



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής
Σχεδίασης και Παραγωγής

&

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

ΤΙΤΛΟΣ

*Βελτιστοποίηση της διαδικασίας επιθεώρησης του χώρου σαρώσεως (οχετού
σαρώσεως και εμβόλων) δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών
εμπορικών πλοίων*

ΤΙΤΛΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ

*Optimization of the inspection of the scavenging area (scavenging manifold
and under piston area) of two-stroke slow-speed merchant marine diesel
engines*

Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:

Ιορδάνης Παπάζογλου

Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:

Δρ. Βασίλειος Τσουκαλάς

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

MΑΡΤΙΟΣ 2023

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

Δρ. Βασίλειος Τσουκαλάς

Παπουτσιδάκης Μιχαήλ

Δρόσος Χρήστος

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Παπάζογλου Ιορδάνης του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 8066275 φοιτητής του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ο δηλών



Παπάζογλου Ιορδάνης

Ημερομηνία

10-Μαρτίου-2023

ΤΙΤΛΟΣ

Βελτιστοποίηση της διαδικασίας επιθεώρησης του χώρου σαρώσεως (οχετού σαρώσεως και εμβόλων) δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ

Παπάζογλου Ιορδάνης

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διϋδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Περίληψη Διπλωματικής Εργασίας

Στα πλαίσια της συντήρησης των δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εσωτερικής καύσης οι οποίες είναι εγκατεστημένες στα εμπορικά πλοία με σκοπό την πρόωση τους, οι ίδιοι οι κατασκευαστές των μηχανών εσωτερικής καύσης έχουν ορίσει διαδικασίες τόσο για την επισκευή όσο και για την επιθεώρησή τους. Μία από αυτές τις διαδικασίες περιλαμβάνει και την επιθεώρηση του χώρου εισαγωγής του αέρα σαρώσεως ο οποίος προορίζεται για την καύση εντός των κυλίνδρων της μηχανής, καθώς επίσης και την επιθεώρηση τόσο του εμβόλου (της κεφαλής και των ελατηρίων) αλλά και του χιτωνίου (εσωτερικά μέσω των θυρίδων εισαγωγής) χωρίς να είναι απαραίτητη η εξ-άρμωση τους.

Μέσω της επιθεώρησης αυτής, μας δίνεται η δυνατότητα να ελέγχουμε (ακόμα και σε μικρότερα χρονικά διαστήματα από αυτά που επίσημα ορίζει ο κατασκευαστής) την κατάσταση των εξαρτημάτων (που προαναφέραμε) τα οποία εμπλέκονται άμεσα στην καύση του καυσίμου και κατ' επέκταση την παραγωγή έργου. Έτσι μπορεί να προβούμε τόσο στην πρόληψη βλαβών όσο και σε σχετικές ρυθμίσεις (π.χ. αύξηση ή ελάττωση της δοσολογίας ελαίου λιπάνσεως κυλίνδρων).

Μολονότι η επιθεώρησή του χώρου εισαγωγής του αέρα σαρώσεως γενικά, περιγράφεται με συγκεκριμένες οδηγίες (βήματα) από τους κατασκευαστές, καθώς αυτή περιλαμβάνει τόσο οπτικό έλεγχο ή έλεγχο με αφή όσο και σχετικές μετρήσεις, ενδέχεται να υπάρξουν αντιφάσεις ως προς τα αποτελέσματα. Και αυτό είναι απολύτως λογικό να συμβεί διότι ο μηχανικός του πλοίου αντιλαμβάνεται διαφορετικά (σε σχέση με έναν εξουσιοδοτημένο ή εξειδικευμένο μηχανικό του κατασκευαστή) τις οδηγίες του κατασκευαστή ειδικά στο κομμάτι του οπτικού ή δια της αφής ελέγχου.

Προκειμένου να καταστεί σαφές το τμήμα εκείνο της μηχανής στο οποίο αναφέρεται η εν λόγω επιθεώρηση, γίνεται αναφορά στα συστήματα υπερπλήρωσης και σάρωσης όπως αυτά εφαρμόζονται, καθώς επίσης και στα εξαρτήματα (έμβολα, χιτώνια) που εμπλέκονται στην καύση. Επιπρόσθετα, γίνεται αναφορά σε θέματα ασφαλείας που πρέπει να ακολουθηθούν πριν και κατά την διάρκεια της επιθεώρησης όπως αυτά ορίζονται από τους διεθνείς κανονισμούς, για την πρόληψη ατυχημάτων. Τέλος, γίνεται αναφορά στις οδηγίες για την επιθεώρηση όπως αυτές αναγράφονται στο εγχειρίδιο συντήρησης των κατασκευαστών.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βελτιστοποίηση της επιθεώρησης του χώρου εισαγωγής του αέρα σαρώσεως ειδικά στο κομμάτι του οπτικού ή δια της αφής ελέγχου, προτείνοντας μεθόδους και τρόπους για καλύτερη αφομοίωση των οδηγιών από τους μηχανικούς των πλοίων, χωρίς όμως αυτές να ξεφεύγουν από τα πλαίσια που ορίζει ο κατασκευαστής και τηρώντας όλα τα προβλεπόμενα μέτρα για την αποφυγή ατυχήματος.

Λέξεις – κλειδιά: υπερπλήρωση, σάρωση, επιθεώρηση, μετρήσεις.

Abstract

As part of the maintenance of two-stroke slow-speed internal combustion diesel engines which are installed in commercial ships for the purpose of their propulsion, the manufacturers of the internal combustion engines themselves have defined procedures for both their repair and inspection. One of these procedures includes the inspection of the intake area of the scavenging air which is intended for combustion within the engine cylinders, as well as the inspection of both the piston (head and rings) and the cylinder liner (internally through the scavenging ports) without the need to remove them.

Through this inspection, we are given the opportunity to check (even at shorter intervals than those officially specified by the manufacturer) the condition of the components (mentioned above) which are directly involved in the combustion of the fuel and the power production so far. In this way, we can proceed both to prevent damage and to make related adjustments (e.g., increase or decrease the dosage of cylinder lubricating oil).

Although the inspection of the intake air manifold is generally described with specific instructions (steps) by the manufacturers, since this includes both visual or tactile inspection and related measurements, there may be contradictions in the results. And this is perfectly reasonable to happen because the ship's engineer perceives differently (compared to a specialist or specialized manufacturer's engineer) the manufacturer's instructions especially in the part of visual or touch control.

In order to make clear the part of the engine to which this inspection refers, reference is made to the supercharging and scavenging systems as they are applied, as well as to the components (pistons, liners) involved in combustion. In addition, reference is made to safety issues that must be followed before and during the inspection as defined by international regulations, to prevent accidents. Finally, reference is made to the inspection instructions as written in the manufacturers' maintenance manual.

The purpose of this thesis is to optimize the inspection of the air intake area, especially in the part of visual or tactile control, proposing methods and ways for a better assimilation of the instructions by the ship's engineers, without, however, going beyond the scope specified by the manufacturer and observing all the prescribed measures to avoid accidents.

Keywords: supercharging, scavenging, inspection, measurements.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

...θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Τσουκαλά Βασίλειο τόσο για την προτροπή του όσο και για τις χρήσιμες συμβουλές του με στόχο την περαιτέρω εξέλιξη-βελτίωσή μου σε επαγγελματικό επίπεδο και κατ' επέκταση στην ενασχόλησή μου με το εν λόγω μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών...

...θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Δρ. Φραγκιαδάκη Νικόλαο για τις χρήσιμες πληροφορίες καθώς και τον τρόπο με τον οποίο μου τις μετέδωσε, ώστε να αποκτήσω μια πλήρη, ουσιαστική και πιο εξειδικευμένη γνώση σχετικά με τον τρόπο διαχείρισης όλων των πληροφοριών που αποκόμισα από το εν λόγω μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών...

... Θερμές ευχαριστίες στην οικογένεια μου και ειδικά στην σύζυγό μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξή της καθ' όλη την διάρκεια παρακολούθησης του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών...

Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα διπλωματική εργασία στις κόρες μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Κατάλογος Πινάκων.....	11
Κατάλογος Εικόνων.....	12
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	14
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή.....	15
Κεφάλαιο 2 ^ο : Υπερπλήρωση Πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων.....	18
2.1 Ιστορική Αναδρομή.....	18
2.2 Εφαρμογές Υπερπλήρωσης.....	21
2.3 Μέθοδοι Υπερπλήρωσης.....	21
2.3.1 Τρόποι κίνησης συμπίεστή.....	22
2.3.2 Κατηγορίες συμπίεστών.....	24
2.3.3 Κύρια μέρη στροβιλοϋπερπληρωτή.....	25
2.4 Μέθοδοι στροβιλοϋπερπλήρωσης δίχρονων και τετράχρονων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων.....	26
2.5 Υπερπλήρωση δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων.....	29
2.6 Παράλληλος στροβιλοϋπερπληρωτής.....	30
2.7 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υπερπλήρωσης.....	32
2.8 Επιπτώσεις στην Εμπορική Ναυτιλία.....	33
Κεφάλαιο 3ο : Σάρωση Δίχρονων Αργόστροφων Πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων....	35
3.1 Συστήματα σαρώσεως.....	35
3.1.1 Συστήματα επιστρεφόμενης ροής.....	35
3.1.2 Συστήματα ροής κατά μία κατεύθυνση.....	36
3.2 Χώρος σαρώσεως δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων.....	37
3.2.1 Προετοιμασία πριν την επιθεώρηση.....	38
3.2.2 Χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού.....	40
3.2.3 Εξασφάλιση ασφαλών συνθηκών.....	41
3.2.4 Ολοκλήρωση επιθεώρησης.....	42
Κεφάλαιο 4 ^ο : Επιθεώρηση χώρου σαρώσεως δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων.....	43
4.1 Γενικά.....	43
4.2 Η λειτουργία των ελατηρίων του εμβόλου.....	43

4.3 Επιθεώρηση του χώρου σαρώσεως.....	44
4.4 Εσωτερική επιθεώρηση χιτωνίου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεώς του.....	51
4.4.1 Εμφάνιση φαινομένου “Clover-leafing”.....	53
4.4.2 Εμφάνιση φαινομένου “Scuffing”.....	54
4.5 Επιθεώρηση των ελατηρίων εμβόλου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του χιτωνίου του.....	58
4.5.1 Καλή κατάσταση των ελατηρίων.....	58
4.5.2 Μικρό-εκδορές (Micro-seizure).....	59
4.5.3 Κάθετες εκδορές (Scratched).....	60
4.5.4 Κόλλημα (Sticking).....	61
4.5.5 Σπάσιμο/κατάρρευση (Breakage/Collapse).....	62
4.5.6 Διαρροή αέρα/καυσαερίων (Blow-by).....	63
4.6 Επιθεώρηση της κεφαλής του εμβόλου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του χιτωνίου του.....	65
4.7 Scrape Down Analysis.....	66
Κεφάλαιο 5 ^ο : Επιπρόσθετες οδηγίες των κατασκευαστών για την επιθεώρησή των δίχρονων αργόστροφων ναυτικών πετρελαιομηχανών σε συνθήκες λειτουργίας “Slow και Super Slow Steaming”.....	
5.1 Γενικά.....	69
5.2 Οδηγίες κατασκευαστών προωστήριων μηχανών εμπορικών πλοίων.....	70
5.3 Προβλήματα που παρατηρήθηκαν στις προωστήριες μηχανές κατά την λειτουργία τους σε συνθήκες “Slow και Super Slow Steaming”.....	73
5.3.1 Σχετικά με το περιστατικό του “Scuffing” και τις αιχμηρές άκρες “Sharp edges” στο δεύτερο ελατήριο των εμβόλων.....	73
5.3.2 Σχετικά με τη χρόνο επιθεώρησης των κιβωτίων στεγανότητας “Stuffing Box” και την κατανάλωση “System Oil”.....	75
5.3.3 Σχετικά με την λειτουργία των ηλεκτρικών φυσητήρων “Auxiliary Blowers” των στροβιλουπερπληρωτών.....	77
5.3.4 Σχετικά με την αυξημένη κατανάλωση κυλινδρελαίου “Cylinder Oil”	78
5.3.5 Σχετικά με την φθορά των εδράνων (κουζινέτα) του ζυγώματος “Crosshead Bearings”.....	79
Κεφάλαιο 6 ^ο : Συμπεράσματα.....	86

Βιβλιογραφία.....	87
Παραρτήματα.....	88

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συνοπτικός πίνακας επιθεώρησης χώρου σαρώσεως.....	51
Πίνακας 2: Συνοπτικός πίνακας της εσωτερικής επιθεώρησης χιτωνίου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του.....	57
Πίνακας 3: Συνοπτικός πίνακας της επιθεώρησης των ελατηρίων εμβόλου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του.....	64
Πίνακας 4: Συνοπτικός πίνακας της επιθεώρησης της κεφαλής του εμβόλου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του.....	66
Πίνακας 5: Συνοπτικός πίνακας επιπρόσθετων οδηγιών των κατασκευαστών για την επιθεώρησή των δίχρονων αργόστροφων ναυτικών πετρελαιομηχανών σε συνθήκες λειτουργίας “Slow και Super Slow Steaming”.....	82

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Τυπική διάταξη εγκατεστημένης προωστήριας μηχανής εμπορικών πλοίων.....	15
Εικόνα 2: Διάταξη δίχρονης αργόστροφης ναυτικής πετρελαιομηχανής MAN B&W.....	17
Εικόνα 3: Διάταξη δίχρονης αργόστροφης ναυτικής πετρελαιομηχανής Sulzer.....	17
Εικόνα 4: Ηλεκτρικά κινούμενος συμπιεστής (φουσητήρας).....	22
Εικόνα 5: Διάταξη σύνδεσης ηλεκτρικά κινούμενου συμπιεστή (φουσητήρα).....	22
Εικόνα 6: Μηχανικά κινούμενος συμπιεστής μέσω αλυσίδας από την κύρια μηχανή.....	23
Εικόνα 7: Κύκλος λειτουργίας των αερίων στον στροβιλοϋπερπληρωτή.....	23
Εικόνα 8: Διάταξη στροβιλοϋπερπληρωτή σε τομή.....	23
Εικόνα 9: Συμπιεστής τύπου Comprex.....	24
Εικόνα 10: Δεξιά συμπιεστής τύπου Root και αριστερά συμπιεστής τύπου Lysholm.....	24
Εικόνα 11: Φυγοκεντρικός συμπιεστής.....	25
Εικόνα 12: Αξονικός συμπιεστής.....	25
Εικόνα 13: Στροβιλοϋπερπληρωτής.....	26
Εικόνα 14: Μέθοδοι στροβιλοϋπερπλήρωσης : 1.Constant pressure, 2.Impulse, 3.Pusle converter, 4.Multi-pulse system.....	29
Εικόνα 15: Διάγραμμα στροβιλοϋπερπληρωτών σε παράλληλη διάταξη.....	31
Εικόνα 16: Διάταξη διακοπής λειτουργίας στροβιλοϋπερπληρωτών σε παράλληλη διάταξη με σύρτες.....	32
Εικόνα 17: Διάταξη Σάρωσης βρόγχου (ανάστροφη).....	36
Εικόνα 18: Διάταξη Σάρωσης κατά μια κατεύθυνση.....	37
Εικόνα 19: Χώρος (οχετός) Σαρώσεως δίχρονων αργόστροφων Πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων.....	38
Εικόνα 20: Χώρος (οχετός) αέρα Σαρώσεως πριν τον καθαρισμό του.....	46
Εικόνα 21: Χώρος (οχετός) αέρα Σαρώσεως μετά τον καθαρισμό του.....	46
Εικόνα 22: Μηχανισμός στρέψεις της μηχανής (turning gear).....	48
Εικόνα 23: Έμβολο κυλίνδρου στο κάτω νεκρό σημείο.....	48
Εικόνα 24: Ανεπίστροφα πτερύγια (non return flap valves).....	49
Εικόνα 25: Αποδεκτή κατάσταση εξωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου εντός του χώρου σαρώσεως πριν την επιθεώρηση.....	50
Εικόνα 26: Οπτική κατάσταση της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου.....	52
Εικόνα 27: Φαινόμενο “Clover-leafing” στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου του κυλίνδρου.....	53

Εικόνα 28: Φαινόμενο “Scuffing” στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου του κυλίνδρου...	54
Εικόνα 29: Ξεφλούδισμα εξωτερικής επίστρωσης ελατηρίων εμβόλου.....	55
Εικόνα 30: Water Mist Catcher.....	56
Εικόνα 31: Κατάσταση ελατηρίων εμβόλου για επιθεώρηση.....	58
Εικόνα 32: Καλή κατάσταση ελατηρίων εμβόλου.....	59
Εικόνα 33: Μικρό-εκδορές (micro-seizure) στα ελατήρια εμβόλου.....	59
Εικόνα 34: Κάθετες εκδορές (Scratched) στα ελατήρια εμβόλου.....	60
Εικόνα 35: Κόλλημα (Sticking) ελατηρίων εμβόλου.....	61
Εικόνα 36: Σπάσιμο/Κατάρρευση (Breakage/Collapse) ελατηρίων εμβόλου.....	63
Εικόνα 37: Διαρροή αέρα/καυσαερίων (Blow-by) ελατηρίων εμβόλου.....	63
Εικόνα 38: Έλεγχος κεφαλής του εμβόλου του κυλίνδρου.....	65
Εικόνα 39: Scrape Down Analysis διαδικασία επί του πλοίου.....	66
Εικόνα 40: Δείγμα Service Letter και Technical Bulletin.....	72
Εικόνα 41: Αιχμηρές άκρες (Sharp edges) στο δεύτερο ελατήριο του εμβόλου.....	73
Εικόνα 42: Βλάβη της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου “Scuffing”.....	74
Εικόνα 43: Κατάσταση δεύτερου ελατηρίου σε νεότερες εκδόσεις μηχανών (με τρία ελατήρια εμβόλου).....	75
Εικόνα 44: Δεξαμενή συλλογής απωλειών ελαίου συστήματος από τα κιβώτια στεγανότητας (stuffing box).....	76
Εικόνα 45: Επιθεώρηση Stuffing Box κυλίνδρου.....	77
Εικόνα 46: Έλεγχος τραχύτητας βάρκρου εμβόλου.....	77
Εικόνα 47: Βλάβη καλωδίων στις συνδέσεις εντός του ηλεκτρικού πίνακα.....	78
Εικόνα 48: Load Change Dependent function.....	79
Εικόνα 49: Ζύγωμα δίχρονης αργόστροφης ναυτικής πετρελαιομηχανής.....	80
Εικόνα 50: Κομμάτια επίστρωσης λευκού μετάλλου από φθορά εδράνου ζυγώματος.....	80
Εικόνα 51: Έλεγχος εδράνου ζυγώματος με ενδοσκοπική κάμερα.....	81
Εικόνα 52: Τροποποίηση άκρων εδράνων ζυγώματος.....	82

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα (σκαρίφημα) διάταξης χώρου σαρώσεως.....	45
Διάγραμμα 2: Σχεδιαστικό διάγραμμα λειτουργίας μηχανής.....	70
Διάγραμμα 3: Διάγραμμα ισχύος/στροφών μηχανής.....	71

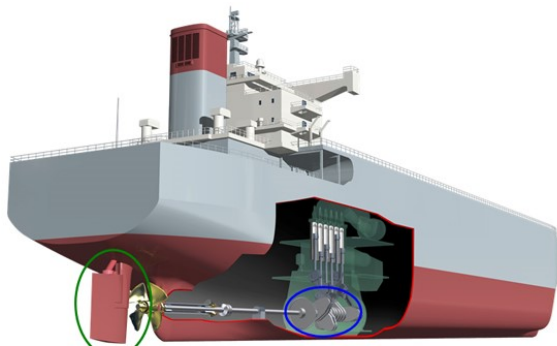
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναγκαιότητα για την αύξηση παραγόμενης ισχύος, δηλαδή της ιπποδύναμης των μηχανών εσωτερικής καύσης, οδήγησε κατόπιν πειραματισμών στο συμπέρασμα για πλήρωση των κυλίνδρων με περισσότερη ποσότητα ατμοσφαιρικού αέρα (υπερπλήρωση) που προορίζεται τόσο για τον καθαρισμό όσο και για την ανάμειξη-καύση του με την καύσιμη ύλη (πετρέλαιο ή βενζίνη) εντός αυτών.

Για την επίτευξη της υπερπλήρωσης έγιναν από τους κατασκευαστές αρκετές δοκιμές με διάφορα συστήματα (όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο 2) καταλήγοντας τελικά στην κατασκευή και την τοποθέτηση στις μηχανές των στροβιλουπερπληρωτών (Turbochargers). Με την τοποθέτηση των στροβιλουπερπληρωτών, οι κατασκευαστές των μηχανών, τόσο των δίχρονων όσο και των τετράχρονων πετρελαιομηχανών ή βενζινομηχανών, πέτυχαν μείωση του όγκου άρα και του βάρους των μηχανών καθώς επίσης και την πλήρωση των κυλίνδρων με περισσότερο όγκο αέρα.

Ειδικά για τις δίχρονες αργόστροφες προωστήριες μηχανές οι οποίες προορίζονται για την κίνηση των εμπορικών πλοίων (ανεξαρτήτως τύπου ή μεγέθους) όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 1, η μείωση του όγκου και του βάρους είχε σε πρώτη φάση ως αποτέλεσμα την αύξηση των ωφέλιμων χώρων των προς μεταφορά φορτίων, ενώ σε δεύτερο χρόνο την αύξηση της ταχύτητας πλεύσης του πλοίου με λιγότερη κατανάλωση καυσίμου για τις ίδιες στροφές λειτουργίας της μηχανής σε σχέση με μια μη υπερπληρούμενη.



Εικόνα 1. Τυπική διάταξη εγκατεστημένης προωστήριας μηχανής εμπορικών πλοίων

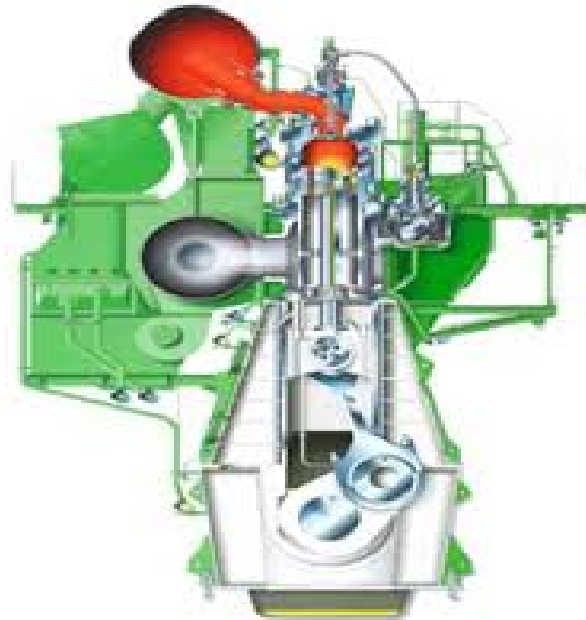
[Πηγή: Kobelco.co.jp]

Πέραν της εύρεσης της υπερπλήρωσης, οι κατασκευαστές κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν και το φαινόμενο της σάρωσης (scavenge), δηλαδή των τρόπων με τον οποίο ο υπερπληρούμενος αέρας θα εισερχόταν εντός των κυλίνδρων, χωρίς να προκαλέσει προβλήματα τόσο στον τρόπο ανάμειξης-καύσης του αέρα με το καύσιμο όσο και με την ομαλή λειτουργία της μηχανής. Στις δίχρονες αργόστροφες προωστήριες μηχανές των πλοίων το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε τόσο με την εισαγωγή του αέρα σε ένα κοινό χώρο πριν τους κυλίνδρους ο οποίος ονομάζεται “Οχετός Σαρώσεως” (Scavenge manifold), με την διαμόρφωση των θυρίδων περιμετρικά στο κάτω μέρος του χιτωνίου του κυλίνδρου και τελικά την τοποθέτηση βαλβίδας εξαγωγής καυσαερίων (στο πάτωμα του κυλίνδρου) πριν την εξαγωγή των καυσαερίων των κυλίνδρων σε κοινό οχετό καυσαερίων (Exhaust gas manifold) όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας. Μία τυπική διάταξη δίχρονης αργόστροφης προωστήριας ναυτικής πετρελαιομηχανής σε τομή (δύο εκ των μεγαλύτερων κατασκευαστών MAN B&W και Sulzer) απεικονίζετε στις κάτωθι εικόνες 2 και 3 αντίστοιχα.

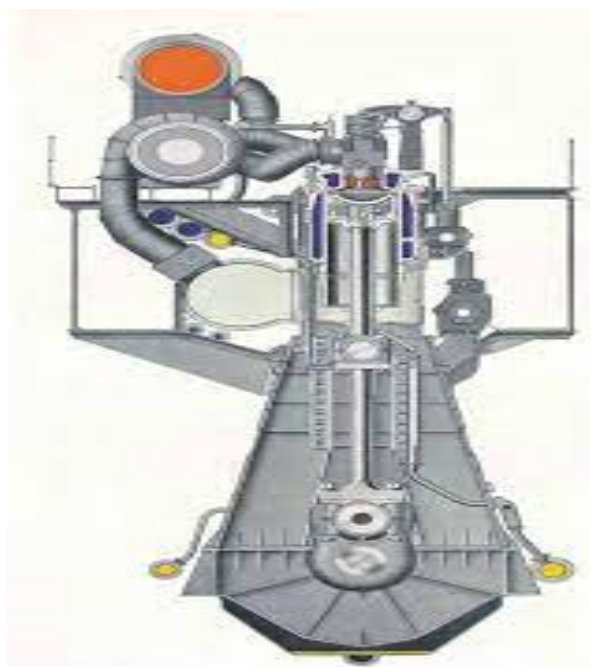
Μέσο του κοινού χώρου σαρώσεως στις δίχρονες αργόστροφες προωστήριες μηχανές (ο οποίος είναι εύκολα προσβάσιμος) μας δίνεται η δυνατότητα της εσωτερικής επιθεώρησης της μηχανής (όταν η μηχανή βρίσκεται εκτός λειτουργίας) και πιο ειδικά την κατάσταση των εξαρτημάτων όπως η κεφαλή και τα ελατήρια του εμβόλου, της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου στην οποία παλινδρομεί το έμβολο κ.α. τα οποία εμπλέκονται άμεσα με την καύση εντός του κυλίνδρου. Η επιθεώρηση αυτή εάν και μας δίνει το σημαντικό πλεονέκτημα του ελέγχου της κατάστασης των εξαρτημάτων χωρίς την εξ-άρμοσή τους εγκυμονεί τον κίνδυνο εσφαλμένων συμπερασμάτων τα οποία ενδέχεται να οδηγήσουν σε βλάβη των εξαρτημάτων αυτών. Και αυτό είναι φυσιολογικό να συμβεί διότι λόγω της πολυπολιτισμικότητας των πληρωμάτων είναι σε αρκετές περιπτώσεις δύσκολη η κατανόηση των οδηγιών των κατασκευαστών των μηχανών οι οποίες περιγράφονται στα εγχειρίδια της μηχανής και στην αγγλική γλώσσα. Στο κεφάλαιο 4 της παρούσας εργασίας γίνετε εκτενείς αναφορές για τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να γίνεται η εν λόγω επιθεώρηση σύμφωνα με τις υποδείξεις των κατασκευαστών καθώς επίσης και τρόποι βελτιστοποίησης της που είναι άλλωστε και ο σκοπός παρούσας εργασίας.

