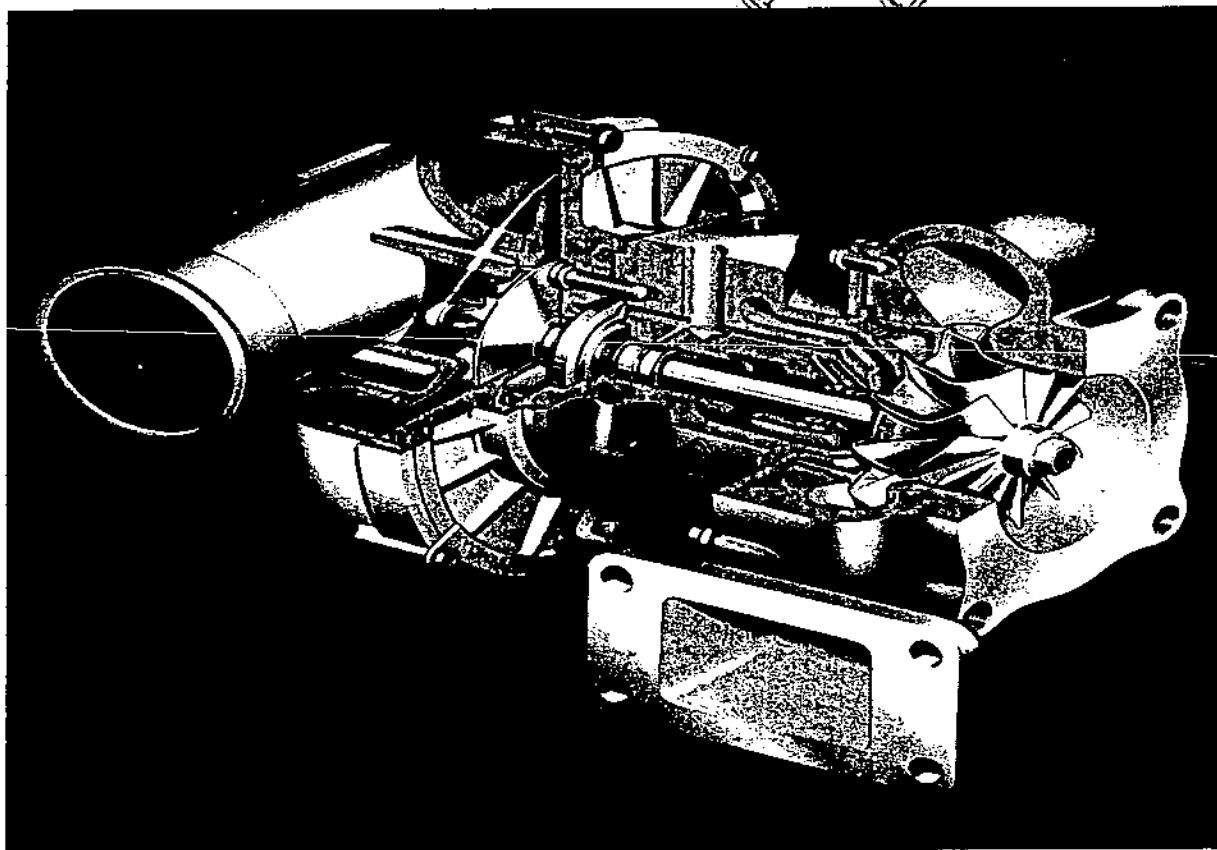


**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ :ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΘΕΜΑ: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ**  
**ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ**



**ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: ΑΠΑΤΑΓΓΕΛΟΣ**  
**ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΓΟΥΡΓΟΥΡΙΝΗΣ ΠΑΥΛΟΣ**  
**ΚΟΝΙΤΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

|                      |      |
|----------------------|------|
| ΑΡΙΘΜΟΣ<br>ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ | 7110 |
|----------------------|------|

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |         |
|---|---------|
| <u>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</u>                                   | σελ. 5  |
| <u>Κεφάλαιο 1</u>                                 |         |
| <u>Έννοιες στροβιλοσυμπιεστών</u>                 |         |
| 1.1 Αύξηση της μέσης πίεσης                       | σελ. 6  |
| 1.2 Θεωρία και χρήση στροβιλοσυμπιεστών           | σελ. 6  |
| 1.3 Στρόβιλος διαιρεμένου κελύφους                | σελ. 10 |
| <u>Κεφάλαιο 2</u>                                 |         |
| <u>Πλεονεκτήματα -μειονεκτήματα</u>               |         |
| 2.1 Θερμοδυναμική σύγκριση                        | σελ. 11 |
| 2.2 Πλεονεκτήματα στροβιλοσυμπιεστών              | σελ. 14 |
| 2.3 Μειονεκτήματα στροβιλοσυμπιεστών              | σελ. 15 |
| <u>Κεφάλαιο 3</u>                                 |         |
| <u>Μέρη και συστήματα πλήρωσης αέρα</u>           |         |
| 3.1 Εξαρτήματα και λειτουργίες στροβιλοσυμπιεστών | σελ. 16 |
| 3.2 Περιγραφή συστήματος πλήρωσης αέρα            | σελ. 20 |
| <u>Κεφάλαιο 4</u>                                 |         |
| <u>Βοηθητικά συστήματα στροβιλοσυμπιεστών</u>     |         |
| 4.1 Συνδεσμολογία εξατμίσεων                      | σελ. 23 |
| 4.2 Διατάξεις σύνδεσης                            | σελ. 23 |
| 4.3 Σύστημα παλλόμενης πίεσης                     | σελ. 25 |
| 4.4 Σύστημα σταθερής πίεσης                       | σελ. 25 |
| 4.5 Σύγκριση των δυο συστημάτων                   | σελ. 25 |

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| 4.6 Επιφάνεια προφυσίων            | σελ. 26 |
| 4.7 Τοποθέτηση στροβιλοσυμπιεστή   | σελ. 27 |
| 4.8 Συγκριτικές καμπύλες           | σελ. 30 |
| 4.9 Ασφαλιστική βαλβίδα εκφόρτωσης | σελ. 32 |
| 4.10 Καθυστέρηση απόκρισης         | σελ. 33 |
| 4.11 Καυστήρας                     |         |

## Κεφάλαιο 5

### Εσωτερική κατάσταση στροβιλοσυμπιεστών

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 5.1 Γενικά               | σελ. 34 |
| 5.2 Λίπανση              | σελ. 35 |
| 5.3 Αντλία λαδιών        | σελ. 36 |
| 5.4 Κατασκευή            | σελ. 37 |
| 5.5 Δόκιμη τούρμπο       | σελ. 37 |
| 5.6 Ηλεκτρονικές δόκιμες | σελ. 38 |
| 5.7 Προληπτική συντήρηση | σελ. 38 |

## Κεφάλαιο 6

### Βλάβες

|  |         |
|--|---------|
| 6.1 Διαρροή λαδιού                         | σελ. 40 |
| 6.2 Έλλειψη στέρησης λαδιού                | σελ. 41 |
| 6.3 Υπερφόρτωση                            | σελ. 41 |
| 6.4 Καταστροφή κουζινέτων από βρώμικο λαδί | σελ. 42 |
| 6.5 Διαρροή καυσαερίων                     | σελ. 43 |
| 6.6 Κρούση στροφείου στο κέλυφος           | σελ. 43 |
| 6.7 Απότομη καταστροφή στροβιλοσυμπιεστή   | σελ. 44 |
| 6.8 Αποζυγοστάθμιση                        | σελ. 44 |

## Κεφάλαιο 7

### Σύστημα ψύξεως

|                 |         |
|-----------------|---------|
| 7.1 Intrecooler | σελ. 45 |
| 7.2 Αερόψυκτα   | σελ. 46 |
| 7.3 Υδροψυκτα   | σελ. 46 |

## Κεφάλαιο 8

### Διαδικασία ταιριάσματος

- |                               |         |
|-------------------------------|---------|
| 8.1 Στροβίλοσυμπιεστη-Μηχανής | σελ. 47 |
| 8.2 Τρόπος υπολογισμού        | σελ. 53 |

## Κεφάλαιο 9

### Διαδικασία συντήρησης και αναβάθμισης

- |   |         |
|---|---------|
| 9.1 Καθαρισμός εξαρτημάτων                  | σελ. 59 |
| 9.2 Έλεγχος εξαρτημάτων                     | σελ. 61 |
| 9.3 Διαδικασία συναρμολόγησης               | σελ. 63 |
| 9.4 Δυναμική ζυγοστάθμιση                   | σελ. 65 |
| 9.5 Διαδικασία αναβάθμισης                  | σελ. 67 |
| 9.6 Αναβάθμιση θροσ                         | σελ. 67 |
| 9.7 Αναβάθμιση στον άξονα και στο αλουμίνιο | σελ. 68 |

## Κεφάλαιο 10

### Διαδικασίες κατασκευής

- |                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| 10.1 Γενικά                       | σελ. 70 |
| 10.2 Χύτευση σε άμμο              | σελ. 70 |
| 10.3 Άμμος                        | σελ. 71 |
| 10.4 Πρότυπο μονελο               | σελ. 71 |
| 10.5 Πυρήνες                      | σελ. 72 |
| 10.6 Μηχανές καλουπιών σε άμμο    | σελ. 73 |
| 10.7 Λειτουργίες χύτευσης         | σελ. 75 |
| 10.8 Ρίψη επένδυσης               | σελ. 78 |
| 10.9 Άξονας                       | σελ. 80 |
| 10.10 Ασβεστοκονίαμα-ρίψης φορμών | σελ. 81 |

## Κεφάλαιο 11

### Εγκαταστάσεις κατασκευής

|  |         |
|--|---------|
| 11.1 Εγκαταστάσεις                                 | σελ. 83 |
| 11.2 Επεξεργασία                                   | σελ. 84 |
| 11.3 Συμβατικές εργαλειομηχανές                    | σελ. 84 |
| 11.4 Μη συμβατικές εργαλειομηχανές                 | σελ. 87 |
| 11.5 Καλύμματα τουρμπίνας, συμπιεστών και ρουλεμάν | σελ. 89 |
| 11.6 Άξονας και στρόφαλος                          | σελ. 90 |
| 11.7 Περαιτέρω διαδικασίες κατασκευής              | σελ. 96 |
| 11.8 Άλλα συστατικά                                | σελ. 98 |

## Κεφάλαιο 12

### Σύγχρονοι στροβίλοσυμπιεστές

|   |          |
|---|----------|
| 12.1 Στροβίλοσυμπιεστές μεταβλητής γεωμετρίας   | σελ. 99  |
| 12.2 Μεταβλητός στροβίλοσυμπιεστής ακροφυσίων   | σελ. 101 |
| 12.3 Πλεονεκτήματα σύγχρονων στροβίλοσυμπιεστών | σελ. 102 |
| 12.4 Ηλεκτρονικό σύστημα έλεγχου                | σελ. 102 |

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

σελ. 105

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι επιχειρήσεις κατασκευής μηχανών αυτοκινήτων, γενικά diesel ή βενζίνης είναι σε μια πολύ δύσκολη περίοδο στην ιστορία τους, από τα προηγούμενα χρόνια. Πρέπει οι μηχανές που θα κατασκευάσουν να είναι μικρές,ελαφριες σε βάρος,οικονομικες αλλά και να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Από την άλλη πλευρά θα πρέπει να μπορούν να δώσουν όσο το δυνατόν περισσότερη δύναμη και ροπή ,σε έναν μέσο αριθμό περιστροφών, για την ικανοποίηση όλων των πελατών που αναμένουν συνεχώς όλο και μεγαλύτερη απόδοση από τα αυτοκίνητα που αγοράζουν.

Για πολλά χρόνια αυτοί οι περιορισμοί δεν υπήρχαν .Προσπαθούσαν μόνο να αυξήσουν την απόδοση της μηχανής αλλά και την αναλογία της πίεσης.Η πρώτη απόπειρα έγινε το 1950 στην Αμερική .Η συγκεκριμένη όμως απόπειρα είχε παρά πολλά μη επιθυμητά αποτελεσματα.Το βάρος της κατασκευής ήτανε μεγάλο, η ιπποδύναμη υπερβολική που είχε σαν συνέπεια μεγάλη κατανάλωση καύσιμων, αλλά και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος ήτανε σημαντική.

Οι κατασκευαστές πολύ σύντομα καταλαβαίνουν ότι θα είχαν μια σοβαρή αύξηση της δύναμης ανά λίτρο κυλίνδρων, εάν θα μπορούσαν να βρουν μια ειδική συσκευή που αντί της αναμονής για την εισαγωγή του αέρα στους κυλίνδρους, θα δημιουργούσε μια εξωτερική δύναμη που θα μπορούσε να βοηθήσει τον αέρα για να εισέλθει πιο γρήγορα και να τους γεμίσει καλύτερα. Με άλλα λόγια να τον υπερπληρώσουν. Εάν θα μπορούσαν να κατορθώσουν να το επιτύχουν αυτό, κάθε κύλινδρος θα μπορούσε να περιέχει περισσότερο οξυγόνο μέσα του και να κάψει περισσότερα καύσιμα. Έτσι το αποτέλεσμα θα ήταν η παραγωγή περισσότερου έργου και η αύξηση της μέσης πίεσης.

Η ιδέα του υπερπληρωτή, περιπλανήθηκε για πολλά χρόνια στα γραφεία μελέτης πολλών κατασκευαστικών επιχειρήσεων πριν βρει μια πραγματική εφαρμογή. Στη δεκαετία 1920 παρουσιάστηκαν οι υπερπληρωμένες θαλάσσιες μηχανές, όχι όμως με μόνιμη υπερπλήρωση. Τη στιγμή που απαιτήθηκε υψηλή δύναμη ένας υπερπληρωτής ενεργοποιήθηκε, ο οποίος συνήθως λειτουργούσε με μια ηλεκτρική μηχανή, και η μηχανή θα μπορούσε να δώσει για μια μικρή χρονική περίοδο υψηλότερη δύναμη.

Μετά από την εμφάνιση του στροβιλοσυμπιεστή, η χρήση γενικεύτηκε όχι ως τρόπος στιγμιαίας αύξησης της δύναμης, αλλά ως κανονικό συμπλήρωμα της μηχανής, με την η οποία λειτουργεί συνεχώς. Σήμερα όλες οι θαλάσσιες μηχανές που κατασκευάζονται στην Ευρώπη και άλλες χώρες του κόσμου, χρησιμοποιούν στροβιλοσυμπιεστές.

Στα μηχανοκίνητα οχήματα, η χρήση του στροβιλοσυμπιεστή καθυστέρησε επειδή υπήρξαν άλλοι λιγότερο ακριβοί τρόποι, για τους κατασκευαστές ώστε να πάρουν τη δύναμη που χρειάζονταν, και επίσης επειδή η υπερπλήρωση μιας μηχανής ανάφλεξης σπινθήρων "ταίριαζε" τόσο καλά όσο σε μια μηχανή ανάφλεξης συμπίεσης. Επομένως οι μηχανές diesel βρέθηκαν να έχουν το στροβιλοσυμπιεστή ως βασικό συστατικό τους, επειδή με τη χρήση του, πολλά από τα προβλήματά τους μπόρεσαν να λυθούν.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

### 1.1 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Η μέση πίεση μιας μηχανής, καλείται φανταστική πίεση, για την οποία εάν ληφθεί στον κύλινδρο, σταθερή όλη την ώρα της εκπυρσοκρότησης θα έδινε έργο όμοιο με το έργο που η μηχανή δίνει σε κάθε κύκλο της εργασίας της. Συμπεριλαμβανομένων των συνεχών αλλαγών πιέσεων που υπάρχουν στην πραγματικότητα μέσα σε αυτόν. Έτσι, είναι προφανές ότι η μέση πίεση εξαρτάται απευθείας από τη βάση της σε κάθε εργασία κυλίνδρων, και το αντίθετο. Η βασική εργασία είναι αλληλοεξαρτώμενη της μέσης πίεσης και επομένως εξαρτάται από τη θερμική αναλογία αποδοτικότητας της μηχανής, η οποία είναι το ποσοστό από τη θερμική ενέργεια των καυσίμων που η μηχανή επιτυγχάνει για να μετασχηματίσει σε μηχανικό έργο.

Η δύναμη που μια μηχανή εσωτερικής καύσεως μπορεί να παραγάγει εξαρτάται εξ ολοκλήρου από την ποσότητα καυσίμων που μπορεί να καίει τέλεια στους κυλίνδρους της, σε κάθε λειτουργικό κύκλο. Η ποσότητα αυτών των καυσίμων είναι εξαρτώμενη της ποσότητας του οξυγόνου που συμπεριλαμβάνεται στους κυλίνδρους. Αυτό το ποσό οξυγόνου είναι η ποσότητα της απορρόφησης του αέρα από τη μηχανή που περνά στους κυλίνδρους τη στιγμή της εισαγωγής.

Η μηχανή εσωτερικής καύσεως είναι μια μηχανή κατανάλωσης αέρα. Διότι τα καύσιμα που καίγονται απαιτούν τον αέρα με τον οποίο μπορεί να αναμίξει για να ολοκληρώσει τον κύκλο καύσης.

Μόλις φθάσει η αναλογία αέρα/ καύσιμου σε ένα ορισμένο σημείο, η προσθήκη περισσότερων καυσίμων δεν θα παραγάγει περισσότερη δύναμη, αλλά μόνο το μαύρο καπνό ή τα άκαυτα καύσιμα στην ατμόσφαιρα.

Όσο πυκνότερος ο καπνός, τόσο περισσότερο η μηχανή έχει περίσσεια καυσίμου. Επομένως, η αύξηση της παράδοσης καυσίμων πέρα από το όριο της αναλογίας αέρα/ καύσιμα οδηγεί στην υπερβολική κατανάλωση καυσίμων, τη ρύπανση, την υψηλή θερμοκρασία εξάτμισης (diesel) ή τη χαμηλή θερμοκρασία εξάτμισης (βενζίνη), και τη μικρότερη ζωή των μηχανών.

### 1.2 ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

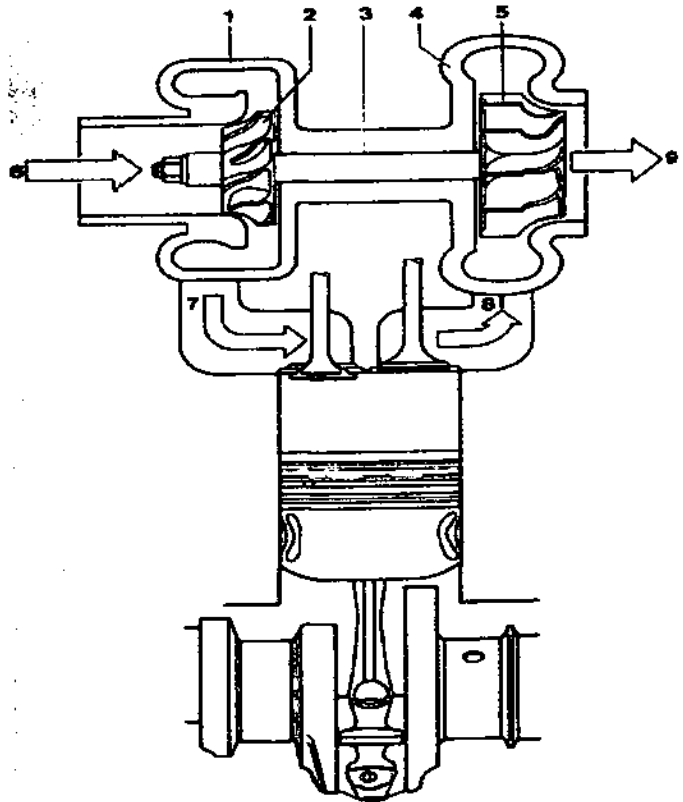
Όπως αναφέρουμε ανωτέρω, ο σκοπός της υπεπλήρωσης για τις μηχανές εσωτερικής καύσεως είναι να επιτευχθεί εισροή υψηλότερης ποσότητας αέρα στους κυλίνδρους, από ότι συνήθως με τη φυσική αναρρόφηση και κατά συνέπεια να δημιουργηθεί η καλύτερη καύση των καυσίμων και η αύξηση της δύναμης της μηχανής. Η εισαγωγή αυτής της μεγαλύτερης ποσότητας αέρα απαιτεί την ύπαρξη ενός αεροσυμπιεστή, ο οποίος θα αναγκάσει τον αέρα για να υπερνικήσει την αδράνειά του και την αντίσταση εισροής.



Με την επίτευξη αυτού, οι κύλινδροι θα γέμιζαν με μεγαλύτερη ποσότητα αέρα από την κανονική ποσότητα.

Γενικά για την υπερπλήρωση των μηχανών εσωτερικής καύσεως, και πιο συγκεκριμένα για τις μηχανές diesel, πολλούς τύπους φορτιστών αέρα, τους ανεμιστήρες ή blowpipes έχει επιδιωχτεί στο παρελθόν, με όλους τους πιθανούς τρόπους της κίνησης έμβολο-φέροντες φορτιστές αέρα, φυγοκεντρικά fans της ακτινωτής ή αξονικής ροής, ηλεκτρικά ή μηχανοκίνητα. Από όλους αυτούς τους τύπους, μόνο το ένα υπερισχύει και αυτό είναι ο στροβιλοσυμπιεστής. Ο στροβιλοσυμπιεστής είναι ένας συνδυασμός επάνω στον ίδιο άξονα, ενός ρότορα του στροβίλου και ενός φυγοκεντρικού ρότορα του συμπιεστή, σχήμα 1.

1. Συμπιεστής
2. Άξονας Κέλυφος συμπιεστή
3. Ρότορας
4. Κέλυφος στροβίλου
5. Ρότορας στροβίλου
6. Εισαγωγή αέρα
7. Παροχή αέρα
8. Εισαγωγή αερίων εξάτμισης
9. Έξοδος αερίων εξάτμισης



ΣΧΗΜΑ 1

#### Αναπαράσταση λειτουργίας στροβιλοσυμπιεστή

Ένας στροβιλοσυμπιεστής είναι μια αεραντλία με σκοπό να λειτουργήσει με την κανονικά σπαταλημένη ενέργεια στα αέρια της εξάτμισης των μηχανών. Τα αέρια αυτά οδηγούνται στο ρότορα του στροβίλου στην δεξιά πλευρά που συνδέεται με τον ρότορα του συμπιεστή στην αριστερή πλευρά όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Κατά την περιστροφή, παρέχουν μεγάλη ποσότητα αέρα με αυξανόμενη πίεση στους θαλάμους καύσης της μηχανής.

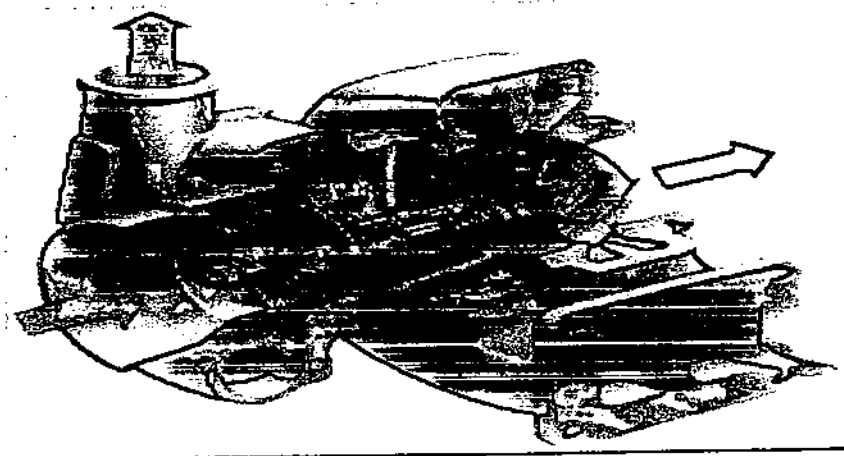
Λόγω αυτού του αυξανόμενου βάρους του συμπιεσμένου αέρα, περισσότερα καύσιμα μπορούν να χορηγηθούν για να παραγάγουν περισσότερη ιπποδύναμη από μια μηχανή δεδομένου μεγέθους.

Όπως μπορεί να φανεί από το σχήμα τα αέρια της εξάτμισης προέρχονται έξω από τον κύλινδρο και περνούν μέσω ενός ρότορα στο στροβίλο, κάνοντας τον να περιστραφεί με πολύ μεγάλο αριθμό περιστροφών. Στο ρότορα του στροβίλου ο άξονας συνδέεται με τον ρότορα του συμπιεστή, ο οποίος δίνει τον αέρα στον κύλινδρο με κάποια πίεση κατά τη διάρκεια του χρόνου εισαγωγής. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο ρότορας του στροβίλου και ο άξονας ενώνονται μαζί ως ένα μέρος, και για αυτόν τον λόγο ονομάζεται άξονας - ρότορας στροβίλου. Για αυτήν την φαινομενικά πολύ απλή συσκευή, πολλά χρόνια απαιτήθηκαν για να αναπτύξουν και να φθάσουν στη θετικότερη και ασφαλή μορφή που την βλέπουμε σήμερα.

Ο στροβιλοσυμπιεστής των ημερών μας, είναι ευθύς απόγονος του στροβιλοσυμπιεστή Buchi που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά περίπου το 1920 για την υπεπλήρωση της θαλάσσιας μηχανής diesel Brown- Boveri. Τότε, ο στρόβιλος Buchi ήταν ακριβώς ένας απλός στρόβιλος κίνησης με ένα έλασμα Laval και ο ρότορας του συμπιεστή ήταν μια ακτινωτή φυγοκεντρική πρέσα με ένα κλειστό ρότορα του στροβίλου. Η περιστροφική ταχύτητά που επιτύγχανε ήταν 20,000 στροφές ανά λεπτό.

Οι σημερινοί στροβιλοσυμπιεστές που χρησιμοποιούνται στην ανάφλεξη σπινθήρων ή τις συμπιεσμένες μηχανές ανάφλεξης είναι πιο δυσδιάκριτοι και πολύ απλούστεροι, αλλά οι ταχύτητες των περιστροφών τους φθάνουν και ξεπερνούν τις 100.000 ανά λεπτό

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται ένας στροβιλοσυμπιεστή Garrett σε τομή. Εδώ μπορεί να φανούν καθαρά τα αέρια της εξάτμισης της μηχανής που έρχονται στην εισαγωγή του ρότορα του στροβίλου.



ΣΧΗΜΑ 2

Περνάει μέσω της περιοχής γύρω από το ρότορα του στροβίλου το οποίο καλείται κέλυφος στροβίλου, και φθάνει σε μια πίεση σχεδόν ίση με την ατμοσφαιρική λαμβάνοντας πολύ υψηλή ταχύτητα και κινητική ενέργεια. Με αυτήν την κινητική ενέργεια, τα αέρια της εξάτμισης συγκρούονται με κατάλληλη γωνία με τις λεπίδες του ρότορα του στροβίλου δίνοντας την απαραίτητη ταχύτητα.

Στον άξονα του ρότορα του στροβίλου, συνδέεται ο ρότορας του συμπιεστή. Ο ρότορας του συμπιεστή απορροφά τον αέρα από το αριστερό μέρος, το οποίο είναι η εισαγωγή του. Με τη φυγοκεντρική δύναμη που λαμβάνει, στέλνει τον αέρα με πολύ υψηλή ταχύτητα μέσω μιας άλλης στεφάνης με λεπίδες που μετασχηματίζουν την ακτινωτή κατεύθυνση του αέρα σε εφαπτομενική, μέσα στην περιοχή γύρω από το ρότορα του συμπιεστή που ονομάζεται κέλυφος του συμπιεστή. Ο αέρας χάνει την ταχύτητά του αλλά αυξάνει την πίεσή του, και με αυτήν την πίεση παίρνει τον δρόμο του για τους κυλίνδρους της μηχανής για τη διαδικασία υπερπλήρωσης.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του στροβιλοσυμπιεστή σχετικά με όλα τα άλλα συστήματα υπερπλήρωσης, είναι ότι για την κίνησή του δεν χρησιμοποιεί ισχύ που την αφαιρεί από την αποδοτικότητα της μηχανής, αλλά χρησιμοποιεί την ενέργεια των αερίων της εξάτμισης, η οποία χάνεται ούτως ή άλλως. Έτσι ολόκληρη η αύξηση δύναμης που λαμβάνεται με την χρήση του στροβιλοσυμπιεστή, είναι απόλυτο κέρδος.

Για καλύτερη κατανόηση, πρέπει να δοθεί έμφαση στη λειτουργία μηχανών και τις σχετικές πιέσεις και τα ποσοστά ροής στους κυλίνδρους καθώς και τις πολλαπλές κατά τη διάρκεια των τεσσάρων κύκλων της διαδικασίας. Η καύση πρέπει να αναπτύξει τις πολύ υψηλές πιέσεις στον κύλινδρο για τη μεταφορά του ωφέλιμου έργου στο στροφαλοφόρο άξονα. Κοντά στο τέλος του κύκλου ισχύος, ακόμα κι αν ο αέρας στον κύλινδρο έχει επεκτείνει πολλές φορές τον αρχικό όγκο του, οι πιέσεις του κυλίνδρου μπορούν ακόμα να είναι αρκετά υψηλές. Σε αυτό το σημείο της λειτουργίας, ο κύλινδρος ανοίγει και η υψηλή πίεση απελευθερώνει την ενέργειά της στην πολλαπλή εξαγωγή της εξάτμισης. Το ποσό ενέργειας που απελευθερώνεται είναι ανάλογο προς τη συγκεκριμένη δυνατότητα δύναμης της μηχανής.

Λίγη ενέργεια αφήνεται για να βγει στην πολλαπλή εξαγωγή της εξάτμισης όταν η παραγωγή δύναμης για μια μηχανή είναι χαμηλή ή είναι σε αδράνεια. Αφ' ετέρου, όταν απαιτείται η δύναμη, σημαντικά ποσά ενέργειας, υπό μορφή αέρα υψηλής θερμοκρασίας, επεκτείνονται και σπτατούνται στο σύστημα της εξάτμισης. Ένας στροβιλοσυμπιεστής συλλαμβάνει μέρος από αυτήν την ενέργεια και το χρησιμοποιεί για να βοηθήσει να επανατροφοδοτηθεί η μηχανή με όσο το δυνατόν περισσότερο αέρα. Δεδομένου ότι ο κύλινδρος τροφοδοτείται, και η διαδικασία αναπτύσσεται, όλο και περισσότερη ενέργεια είναι διαθέσιμη για να οδηγήσει το στροβιλοσυμπιεστή να συνεχίσει την αύξηση της δύναμης της μηχανής. Σε κάποιο σημείο, οι ικανότητες του στροβιλοσυμπιεστή, της εξαγωγής ή της μηχανής αποτρέπουν την περαιτέρω αύξηση της δύναμης.

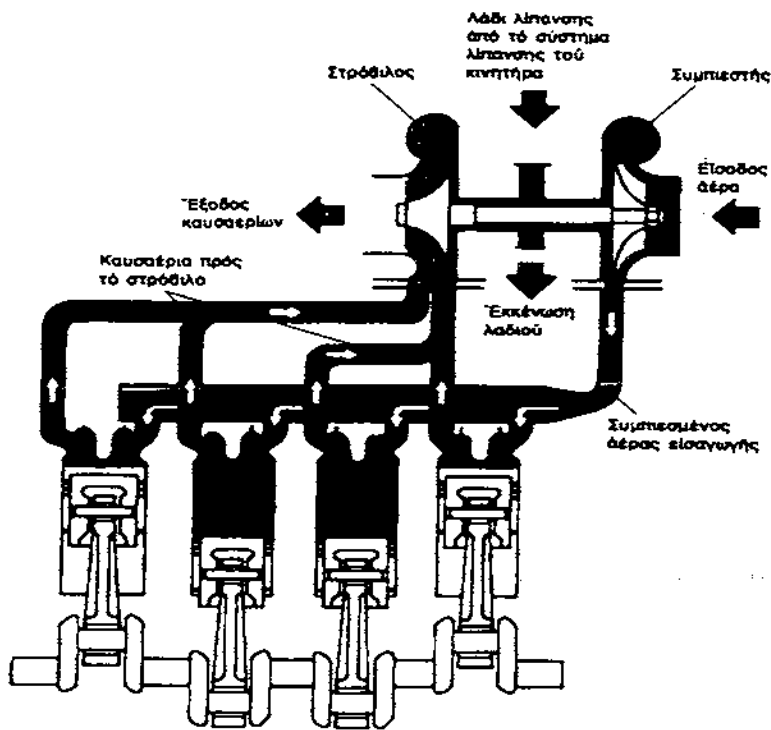
Η ζωή και η απόδοση των μηχανών υπαγορεύουν τη χρήση υποχρεωτικών στάσεων ή ελεγκτές για να περιορίσουν τη μέγιστη ταχύτητα και δύναμη. Οι εσφαλμένες ρυθμίσεις και οι συνθήκες που αναπτύσσονται από την φθορά και τη φτωχή συντήρηση οδηγούν συχνά στην εσφαλμένη διάγνωση στροβιλοσυμπιεστών.

