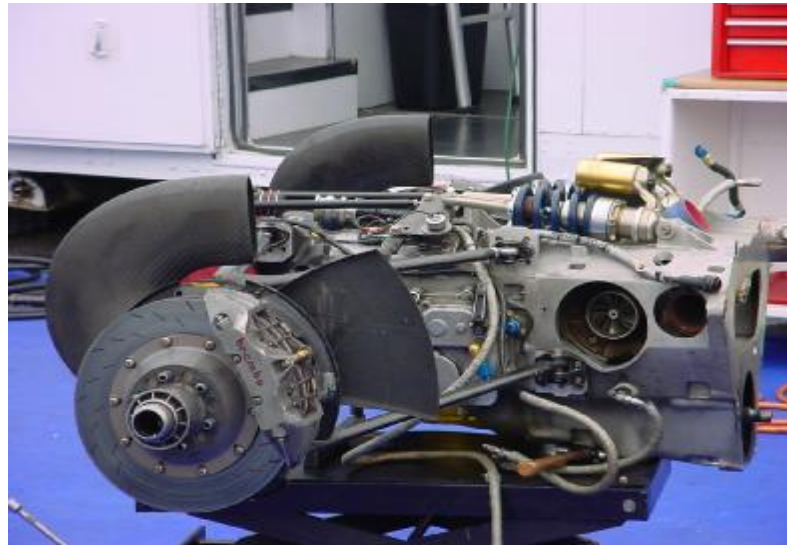


**ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΘΕΜΑ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΥΠΕΡΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΜΕ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ**



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ Δρ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΑΝΔΡΕΑΣ ΜΠΑΚΡΟΖΗΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΑΡΑΝΙΚΟΛΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2005
ΠΑΤΡΑ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

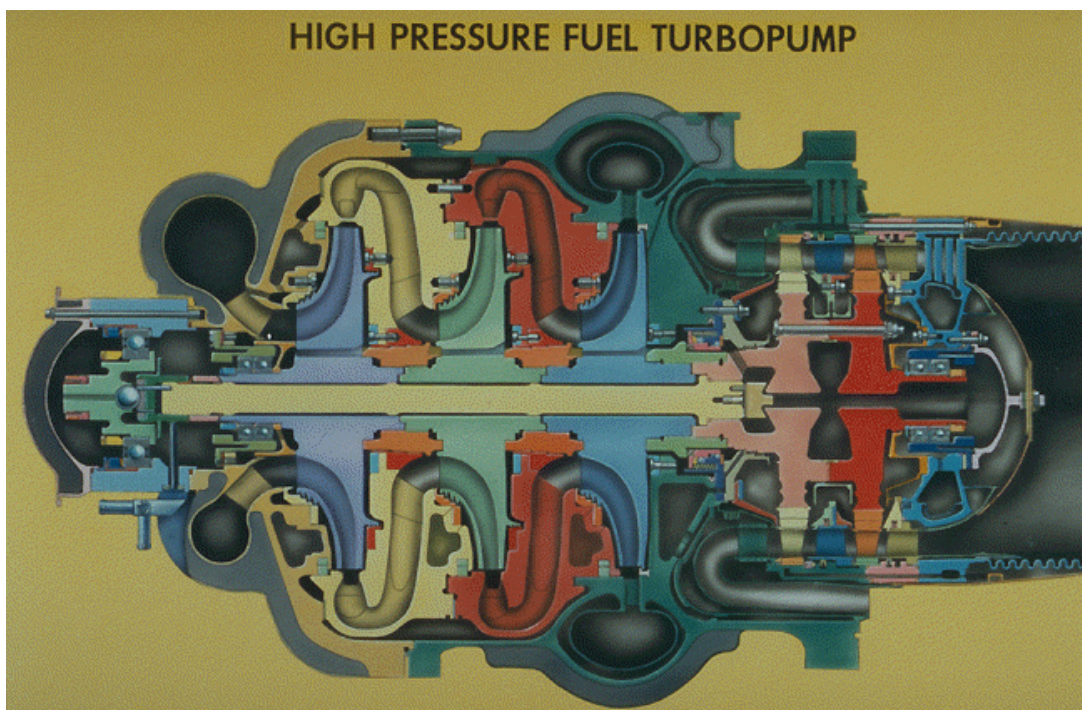
1.0	ΙΣΤΟΡΙΑ, ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ.....	5
1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.2	Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ.....	7
1.3	Ο ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ	8
1.4	ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΛΥΣΕΙΣ.....	10
2.0	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΕΡΑ.....	14
2.1	ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΕΡΑ	14
2.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΕΡΑ	16
2.3	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΠΛΗΡΩΣΕΩΣ.....	18
2.3.1	ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	18
2.3.2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΛΜΩΝ.....	22
2.3.3	ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΠΑΛΜΩΝ.....	29
2.4	ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ ΔΥΟ ΒΑΘΜΙΔΩΝ.....	31
3.0	ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ.....	32
3.1	ΑΞΟΝΙΚΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ.....	33
3.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ	37
3.3	ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ.....	44
3.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΡΙΚΗΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΚΑΙ ΠΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ	46
4.0	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ.....	47
4.1	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ.....	47
4.2	ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΔΡΑΝΩΝ	52
4.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	60
4.4	ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΒΛΑΒΩΝ.....	62
4.5	ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΗ.....	63
4.5.1	ΟΠΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ.....	64
4.5.2	ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΚΑΙ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΤΟΥΡΜΠΙΝΑΣ.....	65
4.5.3	ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΡΟΧΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΥ ΚΑΙ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	66
4.5.4	ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ.....	68
4.5.5	ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΤΡΙΒΕΩΝ.....	68
4.5.6	ΕΛΕΓΧΟΣ WASTEGATE ASSEMBLY.....	69
4.6	ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΗΣ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΟΥ.....	70
4.7	ΚΥΡΙΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΒΛΑΒΩΝ.....	71
4.7.1	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗ.....	72
4.7.2	ΞΕΝΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΛΑΔΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	72
4.7.3	ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΜΕ ΤΡΑΧΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΤΟ ΛΑΔΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	73
4.7.4	ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΗΜΙΚΑ.....	73

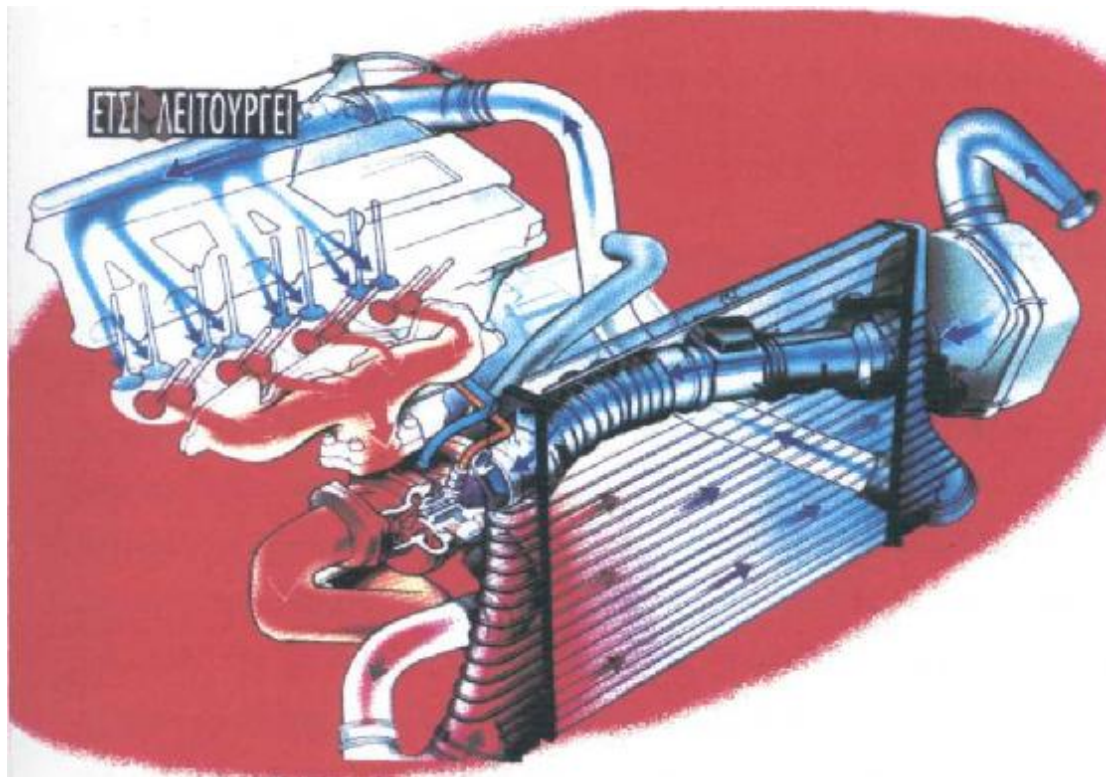
4.7.5	ΑΡΑΙΟ Η ΑΛΛΟΙΩΜΕΝΟ ΛΑΔΙ.....	73
4.7.6	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ.....	73
4.7.7	ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΞΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ.....	74
4.7.8	ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	75
4.7.9	ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΝΩ ΑΚΟΜΗ ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΕΙΝΑΙ ΥΨΗΛΕΣ.....	76
4.7.10	ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ.....	77
5.0	<u>ΨΥΞΗ ΑΕΡΟΣ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ</u>	78
5.1	ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΨΥΞΗΣ.....	78
6.0	<u>ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ</u>	85
6.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ.....	85
6.2	ΤΥΠΟΙ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	86
7.0	<u>ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΡΜΩΣΗ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ</u>	87
8.0	<u>ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ</u>	90
	<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	102

1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχής αύξηση της ζήτησης για μεγαλύτερες επιδόσεις πλοίων, αυτοκινήτων κλπ, οδήγησε στην αναζήτηση τρόπων για όλο και μεγαλύτερες αποδόσεις των μηχανών εσωτερικής καύσης και συνεπώς της αύξησης των ιπποδυνάμεων, των 2χρονων και 4χρονων μηχανών, αυτό επιτεύχθηκε σε ένα μεγάλο βαθμό με την υπερπλήρωση. Η υπερπλήρωση (Super-charging), είναι η πλήρωση του κυλίνδρου με μεγάλο όγκο αέρα ώστε να είναι δυνατή η καύση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου. Η υπερπλήρωση σήμερα, χρησιμοποιείται ευρύτατα στις περισσότερες από τις μηχανές στις οποίες χρειαζόμαστε υψηλές αποδόσεις γιατί το σημαντικότερο από τα πλεονεκτήματά της είναι ότι μπορούμε να αυξήσουμε την ιπποδύναμη μίας μηχανής σε πολύ υψηλότερα επίπεδα και με πολύ χαμηλότερο κόστος απ' ότι εάν η αύξηση της απόδοσης γινόταν με κάποιο άλλο τρόπο.





Ο όρος τούρμπο ή στροβιλοσυμπιεστής ακούγεται συχνά στον κόσμο υψηλής τεχνολογίας. Εντούτοις, πολλοί άνθρωποι δεν είναι εξοικειωμένοι με αυτές τις συσκευές και αυτό είναι ατυχές, επειδή είναι μια από τις οικονομικώς πιο αποδοτικές μεθόδους παραγόμενης μέγιστης ιπποδύναμης ανά δολάριο. Το τούρμπο είναι μια σχετικά απλή συσκευή. Τα κινούμενα μέρη του αποτελούνται βασικά από δύο τροχούς που τοποθετούνται σε έναν κοινό άξονα το στροφέιο του στροβίλου και το στροφέιο του συμπιεστή. Ο άξονας τοποθετείται στα (oil-fed) ρουλεμάν μέσα σε ένα συμπαγές κεντρικό κέλυφος και τα στροφέια βρίσκονται στη κάθε άκρη του άξονα, καθένα στο κέλυφος του. Στη λειτουργία, τα αέρια εξάτμισης που αφήνουν τη μηχανή κατευθύνονται στη μονάδα του στροβίλου. Αυτό το κέλυφος κατευθύνει τα υψηλής ταχύτητας αέρια στο στροφέιο του στροβίλου, αναγκάζοντας το στροφέιο να περιστραφεί. Αφότου έχουν περάσει τα αέρια μέσω του στροφείου του στροβίλου, βγαίνουν από το κέλυφος και απαλλάσσονται μέσω του συστήματος εξάτμισης του οχήματος. Η περιστροφή του στροφείου του στροβίλου οδηγεί το στροφέιο του συμπιεστή (που είναι στο αντίθετο άκρο του άξονα). Όπως περιστρέφεται το στροφέιο του συμπιεστή, εισάγεται ο αέρας στο κέλυφος του συμπιεστή.

Εκεί συμπιέζεται και απαλλάσσεται στο σύστημα εισαγωγής της μηχανής, που παρέχει την πίεση ώθησης. Ένας στροβιλοσυμπιεστής δημιουργεί την ιπποδύναμη με τον καταναγκασμό περισσότερου αέρα σε μια μηχανή από εκείνη που η μηχανή θα μπορούσε κανονικά να λάβει κατά τη διάρκεια της περιόδου εισαγωγής του κύκλου της. Αυτό το κάνει συμπιέζοντας τον αέρα και ωθώντας τον έπειτα στην πολλαπλή και τις θυρίδες εισαγωγής. Αυτή η πρόσθετη πίεση είναι γνωστή ως πίεση ώθησης (boost-pressure). Η πίεση ώθησης εκφράζεται χαρακτηριστικά σε λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα ή χιλιοστόμετρα του υδραργύρου.

Το ποσό πίεσης ώθησης καθορίζεται συνήθως από ένα waste gate (σχάστρα). Αυτή η συσκευή είναι συχνά ένα αναπόσπαστο τμήμα του κελύφους του στροβίλου. Λειτουργεί με τη διάβαση των αερίων εξάτμισης γύρω από το στροφέιο του στροβίλου έτσι ώστε το ποσό των αερίων εξαγωγής που οδηγεί το στροβίλο είναι περιορισμένο. Κατ' αυτό τον τρόπο, με το άνοιγμα του wastegate σε προετοιμασμένο επίπεδο ώθησης, μπορούμε να ελέγξουμε την ταχύτητα του στροφείου του στροβίλου (που οδηγεί το συμπιεστή).

1.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ

Η έννοια της υπερπλήρωσης, προμηθεύοντας πεπιεσμένο αέρα σε μία μηχανή, τοποθετείται χρονικά στις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Από τις αρχές της δεκαετίας του '20, η ανάμιξη πολλών μεγάλων κατασκευαστών στους αγώνες ταχύτητας αποτέλεσε το έναυσμα για την αρχή μιας εξελικτικής πορείας των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Η αναζήτηση τρόπων αύξησης της ισχύος και της ροπής, χωρίς την παράλληλη αύξηση της χωρητικότητας των κινητήρων που θα σήμαινε και την αύξηση του βάρους αποτέλεσε την αφορμή για την εξέλιξη των υπερσυμπιεστών. Η ιδέα ήταν απλή: Ένας μηχανισμός στην εισαγωγή του κινητήρα που θα συμπιέζε και θα προωθούσε μεγαλύτερη ποσότητα ατμοσφαιρικού αέρα στους θαλάμους καύσης, εύκολα θα αύξανε την απόδοση του, αφού θα βελτίωνε την αναπνοή του (θα επέτρεπε δηλαδή την καύση περισσότερου μείγματος), και δεν θα είχε ιδιαίτερη επίπτωση στο βάρος του αυτοκινήτου.

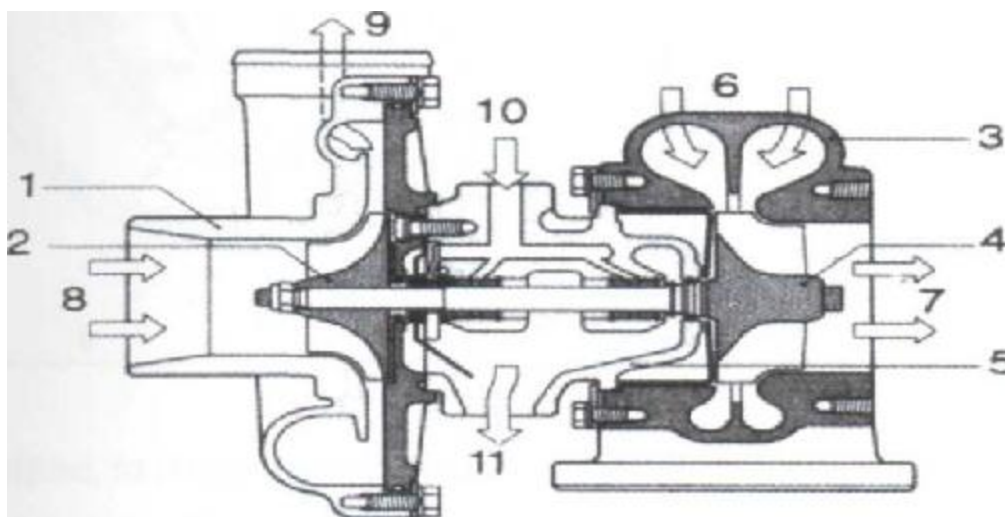
Συμπιέζοντας τον αέρα στην εισαγωγή της μηχανής, το ποσοστό του όγκου της παροχής του αέρα αυξάνεται και εκεί μπορεί να υπάρξει μία ανταπάντηση αύξησης του ποσοστού του όγκου της παροχής του καυσίμου. Αυτό οδηγεί σε μία αύξηση της δύναμης που αναπτύσσεται στην έξοδο. Η αναζήτηση τρόπων για μεγαλύτερη απόδοση, των κινητήρων εσωτερικής καύσης, είχε σαν αποτέλεσμα την εξέλιξη των υπερσυμπιεστών, οι οποίοι με τη συμπίεση του αέρα εισαγωγής αυξάνουν την ισχύ και τη ροπή. Αρχικά σχεδιάστηκαν μηχανικοί υπερσυμπιεστές σε διάφορες μορφές, με κύριο χαρακτηριστικό τη μηχανική μετάδοση της κίνησης μέσω γραναζιών από το στροφαλοφόρο άξονα. Αργότερα παρουσιάστηκαν οι στροβιλοσυμπιεστές, οι οποίοι χρησιμοποιούν ως κινητήρια δύναμη τα καυσαέρια της εξάτμισης, ενώ στις αρχές της δεκαετίας το '80 έγιναν πολλοί πειραματισμοί με τους συμπιεστές κυμάτων πίεσης. Πιο διαδεδομένοι στις μέρες μας είναι βέβαια οι στροβιλοσυμπιεστές ή turbo όπως συνηθίζεται να αποκαλούνται.

1.3 Ο ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ

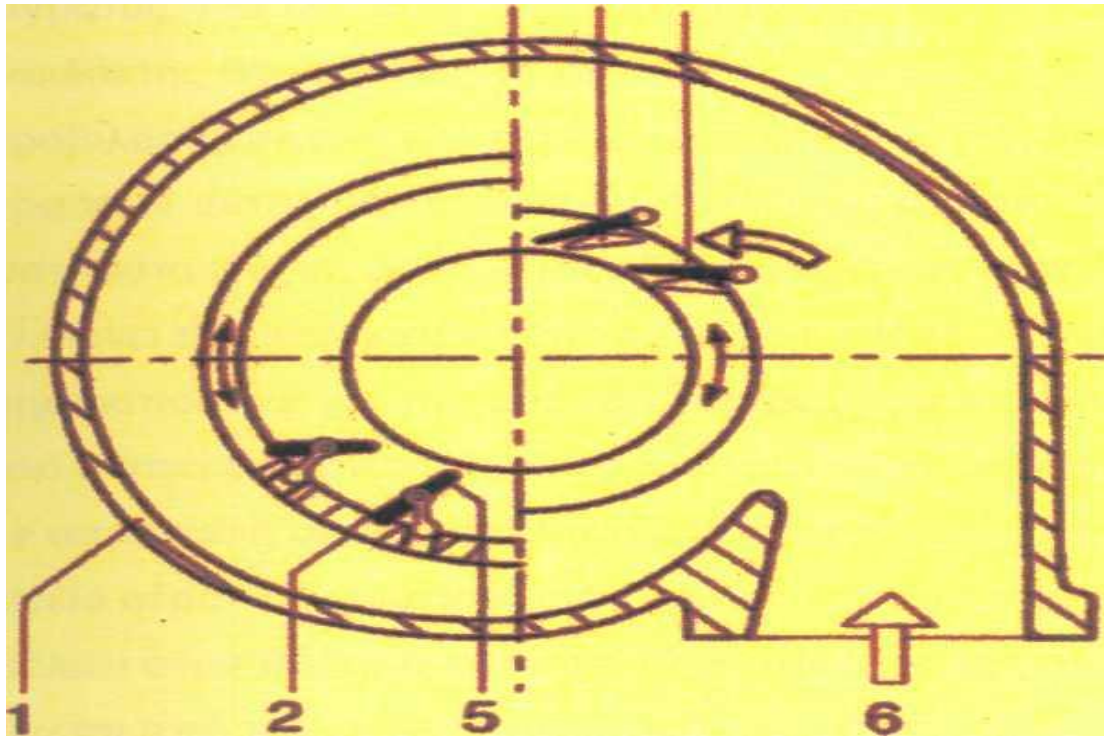
Όπως φαίνεται και από την ονομασία, ο στρόβιλοςυμπιεστής αποτελείται από δύο συσκευές, ένα στρόβιλο και ένα συμπιεστή, οι οποίοι συνδέονται με έναν κοινό άξονα (βλέπε σκίτσο) και είναι τοποθετημένοι έτσι ώστε ο στρόβιλος να παρεμβάλλεται στο σύστημα εξαγωγής του κινητήρα, ενώ ο συμπιεστής στο σύστημα εισαγωγής.

- 1 .Κέλυφος συμπιεστή
- 2 .Συμπιεστής
- 3 .Κέλυφος στρόβιλου
- 4.Στρόβιλος
- 5.Κέλυφος ρουλεμάν

6. Είσοδος καυσαερίων
7. Έξοδος καυσαερίων
- 8.Είσοδος αέρα εισαγωγής
- 9.Έξοδος συμπιεσμένου αέρα
- 10.Είσοδος λιπαντικού
- 11.Έξοδος λιπαντικού



Τα καυσαέρια στο δρόμο τους προς την εξάτμιση, συναντούν το στρόβιλο και τον θέτουν σε περιστροφική κίνηση. Μέσω του κοινού άξονα παρασύρεται σε περιστροφική κίνηση και ο συμπιεστής, ο οποίος αρχίζει να συμπιέζει τον αέρα εισαγωγής, αυξάνοντας την πυκνότητα του πριν αυτός φθάσει στους θαλάμους καύσης. Για την προστασία του κινητήρα από την υπερβολική συμπίεση του αέρα στις υψηλές στροφές λειτουργίας, τοποθετείται μία βαλβίδα διαφυγής (ή βαλβίδα ανακούφισης) μεταξύ της πολλαπλής εξαγωγής και του στρόβιλου, η οποία ενεργοποιείται από την πίεση του αέρα εισαγωγής. Μόλις η πίεση φθάσει το όριο ασφαλείας, τότε η βαλβίδα ανοίγει, επιτρέποντας στα καυσαέρια να παρακάμπτουν το στρόβιλο, περιορίζοντας έτσι τη συμπίεση.



Στρόβιλος μεταβλητής γεωμετρίας

- | | |
|--------------|-----------------|
| 1. Κέλυφος | 4. Πτερύγια |
| 2. Δακτυλίδι | 5. Πτερύγια |
| 3. Έκκεντρο | 6. Είσοδος αέρα |

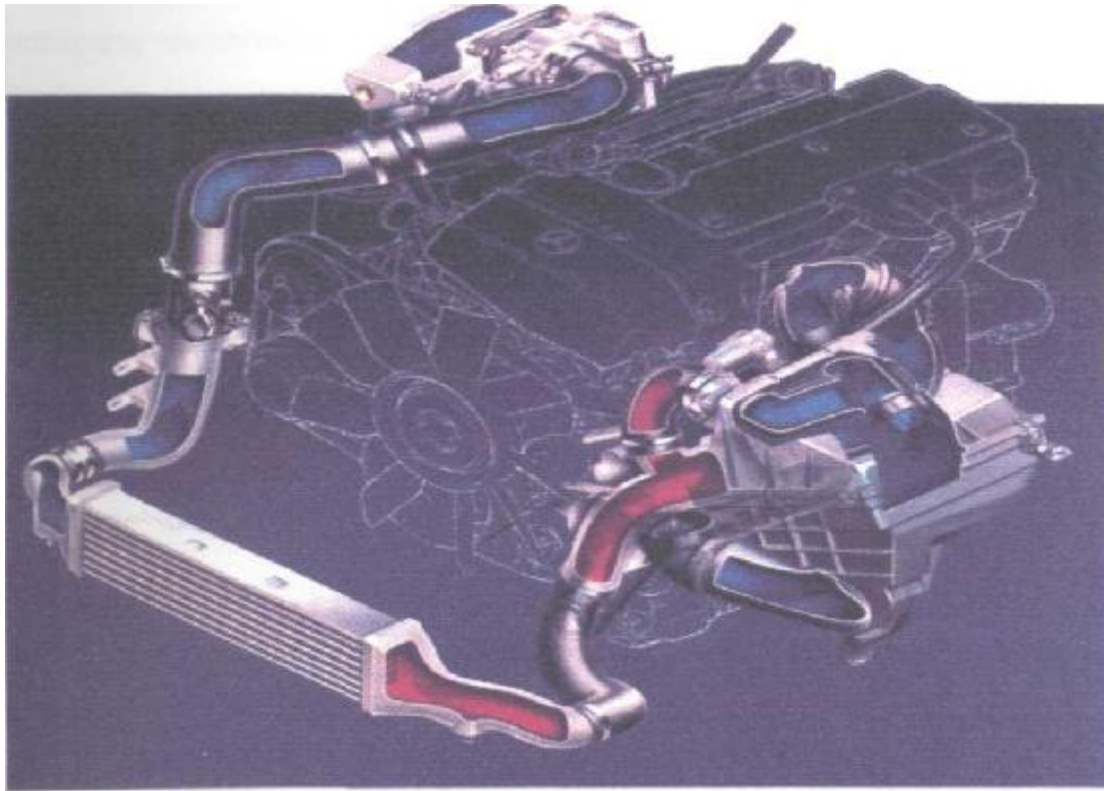
Βέβαια, τα σύγχρονα συστήματα τούρμπο επιτρέπουν τη στιγμιαία αύξηση της υπερπλήρωσης γύρω στα 1,2 bar (αγωνιστικά: πάνω από 2,5 bar) σε περίπτωση που πατηθεί τέρμα το πεντάλ του γκαζιού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός πρόσθετου μηχανισμού (over boost), ο οποίος καθυστερεί την λειτουργία της βαλβίδας ανακούφισης, προσφέροντας στον οδηγό τη δυνατότητα καλύτερης επιτάχυνσης.

1.4 ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΛΥΣΕΙΣ

Ένα από τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργία των υπερτροφοδοτούμενων κινητήρων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής, λόγω της συμπίεσης του, όπως επίσης και η αύξηση της θερμοκρασίας, μέσα στους κυλίνδρους από την καύση μεγαλύτερης ποσότητας μείγματος. Για τη λύση του προβλήματος αυτού, επιστρατεύεται ένας εναλλάκτης θερμότητας (intercooler), ο οποίος τοποθετείται μεταξύ του στροβιλοσυμπιεστή και της πολλαπλής εισαγωγής και ψύχει τον συμπιεσμένο αέρα πριν αυτός φθάσει στους θαλάμους καύσης. Οι υπερσυμπιεστές και τα συστήματα ψύξης αέρα είναι μέρη ενός συστήματος υψηλής τεχνολογίας που βελτιώνει την ικανότητα καύσης της μηχανής. Η ενδιάμεση ψύξη του αέρα χρησιμοποιείται για την αύξηση του βαθμού υπερπληρώσεως. Για να το πετύχει αυτό ο υπερσυμπιεστής, χρησιμοποιεί τα καυσαέρια της μηχανής για να κινήσει τον συμπιεστή, που θα συμπιέσει τον αέρα πριν αυτός εισέλθει στο ψυγείο. Το ψυγείο μειώνει την θερμοκρασία του αέρα πριν αυτός εισέλθει στον θάλαμο καύσης. Ο συμπιεσμένος αέρας από τον υπερσυμπιεστή ψύχεται από τον αέρα που περνά από τα πτερύγια ψύξης. Ο συμπιεσμένος και ψυγμένος αέρας γίνεται πυκνότερος, έχει μικρότερο ειδικό όγκο από τον θερμό αέρα, περνά στους θαλάμους καύσης και έτσι ο κύλινδρος πληρώνεται με μεγαλύτερο όγκο αέρα έτσι ώστε να βελτιώνεται η παραγόμενη ισχύς, η οικονομία καυσίμου και η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Εκτός απ' αυτά, ο ψυχόμενος αέρας βοηθάει την αποτελεσματικότερη ψύξη του εσωτερικού των κυλίνδρων και των βαλβίδων και τηρεί γενικά σε χαμηλά επίπεδα την αρχική και μέση θερμοκρασία του όλου κύκλου της λειτουργίας, αλλά και των τοιχωμάτων, έτσι ώστε να μην παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη θερμική κόπωση λόγω χρήσεως της υπερπλήρωσης.

Έχει προκύψει από σχετικές δοκιμές ότι η θερμική κόπωση σε μηχανές με βαθμό υπερπλήρωσης $\eta_3=1,5-1,6$ παραμένει λόγω της ενδιάμεσης ψύξης του αέρα στα ίδια όρια των μη υπερπληρούμενων μηχανών.

Για να εξασφαλιστεί η συνεχής και αποτελεσματική λειτουργία του ψυγείου αέρα πρέπει να γίνονται τακτικές επιθεωρήσεις και κατάλληλη συντήρηση των διαφόρων εξαρτημάτων του. Μια επιθεώρηση είναι απαραίτητη κάθε φορά που αλλάζονται τα λάδια. Το ψυγείο αέρα πρέπει να ελέγχεται για διαρροές στις συνδέσεις, για χαλαρές βίδες και περικόχλια και για βρωμίες ή εμπόδια στο εμπρόσθιο μέρος του ψυγείου.



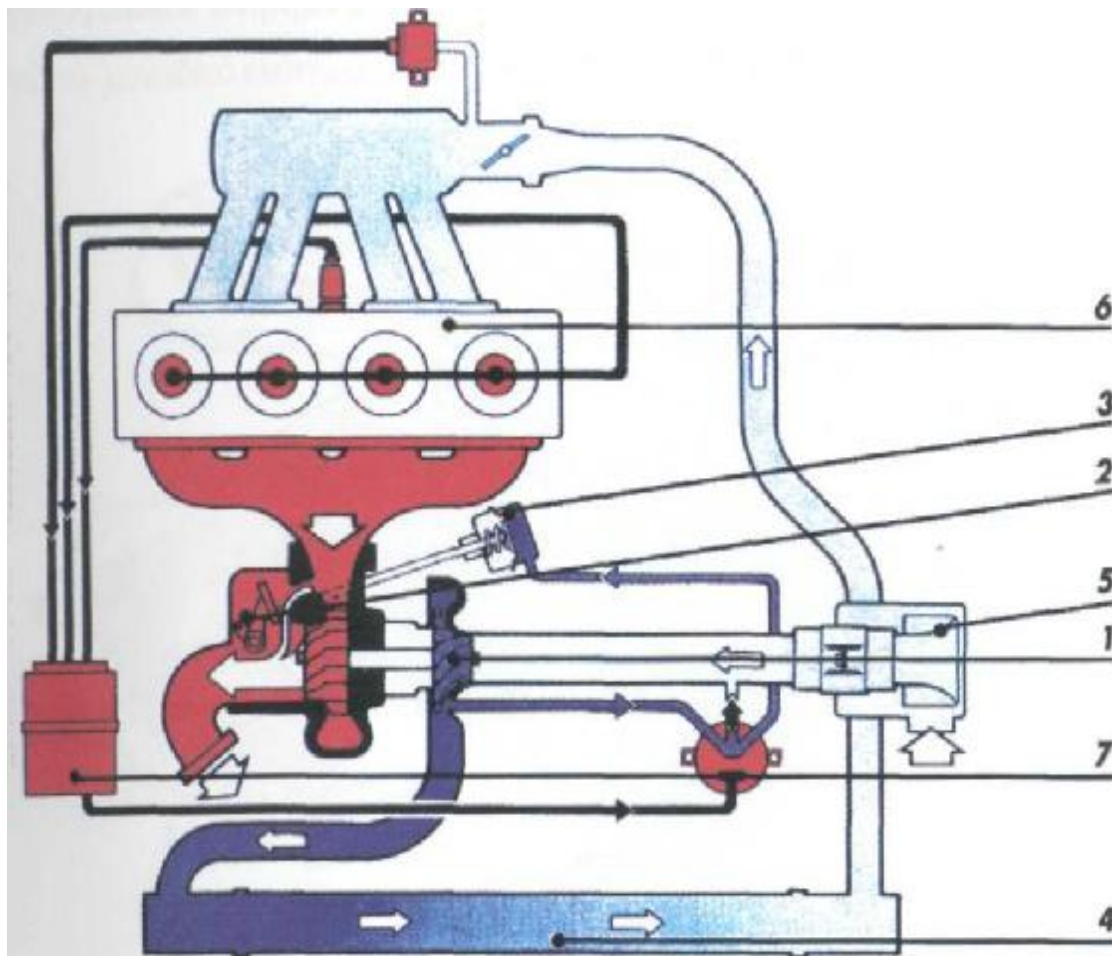
Ο εναλλάκτης θερμότητας (intercooler) φροντίζει για τη μείωση της θερμοκρασίας και την αύξηση της πυκνότητας του συμπιεσμένου αέρα, με αποτέλεσμα να μπορεί να καεί περισσότερο καύσιμο ανά μονάδα όγκου μείγματος.

Με τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, αυξάνεται βέβαια και η πυκνότητά του, με αποτέλεσμα να μπορεί να καεί περισσότερο καύσιμο ανά μονάδα όγκου μείγματος, προς όφελος της απόδοσης.

Για την προστασία του κινητήρα χρησιμοποιείται και ένας αισθητήρας προανάφλεξης για τη μεταβολή της προπορείας ανάφλεξης σε περίπτωση που η αυξημένη θερμοκρασία του μείγματος προκαλέσει αυτανάφλεξη του, ή ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα, το οποίο δίνει εντολή για το άνοιγμα της βαλβίδας ανακούφισης. Το αποτέλεσμα είναι το ίδιο, αφού με την πτώση της πίεσης του αέρα εισαγωγής σταματά η προανάφλεξη του μείγματος.

Ένα ακόμα βασικό πρόβλημα παρατηρείται στην καθυστέρηση απόκρισης του τούρμπο. Όταν δηλαδή ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του γκαζιού, το αυτοκίνητο δεν επιταχύνει αμέσως, αλλά καθυστερεί για ορισμένα δευτερόλεπτα, πράγμα που οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα καυσαέρια (που δεν έχουν και πολλή ενέργεια στις χαμηλές στροφές) πρέπει να υπερνικήσουν την αδράνεια του συστήματος στροβίλου, συμπιεστή και άξονα πριν το θέσουν σε κίνηση. Για την άμβλυνση του προβλήματος αφού η πλήρης εξάλειψή του δεν είναι δυνατή, οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν υλικά ελαφρών κραμάτων, με στόχο να περιορίσουν το βάρος των κινούμενων τμημάτων και κατά συνέπεια την αδράνεια τους. Ένας άλλος τρόπος για τη μείωση της αδράνειας είναι η χρησιμοποίηση δύο μικρών, παράλληλα τοποθετημένων στροβιλοσυμπιεστών (biturbo), οι οποίοι έχουν και την ίδια απόδοση με έναν μεγάλο αλλά τα κινούμενα τμήματά τους έχουν μικρότερη αδράνεια, λόγω μικρότερου μεγέθους.

Η απόκριση του τούρμπο μπορεί, όμως, να ελεγχθεί και με τη μεταβολή της γωνίας των περυσιών του στροβίλου. Ένα υδραυλικά κινούμενο δαχτυλίδι αναλαμβάνει την μετακίνηση των περυσιών στην κατάλληλη θέση ανάλογα με τον αριθμό των στροφών του κινητήρα, μεταβάλλοντας ουσιαστικά τη γεωμετρία του στροβίλου, έτσι ώστε να γίνεται η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της ενέργειας των καυσαερίων.

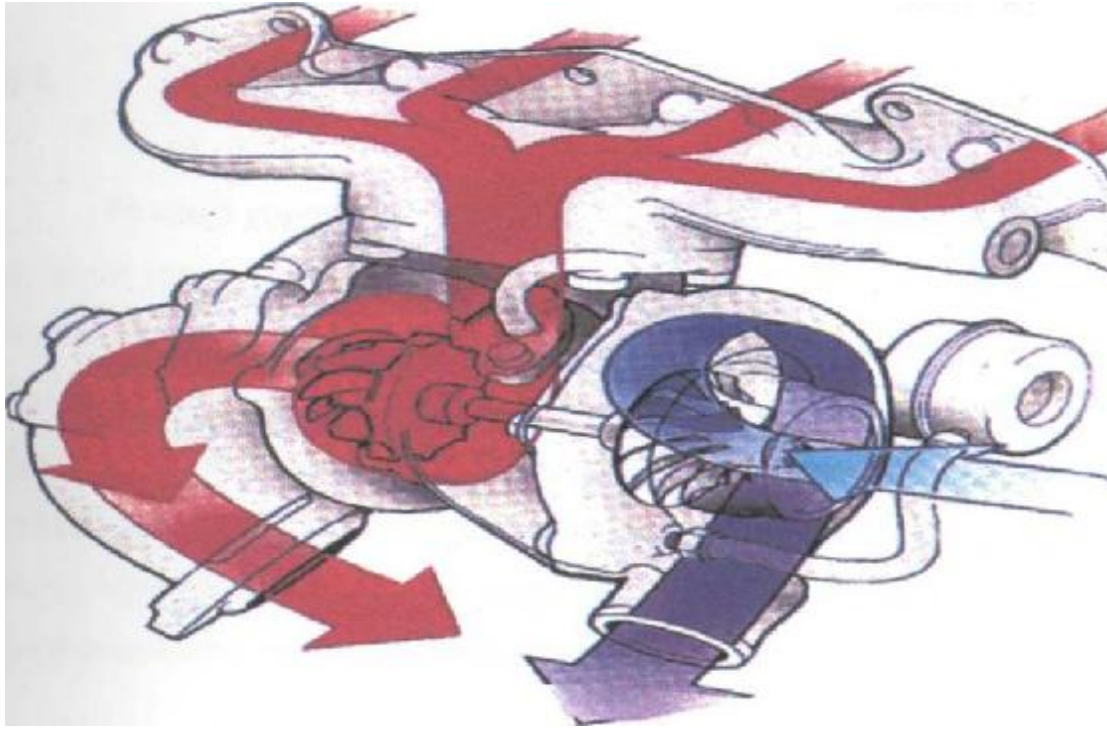


Υπερτροφοδοτούμενος Κινητήρας

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. Συμπιεστής | 5. Φιλτροκούτι |
| 2. Στρόβιλος | 6. Κινητήρας |
| 3. Βαλβίδα ανακούφισης | 7. Μικροϋπολογιστής |
| 4. Εναλλάκτης (intercooler) | |

Οι στροβιλοσυμπιεστές, ανεξάρτητα από τη μορφή τους, αποτελούν έναν από τους καλύτερους τρόπους αύξησης της ιπποδύναμης και της ροπής ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης. Από θερμοδυναμική άποψη, υπερτερούν των υπολοίπων συστημάτων, για τον απλό λόγο ότι δεν επιβαρύνουν τον κινητήρα για την κίνηση τους, όπως ο μηχανικός υπερσυμπιεστής και χρησιμοποιούν ένα μέρος της ενέργειας, που περιέχεται στα καυσαέρια και διαφορετικά θα πήγαινε χαμένο.

Τέλος η κατανάλωση ενός υπερτροφοδοτούμενου κινητήρα είναι μικρότερη από εκείνη ενός ατμοσφαιρικού κινητήρα μεγαλύτερης χωρητικότητας και αντίστοιχης ισχύος ενώ το μοναδικό ελάττωμα του είναι η καθυστέρηση στην απόκριση.



(Το τούρμπο αποτελείται από έναν στρόβιλο, ο οποίος παρεμβάλλεται στο σύστημα εξαγωγής του κινητήρα και κινεί έναν συμπιεστή, που συμπιέζει τον αέρα εισαγωγής.)

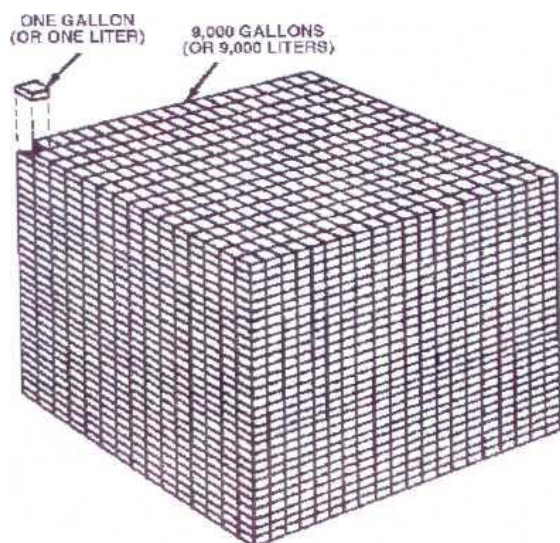
Αν και η υπερπλήρωση είναι στις μέρες μας συνυφασμένη με τους στροβιλοσυμπιεστές, υπάρχουν ακόμα ορισμένες εταιρίες, που επιμένουν στη χρήση των παραδοσιακών μηχανικών υπερσυμπιεστών.

