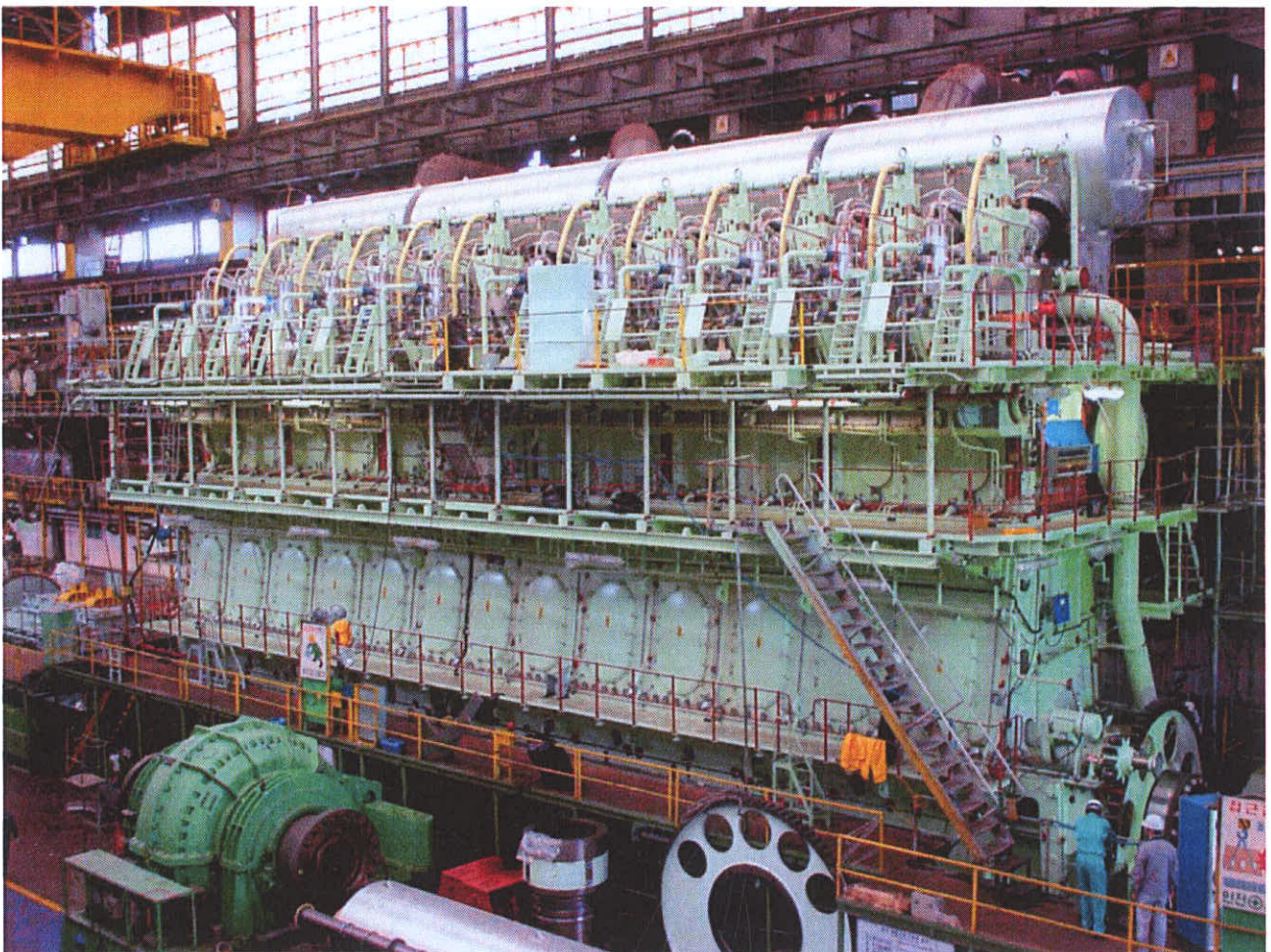


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΕΛΕΓΧΟΣ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΦΟΡΤΗΓΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΒΛΑΒΩΝ



ΔΡΥΜΑΛΙΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ  
ΞΑΝΘΙΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

# Κατάλογος πειρεχομένων

1	Πρόλογος	1
2	<b>1ο Κεφάλαιο</b>	
	Μηχανές Εσωτερικής Καύσης	
	Κατηγορίες.....	2
	Τετράχρονες.....	3
	Δίχρονες.....	5
	Αντιστρεψιμότητα δίχρονιων ΜΕΚ.....	10
	Μηχανές Diesel.....	11
3	<b>2ο Κεφάλαιο</b>	
	Επιμέρους κομμάτια της μηχανής με περιγραφή αυτών.....	21
	Βάση έδρασης της μηχανής.....	21
	Πλαίσιο σκελετού.....	22
	Κορμός μηχανής.....	24
	Ενδέτες.....	25
	Στροφαλοφόρος άξονας.....	27
	Συγκολλητός στροφαλοφόρος άξονας.....	28
	Διωστήρας.....	29
	Σταυρός σύνδεσης.....	30
	Στυπιοθλίπτης βάκτρου.....	31
	Χιτώνιο.....	33
	Έμβολο.....	35
	Εκκεντροφόρος άξονας.....	37
	Βαλβίδα εξαγωγής.....	38
	Αντλία καυσίμου.....	40
	Ψεκαστήρας καυσίμου.....	42
	Υπερπληρωτής.....	44
4	<b>3ο Κεφάλαιο</b>	
	Συνεργασία εξαρτημάτων-κύκλος λειτουργίας-απόδοση.....	46
	Απόδοση μηχανής.....	48
	Μέθοδοι υπολογισμού της πραγματικής ιχύος της μηχανής.....	56
5	<b>4ο Κεφάλαιο</b>	
	Συντήρησης-έλεγχος και αναμενόμενες βλάβες.....	57
	Λεπτομερής έλεγχος και επιθεώρηση.....	58
	Λεπτομερής έλεγχος και επιθεώρηση εμβόλου και στυπιοθλίπτη	
	Κυρίας Μηχανής.....	60
	Λεπτομερής έλεγχος και επιθεώρηση χιτωνίου Κυρίας Μηχανής	62
	Λεπτομερής έλεγχος και επιθεώρηση σταυρού με διωστήρα	
	Κυρίας Μηχανής.....	64
	Λεπτομερής έλεγχος και επιθεώρηση αντιλιών πετρελαίου	
	Κυρίας Μηχανής.....	65
	Αναμενόμενες βλάβες.....	67
	Βασικά ανταλλακτικά στο πλοίο.....	71
6	<b>Επίλογος</b>	75
7	<b>Φωτογραφία φορτηγού πλοίου</b>	77
8	<b>Βιβλιογραφία</b>	78



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης είναι μηχανικές διατάξεις που χρησιμοποιούν την ενέργεια που εκλύεται από την ανάφλεξη καυσίμου μείγματος (αέρα με βενζίνη, πετρέλαιο, βιοαιθανόλη κ.λπ.) για να μας δώσουν μηχανικό έργο. Το καύσιμο μείγμα αναφλέγεται σε έναν θάλαμο καύσης και η εκτόνωση των μεγάλων θερμοκρασιών και πιέσεων, που δημιουργούνται από την καύση του, ασκούν δύναμη κατευθείαν σε κάποιο κινούμενο μέρος της μηχανής (όπως το πιστόνι) μετακινώντας το για κάποια απόσταση, μετατρέποντας έτσι την χημική ενέργεια του καυσίμου σε μηχανική ενέργεια που χρειαζόμαστε.

Ο όρος «μηχανές εσωτερικής καύσης» συνήθως αναφέρεται σε μηχανές που η καύση του καυσίμου μείγματος γίνεται διακοπτόμενα σε συγκεκριμένους χρόνους λειτουργίας, όπως συμβαίνει στους τετράχρονους, τους δίχρονους και τους Wankel κινητήρες. Ένα δεύτερο επίπεδο μηχανών εσωτερικής καύσης είναι αυτοί που η καύση του μείγματος γίνεται συνεχόμενα όπως συμβαίνει στις τουρμπίνες αερίων, στους κινητήρες jet και στις περισσότερες μηχανές πυραύλων.

Κατά το πέρασμα των χρόνων έχουν δημιουργηθεί πολλές μηχανές εσωτερικής καύσης, με μεγάλη ποικιλία πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων μεταξύ τους. Αν και υπήρξαν και υπάρχουν πολλές σταθερές εφαρμογές, το πραγματικό πλεονέκτημα των μηχανών εσωτερικής καύσης είναι σε κινητές εφαρμογές, και κυριαρχούν σαν κινητήριες μονάδες στους τομείς των αυτοκινήτων, των αεροπλάνων και των πλοίων, από τα μικρότερα μέχρι τα μεγαλύτερα. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι οι μηχανές εσωτερικής καύσης έχουν πολύ καλή αναλογία δύναμης – βάρους, λόγω της ενεργειακής περιεκτικότητας των καυσίμων που χρησιμοποιούν.

## 1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Μηχανές Εσωτερικής Καύσης

#### Κατηγορίες

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης μπορούν να διαχωριστούν σε διάφορες κατηγορίες και με διαφορετικά κριτήρια. Έτσι έχουμε :

1. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας οι κινητήρες χωρίζονται σε :
  - α) παλινδρομικούς,
  - β) περιστροφικούς (Wankel), και
  - γ) συνεχούς καύσης (κινητήρες jet).
2. Ανάλογα με τον κύκλο λειτουργίας χωρίζονται σε :
  - α) δίχρονους και
  - β) τετράχρονους.
3. Ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιούν χωρίζονται σε:
  - α) βενζίνης και
  - β) πετρελαίου (diesel).
4. Ανάλογα με τον τρόπο ψύξης χωρίζονται σε :
  - α) υδρόψυκτοι και
  - β) αερόψυκτοι
5. Ανάλογα με τη διάταξη των κυλίνδρων (για παλινδρομικούς κινητήρες μόνο) χωρίζονται σε :
  - α) Έν σειρά (ένα μπλοκ κυλίνδρων όλοι σε σειρά ο ένας δίπλα από τον άλλο).
  - β) V (δύο μπλοκ κυλίνδρων, το καθένα εν σειρά, παράλληλα μεταξύ τους με κάποια περιεχόμενη γωνία).
  - γ) Επίπεδους [Boxer] (δύο μπλοκ κυλίνδρων όπως ο V, με περιεχόμενη γωνία 180°)
  - δ) W (δύο V μπλοκ ενωμένα σε ένα)
  - ε) Ακτινικούς [Radial] (οι κύλινδροι είναι τοποθετημένοι σε ακτίνες ενός κύκλου και ο στροφαλοφόρος άξονας στο κέντρο του).
6. Ανάλογα με το ρυθμό λειτουργίας (για τους diesel κινητήρες μόνο) χωρίζονται σε :
  - α) Χαμηλών στροφών (από 60 έως 200 rpm)
  - β) Μεσαίων στροφών (από 300 έως 1000 rpm)
  - γ) Υψηλών στροφών (από 1000 rpm και πάνω)

Φυσικά υπάρχουν ακόμα πολλά είδη και λειτουργίες κινητήρων εσωτερικής καύσης, που όμως είναι είτε σε πειραματικό στάδιο, είτε δεν βρίσκονται σε ευρεία παραγωγή επειδή είναι πολύ ειδικές κατασκευές για συγκεκριμένες εφαρμογές.

(Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε με δίχρονη diesel βραδύστροφη μηχανή για ναυτικές εφαρμογές)



## Τετράχρονη ΜΕΚ

### Μέρη

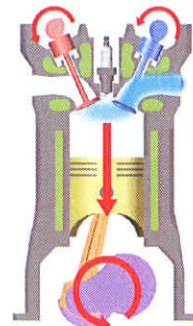
Μια τετράχρονη μηχανή εσωτερικής καύσης αποτελείται κατά βάση από το μπλοκ, την κυλινδροκεφαλή, τον στροφαλοφόρο άξονα, τους διωστήρες, τα πιστόνια (έμβολα), τις βαλβίδες, τους εκκεντροφόρους άξονες, καθώς και τον θάλαμο καύσης, και του αγωγούς εισαγωγής και εξαγωγής. Ο στροφαλοφόρος άξονας βρίσκεται στον στροφαλοθάλαμο, και εκτελεί περιστροφική κίνηση. Αποτελείται από τα κομβία βάσεως, και τα κομβία διωστήρων τα οποία και περιστρέφονται έκκεντρα σε σχέση με τον άξονα περιστροφής του στροφαλοφόρου (και των κομβίων βάσεως), εκτελούν δηλαδή μια κυκλική κίνηση γύρω από τον άξονα περιστροφής του. Οι διωστήρες είναι ο σύνδεσμος μεταξύ των κομβίων διωστήρων και των εμβόλων. Τα έμβολα εκτελούν παλινδρομική κίνηση μέσα στον κύλινδρο, που βρίσκεται στο μπλοκ της μηχανής, μεταξύ του Άνω Νεκρού Σημείου (στο εξής ΑΝΣ) και του Κάτω Νεκρού Σημείου (στο εξής ΚΝΣ). Αυτή η παλινδρομική κίνηση μετατρέπεται μέσω του διωστήρα σε περιστροφική κίνηση που μεταφέρεται στον στροφαλοφόρο άξονα.

Οι βαλβίδες βρίσκονται στην κυλινδροκεφαλή (ή καπάκι), που τοποθετείται στην κορυφή του θαλάμου καύσης. Χωρίζονται σε βαλβίδες εισαγωγής και βαλβίδες εξαγωγής, και εκτελούν και αυτές παλινδρομική κίνηση ανοίγοντας ή κλείνοντας τις διόδους εισαγωγής καύσιμου μείγματος στον θάλαμο καύσης, ή τις διόδους εξαγωγής καυσαερίων από τον θάλαμο καύσης αντίστοιχα. Οι βαλβίδες παίρνουν κίνηση από τα έκκεντρα των εκκεντροφόρων αξόνων οι οποίοι περιστρέφονται παράλληλα με τον στροφαλοφόρο άξονα παίρνοντας κίνηση από αυτόν μέσω ιμάντα ή αλυσίδας που ονομάζονται ιμάντας χρονισμού ή αλυσίδα χρονισμού αντίστοιχα. Μάλιστα οι εκκεντροφόροι περιστρέφονται με τη μισή ταχύτητα από αυτή του στροφαλοφόρου άξονα.

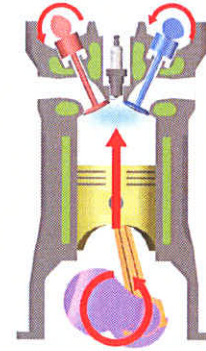
### Λειτουργία

Όπως προκύπτει και από το όνομα τους, στις τετράχρονες μηχανές εσωτερικής καύσης, ο κύκλος λειτουργίας αποτελείται από τέσσερα βήματα τα οποία και επαναλαμβάνονται συνεχόμενα και ξεχωριστά για κάθε έμβολο. Ένας κύκλος λειτουργίας είναι δύο πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα, και έχει ως εξής :

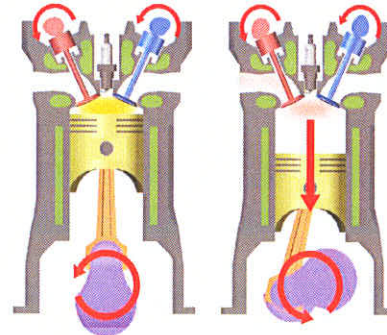
**Εισαγωγή :** Η βαλβίδα (βαλβίδες) εισαγωγής ανοίγει καθώς το έμβολο κινείται από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ δημιουργώντας υποπίεση με αποτέλεσμα όλος ο θάλαμος καύσης να πληρώνεται από καύσιμο μείγμα που εισέρχεται από τον αυλό εισαγωγής και την ανοιχτή βαλβίδα λόγω της διαφοράς πίεσης από την εξωτερική (ατμοσφαιρική ή μεγαλύτερη). Προς το τέλος αυτού του χρόνου λειτουργίας η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει ώστε να στεγανοποιηθεί πλήρως ο θάλαμος καύσης.



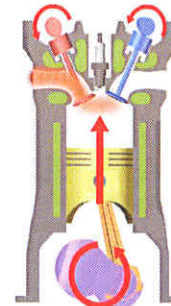
**Συμπίεση :** Το έμβολο ανεβαίνει από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ και συμπιέζει το καύσιμο μείγμα αέρα – καυσίμου μειώνοντας κατά πολύ τον όγκο του και αυξάνοντας την πίεση μέσα στο θάλαμο καύσης.



**Καύση - Εκτόνωση :** Ακριβώς στο τέλος του χρόνου συμπίεσης και καθώς το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ το μείγμα αναφλέγεται, είτε από τον σπινθηριστή [μπουζί] (στους βενζινοκινητήρες), είτε λόγω υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης (στους diesel κινητήρες). Η καύση του μείγματος έχει σαν αποτέλεσμα την εκτόνωσή του η οποία είναι και η δύναμη που ωθεί το έμβολο προς το ΚΝΣ δίνοντας το επιθυμητό έργο. Αυτός ο χρόνος είναι η βασική πηγή ροπής και δύναμης.



**Εξαγωγή :** Όταν το έμβολο βρίσκεται στο ΚΝΣ (ή κοντά στο ΚΝΣ) η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει και καθώς το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ ωθεί τα καυσαέρια προς τον αυλό εξαγωγής καθαρίζοντας τον θάλαμο καύσης από αυτά. Καθώς το έμβολο πλησιάζει στο ΑΝΣ η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει. Αμέσως ένας καινούργιος κύκλος ξεκινά με το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής και την έναρξη του χρόνου εισαγωγής.

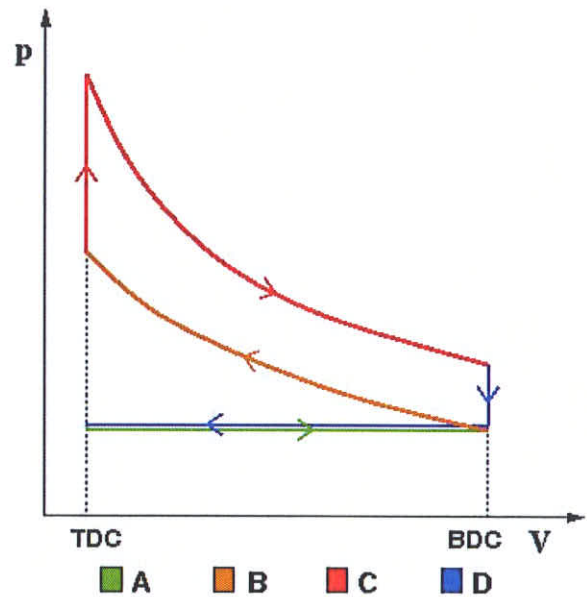


Κατά το πέρασμα του χρόνου και μέσω εξέλιξης των κινητήρων έχει προκύψει οι χρόνοι λειτουργίας να επικαλύπτονται. Για παράδειγμα υπάρχει το λεγόμενο overlap των βαλβίδων. Αυτή είναι μια πολύ κρίσιμη στιγμή στον κύκλο λειτουργίας των βαλβίδων και συμβαίνει κατά τη μετάβαση από το χρόνο εξαγωγής στον χρόνο εισαγωγής όπου η βαλβίδα εξαγωγής παραμένει για λίγο ανοιχτή καθώς ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής. Αυτό γίνεται προκειμένου να δημιουργηθεί υποπίεση στον θάλαμο καύσης λόγω της ορμής των εξερχομένων καυσαερίων ώστε να εισέλθει πιο σωστά το καύσιμο μείγμα.



## Ο κύκλος του Otto

Ο τετράχρονος κινητήρας εφευρέθηκε πρώτη φορά από τον Γάλλο μηχανικό Alphonse Beau de Rochas το 1861 αν και υπάρχουν παλαιότερες αναφορές για δύο Ιταλούς (Eugenio Barsanti και Felice Matteucci) που φημολογείται ότι είχαν εφεύρει μια παρόμοια μηχανή γύρω στα 1854 – 1857 όμως η πατέντα έχει χαθεί. Ο άνθρωπος όμως που κατασκεύασε ένα αυτοκίνητο με μία τέτοια μηχανή ήταν ο Γερμανός μηχανικός Nicolaus Otto. Για αυτό το λόγο σήμερα η αρχή λειτουργίας του τετράχρονου κινητήρα είναι κοινώς γνωστή ως ο κύκλος του Otto καθώς και οι τετράχρονοι κινητήρες ονομάζονται μηχανές Otto. Ο κύκλος του Otto αποτελείται από δύο αδιαβατικές και δύο ισόχωρες μεταβολές. Στην περίπτωση του τετράχρονου κύκλου Otto, υπάρχουν επίσης μία ισοβαρής συμπίεση και μία ισοβαρής εκτόνωση, μεταβολές οι οποίες τις περισσότερες φορές αγνοούνται καθώς στον ιδανικό κύκλο δεν παίζουν κανένα ρόλο στο συνολικό έργο.



Έτσι έχουμε μία ισοβαρή εκτόνωση (A) που αντιστοιχεί στον χρόνο εισαγωγής του καύσιμου μείγματος στον θάλαμο καύσης, μία αδιαβατική συμπίεση (B) που αντιστοιχεί στον χρόνο συμπίεσης του καύσιμου μείγματος, μία ισόχωρη θέρμανση (C) που αντιστοιχεί στην απότομη θέρμανση του καύσιμου μείγματος από τον σπινθηριστή, μία αδιαβατική εκτόνωση (C) που αντιστοιχεί στον χρόνο εκτόνωσης του καύσιμου μείγματος και την ώθηση του εμβόλου προς το ΚΝΣ, μία ισόχωρη ψύξη (C - D) που αντιστοιχεί στην ψύξη του καύσιμου μείγματος λόγω της απότομης εκτόνωσής του (πτώση πίεσης), και μια ισοβαρή συμπίεση (D) που αντιστοιχεί στον χρόνο εξαγωγής των καυσαερίων από τον θάλαμο καύσης.

## Δίχρονοι MEK :

### Μέρη

Μία δίχρονη μηχανή εσωτερικής καύσης δεν διαφέρει πολύ από μία τετράχρονη ως προς τα κομμάτια από τα οποία αποτελείται. Έτσι και εδώ υπάρχει στροφαλοθάλαμος, μπλόκ, κυλινδροκεφαλή, στροφαλοφόρος άξονας, διωστήρες, πιστόνια (έμβολα). Επίσης ο τρόπος με τον οποίο συνεργάζονται τα επιμέρους μέρη μεταξύ τους είναι ίδιος με αυτόν των τετράχρονων MEK (στροφαλοφόρος – διωστήρες - έμβολα). Οι διαφορές βρίσκονται στον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί μία δίχρονη MEK. Οι δίχρονες MEK ολοκληρώνουν το θερμοδυναμικό τους κύκλο (κύκλο λειτουργίας) σε δύο κινήσεις του πιστονιού, σε σύγκριση με τις τέσσερις κινήσεις του πιστονιού μίας τετράχρονης MEK. Αυτή η ικανότητα της δίχρονης μηχανής, επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας το ξεκίνημα του χρόνου συμπίεσης και το τελείωμα του χρόνου καύσης για να εκτελεστεί ταυτόχρονα η λειτουργία εισαγωγής και εξαγωγής (ή σάρωσης). Με αυτό τον τρόπο οι δίχρονες μηχανές συχνά έχουν

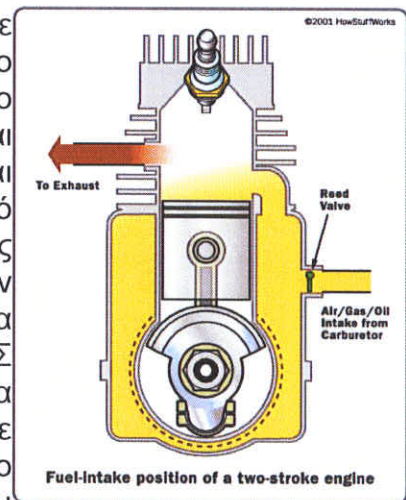


εντυπωσιακή αναλογία δύναμης – βάρους. Επειδή λοιπόν είναι διαφορετικός ο τρόπος εισαγωγής και εξαγωγής του καύσιμου μείγματος δεν χρησιμοποιούνται βαλβίδες (η υπάρχει περιορισμένη χρήση βαλβίδων αναλόγως με την εφαρμογή) και αντ' αυτού υπάρχουν κάποια συγκεκριμένα ανοίγματα πάνω στον κύλινδρο που ονομάζονται θυρίδες εισαγωγής ή εξαγωγής αντίστοιχα.

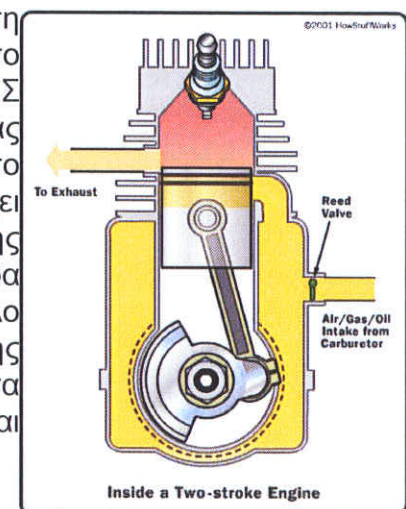
## Λειτουργία

Ο κύκλος λειτουργίας μιας δίχρονης ΜΕΚ ολοκληρώνεται σε δύο χρόνους (βήματα) και αντιστοιχεί σε μία πλήρη περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Οι δύο χρόνοι λειτουργίας είναι λίγο περίπλοκο να περιγραφούν ξεχωριστά καθώς σε κάθε χρόνο συμβαίνουν λειτουργίες που είναι μία προεργασία για τον επόμενο χρόνο. Αν και υπάρχουν πολλές διαφορετικές διατάξεις μίας δίχρονης μηχανής η βασική αρχή λειτουργίας παραμένει ίδια και έχει ως εξής :

**Εισαγωγή – Συμπίεση :** Πρέπει να γνωρίζουμε ότι ο στροφαλοθάλαμος επικοινωνεί με τον θάλαμο καύσης μέσω της θυρίδας εισαγωγής. Καθώς το έμβολο βρίσκεται στο ΚΝΣ η θυρίδα εισαγωγής αποκαλύπτεται από το έμβολο και το καύσιμο μείγμα, το οποίο βρίσκεται στον στροφαλοθάλαμο και έχει ωθηθεί λόγω πίεσης από το κάτω μέρος του εμβόλου, πληροί το θάλαμο καύσης σπρώχνοντας ταυτόχρονα τα καυσαέρια από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας προς την θυρίδα εξαγωγής. Καθώς το έμβολο ανεβαίνει προς το ΑΝΣ συμπιέζει το καύσιμο μείγμα καλύπτοντας την θυρίδα εισαγωγής και στη συνέχεια την θυρίδα εξαγωγής ώστε να στεγανοποιήσει τον θάλαμο καύσης. Ταυτόχρονα το κάτω μέρος του εμβόλου μέσω της στεγανότητας που προσφέρουν τα ελατήριά του, δημιουργεί υποπίεση στον στροφαλοθάλαμο με αποτέλεσμα φρέσκο καύσιμο μείγμα να εισέρχεται σε αυτόν από την εισαγωγή του κινητήρα. Αμέσως μετά ξεκινά ο επόμενος χρόνος λειτουργίας



**Καύση – Εξαγωγή :** Ξεκινώντας από την έναυση του συμπιεσμένου καύσιμου μείγματος από το σπινθηριστή (μπουζί), το έμβολο ωθείται προς το ΚΝΣ λόγω της εκτόνωσης των καυσαερίων, αποκαλύπτοντας τη θυρίδα εξαγωγής για τα καυσαέρια, και ταυτόχρονα το φρέσκο καύσιμο μείγμα στον στροφαλοθάλαμο (που έχει εισέλθει στον προηγούμενο χρόνο), συμπιέζεται λόγω της καθοδικής πορείας του εμβόλου προς την θυρίδα εισαγωγής η οποία αποκαλύπτεται καθώς το έμβολο πλησιάζει το ΚΝΣ και έτσι εισέρχεται στον θάλαμο καύσης πληρώνοντάς τον και βοηθώντας τα καυσαέρια να εξέλθουν από την θυρίδα εξαγωγής. Έτσι ολοκληρώνεται ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας.





## Εφαρμογές

Οι δίχρονες μηχανές ήταν πολύ δημοφιλείς όλο τον 20<sup>ο</sup> αιώνα στις μοτοσυκλέτες και σε μικρές εφαρμογές όπως αλυσοπρίονα και εξωλέμβιες μηχανές, καθώς και σε ορισμένα αυτοκίνητα. Αυτό συνέβαινε λόγω του πολύ απλού σχεδιασμού, και συνεπώς μικρού κόστους, και της υψηλής σχέσης δύναμης – βάρους. Τα περισσότερα σχέδια δεν χρησιμοποιούσαν σύστημα λίπανσης καθώς για αυτό το σκοπό έκαιγαν το λάδι σαν μέρος του καύσιμου μείγματος, προκαλώντας τον μπλε καπνό και άλλα είδη μόλυνσης από τα καυσαέρια. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος για τον οποίο οι δίχρονες μηχανές αντικαταστάθηκαν από τις τετράχρονες στις περισσότερες εφαρμογές.

Οι δίχρονες μηχανές χρησιμοποιούνται ευρέως σε χειροκίνητες εφαρμογές όπως οι κουρευτικές μεσηνέζες και τα αλυσοπρίονα καθώς το συνολικό χαμηλό βάρος και τα ελαφριά κινούμενα μέρη προσδίδουν σημαντική ασφάλεια και λειτουργικά οφέλη. Για παράδειγμα μόνο μια δίχρονη μηχανή που δουλεύει με μείγμα βενζίνης – λαδιού (βενζινόλαδο) μπορεί να δουλέψει σε ένα αλυσοπρίονο σε οποιαδήποτε θέση του.

Οι δίχρονες MEK που χρησιμοποιούν βενζίνη χρησιμοποιούνται σε μικρές, φορητές, ή ειδικευμένες εφαρμογές όπως οι εξωλέμβιες μηχανές, υψηλής απόδοσης και μικρού κυβισμού μοτοσυκλέτες (enduro), μοτοποδήλατα, παπάκια, σκουτεράκια, snowmobile, καρτ, αυτοκίνητα και αεροπλάνα μοντελισμού, αλυσοπρίονα, και κουρευτικές μηχανές του γκαζόν. Οι δίχρονες MEK χρησιμοποιούνται και σε διατάξεις diesel περισσότερο για μεγάλες βιομηχανικές και ναυτιλιακές εφαρμογές καθώς επίσης και σε μερικά φορτηγά και τραίνα εφαρμογές δηλαδή που το αυξημένο βάρος δεν αποτελεί μεγάλο πρόβλημα.

Ένας αριθμός από γνωστούς κατασκευαστές αυτοκινήτων χρησιμοποίησαν δίχρονες μηχανές στο παρελθόν, όπως η Saab, η Auto-Union (πρωην Audi) και η Suzuki τη δεκαετία του '70.

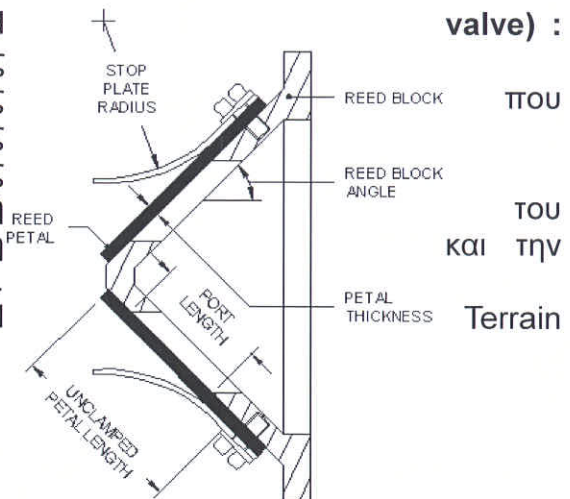
## Διαφορετικές διατάξεις

Όπως είπαμε και παραπάνω οι βασική αρχή λειτουργίας μιας δίχρονης MEK είναι η ίδια για όλες τις εφαρμογές. Αυτό που διαφέρει είναι οι μηχανικές λεπτομέρειες διάφορων δίχρονων MEK ανάλογα με τον τύπο και την εφαρμογή. Τα διαφορετικά σχέδια των δίχρονων MEK ποικίλουν ανάλογα με τη μέθοδο της εισαγωγής του καύσιμου μείγματος στον κύλινδρο, τη μέθοδο της σάρωσης του κυλίνδρου (αντικατάσταση των καυσαερίων μέσα στον θάλαμο καύσης από το φρέσκο καύσιμο μείγμα), καθώς και τη μέθοδος της εξαγωγής των καυσαερίων. Έτσι έχουμε :

**Θυρίδα εισαγωγής ελεγχόμενη από το πιστόνι :** Αυτή η διάταξη είναι η πιο απλή από όλες τις διατάξεις. Όλες οι λειτουργίες ελέγχονται αποκλειστικά από το πιστόνι, το οποίο καλύπτει ή αποκαλύπτει τις θυρίδες καθώς παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο. Μια βασική διαφορά από τις τετράχρονες μηχανές είναι ότι ο στροφαλοθάλαμος είναι στεγανοποιημένος και αποτελεί κομμάτι της διαδικασίας εισαγωγής καύσιμου μείγματος στον θάλαμο καύσης, στις δίχρονες MEK βενζίνης. Στις δίχρονες MEK diesel χρησιμοποιούνται κυρίως υπερσυμπιεστής (κομπρέσορας) τύπου Roots ή αντλία πιστονίου για τη σάρωση.



**Βαλβίδα εισαγωγής reed (reed valve)**  
 Η βαλβίδα reed είναι μια απλή αλλά άκρως αποδοτική εκδοχή ανεπίστροφης βαλβίδας συνήθως τοποθετείται στην εισαγωγή της ελεγχόμενης από το πιστόνι θυρίδας εισαγωγής. Επιτρέπει ασύμμετρη εισαγωγή καύσιμου μείγματος, βελτιώνοντας τη δύναμη οικονομία, καθώς αυξάνει το εύρος δύναμης. Χρησιμοποιούνται ευρέως στα ATV (All Vehicle) και στις εξωλέμβιες μηχανές.



**Περιστροφική βαλβίδα εισαγωγής :** Η δίοδος εισαγωγής ανοίγει και κλείνει από ένα περιστρεφόμενο στοιχείο. Ένα είδος περιστροφικής βαλβίδας, που απαντάται σε μικρές μοτοσυκλέτες, είναι ένας δίσκος με μία εγκοπή στην περιφέρειά του που περιστρέφεται μαζί με τον στροφαλοφόρο άξονα. Αυτή η εγκοπή αποκαλύπτει ένα άνοιγμα στο τέλος του στροφαλοθαλάμου επιτρέποντας στο καύσιμο μείγμα να εισέρχεται μόνο κατά τη διάρκεια ενός μέρους του κύκλου.

Ένα άλλο είδος περιστροφικής βαλβίδας που χρησιμοποιείται στις δίχρονες μηχανές χρησιμοποιεί δύο κυλινδρικά μέρη με κατάλληλες εγκοπές ρυθμισμένες ώστε να περιστρέφονται η μία μέσα στην άλλη, και ο σωλήνας εισαγωγής να έχει δίοδο στο στροφαλοθάλαμο όταν οι δύο εγκοπές των κυλίνδρων συμπίπτουν και δημιουργούν άνοιγμα. Στις μηχανές μοντελισμού που χρησιμοποιούν θερμικά μπουζί (glowplugs), ο στροφαλοφόρος άξονας αποτελεί το περιστρεφόμενο στοιχείο. Σε άλλες εφαρμογές όπως η Vespa, ο δίσκος του στροφαλοφόρου είναι τοποθετημένος με πολύ σφιχτή συναρμογή (μικρό διάκενο) με το στροφαλοθάλαμο και φέρει μία εγκοπή η οποία ευθυγραμμίζεται με το τοίχωμα του στροφαλοθαλάμου την κατάλληλη στιγμή.

Το πλεονέκτημα της περιστρεφόμενης βαλβίδας είναι ότι επιτρέπει το χρονισμό της εισαγωγής να γίνεται ασύμμετρα πράγμα το οποίο δεν είναι εφικτό σε δίχρονες μηχανές με ελεγχόμενη από το πιστόνι θυρίδα εισαγωγής καθώς σε αυτές η εισαγωγή ανοίγει και κλείνει πριν και μετά το ΑΝΣ αντίστοιχα, στην ίδια γωνία στροφάου, τη στιγμή που οι δίχρονες μηχανές με περιστροφική βαλβίδα επιτρέπει το άνοιγμα και το κλείσιμο νωρίτερα. Για αυτό το λόγο οι δίχρονες μηχανές με περιστροφική βαλβίδα μπορούν να ρυθμιστούν να δίνουν την ίδια δύναμη σε μεγαλύτερο εύρος στροφών ή υψηλότερη δύναμη σε μικρότερο φάσμα στροφών σε σχέση με τις θυρίδες ελεγχόμενες από το πιστόνι ή τις reedvalve.

**Σάρωση (crossflow-scavenged) :** Σε μια μηχανή crossflow η θυρίδα εισαγωγής και η θυρίδα εξαγωγής βρίσκονται σε αντικριστά σημεία στον κύλινδρο και ένας εκτροπέας στην κορυφή του πιστονιού οδηγεί το φρέσκο καύσιμο μείγμα στο ανώτερο κομμάτι του κυλίνδρου ωθώντας τα καυσαέρια προς την άλλη μεριά του εκτροπέα του πιστονιού και την θυρίδα εξαγωγής. Το μειονέκτημα αυτής της σχεδίασης είναι ότι ο εκτροπέας αυξάνει το βάρος του πιστονιού και την εκτιθέμενη επιφάνειά του στην καύση, καθώς επίσης δημιουργεί δυσκολίες στη σχεδίαση αποδοτικού θαλάμου καύσης. Η σχεδίαση αυτή έχει αντικατασταθεί από τη σχεδίαση σάρωσης loop (βρόχος), αν και για μικρότερες και πιο αργές μηχανές η σχεδίαση με σάρωση crossflow μπορεί να είναι μια αποδεκτή προσέγγιση.



**Σάρωση βρόχου (loop-scavenged)** : Αυτή η μέθοδος σάρωσης χρησιμοποιεί προσεκτικά διαμορφωμένες και τοποθετημένες θυρίδες ώστε να καθοδηγεί τη ροή του φρέσκου μείγματος προς το θάλαμο καύσης καθώς αυτό εισέρχεται στον κύλινδρο. Το καύσιμο μείγμα προσκρούει στην κυλινδροκεφαλή στη συνέχεια ακολουθεί την καμπύλη του θαλάμου καύσης και τέλος εκτρέπεται προς τα κάτω. Αυτό όχι μόνο αποτρέπει το καύσιμο μείγμα να διαφύγει από τη θυρίδα εξαγωγής, αλλά δημιουργεί ένα στροβιλισμό που βελτιώνει την απόδοση της καύσης, τη δύναμη και την οικονομία. Συνήθως δεν απαιτείται εκτροπέας πιστονιού, επομένως αυτή η προσέγγιση έχει σημαντικό πλεονέκτημα έναντι της crossflow σάρωσης. Η σάρωση βρόχου υιοθετήθηκε στα της δεκαετίας του 1920 και εξαπλώθηκε μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Η σάρωση βρόχου είναι η πιο διαδεδομένη εκδοχή μεταφοράς του καύσιμου μείγματος που χρησιμοποιείται στις σύγχρονες δίχρονες MEK. Η Suzuki ήταν η πρώτη εταιρία εκτός Ευρώπης που χρησιμοποίησε αυτή τη μέθοδο σάρωσης στις δίχρονες MEK. Αυτή η μέθοδος σάρωσης χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τον θάλαμο εκτόνωσης των καυσαερίων στην εξάτμιση (το λεγόμενο μπαζάνι) με πολύ καλή συνεργασία, και με αποτέλεσμα την πολύ υψηλή απόδοση των δίχρονων MEK. Άλλο ένα πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου σάρωσης είναι ότι το πιστόνι μπορεί να κατασκευαστεί τελείως επίπεδο στο πάνω μέρος του ή έστω ελαφρώς πομπωειδές πράγμα το οποίο βοηθάει στην μείωση του βάρους του και την αύξηση της αντοχής του και κατά συνέπεια μπορεί να δουλέψει σε υψηλότερες στροφές. Επίσης το επίπεδο πιστόνι έχει πολύ καλύτερες θερμικές ιδιότητες και είναι λιγότερο επιρρεπές σε άνιση θέρμανση, εκτόνωση, κόλλημα, διαστατικές αλλαγές και αδυναμία συμπίεσης.

**Σάρωση ενιαίας ροής (uniflow scavenged)** : Σε μία uniflow μηχανή το καύσιμο μείγμα (ή ο αέρας στην περίπτωση diesel), εισέρχεται από τη μία άκρη του κυλίνδρου ελεγχόμενη από το πιστόνι, και τα καυσαέρια εξέρχονται από την άλλη άκρη του κυλίνδρου ελεγχόμενη από βαλβίδα ή πιστόνι εξαγωγής. Έτσι η σάρωση των καυσαερίων γίνεται προς μία μόνο κατεύθυνση μέσα στον κύλινδρο εξ' ου και το όνομα uniflow (ενιαίας ροής). Η διάταξη των βαλβίδων είναι ίδια στις diesel δίχρονες MEK για τραίνα και ναυτικές εφαρμογές.

### **Συστήματα δυναμικής βαλβίδας (power valve)**

Πολλές σύγχρονες δίχρονες MEK χρησιμοποιούν power valve συστήματα. Οι βαλβίδες αυτές βρίσκονται μέσα ή γύρω από τις θυρίδες εξαγωγής και λειτουργούν με έναν από τους εξής τρόπους : είτε μεταβάλλουν το εμβαδόν του ανοίγματος της θυρίδας εξαγωγής, κλείνοντας ένα μέρος της, είτε μεταβάλλοντας τον όγκο της εξάτμισης αλλάζοντας έτσι τη συχνότητα αντήχησης του θαλάμου εκτόνωσης της εξάτμισης. Το αποτέλεσμα είναι ένας κινητήρας με καλύτερη απόκριση στις χαμηλές στροφές χωρίς να θυσιάζεται η δύναμη στις υψηλές στροφές.

### **Άμεσος ψεκασμός**

Ο άμεσος ψεκασμός (ψεκασμός του καυσίμου κατευθείαν στον θάλαμο καύσης) έχει σημαντικά πλεονεκτήματα στις δίχρονες MEK εξαλείφοντας κάποια από τα είδη ρύπανσης και μόλυνσης του περιβάλλοντος που δημιουργούνται από τις



δίχρονες MEK με καρμπυρατέρ όπου μέρος του μείγματος αέρα - βενζίνης που εισέρχεται στον κύλινδρο βγαίνει κατευθείαν άκαυστο από τη θυρίδα εξαγωγής. Έτσι χρησιμοποιούνται δύο συστήματα άμεσου ψεκασμού : χαμηλής πίεσης ψεκασμός υποβοηθούμενος από τον αέρα, και υψηλής πίεσης ψεκασμός.

### **Λίπανση**

Οι κοινές δίχρονες MEK που συναντάμε συνήθως (όπως των μοτοσικλετών και των εργαλείων) δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν κοινή λίπανση με κάρτερ καθώς ο στροφαλοθάλαμος χρησιμοποιείται για να αντλήσει το καύσιμο μείγμα στον κύλινδρο. Παραδοσιακά όλα τα κινούμενα μέρη της μηχανής λιπαίνονταν από ένα προαναμεμυγμένο μείγμα καυσίμου - λαδιού (σε αναλογία από 16:1 μέχρι 50:1). Κατά το πέρασμα των χρόνων όμως όλο και περισσότερες δίχρονες μηχανές, ακόμα και οι μικρές, διαθέτουν λίπανση με αντλία λαδιού που αντλεί λάδι από ξεχωριστό δοχείο λαδιού. Αυτό βέβαια εξακολουθεί να είναι ένα σύστημα με μεγάλες απώλειες καθώς το λάδι καίγεται μαζί με το καύσιμο, όμως σε πολύ χαμηλότερους και πιο οικονομικούς ρυθμούς. Επίσης είναι πιο καθαρό σύστημα καθώς μειώνει το πρόβλημα της ρύπανσης λαδιού στα μπουζί καθώς και των επικαθήσεων στον κύλινδρο και την εξάτμιση. Αυτά τα συστήματα άντλησης θα ήταν δύσκολο να υιοθετηθούν σε συσκευές χειρός όπως τα αλυσοπρίονα (που πρέπει να δουλεύουν σε οποιαδήποτε θέση) και έτσι ακόμα και σήμερα αυτές οι δίχρονες MEK δουλεύουν με μείγμα καυσίμου – λαδιού.

Όλες οι δίχρονες MEK που δουλεύουν με μείγμα καυσίμου – λαδιού υποφέρουν από έλλειψη λαδιού εάν αναγκαστούν να περιστραφούν με ταχύτητα με το γκάζι κλειστό όπως για παράδειγμα συμβαίνει στη σταδιακή επιβράδυνση από υψηλή ταχύτητα επιλέγοντας χαμηλότερες ταχύτητες στο κιβώτιο ταχυτήτων.

Οι δίχρονες diesel MEK χρησιμοποιούν υγρό κάρτερ, καθώς σαρώνονται από φρέσκο αέρα υπό πίεση και έτσι δεν βασίζονται στη συμπίεση του αέρα στο χώρο του στροφαλοθαλάμου.

### **Αντιστρεψιμότητα δίχρονων MEK**

Προκειμένου να συζητήσουμε την αντιστρεψιμότητα πρέπει να σκεφτούμε πως για παράδειγμα σε μία μοτοσικλέτα ο σωλήνας εξαγωγής βρίσκεται μπροστά, στην ροή του φρέσκου αέρα, και ο στροφαλοφόρος άξονας περιστρέφεται κατά την ίδια φορά με τους τροχούς.

Οι κοινές δίχρονες μηχανές βενζίνης μπορούν να περιστραφούν ανάποδα για μικρό χρονικό διάστημα και υπό χαμηλό φορτίο χωρίς ιδιαίτερο πρόβλημα. Αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιούσαν παλαιότερα μικρά αυτοκίνητα καθώς και αυτοκινητάκια του γκολφ, με δίχρονο κινητήρα για να κάνουν όπισθεν. Οι δίχρονες MEK με θυρίδα εισαγωγής ελεγχόμενη από το πιστόνι καθώς και αυτές με βαλβίδα reed μπορούν να περιστραφούν ανάποδα, αν και οι δίχρονες MEK με περιστροφική βαλβίδα έχουν ασύμμετρο χρονισμό εισαγωγής και έτσι δεν μπορούν να δουλέψουν καλά αντίστροφα.

Υπάρχουν σοβαρά μειονεκτήματα στην αντίστροφη λειτουργία μιας μηχανής υπό φορτίο για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα, και μερικοί από τους λόγους είναι γενικοί, και απευθύνονται και στις δίχρονες και στις τετράχρονες MEK. Τα περισσότερα μειονεκτήματα είναι εγγενή και αναπόφευκτα ακόμα και στην περίπτωση ολικής ανασχεδίασης της μηχανής. Το πρόβλημα υπάρχει επειδή στην κανονική περιστροφή της μηχανής η μεγαλύτερη επιφάνεια ώσης του πιστονιού



βρίσκεται στην πίσω επιφάνεια του κυλίνδρου η οποία, ειδικά στις δίχρονες ΜΕΚ, είναι το ψυχρότερο και καλύτερα λιπαινόμενο σημείο. Η μπροστινή επιφάνεια του πιστονιού είναι λιγότερο κατάλληλη για αυτή την ώση καθώς καλύπτει και αποκαλύπτει την θυρίδα εξαγωγής στον κύλινδρο, όπου είναι και το θερμότερο σημείο της μηχανής, και η λίπανση του πιστονιού είναι οριακή. Η μπροστινή επιφάνεια του πιστονιού είναι επίσης πιο ευπαθής καθώς η θυρίδα εξαγωγής (που είναι η μεγαλύτερη θυρίδα της μηχανής) βρίσκεται στο μπροστινό τοίχωμα του κυλίνδρου. Η ποδιά του πιστονιού και τα ελατήριά του έχουν κίνδυνο να εξωθηθούν μέσα στη θυρίδα εξαγωγής, για αυτό είναι πάντα καλύτερα να πιέζουν δυνατά το πίσω τοίχωμα του κυλίνδρου το οποίο έχει μόνο θυρίδες μεταφοράς και υπάρχει καλύτερη υποστήριξη του πιστονιού και των ελατηρίων. Σε μερικές μηχανές ο πείρος σύνδεσης του διωστήρα και του πιστονιού είναι έκκεντρα τοποθετημένος προκειμένου να μειώσει την ώση στην προτιθέμενη φορά περιστροφής και η μπροστινή επιφάνεια του πιστονιού κατασκευάζεται πιο λεπτή και ελαφριά για αντιστάθμιση, αν όμως η μηχανή περιστραφεί αντίστροφα αυτή η πιο αδύναμη μπροστινή επιφάνεια του πιστονιού υποφέρει από μεγάλη μηχανική καταπόνηση την οποία δεν είναι σχεδιασμένο να αντέξει.

Επίσης οι δίχρονες τρόμπες λαδιού δεν λειτουργούν αντίστροφα οπότε και η μηχανή θα ξεμείνει από λάδι σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Μερικές μηχανές (όπως κάποιες Rotax για αγωνιστικά καρτ) έχουν σχεδιαστεί με την θυρίδα εξαγωγής στην πλευρά μεγαλύτερης ώσης και με την κατάλληλη σχεδίαση του πιστονιού δείχνουν να λειτουργούν αξιόπιστα.

Συγκεκριμένες μεγάλες δίχρονες diesel ΜΕΚ για ναυτικές εφαρμογές είναι αναστρέψιμες. Αυτές οι μηχανές χρησιμοποιούν μηχανικά οδηγούμενες βαλβίδες και έτσι απαιτούνται επιπρόσθετοι μηχανισμοί εκκεντροφόρων για τη διαδικασία αναστροφής.