Οι υπερπληρωμένες μηχανές χρησιμοποιούν πολλές μεθόδους για τον περιορισμό της μέγιστης παραγωγή ταχύτητας ή δύναμης. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στο σχεδιασμό ή την επιλογή όλων των εξαρτημάτων για να διασφαλιστεί ότι η μηχανή θα καλύψει τις απαιτήσεις ελέγχου της ρύπανσης, θα αποκριθεί γρήγορα, θα δώσει αποδεκτή απόδοση, και θα διαρκέσει για έναν λογικό χρόνο.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα ανωτέρω ισχύουν στην περίπτωση που ο ρότορας του στροβίλου δεν παράγει οποιοδήποτε εμπόδιο στο ρυθμό ροής των αερίων εξάτμισης. Σε αυτήν την περίπτωση ένας πνιγμός της μηχανής πραγματοποιείται, και η αποδοτικότητά της μειώνεται. Αναμφισβήτητα σε κάθε σύστημα εξάτμισης το ανωτέρω φαινόμενο λαμβάνει χώρα, αλλά υπάρχει μέριμνα για την αποφυγή επιπλέον απωλειών. Οι σημερινοί στροβιλοσυμπιεστές το έχουν επιτύχει αυτό, και μπορεί να ειπωθεί ότι δεν λαμβάνουν οποιεσδήποτε πρόσθετες απώλειες από αυτές που τα συνηθισμένα συστήματα εξάτμισης λαμβάνουν. Έτσι η συνολική αύξηση δύναμης της μηχανής είναι πραγματικό κέρδος.

### 1.3 ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΔΙΑΙΡΕΜΕΝΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Στο στροβιλοσυμπιεστή του σχήματος 3, μπορεί να φανεί ότι το κέλυφος των στροβίλων διαιρείται σε δύο περιοχές σε ολόκληρο στο μήκος της, σαν να έχουμε δύο διαφορετικούς τομείς εκτόνωσης. Κάθε μια από αυτές τις περιοχές συνδέεται με τους μισούς κυλίνδρους της μηχανής, έτσι τα αέρια εξάτμισης των μισών κυλίνδρων δεν αναμιγνύονται με τα αέρια εξάτμισης των άλλων μισών, αλλά μόνο μετά από την πλήρη εκπυρσοκρότησή τους.



ΣΧΗΜΑ 3

Κέλυφος στροβίλων που διαιρείται σε δυο περιοχές όπου κάθε μια συνδέεται με τους μισούς κυλίνδρους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

#### 2.1 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Το διάγραμμα 1 παρουσιάζει τις αλλαγές του έργου σε μια ατμοσφαιρική μηχανή. Η εισαγωγή του θα αρχίσει στο σημείο A<sub>1</sub> κοντά στη γραμμή που αντιστοιχεί στην ατμοσφαιρική πίεση.

Ενώ το έμβολο κινείται προς το κατώτατο νεκρό κέντρο (BDC), η πίεση μέσα στον κύλινδρο θα είναι λιγότερο από την ατμοσφαιρική. Όταν θα φθάσει σε αυτό (στο BDC), το οποίο αντιστοιχεί στο σημείο B<sub>1</sub>, η πίεση θα είναι P<sub>e1</sub>, λιγότερο από την ατμοσφαιρική, ανάλογα με τον κορεσμό της μηχανής. Από το σημείο B<sub>1</sub>, με τη μετακίνηση του εμβόλου στο κορυφαίο νεκρό κέντρο TDC, η συμπίεση θα αρχίσει. Με την καύση των καυσίμων που αντιστοιχούν στην ποσότητα του αέρα στον κύλινδρο, τη στιγμή που το έμβολο θα είναι κάπου κοντά στο TDC, η πίεση θα φθάσει σε μια μέγιστη τιμή P<sub>k1-3</sub>, η οποία αντιστοιχεί στο σημείο C. Από εκεί ακολουθώντας πάντα την καμπύλη 1, όσο το έμβολο θα κινείται μετα την εκπυροσκόρτηση των αερίων προς το BDC, η πίεση θα μειώνεται. Όταν θα φθάσει στο BDC, στο σημείο E<sub>1</sub> η βαλβίδα εξάτμισης θα ανοίξει και η έξοδος των αερίων καύσης θα αρχίσει με μια πίεση λίγο μεγαλύτερη από ατμοσφαιρική. Τώρα η διαφορά των περιοχών που περιβάλλονται στις καμπύλες, αν σχεδιαστούν με ακριβείς κλίμακες των πιέσεων και των όγκων μπορούν να μας δώσουν την ακριβή της παραγόμενη ισχύος σε κάθε κύκλο χρήσης.

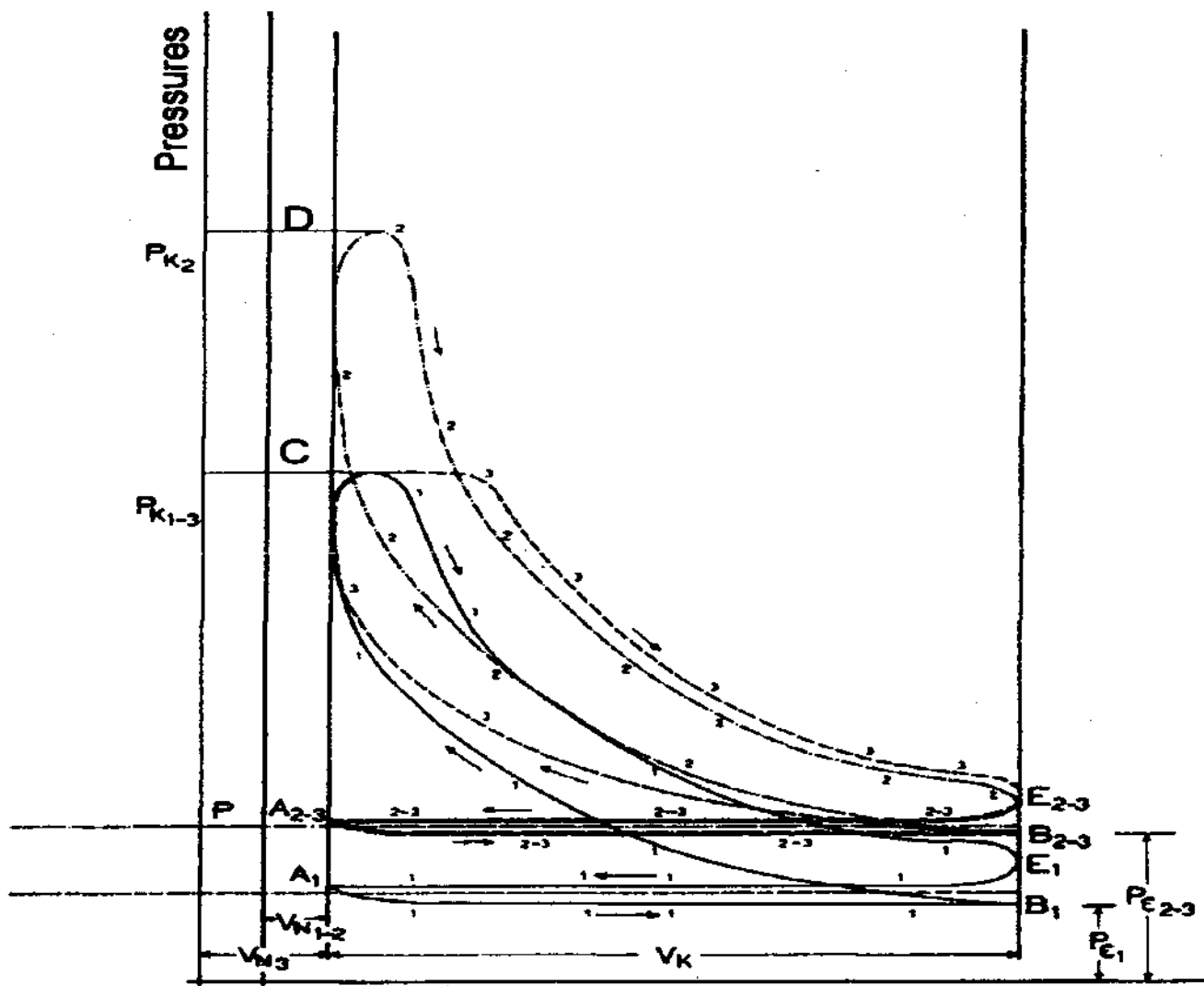
Ας υποθέσουμε τώρα ότι ο ίδιος κύλινδρος με την ίδια χωρητικότητα V<sub>k</sub> και το νεκρό σημείο V<sub>N</sub> παίρνει αέρα από την εισαγωγή του, όχι με την ατμοσφαιρική πίεση πλέον, αλλά με μια μεγαλύτερη P<sub>T</sub>. Τώρα η εισαγωγή και η συμπίεσή του θα ακολουθήσουν την καμπύλη 2. Επειδή η συμπίεση θα αρχίσει από μια υψηλότερη πίεση (P<sub>e2</sub>) από ότι αρχίζει με τη φυσική αναρρόφηση, θα φθάσει σε μια σημαντικά υψηλότερη συμπίεση. Υπολογίζοντας επίσης την καύση, παρατηρούμε ότι η πίεση στον κύλινδρο θα φθάσει στο σημείο D. Η τιμή της πίεσης στο τέλος της καύσης θα είναι P<sub>k2</sub>, σημαντικά μεγαλύτερο από την πίεση P<sub>k1</sub> που φθάνει με τη φυσική αναρρόφηση. Η καμπύλη του διαγράμματος 2 είναι αρκετά μεγαλύτερη στη σχέση με την καμπύλη 1, και το κέρδος σε έργο από το στροβιλοσυμπιεστή προφανές.

Εδώ εμφανίζεται ένα σημαντικό μειονέκτημα. Οι υψηλές πιέσεις στο τέλος της καύσης ακόμα κι αν διαρκούν για μια μικρή χρονική περίοδο, συμβάλουν στην κόπωση των κυλίνδρων, των εμβόλων, κ.λ.π. που δημιουργεί κατά συνέπεια την ανάγκη για καλύτερη κατασκευή και αυξάνει το κόστος της μηχανής. Για να διορθωθεί αυτό το πρόβλημα, η μόνη λύση είναι η αύξηση του νεκρού σημείου από το V<sub>N1-2</sub> V<sub>N3</sub> (στο σχήμα 4 για την αύξηση του νεκρού κέντρου μετακινήσαμε το pressure axe προς τα αριστερά).

Η αύξηση του νεκρού σημείου, διατηρώντας την ίδια χωρητικότητα, αντιστοιχεί σε μια μείωση της συμπίεσης της μηχανής, επειδή η συμπίεση λ είναι ίση με:

$$\lambda = \frac{V_k + V_N}{V_N} \quad (1)$$

Και αυτό είναι που συμβαίνει στην πραγματικότητα περισσότερες φορές. Έτσι οι περισσότερες από τις μηχανές με στροβιλοσυμπιεστή έχουν τη χαμηλότερη συμπίεση από τις ατμοσφαιρικές.



ΣΧΗΜΑ 4

1. Φυσική αναρρόφηση
2. Στροβιλοσυμπιεστής με υψηλή πίεση
3. Στροβιλοσυμπιεστής με χαμηλή πίεση

Ας παρατηρήσουμε τώρα το διάγραμμα 3 (διακεκομμένη γραμμή) υποθέτοντας ότι η πίεση του στροβιλοσυμπιεστή είναι η ίδια με το διάγραμμα 2. Λόγω της χαμηλότερης συμπίεσης, οι πιέσεις συμπίεσης και καύσης θα μείνουν σε χαμηλό επίπεδο, στο σημείο C με την πίεση  $P_{K1-3}$ .

Αλλά την στιγμή που υπάρχει μόνο αέρας στον κύλινδρο, μπορούν να δοθούν περισσότερα καύσιμα, κατά συνέπεια έχουμε τη διεύρυνση στο άνω μέρος της καμπύλης στο διάγραμμα 3.

Αυτό σημαίνει ότι χωρίς την ύπαρξη υψηλότερης πίεσης καύσης μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή έργου απ' ό,τι στη περίπτωση 1 του διαγράμματος, έτσι θα έχουμε μεγαλύτερη μέση πίεση και μεγαλύτερη δύναμη και ροπή από την ίδια μηχανή. Από τη στιγμή που ο αέρας στον κύλινδρο - και στις δύο περιπτώσεις για τα υπερτοφοδοτημένα συστήματα - είναι περισσότερος απ' ό,τι στην περίπτωση της φυσικής αναρρόφησης και ανάλογα περισσότερα θα είναι τα καύσιμα που εισάγονται τον κύλινδρο, είναι απολύτως λογικό να υπάρξει αύξηση των αερίων καύσης. Αλλά επειδή αυτά τα αέρια εξάτμισης δημιουργούνται στην ίδια περιοχή, (επειδή υποθέσαμε ότι ο κύλινδρος παραμένει το ίδιο), έχοντας σαν αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης  $E_2$ , η οποία είναι αρκετά υψηλότερη από την πίεση  $E_1$  της φυσικής αναρρόφησης.

Εάν ονομάσουμε  $P_{ABS}$  την απόλυτη πίεση που υπάρχει στον κύλινδρο στο τέλος της εισροής με τη φυσική αναρρόφηση, και  $P_{ABS2}$  την ίδια πίεση με τη χρήση στροβιλοσυμπιεστή.

Κατόπιν η αναλογία  $u$  θα είναι:

$$U = \frac{P_{ABS2}}{P_{ABS}} \quad (2)$$

Μπορεί να ειπωθεί ότι η αναλογία υπερπλήρωσης μιας μηχανής είναι η ίδια με την απόλυτη πίεση αέρα στην έξοδο του στροβιλοσυμπιεστή. Αυτός συμβαίνει επειδή κατά τη διάρκεια της εισαγωγής του αέρα στον κύλινδρο, από τη φυσική αναρρόφηση ή με την χρήση ενός στροβιλοσυμπιεστή, υπάρχει πάντα μια μείωση πίεσης που αφορά με την ποσότητα αέρα εισαγωγής στους κυλίνδρους.

Έτσι, χωρίς την πιθανότητα του κινδύνου ενός μεγάλου λάθους, μπορούμε να πούμε ότι η αναλογία πίεσης στον κύλινδρο, με ή χωρίς τη χρήση ενός στροβιλοσυμπιεστή, θα είναι ίση με την αναλογία πίεσης στην και κατά τη διάρκεια της εξόδου του αέρα από το στροβιλοσυμπιεστή. Έτσι εάν δεχόμαστε ότι η πίεση στην εισαγωγή του στροβιλοσυμπιεστή είναι ίση με τη μονάδα ( $1 \text{ Kg/cm}^2$ ), κατόπιν η απόλυτη πίεση στην έξοδο του στροβιλοσυμπιεστή θα είναι ίση με τη αναλογία υπερπλήρωσης.

Ένα ενδιαφέρον σημείο των μηχανών με στροβιλοσυμπιεστή είναι η σχέση μεταξύ του αυξανόμενου ποσοστού δύναμης μιας μηχανής (λόγω του στροβιλοσυμπιεστή), και η αναλογία υπερπλήρωσης. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ της πίεσης που ο στροβιλοσυμπιεστής παράγει και της αυξανόμενης δύναμης της μηχανής, αλλά όχι ευθέως ανάλογη. Ο αέρας, που συμπιέζεται στο στροβιλοσυμπιεστή, θερμαίνεται και διαστέλλεται, και ενώ η πίεσή του αυξάνεται, το πραγματικό βάρος του δεν αυξάνεται αναλογικά. Έτσι από ένα συγκεκριμένο ποσό πίεσης και έπειτα, η διαστολή του τερματίζει ένα μεγάλο μέρος των πλεονεκτημάτων και των κερδών της υπερπλήρωσης.

Αυτός είναι ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους η πίεση στην έξοδο του στροβιλοσυμπιεστή, για το συνηθισμένο τύπο αυτοκινήτων, κρατιέται χαμηλή και συνήθως μεταξύ  $0,30$  έως  $0,80 \text{ kg/cm}^2$  πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι μας δίνει μια αναλογία υπερπλήρωσης "u" σχεδόν ίση με  $1.3$  έως  $1.8$ .

Η αυξανόμενη δύναμη μιας μηχανής - με την χρήση ενός στροβιλοσυμπιεστή - δεν είναι ποτέ ίση με την αναλογία υπερπλήρωσης "u", αλλά κυμαίνεται μεταξύ 40 και 60 τοις εκατό που εξαρτάται από πολλούς άλλους παράγοντες που παρεμβαίνουν στη δύναμη συρραφής.

Ο πιο βασικός αυτών των παραγόντων είναι η θερμότητα του αέρα κατά τη διάρκεια της συμπίεσής του στο στροβιλοσυμπιεστή.

## **2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ**

Ένας στροβιλοσυμπιεστής παρέχει πεπιεσμένο αέρα, που επιτρέπει περισσότερο αέρα, και επομένως περισσότερα καύσιμα, να εισαχθούν στον κύλινδρο. Το τελικό αποτέλεσμα είναι περισσότερη δύναμη και υψηλότερη απόδοση καύσης. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερη δύναμη μπορεί να υπάρξει από τη μηχανή ίδιου μεγέθους και βάρους ή η ίδια δύναμη μπορεί να υπάρξει από μια μικρότερη εναλλακτική μηχανή.

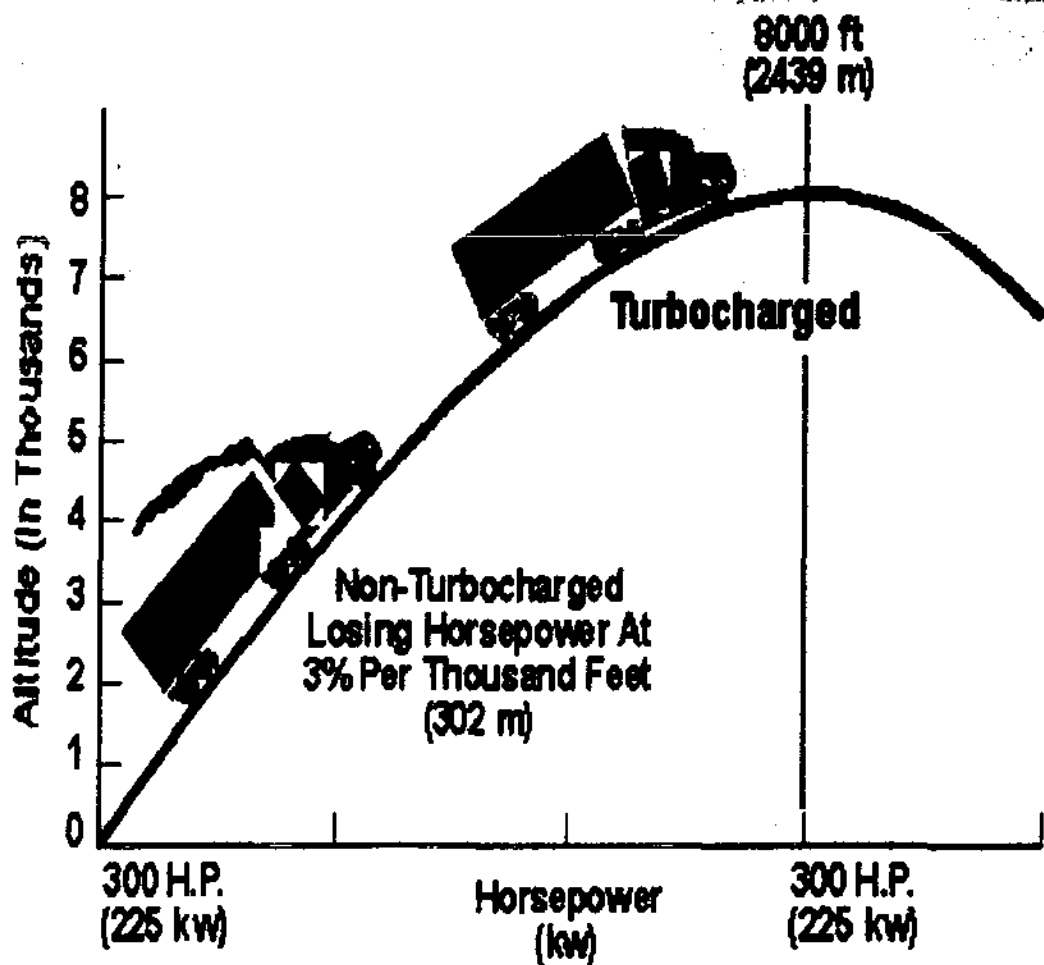
Επειδή ο στροβιλοσυμπιεστής παραδίδει περισσότερο αέρα στη μηχανή, η καύση των καυσίμων είναι πληρέστερη, καθαρότερη και πραγματοποιείται μέσα στους κυλίνδρους μηχανών όπου η εργασία της ολοκληρώνεται. Η θετική πίεση αέρα που διατηρείται στην πολλαπλή εισαγωγή μηχανών ωφελεί τη μηχανή με διάφορους τρόπους. Κατά τη διάρκεια της επικάλυψης βαλβίδων μηχανών, ο καθαρός αέρας ωθείται σε ολόκληρη την αίθουσα καύσης σαρώνοντας όλα τα υπόλοιπα αέρια καθώς επίσης δροσίζοντας τις κεφαλές των κυλίνδρων, τα έμβολα, και τις βαλβίδες.

Σε μια ατμοσφαιρική μηχανή, ένα μέρος των αερίων εξάτμισης παραμένει στους κυλίνδρους, που αναμιγνύονται με τον αέρα εισαγωγής, και όχι μόνο καταλαμβάνει ένα μέρος της περιοχής καύσης αλλά θερμαίνει και διαστέλλει τον αέρα εισαγωγής, που μειώνει όλο και περισσότερο τη αναλογία φόρτισης της μηχανής. Για τη μείωση αυτού του φαινομένου οι κατασκευαστές αφήνουν και τις δύο βαλβίδες - εισόδου και εξόδου - ανοικτές για μια πολύ μικρή χρονική περίοδο, για τον καλύτερο καθαρισμό των κυλίνδρων από τα ήδη καμένα αέρια εξάτμισης.

Σε μία μηχανή με στροβιλοσυμπιεστή υπάρχουν δυνατότητες για έναν καλύτερο καθαρισμό των κυλίνδρων. Στη βαλβίδα εισαγωγής υπάρχει ένα ποσό συμπιεσμένου αέρα που έχει χαμηλότερη μέση πίεση από τα αέρια εξάτμισης, αλλά ικανός να επιτύχει την απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους των αερίων εξάτμισης πετυχαίνοντας τον σχεδόν τέλειο καθαρισμό του κυλίνδρου.

Οι στροβιλοσυμπιεστές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην αντιστάθμιση του ύψους σε μηχανές φυσικής αναρρόφησης. Μια μηχανή και ένας στροβιλοσυμπιεστής συνδυάζονται ή ελέγχονται για να διατηρήσουν την ατμοσφαιρική πίεση της στάθμης της θάλασσας στην πολλαπλή της εξαγωγής, ενώ μια μηχανή φυσικής αναρρόφησης θα χάσει την ιπποδύναμη με την αύξηση του ύψους όπως απεικονίζεται στο σχήμα 5.





ΣΧΗΜΑ 5

Συγκριση μεταξύ μηχανής φυσικής αναρροφήσης και μηχανής στροβιλοσυμπιεστή

### 2.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

Εφ' όσον περιγράψαμε τα πλεονεκτήματα των στροβιλοσυμπιεστών, πρέπει να περιγράψουμε και μερικά από τα μειονεκτήματα.

Ένα βασικό μειονέκτημα, τουλάχιστον για τώρα, είναι η υψηλή αξία αγοράς ένα προϊόν όπως αυτό, όπου προσθέτοντας το κατάλληλο κόστος για την εγκατάσταση, αυξάνοντας την τιμή του αυτοκινήτου κατά 5% 10% της αρχικής τιμής του.

Τελικά στις μηχανές με στροβιλοσυμπιεστή υπάρχει μια μικρή αύξηση της κατανάλωσης λαδιού και μεγαλύτερη ποσότητα λαδιού απαιτείται για κάθε αλλαγή, η οποία είναι απαραίτητη να γίνει σε χαμηλότερο αριθμό μιλίων σε σχέση με μια ατμοσφαιρική μηχανή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΑΕΡΑ

#### 3.1 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

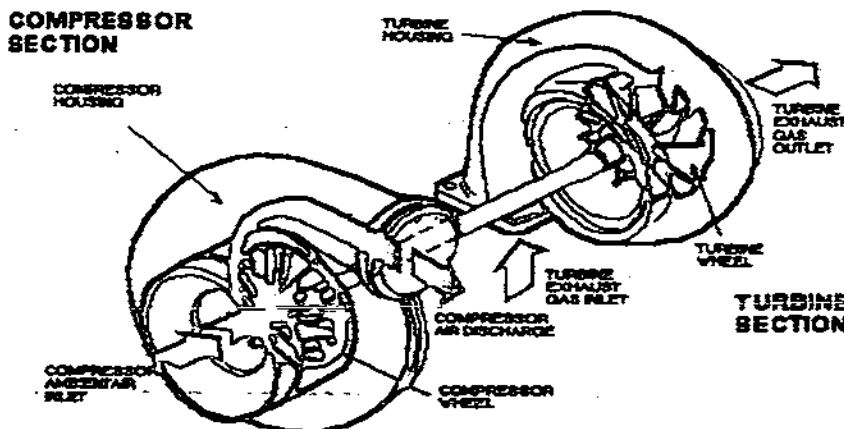
Τα διασταλμένα αέρια της εξάτμισης κατευθύνονται μέσω της πολλαπλής εξαγωγής στο κέλυφος του στροβίλου. Η πίεση των αερίων της εξάτμισης και η θερμική ενέργεια που εξάγονται με τα αέρια αναγκάζουν το ρότορα του στροβίλου να περιστραφεί κινώντας τον ρότορα του συμπιεστή. Η πίεση και η θερμοκρασία των εξαγόμενων αερίων πέφτει καθώς περνάνε μέσα από τον ρότορα του στροβίλου και καθοδηγούνται έπειτα στην ατμόσφαιρα.

Ο περιστρεφόμενος ρότορας του συμπιεστή παρασύρει τον περιβαλλοντικό αέρα μέσω του φίλτρου αέρα της μηχανής. Οι λεπίδες του επιταχύνουν και αποβάλλουν τον αέρα στο κέλυφος του συμπιεστή όπου συμπιέζεται και οδηγείται μέσω αγωγού στην πολλαπλή εισαγωγή του κινητήρα.

Κάθε μεγέθους και δύναμης κινητήρας πρέπει να είναι κατάλληλα συνδυασμένος με το στροβιλοσυμπιεστή. Οι ανάγκες παραγωγής δύναμης καθορίζουν το ποσό ανόδου πίεσης αέρα που απαιτείται για να παραδώσει τον κατάλληλο όγκο του αέρα στη μηχανή. Οι συνδυασμοί μεγέθους ρότορα, ταχύτητας ρότορα και μεγέθους κελύφους βοηθούν σε αυτό.

Οι στροβιλοσυμπιεστές σχήμα 6 αποτελούνται από έναν οδηγημένο από τα αέρια της εξάτμισης στρόβιλο και έναν ακτινωτό αεροσυμπιεστή που τοποθετούνται στις αντίθετες άκρες ενός κοινού άξονα και που εσωκλείονται στο χυτό κέλυφος. Ο ίδιος ο άξονας είναι εσωκλεισμένος και υποστηριγμένος από ένα κεντρικό κέλυφος, με το οποίο τα κελύφη των συμπιεστών και στροβίλων είναι συνδεδεμένα. Ο χαρακτηριστικός στροβιλοσυμπιεστής μπορεί να περιστραφεί με ταχύτητες 100.000 περιστροφών /λεπτό και πάνω.

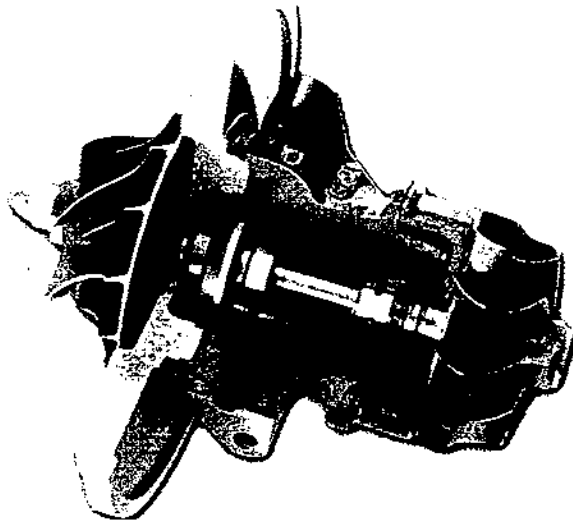
Το τμήμα του στροβίλου αποτελείται από ένα χυτό ρότορα στροβίλου, ένα σάβανο θερμότητας ροδών και ένα κέλυφος στροβίλου, με την εισαγωγή στην εξωτερική διάμετρο του κελύφους του στροβίλου. Είναι μια φυγοκεντρική, ή ακτινωτής ροής συσκευή όπου το αέριο κινείται προς τα έξω, πέρα από τις λεπίδες του ρότορα και εξέρχεται από την εξωτερική διάμετρο του κελύφους.



ΣΧΗΜΑ 6

Το τμήμα συμπιεστών αποτελείται από ένα χυτό ρότορα για τον συμπιεστή, οπίσθια επιμετάλλωση και ένα κέλυφος συμπιεστή με την εισαγωγή στο κέντρο της διαμέτρου του κελύφους του συμπιεστή. Είναι μια φυγόκεντρος, ή ακτινωτή συσκευή εκροής δεδομένου ότι οι ροές αέρα είναι εξωτερικές, μετά από τις λεπίδες του ρότορα, και τις εξόδους στην εξωτερική διάμετρο του κελύφους.

Ένας στροβιλοσυμπιεστής χωρίς τα κελύφη συμπιεστών και στροβίλων συνδεδεμένα καλείται μια Center Housing and Rotating Assembly (CHRA) σχήμα 7 Το κεντρικό κέλυφος (κέλυφος ρουλεμάν) υποστηρίζει τον άξονα του ρότορα των συμπιεστών και των στροβίλων σε ένα προσεκτικά σχεδιασμένο φέρον σύστημα.



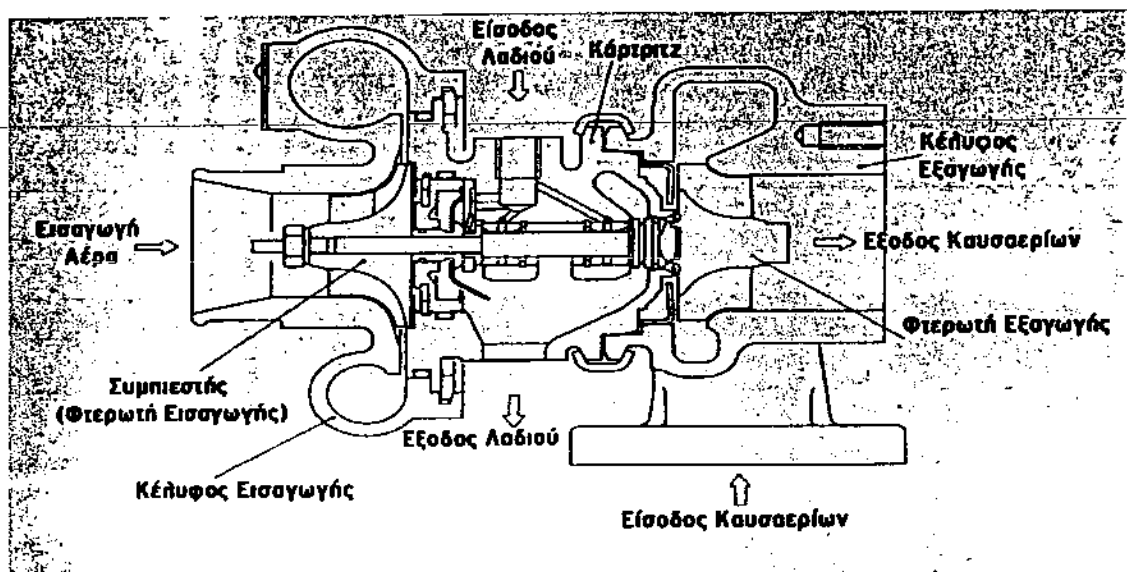
ΣΧΗΜΑ 7

Το φέρον σύστημα, που σχεδιάζεται για υψηλές ταχύτητες, δεν υπομένει τα βαριά φορτία όπως με τα ρουλεμάν στροφαλοφόρων αξόνων, αλλά πρέπει με προσοχή να τοποθετηθούν οι ρότορες όσο το δυνατόν περισσότερο κοντά στο περίγραμμα των κελυφών. Το κλειδί για αυτόν τον προσδιορισμό θέσης είναι το λάδι που γεμίζει τα κενά μεταξύ του κεντρικού κελύφους, ρουλεμάν, και άξονα. Αυτά τα γεμισμένα λαδι κενά είναι ζωτικής σημασίας στην αποδοτικότητα και τη μακροζωία ενός στροβιλοσυμπιεστή.