Η υπερπλήρωση των κινητήρων εσωτερικής καύσης, άρχισε να εφαρμόζεται στα αυτοκίνητα στις αρχές της δεκαετίας του '20, με τους μηχανικούς υπερσυμπιεστές. Αυτού του είδους η τεχνολογία προοριζόταν τότε αποκλειστικά για τους αγώνες, αλλά όπως και με τις περισσότερες καινοτομίες, βρήκε σιγά σιγά το δρόμο της προς την ευρεία παραγωγή.

2.0 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΕΡΑ

2.1 Θεωρία και λειτουργία μηχανών και συστημάτων τροφοδοσίας αέρα.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης είναι μηχανές που καταναλώνουν αέρα. Αυτό συμβαίνει επειδή το καύσιμο για να καεί χρειάζεται αέρα με τον οποίο αναμιγνύεται και καίγεται. Από την στιγμή που η αναλογία αέρα / καυσίμου φτάσει σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο, η τροφοδοσία της μηχανής με περισσότερο καύσιμο, δεν παράγει επιπλέον ισχύ, αλλά μόνο μαύρο καπνό και άκαυστο καύσιμο το οποίο διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. Επομένως η τροφοδοσία της μηχανής με καύσιμο πέρα από τα όρια της σωστής αναλογίας αέρα / καυσίμου, έχει σαν μόνο αποτέλεσμα την υπερβολική κατανάλωση καυσίμου, την μόλυνση της ατμόσφαιρας, τις υψηλές θερμοκρασίες εξαγωγής στις μηχανές diesel, τις χαμηλές στους βενζινοκινητήρες και την μείωση του χρόνου ζωής της μηχανής. Η **εικόνα 2.1** δείχνει την τυπική αναλογία αέρα προς καύσιμο 9,000 προς 1 και την σημασία της δυνατότητας αύξησης του όγκου αέρα.



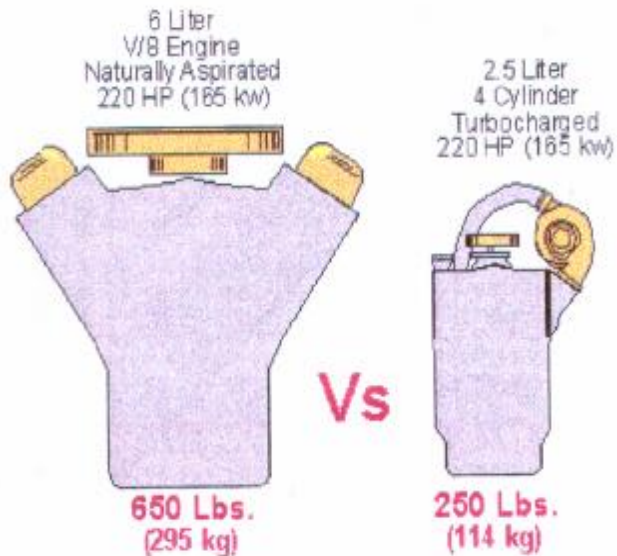
Εικ.2.1



Εικ.2.2

Ο υπερσυμπιεστής είναι μία αντλία αέρα σχεδιασμένη να λειτουργεί με την ενέργεια που χάνεται μέσα από τα καυσαέρια της μηχανής. Τα καυσαέρια κινούν τον τροχό της τουρμπίνας (hot side) ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα τροχό συμπιεστού (cold side) όπως φαίνεται στην **εικόνα 2.2**.

Όταν περιστρέφονται τροφοδοτούν με μεγάλο όγκο αέρα υπό πίεση τους θαλάμους καύσης της μηχανής. Έτσι αφού έχουμε περισσότερο αέρα υπό πίεση μπορούμε να τροφοδοτήσουμε την μηχανή και με περισσότερο καύσιμο και να πάρουμε αυξημένη ισχύ από μία μηχανή με δεδομένο μέγεθος.

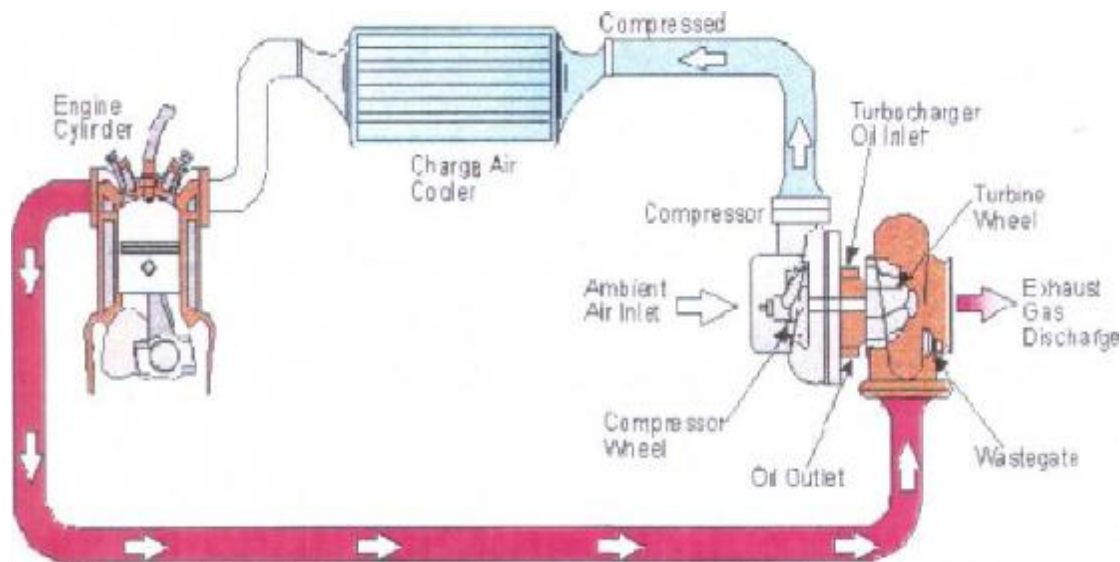


Εικ.2.3

Επειδή ο υπερσυμπιεστής παρέχει περισσότερο αέρα στην μηχανή, η καύση είναι καλύτερη, καθαρότερη και λαμβάνει χώρα μέσα στους κυλίνδρους όπου και είναι αποτελεσματική. Η υψηλή πίεση (υψηλότερη τής ατμοσφαιρικής) που διατηρείται στις σωληνώσεις εισαγωγής ωφελεί την μηχανή με πολλούς τρόπους. Κατά την διάρκεια του χρόνου αλληλοκάλυψης των βαλβίδων (valve overlap), καθαρός αέρας περνά μέσα από τον θάλαμο καύσης καθαρίζοντας τον από τα παραμένοντα αέρια και ψύχοντας κυλινδροκεφαλές, έμβολα και βαλβίδες. Οι υπερσυμπιεστές μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθούν για να αντισταθμίσουν τις διαφορές υψομέτρου. Μία μηχανή και ένας υπερσυμπιεστής μπορούν να συνδυαστούν και να ελεγχθούν με τέτοιο τρόπο που να διατηρούν την ατμοσφαιρική πίεση του επιπέδου θαλάσσης στις σωληνώσεις εισαγωγής, ενώ μία μηχανή χωρίς υπερσυμπιεστή χάνει ισχύ όσο απομακρύνεται από το επίπεδο τής θάλασσας.

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΑΕΡΑ

Ένα σύστημα τροφοδοσίας αέρα αποτελείται από ένα ή περισσότερα μηχανικά μέρη, πού έχουν σκοπό να αυξήσουν την ισχύ των βενζινοκινητήρων και πετρελαιοκινητήρων. Το βασικό σύστημα της **εικόνας 2.4** αποτελείται από ένα συμπιεστή αέρα πού κινείται από τα καυσαέρια της μηχανής (υπερσυμπιεστή) και από ένα σύστημα ψύξης αέρα (εναλλάκτη θερμότητας). Ο υπερσυμπιεστής αυξάνει την πίεση και την πυκνότητα του αέρα πού παρέχεται στην μηχανή, μεγιστοποιώντας έτσι την παραγόμενη ισχύ εξόδου.



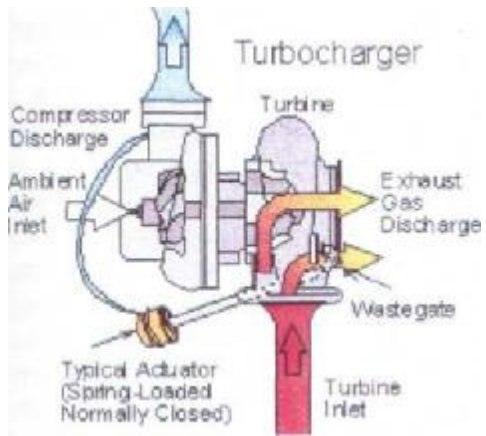
Εικ.2.4

Το ψυγείο αέρα είναι τοποθετημένο μετά τον συμπιεστή αέρα και σκοπός του είναι να αφαιρεί την θερμοκρασία πού δημιουργείται από την πίεση και την τριβή. Τα ψυγεία αέρα αυξάνουν την πυκνότητα του αέρα στον θάλαμο καύσης και ελαττώνουν την θερμοκρασία του.

Μερικές μηχανές είναι εφοδιασμένες με ένα βοηθητικό ανεμιστήρα πού ονομάζεται tip turbine fan για να τραβούν αέρα προς τον εναλλάκτη θερμότητας. Οι tip turbine fan κινούνται με μία μικρή ποσότητα αέρα πού προέρχεται από τις σωληνώσεις του υπερσυμπιεστού.

Οι υπερσυμπιεστές και τα ψυγεία αέρα είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο που να ανταποκρίνονται με ακρίβεια στις απαιτήσεις του κατασκευαστού της μηχανής. Οι απαιτήσεις αυτές περιλαμβάνουν συχνά την ανάγκη ενός ιδιαίτερα ακριβούς ελέγχου της παροχής του υπερσυμπιεστού. Μια βαλβίδα παράκαμψης (wastegate / regulator) μας δίνει αυτή την δυνατότητα ελέγχου.

Αυτή η συσκευή είναι ρυθμισμένη με ακρίβεια και ανοίγει για να οδηγήσει ένα μέρος από τα καυσαέρια προς τον τροχό της τουρμπίνας. Αυτό ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής, η οποία με την σειρά της ελέγχει την πίεση του αέρα. Η βαλβίδα επιτρέπει στο σύστημα να δώσει μια μέγιστη πίεση αέρα όταν απαιτείται μέγιστη ισχύς από την μηχανή, ενώ παράλληλα δεν επιτρέπει την δημιουργία υπερβολικών και ανεξέλεγκτων πιέσεων.



Εικ.2.5

Ο συνδυασμός του υπερσυμπιεστή, του ψυγείου αέρα, του tip turbine fan και των μηχανισμών ελέγχου δημιουργεί το σύστημα παροχής αέρα, η λειτουργία του οποίου είναι αυτόματη και σε απόλυτο συγχρονισμό με την λειτουργία της μηχανής.

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

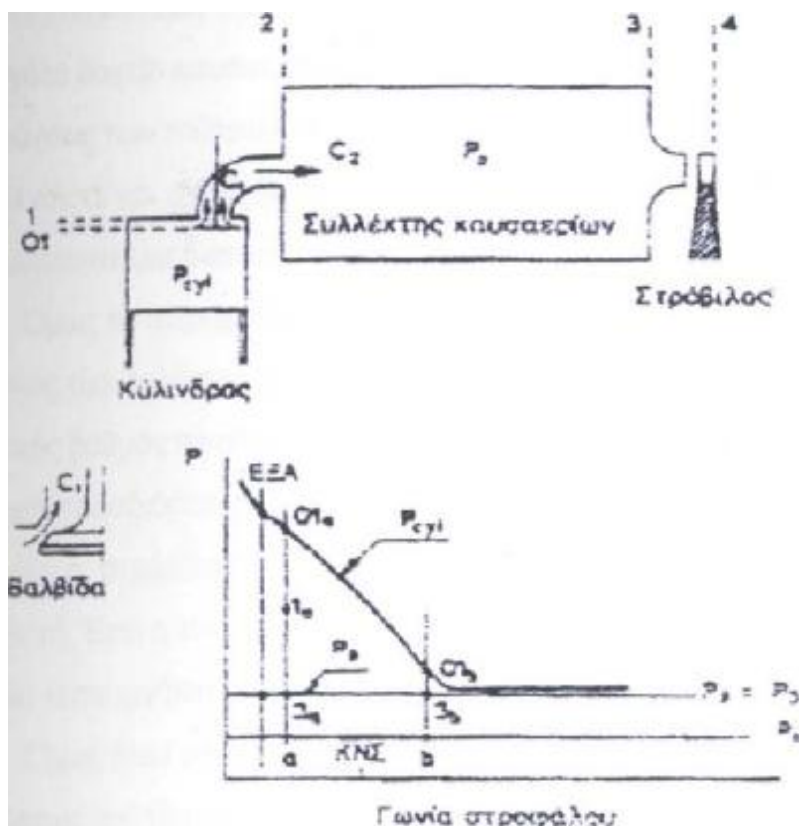
Υπάρχουν δύο γενικές κατηγορίες συστημάτων στροβιλοπληρώσεως με ταξινόμηση σύμφωνα με τη διάταξη παροχής των καυσαερίων από τον κινητήρα στον στρόβιλο:

- α) Σύστημα σταθερής πίεσεως,
- β) Σύστημα παλμών.

2.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ

Στα συστήματα σταθερής πίεσεως οι εξαγωγές όλων των κυλίνδρων ενός πολυκύλινδρου κινητήρα, οδηγούνται σε ένα μεγάλο συλλέκτη καυσαερίων από τον οποίο τροφοδοτείται ο στρόβιλος (βλέπε Σχ.2.1).

Η ροή σ' ένα εμβολοφόρο κινητήρα είναι από τη φύση της μηχανής ασυνεχής. Η κεντρική ιδέα του συστήματος σταθερής πίεσεως είναι να μειώνονται οι χρονικές διακυμάνσεις πίεσεως και παροχής που προκύπτουν των διαφόρων κυλίνδρων.



Σχήμα.2.1 Σύστημα σταθερής πίεσεως

Κατά το άνοιγμα της βαλβίδας ή θυρίδας εξαγωγής, η πίεση μέσα στον κύλινδρο είναι συνήθως υψηλότερη (8:1) της πίεσεως στον αυλό εξαγωγής με αποτέλεσμα σε μικρά ανοίγματα της βαλβίδας να δημιουργούνται ηχητικές συνθήκες. Έτσι παρατηρείται απότομη εκτόνωση μέσω κρουστικών κυμάτων (παλμών) με ραγδαία τυρβώδη ανάμειξη, χωρίς

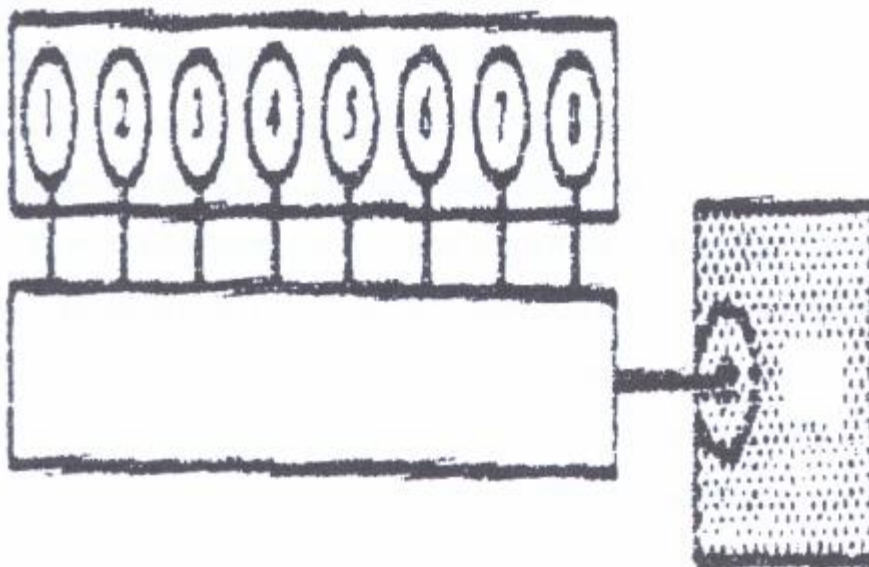
σημαντική ανάκτηση της πίεσης. Οι κύλινδροι εκτονώνουν σε διαφορετικές στιγμές, ανάλογα με το χρονισμό του κινητήρα.

Οι στρόβιλοι μπορεί να δεχθούν ασυνεχή και ασταθή ροή αλλά σχεδιάζονται σαν μηχανές σταθερής κυρίως ροής και έτσι έχουν μέγιστο βαθμό απόδοσης με συνθήκες ομαλής παροχής.

Ο BUCHI διαπίστωσε αυτή τη θεμελιώδη δυσκολία στο συνδυασμό παλινδρομικών και περιστροφικών μηχανών και στα πρώτα πειράματα στροβιλοπληρώσεως προσπάθησε να λύσει το πρόβλημα χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο δοχείο καυσαερίων μετά τον κινητήρα, όπου οι χρονικές διακυμάνσεις των πιέσεων στις εξαγωγές των διαφόρων κυλίνδρων αποσβένονται και ο στρόβιλος του δοχείου δέχεται σταθερή πίεση δηλ. χρησιμοποίησε μια διάταξη συστήματος σταθερής πίεσεως.

Όμως τα πειράματα αυτά ήταν ανεπιτυχή, διότι παρά το γεγονός ότι ο στρόβιλος είχε καλύτερο βαθμό αποδόσεως λόγω σταθερής παροχής, ο συνολικός βαθμός αποδόσεως των στροβίλων της εποχής εκείνης, καθώς και η συνολική προσδιδόμενη ενέργεια από τα καυσαέρια, δεν ήταν αρκετά ώστε να αναπτύξει ο στρόβιλος την ισχύ που χρειαζόταν ο συζευγμένος στον ίδιο άξονα συμπιεστή. Έτσι η πίεση εισαγωγής αέρα δεν μπορούσε να αυξηθεί αρκετά, ώστε να λειτουργήσει σωστά ο κινητήρας με υπερπλήρωση. Όμως όταν αργότερα λόγω βελτιωμένης σχεδίασης οι βαθμοί αποδόσεως αυξήθηκαν, το σύστημα σταθερής πίεσεως χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία.

Το σύστημα αυτό απαιτεί ένα δοχείο καυσαερίων σχετικά μεγάλου όγκου το οποίο συνήθως τοποθετείται παράλληλα με το διαμήκη άξονα του κινητήρα και συνδέεται με τους διάφορους κυλίνδρους με κοντούς αυλούς εξαγωγής (Σχ.2.2).



Σχήμα.2.2

Χρειάζεται μόνο ένας στρόβιλος υπερπληρωτής με μόνη είσοδο καυσαερίων στον στρόβιλο, τοποθετημένος σε μια από τις δύο άκρες του δοχείου ή και στο κέντρο του. Σε μερικές περιπτώσεις εφαρμογών μεγάλων κινητήρων χρησιμοποιούνται δυο μικρότεροι στροβιλοπληρωτές, ώστε εάν ο ένας πάθει βλάβη τουλάχιστον να διατηρηθεί κάποια υπερπλήρωση από τον άλλο για λειτουργία ανάγκης του κινητήρα. Σε κινητήρες τύπου V το δοχείο εξαγωγής συνήθως είναι μεταξύ των κυλίνδρων.

Το μέγεθος του δοχείου πρέπει να είναι αρκετό ώστε να αποσβένονται οι παλμοί πίεσεως λόγω εκτονώσεως (blow down) μέχρι ένα αρκετά χαμηλό επίπεδο ώστε να μην επηρεάζεται η απόπλυση άλλων κυλίνδρων. Έτσι το μέγεθος δοχείου θα εξαρτάται από τον αριθμό και το χρονισμό των κυλίνδρων και πρακτικά είναι 2 έως 6 φορές μεγαλύτερο από το συνολικό όγκο εμβολισμού του κινητήρα. Φαίνεται λοιπόν σαφώς ότι ο συνολικός βαθμός απόδοσης του υπερπληρωτή παίζει σημαίνοντα ρόλο στο σύστημα σταθερής πίεσεως

κυρίως σε 4-X μηχανές, διότι καθορίζει τη σχέση μεταξύ πίεσης υπερπλήρωσης και πίεσης δοχείου εξαγωγής.

Η πίεση δοχείου εξαγωγής εξαρτάται από την ενεργό διατομή παροχής του στρόβιλου κυρίως σε 4-X μηχανές που έχουν σταθερό όγκο εκτοπίσεως και ο στρόβιλος γίνεται αντιληπτός από τη μηχανή σαν στραγγαλιστική οπή στη ροή των καυσαερίων.

Έτσι η τοποθέτηση όλο και μικρότερου στρόβιλου σε 4-X μηχανές θα έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη πίεση δοχείου εξαγωγής και μεγαλύτερη ενέργεια προς διάθεση στον στρόβιλο και άρα μεγάλη πίεση υπερπλήρωσης. Βέβαια υπάρχουν όρια, λόγω μείωσης του βαθμού αποδόσεως του στρόβιλου σε μεγάλους λόγους εκτονώσεως αριθμού στροφών στρόβιλου και θερμοκρασίας αέρα πληρώσεως, που περιορίζουν τέτοιες μεθόδους.

Τα όρια του βαθμού υπερπληρώσεως καθορίζονται κυρίως από τον κινητήρα και έχουν σχέση με τη μέγιστη πίεση και τα θερμικά φορτία που μπορεί να αναλάβει ο κινητήρας χωρίς πρόβλημα.

Η εξαγωγή κάθε κυλίνδρου αρχίζει όταν τελειώνει η εξαγωγή του προηγούμενου, για να αποφεύγεται ο συντονισμός και η σάρωση σε κάθε κύλινδρο αρχίζει όταν η πίεση πέσει πολύ κάτω του αέρα σάρωσης.

Ενώ οι 4-X κινητήρες είναι αυτό-πληρούμενοι και αυτό εκκενούμενοι και μπορούν να λειτουργήσουν με πίεση εξαγωγής μεγαλύτερη από πίεση εισαγωγής, οι 2χρονι κινητήρες χρειάζονται θετική πίεση από τη εισαγωγή στην εξαγωγή για να επιτευχθεί απόπλυση (σάρωση) των καυσαερίων και πλήρωση με φρέσκο αέρα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συστημάτων απόπλυσης και συχνά ταξινομούνται με βάση την διαδρομή των αερίων μέσα στον κύλινδρο σε απόπλυση εγκάρσια, ανάστροφη, και ευθεία. Σε όλα τα συστήματα υπάρχει ένα ποσοστό αναμίξεως καυσαερίων με αέρα κατά τη διαδικασία της αποπλύσεως, οπότε για ικανοποιητική απόπλυση χρειάζεται η παροχή περίσσειας αέρα, που μπορεί να είναι από 10% για σύστημα ευθείας απόπλυσης, έως και 40% για εγκάρσια απόπλυση.

Ο στροβιλοπληρωτής πρέπει λοιπόν όχι μόνο να έχει μεγάλο βαθμό απόδοσης για να διατηρεί την πίεση εισαγωγής μεγαλύτερη από την πίεση εξαγωγής ώστε να εξασφαλίζεται η απόπλυση, αλλά παράλληλα πρέπει να παρέχει και την απαιτούμενη περίσσεια αέρα. Οπότε για την συμπίεση του αέρα αυτού, πρέπει να αναλωθεί έργο του οποίου μόνο τμήμα του ανακτάται κατά την εκτόνωση στο στρόβιλο, λόγω των βαθμών απόδοσης συμπίεστη και στρόβιλου.

Συγχρόνως, λόγω της αναμίξεως του σχετικά ψυχρού αέρα πληρώσεως με τα καυσαέρια, η μέση θερμοκρασία στο δοχείο εξαγωγής και άρα η θερμοκρασία εισόδου στο στρόβιλο μειώνεται.

Οι παραπάνω λόγοι ήταν αυτοί που μαζί με το σχετικά μικρό β . α των αρχικών στροβιλοπληρωτών, καθυστέρησαν την στροβιλοπλήρωση 2χρονων κινητήρων και μάλιστα με το σύστημα σταθερής πίεσεως. Όταν πρωτοεμφανίστηκαν οι 2χρονι στροβιλοπληρωμένοι κινητήρες γύρω στα 1950, είχαν όλοι και κάποιο είδος βοηθητικής μηχανικής υπερπληρώσεως. Χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις ενεργειακού ισοζυγίου του στροβιλοπληρωτή για θερμοκρασία καυσαερίων περίπου 400° O, που αντιστοιχεί σε 2χρονους κινητήρες υψηλών επιδόσεων, διαπιστώνεται ότι χρειάζεται β .α στροβιλοπληρωτή μεγαλύτερος από 60% για να λειτουργήσει ικανοποιητικά ο κινητήρας.

Οι μεγάλοι υπερπληρωτές για ναυτικούς κινητήρες σήμερα υπερβαίνουν το 70% β .α στο σημείο σχεδιασμού που σημαίνει ότι ο β . α του συμπίεστη πλησιάζει το 85% και του στρόβιλου το 90%. Αν ληφθεί υπ' όψιν μείωση του β . α 5- 7% κατά τη λειτουργία λόγω επικαθήσεων στο στρόβιλο και το συμπίεστη, σημαίνει ότι σε πλήρες φορτίο ένας σύγχρονος μεγάλος 2χρονος κινητήρας θα λειτουργήσει με το σύστημα σταθερής πίεσεως χωρίς πρόβλημα. Όμως μικρότεροι κινητήρες, που έχουν αυξημένες απώλειες πίεσεως του αέρα πληρώσεως λόγω συμπίεστη μειώνει τη δυνατότητα εγκλωβισμού μεγαλύτερης μάζας.

Η θεώρηση του ενεργειακού ισοζυγίου ενός υπερπληρωτή με το σύστημα σταθερής πίεσεως επιτρέπει τη διατύπωση σχέσεως μεταξύ της πίεσεως υπερπλήρωσης (P_m) και της πίεσεως δοχείου εξαγωγής (P_p). Η απαιτούμενη ισχύς του συμπιεστή (W_c).

$$W_c = m_a C_{pa} T_a \left[\left(\frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{\gamma_a - 1}{\gamma_a}} - 1 \right] \frac{1}{\eta_c}$$

M_a = παροχή αέρα σε kg/s

C_{pa} = ειδική θερμότητα σε σταθερή πίεση, KJ/kg*K

T_a = θερμοκρασία αέρα πριν από τον συμπιεστή

P_m = πίεση υπερπλήρωσεως, bar

P_a = πίεση πριν από το συμπιεστή, bar

γ_a = (C_p / C_v) αέρα.

η_c = βαθμός απόδοσης συμπιεστή.

Η παραγόμενη ισχύς από το στρόβιλο W_t :

$$W_t = m_e C_{pe} T_p \left[1 - \left(\frac{P_a}{P_p} \right)^{\frac{\gamma_e - 1}{\gamma_e}} \right] \frac{1}{\eta_t}$$

M_e = $m_a + m_f$ η παροχή καυσαερίων σε kg/s.

M_f = παροχή καυσίμου, kg/s.

P_p = πίεση δοχείου εξαγωγής, bar.

C_{pe} = ειδική θερμότητα καυσαερίων, bar.

γ_e = (C_p / C_v) καυσαερίων.

η_t = βαθμός θερμοκρασίας στρόβιλου.

T_p = θερμοκρασία δοχείου εξαγωγής, K.

Επίσης :

Η σχέση μεταξύ πίεσεως υπερπλήρωσης (P_m) και πίεσεως δοχείου εξαγωγής (P_p) που καθορίζει την καλή απόπλυση του κινητήρα εξαρτάται κυρίως από το συνολικό βαθμό υπερπλήρωσεως του στρόβιλοπληρωτή ή τη θερμοκρασία πριν το στρόβιλο (T_p) και σε μικρότερο βαθμό από το λόγο αέρα / καυσίμου (ΛΑΚ). Ο ΛΑΚ οροθετείται σε μέγιστο φορτίο από την παρουσία καπνού στην εξαγωγή, δηλαδή ατελούς καύσεως, ενώ η T_p εξαρτάται από τον ΛΑΚ, την ανάμιξη αέρα στα καυσαέρια λόγω υπερβολικής σαρώσεως και τις απώλειες θερμότητας στους αυλούς και το δοχείο καυσαερίων. Επίσης μπορεί να επηρεαστεί από τον χρονισμό της βαλβίδας.

2.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΛΜΩΝ

Η ανάπτυξη του συστήματος παλμών γύρω στο 1930 έδωσε τη μεγάλη ώθηση στην χρήση στρόβιλο-υπερπλήρωσης γιατί εξισορρόπησε το χαμηλό β.α. των στροβιλομηχανών της εποχής.

Στο σύστημα παλμών γίνεται προσπάθεια να διατηρηθεί η υψηλή θερμοκρασία και πίεση που υπάρχουν στον κύλινδρο κατά τη στιγμή που ανοίγει η βαλβίδα ή θυρίδα εξαγωγής για την αύξηση της διαθέσιμης ενέργειας προς τον στρόβιλο, έστω και αν δημιουργηθούν ιδιαίτερα άστατες συνθήκες ροής διαμέσω του στρόβιλου. Στις πιο πολλές περιπτώσεις η αύξηση της διαθέσιμης ενέργειας θα εξισορροπήσει ή θα υπερκαλύψει τη μείωση του β.α. του στρόβιλου που προέρχεται λόγω της ασταθούς ροής.

Στο σύστημα παλμών στενοί αγωγοί συνδέουν τις βαλβίδες εξαγωγής της μηχανής με το στρόβιλο. Όταν η βαλβίδα εξαγωγής αρχίζει να ανοίγει υπάρχει διαφορά πίεσεως μεταξύ του κυλίνδρου και του αυλού εξαγωγής, που όμως λόγω του μικρού όγκου του αγωγού γρήγορα μειώνεται καθώς η ροή των καυσαερίων γεμίζει τον αγωγό. Η επίδραση του ρυθμού ανοίγματος της βαλβίδας εξαγωγής και της διατομής του αυλού εξαγωγής στην πίεση του κυλίνδρου φαίνεται στο **σχήμα 2.3**.

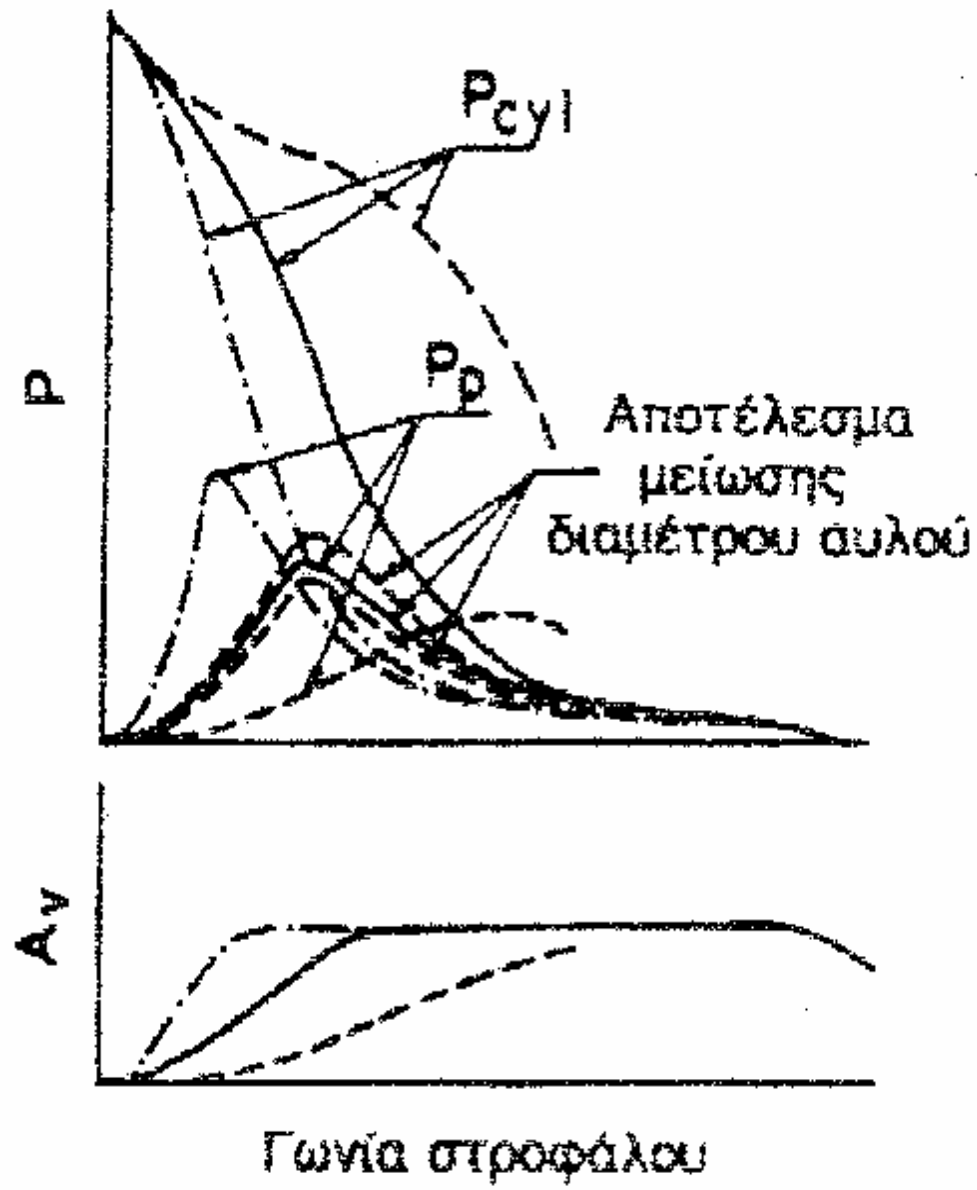
Έτσι οι συνολικές απώλειες στραγγαλισμού της ροής, απώλειες λόγω τριβών και λόγω τυρβώδους αναμίξεως, μειώνονται και ιδιαίτερα αν ο ρυθμός ανοίγματος της βαλβίδας είναι γρήγορος. Η διαφορά πίεσεως στις δύο πλευρές της βαλβίδας όταν αρχικά ανοίγει είναι τέτοια ώστε δημιουργούνται ηχητικές συνθήκες και δημιουργείται ένας παλμός εκτονώσεως (blowdown pulse) που ταξιδεύει μέσω του στενού αγωγού προς το στρόβιλο με ηχητική ταχύτητα. Λόγω του μήκους του αγωγού, οι συνθήκες στη βαλβίδα και στο στρόβιλο δεν είναι ταυτόχρονα οι ίδιες.

Καθώς ο παλμός υπό μορφή κρουστικού κύματος ταξιδεύει στο στενό αγωγό, μεταφέρει ένα μεγάλο ποσοστό ενέργειας στατικής πίεσεως και ένα μικρότερο ποσοστό κινητικής ενέργειας που μάλιστα μειώνεται λόγω τριβών, οπότε με υπερβολικά στενούς αγωγούς οι τριβές στα τοιχώματα θα είναι μεγάλες.

Έτσι, ενώ η μάζα του ρευστού μέσα στον αγωγό δεν κινείται στην αρχή γρήγορα, ο κρουστικός παλμός φτάνει στον στρόβιλο, ο οποίος στιγμιαία αντιλαμβάνεται μια μεγάλη διαφορά πίεσεως στα άκρα του, οπότε στιγμιαία ο λόγος εκτονώσεως, η παροχή και ισχύς που παράγει ο στρόβιλος αυξάνουν. Βέβαια λόγω της παλλόμενης ροής ο β.α. του στρόβιλου είναι μικρός αλλά η ενέργεια που προσδίδεται στον στρόβιλο είναι στιγμιαία αρκετά μεγάλη.

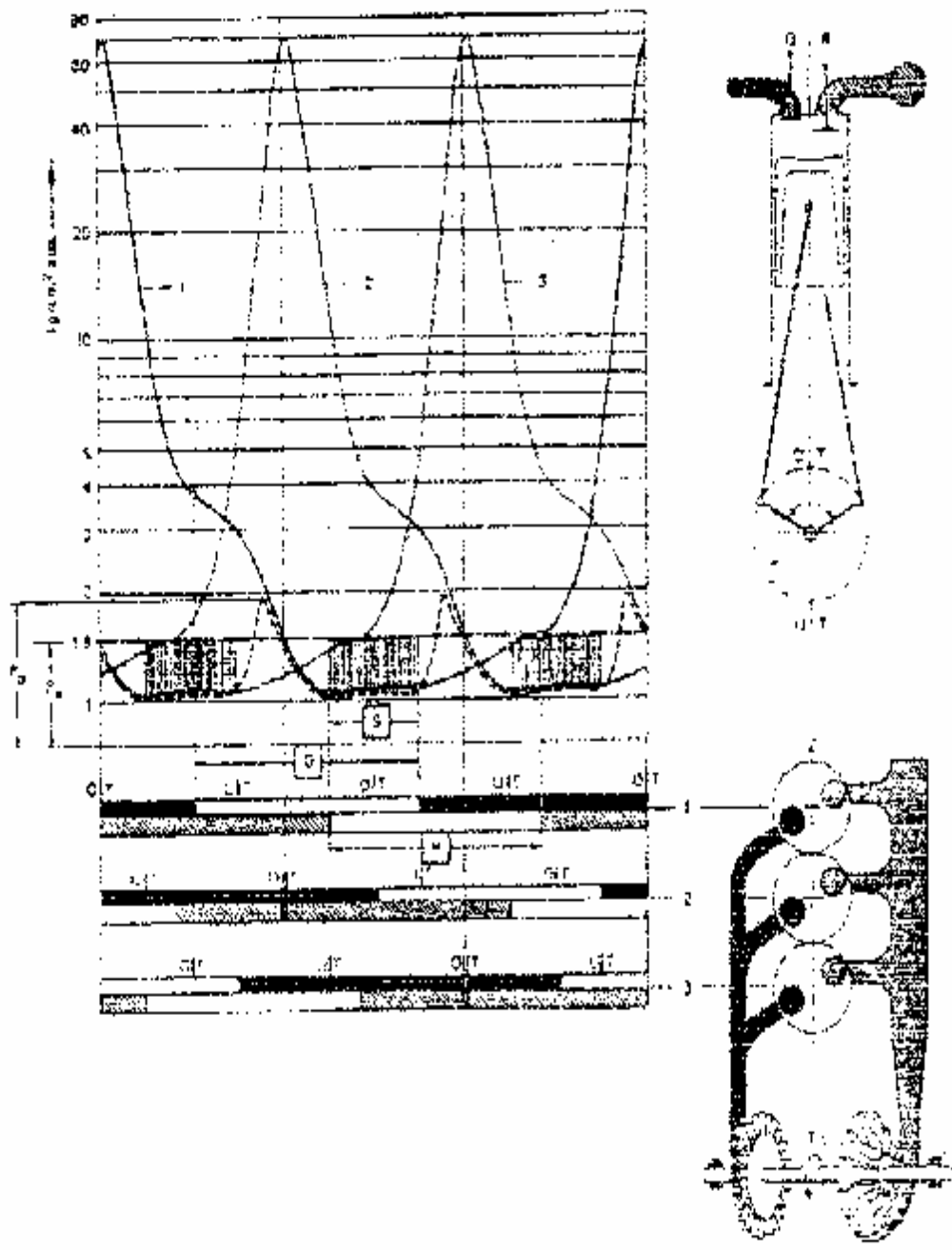
Οι αυξομειώσεις στην πίεση και παροχή στον στρόβιλο μπορεί να μειωθούν σε έναν πολύ-κύλινδρο κινητήρα όπου στενοί αγωγοί από τους κυλίνδρους συνδέονται σε ένα στρόβιλο. Αν η σύνδεση είναι κατάλληλη οι παλμοί έχουν κάποια αλληλοεπικάλυψη, οπότε η διακύμανση της πίεσεως που αντιλαμβάνεται ο στρόβιλος είναι μικρότερη, (**σχήμα 2.4**).

Η επικάλυψη των παλμών διαφόρων κυλίνδρων μπορεί όμως να δημιουργήσει προβλήματα λόγω ανακλάσεως των παλμών. (Ένας ηχητικός παλμός πίεσεως ανακλάται στο κλειστό άκρο ενός αγωγού σαν κύμα πίεσεως, ενώ αν ο αγωγός έχει ανοικτό άκρο ανακλάται σαν κύμα αραιώσεως (rarefaction)). Έτσι, με κατάλληλο μήκος αγωγού ένα κύμα αραιώσεως μπορεί να φτάσει στον κύλινδρο την κατάλληλη στιγμή και να ευνοήσει την απόπλυση).



Επίδραση ρυθμού ανοίγματος βαλβίδας στην πίεση κυλίνδρου

Σχήμα. 2.3



Παλμοί πίεσης τρι-κύλινδρου κινητήρα με υπερτάηρωση.