## **Μηχανές Diesel**

### **Εισαγωγή**

Η μηχανή Diesel (γνωστή και ως μηχανές έναυσης μέσω συμπίεσης – compression ignition engine) είναι μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν την θερμότητα της συμπίεσης για την έναυση του καυσίμου, το οποίο εγχέεται στον θάλαμο καύσης κατά το τελευταίο στάδιο της συμπίεσης. Αυτό αντιτίθεται στις μηχανές έναυσης μέσω σπινθήρα (spark ignition engine), όπως είναι οι ΜΕΚ βενζίνης που χρησιμοποιούν τον σπινθηριστή (μπουζί) για την έναυση του καυσίμου μείγματος. Οι Diesel καθώς και οι βενζίνης ΜΕΚ μοντελοποιούνται από τον κύκλο του Otto. Εδώ πρέπει να διευκρινίσουμε ότι δεν πρέπει να μπερδεύεται ο κύκλος του Diesel (ένα θερμοδυναμικό μοντέλο ελαφρώς διαφορετικό από τον κύκλο του Otto) με τη μηχανή Diesel, καθώς και τα δύο αναπτύχθηκαν από τον Rudolf Diesel και πήραν το όνομά του.

Οι μηχανή Diesel έχει τον υψηλότερο βαθμό θερμικής απόδοσης οποιασδήποτε κοινής μηχανής, εσωτερικής ή εξωτερικής καύσης λόγω της πολύ υψηλής σχέσης συμπίεσης. Σχέση συμπίεσης είναι ο λόγος του όγκου του θαλάμου καύσης συν τον όγκο του κυλίνδρου προς τον όγκο του θαλάμου καύσης. Οι βραδύστροφοι Diesel κινητήρες (όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται σε πλοία ή σε



εφαρμογές που το βάρος δεν παίζει ρόλο) συχνά έχουν θερμικό βαθμό απόδοσης πάνω από το 50%.

Οι μηχανές Diesel κατασκευάζονται σε δίχρονες και τετράχρονες εκδοχές. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν σαν πιο αποδοτικοί αντικαταστάτες για σταθερές μηχανές ατμού. Από το 1910 χρησιμοποιήθηκαν σε υποβρύχια και πλοία. Αργότερα ακολούθησε η χρήση τους στα τρένα τα φορτηγά και στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στα 1930 άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε μερικά αυτοκίνητα. Μέχρι το 1970 η χρήση του Diesel επεκτάθηκε στα μεγάλα οχήματα εντός και εκτός δρόμου και σήμερα το 50% των πωλήσεων αυτοκινήτων στην Ευρώπη είναι Diesel.

## Λειτουργία

Η μηχανή εσωτερικής καύσης Diesel διαφέρει από τις μηχανές βενζίνης στο ότι χρησιμοποιεί υψηλά συμπιεσμένο αέρα, του οποίου λόγω συμπίεσης αυξάνεται η θερμοκρασία του ώστε να υπάρξει έναυση του καυσίμου.

Στην κανονική μηχανή Diesel μόνο αέρας εισέρχεται αρχικά στον θάλαμο καύσης ο οποίος ύστερα συμπιέζεται, με μια σχέση συμπίεσης μεταξύ του 15:1 και 22:1, που έχει σαν αποτέλεσμα την άνοδο της πίεσης στα 40 bar (στις μηχανές βενζίνης είναι μεταξύ 8 και 14 bar). Η υψηλή πίεση έχει σαν αποτέλεσμα η θερμοκρασία του αέρα να φτάσει στους 550° C. Περίπου στο ANΣ του χρόνου συμπίεσης το καύσιμο εγχέεται κατευθείαν στον συμπιεσμένο αέρα μέσα στο θάλαμο καύσης. Αυτό γίνεται είτε σε τυπικό δακτυλιοειδές κενό στην κορυφή του θαλάμου καύσης είτε σε προθάλαμο αναλόγως με την σχεδίαση της μηχανής.

Το μπεκ ψεκασμού καυσίμου διασφαλίζει ότι το καύσιμο θα διασπαστεί σε μικρά σταγονίδια, καθώς και ότι το καύσιμο θα διανεμηθεί ομοιόμορφα. Η θερμότητα του συμπιεσμένου αέρα ατμοποιεί το καύσιμο από την επιφάνεια των σταγονιδίων. Έπειτα ο ατμός αναφλέγεται από την θερμότητα του συμπιεσμένου αέρα μέσα στο θάλαμο καύσης, τα σταγονίδια συνεχίζουν να ατμοποιούνται από την επιφάνειά τους και καίγονται, μικραίνοντας, μέχρι όλο το καύσιμο στα σταγονίδια να καεί. Η έναρξη της ατμοποίησης δημιουργεί μια περίοδο καθυστέρησης κατά τη διάρκεια της έναυσης, και το χαρακτηριστικό ήχο κροταλίσματος καθώς ο ατμός φτάνει τη θερμοκρασία ανάφλεξης και δημιουργεί μια απότομη αύξηση πίεσης πάνω από το πιστόνι. Η γρήγορη εκτόνωση των καυσαερίων ωθεί το πιστόνι προς τα κάτω, παρέχοντας δύναμη στον στροφαλοφόρο άξονα. Οι θερμικοί κινητήρες των μοντέλων αεροπλάνων χρησιμοποιούν μια παραλλαγή της αρχής λειτουργίας Diesel αλλά προαναμιγνύουν το καύσιμο με τον αέρα σε ένα σύστημα καρμπυρατέρ έξω από τον θάλαμο καύσης.

Όπως τα υψηλά επίπεδα πίεσης που εξασκούνται στον εισερχόμενο αέρα επιτρέπουν την καύση χωρίς κάποιο σύστημα ανάφλεξης, η υψηλή σχέση συμπίεσης αυξάνει κατά πολύ τη απόδοση της μηχανής. Η αύξηση της σχέσης συμπίεσης σε μία MEK με ανάφλεξη με μπουζί, όπου το καύσιμο αναμιγνύεται με τον αέρα πριν την είσοδό του στον κύλινδρο, περιορίζεται από την ανάγκη πρόληψης της καταστροφικής προανάφλεξης. Καθώς λοιπόν μόνο αέρας συμπιέζεται σε μία μηχανή Diesel και το καύσιμο δεν μπαίνει μέσα στο κύλινδρο παρά μόνο λίγο πριν το έμβολο



φτάσει στο ΑΝΣ, η προανάφλεξη δεν αποτελεί πρόβλημα και έτσι η σχέση συμπίεσης μπορεί να είναι πολύ υψηλή.

### **Πρώιμα συστήματα έγχυσης (ψεκασμού) καυσίμου**

Στο αρχικό σχέδιο της μηχανής του Diesel το καύσιμο ψεκαζόταν με τη βοήθεια συμπιεσμένου αέρα (από υπερσυμπιεστή), ο οποίος νεφελοποιούσε το καύσιμο και το ωθούσε μέσα στη μηχανή μέσω ενός ακροφύσιου (η ίδια αρχή λειτουργίας με τους ψεκαστήρες αεροζόλ). Το άνοιγμα του ακούσιου έκλεινε από μία βελονοειδή βαλβίδα η οποία ανυψωνόταν από τον εκκεντροφόρο άξονα για να εκκινήσει τον ψεκασμό πριν το ΑΝΣ. Αυτός ο τρόπος ονομάζεται air-blast injection (ψεκασμός με κύμα αέρα). Προκειμένου να οδηγηθεί αυτός ο υπερσυμπιεστής τριών σταδίων χρησιμοποιούσε κάποια ισχύ αλλά η απόδοση και η καθαρή ισχύς της μηχανής ήταν πολύ μεγαλύτερη από οποιασδήποτε άλλης μηχανής εκείνη την εποχή.

Οι Diesel μηχανές που χρησιμοποιούνται σήμερα συμπιέζουν το καύσιμο σε υπερβολικά μεγάλες πιέσεις μέσω μηχανικών αντλιών και το διανέμουν στο θάλαμο καύσης μέσω μπεκ που ενεργοποιούνται από την πίεση (pressure-activated injectors) χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση συμπιεσμένου αέρα. Με τις μηχανές Diesel άμεσου ψεκασμού, τα μπεκ ψεκάζουν το καύσιμο από 4 με 12 μικρές οπές πάνω στο ακροφύσιό του.

Οι πρώτες μηχανές Diesel με ψεκασμό υποβοηθούμενο από αέρα υπό πίεση, πάντοτε είχαν μία ανώτερη καύση χωρίς την απότομη αύξηση της πίεσης κατά τη διάρκεια της καύσης. Σήμερα γίνονται έρευνες και εφευρίσκονται πατέντες για να επανέλθει μια μορφή αυτού του συστήματος καύσης προκειμένου να μειωθούν τα οξειδία του αζώτου και γενικότερη ρύπανση, επιστρέφοντας στην αρχική εφαρμογή του Diesel με την ανώτερη καύση και ίσως την πιο ήσυχη λειτουργία. Οι μοντέρνες μηχανές Diesel έχουν διατηρήσει το αρχικό σχέδιο του Rudolf Diesel που χρησιμοποιεί την αύξηση της πίεσης στο θάλαμο καύσης για την έναυση του καυσίμου, με την εξέλιξη της τεχνολογίας να καταφέρνει σήμερα πολύ μεγαλύτερες πιέσεις μέσα στον κύλινδρο και πιο σωστή κατανομή του καυσίμου με όλο και πιο βελτιωμένα μπεκ.

### **Διανομή καυσίμου**

Ένα ζωτικής σημασίας εξάρτημα όλων των μηχανών Diesel είναι ο μηχανικός ή ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών (governor) ο οποίος στην ουσία ρυθμίζει τις στροφές του ρελαντί (ελάχιστες στροφές λειτουργίας) καθώς και τις μέγιστες στροφές της μηχανής ελέγχοντας την διανομή του καυσίμου. Αντίθετα από τις μηχανές του Otto, ο εισερχόμενος αέρας σε μια μηχανή Diesel δεν ελέγχεται από τροφοδοτική βαλβίδα αυξομείωσης στροφών (πεταλούδα γκαζιού) και έτσι χωρίς governor δεν μπορεί να επιτευχθεί σταθερό ρελαντί και η μηχανή μπορεί να ανεβάσει πολλές στροφές με αποτέλεσμα να υποστεί μεγάλες ζημιές. Τα μηχανικά ρυθμιζόμενα συστήματα ψεκασμού καυσίμου οδηγούνται από το σύμπλεγμα γραναζιών της μηχανής. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό από ελατήρια και βαρίδια για να ελέγξουν την διανομή του καυσίμου σε σχέση με το φορτίο και τις στροφές της μηχανής. Οι σύγχρονες ηλεκτρονικά ελεγχόμενες μηχανές Diesel ελέγχουν τη διανομή του καυσίμου με τη χρήση ενός ηλεκτρονικού εξαρτήματος ελέγχου (electronic control module - ECM) ή μιας ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου (electronic control unit - ECU). Η ECM / ECU λαμβάνει σήμα των στροφών της μηχανής, καθώς και άλλες παραμέτρους λειτουργίας όπως την πίεση στην πολλαπλή



εισαγωγής και τη θερμοκρασία του καυσίμου από ένα αισθητήρα και ελέγχει την ποσότητα του καυσίμου και τον χρονισμό της έναρξης του ψεκασμού μέσω διατάξεων ενεργοποίησης προκειμένου να αυξήσει την ισχύ και την απόδοση και να ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές ρύπων. Ο έλεγχος του χρονισμού της έναρξης ψεκασμού του καυσίμου στον κύλινδρο είναι το κλειδί για τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων καθώς και για την οικονομία του καυσίμου. Ο χρονισμός μετριέται σε μοίρες της γωνίας του στροφαλοφόρου άξονα πριν το ΑΝΣ. Για παράδειγμα εάν η ECM / ECU ξεκινήσει τον ψεκασμό του καυσίμου όταν ο στροφαλοφόρος άξονας είναι  $10^\circ$  πριν το πιστόνι φτάσει στο ΑΝΣ (TDC – top dead center), τότε λέμε ότι η έναρξη του ψεκασμού, ή ο χρονισμός, είναι  $10^\circ$  BTDC (before top dead center). Ο ιδανικός χρονισμός εξαρτάται από το σχεδιασμό της μηχανής καθώς και από τις στροφές και το φορτίο.

Η πρόωρη αρχή του ψεκασμού (αβάνς – από το αγγλικό advance), δηλαδή ψεκασμός πριν το πιστόνι φτάσει στο ΑΝΣ, έχει σαν αποτέλεσμα την άνοδο της πίεσης και της θερμοκρασίας μέσα στον κύλινδρο και κατά συνέπεια της απόδοσης, αλλά επίσης και του αυξημένου θορύβου καθώς και της αύξησης του παραγόμενου οξειδίου του αζώτου λόγω των μεγαλύτερων θερμοκρασιών καύσης. Η καθυστέρηση της αρχής του ψεκασμού προκαλεί ατελή καύση, μειώνοντας της απόδοση του καυσίμου και αυξάνοντας τον καπνό στη εξάτμιση, ο οποίος περιέχει σημαντική ποσότητα από άκαυστους υδρογονάνθρακες.

### **Σημαντικά πλεονεκτήματα**

Οι μηχανές Diesel έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι άλλων μηχανών εσωτερικής καύσης.

- Καίνε λιγότερο καύσιμο από έναν βενζινοκινητήρα αποδίδοντας το ίδιο έργο, λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας καύσης και της μεγαλύτερης σχέσης εκτόνωσης. Οι βενζινοκινητήρες τυπικά έχουν θερμοδυναμική απόδοση κοντά στο 25% ενώ οι μηχανές Diesel μετατρέπουν πάνω από το 30% της ενέργειας του καυσίμου σε μηχανικό έργο.
- Δεν έχουν να επιμεληθούν υψηλής τάσης ηλεκτρικό σύστημα έναυσης, πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα την υψηλή αξιοπιστία και την εύκολη προσαρμογή σε υγρά περιβάλλοντα. Επίσης η απουσία πηνίων, καλωδίων μπουζί κ.λπ. εξαλείφει μια πηγή εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων οι οποίες μπορεί να παρέμβουν με συστήματα πλοήγησης και επικοινωνίας, που είναι ιδιαίτερα σημαντικά σε ναυτικές και αεροπορικές εφαρμογές.
- Μπορούν να αποδώσουν πολύ περισσότερο από την ονομαστική τους ισχύ σε συνεχόμενη βάση σε σχέση με μια μηχανή βενζίνης.
- Η ζωή μιας μηχανής Diesel είναι περίπου διπλάσια από αυτή μιας μηχανής βενζίνης λόγω της αυξημένης αντοχής των υλικών που χρησιμοποιούνται. Επίσης το πετρέλαιο κίνησης (Diesel) έχει καλύτερες λιπαντικές ιδιότητες από τη βενζίνη.
- Το πετρέλαιο κίνησης θεωρείται πιο ασφαλές από την βενζίνη σε πολλές εφαρμογές. Αν και το πετρέλαιο καίγεται στον ανοιχτό αέρα με χρήση φιλιού, δεν εκρήγνυται και δεν απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες εύφλεκτων ατμών. Η χαμηλή τάση ατμών του πετρελαίου είναι εξαιρετικό πλεονέκτημα στις ναυτικές εφαρμογές, όπου η συσσώρευση εκρηκτικού μείγματος καυσίμου –



αέρα είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη. Για τον ίδιο λόγο οι μηχανές Diesel είναι απρόσβλητες από συγκεντρώσεις ατμών.

- Για οποιοδήποτε δεδομένο μερικό φορτίο η απόδοση του καυσίμου (καιόμενη μάζα προς παραγόμενη ενέργεια) μιας μηχανής Diesel παραμένει σχεδόν σταθερή, σε αντίθεση με τις μηχανές βενζίνης και τζετ που χρησιμοποιούν καύσιμο αναλογικά με την ισχύ που αποδίδουν.
- Παράγουν λιγότερη άχρηστη θερμότητα στο σύστημα ψύξης και εξαγωγής.
- Σε μια μηχανή Diesel η πίεση υπερτροφοδότησης περιορίζεται μόνο από την αντοχή των εξαρτημάτων της μηχανής και όχι από την προανάφλεξη του καυσίμου όπως γίνεται στις μηχανές βενζίνης.
- Οι εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου είναι μηδαμινές, για αυτό και οι μηχανές Diesel χρησιμοποιούνται σε υπόγεια ορυχεία.
- Το βιοντίζελ είναι ένα εύκολα σύνθετο καύσιμο, που δεν έχει για βάση το πετρέλαιο (μέσω κατάλληλης διαδικασίας) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατευθείαν σε πολλές μηχανές Diesel, ενώ για να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές βενζίνης, είτε χρειάζονται μετατροπές, είτε το χρησιμοποιούν σαν προσθετικό στην βενζίνη, πράγμα το οποίο κάνει τις μηχανές Diesel την προτιμώμενη επιλογή για την εξέλιξη των ΜΕΚ ως προς την οικολογία.

### **Μηχανικός και ηλεκτρονικός ψεκασμός**

Τον τελευταίο αιώνα έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές διαφορετικές διατάξεις ψεκασμού καυσίμου. Οι περισσότερες σύγχρονες μηχανές Diesel χρησιμοποιούν έναν εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος περιστρέφεται με τη μισή ταχύτητα από αυτή του στροφαλοφόρου άξονα, και αντλία καυσίμου, οδηγούμενη από το στροφαλοφόρο άξονα, υψηλής πίεσης με μηχανικά ανυψούμενα (μέσω του εκκεντροφόρου) μικρά ωστήρια (plungers). Για κάθε κύλινδρο, το ωστήριό του μετράει την ποσότητα του καυσίμου και καθορίζει το χρονισμό του κάθε ψεκασμού. Αυτές οι μηχανές χρησιμοποιούν μπεκ ψεκασμού τα οποία είναι βαλβίδες τανυσμένες με μεγάλη ακρίβεια οι οποίες ανοίγουν και κλείνουν σε συγκεκριμένη πίεση καυσίμου. Για κάθε κύλινδρο μια αντλία με μικρό ωστήριο (plunger pump) συνδέεται με το μπεκ με σωλήνα καυσίμου υψηλής πίεσης. Ο όγκος καυσίμου για κάθε μία ανάφλεξη ελέγχεται από μία κεκλιμένη εγκοπή πάνω στο ωστήριο το οποίο περιστρέφεται μόνο για κάποιες μοίρες εκτονώνοντας την πίεση και ελέγχεται από μηχανικό governor που αποτελείται από βαρίδια τα οποία περιστρέφονται με την ταχύτητα της μηχανής και συγκρατούνται από ελατήρια και ένα μοχλό. Τα μπεκ διατηρούνται ανοικτά λόγω της πίεσης του καυσίμου. Σε υψηλόστροφες μηχανές οι ωστηριακές αντλίες (plunger pumps) τοποθετούνται μαζί σε μία μονάδα. Κάθε σωλήνας καυσίμου υψηλής πίεσης πρέπει να έχει το ίδιο μήκος για να επιτευχθεί η ίδια καθυστέρηση πίεσης.

Μια πιο φθηνή διάταξη σε υψηλόστροφες μηχανές με λιγότερους από έξι κυλίνδρους είναι η χρήση αντλίας διανομής αξονικού πιστονιού (axial - piston), που αποτελείται από μια περιστρεφόμενη αντλία plunger που διανέμει καύσιμο σε μία βαλβίδα και σωλήνα για κάθε κύλινδρο (λειτουργικά ανάλογο με τον διανομέα – distributor – στις μηχανές Otto). Αυτό αντιτίθεται με την πιο σύγχρονη μέθοδο του να έχεις μία αντλία που παρέχει καύσιμο σε υψηλή πίεση συνεχόμενα σε μια κοινή γραμμή (κοινό σωλήνα καυσίμου) για κάθε μπεκ (το γνωστό common rail). Κάθε μπεκ διαθέτει ένα πολλαπλασιαστή που λειτουργεί μέσω ECU, με αποτέλεσμα τον πιο ακριβή χειρισμό του χρονισμού των μπεκ ο οποίος εξαρτώνται από άλλες συνθήκες χειρισμού όπως η ταχύτητα της μηχανής και το φορτίο, με αποτέλεσμα τις καλύτερες



επιδόσεις της μηχανής καθώς και την καλύτερη οικονομία καυσίμου. Αυτή η διάταξη επίσης είναι μηχανικά απλούστερη από το συνδυασμό αντλίας και βαλβίδας, κάνοντάς τη γενικά πιο αξιόπιστη και λιγότερο θορυβώδη.

Το μηχανικό όπως και το ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις άμεσες και στις έμμεσες διατάξεις ψεκασμού.

Οι παλαιότερες μηχανές Diesel με μηχανικές αντλίες ψεκασμού μπορεί να δούλευαν ακούσια αντίστροφα, όπως παρατηρούταν από μεγάλα ποσά αιθάλης που εξέρχονταν από τη εισαγωγή αέρα. Αυτό ήταν συχνά επακόλουθο της εκκίνησης ενός οχήματος με σπρώξιμο έχοντας επιλέξει λάθος ταχύτητα στο κιβώτιο. Οι μεγάλες Diesel μηχανές των πλοίων μπορούν να δουλέψουν και αντίστροφα.

### **Έμμεσος ψεκασμός**

Μια μηχανή Diesel εμμέσου ψεκασμού δίνει το καύσιμο σε έναν θάλαμο έξω από το θάλαμο καύσης, που ονομάζεται προθάλαμος ή αντιθάλαμος, στον οποίο η καύση ξεκινάει και έπειτα απλώνεται στον κυρίως θάλαμο καύσης, υποβοηθούμενη από τις αναταράξεις που δημιουργούνται στον θάλαμο. Αυτό το σύστημα επιτρέπει ομαλότερη και πιο ήσυχη λειτουργία της μηχανής, και επειδή η καύση υποβοηθιέται από τις αναταράξεις, τα μπεκ μπορούν να λειτουργούν σε χαμηλότερες πιέσεις κατά 100 bar, χρησιμοποιώντας μπεκ ψεκασμού μονή οπής. Τα μηχανικά συστήματα ψεκασμού επέτρεπαν υψηλόστροφη λειτουργία κατάλληλα για οχήματα δρόμου (τυπικά σε στροφές λειτουργίας γύρω στις 4000 rpm). Ο προθάλαμος είχε το μειονέκτημα να αυξάνει τις θερμικές απώλειες του συστήματος ψύξης της μηχανής, και να εμποδίζει την καύση συμπίεσης, που έριχνε την απόδοση του συστήματος κατά 5-10 %. Οι μηχανές εμμέσου ψεκασμού χρησιμοποιούνταν σε μικρής χωρητικότητας, υψηλόστροφες εφαρμογές όπως η αυτοκίνηση, η ναυτιλία, και οι κατασκευές, από τα 1950, μέχρι τα 1980 όπου η τεχνολογία του άμεσου ψεκασμού άρχισε να αναπτύσσεται. Οι μηχανές εμμέσου ψεκασμού είναι φθηνότερες στην κατασκευή και είναι ευκολότερο να κινήσουν ήρεμα και ομαλής λειτουργίας οχήματα, με ένα απλό μηχανικό σύστημα. Στα οχήματα δρόμου, οι περισσότεροι προτιμούν την υψηλότερη απόδοση και τις ευκολότερα ελεγχόμενες εκπομπές ρύπων του άμεσου ψεκασμού. Οι μηχανές εμμέσου ψεκασμού απαντώνται ακόμα σε μερικές εφαρμογές οχημάτων ATV (All Terrain Vehicle).

### **Άμεσος ψεκασμός**

Οι σύγχρονες μηχανές Diesel χρησιμοποιούν τις ακόλουθες μεθόδους άμεσου ψεκασμού:

Τα μπεκ άμεσου ψεκασμού τοποθετούνται στην κορυφή του θαλάμου καύσης. Το πρόβλημα με αυτές τις μηχανές είναι ο οξύς θόρυβος που παράγουν, γεγονός όμως που αντισταθμίζεται από την κατανάλωση καυσίμου, η οποία είναι 15 με 20% χαμηλότερη από αυτή των μηχανών εμμέσου ψεκασμού, πράγμα που έκανε τους αγοραστές να τις προτιμούν.

Αυτός ο τύπος μηχανών μεταμορφώθηκε από τον ηλεκτρονικό έλεγχο της αντλίας ψεκασμού. Η πίεση ψεκασμού ήταν ακόμα γύρω στα 300 bar, αλλά ο χρονισμός του ψεκασμού, η ποσότητα καυσίμου, και η πίεση της τουρμπίνας ήταν ηλεκτρονικά ελεγχόμενα. Αυτό έδωσε πιο ακριβή έλεγχο αυτών των παραμέτρων που διευκόλυναν την εξέλιξη και μείωσαν τις εκπομπές ρύπων.



## Άμεσος ψεκασμός Common Rail

Στα συστήματα common rail καταργούνται οι υψηλής πίεσης γραμμές καυσίμου και αντί αυτών υπάρχει μια αντλία που πρεσάρει το καύσιμο σε μία κοινή γραμμή (common rail) καυσίμου, στα 2.500 bar. Το common rail είναι ουσιαστικά ένας αγωγός που παρέχει καύσιμο σε κάθε ένα, ελεγχόμενο από υπολογιστή, μπεκ ψεκασμού ξεχωριστά, τα οποία περιέχουν ένα, πολύ προσεκτικά κατασκευασμένο, ακροφύσιο και ένα ωστήριο οδηγούμενο από σωληνοειδή ή πιεζοηλεκτρικό ενεργοποιητή.

## Τύποι Diesel μηχανών

Ο Rudolf Diesel είχε σαν σκοπό η μηχανή του να αντικαταστήσει τις μηχανές ατμού σαν κύρια πηγή ενέργειας για βιομηχανικές εφαρμογές. Έτσι οι μηχανές Diesel στα τέλη του 19ου και στις αρχές του 20ου αιώνα χρησιμοποιούσαν την ίδια βασική μηχανική διάταξη και μορφή όπως οι βιομηχανικές μηχανές ατμού, με μεγάλης διαδρομής κυλίνδρους, εξωτερικά συστήματα βαλβίδων, βάρτρα και ανοιχτό στροφαλοφόρο άξονα συνδεδεμένο σε ένα μεγάλο πλατό. Οι μικρότερες μηχανές κατασκευάζονταν με κάθετους κυλίνδρους, ενώ οι περισσότερες μεσαίες και μεγάλες μηχανές, βιομηχανικών εφαρμογών, κατασκευάζονταν με οριζόντιους κυλίνδρους, ακριβώς όπως γινόταν και με τις μηχανές ατμού. Οι μηχανές μπορούσαν να κατασκευαστούν με περισσότερους από έναν κυλίνδρους και στις δύο περιπτώσεις. Οι μεγαλύτερες πρώιμες μηχανές Diesel, εξομοίωναν την παλινδρομική μηχανή ατμού τριπλής εκτόνωσης, που ήταν πολλά μέτρα σε ύψος με τους κάθετους κυλίνδρους τοποθετημένους στη σειρά. Αυτές οι πρώτες μηχανές λειτουργούσαν σε πολύ χαμηλές στροφές λόγω των περιορισμών που υπήρχαν στα μπεκ καυσίμου που χρησιμοποιούνταν εκείνη την εποχή, αλλά και λόγω της συμβατότητας με την πλειονότητα του βιομηχανικού εξοπλισμού που είχε σχεδιαστεί για χρήση με τις μηχανές ατμού που λειτουργούσαν σε στροφές μεταξύ 100 και 300 rpm.

Οι μηχανές αυτές εκκινούσαν με την παροχή αέρα υπό πίεση μέσα στους κυλίνδρους για να περιστραφεί η μηχανή, αν και οι μικρότερες μηχανές μπορούσαν να πάρουν μπροστά με το χέρι.

Στις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, όπου οι μεγάλες μηχανές Diesel άρχισαν να χρησιμοποιούνται, πήραν μια μορφή όμοια με τις μηχανές ατμού, κοινές εκείνη την εποχή, με το πιστόνι να συνδέεται με την μπίελα μέσω βάρτρου. Ακολουθώντας τη λογική κατασκευής των ατμομηχανών, οι κατασκευαστές κατασκεύασαν διπλής ενέργειας δίχρονης και τετράχρονης μηχανές για να αυξήσουν την απόδοση, με την καύση να πραγματοποιείται και στις δύο πλευρές του πιστονιού, με δύο σετ βαλβίδων και μπεκ. Ενώ όμως παρήγαγαν μεγάλη δύναμη, και ήταν πολύ αποδοτικές, το βασικό τους πρόβλημα ήταν η καλή στεγανότητα και έτσι σταμάτησε η παραγωγή τους. Γύρω στα 1930 προσαρμόστηκαν και στροβιλοσυμπιεστές (turbochargers) σε μερικές μηχανές. Τα βάρτρα συνέχισαν να χρησιμοποιούνται για να μειωθούν οι φθορές στις μεγάλης διαδρομής κύριες μηχανές για ναυτικές εφαρμογές.

Όπως με τους βενζινοκινητήρες, έτσι και εδώ έχουμε δύο τύπους: δίχρονης και τετράχρονης μηχανές. Η τετράχρονη μηχανή είναι η κλασική εκδοχή, που πηγαίνει πίσω πολλά χρόνια στην πρωτότυπη μηχανή Diesel από τον Rudolf Diesel. Είναι επίσης η πιο διαδεδομένη χρήση μηχανή, και είναι η προτιμητέα πηγή δύναμης για πολλά οχήματα, και ιδιαίτερα λεωφορεία και φορτηγά. Οι μεγαλύτερες μηχανές Diesel



που χρησιμοποιούνται για τράινα και πλοία, είναι συνήθως δίχρονες μηχανές, που προσφέρουν πιο επιθυμητή αναλογία δύναμης-βάρους, καθώς και καλύτερη οικονομία καυσίμου. Οι πιο δυνατές μηχανές του κόσμου είναι δίχρονες Diesel τεραστίων διαστάσεων.

Η λειτουργία των δίχρονων Diesel είναι παρόμοια με αυτή των δίχρονων βενζινοκινητήρων, με τη μόνη διαφορά ότι το καύσιμο δεν αναμειγνύεται με τον αέρα πριν την εισαγωγή, και έτσι ο στροφαλοθάλαμος δεν παίζει ενεργό ρόλο στον κύκλο λειτουργίας.

Τα παραδοσιακά δίχρονα μοντέλα, βασίζονται σε μηχανικά οδηγούμενο blower θετικής χωρητικότητας, για να γεμίσει τον κύλινδρο με αέρα πριν την συμπίεση και την ανάφλεξη. Αυτή η διαδικασία "σπρωξίματος" βοηθάει τον καθαρισμό των προϊόντων καύσης (καυσαερίων) που παραμένουν από την προηγούμενη καύση. Στο αρχέτυπο της σύγχρονης μορφής δίχρονης Diesel το blower συμπιέζει αέρα σε ένα θάλαμο μέσα στο μπλοκ της μηχανής που ονομάζεται "air box".

Σε μια δίχρονη Diesel μηχανή καθώς το πιστόνι του κυλίνδρου πλησιάζει το ΚΝΣ οι θυρίδες ή βαλβίδες εξαγωγής αποκαλύπτονται ή ανοίγουν αντίστοιχα, εκτονώνοντας την περισσότερη από την περίσσεια πίεση και αμέσως μετά αποκαλύπτεται μία δίοδος μεταξύ του air box και του κυλίνδρου επιτρέποντας τη ροή αέρα μέσα στον κύλινδρο. Αυτή η ροή αέρα σπρώχνει τα εναπομείναντα καυσαέρια εκτός κυλίνδρου. Αυτή είναι η διαδικασία σάρωσης. Καθώς το πιστόνι περνάει από το ΚΝΣ και κατευθύνεται προς τα επάνω, η δίοδος καλύπτεται και η συμπίεση ξεκινά, καταλήγοντας στην έγχυση καυσίμου και την ανάφλεξη.

Συνήθως ο αριθμός κυλίνδρων που χρησιμοποιείται είναι πολλαπλάσιος των δύο, αν και οποιοσδήποτε αριθμός κυλίνδρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρκεί ο στροφαλοφόρος άξονας να φορτίζεται ισομερώς ώστε να αποτρέπονται επιπλέον κραδασμοί. Το σχέδιο με 6 κυλίνδρους σε σειρά είναι το πιο αποδοτικό σε ελαφριές και μεσαίες μηχανές, αν και μικρές V8 και μεγαλύτερες εν σειρά 4 είναι επίσης συνηθισμένες. Η επιθυμία να βελτιωθεί η σχέση δύναμης-βάρους οδήγησε στην δημιουργία διαφόρων διατάξεων κυλίνδρων ώστε να εξαχθεί περισσότερη δύναμη από δεδομένη χωρητικότητα. Η μηχανή ενιαίας ροής αντικριστών πιστονίων χρησιμοποιεί δύο πιστόνια σε έναν κύλινδρο με την κοιλότητα της συμπίεσης στο κέντρο και τις εισαγωγές και εξαγωγές του καυσίμου στα τέρματα. Αυτό φτιάχνει μια συγκριτικά ελαφριά, δυνατή, ευέλικτη, και οικονομική μηχανή ταιριαστή για χρήση στην αεροπλοΐα.

### **Γεννήτρια Καυσαερίων Sulzer (Sulzer gas generator)**

Πριν το 1950, η Sulzer άρχισε να πειραματίζεται με δίχρονες μηχανές με πίεση υπερπλήρωσης κοντά στις 6 ατμόσφαιρες, της οποίας η παραγόμενη δύναμη ήταν από μια τουρμπίνα καυσαερίων. Τα δίχρονα πιστόνια κατευθείαν ωθούσαν πιστόνια αεροσυμπιεστή για να δημιουργηθεί μια θετικής χωρητικότητας γεννήτρια καυσαερίων. Τα απέναντι πιστόνια συνδέονταν με συνδέσμους αντί για στροφάλους. Πολλές από αυτές τις μονάδες μπορούσαν να συνδεθούν μαζί για να παρέχουν καύσιμο ισχύος σε μία μεγάλη τουρμπίνα. Η ολική θερμική απόδοση ήταν σχεδόν η διπλή μιας απλής τουρμπίνας καυσαερίων.



## **Diesel μηχανές χαμηλών στροφών**

Γνωστές και ως βραδύστροφες ή κλασικές μηχανές λαδιού, οι μεγαλύτερες μηχανές Diesel χρησιμοποιούνται κυρίως για κινήσουν πλοία, αν και υπάρχουν και ορισμένες εφαρμογές παραγωγής ενέργειας στη στεριά. Αυτές η υπερβολικά μεγάλες μηχανές δίχρονες μηχανές παράγουν περίπου 114000 ίππους, λειτουργούν σε ένα εύρος στροφών από 60 μέχρι 200 rpm, είναι περίπου 15m σε ύψος, και ζυγίζουν περίπου 1800 τόνους.

Τυπικά χρησιμοποιούν συνήθως άμεσο ψεκασμό λειτουργώντας με φθινό βαρύ καύσιμο γνωστό και ως bunker C fuel, το οποίο απαιτεί θέρμανση μέσα στο πλοίο για αποθήκευσή του στις δεξαμενές καυσίμου, καθώς και πριν τον ψεκασμό λόγω του υψηλού του ιξώδους. Η ζέστη για την θέρμανση του καυσίμου παρέχεται από boiler ανάκτησης άχρηστης θερμότητας που βρίσκονται στην εξαγωγή καυσαερίων της μηχανής, και τα οποία παράγουν ατμό που απαιτείται για την θέρμανση του καυσίμου. Δεδομένου ότι το σύστημα καυσίμου διατηρείται ζεστό και το καύσιμο κυκλοφορεί σωστά, οι μηχανές μπορούν να εκκινήσουν και να σταματήσουν με βαρύ καύσιμο.

Οι μεγάλες και μεσαίες ναυτικές μηχανές Diesel εκκινούν με συμπιεσμένο αέρα κατευθείαν στα πιστόνια.

Ο αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο ώστε να εκκινήσει την μηχανή πρόσω ή ανάποδα, καθώς ο στρόφαλος είναι άμεσα συνδεδεμένος με την προπέλα, χωρίς συμπλέκτη ή κιβώτιο ταχυτήτων, και για να παραχθεί ανάποδη πρόωση είτε η μηχανή πρέπει να περιστραφεί αντίθετα, είτε το πλοίο να διαθέτει κάποιο σύστημα για την προπέλα. Χρειάζονται το πολύ 3 κύλινδροι σε δίχρονες μηχανές ή 6 σε τετράχρονες, ώστε να παρέχεται ροπή κάθε 120 μοίρες γωνίας στροφάλου.

Εταιρίες όπως η MAN B&W και η Wartsila σχεδιάζουν τέτοιες μεγάλες βραδύστροφες μηχανές. Είναι συνήθως στενές και ψηλές λόγω της διάταξής τους με βάρτρα. Τυπικά η διάμετρος του πιστονιού σε τέτοιες μηχανές κυμαίνεται από 35 μέχρι 98 cm. Από το 2008 και μετά όλες οι βραδύστροφες μηχανές παράγονται με βάρτρα σε διάταξη εν σειρά, έχοντας σταματήσει την παραγωγή των διατάξεων V.

## **Υπερτροφοδότηση με κομπρέσορα ή με τουρμπίνα**

Οι περισσότερες μηχανές Diesel είναι υπερτροφοδοτούμενες από τουρμπίνα και μερικές είναι με τουρμπίνα και κομπρέσορα ταυτόχρονα. Επειδή οι μηχανές Diesel δεν έχουν καύσιμο μέσα στον κύλινδρο πριν την έναρξη της καύσης, περισσότερο από 1 bar αέρα μπορεί να φορτωθεί στον κύλινδρο χωρίς να δημιουργηθεί προανάφλεξη. Μια υπερτροφοδοτούμενη μηχανή μπορεί να παράγει σημαντικά μεγαλύτερη δύναμη από μια ατμοσφαιρική μηχανή της ίδιας διάταξης, καθώς το να υπάρχει περισσότερος αέρας στον κύλινδρο συνεπάγεται περισσότερο καύσιμο, και έτσι μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας. Ο κομπρέσορας παίρνει κίνηση μηχανικά από τον στρόφαλο της μηχανής, ενώ η τουρμπίνα παίρνει κίνηση από τα καυσαέρια της μηχανής, χωρίς να χρειάζεται μηχανική μετάδοση κίνησης. Η υπερτροφοδότηση με τουρμπίνα μπορεί να βελτιώσει την οικονομία καυσίμου των μηχανών Diesel ανακτώντας την άχρηστη θερμότητα των καυσαερίων, αυξάνοντας την αναλογία απόδοσης της μηχανής σε σχέση με τις απώλειες λόγω τριβών. Μια δίχρονη μηχανή δεν έχει χρόνο εξαγωγής και εισαγωγής. Αυτές οι ενέργειες πραγματοποιούνται στο ΚΝΣ, και έτσι οι μεγάλες δίχρονες μηχανές έχουν μια αντλία πιστονιού ή ηλεκτρικά ελεγχόμενη τουρμπίνα για την έναρξη της μηχανής. Επειδή οι υπερτροφοδοτούμενες μηχανές παράγουν περισσότερη δύναμη από τις αντίστοιχες ατμοσφαιρικές ίδιου



μεγέθους, πρέπει να δίνεται μεγαλύτερη προσοχή στη μηχανική σχεδίαση των εξαρτημάτων, τη λίπανση, και την ψύξη ώστε η μηχανή να διαχειριστεί την παραπάνω αυτή δύναμη. Τα πιστόνια συνήθως ψύχονται με λιπαντικό λάδι το οποίο ψεκάζεται κάτω από το πιστόνι.

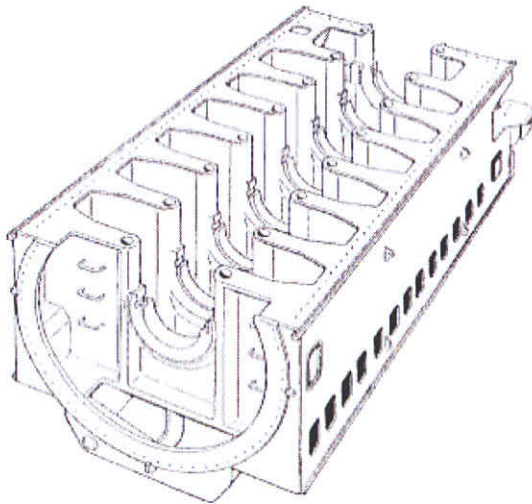
Οι μεγάλες μηχανές μπορεί να χρησιμοποιούν νερό, θαλασσινό νερό ή λάδι που παρέχεται από τηλεσκοπικό σωλήνα πάνω στο βάκτρο.



## 2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Επιμέρους κομμάτια της μηχανής με περιγραφή αυτών λειτουργία-συνεργασία των κομματιών

#### Βάση έδρασης της μηχανής (The bedplate)



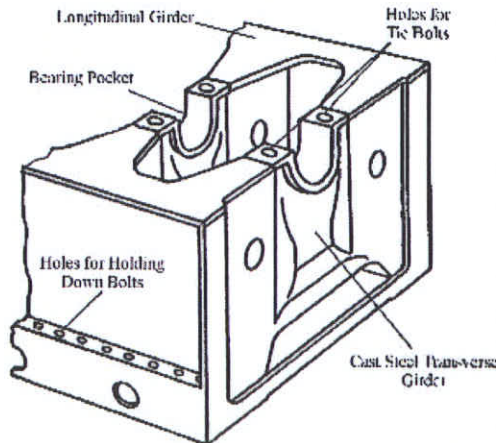
Η βάση του στροφαλοθαλάμου (bedplate) είναι το θεμέλιο πάνω στο οποίο χτίζεται ο δίχρονος κινητήρας (κύρια μηχανή). Πρέπει να είναι αρκετά δύσκαμπτο ώστε να υποστηρίξει το βάρος της υπόλοιπης μηχανής, και να συγκρατεί το στροφαλοφόρο, που κάθεται μέσα στα περιβλήματα των κουζινέτων μέσα στις εγκάρσιες δοκούς (τραβέρσες), σε πλήρη ευθυγράμμιση. Ταυτόχρονα πρέπει να είναι αρκετά ελαστικό ώστε να έχει μια σχετική κίνηση και ευκαμψία με την θεμέλια πλάκα στη οποία εδράζεται και η οποία αποτελεί κομμάτι της δομής του πλοίου.

Αν το bedplate ήταν πολύ δύσκαμπτο, τότε όταν θα καμπτόταν η γάστρα του πλοίου, οι

βίδες της βάσης, που συγκρατούν την μηχανή στο πλοίο, θα ήταν πιθανό να σπάσουν, και εκεί θα υπήρχε κίνδυνος να ραγίσει το bedplate.

Βασικά το bedplate αποτελείται από δύο διαμήκεις δοκούς που διατρέχουν το μήκος της μηχανής. Αυτές τις διαμήκεις δοκούς τις ενώνουν οι εγκάρσιες δοκοί (τραβέρσες) που βρίσκονται μεταξύ κάθε ενός στροφάλου, και σε κάθε μία πλευρά του ωστικού κολάρου. Μέσα στις εγκάρσιες δοκούς (τραβέρσες), είναι ενσωματωμένες οι θήκες των κουζινέτων βάσης, πάνω στα οποία γυρνάει ο στροφαλοφόρος άξονας.

Σε μηχανές μικρής διαμέτρου (εμβόλου), το bedplate μπορεί να κατασκευαστεί από χυτοσίδηρο ως ένα κομμάτι. Οι μεγαλύτερες μηχανές έχουν



συναρμολογημένο bedplate. Αυτό σημαίνει ότι αποτελείται από χάλυβδινα τμήματα, καλουπώματα και πλάκες.

Αυτός ο χάλυβας που χρησιμοποιείται είναι προδιαγραφών χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, μέχρι 0.23%.

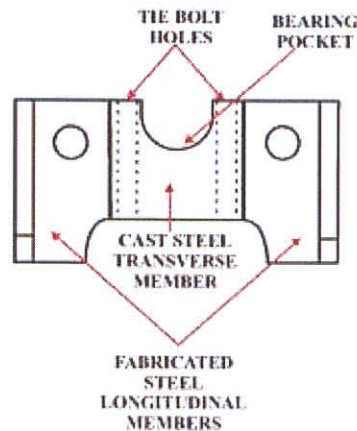
Παλαιότερα συναρμολογημένα bedplates είχαν τμηματικές διαμήκεις δοκούς και εγκάρσιες δοκούς σε σχήμα κουτιών. Σε αυτές τις περιπτώσεις αντιμετωπίζονταν προβλήματα με ραγίσματα στις εγκάρσιες δοκούς (τραβέρσες), τα οποία αυξάνονταν όσο μεγάλωναν οι



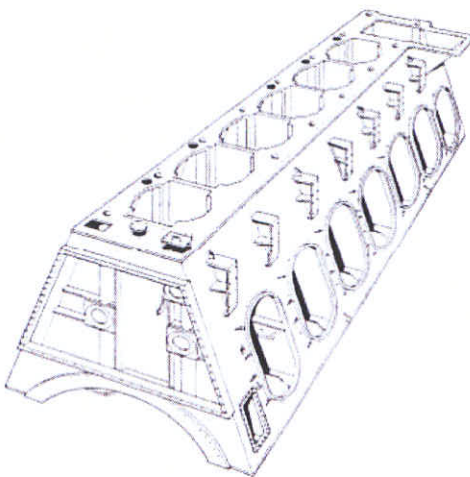
ιπποδυνάμεις και οι στρόφαλοι με το πέρασμα των χρόνων.

Τα καινούργια bedplates κατασκευάζονται από συγκολλημένες διαμήκεις δοκούς με τα τμήματα εγκάρσιων δοκών από χυτοχάλυβα, που περιέχουν τις φωλιές των κουζινέτων και τις τρύπες των βιδών προσδέσεως συγκολλημένα στη θέση τους. Μετά την κατασκευή του, το bedplate απαλλάσσεται από καταπονήσεις και τάσεις (μέσω ανόπτησης), και οι θήκες των ρουλεμάν και οι επιφάνειες επαφής δέχονται μηχανουργική κατεργασία.

Το bedplate πρέπει να επιθεωρείται τακτικά για σημάδια ρωγμών. Τέτοιες ρωγμές μπορούν να σημειωθούν στις συγκολλήσεις που ενώνουν τις τραβέρσες στις διαμήκεις δοκούς, καθώς και κάτω από τις θήκες των ρουλεμάν, όπου οι ρωγμές μπορεί να είναι ακτινικές ή να ακολουθούν την ακμή της θήκης. Οι αιτίες για τέτοιες ρωγμές μπορεί να είναι τόσο οι ελαττωματικές μέθοδοι κατασκευής τους, όσο και η ανομοιόμορφη φόρτωση/υπερφόρτωση των μονάδων της μηχανής, χαλαρωμένες συσφικτηκές βίδες ή χαλαρωμένες βίδες βάσης.



### Πλαίσιο σκελετού (The Frame Box)



Αλλιώς γνωστά και σαν A frames (λόγω σχήματος). Αυτά φέρουν τους οδηγούς των βάκτρων και υποστηρίζουν το μπλοκ των κυλίνδρων. Σε παλαιότερες μηχανές συναρμολογούνταν κάθε ένα ξεχωριστά πάνω στο κάτω μέρος του στροφαλοθαλάμου (bedplate) ακριβώς πάνω από τις εγκάρσιες δοκούς (τραβέρσες). Όταν ενώνονταν με πλάκες σχημάτιζαν το στροφαλοθάλαμο. Η τάση σήμερα είναι το “κουτί των πλαισίων” (A

frame) να χτίζεται σαν ξεχωριστή συγκολλημένη κατασκευή και μετά, αφού απαλλαχθεί από καταπονήσεις και τάσεις (μέσω ανόπτησης) και αφού κατεργαστούν οι επιφάνειες επαφής, να τοποθετείται πάνω στο bedplate. Αυτό έχει το πλεονέκτημα της



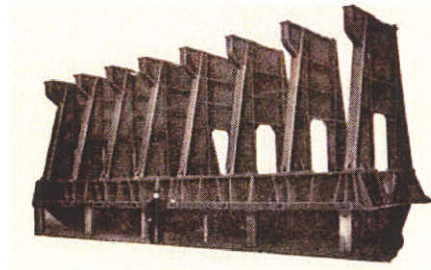
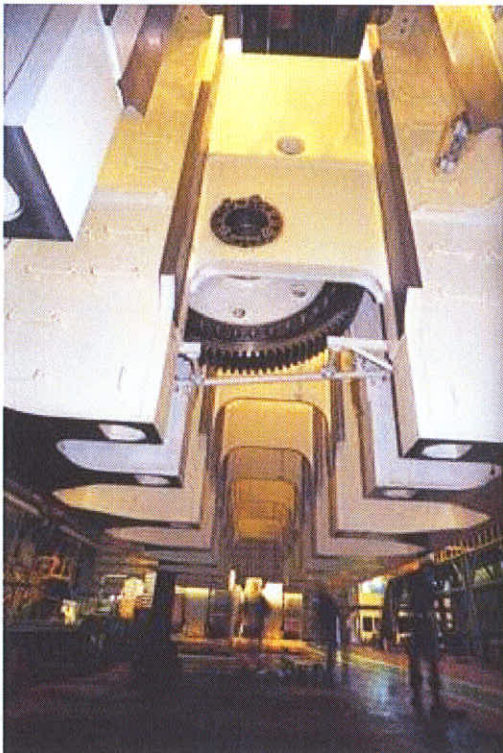


μείωσης βάρους της όλης κατασκευής.

Όταν το A frame έρχεται σε επαφή με το bedplate ανάμεσά τους βάζουμε μια μικρή ποσότητα συγκολλητικής ουσίας για να μας διασφαλίσει μια στεγανή από λάδια συναρμογή των δύο κομματιών.