Η σχηματική αναπαράσταση της ροής λαδιού στο σχήμα 8 περιγράφει πώς λιμένες και αυλάκια λιπαίνονται από το σύστημα λίπανσης της μηχανής. Το λάδι ρέει μέσω των τρυπών στα ρουλεμάν λιπαίνοντας και να δροσίζοντας τα ρουλεμάν, αυλάκια και άξονες.

Το λάδι κατευθύνεται επίσης από την εισαγωγή λαδιού στο ρουλεμάν ώθησης ή μέσω μιας διάβασης στην μεταλλική επίστρωση στο ρουλεμάν ώθησης. Το λάδι βγαίνει από το κεντρικό κέλυφος με τη βαρύτητα.

Το ρουλεμάν ώθησης ελέγχει την πλευρική μετακίνηση, ή το τελικό, του κύριου στρόβιλο άξονα. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για έναν στροβιλοσυμπιεστή να υπάρξει όσο το δυνατόν μικρότερη μετακίνηση, ώστε να εξασφαλιστεί το κενό μεταξύ των περιστρεφόμενων λεπίδων και των κελυφών να παραμείνει σταθερό.



ΣΧΗΜΑ 8

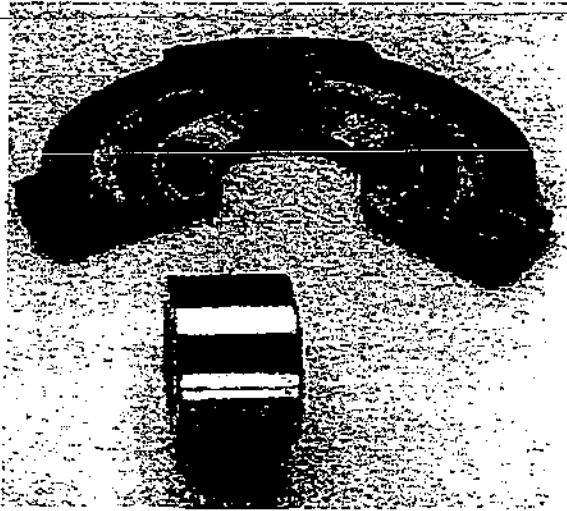
Κοιλότητες και αυλάκια, στο ρουλεμάν περιοδικών με άμεση λίπανση από το σύστημα λίπανσης της μηχανής.

Τα ρουλεμάν ώθησης επηρεάζονται εύκολα από την καθαρότητα του λαδιού ή από την υπερβολική πίεση ώθησης. Επομένως, οι υβριδικόι στροβιλοσυμπιεστές για τις τροποποιημένες μηχανές σχεδιάζονται και εγκαθίστανται συχνά με ένα ρουλεμάν ώθησης 360°. Αυτές έχουν ένα μεγαλύτερο επιφάνεια επαφής που μπορεί να αντισταθεί σε μεγαλύτερη πίεση που ασκείται επάνω τους.

Τα ρουλεμάν στροβιλοσυμπιεστών αποτελούνται από ένα κράμα χαλκού. Δύο ρουλεμάν υποστηρίζουν τον περιστρεφόμενο άξονα που συνδέει το ρότορα του στροβίλου με το ρότορα του συμπιεστή. Κάθε ρουλεμάν έχει μια εσωτερική και εξωτερική μεταφέρουσα επιφάνεια, όπου κάθε μια κατασκευάζεται με εξαιρετικά μικρές ανοχές. Ο άξονας περιστρέφεται μέσα στο ρουλεμάν επιταχύνοντας σε 150.000 περιστροφές /λεπτό, ενώ το ρουλεμάν περιστρέφεται επίσης περίπου σε 80.000rpm. Υπό αυτούς τους όρους, η λίπανση είναι κρίσιμη.

Οι στροβιλοσυμπιεστές λαδώνονται από το λάδι της μηχανής, που παρέχεται κατά μήκος ενός σωλήνα στην κορυφή του στροβιλοσυμπιεστή. Πολλές αποτυχίες του στροβίλου προκαλούνται από την εμπλοκή ή τον περιορισμό αυτού του σωλήνα προκαλώντας έλλειψη λαδιού. Σαν αποτέλεσμα δημιουργούνται αυλακώσεις γύρω από την επιφάνεια του ρουλεμάν. Αυτό μπορεί να προκληθεί σε λιγότερο από 1 το δευτερόλεπτο.

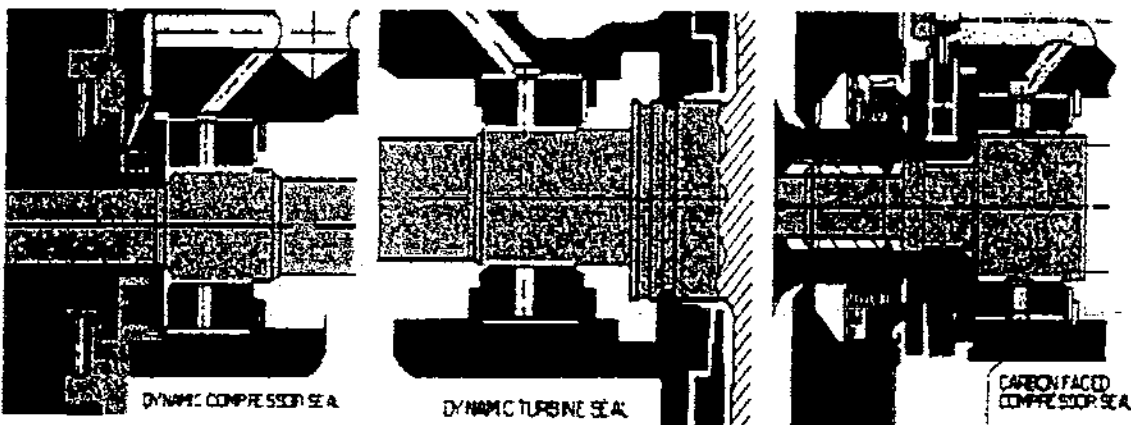
Η δεύτερη πιο κοινή αιτία αποτυχίας του στροβίλου οφείλεται στα μόρια των ρύπων, που αιωρούνται στο λάδι, που εισάγεται στο στροβιλοσυμπιεστή. Τα μικροσκοπικά μόρια, το μισό πλάτος μιας ανθρώπινης τρίχας, μπορούν να βλάψουν την επιφάνεια του ρουλεμάν που οδηγεί στην καταστροφή τους. Ακόμη και τα μόρια του άνθρακα, διαταραγμένα από μέσα από τη μηχανή, μπορούν να προκαλέσουν την αποτυχία του στροβίλου. Εννοείται ότι, όποτε το λάδι μηχανών αλλάζεται ή οποιαδήποτε άλλη εργασία εκτελείται στον στροβιλοσυμπιεστή, πρέπει πάντα να τηρηθεί η απαραίτητη καθαρότητα. Μόλις ένα ρουλεμάν καταστραφεί, το λάδι του στροβίλου θα διαφύγει στο σύστημα της εξάτμισης παράγοντας μεγάλες ποσότητες μπλε καπνού στη εξάτμιση. Το σχήμα 9 παρουσιάζει ένα ρουλεμάν ώθησης και ρουλεμάν περιοδικών. Και στα δύο μπορεί να φανούν οι οπές από τις οποίες ο άξονας και ο ρότορας λιπαίνονται.



ΣΧΗΜΑ 9

Ένα ρουλεμάν ώθησης πάνω και ένα ρουλεμαν περιοδικων κατω

Τα συστήματα στεγανοποίησης χωρίζουν το κεντρικό κέλυφος από το στρόβιλο και από το συμπιεστή. Τα παρεμβύσματα περιορίζουν το λάδι από την είσοδο του στην περιοχή του συμπιεστή και του στροβίλου και μειώνουν τη ροή των αερίων από εκείνες τις περιοχές προς το κεντρικό κέλυφος. Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν τα παρεμβύσματα των δαχτυλιδιών των εμβόλων, τα παρεμβύσματα άνθρακα και o-ring, τους εκτοξευτές λαδιού και τα παρεμβύσματα λαβύρινθων (σπειρώματα) για την ολοκληρώσουν του έργου. Τα παρεμβύσματα λαδιού ενεργοποιούνται όταν περιστρέφεται ο άξονας και αναπτύσσεται πίεση στο κέλυφος όπως φαίνεται στο σχήμα 10.



ΣΧΗΜΑ 10

Ενεργοποίηση παρεμβυσμάτων λαδιού και ανάπτυξη πίεσης στο κέλυφος

Διάφορα συγκρατητικά δαχτυλίδια και μπουλόνια εξασφαλίζουν ή κρατούν στη θέση τους τα περιστρεφόμενα μέρη. Τα τμήματα ώθησης διατηρούν την αξονική τους ακεραιότητα. Ένα περικόχλιο στον άξονα ή ένας σπειροειδής ρότορας χρησιμοποιείται για να ενώσει το ρότορα του συμπιεστή και το ρότορα του στροβίλου.

Το κέλυφος του στροβίλου και του συμπιεστή συνδέεται με το κεντρικό κέλυφος και το περιστρεφόμενο κομμάτι με μπουλόνια, σφιγκτήρες ή και τις πλάκες σφιγκτηρών, lockplates, και μπουλόνια.

Η βαλβίδα ταλάντευσης, η βαλβίδα αναπήδησης, καθώς και η βαλβίδα εκφορτίσης (wastegate) είναι τύποι συσκευών ελέγχου της εξάτμισης. Βοηθούν στον έλεγχο της ταχύτητας των στροβίλων, σχήμα 11 που βοηθά στη συνέχεια να ελέγξει την ώθηση. Είναι είτε ενσωματωμένοι στο κέλυφος του στροβίλου είτε τοποθετούνται μακρινά. Ενεργοποιούνται είτε από τα διαφράγματα είτε τον κύλινδρο και τα έμβολα που γεμίζουν με αέρα ή λάδι. Όταν είναι ανοικτά, η επιπλέον πίεση της εξάτμισης απελευθερώνεται από την κέλυφος του στροβίλου, κατευθύνεται στο σύστημα της εξάτμισης και αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα.



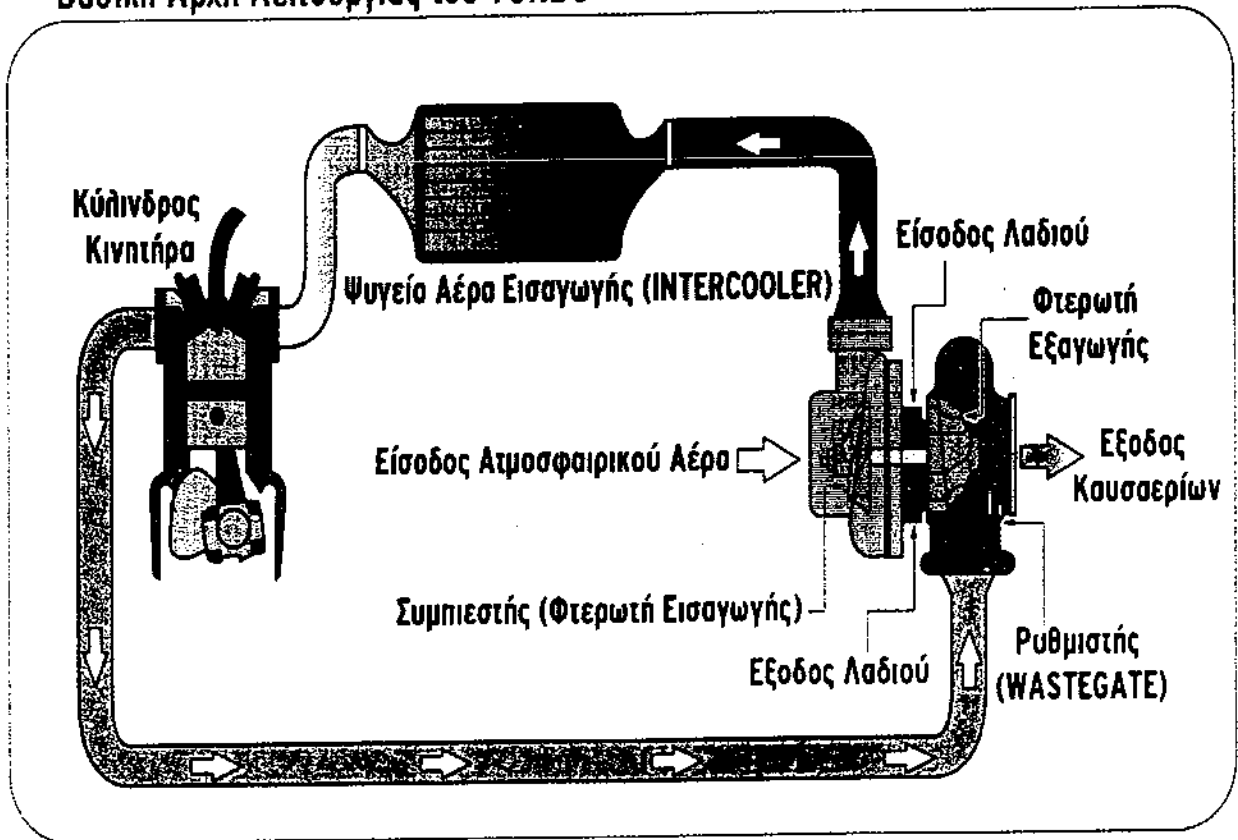
ΣΧΗΜΑ 11

Μια παρουσίαση της εργασίας του ενεργοποιητή

### 3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΑΕΡΑ

Ένα σύστημα πλήρωσης αέρα αποτελείται από ένα ή περισσότερα μηχανικά μέρη, τα οποία λειτουργούν για να αυξήσουν τη δύναμη των μηχανών εσωτερικής καύσεως βενζίνης και diesel. Το βασικό σύστημα στο σχήμα 12, αποτελείται από έναν αεροσυμπιεστή που χρησιμοποιεί τα αέρια της καύσης για την λειτουργία του στροβιλοσυμπιεστή και έναν αεροψυχαντήρα. Ο στροβιλοσυμπιεστής αυξάνει την πίεση και την πυκνότητα του αέρα που μεταφέρεται στη μηχανή, μεγιστοποιώντας κατά συνέπεια την παραγωγή του ροπής /δύναμης.

## Βασική Αρχή Λειτουργίας του TURBO

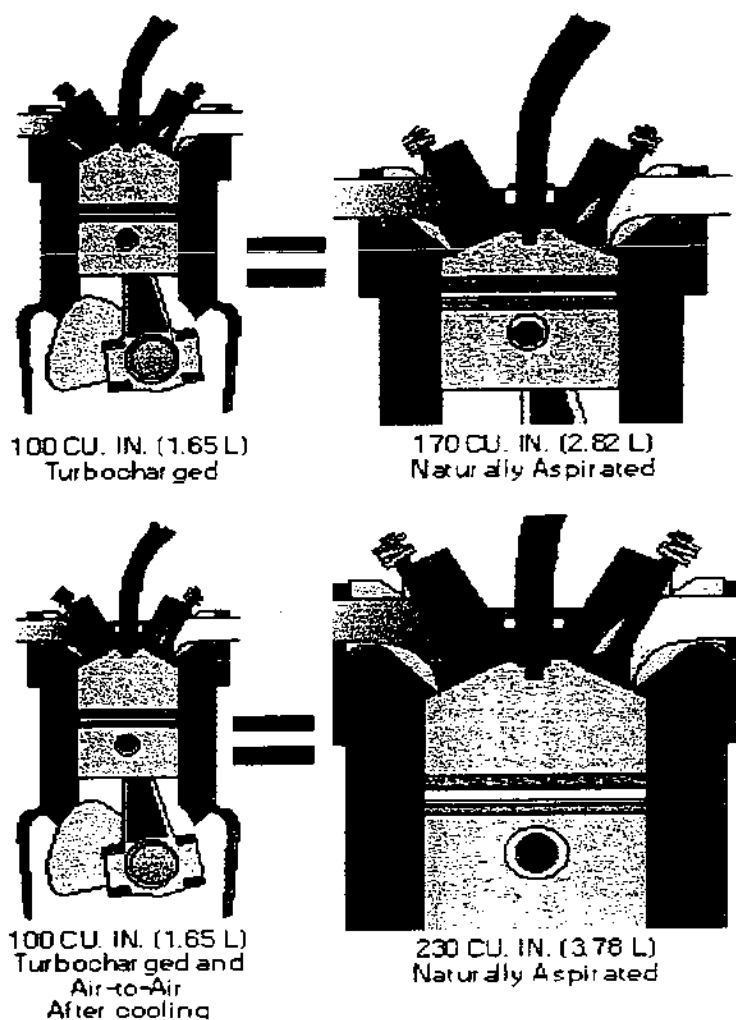


ΣΧΗΜΑ 12

### Λειτουργία αεροψυχαντήρα

Ο αεροψυχαντήρας βρίσκεται μετά τον συμπιεστή στους στροβιλοσυμπιεστές. Αφαιρεί τη συμπίεση - και την παραγόμενη από τριβή θερμότητα, από τον αέρα πλήρωσης. Οι αεροψυχαντήρες αυξάνουν την πυκνότητα αέρα στον θάλαμο καύσης.

Χαμηλώνουν επίσης τις θερμοκρασίες των θαλάμων καύσης. Στο σχήμα 13 φαίνεται μια σύγκριση της ισοδύναμης παραγωγής δύναμης μεταξύ ατμοσφαιρικής και μηχανής με στροβιλοσυμπιεστή. Η δεύτερη απεικόνιση προσθέτει έναν αέρος-αέρος αεροψυχαντήρα στο στροβιλοσυμπιεστή και απεικονίζει τη διαφορά μεταξύ των συνδυασμένων συστημάτων και φυσικά της ατμοσφαιρικής μηχανής.



ΣΧΗΜΑ 13

Μερικές μηχανές περιλαμβάνουν ένα βοηθητικό που ονομάζεται ανεμιστήρας στροβίλων που τραβάει περιβαλλοντικό αέρα προς τον ανταλλάκτη θερμότητας. Οι ανεμιστήρες στροβίλων οδηγούνται από ένα μικρό ποσό αέρα που διοχετεύεται από τους αγωγούς του στροβιλοσυμπιεστή.

Ο στροβιλοσυμπιεστής και ο αεροψυχαντήρας συνδυάζονται ακριβώς για να καλύψει τις απαιτήσεις απόδοσης και εκπομπής του κατασκευαστή μηχανών.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

#### 4.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΝ

Τα δύο σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε, όταν πρόκειται να τοποθετήσουμε ένα στροβιλοσυμπιεστή σ' ένα κινητήρα είναι ο τρόπος σύνδεσης των σωλήνων εξαγωγής μεταξύ τους και με την τουρμπίνα. Αυτό το λέμε σύστημα εξαγωγής.

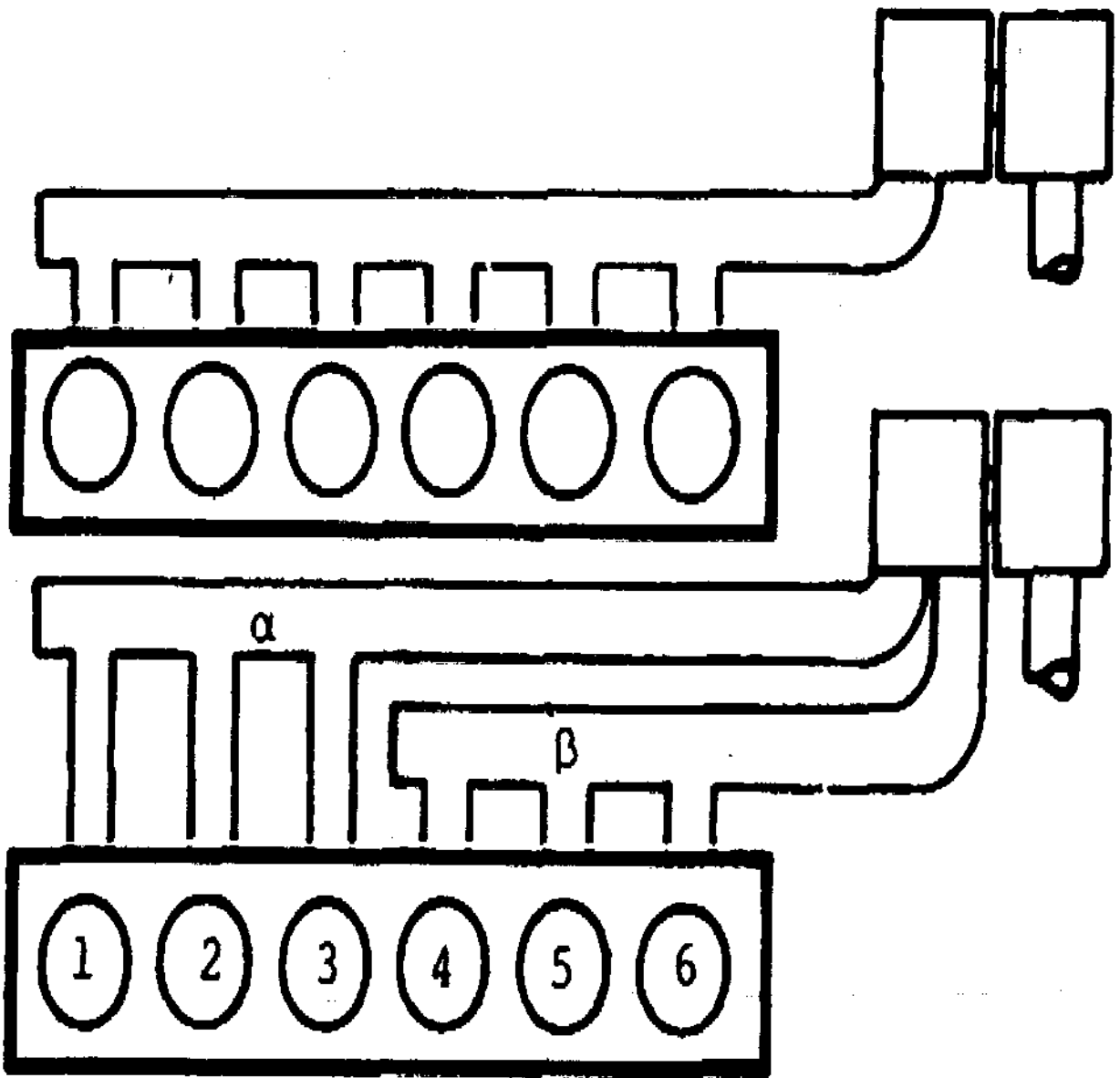
Η θέση που θα τοποθετηθεί ο στροβιλοσυμπιεστής στην εξάτμιση, ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση του συστήματος κινητήρα-στροβιλοσυμπιεστή.

Στην πρώτη περίπτωση επιδιώκουμε να μην επηρεάζεται κατά τη φάση της εξαγωγής ο ένας κύλινδρος από τον άλλο. Αυτό το λέμε φαινόμενο αλληλεπιδράσεως. Για να γίνει δηλαδή ευκολότερα η εξαγωγή των καυσαερίων από τον κύλινδρο και να καθαρίσει καλύτερα πρέπει τη στιγμή που ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής να επικρατεί υποπίεση στον αγωγό της πολλαπλής. Έτσι γίνεται αναρρόφηση των καυσαερίων μέσα από τον κύλινδρο. Αν αντιθέτως επικρατεί πίεση, τότε τα καυσαέρια βγαίνουν δύσκολα και λίγα από αυτά μένουν μέσα στον κύλινδρο.

Στον κεντρικό αγωγό της πολλαπλής έχουμε πίεση όταν μέσα σ' αυτόν ταξιδεύουν καυσαέρια, από την εξαγωγή κάποιου κυλίνδρου. Υποπίεση θα έχουμε όταν φεύγουν μέσα από την πολλαπλή τα καυσαέρια του προαναφερθέντος κυλίνδρου. Συζητάμε πάντα για αγωγό εξαγωγής με τη γνωστή μικρή διατομή, που είναι ανάλογη του εμβαδού των βαλβίδων εξαγωγής.

#### 4.2 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Στο σχήμα 14 φαίνονται δύο διατάξεις σύνδεσης των σωλήνων εξαγωγής για έναν εξακύλινδρο κινητήρα με σειρά ανάφλεξης 1,5,3,4,2,6. Στην πρώτη περίπτωση όλοι οι κύλινδροι κάνουν εξαγωγή σε ένα κοινό αγωγό, από τον οποίο παίρνει καυσαέρια για να περιστραφεί ο στρόβιλος του στροβιλοσυμπιεστή. Στη δεύτερη περίπτωση οι κύλινδροι 1,2 και 3 συνδέονται σε ένα κοινό αγωγό (α) και οι 4,5 και 6 σε ένα άλλο κοινό αγωγό (β). Κάθε ένας από αυτούς τους αγωγούς φθάνει μέχρι τον στροβιλοσυμπιεστή, όπου υπάρχουν δύο είσοδοι στο κέλυφος για να μπαίνουν τα καυσαέρια και να περιστρέφουν τον στροβιλοσυμπιεστή. Στην πρώτη περίπτωση όταν ένας κύλινδρος κάνει εξαγωγή, αυξάνει την πίεση σ' όλο το κεντρικό αγωγό και όταν κάνουν και οι υπόλοιποι, έχουμε μία συνεχή αλληλοδιαδοχή πιέσεων και υποπιέσεων, κάθε μία από τις οποίες διαρκεί πολύ λίγο. Έτσι, οι υποπίεσεις που μας ενδιαφέρουν, μια και είναι μικρής χρονικής διάρκειας, δεν μας βοηθούν στη σωστή εξαγωγή των καυσαερίων, γιατί τη στιγμή που θα ανοίξει η βαλβίδα εξαγωγής επικρατεί μια διαδοχή πιέσεων και υποπιέσεων και όχι καθαρή υποπίεση. Στη δεύτερη περίπτωση κάνει εξαγωγή ο κύλινδρος 1 στον αγωγό (α), ενώ ο 5 κάνει εξαγωγή στον αγωγό (β). Έτσι, έχουμε αρκετό χρόνο στη διάθεση μας, ώστε να αποχωρήσουν τα καυσαέρια από τον (α) και να δημιουργηθεί υποπίεση, οπότε θα κάνει εξαγωγή ο κύλινδρος Νο 3. Αυτή η συνδεσμολογία ακολουθείται για εξακύλινδρους κινητήρες.



ΣΧΗΜΑ 14

### 4.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Το σύστημα αυτό συνδεσμολογίας αγωγών εξαγωγής, ονομάζεται σύστημα παλλόμενης πίεσης και είναι ένα από τα δύο σημαντικότερα.

Πρέπει να τονίσουμε, ότι για το πόση πτώση ή ανύψωση της πίεσης έχουμε, παίζει μεγάλο ρόλο το πόσο είναι το εμβαδόν των προφυσίων προσαγωγής των καυσαερίων στην τουρμπίνα ως προς το εμβαδόν του σωλήνα εξαγωγής. Επίσης, παίζουν ρόλο οι στροφές της μηχανής και το μήκος του αγωγού. Όσο μικρότερο είναι το μήκος και η διάμετρος του αγωγού, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ταλάντωση της πίεσης. Υπάρχει βέβαια ένα όριο που η υπέρβαση του επιφέρει δυσμενείς επιδράσεις στην απόδοση του στροβιλοσυμπιεστή.

### 4.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Το άλλο σύστημα ονομάζεται σύστημα σταθερής πίεσης. Όταν λέμε σταθερής πίεσης, εννοούμε πάντα την πίεση εξαγωγής σταθερή, ώστε η τουρμπίνα να λειτουργεί στη μέγιστη απόδοση. Για να το επιτύχουμε φτιάχνουμε τον κοινό αυλό εξαγωγής, πολύ μεγάλης διαμέτρου. Έτσι η πίεση των καυσαερίων εκτονώνεται, λόγω του μεγάλου όγκου του αγωγού, η κινητική τους ενέργεια διασκορπίζεται φθάνοντας σε ένα σταθερό μέσο όρο την τελική πίεση στην εξαγωγή.

Το σύστημα αυτό θα το συναντήσουμε κυρίως σε δίχρονους κινητήρες. Έχει όμως ένα ελάττωμα το οποίο δεν το έχει το σύστημα παλλόμενης πίεσης. Δηλαδή, στα χαμηλά φορτία, επειδή τα καυσαέρια δεν έχουν δύναμη να περιστρέψουν σωστά τον στροβιλοσυμπιεστή, δίνουμε εμείς βοηθητικό αέρα υπό πίεση. Αυτό το επιτυγχάνουμε με βοηθητικά κομπρεσέρ, (εγκαταστάσεις σε πλοία) συνδεδεμένα στη σειρά ή παράλληλα με τον στροβιλοσυμπιεστή. Στο σύστημα αυτό η σωλήνωση της εξαγωγής είναι απλή.

Η διάμετρος του σωλήνα είναι περίπου 1,4 φορές της διαμέτρου του εμβόλου, ώστε να μπορεί να κάνει απόσβεση της διακύμανσης της πίεσης + 5% περίπου της μέσης πίεσης. Το μήκος του αγωγού δεν είναι μεγάλο, έτσι ο Στροβιλοσυμπιεστής μπορεί να τοποθετηθεί ή στη μια άκρη του αγωγού ή στην άλλη.

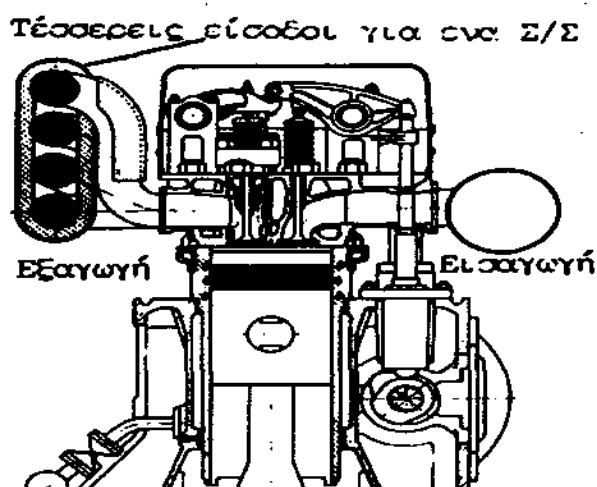
### 4.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι συγκρίνοντας τα δύο συστήματα καταλήγουμε στις εξής διαπιστώσεις.

- Για λόγους πίεσης στο κομπρεσέρ από 2,0 και κάτω και για τετράχρονες μηχανές εφαρμόζεται περισσότερο το σύστημα παλλόμενης πίεσης, διότι ελαττώνεται το έργο στην φάση της εξαγωγής.
- Στις δίχρονες προτιμάμε το σύστημα σταθεράς πίεσεως αν και σχεδόν πάντα απαιτείται μια βοηθητική διάταξη παροχής αέρα στις χαμηλές στροφές και φορτία
- Στα αυτοκίνητα το σύστημα παλλόμενης πίεσης προτιμάμε, γιατί χαρίζει καλύτερα απόκριση στο γκάζι, μια και για να ανυψωθεί η πίεση στον αυλό εξαγωγής, χρειάζεται κάποιος χρόνος στο σύστημα σταθερής πίεσης.

## 4.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΡΟΦΥΣΙΩΝ

Χρήσιμο θα ήταν να αναφέρουμε λίγα λόγια για την επιφάνεια των προφυσίων, που προσάγουν τα καυσαέρια, από κάθε κλάδο εξαγωγών στην τουρμπίνα του στροβιλοσυμπιεστή. Αυτά, όπως είπαμε μπορεί να είναι ένα, δύο, τρία ή και τέσσερα σε ένα στρόβιλο σχήμα 15 Εκείνο που είναι σημαντικό για την απόδοση του όλου συστήματος, είναι η χωρητικότητα ροής που έχει το προφύσιο. Δηλαδή, πόση ποσότητα καυσαερίων μπορούν να περάσουν το δευτερόλεπτο.