Σχήμα 2.4

Ο αγωγός με το στρόβιλο στο άκρο του εκλαμβάνεται από τον παλμό σαν σχεδόν κλειστός, οπότε ένας παλμός μικρότερου μεγέθους ταξιδεύει προς τα πίσω και μπορεί να παρεμποδίσει την απόπλυση ενός κυλίνδρου, αν φτάσει σε ακατάλληλη στιγμή. Αντίστοιχα κατάλληλος συντονισμός μπορεί να εμποδίσει την υπερβολική απόπλυση, για περιορισμένο όμως φάσμα στροφών. Προφανώς οι κινήσεις των παλμών επηρεάζονται από το μήκος των σωληνώσεων, τις στροφές της μηχανής και τη θερμοκρασία καυσαερίων :

Ο χρόνος ανακλάσεως $t = 2L/a$ όπου L =μήκος αγωγού
 $a = \sqrt{gRT}$ ηχητική ταχύτητα, T = μέση θερμοκρασία καυσαερίων και ο χρόνος ανακλάσεως σε αντιστοιχία γωνίας στροφάλου.

$$\text{Άρα } \Delta\theta = \frac{12LN}{\sqrt{gRT}}$$

Συνήθως είναι περίπλοκο να υπάρχει ξεχωριστός αγωγός από κάθε κύλινδρο στον στρόβιλο οπότε οι κύλινδροι συνδέονται κατά ομάδες σε κοινούς αγωγούς και τελικά μια ή δύο εισοδοί στο στρόβιλο διακλαδώνονται σταδιακά προς τον κάθε κύλινδρο. Με αυτή τη διάταξη ο παλμός από έναν κύλινδρο μόλις συναντήσει μία διακλάδωση ταξιδεύει και στα δύο άκρα της, ελαφρά εξασθενημένος λόγω της αύξησεως διαμέτρου στην διακλάδωση.

Έτσι ενώ ο ένας παλμός ταξιδεύει προς τον στρόβιλο, ο άλλος κινείται προς κάποιον από τους άλλου κυλίνδρους, οπότε η διάταξη πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην φτάσει στον κύλινδρο στην φάση της αποπλύσεως. Οι 2-Χ κινητήρες είναι πιο ευαίσθητοι σε τέτοιες περιπτώσεις.

Σε έναν πολυκύλινδρο κινητήρα η περιπλοκότητα του συστήματος καθιστά τους θεωρητικούς υπολογισμούς των παραμέτρων των κινουμένων παλμών ιδιαίτερα σύνθετους, που όμως πλέον επιλύονται σχετικά εύκολα μέσω ειδικών προγραμμάτων Η/Υ.

Το σύστημα παλμών είναι πιο κατάλληλο για μηχανές όπου μπορεί να συνδεθούν ομάδες τριών κυλίνδρων σε μια είσοδο υπερπληρωτή. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται σχετικά μικρή διακύμανση ροής στον στρόβιλο. Όμως και σε περιπτώσεις που αυτό δεν είναι δυνατόν, πχ. Σε έναν 8-κύλινδρο κινητήρα, η αύξηση της διαθέσιμης ενέργειας στον στρόβιλο υπερκαλύπτει τη μείωση του βαθμού αποδόσεως λόγω ασταθούς ροής.

Εάν το σύστημα παλμών είναι κατάλληλα σχεδιασμένο, τότε μπορεί να συντονιστεί, ώστε κατά τη φάση επικάλυψης των βαλβίδων σε 4-Χ κινητήρα η πίεση στον αυλό της βαλβίδας εξαγωγής να είναι αρκετά χαμηλότερη από αυτήν του κυλίνδρου και του δοχείου εισαγωγής ώστε να εξασφαλίζεται καλή απόπλυση. Η ικανοποιητική απόπλυση μπορεί να διατηρηθεί ακόμα και σε χαμηλά φορτία, όπου η θερμοκρασία καυσαερίων, ο β.α. του στρόβιλου και η πίεση υπερπληρώσεως είναι μειωμένα, ή ακόμα αν ο συνολικός β.α. του υπερπληρωτή μειωθεί λόγω ρυπάνσεως.

Για πολλές εφαρμογές όπου χρειάζεται γρήγορη απόκριση στην παραλαβή φορτίου ή σε επιτάχυνση της μηχανής, το σύστημα παλμών εξασφαλίζει γρήγορη μεταφορά ενέργειας των καυσαερίων στο στρόβιλο.

Σε κινητήρες με μεγάλο αριθμό κυλίνδρων (πχ. N/-16) η διάταξη των αγωγών του συστήματος παλμών είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Επίσης σε μεγάλες μηχανές που πρέπει να χρησιμοποιήσουν αγωγούς μεγάλου μήκους, δημιουργούνται προβλήματα λόγω θερμικής διαστολής. Συνήθως χρησιμοποιούνται μεταξύ της πολλαπλής εξαγωγής και του στρόβιλου σύνδεσμοι διαστολής, ή ασάλινοι ελαστικοί σύνδεσμοι, που όμως υποφέρουν από κραδασμούς και κόπωση.

Στους μεγάλους κινητήρες οι αγωγοί είναι μονωμένοι ώστε να μην υπάρχουν απώλειες ενέργειας μεταξύ κυλίνδρου και στρόβιλου. Για τον ίδιο λόγο πρέπει η αγωγή να μην έχουν απότομες γωνίες, στενώσεις, μεγάλη εσωτερική τραχύτητα και κακοσχεδιασμένες διακλαδώσεις.

Οι περισσότεροι 4-X κινητήρες χρησιμοποιούν το σύστημα παλμών κυρίως στα μικρότερα μεγέθη. Αν ομάδες 3 κυλίνδρων συνδέονται σε μια είσοδο του στρόβιλου μπορεί να εξασφαλιστεί ότι η πίεση στην είσοδο στρόβιλου είναι μεν κυμαινόμενη, αλλά δεν μειώνεται κάτω από την πίεση εξόδου (Συνήθως ατμοσφαιρική), οπότε, παρ' ότι υπάρχουν απώλειες λόγω παλλόμενης ροής στον στρόβιλο, οι απώλειες ανεμισμού (Windmilling), που εμφανίζονται όταν δεν υπάρχει η ροή διαμέσω του στρόβιλου δεν είναι σημαντικές. Παράλληλα, μπορεί να ρυθμιστεί η διακύμανση των παλμών να είναι τέτοια ώστε η πίεση της βαλβίδας εξαγωγής στη φάση της επικάλυψης βαλβίδων να ευνοεί την απόπλυση.

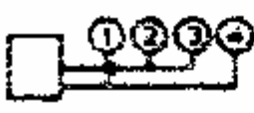

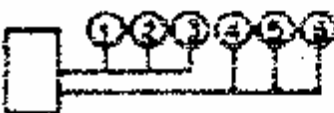


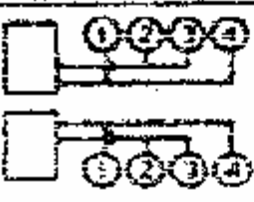
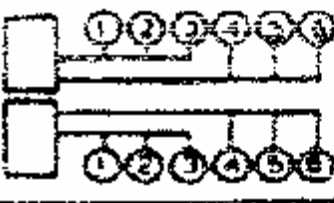
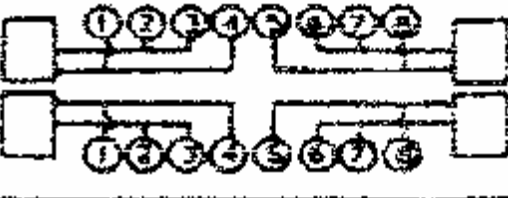
Με σύνδεση ομάδων δύο κυλίνδρων τα προβλήματα λόγω ανακλάσεως παλμών, που φτάνουν σε κύλινδρο που βρίσκεται σε ευαίσθητη φάση αποπλύσεως θα είναι μεγαλύτερα.

Επειδή η ενεργειακή διαθεσιμότητα στο στρόβιλο λόγω παλμών είναι μεγάλη, ο απαιτούμενος συνολικός β.α. του στροβιλοπληρωτή είναι σχετικά μικρός. Με ομαδοποίηση τριών κυλίνδρων και μέχρι λόγους υπερπληρώσεως 3:1 σε 4-X κινητήρες χρειάζεται β.α. περίπου 45% οπότε μεγαλύτερος β.α. χρησιμεύει μόνο για ελαφρά βελτίωση της κατανάλωσης καυσίμου γιατί μειώνει το έργο αναρροφήσεως / εξαγωγής από το έμβολο.

Με ομαδοποίηση 2 κυλίνδρων σε λόγους υπερπληρώσεως 3:1 χρειάζεται μεγαλύτερος β.α. στροβιλοπληρωτή περίπου 55%.

Γενικά το σύστημα παλμών για 4-X κινητήρες είναι περισσότερο αποδοτικό για περιπτώσεις που μπορεί να γίνει ομαδοποίηση κυλίνδρων ανά τρεις, όπως σε κινητήρες 6, 9, 12, 18 κυλίνδρων και μέχρι λόγους υπερπληρώσεως 3:1 που αντιστοιχούν σε μέση πίεση περίπου 20 bar, (**σχήμα 2.5**). Για μεγαλύτερες ισχύς ο μονοβάθμιος στρόβιλος δεν μπορεί να απορροφήσει αποδοτικά το μεγάλο λόγο εκτόνωσης στα άκρα του, που προέρχεται από το μεγάλο αρχικό παλμό (blowdown pulse) του κινητήρα, οπότε το σύστημα σταθερής πίεσεως είναι πιο κατάλληλο, κυρίως για μεγάλους πολυκύλινδρους κινητήρες.

Σε 4-X μηχανές όπου μπορεί να γίνει ομαδοποίηση ανά ένα ή δυο κυλίνδρους, όπως σε κινητήρες 4, 5, 6, 8, 10, 14, 16, 20 κυλίνδρων, οι ανακλάσεις παλμών και οι απώλειες στον στρόβιλο σε συμβατικά συστήματα παλμών σε λόγους υπερπλήρωσης μεγαλύτερους από 2:1 (μέση πίεση 15 bar). Σύγκριση των δύο συστημάτων στροβιλοπληρώσεως παρουσιάζεται στον πίνακα παρακάτω.

Αριθμός κυλίνδρων	Σειρά αναφλέξεως	
4	1-3-4-2	
5	1-2-4-3-3	
6	1-5-3-6-2-4	
7	1-3-5-7-6-5-4	
8	1-6-2-4-3-7-5 1-5-7-3-6-4-2-6 1-3-2-4-6-6-7-4	
9V	4 2 1 3 Λ Λ Λ 1 3 4 2	
12V	5 2 1 1 5 3 Λ Λ Λ Λ Λ 1 5 3 5 2 4	
18V	8 4 2 6 1 5 7 2 Λ Λ Λ Λ Λ Λ Λ 1 5 7 3 6 4 3 6	

Διατάξεις εξαγωγής πολυκύλινδρων κινητήρων με σύστημα παλμών.

Σχήμα 2.5

Σε 2-Χ κινητήρες επειδή η απόπλυση είναι κυρίαρχος παράγων της καλής λειτουργίας της μηχανής αναφέρθηκε ότι το σύστημα σταθερής πίεσεως δεν μπορεί να αντεπεξέλθει σε χαμηλά φορτία. Με το σύστημα παλμών, ακόμα και σε χαμηλά φορτία του κινητήρα επιτυγχάνεται μεταφορά ενέργειας στον στρόβιλο μέσω του παλμού εκτόνωσης, αλλά και ικανοποιητική απόπλυση, λόγω πτώσεως της πίεσεως στον αυλό εξαγωγής μετά το πέρασμα του παλμού εκτόνωσης. Αν το σύστημα είναι καλά σχεδιασμένο, μια 2-Χ μηχανή μπορεί να λειτουργήσει χωρίς πρόβλημα σε όλο το φάσμα στροφών της.

Σε περιπτώσεις 2-Χ μηχανών ευθύγραμμης απόπλυσης με βαλβίδα εξαγωγής, μπορεί να ρυθμιστεί ώστε η βαλβίδα να ανοίγει νωρίτερα οπότε προσφέρεται μεγαλύτερη ενέργεια στα καυσαέρια σε βάρος του έργου εκτόνωσης του κυλίνδρου. Ένα μειονέκτημα που υπάρχει σε αυτή την περίπτωση είναι ότι η θερμοκρασία καυσαερίων είναι μεγαλύτερη με αποτέλεσμα να αυξάνονται τα θερμικά φορτία της βαλβίδας, των αυλών εξαγωγής και του στροβίλου.

Με κατάλληλη σχεδίαση υπάρχει περίπτωση να χρησιμοποιηθεί παλμός εξ' αναπάσεως ή από άλλο κύλινδρο, για να αποφευχθεί υπερβολική σάρωση και να αυξηθεί η εγκλωβισμένη μάζα αέρα στον κύλινδρο. Όμως η διάταξη αυτή είναι αποτελεσματική σε περιορισμένο φάσμα στροφών και χρειάζεται πολύ κοντούς αυλούς εξαγωγής και κατάλληλο χρονισμό κυλίνδρων.

Σε 2-Χ κινητήρες εγκάρσιας ή ανάστροφης σάρωσης, η δυνατότητα απόπλυσης είναι πιο περιορισμένη σε σχέση με μια μηχανή ευθείας σάρωσης με βαλβίδα εξαγωγής. Για να επιτευχθεί ικανοποιητική καθαρότητα του εγκλωβισμένου αέρα στον κύλινδρο χρειάζεται περίσσεια αέρα πληρώσεως. Επίσης στις μηχανές αυτές ο χρονισμός ορίζεται απολύτως από την αποκάλυψη από το έμβολο των θυρίδων εξαγωγής και εισαγωγής. Έτσι στο τέλος της περιόδου αποπλύσεως θα υπάρχει περαιτέρω διαρροή αέρα από τον κύλινδρο μέσω των θυρίδων εξαγωγής στο δοχείο καυσαερίων. Έτσι ή πρέπει να είναι μικρή η απόσταση μεταξύ θυρίδων εισαγωγής και εξαγωγής στο χιτώνιο, είτε να υπάρχει κάποιο είδος περιστροφικής βαλβίδας στην εξαγωγή, όπως σε ορισμένους παλαιότερους ναυτικούς κινητήρες. Στην περίπτωση αυτή ο όγκος του δοχείου εξαγωγής αυξάνεται και τα πλεονεκτήματα του συστήματος παλμών μειώνονται, οπότε πιθανόν ο στροβιλοπληρωτής να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομος για όλο το φάσμα στροφών της μηχανής χωρίς εξωτερικό βοηθητικό φουσητήρα για την απόπλυση σε χαμηλά φορτία.

Σύστημα σταθερής πίεσεως

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Αποδοτικό σε υψηλές πιέσεις.	Αργή απόκριση σε αλλαγή φορτίου.
Απλή διάταξη εξαγωγής.	Απαιτήση υψηλού β.α. στροβιλοπληρωτή για απόπλυση 2-Χ κινητήρων.
Δεν περιορίζονται οι στροφές κινητήρα λόγω παρεμβολής παλμών.	Η μείωση β.α. στροβιλοπληρωτή λόγω ρυπάνσεως επιδρά στην απόπλυση.
Υψηλός β.α. στροβίλου λόγω σταθερών συνθηκών ροής.	Μειωμένη απόδοση σε χαμηλά φορτία.

Σύστημα παλμών

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Γρήγορη απόκριση σε φορτίο.	Πολύπλοκη διάταξη εξαγωγής.
Ικανοποιητική απόπλυση σε χαμηλά φορτία.	Με ομαδοποίηση 1 ή 2 κυλίνδρων. • Χαμηλή ανάκτηση ενέργειας. • Παρεμβολή στην απόπλυση. • Χαμηλός β.α. στροβίλου.
Μικρή επίδραση ρυπάνσεως στροβιλοπληρωτή στην απόπλυση.	Ακατάλληλο για πολύ υψηλές πιέσεις υπερπλήρωσης.
Ικανοποιητική λειτουργία σε μεγάλο φάσμα στροφών.	Απαιτήση μεγαλύτερης διατομής στροβίλου.

2.3.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΠΑΛΜΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, το σύστημα παλμών είναι λιγότερο αποδοτικό αν η ομαδοποίηση κυλίνδρων δεν είναι ανά τρεις σε μια είσοδο στροβίλου, οπότε ο β.α. και ο λόγος εκτονώσεως του στροβίλου μειώνεται, λόγω μεγάλης απόστασης μεταξύ των αλληπάλληλων παλμών.

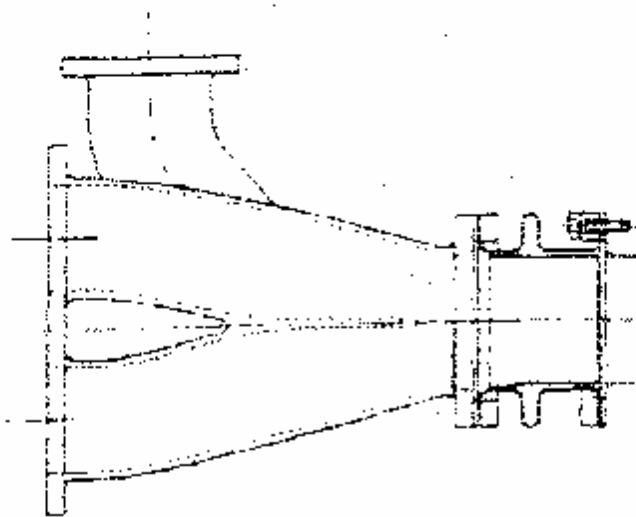
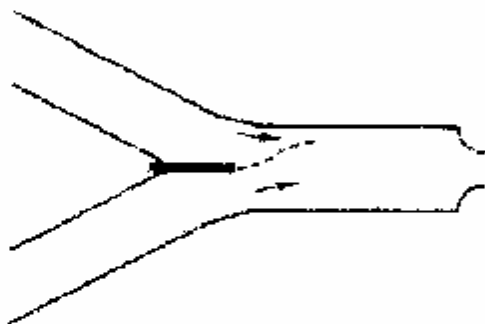
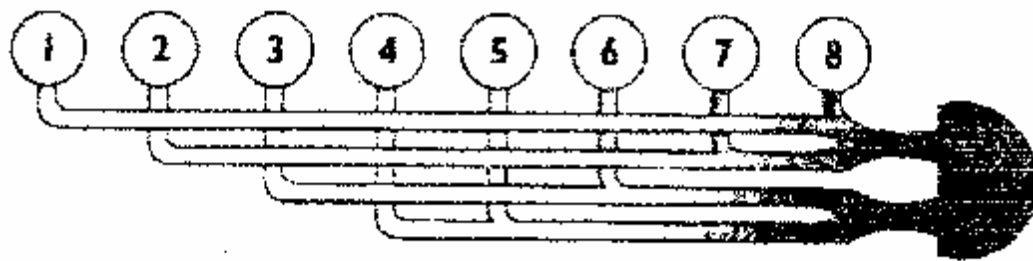
Οι μετατροπείς παλμών (pulse converters) είναι ειδικά διαμορφωμένες συμβολές πολλαπλών σωληνώσεων, ώστε να συνδέονται πολλοί κύλινδροι στην ίδια είσοδο στροβίλου, **(σχήμα 2.6)**.

Οι μετατροπείς παλμών στην απλούστερη μορφή τους αποτελούνται από μια στένωση μέσω της οποίας η ροή επιταχύνεται, και σε συνέχεια έναν διαχύτη που γίνεται ανάκτηση της πίεσεως.

Με την διάταξη αυτή μειώνεται η αστάθεια της ροής χωρίς να μειώνεται σημαντικά το ενεργειακό της περιεχόμενο και συγχρόνως μειώνεται η παρεμβολή παλμών στην απόπλυση. Μάλιστα σε ορισμένους τύπους τέτοιων εξαρτημάτων δημιουργείται στην κατάλληλη φάση μία υποπίεση ευνοϊκή για την απόπλυση.

Η σύνδεση πολλών κυλίνδρων δίνει τη δυνατότητα η διατομή εισόδου του στροβίλου να είναι αρκετά μεγαλύτερα από τη διατομή αυλού του κάθε κυλίνδρου και έτσι μειώνεται η επίδραση των ανακλώμενων παλμών.

Η διάταξη για μια μηχανή εξαρτάται από τις παραμέτρους που καθορίζουν τα δυναμικά φαινόμενα στην εξαγωγή δηλαδή το χρονισμό βαλβίδων, τη σειρά αναφλέξεως, τις στροφές, τα μήκη και διατομές σωληνώσεων και τη διατομή εισόδων στο σρόβιλο.



Πολυκύλινδρος κινητήρας με μετατροπείς παλμών για σύνδεση στον στροβιλοπληρωτή.

Σχήμα 2.6

2.4 ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ ΔΥΟ ΒΑΘΜΙΔΩΝ

Μία σχετικά απλή μέθοδος για να επιτευχθούν υψηλές πιέσεις υπερπληρώσεως χωρίς προβλήματα μείωσης εύρους λειτουργίας και αντοχής υλικών των στροβιλοπληρωτών είναι να χρησιμοποιηθεί υπερπλήρωση δύο βαθμίδων. Σε αυτή τη περίπτωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο κοινοί χωριστοί στροβιλοπληρωτές παραγωγής διαφορετικών μεγεθών εν σειρά. Στην διάταξη αυτή ο αέρας διέρχεται από τον συμπιεστή χαμηλής πίεσης και τα καυσαέρια διαδοχικά από τον στρόβιλο υψηλής και χαμηλής πίεσεως. Μεταξύ των συμπιεστών μπορεί να υπάρχουν ψυγεία αέρα.

Οι δύο στροβιλοπληρωτές είναι ανεξάρτητοι μηχανικά και ρυθμίζοντας κατάλληλα την ενεργό διατομή των στροβίλων, μπορούν να μοιραστούν το έργο συμπίεσεως.

Το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος δύο βαθμίδων είναι ότι χρησιμοποιούνται υπερπληρωτές με χαμηλό λόγο πιέσεων και σχετικά χαμηλές στροφές, άρα χαμηλή φόρτιση, υψηλό βαθμό αποδόσεως και αξιοπιστίας. Σε περίπτωση χρήσεως συστήματος στροβιλοπληρώσεως παλμών καυσαερίων, ο στρόβιλος χαμηλής πίεσεως λειτουργεί με σταθερή πίεση άρα έχει καλύτερο βαθμό αποδόσεως. Η εκτόνωση δύο βαθμίδων επίσης βελτιώνει τον β.α. Τέλος επειδή κάθε μονάδα έχει μικρότερη ροπή αδρανείας απ' ότι ο υπερπληρωτής μιας βαθμίδας που δίνει τον ίδιο λόγο πιέσεων, χρησιμοποιώντας το σύστημα δύο βαθμίδων η απόκριση σε αλλαγή φορτίου είναι ελαφρά βελτιωμένη.

Ως μειονεκτήματα θεωρούνται ο αυξημένος όγκος και βάρος του συγκροτήματος, το αυξημένο κόστος κτήσεως και συντηρήσεως και κάποια περιπλοκότητα της διατάξεως.

Ένα όχι προφανές μειονέκτημα είναι ότι σε χαμηλά φορτία οι δύο συμπιεστές θα λειτουργούν σε πολύ χαμηλούς λόγους πιέσεων και άρα χαμηλότερους β.α. κάτι που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην λειτουργία του κινητήρα, όπως πχ. Αύξηση των πιέσεων των θερμικών φορτίων.

Γενικά η τάση των κατασκευαστών είναι να προσπαθούν να αυξήσουν τις δυνατότητες λόγου πιέσεων, βαθμού αποδόσεως, εύρους λειτουργίας και αξιοπιστίας ενός υπερπληρωτή μίας βαθμίδας, που προσφέρει απλούστερη, ελαφρύτερη και μικρότερη σε μέγεθος εγκατάσταση.

3.0 ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Ο στρόβιλος παράγει έργο εξάγοντας ενέργεια από εκτόνωση ρευστού που βρίσκεται σε υψηλή πίεση. Ανάλογα με τη διεύθυνση του ρευστού μέσα στο στρόβιλο υπάρχουν *ακτινικοί* και *αξονικοί* στρόβιλοι.

Η μεταφορά ενέργειας γίνεται είτε με αλλαγή της διεύθυνσεως του ρευστού, το οποίο έχει επιταχυνθεί σε ακροφύσιο (στρόβιλοι δράσεως) ή με εκτόνωση και περαιτέρω επιτάχυνση του ρευστού στο στροφέιο (στρόβιλοι αντιδράσεως), ή συνηθέστερα με συνδυασμό των δύο παραπάνω μεθόδων.

Γενικά οι ακτινικοί (ή κεντρομόλοι) στρόβιλοι συνήθως χρησιμοποιούνται σε περιοχή παροχών από 0.1-2 kg / s με λόγους εκτονώσεως 2.5 - 4 και έτσι εφαρμόζονται σε στρόβιλο-υπερπλήρωση μικρών κινητήρων. Οι ακτινικοί στρόβιλοι μοιάζουν με φυγοκεντρικούς συμπιεστές με τα ακροφύσια να αντιστοιχούν στον διαχύτη (**σχήμα 3.1**). Μάλιστα ένας φυγοκεντρικός συμπιεστής αν περιστραφεί ανάποδα θα λειτουργήσει σαν ακτινικός στρόβιλος με ικανοποιητικό βαθμό αποδόσεως. Όπως φαίνεται από το **σχήμα 3.2** οι ακτινικοί στρόβιλοι διατηρούν σχετικά υψηλό β.α. ακόμα και σε πολύ μικρά μεγέθη. Οι αξονικοί στρόβιλοι (**σχήμα 3.3**) συνήθως χρησιμοποιούνται σε περιοχή παροχών από 2-15 kg /s με λόγους εκτονώσεως 2.5 - 3.5. Σε χαμηλότερες παροχές οι απώλειες άκρου των βραχυτάτων πτερυγίων αυξάνονται σημαντικά.

Στις περισσότερες εφαρμογές μεσόστροφων και αργόστροφων ναυτικών κινητήρων χρησιμοποιούνται αξονικοί στρόβιλοι.

3.1 ΑΞΟΝΙΚΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Η εμπειρία με τους αεροπορικούς αεροστρόβιλους μετά το 1945 στην ρευστοδυναμική και τα υλικά στρόβιλων επέτρεψε την σχεδίαση στρόβιλουπερπληρωτών ικανοποιητικού βαθμού αποδόσεως για κινητήρες diesel.

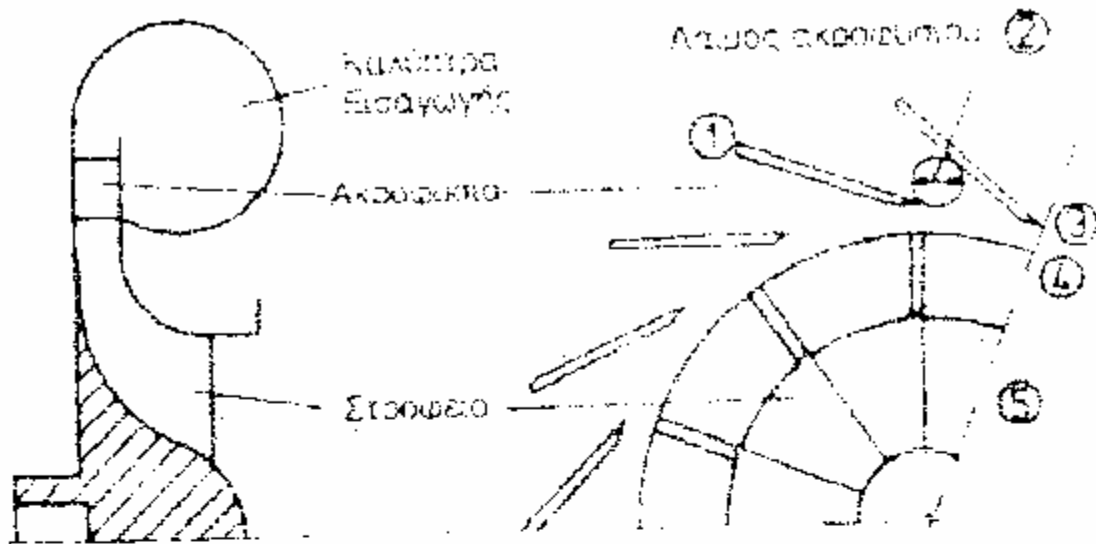
Στο μέτρο που οι εγκαταστάσεις υπερπληρώσεως χρησιμοποιούν το σύστημα παλμών καυσαερίων, οι υποθέσεις ομαλής παροχής στις οποίες βασίζεται η σχεδίαση των αεροπορικών στρόβιλων παύουν να ισχύουν και βέβαια πρέπει να γίνει προσαρμογή για τις συνθήκες λειτουργίας με παλλόμενη ροή (pulsating flow) και πιθανόν μερική εισροή (partial admission).

Βέβαια καθώς η ισχύς των μεγάλων κινητήρων αυξάνεται και χρησιμοποιείται το σύστημα σταθερής πίεσεως, με έναν συλλέκτη ικανού όγκου να παρεμβάλλεται μεταξύ κινητήρα και στρόβιλου, τότε ο στρόβιλος δέχεται ομαλή ροή, οπότε οι παραδοχές σχεδίασεως και η εμπειρία από αεροπορικούς στρόβιλους ισχύουν.

Σε εφαρμογές στρόβιλοπληρώσεως μια βαθμίδα -δακτύλιος ακροφυσίων (στάτορας) και στροφείο (ρότορας) αρκεί για την εκτόνωση των καυσαερίων υπερπληρωμένων κινητήρων με συμπιεστή μιας βαθμίδας. Σε ειδικές περιπτώσεις πολύ υψηλών λόγων πίεσεως έχουν χρησιμοποιηθεί δύο στρόβιλουπερπληρωτές με συμπιεστές και στρόβιλους αντίστοιχα εν σειρά (two-stage turbocharging).

Πάντως οι σημερινοί συμπιεστές μπορούν να δώσουν σε μια βαθμίδα λόγο πίεσεων που πρακτικά υπερκαλύπτει τα όρια μέσης πίεσης κινητήρων παραγωγής και αντίστοιχα οι στρόβιλοι μπορούν να εκτονώσουν αυτές τις πιέσεις με ικανοποιητικό βαθμό αποδόσεως σε μια βαθμίδα.

Το ύψος των πτερυγίων αξονικών στρόβιλων για υπερπληρωτές είναι μικρό σε σχέση με την διάμετρο του δίσκου του στροφείου και γι αυτό σε απλές αναλύσεις της ροής η ανάλυση των συνθηκών στο "μέσο ύψος πτερυγίου" δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.



Ακτινικός στρόβιλος.

Βαθμός αποδόσεως στρόβιλου (%)

90

80

70

Αξονικός

Ακτινικός

Διάμετρος στρόβιλου (mm)

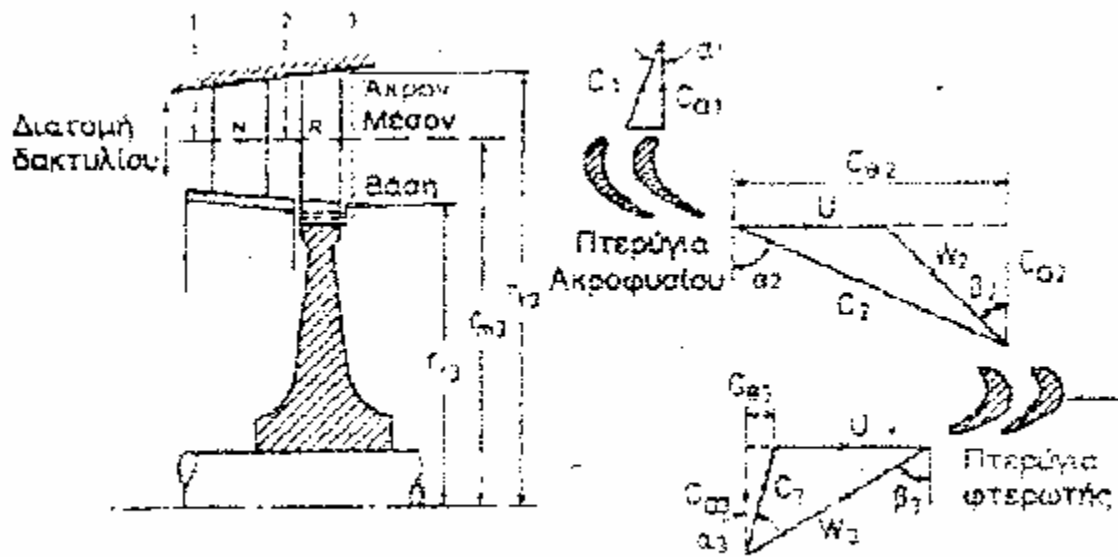
100 200 300 400 500 600 700 800

Ισχύς κινητήρα (ΜW)

0.8 2 4 6 8 10 12 14 16

Βαθμός αποδόσεως ακτινικών και αξονικών στρόβιλων για διάφορα μεγέθη.

Σχήμα 3.1.2



Αξονικό στρόβιλος

Σχήμα. 3.3

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι για την περίπτωση του στροβίλου, εκτός από τα προβλήματα αντοχής υλικών με την υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων, η πίεση μειώνεται στους οχετούς των πτερυγίων του στροβίλου, σε αντίθεση με τον συμπίεστή που επιδιώκεται συνεχής διάχυση της ροής και αύξηση της πίεσεως. Η πτώση πίεσεως μειώνει το πάχος του οριακού στρώματος και το σταθεροποιεί, ανακουφίζοντας τα προβλήματα αποκολλήσεως κι έτσι η ρευστοδυναμική σχεδίαση των στροβίλων είναι λιγότερο απαιτητική από αυτή των συμπίεστών.

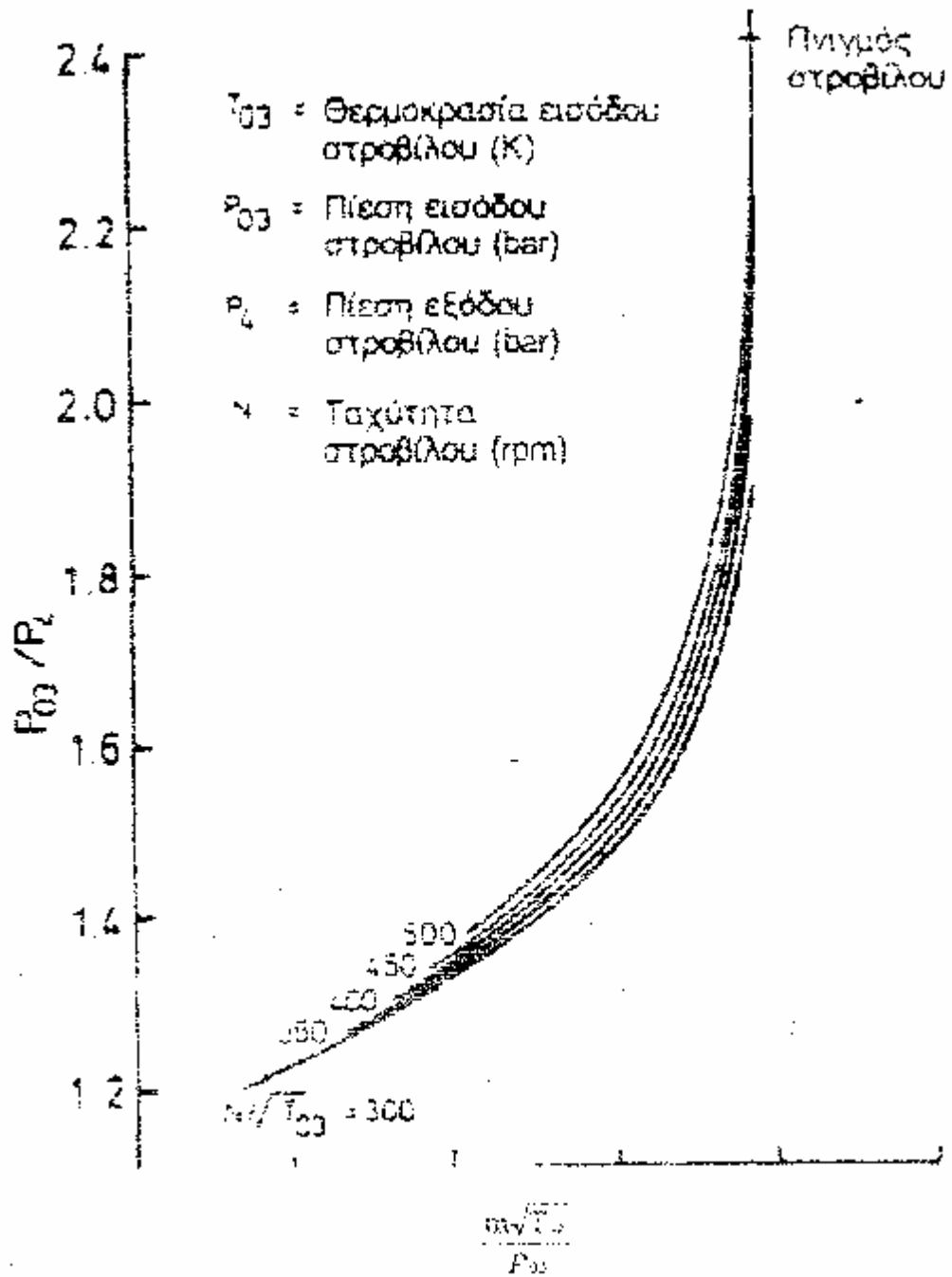
Κατά τη σχεδίαση, ανάλογα με τις απαιτήσεις λειτουργίας πρέπει να ορισθεί ο αριθμός στροφών, η διάμετρος του δίσκου, το ύψος και ο αριθμός των πτερυγίων, το μήκος χορδής, το σχήμα και οι γωνίες των πτερυγίων. Ο αριθμός των ακροφυσίων πρέπει να μην είναι ο ίδιος με αυτόν των πτερυγίων, για αποφυγή συντονισμού.

Επίσης πρέπει να γίνει εκτίμηση για μια σειρά απωλειών στο σημείο σχεδιασμού όπως τις απώλειες ενέργειας λόγω αυξήσεως του οριακού στρώματος στα πτερύγια καθώς και στα τοιχώματα του κελύφους, τις απώλειες άκρου λόγω του διακένου μεταξύ πτερυγίου και κελύφους. Τέλος πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι απώλειες εκτός σημείου σχεδιασμού, που κυρίως σχετίζονται με την αλλαγή της γωνίας προσπτώσεως του ρευστού στα πτερύγια.

3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

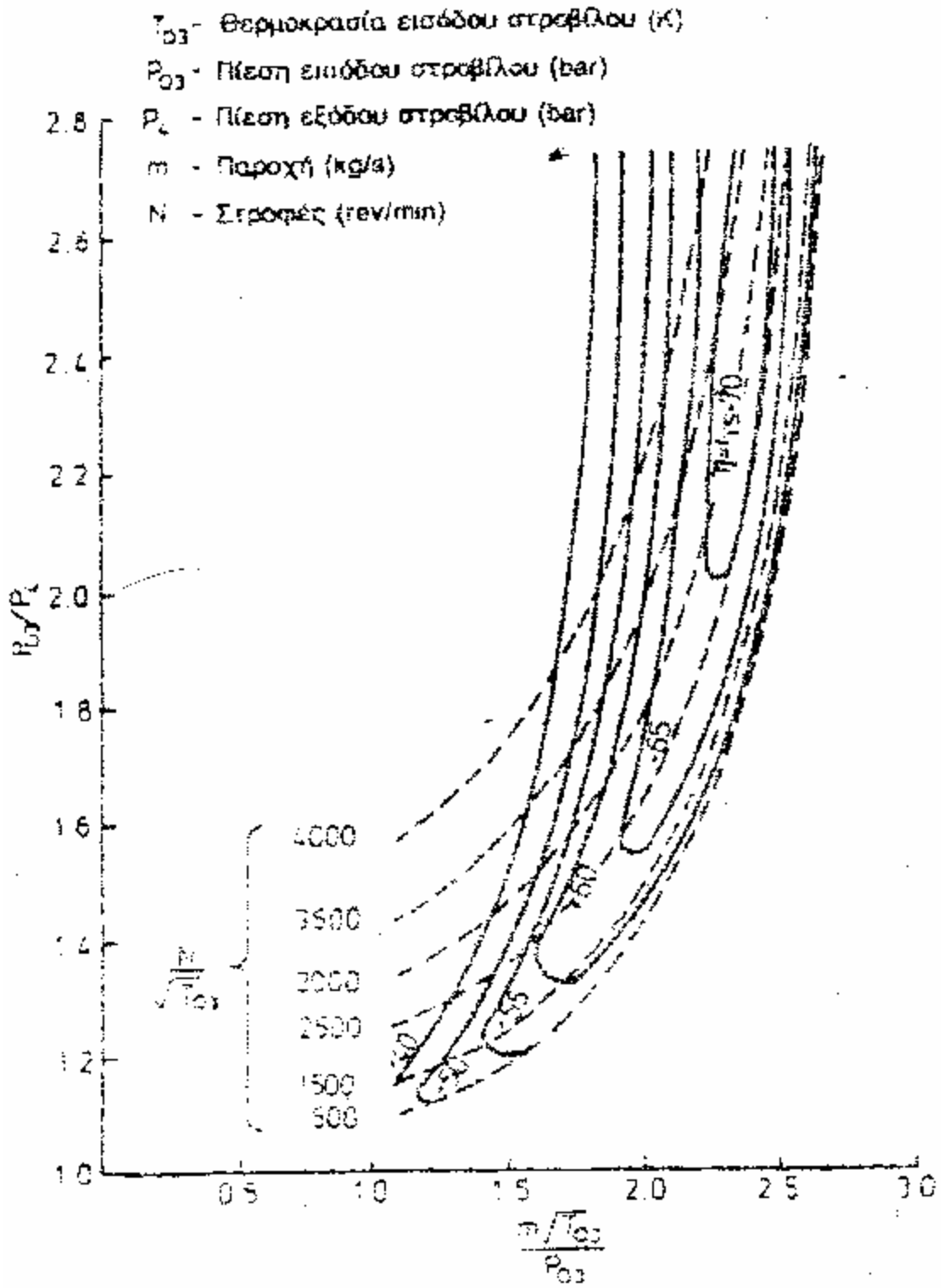
Οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας στροβίλων μπορούν να παρασταθούν χρησιμοποιώντας αδιάστατες παραμέτρους. Αντίστοιχα με τις χαρακτηριστικές του συμπιεστή, οι χαρακτηριστικές στροβίλου συχνά δίνονται σε άξονες παραμέτρου πίεσεως (P_{03}/P_4) και παροχής ($m\sqrt{T_{03}/P_{03}}$) για διάφορες τιμές παραμέτρου στροφών ($N/\sqrt{T_{03}}$).

