλαμο καύσης.

Ο κάθε κύλινδρος φέρει το δικό του πώμα ενώ τα χιτώνια είναι σε ενιαίο μπλοκ κυλίνδρων. Κάτω από την κεφαλή και εντός του χιτωνίου παλινδρομεί το έμβολο (9) το οποίο φέρει εξωτερικά κατάλληλες αυλακώσεις για την τοποθέτηση των



ελατηρίων. Σκοπός λειτουργίας του εμβόλου μέσω της πίεσης των καυσαερίων είναι η μετατροπή της θερμικής ενέργειας από την καύση σε κινητική και η μετάδοση αυτής μέσω του διωστήρα (11) στον στροφαλοφόρο άξονα.

Ο στροφαλοφόρος άξονας (13) με την βοήθεια του διωστήρα μετατρέπει την ευθύγραμμη κίνηση σε περιστροφική και αποτελείται από τα κύρια κομβία βάσεως για την έδραση επί της μηχανής και τα κομβία διωστήρα και φέρει στο εσωτερικό του διόδους για την παροχή ελαίου προς του κύριους τριβείς βάσεως και στους τριβείς κομβίων του διωστήρα. Τέλος για την αποφυγή των ταλαντώσεων και για την ζυγοστάθμιση των έκκεντρων μαζών αυτού καθώς και των παλιδρομούντων μαζών εμβόλου-διωστήρα, ο στροφαλοφόρος άξονας φέρει αντίβαρα (16).

Η λίπανση επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλα τοποθετημένης αντλίας ελαίου προς τα λιπαινόμενα μέρη του εκκεντροφόρου και των ωστηρίων γεφυρών βαλβίδων, και ποικίλει ανάλογα με τον κατασκευαστή.

## 2.4 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ Μ.Ε.Κ

Η αρχή λειτουργίας των εμβολοφόρων παλινδρομικών ΜΕΚ, συνίσταται στην μετατροπή της θερμικής ενέργειας που εκλύεται από την καύση του καυσίμου μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένο κλειστό χώρο (θάλαμος καύσεως) σε μηχανικό έργο μέσα από κατάλληλους μηχανισμούς και κατάλληλα εξαρτήματα. Η πίεση που αναπτύσσεται από την εκλυόμενη θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανικό έργο μέσω της ελεγχόμενης μεταβολής του θαλάμου καύσης. Η ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε μηχανική και μεταφέρεται στον στροφαλοφόρο άξονα μέσω του διωστήρα. Η περιστροφική κίνηση του στροφάλου και το διπλάσιο της ακτίνας του ορίζουν τις δυο ακραίες θέσεις του εμβόλου οι οποίες είναι το ΑΝΣ και το ΚΝΣ. Η απόσταση μεταξύ των δυο σημείων ονομάζεται **διαδρομή ή χρόνος εμβόλου**. Το έργο από την εκτόνωση των καυσαερίων παράγεται κατά την μετακίνηση του εμβόλου από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ, η οποία μετακίνηση απαιτεί και κατανάλωση έργου. Το έργο αυτό παρέχεται από τον σφόνδυλο ο οποίος συνδέεται με τον στροφαλοφόρο άξονα, και λόγω της μεγάλης μάζας του και της περιστροφικής του κινήσεως αποταμιεύει ενέργεια κατά την εκτόνωση των καυσαερίων την αποδίδει για τις υπόλοιπες κινήσεις του εμβόλου. Ο κύκλος λειτουργίας της μηχανής περιλαμβάνει την διαδικασία εισαγωγής του ατμοσφαιρικού αέρα ή του μίγματος αέρα καυσίμου μέσα στον κύλινδρο, την συμπίεση του, την εισαγωγή του καυσίμου, την διαδικασία καύσεως, την εκτόνωση των καυσαερίων και τέλος την εξαγωγή τους στο περιβάλλον. Με βάση τις ανωτέρω διεργασίες και ανάλογα με τον τύπο της μηχανής, διακρίνονται σε δίχρονες και τετράχρονες μηχανές.

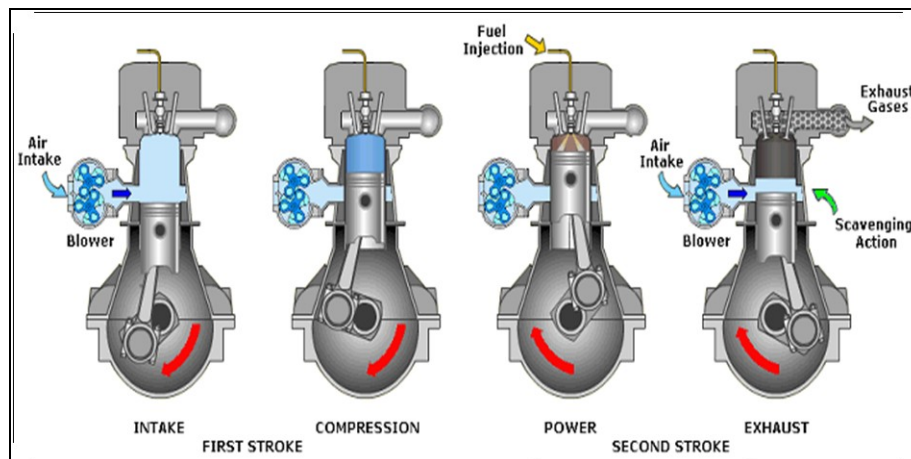
### A. Δίχρονες Μηχανές.

Η δίχρονη πετρελαιομηχανή ολοκληρώνει τον κύκλο λειτουργίας της σε τέσσερις φάσεις (εισαγωγή-συμπύεση-καύση-εκτόνωση/εξαγωγή) αλλά σε δύο χρόνους (1<sup>ος</sup> χρόνος: εισαγωγή-συμπύεση και 2<sup>ος</sup> χρόνος: εκτόνωση-εξαγωγή), και η διαδικασία ολοκλήρωσης ενός κύκλου λειτουργίας αντιστοιχεί σε μια πλήρη περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα (360°). Η κλασική δίχρονη πετρελαιομηχανή δεν χρησιμοποιεί βαλβίδες εισαγωγής-εξαγωγής για την εισαγωγή του αέρα και αντίστοιχα για την εξαγωγή των καυσαερίων, αλλά στο κάτω μέρος του τοιχώματος





του χιτωνίου πλησίον του ΚΝΣ και μέσω κατάλληλων θυρίδων επικοινωνούν με το εσωτερικό του κυλίνδρου και οι οποίες έχουν διαφορετικό ύψος και θέσεις ανάλογα με την λειτουργία τους. Ο έλεγχος του ανοίγματος και κλεισίματος των θυρίδων και κατ'επέκταση της ροής του αέρα και των καυσαερίων πραγματοποιείται με την κίνηση του εμβόλου. Κατά την διάρκεια κινήσεως του εμβόλου από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ και λίγο πριν το ΚΝΣ αποκαλύπτει σταδιακά τις θυρίδες επιτρέποντας τόσο την εισαγωγή του αέρα από τον οχετό εισαγωγής καθώς και την εξαγωγή των καυσαερίων προς τον οχετό εξαγωγής, αντίθετα καθώς το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ κλείνει σταδιακά την θυρίδα εισαγωγής και την θυρίδα εξαγωγής στεγανοποιώντας τον κύλινδρο. Στις σύγχρονες μεγάλης ισχύος δίχρονης πετρελαιομηχανές έχει τοποθετηθεί πλέον βαλβίδα εξαγωγής. Στοσχέδιο που παρατίθεται κάτωθι, απεικονίζονται οι χρόνοι λειτουργίας ενός δίχρονου κινητήρα. Στην Εικόνα 28, παρατηρούνται οι φάσεις σε έναν 2-χρονο κινητήρα.



Εικόνα 28: Φάσεις λειτουργίας 2-Χ κινητήρα [[diesel\\_page\\_00.gif \(722x298\) \(tms.org.au\)](#)]

## Β. Τετράχρονη Μηχανές

Η τετράχρονη πετρελαιομηχανή ολοκληρώνει τον κύκλο λειτουργίας της σε τέσσερις φάσεις και σε τέσσερις χρόνους, που αντιστοιχεί σε διαδρομές εμβόλου μεταξύ ΑΝΣ και ΚΝΣ. Η διαδικασία ολοκλήρωσης ενός κύκλου λειτουργίας τετράχρονης μηχανής αντιστοιχεί σε δυο πλήρης περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα (720°γωνία στροφάλου). Συνοπτικά οι φάσεις λειτουργίας μια τετράχρονης μηχανής είναι οι εξής:

- 1. Εισαγωγή:** Το έμβολο κινείται προς το ΚΝΣ δημιουργώντας υποπίεση. Ταυτόχρονα η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει και ο κύλινδρος πληρείται με ατμοσφαιρικό αέρα.
- 2. Συμπύεση:** Το έμβολο κινείται προς το ΑΝΣ συμπιέζοντας τον αέρα. Ο λόγος συμπιέσεως είναι 20:1 διπλάσιος του αντίστοιχου λόγου των βενζινομηχανών. Οι βαλβίδες είναι κλειστές.
- 3. Ανάφλεξη/Εκτόνωση:** Το έμβολο πλησιάζει το ΑΝΣ, εκχύνεται το καύσιμο μίγμα στον θάλαμο και λόγω υψηλών θερμοκρασιών στο θάλαμο το μίγμα αναφλέγεται. Η εκτόνωση προκαλεί μετατόπιση του εμβόλου προς το ΚΝΣ. Η καύση πραγματοποιείται σε μικρότερο χώρο και το έμβολο εκτελεί μεγαλύτερη διαδρομή με



αποτέλεσμα την παραγωγή μεγαλύτερου έργου. Οι βαλβίδες εισαγωγής παραμένουν κλειστές.

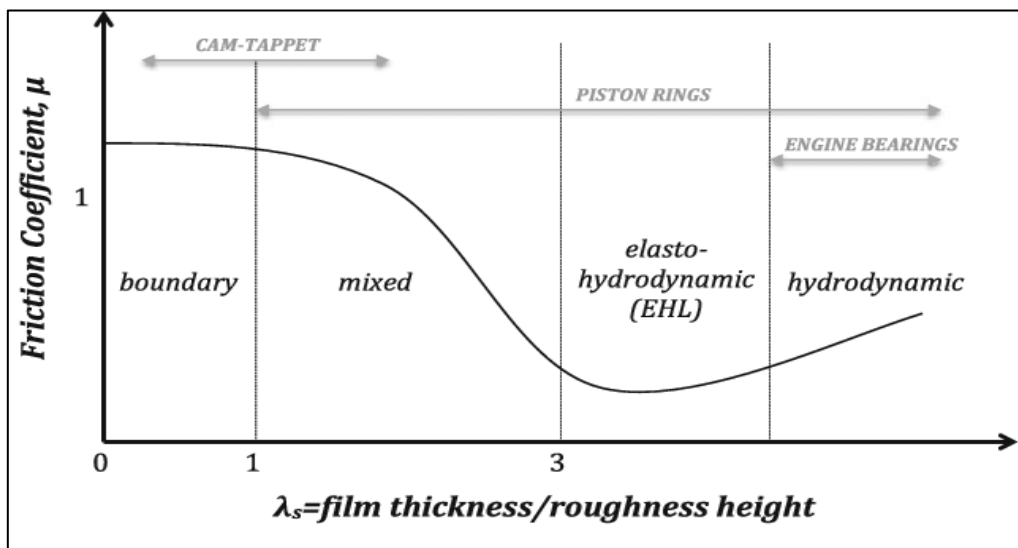
4. **Εξαγωγή:** Η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει, το έμβολο κινείται προς το ΑΝΣ και απομακρύνει τα καυσαέρια.



### 3 ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕΡΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΩΡΩΝ ΜΕΚ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια εισαγωγή στα κύρια μέρη που αποτελούν μια εμβολοφόρα ΜΕΚ. Η περιγραφή θα επικεντρωθεί στη λίπανση των βασικών τμημάτων των αργόστροφων 2-χρονων και των μεσόστροφων 4-χρονων πετρελαιοκινητήρων ναυτιλίας. Η ορθή λίπανση των ζωτικών εξαρτημάτων στις 2-χρονες και 4-χρονες μηχανές παίζει σημαντικό ρόλο όχι μόνο για την αποδοτικότερη λειτουργία των μηχανών λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες ενέργειας αλλά και για την καλύτερη βιωσιμότητα τους.

Οι βασικές αρχές της Τριβολογίας και της λίπανσης απεικονίζονται στην Εικόνα 29 στην καμπύλη Stribeck και χαρακτηρίζουν τους ναυτικούς κινητήρες και είναι:



Εικόνα 29: Καμπύλη Stribeck λιπαινόμενων μερών ενός κινητήρα [[stribeck line - Bing images](#)]

✚ **Οριακή λίπανση: (boundary lubrication):** που χαρακτηρίζεται από υψηλό συντελεστή τριβής και κάποια επαφή με τις στερεές επιφάνειες με αποτέλεσμα την τριβή.

✚ **Μικτή και ελαστοϋδροδυναμική λίπανση (mixed & EHL):** που χαρακτηρίζεται από συντελεστή χαμηλής τριβής.

✚ **Υδροδυναμική λίπανση ( Hydrodynamic lubrication):** που χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλή τριβή και ουσιαστικά χωρίς φθορά καθώς οι επιφάνειες διατηρούνται σε απόσταση.

Επομένως ο κύριος στόχος της λίπανσης είναι η μείωση της φθοράς σε χαμηλό επίπεδο των εξαρτημάτων και το λιπαντικό να ταιριάζει για την επίτευξη αυτού του στόχου και να είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις των κατασκευαστριών εταιρειών. Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά στην λειτουργία και λίπανση εξαρτημάτων τόσο των δίχρονων και τετράχρονων κινητήρων εκτενέστερα και τα οποία μπορεί να είναι και κοινά.



Σε μία μηχανή, το σύνολο των κινούμενων μερών στα οποία αναπτύσσονται τριβές κατά την λειτουργία των μηχανών, και επηρεάζουν την διάρκεια ζωής τους και απαιτούν σωστή λίπανση είναι:

1. Έμβολο
2. Κύλινδρος
3. Τριβείς εδράνων (κουζινέτα)
4. Εκκεντροφόρος
5. Στροφαλοφόρος
6. Ωστικός τριβέας
7. Υπερπληρωτής
8. Έδρανα τελικού άξονα
9. Μειωτήρας
10. Σύστημα χοάνης τελικού άξονα

### 3.1 ΛΙΠΑΝΣΗ ΔΙΧΡΟΝΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ

Οι δίχρονοι κινητήρες ορίζονται ως αυτή η ομάδα παλινδρομικών κινητήρων εσωτερικής καύσης που έχουν μια διαδρομή καύσης σε κάθε δεύτερη διαδρομή, ή με άλλα λόγια, κάθε κύλινδρος έχει ενεργοποιημένη μια διαδρομή ισχύος σε κάθε περιστροφή στροφαλοφόρου άξονα. Οι δίχρονοι κινητήρες ντίζελ με ζύγωμα ονομάζονται επίσης χαμηλής ταχύτητας ή μεγάλοι κινητήρες. Γενικά, οι κινητήρες χαμηλής ταχύτητας ορίζονται ως κινητήρες με ταχύτητα περιστροφής κάτω από 300 σ.α.λ. Αυτός ο τύπος παλινδρομικού κινητήρα χαρακτηρίζεται επιπλέον από τη χρήση ενός συστήματος οδηγού εγκάρσιας κεφαλής. Μια άκαμπτη ράβδος συνδέει το έμβολο με το συγκρότημα ρουλεμάν εγκάρσιας κεφαλής και περνά μέσω ενός στεγανοποιητικού και οδηγός. Το συγκρότημα εδράνου εγκάρσιας κεφαλής μεταδίδει με τη σειρά του δυνάμεις στον στροφαλοφόρο άξονα μέσω του συνδετικής ράβδου.

Οι δίχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται συνήθως ως ο κύριος κινητήρας προώθησης στα πλοία και μερικές φορές είναι χρησιμοποιείται για χειραίες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης ενός δίχρονου κινητήρα με ζύγωμα (crosshead) στα πλοία είναι ότι μια έλικα υψηλής απόδοσης μπορεί να συνδεθεί απευθείας με τον κινητήρα χωρίς την ανάγκη για ενδιάμεσο σύστημα μετάδοσης. Αυτό επιτρέπει μια συμπαγή και οικονομική διάταξη και ο κινητήρας μπορεί να ξεκινήσει προς τα εμπρός ή προς τα πίσω για να επιτρέπεται ο ελιγμός του σκάφους.

Αυτοί οι κινητήρες έχουν δυνατότητα πολλαπλών καυσίμων και συνήθως μπορεί να λειτουργήσει σε διάφορες ποιότητες βαρέως μαζούτ (HFO, που ονομάζεται επίσης υπολειμματικό μαζούτ) ή απόσταγμα καύσιμα (π.χ. ντίζελ) ή μείγματα αυτών των καυσίμων.

Επίσης οι κινητήρες έχουν συνήθως τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη διάμετρο κυλίνδρου 26 έως 98 cm.
- Υψηλή αναλογία διαδρομής προς διάτρηση έως 5: 1.
- Μέση ταχύτητα εμβόλου περίπου 9 m/s στη διαμόρφωση γραμμής 4 έως 14 κυλίνδρους.



- Υψηλή μέση αποτελεσματική πίεση φρένων (BMEP) έως 21 bar
- Υψηλή πίεση κυλίνδρου έως 200 bar
- Υψηλή ισχύ εξόδου σε χαμηλές ταχύτητες έως 87 MW στις 100 RPM
- Πολύ υψηλή θερμική απόδοση περίπου 50%
- Πολύ χαμηλή ειδική κατανάλωση καυσίμου Μέχρι 160 g / kWh
- Πολύ αποτελεσματική λειτουργία σε μεγάλη ταχύτητα και εύρος φορτίου υπερσυμπιεστή και ενδιάμεση ψύξη
- Μεταβλητός και ελεγχόμενος χρόνος ψεκασμού καυσίμου και διάρκεια για ηλεκτρονικά ελεγχόμενους κινητήρες
- Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδας εξαγωγής
- Πολύ στιβαρή κατασκευή και μεγάλη αξιόπιστη διάρκεια ζωής - πάνω από 100.000 ώρες / 30 χρόνια.

Το λιπαντικό κυλίνδρου προορίζεται για τη λίπανση του εμβόλου και των ελατήριων στο χιτώνιο του κυλίνδρου και να περιορίσει τα προϊόντα της καύσης. Το λάδι συστήματος προορίζεται για να λιπαίνει τα έδρανα, τους εκκεντροφόρους άξονες και τους οδηγούς στο μηχανισμό ζυγώματος και διατηρεί απαλλαγμένο από μείζονα μόλυνση, από υπολείμματα καύσης μέσω του στυπαιοθαλάμου του εμβόλου(stuffing box) στον στροφαλοθάλαμο. Το λάδι συστήματος μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη των εμβόλων και την λίπανση του υπερσυμπιεστή. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υδραυλικό υγρό για τη λειτουργία των βαλβίδων εξαγωγής και σε ορισμένες περιπτώσεις για το σύστημα ελέγχου ψεκασμού καυσίμου.

### 3.1.1 Λίπανση εμβόλων

Το έμβολο (piston) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εξαρτήματα μιας μηχανής, καθώς είναι υπεύθυνο για την ελεγχόμενη εκτόνωση των καυσαερίων από την καύση και για την παράγωγή του ωφέλιμου έργου. Επιπλέον είναι υπεύθυνο για την στεγανοποίηση του χώρου καύσης μέσω των ελατήριων, στις 2-Χ πετρελαιομηχανές ελέγχει την εναλλαγή των αερίων ανοίγοντας και κλείνοντας στον κατάλληλο χρόνο τις θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής. Ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος και τη χρήση της μηχανής μπορεί να κατασκευάζονται είτε ενιαία είτε διαιρούμενα. Τα έμβολα στις ναυτικές μηχανές κατασκευάζονται με δυο ή περισσότερα τμήματα (Εικ.30) τα οποία είναι η **κεφαλή** και η **προέκταση** (ποδιά).

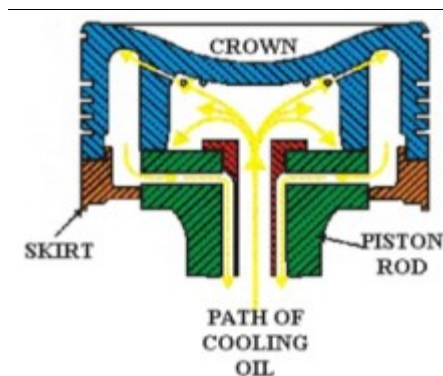


**Εικόνα 30:** Κεφαλή και ποδιά εμβόλου κινητήρα MAN [[1825.jpg \(924x743\) \(diytrade.com\)](#)]



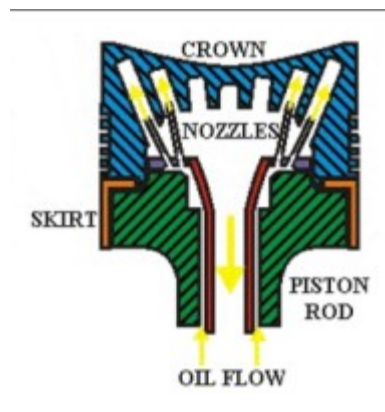
Στο εσωτερικό η κεφαλή είναι ειδικά διαμορφωμένη ώστε να φέρει διόδους για την κατάλληλη κυκλοφορία του λιπαντικού λαδιού και την αύξηση της επιφάνειας εναλλαγής θερμότητας. Η ψύξη του εμβόλου επιτυγχάνεται με την άντληση του λιπαντικού λαδιού από την ελαιολεκάνη (κάρτερ) με τη χρήση αντλίας λιπαντικού λαδιού (lube oil pump) σε αγωγούς στο εξωτερικό κέλυφος της μηχανής και εν συνεχεία ένα εσωτερικό σύστημα σωληνώσεων-βραχίονα τροφοδοτεί το λάδι στο σύστημα εδράνων-ζυγώματος.

Το βάκτρο τροφοδοτείται από τις οπές των εδράνων ζυγώματος και οδηγεί μέσω του στελέχους του το ψυκτικό έλαιο στον χώρο στην κεφαλή του εμβόλου μέσω της κοιλότητας του βάκτρου. Το λάδι επιστρέφει δια μέσου μικρών οπών του βάκτρου και συλλέγεται στο χώρο των εδράνων-ζυγώματος όπου εν τέλει καταλήγει πάλι πίσω στην ελαιολεκάνη. Ένα τυπικό διάγραμμα της μεθόδου ψύξης του εμβόλου παρουσιάζεται στην Εικ.31.



**Εικόνα 31:** Ψύξη εμβόλου [[2\\_stroke\\_piston\\_cooling.gif \(320×291\) \(bp.blogspot.com\)](#)]

Με την πρόοδο των μηχανών, ο κατασκευαστικός οίκος SULZER ανέπτυξε μια μέθοδο λίπανσης-ψύξης εμβόλου δίχρονης μηχανής, η οποία είναι η κυκλοφορία του λιπαντικού λαδιού στο εσωτερικό της κεφαλής του εμβόλου χρησιμοποιώντας μια πλάκα με ακροφύσια (Εικ.32) τα οποία διοχετεύουν το λάδι, στις εσωτερικές κοιλότητες του εμβόλου μέσω ειδικά διαμορφωμένων διόδων, που βρίσκονται στο κάτω τμήμα της κεφαλής του εμβόλου.



**Εικόνα 32:** Λίπανση εμβόλου με χρήση πλάκας ακροφυσίων [[Piston1.bmp \(588×298\) \(bp.blogspot.com\)](#)]

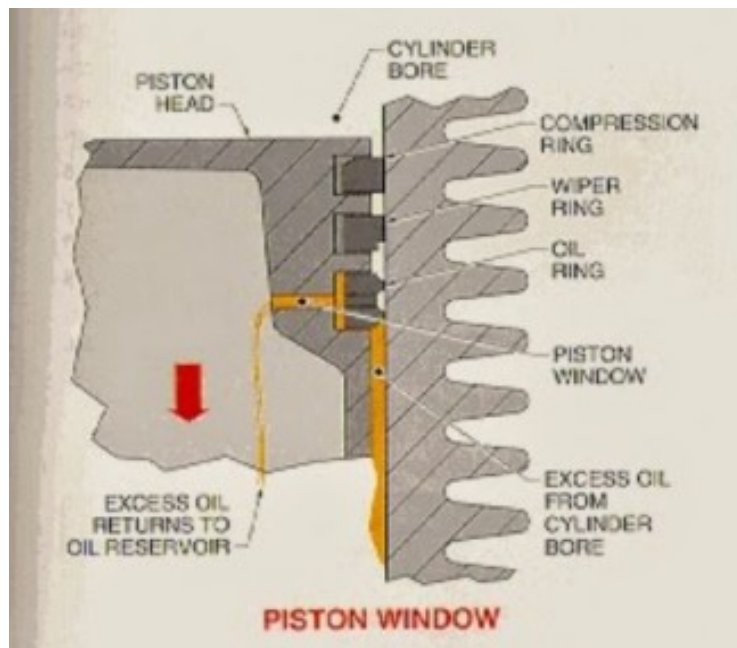


### 3.1.2 Ελατήρια εμβόλων (piston tings).

Είναι απαραίτητο να γίνει αναφορά στα ελατήρια εμβόλου τα οποία εξασφαλίζουν την στεγανοποίηση του χώρου καύσης προς αποφυγή των καυσαερίων (ελατήρια συμπίεσεως) στον στροφαλοθάλαμο καθώς και των ελατήριων ελαίου τα οποία βοηθούν στην ομοιόμορφη διανομή του ελαίου στον κύλινδρο και ταυτόχρονα να εμποδίζουν το λαδί λιπάνσεως να εισέρχεται στο χώρο καύσης.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο σκοπός τους είναι η συνεχής και ομοιόμορφη λίπανσης μεταξύ κεφαλής εμβόλου και χιτωνίου μέσω της δημιουργίας μιας λιπαντικής μεμβράνης λιπαντικού συγκεκριμένου πάχους και διαμόρφωσης καταλαβαίνουμε την κρισιμότητα της κατάστασης( επιθεώρηση - αντικατάσταση) λαμβάνοντας υπόψη ότι αφενός η δημιουργία μικρού πάχους μεμβράνη λαδιού μειώνει την λιπαντική ικανότητα και αυξάνει τον κίνδυνο ξηράς τριβής και αφετέρου η υπερβολική παρουσία λαδιού αυξάνει την κατανάλωση και δημιουργεί κίνδυνο παρουσίασης εξανθρακωμάτων στους αύλακες ελατήριων προκαλώντας φθορά αυτών καθώς και κόλλημα. καταστάσεις.

Για την δυνατότητα τοποθέτησης είναι μη ολοκληρωμένου κυλιόμενου δακτυλιοειδές σχήμα και οι διαστάσεις της εξωτερικής και εσωτερικής διαμέτρου είναι ανάλογες διαμορφωμένες για την προσαρμογή τους στον κύλινδρο. Η διατομή τους είναι συνήθως μορφής όνυχα έτσι ώστε κατά την κίνηση του εμβόλου προς το ΑΝΣ η άνω κεκλιμένη να στρώνει την μεμβράνη λιπαντικού, εμπρός δε από την κεκλιμένη επιφάνεια δημιουργείται σφήνα λαδιού που το συμπιέζει και ρυθμίζει το πάχος αυτής. Κατά την κίνηση προς το ΚΝΣ λόγω του όνυχα δεν σχηματίζει σφήνα λαδιού και το ελατήριο δεν συμπιέζεται αλλά αποξάινεται από τα τοιχώματα του χιτωνίου, όπως φαίνεται στην Εικ.33.