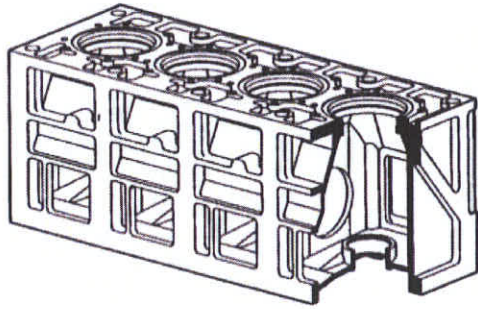
Όταν το A frame και το bedplate ευθυγραμμιστούν, ασφαρίζονται μεταξύ τους ανοίγοντας διαμπερείς οπές με κωνική διεύρυνση και χρησιμοποιώντας βίδες συναρμολόγησης.

Μπορούν να σημειωθούν ρωγμές στα A frames που οδηγούν στο να χαθεί η ευθυγράμμιση, καθώς και σε εκτεταμένη φθορά του λειτουργικού εξοπλισμού της μηχανής. Οι ρωγμές μπορεί να ξεκινήσουν από τις συγκολλήσεις, από απότομες αλλαγές στα τμήματα, και εκεί που τα ενισχυτικά νεύρα σταματάνε απότομα. Η επισκευή τους περιλαμβάνει το κόψιμο του κομματιού που έχει τη ρωγμή, τρόχισμα του σημείου που αφαιρέθηκε υλικό, και επανασυγκόλληση. Ο κίνδυνος όμως να μην είναι ευθυγραμμισμένα το A frame και το bedplate μεταξύ τους παραμένει και μετά την επισκευή.





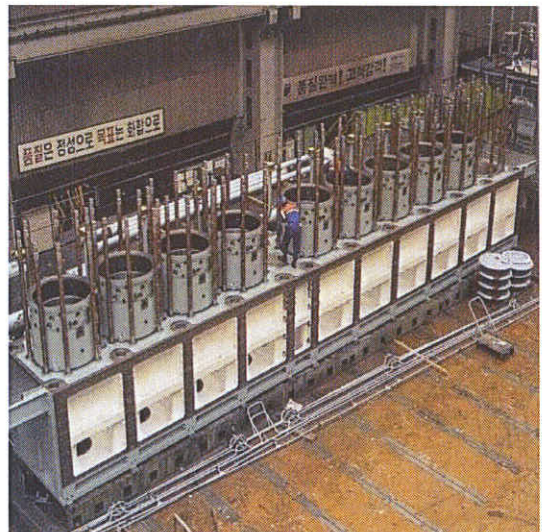
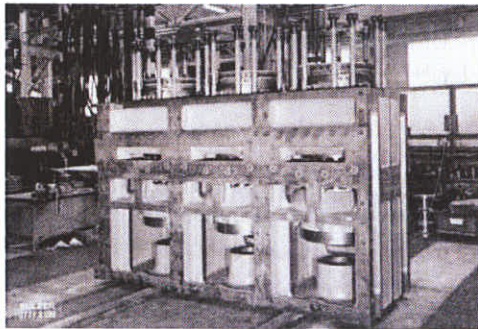
## Κορμός μηχανής (The entablature)



Entablature είναι το όνομα που έχει δοθεί στο μπλοκ των κυλίνδρων (κορμός) που περιλαμβάνει τον χώρο για τον αέρα σάρωσης και τον χώρο για το νερό ψύξης. Συνιστά το χώρο στέγασης των χιτωνίων και είναι κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο.

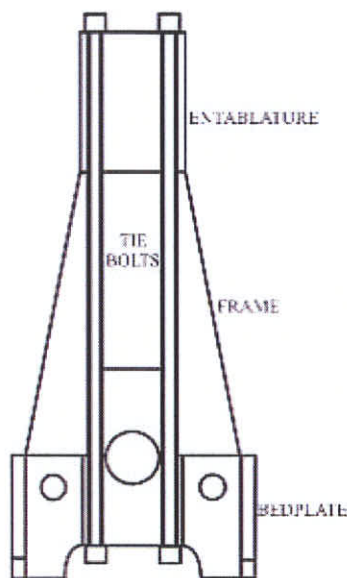
Τα καλούπια είναι είτε για ξεχωριστούς κυλίνδρους οι οποίοι μετά από επεξεργασία στις επιφάνειες επαφής, βιδώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν τη δοκό των κυλίνδρων, είτε είναι για μονάδες πολλαπλών κυλίνδρων οι οποίες δένονται μεταξύ τους με βίδες. Η κάτω πλευρά της δοκού των κυλίνδρων (μπλοκ) επεξεργάζεται (πλάνισμα) και έπειτα ευθυγραμμίζεται πάνω στο A frame και στερεώνεται εκεί με βίδες συναρμολόγησης.

Είναι σημαντικό να μην ξεχνάμε πως όλες αυτές οι βίδες που αναφέραμε για το μπλοκ των κυλίνδρων, το A frame και το bedplate, χρησιμοποιούνται για ευθυγράμμιση και τοποθέτηση μόνο. Δεν είναι σχεδιασμένες να αντισταθούν στις δυνάμεις καύσης της μηχανής που τείνουν να χωρίσουν αυτά τα τρία εξαρτήματα. Αυτή είναι η δουλειά των βιδών σύσφιξης.





## Ενδέτες (The Tie Bolts)

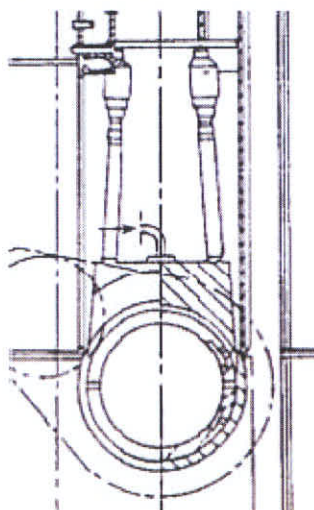
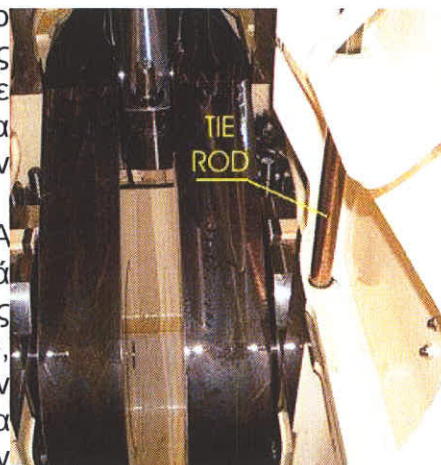


Για να εκτιμήσουμε το σημαντικό ρόλο που παίζουν οι βίδες (ή βέργες) σύσφιξης, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τι συμβαίνει μέσα στον κύλινδρο της μηχανής.

Όταν το πιστόνι (έμβολο) βρίσκεται λίγο μετά το άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ) η πίεση μέσα στον κύλινδρο μπορεί να ανέβει μέχρι τα 140 bar (14000 kN/m<sup>2</sup>). Αυτή η δύναμη ενεργεί μέσω του βάκτρου και του διωστήρα, πιέζοντας τον στροφαλοφόρο άξονα πάνω στις φωλιές των κουζινέτων. Ταυτόχρονα η πίεση δρα προς τα πάνω, τείνοντας να σηκώσει το καπάκι του κυλίνδρου. Αυτό αποτρέπεται από τις βίδες (μποζόνια) του καπακιού του κυλίνδρου που είναι βιδωμένες στο μπλοκ, και έτσι η δύναμη που ασκείται προς τα πάνω προσπαθεί να σηκώσει το μπλοκ από το A frame και αυτό από το bedplate τεντώνοντας έτσι τις βίδες συναρμολόγησης/τοποθέτησης.

Όταν το πιστόνι (έμβολο) κινείται προς τα κάτω, η πίεση στον κύλινδρο πέφτει, και έπειτα ξαναεβαίνει καθώς το πιστόνι αλλάζει κατεύθυνση και κινείται προς τα πάνω κατά το χρόνο συμπίεσης. Αυτό σημαίνει ότι οι βίδες συναρμολόγησης καταπονούνται κυκλικά σε φορτία. Επειδή λοιπόν δεν είναι σχεδιασμένες να αντέχουν τέτοια φορτία, σύντομα θα αστοχήσουν με καταστροφικές συνέπειες.

Για να κρατηθούν λοιπόν το bedplate, τα A frames και το μπλοκ των κυλίνδρων σταθερά μεταξύ τους σε συμπίεση, και για να μεταδίδουν τις δυνάμεις της ανάφλεξης πίσω στο bedplate, εφαρμόζονται διαμέσου των τριών αυτών εξαρτημάτων μακριές βίδες σύσφιξης, που έπειτα σφίγγονται υδραυλικά. Για να αποτραπούν μεγάλες καμπτικές ροπές στις εγκάρσιες δοκούς, οι βίδες σύσφιξης τοποθετούνται όσο πιο κοντά γίνεται στον στροφαλοφόρο άξονα. Επειδή λοιπόν οι βίδες σύσφιξης είναι τόσο κοντά στο στροφαλοφόρο άξονα, σε ορισμένες μηχανές χρησιμοποιούνται



jack bolts προκειμένου να κρατηθεί το καβαλέτο των κουζινέτων στη θέση του, αντί για τα συμβατικά μποζόνια με παξιμάδια.

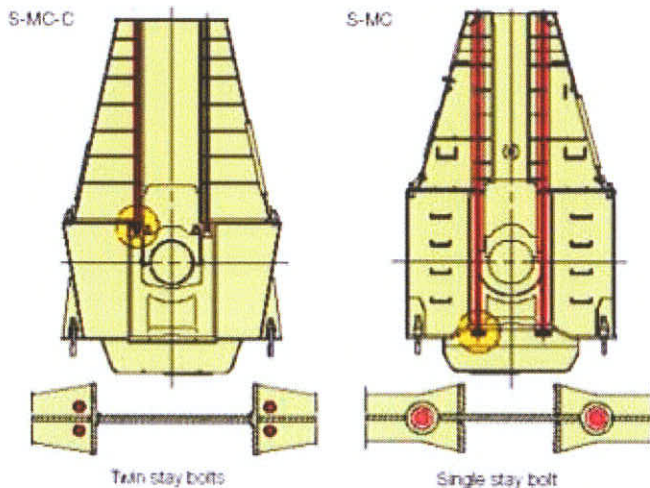
Λειτουργία της μηχανής με χαλαρές βίδες σύσφιξης θα έχει σαν αποτέλεσμα οι βίδες συγκράτησης, που κρατούν το bedplate, τα A frames και το μπλοκ σε ευθυγράμμιση να καταπονηθούν σε εφελκυσμό και να σπάσουν. Οι επεξεργασμένες επιφάνειες επαφής θα τριφτούν μεταξύ τους, θα διαβρωθούν και θα φθαρούν (αυτή η διαδικασία είναι γνωστή και ως fretting). Όταν αυτό συμβεί, η ευθυγράμμιση των λειτουργούντων μερών της μηχανής καταστρέφεται. Χαλαρές βίδες σύσφιξης θα προκαλέσουν επίσης λυγισμός στις εγκάρσιες δοκούς με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρωγμών και την απώλεια ευθυγράμμισης στα κύρια κουζινέτα.

Όταν ανάμεσα σε δύο επιφάνειες που εφάπτονται



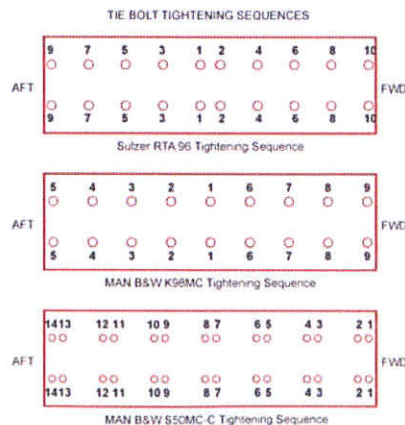
υπάρξει fretting, η δύναμη σύσφιξης των βιδών σύσφιξης θα τραβήξει τη μηχανή εκτός ευθυγράμμισης. Οι οδηγοί των σταυρών, τα χιτώνια, και τα stuffing box, δεν θα είναι πλέον ευθυγραμμισμένα και θα προκληθεί εκτεταμένη φθορά. Επειδή οι βίδες σύσφιξης δεν θα φορτίζονται πλέον σωστά (κατά μήκος), θα υπόκεινται σε δυνάμεις που μπορεί να οδηγήσουν σε σπάσιμο των βιδών. Εάν έχει λάβει χώρα fretting τότε η μόνη λύση είναι να αφαιρεθούν το μπλοκ ή/και τα A frames και να επεξεργαστούν (με πλάνισμα) οι επαπτόμενες επιφάνειες, μια εργασία πολύ δαπανηρή.

Οι βίδες σύσφιξης μπορεί να σπάσουν κατά την επισκευή. Για να μειωθεί το ρίσκο να συμβεί κάτι τέτοιο, πρέπει να ελέγχονται για το σφίξιμό τους, να μην είναι υπερβολικά σφιγμένες, και η μηχανή να μην είναι υπερφορτωμένη. Εάν συμβεί σπάσιμο, δεν είναι καταστροφικό, καθώς η μηχανή μπορεί να λειτουργήσει με προσοχή για ένα μικρό χρονικό διάστημα (το φορτίο της μηχανής μπορεί να χρειαστεί να μειωθεί). Ανάλογα με τη θέση στην οποία έχει επέλθει η θραύση θα ακολουθήσουμε και τον κατάλληλο τρόπο εξαγωγής των σπασμένων κομματιών. Ωστόσο στη χειρότερη των περιπτώσεων, όπου η βίδα θα έχει σπάσει ακριβώς στη μέση, μία λύση είναι να αφαιρέσουμε το πάνω μισό (χρησιμοποιώντας το γερανό του μηχανοστασίου), να αφαιρέσουμε το κάτω περικόχλιο, και έπειτα να τροφοδοτήσουμε μια θηλιά από συρματόσχοινο (διαμέτρου περίπου 7mm ), μέσα στον αγωγό της βίδας και όταν βγει από την κάτω πλευρά, να της ταιριάξουμε ένα κομμάτι υποστήριξης επιτρέποντάς να απομακρύνουμε το κάτω μισό της σπασμένης βίδας.



Στις μηχανές MAN B&W MC-C, οι βίδες δεν περνάνε διαμέσου των εγκάρσιων δοκών (τραβέρσες) του bedplate κατά τον παραδοσιακό τρόπο. Αντ' αυτού υπάρχουν δύο ζεύγη βιδών σύσφιξης, που περνάνε και από τις δύο πλευρές κάθε πλάκας του A frame, και βιδώνονται πάνω στις εγκάρσιες δοκούς (τραβέρσες). Αυτό λέγεται ότι την παραμόρφωση του bedplate κατά τη λειτουργία της μηχανής.

Όταν ελέγχουμε τη σύσφιξη των βιδών, ανατρέχουμε στις οδηγίες του κατασκευαστή για τις ροπές σύσφιξης και τη σειρά με την οποία πρέπει να ελεγχθούν. Η κανονική σειρά είναι από το κέντρο προς τα έξω, ελέγχοντας τις βίδες ανά ζεύγη. Οι μηχανές MC-C με τις διπλές βίδες σύσφιξης, αποτελούν εξαίρεση, ξεκινώντας από τη μπροστινή πλευρά της μηχανής και καταλήγοντας στην πίσω. Εάν η μηχανή χρησιμοποιεί jack bolts για τα καβαλέτα των κουζινέτων τότε αυτές πρέπει να λασκαριστούν πριν σφιχτούν οι βίδες σύσφιξης.



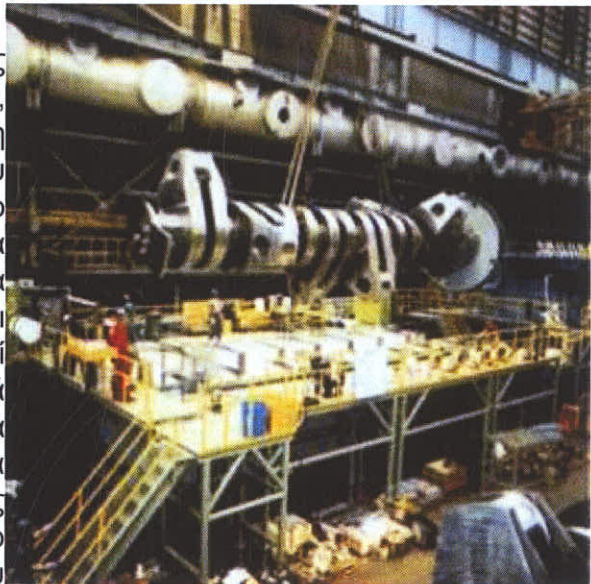


## Στροφαλοφόρος άξονας (The Crankshaft)



Ο στροφαλοφόρος άξονας στις σύγχρονες μεγάλες δίχρονες μηχανές με βάρτρα, μπορεί να ζυγίζει πάνω από 300 τόνους. Είναι πολύ μεγάλοι για να κατασκευαστούν σαν ένα κομμάτι, και έτσι κατασκευάζονται ενώνοντας μεταξύ τους ξεχωριστά μεμονωμένα σφυρηλατημένα τμήματα. Σε παλαιότερες μηχανές χρησιμοποιούνταν η αποκαλούμενη μέθοδος πλήρους χτισίματος. Αυτή αποτελούνταν από ξεχωριστή σφυρηλάτηση των παρειών (κιθάρων) του στροφάλου, των κομβίων και των κυρίων εδράνων. Τα κομβία και τα έδρανα κατεργάζονταν και ανοίγονταν κατάλληλες οπές στις κιθάρες, οι οποίες ήταν ελαφρώς μικρότερες σε διάμετρο. Οι κιθάρες θερμαίνονταν και τα κομβία και τα έδρανα ταιριάζοντας στις οπές (οι οποίες λόγω της θέρμανσης έχουν διασταλεί). Καθώς οι κιθάρες ψύχονταν, η διάμετρος των οπών έτειναν να συρρικνωθούν στο αρχικό μέγεθος. Έτσι τα κομβία και τα έδρανα αποκτούν σφιχτή συναρμογή με τις κιθάρες τέτοια ώστε να αποτρέπεται το μεταξύ τους γλίστρημα κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας της μηχανής. Αυτή η μέθοδος κατασκευής τους έχει τις ρίζες τους σε πρώιμες κατασκευές στροφαλοφόρων αξόνων παλινδρομικών μηχανών ατμού, όπου μαζί με τη συναρμολόγηση συρρίκνωσης, χρησιμοποιούνταν και πείροι συγκράτησης κυρίως επειδή η σύσφιξη με συρρίκνωση ήταν αμφιβόλων δυνάμεων σύσφιξης. Βέβαια οι πείροι συγκράτησης δεν χρησιμοποιούνται ποτέ στην κατασκευή των στροφαλοφόρων αξόνων diesel μηχανών, γιατί θα λειτουργούσαν σαν σημεία αυξημένων τάσεων από τα οποία είναι πιο εύκολο να ξεκινήσει μια ρωγμή.

Σήμερα, οι στροφαλοφόροι άξονες για μεγάλες δίχρονες μηχανές με βάρτρα, είναι τύπου ημιχτισίματος. Σε αυτή τη μέθοδο κατασκευής, οι στροφάλοι που αποτελούνται από δύο κιθάρες και το κομβίο κατασκευάζονται από ένα σφυρηλατημένο κομμάτι από χάλυβα περιεκτικότητας σε άνθρακα 0.4%. Οι κιθάρες έπειτα δέχονται διάνοιξη οπών εκεί που θα εφαρμοστούν τα ξεχωριστά σφυρηλατημένα και κατεργασμένα κύρια έδρανα. Τα κύρια έδρανα συναρμολογούνται με τις κιθάρες χρησιμοποιώντας τη μέθοδο συναρμολόγησης με συρρίκνωση που περιγράψαμε παραπάνω. Η ανοχή αυτής της συναρμογής είναι μεταξύ 1/570 και 1/660 της διαμέτρου.



Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου κατασκευής είναι ότι φτιάχνοντας τις κιθάρες και το κομβίο σαν ένα τμήμα κατεργασίας εν θερμώ, οι ίνες του χάλυβα ακολουθούν μια γραμμή που ξεκινάει από τη μία κιθάρη, περνά από το κομβίο και καταλήγει στην απέναντι κιθάρη.

Επειδή το κομβίο και οι κιθάρες είναι ένα ενιαίο κομμάτι, οι κιθάρες μπορούν να έχουν μειωμένο πάχος και μπορούμε να ανοίξουμε οπή στο κομβίο (όπως



φαίνεται στο σχήμα), προκειμένου να μειώσουμε το βάρος όλης της κατασκευής χωρίς να κάνουμε υποχωρήσεις στην αντοχή της. Ωστόσο χρειάζεται να υπάρχει αρκετό υλικό γύρω από τις οπές που ανοίγονται για να συναρμολογηθούν τα κύρια έδρανα. Αυτό γιατί υπάρχει μεγάλη καταπόνηση τάνυσης δακτυλίου μετά από τη διαδικασία συναρμολόγησης με συρρίκνωση γύρω από τις οπές. Αυτή η μεγάλη καταπόνηση μπορεί να οδηγήσει σε ρωγμή στην κιθάρα εάν το πάχος στο σημείο αυτό δεν είναι επαρκές, ή αν η συναρμογή συρρίκνωσης είναι πολύ σφιχτή, ή αν υπάρχει διαρροή στο μέταλλο.

### Συγκολλητός Στροφαλοφόρος άξονας (The welded crankshaft)

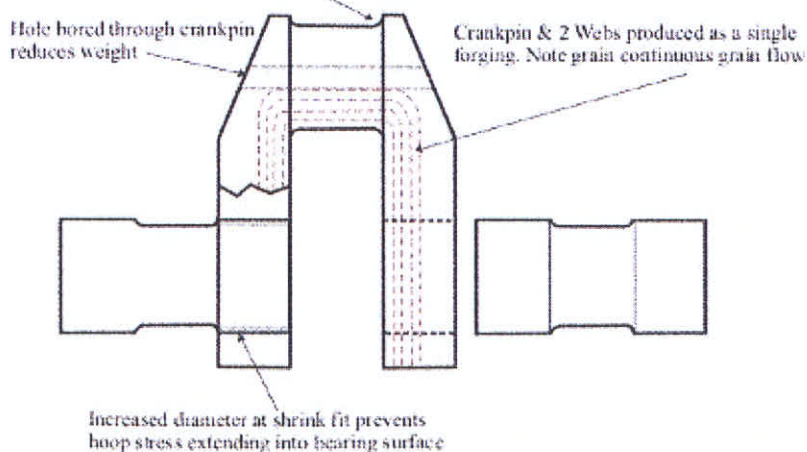
Ο “συγκολλητός” στροφαλοφόρος άξονας αναπτύχθηκε στη δεκαετία του '80. φτιαχνόταν από μια σειρά από κομμάτια εν θερμώ κατεργασίας, το καθένα αποτελούμενο από μισό κύριο έδρανο, κιθάρα, κομβίο, κιθάρα, και μισό κύριο έδρανο. Αυτά τα κομμάτια συγκολλούνταν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας μια διαδικασία “βυθισμένου τόξου συγκόλλησης”, για να μορφοποιηθεί ο στροφαλοφόρος άξονας. Μετά τη συγκόλληση τα κύρια έδρανα απαλλάσσονταν από καταπονήσεις και τάσεις (μέσω ανόπτησης) και κατεργάζονταν κατάλληλα. Έχοντας λοιπόν το πλεονέκτημα της συνεχούς ροής των ινών του μετάλλου, οι κιθάρες μπορούσαν να κατασκευαστούν πιο λεπτές (δεν υπάρχει ο συμβιβασμός τη συναρμολόγησης με συρρίκνωση), με αποτέλεσμα ελαφρύτερους και κοντύτερους στροφαλοφόρους άξονες.

Ποιός είναι λοιπόν ο λόγος για τον οποίο δεν κατασκευάζονται όλοι οι στροφαλοφόροι άξονες με αυτή τη μέθοδο? Το υψηλό κόστος!

Ήταν πάρα πολύ ακριβή διαδικασία και έχουν κατασκευαστεί περίπου μόνο είκοσι στροφαλοφόροι άξονες με αυτή τη μέθοδο. Παρόλα αυτά έχουν αποδώσει πολύ καλά στις εφαρμογές τους.

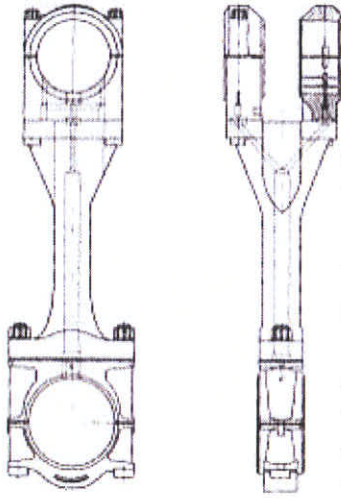


Cold rolled radii remove stress raiser caused by sharp corner, compact grain structure giving hard surface, removes machining marks, and induces a residual compressive stress





## Διωστήρας (The Connecting Rod)



Ο διωστήρας (μπιέλα) εφαρμόζεται ανάμεσα στο βάκτρο και το στροφαλοφόρο άξονα. Μεταδίδει τις δυνάμεις καύσεως, και μαζί με το στροφαλοφόρο άξονα μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση σε περιστροφική. Φτιαγμένη από σφυρηλατημένο χάλυβα, σε παλαιότερες μηχανές η κάτω πλευρά του διωστήρα τερματίζει σε μία φλάντζα που είναι βιδωμένη στο διαιρούμενο κάτω έδρανο, ενώ η πάνω πλευρά καταλήγει πάλι σε μία φλάντζα πάνω στην οποία βιδώνονται τα δύο έδρανα του σταυρού (του βάκτρο).

Οι διωστήρες σε πιο πρόσφατες μηχανές παράγονται σαν ένα κομμάτι ενσωματώνοντας το πάνω μισό της φωλιάς του εδράνου (κουζινέτου) του κομβίου του στροφαλοφόρου άξονα, και το κάτω μισό της συμπαγούς φωλιάς του εδράνου του πείρου του σταυρού του βάκτρο.

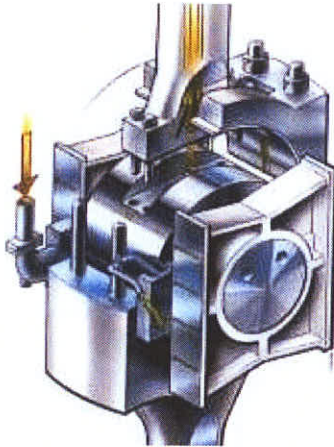
Σε παλαιότερες μηχανές τα έδρανα (κουζινέτα) ήταν από λευκό μέταλλο χοντρών τοιχωμάτων φαγωμένα για να ταιριάζουν. Τα διάκενα ρυθμιζονταν με την προσθήκη ή την αφαίρεση προσθηκών (πάφιλες) ανάμεσα στα δύο κομμάτια των εδράνων. Τα σύγχρονα έδρανα (κουζινέτα) είναι τύπου λεπτών τοιχωμάτων, όπου ένα λεπτό στρώμα από λευκό μέταλλο ή κράμα λευκοσιδήρου – αλουμινίου δένεται σε ενισχυτική υποδοχή από χάλυβα. Το διάκενο αυτών των εδράνων δεν ρυθμίζεται. Όταν το διάκενο φτάσει το ανώτατο όριο τα έδρανα αλλάζονται.

Λάδι για τη λίπανση του εδράνου (κουζινέτου) του κομβίου του στροφαλοφόρου άξονα παρέχεται διαμέσου μιας οπής στον διωστήρα από το σταυρό του βάκτρο. Όταν επιθεωρούμε αυτά τα έδρανα (κουζινέτα) στα κομβία του στροφαλοφόρου άξονα και στα κύρια έδρανα είναι καλό να ελέγχουμε τα κύρια έδρανα για οβαλότητα διότι αν αυτή είναι υπερβολική, υπάρχει περίπτωση να χαθεί η υδροδυναμική λίπανσή του.





## Σταυρός σύνδεσης (The Crosshead)

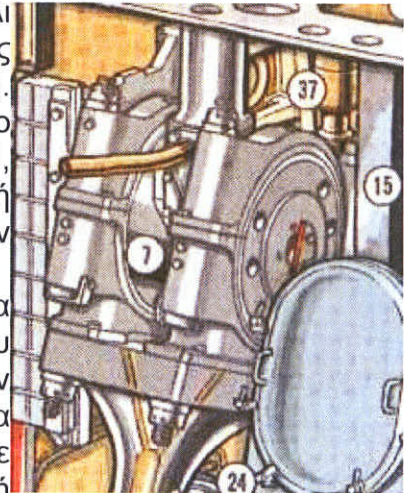


Ο πείρος του σταυρού ενώνει τον διωστήρα (μπιέλα) με το βάκτρο. Σε κάθε μία από τις πλευρές του πείρου είναι ενσωματωμένες οι γλίστρες του σταυρού. Οι γλίστρες ολισθαίνουν πάνω στον οδηγό καθώς το πιστόνι και το βάκτρο παλινδρομούν αποτρέποντας έτσι το πάνω μέρος του διωστήρα να ολισθαίνει πλευρικά.

Ο πείρος του σταυρού βρίσκεται στο έδρανο του σταυρού το οποίο είναι είτε τύπου περόνης, όπου οι φωλιές των εδράνων είναι ενσωματωμένες στο πάνω μέρος του διωστήρα σε κάθε πλευρά του βάκτρου, ή συνεχούς τύπου όπου η φωλιά του εδράνου σχηματίζεται από την πάνω πλευρά του διωστήρα. Στο τύπου περόνης, το βάκτρο περνάει μέσα από μία τρύπα στον πείρο του σταυρού και ασφαρίζεται από περικόχλιο (παξιμάδι). Στο συνεχούς τύπου το βάκτρο έχει ένα πέλμα το οποίο βιδώνεται στην πάνω πλευρά του πείρου του σταυρού. Στις σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιείται έδρανο συνεχούς τύπου.

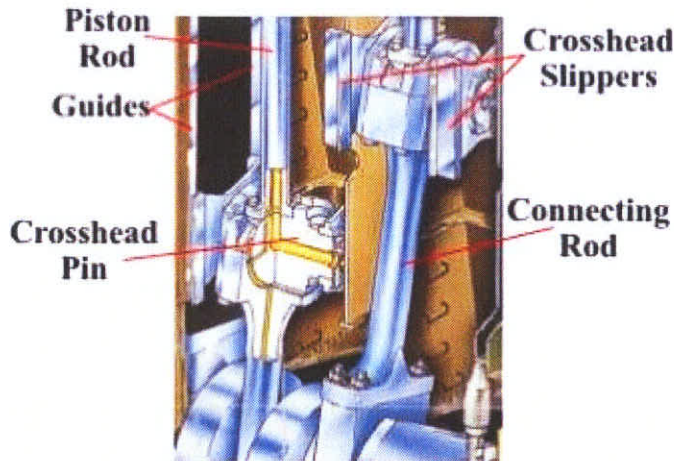
Τα έδρανα του σταυρού είναι πολύ δύσκολο να λιπανθούν αποτελεσματικά. Επειδή το πάνω μέρος του διωστήρα ταλαντεύεται γύρω από τον πείρο του σταυρού και αλλάζει φορά κάθε φορά που το πιστόνι περνάει από το μέσον της διαδρομής του, η σχετική ταχύτητα μεταξύ εδράνου και πείρου στη μέση της διαδρομής του πιστονιού είναι μηδέν, επιταχύνει μέχρι το μέγιστο καθώς το πιστόνι πλησιάζει το άνω ή κάτω νεκρό σημείο και έπειτα επιβραδύνεται πάλι μέχρι το μηδέν καθώς το πιστόνι πλησιάζει το μέσον της διαδρομής του και ο διωστήρας αλλάζει κατεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι η υδροδυναμική λίπανση, όπου ο πείρος χωρίζεται από το έδρανο με μία σφήνα λαδιού, συμβαίνει μόνο σε ένα μέρος της ταλάντωσης, δηλαδή όταν η σχετική ταχύτητα μεταξύ των δύο εξαρτημάτων είναι αρκετά μεγάλη.

Το φορτίο του πείρου είναι πάντοτε προς τα κάτω, οπότε το κάτω μέρος του εδράνου είναι αυτό που υπόκειται σε φθορά. Λόγω λοιπόν των υψηλών φορτίων, το υλικό των εδράνων είναι κράμα λευκοσιδήρου – αλουμινίου δεμένο για ενίσχυση σε κέλυφος από χάλυβα. Ο πείρος δέχεται πολύ υψηλή λείανση.



Προκειμένου ο πείρος να αντέξει σε αυτό το φορτίο και να προσφέρει επαρκή λίπανση, έχει μεγάλη διάμετρο. Αυτό αυξάνει τη σχετική ταχύτητα μεταξύ πείρου και εδράνου. Τα κάτω μισά από τα κελύφη των εδράνων έχουν σκαμμένα πάνω τους λούκια λαδιού για να διευκολύνουν τη κατανομή του λαδιού. Το λάδι παρέχεται στο σταυρό του βάκτρου χρησιμοποιώντας ένα ταλαντευόμενο βραχίονα ή ένα τηλεσκοπικό σωλήνα και μερικές φορές ενισχύεται με πίεση προκειμένου να προσφέρει ικανοποιητική λίπανση.



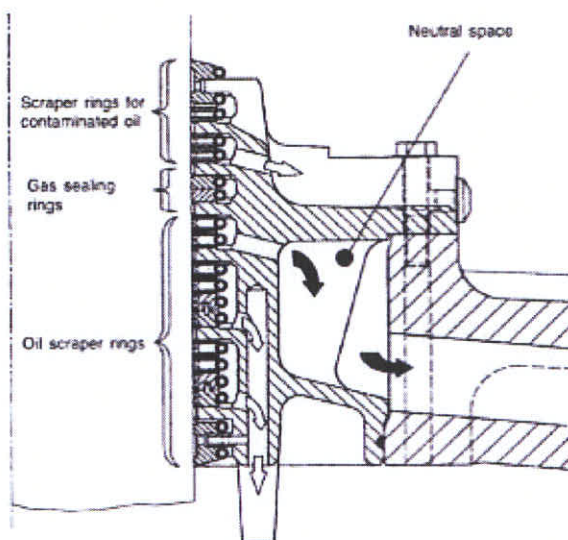


Οι γλίστρες του σταυρού είναι τοποθετημένες σε σκαλωτά έδρανα κατεργασμένα σε κάθε πλευρά του πείρου του σταυρού, ασφαλισμένες στη θέση τους από πλάκες στα τέρματα. Οι γλίστρες έχουν μια μικρή ελευθερία με τα έδρανα, για να επιτρέψουν μια ελαφριά έλλειψη ευθυγράμμισης στους οδηγούς. Οι τριβόμενες επιφάνειες έχουν σειρές από λευκό μέταλλο. Λάδι παρέχεται στα τριβόμενα πρόσωπα των γλιστρών από την παροχή λαδιού

του σταυρού. Οι γλίστρες έχουν αυλάκια κατεργασμένα πάνω τους ώστε να διευκολύνουν το άπλωμα του λιπαντικού στην επιφάνειά τους.

Οι επιφάνειες των οδηγών είναι είτε κατεργασμένες πάνω στα A frame είτε είναι ξεχωριστά χυτευτά και κατεργασμένα, και έπειτα βιδωμένα πάνω στα A frames. Η ευθυγράμμιση των οδηγών είναι πολύ σημαντική όπως είναι και το διάκενο μεταξύ οδηγών και γλιστρών. Εάν η ευθυγράμμιση είναι εκτός ή τα διάκενα πολύ μεγάλα, τότε θα υπάρξει εκτεταμένη φθορά μεταξύ του βάκτρου και του στυπιοθλίπτη στεγανότητας του βάκτρου (stuffing box), και του πιστονιού και του χιτωνίου.

### Στυπιοθλίπτης Βάκτρου (The Stuffing Box)



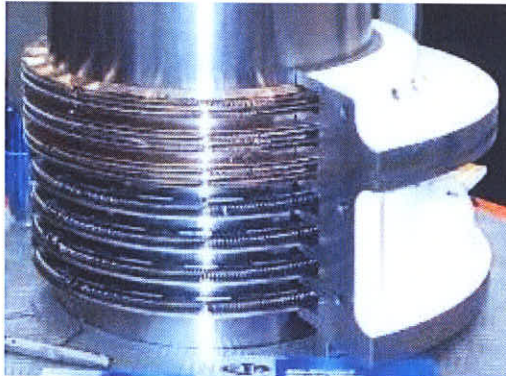
Επειδή ο στροφαλοθάλαμος είναι ξεχωρίζεται από τους χώρους του κυλίνδρου και της σάρωσης από την πλάκα διαφράγματος σε μία δίχρονη μηχανή με βάκτρα, το βάκτρο πρέπει να εφοδιαστεί με μια διάταξη για να περνάει διαμέσου της πλάκας χωρίς το λάδι από το στροφαλοθάλαμο να μεταφέρεται προς τα πάνω, ή το χρησιμοποιημένο κυλινδρέλαιο που είναι βρόμικο από τα παράγωγα της καύσης να μεταφέρεται προς τα κάτω. Επίσης είναι άκρως ανεπιθύμητο ο αέρας υπό πίεση να διαρρεύσει μέσα στο στροφαλοθάλαμο.

Το βάκτρο περνάει διαμέσου του στυπιοθλίπτη (stuffing box) το οποίο είναι βιδωμένο πάνω στην πλάκα διαφράγματος. Η φωλιά για το stuffing box, η οποία μπορεί να διαχωριστεί σε δύο κομμάτια κάθετα, περιέχει μία σειρά από δαχτυλίδια το καθένα από τα οποία αποτελείται από τρία ή τέσσερα κομμάτια.

Στην έξω πλευρά καθενός από τα κομμάτια αυτά βρίσκεται ένα συγκρατητικό ελατήριο το οποίο παρέχει την τάση που χρειάζεται για να κρατήσει τα κομμάτια των



δαχτυλιδιών πάνω στο βάκτρο. Υπάρχει ένα διάκενο μεταξύ των κομματιών των δαχτυλιδιών για να τους επιτρέπεται λίγο φθορά. Τα δαχτυλίδια είναι είτε μπρούτζινα είτε μπορεί να αποτελούνται από αντικαταστάσιμα ελάσματα από χυτοσίδηρο που ταιριάζουν σε ασάλινα ενισχυτικά δαχτυλίδια



Καθώς το βάκτρο περνάει από το stuffing box, κινούμενο προς τα πάνω, το λάδι από το στροφαλοθάλαμο αποξέεται από το κατώτερο σετ των δαχτυλιδιών και επιστρέφεται μέσω οπών στο στροφαλοθάλαμο. Ότι λάδι περνάει από το πρώτο σετ των δαχτυλιδιών, αποξέεται από άλλο σετ δαχτυλιδιών και οδηγείται διαμέσου ενός προεξέχοντα σωληνίσκου απορροής σε μία μικρή δεξαμενή έξω από τη μηχανή από όπου και στραγγίζεται σε δεξαμενή μία ανακύκλωσης.

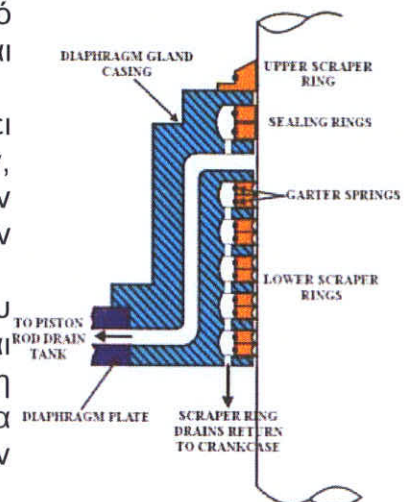
Καθώς το βάκτρο περνάει από το stuffing box, κινούμενο προς τα κάτω, το άνω σετ δαχτυλιδιών αποξέει το βρόμικο λάδι προς το κάτω μέρος του χώρου σάρωσης, από όπου και στραγγίζεται από τους κρουνοί απορροής του χώρου σάρωσης. Ωστόσο αν αυτά τα δαχτυλίδια είναι ελαττωματικά, τότε το λάδι θα στραγγίξει στη δεξαμενή ανακύκλωσης.

Παρατηρώντας τον σωληνίσκο απορροής ανοιχτού άκρου που αναφέραμε παραπάνω, μπορεί να εξακριβωθεί ένας οδηγός για την κατάσταση των δαχτυλιδιών. Εάν αποστραγγίζεται μεγάλη ποσότητα λαδιού αυτό σημαίνει ότι τα δαχτυλίδια του κάτω σετ είναι ελαττωματικά. Εάν φεύγει αέρας, τότε τα άνω δαχτυλίδια είναι φθαρμένα.

Το λάδι στη δεξαμενή ανακύκλωσης μπορεί να καθαριστεί από ρύπους και να επιστραφεί στο στροφαλοθάλαμο. Ωστόσο αυτό δεν είναι απαραίτητα καλή ιδέα. Μπορεί (το λάδι) να είναι βρομισμένο από χρησιμοποιημένο κυλινδρέλαιο το οποίο αν ανακατευτεί με το λάδι του στροφαλοθαλάμου μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την άνοδο του ιξώδους του λαδιού. Οι επικαθίσεις ασβεστίου στα έδρανα οδηγούν σε ζημιά και το λάδι μπορεί να απανθρακωθεί και να επικαθίσει στην κάτω πλευρά της κεφαλής του εμβόλου όταν χρησιμοποιείται ως ψυκτικό του πιστονιού. Συχνά αυτό το βρόμικο λάδι αφήνεται στην ξηρά ή αποτεφρώνεται.

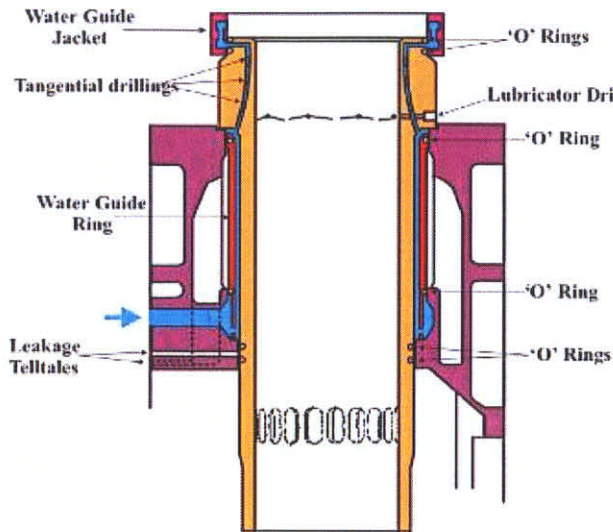
Συχνή συντήρηση του stuffing box θα το κρατήσει σε καλή κατάσταση. Ο έλεγχος της τάσης των ελατηρίων, του υπολοίπου των ελατηρίων και των αξονικών διακένων, και η αντικατάσταση φθαρμένων δαχτυλιδιών είναι όλα μέρη της διαδικασίας επιθεώρησης.

Εκτεταμένη φθορά θα υπάρξει εάν οι οδηγοί του σταυρού είναι ανευθυγράμμιστοι ή εάν το διάκενο είναι υπερβολικό. Φθαρμένα stuffing box και εκτεταμένη διαρροή μπορούν να επιδεινώσουν τη συχνότητα εμφάνισης αναφλέξεων στη σάρωση και να αυξήσουν τον κίνδυνο έκρηξης στο στροφαλοθάλαμο.





## Χιτώνιο (Cylinder Liner)



Το χιτώνιο (cylinder liner) δημιουργεί το χώρο μέσα στον οποίο παλινδρομεί το πιστόνι. Οι λόγοι για τους οποίους το χιτώνιο κατασκευάζεται ξεχωριστά από το μπλοκ, μέσα στο οποίο βρίσκεται, είναι οι εξής:

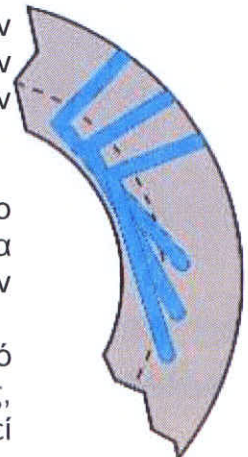
- 1) το χιτώνιο μπορεί να κατασκευαστεί από υλικό ανώτερης ποιότητας από το μπλοκ. Ενώ το μπλοκ των κυλίνδρων κατασκευάζεται από γκρι χυτοσίδηρο, το χιτώνιο κατασκευάζεται από κράμα χυτοσιδήρου, χρωμίου, βαναδίου και μολυβδαινίου. Ο χυτοσίδηρος περιέχει γραφίτη, που λειτουργεί σαν λιπαντικό. Τα άλλα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο κράμα βοηθούν στην αντίσταση σε σκουριά και μειώνουν τη φθορά σε υψηλές θερμοκρασίες.
- 2) Το χιτώνιο θα φθαρεί με τη χρήση, και έτσι μπορεί να χρειαστεί αντικατάσταση. Το περίβλημα του χιτωνίου αντέχει για όλη τη ζωή της μηχανής.
- 3) Σε θερμοκρασίες λειτουργίας, το χιτώνιο είναι άκρως πιο ζεστό από το περίβλημα. Το χιτώνιο θα διασταλεί περισσότερο και είναι ελεύθερο να διασταλεί διαμετρικά και κατά μήκος. Εάν χυτεύονταν σαν ένα κομμάτι, τότε θα υπήρχαν απαράδεκτες θερμικές τάσεις, που θα προκαλούσαν ρήγματα στο υλικό.
- 4) Μικρότερο ρίσκο ατελειών του υλικού. Όσο πιο πολύπλοκο είναι το χύτευμα, τόσο πιο δύσκολο είναι να παραχθεί ένα ομοιογενές χύτευμα με μικρά επίπεδα υπολειπόμενων τάσεων.

Το χιτώνιο θα τείνει να θερμανθεί πολύ κατά τη διάρκεια λειτουργίας της μηχανής καθώς η θερμική ενέργεια από της καύση του καυσίμου μεταφέρεται στα τοιχώματα του κυλίνδρου. Για να μπορεί αυτή η θερμοκρασία να διατηρηθεί εντός αποδεκτών ορίων το χιτώνιο ψύχεται.

Χιτώνια από παλαιότερες μηχανές μικρότερης ισχύος, είχαν ομοιόμορφο πάχος τοιχωμάτων και η ψύξη επιτυγχανόταν από την κυκλοφορία του νερού ψύξης μέσα στο κενό που δημιουργούταν ανάμεσα στο χιτώνιο και το περίβλημά του.

Ο χώρος κυκλοφορίας του νερού ψύξης σφραγιζόταν από το χώρο σάρωσης με 'ο' rings (ελαστικούς δακτυλίους) και ένα πέρασμα διαφυγής ανάμεσα στα 'ο' rings οδηγούσε έξω από το μπλοκ των κυλίνδρων για να φανούν οι όποιες διαρροές.

Για να αυξηθεί η ισχύς της μηχανής για δεδομένο αριθμό κυλίνδρων, πρέπει είτε να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης της μηχανής, είτε να καεί περισσότερο καύσιμο ανά κύκλο της μηχανής. Για να καεί

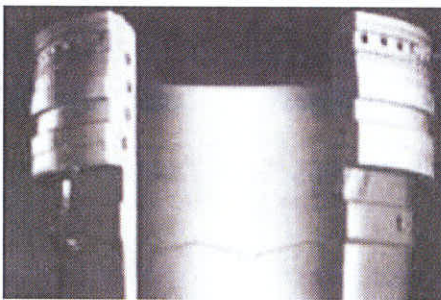




περισσότερο καύσιμο, πρέπει να αυξηθεί ο όγκος του χώρου καύσης, και η μάζα του εισερχόμενου αέρα προς καύση. Λόγω των μεγαλύτερων πιέσεων μέσα στον κύλινδρο που προκύπτουν από την καύση αυτής της μεγαλύτερης μάζας καυσίμου, και των μεγαλύτερων διαμέτρων (των κυλίνδρων), το χιτώνιο πρέπει να φτιαχτεί με πιο παχιά τοιχώματα κυρίως στην πάνω μεριά για να προσαρμοστεί με της μεγαλύτερες τάσεις της στεφάνης, και να αποτραπεί οποιοδήποτε ρήγμα στο υλικό.

Αν αυξηθεί το πάχος του υλικού, τότε είναι λογικό ότι η εσωτερική επιφάνεια του χιτωνίου θα έχει αυξημένη θερμοκρασία λόγω του ότι το νερό θα ρέει πιο μακριά από αυτή την επιφάνεια. Αυξημένη θερμοκρασία επιφάνειας σημαίνει ότι η αντοχή του υλικού μειώνεται, και το προστατευτικό φιλμ λαδιού καίγεται, με αποτέλεσμα την εκτεταμένη φθορά και θερμική καταπόνηση.

Η λύση σε αυτό είναι να έρθει το νερό ψύξης πιο κοντά στο εσωτερικό τοίχωμα του χιτωνίου, και μία μέθοδος για να επιτευχθεί αυτό χωρίς συμβιβασμούς στην αντοχή του χιτωνίου, είναι η χρήση εφαπτομενικών διόδων ψύξης.



Έτσι ανοίγονται οπές στην κάτω μεριά της φλάντζας που δημιουργείται από την αυξημένη διάμετρο του χιτωνίου. Οι οπές ανοίγονται με κατεύθυνση προς τα επάνω και σε γωνία τέτοια ώστε να πλησιάζουν την εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου εφαπτομενικά. Έπειτα οι οπές ανοίγονται ακτινικά γύρω από την κορυφή του χιτωνίου έτσι ώστε να συναντηθούν με τις εφαπτομενικές τρύπες.