Σε αξονικούς στροβίλους οι καμπύλες σταθερών στροφών συγκλίνουν προς μια καμπύλη που μοιάζει με τη χαρακτηριστική καμπύλη ακροφυσίου, όπου σε αυξημένους λόγους εκτονώσεως η ροή σε κάποιο σημείο φτάνει τις ηχητικές συνθήκες και περαιτέρω αύξηση του λόγου εκτονώσεως δεν αυξάνει την παροχή, **(σχήμα 3.4)**. Στην περίπτωση ακτινικού στροβίλου λόγω της υπάρξεως του φυγοκεντρικού πεδίου το εύρος διασποράς των καμπυλών σταθερών στροφών είναι μεγαλύτερο, **(σχήμα 3.5)**. Επειδή ο χώρος λειτουργίας του στροβίλου στο χάρτη χαρακτηριστικών λόγου εκτονώσεως και παροχής είναι μικρού πλάτους είναι πιο ευδιάκριτο να παρουσιάζονται οι καμπύλες βαθμού αποδόσεως σε χωριστό διάγραμμα, είτε σε άξονες β.α. - λόγου εκτονώσεως για τιμές παραμέτρου στροφών είτε ως β.α. - λόγου ταχυτήτων πτερυγίων/ ροής για τιμές λόγου εκτονώσεως ή παραμέτρου στροφών (για αξονικούς στροβίλους χρησιμοποιείται η ταχύτητα του μέσου του πτερυγίου διαιρούμενη δια της ταχύτητας του ρευστού που αντιστοιχεί σε ισεντροπική εκτόνωση μέσω του στροβίλου), **(σχήμα 3.6)**. Συνήθως αυτή η μέθοδος απεικονίσεως είναι χρήσιμη για τη σύζευξη τροχού συμπιεστή και στροβίλου, ώστε ο στροβίλος να λειτουργεί σε περιοχή υψηλού β.α. σε περίπτωση εγκατάστασης υπερπληρώσεως με το σύστημα σταθερής πίεσεως. Επίσης βοηθά στην εκτίμηση του β.α στις περιπτώσεις συστημάτων παλμών.

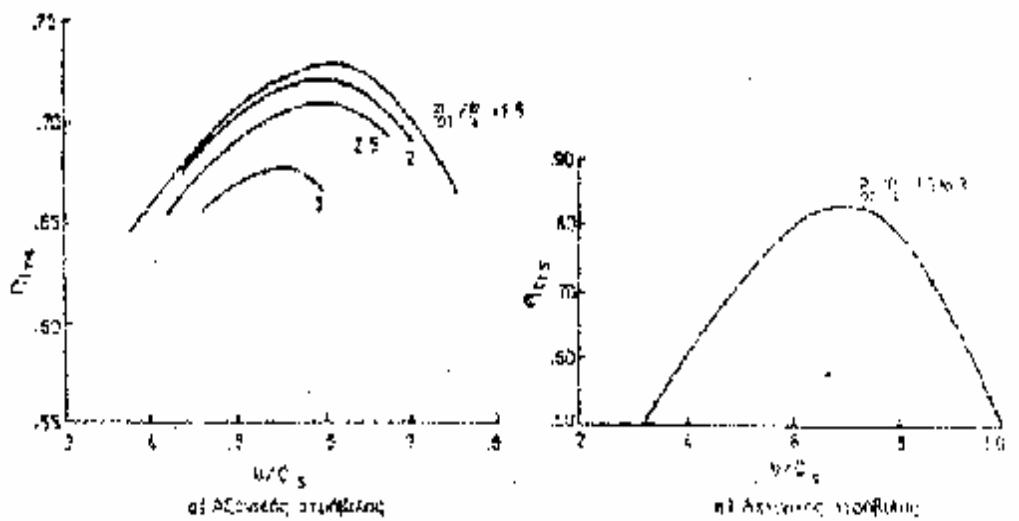


Χάρτης επιδόσεων στροβίλου:

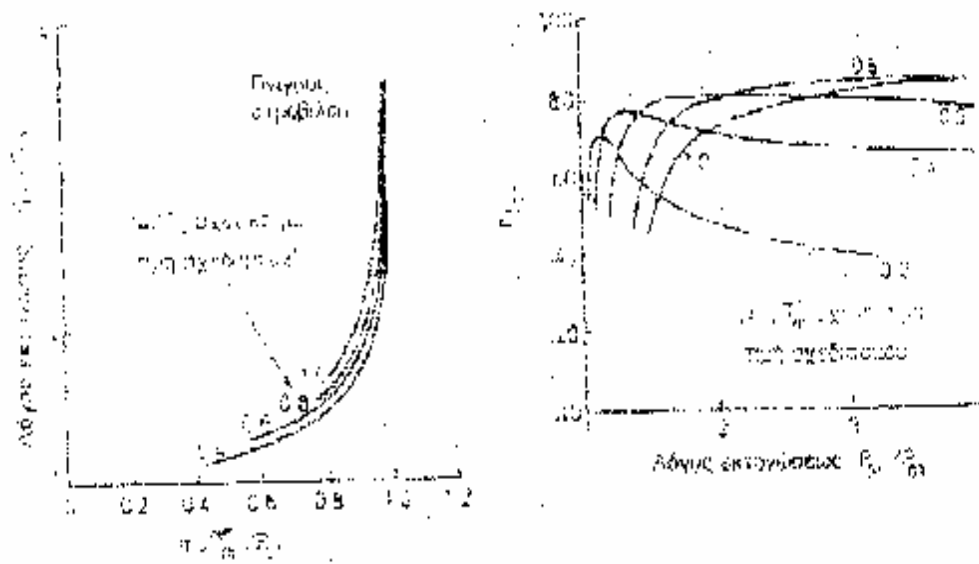
Σχήμα 3.4



Σχήμα 3.5 Χάρτης επιδόσεων ακτινικού στροβίλου



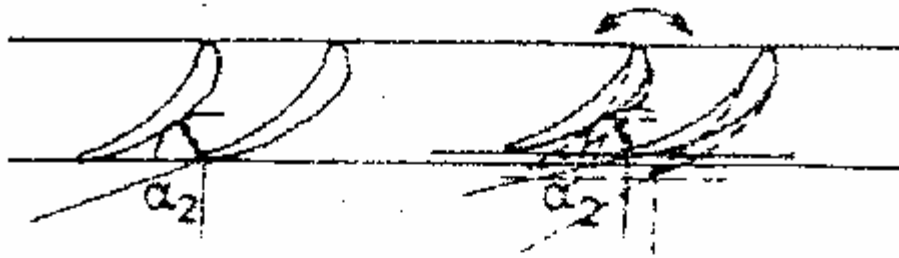
3-6 Καμπύλες β.α. αξονικών και ακτινικών στροβίλων συναρτήσει ταχύτητας πτερυγίου δια ταχύτητα ροής.



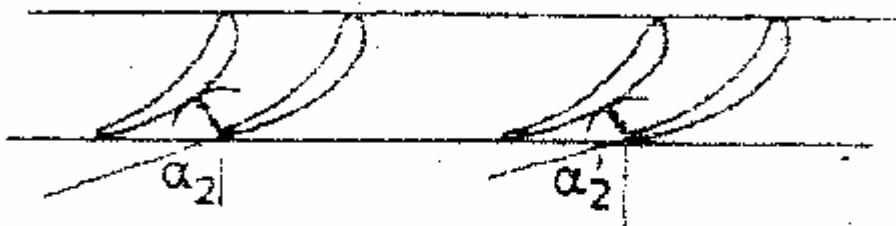
Χαρακτηριστικά αξονικού στροβίλου.

Σχήμα 3.6.7

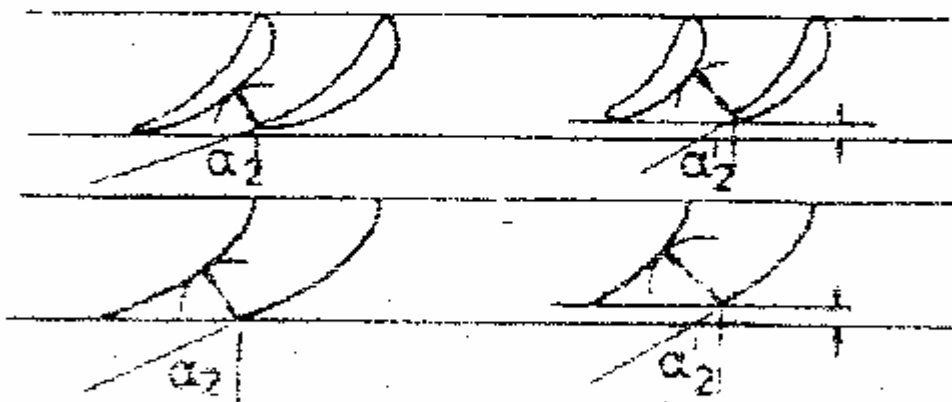
(a) Αλλαγή γωνίας



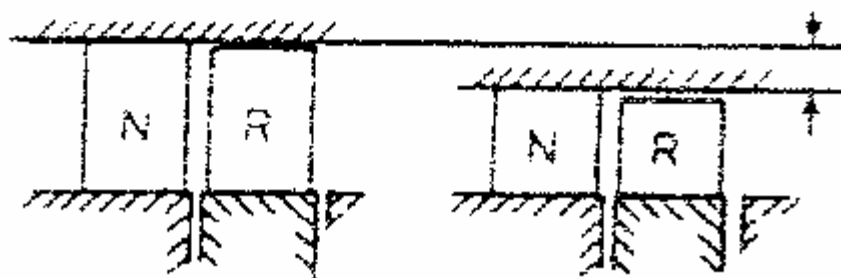
(b) Σχεδίαση με μικρότερη γωνία



(c) Βράχυνση κατά μήκος

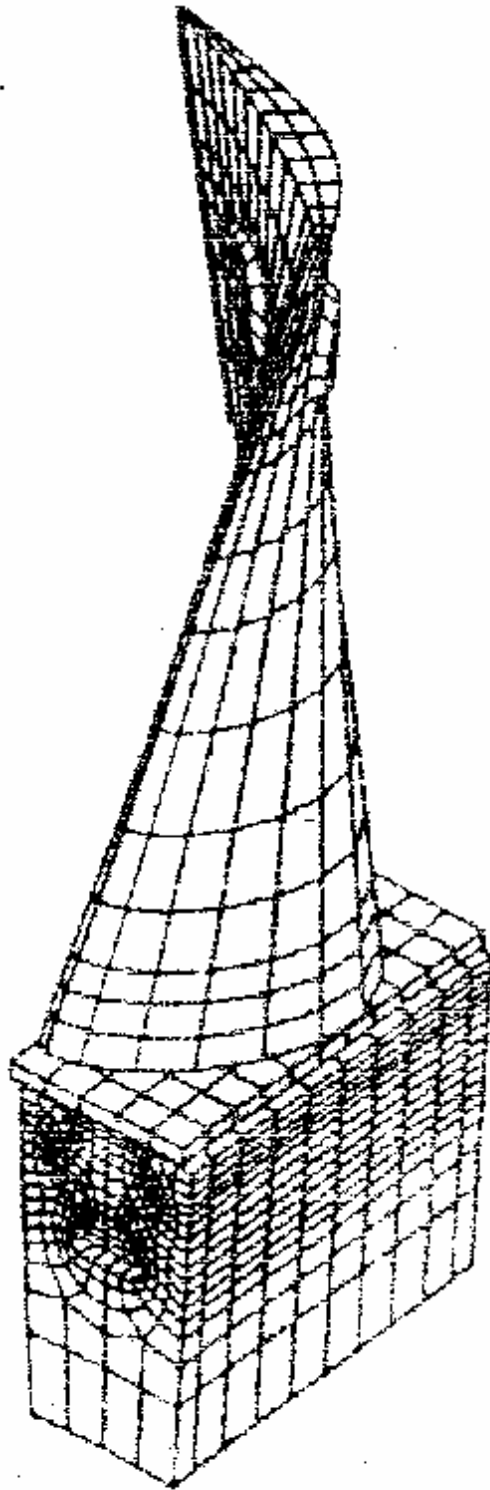


(d) Βράχυνση καθ' ύψος



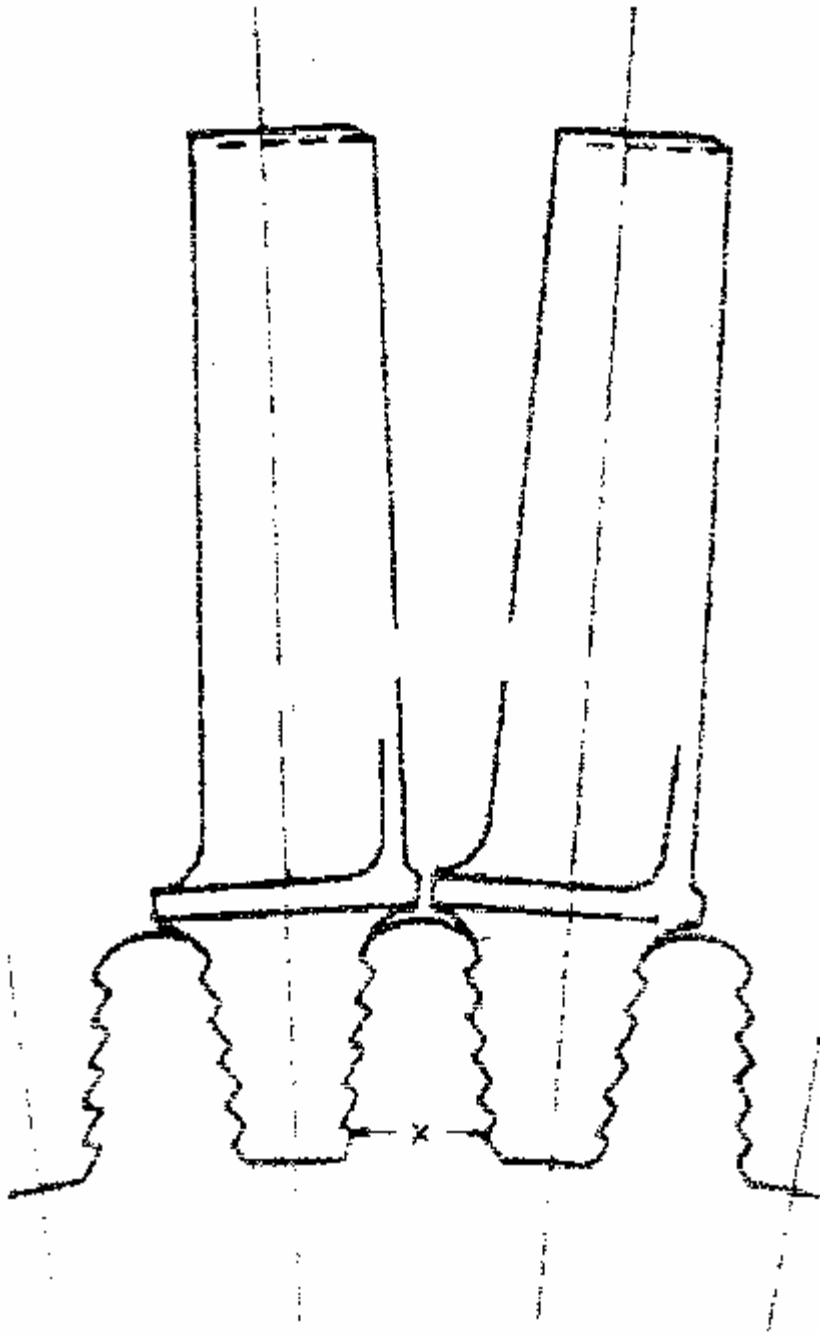
Μέθοδοι αλλαγής της ενεργού διατομής παροχής ακροφυσίων στροβίλου.

Σχήμα 3.8



Μοντέλο FEM πτερυγίου στροβίλου και τμήματος του δίσκου με ελαστοειδή βάση.

Σχήμα 3.9



Στήριξη πτερυγίων αξονικού στροβίλου με ελασική βάση.

Σχήμα 3.10

Συνήθως οι απώλειες των εδράνων (μηχανικός β.α.) συμπεριλαμβάνονται στον β.α. του στροβίλου.

Μια διαφορετική απεικόνιση του β.α. συναρτήσεως του λόγου εκτονώσεως φαίνεται στο **σχήμα 3.7**. Τα όρια λειτουργίας του στροβίλου προέρχονται λόγω της μειώσεως του β.α. σε χαμηλές παροχές και πνιγμού σε υψηλές παροχές.

Τέτοιες συνθήκες συνήθως παρουσιάζονται πρώτα στα ακροφύσια αξονικών στροβίλων και σε αντίθεση με τους ακτινικούς που δεν επηρεάζονται από τις στροφές του στροβίλου.

Έτσι πολλές φορές το πεδίο λειτουργίας ενός αξονικού στροβίλου μπορεί να παρασταθεί από μια καμπύλη σε άξονες λόγου πιέσεων παροχής, που καλείται και καμπύλη χωρητικότητας καταπόσεως (swallowing capacity) και αντίστοιχη με την χαρακτηριστική στομίου στραγγαλισμού ή ακροφυσίου. Με αυτόν το τρόπο ένας στροβίλος μπορεί να παρασταθεί με ένα στόμιο αντίστοιχης ενεργού διατομής, θεωρώντας την ελάχιστη διατομή παροχής των ακροφυσίων και την ελάχιστη διατομή οχετού του στροβίλου σαν δύο στόμια εν σειρά.

Σε εφαρμογές στροβιλουπερπληρωτή για λόγους κατασκευαστικής οικονομίας μία βασική σχεδίαση στροβίλου προσαρμόζεται σε διάφορες απαιτήσεις παροχών και άρα σε διάφορα μεγέθη κινητήρων, μεταβάλλοντας το όριο πνιγμού (choking limit) μέσω μεταβολής του δακτυλίου ακροφυσίων.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους (**σχήμα 3.8**):

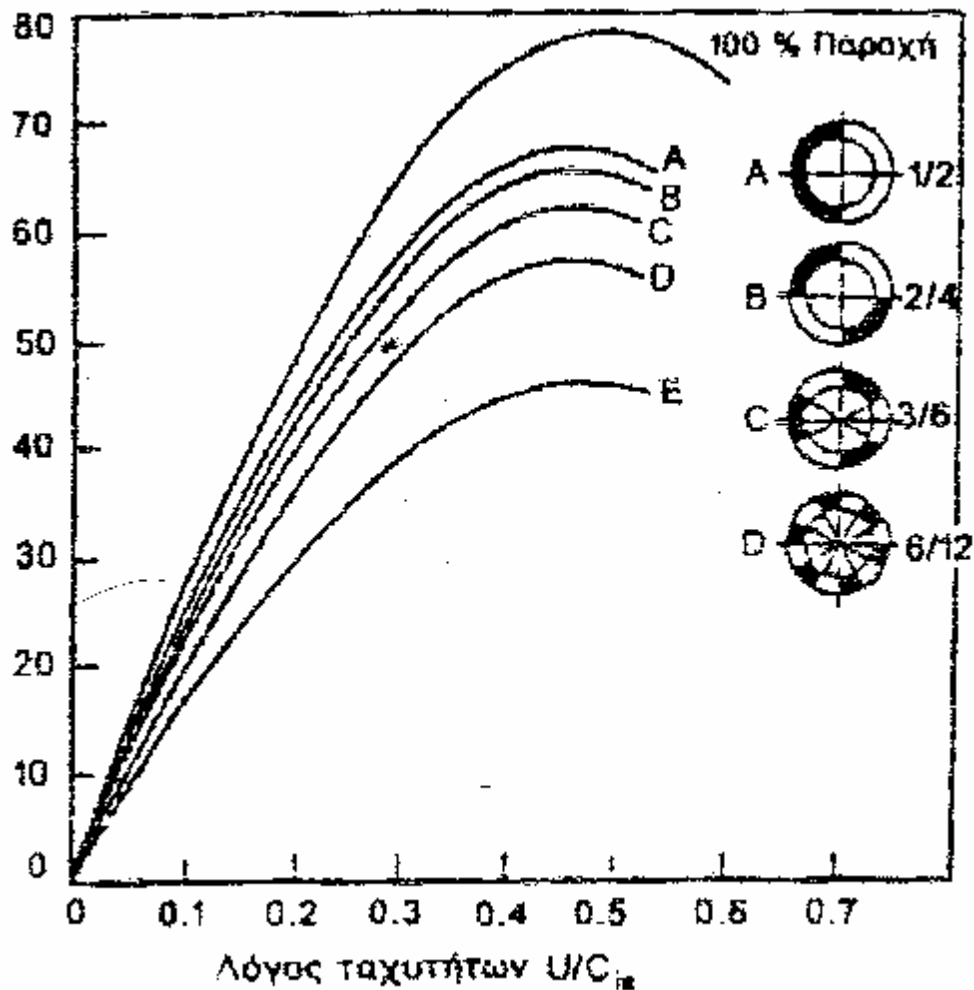
- α)** Αλλαγή της γωνίας των πτερυγίων ακροφυσίων.
- β)** Βράχυνση των πτερυγίων ακροφυσίων κατά μήκος.
- γ)** Βράχυνση των πτερυγίων ακροφυσίου και στροφείου καθ' ύψος.

Επειδή ο τρίτος τρόπος παρέχει την μεγαλύτερη αλλαγή, οι κατασκευαστές στροβιλοπληρωτών συνήθως προσφέρουν ένα βασικό τύπο στροφείο με δύο-τρία ύψη πτερυγίων, που καλύπτουν μεγάλο εύρος μεγεθών κινητήρων, καθώς επίσης για κάθε ύψος διάφορους δακτυλίου ακροφυσίων.

Ένας τρόπος να αυξηθούν οι επιδόσεις ενός στροβίλου είναι να εφαρμοστεί ένας διάχυτης στην έξοδο του. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των καυσαερίων που αλλιώς θα χανόταν λόγω αναμίξεως στον οχετό. Με τον διάχυτη ο στροβίλος αντιλαμβάνεται ότι εργάζεται σε μεγαλύτερο λόγο εκτονώσεως και η ισχύς του αυξάνεται. Σημειώνεται εδώ ότι διάχυτες εφαρμόζονται και στον αυλό καυσαερίων μεγάλων κινητήρων με σύστημα σταθερής πίεσεως ώστε να χρησιμοποιείται η κινητική ενέργεια των αερίων μετατρέπόμενη ομαλά σε αύξηση της πίεσεως στο δοχείο καυσαερίων πριν το στροβίλο.

3.3 ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

Η σχεδίαση των πτερυγίων στροβίλου δεν βασίζεται μόνο σε ρευστοδυναμικές απαιτήσεις αλλά και σε κριτήρια τάσεων και αντοχής υλικών. Το μέγεθος και το σχήμα των πτερυγίων, καθώς και οι μέγιστες στροφές επηρεάζονται από τις τάσεις στον δίσκο και τα πτερύγια (σχήμα 3.9). Επίσης εκτός από τα προβλήματα τάσεων, σε περιπτώσεις στροβιλοπληρώσεως παλμών, δημιουργούνται ταλαντώσεις στα πτερύγια. Η στήριξη των πτερυγίων αξονικών στροβίλων στο δίσκο έχει πλέον καθιερωθεί να γίνεται χρησιμοποιώντας την ελατοειδή βάση (fir-tree root) (σχήμα 3.10).



Σχήμα 3.11

Γενικά η σχεδίαση είναι τέτοια ώστε τα πτερύγια να αστοχήσουν πριν το δίσκο, οπότε να είναι δυνατή η συγκράτηση των θραυσμάτων από το κέλυφος.

Πολλές φορές σε αξονικούς στροβίλους μεγάλου μεγέθους σε εφαρμογές υπερπληρώσεως χρησιμοποιείται ένα συρμάτινο στεφάνι που διαπερνά όλα τα πτερύγια. Το στεφάνι αυτό χρησιμεύει ώστε να αποσβένει τις ταλαντώσεις των πτερυγίων, διότι λόγω φυγοκεντρικών δυνάμεων εκτείνεται και λόγω τριβών εφαρμογής εμποδίζει την ταλάντωση. Βέβαια η ύπαρξη του σύρματος σημαίνει πρόσθετες απώλειες ενέργειας της ροής. Αν το πρόβλημα ταλαντώσεων των πτερυγίων είναι πολύ έντονο σε υπερπλήρωση παλμών, πιθανόν να αναζητήσει λύση αλλάζοντας τον χρονισμό εναύσεως των κυλίνδρων, την ομαδοποίηση και τους συνδυασμούς αυλών προς τον στρόβιλο, ώστε να μειωθεί το εύρος των παλμών.

3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΡΙΚΗΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΚΑΙ ΠΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ

Σε ορισμένες διατάξεις στροβιλοπληρώσεως μπορεί να μην είναι εύκολη η παροχή καυσαερίου σε όλη την περιφέρεια του δακτυλίου ακροφυσίων του στροβίλου. Σε άλλες περιπτώσεις τα καυσαέρια μιας ομάδας κυλίνδρων οδηγούνται σε ένα τμήμα του δακτυλίου και αντίστοιχα σε άλλα τμήματα τα καυσαέρια άλλων ομάδων κυλίνδρων. Αυτές οι περιπτώσεις μερικής εισροής έχουν σαν αποτέλεσμα μια σειρά από απώλειες και μείωση του βαθμού αποδόσεως:

- α) Απώλειες ανεμισμού των τομέων του στροβίλου που στιγμιαία δεν έχουν παροχή.
- β) Απώλειες αναμείξεως καθώς τα πτερύγια σταδιακά εισέρχονται σε έναν τομέα παροχής.
- γ) Απώλειες τελικής αναμείξεως καθώς η ροή από έναν τομέα παροχής εξέρχεται από τον στρόβιλο.
- δ) Αεροδυναμικές απώλειες λόγω της ροής και άρα των τριγώνων ταχυτήτων των πτερυγίων κατά την είσοδο και έξοδο από έναν τομέα παροχής.

Η μείωση του βαθμού αποδόσεως με μερική εισροή φαίνεται στο **σχήμα 3.11**. Σε εφαρμογές υπερπληρώσεως που χρησιμοποιείται το σύστημα παλμών όπου δεν υπάρχει δοχείο συλλογής των καυσαερίων των κυλίνδρων, αλλά στενοί αυλοί που μεταφέρουν την ενέργεια της εκτονώσεως κατά το άνοιγμα της βαλβίδας του κινητήρα στον στρόβιλο, τότε ο στρόβιλος λειτουργεί υπό παλλόμενη ροή και ο β.α. μειώνεται. Επίσης σε περιπτώσεις μερικής εισροής η ροή όπως την αντιλαμβάνεται το στροφέιο είναι παλλόμενη. Μια εκτίμηση της μείωσης του βαθμού αποδόσεως με παλλόμενη ροή μπορεί να γίνει παρατηρώντας ένα διάγραμμα χαρακτηριστικών β.α. στροβίλου υπό σταθερές συνθήκες (**σχήμα 3.11**). Στην παλλόμενη ροή με σταθερές στροφές ο λόγος ταχυτήτων θα αλλάξει λόγω αλλαγής του λόγου πίεσεως, άρα το στιγμιαίο σημείο λειτουργίας θα κινείται εδώ και εκεί στην χαρακτηριστική καμπύλη βαθμού αποδόσεως και η χρονική μέση τιμή του β.α. θα είναι χαμηλότερη από τη μέγιστη τιμή υπό σταθερές συνθήκες.

4.0 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

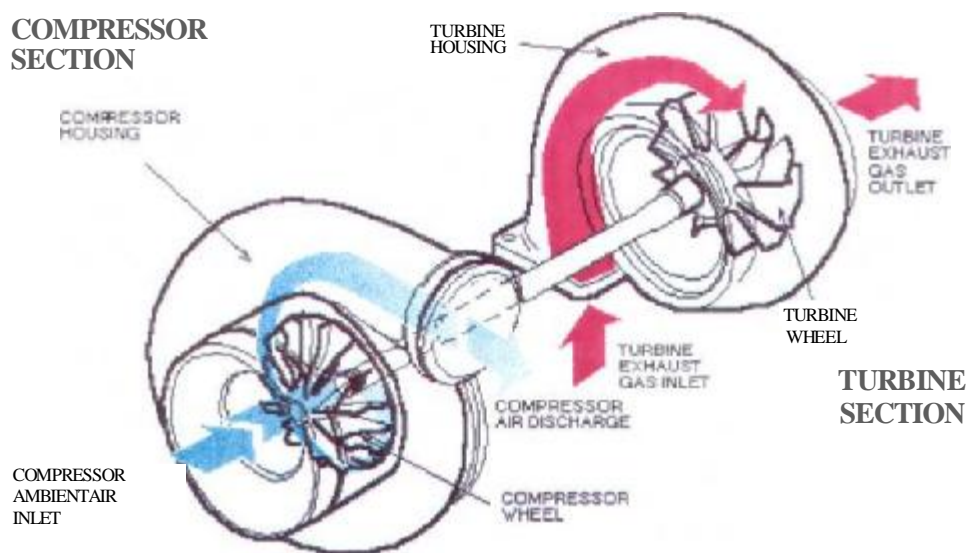
4.1 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

Τα καυσαέρια της μηχανής οδηγούνται μέσα από τις σωληνώσεις εξαγωγής προς την τουρμπίνα του υπερσυμπιεστού. Η πίεση των καυσαερίων και η ενέργεια που περικλείεται στην θερμότητά τους περιστρέφουν τον τροχό της τουρμπίνας ο οποίος κινεί τον τροχό του συμπιεστού. Η πίεση και η θερμοκρασία των καυσαερίων μειώνονται καθώς περνούν μέσα από την τουρμπίνα και οδηγούνται στην ατμόσφαιρα.

Η περιστροφή του συμπιεστού απορροφά αέρα μέσα από το σύστημα φιλτραρίσματος αέρα της μηχανής. Τα περιστρεφόμενα πτερύγια επιταχύνουν την κίνηση του αέρα και τον οδηγούν μέσα στο κέλυφος (housing) του συμπιεστού, όπου συμπιέζεται και οδηγείται προς τις σωληνώσεις εισαγωγής της μηχανής.

Οι υπερσυμπιεστές (**εικόνα 4.1**) αποτελούνται από την τουρμπίνα η οποία κινείται από τα καυσαέρια και από ένα αεροσυμπιεστή οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι στα άκρα ενός κοινού άξονα και περικλείονται από το κέλυφος. Ο ίδιος ο άξονας περικλείεται και υποστηρίζεται από ένα κεντρικό κέλυφος στο οποίο στερεώνονται τα κελύφη της τουρμπίνας και του αεροσυμπιεστού. Ένας τυπικός υπερσυμπιεστής μπορεί να περιστραφεί με ταχύτητα έως και πάνω από 100.000 στροφές ανά λεπτό.

Εικόνα 4.1



Το τμήμα της τουρμπίνας αποτελείται από τον τροχό της τουρμπίνας που είναι κατασκευασμένος από χυτοσίδηρο και το κέλυφος το οποίο φέρει ένα άνοιγμα εισαγωγής στην εξωτερική του περίμετρο. Είναι μία κεντρομόλος συσκευή στην οποία τα καυσαέρια εισέρχονται, περνούν μέσα από τα πτερύγια του τροχού της τουρμπίνας και βγαίνουν από το άνοιγμα που βρίσκεται στο κέντρο της εξωτερικής διαμέτρου του κελύφους.

Το τμήμα του συμπιεστού αποτελείται από τον τροχό του συμπιεστού και το κέλυφος του το οποίο φέρει ένα άνοιγμα στο κέντρο της εξωτερικής διαμέτρου του. Είναι μία κεντρόφυγος συσκευή, στην οποία ο αέρας εισέρχεται, περνά από τα πτερύγια του τροχού και εξέρχεται από την εξωτερική διάμετρο του κελύφους.

Το κεντρικό κέλυφος (bearing housing) (**εικόνα 4.2**) στηρίζει τον άξονα συμπιεστού / τουρμπίνας πάνω σε ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα τριβών. Το σύστημα τριβών είναι σχεδιασμένο για υψηλές ταχύτητες, δεν παίρνει μεγάλο βάρος και είναι προσεκτικά ρυθμισμένο για να κρατά τους τροχούς όσο πλησιέστερα είναι δυνατόν στο κέλυφος. Η άρμωση αυτή είναι απαραίτητη διότι τα κενά που δημιουργούνται ανάμεσα στο κεντρικό κέλυφος, τους τριβείς και τον άξονα πρέπει να γεμίσουν με λάδι. Αυτά τα γεμάτα με λάδι κενά έχουν ζωτική σημασία για την αποδοτικότητα και την μακροβιότητα του κινητήρα.



Εικ.4.2

Στην **εικόνα 4.5** φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο το λάδι που έρχεται από το σύστημα λίπανσης της μηχανής, κατευθύνεται μέσα από τα ανοίγματα και τις αυλακώσεις προς τα κουζινέτα (journal bearings) (**εικόνα 4.3**). Το λάδι περνά μέσα από οπές στους τριβείς για να λιπάνει και να ψύξει τα κουζινέτα καθώς και τους ωστικούς τριβείς (shaft journals).

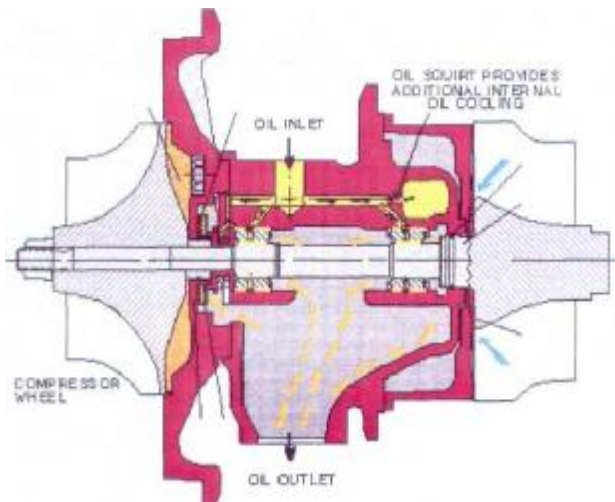


Εικ.4.3



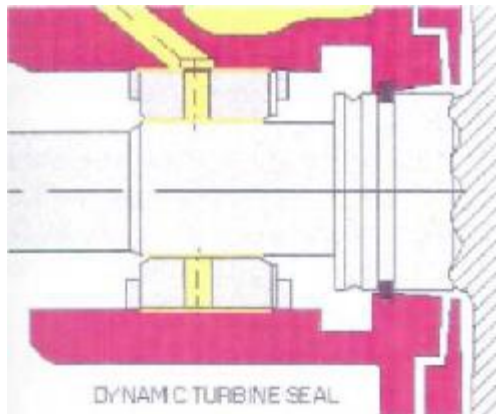
Εικ.4.4

Λάδι επίσης κατευθύνεται από τα ανοίγματα εισόδου προς τους ωστικούς τριβείς για να τους ψύξει και να τους λιπάνει (**εικόνα 4.3**). Το λάδι αποστραγγίζεται από το κεντρικό κέλυφος με την βαρύτητα.

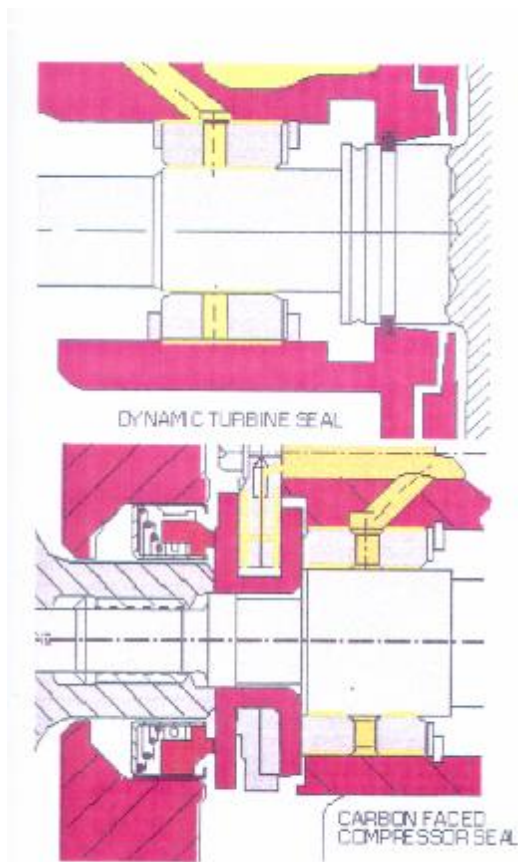


Εικ.4.5

Συστήματα στεγανότητας διαχωρίζουν το κεντρικό κέλυφος από τα τμήματα τουρμπίνας και συμπιεστού. Τα στεγανοποιητικά υλικά (seals) εμποδίζουν το λάδι να εισέλθει στις περιοχές του συμπιεστού και της τουρμπίνας και μειώνει την εισαγωγή των καυσαερίων προς το κεντρικό κέλυφος. Αυτά τα συστήματα μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορους τύπους στεγανοποιητικών υλικών όπως piston ring seals, carbon και O-ring seals, oil slingers και labyrinth (threaded) seals. Τα oil seals ενεργοποιούνται όταν ο άξονας περιστρέφεται και αναπτύσσει πίεση στα κελύφη όπως φαίνεται στις **εικόνες 4.6,7,8**.



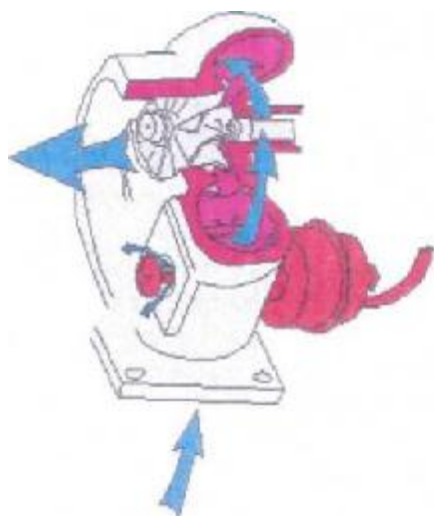
Εικ.4.6



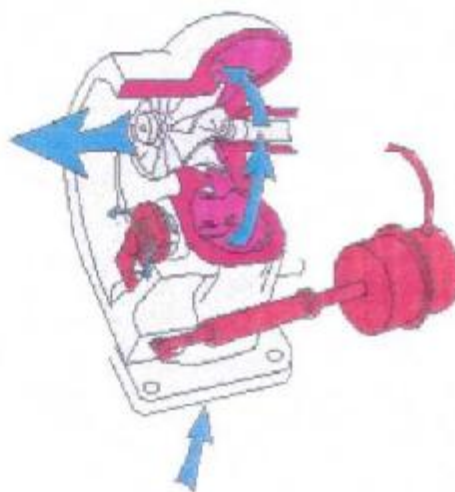
Εικ.4.7,8

Παξιμάδια, βίδες και ροδέλες ασφαλίζουν και συγκρατούν στην θέση τους τα περιστρεφόμενα μέρη. Τα διάφορα εξαρτήματα των ωστικών τριβών χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν και να εμποδίζουν την πλευρική κίνηση του άξονα. Ένα παξιμάδι (nut) άξονα ή ένα κολάρο (threaded wheel) χρησιμοποιείται για να ενώσει τον άξονα με τον τροχό του συμπιεστού και τον τροχό της τουρμπίνας. Τα κελύφη του συμπιεστού και της τουρμπίνας συνδέονται με το κεντρικό κέλυφος και τα περιστρεφόμενα μέρη με βίδες, παξιμάδια και με διάφορα άλλα μέσα σύνδεσης.

Swing valve, poppet valve και wastegates είναι διάφοροι τύποι συσκευών ελέγχου της ροής εξόδου που βοηθούν στον έλεγχο της ταχύτητας της τουρμπίνας όπως φαίνεται στις **εικόνες 4.9, 4.10 και 4.11**, η οποία με την σειρά της βοηθά στον έλεγχο της ισχύος (boost) και βρίσκονται είτε στο εσωτερικό του κελύφους της τουρμπίνας είτε είναι συνδεδεμένοι εξωτερικά. Ενεργοποιούνται με διαφράγματα ή με κυλίνδρους και έμβολα γεμάτα με αέρα ή λάδι. Όταν ανοίξουν, η επιπλέον πίεση ελευθερώνεται από το κέλυφος της τουρμπίνας, κατευθύνεται στο σύστημα εξαγωγής και ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.



Εικ.4.9



Εικ.4.10



Εικ.4.11

4.2 ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΔΡΑΝΩΝ

Σε έναν υπερπληρωτή με στρόβιλο και συμπιεστή σε κοινό άξονα, υπάρχουν τέσσερις πιθανές διατάξεις εδράνων, **(σχ 4-1)**

1. Εξωτερικά έδρανα
2. Εσωτερικά έδρανα
3. Εξωτερικό / εσωτερικό έδρανο
4. Έδρανα στην μία πλευρά

Οι δύο τελευταίες διατάξεις πρακτικά δεν χρησιμοποιούνται.