Η εφαρμογή της λειτουργίας των μηχανών των πλοίων σε χαμηλό εύρος στροφών “Slow και super slow steaming” με σκοπό την μείωση των παραγόμενων ρύπων από τα καυσαέρια της μηχανής καθώς και την εξοικονόμηση καυσίμων, είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σοβαρών προβλημάτων στην λειτουργία τους, αφού τόσο οι ίδιοι οι κατασκευαστές όσο και το πλήρωμα του μηχανοστασίου δεν ήταν κατάλληλα προετοιμασμένο/εκπαιδευμένο. Αυτό έκανε επιτακτική την ανάγκη της επιθεώρησης της

μηχανής μέσω του οχετού σαρώσεως σε μικρότερα χρονικά διαστήματα από αυτά που επισήμως όριζαν οι ίδιοι οι κατασκευαστές. Στο κεφάλαιο 5 γίνεται αναφορά μερικών εκ των σημαντικότερων προβλημάτων τα οποία προέκυψαν στα πρώτα στάδια της λειτουργίας των μηχανών σε “slow και super slow steaming” αλλά και των ενεργειών για την μετέπειτα αποφυγή τους.



Εικόνα 2. Διάταξη δίχρονης αργόστροφης ναυτικής πετρελαιομηχανής MAN B&W σε τομή
[Πηγή: Maritimeexpert.files.wordpress.com]



Εικόνα 3. Διάταξη δίχρονης αργόστροφης ναυτικής πετρελαιομηχανής Sulzer σε τομή
[Πηγή: CIMAC]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

2.1 Ιστορική Αναδρομή

Το πλεονέκτημα της αυξημένης ποσότητας αέρα πληρώσεως του κυλίνδρου μίας μηχανής εσωτερικής καύσεως διαπιστώθηκε από τους πρωτοπόρους στον τομέα, από τα πρώτα στάδια εξέλιξης των μηχανών. Πρώτος το 1885 ο Gottlieb Daimler σχεδίασε και αργότερα ο Wilhelm Maybach κατασκεύασε μηχανές που χρησιμοποιούσαν το κάτω μέρος του εμβόλου σαν συμπίεστή. Ο Rudolf Diesel το 1896 κατασκεύασε μία πειραματική τετράχρονη μηχανή όπου ο αέρας συμπιεζόταν στο κάτω μέρος του εμβόλου, που λειτουργούσε σαν δίχρονος συμπίεστής και μέσω κατάλληλων βαλβίδων και ενός θαλάμου εισαγωγής, εισερχόταν εντός του θαλάμου καύσης. Όμως τα προβλήματα που αντιμετώπισε με την ισχύ συμπίεσεως τον οδήγησαν να θεωρήσει ότι τα πειράματα αυτά δεν οδηγούσαν πουθενά, και έτσι σταμάτησε την έρευνα. Η μέθοδος της υπερπλήρωσης εφαρμόστηκε εκ νέου με επιτυχία στο τέλος της δεκαετίας του 1920. Έκτοτε η μηχανική υπερπλήρωση χρησιμοποιήθηκε για να αυξηθεί η ειδική ισχύς των κινητήρων (εσωτερικής καύσης) κάθε είδους. Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές ήταν σε μηχανές αεροπλάνων ώστε να διατηρηθεί η ισχύς της μηχανής και σε μεγάλα ύψη όπου η πυκνότητα του αέρα μειώνεται. Η πρώτη εφαρμογή ήταν το 1910 σε μία δίχρονου τύπου μηχανή Murray-Willat που διατηρούσε με αυτόν τον τρόπο, την ισχύ του εδάφους μέχρι το ύψος των 5,2km. [(Nicholas C. Baines,2005)]

Οι μηχανικοί υπερπληρωτές κινούμενοι είτε από τον κινητήρα είτε από εξωτερική πηγή, εξελίχθηκαν και έφτασαν σε υψηλούς βαθμούς τελειότητας μετά τον Α' παγκόσμιο πόλεμο και συνεχίζουν να υπάρχουν και σήμερα σε διάφορες μορφές. Η χρήση της ενέργειας των καυσαερίων από έναν αεριοστρόβιλο, για την κίνηση ενός συμπίεστή επιχειρήθηκε για πρώτη φορά από τον Rateau το 1917 σε μία βενζινομηχανή, αλλά χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η στρόβιλο-υπερπλήρωση συνδέεται στενά με το όνομα του Ελβετού μηχανικού Alfred Büchi. Ο ίδιος το 1905 κατέθεσε μια ευρεσιτεχνία όπου πρότεινε τη σύνδεση μίας τετράχρονης πετρελαιομηχανής και ενός αξονικού στροβίλου σε κοινό άξονα. Μεταξύ των ετών 1911 με 1914 έκανε μια σειρά από πειράματα με αυτήν την διάταξη στην εταιρία "Sulzer" στο Winterthur της Ελβετίας όπου και κατάφερε να φτάσει σε λόγο πίεσης 3,5:1. [(Nicholas C. Baines,2005)]

Το 1915 σε μία επόμενη ευρεσιτεχνία, πρότεινε μια μέθοδο που θα διατηρούσε την πίεση εισαγωγής της μηχανής σε πλήρες φορτίο μεγαλύτερη από την πίεση πριν το στρόβιλο ώστε να ευνοείτε η απόπλυση του κυλίνδρου. Ο κοινός άξονας με την μηχανή εγκαταλείφθηκε και ο στρόβιλος κινούσε απευθείας τον συμπιεστή. Η πρώτη πρακτική εφαρμογή έγινε το 1925 με τις επιτυχείς δοκιμές των επιβατηγών/οχηματαγωγών πλοίων “Preussen και Hansanstadt Danzig” τα οποία παραγγέλθηκαν στο ναυπηγείο “Vulkan” στο Stettin (από το Γερμανικό Υπουργείο Συγκοινωνιών) με άδεια κατασκευής (license) της εταιρείας “M.A.N.” [(Nicholas C. Baines,2005)]

Τα καυσαέρια των κυλίνδρων μέσω ενός κοινού θαλάμου εξαγωγής οδηγούνταν στον στρόβιλο του στροβιλοϋπερπληρωτή ο οποίος ήταν τοποθετημένος χωριστά από την μηχανή. Ο στροβιλοϋπερπληρωτής ήταν κατασκευασμένος από τις εταιρείες “Vulkan” και την “Brown Boveri” σύμφωνα με τις οδηγίες του Büchi. Οι μηχανές ήταν αρχικά σχεδιασμένες για ισχύ 1700 ίππων (hp) στις 235 σ.α.λ. με φυσική εισπνοή και κατάφεραν με την υπερπλήρωση να αυξήσουν την ισχύ σε 2400 ίππους στις 275 σ.α.λ. με μέση πίεση ($P_m=5.82\text{bar}$). Με υπερφόρτωση της μηχανής η ισχύ έφτανε στους 4025 ίππους στις 320 σ.α.λ.. Τα δύο αυτά πλοία αποτέλεσαν ορόσημο στην εξέλιξη των πετρελαιομηχανών όταν τέθηκαν σε λειτουργία το 1927. Διαπιστώθηκε τότε ότι ο στροβιλοϋπερπληρωτής είναι αυτοελεγχόμενος. Δηλαδή αυξάνει την πίεση του όσο αυξάνεται το φορτίο της μηχανής. Όμως με μικρή διαφορά πίεσεως μεταξύ εισαγωγής και εξαγωγής δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητική απόπλυση του κυλίνδρου και εάν ο συνολικός βαθμός αποδόσεως του στροβιλοϋπερπληρωτή δεν είναι αρκετός μπορεί και να μην επιτευχθεί καν διαφορά πίεσεως. Οι πρώτες στροβιλομηχανές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν εξελίξεις των είδη υπάρχοντων ατμοστροβίλων και βιομηχανικών συμπιεστών και είχαν σχετικά χαμηλούς βαθμούς απόδοσης λόγω αεροδυναμικών και κατασκευαστικών προβλημάτων. Έτσι παρά τις επιτυχείς εφαρμογές η στροβιλοϋπερπλήρωση δεν ήταν ακόμα γενικά αποδεκτή. [(Nicholas C. Baines,2005)]

Το 1925 ο Büchi κατέθεσε ακόμα μια ευρεσιτεχνία στην Ελβετία που αποτέλεσε το κλειδί για την περεταίρω επιτυχία της στροβιλοϋπερπλήρωσης διότι ξεπέρασε το πρόβλημα της χαμηλής αποδόσεως των στροβιλομηχανών της εποχής. Η μέθοδος στηριζόταν στη διατήρηση της αρχικής ενέργειας του παλμού εκτόνωσης των καυσαερίων τη στιγμή που ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής από κάθε κύλινδρο χρησιμοποιώντας αντί για ένα μεγάλο συλλέκτη καυσαερίων, στενούς αυλούς εξαγωγής από κάθε κύλινδρο ξεχωριστά και συνδέοντας τους αυλούς με το στρόβιλο, λαμβάνοντας υπόψη τους χρονισμούς των βαλβίδων, ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές των παλμών. Η πρώτη μηχανή με

στροβιλοϋπερπλήρωση με το σύστημα παλμών ήταν μια τετράχρονη μηχανή τεσσάρων κυλίνδρων της εταιρείας “Schweizer Locomotiv and Maschinenfabrik (SLM)” στο Winterthur με στροβιλοϋπερπληρωτή “BBC”. Η μηχανή είχε ψυγείο αέρα πλήρωσεως και παρήγαγε ισχύ 750 ίππων στις σ.α.λ.. Τα πειράματα συνεχίστηκαν σε μια μηχανή έξι κυλίνδρων με στροβιλοϋπερπλήρωση δύο εισόδων και τα αποτελέσματα αναλύθηκαν από τον Professor Stodola E.T.H. Zurich. Μετά την επιτυχία των πειραμάτων αυτών με το σύστημα Büchi δημιουργήθηκε μία κοινοπραξία με σκοπό την περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας στροβιλοϋπερπλήρωσης και την προώθηση αδειών κατασκευής (license) σε κατασκευαστές μηχανών με μέλη την “SLM” σαν κατασκευαστή μηχανών, την “BBC” σαν κατασκευαστή στροβιλοϋπερπληρωτών και των Alfred Büchi ως διευθυντή. Μέχρι το 1927 κατασκευάστηκαν 35 μηχανές με το σύστημα Büchi. [(Nicholas C. Baines,2005)]

Από τα πρώτα πειράματα, επιτεύχθηκαν για μικρό χρονικό διάστημα, αυξήσεις ισχύος της μηχανής 100% πάνω από την ισχύ με φυσική εισπνοή. Όμως λόγω κατασκευαστικών περιορισμών στις μηχανές της εποχής, οι πρακτικές αυξήσεις ισχύος περιορίστηκαν στο 50% οι οποίες αντιστοιχούσαν σε μέσες πιέσεις 8,5~9,0bar. Η στροβιλοϋπερπλήρωση τράβηξε γρήγορα το ενδιαφέρον των κατασκευαστών ναυτικών μηχανών. Η πρώτη εφαρμογή σε πλοίο ήταν στο βρετανικό υπερωκεάνιο “Rady Castle” το 1928. Η μηχανή ήταν τετράχρονη, οκτώ κυλίνδρων (τύπου North East Marine – Werkspoor) και είχε ισχύ αυξημένη κατά 30% με τη χρήση ενός στροβιλοϋπερπληρωτή “BBC”. Το μεγαλύτερο πετρελαιοκίνητο πλοίο της εποχής, το “Reine del Pacifico” είχε τέσσερις μηχανές με στροβιλοϋπερπλήρωση με ισχύ 5500 ίππων στις 145 σ.α.λ. και μέση πίεση 7,6bar έκαστος. Το 1933 στροβιλοϋπερπληρωτές “BBC” χρησιμοποιήθηκαν σε ελαφριές μηχανές “Maybach”, δώδεκα κυλίνδρων με ισχύ 600 ίππων στις 1400 σ.α.λ. για τους γερμανικούς σιδηρόδρομους και το πρωτότυπο “Fliegender Hamburger” κατέλαβε το παγκόσμιο ρεκόρ ταχύτητας με 215χιλ/ώρα το 1939. Λόγω του σχετικά χαμηλού βαθμού απόδοσης των στροβιλομηχανών εκείνης της εποχής, η στροβιλοϋπερπλήρωση περιορίστηκε στις τετράχρονες μηχανές. Οι χαμηλές θερμοκρασίες καυσαερίων της δίχρονης μηχανής, αλλά και η εξάρτησή του από κάποιου είδους βοηθητικού φυσητήρα του κυλίνδρου, δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή της στροβιλοϋπερπλήρωσης σε αυτές. Μετά το 1950 εξελίξεις στη σχεδίαση και την κατασκευή στροβιλομηχανών επέτρεψαν την πρακτική εφαρμογή της στροβιλοϋπερπλήρωσης σε δίχρονες μηχανές. Έκτοτε η χρήση της στροβιλοϋπερπλήρωσης αυξήθηκε θεαματικά και επέτρεψε στην δίχρονη ναυτική πετρελαιομηχανή να κυριαρχήσει σαν αργόστροφη ναυτική πετρελαιομηχανή αμέσου μεταδόσεως. Η μεγάλη πρόοδος έγινε μετά τον Β’ παγκόσμιο πόλεμο. Η στροβιλοϋπερπλήρωση αποδείχθηκε ότι είναι η πιο επιτυχής μέθοδος για να μειωθούν το

κόστος, το βάρος και ο όγκος των εγκαταστάσεων ναυτικών πετρελαιομηχανών. Συνέβαλε επίσης και στη βελτίωση των επιδόσεων των αεροπορικών εμβολοφόρων μηχανών, σε μεγάλα ύψη, σε σύγκριση με τους φυσικής εισπνοής, πριν βέβαια την επικράτηση του αεροπορικού αεριοστρόβιλου. Σήμερα, καμία σχεδόν μηχανή υψηλών επιδόσεων δεν παράγεται χωρίς στροβιλοϋπερπλήρωση. Στη ναυτιλία η υπερπληρούμενη πετρελαιομηχανή κυριαρχεί απόλυτα ως κύρια ή σαν βοηθητική μηχανή. [(Nicholas C. Baines,2005)]

2.2 Εφαρμογές Υπερπλήρωσης

Προκειμένου να γίνει εφαρμογή της υπερπλήρωσης, πρέπει οι μηχανές να είναι κατασκευασμένες με υψηλής αντοχής υλικά λόγω των υψηλών θερμοκρασιακών τάσεων καθώς και των μεγάλων πιέσεων καύσης. Η ψύξη και η λίπανση της μηχανής θα πρέπει να είναι κατά πολύ βελτιωμένες. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η μηχανή θα έχει ανθεκτικότητα απέναντι στην αύξηση της ισχύος με αντοχή στις μεγάλες τάσεις πιέσεων και θερμοκρασίας. Η υπερπλήρωση θα πρέπει να εφαρμόζεται στις κάτωθι περιπτώσεις :

- Σε μηχανές αεροπλάνων, όπου είναι αναγκαίος ο μικρός όγκος και βάρος της μηχανής.
- Σε μηχανές εγκατεστημένες σε μεγάλο υψόμετρο, όπου η ατμόσφαιρα είναι αραιή.
- Σε όλους τους τύπους μηχανών εσωτερικής καύσης για την αύξηση της ισχύος – απόδοσης.
- Σε μηχανές πλοίων, όπου οι ανάγκες για μεγάλες ιπποδυνάμεις επιβάλλουν μηχανές με υπερπλήρωση.
- Σε τετράχρονες μηχανές λόγω του ότι με την δημιουργία κενού κατά την φάση της εισαγωγής, εισέρχεται μειωμένη ποσότητα αέρα στον κύλινδρο.
- Στις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές για μείωση του όγκου και του βάρους, και συνεπώς των διαστάσεων της μηχανής.

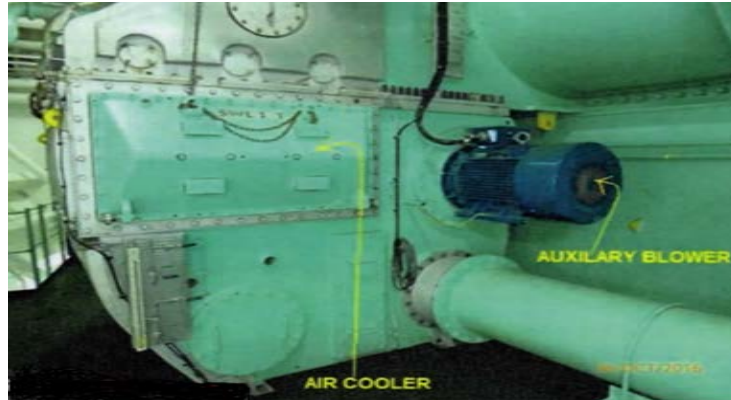
2.3 Μέθοδοι Υπερπλήρωσης

Καθ' όλη την διάρκεια της εξέλιξης της υπερπλήρωσης έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι, οι οποίες έχουν βρει έδαφος σε μεγάλο εύρος εφαρμογών. Έτσι, μια πρώτη κατηγοριοποίηση των μεθόδων υπερπλήρωσης μπορεί να γίνει με βάση τα κάτωθι κριτήρια :

- Σύμφωνα με τον τρόπο του συμπιεστή.
- Σύμφωνα με τον σχεδιασμό του συμπιεστή.
- Σύμφωνα με τον τρόπο σύνδεσης της μονάδας υπερπλήρωσης και του κινητήρα.

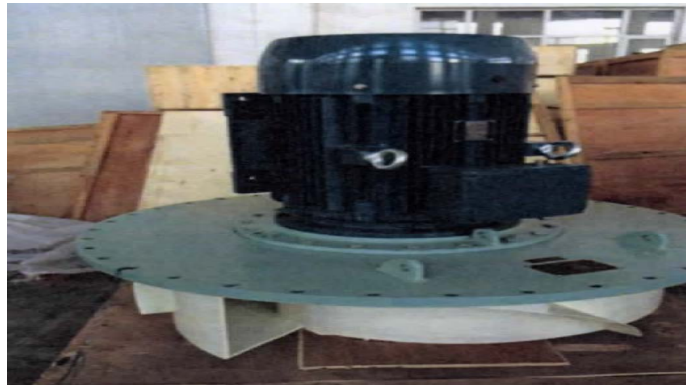
2.3.1 Τρόποι κίνησης του συμπιεστή

1. Εξωτερικά κινούμενος συμπιεστής, είτε από ηλεκτροκινητήρα είτε από κάποια βοηθητική διάταξη [(Λαζάρου Χ. Κλιάνη και άλλοι,2017)] όπως απεικονίζεται στις κάτωθι εικόνες 4 και 5.



Εικόνα 4. Ηλεκτρικά κινούμενος συμπιεστής (φουσητήρας)

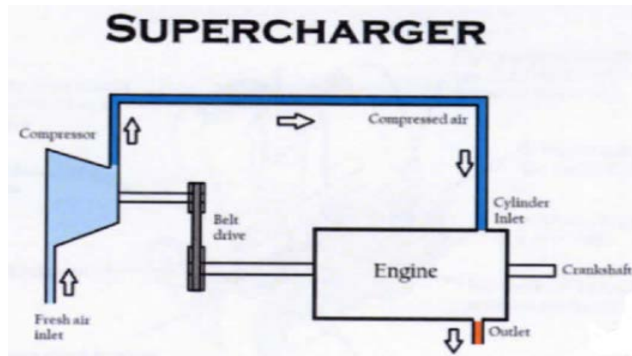
[Πηγή: Team-BHP]



Εικόνα 5. Διάταξη σύνδεσης ηλεκτρικά κινούμενου συμπιεστή (φουσητήρα)

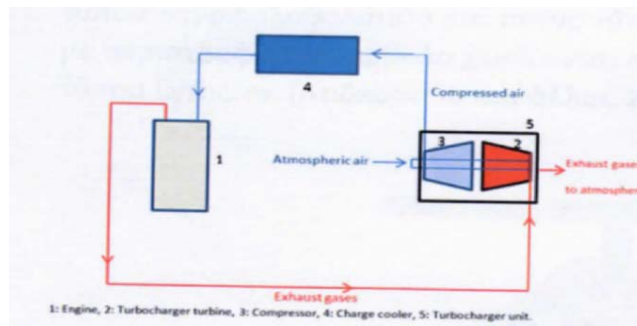
[Πηγή: BFMP Co.Ltd]

2. Κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 6 με απορρόφηση όμως μηχανικού έργου από αυτόν, η οποία καλείται και μηχανική υπερπλήρωση. Κύρια εφαρμογή έχει βρει σε μηχανές Otto (βενζινομηχανές) με ή χωρίς ενδιάμεση ψύξη αέρα και με σχέση μετάδοσης που μπορεί να είναι σταθερή ή μεταβλητή. [(Λαζάρου Χ. Κλιάνη και άλλοι,2017)]

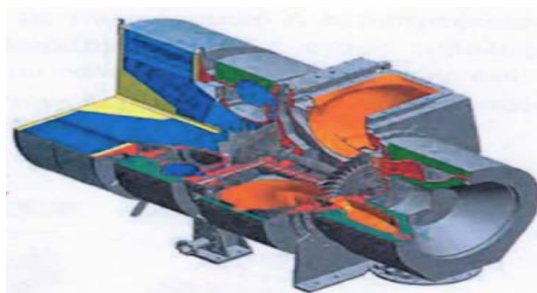


Εικόνα 6. Μηχανικά κινούμενος συμπιεστής μέσω αλυσίδας από την κύρια μηχανή
[Πηγή: MechStuff]

3. Κίνηση από στρόβιλο καυσαερίων. Αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο τρόπο υπερπλήρωσης και καλείται στροβιλοϋπερπλήρωση. Ο κύκλος λειτουργίας της απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 7 ενώ στην κάτωθι εικόνα 8 απεικονίζεται η διάταξη ενός στροβιλοϋπερπληρωτή σε τομή. Μπορεί να είναι είτε μονοβάθμια είτε διβάθμια, με ή χωρίς ενδιάμεση ψύξη αέρα. [(Λαζάρου Χ. Κλιάνη και άλλοι, 2017)]

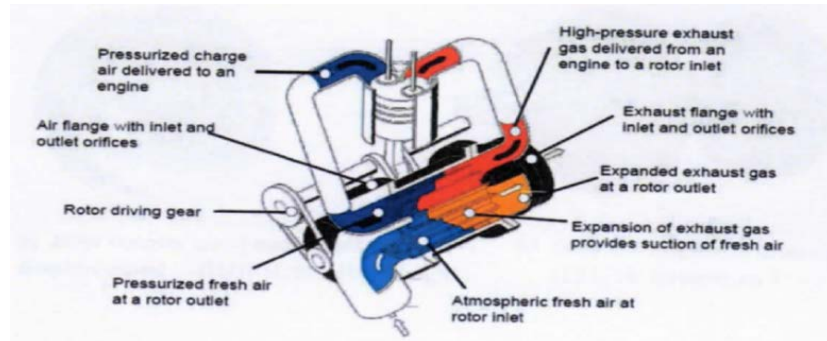


Εικόνα 7. Κύκλος λειτουργίας των αερίων στον στροβιλοϋπερπληρωτή
[Πηγή: Scecas]



Εικόνα 8. Διάταξη στροβιλοϋπερπληρωτή σε τομή
[Πηγή: Burakmarin]

4. Συμπύεση μέσω κύματος πίεσης ο οποίος προέρχεται από την απομόνωση του καυσαερίου σε δρομέα με πτερύγια (σύστημα Comprex της εταιρείας Brown Boveri & Co. Ltd όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 9). [(Λαζάρου Χ. Κλιάνη και άλλοι,2017)]

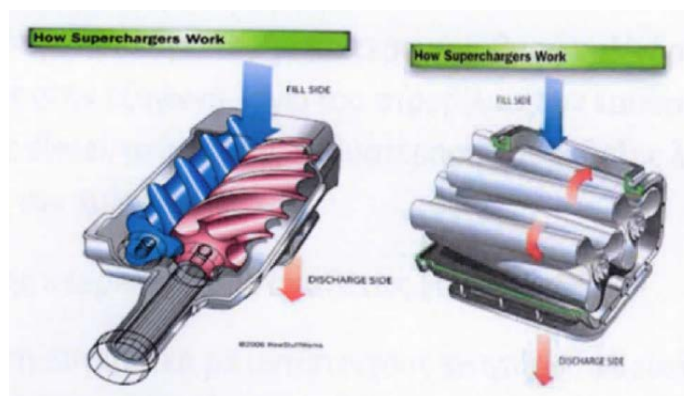


Εικόνα 9. Συμπιεστής τύπου Comprex
[Πηγή: Researchgate]

2.3.2 Κατηγορίες συμπιεστών

Οι συμπιεστές διακρίνονται σε δυο κατηγορίες :

A) Στους συμπιεστές θετικής εκτοπίσεως με παλινδρομικό ή περιστρεφόμενο έμβολο. Οι συμπιεστές με παλινδρομικό έμβολο υποδιαιρούνται κυρίως στους εμβολοφόρους, στους τύπου στροφαλοθαλάμου και στους ταλαντευόμενων πτερυγίων. Οι συμπιεστές με περιστρεφόμενο έμβολο χωρίζονται στους λοβοειδής τύπου Roots (κάτωθι εικόνα 10) και στους κοχλιοειδής τύπου Lysholm (κάτωθι εικόνα 10). [(Λαζάρου Χ. Κλιάνη και άλλοι,2017)]



Εικόνα 10. Δεξιά συμπιεστής τύπου Root και αριστερά συμπιεστής τύπου Lysholm
[Πηγές: Howstuffworks και Mechanicalbooster]

B) Στους συμπιεστές δυναμικής ροής. Αυτοί μπορεί να είναι φυγοκεντρικής ροής όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 11 και αξονικής ή ακτινικής ροής όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 12. [(Λαζάρου Χ. Κλιάνη και άλλοι,2017)]



Εικόνα 11. Φυγοκεντρικός συμπιεστής
[Πηγή: Marineinsight]

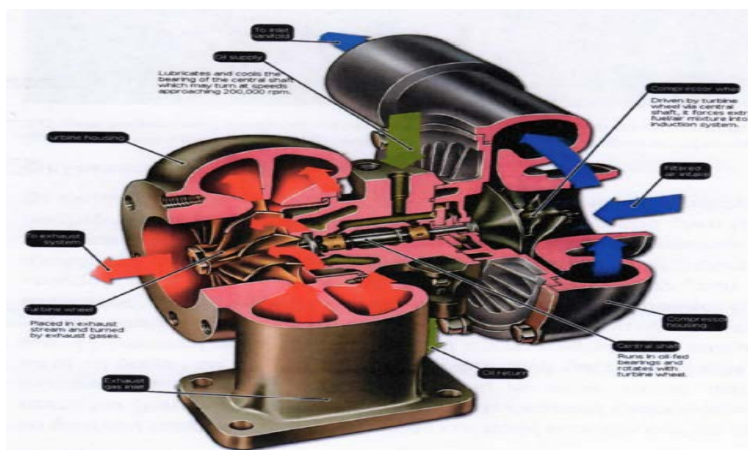


Εικόνα 12. Αξονικός συμπιεστής
[Πηγή: Sysnec.ro]

2.3.3 Κύρια μέρη στροβιλοϋπερπληρωτή

Ο στροβιλοϋπερπληρωτής όπως απεικονίζεται (σε τομή) στην κάτωθι εικόνα 13, αποτελείται από 6 βασικά μέρη :

- Τον συμπιεστή και διαχυτή
- Τον στρόβιλο και τα οδηγητικά περύγια
- Τα εξαρτήματα των εδράνων ολίσθησης
- Το κέλυφος συμπιεστή και στροβίλου
- Τον άξονα στήριξης



Εικόνα 13. Στροβιλοϋπερπληρωτής
[Πηγή: UNE VOITURE]

2.4 Μέθοδοι Στρόβιλο-υπερπλήρωσης δίχρονων και τετράχρονων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων

Τέσσερις βασικές μέθοδοι στροβιλοϋπερπλήρωσης χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες ναυτικές πετρελαιομηχανές ως κάτωθι :

1. Μέθοδος Σταθερής πίεσης (Constant Pressure Method) :

Οι εξαγωγές καυσαερίων των κυλίνδρων μιας μηχανής καταλήγουν σε έναν κοινό (μεγάλο σε όγκο) συλλέκτη καυσαερίων, ώστε η πίεση σε αυτόν να μπορεί να θεωρηθεί σταθερή με το χρόνο, αφού η ροή σε μια εμβολοφόρο παλινδρομική μηχανή είναι από κατασκευής της ασυνεχής. Η κεντρική ιδέα του συστήματος σταθερής πίεσεως είναι να μειώνονται οι χρονικές διακυμάνσεις πίεσεως και παροχής που προκύπτουν στην εξαγωγή διαφόρων κυλίνδρων. Ο στροβιλοϋπερπληρωτής μπορεί να κατασκευαστεί έτσι ώστε τα καυσαέρια να εισέρχονται σε αυτόν μέσω μιας εισόδου και επομένως επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός αποτελεσματικότητας. Κατά το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής η πίεση εντός του κυλίνδρου είναι συνήθως σημαντικά υψηλότερη (8:1) της πίεσεως στην οχετό εξαγωγής. Στη συνέχεια του κύκλου λειτουργίας, αυτή μειώνεται έως λίγο μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής πίεσεως, η οποία είναι επαρκής κατά την φάση εξαγωγής του κυλίνδρου. Κατά τη διάρκεια αυτή δημιουργούνται ηχητικές συνθήκες λόγω των μικρών διαστημάτων ανοίγματος της βαλβίδας εξαγωγής. Έτσι παρατηρείται απότομη εκτόνωση μέσω κρουστικών κυμάτων (παλμών) με ραγδαία τυρβώδη ανάμιξη, χωρίς σημαντική ανάκτηση πίεσεως, και οι κύλινδροι εκτονώνουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ανάλογα με τον χρονισμό της μηχανής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μόνο ένα τμήμα της διαθέσιμης ενέργειας των καυσαερίων να είναι διαθέσιμο στον στρόβιλο του στροβιλοϋπερπληρωτή. Για

αποτελεσματική λειτουργία η πίεση που δημιουργείται από τον συμπιεστή πρέπει πάντα να είναι ελαφρά υψηλότερο από αυτήν των καυσαερίων μετά τον κύλινδρο. [(Doug Woodyard, 2003) & (Klaus Mollenhauer et al, 2010)]

2. Μέθοδος Υπερπλήρωσης Παλμών (Impulse Turbocharging Method) :

Η ανάπτυξη του συστήματος παλμών γύρω στο 1930 έδωσε τη μεγάλη ώθηση στην χρήση στροβιλοϋπερπλήρωσης στις μηχανές γιατί εξισορρόπησε το χαμηλό βαθμό απόδοσης των στροβιλοϋπερπληρωτών της εποχής εκείνης.