Σε κάποιες μηχανές μεγάλης διαμέτρου (κυλίνδρου) και μεγάλης διαδρομής βρέθηκε ότι γινόταν περισσότερη ψύξη από ότι χρειαζόταν και σε πιο κάτω σημεία του χιτωνίου. Αυτό βασικά είναι πρόβλημα επειδή το υδρογόνο από το καύσιμο ενώνεται με το οξυγόνο και καίγεται για να δημιουργήσει νερό. Συνήθως αυτό είναι υπό μορφή ατμού, αλλά εάν κρυώσει θα συμπυκνωθεί και θα καθαρίσει το λιπαντικό φιλμ λαδιού από την επιφάνεια του χιτωνίου. Τα καύσιμα επίσης περιέχουν θείο. Αυτό καίγεται με το οξυγόνο και τα προϊόντα ενώνονται και δημιουργούν θειικό οξύ. Εάν αυτό συμπυκνωθεί στην επιφάνεια του χιτωνίου (κάτω από 140°) τότε μπορεί να δημιουργηθεί διάβρωση. Όταν το φιλμ λαδιού καταστρέφεται τότε η φθορά μπορεί να είναι υπέρμετρη. Μία λύση είναι να απομονωθεί η έξω πλευρά του χιτωνίου ώστε να μειωθεί η επίδραση της πτώσης θερμοκρασίας. Στις πιο σύγχρονες μηχανές το χιτώνιο ψύχεται μόνο στην κορυφή του.

**Λίπανση κυλίνδρου :** επειδή ο κύλινδρος είναι ξεχωριστός από το στροφαλοθάλαμο δεν υπάρχει λίπανση από εκτοξευμένο λάδι, όπως σε μία κοινή μηχανή με κορμό. Το λάδι παρέχεται μέσω οπών στο χιτώνιο. Πάνω στο χιτώνιο ανοίγονται αυλάκια τα οποία διασκορπίζουν το λάδι από τα σημεία ψεκασμού του, κυκλικά στο χιτώνιο και τα ελατήρια του πιστονιού βοηθούν στο να απλωθεί το λάδι ομοιόμορφα προς τα πάνω και προς τα κάτω στο τοίχωμα του χιτωνίου. Το λάδι έχει υψηλή αλκαλικότητα πράγμα το οποίο αντιστέκεται στην οξύτητα του θείου που περιέχεται στο καύσιμο. Οι σύγχρονες μηχανές χρονίζουν τον ψεκασμό του λαδιού χρησιμοποιώντας υπολογιστή ο οποίος παίρνει σαν δεδομένα εισόδου τη θέση του στροφαλοφόρου άξονα, το φορτίο της μηχανής και την ταχύτητα της μηχανής. Η ακριβής ποσότητα του λαδιού μπορεί να ψεκαστεί ανοίγοντας βαλβίδες μέσω



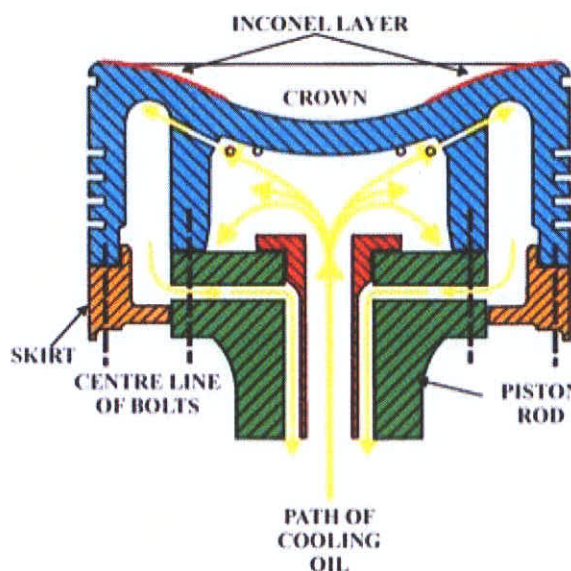
συστήματος υπό πίεση, ακριβώς τη στιγμή που το πακέτο των ελατηρίων του πιστονιού περνάει από το σημείο ψεκασμού.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα χιτώνια φθείρονται κατά τη λειτουργία. Η σωστή λειτουργία της μηχανής (όχι υπερφόρτωση, επίτευξη σωστών θερμοκρασιών λειτουργίας) και η χρήση σωστού βαθμού και ποσότητας κυλινδρελαίου θα βοηθήσουν να μεγαλώσει η διάρκεια ζωής του χιτωνίου. Οι ρυθμοί φθοράς ποικίλουν, αλλά σαν γενικός κανόνας, για μεγάλης διαδρομής μηχανές ένας ρυθμός φθοράς της τάξης του 0.05-0.1mm/1000 ώρες είναι αποδεκτός. Το χιτώνιο πρέπει να αντικατασταθεί όταν η φθορά φτάσει το 0.8% - 1% της διαμέτρου του χιτωνίου. Το χιτώνιο μετράται με ακρίβεια ανά τακτά χρονικά διαστήματα για εξακριβωθεί ο ρυθμός φθοράς.

Έχουν υπάρξει περιπτώσεις πλοίων που πηγαίνουν για καταστροφή μετά από 20+ χρόνια λειτουργίας με τα πρώτα χιτώνια ακόμα πάνω στη μηχανή.

Όπως και η διάβρωση, έτσι και η φθορά προκαλείται από σωματίδια με λειαντική δράση μέσα στον κύλινδρο (από κακό φίλτράρισμα/εξαγνισμό του καυσίμου ή από σωματίδια στον αέρα), και από γρατζούνισμα (γνωστό και ως μικροφρακάρισμα ή συγκολλητική φθορά). Το γρατζούνισμα οφείλεται σε αποτυχία λίπανσης που έχει σαν αποτέλεσμα τοπική συγκόλληση μεταξύ σημείων στα ελατήρια του πιστονιού και την επιφάνεια του χιτωνίου με επακόλουθη αποκόλληση μικροσκοπικών σωματιδίων. Αυτή είναι μια βαριά μορφή φθοράς.

### Έμβολο (The Piston)

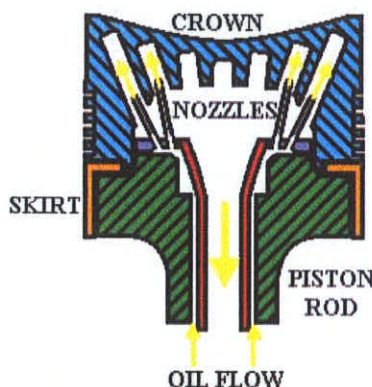


Το πιστόνι αποτελείται από δύο κομμάτια: την κορώνα (crown) και την ποδιά (skirt). Η κορώνα εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες στο χώρο καύσης και η επιφάνεια του υπόκειται σε διάβρωση και κάψιμο. Για αυτό το λόγο το υλικό από το οποίο κατασκευάζεται η κορώνα πρέπει να είναι ικανό να διατηρεί την αντοχή του και να αντιστέκεται στη φθορά σε υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι χρησιμοποιείται κράμα χάλυβα, χρωμίου και μολυβδαινίου, και μερικά πιστόνια έχουν ένα ειδικό κράμα συγκολλημένο στα πιο "καυτά" σημεία της κορώνας για την περαιτέρω μείωση της φθοράς που προκαλείται από το καύσιμο

που καίγεται. Η κορώνα φέρει επίσης τα τέσσερα ή πέντε αυλάκια των ελατηρίων τα οποία (αυλάκια) μπορεί να έχουν επικάλυψη χρωμίου.

Η ποδιά, που είναι κατασκευασμένη από χυτοσίδηρο, λειτουργεί ως οδηγός μέσα στο χιτώνιο. Οι ποδιές είναι κοντές σε μηχανές με βαλβίδα εξαγωγής (γνωστές ως uniflow scavenged engines δηλαδή μηχανές ενιαίας ροής σάρωσης), καθώς δεν μεταφέρεται πλάγια ώση στο χιτώνιο και τη δουλειά της ποδιάς σαν οδηγός του πιστονιού μέσα στο χιτώνιο την εκτελούν οι οδηγοί του σταυρού του βάκτρου.





Στην κάτω πλευρά του πιστονιού βιδώνεται το βάκτρο το οποίο στην άλλη πλευρά του δένεται στον πείρο του σταυρού.

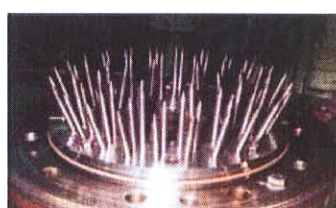
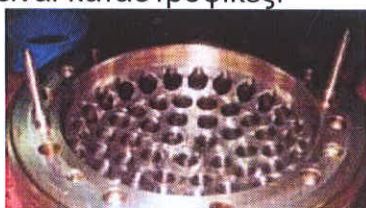
Τα πιστόνια ψύχονται χρησιμοποιώντας είτε νερό είτε το λάδι του στροφαλοθαλάμου. Το νερό έχει καλύτερη ψυκτική ικανότητα από το λάδι, όμως υπάρχει ρίσκο διάρρευσης του νερού μέσα στο στροφαλοθάλαμο.

Οι σύγχρονες μηχανές έχουν πιστόνια με ψύξη λαδιού. Το βάκτρο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει λάδι προς και από το πιστόνι. Το βάκτρο είναι σκαμμένο (κούφιο) από μέσα, και έχει έναν αγωγό που διατρέχει όλο του το μήκος στο κέντρο. Αυτό μας δίνει ένα δακτυλιοειδές κενό το οποίο μαζί με τον κεντρικό αγωγό επιτρέπει παροχή και επιστροφή (λαδιού). Το πιστόνι της MAN B&W έχει μία στρώση από σκληρό κράμα νικελίου-χρωμίου που λέγεται inconel, συγκολλημένο στο πιο ζεστό σημείο της κορώνας για να αντιμετωπιστεί το “κάψιμο” της κορώνας.

Μια εναλλακτική μέθοδος ψύξης χρησιμοποιεί μία πλάκα με ακροφύσια (μπεκ). Σε αυτή την περίπτωση το λάδι ανεβαίνει από το δακτυλιοειδή χώρο που δημιουργείται μεταξύ του αγωγού του λαδιού και της διανοιγμένης οπής στο βάκτρο, και επιστρέφει από το κέντρο (αγωγό του λαδιού).

Το λάδι ψεκάζεται σε ταιριαστές οπές στην κάτω πλευρά της κορώνας. Αυτό επιτρέπει να κατασκευαστεί η κορώνα όσο πιο λεπτή γίνεται, για να επιτρέπει την μεγαλύτερη διάδοση θερμότητας διατηρώντας την ίδια αντοχή, και συνδυασμένο με το φαινόμενο της ανάδευσης που προκαλείται από την παλινδρομική κίνηση, δίνει επαρκή ψύξη.

Όταν επιθεωρούμε το πιστόνι είναι σημαντικό να ελέγχουμε τη λέπτυνση της κορώνας λόγω καψίματος ή φθοράς. Το πιστόνι πρέπει να ξεμονταριστεί για να ελεγχθεί ο χώρος ψύξης. Εάν αυτός υπόκειται σε επικαθίσεις άνθρακα (σε ψύξη με λάδι) ή σε καθαλάτωση (σε ψύξη με νερό), τότε αυτό μπορεί να έχει οδηγήσει σε θερμική καταπόνηση του πιστονιού, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε ρωγμές της κορώνας του πιστονιού. Εάν το λάδι ψύξης διαρρεύσει μέσα στο χώρο καύσης τότε οι συνέπειες μπορεί να είναι καταστροφικές.



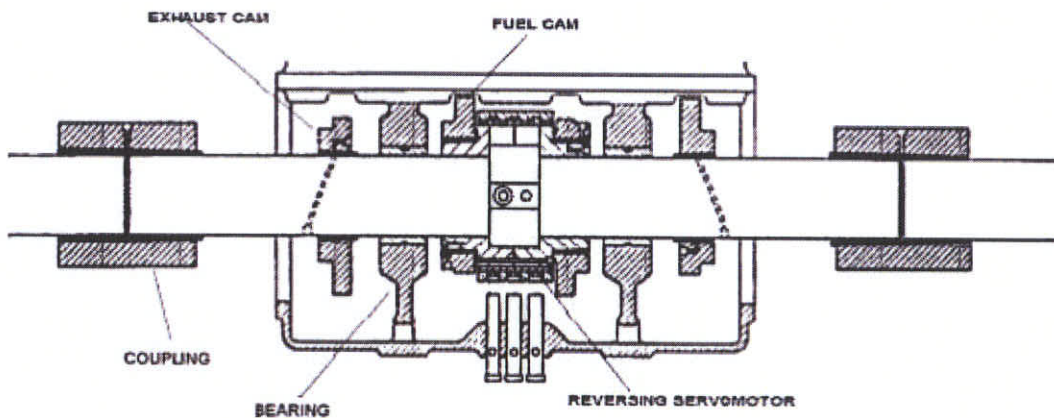
**Ελατήρια πιστονιού (piston rings):** τα ελατήρια των πιστονιών είναι φτιαγμένα από κράμα χυτοσίδηρου με χρώμιο, μολυβδαίνιο, βανάδιο, τιτάνιο, νικέλιο και χαλκό. Είναι σκληρότερα από το χιτώνιο το οποίο διατρέχουν για να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Τα ελατήρια των πιστονιών σφραγίζουν το χώρο των καυσαερίων διαστελλόμενα προς τα έξω λόγω της πίεσης των καυσαερίων που ασκείται από πίσω τους. Επίσης απλώνουν το λάδι λίπανσης προς τα πάνω και προς τα κάτω στο χιτώνιο και μεταφέρουν τη θερμότητα στα τοιχώματα του χιτωνίου.

Όταν επιθεωρούμε το πιστόνι είναι σημαντικό να ελέγχουμε τα αυλάκια των ελατηρίων για φθορά και την κατάσταση των ελατηρίων. Τα αξονικά διάκενα και τα διάκενα των “υπολειμμάτων” των ελατηρίων πρέπει να μετρώνται και να καταγράφονται.



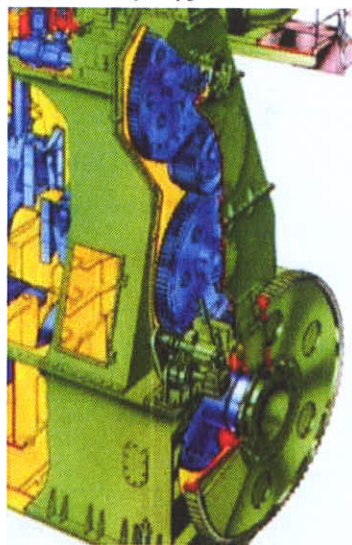
## ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ (The Camshaft)



Ο εκκεντροφόρος άξονας φέρει τα έκκεντρα τα οποία λειτουργούν τις αντλίες καυσίμου και τις βαλβίδες εξαγωγής. Επειδή αυτά λειτουργούν μία φορά σε κάθε κύκλο λειτουργίας της μηχανής, ο εκκεντροφόρος άξονας σε μία δίχρονη μηχανή περιστρέφεται στην ίδια ταχύτητα με το στροφαλοφόρο άξονα.

Είναι επίσης πολύ σημαντικό η αντλία καυσίμου και η βαλβίδες εξαγωγής να λειτουργούν ακριβώς την κατάλληλη στιγμή, και για αυτό ο εκκεντροφόρος οδηγείται από το στροφαλοφόρο. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι: η γρاناζωτή μετάδοση και η αλυσιδωτή μετάδοση.

Οι αλυσιδωτές μεταδόσεις είναι σχετικά ελαφριές, λεπτές σε πάχος και ελαστικές. Ωστόσο επιμηκύνονται κατά τη λειτουργία τους λόγω φθοράς, το οποίο επηρεάζει το χρονισμό του εκκεντροφόρου, και έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής κοντά στα 15 χρόνια.



Οι γρاناζωτές μεταδόσεις συνήθως διαρκούν όσο και η μηχανή. Ωστόσο, η διάταξη των γρاناζιών είναι πολύ πιο βαριά, και πιο ακριβή (σαν κατασκευή). Εάν οι οδοντωτοί τροχοί είναι ανευθυγράμμιστοι, θα επέλθουν κραδασμικά φορτία, που μπορεί να οδηγήσουν σε σπάσιμο των δοντιών.

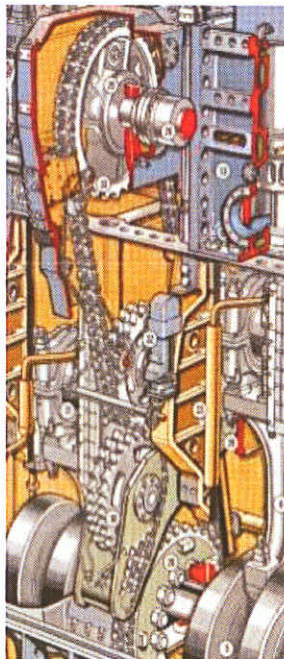
Ο εκκεντροφόρος άξονας κατασκευάζεται σε τμήματα, που το κάθε τμήμα γεφυρώνει έναν ή δύο κυλίνδρους. Κάθε έκκεντρο κατασκευάζεται από χάλυβα που δέχεται θερμική κατεργασία ώστε να αποκτήσει πολύ σκληρή επιφάνεια, αλλά και να διατηρεί σκληρό εσωτερικό. Τα έκκεντρα διαστέλλονται σε σχέση με τον άξονα για να τοποθετηθούν στη σωστή χρησιμοποιώντας είτε θερμικά είτε υδραυλικά μέσα. Οι σύνδεσμοι για την ένωση των τμημάτων του εκκεντροφόρου άξονα, διαστέλλονται και αυτοί υδραυλικά, επιτρέποντας έτσι τη ρύθμιση και διευκολύνοντας την αντικατάσταση των έκκεντρων εάν χρειαστεί.

Ο εκκεντροφόρος άξονας κινείται πάνω σε έδρανα λευκού μετάλλου, λιπανόμενα στις περισσότερες περιπτώσεις από το σύστημα λιπαντικού λαδιού της κύριας μηχανής. Παλαιότερες μηχανές χρησιμοποιούσαν ξεχωριστό σύστημα

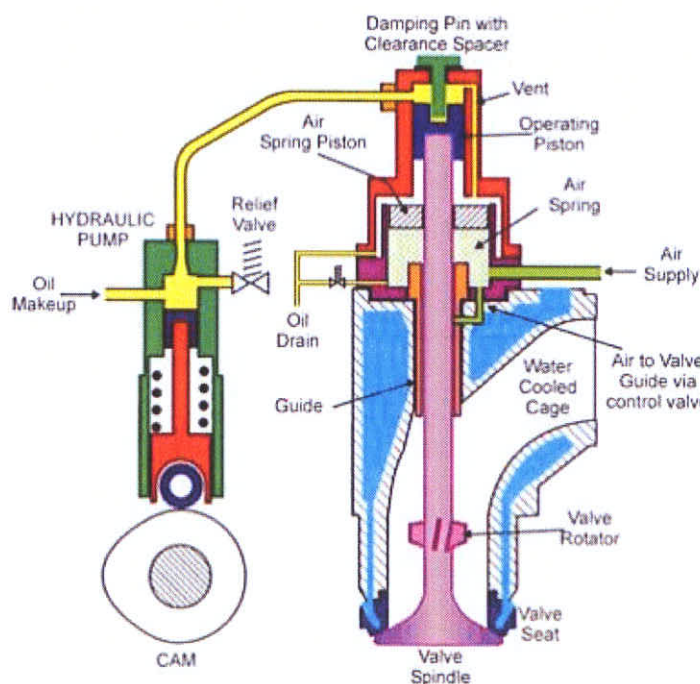


λιπαντικού λαδιού για τον εκκεντροφόρο, εξαιτίας της πιθανότητας “μόλυνσης” από διαρροή λαδιού μετά τις αντλίες καυσίμου.

Στις μηχανές με εκκεντροφόρους οδηγούμενους από αλυσίδες, καθώς η αλυσίδα επιμηκύνεται, ο χρονισμός των αντλιών καυσίμου και των εκκεντροφόρων επιβραδύνεται. Όταν αυτή η επιβράδυνση φτάσει ένα συγκεκριμένο σημείο, οι εκκεντροφόροι πρέπει να επαναχρονιστούν. Αυτό γίνεται διαστέλλοντας τον σύνδεσμο μεταξύ του εκκεντροφόρου και του γριναζιού χρησιμοποιώντας λάδι υψηλής πίεσης, και γυρνώντας τον εκκεντροφόρο χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο κλειδί και μπλοκάροντας την αλυσίδα.



### Βαλβίδα εξαγωγής (The Exhaust Valve)



Οι βαλβίδες εξαγωγής ανοίγουν προς τα μέσα στο εσωτερικό του κυλίνδρου, έτσι ώστε η πίεση των καυσαερίων μέσα στον κύλινδρο να σιγουρέψει το σωστό κλείσιμό της και να βοηθήσει να αποκολληθεί οποιαδήποτε επικάλυψη άνθρακα στα έδρανα των βαλβίδων.

Οι δίχρονοι μηχανές με βάρκτρα έχουν μία βαλβίδα εγκατεστημένη στο κέντρο της κεφαλής του κυλίνδρου. Το άνοιγμα και κλείσιμο της βαλβίδας ελέγχεται από ένα έκκεντρο τοποθετημένο στον εκκεντροφόρο άξονα. Σε παλαιότερες μηχανές το έκκεντρο



σήκωνε μία ράβδο που με τη σειρά της λειτουργούσε ένα ζύγωθρο (κοκοράκι) το οποίο άνοιγε την βαλβίδα.

Αυτό έχει μειονεκτήματα: η ράβδος και το ζύγωθρο είναι βαριά και η μηχανή πρέπει να ξεπεράσει την αδράνεια αυτών των διατάξεων. Η κίνηση του ζυγώθρου είναι το τόξο ενός κύκλου, και έχει την τάση να κουνάει την βαλβίδα πλευρικά, προκαλώντας φθορά στον οδηγό της βαλβίδας ο οποίος προσδιορίζει την ακριβή θέση της ατράκτου της βαλβίδας. Έτσι τα καυσαέρια μετά μπορεί να διαρρέουν από την άτρακτο, προκαλώντας υπερθέρμανση και επιταχυνόμενη φθορά. Τα ελατήρια που εξασφαλίζουν το κλείσιμο των βαλβίδων θα εξασθενήσουν με τη χρήση και διατρέχουν κίνδυνο να σπάσουν.

Οι σύγχρονες δίχρονες μηχανές με βάρκτρα έχουν σύστημα υδραυλικώς οδηγούμενης βαλβίδας με ελατήριο αέρα για το κλείσιμο. Το έκκεντρο λειτουργεί μία υδραυλική αντλία αντί για τη ράβδο. Λάδι από το σύστημα λίπανσης της μηχανής εκτοπίζεται από την αντλία και λειτουργεί ένα πιστόνι το οποίο σπρώχνει τη βαλβίδα για να ανοίξει.

Αντί για μηχανικά ελατήρια, η βαλβίδα έχει “ελατήριο αερίου”. Αέρας στα 7 bar οδηγείται μέσω ανεπίστροφης βαλβίδας στην κάτω πλευρά του πιστονιού που είναι προσαρτημένο στην άτρακτο της βαλβίδας. Καθώς η βαλβίδα ανοίγει, ο αέρας κάτω από το πιστόνι συμπιέζεται. Η εκτόνωση αυτού του πεπιεσμένου αέρα, όταν η υδραυλική πίεση εκτονωθεί, βοηθάει στο κλείσιμο της βαλβίδας. Ο αέρας παρέχεται με μία μικρή ποσότητα λαδιού για λόγους λίπανσης. Ο αέρας οδηγείται επίσης προς τα κάτω στον οδηγό της βαλβίδας. Αυτό κρατά τον οδηγό στα σωστά επίπεδα θερμοκρασίας και λίπανσης και αποτρέπει τη διαρροή καυσαερίων από τον οδηγό. Όποιο περισσευούμενο λάδι συγκεντρώνεται στον πυθμένα του κυλίνδρου του ελατηρίου αέρα, στραγγίζεται σε ένα δοχείο συλλογής.

Για να αποτραπεί η πιθανότητα “κλειδώματος” του αέρα, το υδραυλικό σύστημα έχει μια μικρή απορροή στην κορυφή του υδραυλικού κυλίνδρου της βαλβίδας εξαγωγής. Το λάδι αναπληρώνεται από μια ανεπίστροφη βαλβίδα. Επίσης υπάρχει μια βαλβίδα εκτόνωσης. Μια διάταξη απόσβεσης στην πάνω πλευρά του πιστονιού στην βαλβίδα εξαγωγής αποτρέπει τα χτυπήματα της βαλβίδας πάνω στο έδρανό της.

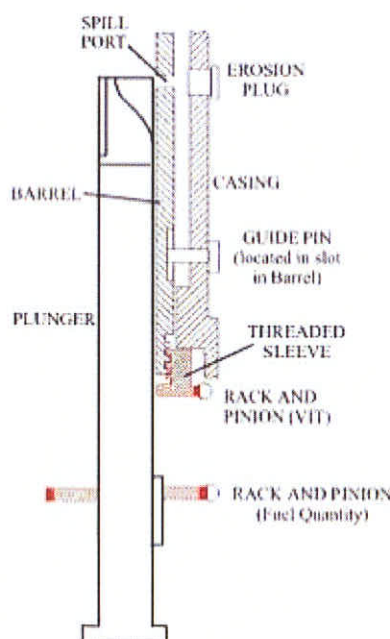
Η άτρακτος της βαλβίδας συναρμολογείται με έναν πτερυγωτό περιστροφέα. Η κινητική ενέργεια των καυσαερίων περιστρέφει, μέσω αυτής της διάταξης, τη βαλβίδα κατά ένα μικρό ποσοστό. Αυτό διατηρεί την ομοιόμορφη θερμοκρασιακή κατανομή στην επιφάνεια της βαλβίδας και αποτρέπει τη συσσώρευση επικαθίσεων στα έδρανα των βαλβίδων.

Ο κλωβός της βαλβίδας εξαγωγής είναι κατασκευασμένος από χυτοσίδηρο όπως είναι και ο οδηγός. Το έδρανο της βαλβίδας (το οποίο μπορεί να αντικατασταθεί) είναι από σκληρυμένο μολυβδαινιούχο χάλυβα και η άτρακτος της βαλβίδας μπορεί να είναι από κράμα μολυβδαινιούχου χρωμίου με ένα στρώμα στελλίτη συγκολλημένο στη επιφάνεια έδρασης, ή εναλλακτικά κεφαλή βαλβίδας από θερμοανθεκτικό κράμα nimonic , συγκολλημένο (με τριβή) σε άξονα χαλύβδινου κράματος.

Όταν επιθεωρούνται οι βαλβίδες οι βαλβίδες και τα έδρανα δεν επικαλύπτονται για να ταιριάξουν. Αντ'αυτού χρησιμοποιείται ειδικός εξοπλισμός τροχίσματος για να τροχιστούν τα έδρανα και οι άτρακτος στις σωστές γωνίες.



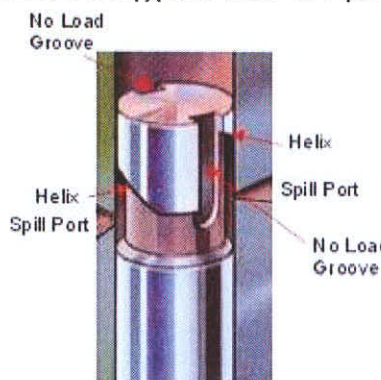
## Αντλία καυσίμου (The Fuel Pump)



Το καύσιμο πρέπει να ψεκαστεί μέσα στη μηχανή υπό μεγάλη πίεση ώστε να νεφελοποιηθεί σωστά. Ο ψεκασμός (injection) λαμβάνει χώρα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα το οποίο πρέπει να ρυθμιστεί με ακρίβεια. Καθυστερημένος ή πρόωρος ψεκασμός οδηγεί σε απώλεια δύναμης και σε καταστροφή της μηχανής. Επειδή λοιπόν ο χρονισμός του ψεκασμού είναι ζωτικής σημασίας, τα έκκεντρα που είναι τοποθετημένα στον εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος οδηγείται από το στροφαλοφόρο άξονα, χρησιμοποιούνται για να λειτουργήσουν τις αντλίες καυσίμου, μία για κάθε κύλινδρο.

Καθώς το έκκεντρο περιστρέφεται, λειτουργεί ένα κρουστικό έμβολο (ή ωστήριο) (the plunger) πεφωτισμένο μέσω ελατηρίου το οποίο κινείται πάνω κάτω σε ένα κύλινδρο (the barrel). Καθώς το ωστήριο κινείται προς τα πάνω μέσα στον κύλινδρο, η πίεση του καυσίμου μέσα στον κύλινδρο πάνω από το ωστήριο ανεβαίνει πολύ γρήγορα. Έπειτα το υψηλής πίεσης καύσιμο, ανοίγει τη βαλβίδα καυσίμου (injector) και ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο σε πολύ μικρά σταγονίδια γνωστά και ως εκνέφωμα. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι ο ψεκασμός λαμβάνει χώρα μόνο όταν το ωστήριο κινείται πάνω στην αποκλίνουσα επιφάνεια του έκκεντρου.

Αυτή είναι η αρχή λειτουργίας της αντλίας καυσίμου. Ωστόσο αυτό το μοντέλο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες καθώς θα δίνει πάντα την ίδια ποσότητα καυσίμου και κατά την εκκίνηση της μηχανής αυτή θα παρουσίαζε υπερστροφή. Έτσι θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μία μέθοδος μέσω της οποίας θα ρυθμίζεται σε πραγματικό χρόνο η ποσότητα καυσίμου που ψεκάζεται στη μηχανή η οποία ελέγχεται από τον ρυθμιστή στροφών.



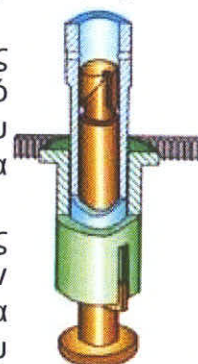
Υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται. Στην πρώτη κατεργάζεται πάνω στο ωστήριο (plunger) ένα ελικοειδές το οποίο επίσης σχηματίζει ένα κάθετο αυλάκι και ένα δακτυλιοειδές αυλάκι στη βάση του ελικοειδούς. Το ωστήριο παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο (barrel), που βρίσκεται στο σώμα της αντλίας το οποίο έχει θυρίδες διασκορπισμού, που συνδέονται με την πλευρά αναρρόφησης της αντλίας, ανοιγμένες έτσι ώστε να είναι πάνω από την κορυφή του ωστηρίου όταν το έκκεντρο βρίσκεται στον βασικό κύκλο. Το ωστήριο είναι συντονισμένο με ένα χιτώνιο το οποίο έχει έναν οδοντωτό τροχό (πηνίο) κατεργασμένο πάνω του. Το πηνίο εμπλέκεται με έναν οδοντωτό "σιδηρόδρομο" ο οποίος μπορεί να περιστρέψει το ωστήριο σε σχέση με τον κύλινδρο. Ο οδοντωτός σιδηρόδρομος συνδέεται με το ρυθμιστή στροφών της μηχανής.

Καθώς το ωστήριο (plunger) κινείται προς τα πάνω στον κύλινδρο (barrel), ο ψεκασμός θα ξεκινήσει μόλις το ωστήριο κλείσει τις θυρίδες διασκορπισμού και η πίεση αυξηθεί. Μόλις το ελικοειδές ή η σπείρα περάσει από τις θυρίδες διασκορπισμού, η πίεση πάνω από το ωστήριο μειώνεται απότομα, πέραν του γεγονότος ότι το ωστήριο συνεχίζει να κινείται προς τα πάνω. Είναι αυτονόητο ότι η



ποσότητα του καυσίμου που ψεκάζεται στον κύλινδρο εξαρτάται από τη θέση του ελικοειδούς σε σχέση με τη θυρίδα διασκορπισμού. Εάν το κάθετο αυλάκι είναι ευθυγραμμισμένο με τη θυρίδα διασκορπισμού, τότε δεν θα υπάρξει ψεκασμός και η μηχανή θα σταματήσει.

Στο παράδειγμά μας το ωστήριο έχει ένα ελικοειδές κατεργασμένο πάνω του. Πιο κοινές είναι οι αντλίες που το ωστήριό τους έχεις δύο ελικοειδή (και έτσι δύο κάθετα αυλάκια “καθόλου φορτίου”) αντιδιαμετρικά τοποθετημένα. Αυτό μας δίνει ένα ισορροπημένο ωστήριο.

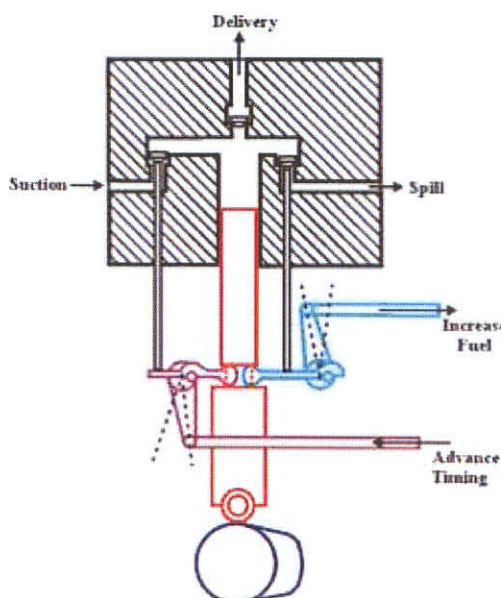


Το ωστήριο είναι κατεργασμένο με πολύ μικρές ανοχές, όπως και ο κύλινδρος στον οποίο παλινδρομεί. Φθορά λόγω λειαντικών μικροσωματιδίων μέσα στο καύσιμο θα έχει σαν αποτέλεσμα η αντλία να χρειαστεί περισσότερη ώρα να ανεβάσει την πίεση του καυσίμου στα επιθυμητά επίπεδα. Φθορά λόγω διάβρωσης επίσης λαμβάνει χώρα στην πάνω ακμή του ωστηρίου καθώς και στις ακμές των ελικοειδών και των θυρίδων διασκορπισμού. Αυτά μαζί με τη φθορά του ωστηρίου και του κυλίνδρου, θα οδηγήσουν στην καθυστέρηση του χρονισμού του ψεκασμού, για τον οποίο μπορεί να χρειαστεί ρύθμιση.

Στην σπειροειδή ή ελικοειδή αντλία που περιγράφηκαν παραπάνω, αν και το τέλος του ψεκασμού μπορεί να ποικίλει, η έναρξη του ψεκασμού (δηλ. όταν το πάνω μέρος του ωστηρίου καλύπτει τις θυρίδες διασκορπισμού) είναι σταθερή.

Καύσιμα διαφορετικών ποιοτήτων μπορεί να απαιτούν πρόωρο ή καθυστερημένο χρονισμό ψεκασμού, εκτός του ότι αν ο χρονισμός του ψεκασμού είναι πρόωρος, όταν η μηχανή δουλεύει σε φορτία κάτω του μέγιστου, ώστε να επιτευχθεί οικονομία καυσίμου.

Αυτή η μέθοδος μεταβολή του χρονισμού του ψεκασμού (γνωστή και ως **Variable Injection Timing**) μπορεί να επιτευχθεί από τη μέθοδο που επιδεικνύεται. Το κάτω μέρος του κυλίνδρου έχει πάνω του ένα τραχύ σπείρωμα. Αυτό βρίσκεται σε ένα σπειρωτό χιτώνιο το οποίο περιστρέφεται από σιδηρόδρομο και πηνίο. Ο κύλινδρος είναι ελεύθερος να κινείται πάνω-κάτω στον κλωβό της αντλίας χωρίς να περιστρέφεται. Αυτό σημαίνει ότι καθώς το χιτώνιο με το σπείρωμα περιστρέφεται από το σιδηρόδρομο του VIT, αλλάζει η θέση των θυρίδων διασκορπισμού σε σχέση με τον κύλινδρο, και έτσι αλλάζει και η έναρξη του ψεκασμού.



Η δεύτερη μέθοδος ελέγχου της ποσότητας του καυσίμου χρησιμοποιεί βαλβίδες αναρρόφησης και διασκορπισμού που λειτουργούν μέσω ωστηρίων. Η αρχή λειτουργίας φαίνεται στο σχήμα.

Ένα απλό ωστήριο (plunger) παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο. Καθώς το ωστήριο κινείται προς τα πάνω και προς τα κάτω, δύο μοχλοί στηριγμένοι σε άξονες λειτουργούν δύο ωστήρια τα οποία ανοίγουν αντίστοιχα τις βαλβίδες αναρρόφησης και διασκορπισμού. Όταν ο ακόλουθος του έκκεντρου βρίσκεται στον βασικό κύκλο του έκκεντρου, η βαλβίδα αναρρόφησης είναι ανοιχτή και βαλβίδα διασκορπίσεως είναι κλειστή. Καθώς το ωστήριο (plunger) ανεβαίνει



στο χιτώνιο, το ωστήριο της αναρρόφησης κινείται προς τα κάτω και η βαλβίδα αναρρόφησης κλείνει. Αρχίζει τότε η διαδικασία ψεκασμού και το καύσιμο διανέμεται μέσω μιας ανεπίστροφης βαλβίδας στους ψεκαστές. Καθώς το ωστήριο συνεχίζει προς τα επάνω το ίδιο συμβαίνει και το ωστήριο της βαλβίδας του διασκορπισμού την ανοίγει, η πίεση πάνω από το ωστήριο (plunger) πέφτει και ο ψεκασμός σταματάει.

Η ποιότητα του καυσίμου που απελευθερώνεται μπορεί να ελεγχθεί αλλάζοντας τη θέση του έκκεντρου άξονα περιστροφής για το λειτουργικό μοχλό της βαλβίδας διασκορπισμού. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα το πρόωρο ή καθυστερημένο άνοιγμα της βαλβίδας.

Αλλάζοντας τη θέση του άξονα περιστροφής της βαλβίδας αναρρόφησης, η έναρξη τα ψεκασμού μπορεί να ελεγχθεί παρομοίως, και έτσι βλέπουμε ότι η αντλία χρησιμοποιεί το VIT.

Αυτή η αντλία δεν θα αντιμετωπίζει προβλήματα διάβρωσης που θα επηρέαζαν τις αντλίες σπειρωτού τύπου. Ωστόσο η φθορά λόγω μικροσωματιδίων με λειαντική δράση στο καύσιμο ακόμα και εδώ επηρεάζουν την απόδοση. Η συχνή συντήρηση συμπεριλαμβάνει την επιθεώρηση των βαλβίδων και των εδρών.

### Ψεκαστήρας καυσίμου (The Fuel Injector)



Το καύσιμο απελευθερώνεται από την αντλία καυσίμου στα μπεκ ψεκασμού ή τις βαλβίδες καυσίμου. Για να καεί το καύσιμο πλήρως τη σωστή στιγμή θα πρέπει να σπάσει σε πολύ μικρά σταγονίδια σε μία διαδικασία που ονομάζεται νεφελοποίηση. Αυτά τα πολύ μικρά σωματίδια θα εισχωρήσουν αρκετά μέσα στον χώρο καύσης έτσι ώστε να αναμιχθούν με το οξυγόνο. Η θερμοκρασία των σταγονιδίων ανεβαίνει απότομα καθώς απορροφούν θερμική ενέργεια από το ζεστό αέρα μέσα στον κύλινδρο, και αναφλέγονται και καίγονται πριν προλάβουν να προσκρούσουν τη σχετικά κρύα επιφάνεια του πιστονιού και του χιτωνίου.

Τα μπεκ ψεκασμού το καταφέρνουν αυτό κάνοντας χρήση μιας προφορτισμένης μέσω ελατηρίου βελονοειδούς βαλβίδας. Το υπό πίεση καύσιμο από την αντλία καυσίμου τροφοδοτείται στο σώμα του μπεκ ψεκασμού σε ένα θάλαμο στο ακροφύσιο ακριβώς πάνω από το σημείο που η βελονοειδής βαλβίδα συγκρατείται στην έδρα της από ένα πολύ δυνατό ελατήριο. Καθώς το ωστήριο της αντλίας καυσίμου ανεβαίνει στο χιτώνιο (barrel) η πίεση αυξάνεται μέσα στο θάλαμο και ενεργεί στην κάτω πλευρά της βαλβίδας. Όταν αυτή η δύναμη ξεπεράσει την προς τα κάτω δύναμη του



ελατηρίου, η βελονοειδής βαλβίδα αρχίζει και ανοίγει. Το καύσιμο τώρα ενεργεί στην περιοχή του εδράνου της βαλβίδας, και αυξάνει την ανύψωση.

Καθώς συμβαίνει αυτό το καύσιμο ρέει στο χώρο κάτω από τη βελόνα και ωθείται από τις μικρές τρύπες στο ακροφύσιο από το οποίο αναδύεται σαν “εκνεφωποιημένο σπρέι”.

Στο τέλος της παροχής, η πίεση πέφτει απότομα και το ελατήριο κλείνει τη βελονοειδή βαλβίδα.

Παλαιότερες μηχανές βροχοειδούς σάρωσης μπορεί να έχουν ένα μονό μπεκ ψεκασμού τοποθετημένο κεντρικά στην κυλινδροκεφαλή. Επειδή η βαλβίδα εξαγωγής είναι στο κέντρο της κυλινδροκεφαλής στις σύγχρονες μηχανές σάρωσης ενοποιημένης ροής, οι βαλβίδες καυσίμου (2 ή 3) διατάσσονται στην περίμετρο της κεφαλής.

Η πίεση στην οποία λειτουργεί το μπεκ ψεκασμού μπορεί να ρυθμιστεί, ρυθμίζοντας την προφόρτηση του ελατηρίου. Η πίεση στην οποία λειτουργούν τα μπεκ ποικίλει αναλόγως τη μηχανή, αλλά μπορεί να φτάσει και τα 540 bar.

Μερικά μπεκ ψεκασμού έχουν εσωτερικές διόδους ψύξης που επεκτείνονται μέχρι το ακροφύσιο και μέσα στις οποίες κυκλοφορεί νερό ψύξης. Αυτό γίνεται για να αποτραπεί η υπερθέρμανση και το κάψιμο της μύτης του ακροφυσίου.

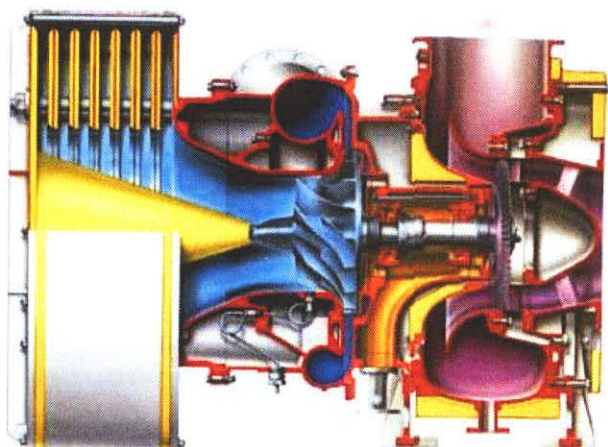
Τα μπεκ ψεκασμού στις σύγχρονες δίχρονες μηχανές με βάρτρα δεν έχουν εσωτερικές διόδους για νερό ψύξης. Ψύχονται από ένα συνδυασμό της έντονης διαμετρικής ψύξης στην κυλινδροκεφαλή που βρίσκεται κοντά στις φωλιές των βαλβίδων και από το καύσιμο το οποίο επανακυκλοφορεί μέσα στο μπεκ ψεκασμού όταν ο ακόλουθος του έκκεντρου βρίσκεται στο βασικό κύκλο του έκκεντρου ή όταν η μηχανή σταματήσει.

Έκτος του ότι βοηθάει το μπεκ να ψύχεται, η επανακυκλοφορία του καυσίμου όταν η μηχανή είναι σβηστή κρατάει το καύσιμο στο σωστό ιξώδες για ψεκασμό αποτρέποντάς την ψύξη του.

Τα μπεκ ψεκασμού πρέπει να διατηρούνται σε καλή κατάσταση προκειμένου να επιτυγχάνεται η βέλτιστη αποδοτικότητα τους, και να αποτρέπεται η δημιουργία συνθηκών που μπορεί να οδηγήσουν σε ζημιά μέσα στο κύλινδρο. Τα μπεκ ψεκασμού πρέπει να αλλάζονται σύμφωνα τις υποδείξεις του κατασκευαστή, να επιθεωρούνται και να δοκιμάζονται. Τα ελατήρια μπορεί να ασθενήσουν με την επαναλαμβανόμενη λειτουργία οδηγώντας στο πρόωρο άνοιγμα του μπεκ που πλέον θα ανοίγει σε χαμηλότερη πίεση από αυτή για την οποία σχεδιάστηκε. Η βελονοειδής βαλβίδα και η έδρα της μπορεί να φθαρούν, το οποίο μαζί με φθαρμένες οπές του ακροφυσίου θα οδηγήσουν σε ανακριβή νεφελοποίηση και σταλαγμό.

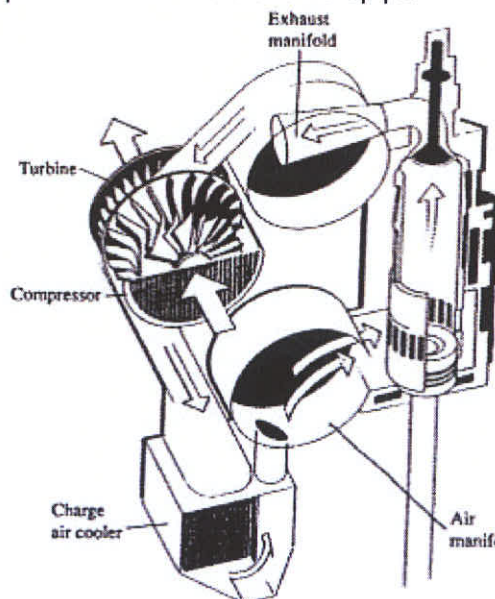


## Υπερπληρωτής (The Turbo Charger)



Μια δίχρονη μηχανή με βάρτρα πρέπει να προμηθεύεται με αέρα πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση προκειμένου να δουλέψει. Παρά το γεγονός ότι οι πρώτοι στροβιλοσυμπιεστές καυσαερίων αναπτύχθηκαν για αεροναυπηγικές εφαρμογές κατά τη διάρκεια του πρώτου παγκοσμίου πολέμου, μόνο μέχρι τα 1950 οι μεγάλες δίχρονες μηχανές δεν είχαν στροβιλοσυμπιεστή καυσαερίων.

Πριν από εκείνο το σημείο ο πετρευσμένος αέρας που χρειαζόταν για να σαρώνει τον κύλινδρο από τα καυσαέρια και να παρέχει το φορτίο αέρα για τον επόμενο κύκλο καύσης, παρέχόταν από μηχανικούς υπερσυμπιεστές (Roots Blowers), ή χρησιμοποιώντας τον χώρο κάτω από το πιστόνι σαν έναν παλινδρομικό συμπιεστή (Under Piston Scavenging). Αυτό βέβαια σήμαινε ότι η μηχανή παρείχε το έργο για τη συμπίεση του αέρα, το οποίο σήμαινε ότι το ωφέλιμο έργο της μηχανής μειωνόταν κατά αυτό το έργο.



Οι δυνάμεις των μηχανών έχουν αυξηθεί δραματικά τα τελευταία 25 χρόνια. Το 1980 μία μηχανή που απέδιδε ισχύ 15000 kW ήταν μία πολύ δυνατή μηχανή. Οι σημερινές μεγαλύτερες μηχανές είναι ικανές να αποδώσουν την τετραπλάσια ισχύ. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο λόγω των ανεπτυγμένων υλικών κατασκευής και των μεθόδων κατεργασίας, αλλά επίσης λόγω της βελτίωσης και της ανάπτυξης στη σχεδίαση των στροβιλοσυμπιεστών καυσαερίων που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις μηχανές.

Το ποσό της ωφέλιμης ενέργειας που μπορεί να παράγει μία μηχανή εξαρτάται από δύο παράγοντες. Την ποσότητα του καυσίμου που καίγεται ανά κύκλο λειτουργίας και το βαθμό απόδοσης.

Το καύσιμο αποτελείται κυρίως από άνθρακα και υδρογόνο. Με την καύση του καυσίμου με οξυγόνο η ενέργεια μέσα στο καύσιμο εκλύεται και μετατρέπεται σε έργο και θερμότητα. Όσο περισσότερο καύσιμο μπορεί να καεί ανά κύκλο λειτουργίας, τόσο περισσότερη ενέργεια εκλύεται.

Ωστόσο για να καεί περισσότερο καύσιμο πρέπει να αυξηθεί και η ποσότητα του αέρα που παρέχεται. Για παράδειγμα, μία μηχανή με 10 κυλίνδρους, με διάμετρο 850 mm και διαδρομή 2.35 m πρέπει να καίει 1 κιλό καυσίμου ανά περιστροφή για να αποδώσει 38500 kW όταν περιστρέφεται με 105 στροφές/λεπτό (υποθέτοντας βαθμό απόδοσης 50%). Αυτό σημαίνει ότι κάθε κύλινδρος καίει 0.1 kg καυσίμου ανά διαδρομή. Για να διασφαλιστεί ότι το καύσιμο καίγεται πλήρως παρέχεται με 220% περισσότερο αέρα από ότι απαιτείται θεωρητικά. Επειδή χρειάζονται περίπου 14 kg αέρα για να παρέχουν το θεωρητικό οξυγόνο για να καεί 1 kg καυσίμου, κάθε κύλινδρος πρέπει να εφοδιαστεί με 4.5 kg αέρα για να καεί 0.1 kg καυσίμου.



Ένα ποσοστό αυτού του αέρα χρησιμοποιείται για να σαρώσει (καθαρίσει) τα καυσαέρια από τον κύλινδρο. Ο αέρας επίσης χρησιμοποιείται για να ψύξει το χιτώνιο και τη βαλβίδα εξαγωγής.

Καθώς το πιστόνι κινείται προς τα πάνω κατά το χρόνο συμπίεσης και η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει, ο κύλινδρος πρέπει να περιέχει περισσότερη από τη θεωρητική μάζα αέρα για να παρέχει το οξυγόνο που χρειάζεται για να καεί πλήρως το καύσιμο (περίπου 3.7 kg).