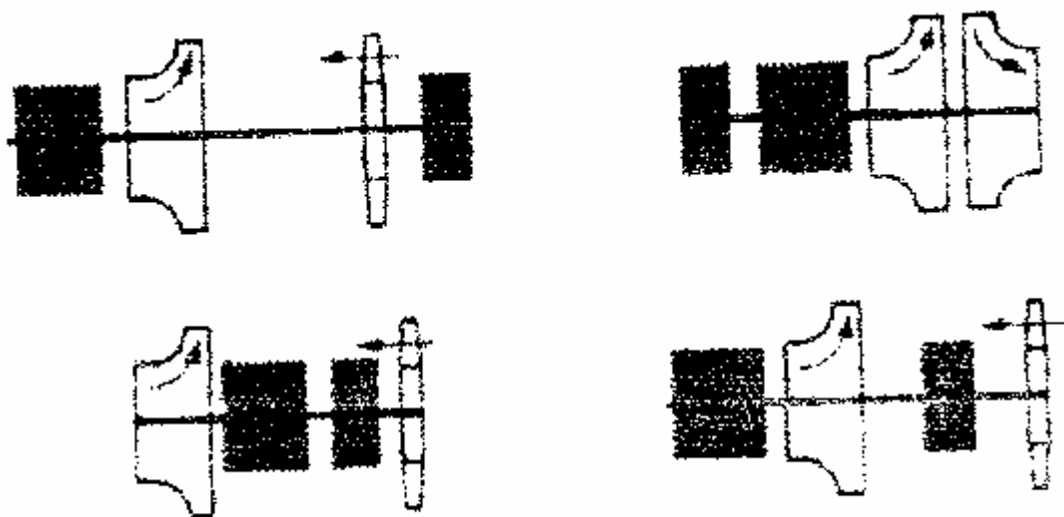
Διατάξεις με εξωτερικά έδρανα χρησιμοποιούν λεπτότερους άξονες στα έδρανα από ότι μεταξύ των στροβιλομηχανών όπου ο άξονας πρέπει να φέρει τη ισχύ του στροβίλου προς το συμπιεστή. Επίσης επειδή η απόσταση μεταξύ των εδράνων είναι σχετικά μεγάλη, τα ακινικά φορτία σε περίπτωση προβλημάτων ζυγοσταθμίσεως του στροφείου δεν είναι μεγάλα **(σχ 4-2)**

Η διάταξη προσφέρεται για αυτόνομα συστήματα λιπάνσεως για κάθε έδρανο, που είναι απαραίτητα αν χρησιμοποιούνται κυλινδροτριβείς ή ενσφαιροτριβείς, σε αντίθεση με τα κουζινέτα, που μπορούν να λειτουργήσουν με το λιπαντικό λάδι του κινητήρα. Επίσης η θέση των εξωτερικών εδράνων επιτρέπει εύκολη προσπέλαση για έλεγχο. Το κυριότερο μειονέκτημα είναι η αναγκαία μορφολογία της ροής εισόδου στο συμπιεστή, που αναγκαστικά λόγω της υπάρξεως του συγκροτήματος εδράνου δεν μπορεί να οδηγείται σε ευθεία προς τον εισαγωγέα του συμπιεστή. Επίσης οι στυλίσκοι στηρίξεως του περιβλήματος του εδράνου παρεμβάλλονται στη ροή προς το συμπιεστή και μπορεί να διεγείρουν ταλαντώσεις των πτερυγίων του.

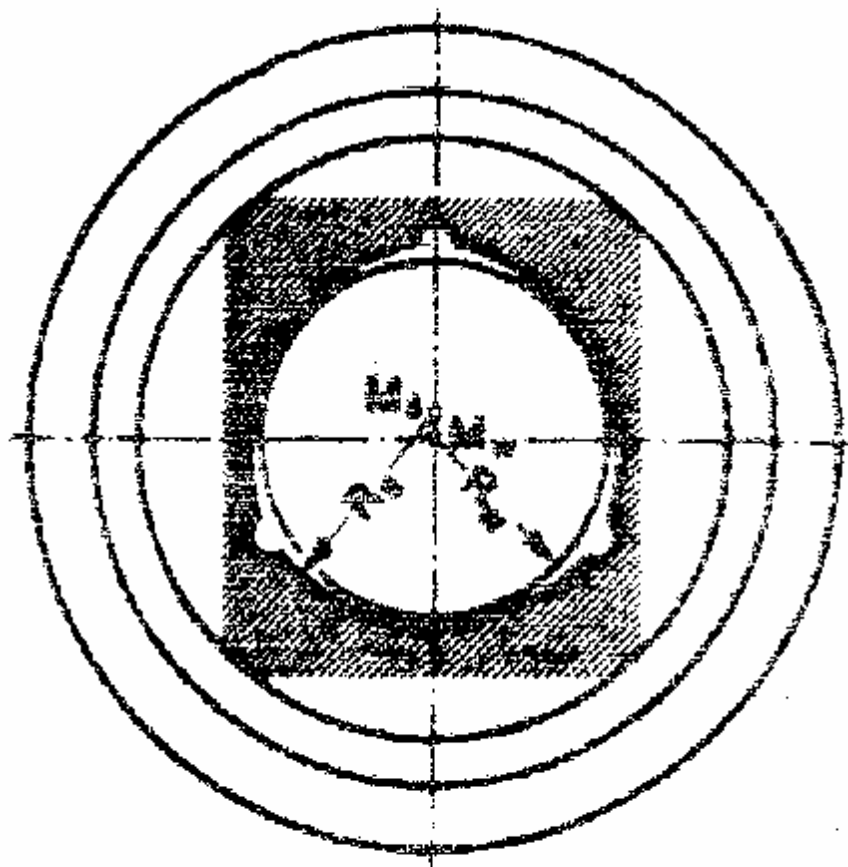
Τα εσωτερικά έδρανα αφήνουν ανεμπόδιστη προσαγωγή αέρα και καυσαερίων. Η διάταξη αυτή επιτρέπει σχεδίαση ευπροσάρμοστων εξαρτημάτων **(σχ 4-3)**, όπως ο συμπιεστής, το συγκρότημα εδράνων, ο στρόβιλος μαζί με τον άξονα, το κέλυφος του στροβίλου και του συμπιεστή, με αποτέλεσμα εύκολη εξάρμοση των τμημάτων για επιθεωρήσεις, αλλά όχι και των ίδιων των εδράνων, που είναι λιγότερο επισκέψιμα **(σχ 4-4)**.

Επειδή τα έδρανα βρίσκονται κοντά μεταξύ τους η τυχόν έλλειψη ζυγοστάθμισης του στροφείου και το βάρος του προβάλλοντος τροχού του στροβίλου μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα ταλαντώσεων. Η διάμετρος των εδράνων είναι αναγκαστικά μεγαλύτερη, επειδή εφαρμόζουν στον άξονα μεταξύ στροβίλου και συμπιεστή, και αυτό αυξάνει τις απώλειες τριβών. Σε απλά έδρανα χρησιμοποιείται το λιπαντικό του κινητήρα.

Οι κυλινδροτριβείς έχουν χαμηλότερες απώλειες τριβών το οποίο αποτελεί πλεονέκτημα στην εκκίνηση από κρύο όπου το ιξώδες του λιπαντικού είναι υψηλό, σε επιδόσεις επιταχύνσεως σε αλλαγές φορτίου, καθώς και σε χαμηλές στροφές. Αυτό το μικρό πλεονέκτημα σε μηχανικό βαθμό αποδόσεως είναι ποίο σημαντικό για 2-Χ κινητήρες που είναι περισσότερο ευαίσθητοι στο β.α. στροβιλοπληρωτή. Οι κυλινδροτριβείς επιτρέπουν υψηλή υπερφόρτιση για μικρά διαστήματα και επίσης εξακολουθούν να λειτουργούν ικανοποιητικά αν υπάρξει πρόβλημα στη παροχή λιπάνσεως. Αυτό είναι σπάνιο αν χρησιμοποιηθεί αυτόνομο σύστημα λιπάνσεως το οποίο παρέχει λιπαντικό στα έδρανα μέσω γριναζωτής κινούμενης από τον άξονα αντλίας ή με διάφορα άλλα συστήματα όπως εμβαπτιζόμενου δίσκου σε μικρή ελαιολεκάνη. Το χωριστό από τον κινητήρα σύστημα λιπάνσεως επιτρέπει την χρήση λεπτόρρευστου λαδιού, που μειώνει περαιτέρω τις τριβές **(σχ 4-5)**.

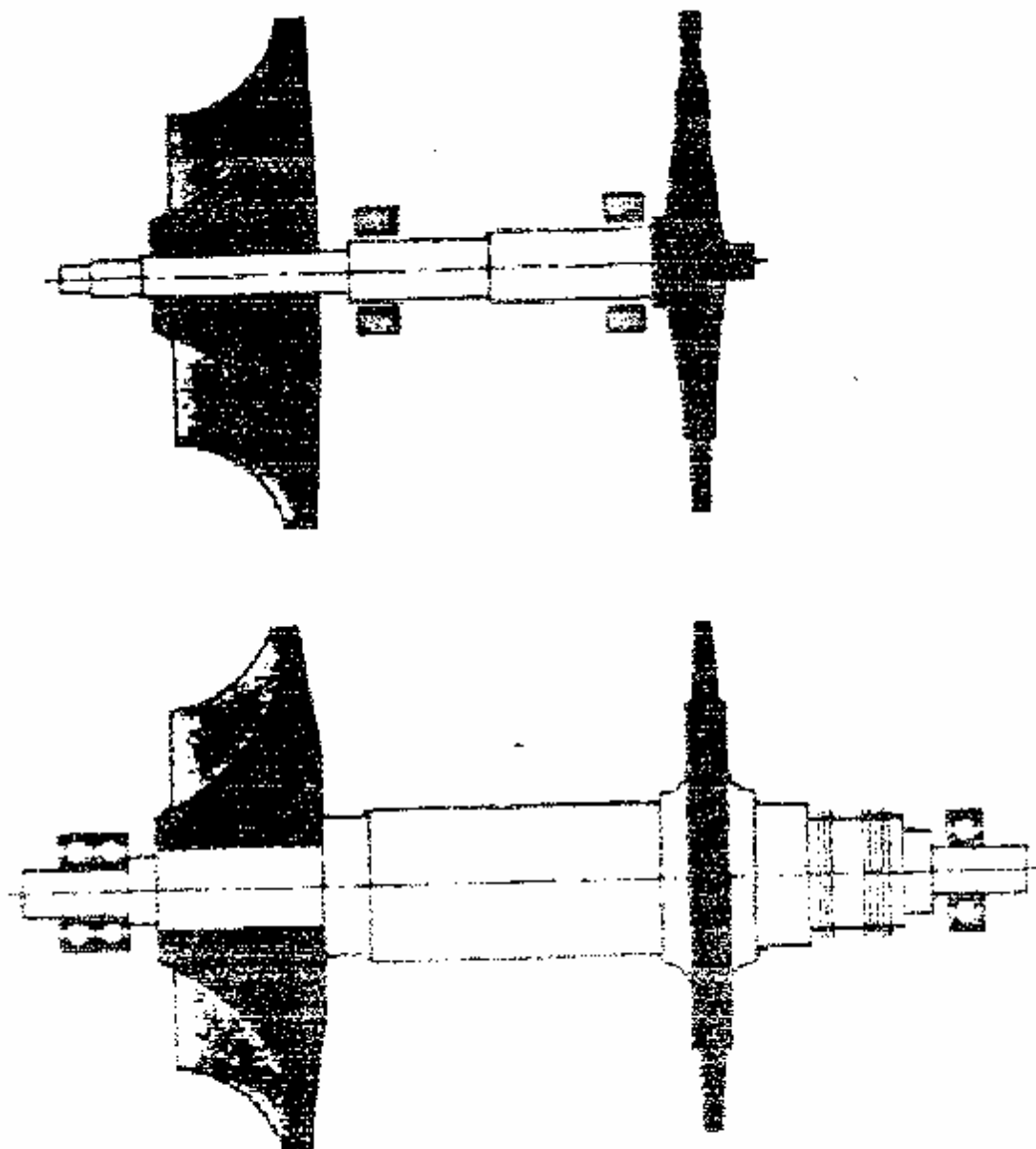


4-1 Διατάξεις εδράνων στροβιλοπληρωτών.



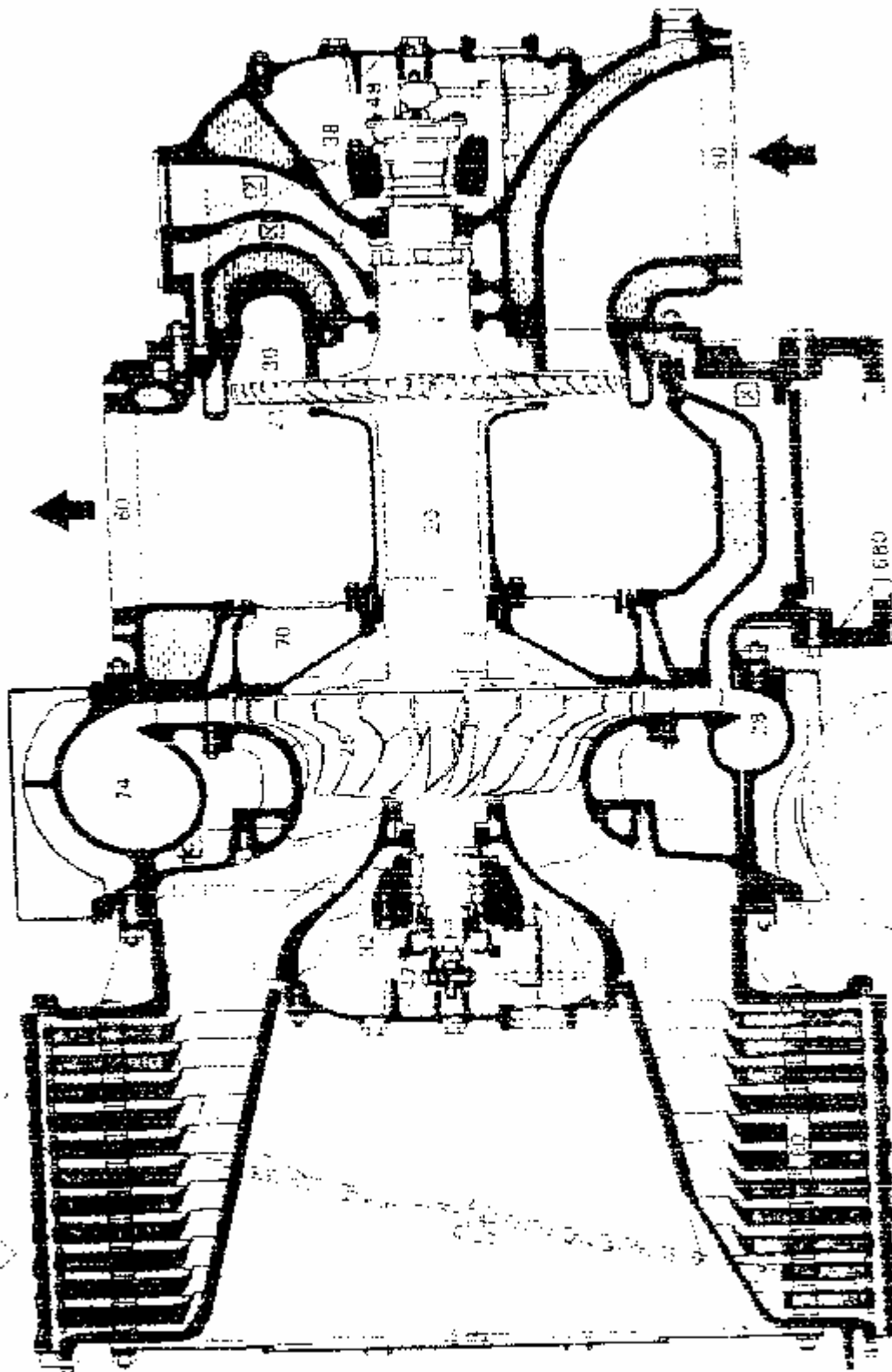
Έδρανο με τομείς έδρασης για αποφυγή συντονισμού στρώματος ελαίου.

Σχήμα 4.1,6



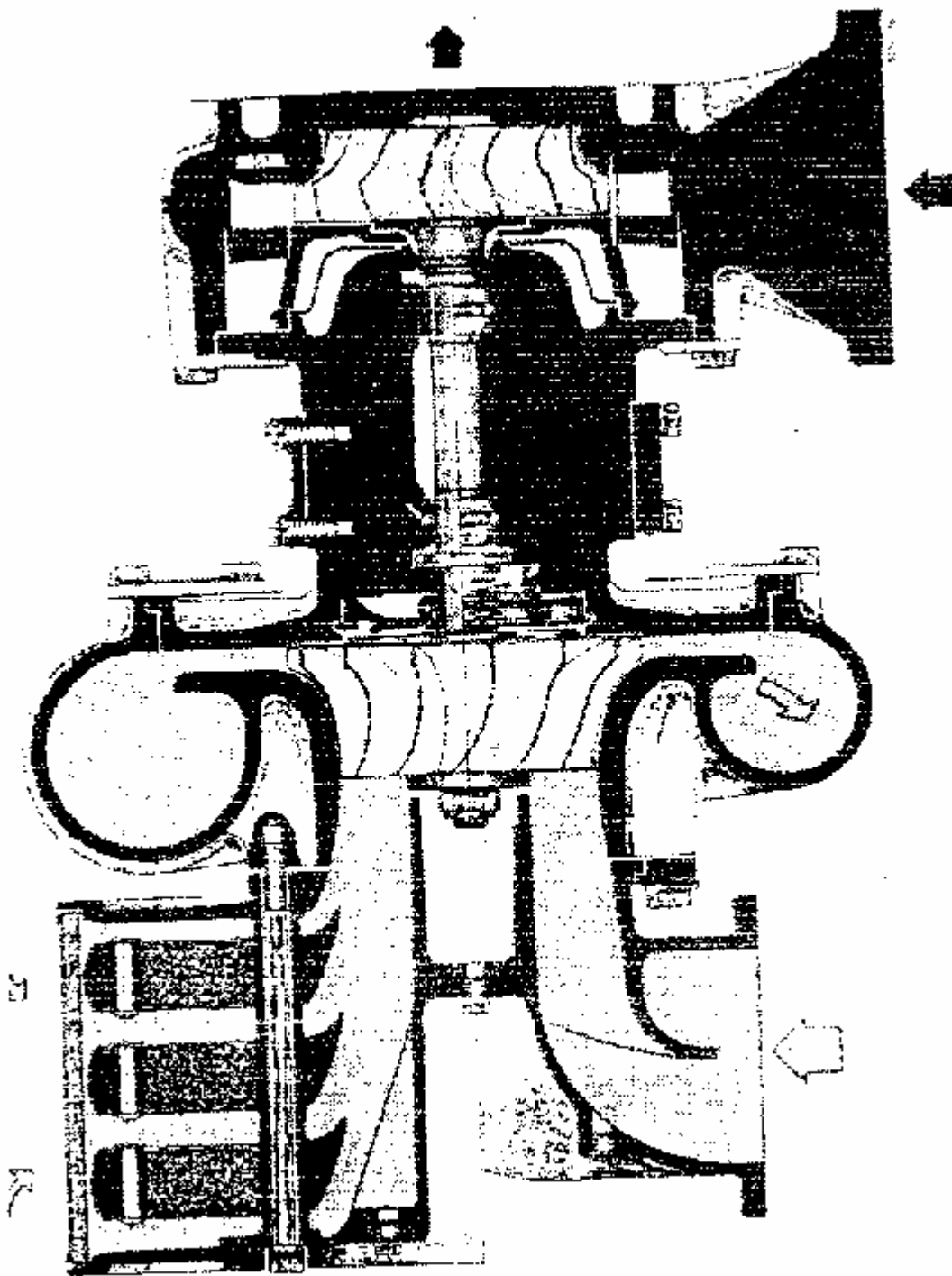
Διατάξεις στρόβιλοπληρωτών με εσωτερικά έδρανα και εξωτερικούς ενσφαιροτριβείς.

Σχήμα 4.2



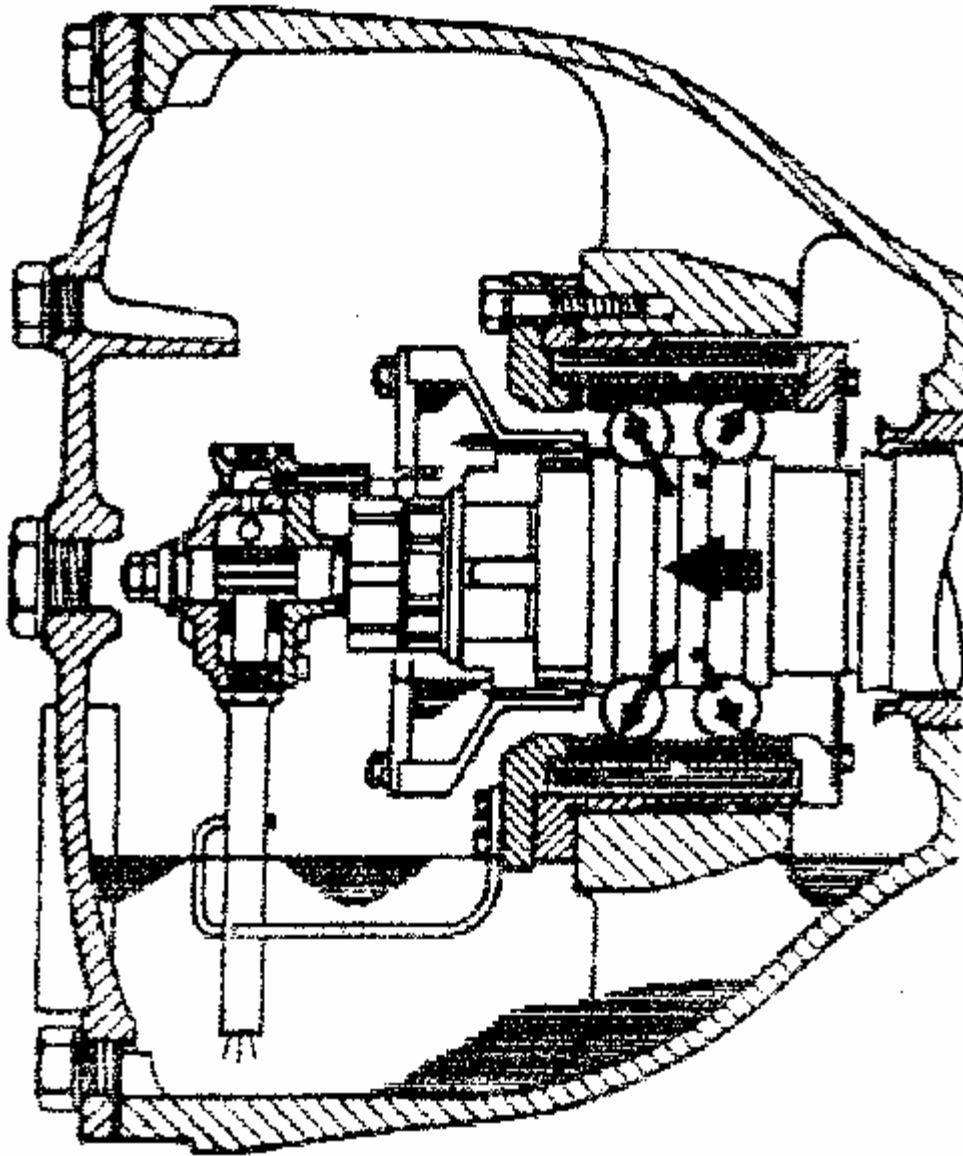
Τομή υπερπληρωτή μεγάλου μεγέθους με εξωτερικούς ενσφαιροτριβείς.

Σχήμα 4.3



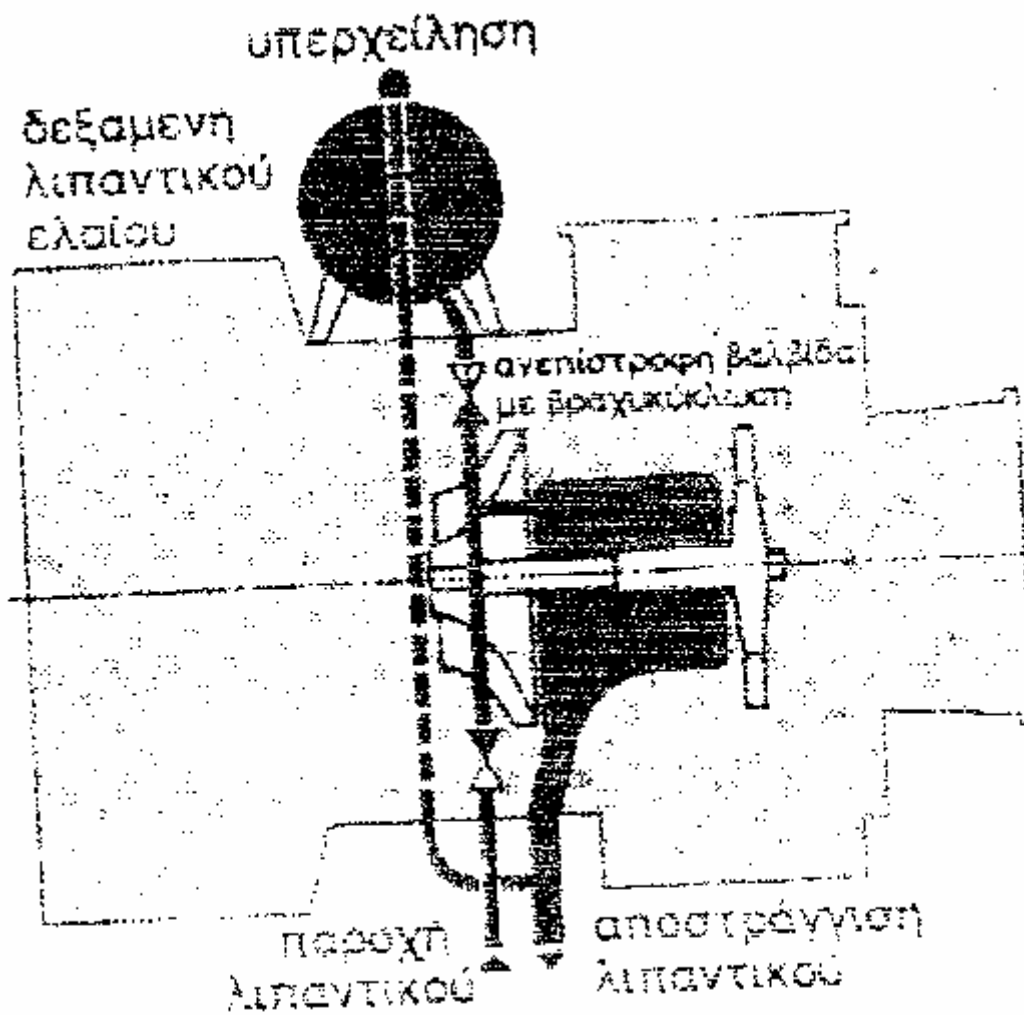
Τομή υπερπληρωτή με εσωτερικά έδρανα λευκού μετάλλου.

Σχήμα 4.4



Διάταξη λιπανσης εξωτερικών εδρώνων με γραναζωτή αντλία.

Σχήμα 4.5



Διάταξη λιπάνσεως βράκτου υπερπληρωτή με εσωτερικά εδράνα.

Σχήμα 4.7

Οι απλοί τριβείς λευκού μετάλλου έχουν μεγάλη διάρκεια χρήσιμης ζωής (20000+ώρες). Μπορούν να τροφοδοτηθούν χωρίς πρόβλημα από το σύστημα λιπάνσεως του κινητήρα, το λιπαντικό όμως πρέπει να περνά από φίλτρο 0.05 mm. Μερικές φορές κυρίως σε μικρότερους υπερπληρωτές τα έδρανα (κολυμπούν) στο λάδι και περιστρέφονται με περίπου 20% των στροφών του άξονα κατά την λειτουργία. Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει απόσβεση των κραδασμών, μείωση του θορύβου και εξισορρόπηση μικρών προβλημάτων ζυγοστάθμισης του στροφείου.

Γενικά τα απλά έδρανα έχοντας μεγαλύτερες ανοχές επηρεάζονται λιγότερο από προβλήματα ζυγοσταθμίσεως λόγω π.χ επικαθήσεων καπνού στα πτερύγια του στροβίλου. Όμως σε μεγάλα ακτινικά φορτία στα έδρανα αυτά, μπορεί να παρατηρηθούν φαινόμενα συντονισμού και μειώσεως του πάχους του στρώματος ελαίου, οπότε σε ορισμένους μεγάλους στροβιλοπληρωτές χρησιμοποιούνται αντί έδρανα με συνεχή επιφάνεια εδράσεως, έδρανα με κυλινδρικούς τομείς εδράσεως που επιτρέπουν την αναπλήρωση του λιπαντικού στρώματος **(σχ 4.6)**.

Σε ορισμένες διατάξεις στροβιλοπληρωτών, τμήμα της αξονικής ώσης του στροβίλου ισορροπείται από την ώση του συμπιεστή. Επίσης οι ενσφαιροτριβείς μπορούν να παραλάβουν αξονική ώση σε χαμηλούς λόγους πίεσεως του υπερπληρωτή, **(σχ 4.7)**, ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις χρειάζεται κάποια μορφή ωστικού εδράνου. Σε αντίθεση με τα έδρανα του άξονα, που παραλαμβάνουν σχετικά μικρά φορτία, το ωστικό έδρανο μπορεί να υφίσταται σημαντική φόρτιση. Έτσι το πάχος του στρώματος λιπαντικού μπορεί να γίνει πολύ μικρό. Σε περιπτώσεις μόλυνσεως του λιπαντικού τα σωματίδια θα επιφέρουν μεγάλες φθορές στο ωστικό έδρανο. Αν όμως το έδρανο σχεδιαστεί μεγαλύτερο οπότε η φόρτιση ανά μονάδα επιφάνειας είναι μικρότερη και το στρώμα λαδιού παχύτερο, τότε οι απώλειες λόγω τριβών θα αυξηθούν. Τα έδρανα του άξονα λόγω μικρών φορτίων μπορούν να έχουν μεγάλο πάχος στρώματος λαδιού και έτσι δεν επηρεάζονται από μόλυνση του λιπαντικού. (Σημειώνεται ότι μόλυνση του λιπαντικού είναι πιο πιθανή σε 4-Χ κινητήρες που λειτουργούν με βαρέα καύσιμα). Όμως υπερβολικό πάχος λιπαντικού μπορεί να οδηγήσει σε ρευστοδυναμική αστάθεια λιπάνσεως σε υψηλές στροφές άξονα. Εκτός της μεθόδου των τομέων στο έδρανο, που αναφέρθηκε πιο πάνω, υπάρχει δυνατότητα αντί για έδρανο κυκλικής διατομής να χρησιμοποιηθεί έδρανο έκκεντρο με ελλειψοειδή διατομή, αφού προηγηθεί δυναμική ανάλυση του στροφείου. Σε εξαιρετικά υψηλές φορτίσεις και με διατάξεις εξωτερικών εδράνων μπορεί να χρησιμοποιηθούν ειδικά συνθετικά λιπαντικά για παραλαβή φορτίου, απαγωγή θερμότητας και μείωση των τριβών.

Το σύστημα λιπάνσεως σχεδιάζεται επίσης έτσι ώστε να προσφέρει προστασία στον στροβιλοπληρωτή σε περίπτωση κρατήσεως ανάγκης της μηχανής ώστε το λιπαντικό να απάγει την παραμένουσα θερμότητα των μεταλλικών μερών. Σε ορισμένες διατάξεις χρησιμοποιείται για τέτοιες περιπτώσεις δεξαμενή λιπαντικού που τροφοδοτεί τον υπερπληρωτή μέσω βαρύτητας για 15-20 min. **(σχ 4.6)**.

Στους μικρότερους υπερπληρωτές η σχεδίαση της λιπάνσεως των εδράνων είναι τέτοια ώστε σε περίπτωση κρατήσεως ανάγκης με μέγιστη θερμοκρασία καυσαερίων (550⁰ C) και μέγιστες στροφές υπερπληρωτή (π.χ 25000 rpm) με αρχική θερμοκρασία λαδιού 75⁰ C, το λιπαντικό θα απάγει αρκετή θερμότητα από το έδρανο χωρίς υπερθέρμανση μέχρι να σταματήσει η περιστροφή του στροφείου.

4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Πολλά χρόνια εμπειρίας μας έχουν δείξει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των προβλημάτων των υπερσυμπιεστών προέρχεται από προβλήματα λίπανσης. Η δεύτερη μεγάλη αιτία προβλημάτων προκαλείται από την εισαγωγή ξένων αντικειμένων στους χώρους της τουρμπίνας και του συμπιεστού.

Οι δοκιμασμένες πρακτικές συντήρησης πρέπει να τηρούνται, ιδιαίτερα όσον αφορά το φιλτράρισμα του αέρα καθώς και η ποιότητα και το φιλτράρισμα του λαδιού. Αυτά τα σημεία είναι σημαντικά εξαιτίας της ταχύτητας με την οποία λειτουργούν οι υπερσυμπιεστές. Οι σωστές διαδικασίες λειτουργίας και προληπτικής συντήρησης εξασφαλίζουν την καλή λειτουργία και την μακροβιότητα του υπερσυμπιεστού.

Οι διαδικασίες συντήρησης που βασίζονται αυστηρά σε ώρες λειτουργίας, αποστάσεις που διανύει το όχημα, ή ημερολογιακές περιόδους, συχνά δεν έχουν πρακτική εφαρμογή στους υπερσυμπιεστές. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της ποικιλίας των λιπαντικών που χρησιμοποιούνται, του τρόπου λειτουργίας και των συνθηκών κάτω από τις οποίες λειτουργούν.

Για τους παραπάνω λόγους, η προληπτική συντήρηση ενός υπερσυμπιεστού συνιστάται κυρίως από την εξασφάλιση ότι το σύστημα παροχής αέρα της μηχανής, λειτουργεί με τρόπο που δεν δημιουργεί προβλήματα στον υπερσυμπιεστή ή την μηχανή.

Ο Μηχανικός ή ο ιδιοκτήτης της μηχανής πρέπει να ακολουθεί τις παρακάτω διαδικασίες για να εξασφαλίσει την καλή λειτουργία και να μεγιστοποιήσει τον χρόνο ζωής του υπερσυμπιεστού :

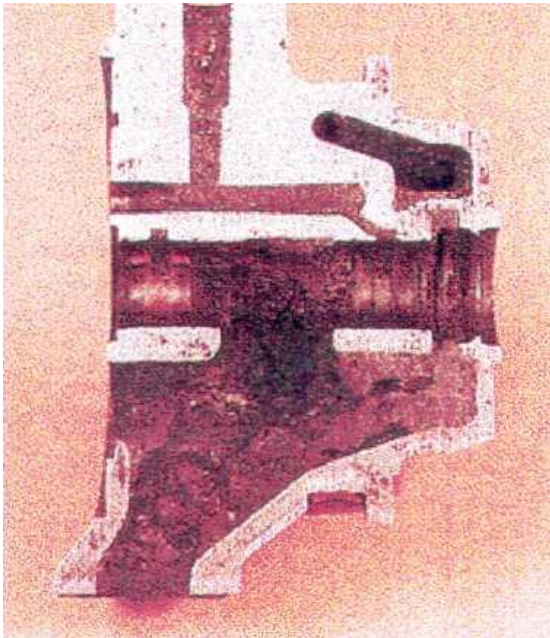
1- Να αυξάνει τις στροφές της μηχανής μόνο όταν έχει αποκατασταθεί η σωστή πίεση λαδιού. Η αύξηση των στροφών αμέσως μετά το ξεκίνημα της μηχανής μπορεί να εξαναγκάσει τον υπερσυμπιεστή να λειτουργήσει σε μεγάλη ταχύτητα πριν οι τριβείς λιπανθούν επαρκώς και να τους προκαλέσουν αυξημένες φθορές ή και ζημιές.

2- Πριν από το κλείσιμο της μηχανής, πρέπει να μειώνονται βαθμιαία οι στροφές και η θερμοκρασία της μηχανής. Οι υπερσυμπιεστές λειτουργούν σε ταχύτητες και θερμοκρασίες που είναι πολύ υψηλές και όταν μια μηχανή λειτουργεί στη μέγιστη ισχύ της, η ταχύτητα και η θερμοκρασία των υπερσυμπιεστών είναι επίσης στο μέγιστο. Για τον λόγο αυτό μπορούν να προκληθούν προβλήματα στην μηχανή και πολύ περισσότερο στον υπερσυμπιεστή, εάν η μηχανή κλείσει σ' αυτό το σημείο. Για να επιτύχουμε την μείωση της θερμοκρασίας και των στροφών του υπερσυμπιεστού πρέπει να αφήνουμε την μηχανή να δουλεύει σε χαμηλές στροφές ή μικρό φορτίο και να δώσουμε χρόνο στα συστήματα ψύξης και λίπανσης να ψύξουν και να λιπάνουν τον υπερσυμπιεστή. Ακολουθώντας την διαδικασία αυτή, εμποδίζουμε την παρατεταμένη περιστροφή του υπερσυμπιεστού χωρίς λίπανση και τον σχηματισμό αιθάλης (κάρβουνου) όπως φαίνεται στην **εικόνα 4.12**, η οποία μπορεί να σχηματιστεί καθώς αποσυντίθενται τα υπολείμματα λαδιού από τους τριβείς, όταν περιστρέφονται χωρίς επαρκή λίπανση.

3- Ο υπερσυμπιεστής μπορεί να χρειαστεί προλίπανση μετά από αλλαγή λαδιών, η οποιοδήποτε άλλο service απαιτεί το άδειασμα των λαδιών. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να περιστρέψουμε την μηχανή μερικές φορές πριν να την ξεκινήσουμε και να την αφήσουμε να δουλέψει στις ελάχιστες στροφές αρκετά ώστε να αποκατασταθούν η πίεση και η κυκλοφορία του λαδιού, πριν επιχειρήσουμε να αυξήσουμε τις στροφές.

4- Σε περιπτώσεις χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών, ή σε περιπτώσεις που η μηχανή έχει μείνει αχρησιμοποίητη για μεγάλο χρονικό διάστημα επηρεάζονται η κανονική ροή και πίεση του λαδιού. Στις περιπτώσεις αυτές, η μηχανή πρέπει να αφήνεται να λειτουργήσει στις ελάχιστες στροφές για αρκετά λεπτά πριν επιχειρήσουμε να τις αυξήσουμε.

5- Πρέπει να αποφεύγουμε την λειτουργία της μηχανής στις ελάχιστες στροφές για μεγάλα διαστήματα. Οι χαμηλές πιέσεις της τουρμπίνας και του συμπιεστού, σε συνδυασμό με την μικρή ταχύτητα περιστροφής του άξονα του υπερσυμπιεστού, είναι δυνατόν να επιτρέψουν την διαρροή λαδιού προς την τουρμπίνα και τον συμπιεστή. Αυτό γενικά δεν είναι επιβλαβές για τα μηχανικά μέρη αλλά λερώνει τους τροχούς.



Εικ 4.12

4.4 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΒΛΑΒΩΝ

Η γενική κατάσταση του υπερσυμπιεστού πρέπει να ελέγχεται και να αξιολογείται πριν από την αποσύνδεση του από την μηχανή.

Εάν κριθεί απαραίτητη η αποσύνδεση, πρέπει όταν λύνονται οι σωληνώσεις και οι συνδέσεις και να προσδιορίζεται εάν αυτές ήταν αρκετά σφικτές και χωρίς διαρροές. Μετά το λύσιμο και την αποσύνδεση, μπορεί να είναι δύσκολο ή και αδύνατο να επιβεβαιωθούν οι συνθήκες που προκάλεσαν το πρόβλημα.

Τα περισσότερα προβλήματα επιλύονται συνήθως με τη χρησιμοποίηση του συστήματος εντοπισμού βλαβών (Troubleshooting).

Οι βλάβες που εμφανίζονται αμέσως μετά την αντικατάσταση μπορούν να έχουν σχέση με τα κάτωθι:

- Ατελή αποκατάσταση του προβλήματος που προκάλεσε την αντικατάσταση
- Προβλήματα που προκλήθηκαν κατά την διάρκεια της αντικατάστασης.
- Να έχει πρόβλημα ο καινούργιος υπερσυμπιεστής.

Η ταχύτητα περιστροφής και η θερμοκρασία λειτουργίας των υπερσυμπιεστών, μας βοηθούν συνήθως να εντοπίσουμε γρήγορα τα προβλήματα εάν υπάρχουν. Εάν δημιουργηθούν προβλήματα κατά την εγκατάσταση, αυτά εμφανίζονται αμέσως μετά την εγκατάσταση.

Πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι ο υπερσυμπιεστής δεν αλλάζει τα βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας μιας μηχανής και δεν είναι από μόνος του πηγή ισχύος. Η μόνη λειτουργία του υπερσυμπιεστού είναι ότι παρέχει περισσότερο όγκο συμπιεσμένου αέρα στην μηχανή που μπορεί έτσι να κάψει περισσότερο καύσιμο και να παράγει περισσότερη ισχύ. Οι δε δυνατότητές του περιορίζονται από την ροή, την πίεση και την θερμοκρασία των καυσαερίων της μηχανής.

Ο υπερσυμπιεστής είναι μέρος του λειτουργικού συστήματος της μηχανής και η συνειδητοποίηση του γεγονότος αυτού, θα μας βοηθήσει ουσιαστικά στον εντοπισμό και στην επιδιόρθωση των γενικότερων προβλημάτων της μηχανής.