ΣΧΗΜΑ 15

### 4 Είσοδοι στο Στροβιλοσυμπιεστή

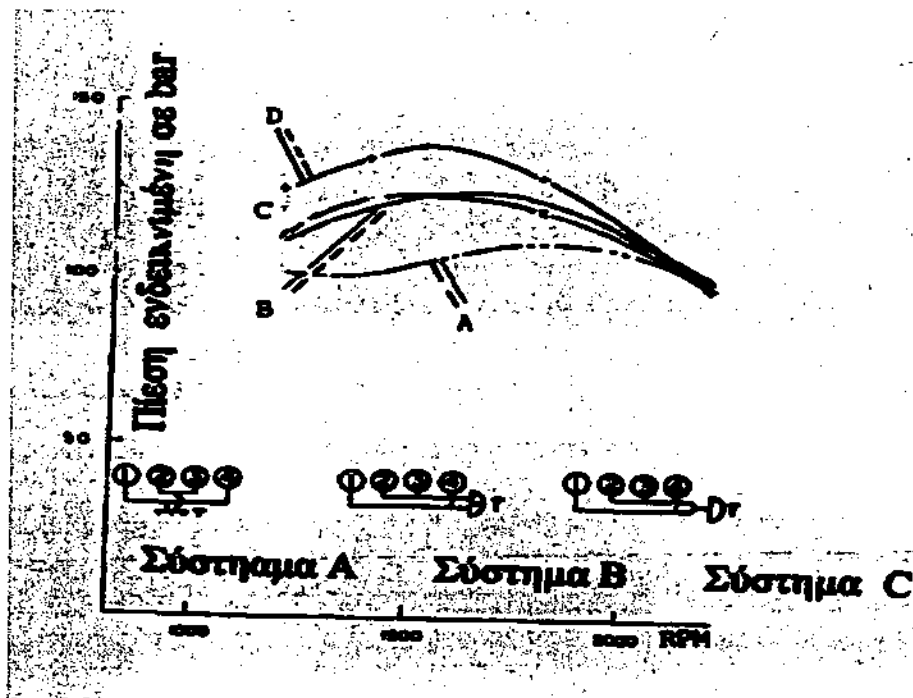
Επίσης το προφύσιο πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένο ( δηλαδή να έχει τέτοια επιφάνεια) .ώστε να έχουμε ίση ισχύ κομπρεσέρ και τουρμπίνας για να μην έχουμε σπατάλη ενέργειας. Αν δηλαδή η επιφάνεια του προφυσίου είναι πολύ μεγάλη, τότε θα αξιοποιείται πολύ μικρό ποσοστό ενέργειας. Αν πάλι είναι πολύ μικρή τότε η ροή μέσω του συστήματος κομπρεσέρ - μηχανή - τουρμπίνα θα είναι πολύ περιορισμένη.

Για μια δεδομένη ροή καυσαερίων όσο μικρότερη είναι η επιφάνεια των προφυσίων τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς της τουρμπίνας. Από την άλλη μεριά όμως αυτό θα επιφέρει αύξηση της πίεσης εξόδου, άρα και της πίεσης στους κυλίνδρους της μηχανής. Έτσι η καλύτερη επιφάνεια προφυσίων ( που εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας και τον τύπο της μηχανής ) σε σχέση με την επιφάνεια των εμβόλων είναι συνήθως μεταξύ των τιμών 0,05 και 0,1. Διαφορετικές τιμές από αυτήν επηρεάζουν τη λειτουργία της τουρμπίνας.

#### 4.7 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

Το δεύτερο θέμα αφορά την τοποθέτηση του Στροβιλοσυμπιεστή στην εξαίτηση. Πάνω σ' αυτό ,ακριβείς μελέτες έκαναν οι Benson και Wild. Πολλά όμως έχει προσφέρει και η εμπειρία πάνω σ' αυτό τον τομέα. Γενικά πάντως σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις προτιμάμε να τοποθετούμε τον Στροβιλοσυμπιεστή στο ένα από τα δύο άκρα του αυλού εξαγωγής. Αυτό φ Το παράδειγμα αφορά το πείραμα που έγινε σε μια τετρακύλινδρη τετράχρονη κυβισμού 7 λίτρων, τα αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στο σχήμα 16

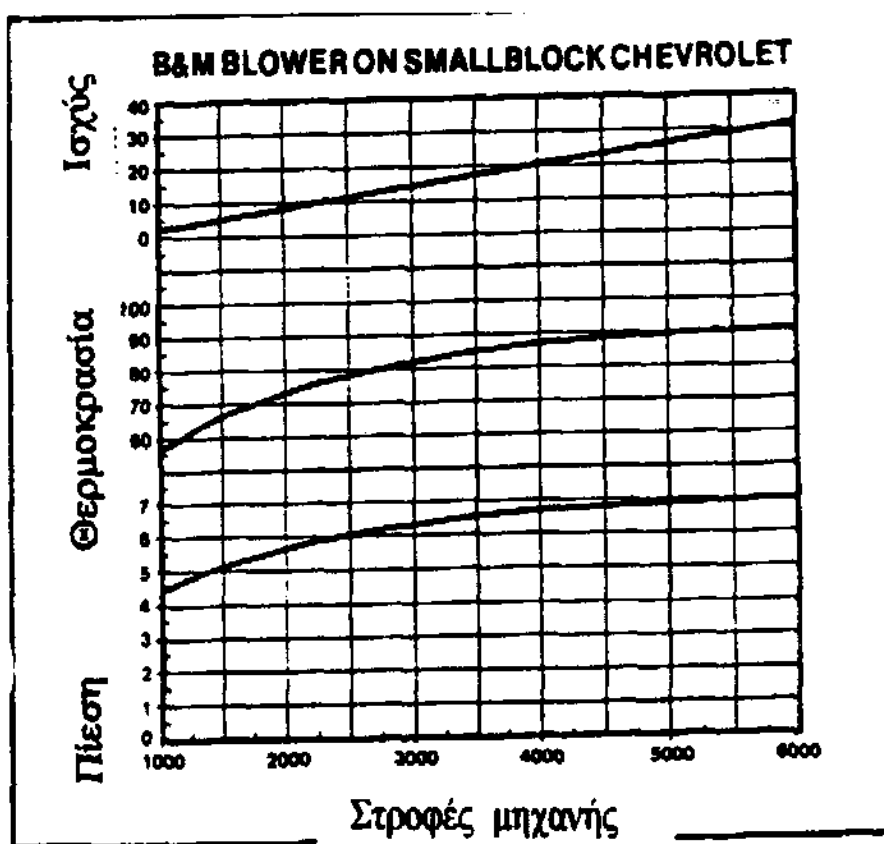
Η τουρμπίνα είναι ακτινικής ροής. Στο σύστημα εξαγωγής Α η τουρμπίνα είναι στο μέσο των αυλών εξαγωγής, ενώ στο Β ,στο τέλος των αυλών εξαγωγής (διάταξη που τη συναντάμε πολύ συχνά στην πράξη). Τα συστήματα Γ και Δ ήταν ειδικά συστήματα , με μία είσοδο στο κέλυφος της τουρμπίνας, όπου υπήρχε μία γεωμετρική διαφορά όσον αφορά το μήκος του κοινού αγωγού, πριν από την είσοδο του στροβιλοσυμπιεστή.. Δηλαδή, οι αυλοί εξαγωγής ενώνονται πριν το στροβιλοσυμπιεστή. Το κομπρεσέρ που ήταν προσαρμοσμένο στην τουρμπίνα, σ' όλα τα τεστ ήταν το ίδιο. Οι διαφορές είναι σημαντικές όπως δείχνουν οι καμπύλες, πράγμα που επιβεβαιώνει το σημαντικό ρόλο που παίζει η σχεδίαση του συστήματος εξαγωγής στην απόδοση του στροβιλοσυμπιεστή και φυσικά της μηχανής.



ΣΧΕΔΙΟ 16

Χαρακτηριστικό είναι ότι με μία είσοδο στο κέλυφος του στροβίλου στο σύστημα παλλόμενης πίεσεως, η απόδοση είναι καλύτερη παρά με δύο. Διότι όταν έχουμε πολλαπλή είσοδο, ένα ποσοστό μόνο των πτερυγίων του στροφείου γεμίζει με καυσαέρια.

Στο σχήμα 17 μας δίνει την πίεση εισαγωγής, τη θερμοκρασία και την ισχύ σε Στροβιλοσυμπιεστή της Chevrolet.

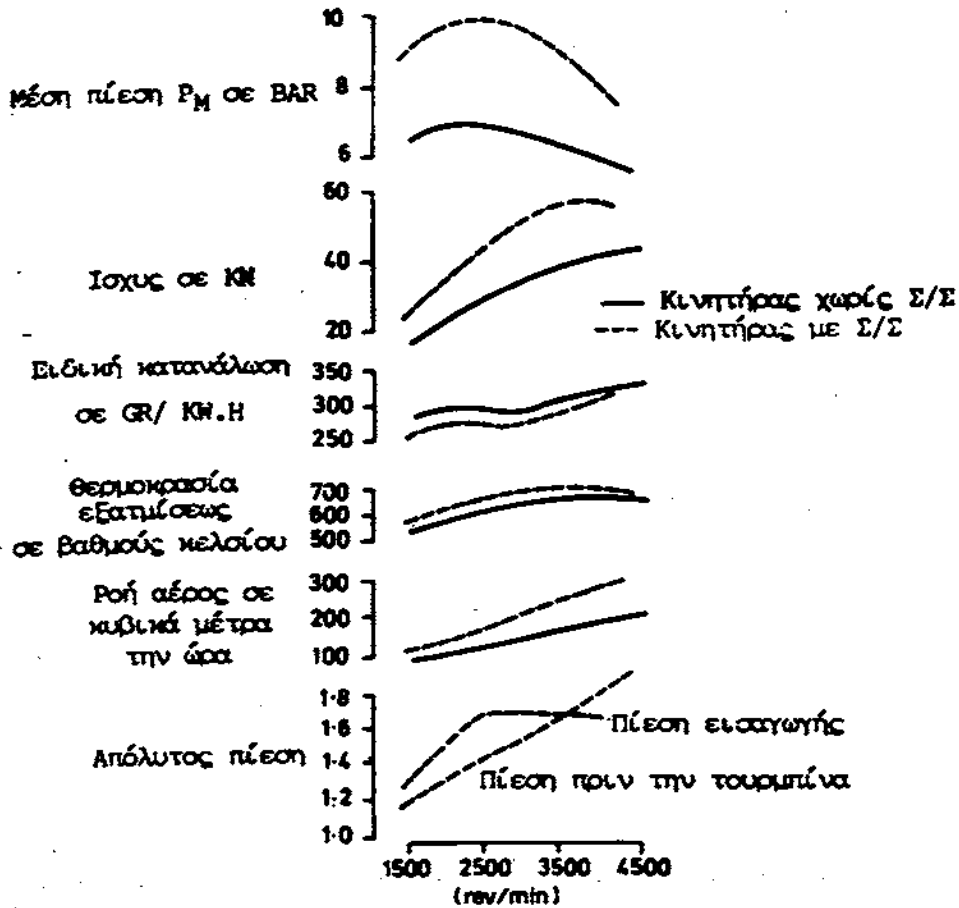


ΣΧΕΔΙΟ 17

## 4.8 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Σαν επισφράγιση των όσων είπαμε για τους Στροβιλοσυμπιεστές, σχετικά με τα όσα προσφέρουν στον κινητήρα που τους τοποθετούμε, μπορούμε να δούμε τις συγκριτικές επιδόσεις στο σχήμα 18 . Αφορούν ένα κινητήρα 2,1 λίτρων Diesel. Οι μεν διακεκομμένες είναι για κινητήρα με Στροβιλοσυμπιεστή και οι ολόκληρες χωρίς Στροβιλοσυμπιεστή.

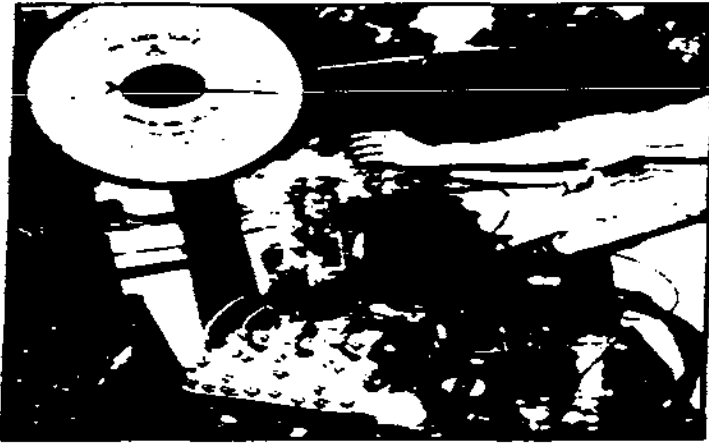
Παρατηρούμε ότι η πίεση εισαγωγής μετά τις 2.500 στροφές, είναι κάπως επίπεδη. Αυτό οφείλεται στη βαλβίδα ανακούφισης για την οποία θα μιλήσουμε παρακάτω. Βλέπουμε ακόμη μια μείωση της ειδικής κατανάλωσης και αύξηση της ισχύος. Όλες οι διαφορές είναι πολύ έντονες και πάντα φανερώνουν την υπεροχή του κινητήρα με Στροβιλοσυμπιεστή ειδικά στο θέμα της ιπποδύναμης.



ΣΧΗΜΑ 18

Συγκριτικές επιδόσεις

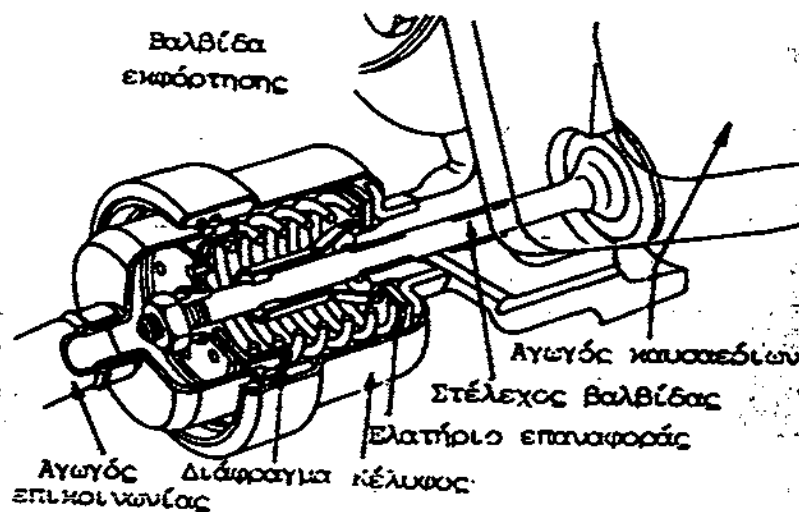
Η μέτρηση της ισχύος και των άλλων χαρακτηριστικών των Turbo-κινητήρων γίνεται σε ειδικά μηχανήματα όπως αυτό στο σχήμα 19



ΣΧΗΜΑ 19 Μέτρηση ισχύος σε δυναμόμετρο

#### 4.9 ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

Στις ψηλές στροφές του κινητήρα παρουσιάζεται πολλές φορές το φαινόμενο, όπου αέρας που στέλνει το κομπρεσέρ του Στροβιλοσυμπιεστή στον κινητήρα να είναι πολύ περισσότερος απ' αυτόν που χρειάζεται. Τότε η μέση πίεση ( $P_m$ ) μέσα στους κυλίνδρους συνεχώς αυξάνει οπότε υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του κινητήρα από υπερθέρμανση και υπερπίεση ή θα πρέπει να δουλεύει μονίμως σε ένα ορισμένο ή μικρό εύρος στροφών, αυτό βέβαια είναι αδύνατον.



ΣΧΗΜΑ 20

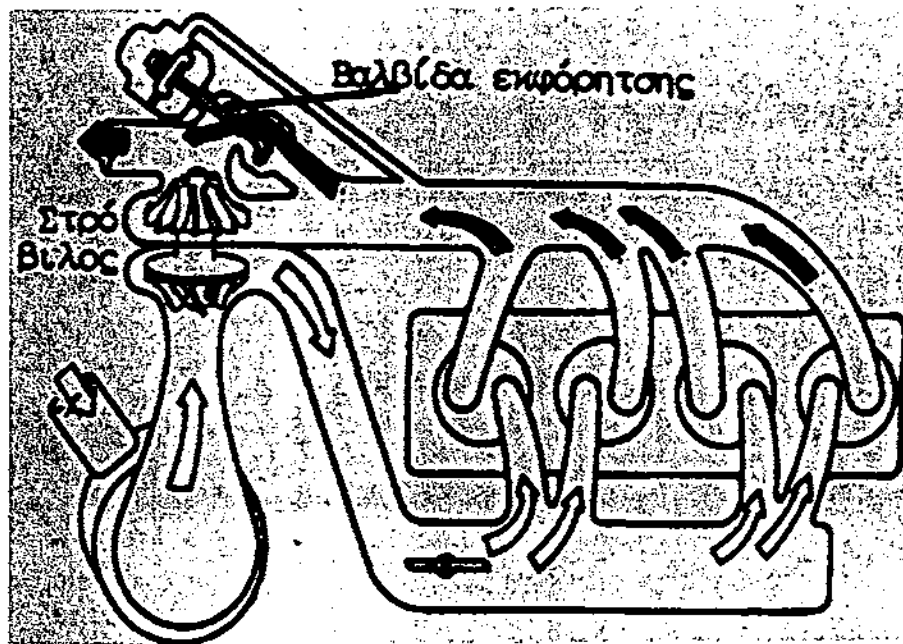


Για να αποφύγουμε ένα τόσο δυσάρεστο αποτέλεσμα κατασκευάζουμε και τοποθετούμε στο τούρμπο τη διάταξη που φαίνεται στα σχήματα 20 και 21. Η διάταξη αυτή ελέγχει πλήρως τη σωστή λειτουργία του Στροβιλοσυμπιεστή κατά τον ακόλουθο τρόπο.

Καθώς αυξάνεται η πίεση στην εισαγωγή πλησιάζοντας επικίνδυνα όρια, ο σωλήνας ο οποίος συνδέει την εισαγωγή με την ασφαλιστική βαλβίδα μεταφέρει την επικίνδυνα υψηλή πίεση στο χώρο, όπου υπάρχει το διάφραγμα πάνω στο οποίο προσαρμόζεται το στέλεχος της ασφαλιστικής βαλβίδας. Η πίεση αυτή υπερνικά την αντίσταση του επανατατικού ελατηρίου που βρίσκεται κάτω από το διάφραγμα. Το διάφραγμα υποχωρεί κι έτσι ανοίγει η δίοδος μέσα από την οποία, όπως φαίνεται και στα σχήματα, η περίσσεια των καυσαερίων πηγαίνει κατευθείαν στην εξαγωγή χωρίς να περάσει από την τουρμπίνα του στροβιλοσυμπιεστή.

Έτσι, οι στροφές της τουρμπίνας επανέρχονται σε λογικά επίπεδα με άμεση συνέπεια την πτώση και των στροφών του συμπιεστή, οπότε και η πίεση στην εισαγωγή φθάνει σε λογικά επίπεδα λειτουργίας αποφεύγοντας την καταστροφή.

Σε περίπτωση τώρα που η βαλβίδα αυτή πάθει κάποια βλάβη και δεν λειτουργήσει, υπάρχει αυτόματη διάταξη που διακόπτει τη λειτουργία του κινητήρα και έτσι αποφεύγεται η καταστροφή του.



ΣΧΗΜΑ 21

## 4.10 ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ.

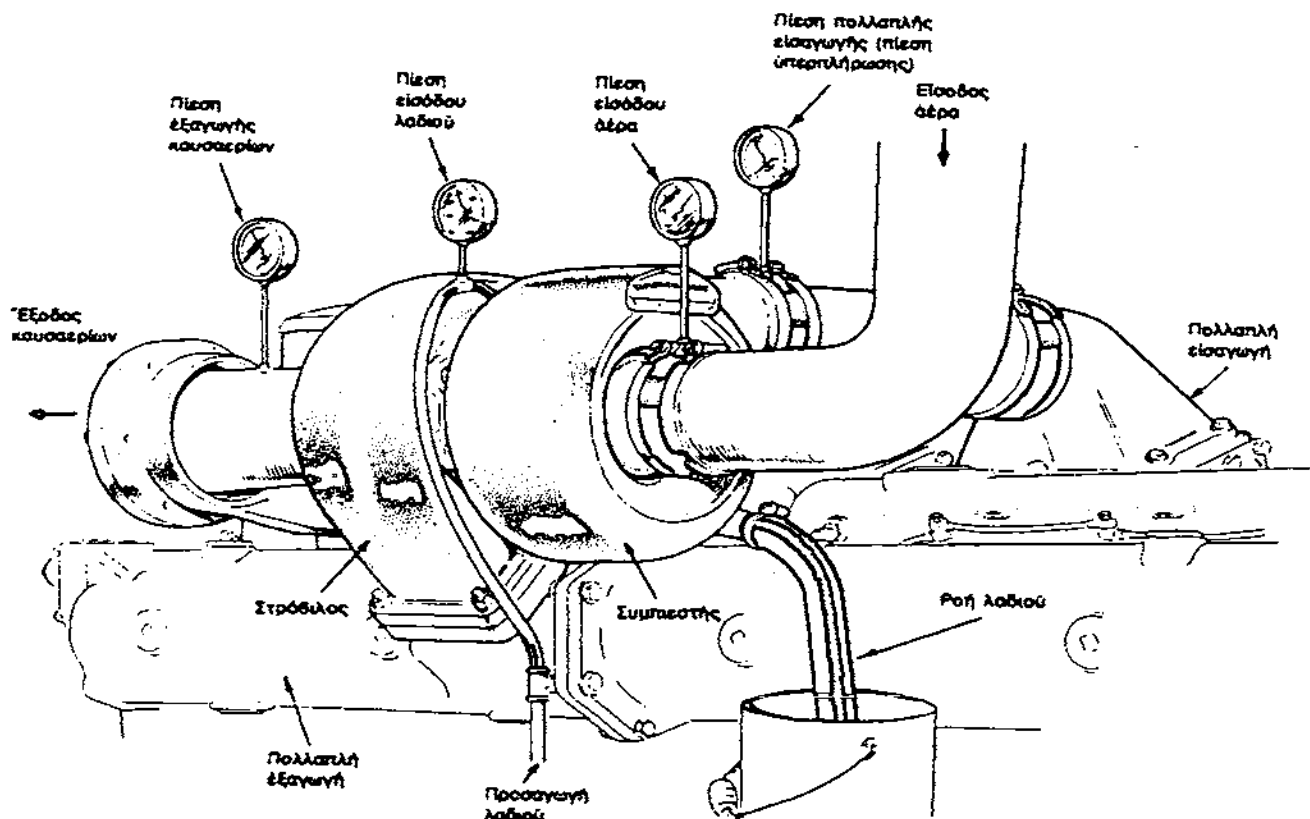
Ένα άλλο πρόβλημα που παρουσιάζεται στους στροβιλοσυμπιεστές είναι μία καθυστέρηση στο να ανεβάσει αμέσως τις στροφές του, ώστε να γίνει αυτόματα το ταίριασμα χαρακτηριστικών τουρμπίνας- μηχανής. Αυτό γίνεται φυσικά, γιατί οι περιστρεφόμενες μάζες του στροβιλοσυμπιεστή έχουν ορισμένη αδράνεια όταν απαιτηθεί απότομη αλλαγή της κινητικής τους κατάστασης. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό στους γρήγορους αγωνιστικούς κινητήρες, όπου η καθυστέρηση απόκρισης τους δημιουργεί ορισμένα προβλήματα επιτάχυνσης.

Σαν πρώτη λύση μπορούμε να κάνουμε το εξής. Να κρατάμε ψηλά τις στροφές του στροβίλου στις χαμηλές στροφές του κινητήρα και όταν οι στροφές του κινητήρα ανεβαίνουν, οπότε ο στροβιλοσυμπιεστής θα τείνει να περιστραφεί με υπερβολικές γωνιακές ταχύτητες, να ανοίγει η βαλβίδα ανακούφισης με τις γνωστές συνέπειες.

Μια άλλη λίγο πολυπλοκότερη λύση είναι να μεταβάλλουμε τη διατομή του κελύφους της τουρμπίνας, έτσι ώστε στις χαμηλές στροφές του κινητήρα να ελαττώνουμε τη διατομή του κελύφους στο τμήμα προσαγωγής των καυσαερίων στην τουρμπίνα, οπότε οι στροφές της τουρμπίνας θα αυξηθούν.

Το αντίθετο γίνεται, όταν αυξάνουν οι στροφές του κινητήρα. Έτσι θα έχουμε πάντα μία σταθερή πίεση εισαγωγής χωρίς καθυστέρηση απόκρισης.

Βασικά σημεία αναφοράς στη λειτουργία του στροβιλοσυμπιεστή είναι η πίεση αέρα, καυσαερίων και λαδιού. Η πτώση πίεσης στην είσοδο αέρα του συμπιεστή πρέπει να κυμαίνεται στα 0.3 Bar. Η πίεση των καυσαερίων στην έξοδο του στροβιλοσυμπιεστή πρέπει να κυμαίνεται γύρω στα 0.5 Bar.



ΣΧΗΜΑ 22

## 4.11 ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ

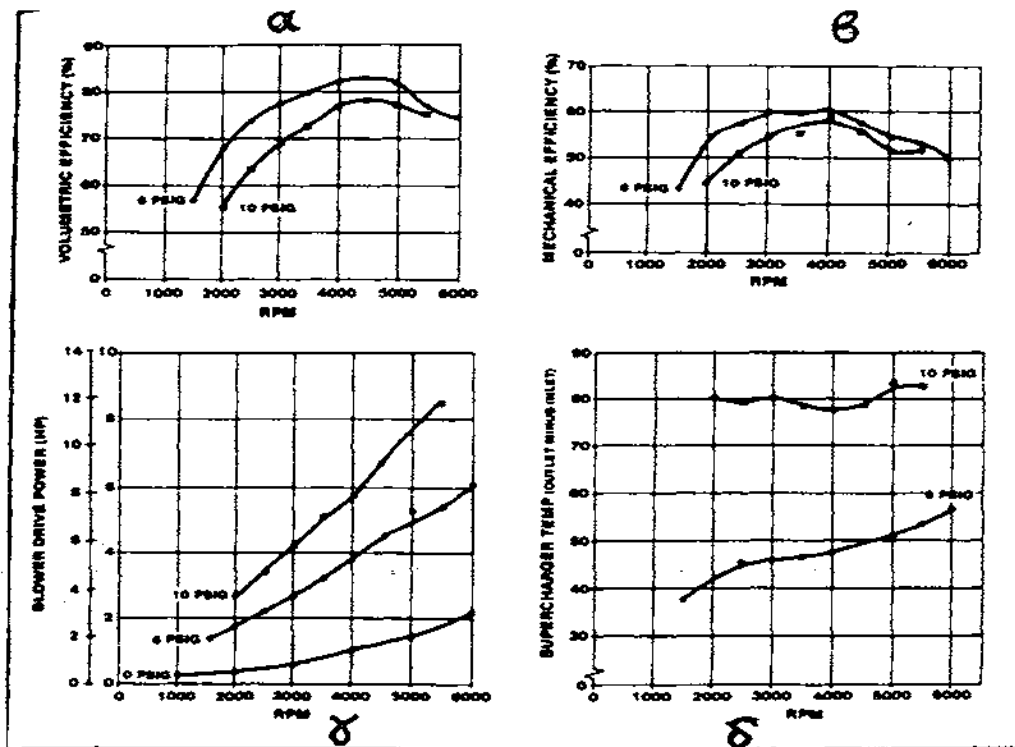
Υπάρχει και μία τρίτη λύση για την αντιμετώπιση του, η οποία καλείται υπερμπάρ. Κατά αυτήν τη μέθοδο στις χαμηλές στροφές του κινητήρα, τίθεται σε λειτουργία ένας μικρός καυστήρας, ο οποίος βρίσκεται αμέσως μετά την εξαγωγή τους στην τουρμπίνα.

Ο καυστήρας αυτός υπό τη μορφή της μετάκαυσης προσθέτει ενέργεια στα καυσαέρια, τα οποία είναι αδύναμα να περιστρέψουν σωστά το συμπιεστή, οπότε η τουρμπίνα αυξάνει τις στροφές της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουμε τις σωστές ατμόσφαιρες πίεσης στην εισαγωγή.

Όταν οι στροφές του κινητήρα ανέβουν, οπότε η δύναμη των καυσαερίων είναι μεγάλη, ο μετακαυστήρας παύει να λειτουργεί. Όταν επίσης η μηχανή είναι κρύα και θέλουμε να τη θέσουμε σε λειτουργία. Βάζουμε τον καυστήρα να λειτουργεί τον στροβιλοσυμπιεστή.

Για να λειτουργήσει ο καυστήρας παίρνει αέρα από μια διακλάδωση της εισαγωγής. Όταν ο στροβιλοσυμπιεστής φθάσει σε έναν ικανό αριθμό στροφών και μπορεί να λειτουργήσει ο κινητήρας με την πίεση που έχει αναπτυχθεί, κλείνει η διακλάδωση και ο αέρας από το συμπιεστή παύει στους κυλίνδρους. Βέβαια η διακλάδωση δεν αχρηστεύεται τελείως, όταν λειτουργεί ο κινητήρας, διότι διοχετεύει τον περισσευόμενο αέρα στο περιβάλλον διατηρώντας την πίεση στην εισαγωγή πάντα σταθερή. Γενικά το σύστημα αυτό είναι πολύπλοκο δαπανηρό και ευαίσθητο. Επίσης, όταν λειτουργεί ο καυστήρας καταναλώνει μεγάλες ποσότητες καυσίμου, κάτι που είναι πολύ σημαντικό για το κόστος λειτουργίας του.

Στο σχήμα 24 ογκομετρικής απόδοσης  $\alpha$ , β. Μηχανικής απόδοσης  $\gamma$ . Ισχύος  $\delta$ . θερμοκρασίας



ΣΧΗΜΑ 24

Διαγράμματα Στροφών - ισχύος και απόδοσης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

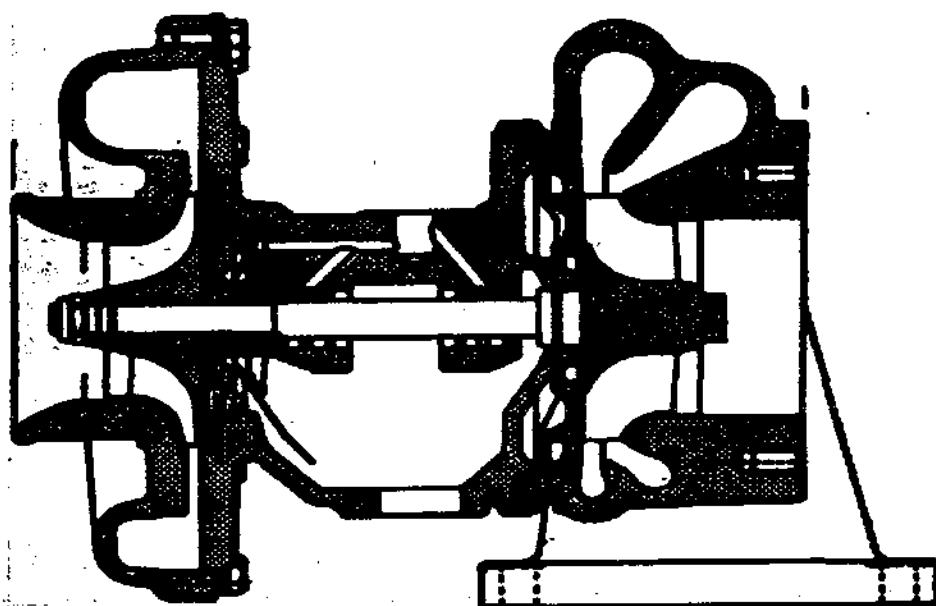
### ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

#### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα δούμε τον στροβιλοσυμπιεστή όχι πλέον από λειτουργικής πλευράς, αλλά από καθαρά κατασκευαστικής, δηλαδή σαν ένα μηχάνημα με ανάγκες συντήρησης, λίπανσης επισκευής κ.λ.π., διότι έτσι μόνο θα αποκτήσουμε μια πλήρη εικόνα πάνω στο συγκεκριμένο μηχανισμό.