Εικόνα 33: Ροή ελαίου στο σετ ελατηρίων [[ENGR1304: Power Cycles \(e1304.blogspot.com\)](http://ENGR1304: Power Cycles (e1304.blogspot.com))]

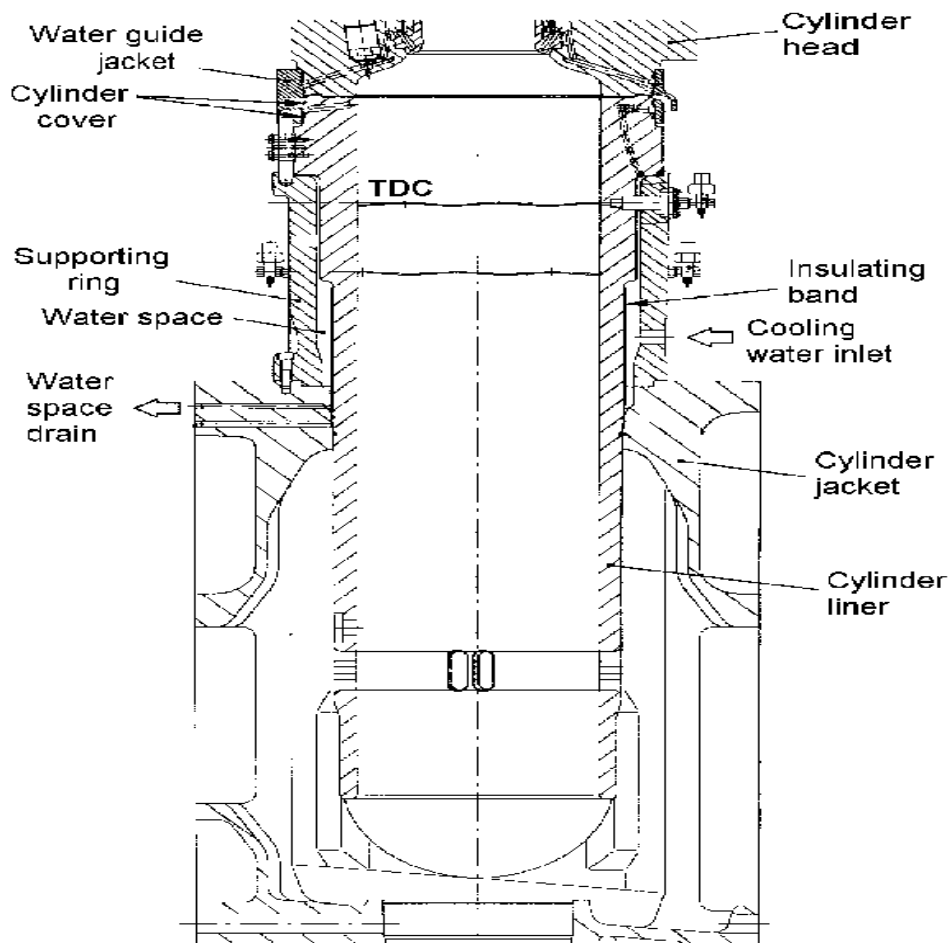


### 3.1.3 Λίπανση κυλίνδρων.

Τα χιτώνια του κυλίνδρου είναι από τα πιο εκτεθειμένα μέρη μιας μηχανής σε υψηλές θερμοκρασίες, πιέσεις και ακραίες συνθήκες (φορτία κινητήρα). Είναι ένα ξεχωριστό κομμάτι που χωρίζει τον κύλινδρο, τον θάλαμο καύσης και το έμβολο, το οποίο παλινδρομεί στο εσωτερικό του. Η κατασκευή του αυτή διευκολύνει την ψύξη του και την επισκευή του. Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των χιτωνίων είναι ανώτερης ποιότητας συγκριτικά με εκείνα που απαιτούνται στην κατασκευή του μπλοκ της μηχανής, και συνήθως κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο, κράματα χρωμίου, βαναδίου και μολυβδαινίου σε στόχο την αύξηση της αντοχής στη διάβρωση και στη φθορά λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, το σύστημα λίπανση τους για να είναι πιο αποδοτικό θα πρέπει να εξυπηρετεί κάποιους συγκεκριμένους σκοπούς οι οποίοι είναι:

- ✚ Να δημιουργεί και να συντηρεί μια λεπτή μεμβράνη λαδιού (oil film), για να αποτρέπει την επαφή των μεταλλικών επιφανειών (χιτώνια- ελατήρια εμβόλου)
- ✚ Να εξουδετερώνει το θετικό οξύ προς αποφυγή ή έλεγχο της διάβρωσης
- ✚ Να διατηρεί καθαρό το περίβλημα του χιτωνίου και τα ελατήρια του εμβόλου

Στην Εικ.34 παρουσιάζεται χιτώνιο δίχρονου κινητήρα και είναι εμφανές οι θυρίδες εισαγωγής αέρα σάρωσης καθώς και οι οπές εφαρμογές λιπαντήρων.



**Εικόνα 34:** Χιτώνιο 2-Χ κινητήρα [*The cross-section of the cylinder of SULZER RTA 58 engine. | Download Scientific Diagram (researchgate.net)*]





Συνοψίζοντας η αποστολή της λίπανσης των κυλίνδρων είναι η προστασία του χιτωνίου και των εμβόλων από τις φθορές που δημιουργούνται και οφείλονται στη:

- + Διάβρωση
- + Τριβή
- + Μεταλλική επαφή εμβόλου-χιτωνίου όταν υπάρχει έλλειψη λιπαντικής μεμβράνης.

Στις 2-Χ μηχανές με ζύγωμα, η λίπανση του κυλίνδρου επιτυγχάνεται μέσω ενός ανεξάρτητου συστήματος παροχής κυλινδρέλαιου. Από την δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης και μέσω της βαρύτητας τροφοδοτούνται οι λιπαντήρες. Με τους λιπαντήρες επιτυγχάνεται μικρή έγχυση ποσοτήτων με υψηλή πίεση σε κάθε διαδρομή της μηχανής και καλύτερο προσδιορισμό της κατανάλωσης του κυλινδρέλαιου. Οι λιπαντήρες είναι μια μονάδα με εμβολοφόρες αντλίες, όπου η αντλία μπορεί να είναι μια για κάθε κύλινδρο, και ο σκοπός της είναι να διατηρεί σταθερή τη στάθμη στον λιπαντήρα και τη διανομή του στον διανομέα.

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης για τους λιπαντήρες είναι μηχανικό, παίρνει κίνηση από τον εκκεντροφόρο άξονα και είναι εξοπλισμένο με ανεπίστροφες βαλβίδες προς αποφυγή διαρροής καυσαερίου στο σύστημα λαδιού. Από ορισμένους κατασκευαστές τελευταία εφαρμόστηκε η μέθοδος λίπανσης κυλίνδρων με συσσωρευτή, το οποίο αποτελείται από μια αντλία η οποία αναρροφά λιπαντικό από έναν ενιαίο λιπαντήρα και καταθλίβει σε έναν συσσωρευτή(accumulator) και σκοπός του είναι να διατηρεί επάρκεια λιπαντικού σε καθορισμένη πίεση.

Κύριο παράγοντα για την επιτυχημένη και αποδοτική λειτουργία του συστήματος παίζει η άρτια συντήρησή του, που περιλαμβάνει την εκκένωση του, τον καθαρισμό του και των έλεγχο των φίλτρων, των σωληνώσεων και των βαλβίδων. Τα τελευταία χρόνια οι κατασκευάστριες εταιρείες μηχανών λαμβάνοντας υπόψη τους νέους κανονισμούς σχετικά με τους εκπεμπόμενους ρύπους και για να αποφύγουν την υπερβολική κατανάλωση των κυλινδρέλαιου με οικονομικές επιβαρύνσεις, κάθε μια ανέπτυξε και από εν σύγχρονο σύστημα ψεκασμού. Ενδεικτικά στη συνέχεια θα γίνει αναφορά για τα συστήματα των εταιρειών WÄRTSILÄ και MANB&W.

## WÄRTSILÄ

Η φινλανδική εταιρεία Wärtsilä σε συνεργασία με την γερμανική εταιρεία SKF, ανέπτυξαν ένα πρωτότυπο σύστημα ελέγχου δοσολογίας κυλινδρέλαιου το CLU-4. Το συγκεκριμένο είναι μια σύνθετη μονάδα για κάθε κύλινδρο ξεχωριστά. Η αντλία τους συστήματος λειτουργεί μέσω ενός ενσωματωμένου ηλεκτρικού κινητήρα και στην συνέχεια ένας συσσωρευτής κρατώντας την υψηλή πίεση της γραμμής σταθερή τροφοδοτεί το σύστημα παροχής. Στη συνέχεια ένας προοδευτικός διανομέας τροφοδοτεί με υψηλή πίεση και ισομερώς το λιπαντικό έλαιο στους ψεκαστήρες, απελευθερώνοντας μια ποσότητα λαδιού 1-1,6 g/kWh σε κάθε κύκλο λειτουργίας της μηχανής.

Αν και αποδοτικό το σύστημα αυτό, εξαιτίας της αύξησης των τιμών στα λιπαντικά, των νέων κανονισμών σχετικά με τις εκπομπές ρύπων και σε συνάρτηση με τις νέες μηχανές της εταιρείας(τύπουRT-flex), οδήγησαν στην ανάπτυξη του αναβαθμισμένου συστήματος PLS(Pulse Lubricating System-Παλμικό Σύστημα Λίπανσης) ,έχει την

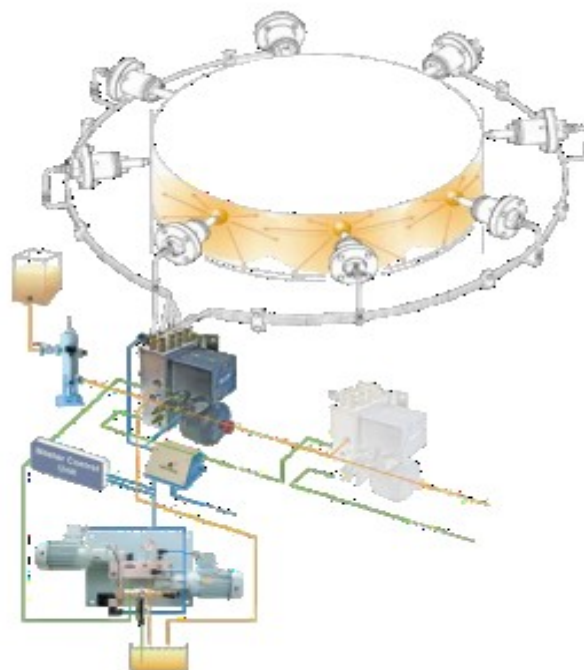


δυνατότητα να διανέμει το λιπαντέλαιο κυλίνδρου μέσω δυναμικών παλμών ακριβώς προς την δέσημ ελατήριων του εμβόλου σε καθορισμένη χρονική περίοδο με σκοπό την ομοιόμορφη κατανομή γύρω από την επιφάνεια του χιτωνίου και στηρίζεται σε ένα αυτοτελές τμήμα ανά κύλινδρο με ηλεκτρονικά στοιχεία ανίχνευσης και τα οποία εφοδιάζουν με πίεση λιπαντικό.

Τα πλεονεκτήματα της παλμικής λίπανσης είναι **(1)** η τροφοδοσία με καλύτερα μετρημένες ποσότητες λιπαντικού 0,8 g/kWh, ακριβώς στην περιφέρεια του δακτυλίου του εμβόλου και στην ποδιά του, βασιζόμενη σε μια μονάδα λίπανσης σε κάθε κύλινδρο με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου τροφοδοτούμενο από μια εμβολοφόρα υδραυλική αντλία θετικής εκτόπισης CLU-4 με αριθμό εξόδων του κυλινδρέλαιου ίσο με τον αριθμό των προφυσίων σε κάθε κύλινδρο, η δε ποσότητα και η συχνότητα με την οποία εκχύνεται σε κάθε ακροφύσιο είναι προκαθορισμένη ή μπορεί να υπολογιστεί και να προσαρμοστεί μέσω ενός συστήματος ελέγχου το οποίο μετρά το φορτίο της μηχανής, την ταχύτητα περιστροφής και την θέση του στροφάλου και **(2)** ο καλύτερος χρονισμός εγχύσεως-ψεκασμού που οδηγεί σε μειωμένη κατανάλωση κυλινδρέλαιου.

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα του συστήματος (Εικ.35) είναι:

- ✓ Οικονομικά: Μειωμένη κατανάλωση λιπαντικού κυλίνδρου / Μείωση συνολικού κόστους λειτουργίας.
- ✓ Τεχνικά: Ακρίβεια εκχύσεις στην περιοχή ελατήριων / Ακριβής καταμέτρηση – εξοικονόμηση / Μείωση στο ελάχιστο των επικαθήσεων λόγω μειωμένης λίπανσης.
- ✓ Περιβαλλοντικά: Μείωση εκπομπής σταθερών ρύπων λόγω μειωμένης κατανάλωσης λιπαντικού.



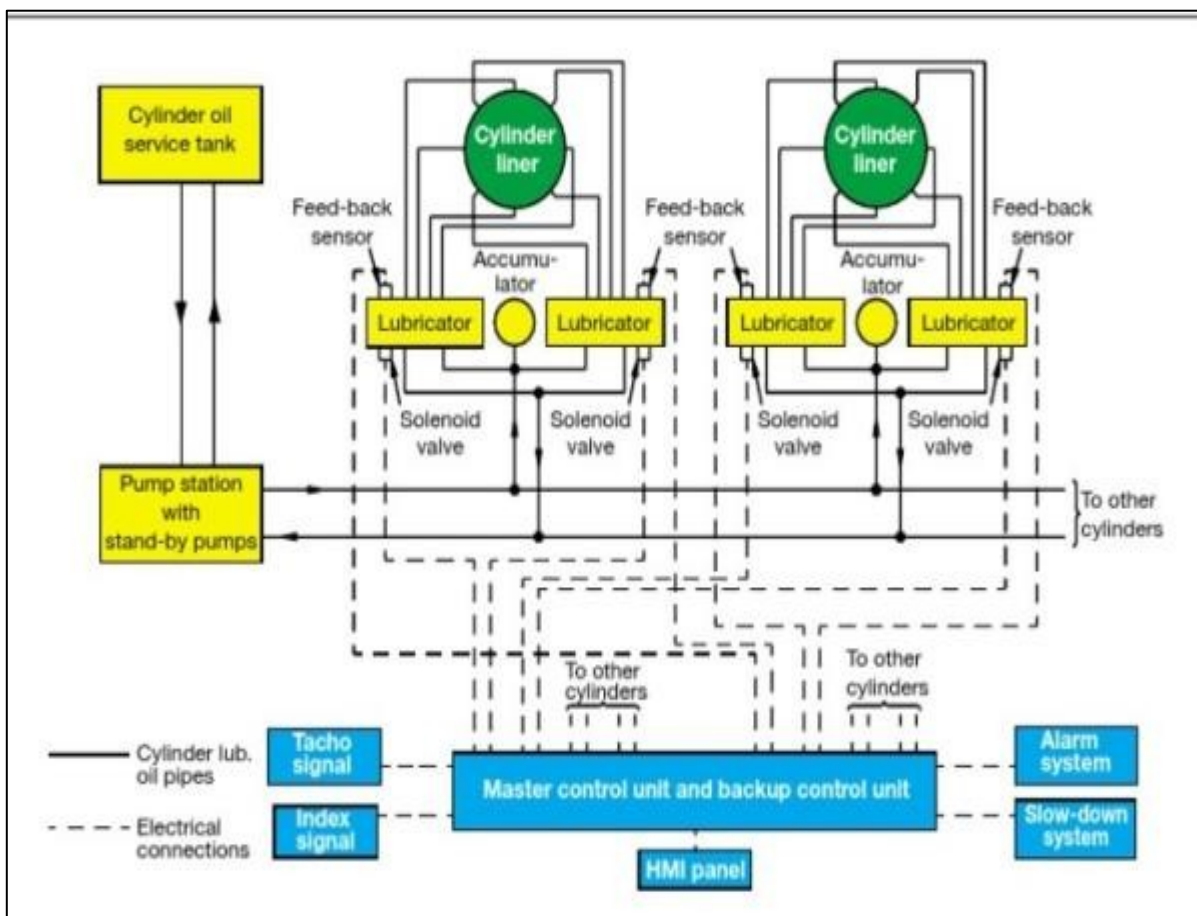
**Εικόνα 35:** Συστήματα λίπανσης χιτωνίων CLU-4 [*Retrofit Pulse Lubricating System (wartsila.com)*]



## MAN B&W

Η γερμανοδανέζικη εταιρεία MAN B&W σε συνεργασία με την εταιρεία ALPHA LUBRICATORS ανέπτυξαν το δικό τους σύστημα ελέγχου και λίπανσης κυλίνδρων που ονομάζεται Alpha ACC (Alpha Adaptive Cylinder Oil Control), του οποίου η λειτουργία βασίζεται σε έναν αλγόριθμο για τον έλεγχο της συχνότητας και της ποσότητας της έγχυσης του λιπαντικού, με σκοπό την ρύθμιση της καταθλιβόμενης ποσότητας στον κύλινδρο ανάλογα με το φορτίο της μηχανής και την ποσότητα του θείου που περιέχεται στο καύσιμο.

Το σύστημα λαμβάνοντας δείγμα του χρησιμοποιημένου λιπαντικού από κάθε κύλινδρο, αναλύεται και λαμβάνει δεδομένα για τη φθορά του κυλίνδρου, του φορτίου της μηχανής, της ποσότητας του κυλινδρέλαιου, την περιεκτικότητα σε θείο και την δοσολογία του λιπαντικού, δημιουργώντας έτσι έναν αλγόριθμο που στέλνεται στην κεντρική μονάδα η οποία υπολογίζει αυτόματα την δοσολογία που απαιτείται, επιτυγχάνοντας έτσι την μικρότερη δυνατή κατανάλωση χωρίς παράλληλα την αλλοίωση της λιπαντικής μεμβράνης ή των αντιδιαβρωτικών και απορρυπαντικών ιδιοτήτων του λιπαντικού. Στην Εικ.36 εμφανίζεται το σύστημα λίπανσης Alpha Lubricator.

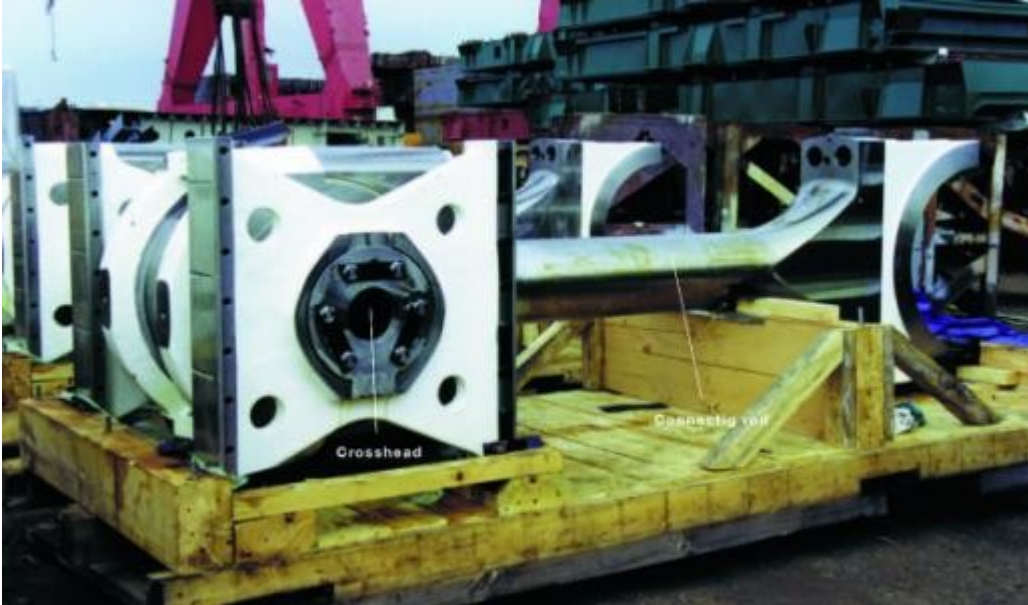


Εικόνα 36: Σύστημα λίπανσης χιτωνίων Alpha Lubricators [[f.jpg \(843x669\) \(infomarine.gr\)](#)]



### 3.1.4 Λίπανση ζυγώματος (crosshead lubrication).

Το συγκρότημα ζυγώματος για τους δίχρονα κινητήρες ναυτιλίας είναι ένα συγκρότημα άρθρωσης όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα.37.



Εικόνα 37: Συγκρότημα ζυγώματος-διστήρα [[crosshead.jpg \(1524×895\) \(wartsila.com\)](#)]

Ο εγκάρσιος πείρος άρθρωσης (crosshead pin) συνδέει την ράβδο του εμβόλου (piston rod) με τον διστήρα (connecting rod). Στις δυο πλευρές του ζυγώματος είναι προσαρμοσμένες οι γλίστρες οι οποίες εκτελούν κατακόρυφη ολισθαίνουσα κίνησή επί των οδηγών ζυγώματος (crosshead guides) καθώς το έμβολο και το βάκτρο παλινδρομούν και προστατεύουν την πλάγια κίνησή.

Στις ναυτικές μηχανές υπάρχουν δυο τύποι σύνδεσης βάρου και διστήρα μέσω του πείρου και είναι ή διπλού διχαλωτού τύπου όπου τα έδρανα (bearings housings) είναι προσαρμοσμένα στο άνω μέρος του διστήρα στις δυο πλευρές του βάρου του εμβόλου ή συνεχούς τύπου όπου τα έδρανα κουζινέτων (bearings housings) είναι στην κορυφή του διστήρα. Λόγο της κίνησης του ζυγώματος από την μηδενική θέση στο ΑΝΣ και στο ΚΝΣ και επιταχύνοντας απότομα κάθε φορά, η λίπανση των εδράνων του ζυγώματος είναι πολύ απαιτητική.

Εξαιτίας της κίνησης του εμβόλου το φορτίο που ασκείται στον πείρο του ζυγώματος είναι πάντα προς τα κάτω, με αποτέλεσμα το κάτω έδρανο (bearing) να υπόκειται σε μεγαλύτερη καταπόνηση (φόρτιση), ως εκ τούτου το κομβίο για να επιτύχει αποτελεσματικότερη λίπανση έχει μεγάλη διάμετρο, αυξάνοντας την σχετική ταχύτητα μεταξύ του πείρου και των εδράνων.

Επιπροσθέτως, για να αντέξουν τις μεγάλες φορτίσεις το κάτω τμήμα των εδράνων είναι κατασκευασμένα από χαλύβδινο κέλυφος με επίστρωση κράματος λευκού μετάλλου.





Πέρα από την έλλειψη επαφής που επιτυγχάνουν τα έδρανα, μερικά από τα πλεονεκτήματά τους, είναι:

- Απόσβεση των κραδασμών κατά την κρίσιμη ταχύτητα.
- Καταστολή αστάθειας λόγω συγχρονισμένων κραδασμών.
- Ικανότητα αντοχής σε σοκ από φορτία (load socks).
- Μείωση θορύβων.
- Μείωση μεταδιδόμενων δονήσεων.
- Παρέχουν ηλεκτρική μόνωση του ρότορα στη γείωση.
- Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής υπό κανονικές συνθήκες φορτίου.
- Μεγάλη ποικιλία τύπων εδράνων ανάλογα τις εκάστοτε εφαρμογές και απαιτήσεις.

Το δε λιπαντικό στα έδρανα που χρησιμοποιείται:

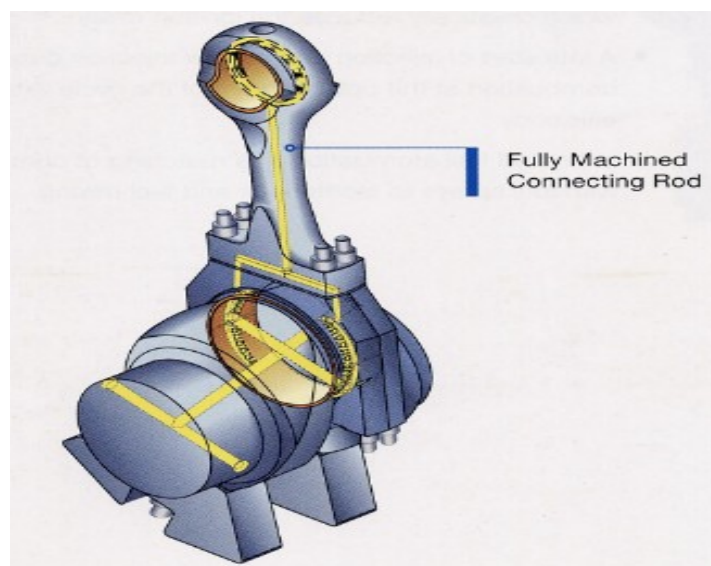
- ✓ Απάγει την θερμοκρασία από τα έδρανα
- ✓ Καθαρίζει τυχόν υπολείμματα από την περιοχή του φορτίου

Μερικά πλεονεκτήματα των εδράνων ολίσθησης (κουζινέτα), είναι:

- ✓ Υψηλότερη αντοχή σε τριβή έναντι των κυλιόμενων εδράνων (ρουλμάν)
- ✓ Αντοχή στην παρουσία ξένων σωματιδίων

Η ελευθέρια μεταξύ κομβίου και εδράνου, παίζει σημαντικό ρόλο, λαμβάνοντας υπόψη ότι μεγάλο διάκενο έχει σαν αποτέλεσμα απώλεια λιπαντικού και κατ'επέκταση μείωση ή απώλεια της λιπαντικής μεμβράνης, που θα επιφέρει αύξηση του συντελεστή τριβής με αποτέλεσμα την καταστροφή του μετάλλου, ενώ μείωση του διάκενου για το λάδι έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση εκκεντρικότητας της λιπαντικής μεμβράνης και την μείωση του πάχους λίπανσης.

Η τροφοδοσία του λιπαντικού, επιτυγχάνεται μέσω των οπών του διωστήρα όπως φαίνεται στη εικόνα 39.



**Εικόνα 39:** Ροή ελαίου στα έδρανα κομβίου διωστήρα και εδράνου πείρου εμβόλου  
[LESSON THIRTEEN (uniri.hr)]

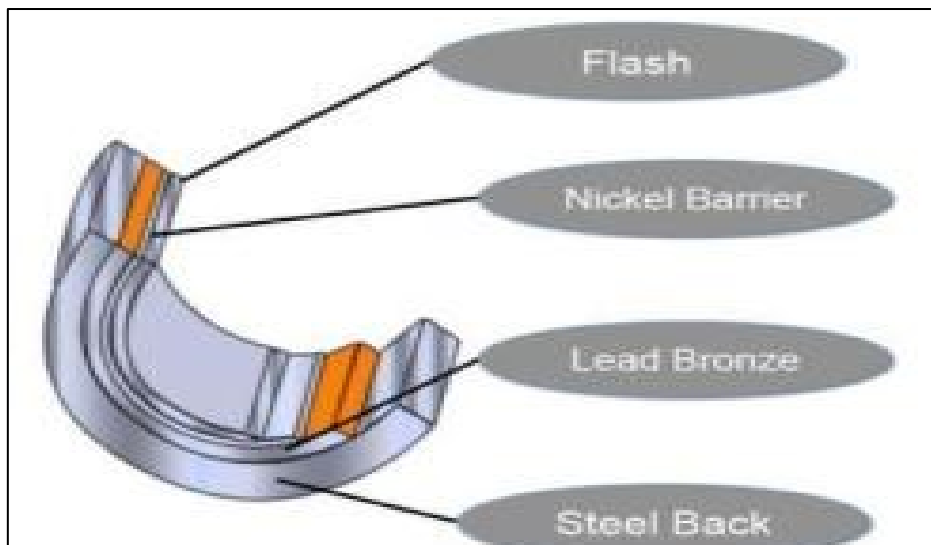


### 3.1.6 Τύποι εδράνων.

Στην βιομηχανία της ναυτιλίας υπάρχουν τρεις τύποι εδράνων που χρησιμοποιούνται τόσο στις προωστικές μηχανές που είναι συνήθως 2-Χ όσο και στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη που είναι συνήθως 4-Χ μηχανές.

#### ➤ **Έδρανα μολυβδου-χαλκού (Lead-Bronze Bearings).**

Τα έδρανα αυτά είναι κατασκευασμένα σε διαφορά στρώματα υλικών (Εικ.40) και χρησιμοποιούνται για την έδραση των πείρων του εμβόλου.