Ομοίως η πλήρης κατανόηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας του υπερσυμπιεστού μας βοηθά στον προσδιορισμό και την επιδιόρθωση των προβλημάτων του.

Όταν προβαίνετε στην αντικατάσταση ενός υπερσυμπιεστού ή ενός εξαρτήματος του, πρέπει να είστε βέβαιοι ότι χρησιμοποιείτε τον σωστό υπερσυμπιεστή ή το σωστό εξάρτημα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα assembly numbers και στα part numbers έτσι ώστε να αποφεύγονται περαιτέρω προβλήματα. Τα εξαρτήματα μπορεί να έχουν διαφορές που δεν φαίνονται με την πρώτη ματιά, γι' αυτό ο έλεγχος των part numbers είναι απαραίτητος.

Ο υπερσυμπιεστής δεν μπορεί να ξεπεράσει ή να διορθώσει προβλήματα κακής λειτουργίας της μηχανής όπως είναι η κακή λειτουργία του συστήματος παροχής καυσίμου, ο χρονισμός, τα ελαττωματικά χιτώνια κλπ. Γι' αυτό εάν ο υπερσυμπιεστής είναι διαπιστωμένα σε καλή λειτουργική κατάσταση και εξακολουθείτε να έχετε προβλήματα στην λειτουργία της μηχανής, προχωρήστε στον εντοπισμό τους, αγνοώντας την ύπαρξη του υπερσυμπιεστού.

4.5 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΜΗΧΑΝΗ.

Πολλές από τις καταστάσεις που δημιουργούν τα προβλήματα, επηρεάζουν άμεσα ή και αναλογικά την παραγωγή ισχύος της μηχανής. Για παράδειγμα μπορεί να υπάρχει ένα πρόβλημα που να περνά απαρατήρητο ως προς την παραγωγή ισχύος όταν η μηχανή δουλεύει σε χαμηλές στροφές (ρελαντί) και να εμφανίζεται ότι η μηχανή εργάζεται σε πλήρη ισχύ η και το αντίθετο.

Η παρακάτω διαδικασία είναι μια γενική αξιολόγηση που περιλαμβάνει διάφορες καταστάσεις λειτουργίας. Η ανίχνευση βλαβών με τον υπερσυμπιεστή συνδεδεμένο στην μηχανή, θα βοηθήσει επίσης να εντοπίσουμε τις εξωτερικές αιτίες, ή τις αιτίες που έχουν σχέση με την μηχανή και προκαλούν προβλήματα στον υπερσυμπιεστή και οι οποίες πρέπει να αποκατασταθούν πριν αντικαταστήσουμε τον υπερσυμπιεστή για να μην προκαλέσουν και στον νέο τα ίδια προβλήματα και βλάβες.

Ο αποτελεσματικότερος τρόπος για να αντιμετωπίσουμε ένα πρόβλημα, είναι να προχωρήσουμε ακολουθώντας όλα τα απαραίτητα βήματα με τη σειρά, πριν να καταλήξουμε στην τελική απόφαση για το τι πρέπει να γίνει. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ελέγξουμε όλα τα τμήματα της μηχανής που παρουσιάζουν πρόβλημα, πριν να προχωρήσουμε στην αποκατάσταση οποιουδήποτε προβλήματος.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επισκευή μπορεί να μας κατευθύνει προς την "Ανάλυση Βλάβης Υπερσυμπιεστών". Ανάλογα με τα αποτελέσματα αυτών των επιθεωρήσεων, μπορεί να χρειαστεί να μετρήσουμε τις ελευθερίες των τριβών (bearing clearances) ή να ελέγξουμε την wastegate device. Οι επιθεωρήσεις αυτές καθώς επίσης και η λεπτομερειακή ανάλυση των προβλημάτων που μπορούν να αποκαλύψουν, καλύπτονται από την "Ανάλυση Βλάβης Υπερσυμπιεστών".

Η ανίχνευση βλάβης με τον υπερσυμπιεστή συνδεδεμένο στην μηχανή, αποτελείται από κάποια βασικά βήματα που πρέπει να γίνουν, πριν να αποσυνδέσουμε τον υπερσυμπιεστή από την μηχανή. Οποιαδήποτε εξωτερικά ή σχετιζόμενα με την μηχανή προβλήματα ευρεθούν, πρέπει να αποκατασταθούν πριν προχωρήσουμε στην αντικατάσταση του υπερσυμπιεστού.

Πρέπει να ανατρέξουμε στις οδηγίες του κατασκευαστού της μηχανής και να ακολουθήσουμε τις οδηγίες του για την επιθεώρηση της μηχανής και την αντικατάσταση του υπερσυμπιεστού.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Η μηχανή πρέπει να μην λειτουργεί κατά την διάρκεια των διαδικασιών ελέγχου. Εάν ήταν σε λειτουργία βεβαιωθείτε ότι έχει κρυώσει πριν ξεκινήσετε.

Προειδοποίηση: Η λειτουργία του υπερσυμπιεστού με τις σωληνώσεις εισόδου και το φίλτρο αέρα αποσυνδεδεμένα, μπορεί να σας τραυματίσει. Ακόμη η συσκευή μπορεί να υποστεί βλάβες από την είσοδο ξένων σωμάτων στον υπερσυμπιεστή.

Τα βασικά βήματα εντοπισμού βλαβών είναι τα παρακάτω:

4.5.1 ΟΠΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Ελέγξτε το εξωτερικό μέρος και την γενικότερη εγκατάσταση του υπερσυμπιεστού. Προσέξτε εάν υπάρχουν υπερβολικοί μηχανικοί θόρυβοι. Ελέγξτε οπτικά για διαρροές, κολλήματα, υπερβολική θερμοκρασία ή καταστάσεις που μπορούν να έχουν επιτρέψει στους τροχούς τουρμπίνας και συμπιεστού να έλθουν σε επαφή με τα κελύφη των. Διαρροές οι οποίες φαινομενικά είναι μικρές ή ασήμαντες όταν η μηχανή δεν λειτουργεί ή λειτουργεί σε χαμηλές στροφές, μπορούν να επηρεάσουν σοβαρά την αναλογία αέρος / καυσίμου και την πίεση που επικρατεί μέσα στα κελύφη κάτω από συνθήκες πλήρους ισχύος. Με πλήρη ισχύ αυτές οι διαρροές μπορούν να αποδειχτούν προβληματικές.

- i) Προσέξτε αν υπάρχουν ασυνήθιστοι θόρυβοι και δονήσεις (vibration).
- ii) Προσέξτε εάν υπάρχουν θόρυβοι υψηλών τόνων (σφυρίγματα) που μπορεί να δείχνουν διαρροές αέρα ή καυσαερίων.
- iii) Προσέξτε εάν υπάρχει επαναλαμβανόμενος θόρυβος που μπορεί να σημαίνει ότι υπάρχουν εμπόδια στην εισαγωγή αέρα ή στο φίλτρο.
- iv) Ελέγξτε εάν περικόχλια (παξιμάδια), βίδες, κλπ , είναι χαλαρά ή δεν υπάρχουν,
- v) Ελέγξτε εάν υπάρχουν χαλαρές ή φθαρμένες σωληνώσεις εισαγωγής και εξαγωγής καθώς και φθαρμένα ή χαλαρά κολάρα.
- vi) Ελέγξτε εάν οι σωληνώσεις παροχής και αποστράγγισης ελαίου είναι φθαρμένες ή φραγμένες,
- vii) Ελέγξτε την κατάσταση των κελυφών του υπερσυμπιεστού και προσέξτε ιδιαίτερα εάν υπάρχουν ρωγμές,
- viii) Ελέγξτε εάν υπάρχουν εξωτερικές διαρροές λαδιού ή άλλα εξωτερικά σημάδια (π.χ. συγκεντρώσεις καταλοίπων ή βρωμιάς), που δείχνουν πιθανή διαρροή αέρα, καυσαερίων ή λαδιού),
- ix) Ελέγξτε εάν υπάρχουν εμφανείς αλλοιώσεις εξωτερικού χρώματος που πιθανώς δείχνουν υπερβολικές θερμοκρασίες,
- x) Ελέγξτε το φίλτρο αέρα.
- xi) Ελέγξτε το wastegate. Βεβαιωθείτε ότι οι σωλήνες είναι σε καλή κατάσταση και οι ενώσεις σφιχτές,
- xii) Βεβαιωθείτε ότι ο συμπιεστής είναι ο κατάλληλος για την συγκεκριμένη μηχανή.

Να θυμάστε ότι αποκαθιστώντας τα παραπάνω προβλήματα, δεν αποκαθιστούμε αυτόματα και τις ενδείξεις ή τα αποτελέσματα τα οποία μας υπέδειξαν το βασικό πρόβλημα. Πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί εάν οι ενδείξεις εξακολουθούν να υπάρχουν και μετά την αποκατάσταση των παραπάνω, διότι κινδυνεύουμε να οδηγηθούμε σε λάθος εκτιμήσεις.

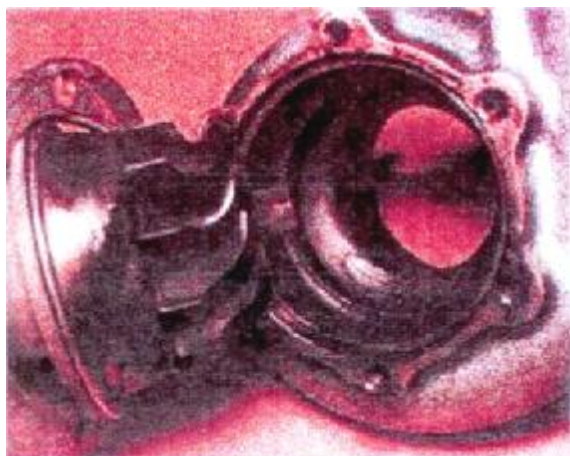
Για παράδειγμα, η αντικατάσταση του φίλτρου αέρα αμέσως πριν από την επιθεώρηση μπορεί να μας οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει πρόβλημα στην εισαγωγή αέρα, παρόλο που οι ενδείξεις μετά την αντικατάσταση εξακολουθούν να δείχνουν φράξιμο ή περιορισμό στην εισαγωγή του αέρα.

Να διορθώνετε τα προβλήματα που ανακαλύπτετε κατά την διάρκεια της παρούσης διαδικασίας αμέσως μετά το πέρας της. Αν υπάρχουν φθαρμένα εξαρτήματα ο υπερσυμπιεστής ή τα φθαρμένα εξαρτήματα του πρέπει να αντικατασταθούν αμέσως και να πάρετε μέτρα ώστε να μην ξανασυμβεί η ίδια βλάβη.

Ανατρέξτε στις οδηγίες του κατασκευαστού για τις απαραίτητες οδηγίες τις απαιτούμενες επιθεωρήσεις και τις προδιαγραφές της αντικατάστασης.

4.5.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΚΑΙ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΤΟΥΡΜΠΙΝΑΣ

Αποσυνδέστε τις σωληνώσεις από την έξοδο της τουρμπίνας. Ελέγξτε για ενδείξεις προβλημάτων που προκλήθηκαν από την εισαγωγή ξένου αντικειμένου. Αυτό συνήθως δεν είναι εμφανές από την εξαγωγή της τουρμπίνας, εκτός και εάν η ζημιά είναι μεγάλη. Ελέγξτε την προέλευση του αντικειμένου που ίσως προήλθε από άλλη ζημιά στην μηχανή. Η **εικόνα 4.13** δείχνει τα σημεία στα οποία συνήθως τρίβεται ο τροχός.



Εικ.4.13

Στρέψτε το περιστρεφόμενο μέρος του υπερσυμπιεστού με το χέρι και ελέγξτε εάν περιστρέφεται ελεύθερα. Κάντε τον ίδιο έλεγχο πιέζοντας το πλαγίως, ενώ το περιστρέφετε. Ο τροχός πρέπει να περιστρέφεται ελεύθερα και χωρίς κανένα θόρυβο. Εάν υπάρχουν ενδείξεις ότι ο τροχός εφάπτεται σε κάποιο σημείο, ή ενδείξεις υψηλής θερμοκρασίας, τότε ο υπερσυμπιεστής έχει πρόβλημα και πρέπει να αντικατασταθεί. Εάν δεν είστε βέβαιοι εάν ο τροχός εφάπτεται, ελέγξτε τις ελευθερίες των τριβών (**clearances**).

Ψάξτε για ενδείξεις διαρροής λαδιού. Εάν βρεθούν κατάλοιπα λαδιού, προσδιορίστε εάν προέρχονται από την μηχανή ή το κεντρικό κέλυφος του υπερσυμπιεστού. Εάν προέρχονται από το κεντρικό κέλυφος, τότε αποσυνδέστε την γραμμή αποστράγγισης και κοιτάξτε μέσα από το άνοιγμα του υπερσυμπιεστού καθώς και στην γραμμή αποστράγγισης με ένα φως. Ένα λεπτό στρώμα λαδιού πρέπει να υπάρχει πάνω στον άξονα, ανάμεσα στα bearing journals, στην κοιλότητα και στην γραμμή αποστράγγισης.

Ελέγξτε τα παρακάτω για να καθορίσετε την αιτία του προβλήματος και να προβείτε στις απαραίτητες ενέργειες.

- i) Η υψηλή πίεση στο στροφαλοθάλαμο μπορεί να αυξήσει την πίεση στην περιοχή αποστράγγισης του κεντρικού κελύφους πάνω από την πίεση στο κέλυφος της τουρμπίνας και να σπρώξει το λάδι προς αυτή την κατεύθυνση,
- ii) Βλάβη στην γραμμή αποστράγγισης,
- iii) Λανθασμένη κλίση γραμμής αποστράγγισης, (περισσότερο από 35 μοίρες από την κάθετο ή έχει απότομες στροφές) ή πέρασμα κοντά στις σωληνώσεις εξαγωγής,
- iv) Η γραμμή αποστράγγισης είναι κάτω από το επίπεδο του λαδιού ή η μηχανή είναι στερεωμένη και λειτουργεί με μεγάλη γωνία κλίσης.

Διορθώστε τα προβλήματα εγκατάστασης μετά την συμπλήρωση της παρούσης διαδικασίας. Εάν υπάρχουν χαλασμένα μέρη στον υπερσυμπιεστή, πρέπει να αντικατασταθούν και να ληφθούν προληπτικά μέτρα που θα εμποδίσουν το πρόβλημα να επαναληφθεί.

4.5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΡΟΧΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΥ ΚΑΙ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Αποσυνδέστε τις σωληνώσεις από την είσοδο του συμπιεστού.

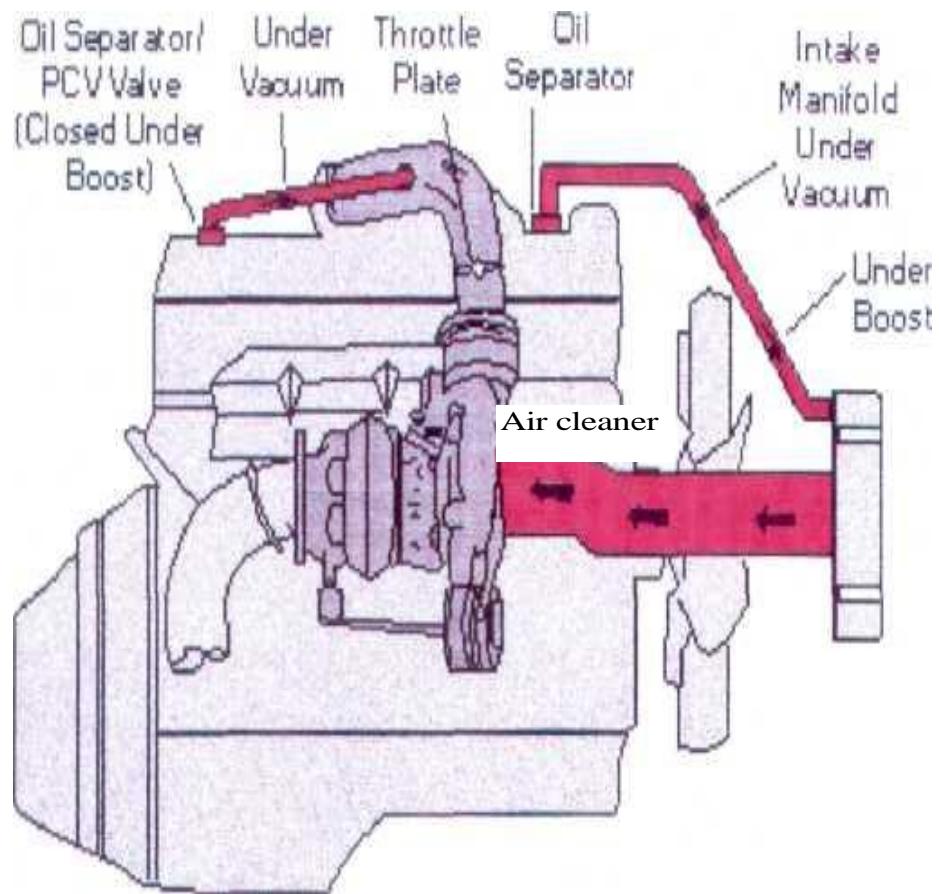
Ελέγξτε εάν υπάρχουν ενδείξεις βλάβης που προκλήθηκε στον συμπιεστή από την εισαγωγή ξένου αντικειμένου. Αν υπάρχει βλάβη στον τροχό, το ξένο αντικείμενο εισήλθε πιθανώς μέσω του συστήματος εισαγωγής. Η προέλευση του αντικειμένου που προκάλεσε την ζημιά πρέπει να αναγνωρισθεί. Η εισαγωγή ξένων αντικειμένων οφείλεται συνήθως σε ανθρώπινο λάθος ή σε προβλήματα στο σύστημα εισαγωγής. Αναγνωρίστε την προέλευση του αντικειμένου, καθαρίστε το σύστημα και ελέγξτε την μηχανή για πιθανά προβλήματα.

Περιστρέψτε το περιστρεφόμενο μέρος με το χέρι και ελέγξτε εάν περιστρέφεται ελεύθερα. Κάντε τον ίδιο έλεγχο πιέζοντας το πλαγίως, ενώ το περιστρέφετε. Ο τροχός πρέπει να περιστρέφεται ελεύθερα και χωρίς κανένα θόρυβο. Εάν υπάρχουν ενδείξεις ότι ο τροχός εφάπτεται σε κάποιο σημείο, τότε αυτό μπορεί να οφείλεται σε χαλαρό ή παραμορφωμένο κέλυφος, ή σε πρόβλημα στους τριβείς. Εάν έχετε αμφιβολίες ελέγξτε τις ελευθερίες των τριβέων (bearing clearances).

Ελέγξτε για ενδείξεις διαρροών. Η πλευρά του συμπιεστού είναι περισσότερο ευαίσθητη στον περιορισμό εισαγωγής αέρα. Η εμφάνιση λαδιού στην έξοδο του συμπιεστού δεν σημαίνει ότι υπάρχει διαρροή στον υπερσυμπιεστή.

Προσέξτε εάν υπάρχουν ενδείξεις διαρροής ελαίου. Η πλευρά του συμπιεστού είναι περισσότερο ευαίσθητη σε περιπτώσεις που υπάρχουν εμπόδια στην εισαγωγή αέρα. Η εμφάνιση ελαίου στην έξοδο του συμπιεστού δεν σημαίνει απαραίτητα διαρροή στην τσιμούχα (seal) του συμπιεστού. Λάδι που προέρχεται από τον εξαερισμό του στροφαλοθαλάμου, ή από άλλες πηγές λαδιού, μπορεί εύκολα να εκληφθεί σαν διαρροή λαδιού από την πλευρά του συμπιεστού. Ο συμπιεστής μπορεί να αναρροφήσει ατμούς λαδιού να τους υγροποιήσει και να τους εμφανίσει στην έξοδο του σαν λάδι.

Η **εικόνα 4.14** δείχνει πως ο εξαερισμός του συστήματος του στροφαλοθαλάμου είναι συνδεδεμένος με την πλευρά του συμπιεστού. Η γενική κατάσταση της μηχανής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το σύστημα αερισμού του στροφαλοθαλάμου. Ακολουθήστε τις οδηγίες του κατασκευαστού για τον έλεγχο της σωστής του λειτουργίας. Άλλοι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν διαρροή λαδιού στον χώρο του συμπιεστού περιγράφονται στους χάρτες εντοπισμού βλαβών. Διαρροή λαδιού στον χώρο του συμπιεστού μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την συγκέντρωση λαδιού στο σύστημα ψύξης αέρα. Εάν παρατηρηθούν μεγάλες συγκεντρώσεις λαδιού, είναι απαραίτητη η αποστράγγιση και ο καθαρισμός του συστήματος ψύξης αέρα.



EIK.4.14

4.5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Ελέγξτε για ίχνη συγκέντρωσης καταλοίπων στο κεντρικό κέλυφος. Οι συγκεντρώσεις καταλοίπων στο κεντρικό κέλυφος δεν είναι εύκολο να εντοπιστούν με μια απλή επιθεώρηση από τα άκρα του. Αποδείξεις για την ύπαρξη μιας τέτοιας κατάστασης εμφανίζονται σε προχωρημένες περιπτώσεις με συγκεντρώσεις λαδιού στην εισαγωγή λαδιού. Επίσης πρέπει να ελεγχθεί και η περιοχή αποστράγγισης.

Στρέψτε το περιστρεφόμενο τμήμα με το χέρι και ελέγξτε εάν περιστρέφεται ελεύθερα. Κάντε τον ίδιο έλεγχο πιέζοντας το περιστρεφόμενο μέρος προς τα πλάγια ενώ το περιστρέφεται και ελέγξτε εάν οι τροχοί εφάπτονται στα κελύφη. Τυχόν επαφή τους μπορεί να προκληθεί από χαλαρά ή παραμορφωμένα κελύφη, καθώς και από κατεστραμμένους τριβείς. Εάν εξακολουθείτε να έχετε αμφιβολίες ελέγξτε τις ελευθερίες των τριβών.

Ελέγξτε για ενδείξεις διαρροής λαδιού ή ψυκτικού υγρού που μπορούν να προέρχονται από τις παρακάτω αιτίες.

- i) Χαλαρές ή κακές συνδέσεις
- ii) Ακατάλληλο παρέμβυσμα ή ακατάλληλο υλικό παρεμβύσματος
- iii) Πορώδη μέταλλα
- iv) Λανθασμένη διάνοιξη ή θέση οπών.

4.5.5 ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΤΡΙΒΕΩΝ

Εάν κανένα από τα προηγούμενα βήματα δεν αποκάλυψαν τα προβλήματα του υπερσυμπιεστού, ή εάν οι αποδείξεις που έχουμε δεν είναι πειστικές, ο αξονικός και ακτινικός έλεγχος της ελευθερίας των τριβών, θα μας δείξει εάν η μονάδα είναι φθαρμένη ή έχει εσωτερική ζημιά και χρειάζεται αντικατάσταση.

Ακτινική ελευθερία Journal bearing

Ελέγξτε την ακτινική ελευθερία των journal bearings χρησιμοποιώντας τα όργανα, τις προδιαγραφές και τις υποδείξεις του κατασκευαστού και βεβαιωθείτε ότι οι ελευθερίες είναι μέσα στα όρια. Εάν οι ελευθερίες είναι εκτός ορίων, υπάρχουν εσωτερικές φθορές ή βλάβες και ο υπερσυμπιεστής, ή τα φθαρμένα μέρη του, πρέπει να αντικατασταθεί.

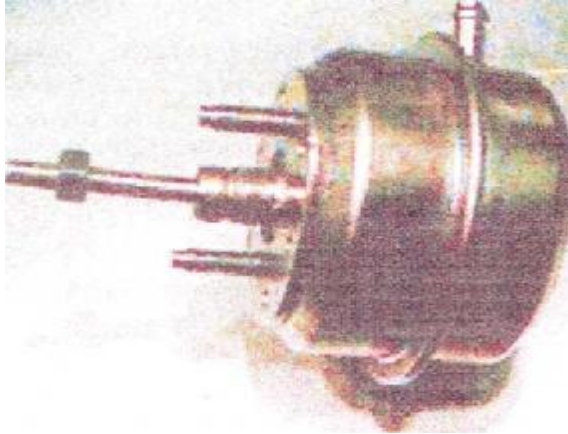
Αξονική ελευθερία τριβών

Ελέγξτε την αξονική ελευθερία των thrust bearings χρησιμοποιώντας τα όργανα, τις προδιαγραφές και τις υποδείξεις του κατασκευαστού και βεβαιωθείτε ότι οι ελευθερίες είναι μέσα στα όρια. Εάν οι ελευθερίες είναι εκτός ορίων, υπάρχουν εσωτερικές φθορές ή βλάβες και ο υπερσυμπιεστής, ή τα φθαρμένα μέρη του, πρέπει να αντικατασταθούν.

Εάν κανένας από τους παραπάνω ελέγχους δεν έδωσε αποτέλεσμα, τότε είναι πολύ πιθανόν ότι ο υπερσυμπιεστής βρίσκεται σε καλή λειτουργική κατάσταση και το πρόβλημα πρέπει να αναζητηθεί στην λειτουργία της μηχανής.

4.5.6 ΕΛΕΓΧΟΣ WASTEGATE ASSEMBLY

Το Wastegate μπορεί να βρίσκεται στο εσωτερικό του κελύφους της τουρμπίνας ή να είναι μια ξεχωριστή συσκευή συνδεδεμένη στο σύστημα εξαγωγής της μηχανής. Οι ενεργοποιητές (actuators) **εικόνα 4.15** είναι συνδεδεμένοι κατευθείαν στην έξοδο του συμπιεστού, ή εργάζονται σε συνδυασμό με το όλο σύστημα ελέγχου της μηχανής. Οι κατασκευαστές της μηχανής δίνουν συγκεκριμένες οδηγίες για τα wastegates, εξαιτίας των ειδικών ρυθμίσεων που απαιτούν και της θέσης των στο όλο σύστημα ελέγχου της μηχανής.



Εικ.4.15

Τα ελατήρια των ενεργοποιητών (actuators) μπορεί να είναι αρκετά σκληρά και να κάνουν τον έλεγχο της ελευθερίας κίνησης με το χέρι δύσκολο ή και αδύνατο. Ελέγξτε οπτικά για σημεία ή εμπόδια που δεν επιτρέπουν την ελεύθερη κίνηση. Είναι πιθανόν να ανακαλύψετε ρωγμές γύρω από την βαλβίδα εκτόνωσης (relief port) του κελύφους της τουρμπίνας. Οι ρωγμές που δεν εκτείνονται πέρα από την wastegate valve μπορούν να θεωρηθούν σαν φυσιολογικές.

ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ: Όταν ελέγχετε ένα ενεργοποιητή (actuator) να μην εξασκείτε μεγάλη πίεση γιατί μπορεί να βλάψετε το διάφραγμα. Οι swing valve actuators πρέπει να κινούνται ομαλά και να μην εμφανίζουν σημάδια φθοράς. Πολλοί poppet valve actuators έχουν ένα κοίλο κορμό (stem) ο οποίος ανοίγει όταν πιεστεί και δίνει μια μικρή διαρροή.

Οι πρωτότυπες οδηγίες βαθμονόμησης (calibration) της συσκευής πρέπει να ακολουθούνται πιστά διότι έχουν καθοριστεί σε συνδυασμό με το όλο σύστημα ελέγχου της μηχανής. Σε πολλές περιπτώσεις η πίεση που εφαρμόζεται στον ενεργοποιητή (actuator) παρακάμπτεται από το σύστημα ελέγχου της μηχανής που μεταβάλλει τις απαιτήσεις ισχύος ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες.

Πολλοί ενεργοποιητές (actuators) είναι προσαρμοσμένοι πάνω σε πλαίσια μακριά από υψηλές θερμοκρασίες. Προβλήματα μπορούν να δημιουργηθούν από τυχόν παραμορφώσεις των πλαισίων στήριξης. Προβλήματα μπορούν ακόμη να εμφανιστούν στα wastegates από διαρροές στο σύστημα εξαγωγής της μηχανής, από διαβρώσεις και από χαλαρά συνδεδεμένα ή φθαρμένα εξαρτήματα.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ WASTEGATE

Ελέγξτε την λειτουργία του wastegate ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστού και χρησιμοποιώντας τα όργανα και τις διαδικασίες που προτείνει. Εάν η λειτουργία του wastegate δεν είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστού, πρέπει να αντικατασταθεί.

4.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΗΣ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΟΥ

Η ανάλυση βλάβης έχει ως στόχο να εμποδίσει την επανάληψη του προβλήματος. Συχνά περιοριζόμαστε στο να περιγράψουμε απλά την βλάβη, αντί να προσδιορίσουμε την αιτία που την προκάλεσε. Ο προσδιορισμός της πρωταρχικής αιτίας του προβλήματος είναι ο στόχος της ανάλυσης. Η κατανόηση της αιτίας, μας βοηθά να λάβουμε τα απαραίτητα μέτρα έτσι ώστε να μην επαναληφθεί το πρόβλημα.

Οι υπερσυμπιεστές είναι μηχανές που περιστρέφονται με μεγάλες ταχύτητες και αναπτύσσουν υψηλές θερμοκρασίες και για τον λόγο αυτό οι αιτίες που τους προκαλούν βλάβες δεν μπορούν να αναγνωριστούν με την πρώτη ματιά. Οι δυνάμεις και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις μηχανές υψηλών ταχυτήτων φτάνουν συχνά σε μη αναμενόμενα επίπεδα και έχουν σαν αποτέλεσμα εκτεταμένες και σοβαρές βλάβες.

Συνήθως ένας σπασμένος άξονας ή ένας κατεστραμμένος τριβέας δεν είναι το ελαττωματικό μέρος, αλλά το εξάρτημα εκείνο το οποίο υπέστη τις συνέπειες του πρωταρχικού προβλήματος. Η γρήγορη και εκτεταμένη εξέλιξη μιας βλάβης αποκρύπτει τις ενδείξεις του προβλήματος και δημιουργεί σύγχυση στην διαδικασία της ανάλυσης. Ο έλεγχος ενός εξαρτήματος, αφού έχει ήδη υποστεί την βλάβη, πολύ λίγες χρήσιμες πληροφορίες μπορεί να μας δώσει. Αντίθετα ο έλεγχος των γειτονικών εξαρτημάτων και περιοχών μπορεί να μας δώσει χρήσιμες πληροφορίες για τις συνθήκες και την αιτία του προβλήματος.

Οι τριβείς και τα συστήματα στεγανοποίησης που χρησιμοποιούνται στους υπερσυμπιεστές, διαφέρουν κατά πολύ από τα αντίστοιχα που χρησιμοποιούνται στους στροφαλοθαλάμους και στις μηχανές που κινούνται με χαμηλότερες ταχύτητες. Κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας οι τριβείς φέρουν πολύ μικρό βάρος και με την βοήθεια του λεπτού στρώματος του λιπαντικού, οι τριβείς ισορροπούν το περιστρεφόμενο τμήμα με τους τροχούς πολύ κοντά στα άκρα του κελύφους. Οι περισσότερες δύσκολα εντοπιζόμενες αιτίες προβλημάτων, είναι εκείνες που δεν επιτρέπουν στο περιστρεφόμενο μέρος να βρίσκεται σε μια σταθερή θέση όταν περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα.

Σαν παραδείγματα πρωταρχικών αιτιών που μπορούν να προκαλέσουν βλάβες, μπορούμε να αναφέρουμε την έλλειψη ισορροπίας, την ανεπαρκή λίπανση, την είσοδο ξένου αντικειμένου, την λειτουργία κάτω από υπερβολικές θερμοκρασίες και τις λανθασμένες διαστάσεις ενός εξαρτήματος. Παράδειγμα λανθασμένων διαστάσεων είναι η χρησιμοποίηση λάθος εξαρτημάτων ή η παραμόρφωση κάποιου εξαρτήματος από διάφορες αιτίες. Όσο περισσότερο χρόνο λειτουργεί ένας υπερσυμπιεστής, τόσο μειώνονται οι πιθανότητες να είναι ελαττωματικός ή να έχει κάποιο άλλο πρόβλημα. Οι μεγάλες ταχύτητες λειτουργίας τείνουν να αποκαλύψουν πολύ γρήγορα την ύπαρξη προβλημάτων.

Ο καθορισμός της πρωταρχικής αιτίας μιας βλάβης γίνεται κατ' αρχάς με την αξιολόγηση του τύπου και της θέσης της βλάβης. Εν συνεχεία προχωρούμε βασιζόμενοι στους φυσικούς νόμους, την λογική εξέλιξη των συμβάντων και υπολογίζοντας τις συνθήκες και τις δυνάμεις που είχαν σαν αποτέλεσμα την τελική ζημιά.

Η προληπτική συντήρηση των υπερσυμπιεστών απαιτεί την προσεκτική εξέταση των εξαρτημάτων του. Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη εάν θέλουμε να εμποδίσουμε την επανάληψη μια βλάβης, όταν αντικαθιστούμε ένα κατεστραμμένο εξάρτημα ή ολόκληρο τον υπερσυμπιεστή. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτή η εξέταση θα μας αποκαλύψει προβλήματα στην μηχανή και πρέπει να θυμόμαστε ότι αυτά τα προβλήματα πρέπει να διορθωθούν πριν από την αντικατάσταση του υπερσυμπιεστού ή του ελαττωματικού εξαρτήματος.

Όταν αντικαθιστούμε έναν υπερσυμπιεστή χωρίς να εξετάσουμε σοβαρά την αιτία που προκάλεσε την καταστροφή του, το πιθανότερο είναι ότι και ο καινούργιος υπερσυμπιεστής θα καταστραφεί.

Έχει διαπιστωθεί ότι η πλειοψηφία των βλαβών των υπερσυμπιεστών, προκαλείται εξ' αιτίας των κακών συνθηκών λειτουργίας, της ανυπαρξίας ή της κακής συντήρησης και των λανθασμένων πρακτικών επισκευής.

4.7 ΚΥΡΙΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΒΛΑΒΩΝ

Η προσεκτική εξέταση των εξαρτημάτων ενός κατεστραμμένου υπερσυμπιεστού και η σωστή ερμηνεία της κατάστασής των, αποκαλύπτει συνήθως την αιτία που προκάλεσε το πρόβλημα. Ακόμη και στις περιπτώσεις που η αιτία δεν είναι δυνατόν να αποκαλυφθεί, πρέπει πάντοτε να προσπαθούμε να ανακαλύψουμε τους λόγους που προκάλεσαν το πρόβλημα. Αν ένας υπερσυμπιεστής καταστραφεί εξ αιτίας ενός εξωτερικού σφάλματος και το σφάλμα αυτό δεν ανακαλυφθεί και διορθωθεί και ο καινούργιος υπερσυμπιεστής θα καταστραφεί σύντομα.

Οι περισσότερες βλάβες των Υπερσυμπιεστών οφείλονται στις παρακάτω βασικές αιτίες :

4.7.1 ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗ

Η ανεπαρκής λίπανση μπορεί να καταστρέψει έναν υπερσυμπιεστή μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα. Με ταχύτητες περιστροφής του άξονα που μερικές φορές πλησιάζουν τις 200.000, όλοι οι τριβείς πρέπει να τροφοδοτούνται με επαρκή ποσότητα ελαίου, έτσι ώστε να σταθεροποιούνται, να λιπαίνονται και να ψύχονται σωστά. Όταν η λίπανση ελαττώνεται, σταματά, ή παρουσιάζει διακοπές, εμφανίζονται τριβές μεταξύ των μετάλλων στα journal bearings / shaft journals / bearing bores του κεντρικού κελύφους. Χωρίς το λάδι, οι τριβές θα δημιουργήσουν αρκετή θερμότητα ώστε να αλλοιώσουν το χρώμα του άξονα ή και του thrust collar, που θα αποκτήσει μια απόχρωση του μπλε. (Πολλές φορές η αλλοίωση αυτή δεν είναι εμφανής εάν τα κεντρικά κελύφη είναι υγρόψυκτα). Τα thrust bearings , thrust collar and/or backplate mating surface, θα εμφανίσουν επίσης σημεία φθοράς.

Από την στιγμή που θα εμφανιστεί βλάβη στους τριβείς, η περιστροφή του άξονα παύει να είναι μια τέλεια κυκλική κίνηση και αρχίζει να γίνεται ελλειπτική. Η ελλειπτική αυτή κίνηση μεγαλώνει τις ελευθερίες των τριβέων με αποτέλεσμα να γίνει περισσότερο έντονη και να αρχίσει να προκαλεί αλυσιδωτές βλάβες. Αμέσως μετά θα παρουσιάσουν προβλήματα τα shaft hubs, και τα thrust components (thrust collar, thrust spacer and backplate assembly thrust bearing). Αυτές οι βλάβες θα κάνουν ακόμη πιο έντονη και σφοδρή την ακανόνιστη κίνηση του άξονα.

Όταν αυτή η ακανόνιστη κίνηση του άξονα φτάσει σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο, οι τροχοί της τουρμπίνας και του συμπιεστού θα έλθουν σε επαφή με τα αντίστοιχα κελύφη των, προκαλώντας βλάβες στα πτερύγια και κάνοντας πιθανώς το περικόχλιο του άξονα (shaft nut) να σπάσει. Όταν τα πτερύγια υποστούν ζημιές από την τριβή τους στα κελύφη, η λεπτή ισορροπία τροχών και περιστρεφόμενου μέρους θα καταστραφεί και η κίνηση του άξονα θα γίνει ακόμη περισσότερο ακανόνιστη. Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι να σπάσει ο άξονας από ένα συνδυασμό κοπώσεων και αποσταθεροποίησης και όλα αυτά εξ' αιτίας του αρχικού προβλήματος της ανεπαρκούς λίπανσης.

Βεβαίως εάν ο υπερσυμπιεστής σταματήσει αμέσως με την εμφάνιση του προβλήματος λίπανσης, οι βλάβες μπορεί να μην είναι τόσο εκτεταμένες όσο περιγράφεται πιο πάνω. Με δεδομένο όμως το άμεσο αποτέλεσμα της ανεπαρκούς λίπανσης, είναι πολύ πιθανόν ότι ο χειριστής της μηχανής δεν θα προλάβει να αντιδράσει αρκετά γρήγορα, ώστε να αποφύγει τις εκτεταμένες βλάβες.

Όταν αναλύουμε τέτοιου είδους προβλήματα, είναι πολύ σημαντικό να θυμόμαστε ότι όταν ο υπερσυμπιεστής έχει καταστραφεί από ανεπαρκή λίπανση, οι βλάβες αρχίζουν από τα journal bearings και απλώνονται προς τα έξω, προς τους τροχούς.

4.7.2 ΞΕΝΟ ΣΩΜΑ ΣΤΟ ΛΑΔΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

Τα ξένα σώματα στο λάδι μπορεί να είναι σωματίδια με τραχεία επιφάνεια διαφόρων μεγεθών, διαβρωτικές χημικές ενώσεις, και διαλύσεις ψυκτικών υγρών ή καυσίμων. Οι πρώτες βλάβες που προκαλούν τα ξένα σώματα στο σύστημα λίπανσης της μηχανής, είναι στα journal and thrust bearings. Όταν ευρεθεί ότι η πρωταρχική αιτία της βλάβης είναι η ύπαρξη ξένου σώματος στο λάδι, πρέπει να ληφθούν μέτρα για την αναγνώριση του και την αποτροπή της επανάληψης εισόδου του στο σύστημα.

4.7.3 ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΜΕ ΤΡΑΧΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΤΟ ΛΑΔΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

Τα ξένα σωματίδια με τραχεία επιφάνεια θα φθείρουν ουσιαστικά όλες τις επιφάνειες των τριβέων. Εάν είναι αρκετά μεγάλα, οι φθορές περιορίζονται κυρίως στις εξωτερικές διαμέτρους των journal bearing και τα center housing bearing bores, επειδή η φυγόκεντρος δύναμη τα κρατά μακριά από τον περιστρεφόμενο άξονα.

4.7.4 ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΗΜΙΚΑ

Οι ενώσεις διαβρωτικών χημικών, αλλοιώνουν τις επιφάνειες. Όταν μια επιφάνεια δεν είναι λεία αλλά τραχεία, διαπερνά το λεπτό στρώμα λαδιού και επιτρέπει έτσι την επαφή μετάλλου με μέταλλο.

4.7.5 ΑΡΑΙΟ Η ΑΛΛΟΙΩΜΕΝΟ ΛΑΔΙ

Το αραιό η αλλοιωμένο λάδι σχηματίζει λεπτότερο στρώμα λαδιού και δεν προσκολλάται εύκολα στις επιφάνειες με αποτέλεσμα να μην λιπαίνεται και να μην υποστηρίζονται σωστά από το περιβάλλον στρώμα λαδιού.

4.7.6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ.

Ακόμη και τα καλύτερα λάδια αποσυντίθενται, εάν ευρεθούν κάτω από αρκετά ψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής ή κατά το σταμάτημα. Καθώς τα κατάλοιπα συσσωρεύονται οι δίοδοι ελαίου περιορίζονται και η ροή λαδιού μειώνεται σε όλη την μονάδα με αποτέλεσμα να αυξηθεί ακόμη περισσότερο η θερμοκρασία και να χειροτερεύσει κι άλλο η κατάσταση.