Στο σύστημα παλμών γίνεται προσπάθεια να διατηρηθεί η υψηλή θερμοκρασία και πίεση που υπάρχουν στον κύλινδρο κατά τη στιγμή που ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής για την αύξηση της διαθέσιμης ενέργειας προς τον στροβιλοϋπερπληρωτή, έστω και αν δημιουργηθούν ιδιαίτερα άστατες συνθήκες ροής δια μέσο του στροβιλοϋπερπληρωτή.

Στις πιο πολλές περιπτώσεις η αύξηση της διαθέσιμης ενέργειας θα εξισορροπήσει ή θα υπερκαλύψει τη μείωση του βαθμού απόδοσης του στροβιλοϋπερπληρωτή που προέρχεται λόγω της ασταθούς ροής. Στο σύστημα παλμών στενοί αγωγοί (οχετοί) συνδέουν τις βαλβίδες εξαγωγής της μηχανής με τον στροβιλοϋπερπληρωτή. Τα καυσαέρια ρέουν με τη μορφή δεσμών παλμών μέσα στους αγωγούς που οδηγούν στον στροβιλοϋπερπληρωτή και εν συνεχεία οδηγούνται στην ατμόσφαιρα. Οι παλμοί των καυσαερίων από κάθε ξεχωριστό κύλινδρο τροφοδοτούν σε ένα αντίστοιχο τμήμα του δακτυλίου των οδηγών πτερυγίων του στροβιλοϋπερπληρωτή. Με επικάλυψη των χρόνων ανοίγματος των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής είναι δυνατόν να επιτευχθεί αποτελεσματικότερος καθαρισμός των κυλίνδρων (μετά την καύση). Η μέθοδος παλμών απαιτεί ο στροβιλοϋπερπληρωτής να λειτουργεί σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών φορτίου κατά τη διάρκεια του κύκλου. Η διαφορά πίεσεως στις δύο πλευρές της βαλβίδας εξαγωγής, όταν αρχικά ανοίγει, είναι τέτοια ώστε δημιουργούνται ηχητικές συνθήκες και δημιουργείται ένας παλμός εκτονώσεως (blowdown pulse) που ταξιδεύει μέσω του στενού αγωγού προς τον στροβιλοϋπερπληρωτή με ηχητική ταχύτητα. Λόγω του μήκους του αγωγού, οι συνθήκες στη βαλβίδα εξαγωγής και στο στροβιλοϋπερπληρωτή δεν είναι ταυτόχρονα οι ίδιες. Κάθε παλμός υπό μορφή κρουστικού κύματος ταξιδεύει στο στενό αγωγό, μεταφέρει ένα μεγάλο ποσοστό ενέργειας στατικής πίεσεως και ένα μικρότερο ποσοστό κινητικής ενέργειας το οποίο μειώνεται λόγω τριβών, οπότε σε υπερβολικά στενούς αγωγούς οι τριβές εντός των τοιχωμάτων τους θα είναι μεγάλες. Έτσι, ενώ η μάζα του ρευστού μέσα στον αγωγό στην αρχή δεν κινείται γρήγορα, ο κρουστικός παλμός φτάνει στον στροβιλοϋπερπληρωτή, ο οποίος στιγμιαία αντιλαμβάνεται

μια μεγάλη διαφορά πίεσεως στα άκρα του, οπότε στιγμιαία ο λόγος εκτονώσεως, η παροχή και η ισχύς που παράγει αυξάνουν. Βέβαια λόγω της παλλόμενης ροής ο βαθμός απόδοσης του στροβιλοϋπερπληρωτή είναι μικρός αλλά η ενέργεια η οποία προσδίδεται σε αυτόν στιγμιαία, είναι αρκετά μεγάλη.

Έτσι ο στροβιλοϋπερπληρωτής, ενώ αρχικά λειτουργεί σε υψηλή πίεση και με υψηλό βαθμό απόδοσης, μόλις ελαττωθεί η πίεση, μειώνεται ανάλογα και η απόδοσή του. [(Doug Woodyard,2003) & (Klaus Mollenhauer et al, 2010)]

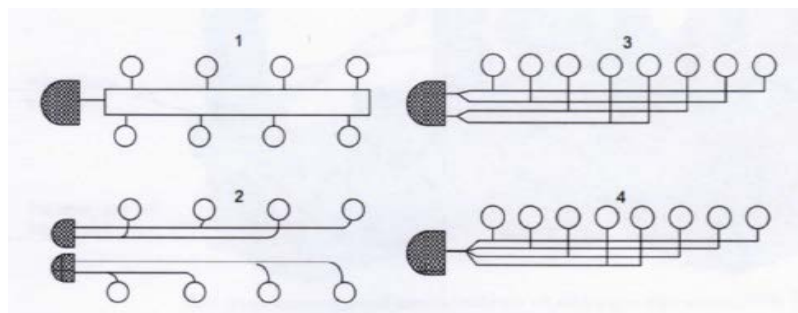
3. Μέθοδος Παλμικού Μετατροπέα (Pulse Converter Method) :

Με τους μετατροπείς παλμών, γίνεται προσπάθεια συμβιβασμού των συστημάτων σταθερής πίεσης και παλμών, ώστε να διατηρηθεί η διαθέσιμη ενέργεια στην έξοδο της μηχανής, αλλά ταυτόχρονα να επιτευχθούν και σταθερές συνθήκες ροής στην είσοδο του στροβιλοϋπερπληρωτή. Αυτή η παρεμβολή περιορίζει τους τρόπους με τους οποίους το κανονικό σύστημα παλμών μπορεί να συνδεθεί με ομάδες καυσαερίων των κυλίνδρων. Ωστόσο, με την χρήση ενός μετατροπέα παλμών, οι εξαγωγές των κυλίνδρων μπορούν να συνδεθούν σε έναν κοινό οχετό. Αυτό εμποδίζει την επιστροφή καυσαερίων και έχει ως αποτέλεσμα την εξομάλυνση των μεμονωμένων παλμικών κυμάτων. Επίσης με αυτό το σύστημα έχουμε βελτίωση στον τρόπο εισόδου των καυσαερίων ενώ παράλληλα αυξάνεται η απόδοση και δεν φορτίζονται μηχανικά τα πτερύγια όσο με την κανονική ώθηση στην στροβιλοϋπερπλήρωση. [(Doug Woodyard,2003) & (Klaus Mollenhauer et al, 2010)]

4. Μέθοδος Πολλαπλών Παλμών (Multi-Pulse Method) :

Πρόκειται για μια περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος παλμικού μετατροπέα. Στην προκειμένη περίπτωση, ένας αριθμός αγωγών καυσαερίων, τροφοδοτούν ένα κοινό μετατροπέα παλμών μαζί με έναν αριθμό ακροφυσίων και ένα αγωγό ανάμειξης. Πρακτικά με αυτή τη διάταξη κατασκευής, διοχετεύονται τα κύματα πίεσης χωρίς ανάκλαση, επειδή η περιοχή του στροβιλοϋπερπληρωτή είναι μεγαλύτερη. Η μέθοδος πολλαπλών παλμών αυξάνει αισθητά την απόδοση σε σύγκριση με την κανονική μέθοδο. [(Doug Woodyard, 2003) & (Klaus Mollenhauer et al, 2010)]

Στην κάτωθι εικόνα 14 απεικονίζονται σε σκαρίφημα οι άνωθεν αναφερόμενοι μέθοδοι.



Εικόνα 14. Μέθοδοι στροβιλοϋπερπλήρωσης : 1.Constant pressure, 2.Impulse, 3.Pulse converter, 4.Multi-pulse system

[Πηγή: [(Doug Woodyard, 2003]

2.5 Υπερπλήρωση δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων

Σε σύγκριση με τις τετράχρονες μηχανές, η εφαρμογή πίεσης πλήρωσης αέρα στους δίχρονες μηχανές είναι πιο περίπλοκη γιατί, μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο όπου επιτυγχάνεται η ταχύτητα και η ισχύς, ο στροβιλοφουσητήρας δεν υποστηρίζεται μόνος του.

Σε χαμηλά φορτία της μηχανής υπάρχει ανεπαρκής ενέργεια στα καυσαέρια που οδηγούν τον στροβιλοφουσητή με την ταχύτητα που απαιτείται για την απαραίτητη ροή μάζας αέρα. Σε αντίθεση με την τετράχρονη μηχανή, η κίνηση του εμβόλου σε χαμηλές στροφές κατά τη διάρκεια της σάρωσης χρειάζεται υποβοήθηση. Κατά συνέπεια, η εκκίνηση γίνεται αρκετά δύσκολη και η λειτουργία σε μερικά φορτία μπορεί να είναι αδύνατη. Η αρχική λύση ήταν με την τοποθέτηση στην μηχανή, οδηγητικών μηχανικών αντλιών σαρώσεως, διατεταγμένες να λειτουργούν σε σειρά με τους στροβιλοσυμπιεστές. Ωστόσο, στις σύγχρονες ναυτικές μηχανές, οι αντλίες σαρώσεως αντικαταστάθηκαν από ηλεκτρικά οδηγούμενους βοηθητικούς φουσητήρες. Η στροβιλοϋπερπλήρωση στις δίχρονες μηχανές επιτυγχάνεται με δύο διαφορετικές μεθόδους, οι οποίες είναι «σταθερής πίεσης» και «παλμού» αντίστοιχα.

Η μέθοδος σταθερής πίεσης που χρησιμοποιείται πλέον από όλους τις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές. Σε αυτό το σύστημα, τα καυσαέρια όλων των κυλίνδρων καταλήγουν σε ένα κοινό συλλέκτη που τείνει να μειώνει όλους τους παλμούς των καυσαερίων για να διατηρήσει μια σταθερή πίεση. [(Doug Woodyard, 2003)]

Το πλεονέκτημα του συστήματος σταθερής πίεσης είναι ότι εξαλείφει τις περίπλοκες διατάξεις με τις χρήση πολλαπλών σωλήνων εξαγωγής καυσαερίων άρα υψηλότερη απόδοση του στροβίλου και συνεπώς χαμηλότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι ότι η έλλειψη περιορισμού, εντός λογικών ορίων, του μήκους του κοινού

συλλέκτη καυσαερίων, επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία στην τοποθέτηση του στροβιλοσυμπιεστή σε σχέση με την μηχανή.

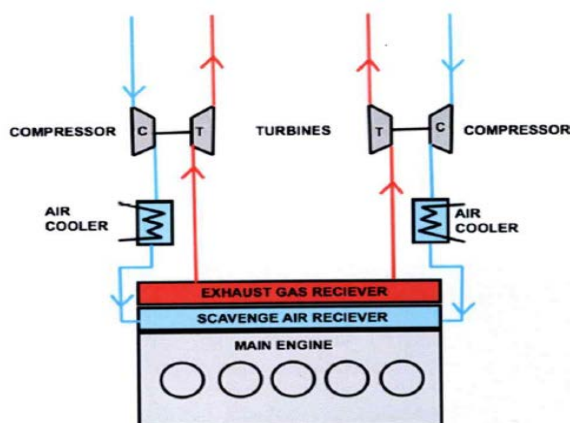
Το κύριο μειονέκτημα του συστήματος σταθερής πίεσης είναι η μικρή απόδοση σε συνθήκες μερικού φορτίου της μηχανής και, λόγω του σχετικά μεγάλου μήκους του κοινού συλλέκτη καυσαερίων, το όλο σύστημα δεν ανταποκρίνεται άμεσα στις αλλαγές των συνθηκών λειτουργίας της μηχανής. Αυτό έχει συνέπεια στην καθυστέρηση της ανταπόκρισης και του στροβιλοσυμπιεστή, και συνεπώς έχουμε κακή καύση κατά τις μεταβατικές περιόδους.

Με την μέθοδο παλμών, ο διαχωρισμός της ελάχιστης αποδεκτής σειράς καύσης, για τα καυσαέρια των κυλίνδρων που διοχετεύονται σε έναν κοινό συλλέκτη, είναι περίπου 120° . Η απότομη πτώση της πίεσης στον συλλέκτη, που ακολουθεί κάθε διαδοχικός παλμός καυσαερίων, έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη διαφορά πίεσης κατά μήκος του κοινού συλλέκτη κατά τη διάρκεια της περιόδου σαρώσεως, από ότι λαμβάνεται με το σύστημα σταθερής πίεσης. Αυτός είναι ένας παράγοντας που κάνει καλύτερη τη διαδικασία της σάρωσης. Η διακύμανση της ταχύτητας περιστροφής ενός στροβιλοσυμπιεστή γίνεται κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου λειτουργίας της μηχανής, δηλαδή σε μία περιστροφή του κινητήρα. Αυτό απεικονίζει ξεκάθαρα την πραγματικότητα των παλμών που δίνονται στον στρόβιλο του στροβιλοσυμπιεστή. Η διακύμανση της ταχύτητας είναι περίπου 5% ενώ κάθε φυσητήρας συνδέεται με δύο κυλίνδρους, με απόσταση μοιρών στροφαλοφόρου άξονα $135^\circ, 225^\circ$. [(Doug Woodyard, 2003)]

2.6 Παράλληλος στροβιλοϋπερπληρωτής

Σε πλοία στα οποία η κύρια μηχανή έχει δύο ή περισσότερους στροβιλοϋπερπληρωτές (κυρίως σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων Containerships) χρησιμοποιούν παράλληλη διάταξη. Η αρχή λειτουργίας του παράλληλου στροβιλοϋπερπληρωτή αποτελεί την πιο κοινή διάταξη στις υπάρχοντες δίχρονες αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές αλλά και σε τετράχρονες μηχανές πλοίων (π.χ. ηλεκτρομηχανές, ηλεκτροπρόωση) με διάταξη κυλίνδρων εν σειρά ή σε V, καθώς είναι πιο αποτελεσματικό όταν υπάρχει από ένας στροβιλοϋπερπληρωτής σε κάθε πλευρά κυλίνδρων, και με αυτόν τον τρόπο μπορεί να τοποθετηθούν πολύ πιο κοντά στον κοινό συλλέκτη εξαγωγής καυσαερίων της μηχανής, με αποτέλεσμα την άμεση πλήρωσή τους. Σε τετράχρονες μηχανές με διάταξη κυλίνδρων εν σειρά (κυρίως 6 κυλίνδρων) κάποιες φορές προτιμάτε από τους κατασκευαστές η τοποθέτηση 2 (μικρών) στροβιλοϋπερπληρωτών από την χρήση ενός μεγάλου, ο οποίος έχει την ίδια απόδοση (συνολική παραγόμενη ισχύ).

Η παράλληλη διάταξη, όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 15, αποτελείται από δύο (ή και περισσότερους) πανομοιότυπους στροβιλοϋπερπληρωτές οι οποίοι συνδέονται παράλληλα με τον κοινό συλλέκτη εξαγωγής καυσαερίων. Αφού οι στροβιλοϋπερπληρωτές είναι πανομοιότυποι (ίδιο μέγεθος και ίδια ισχύ), μοιράζονται εξίσου το φορτίο.



Εικόνα 15. Διάγραμμα στροβιλοϋπερπληρωτών σε παράλληλη διάταξη

[Πηγή: Naomi Andersson et al, 2018]

Στις μεγάλες δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές λόγω του «slow steaming» (όπου η μηχανή λειτουργεί σε αρκετά χαμηλό εύρος στροφών) η απόδοση των στροβιλοϋπερπληρωτών δεν είναι ικανοποιητική και γι' αυτό το λόγο έχει εφαρμοστεί το σύστημα διακοπής λειτουργίας του ενός στροβιλοϋπερπληρωτή. Η διακοπή λειτουργίας του στροβιλοϋπερπληρωτή χρησιμοποιείται σε μηχανές με δύο ή περισσότερους στροβιλοϋπερπληρωτές, σε παράλληλη διάταξη, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο την κατανάλωση καυσίμου στα χαμηλά φορτία της μηχανής. Όταν η μηχανή λειτουργεί σε χαμηλά φορτία η ταχύτητα περιστροφής του στροβιλοϋπερπληρωτή ελαττώνεται. Έτσι η θερμοκρασία του αέρα που παρέχεται στην μηχανή (μέσω του στροβιλοϋπερπληρωτή) είναι επίσης χαμηλή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα λιγότερης ποιότητας καύσης.

Η MAN Diesel & Turbo, προσφέρει δύο λύσεις διακοπής στροβιλοϋπερπληρωτή σε παράλληλη διάταξη. Η μία είναι η μόνιμη τοποθέτηση τυφλών πλακών σιδήρου στην είσοδο και στην έξοδο του στροβιλοϋπερπληρωτή αντίστοιχα, ενώ η άλλη είναι η τοποθέτηση επιστομίων με σύρτες στην είσοδο και στην έξοδο του στροβιλοϋπερπληρωτή τα οποία ανοίγουν και κλείνουν ανάλογα με το φορτίο της μηχανής ώστε να μπορούν να βρίσκονται σε λειτουργία ή όχι αντίστοιχα. [(MAN PrimeServ - Slow Steaming Report,2012)]

Μία τέτοια διάταξη με σύρτες απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 16.



Εικόνα 16. Διάταξη διακοπής λειτουργίας στροβιλοϋπερπληρωτών σε παράλληλη διάταξη με σύρτες

[Πηγή: Man-es]

2.7 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υπερπλήρωσης

Τα βασικά πλεονεκτήματα της υπερπλήρωσης, για δεδομένη παραγόμενη ισχύ από μια μηχανή, είναι :

- Μικρότερος φυσικός όγκος (μικρότερος αριθμός κυλίνδρων, μικρότερο μέγεθος μηχανής).
- Χαμηλότερο κόστος ανά μονάδα παραγόμενης ισχύος, ειδικά για μεγαλύτερων διαστάσεων μηχανές.
- Χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων σε μόνιμη κατάσταση λειτουργίας.
- Μικρότερο βάρος άρα μεγαλύτερη ειδική μάζα.
- Μικρότερο ποσοστό τριβών λόγω του μικρότερου αριθμού κυλίνδρων.
- Μειωμένος θόρυβος στην εξαγωγή των καυσαερίων λόγω του στροβίλου των καυσαερίων.
- Μείωση της καθυστέρησης ανάφλεξης λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών στο χώρο καύσης, εντός του κυλίνδρου.

Αντίθετα, τα μειονεκτήματα της υπερπλήρωσης είναι τα εξής :

- Πιο αργή επιτάχυνση συγκριτικά με αντίστοιχες μηχανές φυσικής εισαγωγής αέρα.
- Μεγαλύτερη θερμική και μηχανική καταπόνηση στο εσωτερικό του κυλίνδρου.
- Αυξημένες εκπομπές ρύπων ιδιαίτερα κατά την διάρκεια μεταβατικής λειτουργίας του κινητήρα (κυρίως σε συστήματα στροβιλουπερπλήρωσης).

Τα συστήματα αυτά προέκυψαν από την ανάγκη να υποβοηθηθούν οι στροβιλουπερπληρωτές, κυρίως στα χαμηλά φορτία της μηχανής, ειδικά στα πρώτα χρόνια της εφαρμογής τους σε μεγάλες δίχρονες αργόστροφες μηχανές, όταν οι βαθμοί αποδόσεως των στροβιλουπερπληρωτών ήταν ακόμη σε χαμηλά επίπεδα. Τα συστήματα που αναπτύχθηκαν ήταν αρκετά πολύπλοκα, ενώ σήμερα τα περισσότερα από αυτά δεν βρίσκονται σε χρήση, μιας και οι βαθμοί αποδόσεως των σύγχρονων στροβιλουπερπληρωτών είναι αρκετά υψηλοί και δεν υπάρχει ανάγκη συμπληρωματικών συστημάτων παροχής αέρα, εκτός των αυτόματων ηλεκτροκίνητων φυσητήρων για τα χαμηλά φορτία των μεγάλων δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών.

2.8 Επιπτώσεις στην Εμπορική Ναυτιλία

Ο κλάδος της εμπορικής ναυτιλίας είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικός και βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην απόδοση βάση της ταχύτητας, τη βέλτιστη οικονομία καυσίμου και τη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Τα τελευταία χρόνια, αρκετοί κανονισμοί από τον IMO (Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό) έχουν τεθεί σε ισχύ σχετικά με τις εκπομπές αερίων ρύπων από τα πλοία σε παγκόσμια κλίμακα. Οι κανονισμοί και οι συμβάσεις σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, περιέχεται στη Διεθνή Σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία, επίσης γνωστό ως MARPOL 73/78 Παράρτημα VI. Συχνά αναφέρονται επίσης ως πρότυπα Tier I έως Tier III, όπου το Tier III είναι το πιο πρόσφατο. [(International Maritime Organization,2018)]

Τα περισσότερα πλοία χρησιμοποιούν πετρελαιομηχανή (-ές) ως μέθοδο πρόωσης ή ως κύριο κινητήριο κινητήρα. Εάν η μηχανή θα λειτουργεί σύμφωνα με τις αρχές δύο ή τεσσάρων κύκλων, εξαρτάται από το μέγεθος, τον τύπο του φορτίου και τον σκοπό του πλοίου. Για μεγαλύτερα πλοία, η δίχρονη αργόστροφη πετρελαιομηχανή είναι μια κοινή επιλογή. Η διαδικασία καύσης στην πετρελαιομηχανή έχει ως αποτέλεσμα εκπομπές ρύπων τα οποία περιέχουν ρυπογόνα αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), σωματιδιακή ύλη (PM), οξείδιο του αζώτου (NO_x), υδρογονάνθρακες (HC_s) και διοξείδια του θείου (SO₂). Αυτοί οι ρύποι ενδέχεται να έχουν βλαβερές συνέπειες τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον. Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται αέριο του θερμοκηπίου που βλάπτει την ατμόσφαιρα. Τόσο τα οξείδια του θείου όσο και τα οξείδια του αζώτου προκαλούν όξινη βροχή, αν και το οξείδιο του αζώτου προκαλεί επίσης καταστροφή του όζοντος. Η αιθάλη και τα σωματίδια είναι επικίνδυνα για τον ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα.

Η απόδοση και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μιας πετρελαιομηχανής εξαρτάται εν μέρει από την αναλογία αέρα-καυσίμου στην καύση. Η αναλογία αυτή επηρεάζεται σημαντικά από τον στροβιλουπερπληρωτή, ο οποίος παρέχει μεγάλη ποσότητα πεπιεσμένου αέρα στους κυλίνδρους της μηχανής, καθιστώντας έτσι την αύξηση στη ροή του καυσίμου, με αποτέλεσμα αυξημένη ισχύ εξόδου και καλύτερη απόδοση του καυσίμου. [(David A. Wood et al, 2022)]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΣΑΡΩΣΗ ΔΙΧΡΟΝΩΝ ΑΡΓΟΣΤΡΟΦΩΝ

ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

3.1 Συστήματα σαρώσεως

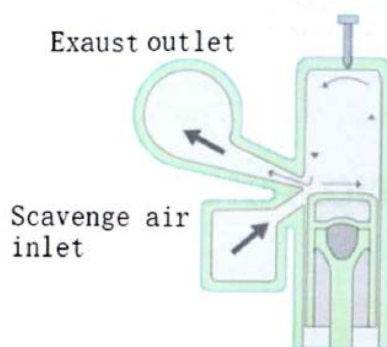
Τα συστήματα σαρώσεως που εφαρμόζονται στις δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές, διακρίνονται με βάση τη μορφή και την κατεύθυνση της ροής του εισερχομένου αέρα εντός των κυλίνδρων αλλά και την πορεία των εξερχομένων από αυτούς καυσαερίων. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

- A) Συστήματα επιστρεφόμενης ροής (Σάρωση βρόγχου ή ανάστροφη σάρωση – loop scavenging ή backflow scavenging).
- B) Συστήματα ροής κατά μία κατεύθυνση (Ευθύγραμμη σάρωση – uniflow scavenging), τα οποία αποτελούν πλέον και το βασικό σύστημα.

3.1.1 Συστήματα επιστρεφόμενης ροής

Σε αυτό το σύστημα, οι θυρίδες εισαγωγής (θυρίδες σαρώσεως) βρίσκονται στο κάτω μέρος του κυλίνδρου και στην μία πλευρά ενώ οι θυρίδες εξαγωγής βρίσκονται ακριβώς επάνω από τις θυρίδες εισαγωγής αντίστοιχα. Το σύστημα αυτό επικράτησε στις μεγάλης ισχύος δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές (με διάμετρο κυλίνδρου 250~900mm) μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980. Με αυτήν την διάταξη καθώς το έμβολο κατεβαίνει, πρώτα αποκαλύπτονται πλήρως οι θυρίδες εξαγωγής και εν συνεχεία οι θυρίδες εισαγωγής. Ο υπερπληρούμενος αέρας εισερχόμενος εντός του κυλίνδρου προσπίπτει στο απέναντι τοίχωμα του κυλίνδρου και αναγκάζεται να στραφεί προς τα επάνω. Κινούμενος προς τα επάνω προσπίπτει στην κεφαλή του κυλίνδρου (πώμα), αλλάζει κατεύθυνση και κινείται προς τα κάτω. Ένα τμήμα των καυσαερίων έχει αναμιχθεί ήδη με τον εισερχόμενο αέρα και παραμένει εντός του κυλίνδρου. Στην κάτωθι εικόνα 17 απεικονίζεται η διάταξη καθώς και η πορεία την οποία ακολουθεί ο αέρας.