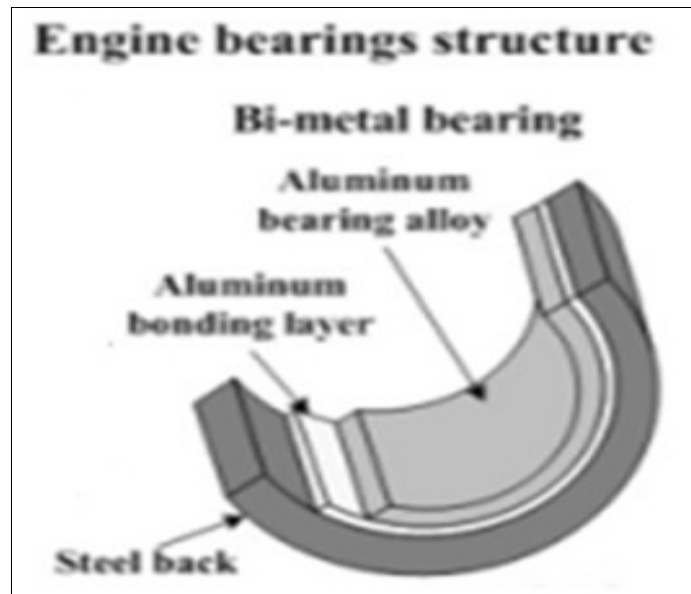


**Εικόνα 40:** Δομή εδράνου μολυβδου-χαλκού [*Engine Bearing - procedures for Inspection and Calibration - MirMarine*]

- ✓ **Επίστρωση (Flash Layer):** Είναι το ανώτατο στρώμα από κασίτερο και μολυβδο με πάχος 0,035mm και χρησιμοποιείται για την προστασία του εδράνου από την διάβρωση και σκόνη και το οποίο απαλείφεται κατά την λειτουργία.
- ✓ **Στρώμα Νικελίου (Nice Barrier):** Είναι το δεύτερο στρώμα από νικέλιο με πάχος 0,02και αποτρέπει την διάβρωση και την διάχυση του κασίτερου στο έδρανο
- ✓ **Στρώμα Μολυβδου-Χαλκού(Lead-Bronze):** Είναι το τρίτο στρώμα και αποτελείται από κράμα μολυβδου και χαλκού με εξαιρετική αντοχή κατά της τριβής.
- ✓ **Ατσάλινη Πλακά (Steel Back):** Είναι το τελευταίο μέρος του εδράνου από χάλυβα, χρησιμοποιείται ως στήριγμα στην υποδοχή του κινητήρα καθώς και ως βάση σύνδεσης όλων των στρωμάτων.

#### ➤ **Διμεταλλικά έδρανα (Bi-metal Bearings)**

Τα έδρανα αυτά (βλ. Εικ.41) χρησιμοποιούνται για τα έδρανα βάσης 4-Χ μηχανών, και αποτελούνται από τα κάτωθι στρωματά:

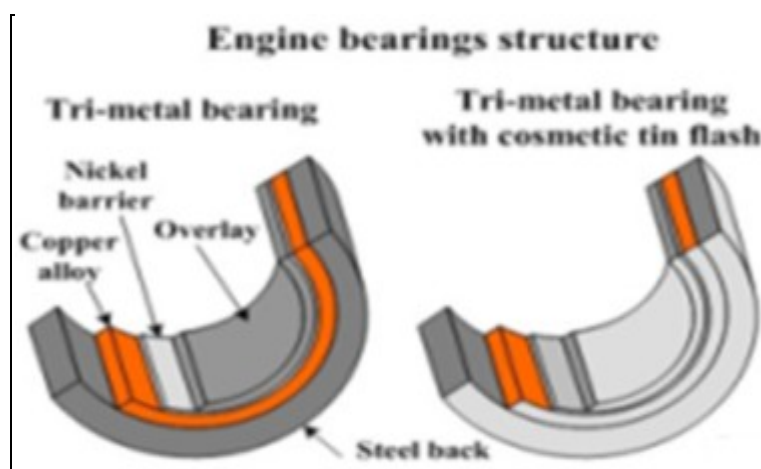


Εικόνα 41: Δομή διμεταλλικών εδράνων [[fetch.php \(635×325\) \(substech.com\)](#)]

- ✓ Αλουμινίου-Κασσιτέρου (Aluminium-Tin): Το πρώτο στρώμα αποτελείται από αλουμίνιο και κασσίτερο με πάχος 0,5 mm έως 1,3 mm και είναι το κύριο στοιχείο.
- ✓ Στρώμα συγκολλήσεις (Bonding Layer): Αποτελείται από αλουμίνιο και έχει πάχος 0,1 mm και ο κύριος σκοπός του είναι η επίτευξη καλής σύνδεσης μεταξύ κελύφους και άνω στρώματος
- ✓ Χαλύβδινη Πλάτη (Steel Back): Το χαλύβδινο κατάλληλα διαμορφωμένο τμήμα για την προσαρμογή και στήριξη

➤ **Τριμεταλλικά Έδρανα (Tri-metallic Bearings)**

Όπως αυτά απεικονίζονται στην Εικ.42, ονομάζονται έτσι διότι αποτελούνται από τρία κύρια μέρη στρώσεων (εκτός από το στρώμα προστασίας και τη μεταλλική βάση).



Εικόνα 42: Δομή τριμεταλλικών εδράνων [[fetch.php \(635×325\) \(substech.com\)](#)]



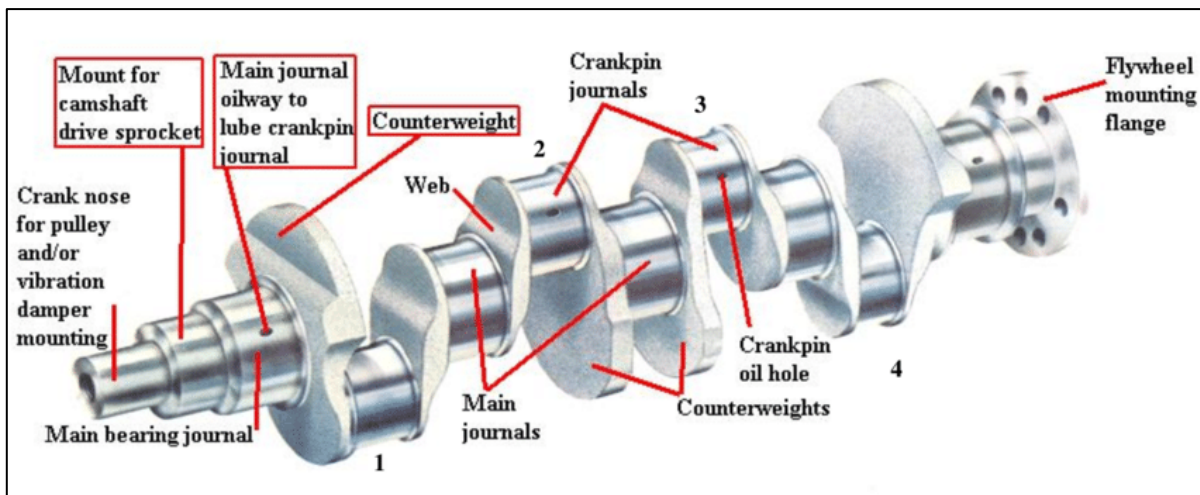


- ✓ Αρχικό Στρώμα (Flash Layer): Είναι το κορυφαίο στρώμα πάχους 1μ από κασσίτερο και μόλυβδο, χρησιμοποιείται για την προστασία από τη διάβρωση και για αντοχή.
- ✓ Επικάλυψη (Overlay): Το δεύτερο στρώμα που αποτελείται από λευκό μέταλλο αντικρινής πάχους 20μ και είναι το κύριο συστατικό αυτών των εδράνων.
- ✓ Ενδιάμεσο στρώμα (Interlay): Έχει πάχος 1mm και είναι το ενδιάμεσο στρώμα μεταξύ της πλάτης και της επικάλυψης, αποτελείται από χαλκό και μόλυβδο.
- ✓ Χαλύβδινη Πλάτη (Steel Back): Το τελικό μέρος με κατάλληλα διαμορφωμένο σχήμα για την στήριξη επί της εδράσεως του κινητήρα.

Αυτού του τύπου τα έδρανα χρησιμοποιούνται ως έδρανα βάσεως, διωστήρα και ζυγώματος και χρησιμοποιούνται κυρίως στις 2-Χ μηχανές, αλλά και στις 4-Χ ανάλογα την ισχύ και το φορτίο της μηχανής, σε μερικά εναποτίθεται ακόμη και ένα στρώμα επίστρωσης μόλυβδου –γραφίτη προστασίας στην κορυφή.

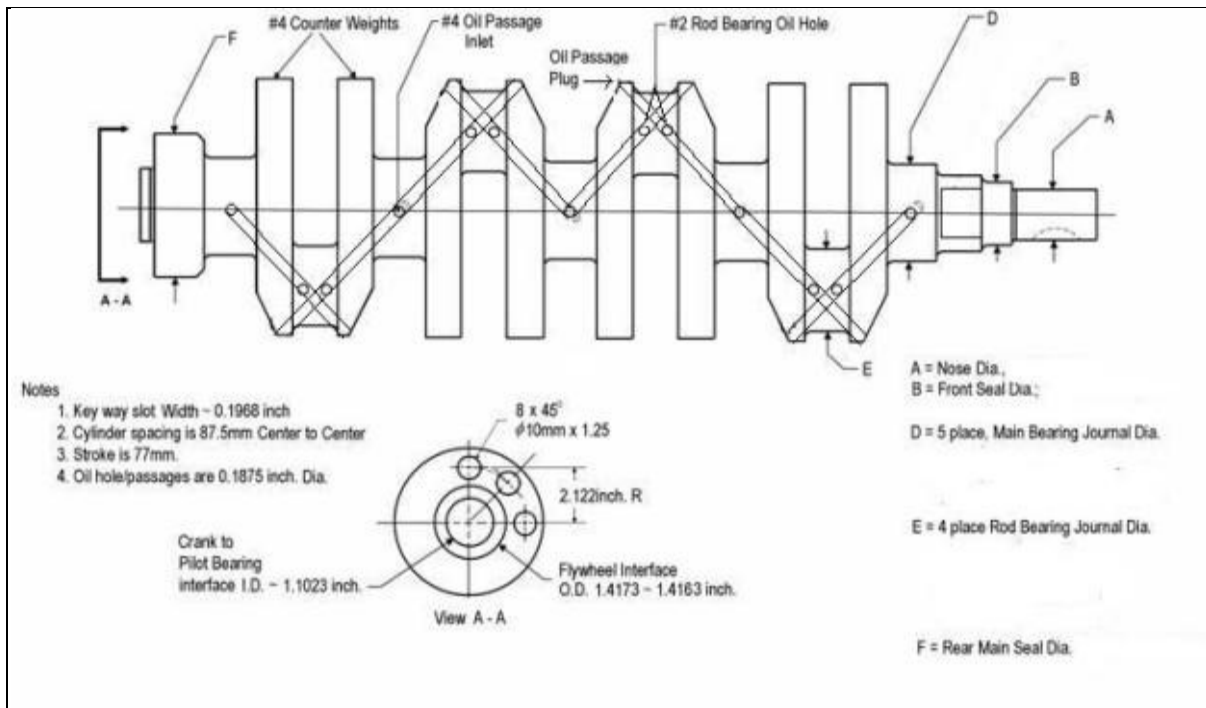
### 3.1.7 Λίπανση εδράνων βάσεως-διωστήρα.

Ένα από τα βασικότερα και ακριβότερα εξαρτήματα ενός κινητήρα είναι ο στροφαλοφόρος άξονας (Εικ.43), ο οποίος μετατρέπει με την βοήθεια των διωστήρων την ευθύγραμμη κίνηση των εμβολών σε περιστροφική. Αποτελείται από τα κομβία βάσεως (main journals) για την έδραση επί των εδράνων της μηχανής και από τα κομβία διωστήρα (crank pin journals) που ενώνονται μεταξύ τους με τους βραχίονες ή παρειές-κιθάρες (web).



**Εικόνα 43:** Στροφαλοφόρος άξονας [[Diesel-Crankshaft-Diagram.jpg \(701×277\)](#) ([capitalremanexchange.com](#))]

Στο εσωτερικό του (Εικ.44) φέρει κατάλληλα διαμορφωμένους αγωγούς (διαμορφώνονται με διάτρηση υπό γωνιά) για την παροχή ελαίου προς τους κύριους τρίβεις βάσεως καθώς και στους τρίβεις κομβίων διωστήρων.

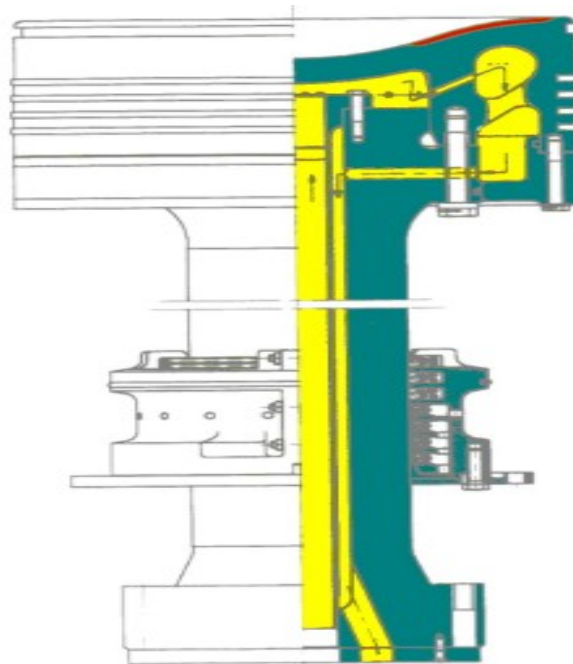


**Εικόνα 44:** Διάταξη οπών λίπανσης κομβίων βάσεων και διωστήρα [*Crankshaft lubrication - Bing images*]

### 3.1.8 Στυπαιοθλίπτης (stuffing box)

Στις δίχρονες μηχανές με ζυγώμα ο στυπαιοθλίπτης (stuffing box) χρησιμοποιείται για να διατηρείται στεγανός ο χώρος του κιβωτίου σαρώσεως με τον στροφαλοθάλαμο και τοποθετείται στο μεταλλικό διάφραγμα του κιβωτίου σαρώσεως. Στο εσωτερικό του ολισθαίνει το βάκτρο-κύλινδρο (piston rod) που μεταφέρει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μέσω του ζυγώματος και του διωστήρα στον στροφαλοφόρο άξονα και το οποίο στο άνω μέρος φέρει την κεφαλή εμβόλου στο δε κάτω μέρος φέρει πέλαμα εργαζόμενο επί του ζυγώματος. Στην Εικ.45 φαίνεται η διάταξη στυπαιοθλίπτη-ράβδος εμβόλου

Ο σκοπός του είναι η στεγανοποίηση με την βοήθεια στεγανοποιητικών ορειχάλκινων ελατήριων στα δυο άκρα αποξέσεως καθώς και με ενδιάμεσα ορειχάλκινα ελατήρια με αυλάκωσες με στεγανοποιητικά με αποτέλεσμα το λαδί να συσσωρεύεται μεταξύ των ελατήριων που βρίσκονται κάτω από τα στεγανοποιητικά και να επιστρέφει στον στροφαλοθάλαμο ενώ το λαδί που βρίσκεται πάνω από τους δακτυλίους συσσωρευμένο οδηγείται στο κιβώτιο σάρωσης. Στην Εικ.46 φαίνεται η διάταξη που χρησιμοποιείται για να είναι εφικτή η στεγανοποίηση του συστήματος.



**Εικόνα 45:** Διάταξη στυπαιοθλίπτη-ράβδος εμβόλου [*Untitled.bmp (639×1195)* ([bp.blogspot.com](http://bp.blogspot.com))]

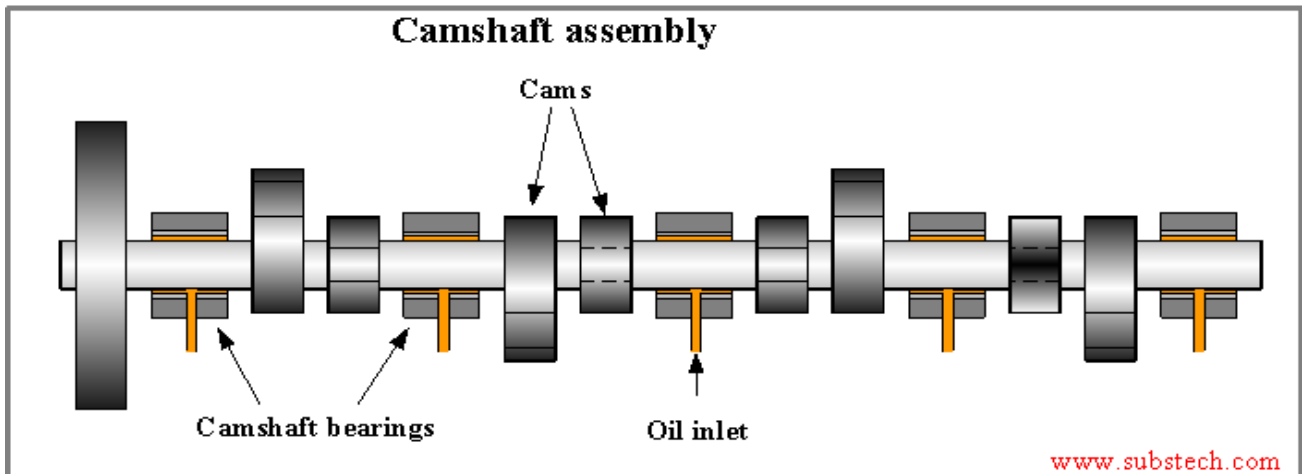


**Εικόνα 46:** Στεγανοποιητική διάταξη ελατηρίων [*maxresdefault.jpg (1048×576)* ([yting.com](http://yting.com))]

Είναι λοιπόν κατανοητό ότι οι υπερβολικές φθορές στους δακτυλίους σε συνδυασμό με ελλιπή ή ελαττωματική λίπανση ή κακής ποιότητας λιπαντικό προκαλεί αύξηση των διαρροών λαδιού και κατ'επέκταση αύξηση της κατανάλωσης λιπαντικού - και σε συνδυασμού του ρόλου επίσης του στυπαιοθλίπτη, την σταθεροποίηση του βάρου για την ομαλή κίνησή του - η φθορά των ελατηρίων θα επιφέρει την ταλάντωση αυτού καθώς και του εμβόλου με τις αντίστοιχες φθορές.

### 3.1.9 Λίπανση εκκεντροφόρου.

Ο εκκεντροφόρος ή κνωδακοφόρος άξονας (Εικ.47) είναι το εξάρτημα που είναι υπεύθυνο για την μετάδοση κίνησης, τη λειτουργία των βαλβίδων εξαγωγής, των αντλιών πετρελαίου, των βαλβίδων αέρα εκκινήσεως, και λαμβάνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω κατάλληλης διάταξης οδοντωτών τροχών σε κατάλληλη διάταξη.



Εικόνα 47: Εκκεντροφόρος άξονας [[fetch.php \(702x273\) \(substech.com\)](#)]

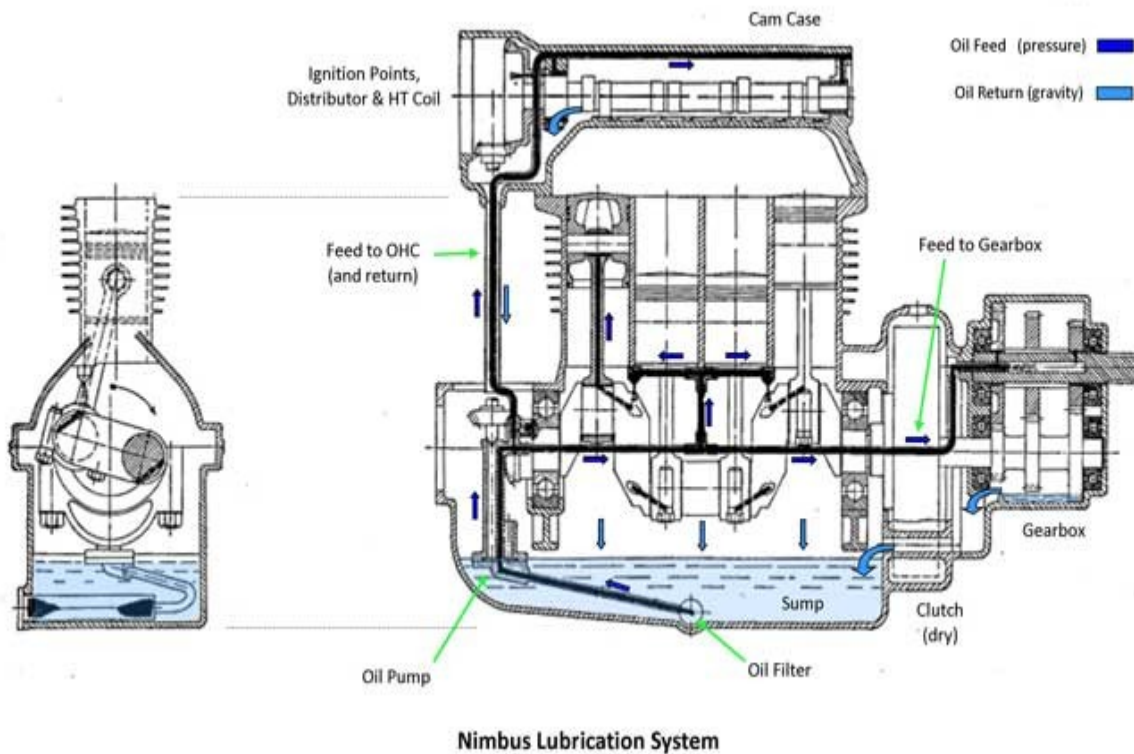
Για την προστασία της τριβής των οδοντωτών τροχών και την αποφυγή φθοράς και λαμβάνοντας υπόψη το κόστος και την δυσκολία αντικατάστασής του, είναι κατανοητό ότι η ορθή λίπανση αυτών μέσω ακροφυσίων (Forced oil lubrication ) ελαίου μέσω του συστήματος λίπανσης είναι επιτακτική. Στις μικρότερες δίχρονες μηχανές η μετάδοση κίνησης γίνεται μέσω καδένας με ενδιάμεσο σύστημα εντατήρα, προσφέροντας μεγαλύτερη ευελιξία για την θέση του εκκεντροφόρου καθώς επίσης και ευκολία αντικατάστασής με χαμηλό κόστος.

Έχοντας υπόψη την πολυπλοκότητα της διάταξης με μεγάλο αριθμό κινουμένων μερών η ορθή λίπανση είναι και εδώ απαραίτητη προς αποφυγή της φθοράς που μπορεί να επιφέρει την χαλαρή και κατ'επέκταση την δυσλειτουργία στον χρονισμό της μηχανής με συνέπεια στην λειτουργία του κινητήρα. Το κύριο δε στοιχείο του είναι τα έκκεντρα (κνώδακες) που σαν σκοπό έχουν την μετατροπή της περιστροφικής κίνησης σε παλινδρομική. Προς αποφυγή της μόλυνσης του λιπαντικού του εκκεντροφόρου από το καύσιμο χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια από αρκετούς κατασκευαστές δίχρονων κινητήρων ένα ξεχωριστό δίκτυο λίπανσης .

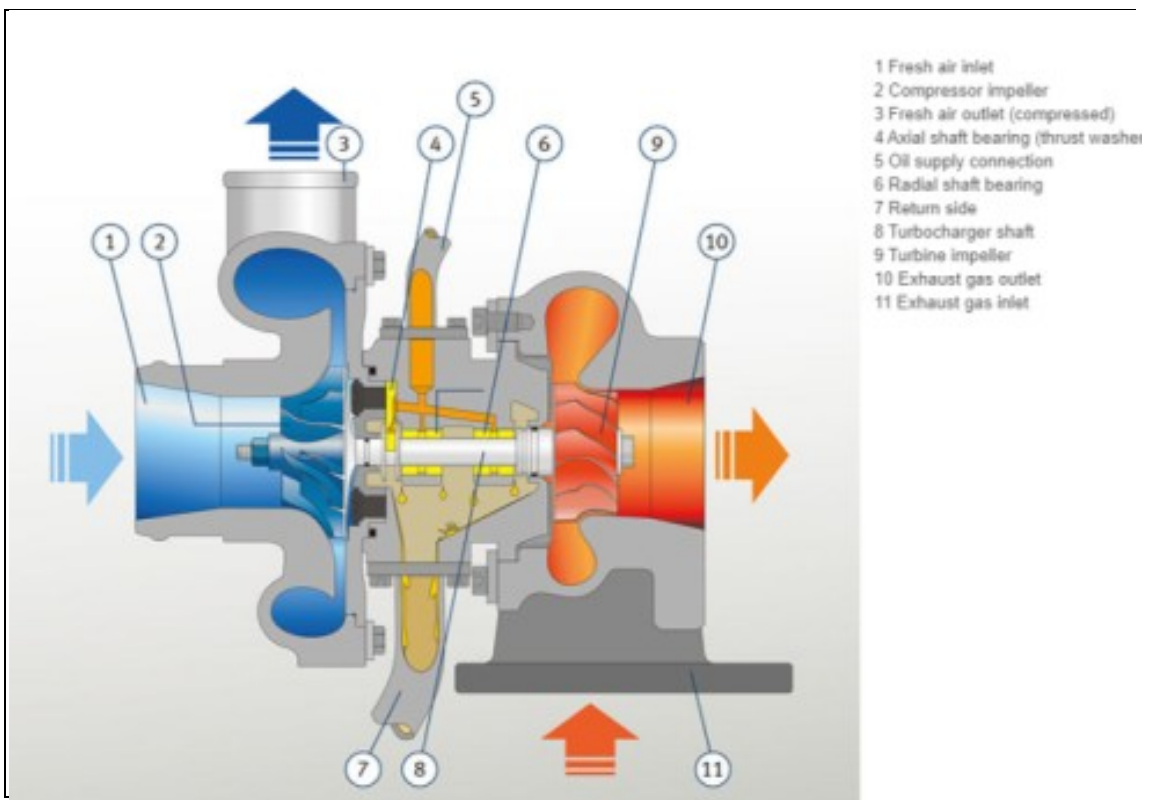
Το δίκτυο αυτό (Εικ.48) είναι τροφοδοτούμενο από την ελαιολεκάνη, και το οποίο καταθλίβει το λιπαντικό με την χρήση αντλίας και διανομέων, μέσω φίλτρου στα έδρανα εκκεντροφόρου και εν συνέχεια μέσω βαρύτητας επιστρέφει στη δεξαμενή.

### 3.1.10 Στροβυλοφουσητήρας (turbocharger).

Για την επίτευξη αποδοτικής υπερπλήρωσης του κινητήρα είναι απαραίτητη η χρήση αντλίας αέρα (συμπιεστή) ο οποίος θα απορροφά την λιγότερη ισχύ από αυτή παραγομένη του κινητήρα και θα επιτυγχάνει δε υψηλή συμπίεση του εισερχομένου αέρα (Εικ.49) και χρησιμοποιείται και στους δίχρονους και τετράχρονους κινητήρες .



Εικόνα 48: Δίκτυο λίπανσης εκκεντροφόρου [[lubrication\\_system.jpg](#) (650×398) ([veetopia.com](#))]



Εικόνα 49: Στροβιλοφουσητήρας [[oelverbrauch-turbolader.jpg](#) (640×577) ([ms-motorservice.de](#))]



Η λειτουργία του στροβιλοσυμπιεστή στηρίζεται στην συμπίεση του αέρα με την χρήση περιστροφικού συμπιεστή με πτερύγια παίρνοντας κίνηση από τα εξερχόμενα καυσαέρια τα οποία κατά την έξοδο τους από τον κύλινδρο διαθέτουν ακόμα υψηλή πίεση και θερμοκρασία δηλαδή υψηλή ενέργεια (35%) από την καύση του καυσίμου.

Μέρος της ενέργειας αυτής αξιοποιείται από τον στρόβιλο την οποία αποδίδει στον συμπιεστή προς συμπίεση του εισερχομένου αέρα με αποτέλεσμα την αύξηση της εισερχομένης μάζας στον κύλινδρο. Οι συμπιεστές που καλύπτουν τις απαιτήσεις της υπερπλήρωσης με τον καλύτερο τρόπο είναι οι περιστροφικοί συμπιεστές ακτινικής ροής λόγω της απλότητας, της στιβαρότητας και του μεγάλου λόγου πίεσεως.