Ενώ τα καυσαέρια που μπαίνουν στην τουρμπίνα έχουν θερμοκρασίες γύρω στους 700 βαθμούς ή και παραπάνω ο αέρας που εισέρχεται στο στρόβιλο έχει θερμοκρασία περιβάλλοντος και μόνο μετά τη συμπίεση του θα ανεβεί γύρω στους 150. Όσο δε αφορά τους ρυθμούς περιστροφής ένας στροβιλοσυμπιεστής περιστρέφεται με γύρω στις 100.000 στροφές το λεπτό που σημαίνει περίπου 1600 στροφές το δευτερόλεπτο.

Όπως είναι ευνόητο, έχουμε να κάνουμε με ένα πολύ λεπτής κατασκευής μηχανισμό, ο οποίος κατά συνέπεια έχει μεγάλες απαιτήσεις αντοχής αξιοπιστίας και σωστής λίπανσης

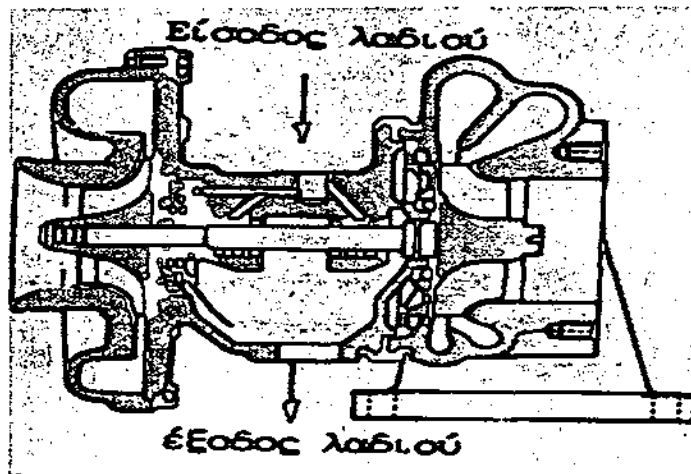


ΣΧΗΜΑ 25

Τομή Στροβιλοσυμπιεστή

## 5.2 ΛΙΠΑΝΣΗ

Σχετικά με τη λίπανση των στροβιλοσυμπιεστών πρέπει να τονίσουμε ότι χρειάζεται μεγάλη προσοχή, ώστε να μη μείνει ούτε για ένα δέκατο του δευτερολέπτου χωρίς παροχή λαδιού, διότι κινδυνεύει από άμεση καταστροφή. Στα σχήματα 26 και 27 βλέπουμε το δίκτυο του λαδιού σε μικρούς στροβιλοσυμπιεστές καθώς και ονοματολογία των μερών. Οι μικροί στροβιλοσυμπιεστές τροφοδοτούνται από το λάδι λίπανσης του κινητήρα, το οποίο είναι καθαρό, ώστε να μη δημιουργεί προβλήματα. Αφού περάσει από τις διόδους του στροβιλοσυμπιεστή που οδηγούν το λάδι στα ζωτικά του σημεία με τη βοήθεια της βαρύτητας επιστρέφει στο Κάρτερ της μηχανής. Μια απλή διαδικασία η οποία όμως είναι μεγίστης σπουδαιότητας.



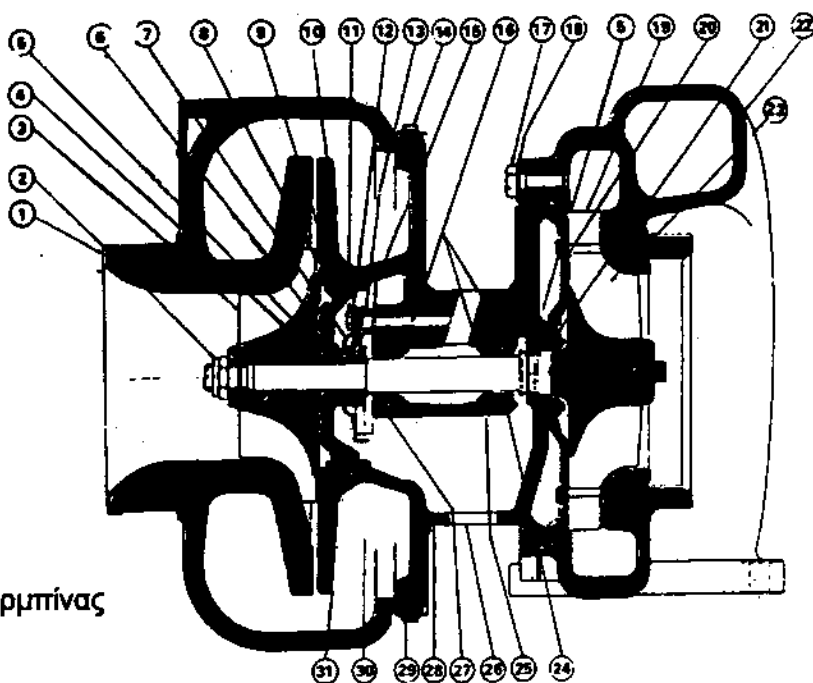
ΣΧΗΜΑ 26

Ροή λαδιού

Η πίεση του λαδιού που πάει στον άξονα του στροβιλοσυμπιεστή είναι η πίεση που επικρατεί στο κάρτερ ενός καινούργιου κινητήρα. Αναλυτικότερα πρέπει στο ρελαντί να έχει πίεση περίπου 0,7 (ατ) πάνω από την ατμοσφαιρική και στο μέγιστο φορτίο περίπου 2,1 (ατ). Λέμε καινούργιο κινητήρα, γιατί η πίεση στο κάρτερ εξαρτάται από τη στεγανότητα των ελατηρίων των εμβόλων του κινητήρα και των εμβόλων με τα χιτώνια. Επικίνδυνη αύξηση της πίεσης όμως στο κάρτερ του κινητήρα μπορεί να δημιουργήσει και το ίδιο το τούρμπο, γιατί μέσω του αγωγού λιπάνσεως επικοινωνεί με αυτό. Σ' αυτή την περίπτωση η αύξηση της πίεσης θα γίνει αν καυσαέρια από την τουρμπίνα εισχωρήσουν μέσω του άξονα στο κάρτερ ή αν ο συμπιεσμένος αέρας από το συμπιεστή εισχωρήσει πάλι μέσω του άξονα στο κάρτερ.

Επομένως πρέπει να τοποθετήσουμε μια διάταξη από στεγανοποιητικούς δακτυλίους οι οποίοι θα παρεμποδίζουν τα αέρια να εισχωρήσουν στο κύκλωμα του λαδιού. Τα ελατήρια αυτά ονομάζονται ελατήρια του εμβόλου του άξονα του στροβιλοσυμπιεστή και φαίνονται καθαρά στο παρακάτω σχήμα 27

1. Κέλυφος συμπίεστή
2. Ασφαλιστική ροδέλα
3. Φτερωτή συμπίεστή
4. Επίπεδος κυκλική ροδέλα
5. Δακτυλίδι εμβόλου
6. Εξωτερικός δακτύλιος
7. Εκ τροπέας λαδιού
8. Συγκρατικό δακτυλίδι
9. Παρέμβισμα
10. Δακτυλίδι Ο
11. Βίδα σφραγιστική
12. Ασφαλιστικό έλασμα
13. Ωστικός τριβέας
14. Τσεμπέρι σχήματος V
15. Διαχωριστική προσθήκη
16. Συγκρατικά δακτυλίδια
17. Βίδα συγκρατήσεως
18. Ροδέλα
19. Οδηγητικά πτερύγια
20. Έλασμα πίσω μέρους τουρμπίνας
21. Συγκρατικά δακτυλίδι
22. Κέλυφος τουρμπίνας
23. Δρομέας στροβίλου
24. Ελατήριο λαδιού
25. Τριβέας κομπρεσέρ
26. Τριβέας κομπρεσέρ
27. Ωστική ροδέλα
28. Σώμα εδράνων
29. Δακτυλίδι Ο
30. Ωστικό δακτυλίδι
31. Διαχωριστικός δακτύλιος



### 5.3 ΑΝΤΛΙΑ ΛΑΔΙΟΥ

Μια αυτοτροφοδοτούμενη βυθισμένη (μέσα στο λάδι) αντλία παίρνει κίνηση από τον άξονα. Η αντλία αυτή είναι γραναζωτή με προσεκτικά δουλεμένα γρανάζια ειδικά σχεδιασμένα ώστε να αποφεύγονται οι φθορές. Η αντλία ωθεί το λάδι, μέσω ενός δακτυλιοειδούς ψυγείου. Το λάδι από τα κουζινέτα της τουρμπίνας οδηγείται με τη βοήθεια της βαρύτητας σε ένα κάρτερ, στο θάλαμο των κουζινέτων και στη συνέχεια με τη βοήθεια μιας αντλίας σάρωσης επιστρέφει στην ελαιολεκάνη.

Η αντλία αυτή βρίσκεται κάτω από την αντλία πίεσεως και είναι και αυτή γραναζωτή. Έτσι το τούρμπο μπορεί να δουλεύει με ασφάλεια σ' όλες τις κλίσεις.

Γενικά, το λάδι στα τούρμπο πηγαίνει αποκλειστικά μόνο εκεί που πρέπει διαφορετικά θα έχουμε προβλήματα και στην τουρμπίνα και στο κομπρεσέρ. Έτσι κάνουμε χρήση πολύ καλών στεγανοποιητικών δακτυλίων.

## 5.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Σχετικά με την υπόλοιπη κατασκευή του τούρμπο πρέπει να πούμε ότι τα χρησιμοποιούμενα μέταλλα είναι πολύ μεγάλης αντοχής ειδικά στην τουρμπίνα. Τέτοια μέταλλα είναι ο στελλίτης και το ινκονέλ που χρησιμοποιούνται και στους κινητήρες των αεριωθουμένων. Επίσης, η κατασκευή του πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλούστερη, για πιο εύκολη συντήρηση και μεγαλύτερη αξιοπιστία.

## 5.5 ΔΟΚΙΜΗ ΤΟΥΡΜΠΟ

Σήμερα θα δούμε παλαιούς στροβιλοσυμπιεστες να αποτελούνται από 23 κομμάτια, ενώ σύγχρονους να αποτελούνται μόνον από 12, δηλαδή περίπου τα μισά. Βέβαια μιλάμε για μικρούς στροβιλοσυμπιεστες, γιατί οι μεγάλοι αποτελούνται από πολύ περισσότερα κομμάτια και σ' αυτούς όμως έχει γίνει απλούστευση της κατασκευής. Για να ελέγξουμε το πόσο σωστά εργάζεται ένας στροβιλοσυμπιεστής τον υποβάλουμε σε ένα τεστ θραύσεως το οποίο γίνεται δειγματοληπτικά στο εργοστάσιο παραγωγής σε ορισμένα κομμάτια μιας μεγάλης παρτίδας.

Κατά το τεστ αυτό ο στροβιλοσυμπιεστής υποχρεώνεται να περιστραφεί με 250.000 στροφές το λεπτό ή περίπου 4.150 στροφές το δευτερόλεπτο, οπότε λόγω των υπερβολικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στο στροφείο από τη φυγόκεντρο, το στροφείο τελικά διαλύεται σε μικρά κομμάτια. Μ' αυτό το τεστ επίσης μελετάμε και αν το κέλυφος του στροφείου συγκρατεί τα θραύσματα χωρίς το ίδιο να σπάει πράγμα που αν συνέβαινε στην πράξη θα δημιουργούσε πολλά προβλήματα.

Εκτός βέβαια από αυτή τη δοκιμή ο στροβιλοσυμπιεστής υποβάλλεται σε μεγάλα θερμικά μηχανικά φορτία σε σχέση μ' αυτά που θα συναντήσει στην πράξη επί πολλές ώρες και κάνουμε έτσι πολλές μετρήσεις βγάζοντας συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του. Όλες αυτές οι δοκιμές αφορούν μόνο το στροβιλοσυμπιεστή.

Οι τελικές του όμως επιδόσεις φαίνονται, αφού ο στροβιλοσυμπιεστής δοκιμαστεί για μεγάλο χρονικό διάστημα πάνω στον κινητήρα, όπου αλλάζοντας διάφορα κελύφη συμπίεστή τουρμπίνας βρίσκουμε τα ιδανικά που θα μας επιτρέψουν να επιτύχουμε τις επιδόσεις του κινητήρα που έχουν προδιαγραφεί από τον κατασκευαστή. Και σ' αυτό το στάδιο, όταν δηλαδή ο στροβιλοσυμπιεστής βρίσκεται πάνω στη μηχανή, επαναλαμβάνονται όλες οι δοκιμές (εργαστηριακές) που έγιναν με σκέτο το στροβιλοσυμπιεστή, εκτός από τη δοκιμή της έκρηξης.

## 5.6 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Άλλες δοκιμές που γίνονται αφορούν τις μεταθέσεις του άξονα κατά τις διάφορες συνθήκες και ταχύτητες λειτουργίας. Χρησιμοποιούμε έναν παλμογράφο, που καταγράφει τις θέσεις του άξονα. Αυτές με τη βοήθεια βίντεο καταγράφονται σε ταινία, κι έτσι εμείς έχουμε τη δυνατότητα, να εξετάσουμε τι συμβαίνει σε κάθε περίπτωση παρακολουθώντας την ταινία του βίντεο από την αρχή όσες φορές θέλουμε.

Κατόπιν με τη βοήθεια κεραμικών συγκολλητικών ουσιών τοποθετούμε στα πτερύγια του στροβίλου και του συμπιεστή διάφορους μετρητές καταπονήσεων των οποίων τις μετρήσεις καταγράφουμε με ηλεκτρονική παρακολούθηση σε όλες τις συνθήκες φορτίου και ταχυτήτων. Έχουμε έτσι μια πλήρη εικόνα των δονήσεων και των τάσεων που καταπονούν το στροβιλοσυμπιεστή κατά τη λειτουργία του πάνω στη μηχανή. Αν θέλουμε να απομονώσουμε ορισμένες δονήσεις για να εξετάσουμε αναλύοντας τις συχνότητες της κάθε μιας χρησιμοποιούμε τον αναλυτή συχνοτήτων.

## 5.7 ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Για να αποφύγουμε σοβαρές ζημιές θα πρέπει να τηρούμε ορισμένες συμβουλές που μας δίνει ο κατασκευαστής σχετικά με τη συντήρηση και το μοντάρισμα του τούρμπο και της μηχανής. Συγκεκριμένα θα πρέπει:

- Να αλλάζουμε συχνά φίλτρο λαδιού και αέρα του κινητήρα αν ο στροβιλοσυμπιεστής είναι μικρός .
- Σε τακτικά χρονικά διαστήματα να τα καθαρίζουμε.
- Οι αγωγοί του να είναι καθαροί και ποτέ τσακισμένοι.
- Όταν αλλάζουμε κάποιο εξάρτημα να φροντίζουμε να τοποθετηθεί το γνήσιο ανταλλακτικό του κατασκευαστή κι όχι άλλα, διότι οι προδιαγραφές διαφέρουν και η φθορά θα είναι σύντομη.

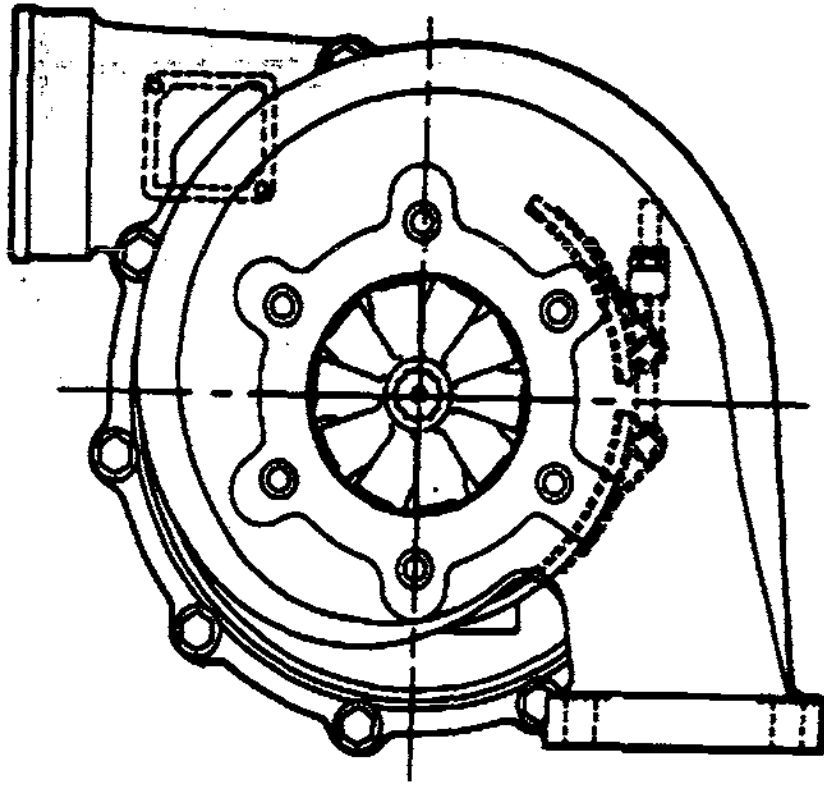
Πριν τοποθετήσουμε το στροβιλοσυμπιεστή πάνω στη μηχανή τον γεμίζουμε με λάδι και τον περιστρέφουμε ώστε το λάδι να πάει παντού. Όταν μετά το βάλουμε πάνω στη μηχανή αφήνουμε την επιστροφή του λαδιού στο κάρτερ ανοικτή και γυρίζουμε με τη μίζα τον κινητήρα μέχρι να τρέξει από την επιστροφή.

Αυτό πρέπει να γίνεται κάθε φορά που αλλάζουμε λάδια στον κινητήρα. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα πρέπει να προσέχουμε τα απότομα μαρσαρίσματα, γιατί το λάδι δεν προλαβαίνει να φθάσει στη σωστή πίεση, οπότε έχουμε ελλιπή λίπανση. Αντίθετα όταν θέλουμε να σβήσουμε τον κινητήρα, θα πρέπει να τον αφήσουμε δύο τρία λεπτά στο ρελαντί για να κρυώσει το τούρμπο και μετά να τον σβήσουμε.

Αυτό παίζει σπουδαίο ρόλο όταν ο κινητήρας έχει λειτουργήσει για πολύ χρονικό διάστημα με μεγάλο φορτίο.

Πρέπει επίσης περιοδικά να συντηρούμε με την ίδια προσοχή και τα υπόλοιπα εξαρτήματα της εγκατάστασης, όπως είναι η βαλβίδα ανακούφισης ψύξεως του συμπιεσμένου αέρα καθώς και όλα τα εξαρτήματα του δικτύου λιπάνσεως.





ΣΧΗΜΑ 28

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΒΛΑΒΕΣ

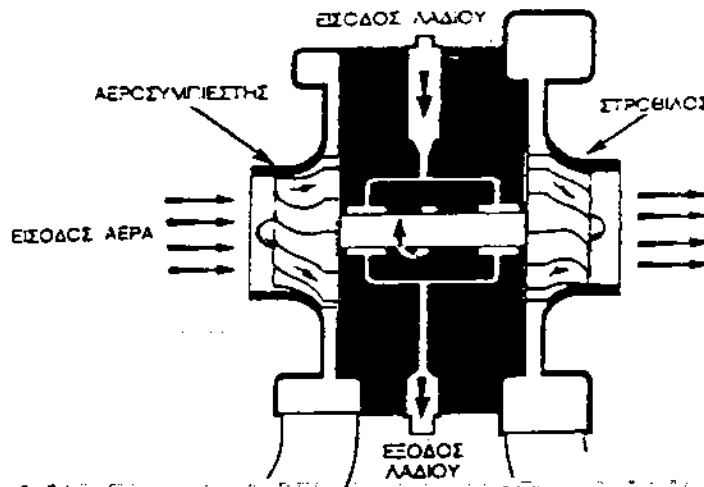
#### 6.1 ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΛΑΔΙΟΥ

Αν στην εισαγωγή, λόγω στραγγαλισμών έχουμε υπερβολική υποπίεση, τότε θα εμφανισθούν μέσα στο στροβιλοσυμπιεστή αφροί από το λάδι που θα έχει μπει μέσα. Αν βουλώσει η εξαγωγή του λαδιού από τον στροβιλοσυμπιεστή, λόγω ακαθαρσιών, τότε επειδή θα αυξηθεί η πίεση του λαδιού θα περάσει πάλι μέσα από τα ελατήρια εμβόλου του άξονα και θα μπει στην τουρμπίνα. Τότε παρουσιάζονται κάπνες στην εξαγωγή. Το ίδιο μπορεί να συμβεί αν η πίεση στο κάρτερ του κινητήρα ανέβει εξαιτίας φθαρμένων ελατηρίων των εμβόλων του κινητήρα ή βουλωμένου αναπνευστήρα. Τότε το λάδι δεν θα μπορεί να γυρίσει με τη φυσική ροή μέσα στο κάρτερ με αποτέλεσμα να περνά στο στροβιλοσυμπιεστή

Αν ο κινητήρας δουλεύει πολύ ώρα στο ρελαντί και στο μεταξύ το φίλτρο του αέρα είναι βουλωμένο, τότε δημιουργείται υποπίεση πίσω από το δρομέα του συμπιεστή, πράγμα που μπορεί να φέρει λάδι μέσα στο στροβιλοσυμπιεστή. Εκτός απ' όλα αυτά μπορεί να έχουμε και φθαρμένα κουζινέτα, οπότε και πάλι θα δημιουργηθεί πρόβλημα διαρροής λαδιού.

Μετά απ' όσα αναφέραμε δεν θα πρέπει κάθε φορά που έχουμε λάδια στα καυσαέρια να ζητάμε την αιτία στο στροβιλοσυμπιεστή, γιατί μπορεί να φταιει αυτός καθ' εαυτός ο κινητήρας.

Στο σχήμα παρατηρούμε να γίνεται η λίπανση από το λάδι του κινητήρα, τα βέλη δείχνουν τη ροή του λαδιού σχήμα 29



ΣΧΗΜΑ 29.

Ροή λαδιού λίπανσης

## 6.2 ΕΛΛΕΙΨΗ ΣΤΕΡΗΣΗ ΛΑΔΙΟΥ

Όταν λέμε έλλειψη λαδιού εννοούμε την απώλεια τροφοδοσίας του με λάδι. π.χ. Βουλωμένος σωλήνας τροφοδοσίας , λίγο λάδι στο κάρτερ του κινητήρα, αγέμιστος σωλήνας τροφοδοσίας λαδιού μετά από αλλαγή φίλτρου. Αντίθετα με τον όρο στέρηση εννοούμε το να μην πηγαίνει η σωστή ποσότητα λαδιού.

Η εσωτερική εμφάνιση που παρουσιάζει ένας στροβιλοσυμπιεστής κατεστραμμένος από έλλειψη λαδιού είναι η εξής:

- Όλα τα κουζινέτα είναι γυαλισμένα από την τριβή στην εξωτερική διάμετρο, στην εσωτερική και στις πλευρές. Επίσης υπάρχουν σημάδια υπερθερμάνσεων.
- Τα αξονικά κουζινέτα είναι γυαλισμένα φαγωμένα και αποχρωματισμένα.
- Ο άξονας έχει εμποτιστεί από ορείχαλκο είναι γυαλισμένος στα σημεία εδράσεως και αποχρωματισμένος. Σε ακόμη πιο προχωρημένη περίπτωση ο άξονας μπορεί να στραβώσει ή και να σπάσει.
- Ο τροχός του στροβίλου μπορεί να έχει ξυσίματα ,όπως και ο τροχός του συμπιεστή.
- Το σώμα των εδράνων είναι γυαλισμένο εμποτισμένο με ορείχαλκο και η διάμετρος στο μέρος που βρίσκονται τα ελατήρια του εμβόλου του άξονα πιθανόν να είναι σκαμμένη από τα ελατήρια.

Μπορεί επίσης να έχουμε ζημιά όχι από έλλειψη, αλλά από στέρηση λαδιού, αυτό θα συμβεί αν ξεκινήσουμε απότομα τον κινητήρα ή αν υπάρχει χαλασμένη αντλία λαδιού ή γενικά να υπάρχει χαμηλή πίεση λαδιού. Σ' αυτή την περίπτωση τα σημάδια είναι τα ίδια μ' αυτά που είπαμε προηγουμένως, αλλά λιγότερο έντονα ιδίως στα αξονικά ωστικά κουζινέτα.

## 6.3 ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ

Υπερθέρμανση έχουμε όταν σβήσουμε απότομα τον κινητήρα χωρίς να τον αφήσουμε λίγο να δουλέψει στο ρελαντί για να κρυώσει ο στροβιλοσυμπιεστής. Επίσης, όταν δεχθεί ο στροβιλοσυμπιεστής πολύ θερμά καυσαέρια, λόγω κακής ρύθμισης του κινητήρα, διαρροών καυσαερίων και αέρα ή περιορισμού στην ελεύθερη ροή τους και τέλος από βουλωμένο φίλτρο αέρα.

Στην πρώτη περίπτωση μόλις σβήσει ο κινητήρας μεγάλο ποσό θερμότητας πηγαίνει στο στροβιλοσυμπιεστή και κυρίως στον άξονα του. Εκεί υπερθερμαίνει το λάδι που ακουμπά επάνω του και δημιουργούνται ανθρακώσεις. Έτσι, όταν βάλουμε μπροστά τον κινητήρα καταστρέφονται τα κουζινέτα.

Στη δεύτερη περίπτωση από την υπερθέρμανση παρουσιάζονται ρήγματα στο σώμα του στροβίλου, φθορά στα κουζινέτα και στα ελατήρια του. Λεπτομερέστερα τα κουζινέτα αποχρωματίζονται, μαυρίζουν στην εξωτερική διάμετρο, στην οπή, χωρίς να αποκλείεται και η περίπτωση ύπαρξης χαραγών. Αυτά σε μεγαλύτερο βαθμό συμβαίνουν στα κουζινέτα του στροβίλου.

Το αξονικό κουζινέτο συνήθως παρουσιάζει πολύ μικρότερες ζημιές. Ο άξονας παθαίνει αποχρωματισμό, καταστρέφονται τα ελατήρια του εμβόλου από τη μεριά του στροβίλου με άμεσο επακόλουθο την καταστροφή των αυλακιών των ελατηρίων και υπερβολική φθορά στο κυρίως σώμα των εδράνων στο αντίστοιχο σημείο.

Όσον αφορά τον τροχό του στροβίλου αυτός δεν παρουσιάζει σχεδόν καμιά ζημιά, εκτός από την περίπτωση παρουσίασης κάπνας στα πτερύγια πράγμα που γίνεται σε ακραίες περιπτώσεις.

Στο σώμα του στροβίλου παρουσιάζονται ξεφλουδίσματα από την υπερθέρμανση, ρήγματα και μπορεί να καεί το μπροστινό τμήμα της προεξοχής που συγκρατεί τη φλάντζα της εισαγωγής του στροβίλου, με αποτέλεσμα τη στρέβλωση και καταστροφή της φλάντζας.

Ο συμπιεστής και το καπάκι του, επειδή σε όλες τις περιπτώσεις δέχεται μικρότερες θερμοκρασίες, λόγω της ψύξεως που δημιουργεί ο εισερχόμενος αέρας δεν παρουσιάζει συνήθως ζημιές.

#### **6.4 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΚΟΥΖΙΝΕΤΩΝ ΑΠΟ ΒΡΩΜΙΚΟ ΛΑΔΙ**

Αν εισχωρήσει βρωμιά με το λάδι λίπανσης μέσα στον στροβιλοσυμπιεστή. Όπως είναι φυσικό η βρωμιά έχει κάποια μάζα κι έτσι από τη φυγόκεντρο δύναμη θα εκτοξευθεί στην εξωτερική επιφάνεια του περιστρεφόμενου κουζινέτου όπου και θα προκαλέσει ζημιές.

Τα κουζινέτα περιστρέφονται με το 1/3 της γωνιακής ταχύτητας του άξονα. Πάντα η σοβαρότερη ζημιά γίνεται στα έδρανα προς τη μεριά του στροβίλου επειδή τα 2/3 του λαδιού που μπαίνει στο στροβιλοσυμπιεστή, πηγαίνουν στην τουρμπίνα για λίπανση και ψύξη. Το λάδι μπορεί να βρωμίσει από ρινίσματα σιδήρου και ακαθαρσίες που παρέμειναν στο στροβιλοσυμπιεστή κατά τη διάρκεια κάποιου σέρβις, ή από λάδι που υπέστη ανθράκωση. Εκτός από αυτά μπορεί να ευθύνεται και ο ίδιος ο κινητήρας με κάποιο ακάθαρτο φίλτρο ή ρινίσματα.

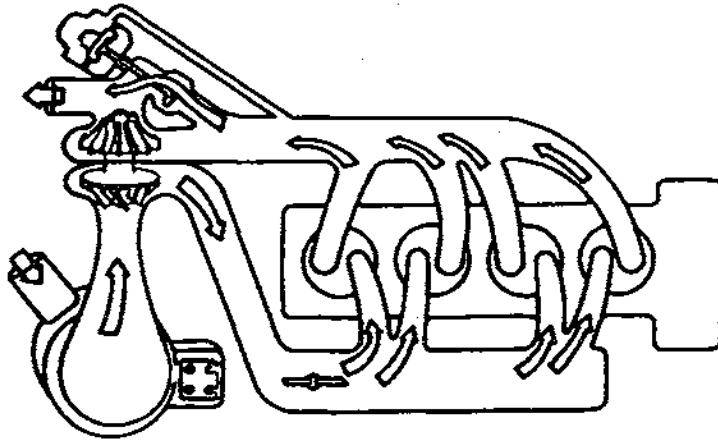
Αν για οποιονδήποτε λόγο μπουν βρωμιές στο λάδι τότε παρατηρούνται βαθιά σημάδια γραμμώσεων στην εξωτερική διάμετρο των γραμμώσεις γυάλισμα) στα ωστικά κουζινέτα. Ο άξονας είναι συνήθως ανέπαφος, χωρίς όμως να αποκλείεται η παρουσία γραμμώσεων στα σημεία εδράσεως. Στο σώμα των κουζινέτων θα έχουμε ζημιά στα ελατήρια του εμβόλου. Τέλος οι τροχοί του συμπιεστή και του στροβίλου μπορεί να είναι φαγωμένοι με αντίστοιχες φθορές στα κελύφη.

## 6.5 ΔΙΑΡΡΟΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Μια βλάβη η οποία οφείλεται στη φθορά ή στο κακό σφίξιμο των φλαντζών μεταξύ στροβιλοσυμπιεστή και μηχανής, είναι η διαρροή καυσαερίων διαμέσου των ενώσεων. Αυτό επισημαίνεται με την αύξηση του θορύβου.

Η μόνη λύση είναι να αποσυναρμολογήσουμε το στροβιλοσυμπιεστή να του αλλάξουμε φλάντζες και να τον ξανασυναρμολογήσουμε.

Στο σχήμα παρατηρούμε τη ροή αέρα και καυσαερίων, τα σημεία σύνδεσης φλαντζών είναι πιθανά σημεία διαφυγών, σχήμα 30



ΣΧΗΜΑ 30.

Ροή αέρα και καυσαερίων σε κινητήρα Saab 900

## 6.6 ΚΡΟΥΣΗ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ ΣΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

Αν έχουμε φθαρμένα κουζινέτα επειδή οι ανοχές μεγαλώνουν και ο άξονας δεν κρατιέται στη σωστή θέση, καθώς περιστρέφεται, θα παλινδρομεί με αποτέλεσμα οι ρότορες να ακουμπούν πάνω στα κελύφη.

Αυτό εκτός από το μεταλλικό θόρυβο που παράγεται και τις φθορές που δημιουργεί φρενάρει το στροβιλοσυμπιεστή (όταν ακουμπά στο κέλυφος) με αποτέλεσμα να μην υπετροφοδοτείται σωστά ο κινητήρας. Αυτό έχει σαν συνέπεια να μην αποδίδει την επιθυμητή ιπποδύναμη. Αν η φθορά των κουζινέτων είναι προχωρημένη τότε μπορεί να καταστραφούν και τα ελατήρια.