LOOP FLOW



Εικόνα 17. Διάταξη Σάρωσης βρόγχου (ανάστροφη)

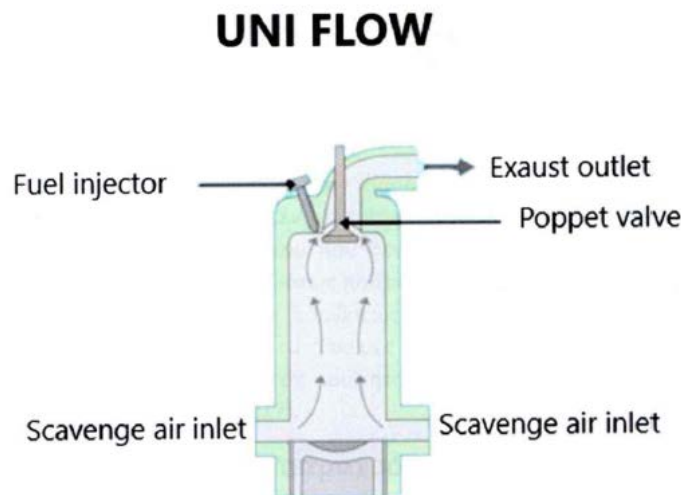
[Πηγή: Marine engineers knowledge]

Το σύστημα αυτό προσφέρει το πλεονέκτημα της απλούστερης κατασκευής και λειτουργίας (σε σχέση με το σύστημα ευθύγραμμης σαρώσεως με βαλβίδα εξαγωγής), καθώς και βέλτιστο σχήμα θαλάμου καύσεως στις μεγάλες δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές. Παρόλα αυτά, δεν προσφέρει το ίδιο καλή ποιότητα σαρώσεως σε μηχανές με μεγάλο λόγο διαδρομής εμβόλου προς διάμετρο κυλίνδρου (stroke/bore ratio), που αποτελεί τη σύγχρονη τάση στις μεγάλες δίχρονες αργόστροφες πετρελαιομηχανές. Για τον λόγο αυτόν δεν χρησιμοποιείται πλέον σε νέες σχεδιάσεις μεγάλων δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων. [(Λαζάρου Χ. Κλιάνη και άλλοι, 2017)]

3.1.2 Συστήματα ροής κατά μία κατεύθυνση

Σε αυτό το σύστημα, ο υπερπληρούμενος αέρας εισέρχεται εντός του κυλίνδρου από τις θυρίδες εισαγωγής (σαρώσεως) οι οποίες βρίσκονται περιμετρικά στο κάτω μέρος του κυλίνδρου και κατευθύνεται στροβιλιζόμενος προς τα επάνω. Σε αυτή τη διάταξη δεν υπάρχουν θυρίδες εξαγωγής και η έξοδος των καυσαερίων γίνεται δια μέσο μίας βαλβίδας εξαγωγής, η οποία είναι τοποθετημένη στο κέντρο της κεφαλής του κυλίνδρου (πώμα). Οι θυρίδες εισαγωγής έχουν τέτοια γεωμετρία, ώστε να προκαλούν την συστροφή του εισερχόμενου εντός του κυλίνδρου υπερπληρούμενου αέρα, με μονή, διπλή ή πολλαπλή σπείρα. Με την δημιουργία πολλαπλών σπειρών στην είσοδο του αέρα μειώνεται σημαντικά η δημιουργία πυρήνα καυσαερίων στο κέντρο του κυλίνδρου καθώς και ευμεγέθους στρώματος καυσαερίων στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου τα οποία δεν απομακρύνονται προς την εξαγωγή του κυλίνδρου. Σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της σαρώσεως παίζει το μέγεθος, η θέση και ο αριθμός των βαλβίδων εξαγωγής (σε περίπτωση

κατά την οποία υπάρχουν περισσότερες από μία). Στην κάτωθι εικόνα 18 απεικονίζεται η διάταξη καθώς και η πορεία την οποία ακολουθεί ο αέρας.



Εικόνα 18. Διάταξη Σάρωσης κατά μια κατεύθυνση
[Πηγή: Marine engineers knowledge]

Αυτό το σύστημα σαρώσεως (με μία βαλβίδα εξαγωγής) είναι το μοναδικό και πλέον διαδεδομένο που χρησιμοποιείται σε νέες κατασκευές μεγάλων δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων, διότι επιτυγχάνει την καλύτερη ποιότητα σαρώσεως σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα. [(Λαζάρου Χ. Κλιάνη και άλλοι, 2017)]

3.2 Χώρος σαρώσεως δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων

Ο χώρος σαρώσεως των δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων, όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 19, είναι ένας κλειστός χώρος (εύκολα προσβάσιμος όταν και όποτε καταστεί αναγκαίο, όταν η μηχανή είναι εκτός λειτουργίας) και συνεπώς η είσοδος σε αυτόν είτε για εργασία π.χ. καθαρισμός, αντικατάσταση εξαρτημάτων, είτε για επιθεώρηση π.χ. εμβόλων, χιτωνίων των κυλίνδρων, αποτελεί είσοδο σε κλειστό χώρο (enclosed space entry) κάτι που σημαίνει ότι ο βαθμός επικινδυνότητας είναι αρκετά αυξημένος. Το εκάστοτε προσωπικό του μηχανοστασίου ενδέχεται είτε από απειρία, είτε από υπερβολική εξοικείωση, είτε ακόμα και από ελλιπή εκπαίδευση, να παραβλέπει τις σχετικές οδηγίες τόσο των κατασκευαστών των μηχανών όσο και των διεθνών οργανισμών π.χ. IMO, SOLAS με αποτέλεσμα σε ορισμένες περιπτώσεις να προκληθούν ατυχήματα ακόμα και απώλεια της ίδιας της ανθρώπινης ζωής. Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα αναλυθούν οι

σωστές και ασφαλής πρακτικές οι οποίες πρέπει να ακολουθούνται έτσι ώστε τόσο οι εργασίες όσο και η επιθεώρηση να πραγματοποιούνται με τον πλέον ασφαλή τρόπο.



Εικόνα 19. Χώρος Σαρώσεως δίχρονων αργόστροφων πετρελαιομηχανών εμπορικών πλοίων
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

3.2.1 Προετοιμασία πριν την επιθεώρηση

Πρέπει να θεωρείται αυτονόητο ότι η εν λόγω επιθεώρηση θα πρέπει να λαμβάνει χώρα σε περιόδους όπου η μηχανή του πλοίου θα βρίσκεται εκτός λειτουργίας δηλαδή κατά την παραμονή του πλοίου σε λιμάνι, σε ασφαλές αγκυροβόλιο ή τέλος κατά την διάρκεια του δεξαμενισμού.

Για κάθε εργασία/επιθεώρηση οι οποία σχετίζεται με είσοδο σε κλειστό χώρο, και εφόσον η συγκεκριμένη επιθεώρηση λαμβάνει χώρα σε κλειστό χώρο όπως προαναφέραμε, τόσο ο προγραμματισμός όσο και η κατάλληλη εκπαίδευση αντίστοιχα, αποτελούν εξίσου το “κλειδί” για την επιτυχή ολοκλήρωση της διαδικασίας. Σύμφωνα με την απόφαση του IMO A. 1050(27) (παράρτημα 1), η εκπαίδευση των ναυτικών όσον αφορά την είσοδο σε κλειστούς χώρους, περιλαμβάνει τις κάτωθι ελάχιστες απαιτήσεις :

- Ταυτοποίηση των κινδύνων που ενδέχεται να αντιμετωπίσει κατά την είσοδό του σε κλειστό χώρο.
- Να έχει την ικανότητα να αναγνωρίζει τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει στην υγεία του, οι οποίες οφείλονται στην έκθεσή του σε βλαβερά αέρια.
- Γνώση των Μέσων Ατομικής Προστασίας (π.χ. κράνος ασφαλείας, γάντια κτλ.) καθώς και την ορθή χρήση αυτών.

Ως μέρος της προετοιμασίας αποτελεί και η συμπλήρωση δύο πολύ σημαντικών εντύπων το οποία βρίσκονται στο Safety Management System της εκάστοτε ναυτιλιακής εταιρείας:

✓ Permit to work.

Είναι στην ουσία η άδεια εργασίας. Το εν λόγω έντυπο (φόρμα) υπογράφεται από τον Πλοίαρχο του πλοίου, τους εμπλεκόμενους αξιωματικούς και το προσωπικό του μηχανοστασίου το οποίο θα εισέλθει στον χώρο. Ισχύει για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και σκοπός του είναι η πρόληψη ατυχήματος το οποίο θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την ζωή του εμπλεκόμενου με την επιθεώρηση προσωπικού. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το συγκεκριμένο έντυπο περιλαμβάνει τα κάτωθι :

- Την τοποθεσία της εργασίας.
- Την φύση και τους περιορισμούς της εργασίας.
- Πληροφορίες για το προσωπικό (π.χ. όνομα και βαθμός) καθώς και τον εξοπλισμό (εργαλεία) που θα χρησιμοποιηθούν.
- Πιθανούς κινδύνους.
- Τα μέτρα προστασίας τα οποία λαμβάνονται.
- Ποια Μέσα Ατομικής Προστασίας χρησιμοποιούνται.
- Ο χρόνος χορήγησης της αδείας και η εγκυρότητά της.
- Μέσα επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθούν.
- Υπογραφή του ατόμου το οποίο χορηγεί την άδεια, αλλά και κατά την ολοκλήρωσή της.
- Υπογραφή του προσωπικού το οποίο επιβεβαιώνει ότι έχει ενημερωθεί για τους κινδύνους και τα μέτρα προστασίας.

✓ Risk Assessment.

Το έντυπο αυτό συμπληρώνεται από έμπειρο αξιωματικό του πλοίου και εν προκειμένου από αξιωματικό του μηχανοστασίου. Για την ορθή συμπλήρωσή του ο αξιωματικός θα πρέπει να συλλέξει της κάτωθι πληροφορίες :

- Συλλογή των δεδομένων και εξοικείωση με αυτά.
- Ταυτοποίηση των κινδύνων με βάση αυτά τα δεδομένα.
- Ανάλυση των ρίσκων που σχετίζονται με την εργασία.
- Αξιολόγηση των ρίσκων.
- Μέτρα ελαχιστοποίησης ή πρόληψης των επικείμενων επιπτώσεων.

3.2.2 Χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει τόσο τα όργανα/εργαλεία μέτρησης (π.χ. παχύμετρο, μετρητής τραχύτητας κτλ.) όσο και τα ατομικά μέσα προστασίας. Όσον αφορά τα όργανα/εργαλεία μέτρησης, αυτά θα πρέπει να βρίσκονται σε άριστη κατάσταση, χωρίς φθορές, με ευκρινής κλίμακες μέτρησης διότι η ακρίβεια των μετρήσεων είναι υψίστης σημασίας.

Στην περίπτωση κατά την οποία θα απαιτηθεί η χρήση σφυριού εντός του χώρου σαρώσεως, αυτό θα πρέπει να είναι εγκεκριμένου τύπου ώστε να μην προκαλεί σπινθηρισμό. Επιπρόσθετα, δεν επιτρέπεται η χρήση τόσο ηλεκτρικού δρόπανου (τρυπάνι) όσο και οποιοδήποτε εργαλείου το οποίο απαιτεί ηλεκτρική ενέργεια (π.χ. ηλεκτρικούς ανεμιστήρες/εξαεριστήρες).

Το καλώδιο προέκτασης για την λειτουργία του μηχανισμού στρέψης της μηχανής (turning gear) από απόσταση, θα πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση χωρίς φθορές και πρόχειρες ενώσεις από επιδιόρθωση και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να βρίσκεται εντός του χώρου σαρώσεως ώστε ο χειρισμός του μηχανισμού στρέψης να γίνεται από τον επιθεωρητή.

Τέλος, ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει για τις φορητές λάμπες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν εντός του χώρου. Αυτές πρέπει να είναι χαρακτηρισμένες ως αντιαεκρηκτικού τύπου (explosion proof) από διεθνή αναγνωρισμένο φορέα, και σύμφωνα με τον IMO (International Maritime Organization) και τη SOLAS (Save Our Life At Sea), πρέπει να έχουν κατώτατη αξιολόγηση IP55. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι θα πρέπει να τροφοδοτούνται από συνεχές ρεύμα 24Volt.

Όσον αφορά τα μέσα ατομικής προστασίας αυτά περιλαμβάνουν κατ' ελάχιστον τα κάτωθι :

➤ Προστατευτικό κράνος.

Υπάρχει ο κίνδυνος το εργαζόμενος να χτυπήσει το κεφάλι του σε κάποιο μέταλλο (π.χ. ασφαλιστικό του χώρου) ή θυρίδα, με αποτέλεσμα ενδεχόμενο τραύμα στο κεφάλι.

➤ Φόρμα εργασίας με στοιχεία υψηλής αντανακλαστικότητας και ορατότητας.

Η χρήση εγκεκριμένου τύπου φόρμας εργασίας στο χώρο του μηχανοστασίου είναι επιβεβλημένη. Στην συγκεκριμένη επιθεώρηση προστατεύει από την άμεση επαφή σημείου του δέρματος με θερμή επιφάνεια (π.χ. χιτώνιο του κυλίνδρου όπου η θερμοκρασία είναι περίπου 60~70°C).

- Προστατευτικά γάντια.
Τα γάντια προστατεύουν από κάποιο έγκαυμα και προσφέρουν καλύτερη λαβή στον εργαζόμενο.
- Αντιολισθητικά παπούτσια ασφαλείας.
Εντός του χώρου σαρώσεως ενδέχεται να υπάρχουν υπολείμματα ελαιοειδών (π.χ. υπολείμματα ελαίου λιπάνσεως κυλίνδρων).
- Εγκεκριμένου αντιαεκρηκτικού τύπου φακός (explosion proof).
Ο φακός θα πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση με καινούργιες μπαταρίες, ώστε να μην χρειαστεί η αντικατάστασή τους κατά την διάρκεια της επιθεώρησης. Δεν επιτρέπεται η χρήση μεταλλικού φακού καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει σπινθήρα κατά την πτώση του.

3.2.3 Εξασφάλιση ασφαλών συνθηκών

Ο επαρκής εξαερισμός του χώρου, πριν την είσοδο του προσωπικού εντός αυτού είναι υψίστης σημασίας. Αυτό σημαίνει ότι μετά την κράτηση της μηχανής και αφού ανοίξουμε τις θύρες (ή την θύρα εισόδου ανάλογα με τον κατασκευαστή) εισόδου, θα πρέπει να παρέλθει μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να πέσει η θερμοκρασία (σε επίπεδα που να μην μπορεί να προκληθεί θερμοπληξία) και να γίνει μέτρηση του χώρου με την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού για την περιεκτικότητα του οξυγόνου (δεν πρέπει να γίνεται είσοδος σε περιεκτικότητα μικρότερη του 21%) και έλεγχος για εύφλεκτα αέρια (η περιεκτικότητα πρέπει να είναι χαμηλότερη του 1%LFL (Lower Flammable Limit)).

Για όσο διάστημα διαρκέσει η επιθεώρηση, πρέπει να υπάρχει άτομο εκτός του χώρου το οποίο θα χειρίζεται κατόπιν υπόδειξης από τον επιθεωρητή τον μηχανισμό στρέψης της μηχανής και θα ελέγχει συνεχώς την φυσική κατάσταση του/των παραβρισκόμενων εντός του χώρου. Το άτομο αυτό (αξιωματικός ή προσωπικό μηχανοστασίου) δεν θα πρέπει να εμπλέκετε στο λειτουργικό/επιχειρησιακό κομμάτι του μηχανοστασίου το χρονικό αυτό διάστημα (π.χ. αξιωματικός ή προσωπικό φυλακής μηχανοστασίου). Επίσης θα πρέπει να εξασφαλίσει ότι μια τουλάχιστον αναπνευστική συσκευή καθώς και μπουκάλια με εμφιαλωμένο νερό θα βρίσκονται άμεσα διαθέσιμα εφόσον απαιτηθεί.

Τέλος, μία καλή πρακτική είναι η μεταφορά εντός του χώρου, τόσο των εργαλείων μέτρησης όσο και των πανιών τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, να γίνεται με δοχεία (κουβάδες) ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν θα γίνονται άσκοπες μετακινήσεις εντός του χώρου και θα είναι άμεσα διαθέσιμα. Ειδικά για τα πανιά καλό θα είναι να μετρούνται πριν, ώστε να

εξασφαλιστεί ότι κατά την έξοδο είναι ο ίδιος αριθμός και δεν έχει ξεχαστεί κάποιο κομμάτι εντός του χώρου.

3.2.4 Ολοκλήρωση επιθεώρησης

Μετά το πέρας της επιθεώρησης, θα πρέπει να γίνει ενδελεχής έλεγχος από αξιωματικό του μηχανοστασίου (συνήθως από τον Α' Μηχανικό), ώστε να εξασφαλιστούν τα κάτωθι :

- ✓ Έχουν απομακρυνθεί όλα τα εργαλεία, πανιά και φορητός εξοπλισμός από τον χώρο.
- ✓ Δεν έχει παραμείνει προσωπικό εντός του χώρου.
- ✓ Τα παρεμβύσματα στεγανοποίησης (π.χ. μεταλλικό ή λάστιχο) της θύρας (ή των θυρών) εισόδου είναι σε καλή κατάσταση ή ότι έχουν αντικατασταθεί με καινούργια (εάν αυτό απαιτείται από τον κατασκευαστή).
- ✓ Η θύρα (ή θύρες) εισόδου έχει κλείσει και έχει συσφιχθεί σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΧΩΡΟΥ ΣΑΡΩΣΕΩΣ ΔΙΧΡΟΝΩΝ

ΑΡΓΟΣΤΡΟΦΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ

ΠΛΟΙΩΝ

4.1 Γενικά

Προκειμένου να εξασφαλίσουμε και να διατηρήσουμε την καλή κατάσταση των κυλίνδρων (χιτωνίων) της μηχανής, αυτό περιλαμβάνει την βελτιστοποίηση πολλών παραγόντων π.χ. αύξηση ή ελάττωση της παροχής της δόσης του κυλινδρελαίου σύμφωνα με τις οδηγίες/υποδείξεις του κατασκευαστή της μηχανής. Πολύ μεγάλο ρόλο παίζει επίσης η ποιότητα του καυσίμου το οποίο εισέρχεται μέσω διατάξεων (εγχυτήρων) εντός των κυλίνδρων για την καύση του, και για το οποίο ο κατασκευαστής δίνει σαφείς οδηγίες για τα στάδια επεξεργασίας του π.χ. αποθήκευση, φυγοκεντρικός καθαρισμός, φιλτράρισμα, θερμοκρασία κτλ., πριν την εισαγωγή του στον κύλινδρο.

Δεδομένου ότι οι περισσότεροι από αυτούς τους παράγοντες μπορεί να μεταβληθούν κατά την διάρκεια λειτουργίας της μηχανής - και μπορεί να επηρεαστούν από ενδεχόμενη αλλαγή παραμέτρων ελέγχου από το προσωπικό του μηχανοστασίου - είναι πολύ σημαντικό οι συνθήκες λειτουργίας της μηχανής και οι εξελίξεις (συμφώνως του κατασκευαστή) να παρακολουθούνται όσο το δυνατόν πιο προσεκτικά ειδικά από το τεχνικό τμήμα της εκάστοτε ναυτιλιακής εταιρίας το οποίο θα ενημερώνει αντίστοιχα το πλήρωμα του/των μηχανοστασίου του πλοίου (-ων) της και ειδικότερα τον Α' Μηχανικό.

Μέσω της συνεχούς παρακολούθησης είναι συνήθως δυνατό να εντοπιστούν γρήγορα ανωμαλίες, με τις οποίες μπορούν να ληφθούν αντίμετρα σε πρώιμο στάδιο.

Ειδικότερα, συνιστάται να ελέγχετε τακτικά η κατάσταση του κυλίνδρου (χιτωνίου) με την έννοια της επιθεώρησης μέσω των θυρίδων σαρώσεως του χιτωνίου - ειδικά την κατάσταση των ελατηρίων της κεφαλής του εμβόλου (του κάθε κυλίνδρου).[(**HYUNDAI MAN B&W, 12K98ME-C, Operation manual chapter 707, 2012**)]

4.2 Η λειτουργία των ελατηρίων του εμβόλου

Η λειτουργία του ελατηρίου του εμβόλου είναι να παρέχει μια στεγανοποίηση του διακένου μεταξύ του εμβόλου και του χιτωνίου του κυλίνδρου. Αυτή η στεγανοποίηση προκαλείται από την πίεση αερίου πάνω και πίσω από το ελατήριο του εμβόλου, η οποία το

πιέζει προς τα κάτω, στον πυθμένα της αυλάκωσης στην κεφαλή του εμβόλου και προς τα έξω (εκτόνωση) προς το εσωτερικό τοίχωμα του χιτωνίου του κυλίνδρου.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η βέλτιστη στεγανοποίηση, είναι επομένως σημαντικό τα ελατήρια του εμβόλου, οι αυλακώσεις και τα τοιχώματα του κυλίνδρου να έχουν το σωστό σχήμα (καθόλη την διάρκεια της λειτουργίας τους και μέχρι την επιθεώρηση τους όταν δηλαδή γίνει εξάρμωση του εμβόλου σύμφωνα με τις ώρες τις οποίες επισήμως ορίζει ο κατασκευαστής) και ότι τα ελατήρια μπορούν να κινούνται ελεύθερα στις αυλακώσεις (καθώς το έμβολο θα κάνει επίσης μικρές οριζόντιες κινήσεις κατά τη διάρκεια της διαδρομής του). Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ασχέτως της κατάστασης των ελατηρίων, όταν γίνεται εξάρμωση του εμβόλου από τον κύλινδρο για επιθεώρηση, αυτά θα πρέπει να αντικαθίστανται με καινούργια πριν την τοποθέτηση του εμβόλου εντός του κυλίνδρου.

Επιπρόσθετα η λίπανση των ελατηρίων του εμβόλου επηρεάζει τη στεγανοποίηση καθώς και τη φθορά τους. Περισσότερη ή λιγότερη λίπανση μπορεί να προκαλέσει ταχύτερη φθορά του πάχους τους ή ξηρά τριβή μεταξύ αυτών και της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου αντίστοιχα.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι η μη ικανοποιητική λειτουργία του ελατηρίου (-ων) του εμβόλου είναι πιθανώς ένας από τους κύριους αν όχι ο πιο σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στην μετέπειτα κακή κατάσταση του χιτωνίου του κυλίνδρου.

Για αυτόν τον λόγο, όπως θα δούμε παρακάτω, συνιστάται ανεπιφύλακτα η τακτική επιθεώρηση των κυλίνδρων της μηχανής δια μέσο των θυρίδων σαρώσεως των χιτωνίων αλλά και συνολικά του χώρου σαρώσεως (όταν η μηχανή βρίσκεται εκτός λειτουργίας) ως μέσο αξιολόγησης της εξέλιξης της κατάστασης τόσο του χιτωνίου όσο και της κεφαλής του εμβόλου με τα ελατήρια του. [(HYUNDAI MAN B&W,12K98ME-C,Operation manual chapter 707, 2012)]

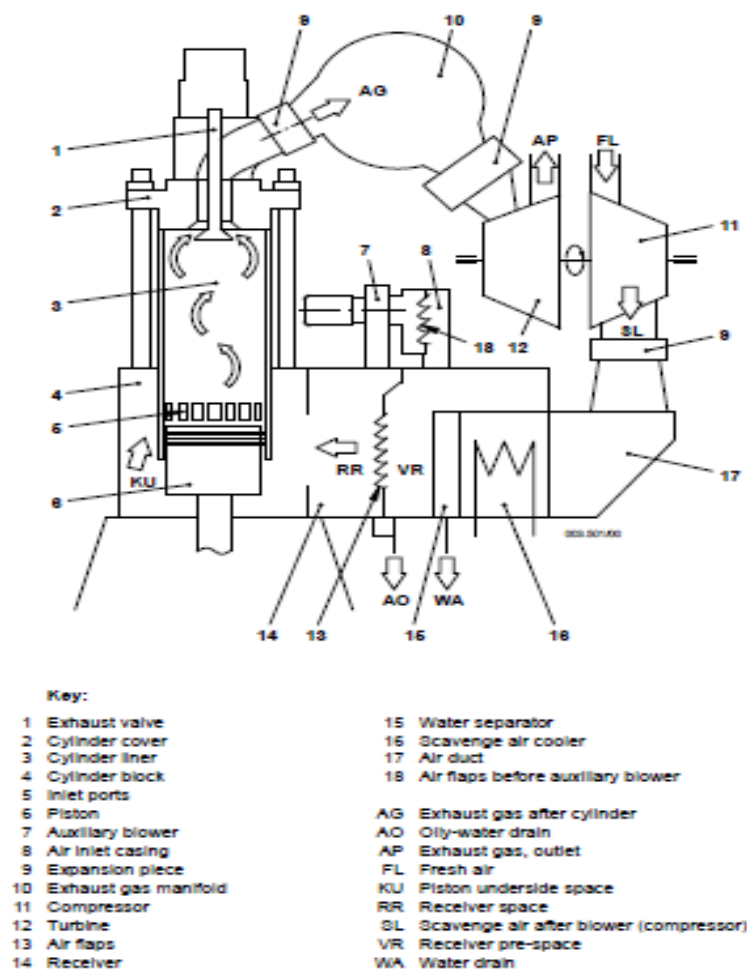
4.3 Επιθεώρηση χώρου σαρώσεως

Ο χώρος (οχετός) σαρώσεως θεωρείτε βάση διεθνών κανονισμών, όπως προαναφέραμε κλειστός χώρος. Μην εισέρχεστε στον οχετό αέρα σαρώσεως εάν ο χώρος δεν έχει αεριστεί επαρκώς και δεν έχει γίνει μέτρηση του ποσοστού του οξυγόνου από ειδική συσκευή μέτρησης οξυγόνου (το οποίο υπάρχει διαθέσιμο σε όλα τα εμπορικά πλοία).

Επιπρόσθετα το κύριο επιστόμιο εισαγωγής αέρα εκκίνησης της μηχανής (main air starting valve) θα πρέπει να είναι κλειστό και ασφαλισμένο. Οι εξαεριστικός κρουρός του κάθε κυλίνδρου (βρίσκεται στο πάμα του κάθε κυλίνδρου) θα πρέπει να είναι ανοικτός. Ο μηχανισμός στρέψης της μηχανής (turning gear device) θα πρέπει να βρίσκετε σε θέση

εμπλοκής με τον σφόνδυλο (flywheel) της μηχανής. Τέλος οι θυρίδες (πόρτες επιθεώρησης) οι οποίες βρίσκονται στην αντίθετη πλευρά από τον οχετό σαρώσεως (camshaft side) θα πρέπει να είναι και αυτές ανοιχτές για καλύτερο αερισμό του χώρου, και καθαρισμό του χώρου κάτω από το έμβολο (underpiston area).

Προκειμένου να κατανοήσουμε πλήρως την διάταξη του χώρου και των προς επιθεώρηση εξαρτημάτων, απεικονίζεται κάτωθι το σχετικό διάγραμμα 1, στο οποίο το νούμερο 14 (Receiver) είναι ο χώρος (οχετός) αέρα σαρώσεως.