Λόγω της υψηλής ταχύτητας περιστροφής (= 30000 RPM) ο συμπιεστής και ο στρόβιλος ο οποίος μπορεί να είναι ακτινικής ή αξονικής ροής και είναι συνδεδεμένοι στην ίδια άτρακτο και στηρίζονται σε ζεύγος εδράνων που μπορεί να είναι τοποθετημένα,

- ✓ Μεταξύ των πτερωτών
- ✓ Εκτός των πτερωτών στα δυο άκρα

Τα έδρανα ολίσθησης (βλ. εικόνα 51) (κουζινέτα) έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, και η λίπανσή του, είναι δυνατή με τροφοδότηση από το σύστημα λίπανσης της μηχανής (βλ. Εικ.50).



**Εικόνα 50:** Δίκτυο λίπανσης [[6.4L Lubrication System | PDF | Turbocharger | Pump \(scribd.com\)](#)]



Εικόνα 51: Τομή turbo-διαδρομή ελαίου [[vtulochnayaaa.jpg \(650×658\) \(avto-blogger.ru\)](#)]

### 3.2 ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΕΡΑΧΡΟΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Ο πιο συνηθισμένος 4-Χ κινητήρας που κατασκευάστηκε τις τελευταίες δεκαετίες είναι του τύπου εμβόλου κορμού (TPE) και χρησιμοποιείται στην ναυτιλία τόσο ως προωστικές όσο και ως ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (γεννήτριες) και λειτουργεί με βαρύ μαζούτ (H.F.O) υπό τις ακόλουθες κύριες συνθήκες:

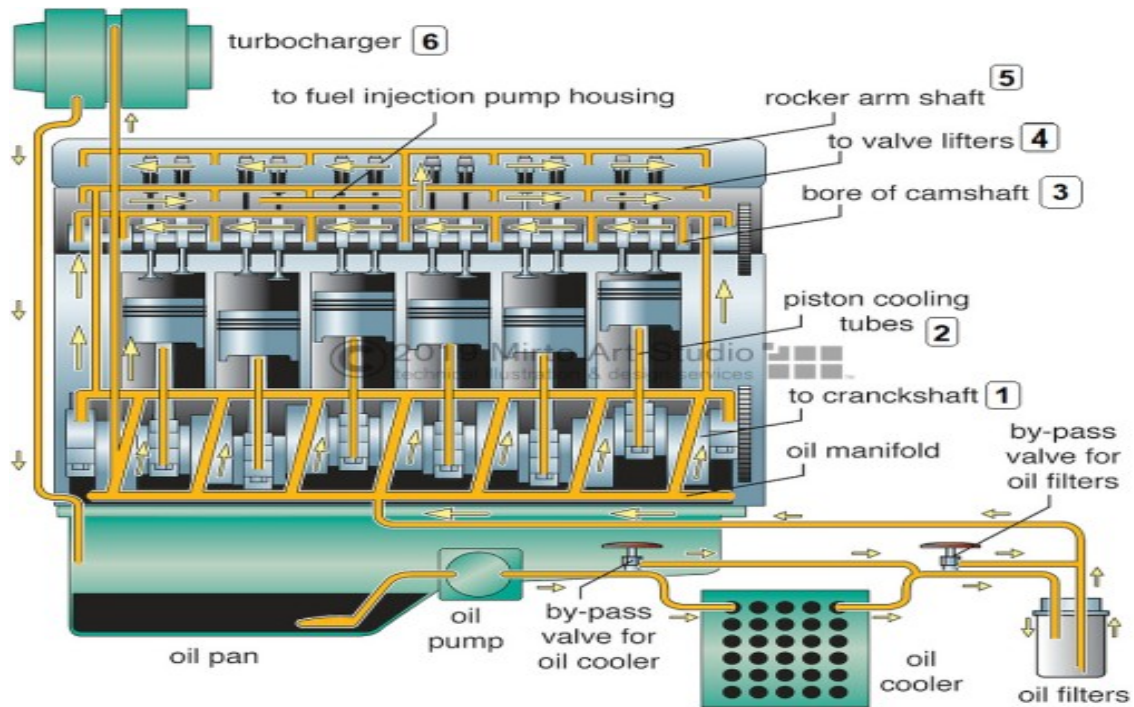
- ✓ Υψηλή πίεση ψεκασμού καυσίμου και υπό ορισμένες συνθήκες, αναλογίες αύξησης υψηλής πίεσης
- ✓ Υψηλή μέση ταχύτητα εμβόλου
- ✓ Υψηλή θερμοκρασία καύσης.

Το λιπαντικό λάδι εισέρχεται στον κινητήρα σε «καθαρή» κατάσταση και περνά μέσω του στροφαλοφόρου άξονα για να φτάσει στα κύρια έδρανα **1** (Εικόνα 52). Σε αυτό το σημείο, το λιπαντικό λάδι είναι να εκτελέσει την πρώτη του λειτουργία, που είναι η λίπανση. Πρέπει να υπάρχει μια μεμβράνη λαδιού καθορισμένου πάχους μεταξύ των κομβίων στροφαλοφόρου και του εδράνου. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να επιλεγεί κατάλληλος βαθμός ιξώδους από τον σχεδιαστή κινητήρα λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του κινητήρα και τις απαιτήσεις.

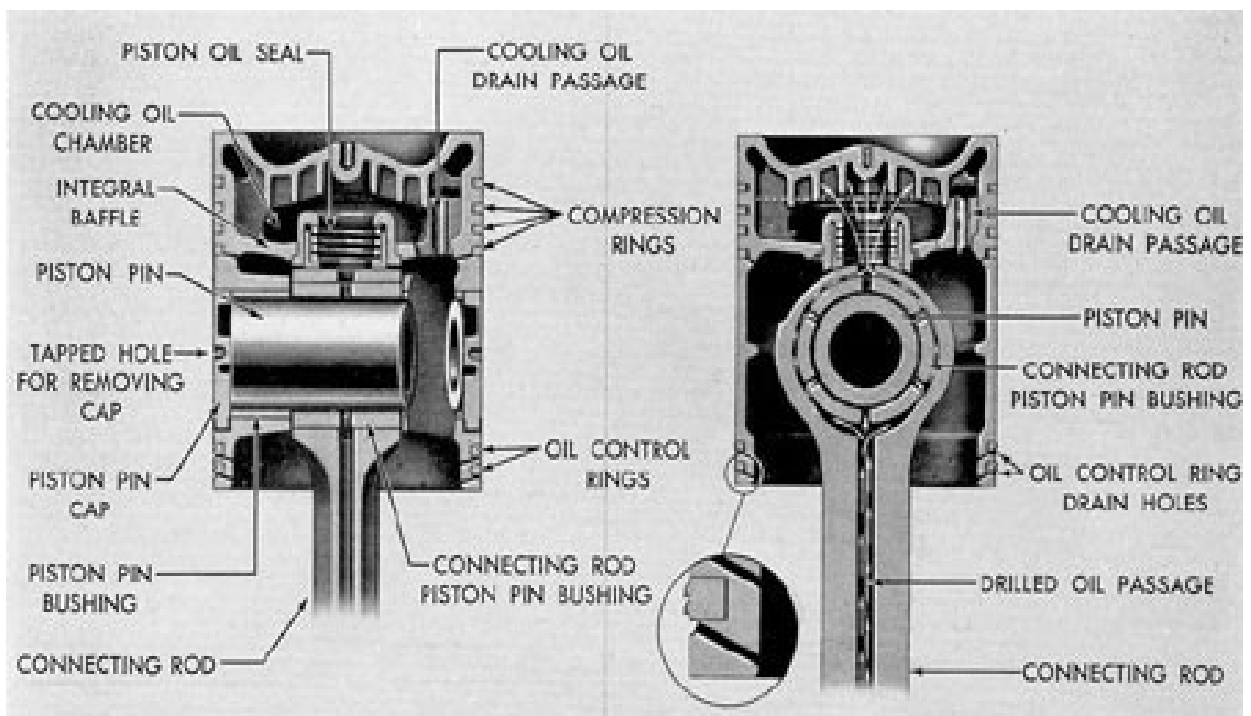
Στη συνέχεια, το λιπαντικό λάδι κυκλοφορεί μέσω μιας διόδου στον στροφαλοφόρο άξονα για να φθάσει στο έδρανο- διωστήρα. Εδώ και πάλι, το λιπαντικό λάδι πρέπει να παρέχει μια μεμβράνη λαδιού που να είναι αρκετά ισχυρή για να αντιστέκεται στην κρούση που προκύπτει από τη πίεση καύσης στην κεφαλή του εμβόλου.



Το λάδι περνά έπειτα χάρη στον κενό εσωτερικό του διωστήρα προς το μικρό ακραίο έδρανο του πείρου εμβόλου όπου απαιτείται επίσης μια αξιόπιστη μεμβράνη λαδιού για λίπανση, έπειτα διαχέεται στο έμβολο (βλ. εικόνα 53). Εκτός από τη λίπανση των εδράνων, το λάδι λειτουργεί επίσης ως ψυκτικό για αυτά τα μέρη του.



**Εικόνα 52:** Λίπανση τετράχρονου κινητήρα [*1000txDlx1LM5vw.jpg (1000x895)* (*photoshelter.com*)]



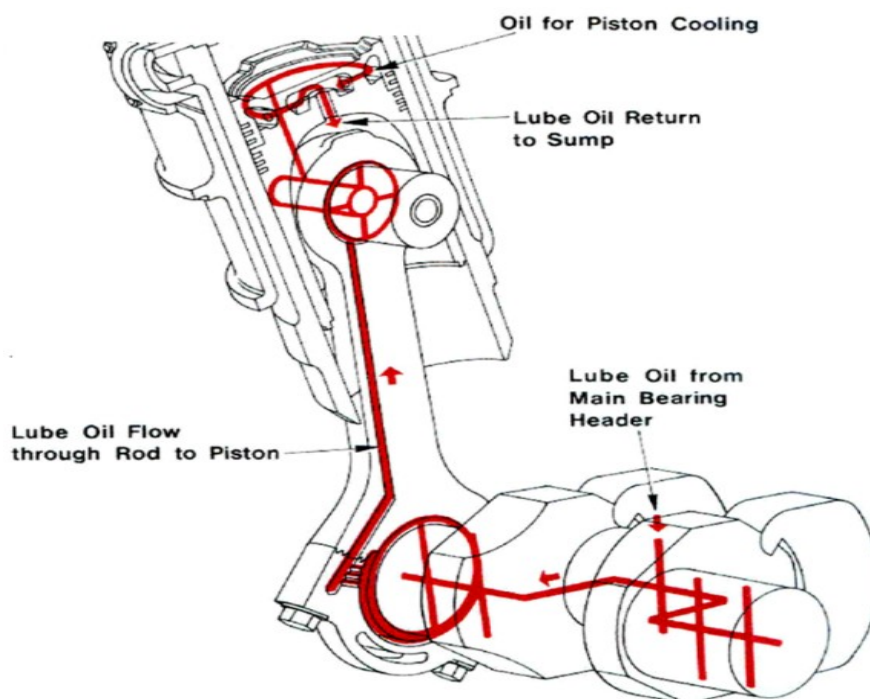
**Εικόνα 53:** Τομή διωστήρα-εμβόλου [*fig12-07.jpg (450x239)* (*maritime.org*)]





### 3.2.1 Ψύξη εμβόλου.

Αφού περάσει τον πείρο, το λιπαντικό εισέρχεται στο εσωτερικό του εμβόλου όπου χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο. Το λάδι χρησιμοποιείται για την ψύξη της κεφαλής του εμβόλου, γενικά με αποτέλεσμα ανακίνησης ή με ψύξη με τίδακα. Για το σκοπό αυτό, το λάδι πρέπει να εμφανίζει καλή αντίσταση κατά της φθοράς σε υψηλές θερμοκρασίες παρουσία αέρα (οξυγόνο). Αυτή η ιδιότητα είναι γενικά γνωστή ως σταθερότητα οξείδωσης. Επιπλέον, για αποτελεσματική ψύξη, το λάδι πρέπει να είναι συμβατό με τους ρύπους καυσίμου και να διασκορπίζει αποτελεσματικά είδη όπως οι ασφατενίων (από υπολειπόμενα καύσιμα). Αυτό αποτρέπει το σχηματισμό μόνωσης στρώσης εναπόθεσης στο έμβολο. Αφού περάσει από την κεφαλή του εμβόλου, το λάδι επιστρέφει στο στροφαλοθάλαμο. (βλ. εικόνα 54)



Εικόνα 54: Διαδρομή λιπαντικού στο έμβολο μέσω διωστήρα [0420 - E111 - Emergency Diesel Generators - Chapter 05 - Engine Lubrication System. (nrc.gov)]

### 3.2.2 Λίπανση κυλίνδρου.

Στην περίπτωση της λίπανσης των κυλίνδρων-εμβολών **2** (Εικ.52) μιας τετράχρονης μηχανής, υπάρχουν ποικίλοι τρόποι και εξαρτώνται από το μέγεθος, τον τύπο και της συνθήκες λειτουργίας της μηχανής σε συνδυασμό με τρόπο ψύξης εμβόλου, οι οποίοι είναι:

- Λίπανση με ψεκασμό (χρησιμοποιείται ευρέως)
- Αναγκαστική λίπανση, με λάδι που εισέρχεται στο έμβολο είτε μέσω οπών λαδιού είτε μέσω του θαλάμου διωστήρα
- Αναγκαστική λίπανση έξω από τον κύλινδρο είτε με φρέσκο λάδι είτε με το λάδι που χρησιμοποιείται), χρησιμοποιώντας μια πρόσθετη δοσομετρική αντλία λιπαντικού και πέλματα τοποθετημένα στο τοίχωμα του κυλίνδρου.



Να σημειωθεί ότι με αυτό τον τρόπο λίπανσης μια μικρή ποσότητα του ελαίου περνά από τα ελατήρια του εμβόλου και καταλήγει στον θάλαμο καύσης όπου και αναφλέγεται. Για αυτό το λόγο υπάρχει ένα κατάλληλα κατασκευασμένο ελατήριο εμβόλου (oil scrapper ring) και το οποίο είναι υπεύθυνο για την απόξεση του πλεονάζοντος ελαίου και την επιστροφή του στην ελαιολεκάνη όπου αποστραγγίζεται και ανακυκλώνεται.

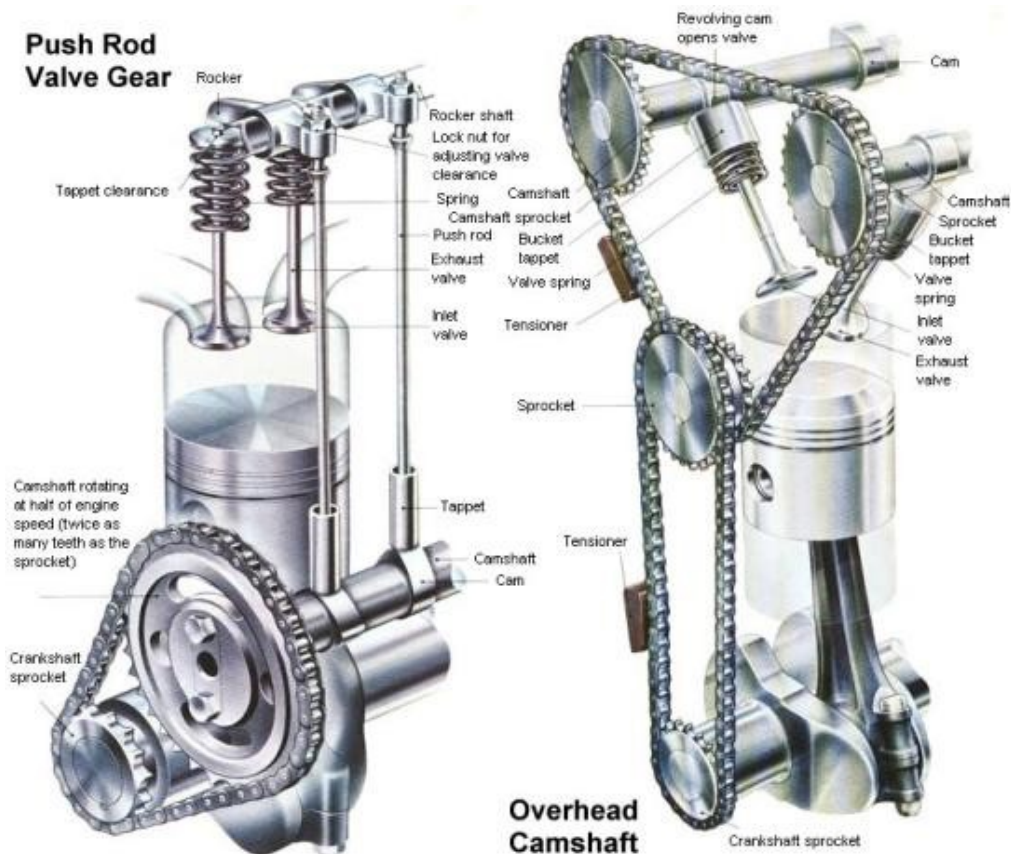
Στην περίπτωση των σύγχρονων ναυτικών μηχανών έχει επιλεγθεί το σύστημα εσωτερικής λίπανσης δια μέσου του εμβόλου που παρέχει το λιπαντικό μέσω αυλακώσεων και οπών με αποτέλεσμα την ομοιόμορφη κατανομή το ελαίου στο εσωτερικό του κυλίνδρου και στα ελατήρια.

Στους τετράχρονους μεσόστροφους και πολύστροφους κινητήρες που λειτουργούν χωρίς ζύγωμα (TPE) δηλαδή με διωστήρα η μετάδοση κίνησης στον εκκεντροφόρο γίνεται μέσω καδένας με ενδιάμεσο σύστημα εντατήρα η λίπανση δε των οπών παροχής στον εκκεντροφόρο **3** (Εικ.52) και στους ορειχάλκινους τρίβεις καθώς και στο σύστημα μετάδοσης κίνησης είναι ενιαία με το σύστημα λίπανσης κυλίνδρων και εδράνων στροφάλου. Στους τετράχρονους κινητήρες μορφής V όπου ο εκκεντροφόρος είναι τοποθετημένος στα πλάγια της μηχανής ο μηχανισμός για την μεταφορά της περιστροφικής κίνησης του στις βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής **4** (εικόνα 52) αποτελείται από τα ωστήρια και τις ωστικές ράβδους (rocker arm shaft) **5** (Εικ.52) επιτυγχάνεται επίσης από το κεντρικό δίκτυο λίπανσης .

Το ωστήριο είναι το τμήμα του μηχανισμού που είναι σε άμεση επαφή με τα έκκεντρα του εκκεντροφόρου και μέσω της ωστικής ράβδου μεταφέρει την παλινδρομική κίνηση στο πλήκτρα (ζύγωθρα), (Εικ.55).

Είναι ιδιαίτερα σημαντική η διαρκής λίπανση των τμημάτων αυτών λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών και τριβών και ειδικά στο σημείο τριβής έκκεντρο και ωστήριου όπου το πάχος της λιπαντικής μεμβράνης πρέπει να διατηρείται σε προκαθορισμένα όρια. Στους τετράχρονους κινητήρες με υπερτροφοδότηση (turbocharger) **6** (Εικ.52) η λίπανση των εδράνων επιτυγχάνεται μέσω του κεντρικού δικτύου λίπανσης τροφοδοτούμενο από τον κύριο αγωγό ελαίου μετά τον καθαρισμό και ψύξη από το φίλτρο και ψυγείο ελαίου και με επιστροφή αυτού στην ελαιολεκάνη.

Είναι λοιπόν κατανοητό ότι για τους τετράχρονους κινητήρες η διατήρηση της κατάστασης του κεντρικού συστήματος λίπανσης του κινητήρα καθώς και του βοηθητικού εξοπλισμού σε άριστη λειτουργική κατάσταση με τακτικούς ελέγχους λιπαντικού, διαρροών, θερμοκρασιών και πιέσεων θα έχει σαν αποτέλεσμα την άριστη λειτουργία.



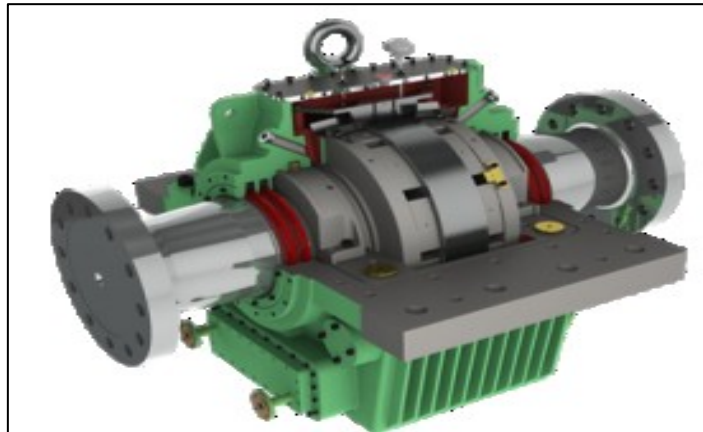
Εικόνα 55: Σύστημα εκκεντροφόρου-ωστηρίων [[OHC+vs.+OHV+valve+config.jpg \(750×655\)](#) ([bp.blogspot.com](#))]

### 3.3 ΛΟΙΠΟΣ ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο λοιπός μηχανολογικός εξοπλισμός είναι σε συνάρτηση με τους κινητήρες προώθησης στη ναυτιλία και είναι και αυτός συνυφασμένος με τους τρόπους λίπανσης καθώς και τα συστήματα –δίκτυα λίπανσης αυτών και αυτός είναι τυπικά ο Ωστικός τριβέας, Ενδιάμεσο έδρανο και τέλος το σύστημα χοάνης τελικού άξονα.

#### 3.3.1 Ωστικός Τριβέας (Thrust Bearing)

Ο ωστικός τριβέας (Εικ.56) έχει σαν σκοπό να παραλαμβάνει την ωστική δύναμη της προπέλας και την μεταφορά στο σκάφος. Στις 2-Χ προωσθήριες μηχανές χρησιμοποιείται ωστικός τριβέας με υδροδυναμικά έδρανα τύπου Michell. Στο έδρανο χρησιμοποιείται μοναδικός ωστικός δακτύλιος (thrust collar) ο οποίος περιστρέφεται σε κατάλληλη υποδοχή (αύλακα).



**Εικόνα 56:** Ωστικός τριβέας [[obsq-f-self-lubrication-section-\(300\)-661px.tmb-width661.png](#) (661×661) ([wartsila.com](#))]

Στον χώρο του αύλακα προσαρμόζονται ειδικά πέδιλα (thrust pads) και από τις δυο πλευρές εργαζόμενα σε σφαιρική έδραση που τους επιτρέπει την περιστροφή καθώς και μικρή γωνιακή μετατόπιση. (Εικ.57).



**Εικόνα 57:** Ωστικός τριβέας τύπου Michell [[275122d1578803497-ot-legacy-agm-michell-1905-a-544.jpg](#) (784×686) ([practicalmachinist.com](#))]

Στον χώρο μεταξύ του δακτυλίου και των πέδινων παρεμβάλλεται λιπαντικό έτσι ώστε με την περιστροφή του δακτυλίου τα πέδιλα μετακινούνται από την πίεση του λαδιού ώστε να σχηματίζεται γωνία με το επίπεδο του δακτυλίου. Λόγω της γωνίας αυτής δημιουργείται λιπαντική σφήνα οπότε και έχουμε υδροδυναμική λίπανση. Η ορθή λειτουργία του ωστικού τριβέα εξαρτάται από την ορθή λίπανση, την ποιότητα του ελαίου λίπανσης, το κατάλληλο σύστημα λίπανσης για την μεταφορά και εκτίναξη του ελαίου μέσω του ωστικού δακτυλίου από την ελαιολεκάνη που είναι εμβαπτισμένος στο χώρο των πληνθίων.

### 3.3.2 Έδρανα τελικού άξονα.

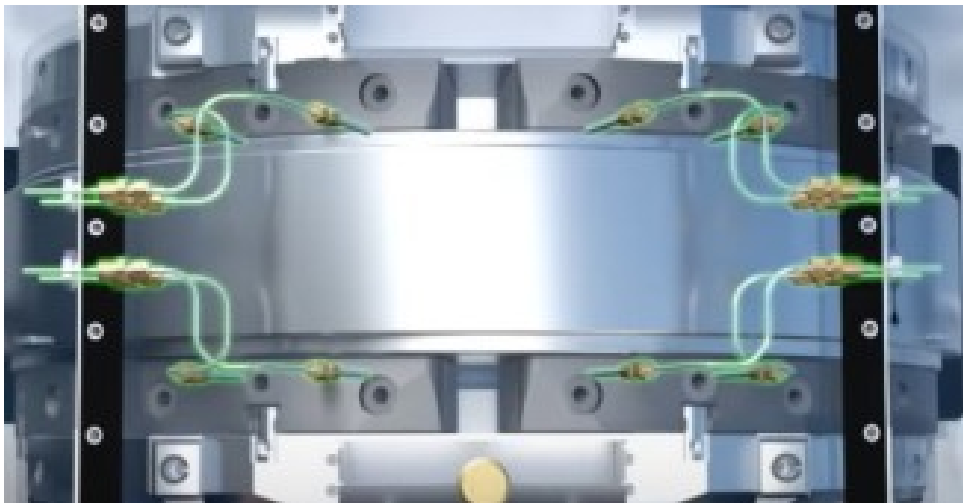
Ανάλογα με την κατασκευή και τον τύπο του πλοίου, ο τρόπος μετάδοσης κίνησης από τον κινητήρα προς την προπέλα, γίνεται μέσω απευθείας στον τελικό άξονα ή με



χρήση ενδιάμεσου άξονα , όπου και εξαρτάται ο αριθμός τους, ανάλογα την απόσταση( έξοδος κινητήρα έως προπέλα). Και στις δυο περιπτώσεις είναι απαραίτητη η τοποθέτηση εδράνων με σκοπό την στήριξη του βάρους των αξόνων, είναι δε τοποθέτηση τριβένων κελύφους που φέρουν εσωτερικά έδρανα λευκού μετάλλου αντιτριβής, καθώς και πλευρικές στεγανοποιητικές διατάξεις.

Για την λίπανση χρησιμοποιείται λιπαντικό με σκοπό την δημιουργία προστατευτικής μεμβράνης ελαίου ανάμεσα στον άξονα και το λευκό μέταλλο μέσω κυκλοφορίας ελαίου που εκτινάσσεται στα σημεία λίπανσης μέσω του περιστρεφόμενου διαιρουμένου δίσκου. Για την ψύξη και ανάλογα με τον κατασκευαστή υπάρχει σύστημα μεταφοράς, διανομής λιπαντικού σε εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας και επαναφορά στο έδρανο.

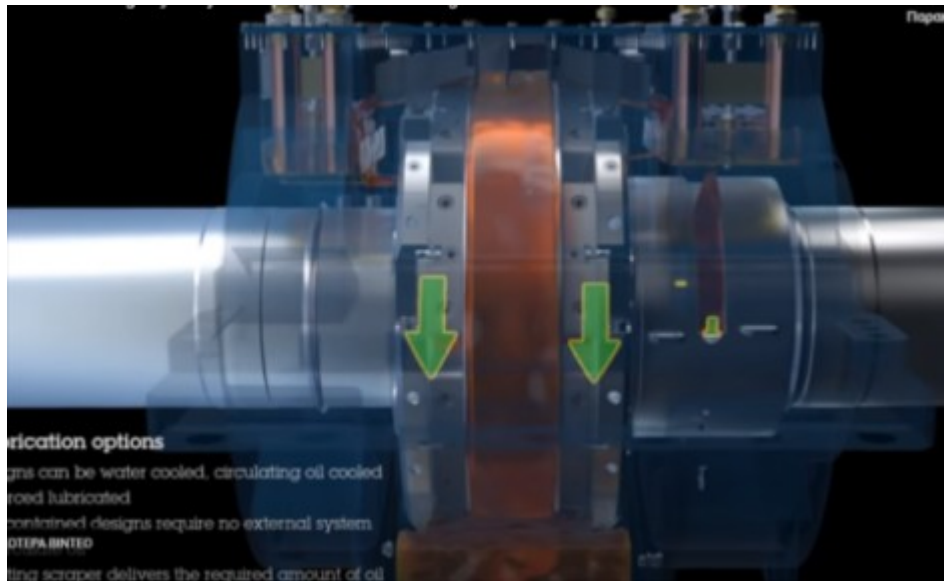
Για την προστασία του όλου συστήματος το σύστημα είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο εξοπλισμό ένδειξης θερμοκρασίας και αυτοματισμού για την διακοπή λειτουργίας την κυρίας μηχανής, δεδομένου ότι αύξηση θερμοκρασίας παρατηρείται στη περίπτωση αλλοίωσης του ελαίου λίπανσης, μη ορθής παροχής ή και φθοράς πλήθιων. Εικ.58.