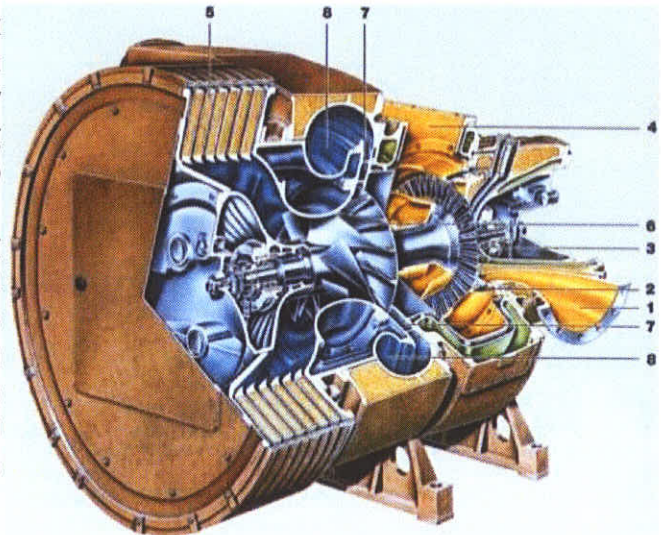
3.7 kg αέρα σε ατμοσφαιρική πίεση στους 30°C καταλαμβάνει όγκο 3.2m<sup>3</sup>. Ο όγκος του κυλίνδρου της μηχανής του παραδείγματός μας είναι 1.2m<sup>3</sup> αφού κλείσει η βαλβίδα εξαγωγής και ξεκινήσει η συμπίεση. Επειδή η θερμοκρασία του αέρα που παρέχεται στη μηχανή ανεβαίνει μέχρι τους 70°C καθώς εισέρχεται στη μηχανή, μπορεί να υπολογιστεί ότι για να παρέχουμε το οξυγόνο που χρειάζεται για την καύση, ο αέρας πρέπει να παρέχεται με πίεση τριπλάσια της ατμοσφαιρικής ή 2 bar πίεση μέτρησης.

Σημείωση: τα νούμερα είναι προσεγγιστικά και μόνο για το παράδειγμά μας. Οι κατασκευαστές αναφέρουν την ακριβή κατανάλωση καυσίμου των μηχανών τους σε g/kWh (γραμμάρια ανά κιλοβατώρες). Αυτά τα νούμερα ανακτώνται από μετρήσεις σε τεστ κοντά στις ιδανικές συνθήκες. Τα νούμερα που αναφέρονται κυμαίνονται μεταξύ 165 και 175 g/kWh. Η πραγματική ακριβής κατανάλωση καυσίμου εξαρτάται από το βαθμό απόδοσης της μηχανής και τη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου που χρησιμοποιείται.

Περίπου το 35% της συνολικής θερμικής ενέργειας στο καύσιμο ξοδεύεται άσκοπα στα καυσαέρια. Ο στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων χρησιμοποιεί μέρος αυτής της ενέργειας (περίπου 7% της συνολικής ενέργειας ή 20% της θερμότητας που ξοδεύεται) για να οδηγήσει ένα μονό στρόβιλο. Ο στρόβιλος είναι πακτωμένος πάνω στον ίδιο άξονα που στηρίζεται ένας περιστροφικός συμπιεστής. Ο αέρας τραβιέται μέσα, συμπιέζεται και, επειδή η συμπίεση ανεβάζει την θερμοκρασία του αέρα, ψύχεται για να μειωθεί ο όγκος του. Έπειτα κατανέμεται στους κυλίνδρους μέσω της πολλαπλής εισαγωγής ή το χώρο σάρωσης.

Η ταχύτητα περιστροφής του στροβιλοσυμπιεστή καυσαερίων είναι μεταβλητή εξαρτώμενη από το φορτίο της μηχανής. Σε πλήρη ισχύ ο στροβιλοσυμπιεστής μπορεί να περιστρέφεται στις 10000 στροφές/λεπτό.

**Εκκίνηση της μηχανής:** επειδή στη μηχανή πρέπει να παρέχεται αέρας κατά τη διάρκεια της εκκίνησης και όταν λειτουργεί σε χαμηλές ταχύτητες περιστροφής, παρέχεται μία δευτερεύουσα φτερωτή κινούμενη από ηλεκτροκινητήρα. Αυτό κλείνει αυτόματα όταν το φορτίο αέρα που παρέχεται από το στροβιλοσυμπιεστή επαρκεί για να τροφοδοτεί τη μηχανή από μόνο του.



- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1. Gas Inlet Casing  | 5. Silencer Filter |
| 2. Turbine Nozzles   | 6. Compressor      |
| 3. Turbine Wheel     | 7. Diffuser        |
| 4. Gas Outlet Casing | 8. Volute Casing   |



### 3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

#### ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ – ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ- ΑΠΟΔΟΣΗ

Όπως προαναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός εξαρτημάτων τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους με σκοπό την ομαλή λειτουργία της Κυρίας Μηχανής του πλοίου. Εκτός από αυτά τα οποία είναι προσαρμοσμένα επάνω στην Κ.Μ. υπάρχει μία πληθώρα μηχανημάτων βοηθητικών και μη τα οποία εξυπηρετούν την καλή λειτουργία της μηχανής.

Τέτοια μηχανήματα είναι: Το καζάνι (Boiler), ο διυλιστής (Purifier), ένας μεγάλος αριθμός αντλιών (μεταφοράς πετρελαίου από δεξαμενή, τροφοδοσίες πετρελαίου στον κύλινδρο, αντλίες γλυκού ή μη νερού για την ψύξη της Κ.Μ., όπως και επίσης οι αντλίες ξεσαβουρώματος). Σημαντικό μηχανήμα στην ναυσιπλοΐα είναι και ο αποτρεφωτήρας (incinerator) όπως δεν πρέπει να ξεχνάμε την σημαντικότητα του υπερσυμπιεστή. Όλα τα παραπάνω θα τα αναλύσουμε και θα επισημάνουμε την συνεργασία τους στα παρακάτω κεφάλαια.

Η λειτουργία της Κ.Μ. ξεκινάει από τις δεξαμενές οι οποίες εμπεριέχουν την καύσιμη ύλη (πετρέλαιο) με την οποία θα κινείται το πλοίο. Εκεί μέσα υπάρχει μία σερπαντίνα στην οποία κινείται ζεστό νερό που παράγεται στο καζάνι για να κρατάει ζεστό το πετρέλαιο. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους:

- Αν η θερμοκρασία του πετρελαίου πέσει κάτω από το συμβατό επίπεδο τότε αυτό στερεοποιείται
- Το πετρέλαιο για να αναφλεχθεί χρειάζεται προθέρμανση στους περίπου 120° C οπότε παίζει και τον ρόλο ενός α' βαθμού θερμαντήρα.

Η λειτουργία του καζανιού είναι απλή. Συμπεριλαμβάνει ένα καυστήρα και ένα καζάνι στο οποίο εμπεριέχεται νερό που ζεσταίνεται και κινείται στην σερπαντίνα. Ο καυστήρας δεν χρησιμοποιεί το ίδιο είδος πετρελαίου με την Κ.Μ. λόγω της υψηλής πυκνότητάς του αλλά το γνωστό σε όλους μας πετρέλαιο θέρμανσης.

Το καύσιμο από τις δεξαμενές κινείται μέσω της σωλήνωσης και των αντλιών μεταφοράς στον διυλιστή. Οι αντλίες μεταφοράς είναι κοινές αντλίες οι οποίες αποτελούνται από το κέλυφος, την φτερωτή, τον σωλήνα αναρροφήσεως και καταθλίψεως. Οι αντλίες αυτές λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα 220 V.

Έτσι λοιπόν μέσω των αντλιών το καύσιμο μεταφέρεται στον διυλιστή και καθαρίζεται από τα σωματίδια και το νερό και είναι έτοιμο για καύση. Ο διυλιστής είναι ένα μηχανήμα το οποίο αποτελείται από έναν ηλεκτροκινητήρα που πάνω στον άξονά του είναι τοποθετημένοι περίπου 20 δίσκοι φυγοκέντρωσης οι οποίοι περιστρέφονται περίπου 1000 στροφές ανά λεπτό (RPM). Τα σωματίδια μέσω της φυγοκέντρωσης όπως και το νερό είναι πιο βαριά από το πετρέλαιο με αποτέλεσμα να απομακρύνονται από το καύσιμο μέσω της φυγοκέντρωσης.

Από εκεί και μετά το καύσιμο κατευθύνεται στην εμβολοειδή αντλία (Piston pump) η οποία είναι προσαρμοσμένη επάνω στον κύλινδρο της Κ.Μ.

Αυτή δεν είναι μία κοινή αντλία που κινείται με ρεύμα αλλά παίρνει κίνηση μέσω καδένας από τον στροφαλοφόρο άξονα (Crankshaft) της Κ.Μ. Το καύσιμο εισέρχεται σε ένα θάλαμο συμπίεσεως και εκεί το έμβολο το σπρώχνει με δύναμη προς το εσωτερικό της Κ.Μ. με σκοπό την μετατροπή του σε αέρια μορφή. Για την καύση είναι απαραίτητη και η προσθήκη οξυγόνου το οποίο εισέρχεται μέσω του φίλτρου στην σάρωση με πίεση περίπου 2 bar.



Η παραπάνω είναι η διαδικασία εισαγωγής του καυσίμου από την δεξαμενή έως τον κύλινδρο της Κ.Μ. Από εκεί και πέρα ακολουθείται η διαδικασία καύσης για δίχρονους βραδύστροφους πετρελαιοκινητήρες όπως αναφέραμε στο πρώτο κεφάλαιο. Τα καυσαέρια του κυλίνδρου απομακρύνονται μέσω της βαλβίδας εξαγωγής προς την εξάτμιση. Η βαλβίδα εξαγωγής αποτελείται από το στέλεχος και την έδρα και συνήθως είναι κατασκευασμένη από Nimonic ή Stellite. Η κίνηση της βαλβίδας εξαγωγής γίνεται μέσω ενός έκκεντρου που βρίσκεται προσαρμοσμένο επάνω στον άξονα (εκκεντροφόρος) ο οποίος παίρνει κίνηση από την ίδια καδένα που παίρνει κίνηση και η εμβολοειδής αντλία από τον στροφαλοφόρο άξονα. Η σχέση μετάδοσης εκκεντροφόρου / στροφαλοφόρου είναι 1:1 και όχι 1:2 λόγω του ότι η μηχανή είναι δίχρονη. Έτσι την στιγμή που το έμβολο στην Κ.Μ. βρίσκεται στο Α.Ν.Σ. η βαλβίδα την ίδια στιγμή είναι κλειστή και δημιουργείται συμπίεση στον κύλινδρο. Αντίστοιχα την στιγμή που το έμβολο βρίσκεται στο Κ.Ν.Σ. η βαλβίδα είναι ανοιχτή, φρέσκος αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο μέσω της σάρωσης και τα καυσαέρια απομακρύνονται προς την εξάτμιση.

Δεν πρέπει να παραλείψουμε στην όλη διαδικασία καύσης την σημασία του στροβιλοσυμπιεστή (Turbocharger) ο οποίος έχει μέση ταχύτητα περιστροφής τις 13.000 στροφές ανά λεπτό. Ο στρόβιλος περιστρέφεται με την βοήθεια καυσαερίων που βγαίνουν από την βαλβίδα εξαγωγής και αυτός με την σειρά του περιστρέφει τον συμπιεστή ο οποίος σπρώχνει με δύναμη τον φρέσκο αέρα που ήδη έχει περάσει από το φίλτρο αέρα στην σάρωση. Ανάμεσα στο φίλτρο του αέρα και την σάρωση μεσολαβεί το ψυγείο του αέρα (Air cooler). Πρόκειται για έναν εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος χρησιμοποιεί γλυκό νερό. Το νερό περνάει από τις κυψέλες, περιστρέφεται μέσα στον εναλλάκτη, και ο ζεστός αέρας που περνάει ανάμεσα ψύχεται προτού κατευθυνθεί στην σάρωση. Μία ενδεικτική τιμή είναι πώς νερό εισέρχεται στον εναλλάκτη περίπου στους 20° C και εξέρχεται περίπου στους 35° C, ενώ ο αέρας εισέρχεται περίπου στους 160° C και εισέρχεται στην σάρωση περίπου στους 45° C. Οπότε είναι εύκολο να καταλάβουμε πόσο σημαντικός είναι ο ρόλος του εναλλάκτη θερμοκρασίας αέρα. Όσο πιο ψυχρός είναι ο αέρας τόσο πιο μεγάλη είναι η περιεκτικότητά του σε οξυγόνο, οπότε και τόσο πιο τέλεια είναι η καύση.

Το έργο λοιπόν που παράγεται από την Κ.Μ. πρέπει να κινήσει το 300 μέτρων πλοίο με μία ταχύτητα περίπου 13 κόμβων. Όλα αυτά επιτυγχάνονται μέσω ενός άξονα και της προπέλας. Η σχέση μετάδοσης της Κ.Μ. με την προπέλα είναι 1:1, πράγμα που σημαίνει πως δεν μεσολαβεί κανένα είδος συμπλέκτη ή μειωτήρα, π.χ. αν η μηχανή περιστρέφεται με 85 στροφές ανά λεπτό τότε και η προπέλα περιστρέφεται με τις ίδιες. Από την Κ.Μ. έως την προπέλα υπάρχει ένας άξονας χωρισμένος σε δύο μέρη. Το μέσω μέρος (Intermediate shaft) από το στροφαλοφόρο έως το έδρανο ολισθήσεως (Intermediate shaft bearing) και από το έδρανο ολισθήσεως έως το δεύτερο μέρος του άξονα (Tailshaft) και την προπέλα.

Το έδρανο ολισθήσεως αποτελείται από το κέλυφος το οποίο χωρίζεται σε δύο μέρη, το άνω και το κάτω. Το , κάτω μέρος είναι ταυτόχρονα και ελαιολεκάνη. Το έδρανο καθώς περιστρέφεται μέσα στα κελύφη του, το κάτω μέρος του ακουμπάει στην ελαιολεκάνη και λιπαίνεται, αυτό καθιστά και εύκολη την συντήρησή του καθώς το μόνο που χρειάζεται είναι περιοδικό και αυστηρό έλεγχο στο ύψος της στάθμης του λαδιού. Στο τελευταίο μέρος του άξονα βρίσκεται βιδωμένη η προπέλα. Εκεί υπάρχει το τελευταίο έδρανο ολίσθησης του οποίου η λειτουργία είναι ίδιο με το προηγούμενο, όπως επίσης και η τσιμούχα που στεγανοποιεί το εσωτερικό μέρος του πλοίου με την θάλασσα.

Τίποτα από τα παραπάνω δεν θα ήταν εφικτό χωρίς την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος για την λειτουργία των αντλιών όπως και των υπολοίπων μηχανημάτων



# Sectional view

**ACE all models**

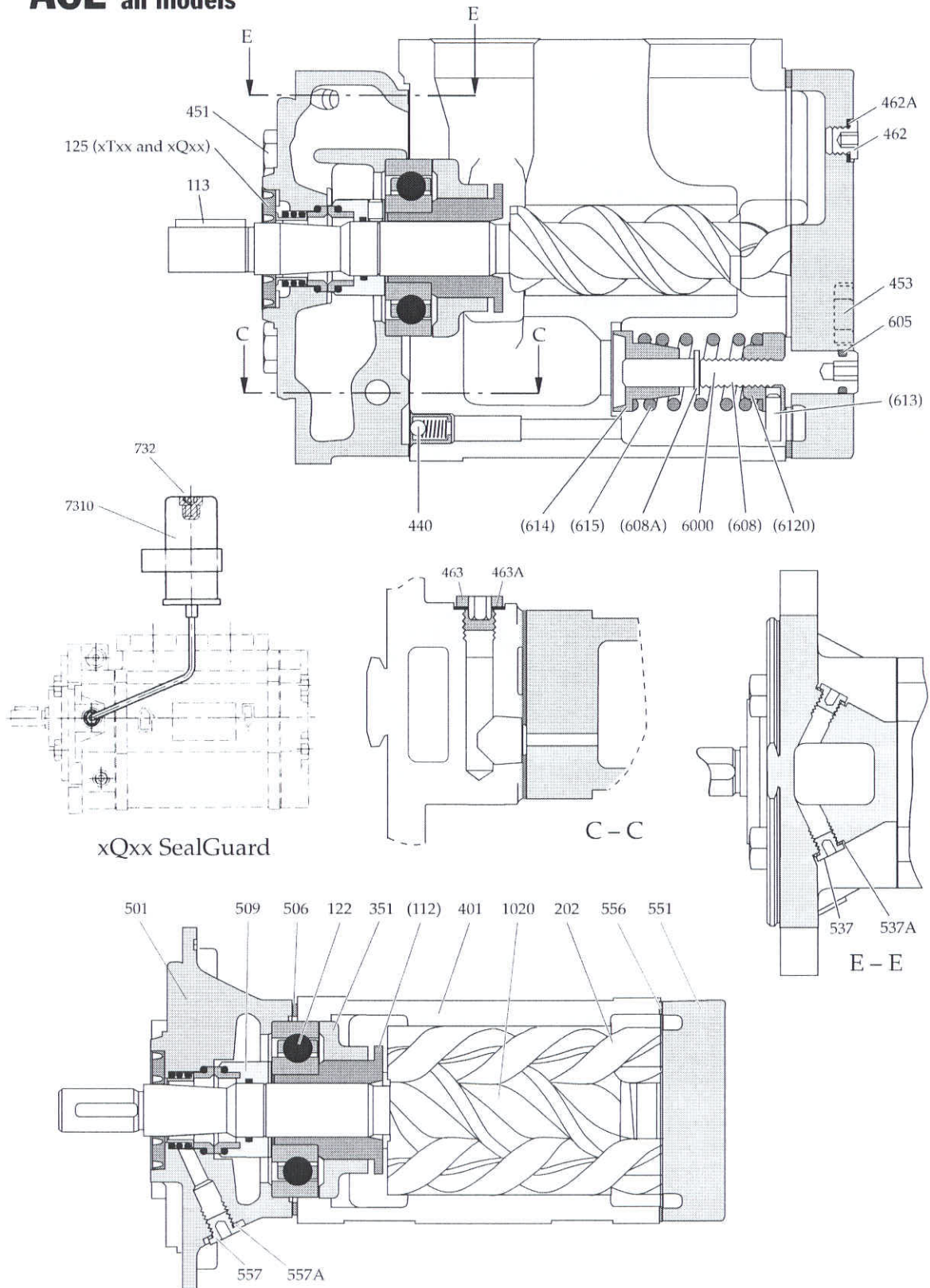


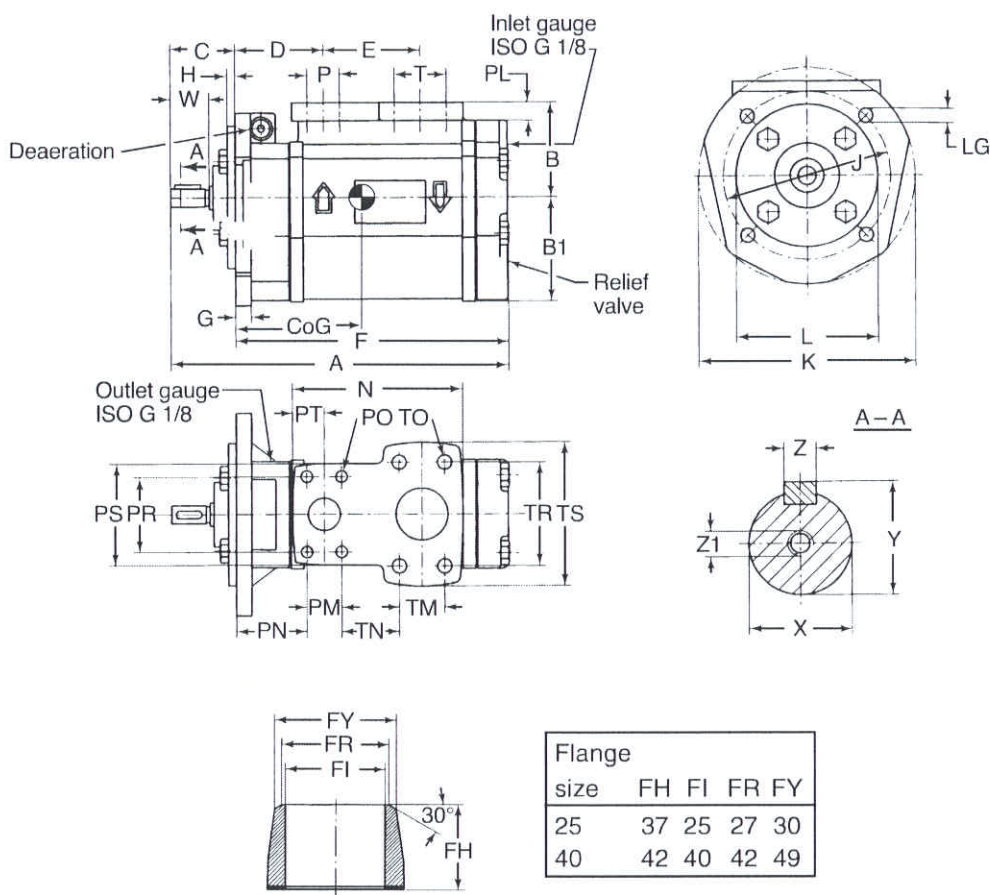
Fig. 11



# Pump dimensions

## Pump ACE

Dimensions in mm (The counter flanges are accessories)



Pump size	Main dim.								Flange dim.					
	A	B	B1	C	D	E	F	N	G	H	J	K	L <sup>1)</sup>	LG
025	225	73	81	50	60	60	175	110	12	6	130	160	110	9
032	261	73	81	50	68	75	211	133	12	6	130	160	110	9
038	273	83	83	50	75	85	223	151	15	6	145	170	120	11

Pump size	Outlet								Inlet						Shaft					Weight	
	P	PL	PM	PN	PO	PR	PS	PT	T	TM	TN	TO	TR	TS	W	X <sup>2)</sup>	Y	Z	Z1	CoG	kg
025	25	14	28	46	9	62	82	25	25	28	32	9	62	82	29	14	16	5	M5	75	10
032	25	14	28	54	9	62	82	25	40	40	41	11	90	115	29	14	16	5	M5	92	12
038	40	15	40	55	11	90	115	33	40	40	45	11	90	115	34	19	21,5	6	M5	100	15

1) Tolerances ISO H7

2) Tolerances ISO j6

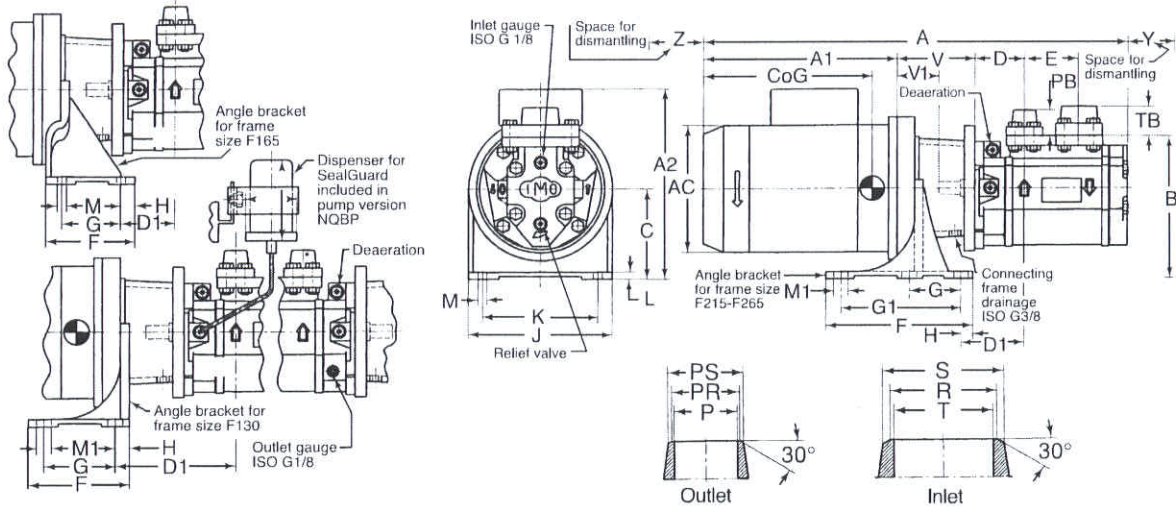
Fig. 1



# Pump dimensions

## Pump unit ACE

Dimensions in mm (With standard ISO electric motor)



Pump size	IEC No	Frame size	Main dim.									Foot dim.							
			A	A1	A2	AC	B	C	D	D1	E	F	G	G1	H	J	K	L	M
025	71	F130	481	208	213	140	171	98	60	156	60	105	70	19	205	180	8	9x16	
025	80	F165	521	238	239	160	185	112	60	88	60	90	60	15	210	180	12	Ø11	
025	90	F165	565	272	247	178	185	112	60	98	60	90	60	15	210	180	12	Ø11	
025	100	F215	611	308	309	199	228	155	60	109	60	230	75	185	22	250	215	15	14x24
025	112	F215	624	321	322	215	228	155	60	109	60	230	75	185	22	250	215	15	14x24
032	71	F130	517	208	213	140	171	98	68	164	75	105	70	19	205	180	8	9x16	
032	80	F165	557	238	239	160	185	112	68	96	75	90	60	15	210	180	12	Ø11	
032	90	F165	601	272	247	178	185	112	68	106	75	90	60	15	210	180	12	Ø11	
032	100	F215	647	308	309	199	228	155	68	117	75	230	75	185	22	250	215	15	14x24
032	112	F215	660	321	322	215	228	155	68	117	75	230	75	185	22	250	215	15	14x24
038	80	F165	569	238	239	160	195	112	75	103	85	90	60	15	210	180	12	Ø11	
038	90	F165	613	272	247	178	195	112	75	113	85	90	60	15	210	180	12	Ø11	
038	100	F215	659	308	309	199	238	155	75	124	85	230	75	185	22	250	215	15	14x24
038	112	F215	672	321	322	215	238	155	75	124	85	230	75	185	22	250	215	15	14x24
038	132	F265	744	371	373	255	268	185	75	130	85	270	95	225	23	300	265	18	14x24

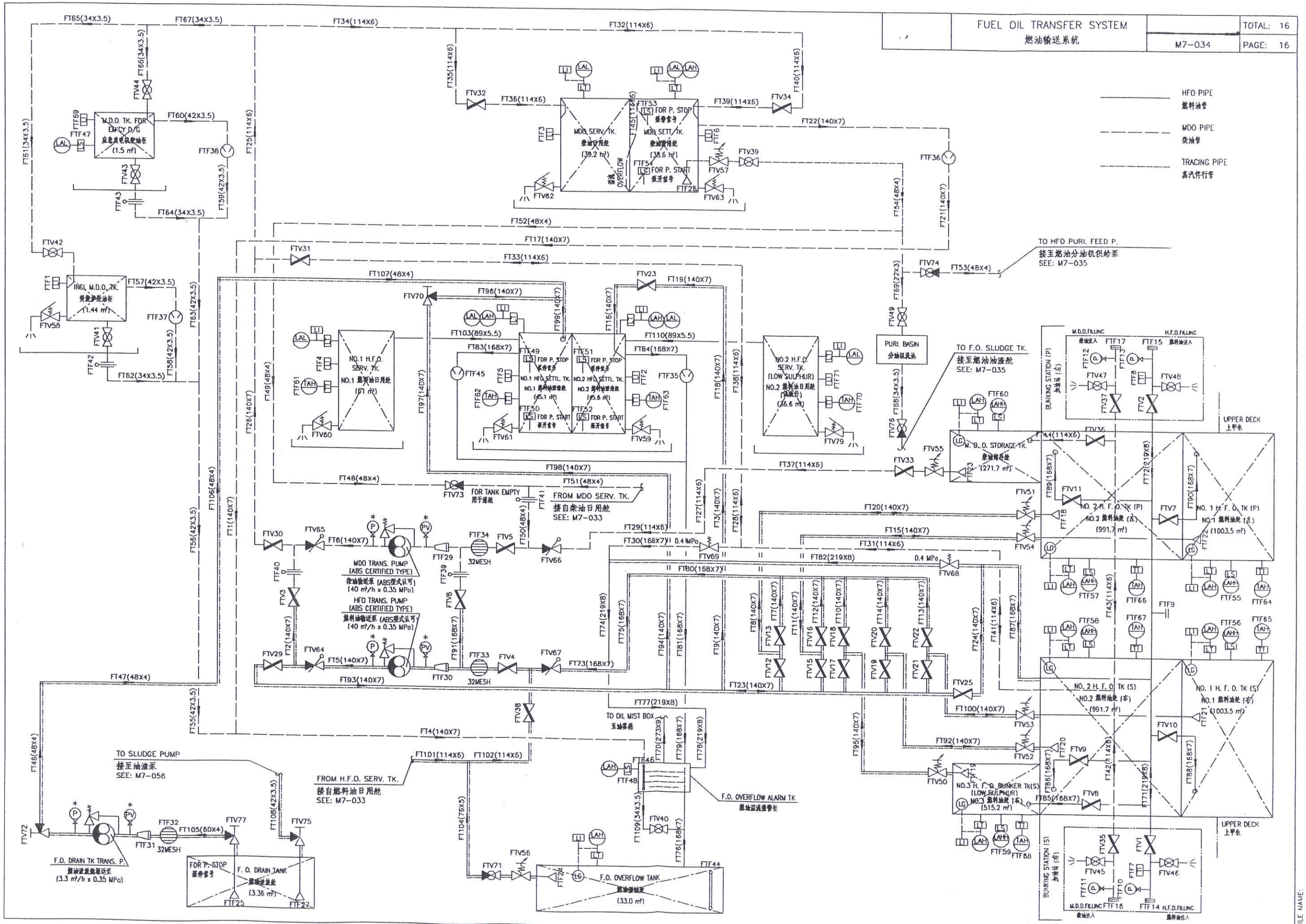
Pump size/ IEC No/ Frame size	Outlet				Inlet				Dismantling				Weight	
	P	PB	PR	PS	T	TB	R	S	V	V1	Y	Z	CoG	kg
025/71/F130	25	37	27	30	25	37	27	30	98	48	68	48	283	20
025/80/F165	25	37	27	30	25	37	27	30	108	58	68	58	291	24
025/90/F165	25	37	27	30	25	37	27	30	118	68	68	68	287	30
025/100/F215	25	37	27	30	25	37	27	30	128	78	68	78	285	40
025/112/F215	25	37	27	30	25	37	27	30	128	78	68	78	281	45
032/71/F130	25	37	27	30	40	42	42	49	98	48	68	48	302	22
032/80/F165	25	37	27	30	40	42	42	49	108	58	68	58	310	26
032/90/F165	25	37	27	30	40	42	42	49	118	68	68	68	305	32
032/100/F215	25	37	27	30	40	42	42	49	128	78	68	78	300	42
032/112/F215	25	37	27	30	40	42	42	49	128	78	68	78	295	47
038/80/F165	40	42	42	49	40	42	42	49	108	58	68	58	327	29
038/90/F165	40	42	42	49	40	42	42	49	118	68	68	68	323	35
038/100/F215	40	42	42	49	40	42	42	49	128	78	68	78	317	45
038/112/F215	40	42	42	49	40	42	42	49	128	78	68	78	312	50
038/132/F265	40	42	42	49	40	42	42	49	150	100	70	100	309	75

Fig. 2



FUEL OIL TRANSFER SYSTEM  
燃油输送系统

— HFO PIPE  
— MDO PIPE  
— TRACING PIPE

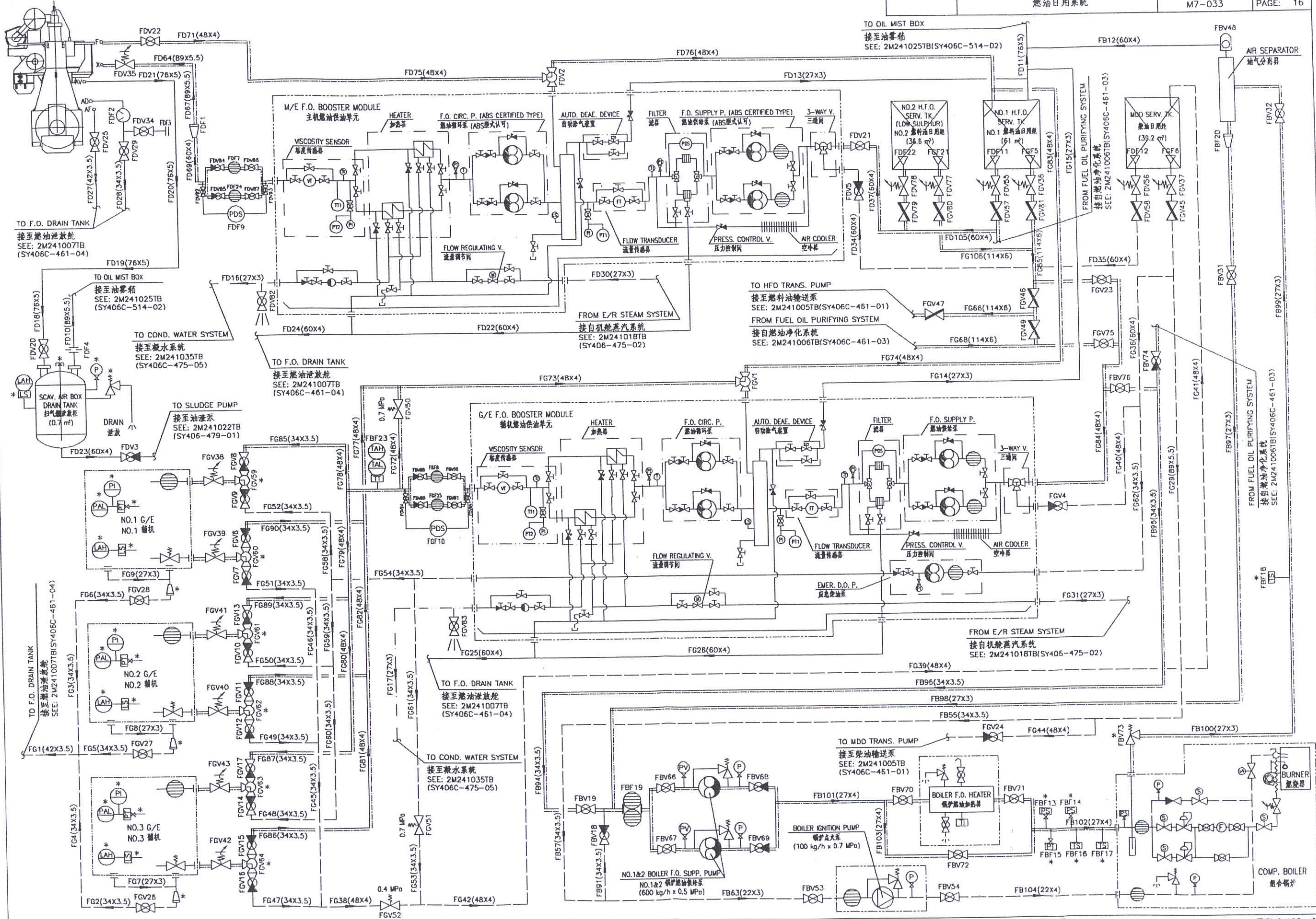


SAVE DATE:

面积: 0.125 m²

FILE NAME:





SAVE DATE:

面积: 0.125 m<sup>2</sup>

FILE NAME:



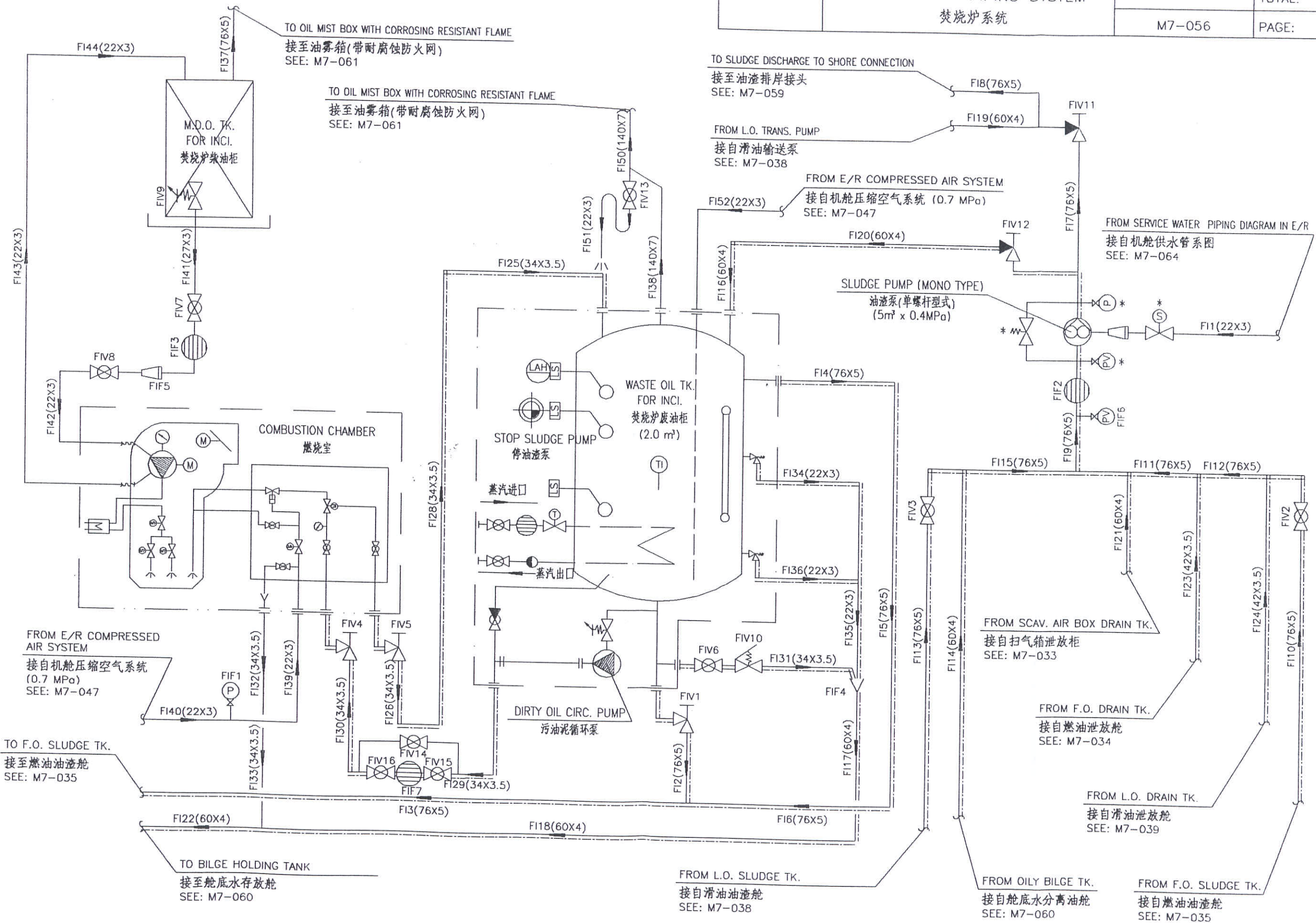
INCINERATOR PIPING SYSTEM

焚烧炉系统

TOTAL: 8

M7-056

PAGE: 8



SAVE DATE:

面积: 0.12 m²

FILE NAME:



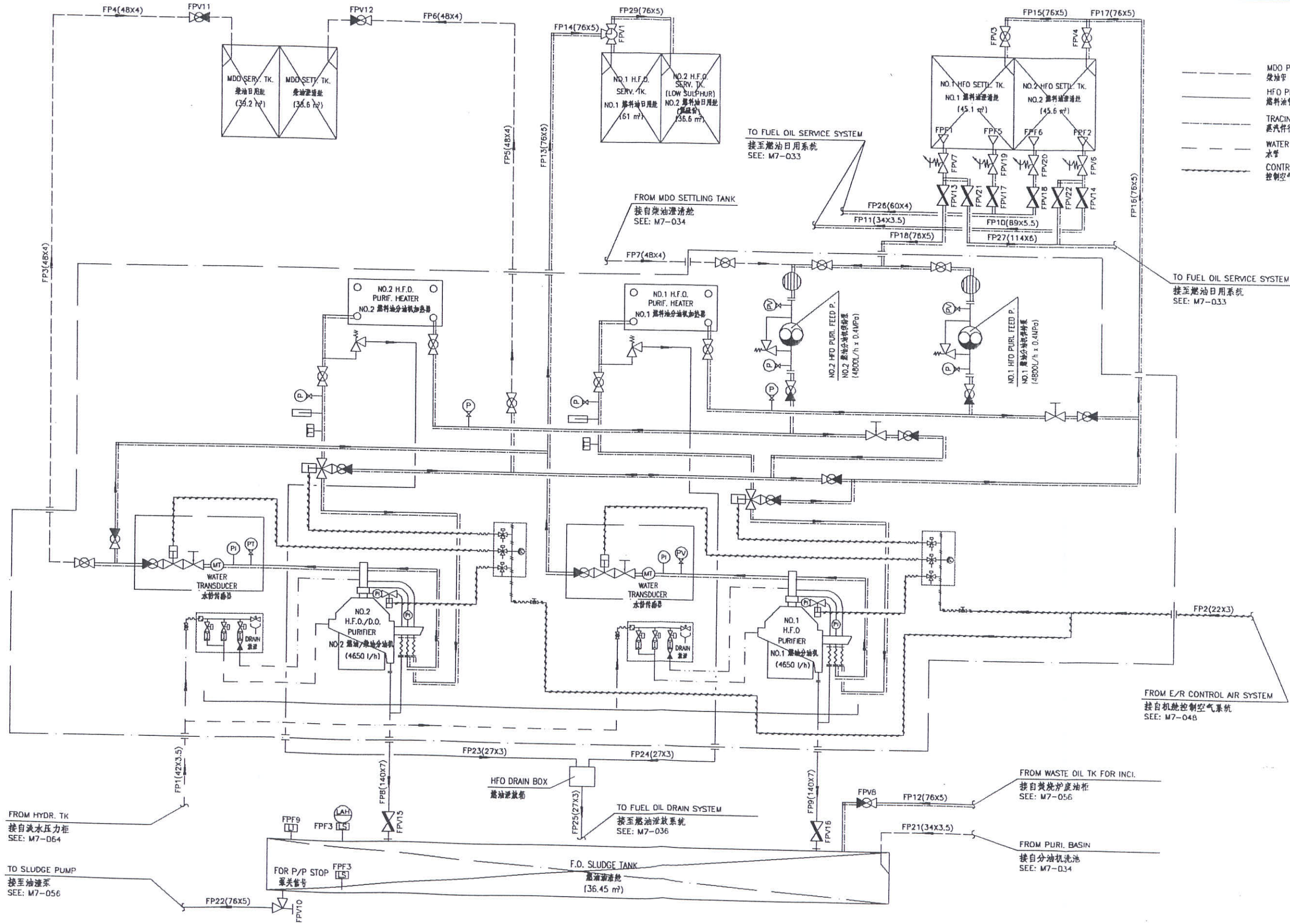
FUEL OIL PURIFYING SYSTEM  
燃油净化系统

M7-035

TOTAL: 9

PAGE: 9

- MDO PIPE  
煤油管
- HFO PIPE  
燃料油管
- TRACING PIPE  
蒸汽伴行管
- WATER PIPE  
水管
- CONTROL AIR PIPE  
控制空气管

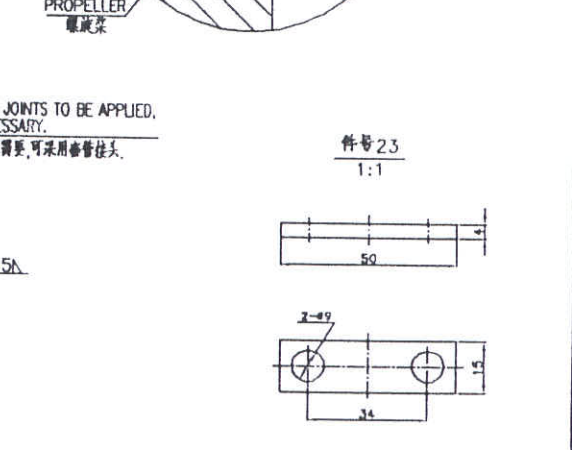
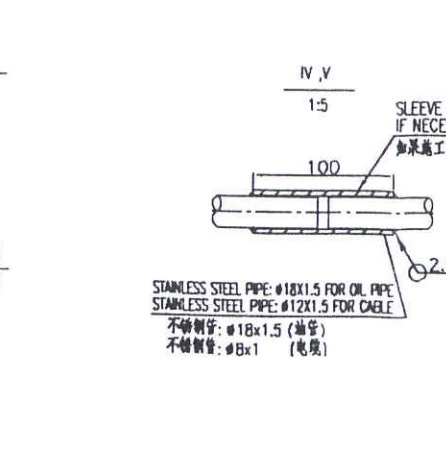
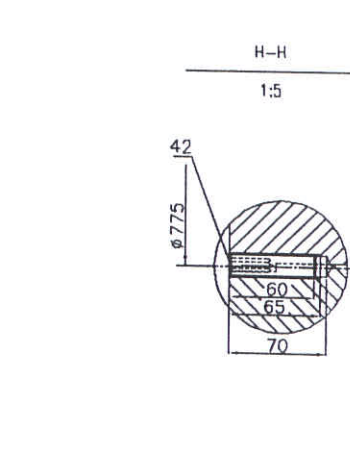
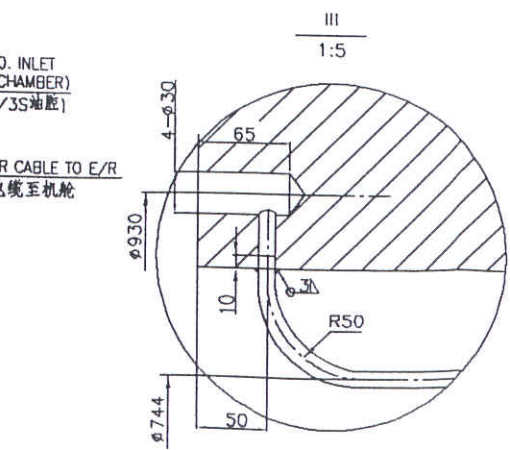
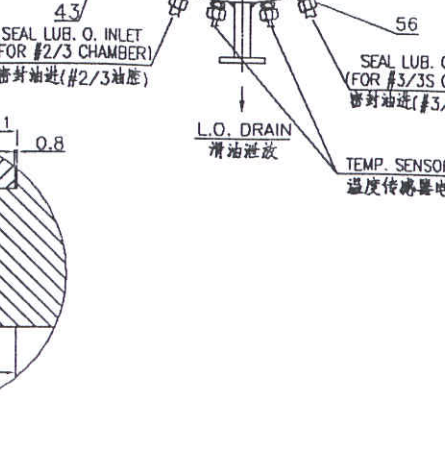
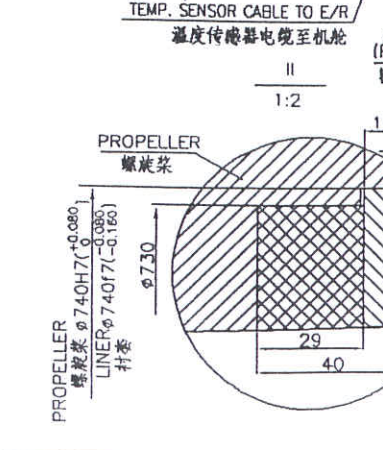
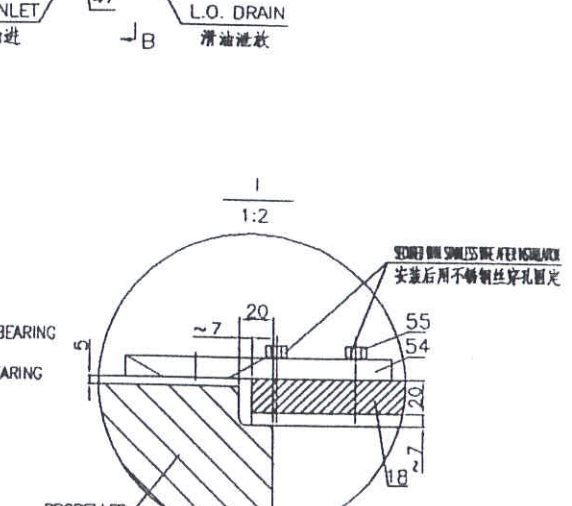
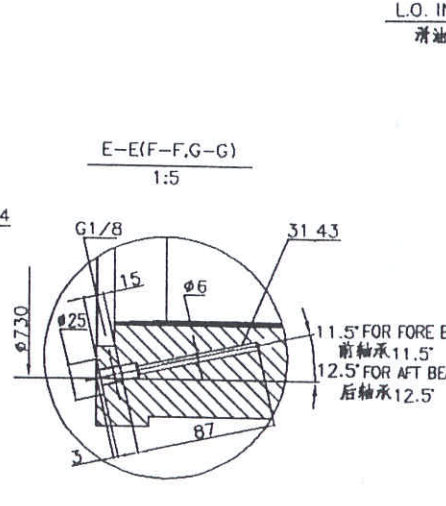
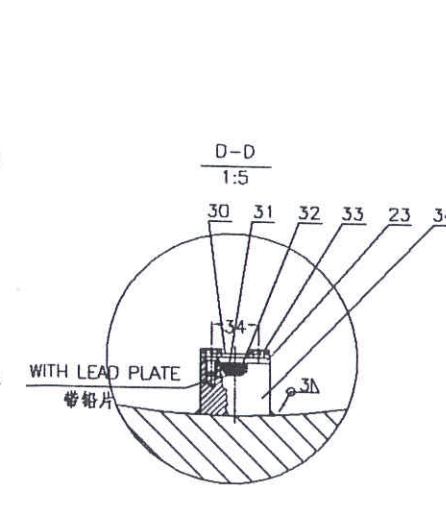
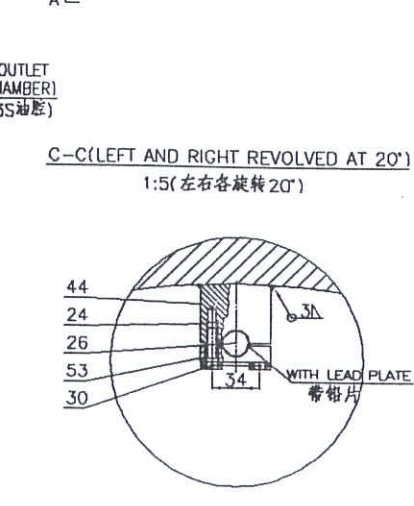
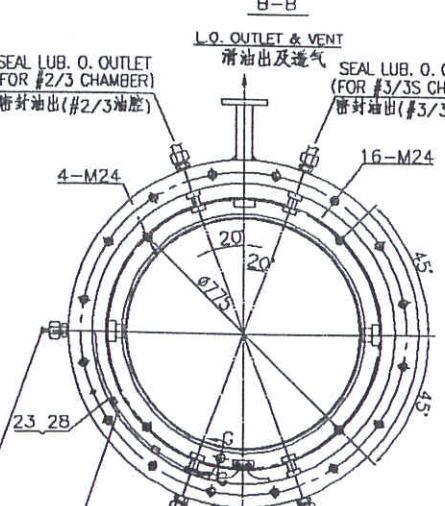
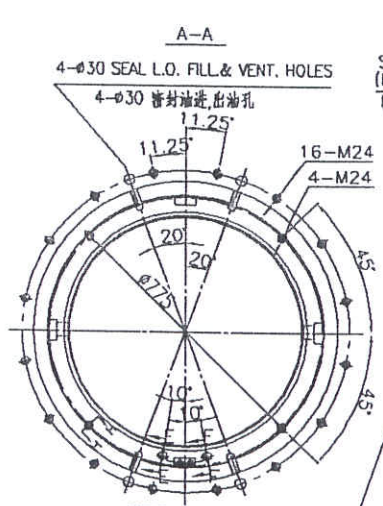
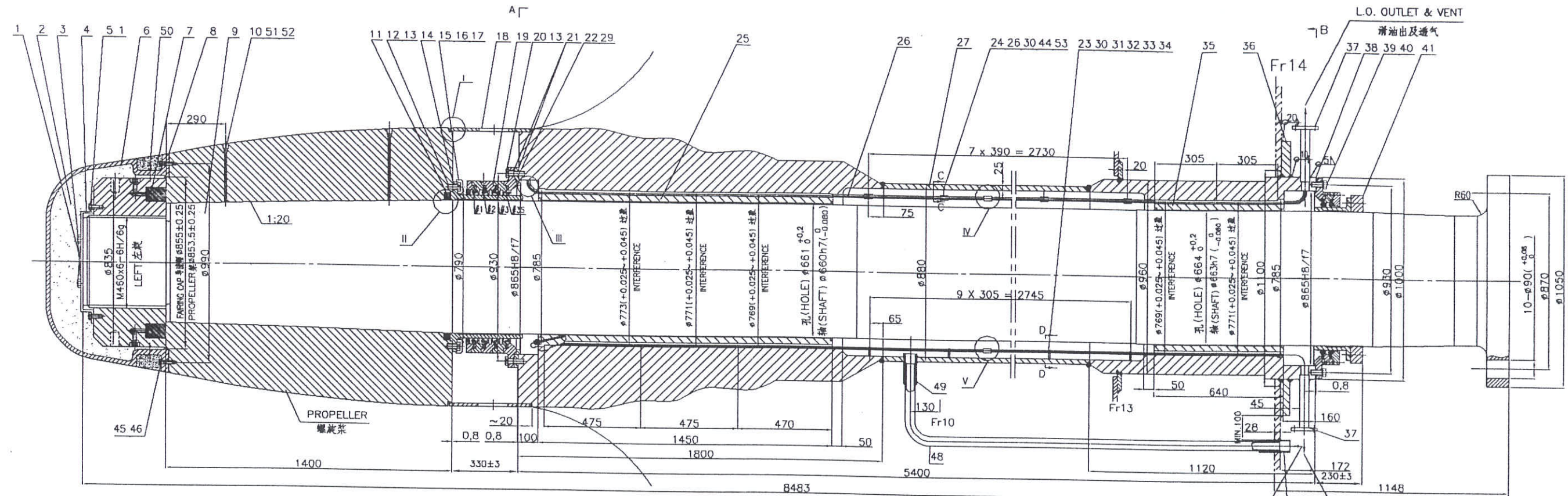