Διάγραμμα 1. Διάγραμμα (σκαρίφημα) διάταξης χώρου σαρώσεως

[Πηγή: RT-flex60C_05_WECS 9590_MK_I operation manual]

Για να ελαττώσουμε τον κίνδυνο (πρόκλησης) πυρκαγιάς και ατυχήματος (γλίστρημα) στον χώρο κάτωθι των εμβόλων (underpiston area) αλλά και στον οχετό σαρώσεως (scavenging receiver), θα πρέπει πρωτίστως οι χώροι να καθαριστούν από τα υπολείμματα λάσπης ελαίου και σωματιδίων (άνθρακα) τα οποία προέρχονται από την καύση εντός του

κυλίνδρου. Στην κάτωθι εικόνα 20 απεικονίζεται τόσο ο χώρος (οχετός) σαρώσεως όσο και ο χώρος κάτωθι τον εμβόλων πριν τον καθαρισμό. Αντίστοιχα στην κάτωθι εικόνα 21 απεικονίζεται τόσο ο χώρος (οχετός) σαρώσεως όσο και ο χώρος κάτωθι τον εμβόλων μετά τον καθαρισμό, όπου μπορούμε να εισέλθουμε με ασφάλεια για την επιθεώρηση και να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για την κατάσταση των εξαρτημάτων.



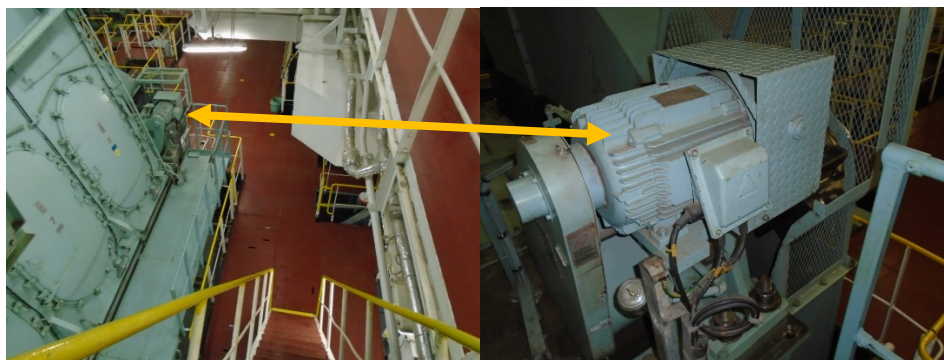
**Εικόνα 20. Χώρος (οχετός) αέρα Σαρώσεως πριν τον καθαρισμό του
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]**





**Εικόνα 21. Χώρος (οχετός) αέρα Σαρώσεως μετά τον καθαρισμό του
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]**

Κατά την διάρκεια της επιθεώρησης θα πρέπει εξίσου τα συστήματα κυκλοφορίας τόσο του νερού ψύξεως όσο και του ελαίου ψύξεως της μηχανής να βρίσκονται σε λειτουργία για να ανιχνευτούν τυχόν ορατές διαρροές. Επίσης συνίσταται η επιθεώρηση (εάν δεν γίνεται από εξειδικευμένο μηχανικό του κατασκευαστή) να γίνεται από δύο μηχανικούς του πληρώματος εκ των οποίων ο ποιο έμπειρος, κατά προτίμηση ο Α' Μηχανικός του πλοίου, θα επιθεωρεί τις επιφάνειες των εξαρτημάτων π.χ. εσωτερική επιφάνεια χιτωνίου, κεφαλή εμβόλου, ελατήρια εμβόλου, και θα μεταφέρει τα αποτελέσματα στον βοηθό του ο οποίος και θα τα καταγράφει σε ειδική φόρμα του κατασκευαστή όπως φαίνεται στο παράρτημα 2 της παρούσας εργασίας. Είναι πολύ σημαντικό ο Α' Μηχανικός να κάνει την εν λόγω επιθεώρηση όποτε αυτό απαιτείται και καθόλη την διάρκεια παραμονής του στο πλοίο διότι θα μπορεί να συγκρίνει τα ευρήματα του σε σχέση με την προηγούμενη επιθεώρηση του, κάτι το οποίο θα οδηγήσει και σε ποιο ασφαλή συμπεράσματα. Επιπρόσθετα, ο βοηθός είναι αυτός ο οποίος θα χειρίζεται κατόπιν υπόδειξης τον μηχανισμό στρέψης της μηχανής (turning gear) σχετική φωτογραφία του οποίου απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 22. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι ο χειρισμός του εξοπλισμού μέσω του (καλωδιωμένου) χειριστηρίου από τον μηχανικό που εκτελεί την επιθεώρηση, άρα η μεταφορά του χειριστηρίου εντός του χώρου σαρώσεως είναι λανθασμένη διότι εγκυμονεί κίνδυνο ατυχήματος. Η επικοινωνία των μελών που εμπλέκονται στην επιθεώρηση πρέπει να είναι άπογη για την αποφυγή ατυχήματος λόγω ασυνεννοησίας στον χειρισμό στρέψης της μηχανής.



Εικόνα 22. Μηχανισμός στρέψεις της μηχανής (turning gear)

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Μια καλή πρακτική είναι η επιθεώρηση να αρχίσει από τον κύλινδρο εκείνο του οποίου το έμβολο θα βρίσκετε στο κάτω νεκρό σημείο (Bottom Dead Center) και όχι να φέρουμε το έμβολο του Νο1 κυλίνδρου (εάν συμπτωματικά δεν είναι αυτός στο κάτω νεκρό σημείο) με σκοπό να μειώσουμε τον χρόνο παραμονής εντός του οχετού σαρώσεως όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 23.



Εικόνα 23. Έμβολο κυλίνδρου στο κάτω νεκρό σημείο

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Εν συνεχεία συνεχίζουμε την επιθεώρηση στον επόμενο κύλινδρο του οποίου το έμβολο θα βρίσκετε κοντά στο κάτω νεκρό σημείο του κυλίνδρου του και συνεπώς με την σειρά καύσης της μηχανής η οποία υπάρχει σε ειδικό ανάγλυφο ταμπελάκι και σε εμφανές σημείο πάνω στο σώμα της μηχανής, στο χώρο δίπλα στον μηχανισμό στρέψεις (turning gear) της μηχανής. Εάν αυτό δεν είναι ορατό (π.χ. λόγω παλαιότητας τα γράμματα δεν είναι ευκρινείς) η σειρά καύσης της μηχανής αναφέρεται στο εγχειρίδιο λειτουργίας του κατασκευαστή της μηχανής το οποίο είναι διαθέσιμο στο πλοίο (operation manual).

- Επιθεώρηση γίνεται στην κεφαλή και στα ελατήρια του εμβόλου και στο εσωτερικό τοίχωμα του χιτωνίου του κυλίνδρου. Η χρήση επαρκούς φωτισμού (με εγκεκριμένου τύπου λαμπτήρα ή φακού) θα βοηθήσει ώστε να εντοπίσουμε τυχόν λεπτομέρειες. Στην σχετική φόρμα με τίτλο “Επιθεώρηση μέσω των θυρίδων σαρώσεως” (Inspection Through Scavenging port) (βλέπε παράρτημα 2) γίνεται καταγραφή των μετρήσεων και μετέπειτα αξιολόγησή τους. Επίσης η χρήση των συμβόλων της φόρμας αυτής μας εξασφαλίζει την εύκολη ερμηνεία των παρατηρήσεων μας. Τέλος μετράμε με όργανο χειρός (feeler gauge) τα διάκενα μεταξύ των ελατηρίων και των αυλακώσεων του εμβόλου.

Ένα εξίσου σημαντικό σημείο είναι η επιθεώρηση των ανεπίστροφων πτερυγίων (non-return flap valves) όπως απεικονίζονται στην κάτωθι εικόνα 24, στο σύστημα βοηθητικού φυσητήρα (auxiliary blower) τόσο για την ευκολία κίνησής τους όσο και για τυχόν βλάβες αυτών π.χ. σπάσιμο. Εάν και οι κατασκευαστές σε βάθος χρόνου έχουν βελτιώσει κατά πολύ τόσο την ποιότητα όσο και τον τρόπο λειτουργίας τους, παρόλα αυτά πρέπει να γίνεται επιθεώρηση τόσο της μεταλλικής τους επιφάνειας όσο και της βάσης στήριξής τους. Τα μεταλλικά αυτά πτερύγια κατά την διάρκεια λειτουργία της μηχανής επιτρέπουν, με το άνοιγμα τους την εισαγωγή του αέρα σαρώσεως στον χώρο σαρώσεως και όχι το αντίστροφο. Στις χαμηλές στροφές λειτουργίας της μηχανής όπου η πίεση λειτουργίας του αέρα σαρώσεως είναι χαμηλή, υπάρχει παράλληλη (ταυτόχρονη) λειτουργία του/των στροβιλουπερπληρωτή (-ων) (Turbocharger) μαζί με τους ηλεκτρικά κινούμενους φυσητήρες αυτών (auxiliary blower). Σε αυτό ακριβώς το σημείο τα πτερύγια λόγω της ασταθούς πίεσεως και μέχρι την κράτηση των φυσητήρων όταν η πίεση εντός του χώρου σαρώσεως αυξηθεί (υψηλότερες στροφές λειτουργίας της μηχανής), ανοιγοκλείνουν με αποτέλεσμα την κόπωση του μεταλλικού ελάσματος τους.

- Εάν αυτή η συνθήκη λειτουργίας της μηχανής γίνεται για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε ενδέχεται βλάβη των πτερυγίων με συνθηθέστερη αυτή της θραύσης τους. Η βλάβη αυτή δεν επιφέρει σημαντικό πρόβλημα στην λειτουργία της μηχανής, παρά μόνο μερική εάν όχι αμελητέα απώλεια πίεσεως του αέρα σαρώσεως.



Εικόνα 24. Ανεπίστροφα πτερύγια (non return flap valves)

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]




- Ο καλός καθαρισμός τόσο του οχετού σαρώσεως όσο και του χώρου κάτω και περιμετρικά της εξωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου (η απομάκρυνση των υπολειμμάτων λάσπης ελαίου και σωματιδίων (άνθρακα) τα οποία προέρχονται από την καύση εντός του κυλίνδρου) και απεικονίζονται στην κάτωθι εικόνα 25 είναι υψίστης σημασίας διότι ενδέχεται τα σωματίδια άνθρακα να προσκολληθούν στην επιφάνεια των ελατηρίων των εμβόλου (κατά την διάρκεια λειτουργίας της μηχανής) και να προκαλέσουν εκδορές τόσο στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου αλλά και φθορά στα ελατήρια. Η διάρκεια του καθαρισμού αυτού είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και κουραστική καθώς απαιτεί λεπτομερή εργασία σε μικρότερο χώρο. Εξίσου όμως χρονοβόρα είναι και η διαδικασία της εξάρμωσης του εμβόλου ή ακόμα περισσότερο η αντικατάσταση του χιτωνίου σε περίπτωση όπου προκληθεί ζημιά λόγω του πλημμελούς καθαρισμού. Ο Β' Μηχανικός του πλοίου σε πρώτο χρόνο και ο Α' Μηχανικός του πλοίου φέρουν την αποκλειστική ευθύνη ώστε με το πέρας της επιθεώρησης ο χώρος να είναι καθαρός σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.



**Εικόνα 25. Αποδεκτή κατάσταση εξωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου εντός του χώρου σαρώσεως πριν την επιθεώρηση
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]**

Ο κάτωθι πίνακας 1 είναι συνοπτικός πίνακας και περιέχει τις βελτιώσεις που προτείνονται στην επιθεώρηση της ενότητας αυτής.

Πίνακας 1. Συνοπτικός πίνακας επιθεώρησης χώρου σαρώσεως

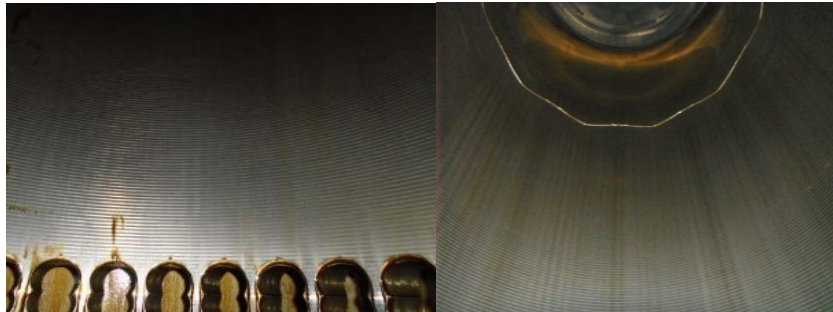
Πρόταση βελτιστοποίησης	Αποτέλεσμα	Εικόνα
Επιθεώρηση μόνο από τον Α΄ Μηχανικό του πλοίου καθόλη την διάρκεια παραμονής του σε αυτό.	Σύγκριση ευρημάτων με την προηγούμενη επιθεώρηση τα οποία οδηγούν σε πιο ασφαλή συμπεράσματα.	
Η επιθεώρηση των κυλίνδρων να αρχίσει από τον κύλινδρο εκείνο του οποίου το έμβολο θα βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο (Bottom Dead Center)	Μείωση του χρόνου παραμονής εντός του οχητού σαρώσεως.	
Καθαρισμός χώρου περιμετρικά της εξωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου.	Απομάκρυνση των εξανθρακωμάτων από την καύση, τα οποία μπορεί να προσκολληθούν στην επιφάνεια των ελατηρίων και να προκαλέσουν εκδορές στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου.	

4.4 Εσωτερική επιθεώρηση χιτωνίου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του

Σχετικά με τα χρονικά διαστήματα στα οποία πρέπει να γίνεται η εν λόγω επιθεώρηση, αυτά δίνονται αντίστοιχα από τον κατασκευαστή της κάθε μηχανής. Αυτό όμως δεν αποτρέπει την επιθεώρηση ή τις επιθεωρήσεις στο μεσοδιάστημα.

Η συγκεκριμένη επιθεώρηση μας παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του κυλίνδρου (χιτωνίου εσωτερικά και της κεφαλής του εμβόλου). Βασική προϋπόθεση για μια ολοκληρωμένη και ακριβής επιθεώρηση είναι η κατανόηση των οδηγιών του κατασκευαστή, σε διαφορετική περίπτωση αυτό μπορεί να οδηγήσει σε τελείως λάθος

συμπεράσματα, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν και σε ζημιά των εν λόγω εξαρτημάτων. Η επιθεώρηση αποτελείται από οπτική εξέταση του εμβόλου (-ων), των ελατηρίων αυτού και του χαμηλότερου σημείου του χιτωνίου, απευθείας από τις θυρίδες εισαγωγής του αέρα σαρώσεως του χιτωνίου κάτωθι εικόνα 26.



Εικόνα 26. Οπτική κατάσταση της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Μία καλή πρακτική είναι η επιθεώρηση να γίνεται αμέσως με την κράτηση της μηχανής μετά από πολυήμερο ταξίδι π.χ. στο αγκυροβόλιο εάν αυτό είναι δυνατό, έτσι ώστε να πετύχουμε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα και την επάρκεια της λίπανσης του κυλίνδρου και του κύκλου καύσης (πλήρης ή ατελής).

Ένα παραπλανητικό αποτέλεσμα μπορεί ενδεχομένως να προκύψει εάν η επιθεώρηση πραγματοποιηθεί μετά την άφιξη του πλοίου στο λιμάνι, καθώς οι ελιγμοί στην αποβάθρα και η λειτουργία χαμηλού φορτίου της μηχανής, π.χ. διέλευση ποταμού ή καναλιού, απαιτεί αυξημένη δόση λαδιού κυλίνδρου (κυλινδρέλαιο), δηλαδή οι κύλινδροι λιπαίνονται υπερβολικά.

Συνεπώς το μόνο που θα μπορούσαμε να επιθεωρήσουμε σε ότι αφορά την λίπανση των κυλίνδρων, είναι να θέσουμε σε λειτουργία τον μηχανισμό ψεκασμού του κυλινδρελαίου σε κάθε κύλινδρο ώστε να δούμε ότι όλες οι ψεκαστήρες (10 στο σύνολο περιμετρικά του χιτωνίου) ψεκάζουν ικανοποιητικά.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια χαμηλού φορτίου, ο κύκλος καύσης μπορεί να μην είναι τόσο αποτελεσματικός και πλήρης όσο αναμενόταν, λόγω των πραγματικών ιδιοτήτων του πετρελαίου και της κατάστασης λειτουργίας του εξοπλισμού έγχυσης καυσίμου. Συνιστάται ιδιαίτερα να ληφθούν υπόψη αυτές οι πληροφορίες. [(**HYUNDAI MAN B&W, 12K98ME-C, operation manual, 2012**)]

4.4.1 Εμφάνιση φαινομένου “Clover leafing”.

Το “Clover-leafing” είναι ένας όρος ο οποίος χρησιμοποιείται για να περιγράψει την διαβρωτική φθορά σε πολλά ξεχωριστά σημεία, περιμετρικά εντός της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 27.

Όσον αφορά την λίπανση (την λιπαντική μεμβράνη) μεταξύ του εσωτερικού τοιχώματος του χιτωνίου και των ελατηρίων των εμβόλων, θα πρέπει να είναι επαρκείς. Στις άκρες (ακμές) των ελατηρίων θα πρέπει να υπάρχει ελάχιστη ποσότητα ελαίου.

Περιοχές (εάν υπάρχουν) οι οποίες εμφανίζουν λευκό ή καφετί χρωματισμό μπορεί να είναι ορατές και ευδιάκριτες. Αυτό δείχνει διαβρωτική φθορά (corrosive wear), η οποία συνήθως προέρχεται από το θειάφι (που περιέχεται στο καύσιμο ως θειικό οξύ), και δεν θα πρέπει να μπερδεύετε με τις γκρίζες-μαύρες περιοχές (εάν υπάρχουν) οι οποίες είναι αποτέλεσμα της διαρροής καυσαερίων. Για την εξάλειψη των προβλημάτων αυτών (εάν και εφόσον παρατηρηθούν σε πρώιμο στάδιο) είναι δυνατή η αποκατάστασή τους με την αύξηση ή μείωση της παροχής του κυλινδρελαίου αντίστοιχα.



Εικόνα 27. Φαινόμενο “Clover-leafing” στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου του κυλίνδρου

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Η παροχή του κυλινδρελαίου μέσω του μηχανισμού λίπανσης του κυλίνδρου είναι δυνατόν να επιθεωρηθεί κατά την διάρκεια της επιθεώρησης μέσω των θυρίδων αέρα σαρώσεως. Μια καλή πρακτική είναι καθώς το έμβολο βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο και έχοντας αποκάλυψη πλήρως τις θυρίδες του χιτωνίου, να γίνετε ενεργοποίηση του συστήματος στον συγκεκριμένο κύλινδρο ώστε να διαπιστώνουμε τον καλό ψεκασμό του ελαίου από τους ψεκαστήρες (quills).

4.4.2 Εμφάνιση φαινομένου “Scuffing”.

Για ένα τριβόμενο ζεύγος, όπως γίνεται μεταξύ των ελατηρίων του εμβόλου με την εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου, η περίπτωση “scuffing” κατηγοριοποιείται ως το πιο καταστροφικό αποτέλεσμα το οποίο οδηγεί εξίσου στην πλήρη καταστροφή τόσο των ελατηρίων όσο και του χιτωνίου όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 28. Αρκεί να σημειωθεί ότι η ωφέλιμη διάρκεια λειτουργίας του κυλίνδρου (εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου) με “scuffing” είναι λιγότερη από 1000 ώρες συνεχόμενης λειτουργίας του, κάτι που πρακτικά σημαίνει ότι η φθορά υπολογίζεται σε 6mm τις πρώτες 500 ώρες από την εμφάνιση του φαινομένου.

Ορίζεται επίσης και ως “ Micro Welding” μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου και των ελατηρίων του εμβόλου, λόγω της θερμότητας που αναπτύσσεται από την μεταλλική επαφή (δεν υπάρχει λιπαντική μεμβράνη).



**Εικόνα 28. Φαινόμενο “Scuffing” στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου του κυλίνδρου
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]**

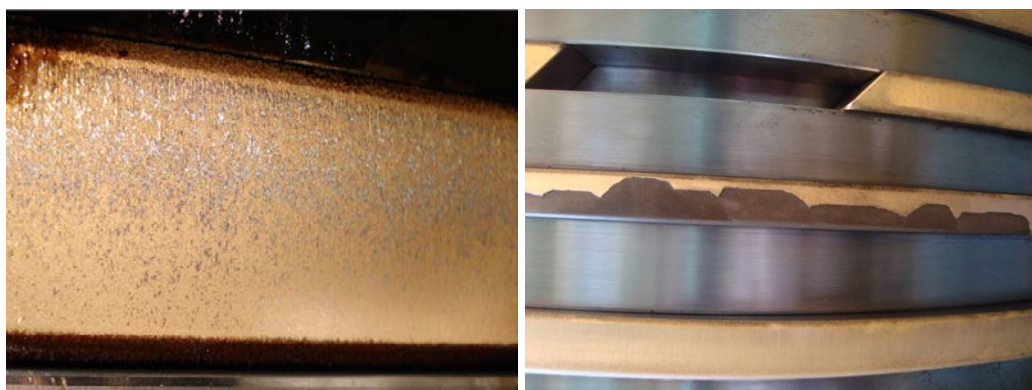
Οι πιο κύριες αιτίες για την πρόκληση του “Scuffing” ορίζονται κατά κοινή παραδοχή των κατασκευαστών δίχρονων αργόστροφων ναυτικών πετρελαιομηχανών οι κάτωθι:

- Υπερβολική παροχή κυλινδρελαίου στον κύλινδρο:
Λόγο του πλεονάσματος των αλκαλικών πρόσθετων τα οποία υπάρχουν στο λάδι, η επιφάνεια του χιτωνίου γίνεται πιο λεία, δεν συγκρατείτε το λάδι και ως εκ τούτου η λιπαντική με μεμβράνη σπάει μεταξύ των τριβόμενων επιφανειών σπάει πιο εύκολα.
- Εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου του κυλίνδρου (εμφάνιση) :
Από κατασκευής του (καινούργιο) εσωτερικά το χιτώνιο έχει περιμετρικά και σε όλο το ύψος του τραχύτητα (honing marks) και αυτό για να συγκρατεί το κυλινδρέλαιο το οποίο εισέρχεται σε αυτό έτσι ώστε να διατηρείται λιπαντική μεμβράνη. Εάν με την πάροδο του χρόνου, λόγω της λειτουργίας μηχανής, η τραχύτητα αυτή δεν είναι πλέον επαρκής αυτό έχει ως αποτέλεσμα η λιπαντική μεμβράνη να μην είναι ικανοποιητική

και ως εκ τούτου φθορά του χιτωνίου σε λιγότερες συνολικά ώρες λειτουργίας από αυτές που ορίζει ο κατασκευαστής.

- Ποιότητα των ελατηρίων του εμβόλου :

Όταν η ποιότητα κατασκευής των ελατηρίων δεν πληροί τις προδιαγραφές των κατασκευαστών της μηχανής τότε ενδέχεται τα ελατήρια να παρουσιάζουν υψηλή τραχύτητα, χαμηλή ένταση και μικρή επίστρωση κεραμικού υλικού (cermet coating). Σε αυτήν την περίπτωση τα ελατήρια δεν θα είναι σε θέση να “διαχειριστούν” τις επιπρόσθετες δυνάμεις όταν η κυματοκοπή τους χάσει την γεωμετρία της που θα πρέπει να έχει σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Εμφανίζετε ξεφλούδισμα (peeling off) στην επίστρωση αλουμινίου τους (alu-coating) όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 29 ή ταχύτερη φθορά και τα ελατήρια με χωρίς καθόλου κεραμική επίστρωση θα λειτουργούν ως λειαντικά σώματα στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου. Η επίστρωση αλουμινίου (alu-coating) είναι στην ουσία μία μίξη χαλκού και αλουμινίου (copper and aluminium) εκ των οποίων το αλουμίνιο είναι αρκετά οξειδωτικό. Η επίστρωση αυτή συνήθως διατηρείτε κατά τις πρώτες 1000~2000 ώρες λειτουργίας μετά την τοποθέτηση του ελατηρίου (καινούργιο). Τέλος έχει σχετικά χαμηλό κόστος και είναι πολύ αποτελεσματικό ώστε να αποφευχθεί το “Scuffing” στο χιτώνιο τις πρώτες ώρες λειτουργίας του ελατηρίου.



Εικόνα 29. Ξεφλούδισμα εξωτερικής επίστρωσης ελατηρίων εμβόλου

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

- Απόδοση των Water Mist Catchers :

Χαμηλή απόδοση των Water Mist Catchers δηλαδή των διαχωριστήρων νερού από τον αέρα σαρώσεως , τα οποία είναι τοποθετημένα μεταξύ των ψυγείων του αέρα σαρώσεως και του οχετού σαρώσεως όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 30,

οδηγεί σε εισαγωγή αέρα με αυξημένο ποσοστό υγρασίας και ως αποτέλεσμα έχει την διακοπή της λιπαντικής μεμβράνης στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου.



Εικόνα 30. Water Mist Catcher
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Άλλες αιτίες οι οποίες ενδέχεται να συμβάλουν (σε μικρότερο βαθμό) στην πρόκληση του “Scuffing” είναι οι κάτωθι :

- Γρήγορες μεταβολές (αυξομείωση) στο φορτίο της μηχανής.
- Catfines δηλαδή συνδυασμός συστατικών αλουμινίου και σιλικόνης τα οποία εμπεριέχονται στο καύσιμο. Εάν το ποσοστό είναι μεγαλύτερο από αυτό που ορίζει ο κατασκευαστής επιδρούν ως λειαντικά σωματίδια τόσο στην επιφάνεια των ελατηρίων όσο και στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου.

Όπως προαναφέραμε η εν λόγω επιθεώρηση θα πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα (ακόμα και από αυτά τα οποία ορίζει ο κατασκευαστής), και είναι ουσιώδης για την ικανοποιητική παρακολούθηση της κατάστασης των εξαρτημάτων της μηχανής.

Γενικά, όλοι οι καθοριστικοί παράγοντες για το αν και πότε πρέπει να γίνει εξάρμωση και επιθεώρηση εμβόλου από τον κύλινδρο της μηχανής μπορούν προηγουμένως να ελεγχθούν με την επιθεώρησή του μέσω των θυρίδων σαρώσεως του χιτωνίου του κυλίνδρου. Συνήθως, το είδος της φθοράς στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου του κυλίνδρου απεικονίζεται στην κατάσταση των ελατηρίων του εμβόλου.

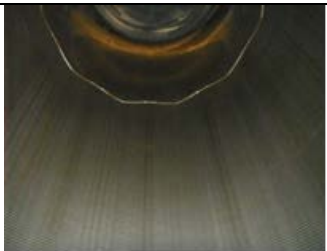


Ενδεικτικά αναφέρουμε κάποιους από αυτούς τους παράγοντες :


- Κατάλληλη λίπανση του κυλίνδρου (σωστή τροφοδοσία και χρήση σωστής ποιότητας λιπαντικού).
- Βέλτιστη θερμοκρασία νερού ψύξης (του χιτωνίου) ώστε να διατηρείται η λιπαντική μεμβράνη στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου.

- Κατάλληλη επεξεργασία του καυσίμου (φυγοκέντριση) για την απομάκρυνση του νερού και των Catfines συστατικών (Αλουμίνιο και σιλικόνη).
- Απουσία γλυκού ή θαλασσινού νερού (υγρασίας) στο χώρο καύσης του χιτωνίου.
- Διατήρηση των προδιαγραφών του κατασκευαστή στην ποιότητα του χιτωνίου και των ελατηρίων του εμβόλου.