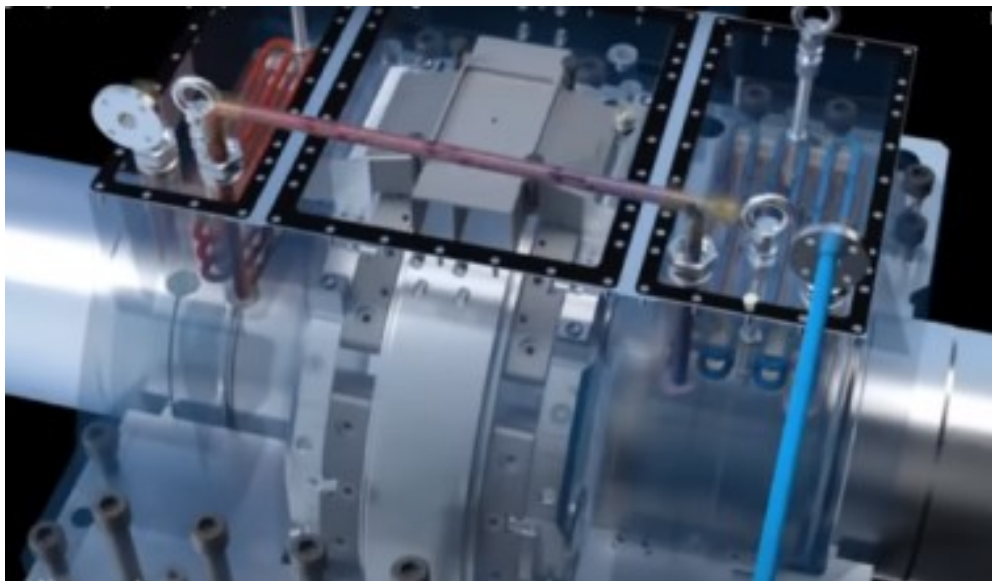
**Εικόνα 58:** Εξοπλισμός αυτοματισμού και ένδειξης θερμοκρασίας [*Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube*]

Για την διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάλογα με τον τύπο κυκλοφορίας που επιλέγεται υπάρχει δυνατότητα ψύξης με ενσωματωμένο ψυγείο που είναι και το πιο συνηθέστερο ή με ψυγείο εκτός τριβέα με εξωτερικό δίκτυο ελαίου (Εικ.59, 60).

Με την εξέλιξη της τεχνολογία και μείωση του απαιτούμενου χώρου εγκατάστασης έχει υιοθετηθεί πλέον τεχνολογία με εσωτερικό ψυγείο ελικοειδές (σερπαντίνα) εσωτερικά του τριβέα που ψύχεται από εξωτερική κυκλοφορία θαλάσσης δικτύου πλοίου. (βλ. Εικ.61).

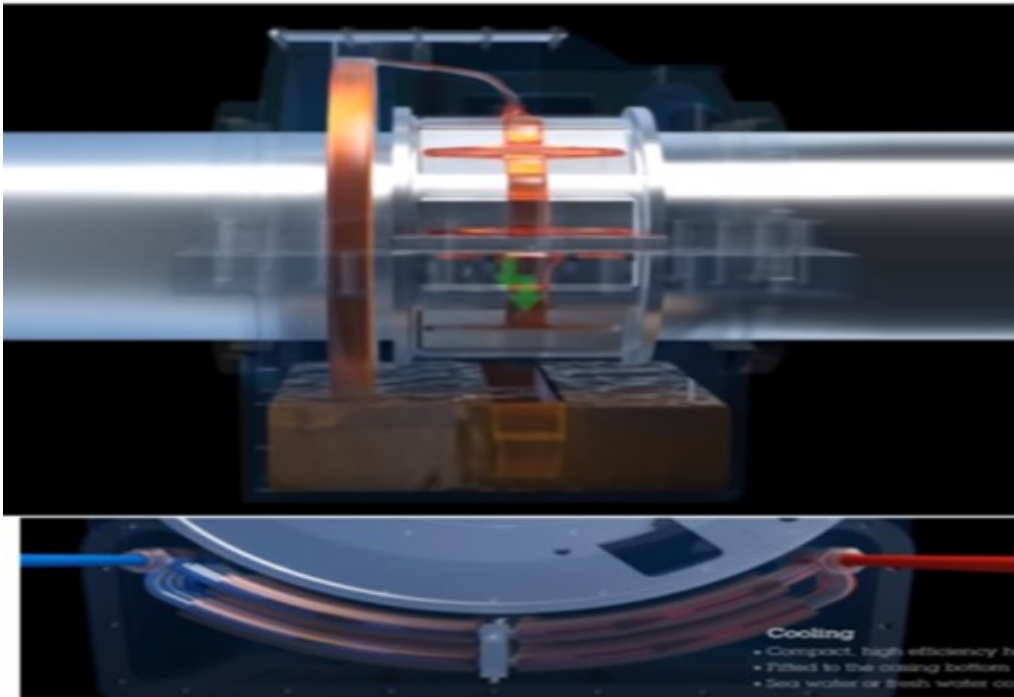


**Εικόνα 59:** Διάταξη κυκλοφορίας ελαίου [*Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube*]



**Εικόνα 60:** Διάταξη κυκλοφορίας λαδιού και νερού ψύξης [*Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube*]

Απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία του τριβέα όπως και έχει προαναφερθεί είναι η ποιότητα λιπαντικού, η διατήρηση του εκάστοτε λιπαντικού στην επιθυμητή θερμοκρασία και ο κατάλληλος εξοπλισμός ελέγχου τόσο τοπικός όσο και στο κεντρικό σύστημα ελέγχου στο μηχανοστάσιο (engine control room).



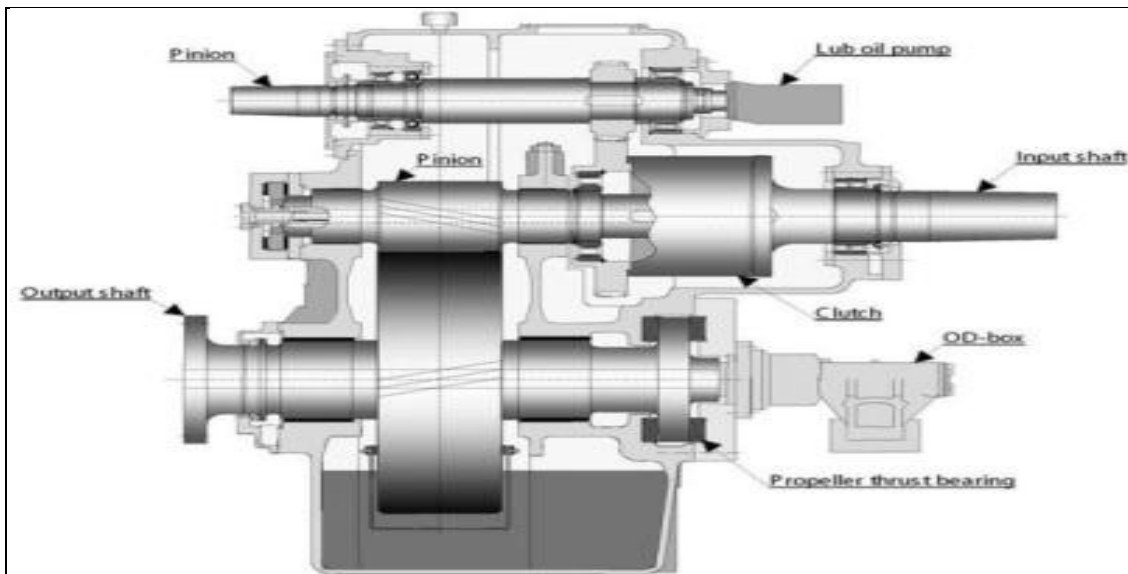
**Εικόνα 61:** Σύστημα λίπανσης και ψύξης [*Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube*]

### 3.3.3 Μειωτήρες (Gear Box)

Στα πλοία που έχουν εγκαταστημένες μεσόστροφες 150-250 στρ/λεπτό ή πολύστροφες προωσθήριες μηχανές > 250στρ/λεπτό είναι απαραίτητη η εγκατάσταση μειωτήρα στροφών με σκοπό την βελτιστοποίηση του βαθμού απόδοσης της έλικας, ενώ σε μικρότερα εγκαθίστανται μειωτήρες με δυνατότητα αναστροφής προς τον τελικό άξονα μέσω συστήματος "κλωτς" για την αμφίδρομη κίνηση (πρόσω-ανάποδα) με την χρήση εσωτερικού ωστικού τριβέα (στον μειωτήρα) (βλ. εικόνα 62).

Όπως γίνεται κατανοητό για την ορθή λειτουργία των μειωτικών (σετ γραναζιών) που είναι και αυτό ένα τριβολογικού σύστημα που υπόκειται σε φθορά λόγω τριβών και στη κατηγορία μικτής και ελαστο-υδροδυναμικής λίπανσης (υγρή τριβή) και λαμβάνοντας υπόψη ότι υπό επενέργεια φορτίων τα επαπτόμενα στοιχεία παραμορφώνονται ελαστικά με αποτέλεσμα τον σχηματισμό μικρής επιφάνειας, αρά είναι απαραίτητος ο σχηματισμός λιπαντικής μεμβράνης συνεργαζόμενων μερών.

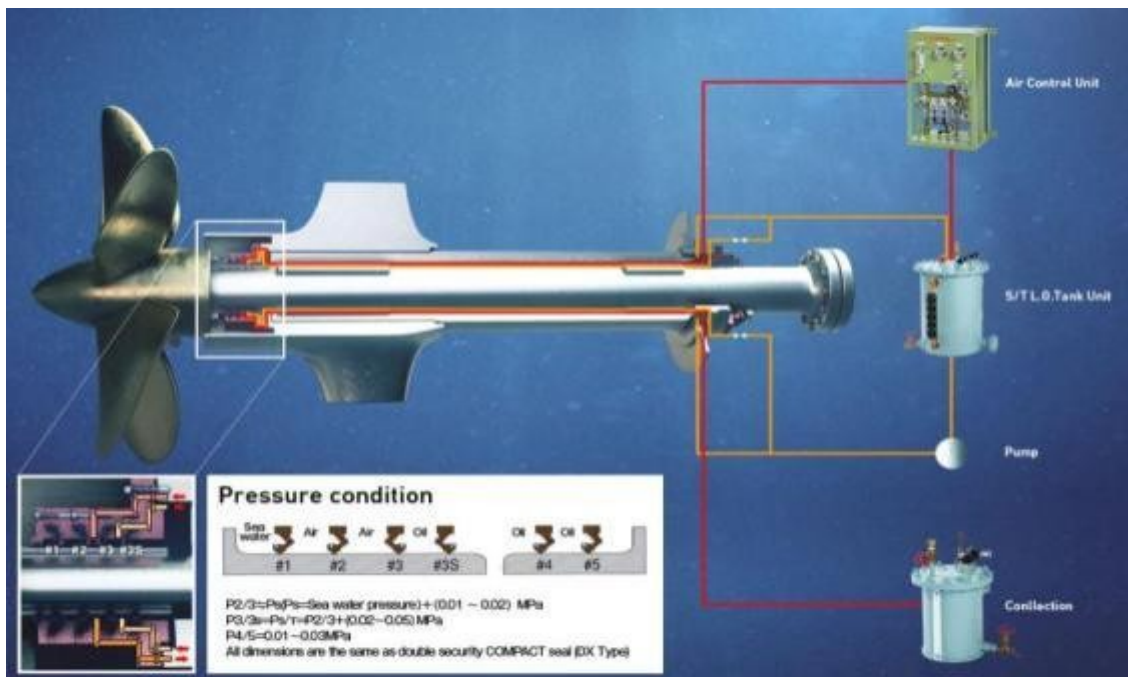
Το σύστημα λίπανσης του μειωτήρα είναι κλειστό και τροφοδοτείται από την ίδια δεξαμενή ελαίου με κυκλοφορία μέσω αντλίας, και είναι εφοδιασμένο με ψυγείο ελαίου, φίλτρο ελαίου, αισθητήρες θερμοκρασίας και πίεσης, ρυθμιστικών βαλβίδων και είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό σύστημα ελέγχου με δυνατότητα ακαριαίου κρατήματος της μηχανής.



Εικόνα 62: Τομή-διάταξη γραναζιών μειωτήρα [[reduction-gear2.tmb-width661.jpg \(661x543\)](#) (wartsila.com)]

### 3.3.4 Σύστημα χοάνης τελικού άξονα.

Ο τελικός άξονας ο οποίος συνδέει την έλικα με την κύρια προωστήρια μηχανή διέρχεται μέσω της χοάνης, η οποία είναι προσαρμοσμένη στη δομή του πλοίου και η οποία στο εσωτερικό της φέρει λευκό μέταλλο αντιτριβής για την έδραση του τελικού άξονα όπως και στα έδρανα δημιουργώντας υδροδυναμική λίπανση, από το λιπαντικό για την προστασία της τριβής κατά την περιστροφή του άξονα.



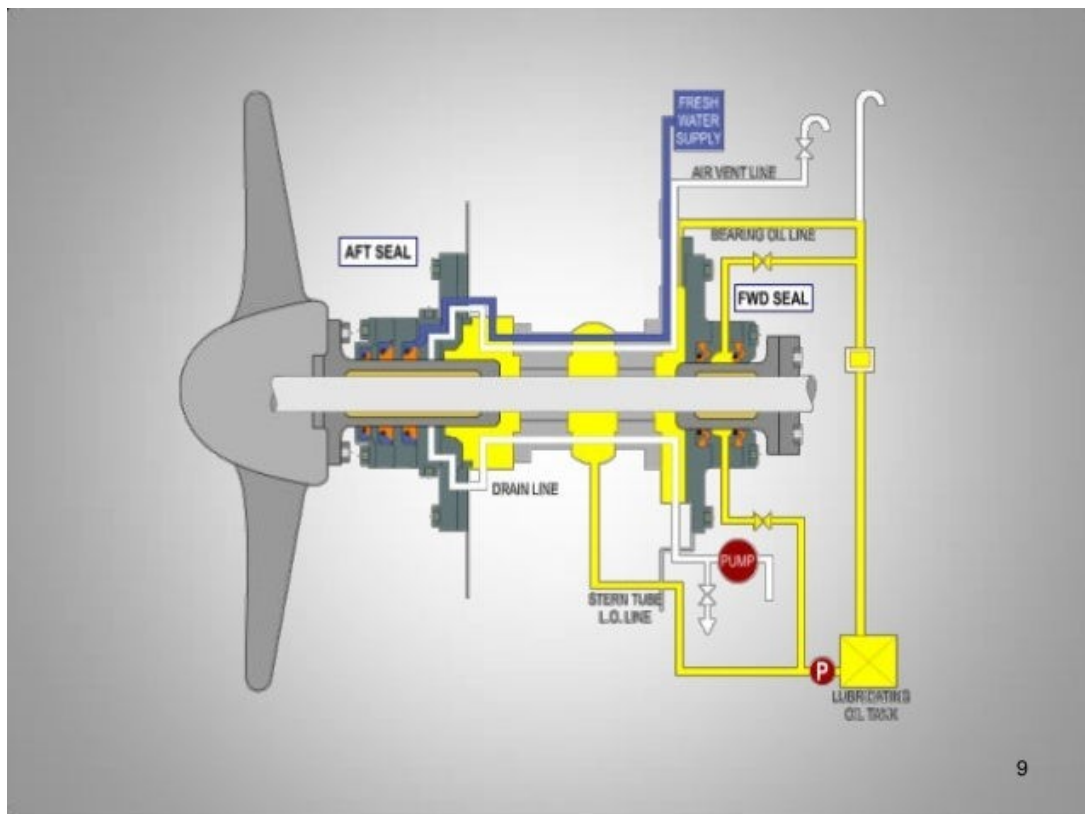
Εικόνα 63: Τομή / διάταξη χοάνης τελικού άξονα [[Stern Tube Seals – Oil & Water - Falck Formco](#)]





Για την προστασία του συστήματος λίπανσης από την διαρροή λιπαντικού τόσο στο εσωτερικό του σκάφους, όσο και προς την πλευρά της θάλασσας (προστασία περιβάλλοντος) το όλο συγκρότημα είναι εφοδιασμένο με δυο στεγανοποιητικές διατάξεις τύπου simplex. (βλ. Εικ.63). Τα συστήματα λίπανσης της χοάνης είναι τύπου κλειστό σύστημα λίπανσης και τροφοδοτείται μέσω ελαίου από σύστημα δεξαμενών μέσω υδροστατικής πίεσης, ή σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας εφοδιασμένο με αντλία, ψυγείο ελαίου, ασφαλιστικών και ενδεικτικών διατάξεων καθώς και δεξαμενή επιστροφών.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τους νέους κανονισμούς προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος τα νεότερα συστήματα έχουν εφοδιασθεί με ένα επιπλέον σύστημα δικτύου πεπιεσμένου αέρα από το δίκτυο παροχής του πλοίου με σκοπό την παροχή αέρα μεταξύ των στεγανοποιητικών ελαστικών δακτυλίων. Εικ.64.



**Εικόνα 64:** Δίκτυο κυκλοφορίας ελαίου με βαρύτητα / πεπιεσμένο αέρα [*stern tube seals lubrications - Bing images*]



## 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

Κρίσιμος παράγοντας για την λειτουργική σύνδεση των μηχανημάτων και των χώρων, ο οποίος μεταβάλλει το πλοίο σε έναν ζωντανό οργανισμό είναι τα δίκτυα των σωληνώσεων λίπανσης, τα οποία εξασφαλίζουν την ορθή λειτουργία του πλοίου αλλά και την ασφάλεια του. Με τον όρο δίκτυο εννοούμε ένα σύνολο μεγάλης ποικιλομορφίας εξαρτημάτων όπως φίλτρα, ψυγεία, δεξαμενές, αντλίες κλπ., εξοπλισμού παρακολούθησης (θερμόμετρα, μανόμετρα) και συστημάτων προειδοποίησης (alarm system) των οποίων η άρρηκτη συνδεδεμένη σχέση διασφαλίζουν την ομαλή λειτουργικότητα και ασφάλεια του πλοίου σε όλους τους τομείς της επιχειρησιακής του λειτουργίας.

Λόγω της ποικιλίας που παρουσιάζεται εξαιτίας της διαφορετικής ποιότητας στα λιπαντικά έλαια που απαιτούνται για την λειτουργία των ναυτικών μηχανών και μηχανημάτων, τα συστήματα λίπανσης στον τομέα της ναυτιλίας είναι αρκετά περίπλοκα. Περίπτωση αποτελεί το σύστημα λιπάνσεως μιας αργόστροφης πετρελαιομηχανής, όπου η συνολική εγκατάσταση του δικτύου λιπάνσεως κύριας μηχανής και βοηθητικών μηχανών και μηχανημάτων αποτελείται κυρίως από τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα:

- Αποθηκεύσεως, μεταφοράς και καθαρισμού των διαφορετικών ποιοτήτων λιπαντικών ελαίων
- Λιπάνσεως κύριων μηχανών με λιπαντικό κυκλοφορίας
- Λιπάνσεως κύριων μηχανών με κυλινδρέλαιο
- Λιπάνσεως στοβιλοϋπερπληρωτών
- Λιπάνσεως βοηθητικών μηχανών και μηχανημάτων.

### 4.1 ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

#### A. Σύστημα λιπάνσεως Κ/Μ και Η/Μ

Ένα τυπικό σύστημα λιπαντικού λαδιού κυκλοφορίας δίνεται παρακάτω. Το λάδι αποστραγγίζεται από τα έδρανα και τις διόδους ψύξεως στον πυθμένα του στροφαλοθαλάμου, εν συνέχεια περνά σε ανεξάρτητη δεξαμενή αποστραγγίσεως που έχει κατασκευαστεί στα διπύθμενα του πλοίου. Στη συνέχεια και με την χρήση κατάλληλων αντλιών κυκλοφορίας λαδιού οδηγείται στο ψυγείο και στα φίλτρα λαδιού.

Για μικρότερους κινητήρες για την μείωση του πρόσθετου κόστους και πολυπλοκότητα κατασκευής δεξαμενής αποστραγγίσεως, το λάδι αποστραγγίζεται στη ελαιολεκάνη που αποτελεί τμήμα της μηχανής και σχηματίζει τον πυθμένα του στροφαλοθαλάμου. Συνήθως το λιπαντικό των εδράνων του υπερπληρωτή παρέχεται από το λάδι κυκλοφορίας του κινητήρα αλλά και για λόγους ασφαλείας μερικοί υπερπληρωτές έχουν δικό τους κλειστό κύκλωμα λιπάνσεως καθώς θα συνεχίζει η κίνησή του με υψηλή ταχύτητα περιστροφής για αρκετή ώρα εάν παρουσιαστεί βλάβη στο κύριο σύστημα λίπανσης της μηχανής.

Στους μεγάλους δίχρονους ναυτικούς κινητήρες με ζύγωμα, ο στροφαλοθάλαμος και το λάδι κυκλοφορίας απομονώνονται από τον χώρο του κιβώτιου σαρώσεως με την βοήθεια του στυπιοθλίπτη του βάκτρου, έτσι ώστε να αποτρέπεται η ρύπανση του



λαδιού κυκλοφορίας από τα προϊόντα της καύσης που μπορεί να ξεφύγουν από τα ελατήρια.

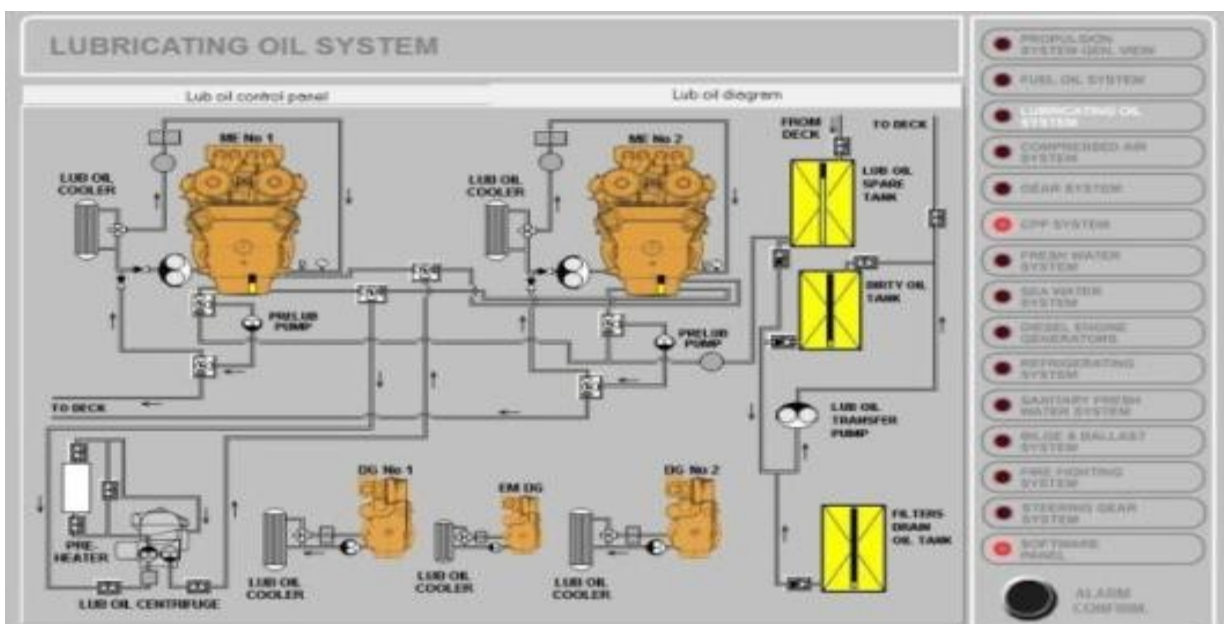
### Β. Σύστημα κυλινδρέλαιου Κ/Μ και Η/Μ.

Στους κινητήρες με ζύγωμα καθώς και σε μερικούς κινητήρες χωρίς ζύγωμα για την λίπανση των ελατηρίων των εμβόλων έχει εγκατασταθεί ανεξάρτητο σύστημα κυλινδρέλαιου. Το προς χρήση κυλινδρέλαιο αποθηκεύεται σε μια ή και δυο δεξαμενές και στη συνέχεια μεταφέρεται στην δεξαμενή ημερησίας κατανάλωσης εφοδιασμένη με κατάλληλο σύστημα μέτρησης ροής. Εν συνεχεία κι μέσω της βαρύτητας τροφοδοτούνται οι λιπαντήρες(λουμπρικές)-εγχυτήρες των κυλίνδρων, ρυθμιζόμενοι με ακρίβεια με κίνηση από τον κινητήρα ώστε να ψεκάζουν καθορισμένη ποσότητα λαδιού στους κυλίνδρους και κατά την χρονική στιγμή που τα ελατήρια των εμβόλων περνούν από τα σημεία εγχύσεως.

Στους κινητήρες χωρίς ζύγωμα η λίπανση των κυλίνδρων γίνεται από το λάδι κυκλοφορίας το οποίο φθάνει στα ελατήρια και στα τοιχώματα των χιτωνίων των κυλίνδρων μέσω ελεγχόμενης διαρροής του τριβέα στον πείρο του εμβόλου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η λίπανση μηχανών χωρίς ζύγωμα ποικίλει ανάλογα με τον σχεδιασμό τετράχρονων πολύστροφων-αργόστροφων και μπορεί να προέρχεται από δίκτυο κυκλοφορίας της μηχανής ή και από ξεχωριστό δίκτυο παροχής κυλινδρέλαιου.

### Γ. Σύστημα ελέγχου δικτύου λίπανσης

Κατά την λειτουργία τόσο της Κ/Μ όσο και των Η/Μ ο μηχανικός να εκτελεί τους απαραίτητους ελέγχους ορθής λίπανσης, καθώς το λιπαντικό διέρχεται μέσω μηχανικών φίλτρων για την εκχύλιση στερεών ξένων σωματιδίων, φυγοκεντρικών διαχωριστήρων για την απομάκρυνση άλλων ακαθαρσιών και νερού, ψυγείων κλπ., είναι λοιπόν κατανοητό το πόσο σημαντικό είναι αυτά να ελέγχονται επαρκώς. Στην Εικ.65 παρουσιάζεται η διάταξη συστήματος ελέγχου λίπανσης μηχανοστασίου.



Εικόνα 65: Συστήματα ελέγχου δικτύου λίπανσης [*Medium Speed Engine Room Simulator MER - YouTube*]



- **Μέτρηση πίεσεως δικτύου λαδιού.**

Η πίεση λειτουργίας του δικτύου με βάση τις προδιαγραφές των κατασκευαστών πρέπει να κυμαίνεται από 0,5 kP/cm -0,7 kP/cm. Όταν η πίεση υπερβεί το συγκεκριμένο εύρος υπάρχει κατάλληλη ενδεικτική λυχνία καθώς και ενεργοποίηση ηχητικού σήματος για να ληφθούν άμεσα τα απαραίτητα μέτρα.