FILE NAME:

SAVE DATE:

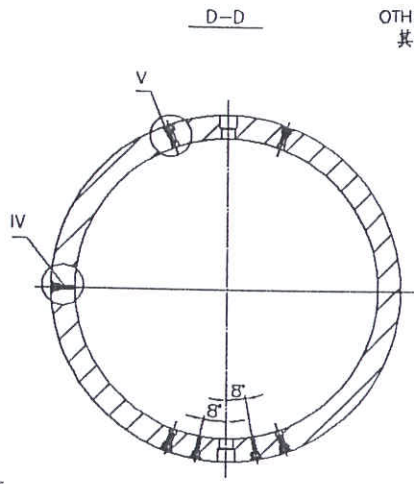
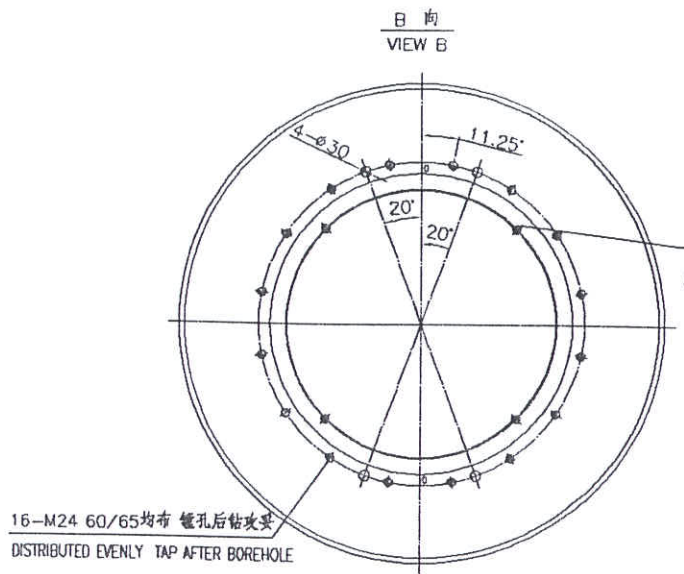
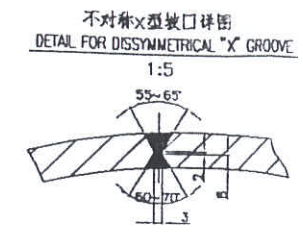
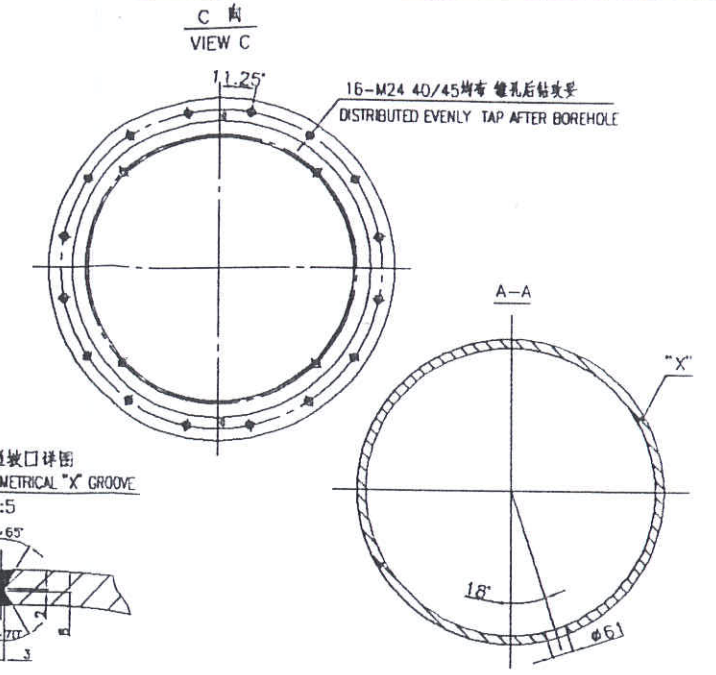
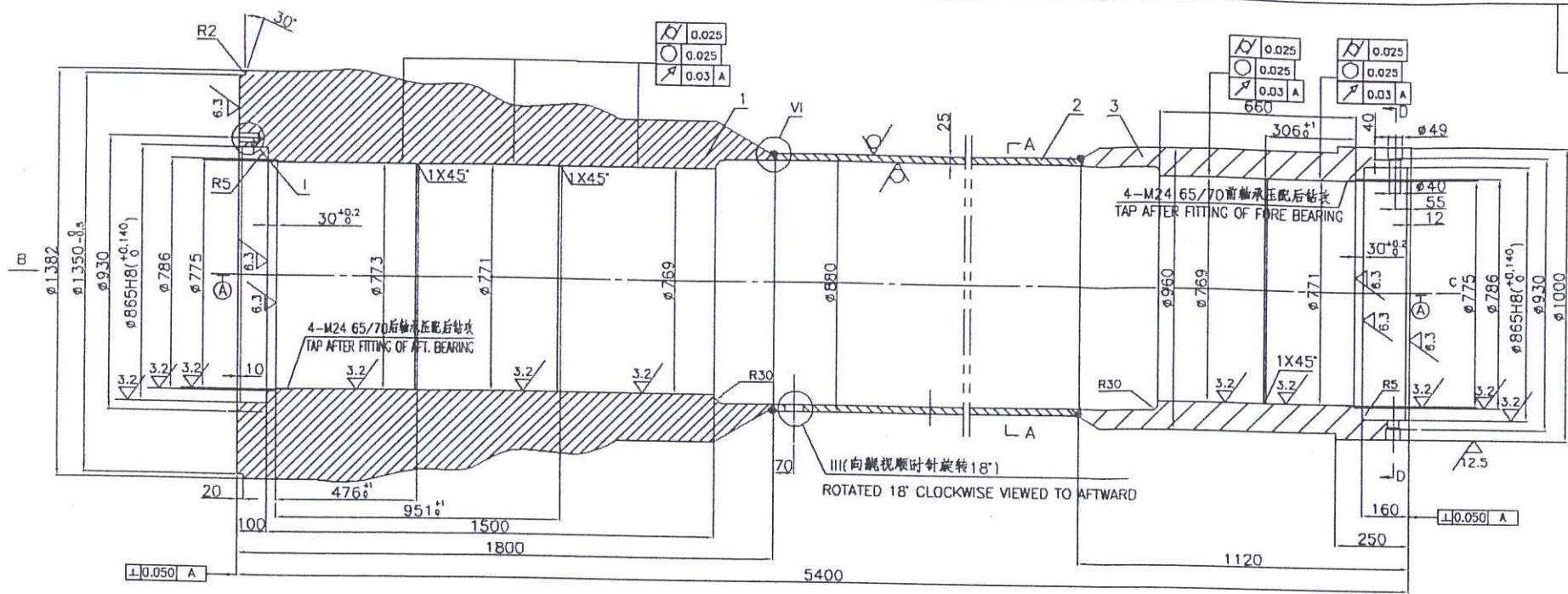
面积: 0.125 m²





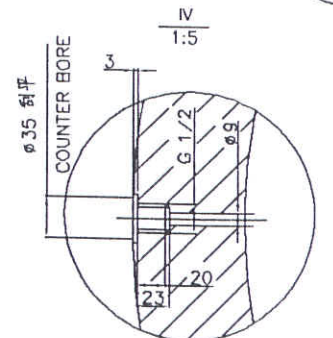
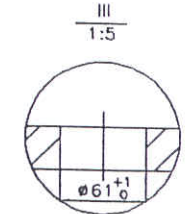
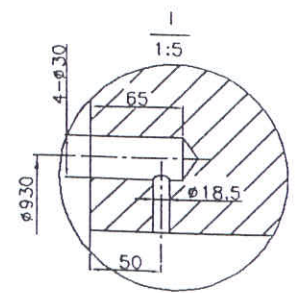
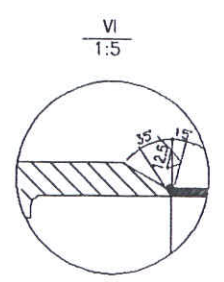
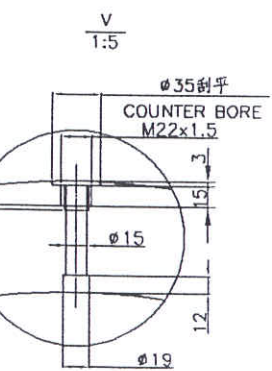
STAINLESS STEEL PIPE: #18X1.5 FOR OIL PIPE  
STAINLESS STEEL PIPE: #12X1.5 FOR CABLE  
不锈钢管: #18x1.5 (油管)  
不锈钢管: #8x1 (电缆)





OTHERS 12.5/ 其余

16-M24 60/65均布 锥孔后钻攻  
DISTRIBUTED EVENLY TAP AFTER BOREHOLE



- TECHNICAL REQUIREMENTS
1. THE ASSEMBLY TO BE HEATED UP TO 100°~200° BEFORE THE GAP OF BODY TO BE WELDED, AND THE ASSEMBLY TO BE KEPT WARM TWO HOURS BY ASBESTUS AFTER WELDING.
  2. THE NON-DESTRUCTIVE TESTS TO BE DONE AFTER THE GAP OF BODY TO BE WELDED.
  3. TIGHTNESS TEST TO BE CARRIED OUT UNDER PRESSURE 0.2MPa AFTER WELDING TO STERNPOST.
  4. MARKED "o-o" AT AFT. FACE OF STERNPOST AFTER BORING AND DRILLING OF BOLT HOLES, SEE "VIEW B", "VIEW C".
  5. AXIAL WEIDING LINE BETWEEN HOLE C.L. AND MID SECTION OF STERN TUBE CROSS 45° AT TANGENT IN FIG.III

- 技术要求
1. 本件环缝焊接前须预热为100°- 200°, 焊后用石棉保温2小时。
  2. 焊后应作无损探伤。
  3. 与艏柱焊接后作0.2MPa密性试验。
  4. 镗加工及端面螺孔钻攻完成后, 艏管两侧作出"O-O"标记, 如图"VIEW B" "VIEW C"所示。
  5. III图中的孔中心线与艏管中段轴向焊缝在圆周方向交叉45°。

MARK	NAME	QTY.	MATERIAL	单件重量	合计重量	REMARKS
代号	名称	数量	材料	重量 (kg)	重量 (kg)	附注
3	FORE BEARING SEAT 前轴承座粗加工图	1	CAST STEEL 铸钢			
2	MIDDLE PART OF STERN TUBE 艏管中段	1	Q235-A 钢	1360.0	1360.0	
1	STERNPOST 艏柱粗加工图	1	CAST STEEL 铸钢			
STERN TUBE ASSEMBLY 艏管总成				比例 SCALE	重量 WEIGHT(kg)	1360.0 kg



που προαναφέραμε. Για την παραγωγή αυτού υπάρχουν οι ηλεκτρομηχανές οι οποίες συνήθως είναι 3. Πρόκειται για τετράχρονους εξακύλινδρους πετρελαιοκινητήρες με μέση ταχύτητα περιστροφής τις 1.000 στροφές και παραγωγής περίπου 500 KW. Στην έξοδο του στροφαλοφόρου είναι συνδεδεμένη με γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η εμπλοκή είναι απλή. Μπορεί να γίνεται μέσω ευκάμπτου ελαστικού συνδέσμου είτε να είναι συνδεδεμένα με φλάντζα.

## ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

Το πλήρωμα είναι υποχρεωμένο κάθε μήνα να αναφέρει στην εκάστοτε εταιρεία την πορεία και την απόδοση της ΚΜ. Μέσω αυτής της αναφοράς μπορεί να αξιολογηθεί η πορεία καθώς και η κατανάλωση του πλοίου.

Μέσω της αναφοράς αυτής μπορούμε να προλαμβάνουμε βλάβες ή ακόμη και να τις αντιλαμβανόμαστε αν το πλήρωμα δεν τις έχει ήδη αντιληφθεί.

Η απόδοση μετριέται μέσω μίας συσκευής η οποία μας αποδίδει το διάγραμμα καύσης P-V και το διάγραμμα συμπίεσεων και πιέσεων καύσης.

Έτσι αξιολογώντας τα διαγράμματα και τις μετρήσεις μπορούμε να υπολογίσουμε την ιπποδύναμη και την ταχύτητα με την οποία κινείται το πλοίο. Έχοντας πλέον την απόδοση μπορούμε να τα συγκρίνουμε με τις μετρήσεις που έγιναν κατά την παραλαβή του πλοίου και να βλέπουμε την πορεία της μηχανής στο πέρασμα του χρόνου.

Μετρήσεις που παίρνουμε από το σύστημα αυτό είναι η μέση ενδεικνυόμενη πίεση, η πίεση καύσης, η συμπίεση, η θερμοκρασία καυσαερίων, η ταχύτητα που περιστρέφεται ο υπερπληρωτής, η πίεση εισαγωγής του αέρα στην σάρωση καθώς επίσης και η θερμοκρασία του, πτώση πίεσης στο φίλτρο του αέρα του Υ/Π.

Όλα τα παραπάνω είναι χαρακτηριστικά για την πορεία του πλοίου και θα τα αναλύσουμε παρακάτω.

- Μέση ενδεικνυόμενη πίεση.

Η μέση υπολογισμένη τιμή της μέσης ενδεικνυόμενης πίεσης απεικονίζεται ώστε να επιτευχθεί μία αποτύπωση του φορτίου. Η ισορροπία του φορτίου εξαρτάται από το πόσο αποκλίνει η μέση ενδεικνυόμενη πίεση από την πίεση του κάθε κυλίνδρου. Για να υπάρξει μία ισορροπία πρέπει να μην ξεπερνάει τα 0.5 bar. Ο δείκτης πετρελαίου πρέπει να είναι σταθερός γιατί αλλιώς μπορεί να προκαλέσει αστάθεια στις στροφές της μηχανής. Η μέση ενδεικνυόμενη πίεση είναι το εμβαδό της καμπύλης καύσης.



- Πίεση καύσης (Μέγιστη πίεση)

Η πρότυπη καμπύλη δείχνει την σχέση μεταξύ της μέσης τιμής της μέγιστης πίεσης και την μέση τιμή της ενδεικνυόμενης πίεσης. Αποκλίσεις από την πρότυπη καμπύλη πρέπει να συγκριθούν και με τις αποκλίσεις στην συμπίεση και στον δείκτη της αντλίας πετρελαίου. Σε φορτία χαμηλότερα από το 85-90% της ΜΣΛ η μέγιστη πίεση θα αυξηθεί αναλογικά και με τον δείκτη της αντλίας πετρελαίου. Σε υψηλότερα φορτία παραμένει σταθερή. Με απλά λόγια η μέγιστη πίεση είναι το μέγεθος το οποίο μας καθορίζει πόσο καλή είναι σε ποιότητα η καύση στην ΚΜ.

- Συμπίεση

Η πρότυπη καμπύλη δείχνει την σχέση μεταξύ της συμπίεσης και της πραγματικής ισχύς της μηχανής. Συμπίεση είναι ένα μέγεθος μικρότερο από την μέγιστη πίεση αλλά μεταβάλλονται ταυτόχρονα. Από την συμπίεση μπορούμε να ανιχνεύσουμε προβλήματα όπως πρόβλημα στα ελατήρια των εμβόλων, στο έμβολο και στο χιτώνιο. Απόκλιση από την πρότυπη καμπύλη μπορεί να προκληθεί λόγω

1. Την ελάττωση της πίεσης του αέρα σάρωσης.
2. Των μηχανικών σφαλμάτων στα εξαρτήματα της μηχανής δηλ. την διαφυγή καυσαερίων μέσω των ελατηρίων των εμβόλων ή ελαττωματικών βαλβίδων εξαγωγής.

Υπερβολική λείανση του βάκτρου της βαλβίδας

Άρα είναι συμφέρον να κάνεις τον διαχωρισμό μεταξύ των περιπτώσεων 1 & 2 και να ερευνάς πόσο μεγάλη είναι η πιθανή μείωση της συμπίεσης λόγω των παραπάνω.

Η διαφορά αυτή βασίζεται στον λόγο μεταξύ της απόλυτης συμπίεσης και της απόλυτης πίεσης σάρωσης που για μία συγκεκριμένη μηχανή παραμένει σταθερό για το μεγαλύτερο μέρος του πεδίου του φορτίου. Μία σταθερή μέγιστη πίεση στα άνω όρια του φορτίου επιτυγχάνεται με ένα συνδυασμού του χρονισμού έγχυσης πετρελαίου και της διαφοροποίησης της συμπίεσης. Μηχανικά σφάλματα τα οποία μπορεί να επηρεάσουν την συμπίεση όπως και πιθανές διαγνώσεις παρουσιάζονται παρακάτω αντίστοιχα.

1. Ελατήρια εμβόλου
2. Σκαμμένη κεφαλή εμβόλου
3. Φθαρμένο χιτώνιο κυλίνδρου
4. Πρόβλημα στην βαλβίδα εξαγωγής
5. Διαρροή συμπίεσης από τον στυπιοθλίπτη βάκτρου



Διάγνωση των παραπάνω προβλημάτων αντίστοιχα:

1. Επιθεώρηση ελατηρίων μέσω της σάρωσης ή ακόμη και αντικατάσταση
2. Έλεγχος της κεφαλής του εμβόλου με ειδικό εργαλείο
3. Έλεγχος του χιτωνίου για ανομοιομορφίες με ειδικό εργαλείο
4. Έλεγχος πάχους βαλβίδας εξαγωγής ή έλεγχος στον χρονισμό της για προπορεία, διαρροές υδραυλικού λαδιού ή διάταξη του αποσβεστήρα για το κλείσιμο βαλβίδας εξαγωγής.
5. Έλεγχος του στυπιοθλίπτη μέσω της σάρωσης και μέτρηση των ελατηρίων με ειδικό εργαλείο.

- Θερμοκρασία καυσαερίων

Η θερμοκρασία εξαγωγής είναι μία σημαντική παράμετρος για την πλειοψηφία των σφαλμάτων στην παροχή αέρα, στα συστήματα καύσης και καυσαερίων, παρουσιάζονται σαν αυξήσεις στο επίπεδο της θερμοκρασίας εξαγωγής. Οι σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν την θερμοκρασία εξαγωγής εμφανίζονται παρακάτω μαζί με μία μέθοδο για απευθείας διάγνωση.

Πιθανές αιτίες αύξησης θερμοκρασίας καυσαερίων:

1. Στα επιστόμια έγχυσης πετρελαίου στον κύλινδρο ή φθαρμένες αντλίες πετρελαίου
2. Κατάσταση κυλίνδρου όπως διαφυγή καυσαερίων ή βαλβίδα εξαγωγής με διαρροές
3. Λερωμένη πλευρά του αέρα ή του νερού στα εναλλάκτες θερμότητας
4. Ακραίες κλιματολογικές συνθήκες
5. Φράξιμο της πλευράς του στροβίλου ή του συμπιεστή στον υπερπληρωτή
6. Η ποιότητα και ο τύπος του καυσίμου

Διάγνωση των παραπάνω προβλημάτων αντίστοιχα:

1. Δοκιμή σε πίεση ή αντικατάσταση των επιστομίων και συντήρηση των αντλιών
2. Κατά την ακινησία της μηχανής επιθεωρούμε μέσω της σάρωσης τα ελατήρια των εμβόλων και τις βαλβίδες εξαγωγής.
3. Ελέγχουμε την ψυκτική ικανότητα επιθεωρώντας το ψυγείο του αέρα και καθαρίζουμε αν χρειασθεί.
4. Ελέγχουμε την θερμοκρασία του νερού ψύξης και την θερμοκρασία μηχανοστασίου.
5. Ελέγχουμε την κατάσταση των πτερυγίων του υπερπληρωτή για σκουριά ή ξένα σωματίδια.
6. Κάνοντας χρήση πετρέλαιο η θερμοκρασία μετά την βαλβίδα εξαγωγής θα αυξηθεί κανονικά περίπου 15 βαθμούς συγκριτικά με το καθαρό πετρέλαιο. Περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας θα πραγματοποιηθεί όταν χρησιμοποιηθεί πετρέλαιο πολύ κακής ποιότητας.



- Ταχύτητα περιστροφής υπερπληρωτή

Η πρότυπη καμπύλη δείχνει την ταχύτητα του υπερπληρωτή σαν μία συνάρτηση της πίεσης αέρα σάρωσης.

Σκουριασμένα σταθερά πτερύγια ή σκουριασμένα πτερύγια στροβίλου θα μειώσουν την ταχύτητα του στροβίλου. Θα υπάρξει το ίδιο αποτέλεσμα σε περίπτωση πολύ μεγάλων ελευθεριών μεταξύ του στροβίλου και του δακτυλίου.

Μία απόκλιση από την πρότυπη καμπύλη στην μορφή υψηλής ταχύτητας μπορεί να αποδοθεί σε φραγμένο φίλτρο αέρα, ψυγείο αέρα σάρωσης, ή φραγμένη πλευρά του στροβίλου.

- Η πίεση εισαγωγής του αέρα στην σάρωση

Η πρότυπη ρίχνει την πίεση αέρα σάρωσης συναρτήσει της πραγματικής ισχύος της ΚΜ

Οι αποκλίσεις στην πίεση αέρα όπως στην θερμοκρασία εξαγωγής είναι μία σημαντική παράμετρος για την συνολική εκτίμηση της κατάστασης της μηχανής. Μία πτώση στην πίεση του αέρα σάρωσης για δεδομένο φορτίο θα προκαλέσει μία αύξηση στο θερμικό φορτίο των εξαρτημάτων του θαλάμου καύσης. Μία απλή διάγνωση που γίνεται μόνο από τις αλλαγές στην πίεση του αέρα σάρωσης είναι δύσκολη. Λερωμένο φίλτρο αέρα, ψυγεία αέρα και υπερπληρωτές μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την πίεση. Αλλαγή στην πίεση του αέρα θα πρέπει να αντιμετωπισθούν σαν ένα επακόλουθο αποτέλεσμα που είναι στενά συνδεδεμένο με τις παρακάτω συνθήκες λειτουργίας.

1. Συνθήκη λειτουργίας του ψυγείου.
2. Συνθήκη λειτουργίας του Υ/Π
3. Χρονισμό του εκκεντροφόρου άξονα

- Θερμοκρασία του αέρα σάρωσης

Η θερμοκρασία του αέρα σάρωσης συνδέεται άμεσα και με την πίεση του αέρα σάρωσης. Αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οφείλεται σε κακή λειτουργία του ψυγείου του αέρα και να επηρεάσει άμεσα την ποιότητα της καύσης. Υψηλή θερμοκρασία στον αέρα σάρωσης μετατρέπεται άμεσα σε χαμηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στο θάλαμο καύσης, άρα και κακή καύση. Αντίστροφα χαμηλή θερμοκρασία στο αέρα σάρωσης μετατρέπεται σε υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου άρα και υγρασίας στο θάλαμο καύσης.

- Πτώση πίεσης διά μέσου του φίλτρου αέρα του Υ/Π.

Η πρότυπη καμπύλη δείχνει την πτώση της πίεσης στο φίλτρο του αέρα σαν συνάρτηση της πίεσης του αέρα σάρωσης.

Οι παρεκκλίσεις από την καμπύλη παρέχουν απευθείας μία πληροφόρηση σχετικά με την καθαρότητα του φίλτρου του αέρα.

Όπως και στο ψυγείο του αέρα έτσι και στο φίλτρο αέρα παίζει αποφασιστικό ρόλο δια τον προσδιορισμό των επιπέδων της πίεσης αέρα σάρωσης και της θερμοκρασίας εξαγωγής καυσαερίων.



Τα φίλτρα θα πρέπει να καθαρισθούν όταν η πτώση της πίεσης είναι κατά 50% υψηλότερη από την τιμή που επιτυγχάνεται κατά την διάρκεια δοκιμών παραλαβής.

Εάν ένα μανόμετρο δεν είναι του τυποποιημένου είδους τότε το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών καθαρισμών προσδιορίζεται από οπτική επιθεώρηση.

- Πτώση πίεσης μέσω του ψυγείου αέρα

Η πρότυπη καμπύλη δείχνει την πτώση της πίεσης του αέρα σάρωσης στο ψυγείο αέρα σαν συνάρτηση της πίεσης του αέρα σάρωσης.

- Διαφορά θερμοκρασίας ψύξης νερού

Η πρότυπη καμπύλη δείχνει την αύξηση θερμοκρασίας του νερού ψύξης στο ψυγείο του αέρα σαν μια συνάρτηση της πίεσης του αέρα σάρωσης.

- Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εξαγωγής αέρα και της εισαγωγής νερού

Η πρότυπη καμπύλη δείχνει την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εξαγωγής αέρα και της εισαγωγής νερού ψύξης σαν συνάρτηση της πίεσης του αέρα σάρωσης. Η διαφορά αυτής της θερμοκρασίας είναι μία απευθείας μέτρηση της ψυκτικής ικανότητας και μία σημαντική παράμετρος του θερμικού φορτίου της μηχανής.

## **ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.**

Σε γενικές γραμμές για τις παραπάνω τρεις παραμέτρους, αλλαγές της τάξης περίπου 50% της τιμής των δοκιμών παράδοσης μπορεί να θεωρηθεί σαν την μέγιστη τιμή. Πάντως η επίδραση των μεταβληθέντων θερμοκρασιών θα πρέπει να κρατηθούν υπό την επιτήρηση σύμφωνα με τα σχόλια στην παράγραφο με τίτλο «θερμοκρασία εξαγωγής καυσαερίων».

Στην περίπτωση μίας πτώσης πίεσης στο ψυγείο του αέρα για λόγους απλοποίησης το προαναφερθέν περιθώριο 50% συμπεριλαμβάνει παρεκκλίσεις που προκλήθηκαν από αλλαγές στην θερμοκρασία αναρρόφησης στην θερμοκρασία αέρα σάρωσης και στην απόδοση των Υ/Π.

Από τις τρεις παραμέτρους εκείνη που θεωρείται πιο απαραίτητη είναι αυτή της διαφοράς μεταξύ εξαγωγής αέρα και της εισαγωγής νερού. Οι παρεκκλίσεις από τις πρότυπες καμπύλες που είναι ενδείξεις της επιδείνωσης της ψυκτικής ικανότητας μπορούν να αποδοθούν στις παρακάτω αιτίες.

1. Συγκέντρωση ακαθαρσιών της πλευράς αέρα
2. Συγκέντρωση ακαθαρσιών της πλευράς νερού

Η συγκέντρωση ακαθαρσιών της πλευράς του αέρα εμφανίζεται σαν μια αυξημένη πτώση πίεσης στην πλευρά αυτή.



Σημειώνουμε πάντως ότι η μετάδοση θερμότητας μπορεί επίσης να επηρεασθεί από μία «λιπαντική μεμβράνη» που βρίσκεται στους αυλούς και στα πτερύγια και αυτή θα συμβάλει σε μία μικρή πτώση πίεσης.

Πριν καθαρισθεί η πλευρά του αέρα, συστήνεται να ελεγχθεί το όργανο μέτρησης πίεσης (μανόμετρο) τύπου U για στεγανότητα και ότι το ψυγείο αέρα έχει επιθεωρηθεί οπτικά για τυχόν κατάλοιπα.

Βεβαιωνόμαστε ότι το σύστημα ενυδάτωσης από τον συγκρατητήρα υδρατμών λειτουργεί ικανοποιητικά, αφού ένα υψηλό επίπεδο συμπυκνωμένου νερού έως την χαμηλότερη σωλήνα μέτρησης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη μέτρηση.

Η συγκέντρωση ακαθαρσιών της πλευράς νερού εμφανίζει κάποια ελάττωση της διαφορά θερμοκρασίας του νερού ψύξης γιατί ελαττώνεται η μετάδοση της θερμότητας.

Σημειώνουμε πάντως ότι εφόσον τα κατάλοιπα μειώσουν τη διατομική επιφάνεια των αυλών, ώστε να ελαττωθεί η ποσότητα νερού τότε η διαφορά θερμοκρασίας νερού ψύξης μπορεί να μην επηρεασθεί ενώ η διάγνωση γίνεται πιο δύσκολη δηλ. λόγω της χαμηλής μετάδοσης θερμότητας αλλά επίσης και λόγω του χαμηλότερου όγκου ροής.

Επιπρόσθετα μία παρόμοια κατάσταση θα προκληθεί εφόσον η ύπαρξη τέτοιων καταλοίπων συμπέσει με την ύπαρξη κάποιου σφάλματος στο σύστημα του θαλασσινού νερού (σκουριασμένης αντλίας νερού, κακής λειτουργίας των βαλβίδων κ.λ.π.). Στην περίπτωση αυτή η μειωμένη ποσότητα νερού θα συντελέσει σε μία σχεδόν μη μεταβλητή διαφορά θερμοκρασίας.

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν υποψίες ότι η πλευρά του νερού στο ψυγείο είναι φραγμένη τότε η αντίθλιψη το ψυγείο μπορεί να ελεγχθεί με ένα διαφορικό μανόμετρο.

- Ειδική κατανάλωση πετρελαίου

Ο υπολογισμός για τον προσδιορισμό της ειδικής κατανάλωσης πετρελαίου απαιτεί την ισχύ της μηχανής και την καταναλωθείσα ποσότητα πετρελαίου που είναι γνωστά για κάποιο χρόνο.

Για να επιτευχθεί μία λογική ακρίβεια, συστήνεται η μέτρηση να γίνει μέσα σε μακρό χρονικό διάστημα ανάλογα με την μέθοδο που ακολουθείται δηλ.

- Εάν γίνει χρήση της δεξαμενής ημερήσιας κατανάλωσης ο χρόνος για την κατανάλωση όλης της ποσότητας μέσα στη δεξαμενή θα είναι ο ενδεδειγμένος.
- Εάν κάνεις χρήση του μετρητή ροής πετρελαίου τότε συστήνεται χρόνος μια ώρας.

Οι μετρήσεις θα πρέπει πάντα να γίνονται κάτω από ήρεμες καιρικές συνθήκες.



Μια και οι παραπάνω ποσοτικές μετρήσεις είναι σε ογκομετρικές μονάδες, είναι επιτακτικό να είναι γνωστή η πυκνότητα πετρελαίου για να είναι δυνατή η μετατροπή σε μονάδες βάρους. Η πυκνότητα πρέπει να αντιστοιχεί με τη θερμοκρασία στο σημείο μέτρησης δηλ στη δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης ή στο όργανο μέτρησης της ροής.

Το ειδικό βάρος (και άρα η πυκνότητα) μπορούν να προσδιοριστούν με ένα υδρόμετρο σε ένα δείγμα που λαμβάνεται από το σημείο μέτρησης αλλά η πυκνότητα μπορεί επίσης να υπολογισθεί με βάση τις προδιαγραφές πετρελαίου.

Κανονικά σε προδιαγραφές της πετρέλευσης, αναφέρεται το ειδικό βάρος στους 15 °C /60°F.

Η πραγματική πυκνότητα στο σημείο μέτρησης προσδιορίζεται με τη χρήση της καμπύλης όπου εμφανίζεται η αλλαγή στην πυκνότητα σε σχέση με την θερμοκρασία.

Η καταναλωθείσα ποσότητα πετρελαίου σε kg μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας τον μετρημένο όγκο με την πυκνότητα.

Για να μπορέσεις να συγκρίνεις τις μετρήσεις κατανάλωσης που έγιναν για διάφορους τύπους πετρελαίου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι διαφορές στην ελάχιστη θερμομαντική τιμή του σχετικού πετρελαίου.

Υπό κανονικές συνθήκες, στις δοκιμές στη κλίνη θα έχει γίνει χρήση gas oil που θα έχει μία χαμηλή θερμομαντική τιμή περίπου 42,707 kJ/kg (που αντιστοιχεί στα 10,200 kcal/kg). Εάν δεν έχουν δοθεί άλλες οδηγίες από τον πλοιοκτήτη, τότε συστήνεται να γίνει μετατροπή στη τιμή αυτή.

Συνήθως η χαμηλή θερμομαντική τιμή ενός πετρελαίου για χρήση σε πλοία δεν προσδιορίζεται από τις πετρελαϊκές εταιρείες. Πάντως με τη χρήση του διαγράμματος, η τιμή LCV μπορεί να προσδιοριστεί με αρκετή ακρίβεια βάση της περιεκτικότητας σε θείο και του ειδικού βάρους στους 15 °C.

- Ο δυναμοδείκτης

Ο δυναμοδείκτης χρησιμοποιείται για να λαμβάνει δυναμοδεικτικά διαγράμματα και έτσι με αυτά μπορούν να μετρηθούν οι πιέσεις του θαλάμου καύσης κατά τη λειτουργία της μηχανής.

Το εκτυλισσόμενο διάγραμμα χρησιμοποιείται για να μετράει τις πιέσεις συμπίεσης και τη μέγιστη πίεση και για τον υπολογισμό και εκτίμηση των χαρακτηριστικών ανάφλεξης του πετρελαίου.

Για μηχανές με μηχανισμό δυναμοδείκτη.



Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα παρουσιάζει τις αλλαγές πίεσης στον κύλινδρο της μηχανής σαν συνάρτηση της θέσης του κύριου εμβόλου. Η επιφάνεια του διαγράμματος μπορεί να μετρηθεί με πλανίμετρο και να υπολογισθεί η μέση ενδεικνυόμενη πίεση.

Η ισχύς που παράγεται στο συγκεκριμένο κύλινδρο μπορεί να υπολογισθεί πολλαπλασιάζοντας με την ταχύτητα της μηχανής και της σταθεράς του κυλίνδρου.

- Ηλεκτρονικό Σύστημα παρακολούθησης (PMI System)

Το σύστημα PMI είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει στους μηχανικούς και το προσωπικό που έχει βάρδια στο πλοίο και σε εργοστασιακές εγκαταστάσεις με την χρήση ενός εργαλείου που λαμβάνει εντολές από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή που μετρά πιέσεις σε δίχρονες μηχανές εσωτερικής καύσης και προβαίνει σε αναλύσεις. Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι

- Η λήψη μετρήσεως στη γραμμή της πίεσης του κυλίνδρου. Μία απόλυτα αυτόματη μέτρηση ρουτίνας σχετικά με τις μετρήσεις που λαμβάνεται από το κοντρόλ ρουμ της μηχανής.

- Τη γραφική παράσταση και εκτύπωση των PT, PV και διαγραμμάτων ισορρόπησης μαζί με τη μέση ενδεικνυόμενη πίεση και τα όρια απόκλισης της μέγιστης πίεσης.

- Τις υπολογισμένες τιμές της πραγματικής ισχύος, της μέσης ενδεικνυόμενης πίεσης  $p_i$ , της πίεσης συμπίεσης  $p_{comp}$ , της μέγιστης πίεσης  $p_{max}$  και της πίεσης σάρωσης  $p_{scan}$  μαζί και με τις προτεινόμενες τιμές των ρυθμίσεων του δείκτη.



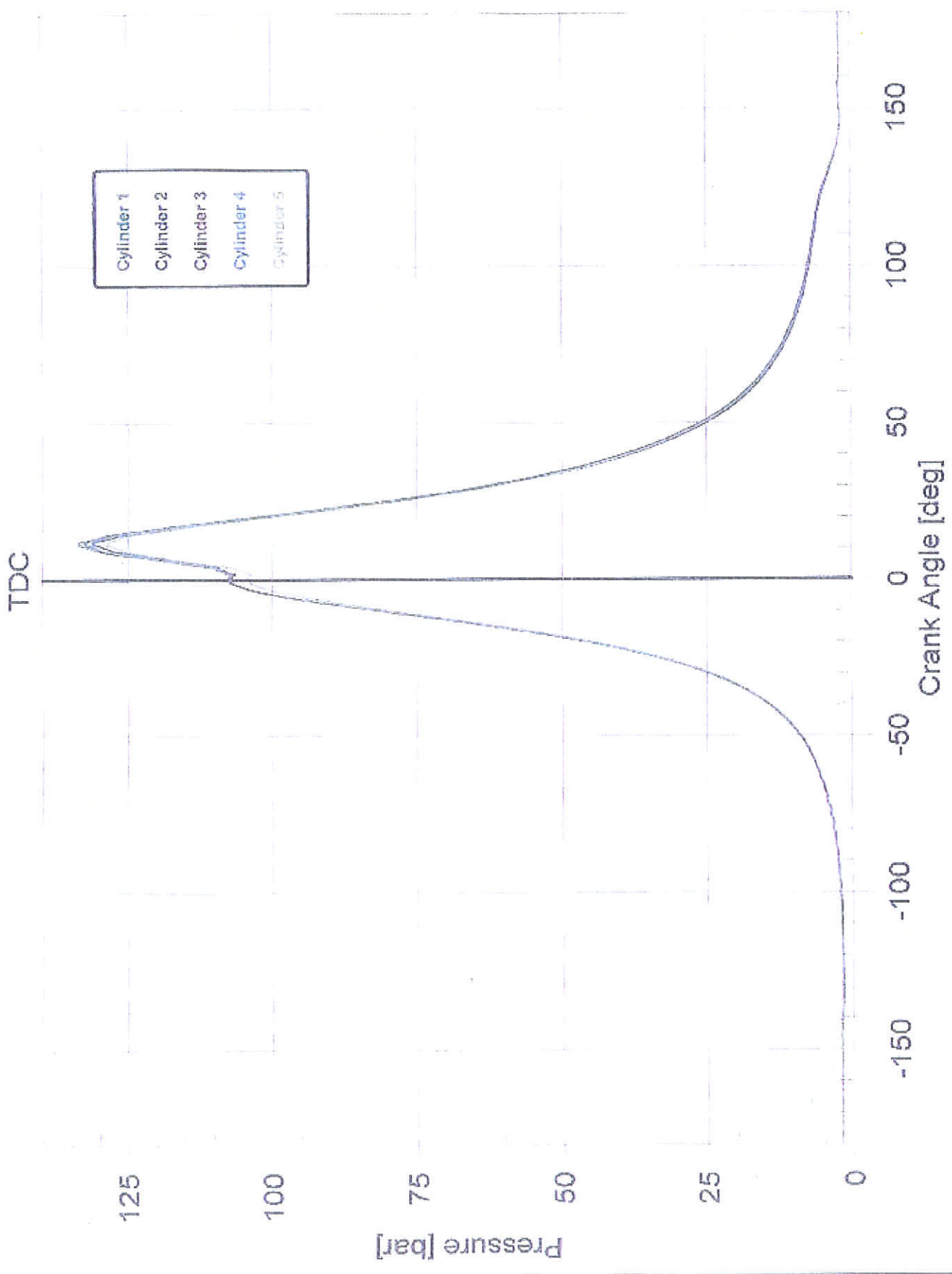
Calculated Values



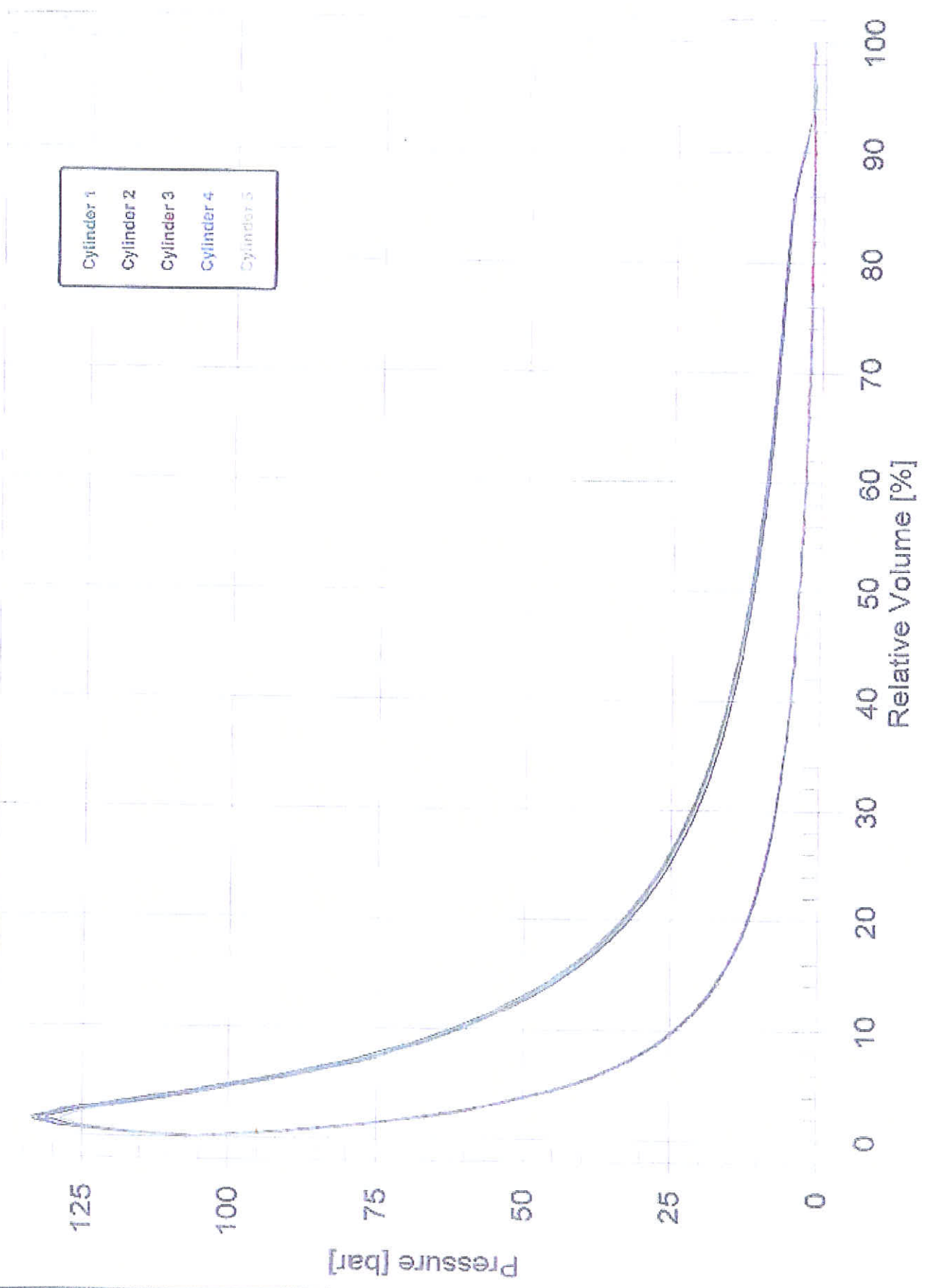
Cylinder Number	p(i) [bar]	p(comp) [bar]	p(max) [bar]	Engine Speed [rpm]	Effective Power [ekW]	Effective Power [bhp]	p(i) Deviation [bar]	Index Adjust [-]	Rotation of Link [-]	p(max) Deviation [bar]	VIT Adjust [-]	Rotation of Link [-]
1	13.89	106.3	133.0	96.6	1409	1915	0.38			1.9		
2	13.10	106.0	130.5	97.7	1337	1818	-0.43			-0.5		
3	13.72	106.1	131.8	97.1	1396	1898	0.19			0.8		
4	13.43	106.4	131.7	97.7	1379	1875	-0.05			0.6		
5	13.45	102.7	128.3	97.1	1367	1859	-0.07			-2.8		
Mean	13.53	105.5	131.0	97.2	1378	1873						
New Mean	13.53		131.0									
Total					6889	9366						

p(scav) = 1.94 bar





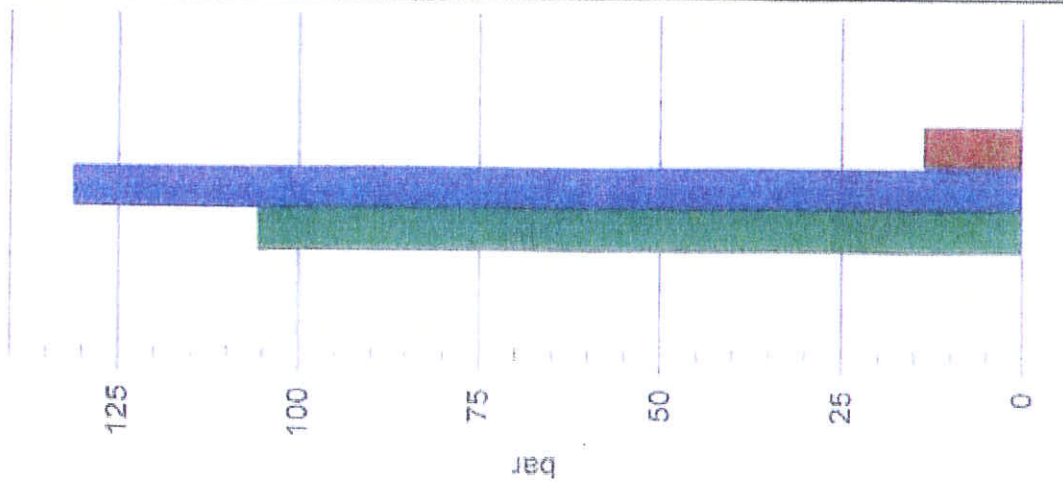






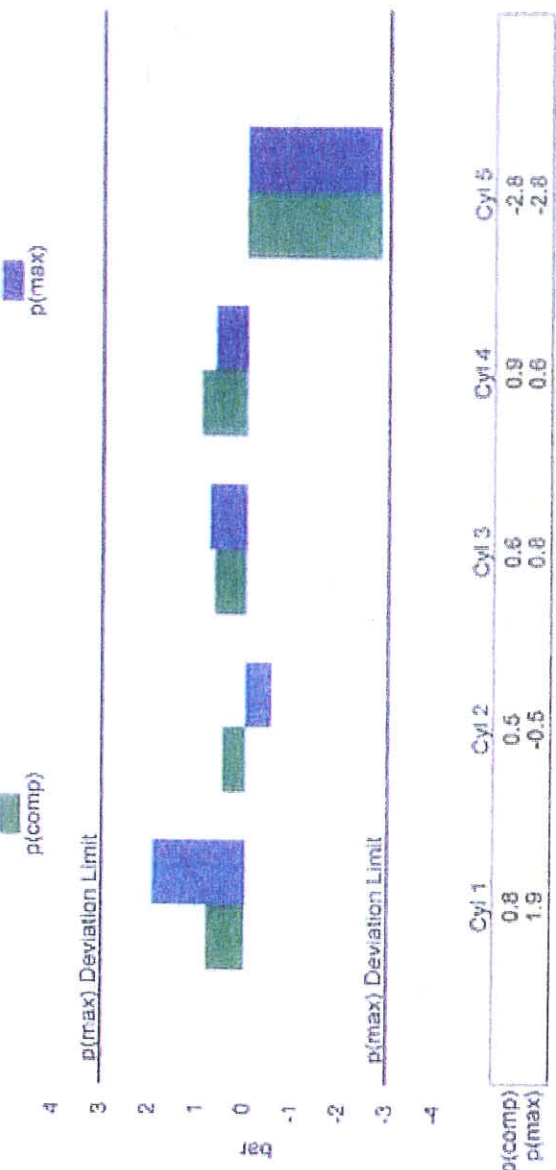


Mean Values



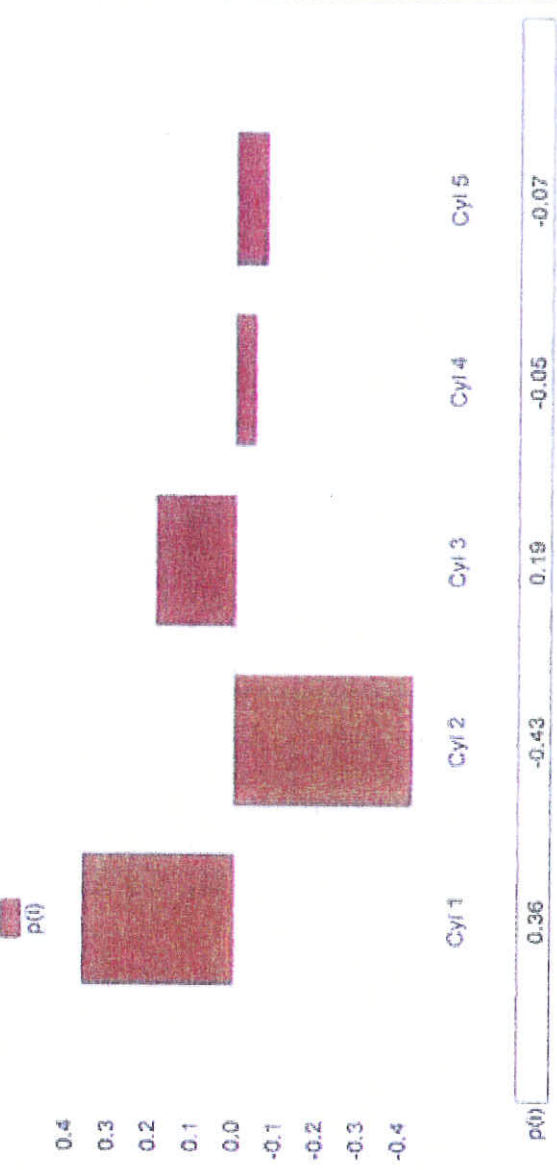
p(comp)	105.5
p(max)	131.0
p(l)	13.5

Deviations from Mean Values



	Cyl 1	Cyl 2	Cyl 3	Cyl 4	Cyl 5
p(comp)	0.8	0.5	0.6	0.9	-2.8
p(max)	1.9	-0.5	0.8	0.6	-2.8

Deviations from Mean Values



	Cyl 1	Cyl 2	Cyl 3	Cyl 4	Cyl 5
p(l)	0.36	-0.43	0.19	-0.05	-0.07



## ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΧΩΡΙΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

- Δείκτης αντλίας πετρελαίου

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται μόνο σαν ένας γρήγορος κατά προσέγγιση υπολογισμός γιατί το πετρέλαιο και η κατάσταση της αντλίας πετρελαίου επιδρούν πολύ πάνω στον δείκτη. Ειδικότερα οι φθαρμένες αντλίες πετρελαίου ή οι βαλβίδες αναρρόφησης τείνουν να αυξήσουν τον δείκτη και αυτό θα συντελέσει σε υπολογισμό μιας πολύ υψηλής ισχύος.