Ο κάτωθι πίνακας 2 είναι συνοπτικός πίνακας και περιέχει τις βελτιώσεις που προτείνονται στην επιθεώρηση της ενότητας αυτής.

Πίνακας 2. Συνοπτικός πίνακας της εσωτερικής επιθεώρηση χιτωνίου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του

Πρόταση βελτιστοποίησης	Αποτέλεσμα	Εικόνα
Η επιθεώρηση να γίνεται αμέσως μετά την κράτηση της μηχανής από πολυήμερο ταξίδι π.χ. στο αγκυροβόλιο.	Πιο αξιόπιστα συμπεράσματα για την κατάσταση των εξαρτημάτων.	
Διατήρηση της θερμοκρασίας ψύξεως των χιτωνίων των κυλίνδρων κατά την λειτουργία της μηχανής στα όρια που συστήνει ο κατασκευαστής.	Αποφυγή συγκέντρωσης υγρασίας στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου. Αποφυγή εμφάνισης φαινομένου “Cloverleafing”.	
Δοσολογία ελαίου λιπάνσεως των κυλίνδρων όπως συστήνει ο κατασκευαστής. Όχι αυθαίρετη αυξομείωση.	Διατήρηση της λιπαντικής μεμβράνης. Αποφυγή εμφάνισης φαινομένου “Scuffing”.	

Επιθεώρηση των Water Mist Catchers.	Ικανοποιητική απομάκρυνση υγρασίας από τον αέρα σαρώσεως.	
-------------------------------------	-----------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

4.5 Επιθεώρηση των ελατηρίων εμβόλου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του

Με ένα πανί καθαρίζουμε τις επιφάνειες των ελατηρίων (από τα υπολείμματα ελαίου λιπάνσεως) ώστε να εξασφαλίσουμε ορθή αξιολόγηση της κατάστασης τους, κάτωθι εικόνα 31. Επιπρόσθετα, για πιο αξιόπιστη μέτρηση των διακένων μεταξύ των ελατηρίων και των αυλακώσεων του εμβόλου, θα πρέπει η κεφαλή του εμβόλου, αφού αποκαλύψει τις θυρίδες σαρώσεως, να συνεχίσει την προς τα κάτω κίνηση του και όταν αρχίσει να κινείται εκ νέου προς τα πάνω, να σταματήσει αμέσως όταν τα ελατήρια είναι ορατά από τις θυρίδες. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζουμε ότι το κάθε ελατήριο θα έχει πατήσει πλήρως (περιμετρικά) εντός της αυλακώσεως του εμβόλου, και έτσι η μέτρηση θα γίνει στην μόνο στην επάνω επιφάνεια του ελατηρίου και όχι και στις δύο επιφάνειες (πάνω κάτω) όπως προτείνει ο κατασκευαστής.



Εικόνα 31. Κατάσταση ελατηρίων εμβόλου για επιθεώρηση
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

4.5.1 Καλή κατάσταση των ελατηρίων

Οι επιφάνειες των ελατηρίων (που έρχονται σε επαφή με το εσωτερικό τοίχωμα του χιτωνίου) θα πρέπει να είναι ελαφρός πιο ευδιάκριτες (λόγο της τριβής τους). Επιπρόσθετα, τα ελατήρια θα πρέπει να κινούνται ελεύθερα εντός των αυλακώσεων και έχοντας ικανοποιητική λίπανση, άθικτα και όχι με αδικαιολόγητη φθορά, κάτωθι εικόνα 32.



Εικόνα 32. Καλή κατάσταση ελατηρίων εμβόλου

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

4.5.2 Μικρό-εκδορές (micro-seizure)

Το πρόβλημα εμφανίζεται όταν για κάποιο χρονικό διάστημα έχουμε ολική ή μερική διακοπή της λίπανσης μεταξύ των τριβόμενων επιφανειών (ελατηρίου-χιτωνίου). Συνέπεια αυτού είναι η επιφανειακή σκλήρυνση και η εμφάνιση εκδορών στην επιφάνεια του ελατηρίου. Εάν το πρόβλημα αυτό (η διακοπή της λίπανσης) δεν γίνει άμεσα αντιληπτό, τότε μπορεί να οδηγήσει σε εκτεταμένες εκδορές με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν γρέζια στις άκρες της επιφάνειας του ελατηρίου, βλέπε κάτωθι εικόνα 33, και σε συνδυασμό ότι το ελατήριο περιστρέφεται ελεύθερα εντός της αυλάκωσής του, αυτό θα έχει καταστροφικά αποτελέσματα ακόμα και για την εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου.



Εικόνα 33. Μικρό-εκδορές (micro-seizure) στα ελατήρια εμβόλου

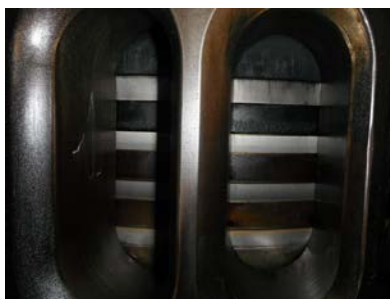
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Στα αρχικά στάδια το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την αύξηση τη παροχής (feed rate) του κυλινδρελαίου (στον κύλινδρο όπου εμφανίζετε το πρόβλημα και όχι σε όλους τους κυλίνδρους) περισσότερο από αυτό που ορίζει ο κατασκευαστής της μηχανής. Επειδή όμως το ποσοστό της αύξησης της παροχής δεν ορίζεται από τον κατασκευαστή, εάν η αύξηση

είναι μεγάλη (λάθος εκτίμηση της οπτικής επιθεώρησης) τότε το κυλινδρέλαιο θα περάσει (ως περίσσεια) πίσω από την επιφάνεια του ελατηρίου (στην εσωτερική επιφάνεια της αυλάκωσης) με αποτέλεσμα να ασκεί πίεση στο ελατήριο προς την επιφάνεια του χιτωνίου και κατά συνέπεια πιο γρήγορα φθορά του ελατηρίου. Μια καλή πρακτική είναι πριν την αύξηση της παροχής, να γίνει επιθεώρηση στον μηχανισμό έγχυσης του κυλινδρελαίου και των ψεκαστών (cylinder lubricator and cylinder liners quills) ώστε να επιβεβαιωθεί σωστή λειτουργία και σωστός ψεκασμός αντίστοιχα. Στην συνέχεια θα αυξήσουμε την παροχή στον κύλινδρο τουλάχιστον 0,50 gr/KWh και με συνεχή επιθεώρηση, να γίνεται αύξηση η μείωση κατά 0,10 gr/KWh ανάλογα με την κατάσταση του ελατηρίου, μέχρι να εκλείψουν οι εκδορές οπότε και θα επαναφέρουμε την παροχή την οποία ορίζει ο κατασκευαστής.

4.5.3 Κάθετες εκδορές (Scratched)

Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται όταν σκληρά λειαντικά σωματίδια τα οποία προέρχονται είτε από την φθορά των ίδιων των ελατηρίων είτε από τα συστατικά του καυσίμου (παρουσία μεγάλης περιεκτικότητας αλουμινίου-σιλικόνης ιδιαίτερα στο βαρύ πετρέλαιο) το οποίο ψεκάζεται στον κύλινδρο για την καύση. Αυτού του είδους οι εκδορές, βλέπε κάτωθι εικόνα 34, δεν είναι πάντοτε σοβαρές (αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο όπως οι μικρό- εκδορές που αναφέραμε άνωθεν, αύξηση παροχής κυλινδρελαίου) αλλά τα σωματίδια ενδεχομένως να έχουν σοβαρές επιπτώσεις οπουδήποτε στο τόσο εντός του χιτωνίου όσο και γενικά σε όλο το σύστημα έγχυσης καυσίμου της μηχανής.



Εικόνα 34. Κάθετες εκδορές (Scratched) στα ελατήρια εμβόλου

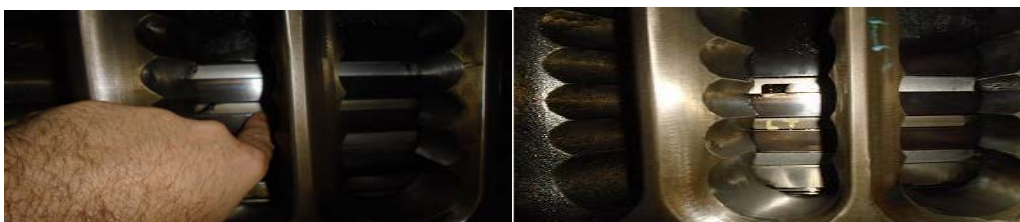
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Για την περίπτωση των σωματιδίων τα οποία προέρχονται από το καύσιμο, θα πρέπει να απομακρύνονται κατά το στάδιο επεξεργασίας του καυσίμου στο πλοίο, πριν την κυκλοφορία του στο δίκτυο πετρελαίου μέσω των διατάξεων της φυγοκέντρησης και του

φιλτραρίσματος. Συνεπώς η κατανόηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του καυσίμου, όπως αυτή αποστέλλεται στο πλοίο από το εργαστήριο ανάλυσης είναι μέγιστης σημασίας.

4.5.4 Κόλλημα (Sticking)

Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται όταν παχιές και σκληρές επικαθήσεις εξανθρακωμάτων (προερχόμενων από την κακή καύση του καυσίμου εντός του κυλίνδρου) έχουν ως αποτέλεσμα τα ελατήρια να παραμένει στάσιμο εντός της αυλάκωσής του (να μην κινείται-περιστρέφεται ελεύθερα εντός αυτής, βλέπε κάτωθι εικόνα 35) καθώς επίσης την εμφάνιση σκούρων περιοχών στο επάνω μέρος της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου (κοντά στο άνω νεκρό σημείο του εμβόλου) και οι οποίες μπορεί να μην είναι ορατές μέσα από τις θυρίδες αέρα σαρώσεως (λόγο της υψομετρικής διαφοράς και της έλλειψης επαρκούς φωτισμού στο επάνω σημείο του χιτωνίου). Η εμφάνιση αυτών των σκούρων περιοχών είναι μια σαφέστατη ένδειξη της έλλειψης στεγανότητας μεταξύ των ελατηρίων του εμβόλου και της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου. Αν και ο κατασκευαστής προτείνει δυο τρόπους για να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν κολλημένα ελατήρια στην πράξη αποδεικνύετε ότι δεν είναι καθόλα αποτελεσματικοί. Ο πρώτος τρόπος είναι μέσω του μηχανισμού στρέψης της μηχανής να ανεβάζουμε και να κατεβάζουμε το έμβολο του κυλίνδρου για να παρατηρήσουμε την κάθετη κίνηση του ελατηρίου εντός της αυλακώσεώς του. Ο δεύτερος είναι με την χρήση μιας ξύλινης ράβδου, να πιέσουμε το ελατήριο εντός της αυλακώσεως του και αυτό εν συνεχεία να επανέλθει. Έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο όπου ένα ελατήριο είναι κολλημένο κατά το ήμισυ του (180°) και σε σημείο όπου δεν είναι ορατό και δεν μπορεί να γίνει χρήση της ξύλινης ράβδου λόγω της έλλειψης χώρου, ενώ το υπόλοιπο φαίνεται φυσιολογικό ακόμα και εάν το πιέσουμε με την ξύλινη ράβδο (αυτό θα επανέλθει). Σε αυτήν την περίπτωση κανένας από τους δύο άνωθεν τρόπους δεν αποδεικνύεται αποτελεσματικός. Προκειμένου να βεβαιωθούμε ότι το ελατήριο δεν είναι κολλημένο (δεν είναι εντός της αυλακώσεώς του), μπορούμε μέσω της αφής (με τα δάκτυλα του χεριού) και περιμετρικά από τις θυρίδες του αέρα σαρώσεως να διαπιστώσουμε ότι υπάρχει επιφάνεια του ελατηρίου (φυσιολογικά) εκτός της αυλακώσεως.



Εικόνα 35. Κόλλημα (Sticking) ελατηρίων εμβόλου

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

4.5.5 Σπάσιμο/Κατάρρευση (Breakage/Collapse)

Η ύπαρξη σπασμένου ελατηρίου μπορεί να διαπιστωθεί όταν :

- ελέγχοντας τον χώρο του κυλίνδρου κάτω από το έμβολο (under piston area) βρούμε σπασμένα κομμάτια ελατηρίου
- ράγισμα στην επιφάνεια του ελατηρίου κατά τον έλεγχο από τις θυρίδες του αέρα σαρώσεως
- σπασμένο ελατήριο το οποίο παραμένει εντός της αυλακώσεώς του κατά τον έλεγχο από τις θυρίδες του αέρα σαρώσεως και
- από την απώλεια της ελαστικότητάς του (όταν το πιέσουμε με την ξύλινη ράβδο όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο).

Το πρόβλημα αυτό προκαλείτε κυρίως από ένα φαινόμενο γνωστό ως "κατάρρευση". Ως βασικό όμως αίτιο για το σπάσιμο είναι η συνεχόμενη επαφή του ελατηρίου (κατά την διάρκεια λειτουργίας της μηχανής) σε εξογκώματα ή ανόμοιες επιφάνειες στο εσωτερικό τοίχωμα του χιτωνίου, και απεικονίζετε στην κάτωθι εικόνα 36.

Το φαινόμενο της κατάρρευσης συμβαίνει όταν η πίεση των αερίων (από την καύση) που πρέπει να ασκείτε στην εσωτερική διάμετρο (μεταξύ αυλακώσεως και ελατηρίου) δημιουργείται πολύ αργά, και ως εκ τούτου το ελατήριο δεν πιέζεται προς το χιτώνιο. Σε αυτήν την περίπτωση, τα αέρια από την καύση διαπερνούν μεταξύ του χιτωνίου και του ελατηρίου, και θα σπρώχνουν το ελατήριο εντός της αυλακώσεως του με αποτέλεσμα το ράγισμα του ελατηρίου και την τελικά το σπάσιμο του.

Αυτή η αργοπορία της δημιουργίας της εσωτερικής πίεσης στο ελατήριο μπορεί να οφείλετε:

- επικαθήσεις εξανθρακωμάτων στην αυλάκωση του ελατηρίου.
- πολύ μικρή κάθετη ελευθερία του ελατηρίου.
- το ελατήριο να είναι κολλημένο σε κάποιο σημείο του (όπως προαναφέραμε στην ενότητα 5.5.4)
- ανεπαρκής στεγανότητα μεταξύ της κάτω επιφάνειας του ελατηρίου με την κάτω επιφάνειας της αυλακώσεώς του.



Εικόνα 36. Σπάσιμο/Κατάρρευση (Breakage/Collapse) ελατηρίων εμβόλου
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

4.5.6 Διαρροή αέρα/καυσαερίων (Blow-by)

Η διαρροή, δηλαδή το πέρασμα είτε των καυσαερίων τα οποία προέρχονται από την καύση είτε του αέρα για την ανάμειξη του με το καύσιμο, στο κάτω μέρος του εμβόλου είναι ένδειξη ότι η στεγανοποίηση των ελατηρίων του εμβόλου είναι ανεπαρκείς και είναι μια φυσική συνέχεια του κολλήματος, της κατάρρευσης ή του σπασίματος τους όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 37.

Ένδειξη της διαρροής, σύμφωνα με τον κατασκευαστή, είναι είτε η εμφάνιση μιας μαύρης στεγνής περιοχής στην επιφάνεια του ελατηρίου είτε με μεγάλες μαύρες ζώνες στο επάνω τμήμα του χιτωνίου. Το πρόβλημα είναι ότι και οι δύο περιπτώσεις είναι ορατές μόνο όταν γίνετε εξάρμωση του εμβόλου από το χιτώνιο του κυλίνδρου και πολύ δύσκολα οπτικά με την επιθεώρηση μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως. Λανθασμένη εκτίμηση της κατάστασης ενδεχομένως να οδηγήσει σε εξάρμωση του εμβόλου για συντήρηση σε μικρότερη χρονική περίοδο από αυτήν που ορίζει ο κατασκευαστής. Μια καλή πρακτική είναι η παρακολούθηση της θερμοκρασίας του χώρου κάτω από το έμβολο (under piston area), μέσω του τοπικού θερμομέτρου. Για τον κάθε κύλινδρο υπάρχει τοπικό θερμομέτρο και μέσω αυτού συγκριτικά με τους υπολοίπους κυλίνδρους, οποιαδήποτε αύξηση της θερμοκρασίας αποτελεί σαφέστατη ένδειξη διαρροής καυσαερίων.




Εικόνα 37. Διαρροή αέρα/καυσαερίων (Blow-by) ελατηρίων εμβόλου
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Ο κάτωθι πίνακας 3 είναι συνοπτικός πίνακας και περιέχει τις βελτιώσεις που προτείνονται στην επιθεώρηση της ενότητας αυτής.

Πίνακας 3. Συνοπτικός πίνακας της επιθεώρησης των ελατηρίων εμβόλου (κύλινδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του

Πρόταση βελτιστοποίησης	Αποτέλεσμα	Εικόνα
<p>Η αποκάλυψη των ελατηρίων στις θυρίδες σαρώσεως να γίνεται με την μετακίνηση του εμβόλου από το Κάτω Νεκρό Σημείο (BDC).</p>	<p>Τα ελατήρια θα κάθονται πλήρως και περιμετρικά εντός της αυλακώσεως της κεφαλής. Μέτρηση μόνο στην επάνω επιφάνεια τους.</p>	
<p>Έλεγχος σωστής λειτουργίας του μηχανισμού έγχυσης και των ψεκαστήρων του κυλινδρελαίου στον κύλινδρο.</p>	<p>Σωστή παροχή κυλινδρελαίου εντός του κυλίνδρου. Αποφυγή εμφάνισης μικρό-εκδορών στην εξωτερική επιφάνεια των ελατηρίων του εμβόλου.</p>	
<p>Σωστή επεξεργασία του καυσίμου πριν την εισαγωγή του στον κύλινδρο με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων του.</p>	<p>Απομάκρυνση των “Catfines”. Αποφυγή εμφάνισης κάθετων εκδορών στην εξωτερική επιφάνεια των ελατηρίων του εμβόλου.</p>	
<p>Έλεγχος της τάσης των ελατηρίων δια της αφής περιμετρικά και όχι με την χρήση ξύλινης ράβδου ή με τον μηχανισμό στρέψης της μηχανής.</p>	<p>Ασφαλέστερα συμπεράσματα ειδικά για τα σημεία στα οποία δεν είναι δυνατή η χρήση της ράβδου περιμετρικά.</p>	

<p>Παρακολούθηση και καταγραφή του θερμομέτρου ένδειξης θερμοκρασίας του χώρου κάτω από το έμβολο ανά κύλινδρο όταν η μηχανή βρίσκεται σε λειτουργία.</p>	<p>Πρόληψη εμφάνισης φαινομένου “Blow-By”.</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

4.6 Επιθεώρηση της κεφαλής του εμβόλου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του

Συνήθως παρατηρείτε συσώρευση καταλοίπων (εξανθρακώματα από την καύση) στην επιφάνεια του εμβόλου τόσο στην επάνω μέρος όσο και περιμετρικά (στην κάθετη πλευρά του) όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 38. Τα κατάλοιπα αυτά, είναι αποτέλεσμα τόσο της κακής καύσης λόγω του κακού ψεκασμού του καυσίμου από ελαττωματικούς εγχυτήρες του κυλίνδρου ή της έλλειψης ικανοποιητικής ποσότητας αέρα σαρώσεως λόγω χαμηλής απόδοσης των στροβιλούπερπληρωτών της μηχανής.

Εάν τα κατάλοιπα αυτά είναι ασυνήθιστα πυκνά, οι επιφάνειά τους θα είναι λεία και λαμπερή λόγω της τριβής τους με το εσωτερικό τοίχωμα του χιτωνίου. Η επαφή αυτή έχει ως αποτέλεσμα την τοπική ή ολική “απομάκρυνση/σκουπίσμα” του κυλινδρελαίου και ως εκ τούτου την εμφάνιση μικρό-εκδορών (micro-seizure) στα ελατήρια και αύξηση της φθοράς στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου.

Ο κατασκευαστής της μηχανής δεν ορίζει ούτε το μέγιστο μέγεθος αλλά ούτε και το μέγιστο πάχος των καταλοίπων αυτών. Μία καλή προσέγγιση είναι η καταγραφή του κάθετου μήκους των καταλοίπων (από την κορυφή της κεφαλής του εμβόλου μέχρι την επάνω επιφάνεια του πρώτου ελατηρίου). Όσο πιο μικρό το μήκος τόσο το καλύτερο, πράγμα που μας δείχνει καλή καύση και καλή πλήρωση με αέρα εντός του κυλίνδρου.




Εικόνα 38. Έλεγχος κεφαλής του εμβόλου του κυλίνδρου.

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Ο κάτωθι πίνακας 4 είναι συνοπτικός πίνακας και περιέχει τις βελτιώσεις που προτείνονται στην επιθεώρηση της ενότητας αυτής.

Πίνακας 4. Συνοπτικός πίνακας της επιθεώρησης της κεφαλής του εμβόλου (κυλίνδρου) μέσω των θυρίδων αέρος σαρώσεως του

Πρόταση βελτιστοποίησης	Αποτέλεσμα	Εικόνα
Μέτρηση και καταγραφή του κάθετου μήκους των εξανθρακωμάτων περιμετρικά της κεφαλής του εμβόλου.	Μικρότερο ύψος σημαίνει καλή καύση και καλή λίπανση εντός του κυλίνδρου. Αποφυγή εκδοράς της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου.	

4.7 Scrape Down Analysis

Προκειμένου να προσδιορίσουμε εάν η ποσότητα του κυλινδρελαίου για την λίπανση των χιτωνίων είναι αντιπροσωπευτική τόσο της ποιότητας του καυσίμου (κυρίως στην περιεκτικότητα του σε θείο Sulphur%) όσο και στο φορτίο (load) λειτουργίας της μηχανής, μας δίνεται η δυνατότητα να συλλέξουμε δείγμα από τον χώρο κάτω του εμβόλου εντός του οχετού σαρώσεως (underpiston area) για τον κάθε κύλινδρο της μηχανής ξεχωριστά, και με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης, βλέπε κάτωθι εικόνα 39, να διαπιστώσουμε τόσο εάν υπάρχει φθορά (wear) όσο και το είδος αυτής π.χ. διαβρωτική (corrosive) ή απόξεσης (abrasive).



Εικόνα 39. Scrape Down Analysis διαδικασία επί του πλοίου

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέα]

Και οι δύο αυτές μορφές φθοράς (εφόσον εμφανιστούν) είναι αποτέλεσμα λανθασμένων χειρισμών (μη συμμόρφωση με τις οδηγίες του κατασκευαστή) ή λάθος συμπερασμάτων από το πλήρωμα του μηχανοστασίου (μετά την επιθεώρηση του χώρου σαρώσεως). Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι σχετικά με την διαβρωτική φθορά αυτή οφείλεται κυρίως στην δημιουργία H_2SO_4 (θειικό οξύ), στην εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου, λόγω σταγονιδίων νερού στον αέρα σαρώσεως ή της χαμηλής θερμοκρασίας νερού κυκλοφορίας για την ψύξη του χιτωνίου τα οποία αναμειγνύονται με το θειάφι το οποίο περιέχεται στο καύσιμο ή ακόμα λόγω διαρροής νερού ψύξης εντός του κυλίνδρου. Επίσης η διαβρωτική φθορά οφείλεται και στο HCL (υδροχλώριο) το οποίο ενδέχεται να περιέχει ο αέρας σαρώσεως, ή από διαρροή του ψυγείου αέρα σαρώσεως (air cooler) εφόσον σε αυτό κυκλοφορεί θαλασσινό νερό.

Σχετικά με την φθορά απόξεσης αυτή κυρίως έχει να κάνει με τις μικρό-εκδορές (micro-seizure) που εμφανίζονται στα ελατήρια του εμβόλου λόγω υψηλής δόσης στην παροχή του κυλινδρελαίου, μηχανική και θερμική καταπόνηση τους. Ακόμα και οι κάθετες εκδορές (vertical scratches) λόγω ακαθαρσιών είτε στο καύσιμο είτε στον αέρα σαρώσεως και σκληρών σωματιδίων από την καύση εντός του κυλίνδρου.

Πρακτικά μια τέτοια ανάλυση επί του πλοίου δεν θα οδηγήσει σε τόσο ακριβή συμπεράσματα όσο αυτής η οποία θα γίνει από αναγνωρισμένο εργαστήριο στην στεριά. Δεν παύει όμως να είναι μια ακόμη μέθοδος παρακολούθησης της κατάστασης της μηχανής. Το πιο σημαντικό (κλειδί) στην όλη διαδικασία είναι η μέθοδος/τρόπος συλλογής των δειγμάτων. Το πλήρωμα θα πρέπει να έχει κατανόηση πλήρως την όλη διαδικασία (το τεχνικό τμήμα της εταιρείας θα πρέπει να έχει φροντίσει για αυτό με επιπρόσθετες και ποιο κατανοητές ενδεχομένως οδηγίες) διαφορετικά τόσο τα δείγματα τα οποία θα αναλυθούν στο πλοίο, όσο και αυτά τα οποία θα σταλούν για ανάλυση θα έχουν ως αποτέλεσμα λάθος αποτελέσματα, και κατά συνέπεια φθορά των εξαρτημάτων της μηχανής π.χ. χιτώνιο, έμβολο κτλ.

Με βάση τα αποτελέσματα της “Scrape Down Analysis” μπορούμε να προβούμε στα κάτωθι συμπεράσματα :

1. Η εμφάνιση (συμπύκνωση) του H_2SO_4 εντός του κυλίνδρου εξαρτάται από
 - Ποσοστό του θείου (S%) το οποίο περιέχεται στο καύσιμο.
 - Υψηλή πίεση συμπίεσης (P_{max}) στο χώρο καύσης. Το σημείο δρόσου του θειικού οξέος μπορεί να είναι έως και $280^{\circ}C$ σε σύγχρονες μηχανές με υψηλή πίεση συμπίεσης (για $S\% > 3,5$).
 - Θερμοκρασία του τοιχώματος του χιτωνίου.

2. Τα κύρια χαρακτηριστικά του λαδιού λίπανσης (κυλινδρέλαιο) του κυλίνδρου είναι:
 - Διατήρηση σωστής λιπαντικής μεμβράνης.
 - Εξουδετέρωση των οξέων.
 - Απορρυπαντικό σκοπό (π.χ. αφαίρεση υπολειμμάτων άνθρακα, τέφρας από ακαθαρσίες καυσίμων και άλατα ασβεστίου). Η απόδοσή του εξαρτάται από τη μάζα λαδιού, την κατανομή λαδιού σε όλη την εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου που πρόκειται να καθαριστεί.
3. Catfines αποτελούνται από οξειδία αλουμινίου και σιλικόνης (πυρίτιο). Ωστόσο, η σιλικόνη είναι επίσης πρόσθετο συστατικό του λαδιού λίπανσης. Επομένως, η σιλικόνη υπάρχει πάντα στο λάδι αποστράγγισης κυλίνδρων, ακόμη κι αν δεν υπάρχουν Catfines στο καύσιμο. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το ISO 8217 (2005) θέτει όριο 80 mg/kg (ppm) σε Alum + Sil.
4. Νερό (παρουσία υγρασίας) μπορεί να εισέλθει στο χώρο καύσης μέσω των θυρίδων σαρώσεως. Το ποσοστό του εξαρτάται από :
 - Το ποσοστό υγρασίας και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
 - Μη ικανοποιητική λειτουργία των Water Mist Catchers.
 - Μη ικανοποιητική αποστράγγιση των αεριοφυλακίων (main air receivers) αέρα που χρησιμοποιείτε για την εκκίνηση της μηχανής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΧΡΟΝΩΝ ΑΡΓΟΣΤΡΟΦΩΝ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ “Slow και Super Slow Steaming”

5.1 Γενικά

Στα εμπορικά πλοία π.χ. φορτηγά, δεξαμενόπλοια κυρίως όμως στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων προκειμένου να επιτευχθεί μείωση τόσο της κατανάλωσης καυσίμου (MT) όσο και των εκπομπών CO₂,NO_x,SO_x (κυρίως του άνθρακα) προς το περιβάλλον, εφαρμόστηκε μια διαδικασία σκόπιμης αλλά και ελεγχόμενης μείωσης της ταχύτητας των πλοίων η οποία καλείται “Slow Steaming”.