Εδώ διαφαίνεται η μεγάλη σημασία που έχει η σωστή σχεδίαση και κατασκευή των κουζινέτων, τα οποία καθορίζουν την ακρίβεια των ανοχών και την τήρησή τους στις σωστές διαστάσεις. Για να δούμε αν συμβαίνει σ' ένα στροβιλοσυμπιεστή αυτή η βλάβη τον απελευθερώνουμε από την εισαγωγή και εξαγωγή του κινητήρα και τον περιστρέφουμε με το χέρι προσέχοντας ν' ακούσουμε αν υπάρχει ο μεταλλικός θόρυβος.

## 6.7 ΑΠΟΤΟΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

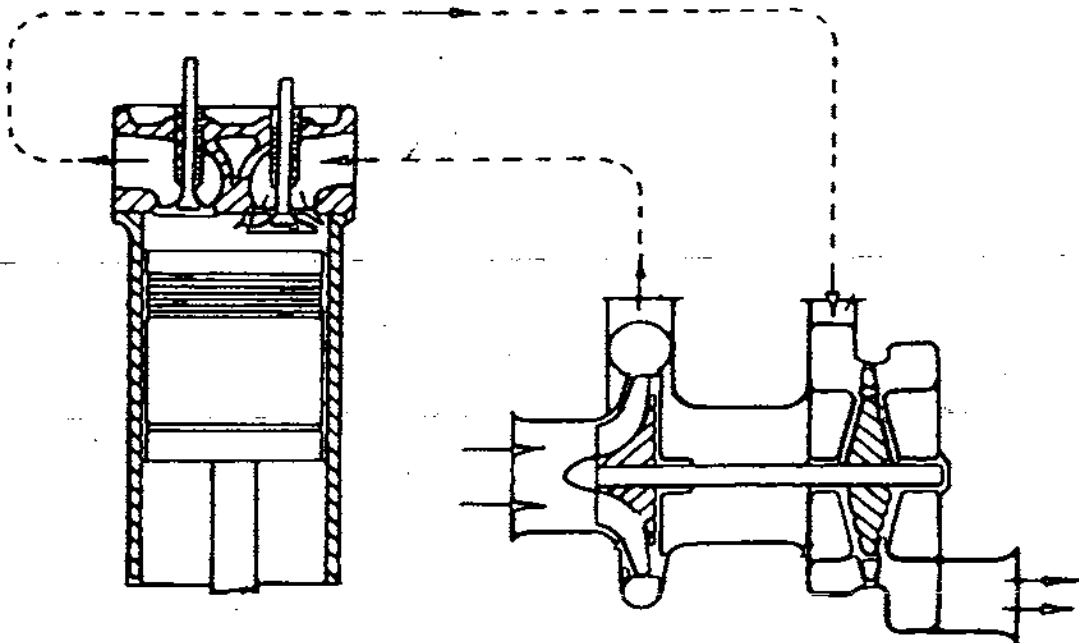
Απόκρουση με ξένα σώματα μπορεί να έχουμε απότομη καταστροφή του στροβίλου ή του συμπιεστή, αλλά μπορεί να έχουμε και σταδιακή καταστροφή λόγω αποζυγοστάθμισης. Τα ξένα σώματα στο συμπιεστή μπορούν να μπουν από το περιβάλλον, ενώ στην τουρμπίνα από εσωτερικά θραύσματα του κινητήρα εξαιτίας κάποιας βλάβης. Στο συμπιεστή επιπρόσθετα μπορεί να έχουμε βαθμιαία διάβρωση των πτερυγίων από μόρια σκόνης.

## 6.8 ΑΠΟΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗ

Αν δεν είναι σωστά ζυγοσταθμισμένος ο στροβιλοσυμπιεστής ή αν είναι κακό ευθυγραμμισμένα τα διάφορα τμήματα του, τότε θα παρατηρήσουμε φθορές και γυαλίσματα στην εξωτερική επιφάνεια στο εσωτερικό της οπής και στην εξωτερική άκρη του κουζινέτου. Στα αξονικά κουζινέτα θα υπάρχουν φαγώματα πιο πολύ στην εξωτερική διάμετρο προς το αντίστοιχο αξονικό δακτυλίδι, το οποίο πιθανόν να είναι εμποτισμένο με ορείχαλκο, με σημάδια υπερθέρμανσης.

Γυαλισμένο, εμποτισμένο με ορείχαλκο και με χαραγές μπορεί να είναι το σώμα των εδράνων, ενώ ακόμα και το αυλάκι του ελατηρίου του εμβόλου μπορεί να έχει φθορές.

Οι τροχοί τέλος του στροβίλου και του συμπιεστή μπορεί να έχουν φαγώματα. Μπορεί ακόμα να παρουσιάζονται χαραγές στην πίσω πλευρά τους. Όπως είναι φυσικό αντίστοιχες ζημιές, μπορεί να παρουσιάζει και το σώμα του στροβίλου και του συμπιεστή.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

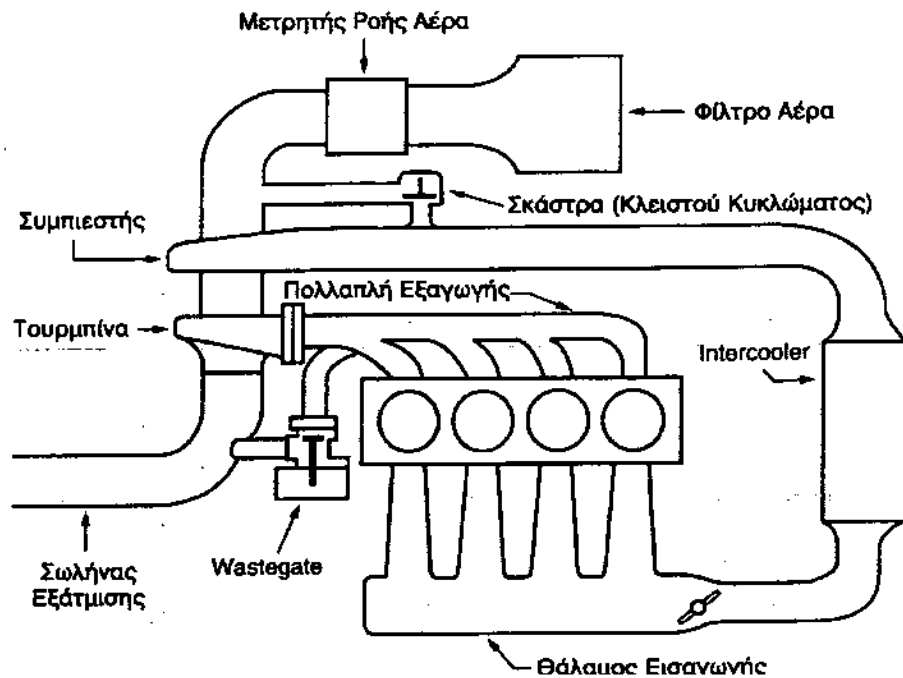
## ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΕΩΣ

### 7.1 INTERCOOLER

Το σύστημα ψύξεως σε ένα στροβιλοσυμπιεστή είναι μια απαραίτητη εγκατάσταση η οποία πρέπει να υπάρχει υποχρεωτικά, εκτός από ορισμένες ειδικές περιπτώσεις. Όπως σε μοτέρ που τροφοδοτούνται μέσω καρμπρατέρ υποπίεσης. Το INTERCOOLER ψύχει τον αέρα που συμπιέζει ο στροβιλοσυμπιεστής πριν μπει στην εισαγωγή του κινητήρα. Η σημασία του είναι ζωτική επειδή χωρίς την συγκεκριμένη συσκευή είναι ανέφικτη η υγιής λειτουργία με πιέσεις άνω των 0,5 bar αφού ανεβαίνουν υπερβολικά οι θερμοκρασίες στον θάλαμο καύσης, καταπονείται το μοτέρ, μειώνεται η απόδοση του και στις περισσότερες περιπτώσεις προκαλούνται κύματα προανάφλεξης.

Όποτε το INTERCOOLER πρέπει να είναι ειδικά μελετημένο για την κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή, ώστε να ψύχει επαρκώς τον αέρα και να μην εμποδίζει τη ροή του στο κύκλωμα, επιφέροντας πτώση της πίεσης στην έξοδο του.

Υπάρχουν δυο είδη INTERCOOLERS τα αέρος -αέρος (αεροψυχτα) και τα αέρος-νερού(υδροψυχτα). Στο σχήμα 32 βλέπουμε την βασική λειτουργία ενός στροβιλοσυμπιεστή με INTERCOOLER.



## 7.2 ΑΕΡΟΨΥΧΤΑ

Στα αεροψυχτα ο αέρας του μοτέρ ψύχεται μέσω του αέρος του περιβάλλοντος πρόκειται για την πιο κλασική περίπτωση που συνδυάζει το μικρό κόστος με σχετικά ικανοποιητικούς βαθμούς απόδοσης. Ένα αεροψυχτα σύστημα για είναι αποδοτικό , χρειάζεται προσοχή στην εγκατάσταση του ώστε να αερίζεται επαρκώς.

Επίσης σπουδαίο ρόλο έχουν οι διαστάσεις του , ο αριθμός , το μήκος των κύψελων του και ο εσωτερικός του όγκος. Διότι επηρεάζουν άμεσα την ψυκτική τους ικανότητα. Όταν τοποθετούμε ένα αεροψυχτα σύστημα αναγκαστικά θα υποστούμε και το ανάλογο lag που προκαλεί η ύπαρξη του , αφού εκτός από τον όγκο της πολλαπλής εισαγωγής και των σωληνώσεων του στροβιλοσυμπιεστή θα πρέπει να γεμίσει με πεπιεσμένο αέρα και το INTERCOOLER προτού αρχίσει η υπερπλήρωση.

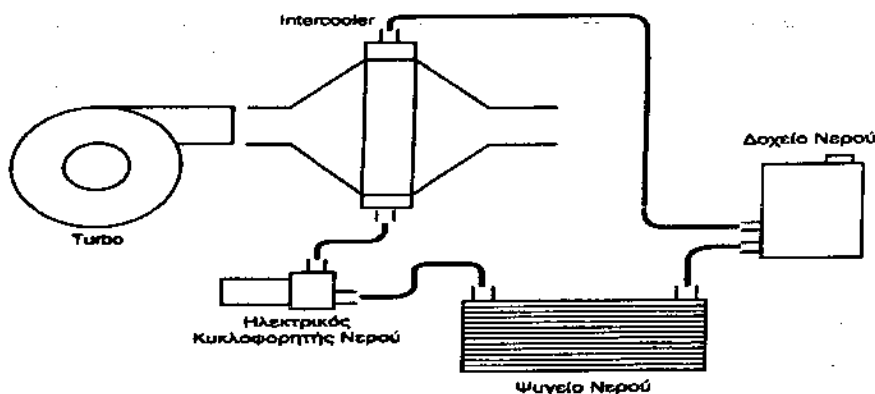
Έτσι ο χρόνος που χρειάζεται το INTERCOOLER μέχρι να βρεθεί υπό πίεση το περιεχόμενο του αθροίζεται στο συνολικό lag time. Σε εφαρμογές επιδόσεων , η όπου χωροταξικοί και λοιποί περιορισμοί συνηγορούν εναντίον ενός αερόψυκτου συστήματος χρησιμοποιούνται Υδροψυκτα συστήματα.

## 7.3 ΥΔΡΟΨΥΚΤΑ

Το ψυκτικό μέσο στα υδροψυκτα συστήματα είναι το νερό .Το νερό έχει πολύ μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από τον αέρα που συνήθως είναι ζεστός και αραιός λόγω της θερμοκρασίας στο χώρο του κινητήρα. Τα υδροψυκτα έχουν πολύ μεγάλο βαθμό απόδοσης από τα αεροψυχτα .Επίσης δεν χρειάζονται μεγάλο περιεχόμενο όγκο για να είναι αποδοτικά και περιορίζουν με την σειρά τους το συνολικό turbo lag.Το νερό που κυκλοφορεί στο κύκλωμα με την αυτόνομη αντλία ψύχεται σε δικό του ψυγείο, σαν εκείνο του μοτέρ.

Αυτά όμως τα συστήματα έχουν το μειονέκτημα ότι έχουν υψηλό κόστος και δεν προτιμούνται από κατασκευαστές παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

Επιπλέον υπέχουν και συστήματα τα οποία περιέχουν και τα δυο συστήματα δηλαδή αερόψυκτα και υδροψυκτα μαζί σε ένα ενιαίο σύστημα.





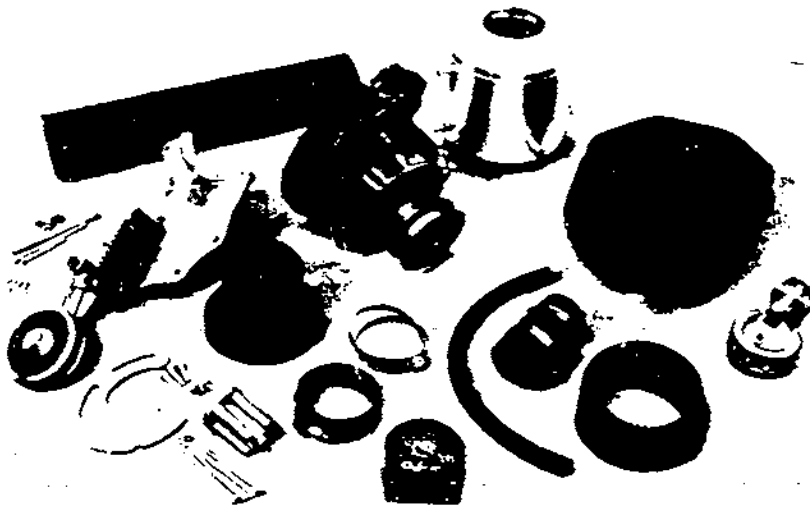
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΑΪΡΙΑΣΜΑΤΟΣ

#### 8.1 ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ - ΜΗΧΑΝΗΣ

Για να παρακολουθήσουμε ευκολότερα τη διαδικασία για το ταίριασμα μηχανής-στροβιλοσυμπιεστή πρέπει να έχουμε ένα σύντομο γενικό πλάνο στο μυαλό μας. Δηλαδή ότι τα καυσαέρια που βγαίνουν από τον κινητήρα πηγαίνουν στην τουρμπίνα όπου εκτονούμενα παράγουν έργο. Το έργο αυτό δίνεται στο κορμπεσέρ για να συμπιέσει αέρα τον οποίο θα στείλει στην μηχανή. Ο αέρας αυτός πρέπει να έχει τέτοια μάζα και πίεση ώστε με ανάλογο καύσιμο, να μπορέσει να μας δώσει μέσα στον κινητήρα το έργο που θέλουμε. Εκτός αυτού όμως, όταν βγει υπό μορφή καυσαερίων, να μπορέσει να περιστρέψει τον στρόβιλο με τόση δύναμη, ώστε να επαναληφθεί ο κύκλος.

Στο εμπόριο οι κατασκευαστές παρουσιάζουν διάφορα <κιτς> που προσαρμόζονται στο ανάλογο μοντέλο αυτοκινήτου , ένα παρόμοιο εικονίζεται στο σχήμα 34.



ΣΧΗΜΑ 34. Paxton kit κατάλληλο για Ford

Αυτό είναι εύκολο να επιτευχθεί για ένα ορισμένο αριθμό στροφών. Ο κινητήρας όμως δέχεται εναλλασσόμενα φορτία και οι στροφές του μεταβάλλονται σ' ένα ευρύ φάσμα. Γι αυτό για τη σωστή επιλογή του στροβιλοσυμπιεστή ανάλογα με τον κινητήρα, πρέπει να μελετήσουμε το θέμα με τη βοήθεια διαγραμμάτων, που λαμβάνουν υπ' όψιν τους μεταβλητούς παράγοντες.

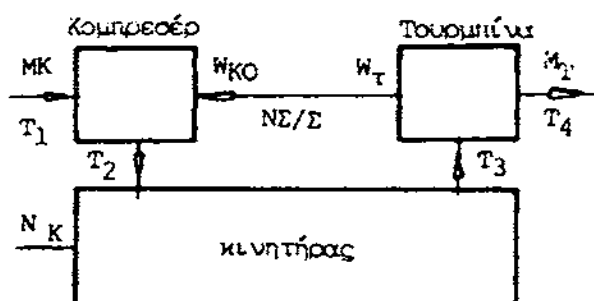
Όμως όπως αναφέραμε, ακόμη και τότε ο στροβιλοσυμπιεστής δεν θα λειτουργεί τέλεια σε όλο το εύρος στροφών του κινητήρα. Δηλαδή σε ορισμένες στροφές θα υπολειτουργεί (χαμηλές στροφές κινητήρα), σε άλλες θα συνεργάζεται πολύ καλά με την μηχανή και τέλος σε άλλες θα υπερλειτουργεί (υψηλές στροφές κινητήρα), οπότε προβλέπονται και οι σχετικές ασφαλιστικές διατάξεις.

Αυτά συμβαίνουν γιατί κάθε τμήμα του συστήματος μηχανή- τουρμπίνα- κομπρεσέρ έχει τις δικές του καμπύλες επιδόσεων ή χαρακτηριστικά. Οι καμπύλες επιδόσεων του κάθε τμήματος του συστήματος, δεν μπορεί ποτέ να συμπίπτουν σ' όλα τους τα σημεία, με αυτές του άλλου τμήματος.

Εμείς κανονίζουμε να μεταχειριζόμαστε τον κινητήρα στο εύρος στροφών, όπου συνεργάζεται καλύτερα με τον στροβιλοσυμπιεστή

Η γνωρίζοντας το εύρος των στροφών που θα εργάζεται περισσότερο ο κινητήρας, κανονίζουμε ώστε τα χαρακτηριστικά του στροβιλοσυμπιεστή σ' αυτές τις στροφές να συμπίπτουν με αυτά του κινητήρα.

Οι συντελεστές που θα χρησιμοποιήσουμε στο ταίριασμα, συμβουλευόμενοι και το παρατιθέμενο σχηματικό διάγραμμα θα είναι οι παρακάτω. Σχημα 35



ΣΧΗΜΑ 35

### Ταίριασμα Στροβιλοσυμπιεστή – κινητήρα

$M_K$  = Μάζα αέρα που αναροφά το κομπρεσέρ του στροβιλοσυμπιεστή σε Lib/ Sec

$T_1$  = Θερμοκρασία αέρα που αναροφά το κομπρεσέρ. (Ατμόσφαιρας)

$W_{KO}$  = Ισχύς που απαιτείται να δοθεί από την τουρμπίνα για να περιστραφεί το κομπρεσέρ στις στροφές που θέλουμε.

$W_T$  = Ισχύς που δίνουν τα καυσαέρια στην τουρμπίνα και την οποία θα μεταβιβάσει στο κομπρεσέρ για να συμπιέσει αέρα.

$N_0$  = Στροφές που παίρνει ο άξονας του στροβιλοσυμπιεστή στη μονάδα του χρόνου.

$M_T$  = Μάζα καυσαερίων που φεύγουν από την τουρμπίνα

$T_4$  = Θερμοκρασία καυσαερίων που φεύγουν από την τουρμπίνα.

$T_3$  = Θερμοκρασία καυσαερίων, που βγαίνουν από τον κινητήρα, και κατευθύνονται προς την τουρμπίνα.

$NK$  = Στροφές που παίρνει ο άξονας της μηχανής στη μονάδα του χρόνου.

$a / f$  = Ο λόγος αέρα προς καύσιμο του μείγματος που τροφοδοτεί τον κινητή

$M_a / M_f$  = Μάζα αέρα / Μάζα καυσίμου

$P_2/P_1$  : Ο λόγος της πίεσης του συμπιεσμένου από το κομπρεσέρ αέρα προς την πίεση στην εισαγωγή του συμπιεστή ( ατμοσφαιρική).

Τελικά είναι ένας αριθμός που λει με πόσες ατμόσφαιρες πίεση θέλουμε να στείλουμε τον αέρα στην μηχανή.

$P_3 / P_4$  = Πίεση των καυσαερίων που βγαίνουν από τον κινητήρα προς την ατμοσφαιρική .

$U/C_{Ts}$  = Λόγος ταχύτητας περιστροφής πτερυγίων τουρμπίνας =  $\Pi O.N_0/20\rho(T_3-T_4)$

$D$  = Διάμετρος στροφείου τουρμπίνας.

$C_p$  = Ειδική θερμότητα αέρα υπό σταθερή πίεση B.T.U./Lib. F

$C_v$  = Ειδική θερμότητα αέρα υπό σταθερό όγκο

$K=C_p /C_v$  λόγος ειδικών θερμοτήτων

Για τον αέρα  $K=1,4$  Για

τα καυσαέρια  $K=1,343$

Γενικά έχουμε  $C_p = R^* K / J^* (K-1)$

$J$  = μηχανικό ισοδύναμο θερμότητας = 778 LIB x FT/BTU

$R$  = σταθερά αερίων = LIB x FT/R<sup>0</sup>

Η σταθερά αερίων για υγρό αέρα = 53,50 για

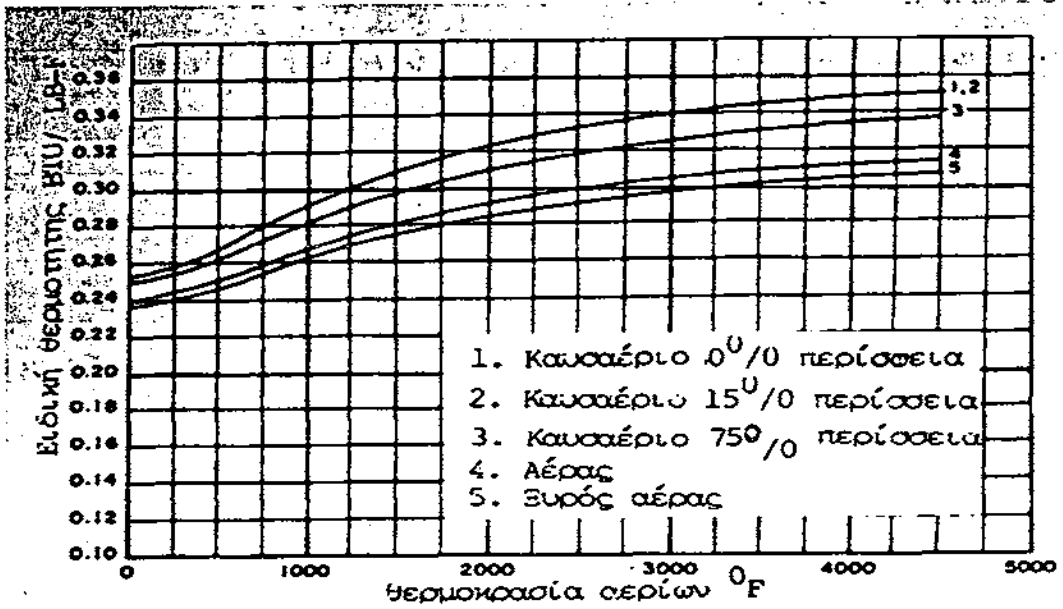
ξηρό αέρα =53,34 για

καυσαέρια=50,30

$\eta_i$  = Αδιαβατική απόδοση κομπρεσέρ (γύρω στο 0.8)  $\eta_r$  =

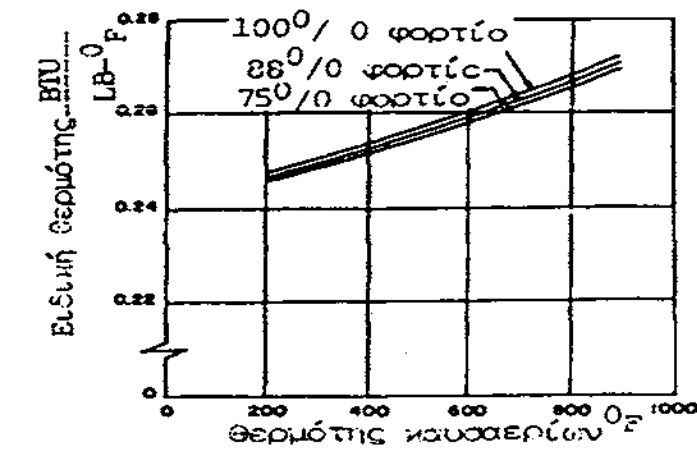
Μέση απόδοση τουρμπίνας.

Εκτός από τον ανωτέρω τύπο η ειδική θερμότητα (μέγεθος πολύ σημαντικό) δίδεται και από τα κατωτέρω διαγράμματα ειδικών θερμοτήτων καυσαερίων και αέρα ανάλογα με τη θερμοκρασία σε βαθμούς Φαρενάιτ. Σχήμα 36 και 37.



ΣΧΗΜΑ 36

Στιγμαία ειδική θερμότητα καυσαερίων



ΣΧΗΜΑ 37

Ειδική θερμότητα καυσαερίων δίχρονης με στροβιλοσυμπιεστή

A) Ο τύπος που θα μας δώσει την παράμετρο ισχύος

$$(α) \frac{W_{KO}}{P_1 \sqrt{T_1}} = \frac{1}{\eta_{KO}} \cdot \frac{M_K \sqrt{T_1}}{P_1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \left( \frac{K R}{K-1} \right)$$

β) Αντίστοιχα για την τουρμπίνα η παράμετρος ισχύος θα είναι.

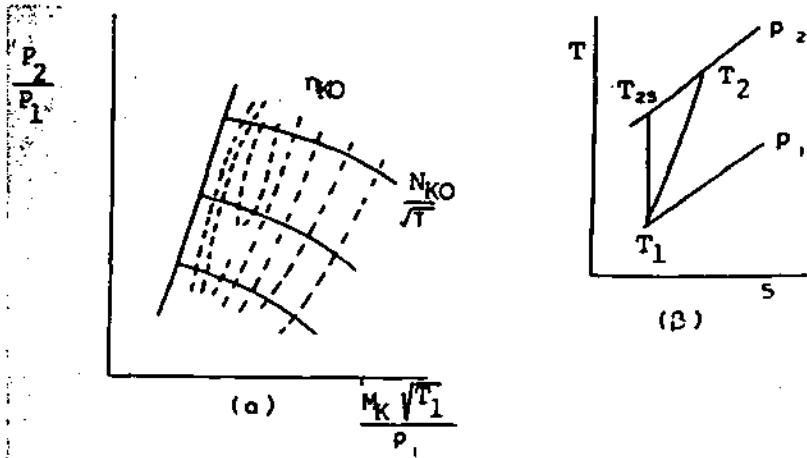
$$(β) \frac{W_T}{M_T T_3} = \eta_T C_p \left[ 1 - \left( \frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]$$

γ) Ο λόγος ταχύτητας περιστροφής πτερυγίων.

$$(γ) \frac{U}{CIS} = \frac{\pi \cdot D}{\sqrt{2} C_p} \cdot \frac{\frac{N_T}{\sqrt{T_3}}}{\sqrt{1 - \left( \frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{K-1}{K}}}}$$

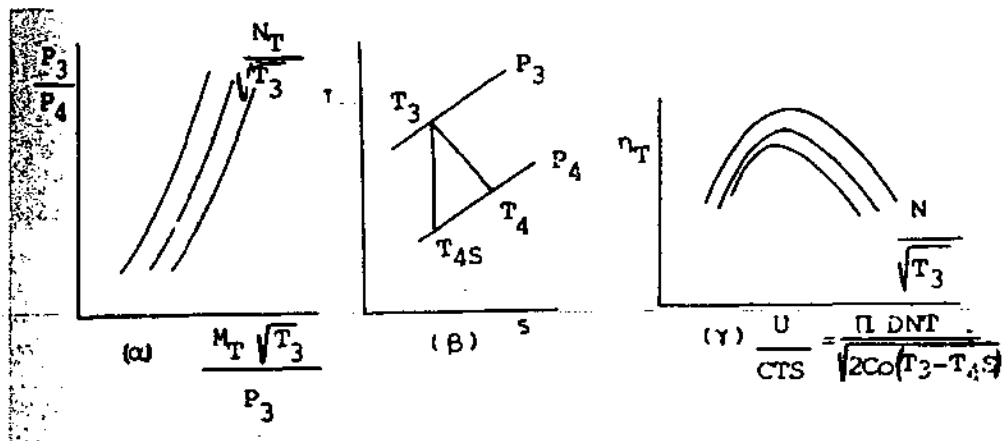
δ) Η παράμετρος μάζας για την τουρμπίνα είναι.

$$(δ) \frac{M_T \sqrt{T_3}}{P_4} = \frac{M_T \sqrt{T_3}}{P_3} \cdot \frac{P_3}{P_4}$$



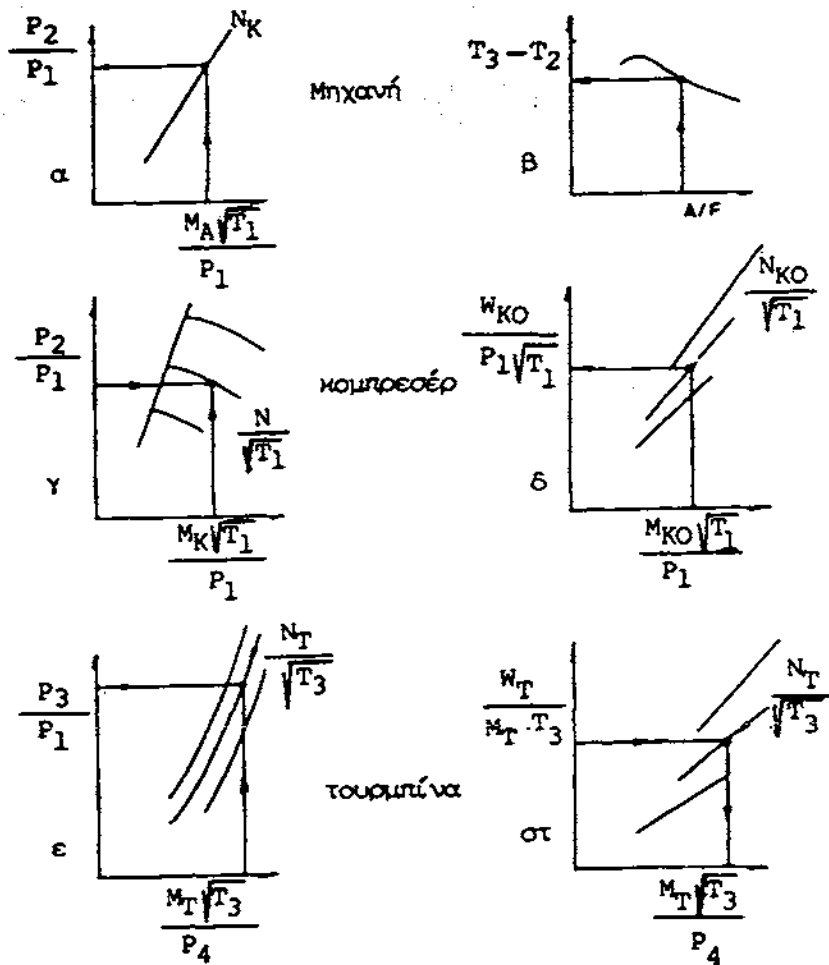
ΣΧΗΜΑ 38

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΚΟΜΠΡΕΣΕΡ



ΣΧΗΜΑ 39

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΤΟΥΡΜΠΙΝΑΣ



ΣΧΗΜΑ 40

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΑΙΡΙΑΣΜΑΤΟΣ Σ/Σ -ΜΗΧΑΝΗΣ

**8.2 ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ**

Και τώρα θα δούμε πια πορεία θα ακολουθήσουμε για να ταιριάσουμε σωστά τον στροβιλοσυμπιεστή με τον κινητήρα.

Η όλη διαδικασία είναι ένας συνεχώς επαναλαμβανόμενος υπολογισμός ο οποίος καταλήγει στο σωστό αποτέλεσμα.

Ξεκινάμε με δεδομένη την πίεση εισαγωγής  $P_2/P_1$  Μετά από το διάγραμμα 40 ξέροντας την καθορίζουμε την ροή αέρος  $M_A$  και το αντίθετο.