- Ταχύτητα του υπερπληρωτή

Η μέθοδος αυτή είναι πιο αξιόπιστη και μία προβλεπόμενη ακρίβεια της τάξης  $\pm 3\%$ . Πάντως η ακρίβεια αυτή εξαρτάται από την κατάσταση της μηχανής και τον Υ/Π. Ένας λερωμένος με ακαθαρσίες ή διαβρωμένος Υ/Π τείνει να ελαττώσει την ταχύτητα (στροφές) του Υ/Π και σαν αποτέλεσμα ο υπολογισμός αυτός θα δώσει μία πολύ χαμηλή ισχύ. Η κατάσταση αυτή διακρίνεται από αυξημένες θερμοκρασίες εξαγωγής των καυσαερίων και από μία ελαττωμένη πίεση του αέρα σάρωσης.



## 4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ

Στην διαδικασία συντήρησης και ελέγχου μας βοηθά το βιβλίο της Κ.Μ. που δίνεται από την κατασκευάστρια εταιρεία της Κ.Μ. όπου μας χορηγεί τον πίνακα συντήρησης: ώρες και διαδικασία ή αλλαγή επί μέρους κομματιού. Για παράδειγμα η πιο συχνή επιθεώρηση και συνάμα σημαντική γίνεται στα ελατήρια του εμβόλου τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην καλή λειτουργία, απόδοση-κατανάλωση της Κ.Μ. για μία καλή λειτουργία και αποφυγή βλαβών.

Όπως όλες οι μηχανές εσωτερικής καύσης έτσι και οι δίχρονες βραδύστροφες χρειάζονται μια περιοδική συντήρηση και έλεγχο σε όλα τα κινούμενα μέρη τους που αναφέραμε παραπάνω. Όλα αυτά είναι σημειωμένα στο πρόγραμμα συντήρησης του πλοίου. Πρόκειται λοιπόν για έλεγχο σε όλα τα σημεία τριβής καθώς επίσης και σε όλους τους κοχλίες και περικόχλιο.

- Οι διαδικασίες είναι χωρισμένες σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες:
- Η διαδικασία ελέγχου
- Η διαδικασία επιθεώρησης
- Ο λεπτομερής έλεγχος και επιθεώρηση

Η επιλογή της κάθε διαδικασίας εξαρτάται από το επί μέρους κομμάτι καθώς επίσης και τις ώρες λειτουργίας του.

#### **Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Η διαδικασία ελέγχου έχει να κάνει πιο πολύ με τις ώρες λειτουργίας χωρίς την εμφάνιση κάποιας βλάβης και ασχολείται κυρίως με μέρη τα οποία είναι πιο απλά στην κατασκευή τους π.χ. χιτώνια, έμβολα και κυλινδροκεφαλές. Σε πολλές περιπτώσεις η διαδικασία ελέγχου της κατάστασης αναφέρεται στο παραπάνω κεφάλαιο, στο οποίο θα μπορέσουμε να βρούμε και περισσότερες λεπτομέρειες. Η διαδικασία αυτή βασίζεται περισσότερο στον οπτικό έλεγχο και στην εμπειρία του Αρχιμηχανικού.

#### **Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ**

Η διαδικασία επιθεώρησης είναι η διαδικασία ανάμεσα στις άλλες 2. Δεν είναι υποχρεωτική αλλά συνιστάται καθώς έτσι μπορούμε να προλάβουμε βλάβες. Το χρονικό περιθώριο μέχρι την αποσυναρμολόγηση και επίλυση κάποιας βλάβης που μπορεί να υπάρχει μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο. Οπότε στο ενδιάμεσα κάνουμε μια επιθεώρηση όχι μόνο οπτική αλλά χρησιμοποιώντας και κάποια ειδικά εργαλεία όπως φιλερ ή συσκευές παχομέτρησης για τον έλεγχο σε ιδιαίτερα δύσκολα σημεία.



## Ο ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Πρόκειται για χρονοβόρα διαδικασία κατά την οποία το εν λόγω κομμάτι αποσυναρμολογείται και ξανά συναρμολογείται είτε από το πλήρωμα είτε από κάποιο τεχνικό ειδικό στο συγκεκριμένο κομμάτι όπως είναι π.χ. οι στροβιλοσυμπιεστές.

Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερος απαραίτητη. Στη διαδικασία αυτή συμπεριλαμβάνεται κάθε είδους μέρος της μηχανής. Είτε πρόκειται για μηχανήμα (βοηθητικό ή μη) είτε για εξάρτημα. Τα πάντα έχουν ημερομηνία αλλαγής.

Στις επόμενες σελίδες θα περιγράψουμε μερικές από τις διαδικασίες αποσυναρμολόγησης κάποιων κομματιών της M όπως η κυλινδροκεφαλή, το έμβολο διωστήρας μαζί με το βάκτρο, το χιτώνιο όπως και οι αντλίες πετρελαίου.

### ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗΣ

Για να επιτύχουμε τη διαδικασία αυτή απαραίτητα είναι και τα σωστά και ειδικά εργαλεία, πρώτα για την ευκολία μας και έπειτα για την ασφάλεια μας. Ο βασικός λόγος που αποσυναρμολογούμε την κυλινδροκεφαλή είναι για να επιθεωρήσουμε την βαλβίδα εξαγωγής, το επιστόμιο που ψεκάζει τον κύλινδρο με καύσιμο καθώς και το χώρο καύσης. Αν η κατάσταση του χώρου καύσης είναι καλή πάει να πει πως δεν έχουμε κάποιο πρόβλημα στη συμπίεση καθώς επίσης και στην πίεση καύσης.

Για την αποσυναρμολόγηση λοιπόν ακολουθούμε τα εξής:

- Εξ αρχής διακόπτουμε την παροχή κάθε είδους υγρού προς την μηχανή που περνάει από την κυλινδροκεφαλή όπως νερό από το κύκλωμα ψύξης και καύσιμο από την αντλία πετρελαίου.
- Αδειάζουμε τις παραπάνω σωληνώσεις με τη βοήθεια βαλβίδων έτσι ώστε να αποφευχθούν διαρροές και σχηματιστούν λεκέδες στο μηχανοστάσιο η οποίοι θα είναι επικίνδυνοι για πυρκαγιά και ολισθηροτητα. και μετακινούμε τις σωληνώσεις
- Στη συνέχεια μετακινούμε τους σωλήνες παροχής αέρα οι οποίοι εφοδιάζουν με συμπιεσμένο αέρα το πνευματικό σύστημα λειτουργία της βαλβίδας εξαγωγής.
- Και σε τελικό στάδιο αποδεσμεύουμε τα περικόχλια τα οποία κρατούν την κυλινδροκεφαλή πάνω στην M. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούμε ειδικό εργαλείο με πίεση σφιζίματος τα 1000 bar περίπου.
- Μόλις τα περικόχλια ξεβιδωθούν και απομακρυνθούν μετακινούμε σιγά την κυλινδροκεφαλή με τη βοήθεια γερανού ο οποίος υπάρχει στο μηχανοστάσιο.
- Άμεσα επιθεωρούμε το χώρο καύσης από την πλευρά της κυλινδροκεφαλής καθώς επίσης και τη κεφαλή του εμβόλου. Μεγάλη σημασία επίσης έχει το



λαστιχένιο δαχτυλίδι (O-Ring) που λειτουργεί ως παρέμβυσμα (φλάντζα) για καλύτερη στεγανοποίηση της καύσης.

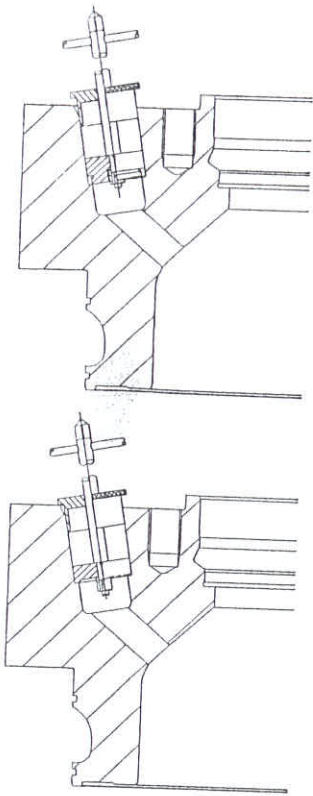
- Εφόσον πλέον η κυλινδροκεφαλή βρίσκεται στον πάγκο εργασίας αποσυναρμολογούμε το επιστόμιο που τροφοδοτεί τον κύλινδρο με καύσιμο και την καθαρίζουμε με ειδικά χημικά και μετά την περνάμε από έλεγχο πίεσεως. Αυτό για να επιτευχθεί το τροφοδοτούμε με αέρα υψηλότερης πίεσης και δοκιμάζουμε αν οι μεμβράνες και τα λαστιχάκια είναι σε καλή κατάσταση έτσι ώστε να δημιουργήσουν το σωστό τόξο ψεκασμού. Τα επιστόμια αυτά είναι πολύ σημαντικά για τη λειτουργία της Κ.Μ. γιατί αν κάποιο από αυτά δεν δουλεύει σωστά έχουμε υπερβολική κατανάλωση καυσίμου και υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται εις διπλούν καθώς ο κάθε κύλινδρος έχει 2 επιστόμια.
- Μετά από το παραπάνω βγάζουμε τη βαλβίδα εξαγωγής με σκοπό εξ αρχής τον οπτικό έλεγχο της και καθαρισμού του πνευματικού κυκλώματος από ακαθαρσίες για ομαλή λειτουργία. Τα οξείδια όπως και τα υπολείμματα της καύσης που έχουν συγκεντρωθεί απάνω στη βαλβίδα καθαρίζονται με τη χρήση ειδικών ξύστρων και καθαριστικών. Εάν η βαλβίδα έχει συμπληρώσει τις ώρες λειτουργίας της τότε απλά αντικαθίσταται. Η πιο κοινή χρήση βαλβίδας είναι τύπου *rim* με όριο ζώνης τις περισσότερες φορές τις 18000 ώρες.
- Κατά την αποσυναρμολόγηση του καπακιού έχουμε άμεση πρόσβαση στο υδροχιτώνιο το οποίο βρίσκεται προσαρμοσμένο απάνω του. Είναι ένα τμήμα του καπακιού με αυλούς που περνάει νερό με σκοπό την ψύξη της μηχανής. Λόγω της χρήσης θαλασσινού νερού υπάρχει διάβρωση και έτσι πάντα αντικαθίσταται χωρίς να επισκευάζεται.

Κατά την αντικατάσταση του απαραίτητη είναι και η αντικατάσταση των o-ring που σφραγίζουν τη διαρροή.

- Έτσι εφόσον έχουμε κάνει όποια απαραίτητη επισκευή χρειάζεται στα επιμέρους κομμάτια της κυλινδροκεφαλής συνεχίζουμε στο κυρίως σώμα. Εκεί με ειδικά εργαλεία μετράμε τις ανοχές και το πάχος των τοιχωμάτων έτσι ώστε όταν μειωθεί πολύ να γίνει ανακατασκευή. Χρησιμοποιώντας αλλά ειδικά εργαλεία καθαρίζουμε τους αυλούς εξαγωγής των καυσαερίων και του αυλούς εισαγωγής των επιστομίων.
- Προληπτικά αντικαθίστανται και τα περικόχλια που συγκροτούν το καπάκι απάνω στη μηχανή.
- Στην συνέχεια προχωρούμε στην επανατοποθέτηση της κυλινδροκεφαλής. Τοποθετούμε το καινούργιο δακτύλιο στεγανοποίησης επάνω στο χιτώνιο και έχοντας την κυλινδροκεφαλή κρεμασμένη στον γερανό καθαρίζουμε

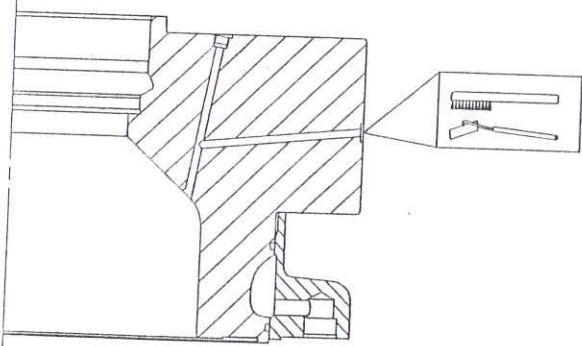


7.



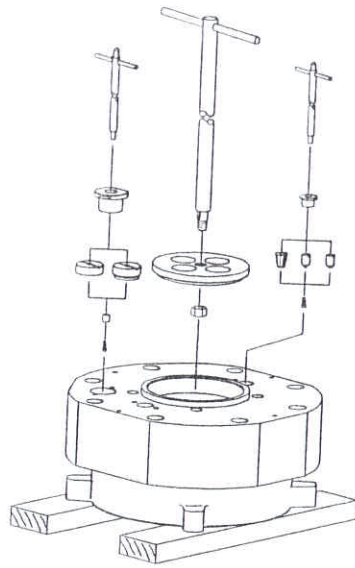
HNS01-1.3.2036 08

8.



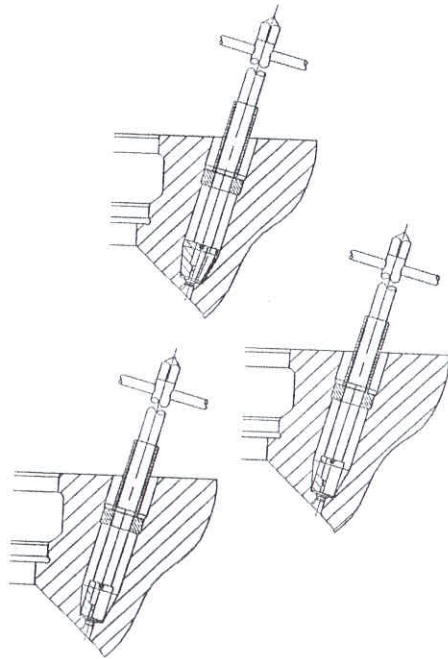
HNS01-1.3.206 09

4.



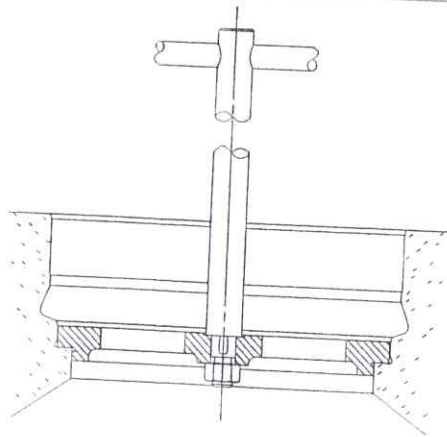
HNS01-1.3.206 05

5.



GNS01-1.3.203 06

6.



GIS01-3.1.98 05



προσεχτικά τα σημεία επαφής και εν συνεχεία τοποθετούμε κάποιο λιπαντικό μέσο ανάμεσα στο καπάκι και στο χιτώνιο. Στην συνέχεια τοποθετούμε την κυλινδροκεφαλή επάνω στο χιτώνιο προσεχτικά.

- Αρμόζουμε και τα 8 περικόχλια πάνω στην κυλινδροκεφαλή και τα βιδώνουμε χρησιμοποιώντας αντλία υψηλής πίεσεως και υδραυλικά για να σφίξουν τα υδραυλικά περικόχλια. Εν συνεχεία βεβαιωνόμαστε ότι έχουν σφίξει χρησιμοποιώντας τον μοχλό στρέψης. Μετά τοποθετούμε τα ειδικά πλαστικά καπάκια επάνω στα περικόχλια για να προστατεύσουμε το σπείρωμα.
- Εν συνεχεία επανατοποθετούμε τον σωλήνα επιστροφής λαδιού και τον σωλήνα παροχής αέρα. Η παροχή αέρα προς την βαλβίδα εξαγωγής θα πρέπει πάντα να είναι συνδεδεμένη πριν την λειτουργία της παροχής λαδιού, αυτό είναι πολύ σημαντικό, διαφορετικά η βαλβίδα θα ανοίξει περισσότερες φορές απ' ό τι πρέπει.

### **ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΜΒΟΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΥΠΙΟΘΛΙΠΤΗ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ**

Πρόκειται για μια ιδιαίτερη χρονοβόρα και σημαντική δουλειά. Ο λόγος που την καθιστά τόσο χρονοβόρα είναι γιατί τις περισσότερες φορές επιθεωρούν 1,2 ακόμα και 3 έμβολα. Βεβαίως είναι ένα μέρος της μηχανής το οποίο μπορεί να γίνει και έλεγχος πριν την προκαθορισμένη ώρα του. Κατά την επιθεώρηση του επιθεωρούμε ταυτόχρονα τον στυπιοθλίπτη καθώς επίσης και το βάκτρο.

- Για να επιτύχουμε την παρακάτω διαδικασία πρέπει υποχρεωτικά να έχουμε βγάλει πρώτα την κυλινδροκεφαλή.
- Σταματώντας τη μηχανή φέρνουμε το έμβολο στο άνω νεκρό σημείο και μόλις κρύνει εισερχόμαστε στον κύλινδρο μέσω της πόρτας σάρωσης. Εκεί ξεβιδώνουμε τις βίδες που ενώνουν το βάκτρο (πόδι) με το διωστήρα.
- Έτσι μπορούμε τραβώντας το έμβολο με μια ειδική διάταξη γερανού να βγάλουμε το έμβολο μαζί με το διωστήρα.
- Αποσυναρμολογούμε την κεφαλή του εμβόλου από την ποδιά (άνω και κάτω μέρος) και το κάτω μέρος με το διωστήρα.
- Τώρα μπορούμε στον πάγκο εργασίας να επισκευάσουμε ή να αντικαταστήσουμε την κεφαλή του εμβόλου. Μετράμε την συνολική ελευθερία μεταξύ ελατηρίων και αυλακιών. Η συνολική ελευθερία δεν πρέπει να



υπερβαίνει τα στοιχεία του κατασκευαστή

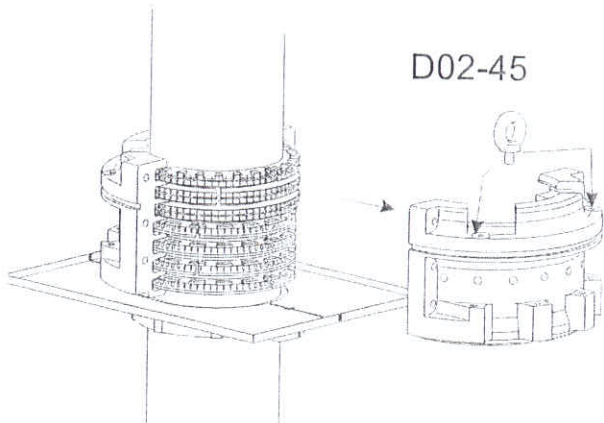
- Βγάζοντας τα ελατήρια μετράμε το ύψους του ελατηρίου καθώς επίσης και του αυλακιού που εφαρμόζει. Το εφικτό διάκενο μέχρι πρότινος ανάμεσα σε αυλάκι και ελατήριο ήταν στα 0,45 mm αλλά πλέον υστέρα από μετρήσεις οι τεχνικοί της MAN B&W καθιστούν και εντός ορίων διάκενο έως και 0,90 mm. Σε περίπτωση που το παραπάνω διάκενο είναι μεγαλύτερο τότε στέλνουμε την κεφαλή για επισκευή και αναγόμωση και τοποθετούμε άλλη κεφαλή με καινούρια ελατήρια. Υπάρχει επίσης πιθανότητα να βρούμε και σπασμένο ελατήριο, αν και συνήθως το γνωρίζουμε από πριν από την υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων.
- Στην κεφαλή επίσης δεν επιθεωρούμε μονό τα αυλακιά και τα ελατήρια. Επιθεωρούμε και το μέρος της κεφαλής που συμπιέζει το καύσιμο για την καύση. Υπάρχει πιθανότητα το πάχος του μετάλλου εκεί μπορεί να έχει μειωθεί και το έμβολο να μην συμπιέζει με την ίδια πίεση.
- Όταν αποσυναρμολογήσουμε το ελατήριο από το έμβολο τότε μετρούμε όλες τις διαστάσεις του όπως ύψους, πλάτος, διάμετρο και την απόσταση από τα άκρα του από τα δυο άκρα του που δεν ενώνονται.
- Καθαρίζουμε επίσης και του αύλακες των ελατηρίων και ελέγχουμε αν έχει καψίματα και κάποιου άλλου είδους παραμόρφωσης.
- Μετά επανασυναρμολογούμε το έμβολο με την ποδιά ροπή σύσφιξης ανέρχεται στα 200 Nm περίπου.
- Υστέρα απ' όλες αυτές τις διαδικασίες ξεκινάμε σιγά σιγά την επανατοποθέτησή του στην μηχανή. Ελέγχουμε εάν έχουμε τοποθετήσει σωστά τα ελατήρια και στην συνέχεια τα λιπαίνουμε για πιο εύκολη τοποθέτηση. Πρέπει να σιγουρευτούμε ότι ο Στυπιοθλίπτης είναι σωστά τοποθετημένους επάνω στους οδηγητικούς πείρους. Στρέφουμε αριστερόστροφα 45° από το ΑΝΣ την μηχανή, χαμηλώνουμε το έμβολο μέσα στο χιτώνιο και καθοδηγούμε το κάτω τμήμα του βάκτρου από την πόρτα σάρωσης.

Στρέφοντας τον σταυρό στο ΑΝΣ και όταν βεβαιωθούμε ότι το βάκτρο ακουμπά τον σταυρό σιγά σιγά ξεβιδώνουμε το έμβολο από τον γερανό και βιδώνουμε τους κοχλίες.

Εν συνεχεία χαμηλώνουμε και ακουμπάμε τον στυπιοθλίπτη στην φλάντζα του έχοντας βεβαιωθεί ότι οι οπές του έχουν κεντραριστεί σωστά. Μετά σφίγγουμε καλά τον στυπιοθλίπτη με όλες τις βίδες του

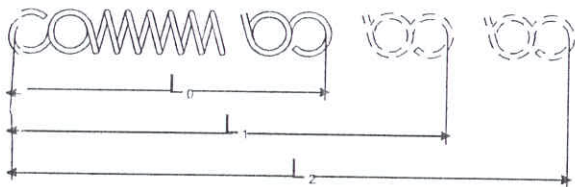


3.

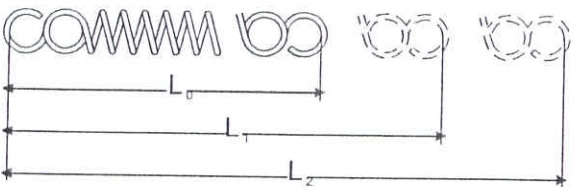


7.

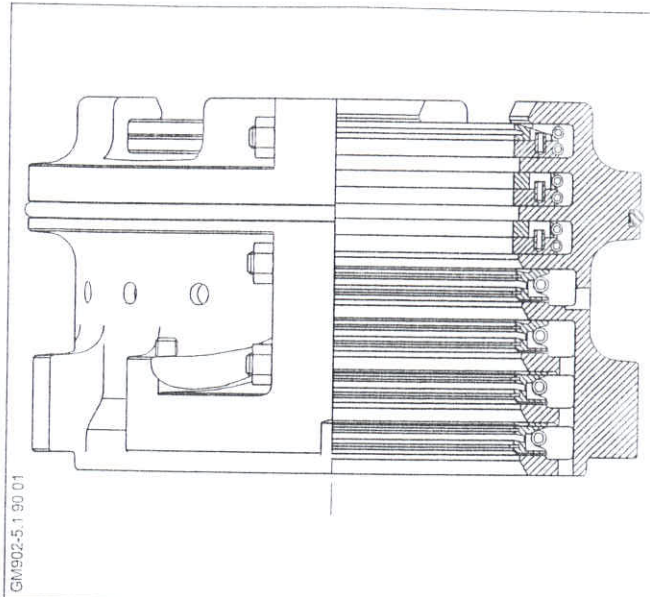
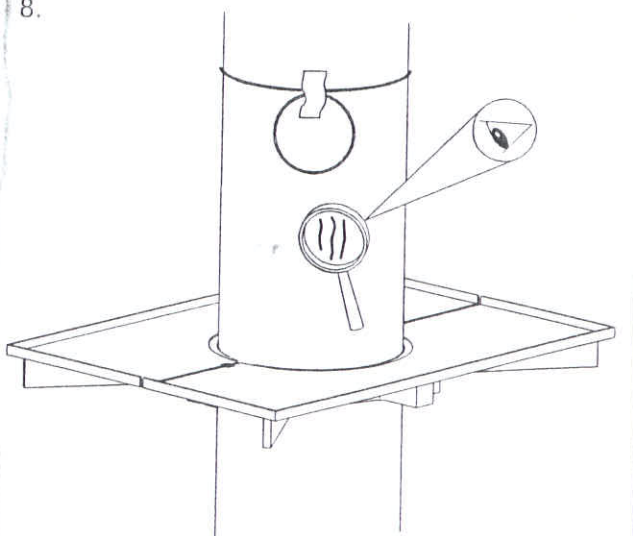
D02-33



D02-37



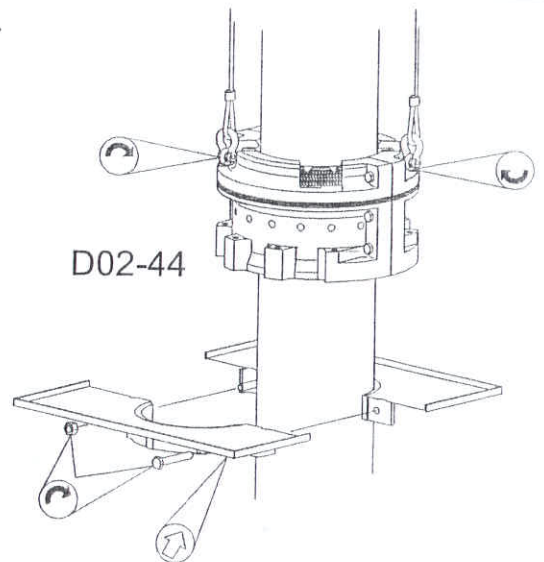
8.



GM902-5.1 90 01

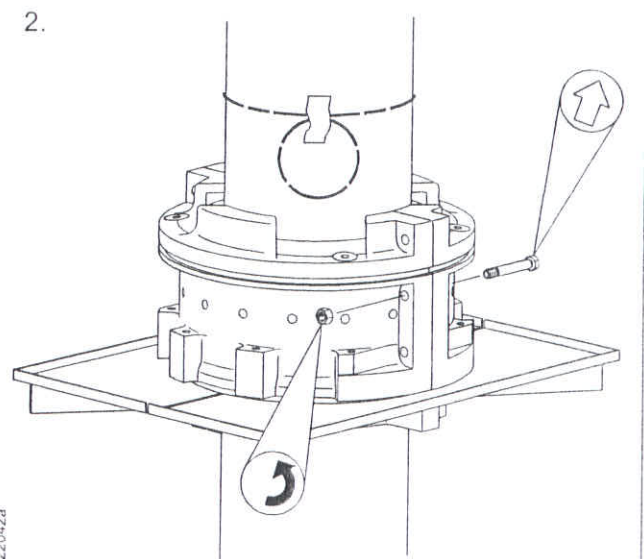
1.

D02-44



2222041a

2.



2222042a



Εφόσον έχουμε επιθεωρήσει και επισκευάσει/αντικαταστήσει το έμβολο πρέπει να κοιτάξουμε σε τη κατάσταση βρίσκεται ο Στυπιοθλίπτης του βάκτρο.

Ο Στυπιοθλίπτης βάκτρο η κατά κόσμων “stuffing box” βρίσκεται προσαρμοσμένος πάνω στο βάκτρο. Με τη χρήση ειδικών εργαλείων μπορούμε να τον απομονώσουμε και να κάνουμε τις απαραίτητες μετρήσεις. Όπως έχουμε περιγράψει και παραπάνω ο ρόλος του είναι να «συγκροτούν» την συμπίεση και να μην «περνάει» στην ελαιολεκάνη, όπως επίσης το λαδί του στροφαλοφόρου να μην περνάει στο θάλαμο καύσης. Άρα αποσυναρμολογώντας με έναν πρόχειρο οπτικό έλεγχο μπορούμε να δούμε αν η στεγανοποίηση του είναι σε καλά επίπεδα.

Επειδή η διάταξη του μοιάζει πολύ σε αυτή του εμβόλου έτσι και αυτό αποτελείται από ελατήρια προσαρμοσμένα πάνω σε 2 μεταλλικά «μισοφέγγαρα» τα οποία ελατήρια παίζουν το ίδιο ρολό όπως και στο έμβολο. Μετράμε λοιπόν τα διάκενα ανάμεσα στα ελατήρια και στο μεταλλικό έλασμα και βγάζουμε τα συμπεράσματα μας. Αν τα αποτελέσματα ξεπερνούν τις επιθυμητές ανοχές τότε τα ελατήρια ή ο Στυπιοθλίπτης αντικαθιστούνται.

Μετά την διαδικασία ελέγχου ή επισκευής πρέπει να προχωρήσουμε στην επανατοποθέτηση του στυπιοθλίπτη στο βάκτρο. Φέρνουμε το έμβολο προς την πάνω μεριά μέχρι να βεβαιωθούμε ότι ο Στυπιοθλίπτης είναι στην θέση του στο σκελετό του κυλίνδρου. Πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι οι δύο οδηγητικοί πείροι στην φλάντζα εισέρχονται στις οδηγητικές οπές στο κάτω τμήμα του σκελετού του κυλίνδρου. Αρμόζουμε τους κοχλίες στην φλάντζα μέσω των οπών και μετά αρμόζουμε τον σωλήνα αποστράγγισης λαδιού, εν τω μεταξύ σφίγγουμε όλους τους εξωτερικούς κοχλίες στον στυπιοθλίπτη. Μέσω της σάρωσης αλείφουμε το βάκτρο με θειούχο μολυβδαίνιο και στρέφουμε χειροκίνητα τον στροφαλοφόρο άξονα μερικές φορές. Μετά ξεκινάμε την μηχανή σε πολύ χαμηλές στροφές για 15 περίπου λεπτά, σβήνουμε την μηχανή περιμένουμε να κρυώσει και επιθεωρούμε το βάκτρο και τον στυπιοθλίπτη από την πόρτα σάρωσης.

### **ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΧΙΤΩΝΙΟΥ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ**

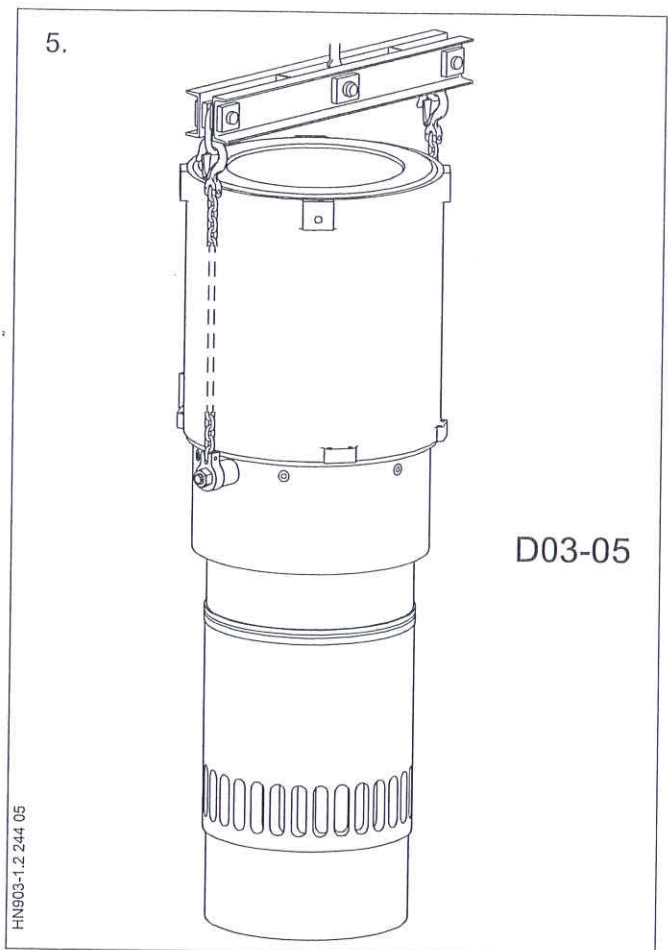
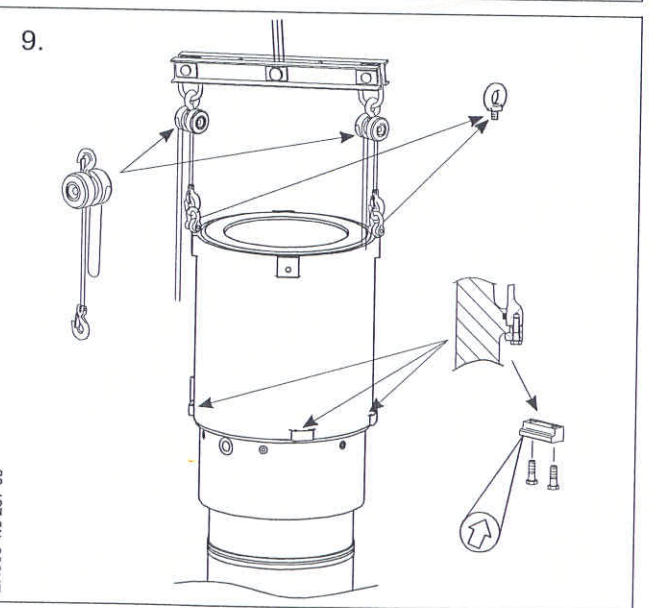
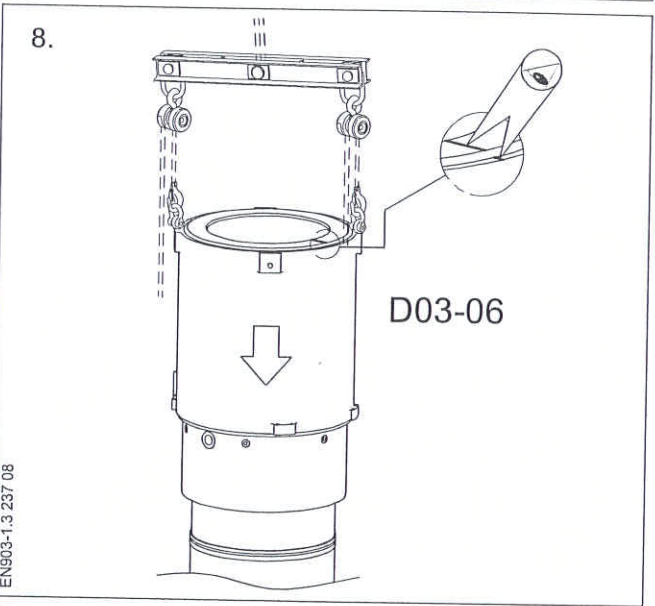
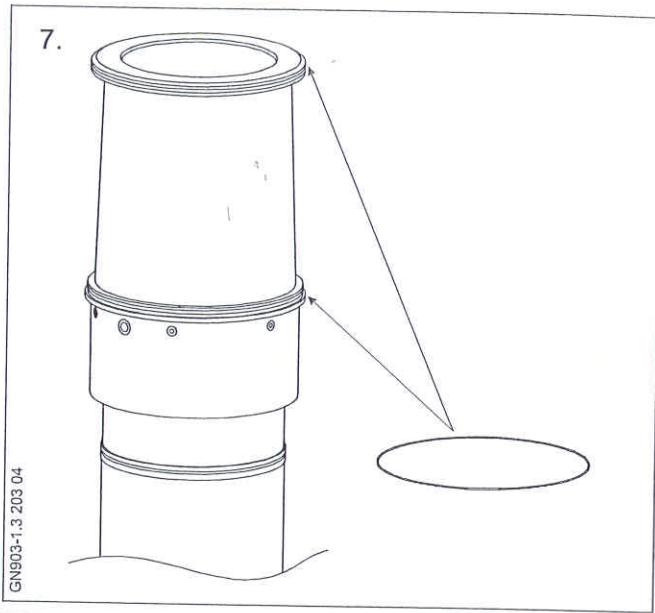
- Πρόκειται για μια ιδιαίτερη χρονοβόρα και σημαντική δουλειά λόγος που την καθιστά τόσο ιδιαίτερη είναι διότι πρόκειται για ένα από τα σημαντικότερα μέρη της Κ.Μ. Για να προχωρήσουμε στην διαδικασία ελέγχου, επιθεώρησης ή ακόμη και επισκευής πρέπει πρώτα να έχουμε προχωρήσει στις δύο παραπάνω διαδικασίες.
- Για την περάτωση της εργασίας πρέπει να έχουμε προμηθευτεί τα σωστά εργαλεία για την διευκόλυνσή μας όπως επίσης και για την ασφάλειά μας. Στις προφυλάξεις ασφαλείας συμπεριλαμβάνονται το σβήσιμο της μηχανής, η διακοπή τροφοδότησης με αέρα, η διακοπή τροφοδοσίας νερού, λαδιού και



καυσίμου.

- Εφόσον έχουμε αφαιρέσει το πώμα του εμβόλου προχωρούμε στην εγκατάσταση του ειδικού εργαλείου για έλεγχο της φόρμας της διαμέτρου του κυλίνδρου. Για την διαδικασία αυτή παίρνουμε δύο μετρήσεις μία κάθετη και μία οριζόντια. Η μέτρηση αυτή θα μας δείξει αν ο κύλινδρος παραμένει κυκλικός σε όλη την επιφάνειά του και σε όλο το μήκος του.
- Με ένα άλλο ειδικό εργαλείο μετρούμε το πάχος του κυλίνδρου σε όλη την περιφέρειά του.
- Εάν μετά τις παραπάνω μετρήσεις ο κύλινδρος βρεθεί υπερμεγέθης ή με ανομοιομορφίες τότε πρέπει να προχωρήσουμε στην αντικατάστασή του ή στην επισκευή του, άρα θα πρέπει να τον απεγκαταστήσουμε. Για να γίνει η διαδικασία αυτή πρέπει από την πόρτα σάρωσης να τοποθετήσουμε ένα υδραυλικό γρύλο κάτω από το χιτώνιο και παράλληλα πρέπει να τοποθετήσουμε τον γερανό για να σηκωθεί το χιτώνιο. Πλέον μπορούμε να το καθαρίσουμε ή να ξύσουμε με μία σμυριδόπετρα τις αγκυριές και τα υπολείμματα. Η μέγιστη διάμετρος που δεν ξεπερνάει τις ανοχές μας είναι η διάμετρος  $X 0.0045$ .
- Σε περίπτωση που προχωρήσουμε σε αντικατάσταση χιτωνίου πρέπει οπωσδήποτε να αντικαταστήσουμε και του δύο λαστιχένιους δακτυλίους στο άνω και το κάτω μέρος του.
- Για την επανατοποθέτησή του λασκάρουμε τις συνδέσεις νερού στο περιχιτώνιο, κατεβάζουμε σιγά σιγά το χιτώνιο με την βοήθεια του γερανού και παράλληλα ελέγχουμε τις επιφάνειες άρμωσης ότι είναι τελείως καθαρές. Πριν την τοποθέτηση του χιτωνίου το αλείφουμε με ειδικό στεγανωτικό υγρό και αντικαθιστούμε τα δακτυλίδια. Τοποθετούμε ένα καινούργιο παρέμβυσμα μεταξύ της σωλήνας εισαγωγής ψύξης νερού και περιχιτωνίου. Συνδέουμε τους σωλήνες παροχής νερού-λαδιού και μετά προχωρούμε στην εξαέρωση του κυκλώματος μέσω των ανεπίστροφων βαλβίδων. Λιπαίνουμε τοποθετώντας λίγο κυλινδρέλαιο στο εσωτερικό μέρος του χιτωνίου και επανατοποθετούμε το έμβολο και εν συνεχεία και την κυλινδροκεφαλή





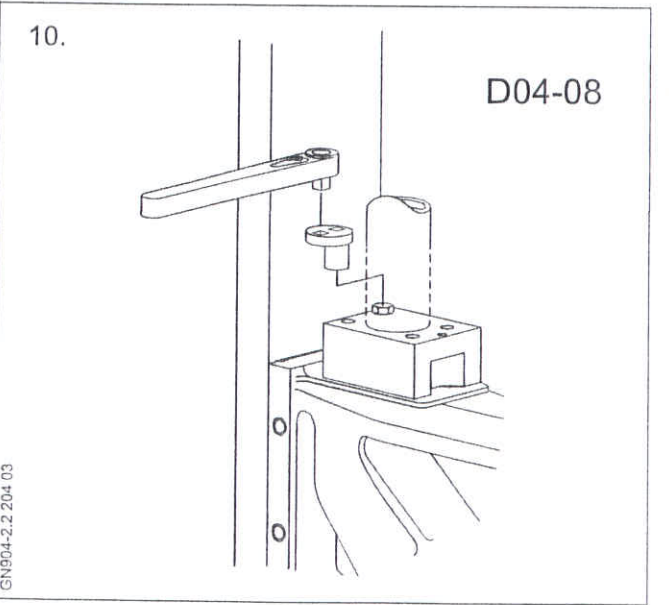
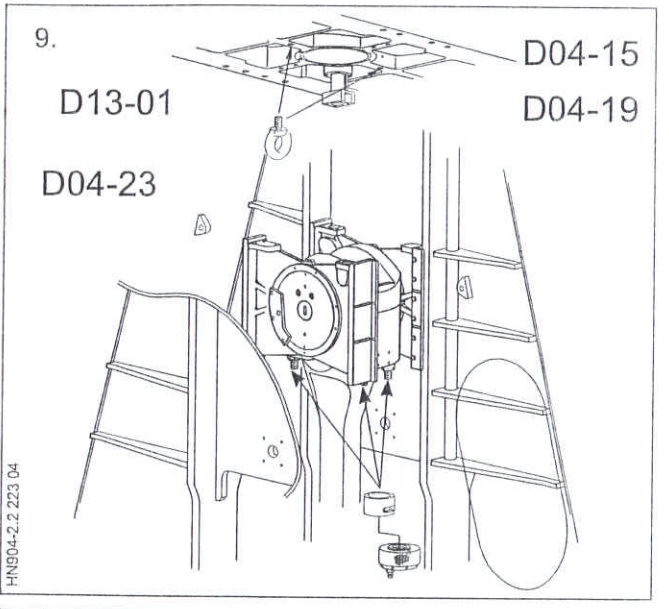
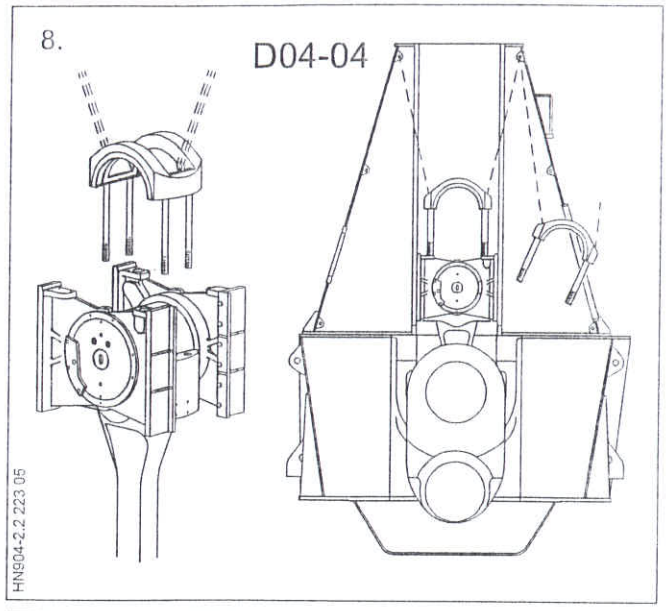
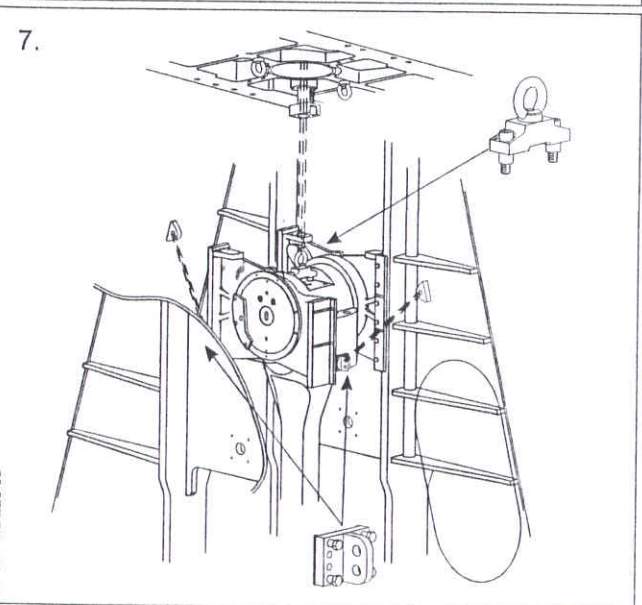
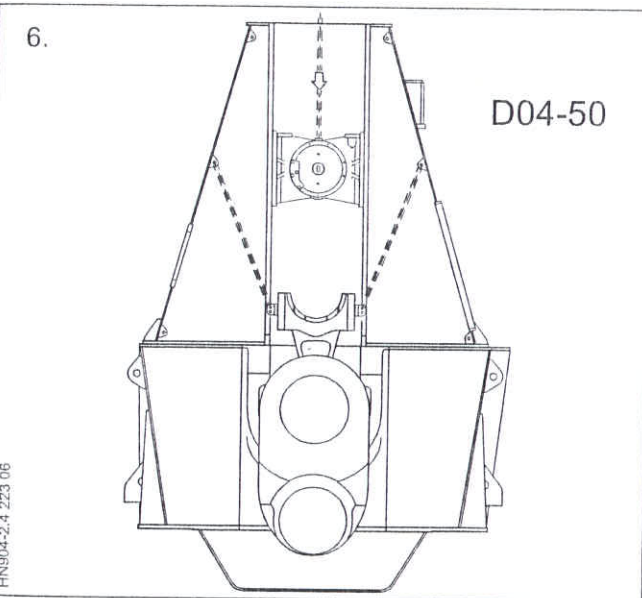
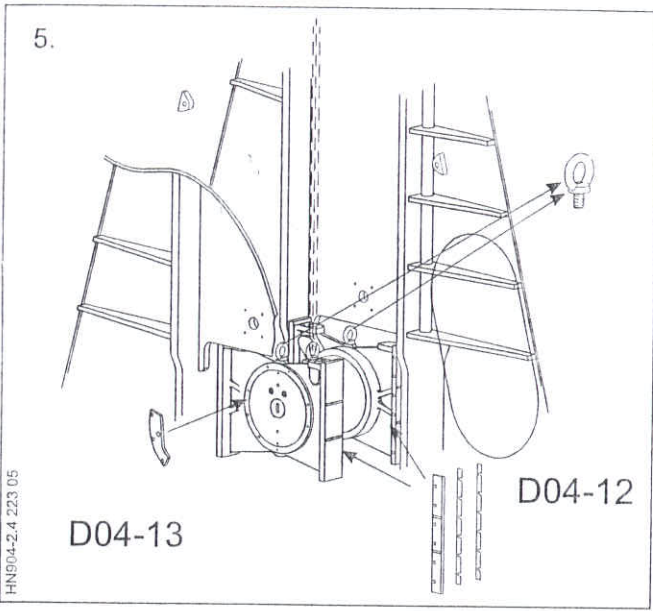


## ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΑΥΡΟΥ ΜΕ ΔΙΩΣΤΗΡΑ Κ.Μ.

Για την διαδικασία αυτή θα χρειασθούμε τα ειδικά εργαλεία που προμηθευόμαστε από το ναυπηγείο όπως επίσης πρέπει να πάρουμε τις απαραίτητες προφυλάξεις ασφαλείας. Για την επίτευξη της διαδικασίας αυτής πρέπει να σβήσουμε την μηχανή, να αποκλείσουμε τον μηχανισμό προκίνησης, να διακόψουμε την τροφοδοσία νερού, λαδιού και πετρελαίου. Όπως και πριν πρέπει να έχουμε προβεί στις δύο πρώτες διαδικασίες.