- **Έλεγχος θερμοκρασίας δικτύου λαδιού.**

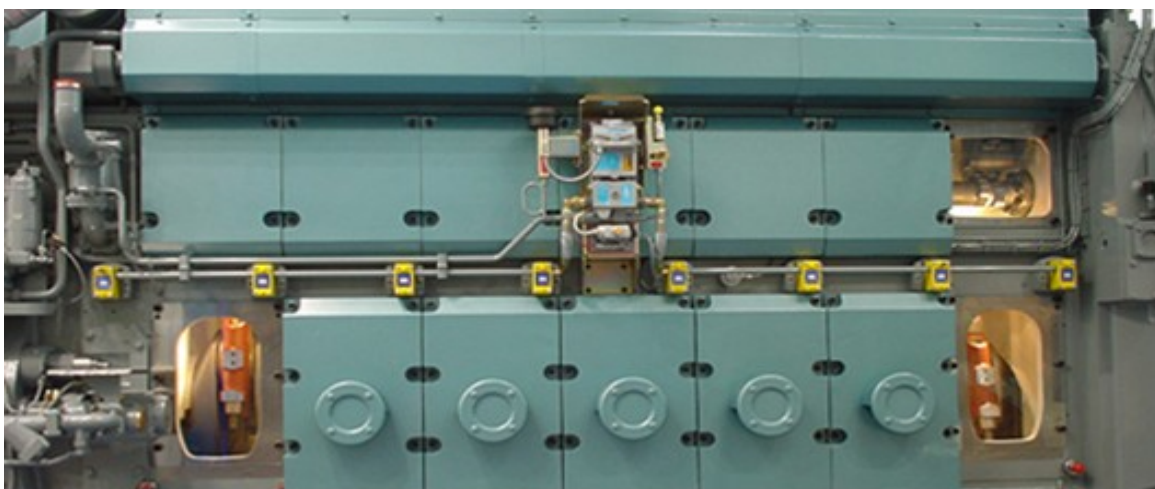
Η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται εντός προκαθορισμένων ορίων από τον κατασκευαστή και να μη υπερβαίνει το εύρος των 50°C με 60°C, ρυθμιζόμενη από το ψυγείο λαδιού. Ανάλογα με την μεταβολή της θερμοκρασίας μπορεί να παρουσιαστεί αύξηση τριβών λόγω αύξησης του ιξώδους (πτώση θερμοκρασίας κάτω από το όριο) ή αντίστοιχα εάν υπερβεί το καθορισμένο όριο τότε ελαττώνεται το ιξώδες και παρουσιάζεται αύξηση πτώσης πίεσης λόγω αύξησης διαρροών στα σημεία λίπανσης. Στα σύγχρονα πλοία είναι εγκατεστημένοι ειδικοί αυτοματισμοί με αισθητήρες (sensors) στα έδρανα και συνδέονται με την κεντρική κονσόλα παρακολούθησης (alarm monitoring system panel).

- **Έλεγχος κατανάλωσης λαδιού.**

Η αυξημένη κατανάλωση του κυλινδρέλαιου κατά την λειτουργία των δίχρονων μηχανών και η οποία οφείλεται σε αρκετούς παράγοντες και οι οποίοι θα αναλυθούν εκτενέστερη στην συνέχεια, επίσης παρακολουθείται κατά την διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής και ελέγχεται με τον έλεγχο της στάθμης λαδιού μέσω κατάλληλου αισθητήρα τοποθετημένο στην μετρητική δεξαμενή ημερησίας κατανάλωσης.

- **Έλεγχος ύπαρξης ατμών στον στροφαλοθάλαμο.**

Ένας σοβαρός κίνδυνος λόγω υπερθέρμανσης της μηχανής και της δημιουργίας ατμών λαδιού είναι η πρόκληση έκρηξης στον στροφαλοθάλαμο(νεφελοποίηση), για τον λόγο αυτό και σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς τοποθετούνται ειδικά αισθητήρια όργανα ανίχνευσης ατμών στο εσωτερικό του στροφαλοθαλάμου, συνδεδεμένα με την κεντρική κονσόλα παρακολούθησης (Εικ.66).



**Εικόνα 66:** Τυπική σύνδεση ανιχνευτή νέφους σε Κ/Μ [[OMD.jpg \(528x247\) \(alpha-prm.jp\)](#)]



#### **Δ. Σύστημα αποθήκευσης, μεταφοράς και καθαρισμού δικτύου λίπανσης.**

Κάθε διαφορετική ποιότητα χρησιμοποιούμενου ελαίου λίπανσης διαθέτει ανεξάρτητο κύκλωμα αποθήκευσης, μεταφοράς και καθαρισμού. Το λάδι από το σύνδεσμο πληρώσεως οδηγείται με βαρύτητα στην αντίστοιχη δεξαμενή αποθήκευσης (storage tank). Στη συνέχεια με την χρήση αντλιών το λάδι οδηγείται στην δεξαμενή καθιζήσεως (settling tank), έπειτα οδηγείται στο σύστημα καθαρισμού (purifiers) και έχοντας υποστεί τον απαραίτητο καθαρισμό οδηγείται στην δεξαμενή ημερησίας κατανάλωσης (service tank) αντίστοιχα με την χρήση και το μηχάνημα.

Η κύρια δεξαμενή αποθήκευσης του λαδιού λιπάνσεως πρέπει να έχει χωρητικότητα τουλάχιστον ίση με την απαιτούμενη ποσότητα λαδιού για την πλήρωση του κάθε κινητήρα καθώς και των επιπλέον ποσοτήτων που απαιτούνται για τις υπόλοιπες χρήσεις.

Όσο αφορά το σύνολο του λαδιού της Κ/Μ αυτό μεταγγίζεται συνήθως δυο φορές το χρόνο από την κύρια δεξαμενή στη δεξαμενή καθιζήσεως όπου θερμαίνεται για 24 ώρες σε θερμοκρασία 60°C, κατόπιν αφαιρούνται με κατάλληλες διατάξεις οι κατακαθίσεις (νερό, λάσπη) το δε λάδι φυγοκεντρίζεται και επανακυκλοφορεί προς την κύρια δεξαμενή αποθηκείσεως, στην περίπτωση που δεν είναι δυνατός ο πλήρης καθαρισμός του με την καθίζηση και την φυγοκέντρωση, τότε μεταφέρεται εκτός πλοίου για αναζωογόνηση.

Σε ειδικές περιπτώσεις και ανάλογα με τον κατασκευάστρια εταιρεία, σε συγκροτήματα πολλαπλών κινητήρων είναι δυνατή η σύνδεση κυκλώματος λιπάνσεως των βοηθητικών μηχανών, σε ένα κοινό συγκρότημα φυγοκεντρικών διαχωριστήρων αλλά δεδομένο ότι οι ποσότητες του συγκεκριμένου λαδιού είναι σχετικά μικρές, και υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης του λαδιού λόγο αλκαλικών προσθέτων αυτά αντικαθίστανται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

## **4.2 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΛΙΠΑΝΣΗΣ**

Το δίκτυο λίπανσης ενός πλοίου παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία σε μηχανολογικό εξοπλισμό ο οποίος αποτελείται από σωληνώσεις, διάφορα μηχανήματα, εγκαταστάσεις και παρεμβαλλόμενα εξαρτήματα τα οποία είναι απαραίτητα και υπεύθυνα τόσο για την κυκλοφορία, την τροφοδοσία, την αποθήκευση, τον καθαρισμό του λιπαντικού όσο και για την ομαλή λειτουργία του συστήματος λίπανσης.

Επειδή αποτελεί ένα δίκτυο με ζωτική σημασία ο μηχανολογικός εξοπλισμός με βάση βασικές προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί από τους Κανονισμούς πρέπει να περιλαμβάνει υποχρεωτικά:

- Ύπαρξη δυο ηλεκτροκίνητων γρναζωτών αντλιών ελαίου λίπανσης εκ των οποίων μία να βρίσκεται εν αναμονή (standby)
- Ύπαρξη αυτόματου οπτικοακουστικού συναγερμού για την ένδειξη ανεπαρκούς ποσότητας ή/ και πίεση του λαδιού της λίπανσης
- Ύπαρξη δύο ηλεκτροκίνητων φυγοκεντρικών διαχωριστήρων
- Στις δεξαμενές που φυλάσσεται το λιπαντικό λάδι πρέπει υποχρεωτικά να υπάρχει συναγερμός χαμηλής στάθμης.



- Ύπαρξη απαραίτητου αριθμού αυτοκαθαριζόμενων μηχανικών ή μη φίλτρων για τον καθαρισμό του δικτύου
- Προθερμαντήρες ανάλογα με την ποσότητα και την ισχύ των μηχανών
- Ύπαρξη εναλλακτών θερμότητας (heat exchanger) με σκοπό την απαγωγή μέρους της θερμότητας από το λιπαντικό κυκλοφορίας.

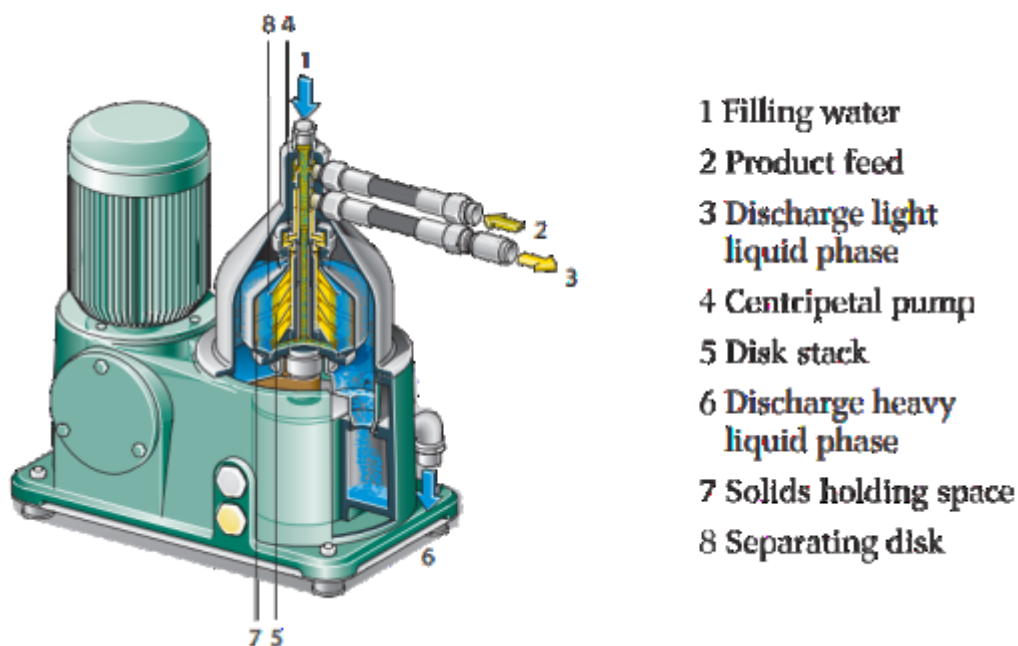
### A. Αντλία ελαίου

Είναι ηλεκτροκίνητες για τις απαραίτητες μεταφορές ελαίου από και προς τις δεξαμενές δικτύων αποθήκευσης, καθαρισμού και χρήσεως καθώς και εξηρημένες παίρνοντας κίνηση από τον εκκεντροφόρο μέσω γραναζιών ή από τον στροφαλοφόρο άξονα για την λίπανση των κύριων εξαρτημάτων της μηχανής.

### B. Φυγοκεντρικός διαχωριστήρας

Τα λιπαντικά (lube oils) που χρησιμοποιούνται σε ένα πλοίο, απαιτούν επεξεργασία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην λίπανση των μηχανημάτων. Ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός επιτυγχάνεται με την χρήση μηχανημάτων που αποτελούνται από περιστροφικά μέρη, στο οποία με την βοήθεια της φυγόκεντρης δύναμης πραγματοποιείται ο καθαρισμός τους. Τα μηχανήματα αυτά ονομάζονται φυγοκεντρικοί διαχωριστές (centrifugal separators) και ανάλογα με την λειτουργία τους διακρίνονται σε: διαχωριστές-καθαριστές (purifiers), είτε διαχωριστές τύπου λεκάνης με δίσκους περιστρεφόμενους με υψηλές ταχύτητες 7000 RPM, αντιπροσωπευτικός τύπος των διαχωριστών με δίσκους είναι οι φυγοκεντρικοί καθαριστές de Laval.

Στη συνέχεια παρατηρείται ένας φυγοκεντρικός διαχωριστήρας (Εικόνα 67) και τομή της λεκάνης με τους περιστρεφόμενους δίσκους και την ροή των διαχωριζόμενων ρευστών.

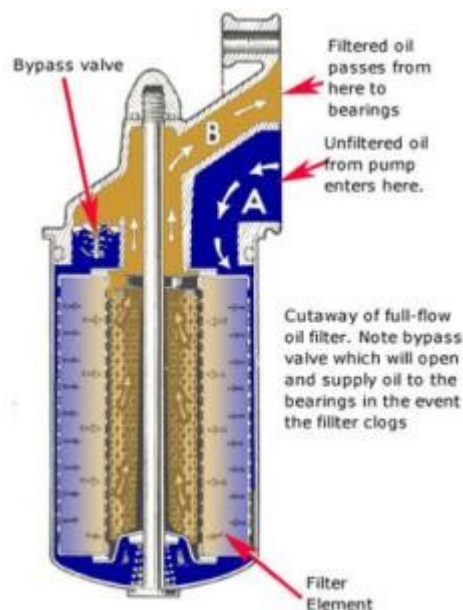


**Εικόνα 67:** Φυγοκεντρικός διαχωριστήρας και τομή αυτού [*GEA Westfalia Separator - Indonesia Marine Equipment (inameq.com)*]



## Γ. Φίλτρα

Το φίλτρο λαδιού (Εικ.68) έχει σκοπό να συγκρατεί τα κατάλοιπα της καύσης και άλλες ακαθαρσίες που συγκεντρώνονται ώστε το λάδι να κυκλοφορεί καθαρό με τελικό σκοπό την σωστή λίπανση των μερών του κινητήρα. Τα φίλτρα λαδιού τοποθετούνται έξω από τον κινητήρα, μπορεί να έχουν την δυνατότητα αντικατάστασης, να είναι αυτοκαθαριζόμενα ή διπλού τύπου.



**Εικόνα 68:** Φίλτρο ελαίου [[automotivewings: Oil Filters & flow work](#)]

Τα φίλτρα αποτελούνται από το εξωτερικό περίβλημα ή σώμα, από το καπάκι και από το ενδιάμεσο στοιχείο. Το ενδιάμεσο στοιχείο που είναι και το σημαντικότερο εξάρτημα είναι συνήθως κυλινδρικού σχήματος που μπορεί να είναι ένα απλό έλασμα με τριχοειδείς οπές ή πλέγμα και κατά κανόνα τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός ενδιάμεσου στοιχείου μπορεί να είναι χαρτοβάμβακας, συμπιεσμένο μαλλί, συμπιεσμένα λεπτά σύρματα, λεπτοί δίσκοι μετάλλου ή διηθητική γη. Τα φίλτρα στις περισσότερες μηχανές τοποθετούνται κατά ζεύγη ώστε με έναν τρίστομο κρουνό που συνδέει ταυτόχρονα τις πλευρές εισόδου-εξόδου, να είναι δυνατή η απομόνωση για τον καθαρισμό χωρίς να χρειαστεί το σταμάτημα της μηχανής.

## Δ. Προθερμαντήρες.

Σε ένα δίκτυο λαδιού απαιτούνται για τον φυγοκεντρικό καθαρισμό και σε ορισμένες περιπτώσεις για την αρχική προθέρμανση του λαδιού ένας ή δύο προθερμαντήρες. Κατά κανόνα οι προθερμαντήρες είναι ατμού (Εικ.69) και σε σπανιότερες περιπτώσεις ηλεκτρικοί(Εικ.70). Το μέγεθος του προθερμαντήρα εξαρτάται από την ποσότητα του λαδιού ανά ώρα που απαιτείται σε σχέση με τον βαθμό επιθυμητής θερμοκρασίας ή και γενικότερα με την ισχύ της μηχανής.



**Εικόνα 69:** Προθερμαντήρας ατμού [*DRG-0.5 Marine Electric steam heat Calorifier, Buy Marine Calorifier from China Manufacturer - JINBO MARINE*]



**Εικόνα 70:** Προθερμαντήρας ηλεκτρικού τύπου [*Electric Heaters for Preheating Lube Oil Main Engine Separators - Navkratis*]

### **Ε. Ρυθμιστικές βαλβίδες πίεσης.**

Τις περισσότερες φορές τα διάφορα μέρη του δικτύου απαιτούν διαφορετική πίεση, οπότε το σύστημα σε κάποιο σημείο μετά τα φίλτρα διαχωρίζεται σε υψηλή και χαμηλή πίεση. Ασφαλιστική διάταξη επιβάλλεται πάντοτε σε όλα τα συστήματα, και αυτή είναι πάντοτε μια αυτόματη ανακουφιστική βαλβίδα (Εικόνα 71) και η οποία ανοίγει μόλις η πίεση υπερβεί την μέγιστη επιτρεπόμενη και οδηγεί το λάδι στον σωλήνα αναρρόφησης ή στην ελαιολεκάνη. Στις μεγάλες εγκαταστάσεις έκτος από την ανακουφιστική βαλβίδα (pressure relief valve) επιβάλλεται η τοποθέτηση και μιας ρυθμιστικής βαλβίδας (bypass) αυτόματη ή χειροκίνητη για την επίτευξη της επιθυμητής πίεσης.

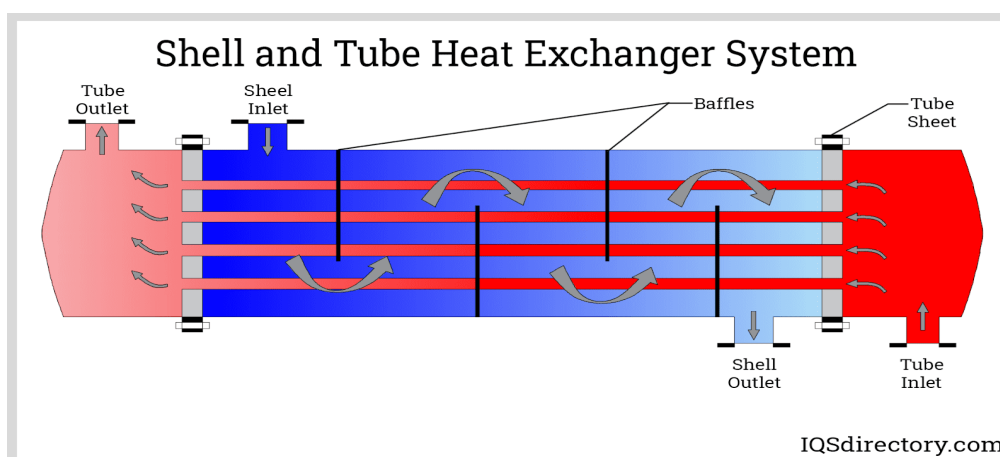




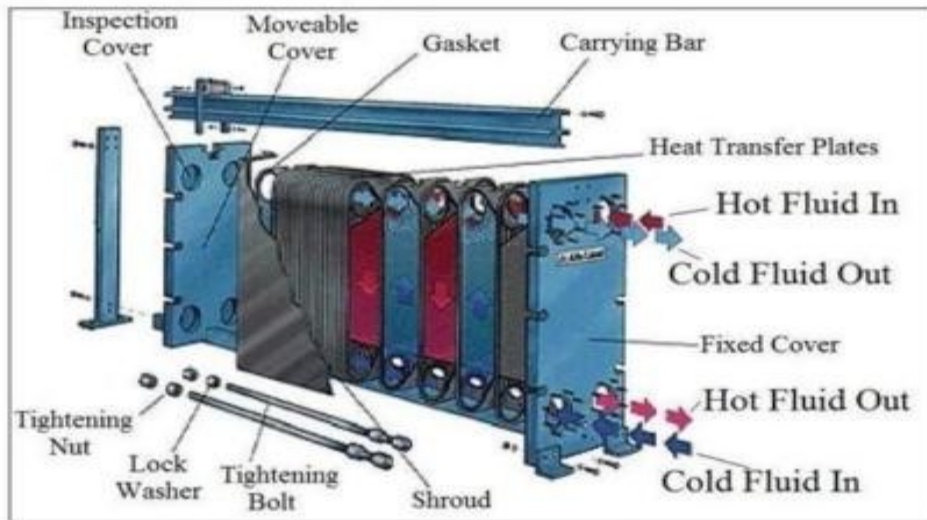
Εικόνα 71: Ανακουφιστική βαλβίδα Perkins [[electronic relief valve - Bing images](#)]

### ΣΤ. Ψυγεία ελαίου.

Ο εναλλάκτης θερμότητας (heat exchanger) ή κοινώς ψυγείο (cooler) έχει ως σκοπό να αποβάλλει μέρος της θερμότητας από τα λιπαντικό κυκλοφορίας. Ανάλογα με τον τρόπο ρύθμισης της θερμοκρασίας λαδιού στο ψυγείο διακρίνονται σε ψυγεία αντιροής, κυψέλης και με διάφραγμα μερικής ροής. Η σωστή συντήρηση ενός ψυγείου είναι βασικός παράγοντας για την αποδοτική λειτουργία, για το λόγο αυτό εάν παρατηρηθεί μείωση της απόδοσης του ψυγείου επιβάλλεται ο μηχανικός ή χημικός καθαρισμός αυτού, καθώς και ο περιοδικός έλεγχος για την αποφυγή διαρροής από τους αυλούς. Είναι συνήθως αυλωτοί (Εικ.72) και εξωτερικά των αυλών κυκλοφορεί το προς ψύξη λάδι και εσωτερικά το νερό ή με πλάκες (Εικ.73) κατάλληλα διαμορφωμένες για την κυκλοφορία των ρευστών.



Εικόνα 72: Αυλωτός εναλλάκτης [[Shell and Tube Heat Exchanger: What Is It? Types, Process \(iqsdirectory.com\)](#)]



**Plate and Frame Heat Exchanger Parts**

**Εικόνα 73:** Τυπικός εναλλάκτης με πλάκες [[\*China Discount Swimming Pool Plate Heat Exchanger Manufacturers, Suppliers, Factory - Wholesale Price - HLB \(hlbpoolsandspas.com\)\*](http://China Discount Swimming Pool Plate Heat Exchanger Manufacturers, Suppliers, Factory - Wholesale Price - HLB (hlbpoolsandspas.com))]

## **Z. Βοηθητικός λοιπός εξοπλισμός.**

Τέλος όπως είναι γνωστό για την ορθή λειτουργία ενός δικτύου είναι απαραίτητος ο εξοπλισμός ασφαλείας τόσο για την ρύθμιση της ροής (τρίστομοι ρυθμιστικοί κρουνοί κ.λπ.), την προστασία του δικτύου (ασφαλιστικά, ανεπίστροφες βαλβίδες), και μετρητικός εξοπλισμός πίεσης και θερμοκρασίας (θερμόμετρα και μανόμετρα) συνοδευόμενα από κατάλληλη ηλεκτροχημική διάταξη προειδοποίησης πιθανών δυσλειτουργιών(alarm system).

## **4.3 ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**

Τα λιπαντικά για τους σύγχρονους πετρελαιοκινητήρες δεν έχουν σχεδιασθεί μόνο για να παρέχουν επαρκή λίπανση υπό διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας αλλά και θερμοκρασίας αλλά και να διατηρούν τον κινητήρα καθαρό και να παρέχουν προστασία έναντι της χημικής διάβρωσης από τα προϊόντα όξινης καύσης. Αυτές οι σημαντικές ιδιότητες προστίθενται στο λιπαντικό έλαιο μέσω αλκαλικών προσθέτων που συχνά αναφέρονται ως απορρυπαντικά και διασκορπιστικά (detergents-dispersants). Τα λιπαντικά έλαια είναι ορυκτέλαια που παράγονται από την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου (crude oil) παραλαμβάνονται σε θερμοκρασία άνω των 360°C (Εικ.94) με κενό και αποκαλούνται βασικά ή κοινά λαδιά.

Με περαιτέρω επεξεργασία γίνονται κυλινδρέλαια με μεγαλύτερο ιξώδες SAE 40 ή 50 καθώς και λάδια κυκλοφορίας SAE30 για την λίπανση κινητήρων και ψύξης εμβόλων. Για να επιτευχθεί η χημική ενίσχυση που επιβάλλεται λόγω αφ' ενός των υψηλών λειτουργικών θερμοκρασιών, αφετέρου των εξανθρακωμάτων της καύσης που περιέχουν θείο και το οποίο μαζί με το νερό λόγω των διαρροών που υπάρχουν προκαλούν οξειδωση με αποτέλεσμα την διάβρωση στα κομβία και στους τριβείς,



καθώς και ύπαρξη λασπώδη κατάλοιπων που καταστρέφουν την λιπαντική μεμβράνη λόγω μη ορθής λειτουργίας των φίλτρων κάθε εταιρεία παρασκευής τα αναμειγνύει με χημικά πρόσθετα ψευδαργύρου, φωσφόρου, οργανικών αλάτων ή μετάλλων.

Η επιλογή του κατάλληλου λιπαντικού έλαιου γίνεται με γνώμονα χαρακτηριστικά όπως:

- Ελάττωση τριβών και φθορών χιτωνίου
- Αποφυγή κολλήματος ελατηρίων
- Αποφυγή ρύπανσης θυρίδων σάρωσης
- Αντοχή στην οξείδωση
- Καλή πρόσφυση στα μέταλλα

Διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες λιπαντικών ελαίων Μ.Ε.Κ ναυτιλίας:

✓ **Κοινά λάδια (regular).**

Είναι έλαια στα οποία δεν υπάρχουν χημικά πρόσθετα χρησιμοποιούνται σε κινητήρες με μικρά φορτία χωρίς δυσμενείς συνθήκες λίπανσης (ολιγόστροφοι κινητήρες).

✓ **Μερικώς ενισχυμένα (premium).**

Είναι έλαια κατάλληλα για την λίπανση πετρελαιοκινητήρων Μ.Ε.Κ με συνθήκες μέτριας καταπόνησης λόγω φορτίου και θερμοκρασιών και είναι ενισχυμένα με αντιοξειδωτικά πρόσθετα.

✓ **Βαρέων απαιτήσεων (heavy duty).**

Είναι λάδια που καλύπτουν τις πιο δυσμενείς συνθήκες λίπανσης λόγω φορτίων και θερμοκρασιών και είναι ενισχυμένα τόσο με αντιοξειδωτικά όσο και με αντιρρυπαντικά πρόσθετα. Στις μηχανές ναυτιλίας ανάλογα με τον τύπο και την ταχύτητα περιστροφής μπορούμε να διακρίνουμε δυο κατηγορίες.

✓ **Λάδια κυλίνδρων (cylinder oils).**

Αφορούν λιπαντικά για τις αργόστροφες μηχανές με ξεχωριστή λίπανση δηλαδή μηχανές με βάκτρο και ζύγωμα και η χρήση τους είναι μόνο για την λίπανση των τοιχωμάτων κυλίνδρων (χιτωνίων)

✓ **Λάδια στροφαλοθαλάμου (crankcase oils).**

Αφορούν λιπαντικά τόσο για την λίπανση τριβών και ψύξη εμβόλων αργόστροφων μηχανών με ξεχωριστή λίπανση όσο και στις μεσόστροφες - πολύστροφες χωρίς ζύγωμα, μόνο με διωστήρα (TPE ) που η λίπανση είναι ενιαία δηλαδή κύλινδροι και τριβείς σε κοινό δίκτυο.

#### 4.3.1 Λειτουργικοί Παράγοντες Λιπαντικών Ναυτιλίας.

Χωρίς την χρήση των λιπαντικών δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί καμιά λειτουργία μηχανημάτων στο πλοίο, διαφορετικοί δε τύποι λιπαντικών και ποιότητας αυτών διατίθενται ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας. Αναφορικά με τους κινητήρες



θαλάσσης είναι πολύ σημαντικό να επιλεγεί η καλύτερη ποιότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λίπανση του στροφαλοθαλάμου ή το λάδι κυλίνδρων σύμφωνα με την ταχύτητα περιστροφής ταξινόμησή τους. Η επιλογή του λιπαντικού λαδιού γίνεται με βάση τις ιδιότητες που θα βελτιώσουν την λειτουργία του κινητήρα και θα μειώσει τον ρυθμό φθοράς και κατ' επέκταση το κόστος συντήρησής του.

Το λιπαντικό είναι ένα από τα βασικά στοιχεία για την λειτουργία κάθε είδους μηχανημάτων επάνω στο πλοίο. Το λιπαντικό λάδι ευθύνεται για την λίπανση και την ψύξη των εξαρτημάτων που λειτουργούν εξαρτώμενα το ένα προς το άλλο προκαλώντας τριβές και άλλους παράγοντες τάσεων στα εξαρτήματα έτσι ώστε να γίνει γνωστό πως η λειτουργία του κινητήρα μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητες του λιπαντικού και την σημασία της πρόληψης προς ελαχιστοποίηση των φθορών και δυσλειτουργιών τόσο στους 2-Χ κινητήρες με ζύγωμα όσο και στους 4-Χ (Trankpiston).