Είναι φανερό ότι από την στιγμή που θα ξεκινήσει αυτή η κατάσταση είναι αδύνατον να ελεγχθεί εάν δεν αναγνωρίσουμε και δεν διορθώσουμε την αιτία της. Συγχρόνως με την αύξηση των καταλοίπων στο κεντρικό κέλυφος περιορίζεται η παροχή και η αποστράγγιση του λαδιού. Τα μόρια του σχηματιζόμενου άνθρακα μπαίνουν στην κυκλοφορία του λαδιού, μεταφέρονται στους τριβείς και προκαλούν φθορές στις επιφάνειες τους, αυξάνοντας τις ελευθερίες και μειώνοντας το λεπτό στρώμα λαδιού που τις καλύπτει με τελικό αποτέλεσμα να αλλοιώσουν το σύστημα των τριβέων και να δημιουργήσουν προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του υπερσυμπιεστού. Οι εκτεταμένες φθορές των τριβέων από την ύπαρξη ξένων υλικών στο λάδι λίπανσης θα οδηγήσει τελικά στην αποσταθεροποίηση του άξονα και την καταστροφή του υπερσυμπιεστού.

Άλλα προβλήματα λίπανσης, όπως χαμηλή πίεση λαδιού, λάθος είδος, ή μη συχνή αντικατάσταση του, θα έχουν παρόμοια και ανάλογα αποτελέσματα με αυτά που περιγράφονται πιο πάνω.

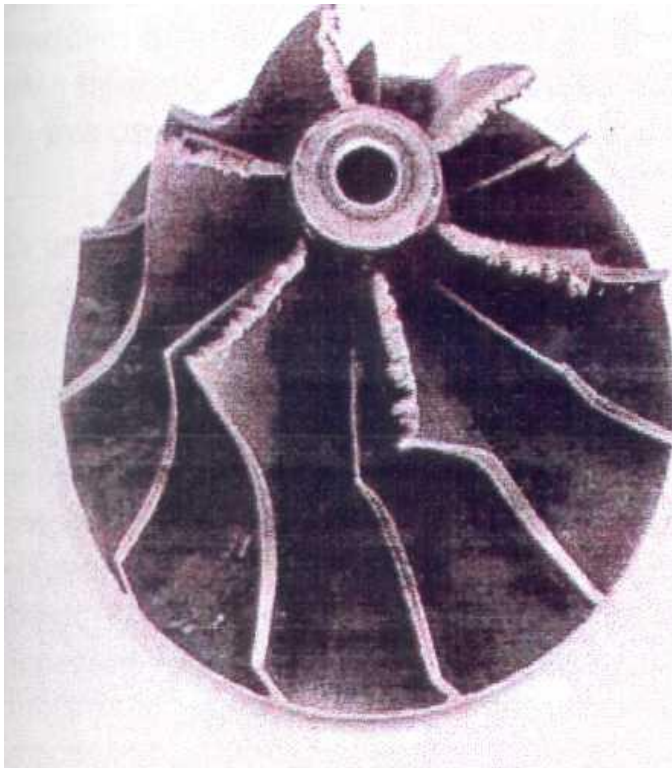
4.7.7 ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΞΕΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Όταν ένα ξένο αντικείμενο εισέλθει στον χώρο του συμπιεστού ή της τουρμπίνας, ο υπερσυμπιεστής και η λειτουργία του θα επηρεαστούν πολύ γρήγορα. Το είδος και το μέγεθος της ζημιάς που θα προκαλέσει, έχουν άμεση σχέση με το είδος ξένου αντικειμένου. Σκληρά αντικείμενα όπως, βίδες ή βαλβίδες, θα αποσπάσουν τμήματα ή και ολόκληρα πτερύγια. Τραχιά υλικά όπως ρινίσματα σιδήρου θα φθείρουν τις άκρες και το εσωτερικό των πτερυγίων. Και τέλος μαλακά υλικά, όπως στουπιά, θα κάμψουν τα πτερύγια προς τα πίσω.

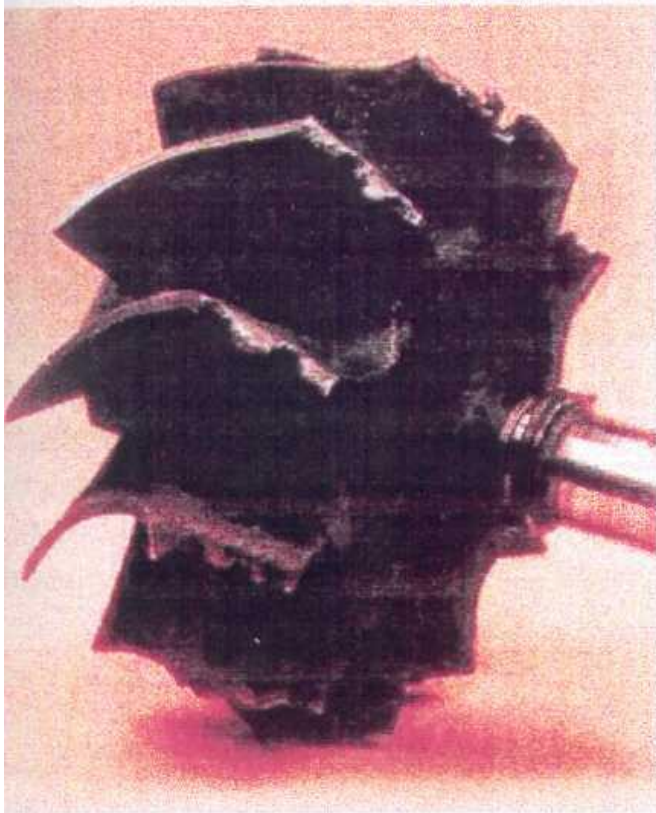
Οποιοδήποτε πρόβλημα στα πτερύγια μπορεί να ανατρέψει την ισορροπία του περιστρεφόμενου τμήματος και να οδηγήσει σε κίνηση του άξονα, απώλεια ισχύος και θορυβώδη λειτουργία. Την στιγμή που ένα ξένο αντικείμενο χτυπήσει στους τροχούς, το φορτίο που δημιουργείται είναι τόσο μεγάλο, που μπορεί να οδηγήσει στην στιγμιαία καταστροφή του υπερσυμπιεστού.

Η εισαγωγή ξένου αντικειμένου στον χώρο του συμπιεστού, δημιουργεί ομοιόμορφη ζημιά στα εξωτερικά χείλη (edges) όλων των πτερυγίων. **(εικόνα 4.16)**. Αντίθετα η εισαγωγή ξένου αντικειμένου στον χώρο της τουρμπίνας προκαλεί ομοιόμορφο πρόβλημα στις άκρες (tips) των πτερυγίων της. **(εικόνα 4.17)**

Εάν ξένο αντικείμενο εισέλθει στον υπερσυμπιεστή πρέπει να ελέγξετε εάν προκλήθηκαν προβλήματα στην λειτουργία της μηχανής, είτε από την κακή λειτουργία του υπερσυμπιεστού, είτε από τις συνθήκες οι οποίες επέτρεψαν την εισαγωγή του αντικειμένου.



Εικ. 4.16



Εικ. 4.17

4.7.8 ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.

Στον υπερσυμπιεστή μπορεί να προκληθεί ζημιά από υψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της λειτουργίας, ή μετά από το κλείσιμο της μηχανής.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η κύρια αιτία των υψηλών θερμοκρασιών προέρχεται από τα καυσαέρια. Οι αυξημένες θερμοκρασίες καυσαερίων έχουν σαν αίτια την λάθος αναλογία αέρα / καυσίμου, προβλήματα χρονισμού, φραγμένα

συστήματα εξαγωγής, ή άλλα προβλήματα στο σύστημα ελέγχου της μηχανής ο εντοπισμός των οποίων μπορεί να γίνει ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστού της μηχανής.

Οι υπερβολικές θερμοκρασίες καυσαερίων μπορούν να βλάψουν τον υπερσυμπιεστή άμεσα ή έμμεσα. Στις άμεσες βλάβες περιλαμβάνονται η υπερθέρμανση του κεντρικού κελύφους και η παραμόρφωση ή διάβρωση του κελύφους της τουρμπίνας. Σαν αποτέλεσμα της παραμόρφωσης έχουμε την επαφή και το τρίψιμο των πτερυγίων της τουρμπίνας στο κέλυφος πράγμα που μειώνει την ταχύτητα περιστροφής και αυξάνει το πρόβλημα. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω του άξονα από την τουρμπίνα στον υπερσυμπιεστή προκαλώντας βλάβες στα journal bearings. Το λάδι στο κεντρικό κέλυφος απανθρακώνεται, σχηματίζοντας κατάλοιπα, δημιουργώντας πρόβλημα στους τριβείς και καταλήγοντας τελικά σε κίνηση του άξονα. Ακόμη η διάβρωση που προκαλείται από την υπερβολική θερμοκρασία στο κέλυφος της τουρμπίνας μπορεί να αποσπάσει τμήματα του τα οποία θα καταστούν ξένα αντικείμενα στον χώρο της. Οι υπερβολικές θερμοκρασίες μπορούν ακόμη να προκαλέσουν ρωγμές στο κέλυφος της τουρμπίνας.

Έμμεσες βλάβες μπορούν να προκληθούν από την υπερβολική θερμοκρασία καυσαερίων, όταν το περιστρεφόμενο τμήμα, αρχίσει να περιστρέφεται γρηγορότερα από τις προβλεπόμενες ταχύτητες, εξ αιτίας της επιπλέον θερμικής ενέργειας. Εάν συμβεί αυτό, μπορεί να έχουμε σαν αποτέλεσμα την διάλυση του συμπιεστού εξ αιτίας του υπερβολικού φορτίου. Και ο τροχός της τουρμπίνας όμως μπορεί να διαλυθεί λόγω της υψηλής ταχύτητας και της μειωμένης αντοχής του στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Το σύστημα τριβών επίσης μπορεί να πάθει βλάβες από την υπερβολική ταχύτητα. Το σημείο πέραν του οποίου η ταχύτητα των τριβών θεωρείται υπερβολική, καθορίζεται από την θερμοκρασία και την ποιότητα του λαδιού, καθώς επίσης και από την ταχύτητα του άξονα και τις ελευθερίες των τριβών. Οι υπερβολικές ταχύτητες διασπούν το λεπτό στρώμα ελαίου και επιτρέπουν την επαφή μετάλλου με μέταλλο.

4.7.9 ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΝΩ ΑΚΟΜΗ ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΕΙΝΑΙ ΥΨΗΛΕΣ.

Τα συχνά κλεισίματα της μηχανής ενώ ακόμη οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, έχουν σαν αποτέλεσμα την συσσώρευση καταλοίπων άνθρακα στο σύστημα στεγανοποίησης προς την πλευρά της τουρμπίνας και το σύστημα τριβών. Καθώς το πρόβλημα εξελίσσεται και συνεχίζεται, τα κατάλοιπα θρυμματίζονται και προκαλούν φθορές στους τριβείς, τα bearing bore και shaft journals. Τα κατάλοιπα δημιουργούνται καθώς το λάδι αποσυντίθεται και στερεοποιείται και κρατά κολλημένα μεταξύ τους τα κινητά μέρη. Όταν η μηχανή επανεκκινήσει, δεν υπάρχει λάδι στον τριβέα προς της πλευρά της τουρμπίνας και το σύστημα στεγανοποίησης με όλα τα γνωστά αποτελέσματα.

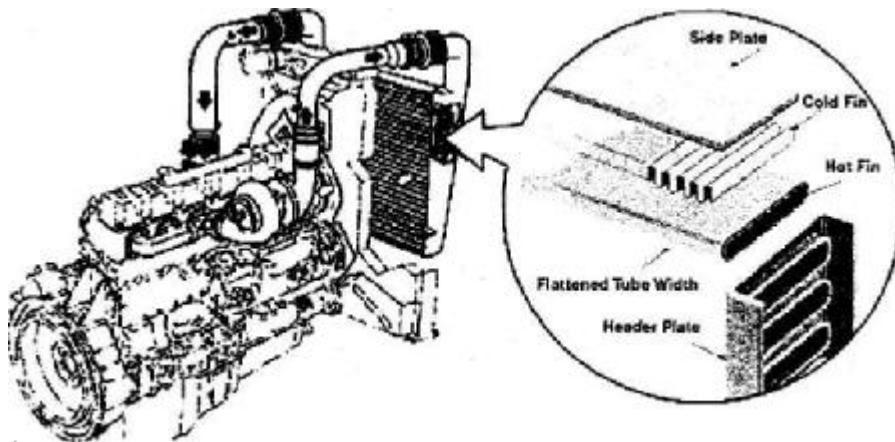
Οι ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, τα συχνά κλεισίματα της μηχανής ενώ ακόμη η θερμοκρασία της είναι στο μέγιστο και η ανεπαρκής λίπανση, είναι οι κύριες αιτίες οι οποίες σε συνδυασμό ή ανεξάρτητα μπορούν να προκαλέσουν τα προβλήματα που δημιουργούνται από το κλείσιμο της μηχανής ενώ ακόμη οι θερμοκρασία της είναι υψηλή.

4.7.10 ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Όταν η αιτία της βλάβης του υπερσυμπιεστού προέρχεται από κατασκευαστικό λάθος των υλικών ή από λάθη η κακή τεχνική κατάρτιση του Μηχανικού, το είδος της βλάβης που προκαλείται είναι τελείως διαφορετικό από τις βλάβες που προέρχονται από τις αιτίες που περιγράψαμε παραπάνω. Η βλάβη κατά κάποιο τρόπο περιορίζεται στην περιοχή του ελαττωματικού μέρους και δεν επεκτείνεται στα υπόλοιπα μέρη του υπερσυμπιεστού.

Σε μερικές περιπτώσεις είναι πιθανόν να απαιτούνται προχωρημένες επιστημονικές μέθοδοι, όπως ποσοτική ανάλυση των φυσικών και χημικών συστατικών των υλικών. Όμως αυτό το είδος της ανάλυσης είναι η εξαίρεση μάλλον παρά ο κανόνας διότι ένα ελαττωματικό υλικό περιορίζει την ζημιά σε ένα μόνο εξάρτημα ή μέρος.

5.0 ΨΥΞΗ ΑΕΡΟΣ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ



Διάγραμμα κυκλοφορίας συστήματος αέρα.

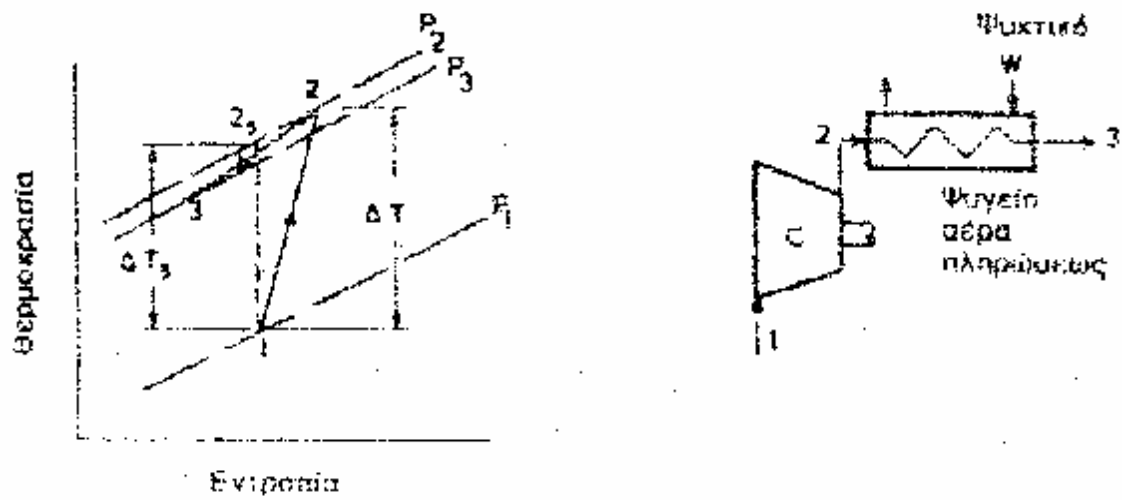
Οι υπερσυμπιεστές και το σύστημα ψύξης αέρα είναι μέρη ενός συστήματος υψηλής τεχνολογίας που βελτιώνει την ικανότητα καύσης της μηχανής. Για να το πετύχει αυτό ο υπερσυμπιεστής χρησιμοποιεί τα καυσαέρια της μηχανής για να κινήσει τον συμπιεστή για να συμπιέσει τον αέρα πριν αυτός εισέλθει στο ψυγείο. Το ψυγείο μειώνει την θερμοκρασία του αέρα πριν αυτός εισέλθει στον θάλαμο καύσης. Ο συμπιεσμένος αέρας από τον υπερσυμπιεστή ψύχεται από τον αέρα που περνά από τα πτερύγια ψύξης. Ο συμπιεσμένος και ψυγμένος αέρας γίνεται πυκνότερος περνά στους θαλάμους καύσης και βελτιώνει την παραγόμενη ισχύ, την οικονομία καυσίμου και την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Για να εξασφαλιστεί η συνεχής και αποτελεσματική λειτουργία του ψυγείου αέρα πρέπει να γίνονται τακτικές επιθεωρήσεις και κατάλληλη συντήρηση των διαφόρων εξαρτημάτων του. Μια επιθεώρηση είναι απαραίτητη κάθε φορά που αλλάζονται τα λάδια. Το ψυγείο αέρα πρέπει να ελέγχεται για διαρροές στις συνδέσεις, για χαλαρές βίδες και περικόχλια και για βρωμιές ή εμπόδια στο εμπρόσθιο μέρος του ψυγείου.

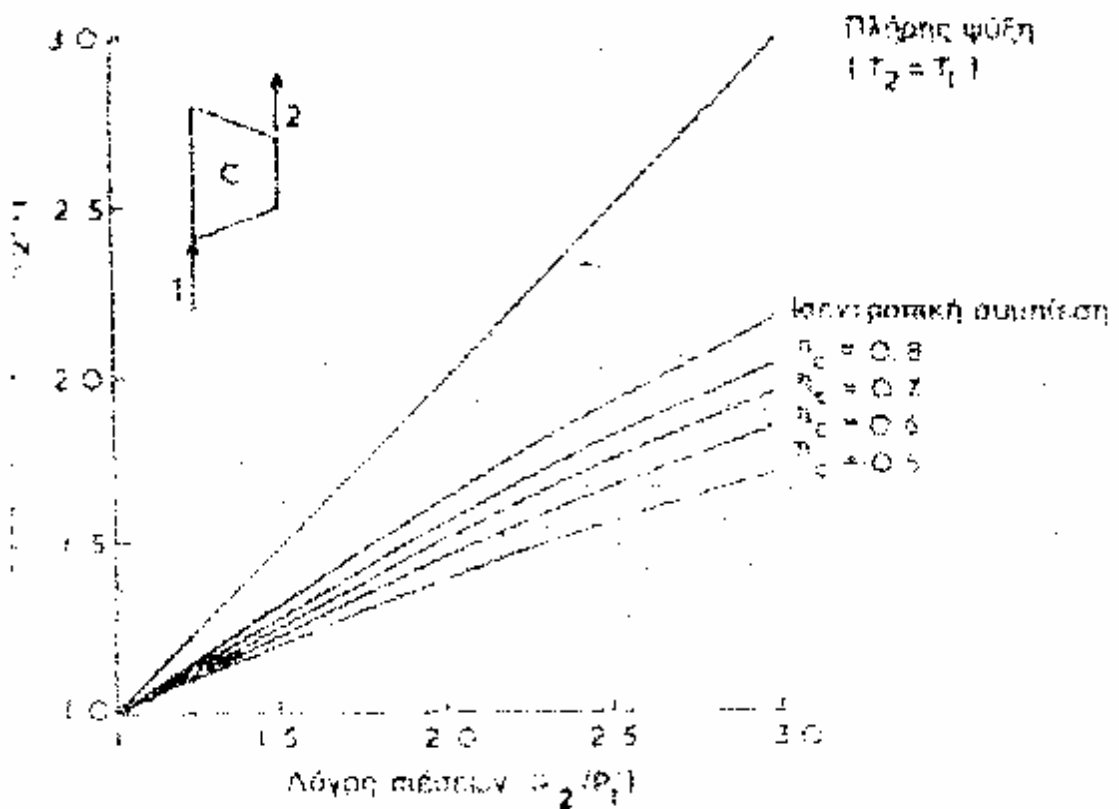
5.1 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΨΥΞΗΣ

Στους συμβατικούς κινητήρες ένα μέρος της ενέργειας του καυσίμου χάνεται με τα θερμά καυσαέρια, αφού πρακτικά ο κινητήρας δεν μπορεί να εκτονώσει το εργαζόμενο μέσο μέχρι την πίεση και θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ακόμα ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας αποβάλλεται με την μορφή θερμότητας μέσω των κυκλωμάτων ψύξης. Αν μειωθεί η ψύξη, η θερμοκρασία των τμημάτων του θαλάμου καύσεως θα αυξηθεί. Εφ' όσον τα υλικά μπορούν να αντέξουν σε υψηλές θερμοκρασίες ο θάλαμος καύσης μπορεί να μονωθεί ώστε η απορριπτόμενη ενέργεια και άρα οι ανάγκες ψύξεως να μειωθούν.

Διάφορες μελέτες και πειράματα έγιναν για να διαπιστωθούν οι επιπτώσεις μονώσεως και μειωμένης ψύξης κινητήρων εξετάζοντας υψηρόθερμα μέταλλα, καθώς και επιστρώματα ή μονολιθικά εξαρτήματα από κεραμικά υλικά για τα διάφορα τμήματα του θαλάμου καύσεως.

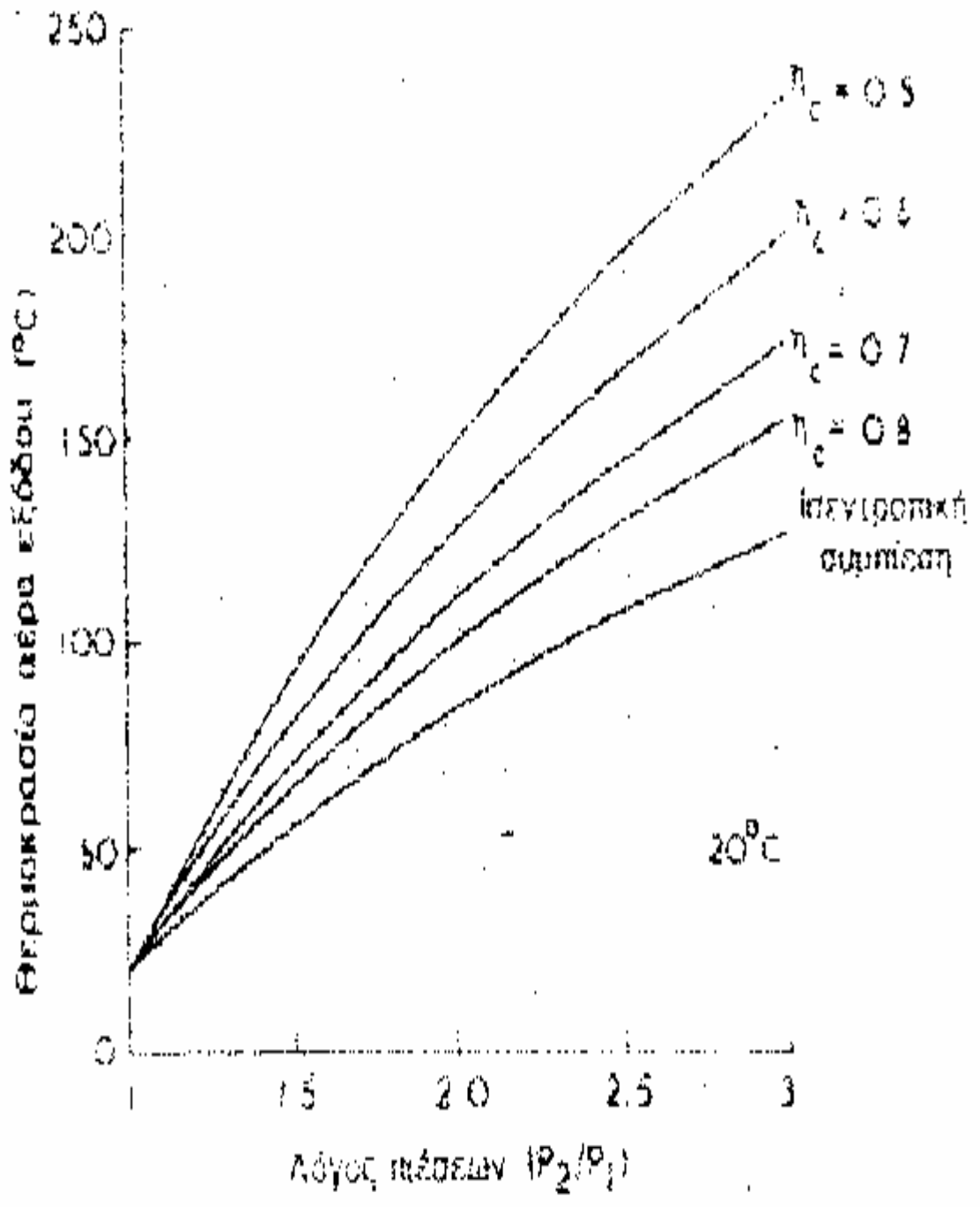


Αύξηση θερμοκρασίας λόγω συμπίεσης και ψύξη αέρα πλήρως παθητικά.



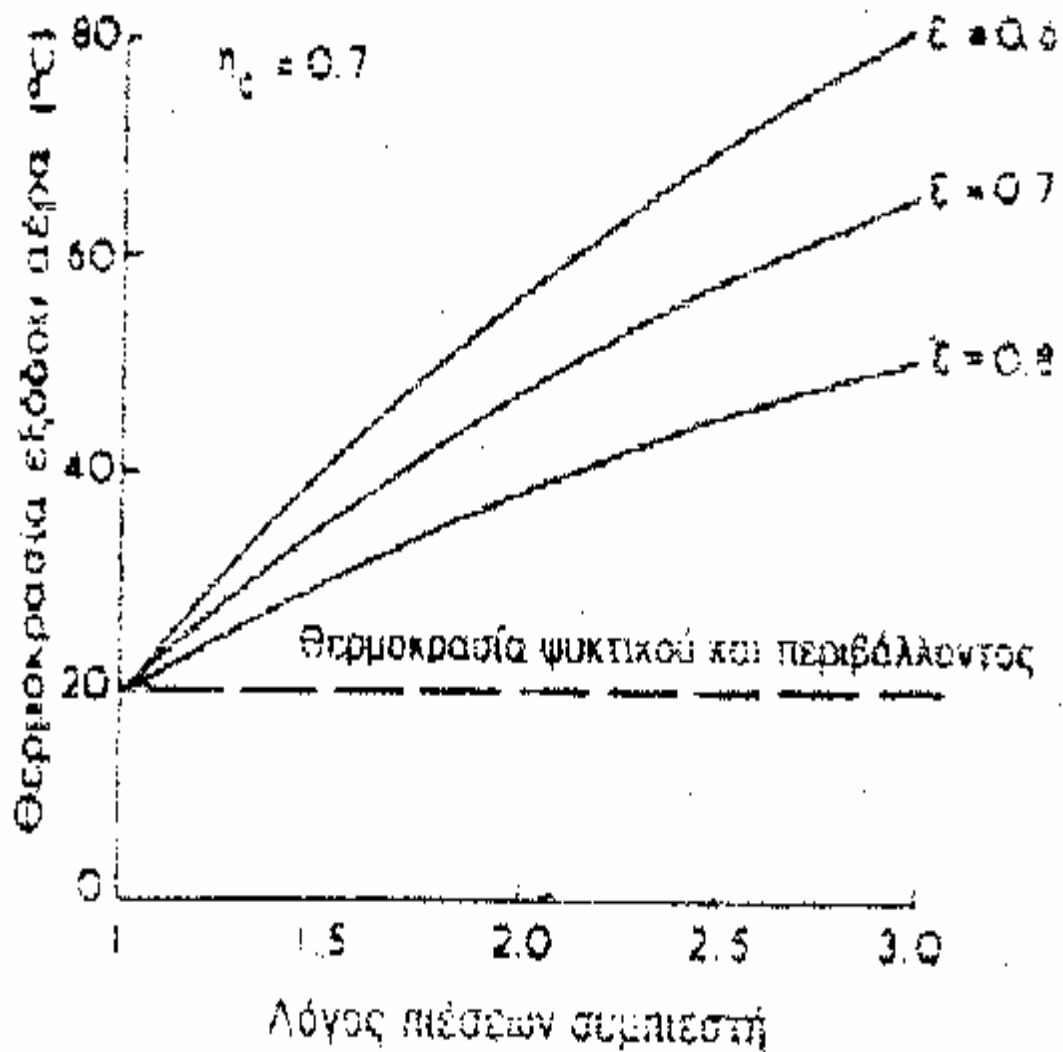
Επίδραση β α συμπίεσή στην πυκνότητα αέρα πλήρως παθητικά.

Σχήμα 5.1.2



Επίδραση β.α. συμπίεστη στη θερμοκρασία αέρα παρρώσεως.

Σχήμα 5.3

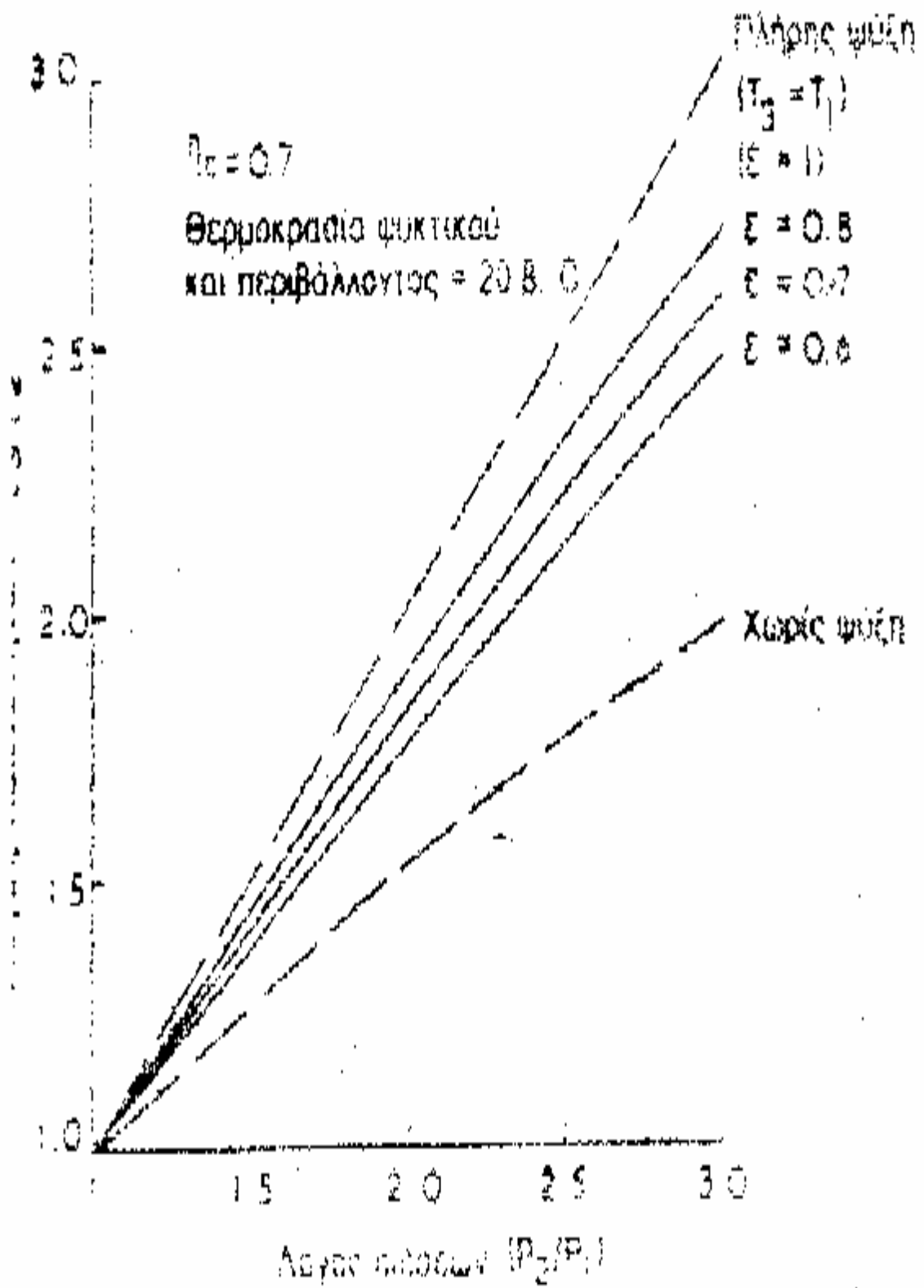


Επίδραση ξ στη θερμοκρασία εξόδου αέρα από το ψυκτικό.

επιπραγματική μεταφορά θερμότητας προς θεωρητική μεταφορά θερμοκρασίας

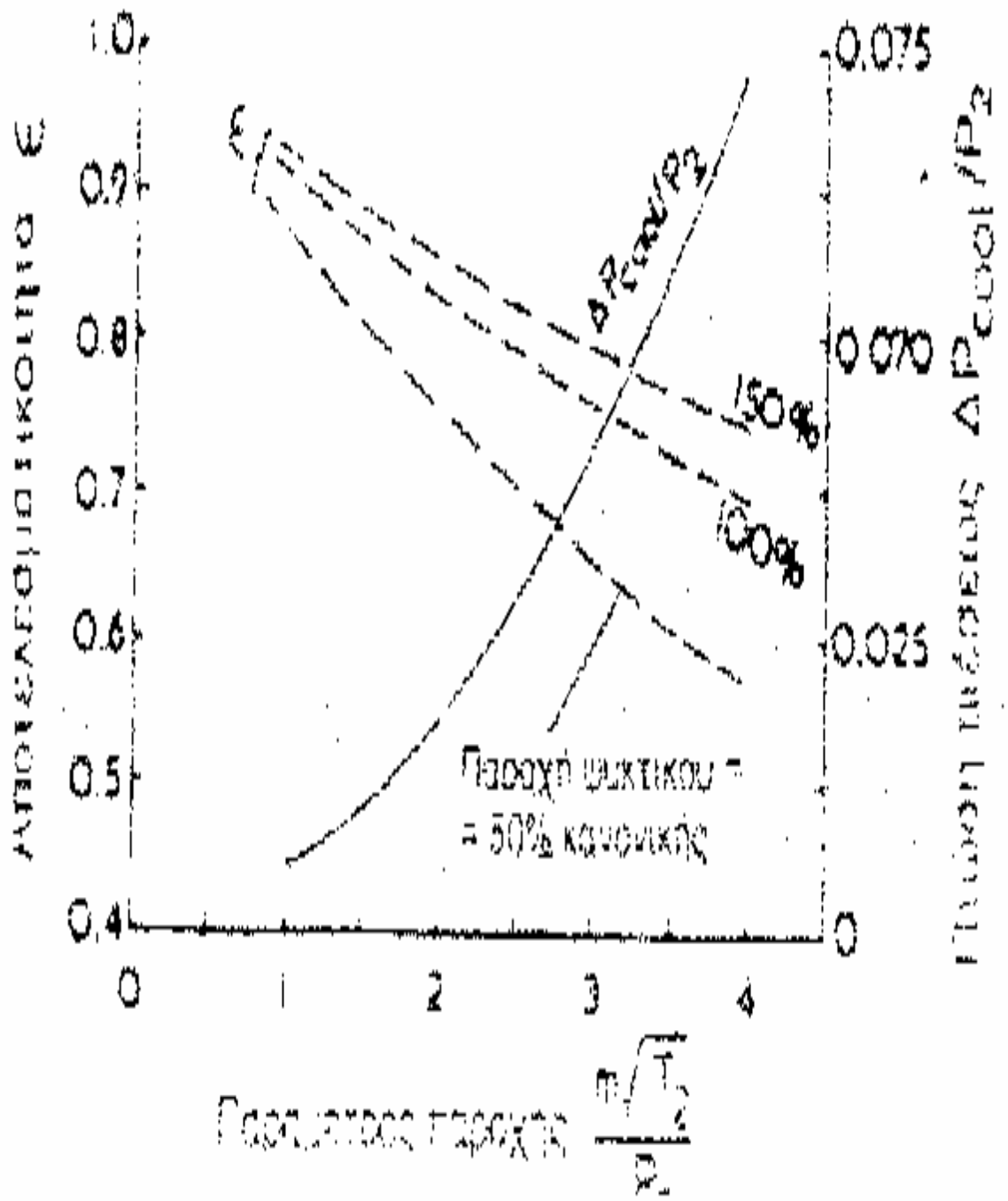
$$\frac{T_2 - T_1}{T_2 - T_w}$$

Σχήμα 5.4



Επίδραση ε στην πυκνότητα αέρα πληρώσεως

Σχήμα 5.5



Αποδοτικότητα ψύξης ανετάμειψης και πτώση πίεσης λόγω κρούσης σε
 ανωρροειδή παροχή

Σχήμα 5.6

Διαπιστώθηκε ότι με μόνωση του θαλάμου καύσεως σε 4-X και 2-X κινητήρες μειώθηκε η απορριπτόμενη ενέργεια στο ψυκτικό (έως και 40% σε 2-X κινητήρες και αυξήθηκαν οι θερμοκρασίες των μονωμένων τμημάτων(έως και 500° C). Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας αυτής εμφανίζεται υπό την μορφή αυξημένης θερμοκρασίας και καυσαερίων. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη ισχύς στρόβιλου, ή αλλιώς να διατηρηθεί ίδια ισχύς χρησιμοποιώντας μεγαλύτερο στρόβιλο υψηλότερου βαθμού αποδόσεως. Ένα μικρό τμήμα της ενέργειας εμφανίζεται σαν αύξηση του έργου εκτονώσεως και έτσι μειώνεται λίγο η ειδική κατανάλωση (-1.5%). Οι 4-X κινητήρες με μόνωση έχουν ογκομετρική απόδοση, αυτό όμως εξισορροπείται λόγω αύξησεως του έργου στρόβιλου και άρα της πίεσης υπερπληρώσεως. Οι 2-X κινητήρες με ευθεία απόπλυση έχουν αύξηση των θερμοκρασιών καυσαερίων και άρα της δυνατότητας ανάκτησης ενέργειας. Όμως χρειάζεται πλήρως μονωμένο θάλαμο καύσεως κινητήρα για επίτευξη σχετικά μικρής (<20%) αύξησης της διαθέσιμης ενέργειας μετά το στρόβιλο.

Συμπερασματικά τα θερμικά οφέλη από μόνωση κινητήρων είναι μάλλον περιορισμένα. Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες των τοιχωμάτων του κυλίνδρου μπορεί να ευνοήσουν την καύση βαρέων καυσίμων αλλά συγχρόνως δημιουργούν προβλήματα λιπάνσεως και αντοχής υλικών, άρα αξιοπιστίας της μηχανής.

6.0 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ

6.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ

Στους παρακάτω τύπους υπερσυμπιεστών θα δούμε τι χαρακτηριστικά πρέπει να έχουν τα λιπαντικά ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία αυτών.

1) Παλινδρομικοί ή εμβολοφόροι.

Χρησιμοποιούνται συνήθως λάδια χωρίς πρόσθετα, όταν όμως ο αέρας του συμπιεστή έχει υγρασία ή η θερμοκρασία στους κυλίνδρους είναι μεγάλη, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση λαδιών με πρόσθετα. Τα λάδια των παλινδρομικών αεροσυμπιεστών πρέπει να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: α) Αντοχή στην οξείδωση, η οποία γίνεται εύκολα στις μεγάλες θερμοκρασίες, β) Να μην δημιουργούν κατάλοιπα, που μπορούν να προκαλέσουν έκρηξη στην έξοδο του αέρα. γ) Χαμηλό ιξώδες (λετπόρευστα) για να δημιουργούνται όσο το δυνατόν λιγότερα κατάλοιπα.

2) Περιστροφικοί

•Πτερυγιοφόροι

Όταν η λίπανση γίνεται με λιπαντήρες σταγόνων, τα χρησιμοποιούμενα λάδια πρέπει να έχουν τα χαρακτηριστικά αυτών που χρησιμοποιούνται στους παλινδρομικούς αεροσυμπιεστές. Όταν η λίπανση γίνεται με κυκλοφοριακό σύστημα, τα λάδια πρέπει να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- α) Εύκολος διαχωρισμός από το νερό, που μπορεί να δημιουργηθεί από την συμπύκνωση της υγρασίας του αέρα, για να μην σχηματίζουν γαλακτώματα,
- β) Αντοχή στην οξείδωση λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών στον θάλαμο συμπίεσης.

•Με λοβούς

Επειδή το λάδι δεν έρχεται σε επαφή με τον συμπιεζόμενο αέρα, δεν έχουμε πολύ μεγάλες απαιτήσεις.

•Κοχλιωτοί

Όταν η λίπανση γίνεται με λουτρό λαδιού δεν έχουμε πολύ μεγάλες απαιτήσεις, επειδή το λάδι δεν έρχεται σε επαφή με τον συμπιεζόμενο αέρα. όταν η λίπανση γίνεται με κυκλοφοριακό σύστημα, τα χρησιμοποιούμενα λάδια πρέπει να έχουν τα χαρακτηριστικά αυτών που χρησιμοποιούνται στους πτερυγιοφόρους αεροσυμπιεστές, για τον ίδιο τρόπο λίπανσης.