- Εξ αρχής πρέπει να ελέγξουμε το έδρανο του σταυρού με την παρακάτω διαδικασία. Ανοίγουμε την πόρτα του στροφαλοθαλάμου, στρέφουμε την μηχανή στο ΚΝΣ και μετράμε την ελευθερία του εδράνου χρησιμοποιώντας φίλερ μεταξύ του πώματος του εδράνου και του κομβίου του σταυρού στο πάνω σημείο του πάνω κελύφους του εδράνου στις δύο πλευρές και εμπρός και πίσω. Η διαφορά μεταξύ της πραγματικής μέτρησης και της καταγεγραμμένης μέτρησης από το ναυπηγείο δεν πρέπει να ξεπερνά το 0.1, αν είναι παραπάνω τότε πρέπει να αποσυναρμολογηθεί.
- Σε περίπτωση που πρέπει να αποσυναρμολογήσουμε το έδρανο στρέφουμε την μηχανή στο ΚΝΣ, περνάμε του δακτυλίου σταθερής απόστασης γύρω από τα περικόχλια και βιδώνουμε τους υδραυλικούς γρύλους στα αμφικόχλια, αρμόζουμε τα εργαλεία ανύψωσης στο πάνω τμήμα του διωστήρα και με τον γερανό του μηχανοστασίου το βγάζουμε από την μηχανή στρέφοντας την παράλληλα από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ.
- Εφόσον επιθεωρήσουμε το έδρανο και κρίνουμε απαραίτητη την αντικατάστασή του προχωρούμε σ'αυτήν και στην επανατοποθέτησή του επάνω στο σταυρό. Αυτό γίνεται σηκώνοντας κατακόρυφα τον διωστήρα αρμόζοντας επάνω εκεί το έδρανο και στην συνέχεια του σφίγγουμε μαζί με το βάκτρο με προσοχή έτσι ώστε τα αμφικόχλια του εδράνου να μην προκαλέσουν βλάβη στον σταυρό. Και τα τέσσερα περικόχλια του πώματος του εδράνου του σταυρού πρέπει να σφιχτούν ταυτόχρονα με 590 Nm.
- Σε περίπτωση που υπάρχει πρόβλημα με τον σταυρό και πρέπει να αντικατασταθεί πρέπει να προχωρήσουμε σε διαδικασία απεγκατάστασης χρησιμοποιώντας τα ειδικά εργαλεία. Εξ αρχής πρέπει να εφαρμόσουμε τους σωλήνες λίπανσης του κυρίου εδράνου, τον σωλήνα εξαγωγής λαδιού, ψύξης και να αρμόσουμε επάνω το εργαλείο συγκράτησης. Στρέφουμε τον σταυρό ΑΝΣ και σιγά σιγά τον στρέφουμε έτσι ώστε να μπορέσουμε να έχουμε πρόσβαση προς τα περικόχλια του εδράνου και τα ξεβιδώνουμε. Αρμόζουμε μετά το ειδικό εργαλείο ανύψωσης επάνω στο σταυρό και με την χρήση παλάγκων δίνουμε μία κλίση στον διωστήρα και σιγά σιγά προχωρούμε στην εξαγωγή του από την μηχανή.
- Προχωρούμε στην επιθεώρηση του σταυρού και στην μέτρηση ανοχών χρησιμοποιώντας τα ειδικά εργαλεία φίλερ.
- Έπειτα από την διαδικασία αυτή προχωρούμε στην επανατοποθέτηση του σταυρού σηκώνοντας τον σταυρό προς την μηχανή με την χρήση παλάγκου που είναι τοποθετημένο επάνω από την μηχανή.







- Στρέφουμε τον σταυρό 90° και τραβάμε από την μία πλευρά κάτω προς την μηχανή μεταξύ των κυλίνδρων. Κατεβάζουμε ένα πέδιλο κατευθυντήριας στην άλλη πλευρά του σταυρού και τοποθετούμε τον εξωλκέα. Κάνοντας χρήση του εξωλκέα τραβούμε τον σταυρό σε τέτοια απόσταση έξω από το πέδιλο ώστε να μπορέσει να χαμηλώσει και άλλο. Έχοντας χαμηλώσει το πέδιλο πλέον χρησιμοποιούμε τον εξωλκέα εξαγωγής του πέδιλου με σκοπό να σπρώξουμε τον σταυρό προς τα μέσα.
- Έχοντας αρμόσει τα οδηγητικά πλακίδια στα πέδιλα σφίγγουμε τους κοχλίες και απασφαλίζουμε σιγά σιγά από το παλάγκο, στρέφουμε την μηχανή στο ΚΝΣ και σιγά σιγά κατεβάζουμε τον σταυρό μέχρι να ακουμπήσει τον διωστήρα. Αφαιρούμε τις αλυσίδες του παλάγκου και αρμόζουμε τους δακτυλίους και σφίγγουμε τα περικόχλια.

### **ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ Κ.Μ.**

Οι αντλίες πετρελαίου που τροφοδοτούν την Κ.Μ. με καύσιμα είναι ένα κομμάτι της μηχανής αρκετά ευαίσθητο και χρειάζεται περιοδική συντήρηση και έλεγχο. Ο λόγος που το καθιστά τόσο ιδιαίτερο είναι γιατί δέχεται μεγάλη φθορά λόγω της κακής ποιότητας πετρελαίου που χρησιμοποιεί η Κ.Μ. αρκετές φορές. Η διαδικασία επιθεώρησης και τυχόν επισκευής της αντλίας του πετρελαίου θέλει ιδιαίτερη προσοχή.

Οι αντλίες αυτές δεν είναι κοινές περιστροφικές που αποτελούνται από εισαγωγή, στρόβιλο και εξαγωγή αλλά είναι εμβολοειδείς αντλίες υψηλής πίεσεως οι οποίες παίρνουν κίνηση από τον εκκεντροφόρο άξονα και όχι από ηλεκτρική πηγή.

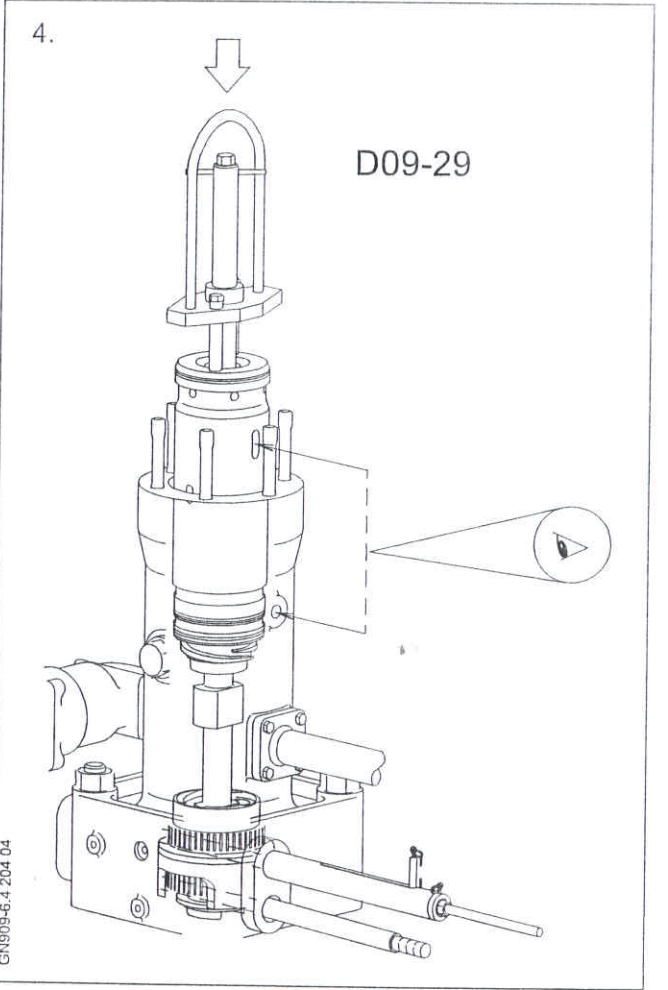
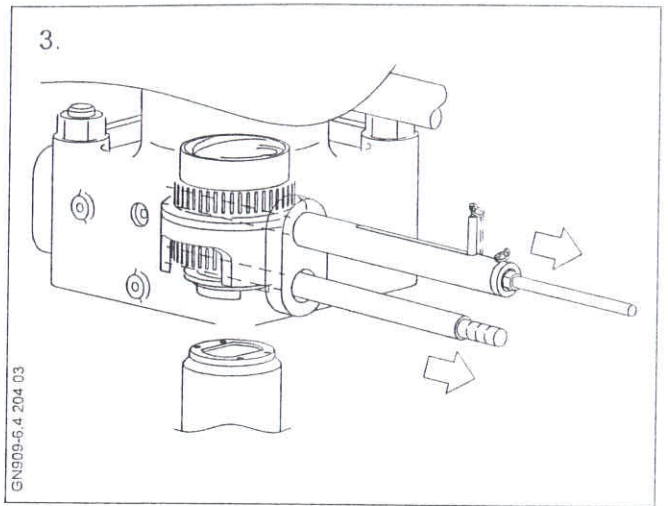
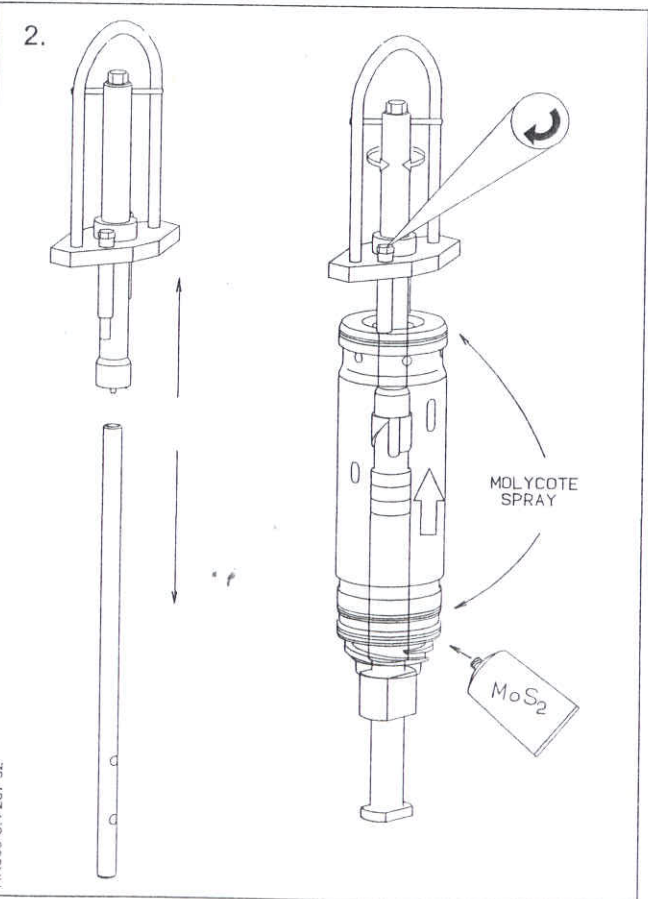
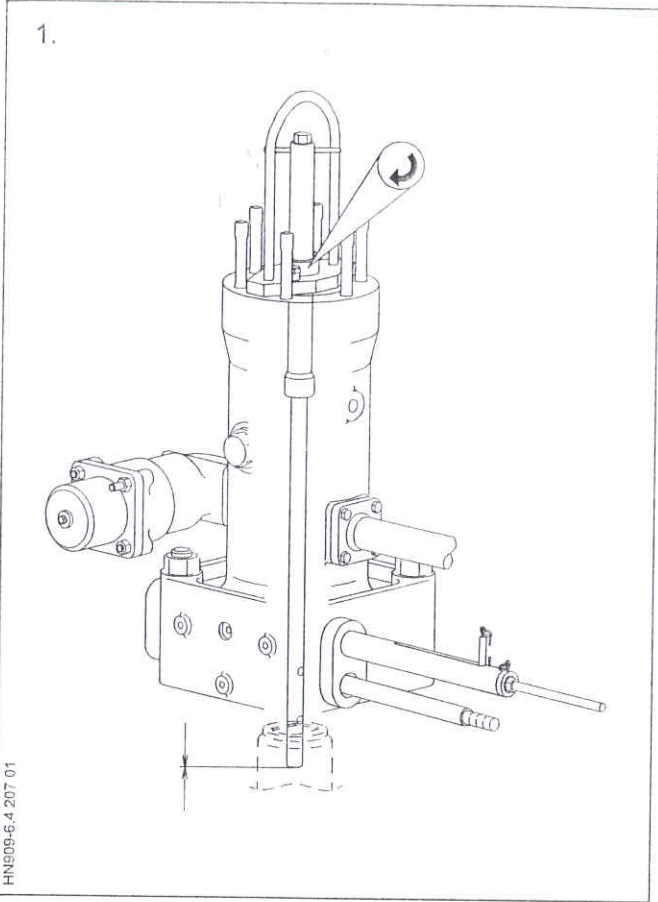
- Προτού αποσυναρμολογήσουμε οποιοδήποτε εξάρτημα της αντλίας πετρελαίου πρέπει να βεβαιωθούμε ότι έχει ανακουφισθεί από πίεση και έχει αποστραγγισθεί από πετρέλαιο.
- Αφαιρούμε το πάνω πώμα της αντλίας ανοίγοντας τον κρουνό αποστράγγισης στο κάτω μέρος της αντλίας έτσι ώστε να αδειάσει το όποιο λάδι έχει μείνει μέσα στον σωλήνα της υψηλής πίεσης. Μετά αφαιρούμε όλους τους σωλήνες αποστράγγισης και όλους τους σωλήνες υψηλής πίεσης μεταξύ του πάνω πώματος και των εγχυτήρων. Εν τω μεταξύ πρέπει οπτικά να ελέγξουμε αν η βελονοειδής βαλβίδα χρειάζεται καθάρισμα.
- Αφαιρούμε το πάνω πώμα της αντλίας πετρελαίου και τοποθετούμε τον εξωλκέα έτσι ώστε να αφαιρέσουμε το συγκρότημα χιτωνίου – εμβόλου από το εσωτερικό της αντλίας με προσοχή μην προκαλέσουμε κάποια βλάβη.



- Έχοντας βγάλει έξω την αντλία εάν ο βραχίονας του δείκτη πετρελαίου ή ο βραχίονας του δείκτη μεταβλητού χρονισμού ψεκασμού (VIT) κινείται πού σφιχτά τότε τα συστήματα ρύθμισης του χρονισμού πρέπει να επισκευασθούν. Για να επιτευχθεί η επισκευή εφόσον έχουμε βγάλει το συγκρότημα χιτώνιο-έμβολο η αντλία πρέπει να αποσυναρμολογηθεί πλήρως.
- Καθαρίζουμε την εξωτερική επιφάνεια του χιτωνίου, αφαιρούμε όλα τα λαστιχένια δακτυλίδια και τα αντικαθιστούμε.
- Το έμβολο το τραβάμε με προσοχή έξω από το χιτώνιο και το καθαρίζουμε προσεκτικά.
- Αρμόζουμε τους καινούργιους δακτυλίους στεγανότητας στο κατώτερο άκρο του χιτώνιο αφού πρώτα έχουμε περάσει τον εσωτερικό δακτύλιο, επανατοποθετούμε το ελατηριωτό δακτύλιο στεγανότητας στον κώνο και εν συνεχεία λιπαίνουμε το έμβολο με θειούχο μολυβδαίνιο και το επανατοποθετούμε στο χιτώνιο χωρίς βίαιες κινήσεις γιατί μπορεί να προξενηθεί βλάβη στην επιφάνεια του χιτωνίου.
- Καθαρίζουμε προσεκτικά τον οδηγικό κοχλία, τον βραχίονα του δείκτη VIT και τον οδηγό χρονισμού και τα λιπαίνουμε με θειούχο μολυβδαίνιο πριν την επανατοποθέτησή τους. Τα επανατοποθετούμε έτσι ώστε το διακριτικό σημείο αναγνώρισης στο οδηγό χρονισμού να ευθυγραμμίζεται με το διακριτικό σημείο αναγνώρισης στον βραχίονα δείκτη VIT.
- Βεβαιωνόμαστε ότι το εσωτερικό του κελύφους της αντλίας πετρελαίου είναι καθαρό και αρμόζουμε το επισκευασμένο άνω μέρος με το επισκευασμένο κάτω μέρος. Προτού σφίξουμε τα περικόχλια γυρνάμε μία στροφή την μηχανή χειροκίνητα. Το άνω μέρος της αντλίας δεν πρέπει να μετακινηθεί. Μετά σφίγγουμε τα περικόχλια στο άνω μέρος σε διαγώνια διάταξη με 785 Nm.



Mounting



it  
r  
g  
r  
s  
e  
t  
it  
g  
1  
s  
1  
/  
y  
ll  
o



## ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ – ΛΙΣΤΕΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ

Όπως κάθε ΜΕΚ έτσι και οι βραδύστροφες μηχανές για ναυτική εφαρμογή μπορεί να αντιμετωπίσουν κάποιες βλάβες κατά την διάρκεια του ταξιδιού τους. Για αυτό τον λόγο το πλήρωμα πρέπει να είναι προετοιμασμένο να τις αντιμετωπίσει από άποψη τεχνογνωσίας όπως και να είναι εφοδιασμένο με τα κατάλληλα ανταλλακτικά. Οι βλάβες μπορεί να προξενηθούν από κακοκαιρία, κακή συντήρηση ή κακή λειτουργία λόγω κακής ποιότητας καυσίμου.

Σε περίπτωση κάποιας βλάβης στην ΚΜ πρέπει αυτόματα να ενημερωθεί ο Αρχιμηχανικός και το πλήρωμα να προβεί στην άμεση αποκατάσταση της ζημιάς. Οι πιο αναμενόμενες βλάβες που συμβαίνουν συνήθως στην ΚΜ αλλά και στα μηχανήματα που έχουν ζωτικής σημασίας ρόλο στην καλή λειτουργία της είναι οι εξής:

Μπορούμε να τις κατηγοριοποιήσουμε σε βλάβες που λύνονται εύκολα και σε βλάβες οι οποίες θα ακινητοποιήσουν το πλοίο.

Βλάβες που λύνονται εύκολα είναι αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω στο κεφάλαιο ΑΠΟΔΟΣΗ και θα αναλυθούν εκτενέστερα. Τέτοιες βλάβες είναι:

1. Η αύξηση θερμοκρασίας εξαγωγής σε όλους τους κυλίνδρους ή σε μερικούς.
2. Η μείωση στροφών της μηχανής.
3. Η εξάτμιση στην καπνοδόχο όταν έχει καπνό
4. Η μείωση ταχύτητας περιστροφής του Υ/Π.
5. Η μείωση της συμπίεσης
6. Η λερωμένη πλευρά του αέρα ή του νερού στο ψυγείο του αέρα.

Όλα τα παραπάνω θα αναλύσουμε ως βλάβες που λύνονται εύκολα.

1. Σε περίπτωση που έχουμε αύξηση θερμοκρασίας στην εξαγωγή των κυλίνδρων τότε υπάρχει πιθανότητα να πρέπει να κάνουμε τους εξής ελέγχους και επισκευές.

- Έλεγχο στον αέρα της σάρωσης λόγω ανεπαρκούς λειτουργία του ψυγείου του αέρα, οπότε και θα πρέπει να το καθαρίσουμε.
- Φραγμένοι δίοδοι του αέρα και καυσαέρια οπότε και θα πρέπει να καθαρίσουμε τις διόδους και τον συμπιεστή.
- Ανεπαρκής καθαρισμός πετρελαίου ή κακή ποιότητα οπότε και θα πρέπει να ελέγξουμε το διυλιστή ή να κάνουμε χρήση χημικών στο πετρέλαιο.
- Λανθασμένη θέση του εκκεντροφόρου άξονα οπότε πρέπει να γίνει έλεγχος στον χρονισμό ή στην ένταση της καδένας.
- Ελαττωματικά – φραγμένα επιστόμια ψεκασμού οπότε και θα πρέπει να δοκιμασθούν και να αντικατασταθούν.
- Διαρροή από την βαλβίδα εξαγωγής οπότε και θα πρέπει να αντικατασταθεί.
- Ο κνώδακας πετρελαίου έχει ρυθμιστεί λάθος ή έχει ξεφύγει από την αρχική του θέση, άρα θα πρέπει να ελέγξουμε την προπορεία στην αντλία πετρελαίου.
- Πτώση θερμοκρασίας στον αέρα σάρωσης και ελέγξουμε την θερμοστατική βαλβίδα του συστήματος αν λειτουργεί σωστά.
- Υψηλή παρουσία αέρα ή και ατμού στο σύστημα τροφοδοσίας πετρελαίου.



Εκεί πρέπει να ελεγχθεί η παροχή πετρελαίου και η πίεση της αντλίας κυκλοφορίας. Επίσης ελέγχουμε την λειτουργία βαλβίδας εξαερισμού, την πλευρά αναρρόφησης των αντλιών παροχής για τυχόν διαρροές αέρα. Επίσης ελέγχουμε τον προθερμαντήρα πετρελαίου για τυχόν διαρροές ατμού.

- Ελαττωματική αναρροφητική βαλβίδα της αντλίας πετρελαίου ελέγχεται και επισκευάζεται άμεσα.
- Αν το έμβολο της αντλίας πετρελαίου ή η βελονοειδής βαλβίδα κολλούν ή διαρρέουν τότε πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα η αντλία και η βαλβίδα.
- Αν ο οδηγός του ράουλου αναστροφής, βρίσκεται σε λάθος θέση τότε πρέπει να ελέγξουμε τον μηχανισμό του οδηγού του ράουλου για τυχόν αρπαγμένα έδρανα, τον οδηγό ράουλου, για ράουλα με τραχείς επιφάνειες ή κνώδακα κ.λ.π. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί κάποιο «άρπαγμα» πρέπει να ελέγξουμε το φίλτρο του λαδιού του κνωδακοφόρου άξονα καθώς και το φίλτρο για πιθανή βλάβη.

2. Σε περίπτωση που αντιμετωπίζουμε πρόβλημα με μείωση στροφών κατά την διάρκεια ταξιδιού πρέπει να προβούμε στους εξής ελέγχους και επισκευές.

- Η βαλβίδα εξαγωγής κολλάει στην ανοικτή θέση οπότε και θα πρέπει να αντικατασταθεί.
- Η πίεση του λαδιού πριν τις αντλίες πετρελαίου είναι χαμηλή οπότε και θα πρέπει να αυξήσουμε την πίεση της αντλίας παροχής και της αντλίας κυκλοφορίας μέσω βαλβίδων.
- Παρουσία αέρα ή ατμού στο πετρέλαιο τότε ελέγχουμε την παροχή πετρελαίου και τις πιέσεις της αντλίας κυκλοφορίας. Ελέγχουμε επίσης την λειτουργία της βαλβίδας εξαερισμού. Έλεγχος στην πλευρά αναρρόφησης των αντλιών παροχής για τυχόν διαρροές αέρα. Έλεγχος του προθερμαντήρα πετρελαίου για τυχόν διαρροές ατμού.
- Ελαττωματικοί εγχυτήρες πετρελαίου ή αντλιών πετρελαίου, πρέπει να αντικαθιστούνται ή να επισκευάζονται άμεσα.
- Ένας ή και περισσότεροι αναστρέψιμοι οδηγοί ράουλων βρίσκονται σε λάθος θέση οπότε και πρέπει να ελέγξουμε τον μηχανισμό του οδηγού του ράουλου για τυχόν αρπαγμένα έδρανα, τον οδηγό ράουλου για ράουλα με τραχείς επιφάνειες ή κνώδακα. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί κάποιο άρπαγμα έλεγξε το φίλτρο του λαδιού του κνωδακοφόρου άξονα καθώς και το φίλτρο για πιθανή βλάβη.
- Εάν παρουσιασθεί νερό στο πετρέλαιο τότε αποστραγγίζουμε το νερό και καθαρίζουμε το πετρέλαιο πιο αποτελεσματικά.
- Εάν η μηχανή έχει αργή στρέψη ή κράτηση (διακοπή λειτουργίας) τότε ελέγχουμε τις στάθμες πίεσης και θερμοκρασίας. Εάν αυτές είναι κανονικές τότε ελέγχουμε για τυχόν σφάλματα στον εξαρτισμό για «αργή στρέψη».
- Τα χαρακτηριστικά καύσης του πετρελαίου δεν είναι ικανοποιητικά τότε αλλάζουμε τον τύπο καυσίμου σε κάποιο άλλο, μπορεί να υπάρξουν αλλαγές στις στροφές / λεπτό τον ίδιο δείκτη της αντλίας.

3. Αν η εξάτμιση στην καπνοδόχο έχει καπνό τότε πρέπει να προβούμε σε διαδικασία ελέγχου και επισκευής.

- Αν οι στροφές του υπερπληρωτή δεν αντιστοιχούν με τις στροφές της μηχανής τότε κάποια παρουσία καπνού κατά την επιτάχυνση θεωρείται κανονική. Δεν θα



λάβουμε κανένα μέτρο. Εάν όμως παρουσιασθεί πυκνός καπνός κατά την επιτάχυνση τότε υπάρχει σφάλμα στην ρύθμιση της συσκευής περιορισμού.

- Αν η παροχή του αέρα δεν είναι αρκετή ελέγχουμε τον εξαερισμό στο μηχανοστάσιο.
- Εάν είναι ελαττωματικοί οι εγχυτήρες πετρελαίου τότε ελέγχουμε με παροχή υψηλής πίεσης του εγχυτήρες και προχωράμε εάν χρειάζεται στην αντικατάστασή τους.
- Εάν έχουμε βλάβη στον ρυθμιστή στροφών, ακατάστατη ρύθμιση, τότε πρέπει να προβούμε στις οδηγίες του κατασκευαστή.

4. Αν η ταχύτητα περιστροφής του Υ/Π έχει μειωθεί τότε πρέπει να προβούμε στον καθαρισμό του και στην επιθεώρηση των πτερυγίων του.

- Εάν είναι σκουριασμένα τα σταθερά πτερύγια ή σκουριασμένα τα πτερύγια στροβίλου και έχουμε μείωση στροφών τότε θα πρέπει να γίνει επιθεώρηση στα πτερύγια και επισκευή ή καθαρισμός από αρμόδιο τεχνίτη

5. Σε περίπτωση που αντιμετωπίζουμε πρόβλημα με την πίεση συμπίεσης κατά την διάρκεια ταξιδιού πρέπει να προβούμε στους εξής ελέγχους και επισκευές

- Εάν υπάρχει πρόβλημα με τα ελατήρια του εμβόλου τότε σταματάμε την μηχανή, επιθεωρούμε τα ελατήρια μέσω της σάρωσης και εάν χρειασθεί βγάζουμε το έμβολο και αντικαθιστούμε το φθαρμένο ελατήριο.
- Σε περίπτωση που η κεφαλή του εμβόλου είναι καμένη ελέγχουμε την κεφαλή του εμβόλου με ειδικό εργαλείο.
- Εάν το χιτώνιο κυλίνδρου είναι φθαρμένο τότε ελέγχουμε το χιτώνιο με ένα εργαλείο μέτρησης.
- Εάν η βαλβίδα εξαγωγής διαρρέει, η θερμοκρασία εξαγωγής αυξάνεται, ακούγεται ένα ήχος (σφύριγμα), είναι αχρόνιστη τότε ελέγχουμε την προπορεία του κνώδακα, τις διαρροές του υδραυλικού λαδιού π.χ. την κακή ευθυγράμμιση της σωλήνας υψηλής πίεσης μεταξύ του ενεργοποιητή της βαλβίδας εξαγωγής και του υδραυλικού κυλίνδρου και την διάταξη του αποσβεστήρα για το κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής.



- Εάν ο στυπιοθλίπτης του βάρκρου εμβόλου διαρρέει και αέρας προέρχεται από το στόμιο ελέγχου του στυπιοθλίπτη τότε μικρές διαρροές μπορεί να προκληθούν λόγω της διάβρωσης των ορειχάλκινων τμημάτων του στυπιοθλίπτη αλλά αυτό θεωρείται συνήθως ένα διακοσμητικό φαινόμενο.

6. Σε περίπτωση που έχουμε αύξηση της πτώσης πίεσης ανάμεσα στην εισαγωγή και στην εξαγωγή του ψυγείου του αέρα αυτό σημαίνει πως είναι βουλωμένο το ψυγείο του αέρα και πρέπει να καθαριστεί. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να αποσυναρμολογηθεί και να καθαριστεί με ειδικά χημικά καθώς υπάρχει πρόβλημα λόγω χρήσης θαλασσινού νερού.

Αυτές είναι μερικές από τις πιο αναμενόμενες εύκολες βλάβες που μπορεί να συμβούν στην ΚΜ και μπορούν εύκολα μέσα σε λίγες ώρες να αντιμετωπισθούν. Σε περίπτωση που αντιμετωπίζουμε κάποιο πρόβλημα που δεν χαρακτηρίζεται από τις εύκολες βλάβες τότε θα πρέπει να κατευθυνθούμε στο πρώτο βολικό λιμάνι για την επισκευή. Οι βλάβες αυτές δεν χαρακτηρίζονται αναμενόμενες αλλά μη αναμενόμενες ξαφνικές βλάβες.

Για τον λόγο αυτό το πλοίο είναι εφοδιασμένο με έναν μεγάλο αριθμό ανταλλακτικών κάθε είδους για κάθε μηχανήμα και εξάρτημα που μπορεί να χρειασθεί. Η λίστα των ανταλλακτικών φαίνεται παρακάτω.



## ΒΑΣΙΚΑ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΤΟ ΠΛΟΙΟ

Item	Part description	Remarks	Minimum ROB
<b>1.0</b>	<b>MAIN ENGINE SPARES</b>		
1.1	Cylinder cover, complete	Without exhaust valve housing	1
1.2	Cylinder liner		1
1.3	Cooling jacket for cylinder cover	Jacket ring fitted between cyl liner and cyl cover	1
1.4	Cooling jacket for cylinder liner		0
1.5	Piston assembly, complete	Incl piston crown, piston skirt & piston rod	1
1.6	Piston crown	In addition to complete piston assembly	1
1.7	Piston skirt	In addition to complete piston assembly	1
1.8	Piston rod	In addition to complete piston assembly	
1.9	Exhaust valve housing, complete	Complete, fitted with exhaust valve & seat	3
1.10	Exhaust valve spindle	In addition to those fitted in the exh.valve housing	
1.11	Exhaust valve seat	In addition to those fitted in the exh.valve housing	
1.12	Piston ring, set	"set" for one cylinder	4
1.13	Stuffing box assembly	for one cylinder (for the spare piston assembly)	1
1.14	Stuffing box rings & seals	"set" for one cylinder	3
1.15	Cylinder liner seals, set	"set" for one cylinder	3
1.16	Telescopic pipe for piston cooling	"set" for one cylinder - For Sulzer engines only.	1
1.17	Roller guide for FO pump.	Complete ready to be fitted.	1
1.18	Roller guide for exh. valve actuator	Complete ready to be fitted.	
1.19	Main bearing, set	"set" upper & lower	1
1.20	Crankpin bearing, set	"set" upper & lower	1
1.21	Crosshead bearing, set	"set" upper & lower	1
1.22	Thrust pads / segments		4
1.23	Alpha lubricator pump	Complete block ready to be fitted.	
1.24	Fuel oil injection valve, complete	"set" for one engine	1 set
1.25	Spindle guide / Nozzle body with needle	B&W / Sulzer - In addition to 1.24	6
1.26	Nozzle / Atomizer / Nozzle assembly	B&W / Sulzer / Mitsubishi - In addition to 1.24	12
1.27	FO injection pump, complete		1
1.28	Plunger & barrel for FO pump	"set" for one cylinder	2
1.29	Suction valve for FO pump	For B&W engines only.	4
1.30	Puncture valve for FO pump	For B&W engines only.	4
1.31	Delivery valve for FO pump	For Sulzer engines only.	4
1.32	Suction valve for FO pump	For Sulzer engines only.	4
1.33	Spill valve for FO pump	For Sulzer engines only.	4
1.34	El. motor for lubricators' shaft driving	For Sulzer engines only.	1
1.35	Aircooler		
1.36	Governor		
1.37	Start. air distributor - Piston, liner, seals	"set for one unit"	2
1.38	"Candle" type Fuel oil filters	For "back washing" fuel oil filters	1 set
<b>2.0</b>	<b>M/E TURBOCHARGER SPARES</b>		
2.1	Rotorshaft complete	Complete with blower wheel and partition wall	
2.2	Gas inlet casing		



2.3	Gas outlet casing		
<b>2.1.0</b>	<b>a) For ABB VTR type</b>		
2.1.1	Bearing, blower side		1
2.1.2	Bearing, turbine side		1
2.1.3	Oil pump, blower side		1
2.1.4	Oil pump, turbine side		1
2.1.5	Sealing bushes, set	For turbine & blower sides, per set	1
<b>2.2.0</b>	<b>b) For ABB TPL type</b>		
2.2.1	O-ring Kit	Part no: 97071	1 set
2.2.2	Service Kit 1	Part no: 97070	1 set
2.2.3	Bearing check Kit	Part no: 97075	1 set
2.2.4	Radial spare parts	Part no: 97081	1 set
2.2.5	Axial spare parts	Part no: 97084	1 set
<b>2.3.0</b>	<b>c) For MAN type</b>		
2.3.1	Locating bearing	Part no: 517-075	1
2.3.2	Plain bearing	Part no: 517-055	1
2.3.3	Thrust ring	Part no: 520-028	1
2.3.4	Locating ring	Part no: 520-035	1
2.3.5	Sealing cover, compressor side	Part no: 517-086	1
2.3.6	Sealing cover, turbine side	Part no: 517-064	1
<b>2.4.0</b>	<b>d) For Mitsubishi type</b>		
2.4.1	Journal bearings	Part no: 70 - 2 pcs required	2
2.4.2	Thrust bearing, turbine side	Part no:71	1
2.4.3	Thrust bearing, blower side	Part no:73	1
2.4.4	Thrust collar	Part no:63	1
2.4.5	Oil labyrinth, blower side	Part no:37	1
2.4.6	Oil labyrinth, turbine side	Part no:35	1
<b>2.5.0</b>	<b>e) For Napier type</b>		
2.5.1	Nozzle back plate	Part no: 207	1
2.5.2	Journal bearing	Part no: 301	2
2.5.3	Major thrust plate	Part no: 302	1
2.5.4	Minor thrust plate	Part no: 305	1
2.5.5	Shaft & wheel assembly	Part no: 401	1
2.5.6	Impeller assembly	Part no: 406	1
2.5.7	Nozzle (2-27)	Part no: 210S	1
<b>3.0</b>	<b>DIESEL GENERATOR SPARES</b>		
3.1	Cylinder cover, complete		1
3.2	Cylinder liner		1
3.3	Piston	Incl. piston pin.	1
3.4	Connecting rod	Incl. piston pin bush.	1
3.5	Connecting rod bolts (upper)	"set" for <b>one cylinder (Daihatsu only)</b>	2
3.6	Crankpin bolts / Connecting rod bolts (lower)	"set" for <b>one cylinder (Daihatsu / Yanmar or B&amp;W or Wartsila)</b>	2
3.7	Piston rings, set	"set" for <b>one cylinder</b>	6
3.8	Cylinder liner seals, set	"set" for <b>one cylinder</b>	6
3.9	Exhaust valve spindle		6
3.10	Exhaust valve seat		6
3.11	Intake valve spindle		6
3.12	Intake valve seats		6
3.13	FO injection valve, complete set	"set" for <b>one engine</b>	1



3.14	Fuel oil nozzle	In addition to 3.11	6
3.15	FO injection pump, complete		1
3.16	Plunger & barrel for FO pump	"set" for <b>one cylinder</b>	6
3.17	Delivery valve for FO pump	"set" for <b>one cylinder</b>	6
3.18	Main bearings	"set" for <b>one cylinder</b>	7
3.19	Crankpin bearings	"set" for <b>one cylinder</b>	6
3.20	Thrust bearing		1
3.21	Thrust pads (rings)	"set" for frwd & aft sides.	1
3.22	Aircooler		
3.23	Governor	<b>only for vessels fitted with 2 D/Gs</b>	1
3.24	F.O. leakage sensor		1
3.25	"Candle" type Fuel oil filters	For "back washing" fuel oil filters	1 set
3.26	Diodes for alternators' excitation	"set" for one alternator	1
<b>4.0</b>	<b>DGE TURBOCHARGER SPARES</b>		
4,1	Rotorshaft, complete with blower wheel	<b>only for vessels fitted with 2 D/Gs</b>	1
4,2	Gas inlet casing	<b>only for vessels fitted with 2 D/Gs</b>	1
4,3	Gas outlet casing		
<b>4.1.0</b>	<b>a) For ABB VTR type</b>		
4.1.1	Bearings T/S - B/S, set	For turbine & blower sides, per set	1
4.1.2	Sealing bushes, set		1
<b>4.2.0</b>	<b>b) For ABB TPS type</b>		
4.2.1	Service Kit 1		3 sets
4.2.2	Service Kit 2 / overhauling		3 sets
4.2.3	Service Kit 3		1 set
<b>4.3.0</b>	<b>c) For IHI made RH type</b>		
4.3.1	Service Kit 1		3 sets
4.3.2	Service Kit 2		1 set
<b>4.4.0</b>	<b>d) For Wartsila KBB HPR 4000 type</b>		
4.4.1	Maintenance Kit (12,000 h)		1 set
4.4.2	Maintenance Kit (24,000 h)		1 set
4.4.3	T/C manifold sealing Kit		1 set
<b>4.5.0</b>	<b>e) For MET 18SPC</b>		
4.5.1	Labyrinths and packings, set		1
4.5.2	Thrust collar	Part no: 63	1
4.5.3	Sleeve	Part no: 64	1
4.5.4	Journal bearing	Part no: 70	2
4.5.5	Thrust bearing (turbine side)	Part no: 71	1
4.5.6	Thrust bearing (blower side)	Part no: 73	1
<b>4.6.0</b>	<b>f) For MAN NR20</b>		
4.6.1	Bearing bush	Part no: 517002	2
4.6.2	Bearing sleeve	Part no: 517008	1
4.6.3	Labyrinths and seals, set		1
4.6.4	Distance sleeve	Part no: 517003	1
<b>5.0</b>	<b>AUX BOILER</b>		
5.1	Air supply electric fan motor		1
5.2	Burner body complete		1
5.3	Nozzle for burner	In addition to 5.2	1
5.4	Photo cell		1



5.5	Photo relay		1
5.6	Ignition electrode		2
5.7	Ignition transformer		1
5.8	Fuel oil burning pump		1
5.9	Fuel oil circulating pump with el. motor		1
5.10	Water level glass		2
5.11	Programmer		1
5.12	Thermostat for F.O. use		2
<b>7.0</b>	<b>INCINERATOR</b>		
7.1	Temp. sensors		1set
7.2	Temp controllers		1set
7.3	Flame relay		1
7.4	Flame eye		1
7.5	Burner solenoid		1
7.6	F.O. burner pump with el. motor		1
7.7	Electrodes		1set
7.8	Ignition transformer		1
7.9	F.O. nozzles		2

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Από όλα τα παραπάνω αντιλαμβανόμαστε ότι η μηχανή ενός πλοίου δεν έχει καμία σχέση με τις άλλες κοινές μηχανές όπως αυτοκινήτου, τρένου ή αλλού βαρέος τύπου βενζινοκίνητου ή πετρελαιοκίνητου μέσου.

Είναι ένα σύμπλεγμα εξαρτημάτων το οποίο για να λειτουργήσει χρειάζεται καλή συντήρηση και σχολαστικό έλεγχο από την πρώτη μέχρι και την τελευταία βίδα. Εξάλλου η σωστή συντήρηση προλαμβάνει έξοδα, κακή καύση και μερικές φορές ανθρωπίνες ζωές.

Μία μηχανή μεγάλου εμπορικού πλοίου αποτελείται από πάρα πολλά κομμάτια με αποτέλεσμα να καθιστά φοβερά δύσκολο την ακριβή και λεπτομερή συντήρηση και γνώση στο τι συμβαίνει κάθε στιγμή στο μηχανοστάσιο. Αυτό ευτυχώς η τεχνολογία έχει προοδεύσει αρκετά με αποτέλεσμα να μπορούμε να ελέγχουμε κάθε σημείο του πλοίου από την βάρδια.

Η συντήρηση των μηχανών πλοίων είναι δύσκολη και σκληρή. Συνοδεύεται από πολλές ευθύνες και απαιτεί χειρονακτικές εργασίες, ορθοστασία και συχνά νυχτερινές βάρδιες. Η εργασία που εκτελείται κυρίως σε συνεργασία με άλλους εργαζομένους στο πλοίο, το οποίο μπορεί να αποτελείται από εργαζόμενους πολλών εθνικοτήτων και συνήθειες ή έθιμα. Το γεγονός αυτό μπορεί να δημιουργεί προβλήματα στην καθημερινή διαβίωση, η οποία δεν πρέπει όμως να επηρεάζει την συντήρηση και καλή λειτουργία του πλοίου, καθώς η συνεργασία και η ομαδική δουλειά είναι απαραίτητη στον περιορισμένο χώρο. Παλαιότερα οι συνθήκες εργασίας ήταν ιδιαίτερα δύσκολες και ανθυγιεινές με μεγάλη πιθανότητα ατυχημάτων στους χώρους των μηχανοστασίων εξαιτίας της λειτουργίας των μηχανών, των καύσιμων υλών και των χημικών.

Στα σύγχρονα πλοία οι συνθήκες διαβίωσης είναι εξαιρετικά πολύ πιο καλές.

Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι για την καλή λειτουργία και συντήρηση ο υπεύθυνος μηχανικός περνάει μεγάλο μέρος του χρόνου του στο μηχανοστάσιο όπου ο θόρυβος είναι ενοχλητικός και οι θερμοκρασίες υψηλές.

Στα σύγχρονα πλοία ο χώρος του μηχανοστασίου είναι πλήρως αυτοματοποιημένος και ο έλεγχος της καλής λειτουργίας γίνεται με το πάτημα πλήκτρων από τον ειδικό θάλαμο ελέγχου.

Πρέπει όμως να σταθούμε στην ασφάλεια εργασίας η οποία πρέπει αυστηρά να τηρείται σε όλους τους χώρους του πλοίου καθώς και όλοι οι κανόνες.

Γι' αυτό και όλο το πλήρωμα είναι υποχρεωμένο εκπαίδευση σωστικών μέσων και εκπαίδευση για στολή ασφαλείας η οποία περιλαμβάνει τα κατάλληλα υποδήματα, την κατάλληλη φόρμα, το σωστό κράνος, γάντια, γυαλιά και ωτοασπίδες.

Σημαντικό μέρος της ασφάλειας είναι και η συντήρηση των σωστικών μέσων του πλοίου όπως η συντήρηση των σωστικών λέμβων ανά τακτά χρονικά διαστήματα όπως συνιστάται από τον Διεθνή Οργανισμό Ναυσιπλοΐας (IMO) και από τον Διεθνή Οργανισμό Ασφαλείας (ISM).

Δεν πρέπει να ξεχνάμε την απαραίτητη συντήρηση και τον τακτικό έλεγχο των πυροσβεστικών μέσων του πλοίου. Ας θυμηθούμε ότι τα περισσότερα ατυχήματα



έχουν προέλθει από το μηχανοστάσιο και τον γύρω χώρο του πλοίου. Προτεραιότητα είναι η ανθρώπινη ζωή. Ευτυχώς όμως, μετά από απώλεια αρκετών ζωών, η Διεθνής Ναυτιλιακή Ένωση έχει πάρει αποφάσεις και αναρτήσει κανόνες για την έγκαιρη και σωστή ασφάλεια των πληρωμάτων. Παράβαση αυτών των κανόνων προϋποθέτει κυρώσεις για το ίδιο το πλοίο και τους ιδιοκτήτες του. Έτσι με τον φόβο να καθηλωθεί το πλοίο τους και «να χάσουν μερικές χιλιάδες δολάρια» αναγκάζονται να τηρούν και συμμορφώνονται σύμφωνα με τους ισχύοντες νόμους.

Σύμφωνα με δημοσιεύματα κατά καιρούς και έρευνες τα περισσότερα ναυτικά ατυχήματα έχουν συμβεί από ανθρώπινο λάθος. Καταλαβαίνουμε ότι κανείς δεν είναι αλάνθαστος, αλλά όταν πρόκειται για ανθρώπινες ζωές το θέμα καθίσταται πολύ λεπτό. Πρέπει ο υπεύθυνος του πλοίου ο οποίος κρατά τόσες ζωές στα χέρια του να είναι πολύ προσεχτικός, επιφυλακτικός και παράλληλα αυστηρός με το πλήρωμα για να τηρεί τους κανόνες ασφαλείας.

Φυσικά δεν είναι εύκολο για την τήρηση όλων αυτών διότι οι συνθήκες εργασίας είναι αντίξοες, τα μεγάλα ταξίδια δημιουργούν προστριβές αλλά και οι διαφορές μεταξύ εθνικοτήτων έχει ως αποτέλεσμα βίαιες συμπεριφορές.

Μην ξεχνάμε ότι η Ελληνική Ναυτιλία από τα αρχαία χρόνια ήταν πρωτοπόρα στο είδος της και συνεχίζει μέχρι σήμερα. Δεν είναι τυχαίο ότι είμαστε πρώτη ναυτιλιακή δύναμη στον κόσμο με αρκετές εκατοντάδες πλοία στο στόλο μας.

Τα τελευταία χρόνια βλέπουμε ευτυχώς όλο και περισσότεροι πλοιοκτήτες να αναρτήσουν την Ελληνική σημαία στα πλοία, που οργώνουν τους ωκεανούς ανά τον κόσμο.

Πρέπει να είμαστε υπερήφανοι για την χώρα μας η οποία έχει αναδείξει σπουδαίους ναυτικούς. Αρκετές Ελληνικές τοποθεσίες έχουν ολόκληρες ναυτικές οικογένειες που κρατούν τα ήθη και τα έθιμα σύμφωνα με τις ναυτικές παραδόσεις του τόπου τους.

. - .



**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΦΟΡΤΗΓΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΣΤΑ ΚΥΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΥ ΩΚΕΑΝΟΥ**



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Για τη δημιουργία της παραπάνω πτυχιακής άσκησης χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω ιστοσελίδες και βιβλία

### ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/6S60MC.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/6S60MC.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/bedplate.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/bedplate.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/frames.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/frames.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/entablature.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/entablature.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/tie\\_bolts.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/tie_bolts.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/curved\\_crankshaft.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/curved_crankshaft.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/con\\_rod.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/con_rod.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/crosshead.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/crosshead.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/stuffing\\_box.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/stuffing_box.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/liner.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/liner.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/piston.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/piston.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/camshaft.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/camshaft.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/exhaust\\_valve.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/exhaust_valve.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/fuel\\_pump.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/fuel_pump.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/injector.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/injector.htm)
- [http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/turbo\\_charger.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/turbo_charger.htm)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel\\_engine](http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_engine)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Four-stroke\\_engine](http://en.wikipedia.org/wiki/Four-stroke_engine)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Two-stroke\\_engine](http://en.wikipedia.org/wiki/Two-stroke_engine)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Otto\\_cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Otto_cycle)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Marine\\_diesel\\_engine#Reciprocating\\_diesel\\_engines](http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_diesel_engine#Reciprocating_diesel_engines)

### ΒΙΒΛΙΑ

- Βιβλίο Συντήρησης K.M. για φορτηγό πλοίο της MAN B&W
- Βιβλίο Λειτουργίας K.M για φορτηγό πλοίο της MAN B&W
- Εγχειρίδιο λειτουργίας Διυλιστή εταιρίας ALFA LAVAL για το φορτηγό πλοίο
- Εγχειρίδιο λειτουργίας Αποτεφρωτήρα εταιρίας MIURA για φορτηγό πλοίο
- Εγχειρίδιο λειτουργίας καζανιού εταιρίας AALBORG για φορτηγό πλοίο
- Εγχειρίδιο λειτουργίας ηλεκτρομηχανών και γεννήτριας εταιρίας DAIHATSU για φορτηγό πλοίο
- Διαγράμματα λειτουργίας και σωληνώσεως για φορτηγό πλοίο
- Βιβλίο για Βραδύστροφους δίχρονους πετρελαιοκινητήρες του Ευγενιδείου ιδρύματος με τίτλο «Μηχανές εσωτερικής Καύσης για ναυτικές εφαρμογές»
- Βιβλία ναυπηγείου φορτηγού πλοίου