#### 4.3.2 Τύποι και Απαιτήσεις Λιπαντικών.

Ανάλογα με τις εφαρμογές, τις διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και επίπεδα που απαιτούνται κατά την λειτουργία του κινητήρα καθώς και την μείωση της αποδοτικότητας του εξαρτάται κατά περίπτωση ο τύπος του λιπαντικού και σε σχέση με τις απαιτήσεις του τύπου των πετρελαιοκινητήρων για αργόστροφους, μεσόστροφους και πολύστροφους κινητήρες με ζύγωμα, (crosshead engines), κινητήρες διωστήρα, είναι διαφορετικές. (Trunk Piston Engines).

#### 4.3.3 Ιδιότητες Λιπαντικών.

Στο κεφάλαιο αυτόν θα γίνει αναφορά στις πιο κοινές και απαιτούμενες ιδιότητες λιπαντικών ελαίων για τα συστήματα λίπανσης.

##### ✓ **Ιξώδες (Viscosity)**

Το πρώτο και πιο σημαντικό καθήκον του λιπαντικού είναι να φροντίζει να κρατά σε απόσταση τα μεταλλικά μέρη προς αποφυγή της μεταλλικής επαφής και η οποία οδηγεί σε καταστροφική φθορά. Δεδομένου ότι και η καλύτερα επεξεργασμένη επιφάνεια έχει κάποια τραχύτητα και οδηγεί σε μια φυσιολογική φθορά και η οποία πρέπει να ελαχιστοποιηθεί προς αποφυγή της θερμότητας που ελκύεται στα μεταλλικά μέρη και προκαλεί τοπική συγκόλληση, μεταφορά μετάλλου και καταστροφή των μερών, ενέργειες που ως γνωστό ονομάζονται *φθορές συγκόλλησης*.

Η ιδιότητα του ελαίου που διέπει το πάχος της μεμβράνης λαδιού που διαχωρίζει τις επιφάνειες ονομάζεται "**ιξώδες**".

Όσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες τόσο μεγαλύτερο είναι το πάχος της μεμβράνης και κατ' επέκταση η αντίσταση του ρευστού ενώ το μικρότερο ιξώδες έχει την αντιστροφή ικανότητα, ενώ ανάλογα με την θερμοκρασία, πίεση που αναπτύσσεται η υψηλή θερμοκρασία οδηγεί στη μείωση ιξώδους ενώ αύξηση της πίεσης οδηγεί στην αύξηση του ιξώδους και αντιστρόφως σε περιπτώσεις μείωσης θερμοκρασίας και πίεσης. Το ιξώδες του λιπαντικού όπως αναφέρθηκε αλλάζει με την θερμοκρασία και ο ρυθμός αυτός της αλλαγής του εξαρτάται από την σύνθεση του λιπαντικού, τα βασικά ελαία



(βάση τους είναι η ναφθαλίνη), αλλάζουν περισσότερο από τα παραφινικής βάσης ελαία ενώ ορισμένα συνθετικά λιπαντικά αλλάζουν λιγότερο από εκείνα της παραφινικής βάσης. Για να καθοριστεί αυτή η ιδιότητα παρουσιάστηκε από τον ASTM μια μέθοδος για την δημιουργία ενός αριθμού που ονομάστηκε δείκτης (VI) ιξώδους.

Ο δείκτης ιξώδους συσχετίζεται με την ποσότητα αλλαγής ιξώδους ενός δείγματος σε σύγκριση με δυο ελαία αναφοράς με μεγαλύτερο και μικρότερο δείκτη. Για τον καθορισμό των ανωτέρω δόθηκε ένας δείκτης ιξώδους VI 100 σε ένα έλαιο παραφινικής βάσης και VI 0 αντίστοιχα σε ένα ναφθαλινικής βάσης .

Οι περισσότεροι προμηθευτές λιπαντικών ναυτιλίας προτείνουν χρήση λιπαντικών SAE50 για κυλινδρέλαια και λιπαντικά SAE30 και TBN 5-10 για το κύριο σύστημα λίπανσης.

#### ✓ **Αλκαλικότητα (Alkalinity) - Base Number (Αριθμός Βάσης )**

Κατά την διάρκεια της καύσης οι αναθυμιάσεις φέρουν θειικό οξύ το οποίο μπορεί να προκαλέσει όξινη διάβρωση ειδικά δε περισσότερο για τους 4-χρονους (TPE) κινητήρες που το κύριο λιπαντικό είναι υπεύθυνο και για την λίπανση των χιτωνίων και των εμβόλων, και ως εκ τούτου έρχεται σε άμεση επαφή με το καύσιμο ενώ δε για τους 2-χρονους κινητήρες λόγω ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικού βαθμού ελαία για την λίπανση του κυλίνδρου , η αλκαλικότητα εξαρτάται και από την ποσότητα του καυσίμου (HFO-LSFO), γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι η αλκαλικότητα του λιπαντικού είναι σημαντική για τον έλεγχο της όξινης διάβρωσης .

Ο αριθμός βάσης (base number) στο λιπαντικό μετρά την δυνατότητα εξουδετέρωσης των όξινων προϊόντων που σχηματίζονται κατά την καύση και προκαλούνται από την περιεκτικότητα θείου (S) και αναφέρετε συχνά ως **αλκαλικότητα**. Συγκεκριμένα είναι η ποσότητα οξέος εκφρασμένη σε όρους του ισοδύναμου αριθμού χιλιοστογραμμαρίων αλκαλικού υδροξειδίου του καλίου που απαιτείται για την εξουδετέρωση όλων των αλκαλικών συστατικών σε ένα γραμμάριο δείγματος.

Ενδεικτικά για ένα αργόστροφο κινητήρα με ζύγωμα, ένα λαδί με BN70 σημαίνει ότι μια ποσότητα οξέος ισοδύναμη με 70 χιλιοστογραμμαρία υδροξειδίου του καλίου απαιτούνται για την εξουδετέρωσή των αλκαλικών προσθέτων σε ένα γραμμάριο αυτού του λαδιού. Τα λιπαντικά ναυτιλίας περιέχουν ποσότητες θείου που μπορεί να κυμαίνονται από 0,3 έως 4,5 % ανά βάρος , λαμβάνοντας υπόψη ότι κατά την διάρκεια της καύσης το θείο οξειδώνεται σε SO<sub>2</sub> και SO<sub>3</sub> , μέρη αυτών των οξειδίων αναμειγνύονται με το νερό και σχηματίζουν θειικά και θειούχα οξέα. Αυτά τα οξέα είναι εξαιρετικά διαβρωτικά για τον κινητήρα και πρέπει να εξουδετερωθούν με τη χρήση βάσεων λιποδιαλυτών που πρέπει να υπάρχουν στα λιπαντικά κινητήρων MEK.

#### ✓ **Αντοχή στην οξείδωση (Oxidation Resistance).**

Όπως έχει γίνει γνωστό το λιπαντικό λαδί είναι πάντα σε επαφή με τον αέρα και έτσι η παρουσία οξυγόνου στο λαδί είναι αναπόφευκτη. Επιπλέον σε υψηλή θερμοκρασία που μπορεί να βρίσκεται το λιπαντικό, ο ρυθμός οξείδωσης αυξάνεται, ενδεικτικά



αύξηση θερμοκρασίας ανά 10°C άνω του ορίου των 85°C διπλασιάζεται οδηγώντας σε σχηματισμό ιλύος, οξέος και εν τέλει σε διάβρωση. Προς αποφυγή των ανωτέρω και για την διατήρηση των ιδιοτήτων είναι απαραίτητη η χρήση προσθέτων, καθώς και ο έλεγχος της θερμοκρασίας των λιπαντικών δια μέσου της ψύξης από το δίκτυο ψυγείου ελαίου.

✓ **Αντοχή στο φορτίο (Load Resistance).**

Αποτελεί επίσης, ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά που πρέπει να πληρεί το εκάστοτε προς χρήση λιπαντικό και εξαρτάται κυρίως από το ιξώδες του λαδιού. Τα εσωτερικά μέρη του κινητήρα όπως είναι κατανοητό υπόκεινται σε υψηλά εσωτερικά φορτία, ως εκ τούτου η ικανότητα μεταφοράς του φορτίου και κατ'επέκταση η αντοχή στην πίεση πρέπει να είναι αρκετή προς αποφυγή της απώλειας του λιπαντικού που θα οδηγήσει στην αύξηση της επαφής μεταξύ των μετάλλων και τελικά στην φθορά του μηχανήματος.

✓ **Θερμική Αγωγιμότητα.**

Τα εσωτερικά μέρη του κινητήρα λόγω ότι βρίσκονται συνέχεια σε κίνηση και παράγουν θερμική ενέργεια και η οποία πρέπει να απορριφθεί προς αποφυγή φθορών λόγω θερμικών τάσεων. Το λιπαντικό λοιπόν, προς αποφυγή απροβλέπτων καταστάσεων πρέπει να ψύχεται και να έχει καλή θερμική αγωγιμότητα (να απορροφά μεγάλα ποσά θερμότητας).

✓ **Απορρυπαντικότητα.**

Η απορρυπαντικότητα του λιπαντικού επιτυγχάνεται με την προσθήκη χημικών μεταλλικών προσθέτων τα οποία θα αποτρέψουν την συσσώρευση εναποθέσεων στις μεταλλικές επιφάνειες. Ειδικά στους 2-χρονους κινητήρες που χρησιμοποιείται λιπαντικό (κυλινδρέλαιο) το οποίο πρέπει να αφαιρεί εναποθέσεις στην περιοχή των ελατήριων εμβόλου και οφείλει να διατηρεί το χώρο καύσης όσο το δυνατόν καθαρότερο.

✓ **Διασκορπιστικότητα (Disperency).**

Ονομάζεται η ιδιότητα του λιπαντικού να εμποδίζει τις ακαθαρσίες, να αναμειχθούν με τα συστατικά του και να τις διατηρεί στην επιφάνεια έτσι ώστε να μπορούν εύκολα να απομακρυνθούν από την λειτουργία των φυγοκεντρικών διαχωριστών και να επιτευχθεί ο καθαρισμός του δικτύου.

✓ **Σημείο ανάφλεξης (Flush point).**

Το σημείο ανάφλεξης είναι η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία το λαδί εξατμίζεται για τη δημιουργία ενός αναφλέξιμου μείγματος αέρα. Για τα λιπαντικά ναυτιλίας το σημείο ανάφλεξης είναι πάντα μεγαλύτερο από 220°C, ώστε σε περίπτωση ανάφλεξης να αποφεύγεται η αύξηση της θερμοκρασίας και ο κίνδυνος πυρκαγιάς.

✓ **Χαμηλός αριθμός απογαλακτοποίησης (L.D.N).**

Όπως είναι κατανοητό πρακτικά είναι αδύνατον να αποφευχθεί η μόλυνση του λιπαντικού με το νερό. Για τον λόγω αυτό ο χαμηλός αριθμός απογαλακτοποίησης



βοηθά κατά την διάρκεια του φυγοκεντρικού διαχωρισμού τον αποχωρισμό από το λιπαντικό.

✓ **Περιεκτικότητα σε νερό.**

Οι κινητήρες ντίζελ κατά την διάρκεια της καύσης παράγουν υδρατμούς, οι οποίοι κάτω από αντίξοες συνθήκες μαζί με την παρουσία υγρασίας μπορεί να συμπυκνωθούν στον στροφαλοθάλαμο και να αναμειχθούν με το λιπαντικό, μερικές φορές έχει παρατηρηθεί μεγάλες ποσότητες να εισέρχονται στο στροφαλοθάλαμο από πιθανές διαρροές στο σύστημα ψύξης. Σύμφωνα με ελέγχους σε δείγματα λιπαντικών η ύπαρξη νερού είναι ο λόγος υπερβολικής φθοράς του λιπαντικού και η παρατεταμένη αυτή μόλυνση οδηγεί σε προβλήματα του εξοπλισμού, όπως:

- Σχηματισμός λάσπης στο λαδί ακολουθούμενη από πιθανό φράξιμο των σωληνώσεων του δικτύου.
- Χημική αντίδραση με τα πρόσθετα των λιπαντικών που βλάπτει την αποτελεσματικότητα και σε ακραίες περιπτώσεις την πλήρη καθίζηση τους.
- Δημιουργία διάβρωσης και οξειδωσης που οδηγεί στη υψηλή φθορά και στην καταστροφή των τριβών.
- Σχηματισμός γαλακτώματος που εμποδίζει την ιδιότητα της λίπανσης και του καθαρισμού του.

Σχετικά με τους κινητήρες θαλάσσης είναι πολύ σημαντικό η επιλογή της καλύτερης ποιότητας λιπαντικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως λαδί κυλίνδρου ή λαδί στροφαλοθαλάμου και να επιλέγεται με βάση των ιδιοτήτων που θα βελτιώσουν τη λειτουργία προς αποφυγή φθορών και κατ'επέκταση οικονομικά οφέλη λόγω συντηρήσεων, αντικαταστάσεων, είτε αγορά ανταλλακτικών.

#### 4.3.4 Έλεγχος Λιπαντικών.

Για τη λίπανση των κινητήρων θαλασσης χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι λιπαντικών και τα οποία αποθηκεύονται σε δεξαμενές ελαίου, ακόμα και σε βαρέλια. Όσον δε αφορά τα ίδια τα μηχανήματα το λιπαντικό έχει περίοδο περιορισμένης λειτουργίας μετά την οποία πρέπει να ανανεωθεί με νέα παρτίδα. Εκτός από την ανανέωση του μετά από τις καθορισμένες από τον κατασκευαστή ώρες λειτουργίας είναι υποχρεωτικό να ελέγχεται και κατά την διάρκεια χρήσης του για την διατήρηση της ποιότητας και καθαρότητας και των ιδιοτήτων που έχουν προαναφερθεί είτε με διαδικασίες επί του πλοίου ή ακόμα και στο εργαστήριο (πχ NAIAS Lube Oil Test).

Τα σημαντικότερα σημεία για τα οποία πρέπει να εκτελούνται έλεγχοι είναι:

- ✓ Έλεγχος φθοράς λόγω χρόνου.
- ✓ Έλεγχος μόλυνσης από νερό, βακτήρια.
- ✓ Έλεγχος περιεκτικότητας σε νερό
- ✓ Έλεγχος Ph
- ✓ Έλεγχος ιξώδους.
- ✓ Έλεγχος αδιάλυτων συστατικών
- ✓ Έλεγχος σημείου ανάφλεξης .
- ✓ Έλεγχος προς αποφυγή φθορών στο σύστημα λίπανσης.
- ✓ Έλεγχος διαπίστωσης διαρροών ή πηγών μόλυνσης στο δίκτυο



Με σκοπό τον καθορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών απόδοσης για τα κύρια συστήματα όπως είναι η κύρια προωστήρια μηχανή, τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, σύστημα μειωτήρων, εδράνων χοάνης τελικού άξονα όπως αυτά καθορίζονται από τις κατασκευάστριες εταιρίες συνίσταται ο έλεγχος ανά 15 ημέρες ή μια φορά το μήνα κατά περίπτωση. Σύμφωνα δε με τους τελευταίους κανονισμούς προτείνεται η αποστολή σε εργαστήρια για ειδικές εργαστηριακές (φασματοανάλυση κλπ) δοκιμές.

Όσο αφορά τις δοκιμές που αυτές πραγματοποιούνται επί του πλοίου, με την λήψη δειγμάτων από επιλεγμένα σημεία του συστήματος κατά την λειτουργία και σε κανονική θερμοκρασία με ειδικό φορητό εξοπλισμό και με τον οποίο σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς πρέπει να είναι εξοπλισμένα τα πλοία, τα αποτελέσματα αποστέλλονται τόσο στις ασφαλιστικές εταιρείες, όσο και στους νηογνώμονες όσο και στις κατασκευάστριες εταιρείες.

#### **4.4 ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΛΙΠΑΝΣΗΣ**

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά στα προβλήματα, βλάβες και ανωμαλίες που μπορεί να προκύψουν σε ένα δίκτυο λίπανσης καθώς και τρόποι αντιμετώπισης τους και τους απαραίτητους ελέγχους που πρέπει να ακολουθηθούν, προς αποφυγή δυσάρεστων συνεπειών σε συνδυασμό με προβλήματα στο εσωτερικό δίκτυο λίπανσης, καθώς και θα παρουσιαστούν τα σημαντικότερα προβλήματα που μπορεί να ανακύψουν στο δίκτυο λίπανσης και τις συνέπειες τους.

##### **4.4.1 Πτώση Πίεσης.**

Η πτώση πίεσης του λαδιού, που μπορεί να εμφανιστεί σε έναν κινητήρα άσχετα αν αυτή είναι μεγάλη ή μικρή μπορεί να δημιουργήσει ένα σύνολο προβλημάτων στα κύρια μέρη (πχ έδρανα) καθώς και στο συγκρότημα έμβολο-χιτώνιο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η πίεση τροφοδοσίας του λιπαντικού παίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία της μηχανής, ο καθορισμός του προβλήματος και η επίλυσή του είναι άμεσης προτεραιότητας και σε ιδιαίτερες περιπτώσεις επιβάλλεται ακόμα και έκτακτο κράτημα της μηχανής (emergency stop). Για την καλύτερη κατανόηση του φαινομένου θα γίνει αναφορά σε δύο κατηγορίες της απότομης(άμεσης) και της σταδιακής πτώσης.

##### **➤ Άμεση πτώση.**

Μια από τις σοβαρότερες ανωμαλίες στο σύστημα λίπανσης είναι η απότομη πτώση της πίεσης και η οποία δύναται να εντοπιστεί μέσω του κατάλληλου εξοπλισμού, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο (μανόμετρα , σύστημα ηχητικής σήμανσης, πίνακες ελέγχου, κτλ) από το προσωπικό του μηχανοστασίου, και ακόμα πιο άμεσα από το απότομο κράτημα της ίδιας της μηχανής (shutdown) από τα συστήματα αυτοπροστασίας της μηχανής. Πιθανές αίτιες της απότομης πτώσης πίεσης είναι :

- ✓ Διαρροή του δικτύου ή των δεξαμενών
- ✓ Βλάβη στις αντλίες κυκλοφορίας λιπαντικού (lube oil pumps)
- ✓ Διαρροή παρεμβύσματος στεγανοποίησης φλαντζών (sealing rings, gaskets)
- ✓ Μη επαρκής σύσφιξη.





Δεδομένου του κρατήματος της μηχανής θα πραγματοποιηθεί ο έλεγχος και ο καθορισμός του προβλήματος και η αποκατάστασή του από το προσωπικό, το οποίο θα πρέπει να συμπληρώσει το δίκτυο με νέο λαδί και στη συνέχεια να επανεκκινήσει την μηχανή με αυξημένη επιτήρηση κατά την λειτουργία της. Σε περίπτωση που η βλάβη οφείλεται σε κάποια αντλία και δεδομένη την ύπαρξη πάντα έστω μίας βοηθητικής, τότε απομονώνεται (η προβληματική αντλία) και τίθεται αυτόματα ή χειροκίνητα η επαναλειτουργία του συστήματος.

#### ➤ Σταδιακή πτώση.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο του δικτύου λίπανσης το σύστημα δικτύου είναι εφοδιασμένο με την δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης, και λαμβάνοντας υπόψη την καθημερινή τήρηση ημερολογίου για την μηχανή αλλά και των ενδείξεων πίεσεως της μηχανής (monitoring system) είναι εφικτός ο εντοπισμός και οι απαραίτητες ενέργειες όπως και στη προηγούμενη περίπτωση.

Πιθανές αίτιες και της σταδιακής πτώσης πίεσης είναι:

- ✓ Μη αναρροφητική ικανότητα της αντλίας
- ✓ Εισροή αέρα στο δίκτυο.
- ✓ Διάκενα τριβέων
- ✓ Διαρροές στο εσωτερικό δίκτυο.

Πιθανοί έλεγχοι ή τρόποι αντιμετώπισης:

- ✓ Έλεγχος, καθαρισμός, αντικατάσταση ή εναλλαγή φίλτρων.
- ✓ Έλεγχος ελαιολεκάνης από πιθανά ιζήματα των φίλτρων αποστράγγισης.
- ✓ Έλεγχος χαμηλής στάθμης ελαίου.
- ✓ Ακατάλληλο λιπαντικό (χαμηλή αναρροφητική ικανότητα )
- ✓ Έλεγχος για φθορές .
- ✓ Έλεγχος ευθυγράμμισης στροφαλοφόρου, έλεγχος τοποθέτησης τριβέων.
- ✓ Έλεγχος τηλεσκοπικών σωλήνων.

#### 4.4.2 Θερμοκρασία Λιπαντικού.

Το δίκτυο ελαίου του μηχανοστασίου είναι εφοδιασμένο τόσο τοπικά στα απαραίτητα σημεία με θερμομέτρα όσο και αισθητήρες στα σημεία τριβής της μηχανής καθώς και από το σύστημα ανίχνευσης ατμών του λιπαντικού με άμεση ανταπόκριση στον γενικό πίνακα ελέγχου του μηχανοστασίου (control room) καθώς και τον τοπικό πίνακα της μηχανής.

Επομένως το προσωπικό θα αντιδράσει άμεσα ή τα συστήματα ενεργοποιούνται αυτόματα για την άμεση κράτηση της μηχανής.

Πιθανές αίτιες της αύξησης της θερμοκρασίας είναι:

- ✓ Ελλιπής ποσότητα ελαίου στην ελαιολεκάνη
- ✓ Βλάβη στο σύστημα ψύξης ελαίου.
- ✓ Αύξηση τριβής σημείου μηχανής.
- ✓ Θραύση τηλεσκοπικού σωλήνα.
- ✓ Ελλιπής κυκλοφορία ελαίου.
- ✓ Υπερφόρτωση μηχανής.



- ✓ Ιξώδες λιπαντικού.
- ✓ Βλάβη στο σύστημα ρύθμισης θερμοκρασίας.
- ✓ Στεγανότητα ελατήριων εμβόλου.
- ✓ Ποσοστό ιζήματος στα φίλτρα και στην ελαιολεκάνη.
- ✓ Ανεπαρκής ψύξη χιτωνίων.

Σε περίπτωση που ανιχνευτεί μια αύξηση στην θερμοκρασία το λιπαντικού, το προσωπικό μπορεί να προβεί, στους παρακάτω ελέγχους:

- ✓ Συμπλήρωση ποσότητας λιπαντικού.
- ✓ Κράτηση της μηχανής αυτόματη ή χειροκίνητα.
- ✓ Καθαρισμός ψυγείου ελαίου.
- ✓ Αντικατάσταση της ρυθμιστής βαλβίδας ή παράκαμψη σε χειροκίνητο έλεγχο.
- ✓ Έλεγχος, καθαρισμός, αντικατάσταση ή εναλλαγή φίλτρων.
- ✓ Έλεγχος ελαιολεκάνης από ιζήματα των φίλτρων αποστράγγισης
- ✓ Έλεγχος ιξώδους .
- ✓ Έλεγχος διαφορικών πιέσεων μανομέτρων ψυγείων, φίλτρων.

#### 4.4.3 Κατανάλωση Λιπαντικού (LUBE OIL CONSUMPTION).

Η υπερβολική κατανάλωση, πέραν των καθορισμένων ορίων από τον κατασκευαστή λόγω των λειτουργικών παραγόντων πρέπει άμεσα να εντοπιστεί και στην συνέχεια να εξλειφθεί. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην κατανάλωση λαδιού που απαιτείται για την ανανέωση τόσο του ιδίου όσο και του συστήματος για να διατηρηθεί ο κινητήρας σε ικανοποιητική λειτουργία όσο και να ελέγξει το απόθεμα εντός των ορίων που ορίζει ο κατασκευαστής.

Όλοι οι κινητήρες σε λειτουργία έχουν συνήθως κατανάλωση λαδιού που εκφράζεται σε g / kWh και εξαρτάται από το σχεδιασμό του κινητήρα, τη λειτουργία και τις απώλειες συστήματος, και ως ευρεία ένδειξη οι απώλειες συστήματος μπορούν να αντιπροσωπεύουν περίπου 0,1-0,2 g / kWh νέου ελαίου κάτω από φυσιολογικές συνθήκες. Για να διατηρηθεί το επίπεδο του συστήματος, προστίθεται λάδι με σκοπό να αντισταθμίσει το λάδι που καταναλώνεται. Η ποσότητα αυτού του λαδιού είναι ένας σημαντικός παράγοντας προσδιορισμός της ακαταλληλότητας του λιπαντικού για περαιτέρω ενέργειες. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση λαδιού του κινητήρα. Αυτοί συνοψίζονται σε

- ✓ Σχεδιασμό και κατάσταση κινητήρα
- ✓ Ποιότητα λαδιού
- ✓ Ποιότητα καυσίμου ·
- ✓ Χωρητικότητα συστήματος λαδιού ·
- ✓ Συνθήκες λειτουργίας ·
- ✓ Επίδραση βαθμού BN ·
- ✓ Απώλειες συστήματος ·
- ✓ Συντήρηση συστήματος

Οι επικρατέστεροι τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου ενδεικτικά:

- ✓ Συμπλήρωση ποσότητας λιπαντικού.
- ✓ Κράτηση της μηχανής αυτόματη η χειροκίνητα
- ✓ Έλεγχος διάκενων και προφίλ ελατήριων.



- ✓ Κατάσταση χιτωνίου.
- ✓ Τρόπος λίπανσης κινητήρα
- ✓ Ποιότητα λιπαντικού
- ✓ Ποιότητα καυσίμου
- ✓ Συνθήκες λειτουργίας (φορτίο κλπ)
- ✓ Συντήρηση εξοπλισμού

#### 4.4.3 Νεφελοποίηση.

Ενα από τα σοβαρότερα προβλήματα που παρουσιάστηκαν με την εμφάνιση των πρώτων μηχανών ντίζελ είναι αυτό της νεφελοποίησης του λαδιού στο στροφαλοθάλαμο με αποτέλεσμα την καταστροφή των μηχανών καθώς και ατυχημάτων προσωπικού. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο ότι κάθε υπερθέρμανση μπορεί να προκαλέσει ομίχλη λαδιού λόγω αυξημένης τριβής, φθοράς ή και λόγω χρήσης κακής ποιότητας λαδιού των λιπαινόμενων μερών όπως έμβολα, στροφαλοφόρος, διωστήρες, έδρανα κλπ. και στην συνέχεια έκρηξη. Αν συμβεί ανάφλεξη και έκρηξη νέφους ελαίου είναι πολύ πιθανή η εκδήλωση δευτερεύουσας έκρηξης λόγω εισαγωγής φρέσκου αέρα.

Με την εξέλιξη των ναυτικών κινητήρων και σύμφωνα με τους κανονισμούς ναυτιλιασ-νηογνωμόνων και των συμβάσεων (SOLAS-IMO) γίνεται πλέον απαραίτητη και υποχρεωτική η τοποθέτηση και λειτουργία εξοπλισμού ανίχνευσης νέφους ελαίου και χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας εδράνων στροφαλοφόρου άξονα στα νέας τεχνολογίας ή και με αναβάθμιση στα ήδη υπάρχοντα. Οι ανιχνευτές αυτοί εντοπίζουν την ύπαρξη νέφους εντός του στροφαλοθαλάμου και μεταφέρουν τις ενδείξεις στο κεντρικό σύστημα ανίχνευσης, με δυνατότητα ακαριαίου κρατήματος μηχανής.

#### 4.4.4 Καθαρισμός Δικτύου.

Σύμφωνα με τις νέες οδηγίες διεθνών οργανισμών και κατασκευαστριών εταιρειών, όταν ένας κινητήρας-δίκτυο λαδιού έχουν εγκατασταθεί ή έχουν υποστεί διαδικασίες επισκευών είναι πολύ πιθανή η επιβάρυνση (μόλυνση) του συστήματος με διαφορά σωματίδια και τα οποία προ της εκκινήσεως πρέπει να αφαιρούνται.