Οι ναυτιλιακές εταιρείες οι οποίες βρίσκονται υπό το καθεστώς της πίεσης για μείωση των εκπομπών του άνθρακα από τα πλοία τους, όχι μόνο εφάρμοσαν αυτήν την διαδικασία αλλά με βάση αυτή βελτίωσαν και την αποδοτικότητα των πλοίων τους ακολουθώντας πάντοτε τις σχετικές οδηγίες που τους παρείχαν οι κατασκευαστές των κύριων προωστήριων μηχανών που είναι εγκατεστημένες στα πλοία τους.

Για να καταστεί πιο σαφές, με την διαδικασία του “Slow Steaming” ένα εμπορικό πλοίο το οποίο έχει αρχικά σχεδιαστεί για να ταξιδεύει με ταχύτητα π.χ. 24~29 κόμβους, θα ταξιδεύει με ταχύτητα 8~15 κόμβους. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, έχουμε μείωση της κατανάλωσης του καυσίμου αφού έχουμε μείωση της ισχύος της κύριας προωστήριας μηχανής του πλοίου.

Συνεπώς ή μείωση της ποσότητας καυσίμου που απαιτείται για την κίνηση του πλοίου, έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση των εκπομπών του άνθρακα στο περιβάλλον.

Αξιοσημείωτο επίσης είναι ότι αρκετές ναυτιλιακές εταιρείες κατάφεραν να “επιβιώσουν” σε περιόδους χαμηλών ναύλων και αυξημένης τιμής των καυσίμων παγκοσμίως.

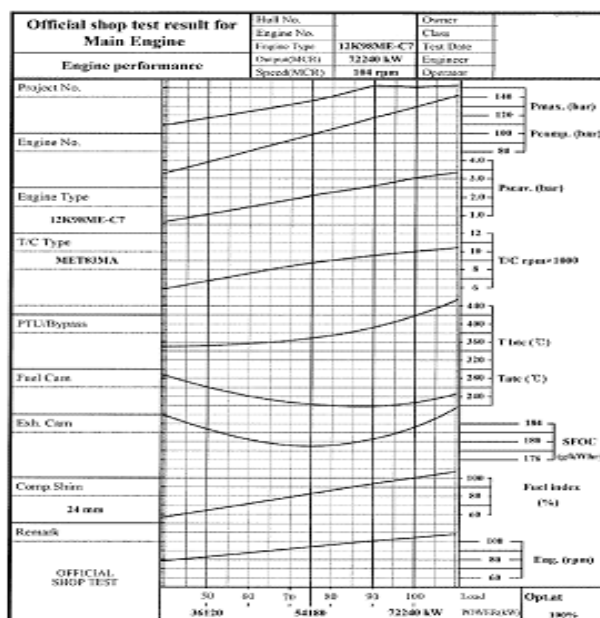
Παρόλο το όφελος της μείωσης των εκπομπών άνθρακα στο περιβάλλον, υπήρξαν αρκετά προβλήματα στην λειτουργία των προωστήριων μηχανών των πλοίων αφού έπρεπε να λειτουργήσουν σε αρκετά χαμηλότερες περιοχές στροφών, κάποια από αυτά αρκετά κοστοβόρα (από θέμα ζημιών/ανταλλακτικών).

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφέρουμε τα πιο σημαντικά εξ' αυτών των προβλημάτων καθώς και τις σχετικές οδηγίες που δόθηκαν από τους κατασκευαστές των μηχανών για την αποφυγή και την αποκατάστασή τους.

5.2 Οδηγίες κατασκευαστών προωστήριων μηχανών εμπορικών πλοίων.

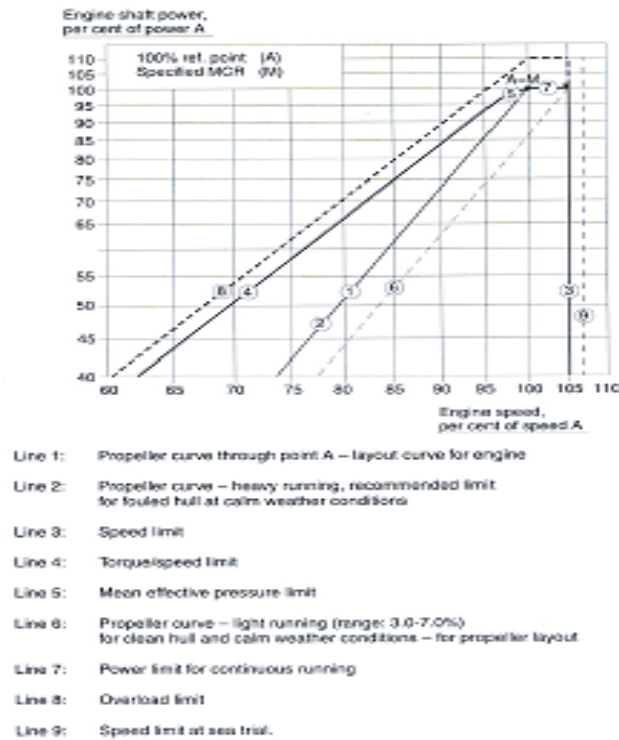
Όπως προαναφέραμε, μολονότι τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της διαδικασίας του “Slow Steaming” στα πλοία είναι σημαντικά, εν τούτης απαιτούνται μια σειρά από ορισμένους παράγοντες όπως τεχνικές απαιτήσεις (ειδικά για το “Super Slow Steaming”), τροποποιήσεις, ενδεχομένως και μετασκευές με ειδικά κίτ (σετ τα οποία περιέχουν εξαρτήματα αναβάθμισης) και τέλος σχετικές οδηγίες από τους κατασκευαστές των προωστήριων μηχανών για την ασφαλή λειτουργία/χειρισμό της εγκαταστημένης στο πλοίο μηχανής.

Ανεξαρτήτως των στροφών λειτουργίας της μηχανής όταν το φορτίο της είναι μεγαλύτερο από 50~55% του MCR (Maximum Continues Rating), η μηχανή μπορεί να λειτουργεί με ασφάλεια. Αντιθέτως σε μικρότερο φορτίο της μηχανής μπορεί μακροπρόθεσμα να προκληθούν βλάβες, εάν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα. Σχεδιαστικά οι περισσότερες ναυτικές μηχανές (όπως φαίνεται στα κάτωθι διαγράμματα 2 και 3) λειτουργούν ικανοποιητικά όταν το φορτίο τους είναι μεταξύ του 80~90% σε συνεχή λειτουργία αυτών.



Διάγραμμα 2. Σχεδιαστικό διάγραμμα λειτουργίας μηχανής
[Πηγή: MAN B&W, 12K98ME-C, Operation manual, 2012]

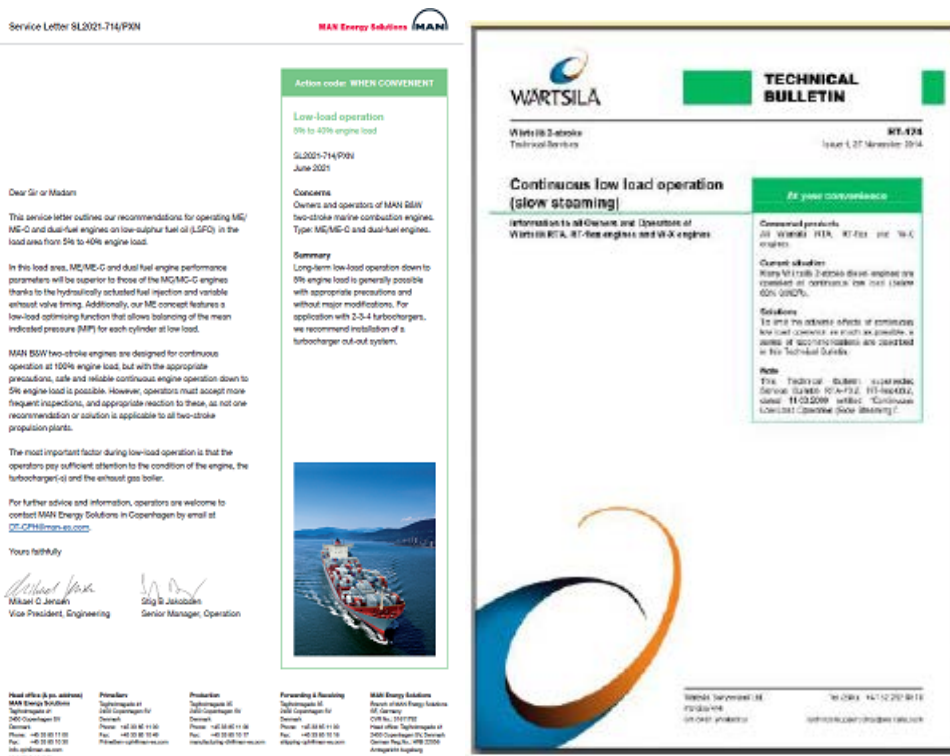
Load Diagram for Propulsion alone



Διάγραμμα 3. Διάγραμμα ισχύος/στροφών μηχανής

[Πηγή: MAN B&W,12K98ME-C, Operation manual,2012]

Επιπρόσθετα, οι ίδιοι οι κατασκευαστές μέσα στα εγχειρίδια λειτουργίας των μηχανών (ως άνωθεν) αναφέρουν ότι η λειτουργία της μηχανής σε χαμηλές στροφές θα πρέπει να αποφεύγεται, διαφορετικά μέσω των Service Letters ή Technical Bulletins των κατασκευαστών ναυτικών πετρελαιομηχανών MAN B&W και Wartsila αντίστοιχα (τα οποία περιέχουν σχετικές οδηγίες για την λειτουργία σε χαμηλές στροφές/φορτίο) όπως απεικονίζονται στην κάτωθι εικόνα 40, συμβουλεύουν πως μπορεί αυτό να επιτευχθεί.



Εικόνα 40. Δείγμα Service Letter και Technical Bulletin

[Πηγή: MAN Diesel Turbo και Wartsila]

Οι σχετικές οδηγίες των κατασκευαστών που αναφέρονται στα Service Letters ή Technical Bulletins στο κομμάτι που αφορά την λειτουργία των μηχανών τους στο “Slow και Super slow steaming” άρχισαν να δίδονται αφού προηγουμένως είχαν ληφθεί και εξεταστεί τα προβλήματα που προέκυψαν και αναφέρθηκαν σε αυτούς στα εν λειτουργία εμπορικά πλοία με δίχρονης αργόστροφες πρωοστήριες ναυτικές πετρελαιομηχανές, μετά την πρώτη φάση της εφαρμογής του. Προσπάθησαν, και σε μεγάλο βαθμό κατάφεραν όχι μόνο να βελτιώσουν τον τρόπο των επιθεωρήσεων, σε κάποιες περιπτώσεις ακόμα και να τον αναθεωρήσουν, την βελτίωση των υλικών των εξαρτημάτων τους π.χ. ελατήρια εμβόλων, αλλά και να περιορίσουν σε σημαντικό βαθμό τις βλάβες σε μελλοντικό επίπεδο. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι Service Letters ή Technical Bulletins αναθεωρήθηκαν (updated) αρκετές φορές μέχρι η κατάσταση να εξομαλυνθεί όσο το δυνατόν προς το καλύτερο αποτέλεσμα.

Πολύ σημαντικό ρόλο, είχε και το τεχνικό τμήμα (technical department) της εκάστοτε ναυτιλιακής εταιρείας, όπου αφενός μεν έστειλε στους κατασκευαστές πολύτιμο υλικό από τις επιθεωρήσεις οι οποίες γίνονταν στα πλοία τους, όσο και την αφομοίωση αλλά και αποστολή των Service Letters ή Technical Bulletins στα πλοία και ειδικότερα στους Α΄ Μηχανικούς.

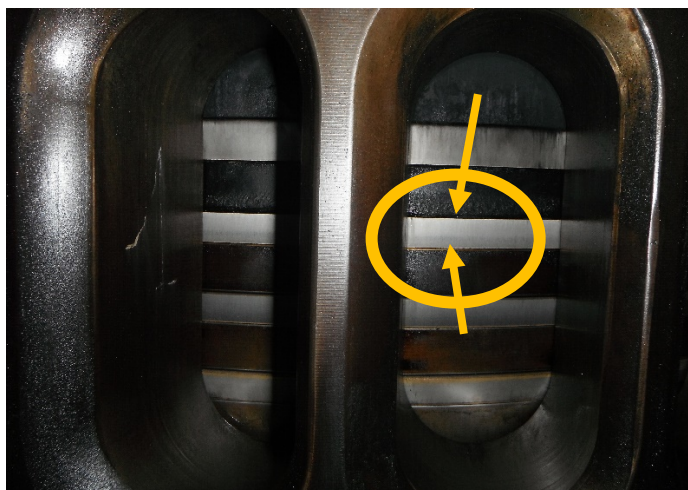
5.3 Προβλήματα που παρατηρήθηκαν στις προωστήριες μηχανές κατά την λειτουργία τους σε συνθήκες “Slow και Super Slow Steaming”.

Τόσο οι ίδιοι οι κατασκευαστές των μηχανών όσο και το πλήρωμα του μηχανοστασίου, δεν ήτανε έτοιμοι να ανταπεξέλθουν στα προβλήματα τα οποία παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής σε συνθήκες “Slow και Super Slow Steaming” ειδικά στην πρώτη φάση της εφαρμογής της. Έτσι παρουσιάστηκαν προβλήματα τόσο στις επιθεωρήσεις αλλά και σε αρκετές περιπτώσεις ήτανε αρκετά κοστοβόρα (ανταλλακτικά, χρόνος επισκευής κτλ.).

Κάτωθι αναφέρουμε μερικά από τα πιο σημαντικά προβλήματα αλλά και τις οδηγίες που δόθηκαν μετέπειτα από τους κατασκευαστές των μηχανών για την εξάλειψή τους. Η ορθή εφαρμογή των οδηγιών των κατασκευαστών και η πιστή τήρηση τους από το πλήρωμα του μηχανοστασίου, έπαιξε όπως αναφέρθηκε καταλυτικό ρόλο στην αποφυγή σημαντικών βλαβών στην κύρια προωστήρια μηχανή του πλοίου.

5.3.1 Σχετικά με το περιστατικό του “Scuffing” και τις αιχμηρές άκρες “Sharp edges” στο δεύτερο ελατήριο των εμβόλων.

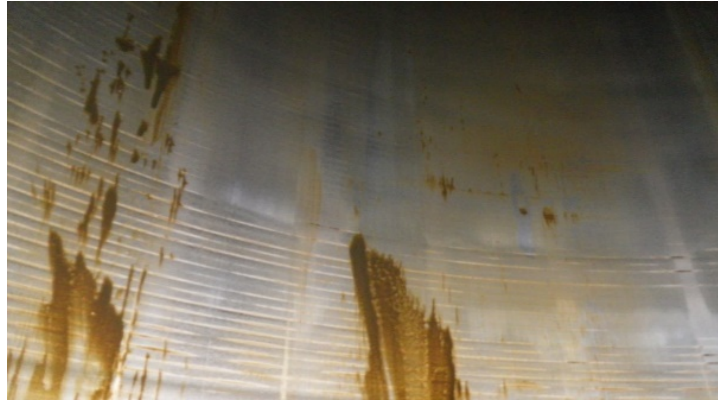
Η πρώτη φορά που παρατηρήθηκαν αιχμηρές άκρες στο δεύτερο ελατήριο των εμβόλων ήταν περισσότερο από 2 χρόνια λειτουργίας της μηχανής σε “Slow Steaming”. Σε αυτά τα ελατήρια δημιουργήθηκε γρέζι τόσο στο πάνω όσο και στο κάτω άκρο αυτών των ελατηρίων (κάτωθι εικόνα 41).



Εικόνα 41. Αιχμηρές άκρες (Sharp edges) στο δεύτερο ελατήριο του εμβόλου

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Ως συνέπεια των αιχμηρών άκρων ήταν η καταστροφή της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου γνωστό και ως “Scuffing” όπως φαίνεται στη κάτωθι εικόνα 42



Εικόνα 42. Βλάβη της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου “Scuffing”

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Ωστόσο υπάρχουν λίγες περιπτώσεις στις οποίες οι αιχμηρές άκρες βελτιώθηκαν από την αύξηση της δόσης (feed rate) του κυλινδρελαίου, παρόλα αυτά η κατάσταση των περισσοτέρων ελατηρίων παρέμεινε σταθερή.

Με την χρήση ειδικού εργαλείου για την μέτρηση της επίστρωσης Cermet στα πρώτο και στο τέταρτο ελατήριο των εμβόλων παρατηρήθηκε ξεκάθαρα ότι στην περίπτωση των αιχμηρών άκρων του δεύτερου ελατηρίου, το κεραμικό υλικό του πρώτου ελατηρίου ήταν περίπου στο μισό σε σχέση με αυτό των υπόλοιπων ελατηρίων του εμβόλου και γενικά υπήρχαν αυξημένα διάκενα στις αυλακώσεις της κεφαλής του εμβόλου για τα ελατήρια αυτών των κυλίνδρων. Επομένως επιβεβαιώθηκε ότι στο έμβολο στο οποίο το δεύτερο ελατήριο έχει αιχμηρές άκρες έχει μεγαλύτερη φθορά σε σχέση με τους υπόλοιπους κυλίνδρους, ωστόσο η φθορά τους είναι ακόμα πολύ χαμηλότερη από τα κριτήρια αντικατάστασης (επιθεώρησης) εμβόλου του κατασκευαστή (π.χ. MAN DIESEL). Συνεπώς σταμάτησε η αντικατάσταση των ελατηρίων στο έμβολο των οποίων έχουμε αιχμηρές άκρες και τέθηκαν σε καθεστώς παρακολούθησης. Αντίστοιχη κατάσταση των χιτωνίων των κυλίνδρων καθώς και τα αποτελέσματα των SDA (Scrape Down Analysis) δεν υποδεικνύουν κανένα πρόβλημα στους κυλίνδρους με αιχμηρά άκρα στο δεύτερο ελατήριο του εμβόλου των.

Ο κατασκευαστής έχει επιβεβαιώσει ότι τα ελατήρια των εμβόλων είναι σχεδιασμένα για να λειτουργούν χωρίς την CERMET επίστρωση (το πάχος της επίστρωσης είναι 0,5mm σε καινούργιο ελατήριο) και τα κριτήρια αντικατάστασης των ελατηρίων των εμβόλων είναι 4,5mm (ακτινική φθορά). Με βάση αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι δεν είναι αναγκαία η

αντικατάσταση των ελατηρίων αφού οι οδηγίες του κατασκευαστή σχετικά με επιθεώρηση των εμβόλων είναι στις 24000 ώρες λειτουργίας. Ακόμα παρατηρήθηκε ότι σύμφωνα με τα κριτήρια φθοράς μπορούμε να φτάσουμε ακόμα και τις 50000 ώρες λειτουργίας για την επιθεώρηση του εμβόλου υπό την προϋπόθεση ότι ο ρυθμός φθοράς δεν αλλάζει όταν το Cermet έχει φύγει τελείως και τόσο οι αυλακώσεις όσο και η επάνω επιφάνεια του εμβόλου είναι σε καλή κατάσταση.

Τέλος σε νεότερες εκδόσεις μηχανών (π.χ. MAN 8G80ME-C9.2 TII) όπου έχουμε κεφαλές εμβόλων με τρία ελατήρια (Gas-tight) παρατηρήθηκε ότι σε συνθήκες λειτουργίας “Slow Steaming” μολονότι κανένα ελατήριο δεν εμφάνιζε αιχμηρές άκρες, το δεύτερο ελατήριο παρέμενε κολλημένο εντός της αυλακώσεώς της κεφαλής (επί της ουσίας έχανε την ελαστικότητα του “tension”) όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 43, παρόλα αυτά η κατάσταση των περισσοτέρων ελατηρίων παρέμεινε ικανοποιητική.



**Εικόνα 43. Κατάσταση δεύτερου ελατηρίου σε νεότερες εκδόσεις μηχανών
(με τρία ελατήρια εμβόλου)**

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

5.3.2 Σχετικά με τη χρόνο επιθεώρησης των κιβωτίων στεγανότητας “Stuffing Box” και την κατανάλωση “System Oil”.

Οι διαρροές λαδιού από τα “Stuffing box” παρακολουθούνται καθημερινά μέσω δεξαμενής συλλογής ελαίου που κατασκευάστηκε για αυτό το λόγο όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 44. Παρατηρήθηκε ότι οι διαρροές είναι απρόβλεπτες όσον αφορά το φορτίο και τις στροφές της μηχανής κατά την διάρκεια της λειτουργίας της και δεν υπάρχει συγκεκριμένο “Stuffing box” το οποίο να έχει περισσότερη ή λιγότερη κατανάλωση από το σύνολο των κυλίνδρων της μηχανής, ωστόσο όλα μαζί στο σύνολό τους έχουν αυξημένη κατανάλωση.



Εικόνα 44. Δεξαμενή συλλογής απωλειών ελαίου συστήματος από τα κιβώτια στεγανότητας (stuffing box)

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Οι κατασκευαστές των μηχανών, δικαιολογούν μια απώλεια ελαίου λιπάνσεως της μηχανής (system oil) της τάξης των 80~120lt/day κατά την λειτουργία της μηχανής σε καθημερινή βάση και σε οποιοδήποτε εύρος στροφών από τα κιβώτια στεγανότητας των κυλίνδρων, λάδι το οποίο δεν μπορεί μετά την συλλογή του απευθείας σε δεξαμενή ακαθάρτων (sludge tank) να επαναχρησιμοποιηθεί στην μηχανή. Συνεπώς η τοποθέτηση της ενδιάμεσης δεξαμενής μας δίνει την δυνατότητα να ελέγχουμε την ημερήσια απώλεια ελαίου συστήματος από τα κιβώτια στεγανότητας και εν συνεχεία το λάδι να διοχετεύεται στην δεξαμενή ακαθάρτων. Στην περίπτωση κατά την οποία παρατηρηθεί αύξηση, θα πρέπει να εντοπιστεί ο κύλινδρος(-οι) του οποίου το κιβώτιο στεγανότητας παρουσιάζει πρόβλημα και να αποκατασταθεί όπως περιγράφετε στην επόμενη παράγραφο.

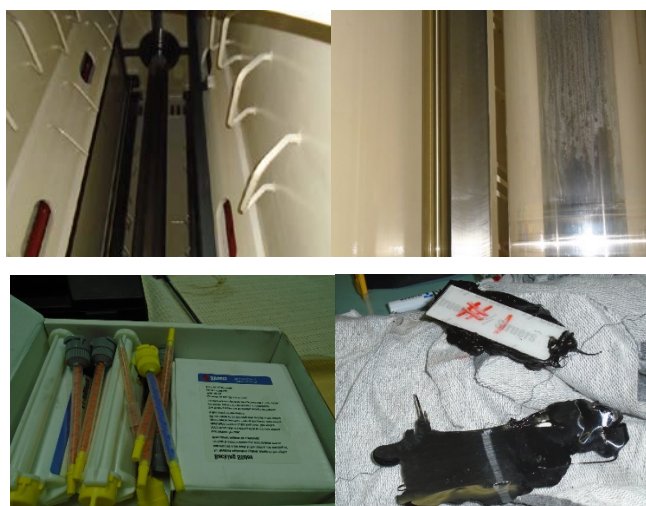
Παρά το γεγονός ότι τα “stuffing box” των κυλίνδρων δεν είχαν συμπληρώσει τις ώρες λειτουργίας που απαιτούνται από τους κατασκευαστές για την επιθεώρησή τους, έγινε επιθεώρηση αυτών και αντικατάσταση ορισμένων εσωτερικών δακτυλίων με νέου τύπου (επικαλυπτόμενοι δακτύλιοι) που δόθηκαν ως μέτρο βελτίωσης από τον κατασκευαστή (κάτωθι εικόνα 45). Όλα βρέθηκαν με οριακή φθορά και επομένως είναι προφανές ότι σε συνθήκες “Slow και Super slow steaming” η διάρκεια για την επιθεώρησή τους είναι περίπου 24000 ώρες λειτουργίας όπως είδη ορίζει ο κατασκευαστής της μηχανής.



Εικόνα 45. Επιθεώρηση Stuffing Box κυλίνδρου

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Τέλος ζητήθηκε από τους κατασκευαστές μηχανών να γίνει μέτρηση της τραχύτητας των βάλκτρων των εμβόλων από εξουσιοδοτημένο μηχανικό τους με την χρήση ειδικού κιτ όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 46. Ο λόγος της επιθεώρησης αυτής ήτανε για να αποσαφηνιστεί εάν το πρόβλημα στα βάλκτρα ήτανε συνέπεια της λειτουργίας της μηχανής σε χαμηλά φορτία ή τα υλικά κατασκευής τόσο των βάλκτρων όσο και των εσωτερικών εξαρτημάτων των κιβωτίων στεγανότητας (stuffing box) δεν πληρούσαν εξαρχής τις προδιαγραφές.



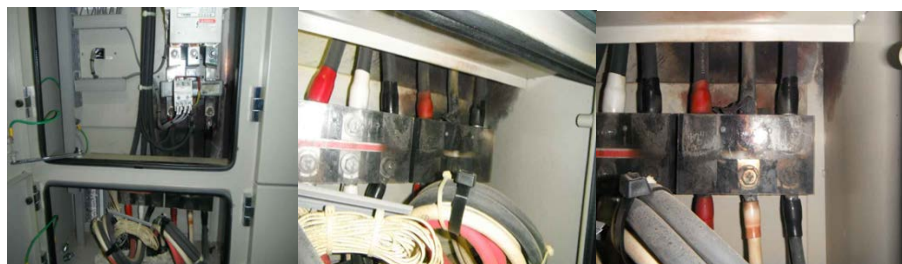
Εικόνα 46. Έλεγχος τραχύτητας βάλκτρου εμβόλου

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

5.3.3 Σχετικά με την λειτουργία των ηλεκτρικών φουσητήρων “Auxiliary Blowers” των στροβιλουπερπληρωτών.

Με την εφαρμογή του “Slow Steaming” παρατηρήθηκε ότι υπήρξε συχνή (αυτόματη) εκκίνηση και τερματισμός λειτουργίας των “Blowers” των στροβιλουπερπληρωτών αέρος των μηχανών (εκκίνηση 0.55bar – τερματισμός 0.75bar) με αποτέλεσμα αφενός μεν την

καταστροφή του ηλεκτρικού κινητήρα τους αφετέρου την βλάβη των καλωδίων στις συνδέσεις εντός του πίνακα παροχής ηλεκτρικής ισχύος όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 47.