Μ' οποιονδήποτε πάντως τρόπο κι αν κινηθούμε ο λόγος αέρα προς καύσιμο βγαίνει από την αναλογία καυσίμου  $M_F$ . Δηλαδή

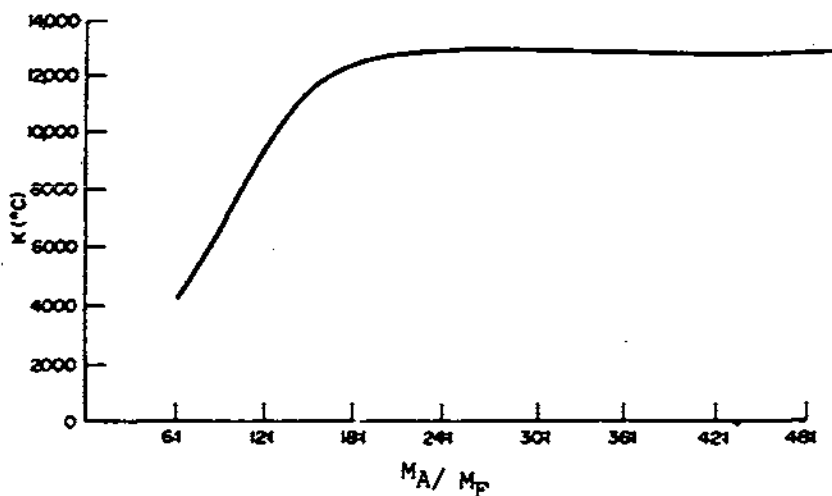
$$A / F = M_A / M_F$$

Με τον λόγο αυτό και με το διάγραμμα 8.6 βρίσκουμε την ανύψωση της θερμοκρασίας ( $T_3 - T_2$ ). Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας βγαίνει από τον τύπο.

$$T_3 = \frac{T_2 + K_a}{1 + M_A / M_F}$$

όπου  $K_a$  = συντελεστής ανύψωσης θερμοκρασίας  $K_a$  βρίσκεται από το διάγραμμα του σχήματος 41

Η αναλογία ροής μάζας -αέρος που απορροφά το κομπρεσέρ δηλαδή η  $M_k$  είναι γνωστή γιατί ισούται με τον αέρα που απορροφά η μηχανή. Δηλαδή  $M_k = M_A$ . Γνωρίζουμε επίσης και την πίεση εισαγωγής. Οπότε από το διάγραμμα ( $\gamma$ ) του 8.6 βρίσκουμε τις στροφές  $N_k$  του κομπρεσέρ και από το ( $\delta$ ) την ισχύ  $W_{ko}$ .



ΣΧΗΜΑ. 41

Συντελεστής ανυψώσεως θερμοκρασίας  $K_a$

Επειδή η ροή δεν είναι σταθερή η μέση απόδοση της τουρμπίνας  $\eta_{TA}$  θα είναι διαφορετική από την  $\eta_T$  που δίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 39( $\gamma$ ).

Ορίζουμε ένα διορθωτικό συντελεστή  $P_F$ , ο οποίος εξαρτάται από τη σχεδίαση του συστήματος εξαγωγής. Για να βρούμε μια κατάλληλη τιμή για το  $P_F$  πρέπει να καταφύγουμε στο πείραμα. Έτσι μπορούμε να γράψουμε όπ.  $\eta_{ra} = P_F \cdot \eta_T$ .

Τότε το έργο της τουρμπίνας θα είναι.

$$W_T = \eta_{TA} \cdot \eta_M \cdot W_{KO}$$

όπου  $\eta_M$  είναι ο μηχανικός συντελεστής απόδοσης του στροβιλοσυμπιεστή (γύρω στο 0,75)



Τώρα  $M_T = M_A + M_F$

$$T_3 = T_2 + (T_3 - T_2) \text{ και}$$

$N_T = N$  κο

$$M_T \cdot \sqrt{T_3} / P_4$$

Η παράμετρος ροής μάζας για την τουρμπίνα, δηλαδή η

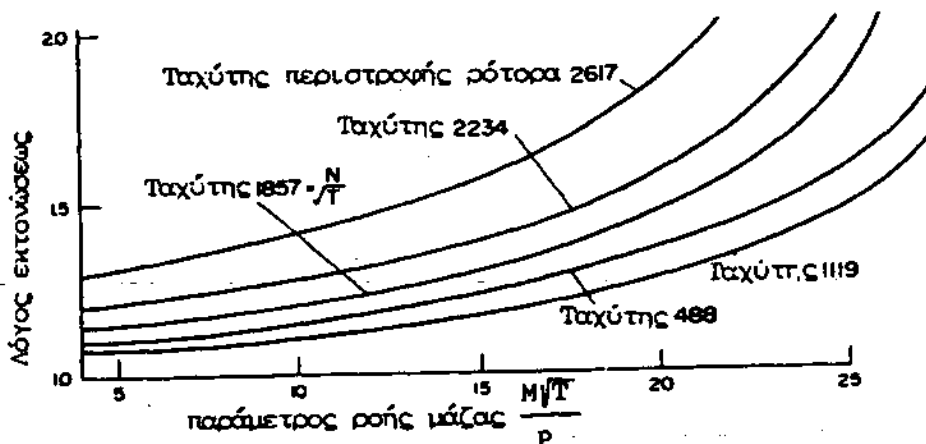
μπορεί να ορισθεί από τις χαρακτηριστικές καμπύλες της (στ). Τότε η πίεση εξαγωγής της τουρμπίνας  $P_4$  είναι.

$$P_4 = \left( \frac{P_4}{M_T \sqrt{T_3}} \right) M_T \sqrt{T_3}$$

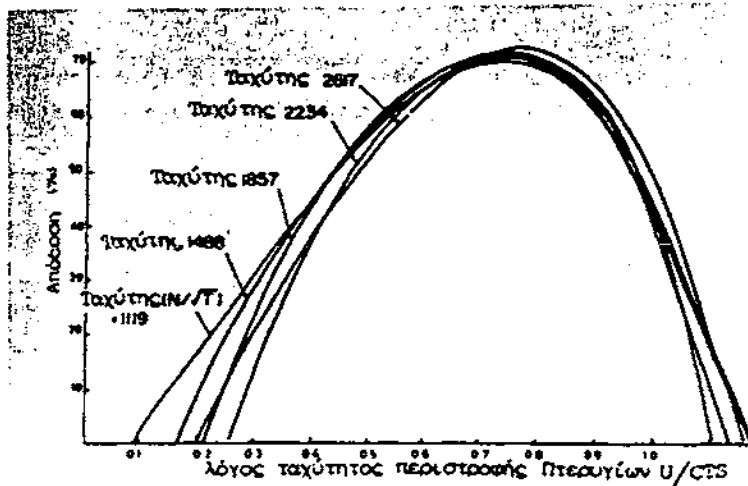
.Αν η πίεση  $P_4$  είναι ίση με την πίεση αντιθλίψεως των σωλήνων εξαγωγής μετά την τουρμπίνα, ο κύκλος δεν επαναλαμβάνεται. Διαφορετικά διαλέγουμε άλλο  $P_2/P_1$  ή  $M_A$  και ξαναρχίζουμε. Η κανονική πίεση αντιθλίψεως σε κινητήρες χωρίς  $\Sigma/\Sigma$  είναι 1200 χιλιοστά στήλης νερού. Με  $\Sigma/\Sigma$  είναι 250-500 χιλ. Η πίεση αυτή όσο αυξάνει (μεγάλο μήκος εξαγωγής ή εξαγωγή μέσα στο νερό) τόσο περισσότερο δυσκολεύει την τουρμπίνα στην περιστροφή της.

Το μέγεθος της βαλβίδας ανακούφισης εκλέγεται με πείραμα.

Στα σχήματα 42 ως 46 έχουμε πραγματικά διαγράμματα χαρακτηριστικών και αποδόσεων για τουρμπίνες αξονικής και ακτινικής ροής καθώς και για κομπρεσέρ. Τέτοια ή παρόμοια διαγράμματα χρησιμοποιούνται στο ταίριασμα.

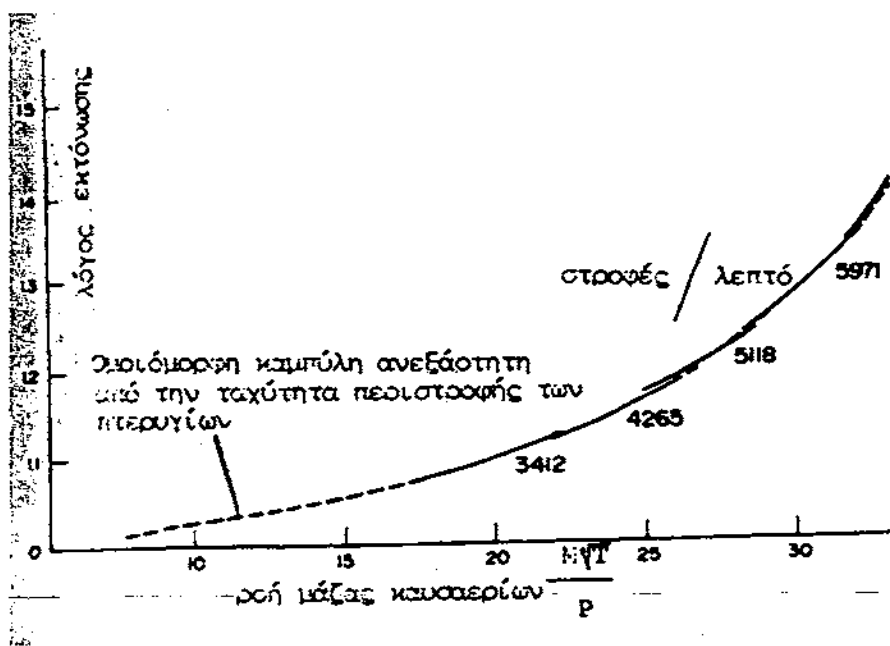


Σχήμα 54. Χαρακτηριστικά τουρμπίνας ακτινικής ροής.  
 $M$  = ροή μάζας καυστηρίου.  
 $T$  = θερμοκρασία εισόδου.  
 $P$  = αρχική πίεση  $N$  = στροφές ρότορος.



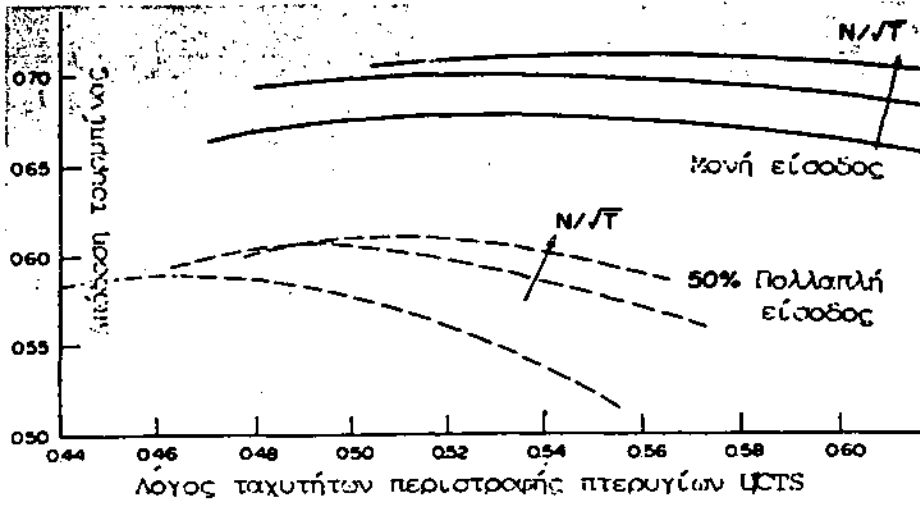
ΣΧΗΜΑ 43

Απόδοση τουρμπίνας ακτινικής ροής



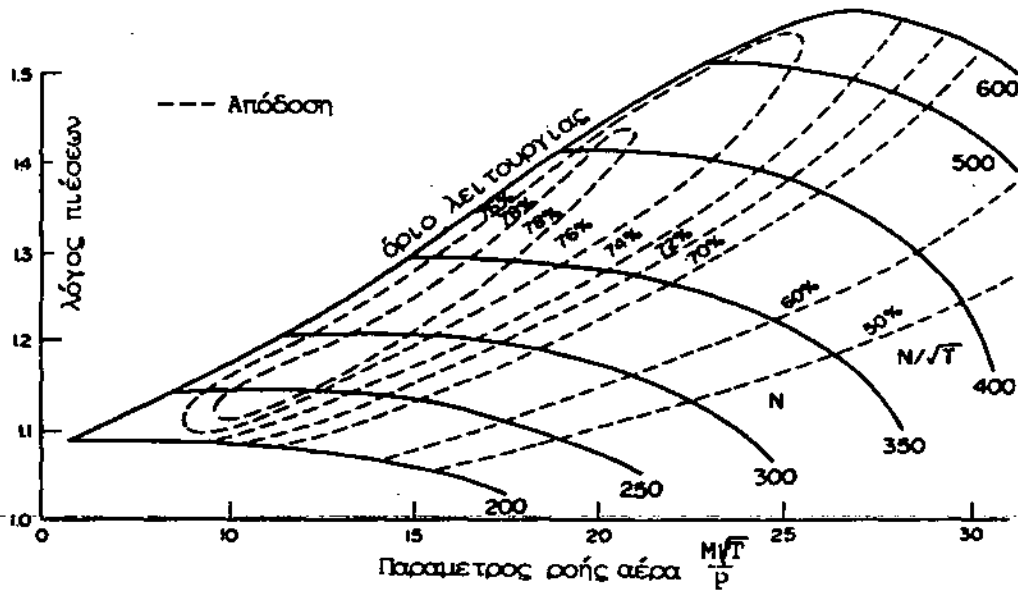
ΣΧΗΜΑ 44

Χαρακτηριστικά τουρμπίνας αξονικής ροής



ΣΧΗΜΑ 45

Απόδοση τουρμπίνας αξονικής ροής



ΣΧΗΜΑ 46

Χαρακτηριστικά κομπρεσέρ

Θα αναφέρουμε μερικούς κανόνες που διέπουν τη σχεδίαση του συστήματος παλλόμενης πίεσης που χρησιμοποιείται ευρύτατα.

1) όγκος των σωληνώσεων εξαγωγής πρέπει να είναι μικρός σε σχέση με τον όγκο του κυλίνδρου. Έτσι ελαττώνονται οι απώλειες κινητικής ενέργειας μεταξύ θυρίδας εξαγωγής και προφυσίου προσαγωγής του συνόλου των καυσαερίων στην τουρμπίνα.

2) της σωλήνωσης εξαγωγής πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό για να έχουμε λιγότερες απώλειες θερμότητας.

3) Η βαλβίδα εξαγωγής να είναι το δυνατόν μεγαλύτερη και να μένει όσο επιτρέπεται περισσότερο χρόνο ανοικτή, για να έχουμε στην τουρμπίνα την σωστή ποσότητα καυσαερίων. Έτσι θα έχουμε λιγότερες απώλειες πίεσης μεταξύ κυλίνδρου και προφυσίου. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερη μέση πίεση στην είσοδο του προφυσίου, άρα και καλύτερη απόδοση της τουρμπίνας.

4) Για δεδομένη πίεση στον κύλινδρο την ώρα που ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής, όσο μικρότερο είναι το προφύσιο τόσο περισσότερο θα διαρκεί η τροφοδοσία της τουρμπίνας με καυσαέρια.

Όσον αφορά την τουρμπίνα που λειτουργεί με παλλόμενη πίεση, είναι πολύ δύσκολο να υπολογίσουμε τα χαρακτηριστικά της καθώς και το πώς επιδρούν αυτά στα χαρακτηριστικά της μηχανής. Γι' αυτό οι περισσότερες πληροφορίες που διαθέτουμε είναι από πειράματα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

#### 9.1 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Το πρώτο μας μέλημα σε μια διαδικασία συντήρησης είναι ο σωστός και σχολαστικός καθαρισμός του στροβιλοσυμπιεστή καθώς και όλων των εξαρτημάτων του. προκειμένου να αξιολογηθεί η κατάσταση τους και να ελέγχει η συμβατικότητα τους με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Ο καθαρισμός του σώματος γίνεται αφήνοντας το μέσα για μερικά λεπτά μέσα σε να ειδικό καθαριστικό παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των καρμπρατέρ. Έτσι μαλακώνουν κι απομακρύνονται τα ξένα σωματίδια που έχουν δημιουργηθεί από το λαδί. Στη συνέχεια υποβάλλουμε σε υαλοβολη το σώμα μαζί με τον άξονα και την φτερωτή του συμπιεστή.

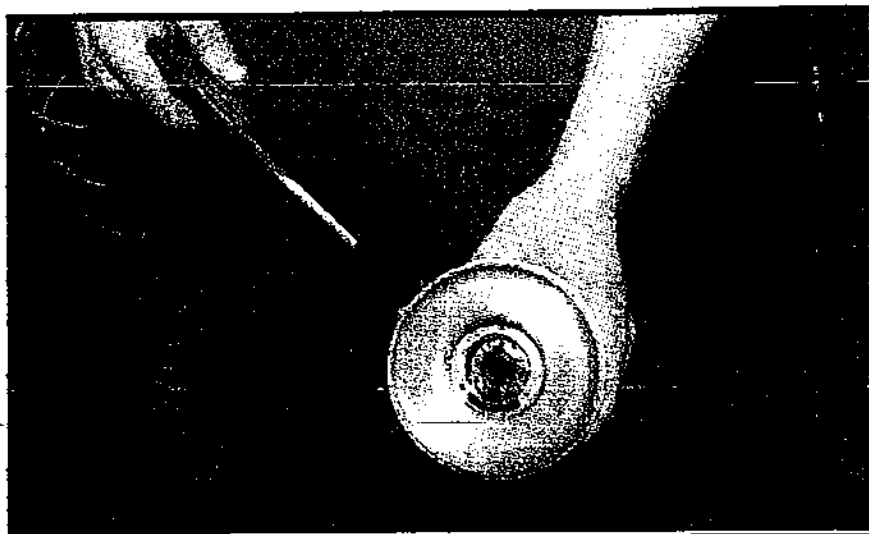
Πρόκειται για μια διαδικασία όμοια με την παραδοσιακή αμμοβολη, η οποία όμως είναι πιο ομαλή με τις επιφάνειες και ενδείκνυται για μικρά και ευαίσθητα εξαρτήματα μεγάλης ακρίβειας. Η συγκεκριμένη μηχανή δημιουργεί μια ελεγχόμενη θύελλα αέρα και λεπτής σκόνης γυαλιού, οποία στο πέρασμα της πάνω από τις επιφάνειες αφαιρεί κάθε ξένο σώμα η κατάλοιπο καύσης.



ΣΧΗΜΑ 47

Καθαρισμός εξαρτημάτων

Με ανάλογο τρόπο αλλά με σφαιριδιοβολη όπου χρησιμοποιούνται μικροσκοπικά σφαιρίδια οξειδίων του αργίλου καθαρίζεται το μαντέμι το οποίο φέρει συνήθως πολύ πιο σκληρές και επίμονες ακαθαρσίες. Στη συνέχεια απομακρύνονται τα εξαρτήματα από την υαλοβολη και την σφαιριδιοβολη και καθαρίζονται σχολαστικά με καθαριστικό υγρό και πεπιεσμένο αέρα , ώστε να εξαλειφθεί ο κίνδυνος εισόδου στο κινητήρα κατάλοιπων από την υαλοβολη και την σφαιριδιοβολη.



ΣΧΗΜΑ 48

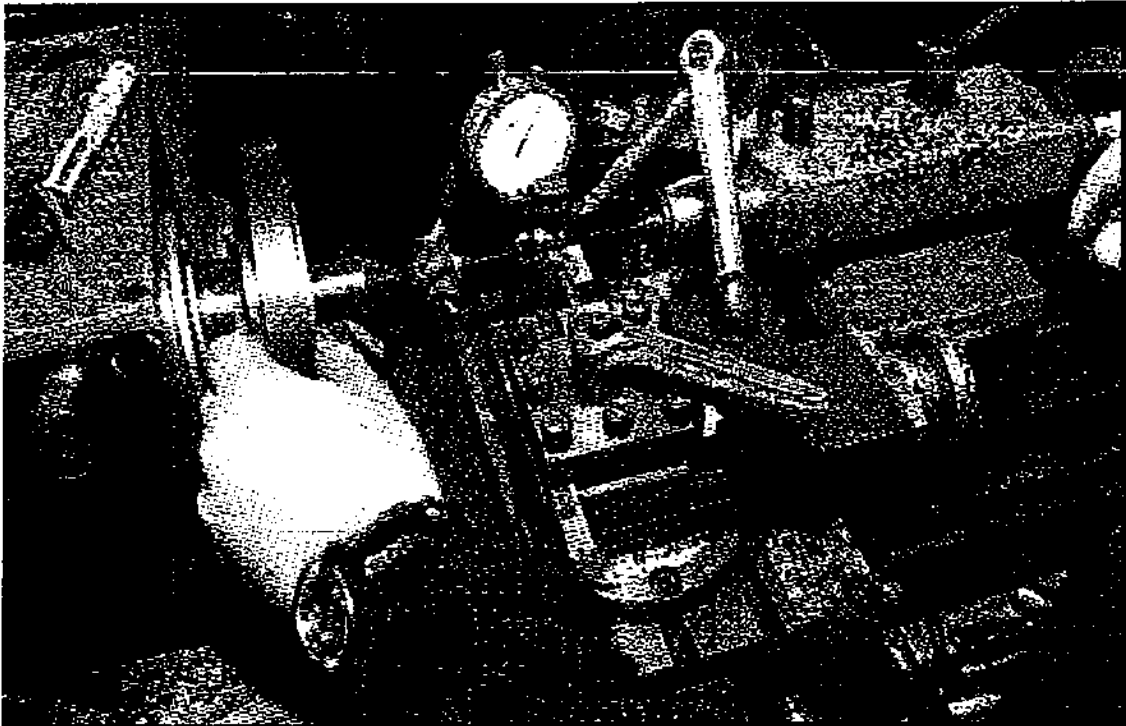
## 9.2 ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Μετά τον σχολαστικό καθαρισμό ακολουθεί ο προσεκτικός και επιμελής έλεγχος. Ο πρώτος είναι οπτικός και αφορά την ύπαρξη μικρορωγμών στις φτερωτές και ζημιών των επιφανειών από έλλειψη λίπανσης. Οι υπόλοιπες ενδεχόμενες ζημιές στις φτερωτές που προκαλούνται από την επαφή τους με ξένα σωματίδια είναι εμφανείς και η ύπαρξη τους αναιρεί το στάδιο καθαρισμού αφού έτσι κι αλλιώς τα εν λόγω εξαρτήματα σε αυτή την περίπτωση στέλνονται στην υψικάμινο.

Εκτός αυτών ελέγχονται και τα αλουμίνια για τυχόν σημάδια από τυχόν σημάδια από την επαφή τους με τις φτερωτές ή από ξένα σώματα. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην ασφαλιστική βαλβίδα εκφορτίσης και την έδρα της, για ρωγμές και ανωμαλίες που προκαλούν απώλειες στεγανότητας και διαρροές καυσαερίων.

Επίσης ελέγχεται το μηχανικό μέρος δηλαδή το βραχίονα της βαλβίδας και τις αρθρώσεις του, για τυχόν εμπλοκές στην κίνηση λόγω φθοράς.

Ο δεύτερος έλεγχος γίνεται με την βοήθεια μικρομέτρων. Ελέγχονται οι επιφάνειες τριβής στον άξονα. Αν αυτές βρίσκονται εκτός λειτουργικών ορίων, βάσει του βιβλίου του κατασκευαστή, τότε ο άξονας υπόκειται σε ρεκτιφιέ και χρησιμοποιούνται παχύτερα κουζινέτα. Αυτό βέβαια βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε μεγάλους στροβιλοσυμπιεστές πετρελαιοκινητήρων των οποίων οι κατασκευαστές διαθέτουν παχύτερα έδρανα.



ΣΧΗΜΑ 49

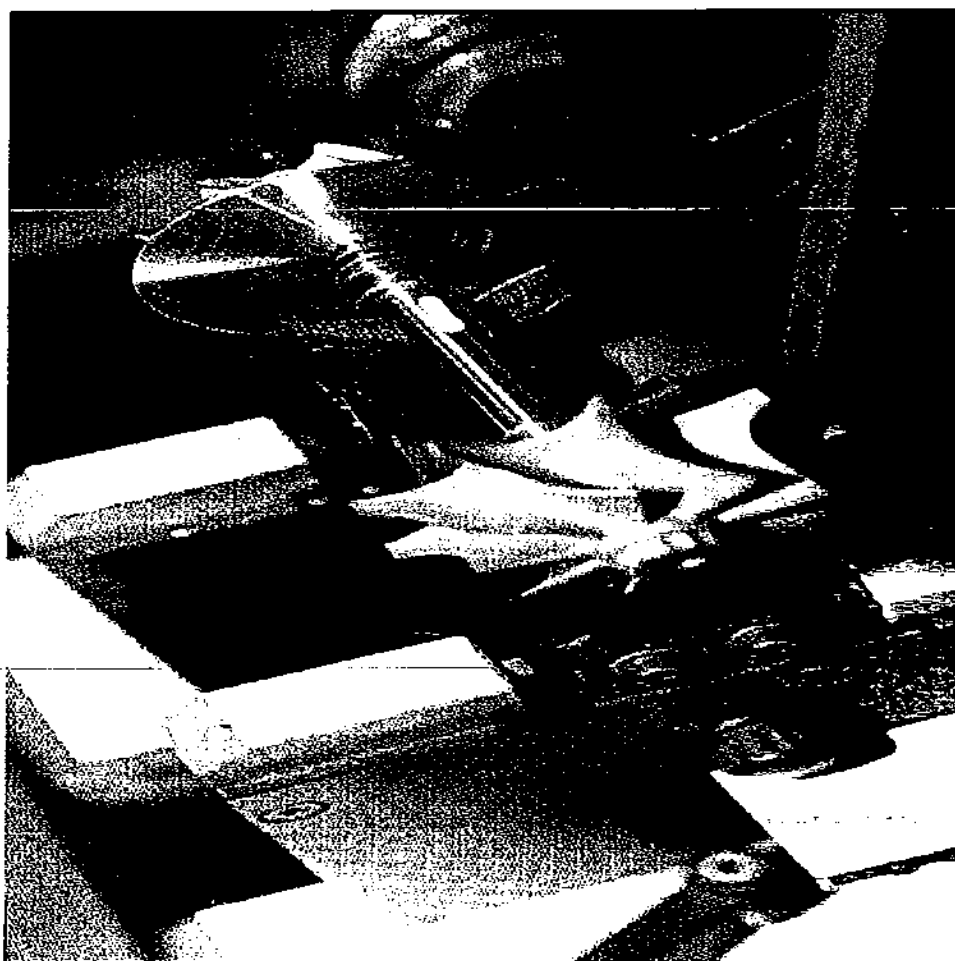
Έλεγχος σε τόρνο

Στην συνέχεια κεντράρεται ο άξονας σε τόρνο και μετρητικό ρόλοι που είναι προσαρμοσμένο στον εργαλειοδετη εξετάζοντας την εκκεντρότητα του άξονα σε διάφορα σημεία. Έτσι διαπιστώνεται αν υπάρχουν μονόπλευρες φθορές . Εκτός από τον άξονα εξετάζεται και το σώμα στα σημεία που φωλιάζουν τα κουζινέτα.

Αμέσως μετά ακολουθεί η ζυγοστάθμιση του ρότορα. Για να γίνει σωστά η ζυγοστάθμιση θα πρέπει πριν την αρχική αποσυναρμολόγηση να μαρκάρεται η θέση του ως προς τον άξονα. Έπειτα τοποθετείται στο ειδικό μηχάνημα ζυσταθμισης ρότορα ο άξονας ο οποίος περιστρέφεται από 3000 ως 3500 rpm.

Ένα φωτοκύτταρο ανιχνεύει το σημάδι που έχει μαρκαριστεί προηγούμενος το οποίο χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για την ζυγοστάθμιση.

Ενώ περιστρέφεται ο ρότορα στις οθόνες του μηχανήματος εμφανίζεται η γωνία της φτερωτής απ όπου πρέπει να αφαιρεθεί μέταλλο για τη ζυγοστάθμιση καθώς και το βάρος που πρέπει να αφαιρεθεί. Η ζυγοστάθμιση γίνεται αφαιρώντας συγκεκριμένες μικροποσότητες μετάλλου από την πλάτη του συμπιεστή. Η μύτη της φτερωτής έχει μια ποσότητα μετάλλου ειδικά προορισμένη για την σταδιακή της αφαίρεση κατά την διαδικασία της ζυγοστάθμισης.



ΣΧΗΜΑ 50

Έλεγχος άξονα σε λείζερ

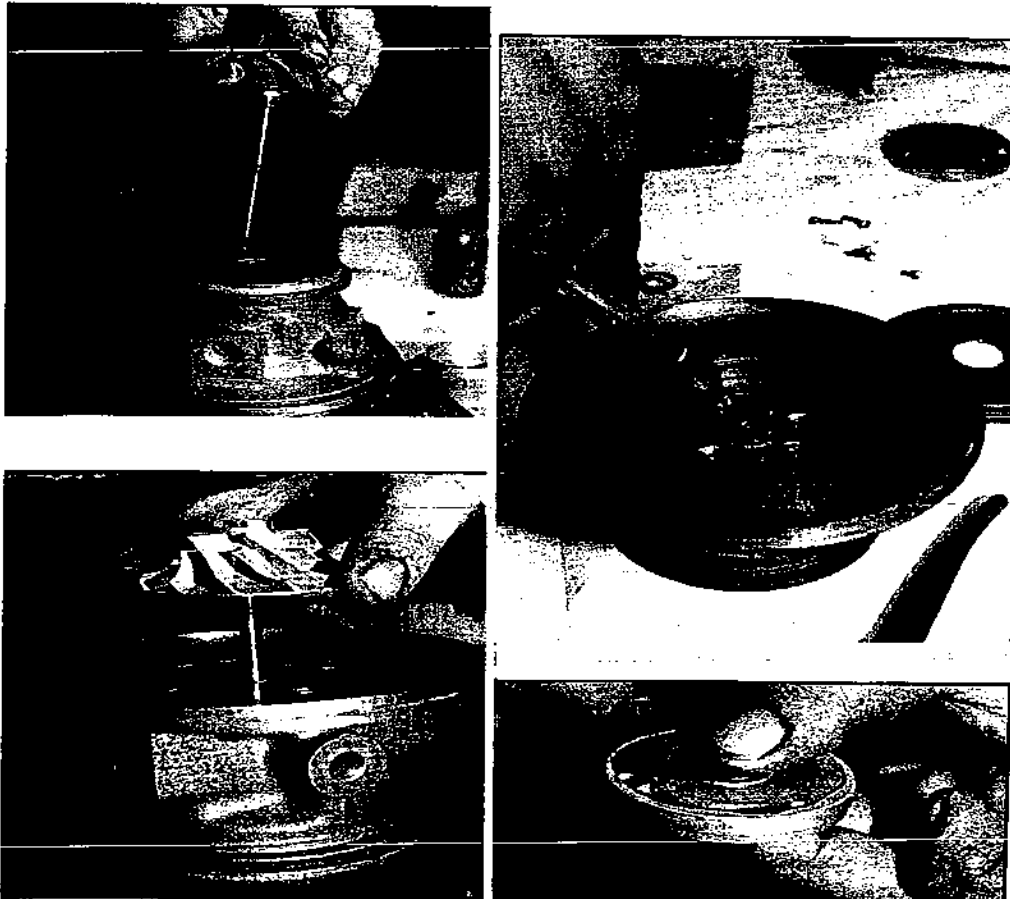


### 9.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Κατά την συναρμολόγηση , καθοριστικό ρόλο έχει λίπανση όλων των κινουμένων μερών με άφθονο και καλής ποιότητας λαδί. Στην πρώτη φάση τοποθετούνται τα κουζινέτα καθώς και οι ασφάλειες τους που περιορίζουν την παράλληλη κίνηση τους. Έπειτα τοποθετείται η πλάκα αλουμινίου και το κέλυφος στην πλευρά της εξαγωγής. Στην συνέχεια παίρνате ο άξονας και ελέγχεται η σωστή συναρμογή του συνόλου και την ελευθέρια της κίνησης .Ακολουθεί η τοποθέτηση του λινγκερ ,του θρος και του πλακακιου τα οποία σφίγγονται με τους κατάλληλους κοχλίες.

Το σημείο όπου δίνεται η μεγαλύτερη προσοχή είναι η τοποθέτηση του κομπρεσορα ,αφενός για τη σωστή αντιστοίχιση των σημαδιών της ζυγοστάθμισης και αφετέρου γιατί κατά το σφίξιμο είναι πολύ εύκολο να στραβώσει ο άξονας.