Προς αποφυγή των ανωτέρω όλα τα προσβάσιμα τμήματα πρέπει να προστατεύονται κατά την διάρκεια αρχικής τοποθέτησης, επισκευής και τροποποιήσεων. Απαραίτητα ο καθαρισμός των δεξαμενών (Κάρτερ) ελαίου καθώς και των λοιπών δεξαμενών, πλήρωση με μικρή αλλά αναγκαία ποσότητα ελαίου συνήθως SAE20 συμβατό με το σύστημα και κυκλοφορία αυτού προς καθαρισμό υπολειμμάτων, αντικατάσταση ή καθαρισμός φίλτρων και τελική πλήρωση του συστήματος και δοκιμή συστημάτων.

Είναι απαραίτητο όλες οι αντλίες, φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες και το σύστημα συντήρησης να ξεκινήσουν και να συνεχίζουν να εργάζονται για όσο το δυνατόν περισσότερο πριν την εκκίνηση του κινητήρα. Συνοπτικά οι κάτωθι οδηγίες (CIMAC 31/05/2017) δίνονται για την διαδικασία καθαρισμού:

- ✓ Καθαρισμός προς μια κατεύθυνση.
- ✓ Καθαρισμός ακρών σωληνώσεων.



- ✓ Επιθεώρηση Δεξαμενών
- ✓ Εισαγωγή ελαίου μέσω φίλτρου ή φυγοκεντρικού διαχωριστήρα.
- ✓ Θερμοκρασία 65<sup>0</sup> C

#### 4.4.5 Αποτελέσματα Εσφαλμένης Λίπανσης.

Σύμφωνα με μελέτη του Σουηδικού ναυτιλιακού ασφαλιστικού φορέα η αστοχία που σχετίζεται με την λίπανση είναι η πιο συνηθισμένη αίτια βλάβης του κινητήρα ακολουθούμενη από εσφαλμένη συντήρηση ή επισκευές.

Σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες αποκατάστασης βλαβών η μόλυνση με νερό ή σωματίδια καύσης μειώνουν τις λιπαντικές ιδιότητες του λαδιού, προκαλώντας ζημιές σε ρουλεμάν, έδρανα κτλ. Σε αυτό το πλαίσιο η ζημία στον στροφαλοφόρο άξονα θεωρείται η πιο σοβαρή και ακριβή.

Επιγραμματικά στη συνέχεια αναφέρουμε τις οδηγίες μείωσης των φθορών κινητήρων θαλάσσης όπως τις ταξινομούν δυο από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές MANB&W και WARTSILLA-SULZER. Σύμφωνα με την MAN τα ακόλουθα πρέπει να γίνουν για την μείωση ζημιών στους κινητήρες.

- Έχοντας τα σωστά άτομα με τις σωστές γνώσεις. Η τακτική εκπαίδευση και οι σαφείς διαδικασίες και οδηγίες εργασίας είναι απαραίτητες.
- Η τήρηση των απαιτούμενων διαστημάτων συντήρησης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή και η χρήση μόνο ανταλλακτικών OEM είναι απαραίτητη.
- Η παρακολούθηση του καυσίμου, του λιπαντικού και του νερού ψύξης είναι απαραίτητη για να μπορέσει ο χειριστής να δει πού βρίσκονται τυχόν αλλαγές στην ποιότητα ,την ποσότητα του υγρού και να αντιδράσει αμέσως.
- Η τεχνολογία απομακρυσμένης παρακολούθησης θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιείται όπου είναι δυνατόν για τη μείωση του χρόνου διακοπής.

Η Wärtsilä συμβουλεύει, ότι πρέπει να ληφθούν τα ακόλουθα μέτρα για τη λειτουργία μηχανημάτων χωρίς προβλήματα:

- Να βεβαιώνεται ότι υπάρχει ένα καλά σχεδιασμένο και καθορισμένο μηχανοστάσιο με ανώτερη επίβλεψη κατά την κατασκευή και τη θέση σε λειτουργία.
- Η Wärtsilä αναφέρει ότι ο κακός καθαρισμός των σωλήνων κατά τη διάρκεια της κατασκευής εξακολουθεί να είναι ένας από τους κύριους λόγους για τον εξοπλισμό λιπαντικού και τα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα.
- Να είναι συνεπής το πλήρωμα με την επάνδρωση του μηχανοστασίου. Η επίλυση προβλημάτων μόλις εμφανιστούν είναι ευκολότερη όταν υπάρχει ορθή συμπεριφορά του πληρώματος με την έννοια αυτό είναι «το πλοίο μου» και οδηγεί σε καλύτερη παρακολούθηση βάσει συνθηκών.
- Να μην υποτιμούνται οι συνετές μηχανικές πρακτικές.
- Να ακολουθούνται οι οδηγίες χρήσης εγκατάστασης που δημοσιεύονται από τον κατασκευαστή.
- Να διατηρείται ένα λεπτομερές ημερολόγιο μηχανοστασίου για να εντοπίζονται οι περιοχές εστίασης όπου έχουν προκύψει προβλήματα.



## 5. ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ 2020.

Σύμφωνα με τις εξελίξεις που αναμένονται στις επόμενες δεκαετίες σχετικά με την ανάπτυξη νέων καυσίμων και κατ' επέκταση νέων λιπαντικών προηγμένης αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, και με δεδομένο τους νέους κανονισμούς IMO, SOLAS, MARPOL για την παγκόσμια χρήση καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο όχι μεγαλύτερο από 0,5% οι κατασκευάστριες εταιρείες κινητήρων και λιπαντικών καλούνται να επανεξετάσουν τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις των προϊόντων λίπανσης, την αύξηση του ποσοστού καταλύτη προς επίτευξη χαμηλότερων επιπέδων θείου που προστίθεται την διάρκεια της διύλισης στο βαρύ μαζούτ.

Χωρίς την σωστή επεξεργασία η περιεκτικότητα υπολειμμάτων καταλύτη θα αυξήσει την φθορά των συστημάτων στα χιτώνια, ελατήρια, στο έμβολο κτλ οδηγώντας σε περεταίρω συσσώρευση αιθάλης στους κυλίνδρους και στο λιπαντικό, επιπλέον τα καταλυτικά πρόσθετα μπορούν να μεταφερθούν στο λιπαντικό λαδί μέσω των δακτυλίων εμβόλου. Στην συνέχεια θα γίνει μια περιγραφή των κανονισμών IMO 2020 στα δυο συστήματα λίπανσης κινητήρων ναυτιλίας.

### 5.1 Δίχρονι Αργόστροφοι Κινητήρες.

Λαμβάνοντας υπόψη τον σχεδιασμό των 2-Χ κινητήρων με ζύγωμα σύμφωνα με το IMO 2020 με περιορισμό του HFO στο 0,5% S οι εταιρείες κατασκευής κινητήρων έχουν προχωρήσει στον σχεδιασμό νέων συστημάτων παροχής λιπαντικού ,ενώ για τα συστήματα λίπανσης εδράνων κλπ συνιστώνται νέα λιπαντικά με τις κάτωθι κύριες ιδιότητες:

- ✓ SAE 30
- ✓ BN5-10
- ✓ Υψηλή αντιδιαβρωτική προστασία
- ✓ Άριστες αντιοξειδωτικές ιδιότητες
- ✓ Υψηλή διασκορπιστικότητα και αντιρρυπαντικότητα

### 5.2 Τετράχρονοι Κινητήρες.

Εν αντιθέσει με το σύστημα λίπανσης ενός δίχρονου κινητήρα με ζύγωμα, το λαδί του στροφαλοθαλάμου σε ένα μεσόστροφο τετράχρονο κινητήρα με διωστήρα (TPE) είναι συνεχώς εκτεθειμένο σε προϊόντα καύσης. Ωστόσο η προσέγγιση των νέων λιπαντικών δεν θα είναι σημαντικά διαφορετική από τα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται σήμερα, παρόλο που ένα ποσοστό 0,5%S είναι ένα χαμηλό επίπεδο, απαιτεί ένα αριθμό βάσης (BN) που να εξουδετερώσει τα υποπροϊόντα όξινης καύσης.

Τα τρέχοντα νέα λιπαντικά μπορούν να ικανοποιούν την λίπανση με χαμηλό αριθμό βάσης (12-40) με την επίτευξη ενός καλύτερου επιπέδου απόδοσης. Το λιπαντικό λάδι δρα ως μέσο μεταφοράς για αδιάλυτα που παράγονται στο μηχανή. Ο βαθμός ρύπανσης του κινητήρα καθορίζεται από το συγκέντρωση αδιάλυτων και την τάση του ελαίου να αφήνει κατακαθίσεις.



Υπό κανονικές συνθήκες κατανάλωσης λαδιού, τα λάδια κινητήρα- εμβόλου δεν απαιτούν πλήρεις αλλαγές λαδιού έως και αρκετά χρόνια, υπό την προϋπόθεση οι συνθήκες καύσης παραμένουν φυσιολογικές και το λάδι δεν αλλοιώνεται από ακατέργαστα υπολείμματα καυσίμων.

Για τους παραπάνω λόγους, οι κινητήρες με έμβολο που καίνε υπολείμματα καυσίμων είναι καλύτερα εξοπλισμένοι με καθαριστές συνεχούς λειτουργίας φυγοκεντρικές / διαχωριστές επαρκούς χωρητικότητας, καθαρίζοντας το λιπαντικό τους λάδι από αφαίρεση νερού, αιθάλης και άλλων ρύπων.

### **5.3 Απαιτήσεις Συστημάτων Επεξεργασίας Λιπαντικών.**

Όπως έχει αναφερθεί κατά την διάρκεια της καύσης του κινητήρα το θείο μετατρέπεται σε οξειδία του θείου ( $SO_x$ ). Τα οξειδία αυτά μέσω των αέριων καύσης φθάνουν στο λιπαντικό και λόγω της διαβρωτικής τους ιδιότητας πρέπει να εξουδετερωθούν έχοντας υψηλό αριθμό βάσης. Οι κινητήρες νίζελ απαιτούν λιπαντικό με ποικίλες ιδιότητες που όχι μόνο πρέπει να εξουδετερώνει την οξύτητα αλλά πρέπει να έχει και την ικανότητα για μεγάλες περιόδους να διατηρεί καθαρά τα εξαρτήματα, να διατηρεί την θερμοκρασία και να προστατεύει τον κινητήρα από την διάβρωση.

Εκτός των έως τώρα ιδιοτήτων στον κινητήρα βοηθά και στην αποφυγή σχηματισμού αποθέσεων σε ολόκληρο το σύστημα λίπανσης συμπεριλαμβανομένων των γραμμών κυκλοφορίας καθώς και του εξοπλισμού αυτών. Με καθαρό λάδι η ικανότητα όλων των μερών μπορεί να βελτιστοποιηθεί από τα αποτελέσματα συσσώρευσης ρύπων, προϊόντων όξινης καύσης, ακατέργαστων υπολειμμάτων, υψηλών θερμοκρασιών ακόμα και των εκπομπών  $NO_x$ , αρκεί να υπάρχει τακτικός έλεγχος στην ποιότητα του λιπαντικού και διατήρησή του εντός των ενδεδειγμένων ορίων.

### **5.4 Μελλοντικές Δράσεις στη Ναυτιλία.**

Οι κανονισμοί του 2020 θα προκαλέσουν περισσότερες αλλαγές στην παγκόσμια ναυτιλία από ότι ο κανονισμός του 2015 για χρήση 0,10% S μόνο σε ορισμένες περιοχές, ο αντίκτυπος αυτής της μετάβασης θα επηρεάσει περίπου το 75% της συνολικής παγκόσμιας χρήσης καυσίμων στα πλοία. Υπάρχουν ακόμα πολλές αναπάντητες ερωτήσεις σχετικά με τον αντίκτυπο του. Οι κανονισμοί του IMO 2020 θα ισχύουν για τα συστήματα λίπανσης των θαλάσσιων κινητήρων. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η χρήση ενός φυγοκεντρικού διαχωριστή, για την αφαίρεση ρύπων (αδιάλυτα και νερό) από το λιπαντικό λάδι, θα συνεχίσει να εξασφαλίζει τη μακροζωία και την απόδοση του κινητήρα, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιημένο καύσιμο.

#### **5.4.1 Βασικά Στοιχεία Πρόληψης Κινητήρων.**

Ακολουθεί μια εύχρηστη λίστα ελέγχου για την αποφυγή των κύριων ζημιών του κινητήρα από αστοχία λαδιού λιπαντικού:



- ✓ Εφαρμόστε ισχυρή διαχείριση καυσίμων και λιπαντικών στο πλοίο & στα συστήματα.
- ✓ Να βεβαιώνεται ότι η τροφοδοσία έχει σωστή ροή και θερμοκρασία, δε η θερμοκρασία εισόδου διαχωριστή να είναι 95°C ή 90°C για κινητήρες με ζύγωμα.
- ✓ Χρησιμοποιήστε το εγχειρίδιο διαχωριστήρα για να επιλέξετε το σωστό δίσκο βαρύτητας- στοχεύστε να έχετε το δίσκο βαρύτητας με τη μεγαλύτερη διάμετρο οπών χωρίς να προκληθεί διαρροή στεγανότητας.
- ✓ Διατηρήστε το σύνολο των διαχωριστικών δίσκων καθαρό – χρησιμοποιώντας τη μονάδα επί τόπου καθαρισμού σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- ✓ Ακολουθήστε τις οδηγίες του κατασκευαστή για τα διαστήματα συντήρησης - περιοδική (προληπτική) συντήρηση για την μείωση του κίνδυνου απροσδόκητων διακοπών και βλαβών.
- ✓ Χρησιμοποιείτε πάντα γνήσια ανταλλακτικά – αλλιώς η ασφαλής λειτουργία του εξοπλισμού δεν είναι εγγυημένη και η εγγύηση μπορεί να καταστεί άκυρη.
- ✓ Εκτός από τις δοκιμές επί του λιπαντικού, υποβάλετε δείγματα για εργαστηριακή ανάλυση σε τακτά χρονικά διαστήματα, τουλάχιστον κάθε τρίμηνο.
- ✓ Πραγματοποιήστε δειγματοληπτική δειγματοληψία κατά την τροφοδοσία καυσίμου – αποφύγετε κατανάλωση καυσίμου μέχρι να είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα ανάλυσης.
- ✓ Να λαμβάνετε πάντα σοβαρά υπόψη τους συναγερμούς του κινητήρα, για παράδειγμα την ανίχνευση ομίχλης λαδιού και διερεύνηση διεξοδικά – ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα συναγερμού είναι απαραίτητο για την ασφαλή λειτουργία του κύριου κινητήρα.



## ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η λίπανση μίας μηχανής ή και εξοπλισμού, αποτελεί την πρώτη και πιθανόν την σημαντικότερη παράμετρο καθώς είναι ένα σημαντικό κεφάλαιο σε όλες τις μηχανές, και αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της προληπτικής συντήρησης.

Οι λειτουργίες τους είναι πολλαπλές και οι απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν, είναι αλληλένδετες και αρκετές φορές, η οικονομικής μελέτη τους, είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνουν πάντα υπόψιν τους οι κατασκευαστές λιπαντικών, αλλά και οι εκάστοτε προμηθευτές (πχ. Ναυτιλιακές εταιρείες, βιομηχανίες κλπ.) καθώς το βέλτιστο αποτέλεσμα πρέπει πάντα να είναι στο ελάχιστο- αποφεύγοντας παράλληλα όμως την κατασκευή και προμήθεια φθηνότερων λιπαντικών - δυνατό κόστος.

Η κύρια λειτουργία των λιπαντικών είναι η μείωση των απωλειών λόγο τριβών που υπάρχουν σε οποιαδήποτε μηχανή, και αυτό επιτυγχάνεται καθώς το λιπαντικό αντικαθιστά την επαφή των εξαρτημάτων μεταξύ τους, χάρη στην δημιουργία μιας μεμβράνης λιπαντικού. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί για παράδειγμα όταν ο συντελεστής τριβής για την άμεση επαφή χάλυβα με χάλυβα κυμαίνεται από 0,8 έως 1, με την παρουσία λιπαντικού ελαίου ( σε σημείο υδροδυναμικής λίπανσης), μειώνεται στο 0,001 έως 0,01.

Επίσης πέρα από την κάθε αυτού λίπανση, όπως είναι γνωστό η οποιαδήποτε τριβή έχει σαν αποτέλεσμα, να εκλύεται θερμότητα, με αποτέλεσμα να ελλοχεύει ο κίνδυνος οι εκάστοτε επιφάνειες να υποστούν φθορές συγκόλλησης· το λιπαντικό σε αυτή την περίπτωση δρα και ως ψυκτικό μέσο, απάγει την θερμότητα που δημιουργείται κρατώντας έτσι την θερμοκρασία σε χαμηλά-επιτρεπτά-όρια, καθώς έχει υπολογιστεί ότι μέχρι και το 4% της θερμότητας σε μία μηχανή κατά την λειτουργία της, αποβάλλεται μέσω του λιπαντικού.

Σε ένα ακόμα επίπεδο που συμβάλλουν τα λιπαντικά είναι στην μείωση των μηχανικών απωλειών ενέργειας λόγω τριβών, καθώς η μη παρουσία λιπαντικού, οδηγεί σε απώλειες 80 έως 100 φορές περισσότερες, σε σχέση με μηχανές που λειτουργούν με χρήση λιπαντικού.

Ακόμα τα λιπαντικά είναι ένας ακόμα παράγοντας (πέρα από το υλικό κατασκευής των μηχανών και μηχανολογικού εξοπλισμού), ο οποίος καταπολεμά τις διαβρωτικές ουσίες που παράγονται κατά την καύση, καθώς το κύριο χημικό στοιχείο που υπάρχει στα καύσιμα είναι το θείο.

Επιπροσθέτως το λιπαντικό βοηθά στην καθαριότητα του κινητήρα, καθώς μέσω της απορρυπαντικής ιδιότητάς του, απάγει τα διάφορα κατάλοιπα που δημιουργούνται σε αυτόν κατά την λειτουργία του, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του.

Για να είναι όμως το λιπαντικό αποτελεσματικό και να μπορεί να ανταπεξέλθει σε οποιαδήποτε κατάσταση, θα πρέπει και ο εξοπλισμός που είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με αυτόν να είναι στη βέλτιστη -όσο γίνεται- κατάστασή του. Για παράδειγμα τα φίλτρα και οι αντλίες των λιπαντικών ελαίων πρέπει να





επιθεωρούνται, συντηρούνται ή απλά να καθαρίζονται, οι φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες και οι προθερμαντήρες να λειτουργούν μέσα στα όρια που υποδεικνύουν τα τεχνικά εγχειρίδια των κατασκευαστών τους, οι εναλλάκτες θερμότητας να καθαρίζονται τακτικά και να επιθεωρούνται καθώς είναι υπεύθυνοι για την σωστή θερμοκρασία λειτουργίας του λιπαντικού (μη ενδεδειγμένη θερμοκρασία λιπαντικού θα οδηγήσει σε διαφορετικό ιξώδες, αρά ελλιπή λιπαντική ικανότητα)

Τέλος, πέρα από τον εξοπλισμό ή τις απαιτήσεις που πρέπει να καλύψει το εκάστοτε λιπαντικό, το σημαντικότερο απ' όλα είναι το ίδιο το λιπαντικό, η επιλογή του οποίου πρέπει να γίνεται πάντα με βάση τον εκάστοτε κατασκευαστή/προμηθευτή και να αποφεύγονται αμφιβόλου ποιότητας λιπαντικά και άγνωστοι κατασκευαστές.

Κλείνοντας, ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο θέμα είναι επειδή έχουν παρατηρηθεί περιστατικά λανθασμένης εκλογής λιπαντικών και χρήση τους τόσο στην ναυτιλία όσο και σε ποικίλους τομείς της βιομηχανίας και των επιστημών, το επιθυμητό αποτέλεσμα της πτυχιακής είναι η σωστή καθοδήγηση καθώς όπως έγινε κατανοητό, η σωστή λίπανση οδηγεί σε αντιμετώπιση προβλημάτων και δυσμενών καταστάσεων, και αυξάνει την διάρκεια ζωής των μηχανών.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως ( I τόμος– Β Έκδοση) Λ.Κλιανη-Ι.Νικολαου-Ι.Σιδερα Αθήνα 2017
2. Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως ( II τόμος -Β έκδοση) Λ.Κλιανη-Ι.Νικολαου-Ι.Σιδερα Αθήνα 2003
3. Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως ( I τόμος ) Λ.Κλιανη-Ι.Νικολαου-Ι.Σιδερα Αθήνα 2002
4. Καύσιμα-Λιπαντικά. Τ.Παπαευαγγελου Αθήνα 1972
5. Εφαρμογές Υγρής Λίπανσης σε έδραναΑ. ΜούρλαςΙούνιος 2011
6. Βοηθητικά Μηχανήματα Πλοίων (I τόμος ) Γ.Δανιηλ-Κ.Μιμηκοπουλου Αθήνα 1974
7. Βοηθητικά Μηχανήματα Πλοίων (Β. Έκδοση ) Ι.Δαγκινη-Α.Γλυκα Αθήνα 2017

Ιστοσελίδες Διαδικτύου:

8. [www.Enginnering Tool Box](http://www.Enginnering Tool Box)
9. [www.Watrsila.com / Encyclopaedia Marine Technology](http://www.Watrsila.com / Encyclopaedia Marine Technology)
10. [www.MarineEngineering.com](http://www.MarineEngineering.com)
11. [www.Encyclopedia of tribology](http://www.Encyclopedia of tribology)
12. [www.marinediesels.co.uk](http://www.marinediesels.co.uk)
13. [www.cimac.com publications](http://www.cimac.com publications)
14. [www.Shell Global.com/Engine oils](http://www.Shell Global.com/Engine oils)
15. [www Chevron.com](http://www Chevron.com)
16. [www.substech.com/Journal bearing friction optimization](http://www.substech.com/Journal bearing friction optimization)
17. [www.swedishclub.com](http://www.swedishclub.com)
18. [www.Motorservice Rheinmetall.com](http://www.Motorservice Rheinmetall.com)
19. [www.MAN Diesel & Turbo.com](http://www.MAN Diesel & Turbo.com)

Ιστοσελίδες διαδικτύου εικόνων

1. [[forces-13-728.jpg \(728×546\) \(slidesharecdn.com\)](#)]
2. [[Frictional Force \(passnownow.com\)](#)]
3. [[stock-photo-ball-bearing-in-the-cut-form-isolated-background-d-render-450w-296478827.jpg \(450×470\) \(shutterstock.com\)](#)]
4. [[types-of-frictional-force.jpg \(450×422\) \(poznavayka.org\)](#)]
5. [[types-of-frictional-force.jpg \(450×422\) \(poznavayka.org\)](#)]
6. [[types-of-frictional-force.jpg \(450×422\) \(poznavayka.org\)](#)]
7. [[wpa-31.jpg \(654×496\) \(acmecmservices.com\)](#)]
8. [[0.jpg \(2592×1944\) \(ghostcruises.org\)](#)]
9. [[corrosive wear mechanism - Bing images](#)]
10. [[Schematic-of-the-Stribeck-Curve-for-Journal-Bearings-from-Wang-et-al-4.png \(763×462\) \(researchgate.net\)](#)]
11. Βασικές κατηγορίες υγρής λίπανσης
12. Βασικές κατηγορίες υγρής λίπανσης.
13. [[T3696-2-1024x1024.jpg \(1024×1024\) \(tooltique.co.uk\)](#)]
14. [[29cebc\\_9cdbf42960764e7eac81f93925c0deb0~mv2.jpg \(324×285\) \(wixstatic.com\)](#)]
15. [[single line oil system.png \(800×450\) \(groupthes.com\)](#)]
16. [[splash\\_lube2.jpg \(604×718\) \(bp.blogspot.com\)](#)]



17. [\[komponen+sistem+pelumasan.PNG \(612×437\) \(bp.blogspot.com\)\]](#)
18. [\[21500-8012263.jpg \(575×832\) \(nauticexpo.fr\)\]](#)
19. [\[wartsila4602.JPG \(1008×1427\) \(bp.blogspot.com\)\]](#)
20. [\[diesel\\_page\\_00.gif \(722×298\) \(trms.org.au\)\]](#)
21. [stribek line - Bing images](#)
22. [\[2\\_stroke\\_piston\\_cooling.gif \(320×291\) \(bp.blogspot.com\)\]](#)
23. [\[Piston1.bmp \(588×298\) \(bp.blogspot.com\)\]](#)
24. [\[ENGR1304: Power Cycles \(e1304.blogspot.com\)\]](#)
25. [\[The cross-section of the cylinder of SULZER RTA 58 engine. | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)\]](#)
26. [\[Retrofit Pulse Lubricating System \(wartsila.com\)\]](#)
27. [\[f.jpg \(843×669\) \(infomarine.gr\)\]](#)
28. [\[crosshead.jpg \(1524×895\) \(wartsila.com\)\]](#)
29. [\[R.ba3c61270449a211d56511043ff5bb03 \(351×270\) \(bing.com\)\]](#)
30. [\[LESSON THIRTEEN \(uniri.hr\)\]](#)
31. [\[Engine Bearing - procedures for Inspection and Calibration - MirMarine\]](#)
32. [\[fetch.php \(635×325\) \(substech.com\)\]](#)
33. [\[fetch.php \(635×325\) \(substech.com\)\]](#)
34. [\[Diesel-Crankshaft-Diagram.jpg \(701×277\) \(capitalremanexchange.com\)\]](#)
35. [\[Crankshaft lubrication - Bing images\]](#)
36. [\[Untitled.bmp \(639×1195\) \(bp.blogspot.com\)\]](#)
37. [\[imaxresdefault.jpg \(1048×576\) \(yting.com\)\]](#)
38. [\[fetch.php \(702×273\) \(substech.com\)\]](#)
39. [\[lubrication\\_system.jpg \(650×398\) \(veetopia.com\)\]](#)
40. [\[oelverbrauch-turbolader.jpg \(640×577\) \(ms-motorservice.de\)\]](#)
41. [\[6.4L Lubrication System | PDF | Turbocharger | Pump \(scribd.com\)\]](#)
42. [\[vtulochnayaaa.jpg \(650×658\) \(avto-blogger.ru\)\]](#)
43. [\[I0000txDlx1LM5vw.jpg \(1000×895\) \(photoshelter.com\)\]](#)
44. [\[fig12-07.jpg \(450×239\) \(maritime.org\)\]](#)
45. [\[0420 - E111 - Emergency Diesel Generators - Chapter 05 - Engine Lubrication System. \(nrc.gov\)\]](#)
46. [\[OHC+vs.+OHV+valve+config.jpg \(750×655\) \(bp.blogspot.com\)\]](#)
47. [\[obsq-f-self-lubrication-section-\(300\)-661px.tmb-width661.png \(661×661\) \(wartsila.com\)\]](#)
48. [\[275122d1578803497-ot-legacy-agm-michell-1905-a-544.jpg \(784×686\) \(practicalmachinist.com\)\]](#)
49. [\[Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube\]](#)
50. [\[Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube\]](#)
51. [\[Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube\]](#)
52. [\[Michell Bearings hydrodynamic propeller shaft bearing and thrust block - YouTube\]](#)
53. [\[reduction-gear2.tmb-width661.jpg \(661×543\) \(wartsila.com\)\]](#)
54. [\[Stern Tube Seals – Oil & Water - Falck Formco\]](#)
55. [\[stern tube seals lubrications - Bing images\]](#)
56. [\[Medium Speed Engine Room Simulator MER - YouTube\]](#)



57. [\[OMD.jpg \(528×247\) \(alpha-prm.jp\)\]](#)
58. [\[GEA Westfalia Separator - Indonesia Marine Equipment \(inameq.com\)\]](#)
59. [\[automotivewings: Oil Filters &flow work\]](#)
60. [\[DRG-0.5 Marine Electric steam heat Calorifier, Buy Marine Calorifier from China Manufacturer - JINBO MARINE\]](#)
61. [\[Electric Heaters for Preheating Lube Oil Main Engine Separators - Navkratis\]](#)
62. [\[electronic relief valve - Bing images\]](#)
63. [\[Shell and Tube Heat Exchanger: What Is It? Types, Process \(iqsdirectory.com\)\]](#)  
[\[China Discount Swimming Pool Plate Heat Exchanger Manufacturers, Suppliers, Factory - Wholesale Price - HLB \(hlbpoolsandspas.com\)\]](#)