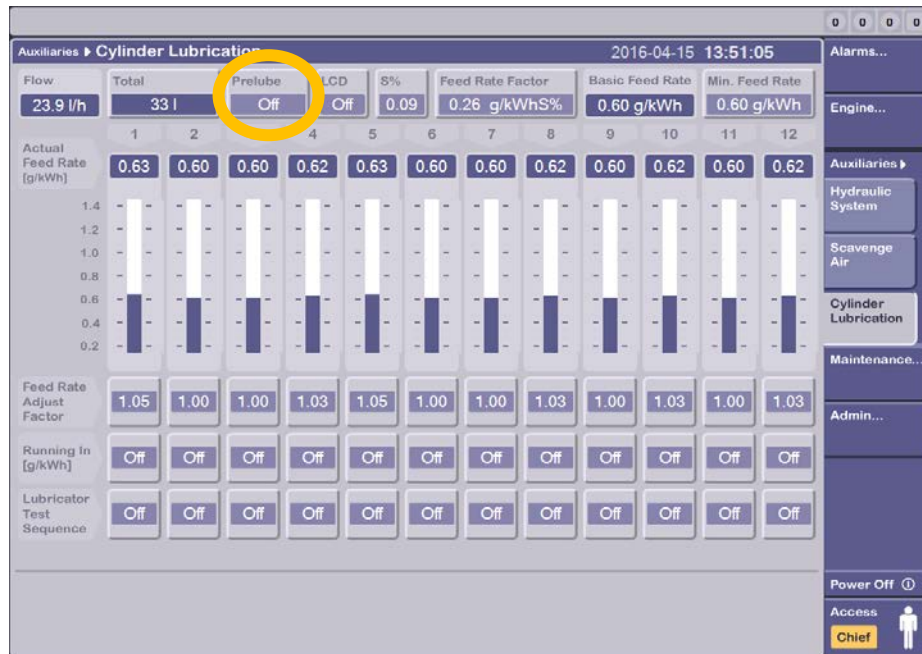
Εικόνα 47. Βλάβη καλωδίων στις συνδέσεις εντός του ηλεκτρικού πίνακα

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Με βάση τα ανωτέρω ζητήθηκε από τους πλοιάρχους να ρυθμίζουν την ταχύτητα του πλοίου σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ναυλωτών σε εύλογα χρονικά διαστήματα (π.χ. κάθε 4 ώρες) με σκοπό τόσο την προστασία της κύριας μηχανής από ζημιές και ταυτόχρονα να έχουν τους ναυλωτές ικανοποιημένους.

5.3.4 Σχετικά με την αυξημένη κατανάλωση κυλινδρελαίου “Cylinder Oil”

Με την εφαρμογή του “Slow Steaming” παρατηρήθηκε συχνή αυξομείωση των στροφών της μηχανής, κατά την διάρκεια του ταξιδιού, από τους πλοιάρχους των πλοίων με σκοπό να επιτύχουν την απαιτούμενη ταχύτητα σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ναυλωτών. Κάθε αύξηση ή μείωση αντίστοιχα των στροφών της μηχανής από το χειριστήριο του πλοίου έχει ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση ενός συστήματος της μηχανής το οποίο καλείτε “LCD” (Load Change Dependent) κάτωθι εικόνα 48 και παρέχει ταυτόχρονα και για ορισμένο χρονικό διάστημα (περίπου 10λεπτών ανάλογα με τις ρυθμίσεις της μηχανής) περισσότερη ποσότητα κυλινδρελαίου σε όλους ανεξαρτήτως τους κυλίνδρους της μηχανής. Αυτό σημαίνει ότι εάν κατά την διάρκεια της ημέρας γίνεται συνεχής ρύθμιση των στροφών της μηχανής τότε θα έχουμε περισσότερη κατανάλωση κυλινδρελαίου κάτι το οποίο δεν είναι επιθυμητό τόσο από πλευράς κόστους (του κυλινδρελαίου) όσο και των προβλημάτων στους κυλίνδρους.



Εικόνα 48. Load Change Dependent function

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Η εφαρμογή του “κλειδώματος” των στροφών της μηχανής μέσω του χειριστηρίου σε συγκεκριμένο αριθμό λειτουργίας από τον Α’ μηχανικό θα μπορούσε μεν να είναι ένα μέτρο για την αποφυγή της αυξομείωσης, όμως έρχεται ενάντια στους διεθνείς κανονισμούς για την ασφαλή ναυσιπλοΐα π.χ. αποφυγή σύγκρουσης.

Με βάση τα ανωτέρω ζητήθηκε από τους πλοiάρχους να ρυθμίζουν την ταχύτητα του πλοiού σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ναυλωτών σε εύλογα χρονικά διαστήματα (π.χ. κάθε 4 ώρες) με σκοπό τόσο την προστασία της κύριας μηχανής από ζημιές και ταυτόχρονα να έχουν τους ναυλωτές ικανοποιημένους.

5.3.5 Σχετικά με την φθορά των εδράνων (κουζινέτα) του ζυγώματος “Crosshead Bearings”

Στην κάτωθι εικόνα 49 απεικονίζεται το ζύγωμα (crosshead) μιας δίχρονης αργόστροφης ναυτικής πετρελαιομηχανής εντός του οποίου βρίσκονται τα δύο ήμισυ τεμάχια (άνω και κάτω) τα οποία αποτελούν το έδρανο (bearing) στο οποίο ολισθαίνει ο πείρος του ζυγώματος. Μέσο του ζυγώματος συνδέεται το βάκτρο του εμβόλου με τον διωστήρα (crankpin) του κυλίνδρου.



Εικόνα 49. Ζυγώμα δίχρονης αργόστροφης ναυτικής πετρελαιομηχανής
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Παρατηρήθηκε ότι λόγω των χαμηλών στροφών λειτουργίας της μηχανής υπήρξε φθορά στα έδρανα (ειδικά στο κάτω ήμισυ) του ζυγώματος όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 50.



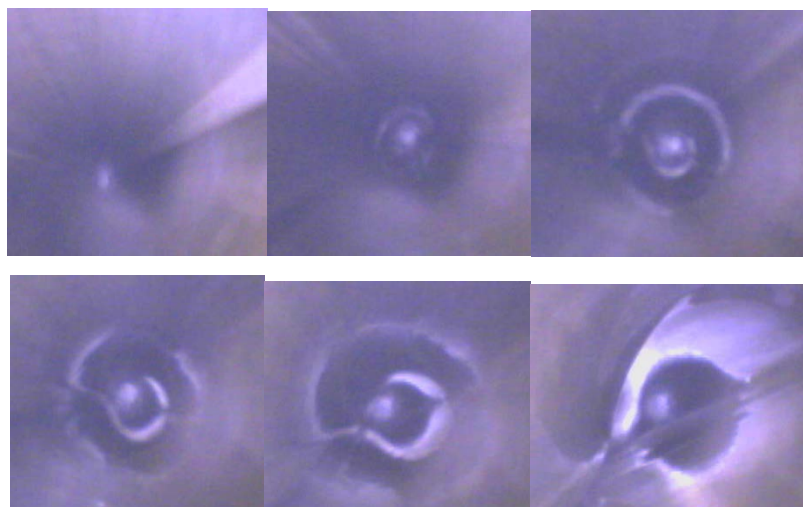
Εικόνα 50. Κομμάτια επίστρωσης λευκού μετάλλου από φθορά εδράνου ζυγώματος
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Το φαινόμενο αυτό ήταν πιο έντονο στις μηχανές της εταιρείας “MAN B&W” διότι η πίεση λαδιού στο κουζινέτο αυτό δεν ήταν ικανή να απορροφήσει την ώση που δεχότανε κατά την διάρκεια της φάσης της εκτόνωσης του εμβόλου μετά την καύση με αποτέλεσμα το φαινόμενο της κρουστικής λειτουργίας να είναι έντονο. Αν και κατά τον αρχικό σχεδιασμό της μηχανής το φαινόμενο αυτό ήταν ελέγξιμο διότι η μηχανή του πλοίου δεν ήταν σχεδιασμένη, πάρα μόνο για λίγο χρονικό διάστημα π.χ. κατά την διάρκεια άφιξης ή αναχώρησης του πλοίου από λιμένα, για την λειτουργίας της σε χαμηλό εύρος στροφών. Έτσι με την εφαρμογή του “slow steaming” το μεγάλο χρονικό διάστημα λειτουργίας της μηχανής σε χαμηλές στροφές είχε ως αναπόφευκτο αποτέλεσμα την βλάβη του εδράνου(-ων) όπως αναφέρθηκε άνωθεν.

Από την άλλη δεν παρατηρήθηκε αυτό το πρόβλημα στις μηχανές της εταιρίας Sulzer (Wartsila) διότι για την λίπανση του συγκεκριμένου σημείου οι κατασκευαστές είχαν εξαρχής

εγκαταστημένη ξεχωριστή αντλία λιπάνσεως για την παροχή ελαίου με πίεση κατάθλιψης ελαφρός μεγαλύτερη από την κύρια αντλία λιπάνσεως της μηχανής.

Ως μέτρο για την πρόληψη αυτής της βλάβης οι κατασκευαστές των μηχανών MAN B&W ζήτησαν από τις πλοιοκτήτριες εταιρείες να γίνεται τακτικός έλεγχος των εδράνων αυτών με ενδοσκοπική κάμερα (κάτωθι εικόνα 51) ώστε να προλαμβάνεται περαιτέρω βλάβη στον πείρο του ζυγώματος. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι στα πλοία υπάρχει διαθέσιμο ως αμοιβό (spare) παντοτε ένα σετ εδράνων ζυγώματος (crosshead bearings). Εκείνο το οποίο δεν υπάρχει ως αμοιβό τεμάχιο στο πλοίο είναι ο πείρος του ζυγώματος οπότε σε ενδεχόμενη βλάβη αυτού ή οποία θα προέρχεται κατόπιν βλάβης του εδράνου, θα πρέπει ο εκάστοτε κύλινδρος να απομονώνεται (να διακοπή η παροχή του καυσίμου σε αυτόν). Αυτό πρακτικά σημαίνει μικρότερη παραγόμενη ιπποδύναμη της μηχανής και μεγάλο χρονικό διάστημα παραλαβής και διάθεσης στο πλοίο εάν υπάρχει άμεσα διαθέσιμο στην ευρύτερη αγορά.



Εικόνα 51. Έλεγχος εδράνου ζυγώματος με ενδοσκοπική κάμερα

[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]

Επιπρόσθετα μέσω σχετικών οδηγιών ζητήθηκε να γίνει τροποποίηση με ειδικό εργαλείο στις άκρες των εδράνων τα οποία υπάρχουν ως αμοιβά στο πλοίο όπως απεικονίζεται στην κάτωθι εικόνα 52. Και αυτό όμως απαιτούσε τόσο την διαθεσιμότητα των ειδικών εργαλείων (τα οποία δεν υπήρχαν στο πλοίο) καθώς επίσης και την πλήρη αφομοίωση της τεχνικής από το πλήρωμα του μηχανοστασίου, διαφορετικά ο εγκυμονούσε ο κίνδυνος της καταστροφής των αμοιβών εδράνων.



Εικόνα 52. Τροποποίηση άκρων εδράνων ζυγώματος


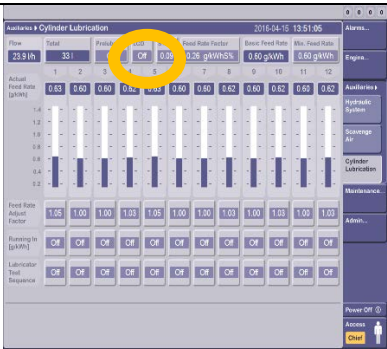
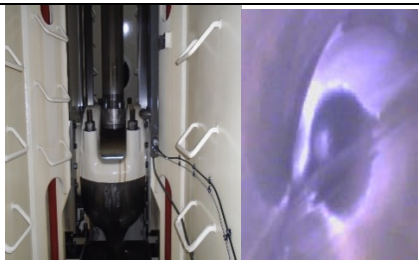
[Πηγή: Προσωπικό αρχείο συγγραφέως]


Ο κάτωθι πίνακας 5 είναι συνοπτικός πίνακας και περιέχει τις βελτιώσεις που προτείνονται στο κεφάλαιο αυτό.

Πίνακας 5. Συνοπτικός πίνακας επιπρόσθετων οδηγιών των κατασκευαστών για την επιθεώρησή των δίχρονων αργόστροφων ναυτικών πετρελαιομηχανών σε συνθήκες λειτουργίας “Slow και Super Slow Steaming”

Πρόταση βελτιστοποίησης	Αποτέλεσμα	Εικόνα
<p>Συλλογή και αποστολή των Service Letters ή Technical Bulletins των κατασκευαστών από το τεχνικό τμήμα της ναυτιλιακής εταιρείας και αποστολή τους στα πλοία του στόλου.</p>	<p>Άμεση ενημέρωση του πληρώματος του μηχανοστασίου, πρόληψη ενδεχόμενων βλαβών.</p>	
<p>Έλεγχος των ελατηρίων του εμβόλου για αιχμηρές άκρες “Sharp Edges” με την χρήση μυτερού αντικειμένου.</p>	<p>Με την χρήση μυτερού αντικειμένου το οποίο θα κολλάει (σκαλώνει) σε αντίθετη περίπτωση με αυτή της αφής όπου μπορεί να οδηγήσει σε λάθος εκτίμηση.</p>	

<p>Συχνή επιθεώρηση της κατάστασης των ελατηρίων του εμβόλου μέσω των θυρίδων του χιτωνίου.</p>	<p>Αποφυγή βλάβης της εσωτερικής επιφάνειας του χιτωνίου του κυλίνδρου.</p>	
<p>Έλεγχος των ελατηρίων του εμβόλου περιμετρικά για κόλλημα με αφή και όχι πίεση τους με την χρήση ξύλινου αντικειμένου.</p>	<p>Το σημείο του ελατηρίου το οποίο είναι κολλημένο θα βρίσκεται εντός της εσοχής της κεφαλής του εμβόλου, ενώ το υπόλοιπο όχι.</p>	
<p>Κατασκευή και τοποθέτηση δεξαμενής συλλογής ελαίου από τους δακτυλίους στεγανότητας “Stuffing Boxes”.</p>	<p>Παρακολούθηση σε καθημερινή βάση των διαρροών, ώστε να μην υπερβαίνουν τα αποδεκτά όρια (ltrs/day) του κατασκευαστή.</p>	
<p>Έλεγχος των αμοιβών (spares) εξαρτημάτων των δακτυλίων στεγανότητας, ότι είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.</p>	<p>Αποφυγή βλάβης στην επιφάνεια του βάκτρου του εμβόλου. Μείωση του χρόνου επιθεώρησης τους.</p>	

<p>Έλεγχος της επιφάνειας του βάκτρου του εμβόλου με την χρήση ειδικών κιτ, από εξουσιοδοτημένο μηχανικό του κατασκευαστή (service engineer).</p>	<p>Πρόληψη διαρροών ελαίου από τους δακτυλίους στεγανότητας.</p>																																																																		
<p>Συχνός έλεγχος των συνδέσεων και της κατάστασης των καλωδίων εντός του ηλεκτρικού πίνακα παροχής ρεύματος των ηλεκτρικών (βοηθητικών) φυσητήρων των στροβιλουπερπληρωτών</p>	<p>Αποφυγή βλάβης των καλωδίων εντός του πίνακα στα σημεία σύνδεσης λόγω της συχνής αυτόματης εκκίνησης και κράτησης του ηλεκτρικού κινητήρα τους.</p>																																																																		
<p>Μείωση των περιόδων μεταβολής των στροφών της μηχανής (αύξηση ή ελάττωση) από τους Πλοιάρχους των πλοίων.</p>	<p>Μείωση της κατανάλωσης του κυλινδρελαίου που παρέχεται στο σύνολο το κυλίνδρων.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Row</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Actual Fuel Rate (g/kWh)</td> <td>0.63</td> <td>0.60</td> <td>0.60</td> <td>0.62</td> <td>0.62</td> <td>0.60</td> <td>0.60</td> <td>0.62</td> <td>0.62</td> <td>0.60</td> <td>0.62</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>Fuel Rate Adjust Factor</td> <td>1.05</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.03</td> <td>1.05</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.03</td> <td>1.03</td> <td>1.00</td> <td>1.03</td> <td>1.03</td> </tr> <tr> <td>Baseline (g/kWh)</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> </tr> <tr> <td>Lubricator Temp. Excess</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> <td>Off</td> </tr> </tbody> </table>	Row	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Actual Fuel Rate (g/kWh)	0.63	0.60	0.60	0.62	0.62	0.60	0.60	0.62	0.62	0.60	0.62	0.62	Fuel Rate Adjust Factor	1.05	1.00	1.00	1.03	1.05	1.00	1.00	1.03	1.03	1.00	1.03	1.03	Baseline (g/kWh)	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Lubricator Temp. Excess	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Row	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																							
Actual Fuel Rate (g/kWh)	0.63	0.60	0.60	0.62	0.62	0.60	0.60	0.62	0.62	0.60	0.62	0.62																																																							
Fuel Rate Adjust Factor	1.05	1.00	1.00	1.03	1.05	1.00	1.00	1.03	1.03	1.00	1.03	1.03																																																							
Baseline (g/kWh)	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off																																																							
Lubricator Temp. Excess	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off																																																							
<p>Συχνός έλεγχος των εδράνων του ζυγώματος του κυλίνδρου με την χρήση ενδοσκοπικής κάμερας.</p>	<p>Πρόληψη ολικής βλάβης του εδράνου και κατά συνέπεια του πείρου ζυγώματος.</p>																																																																		

<p>Τροποποίηση των αμοιβών (spare) εδράνων του ζυγώματος με την χρήση ειδικού εργαλείου, μόνο από εξουσιοδοτημένο μηχανικό του κατασκευαστή (service engineer).</p>	<p>Αποφυγή καταστροφής των εδράνων εάν η προτεινόμενη τροποποίηση γίνει από το πλήρωμα του μηχανοστασίου.</p>	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η λειτουργία, η συντήρηση και η απόδοση του πλοίου εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την εμπειρία, τις παρατηρήσεις και τη σωστή παρακολούθηση από το πλήρωμα του μηχανοστασίου.

Το γεγονός ότι οι βλάβες της/των μηχανής(-ων) του πλοίου οφείλονται σε μεγάλο ποσοστό είτε από αμέλεια συντήρησης είτε από λάθος εκτιμήσεις-συμπεράσματα μετά από επιθεωρήσεις, είναι μια ένδειξη στο πόσο η εμπειρία και η σωστή παρακολούθηση παίζει καθοριστικό ρόλο.

Τόσο οι σχετικές οδηγίες από τους κατασκευαστές των προωστήριων μηχανών (πλοίων), όσο και οι όποιες οδηγίες από το τεχνικό τμήμα της ναυτιλιακής εταιρείας, αποτελούν σημείο αναφοράς. Ωστόσο κάθε πλοίο είναι διαφορετικό (ακόμα και αν πρόκειται για ίδια πλοία), οπότε τα όποια σχόλια και παρατηρήσεις από το πλήρωμα είναι πολύτιμα ώστε το τεχνικό τμήμα να προσαρμοστεί ανάλογα και να υιοθετήσει τις συγκεκριμένες ανάγκες του εκάστοτε πλοίου.

Τέλος οι πίνακες της παρούσας εργασίας αποτελούν το υλικό για δημιουργία μιας βάσης δεδομένων (database) συναρτήσει των οποίων τα ευρήματα ή οι όποιες τυχόν αμφιβολίες κατά την διάρκεια αλλά και μετά το πέρας της επιθεώρησης, δεν αφήνουν περιθώρια για λάθος συμπεράσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση

Λαζάρου Χ. Κλιάνη, Ιωάννη Κ. Νικολού, Ιωάννη Α. Σιδέρη (2017). *Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως*, Πρώτος τόμος, Β' Έκδοση, Ίδρυμα Ευγενίδου.

Ξενόγλωσση

Doug Woodyard (2003). *Pounder's Marine Diesel Engine and Gas Turbines*, 8th Edition, Elsevier.

Nicholas C. Baines (2005). *Fundamentals of Turbocharging*, Concepts NREC.

Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoke (2010). *Handbook of Diesel Engines*, Springer.

Hyundai MAN B&W 12K98ME-C (2012). *Operation Manual Chapter 707*, Engine & Machinery Division.

MAN Prime Service (2012). Slow Steaming Report, *Slow Steaming Practices in the Global Shipping Industry*.

International Maritime Organization (2018). *Marine engine regulations-emission standards*.

David A. Wood, Mohammed Al-Shargabi, Shadfar Davoodi, Valeriy S. Rukavishnikov, Konstantin M. Minaev (2022). *Carbon Dioxide Applications for Enhanced Oil Recovery Assisted by Nanoparticles: Recent Developments*, Mini-Review, ACS Publications.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1

Resolution A.1050(27) Adopted on 30 November 2011
(Agenda item 9)
REVISED RECOMMENDATIONS FOR ENTERING ENCLOSED
SPACES ABOARD SHIPS



E

ASSEMBLY
27th session
Agenda item 9

A 27/Res.1050
20 December 2011
Original: ENGLISH

Resolution A.1050(27)

Adopted on 30 November 2011
(Agenda item 9)

REVISED RECOMMENDATIONS FOR ENTERING ENCLOSED SPACES ABOARD SHIPS

THE ASSEMBLY,

RECALLING Article 15(j) of the Convention on the International Maritime Organization regarding the functions of the Assembly in relation to regulations and guidelines concerning maritime safety,

RECALLING ALSO its adoption, by resolution A.864(20), of the *Recommendations for entering enclosed spaces aboard ships*, incorporating therein recommendations for entering cargo spaces, tanks, pump-rooms, fuel tanks, cofferdams, duct keels, ballast tanks and similar enclosed spaces,

BEING CONCERNED about the continued loss of life resulting from personnel entering shipboard spaces in which the atmosphere is oxygen-depleted, oxygen-enriched, toxic or flammable,

BEING AWARE of the work undertaken in this regard by the International Labour Organization, Governments and segments of the private sector,

HAVING CONSIDERED the recommendation made by the Maritime Safety Committee at its eighty-ninth session,

1. ADOPTS the *Revised Recommendations for entering enclosed spaces aboard ships*, as set out in the Annex to the present resolution;
2. INVITES Governments to bring the annexed revised recommendations to the attention of shipowners, ship operators and seafarers, urging them to apply them, as appropriate, to all ships;
3. REQUESTS the Maritime Safety Committee to keep the revised recommendations under review and amend them as necessary;
4. REVOKES resolution A.864(20).

I:\ASSEMBLY\27\RES\1050.doc



[Πηγή: IMO]

Παράρτημα 2

Plate 70702

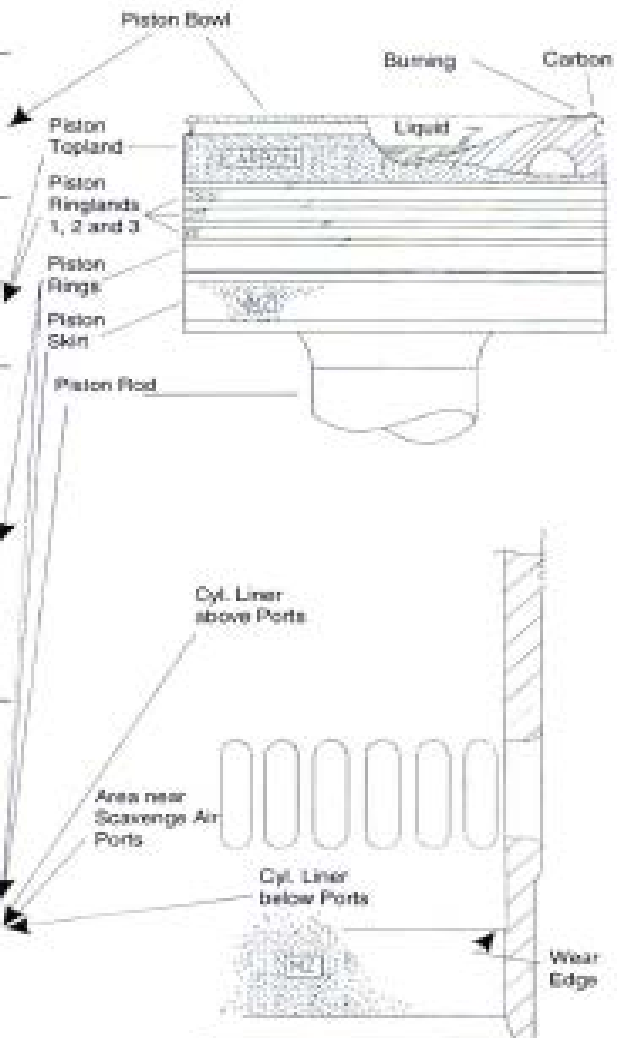
Inspection through Scavenge Ports



Inspection through Scavenge Ports															
Vessel:				I.L. no.:				Machine no.:							
Number of cylinders:		Eng. type:		Eng. hrs.:		Checked by:		Date:							
Works pe. port no.:				Nominal service load (% of S/Rc):				M.E.P. indicator type (Y/N):							
Cyl oil consumption (L/24 hrs.):				at load %:				Cyl oil type:		Position: <input type="checkbox"/> Exhaust <input type="checkbox"/> Mainscr. W.					
	Condition and Symbol	Cylinder No.													
		Engine Part	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Deposits	Insert - * Blowing - BU Loosening oil - LU Loosening water - LW	Piston crown													
	No deposit - * Light deposit - LC Medium deposit - MC Excessive deposit - EC Polished deposit - PC	Tophead													
		Ring land 1													
		Ring land 2													
Ring passage	Insert - * Collapse - C Broken opposite ring gap - BO Broken face gap - FG Forward pieces - FP Gravity missing - G	Ring 1													
		Ring 2													
		Ring 3													
		Ring 4													
Ring movement	Loose - * Staggered - SL Sticking - ST	Ring 1													
		Ring 2													
		Ring 3													
		Ring 4													
Surface condition	Clean, smooth - * Roughing surface, Black, sand - B Roughing surface, Black, partly - (B) Black ring neck > 0.2 mm - BR Non-metallic deposits - N Micro-scratches (total) - m Micro-scratches (all over) - M2 Micro-scratches, all over - M2 Flt M2 - M2 Machining, under mill scale - ** Wear ridges near scrv. ports - WR Scuffing - SC Cracks/leaf wear - CL Rings also aligned Top/Btm. - TR	Ring 1													
		Ring 2													
		Ring 3													
		Ring 4													
		Piston skirt													
		Piston rod													
		Cylinder liner after scrv. ports													
		Cylinder liner near scrv. ports													
		Lubrication condition	Optimal - * Too much oil - O Slightly dry - D Very dry - D1 Back oil - BO	Ring 1											
				Ring 2											
Ring 3															
Ring 4															
Piston skirt															
Piston rod															
Deposit	No Sludge - * Sludge - S Much sludge - MS	Scrv. ports													
		Scrv. receiver													
	Insert - *	Piston and connecting rod													

When referring to this page, please quote Operation Plate 70702, Edition 0001

Symbol	Condition of inspection part	
• C BU LO LW	Satisfactory Carbon Deposit Burning Leakage Oil Leakage Water	Deposits, etc.
• LC EC PC	Satisfactory (no deposits) Light carbon deposit Excessive carbon deposit Thick carbon deposit worn bright by rubbing against cyl. liner	Deposits
• BO BN SP M COL	Intact Broken, opposite ring gap Broken, near ring gap Broken in several pieces Entirely missing Collapsed	Broken
• SL ST B (B)	Loose Sluggish in groove Sticking Black running surface, over-all Black running surface, partly	Sticking
• S mz MZ MAZ OZ WR CO CL T/B	Clean, smooth Vertical scratches (abrasive particles) Micro Seizures in spots (local) Micro Seizures, all over Micro Seizures still active Old (nearly recovered) MZ Wear ridges near bottom Corrosion Clover-leaf wear Rings sharp-edged Top/Bot.	Surface condition
• O D DD BO	Oil film normal Too much oil Too dry Very dry Black oil	Lubr. condition



A dot (•) always means that the inspected condition is satisfactory, e.g. small deposits, no leakage, no breakages, no sticking, clean smooth surfaces, normal oil film, etc. However, this shall be recorded in order to show that the condition has been noted.

When referring to this page, please quote Operation Plate 70703, Edition 0001

[Πηγή: MAN B&W,12K98ME-C, Operation manual,2012]