6.2 ΤΥΠΟΙ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ

Οι τύποι λιπαντικών που χρησιμοποιούνται από τη SHELL και την EXXON καθώς και τα χαρακτηριστικά αυτών φαίνονται στους παρακάτω πίνακες

SHELL TURBO OIL T

Test	ASTM (method)	46	68	78
Density kg/l, at 15°C	D1298	0.874	0.877	0.879
Pour Point °C	D97	-9	-9	-9
Flash Point (Closed) °C	D93	207	210	218
Kinematic Viscosity mm^2/s	D445 at 40°C at 100°C	46 6.7	68 8.8	78 9.4
Viscosity Index	D2270	99	98	96

EXXON TRO-MAR T 68

Kinematic Viscosity cSt at 40°C at 100°C	67 8,5
Crade (ISO)	68
lintex	98
Pour Point °C	-6
Flash point	236
Density at 15°C Kg/m ³	- 878

7.0 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΡΜΟΣΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

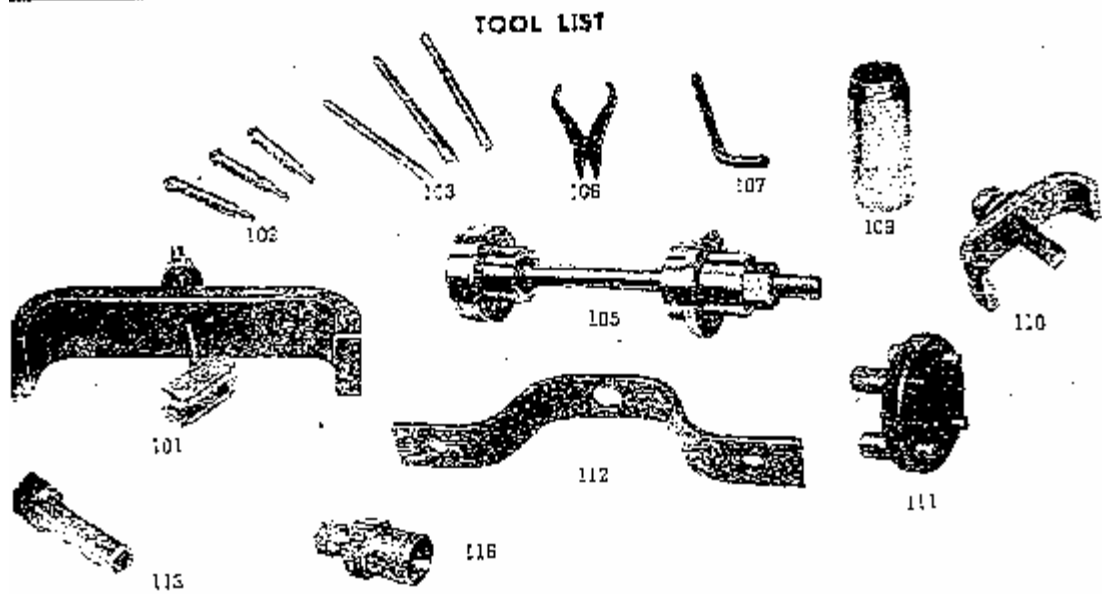
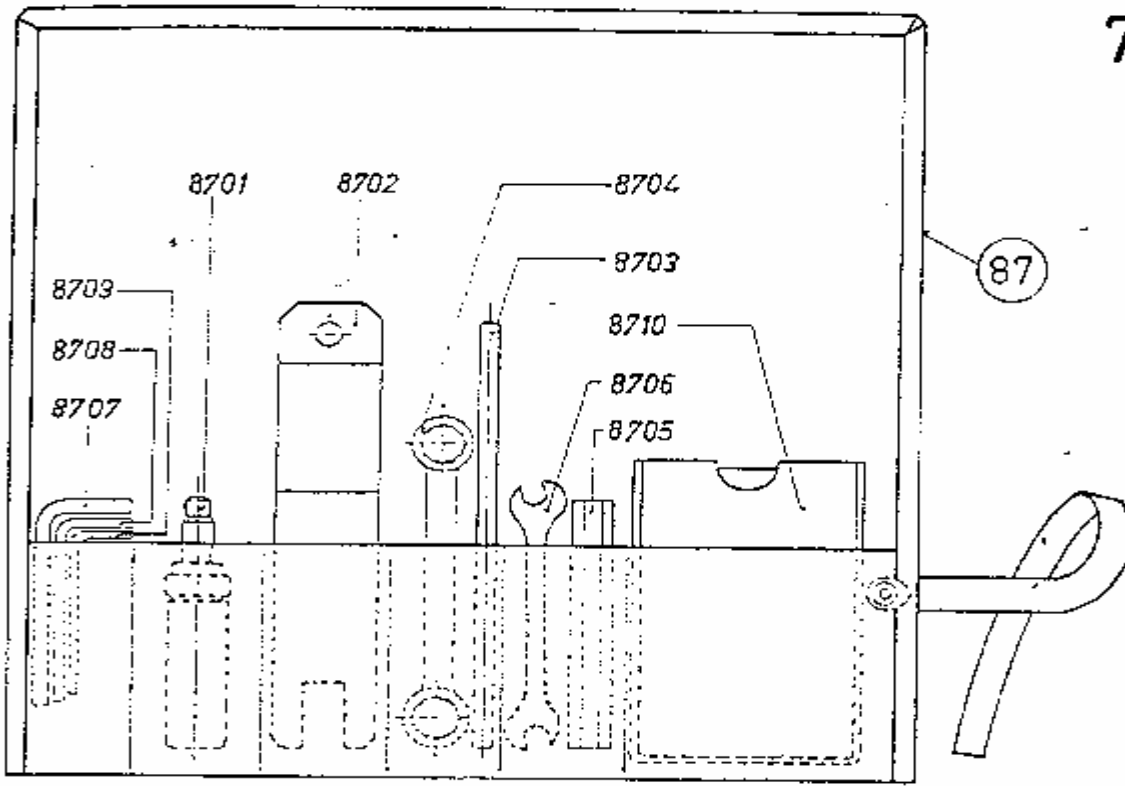


fig. 14—Tools

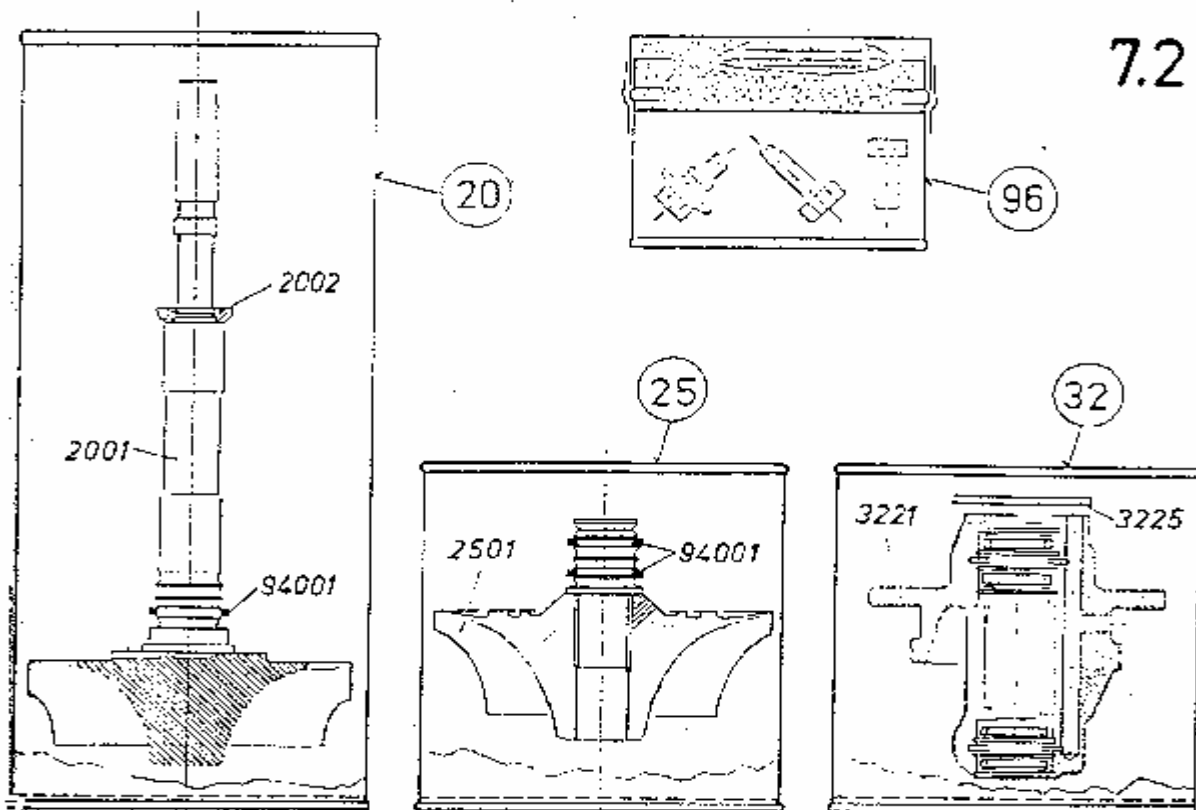
<i>Number</i>	<i>Name of Part</i>	<i>Number</i>	<i>Name of Part</i>
101	Bearing Puller Assembly	109	shaft sleeve
102	lock Screws	110	Impeller Remover (Style A Rotors)
103	Intermediate Casing Guide Pins	111	Nozzle Ring Wrench
105	Bearing Inserting Tool	112	Rotor blocker
103	Snap Ring Pilot	113	Impeller Remover (Style B Rotors)
107	Hex. Key	116	Impeller Remover Assy. (Style C Rotc

WHEN ORDERING THESE PARTS, THE TURBOCHARGER MODEL
AND SERIAL NUMBERS MUST BE FURNISHED

7.1



7.2



Tools (fig. 2.1)

- The tools are only supplied if specially ordered.

87 1 Bag containing the following tools

Dimensions of the standard tools

- 8701 1 Extractor-
- 8702 1 Retainer
- 8703 1 Bar
- 8704 1 Double ring spanner
- 8705 1 Box spanner
- 8706 1 Double ended spanner
- 8707 1 Socket screw hexagon
Wrench
- 8708 1 Socket screw hexagon
Wrench
- 8709 1 Socket screw hexagon
Wrench
- 8710 1 Sectional drawing
- 8711 is the part number of the empty tool bag

RR 106	RR 125	RR 150	RR 180
13/17	13/17	17/19	17/19
10	10	11	11
10/13	10/13	13/17	13/17
8	10	10	12
5	5	6	6
3		5	5

Spare parts (fig. 7.2)

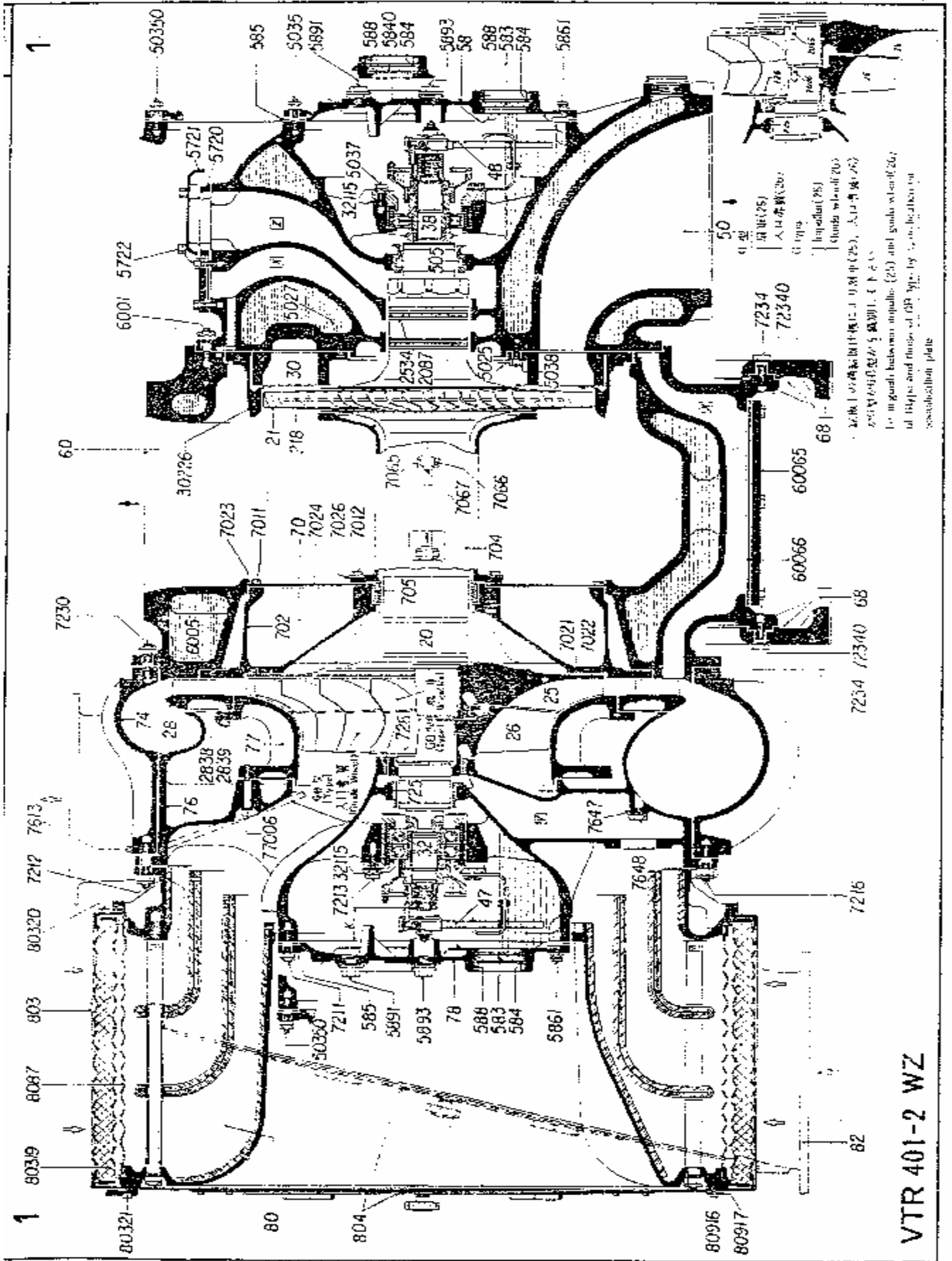
- 1 Tin box containing the screws, locking washers and piston rings as employed on the turbocharger
- 1 Bearing complete, without" oil collector
- 1 Impeller with piston rings
- 1 Turbine shaft with piston ring and thrust ring

- 1) We recommend to have on stock at least one box part number 96
- 2) The sequence of the assembled spare parts which are preserved in tin boxes is given according to the requirement.

8.0 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

B.B.C
BROWN BOVERI
EXHAUST-GAS TURBOCHARGER

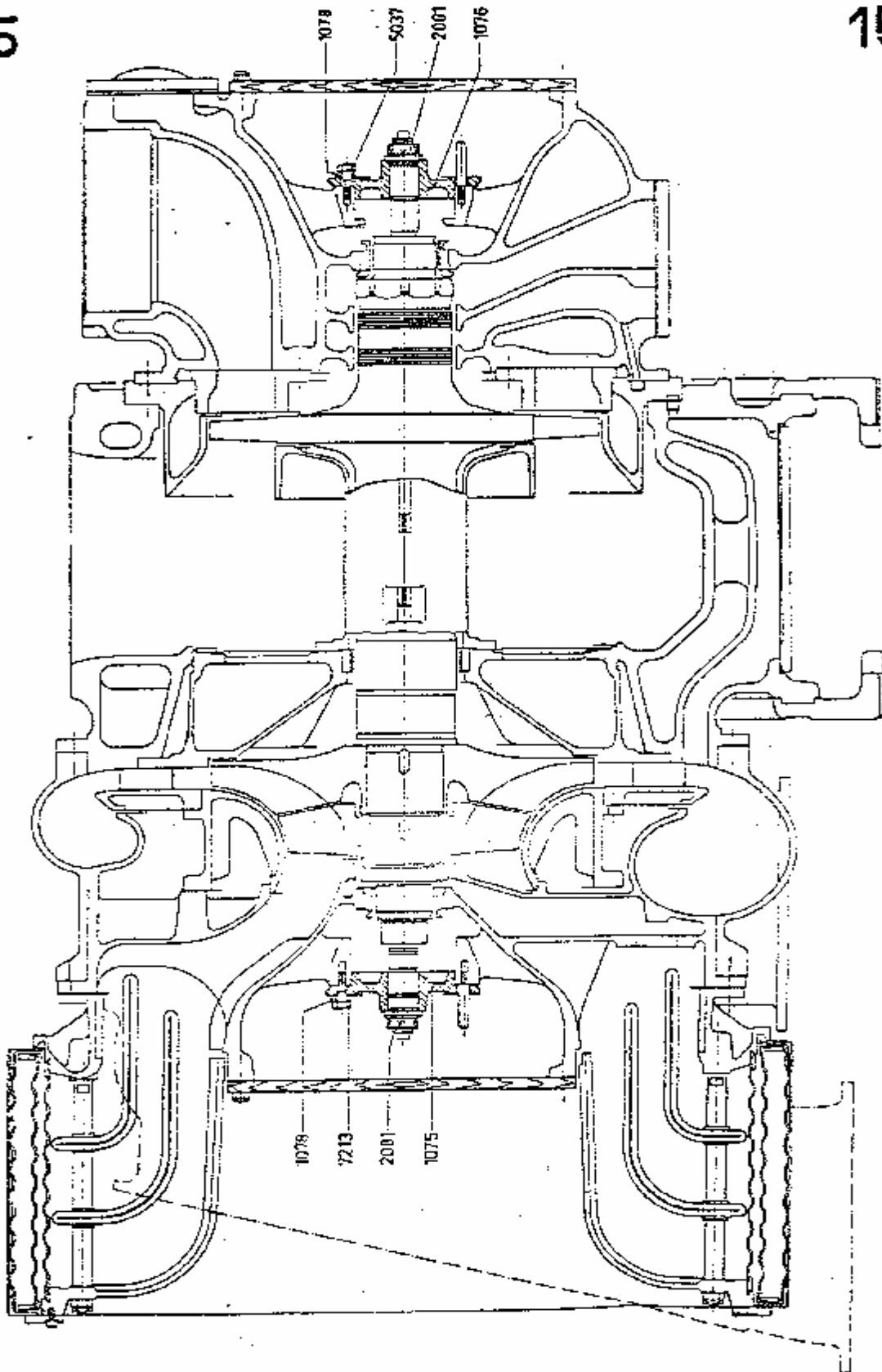
VTR
401-2 WZ, 501-2 WZ



VTR 401-2 WZ

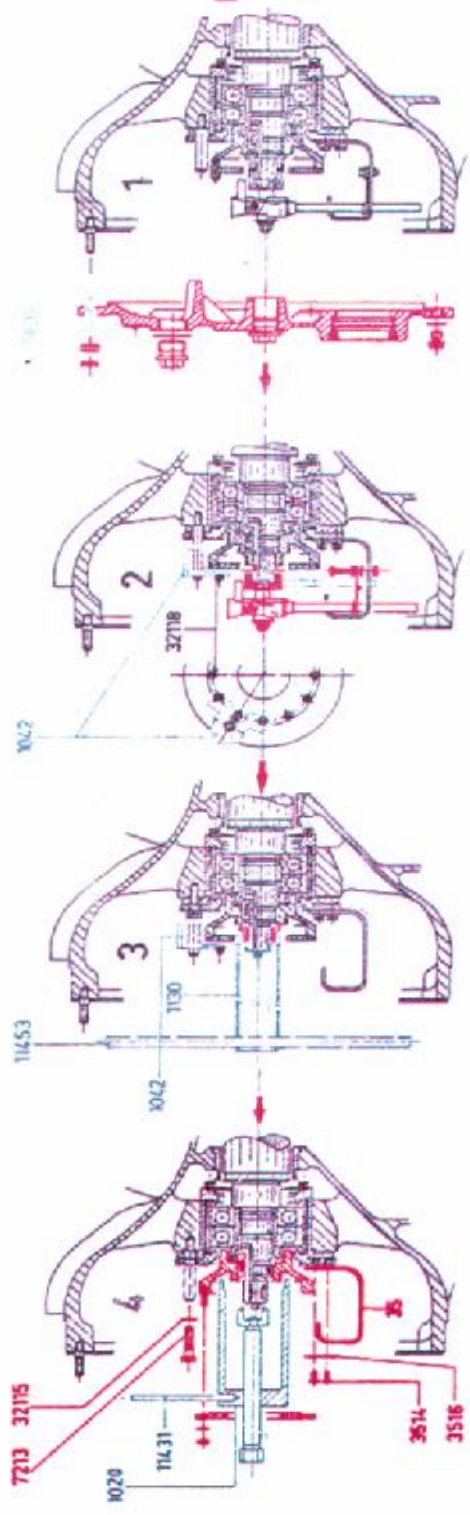
15

15

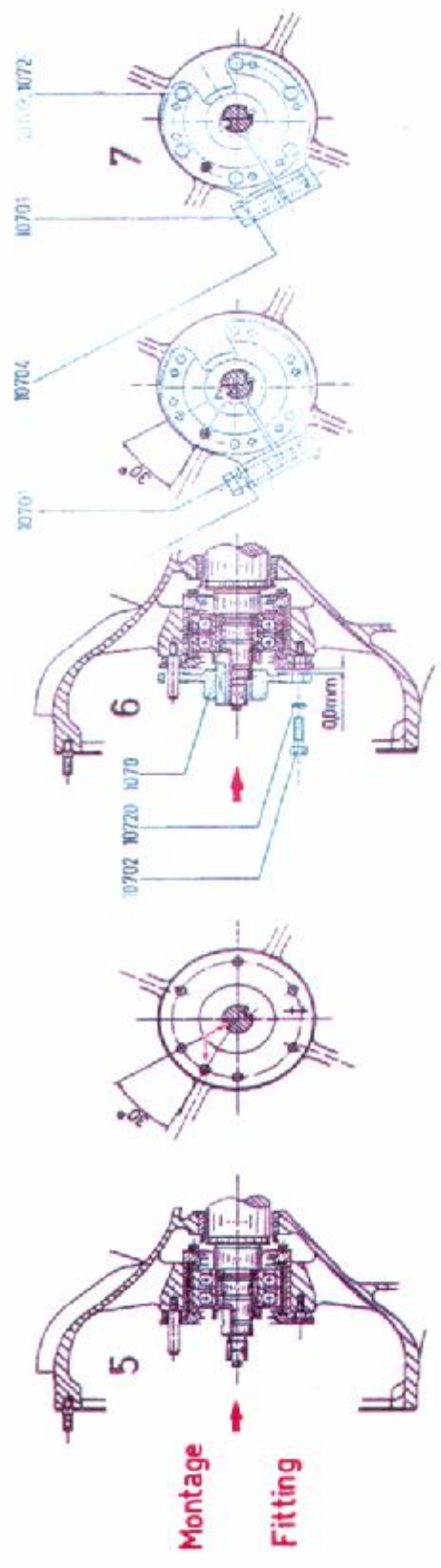


16

Demontage
Dismantling



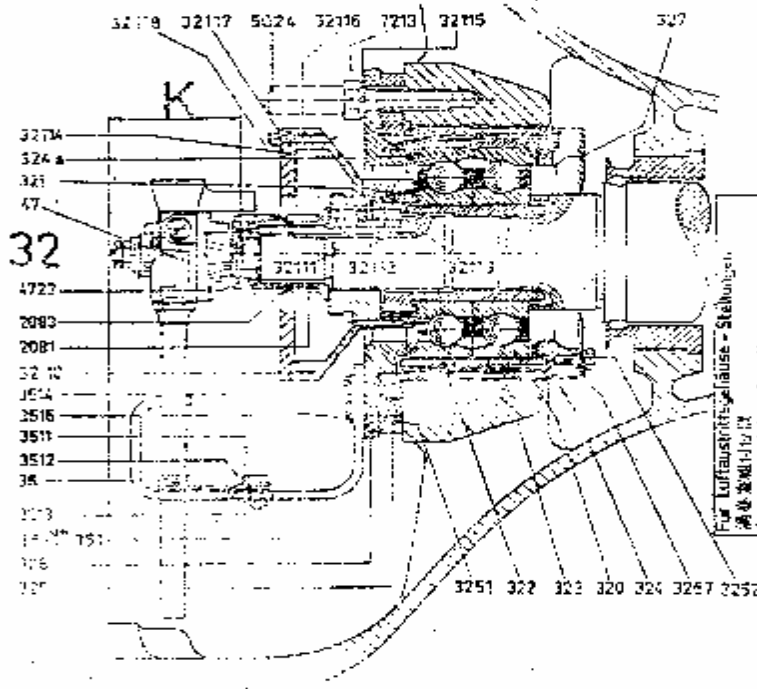
16



Montage
Fitting

2.1

2.1

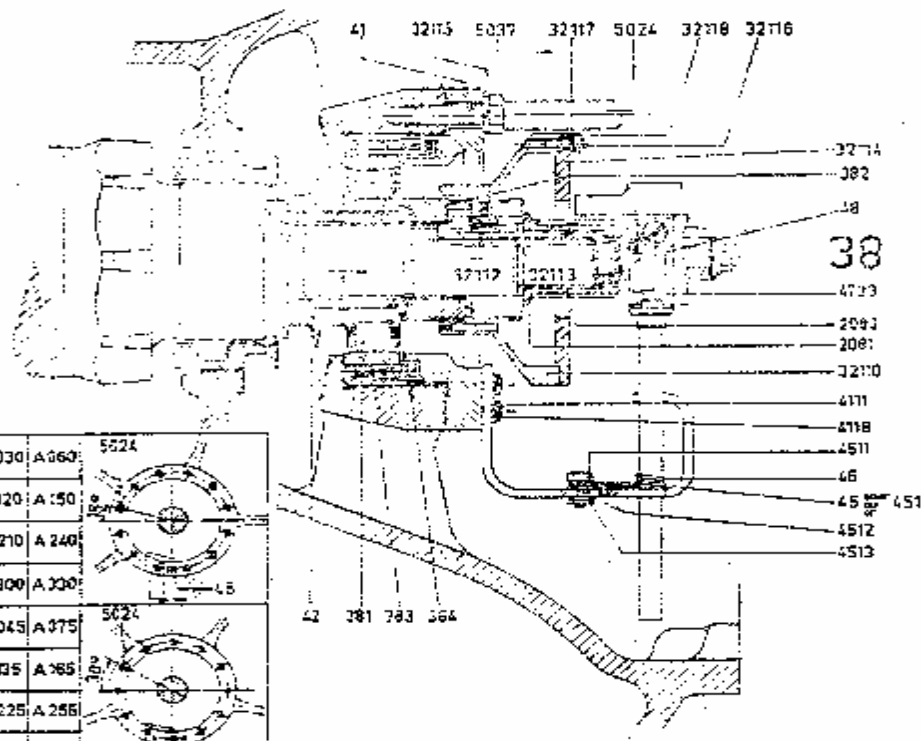


Für Luftaustrießgehäuse - Stellungen
 空气排出壳位置
 Arrangement for air outlet casing

C 000	C 039	C 060	5024
C 100	C 130	C 150	35
C 170	C 200	C 240	5024
C 270	C 300	C 330	35
C 375	C 345	C 075	5024
C 145	C 135	C 155	35
C 195	C 225	C 255	35
C 285	C 315	C 345	35

2.2

2.2



Für Gasströmungsgehäuse - Stellungen
 燃气流壳位置
 Arrangement for gas flow casing

A 000	A 030	A 060	5024
A 090	A 120	A 150	45
A 180	A 210	A 240	45
A 270	A 300	A 330	45
A 015	A 045	A 075	5024
A 105	A 135	A 165	45
A 195	A 225	A 255	45
A 285	A 315	A 345	45

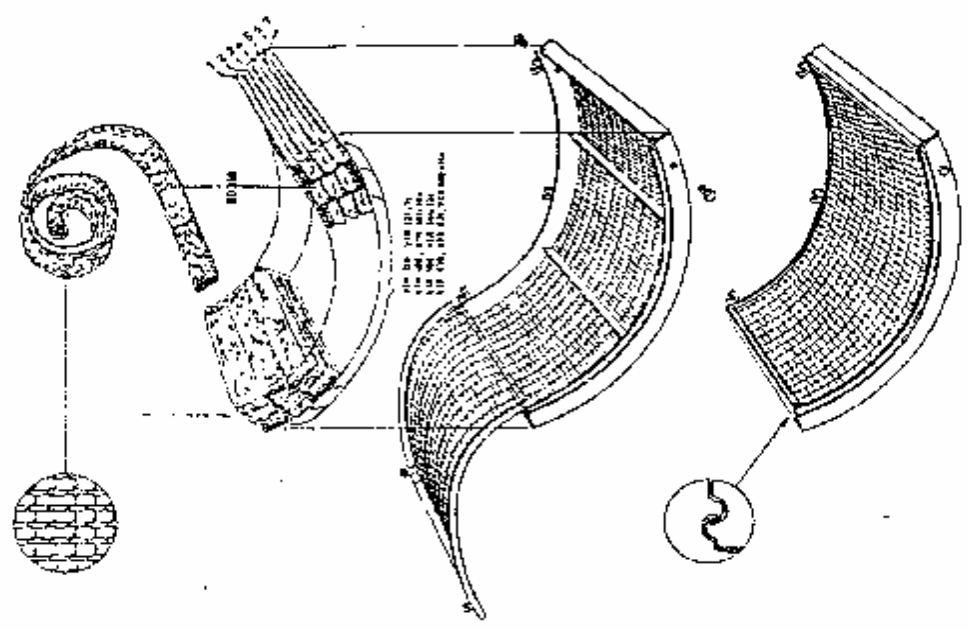
VFR 400, 401-2 WZ
 VFR 500, 501-2 WZ

AUG. 1972

ESUKAWA JIMA—LIARJIMA BROWN HOVER I

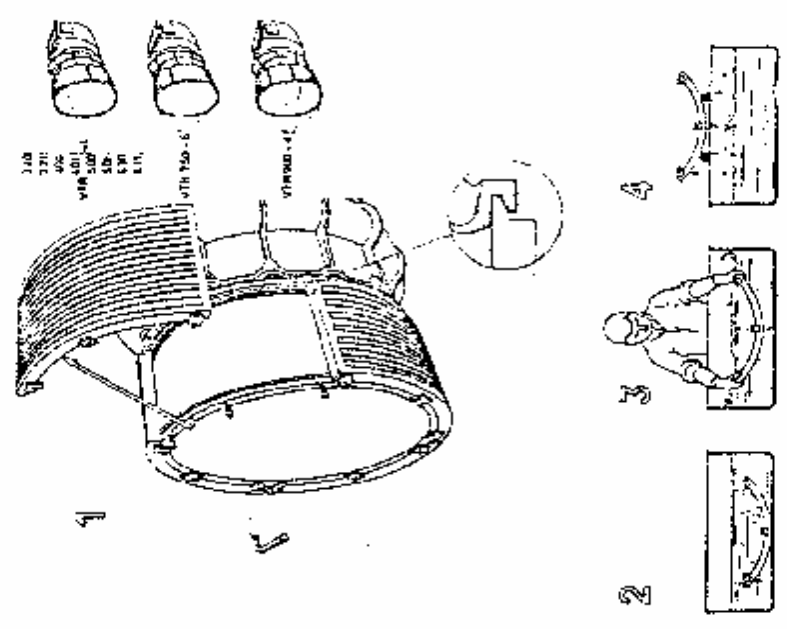
AUG. 1972

7



7

6



6

TL401705b

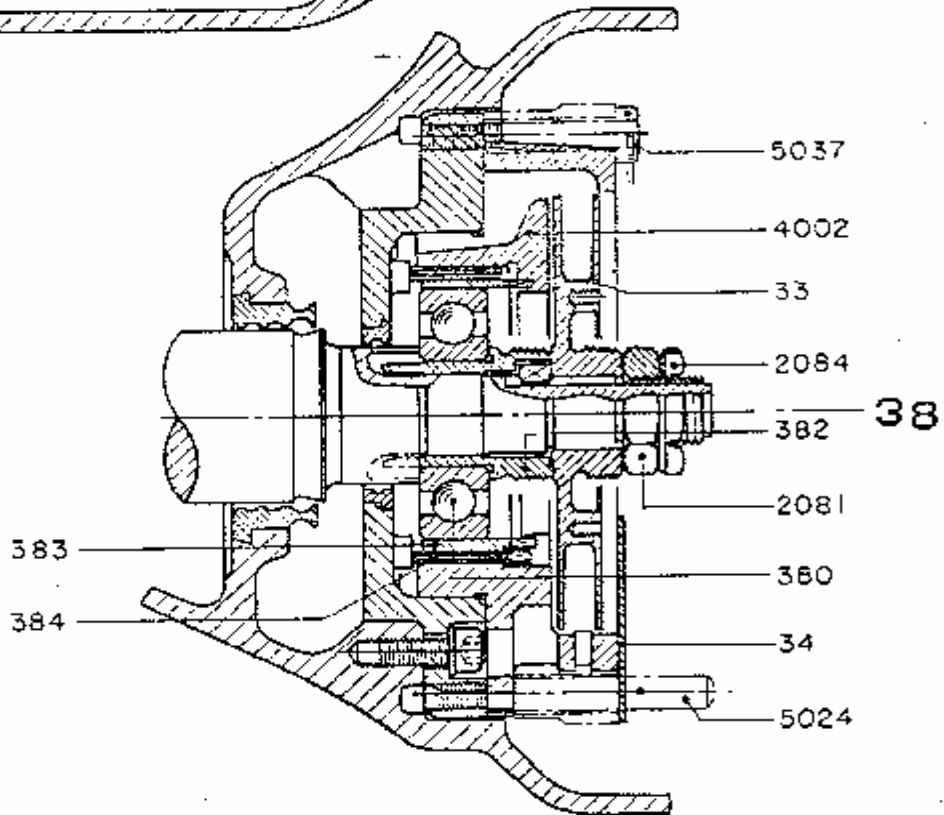
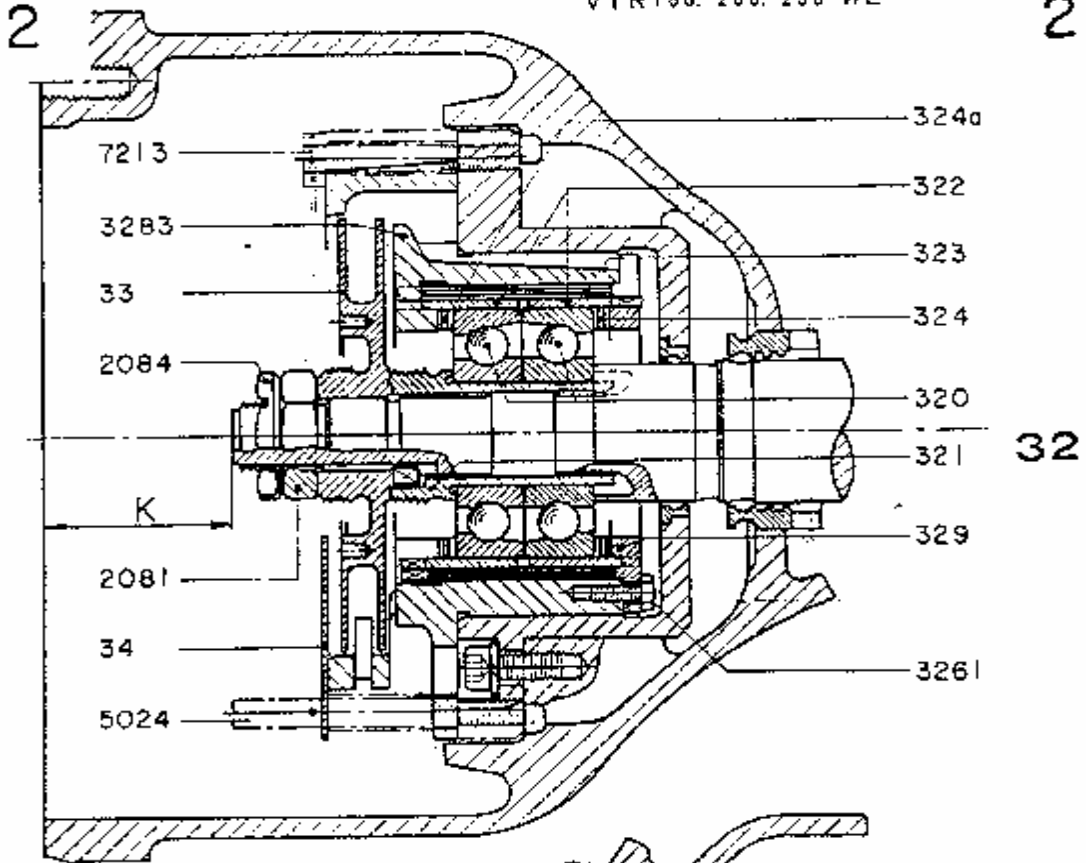
TL40164c VTK320 VTR900, VTK321 VTR831

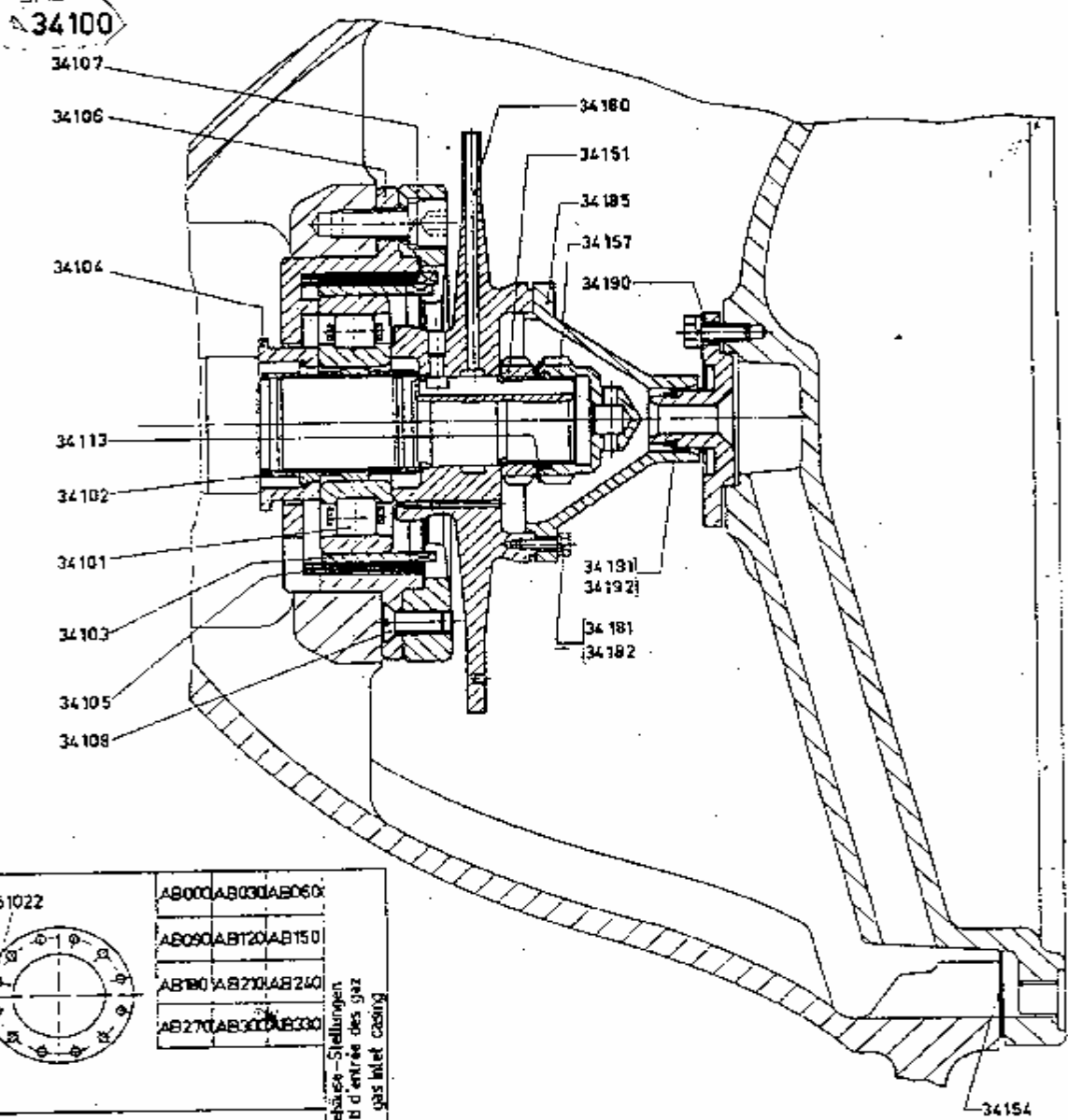
VTK320 VTR900, VTK321 VTR831

B.B.C
BROWN BOVERI
EXHAUST – GAS TURBOCHARGER

VTR
160, 200, 250, 354, WE

VTR160. 200. 250 WE





<p>51022</p>	AB000 AB030 AB060
	AB090 AB120 AB150
	AB180 AB210 AB240
	AB270 AB300 AB330
<p>51022</p>	AB075 AB045 AB075
	AB105 AB135 AB165
	AB195 AB225 AB255
	AB285 AB315 AB345

Für Gasantriebshäuser - Stellungen
Positions pour l'abî d'entrée des gaz
Arrangement for gas inlet casting

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL. "ΘΕΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ"**
Νικόλαος Π. Κυρτάτος
- **ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ**
Χ. Αποστολίδη - ΣΤ. Περδίου
- **ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ SHELL**
- **ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ EXXON**
- **GARRETT TURBOCHARGER USA**
- **TURBO TECHNICS Turbocharger UK**
- **Εγχειρίδια BBC " VTR 401-2 WZ, 501-2 WZ, 160 WE, 200 WE, 250 WE, 350 WE."**
- **<http://www.turbofast.com.au/supercharger.html>** Internet services
- **www.overboost.com** Internet services
- **www.sn95.com** Internet services
- **www.drive.gr** Internet services