Ο τρόπος σφίξιματος του άξονα έχει μια ξεχωριστή διαδικασία. Βάζοντας σε μια μέγγενη μια ειδική βάση με κατάλληλες υποδοχές μέσα στις οποίες εφαρμόζονται τα πτερύγια του στροβιλοσυμπιεστη , τοποθετείται το σώμα με τον άξονα στην βάση αυτή. Επίσης τοποθετείται ο κομπρεσορας και σφίγγεται το περικόχλιο στην προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή ροπή σύσφιξης χρησιμοποιώντας ροποκλειδο



ΣΧΗΜΑ 51

Τοποθέτηση φτερωτής και θρος

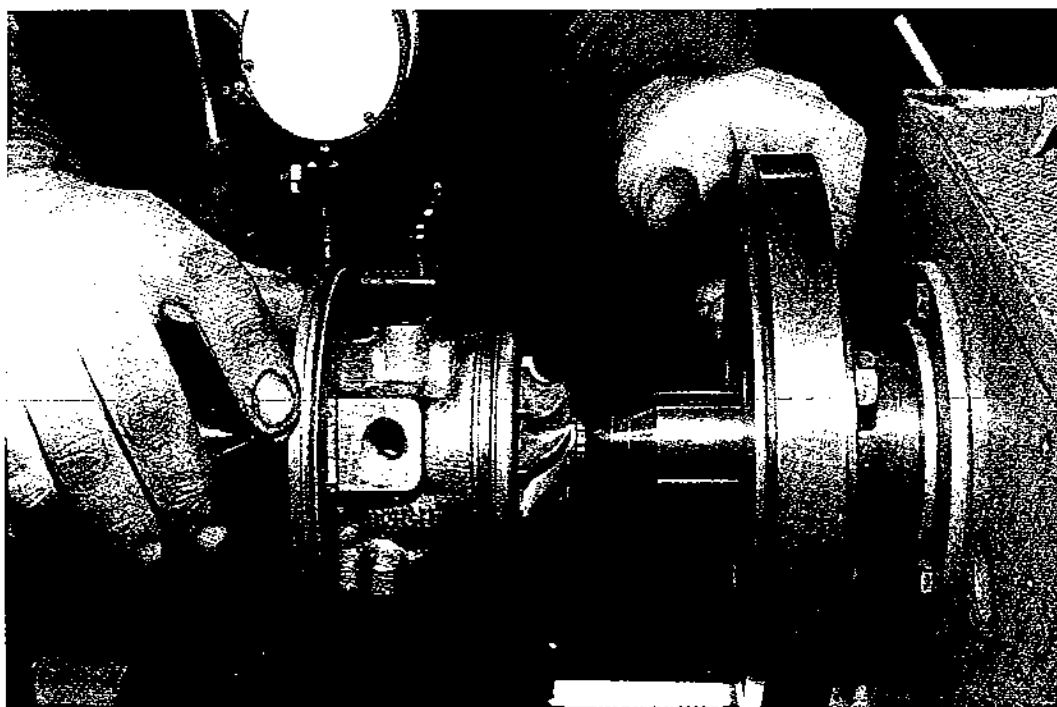
Σε αυτό το σημείο έχει τελειώσει η πρώτη φάση της συναρμολόγησης όπου έχει συναρμολογηθεί όλο το λεγόμενο καρτριζ. Δηλαδή το σώμα του στροβιλοσυμπιεστή μαζί με τον ροτορα αλλά και τα κουζινέτα θρος. Ακολουθεί το δεύτερη φάση της συναρμολόγησης η οποία είναι εξίσου σημαντική και χρειάζεται την ίδια σχετική προσοχή και λεπτομέρεια. Για την σωστή λειτουργία ολόκληρου του στροβιλοσυμπιεστή.

Στην δεύτερη φάση δένεται στον τόρνο και εφάπτεται η ακμή του μετρικού ωρολογίου . Περιστρέφεται ο άξονας σε χαμηλή ταχύτητα , κρατώντας το σώμα για μην περιστραφεί, τότε ο παλμός της βελόνας του ρολογιού δείχνει εκ νέου την εκκεντρότητα του άξονα στην περίπτωση που είχε στραβώσει κατά την διάρκεια του σφιξίματος στην πρώτη φάση.

Σε αυτό το σημείο σταματάει ο τόρνος και κινείται ακτινικά το καρτριζ κάθετα στον άξονά μέχρι το ρόλοι να δείξει τις ακτινικές ανοχές οι οποίες θα συγκριθούν με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Στην περίπτωση που δεν ταιριάζουν οι ανοχές κατά μεγάλο ποσοστό τότε το σφάλμα θα έγινε κατά την διαδικασία της πρώτης φάσης. Αν πάλι είναι ανύπαρχτες τότε δεν θα έγινε σωστά η αρχική μέτρηση.

Ύστερα μετατοπίζεται το ρόλοι μόνο που τώρα μετράει τις αξονικές ανοχές και γίνεται παράλληλα με τον άξονα του στροβιλοσυμπιεστή. Έτσι ελέγχεται η συναρμογή και η λειτουργικότητα του συνόλου.

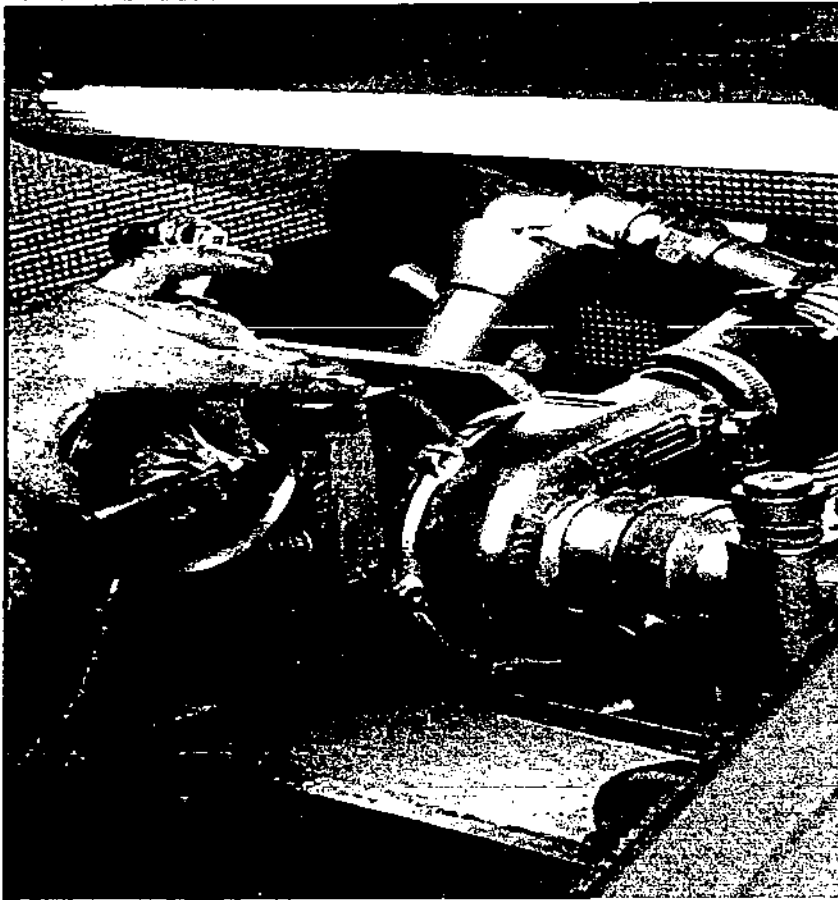


ΣΧΗΜΑ 52

Έλεγχος συνόλου

## 9.4 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗ

Με την βοήθεια του μηχανήματος V.S.R. ολοκληρώνεται η ζυγοστάθμιση. Πρόκειται για ένα μηχάνημα δυναμικής ζυγοστάθμισης του συναρμολογούμενου στροβιλοσυμπιεστή χωρίς τα κελύφη του. Ο στροβιλοσυμπιεστής πρέπει υποχρεωτικά να ζυγοσταθμισθεί στο συγκεκριμένο μηχάνημα για να είναι ολοκληρωτικός και ποιοτικός ο έλεγχος του. Διότι προσφέρει μεγάλη ακρίβεια περιστρέφοντας τον στροβιλοσυμπιεστή από 100.000 έως 200.000 rpm ανάλογα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και όπως προκύπτει από τα χαρακτηριστικά του, δηλαδή τη διάμετρο του άξονα και των φτερωτών. Επίσης παρέχει στον στροβιλοσυμπιεστή ειδικό λαδί , για την λίπανση και τον έλεγχο στεγανότητας του, στην προδιαγραφόμενη πίεση και παροχή. Παράλληλα παρέχει πεπιεσμένο αέρα στο μαντέμι , ο οποίος θέτει σε κίνηση τον ροτορα.



ΣΧΗΜΑ 53

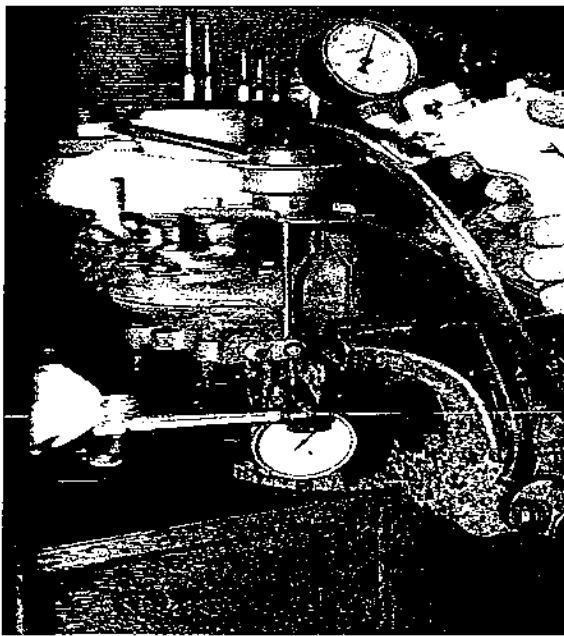
Ζυγοστάθμιση μέσα στο V.S.R.

Ειδικοί αισθητήρες μετρούν την ταχύτητα του αέρα και του ροτορα , την πίεση του λαδιού και του αέρα σε μαντέμι και αλουμίνιο και κυρίως τις ακτινικές επιταχύνσεις που προκαλούνται από την έλλειψη ζυγοστάθμισης. Αυτές μετριοούνται σε γραμμάρια , το μέγεθος που χρησιμοποιείται για την βαρύτιμη επιτάχυνση.

Το V.S.R. απεικονίζει γραφικά στην οθόνη του το διάγραμμα ζυγοστάθμισης του στροβιλοσυμπιεστή , σε όλη την κλίμακα των στροφών .

Στη συνέχεια ανατρέχοντας στην βάση δεδομένων του , συγκρίνει τα αποτελέσματα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και πληροφορεί τον χειρίστη πόσο αποζυγοσταθμιστός είναι ο Ρότορας και από ποιο σημείο στην περιφέρεια του αντίβαρου που πρέπει να αφαιρεθεί η συγκεκριμένη ποσότητα μετάλλου.

Οι εργοστασιακές προδιαγραφές συνήθως αποδέχονται επιταχύνσεις της τάξης των 2 ως 2,5 g στο μέγιστο ρυθμό περιστροφής και μεγαλύτερες τιμές στις ενδιάμεσες στροφές. Για μικρούς στροβιλοσυμπιεστές τα νούμερα αυτά είναι μεγαλύτερα καθώς είναι πολύ δύσκολη η ακριβείς ζυγοστάθμιση τους , λόγω των πολύ μικρών διαστάσεων τους , των πολύ λεπτών απαιτούμενων επεμβάσεων και του πολύ υψηλού ρυθμού περιστροφής τους που μπορεί να φτάσει τις 180.000 rpm.



ΣΧΗΜΑ 54

Το τελευταίο στάδιο είναι η τοποθέτηση των βοηθητικών σωληνώσεων , του μαντεμιού, του αλουμινίου και της ασφαλιστικής βαλβίδας εκφορτίσης ή αλλιώς το λεγόμενο wastage. Επειδή η συγκεκριμένη βαλβίδα είναι πολύ κρίσιμη για την λειτουργία και την αξιοπιστία του στροβιλοσυμπιεστή αλλά και του κινητήρα ελέγχεται σχολαστικά η λειτουργικότητά του.

Με την ειδική αντλία και το μετρικό ρολοι ελέγχεται η έκταση του άξονα ότι σε συγκεκριμένες πιέσεις και συγκρίνεται με τις ανάλογες προδιαγραφές. Στην περίπτωση που δεν συμπίπτουν θα πρέπει η βαλβίδα να αντικατασταθεί από μια καινούργια βαλβίδα.

Μόλις τελειώσουν και οι συγκεκριμένες ενεργείες ο στροβιλοσυμπιεστής είναι έτοιμος για να τοποθετηθεί στην θέση του για να ξαναλειτουργήσει.

## 9.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

Η συντήρηση του στροβιλοσυμπιεστή προσφέρει μια εξαιρετική ευκαιρία για βελτιωτικές παρεμβάσεις στο εσωτερικό της. Στόχος η αύξηση της αντοχής, τη αξιοπιστίας και της ροικής και ογκομετρικής –θερμοδυναμικής της απόδοσης.

Η αναβάθμιση ξεκινάει από το θρος το οποίο είναι ένα έδρανο- τριβέα που σταθεροποιεί αξονικά το ροτορα. Αυτό επιτυγχάνεται σε συνεργασία με το φλινγκερ το οποίο είναι ένας ειδικά διαμορφωμένος δακτύλιος που τοποθετείται στον άξονα.

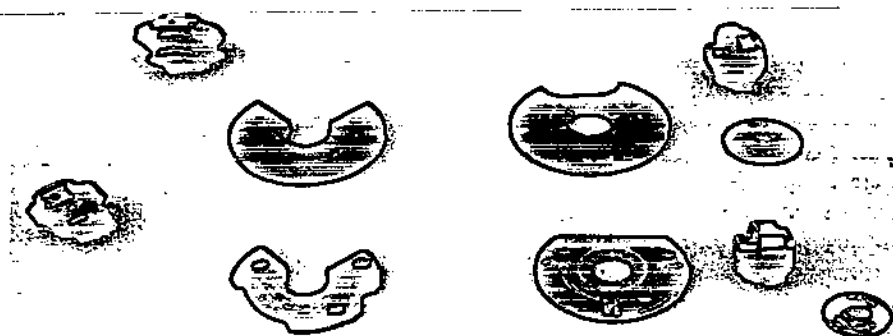
Το φλινγκερ περικλείει τις παράλληλες επιφάνειες τριβής του θρος και σταθεροποιείται πάνω τους, ώστε να μην μετατακινείται αξονικά ροτορας υπό την πίεση των καυσαερίων και του συμπιεσμένου αέρα. Όλες οι συγκεκριμένες ενέργειες γίνονται με την μεσολαβή του καλής ποιότητας λιπαντικού που αποτρέπει την απευθείας επαφή του φλινγκερ με το θρος. Αυτή η επαφή οδηγεί στην απότομη και πρόωρη φθορά τους, η οποία αν προχώρηση μπορεί να σημάνει ακόμη και ολική καταστροφή του στροβιλοσυμπιεστή, αν οι αξονικές ανοχές ξεπεράσουν τα όρια των προδιαγραφών.

Επιπλέον το φλινγκερ είναι το εξάρτημα που είναι αρμόδιο για την δυναμική στεγανοποίηση του λαδιού του στροβιλοσυμπιεστή, φέροντας τις ακτινικές οπές που φυγοκεντρίζουν το λαδί προτού φτάσει στα ελατήρια στεγανοποίησης.

## 9.6 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΘΡΟΣ

Η αναβάθμιση του θρος έγκειται στη τοποθέτηση ενός θρος 360 μοιρών. Τα εργοστασιακά θρος στους περισσότερους στροβιλοσυμπιεστες είναι ένα δίσκος από τον οποίο λείπει ένα εγκάρσια κομμένο τμήμα. Αυτό το κενό προσφέρει μεγάλη κατασκευαστική ευκολία και σημαντική μείωση του κόστους, επειδή διευκολύνει τη συναρμολόγηση και επιτρέπει τη χρήση μονοκόμματου φλινγκερ που ενσωματώνει και τις δυο επιφάνειες τριβής στο ίδιο εξάρτημα.

Ένα θρος 360 μοιρών δεν έχει κενό στην επιφάνεια του, η οποία αυτομάτως γίνεται μεγαλύτερη και υπόκειται σε μικρότερες καταπονήσεις, παρουσιάζοντας μεγαλύτερη αντοχή, μακροζωία και αξιοπιστία.



ΣΧΗΜΑ 55

Αναβαθμισμένα θρος 360 μοιρών

Η χρήση αναβαθμισμένου θρος επιτρέπει στο στροβιλοσυμπιεστή να λειτουργήσει αξιόπιστα σε μεγαλύτερους λόγους πίεσης , χωρίς τον κίνδυνο να υποχωρήσει το λιπαντικό και να έλθει σε άμεση επαφή με το φλινγκερ. Ακόμα και σε στάνταρ εφαρμογές το αναβαθμισμένο θρος αποτελεί μια επιπλέον εξασφάλιση της διάρκειας ζωής του στροβιλοσυμπιεστή και αξίζει την επένδυση, αφού οι ζημιές που προκαλεί η προχωρημένη φθορά του θρος γίνονται αντιληπτές εύκολα και άμεσα , ενώ η αποκατάσταση τους έχει συνήθως υψηλό κόστος.

Στους στροβιλοσυμπιεστες που από κατασκευής τους είναι εξοπλισμένα με θρος 360 μοιρών η αναβάθμιση έγκειται στη χρήση ειδικά σχεδιασμένου θρος και φλινγκερ , ώστε η επιφάνεια τριβής να είναι μεγαλύτερη .Οι διαμορφώσει λίπανσης στο σώμα του πρέπει να βελτιστοποιούν τη ροή του λιπαντικού και ευνοούν την διατήρηση του.

## 9.7 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Η διαδικασία αυτή καλείται cutback και reprofiling . Πρόκειται για αναδιαμορφώσεις του άξονα και ότι αλουμινίου αντίστοιχα για μεγαλύτερη και πιο απρόκοπη ροή των αέριων.

Στην πρώτη περίπτωση γίνεται μια αφαίρεση μετάλλου από τις άκρες των πτερύγιων της φτερωτής εξαγωγής στον άξονα του στροβιλοσυμπιεστή. Το μέγεθος της επέμβασης μετριέται σε μοίρες οι οποίες εκφράζουν τη γωνία που έχει το νέο επίπεδο που σχηματίζουν οι αναιαρμοφωμενες άκρες των πτερύγιων σε σχέση με το αρχικό .

Με το cutback αυξάνεται το διάκενο ανάμεσα στις άκρες των πτερύγιων , απ όπου περνούν τα καυσαέρια οδηγούμενα προς την έξοδο του μαντεμιού. Είναι απαραίτητη διαδικασία όταν θέλουμε να αυξήσουμε την ισχύ του στροβιλοσυμπιεστή.

Διότι η μεγαλύτερη ισχύς συνεπάγεται μεγαλύτερη ποσότητα παραγόμενων καισαρίων , δεδομένης της μεγαλύτερης ποσότητας καταναλισκόμενου καύσιμου μείγματος. Αν τα πτερύγια του στροβιλοσυμπιεστή εμπόδιζαν τη ροή των καυσαερίων, ο στροβιλοσυμπιεστής θα φρενάριζε όπως λέγεται και θα ανέβαινε η υποπίεσης με δυσμενείς έως καταστροφικές συνέπειες.



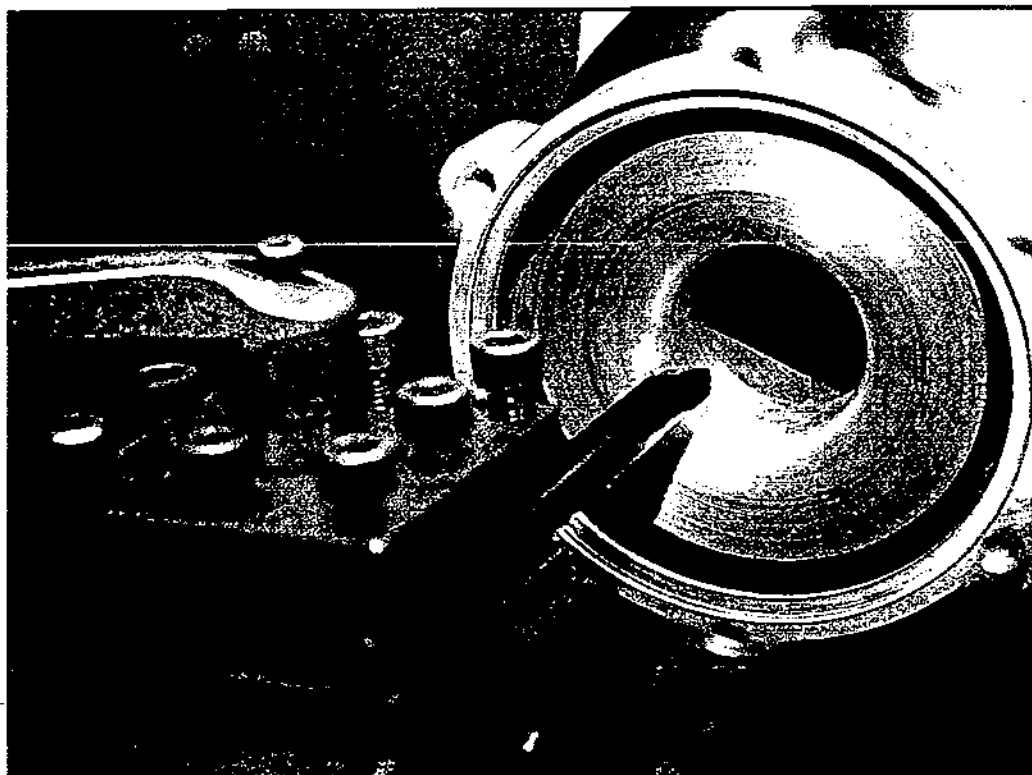
ΣΧΗΜΑ 56

Διαδικασία Cutback

Η διαδικασία reproofing είναι μια μηχανουργική κατεργασία του αλουμινίου ή του κελύφους συμπίεσης για την αναδιαμόρφωση του και της ροής του εισερχόμενου συμπιεσμένου αέρα. Επίσης βρίσκει εφαρμογή στους μεγάλους στροβιλοσυμπιεστές.

Σε αυτήν την διαδικασία διανοίγεται η είσοδο του αέρα στον διασπορέα. Σε πολλές περιπτώσεις το αλουμίνιο έχει αρκετό υλικό και προσφέρεται για εκτεταμένη αφαίρεση μετάλλου, ώστε ο στροβιλοσυμπιεστής να μπορεί να δεχθεί ένα μεγαλύτερο trim κομπρεσορας

Αυτή η αλλαγή είναι απλή στη διεκπαιρωση της, αλλά για να γίνει σωστά και για να αποδώσει με επιτυχία, πρέπει να τηρηθεί μια εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία. Κι αυτό διότι δεν αρκεί απλώς να τοποθετήσουμε έναν μεγαλύτερο συμπιεστή. Η σωστή επιλογή διάστασης και trim σε συνδυασμό με την σωστή επιλογή αλουμινίου θα προσφέρει άνετο και άμεσο στροφαρισμα του στροβιλοσυμπιεστή και θα διασφαλίσει την ικανοποίηση των απαιτήσεων για πίεση και ροή.



ΣΧΗΜΑ 57

Διαδικασία Reproofing

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

### 10.1 ΓΕΝΙΚΑ

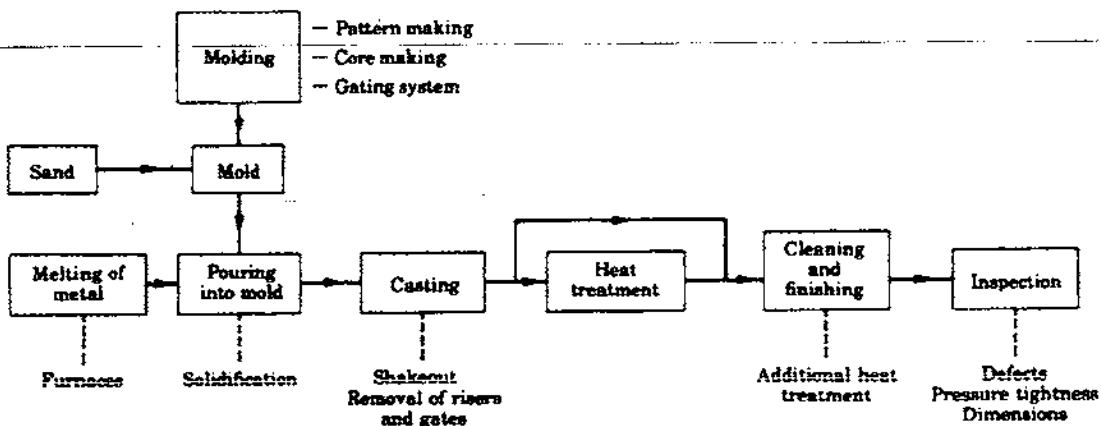
Όλα τα διαφορετικά κομμάτια χύτευσης για τα κατάλληλα μέρη των στροβιλοσυμπιεστών διαμορφώνονται μόνο μετά από την ειδική εντολή και πάντα εξαρτώνται από τον αριθμό των μερών που θα παραχθούν, στις συγκεκριμένες βαριές βιομηχανίες.

Έτσι, όλα τα καλύμματα των συμπιεστών και των στροβιλοσυμπιεστών, οι στρόφαλοι του στροβιλοσυμπιεστή και των συμπιεστών, οι άξονες (που συνδέονται με το στρόφαλο του στροβιλοσυμπιεστή) και τα κεντρικά καλύμματα κάθε πρότυπου μοντέλου στροβιλοσυμπιεστών, κατασκευάζονται από τις βαριές βιομηχανίες.

Η διαδικασία χύτευσης σε άμμο δημιουργεί το καλούπι για το κάλυμμα του στροβιλοσυμπιεστή, των συμπιεστών και των ρουλεμάν. Η διαδικασία χύτευσης σε άμμο υπό πίεση δημιουργεί το στρόφαλο του στροβιλοσυμπιεστή, οι άξονες δημιουργούνται με την διαδικασία της σφυρηλάτησης, και η διαδικασία χύτευσης σε γύψινο καλούπι σχηματίζει τους στρόφαλους των συμπιεστών.

### 10.2 ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΕ ΑΜΜΟ

Όπως αναφερθήκαμε προηγουμένως, η διαδικασία χύτευσης σε άμμο παράγει τα καλύμματα των στροβιλοσυμπιεστών, συμπιεστών και ρουλεμάν. Η παραδοσιακή μέθοδος χύτευσης μετάλλων βρίσκεται στα καλούπια από άμμο και έχει χρησιμοποιηθεί για χιλιετίες. Απλά διατυπωμένα, η χύτευση σε άμμο ακολουθεί την εξής διαδικασία. Τοποθέτηση ενός μοντέλου (έχοντας τη μορφή της επιθυμητής χύτευσης) στην άμμο για να δημιουργηθεί μια σφραγίδα, συνοδευόμενο από ένα σύστημα εκροής που γεμίζει την προκύπτουσα κοιλότητα με το λειωμένο μέταλλο, επιτρέποντας το μέταλλο να κρυώσει και εφόσον σταθεροποιεί γίνεται η αφαίρεση του καλουπιού από άμμο. Αν και η προέλευση της χύτευσης σε άμμο αναφέρεται στους αρχαίους χρόνους, είναι ακόμα η επικρατέστερη μορφή χύτευσης. Μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες περίπου 15 εκατομμύρια τόνοι μετάλλου μορφοποιούνται μ' αυτό τον τρόπο κάθε χρόνο.



ΣΧΗΜΑ 57

Στάδια παραγωγής μιας τυπικής διαδικασίας χύτευσης



### 10.3 ΑΜΜΟΣ

Οι περισσότερες διαδικασίες χύτευσης σε άμμο χρησιμοποιούν την άμμο πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ). Η άμμος είναι το προϊόν της αποσύνθεσης των βράχων κατά τη διάρκεια της εξαιρετικά μακράς χρονικής περιόδου. Είναι ανέξοδο και είναι κατάλληλο ως υλικό καλουπιού λόγω της αντίστασής του στις υψηλές θερμοκρασίες. Υπάρχουν δύο γενικοί τύποι άμμου: φυσική άμμος και συνθετική άμμος. Επειδή η σύνθεσή της μπορεί να ελεγχθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια, τα περισσότερα χυτήρια προτιμούν τη συνθετική άμμο. Διάφοροι παράγοντες είναι σημαντικοί στην επιλογή της άμμου για την δημιουργία καλουπιού. Η άμμος που έχει λεπτούς, στρόγγυλους κόκκους μπορεί να συμπυκνωθεί πολύ και διαμορφώνει μια ομαλή επιφάνεια καλουπιού. Η καλή διαπερατότητα των καλουπιών και των πυρήνων επιτρέπει στα αέρια και τον ατμό που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της χύτευσης να διαφύγουν εύκολα. Το καλούπι πρέπει να έχει καλό επίπεδο συρρίκνωσης (το καλούπι συρρικνώνεται με την ψύξη) για να αποφεύγονται οι ατέλειες, όπως το ράγισμα.

Η επιλογή της άμμου περιλαμβάνει ορισμένες ιδιαιτερότητες όσον αφορά τις ιδιότητες της. Για παράδειγμα, η λεπτόκοκκη άμμος ενισχύει τη δύναμη του καλουπιού, αλλά μειώνει το επίπεδο διαπερατότητας του καλουπιού. Η άμμος ρυθμίζεται χαρακτηριστικά πριν από τη χρήση. Οι μηχανές ζεστάματος χρησιμοποιούνται για να θερμάνουν ομοιόμορφα την άμμο με τις πρόσθετες ουσίες. Ο άργιλος (κολλοειδής πηλός) χρησιμοποιείται ως συστατικό για να συνδέσει τα μόρια της άμμου, ώστε να δώσουν δύναμη στην άμμο. Άμμος με ορυκτό ολιβίνης ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) και πυριτικά άλατα σιδήρου ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) χρησιμοποιείται συχνά στα χυτήρια χάλυβα λόγω της χαμηλής θερμική τους επέκτασή.

### 10.4 ΠΡΟΤΥΠΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Τα πρότυπα μοντέλα χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν το μίγμα άμμου στην απαιτούμενη μορφή χύτευσης. Μπορεί να είναι σχηματισμένα από ξύλο, πλαστικό, μέταλλο. Η επιλογή ενός υλικού για το προτυπο μοντέλο εξαρτάται από το μέγεθος και τη μορφή της χύτευσης, την ακρίβεια στις διαστάσεις, την ποσότητας χύτευσης που απαιτείται, και την διαδικασία καλουπιού που θα χρησιμοποιηθεί (πίνακας 1). Επειδή τα προτυπα μοντέλα χρησιμοποιούνται επανειλημμένα για να σχηματίσουν το καλούπι, η δύναμη και η διάρκεια του υλικού που επιλέγεται για τα μοντέλα πρέπει να ανταποκρίνονται στον αριθμό των καλουπιών που παράγονται στην χύτευση. Μπορούν να αποτελούνται από έναν συνδυασμό υλικών για να μειώσουν την ένδυση στις κρίσιμες περιοχές. Τα προτυπα μοντέλα είναι συνήθως επικαλυμμένα με έναν συστατικό που διευκολύνει την αφαίρεσή τους από τα καλούπια.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Χαρακτηριστικά των υλικών των πρότυπων μοντέλων.**

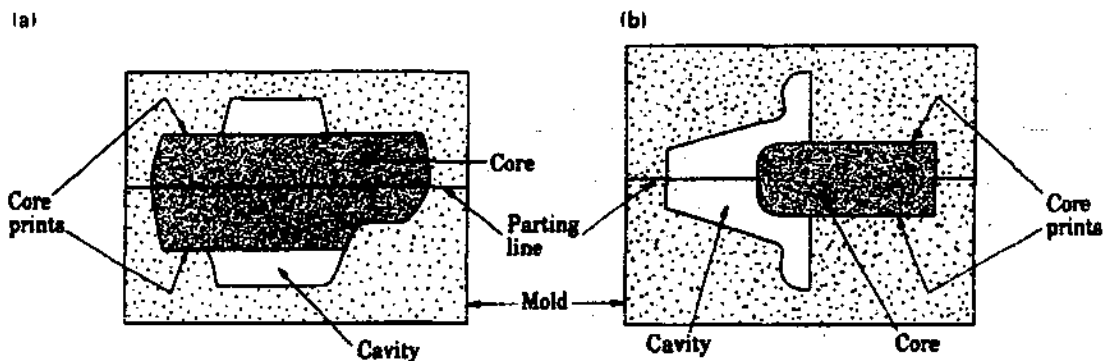
| Χαρακτηριστικά        | Ξύλο | Αργίλιο | Χάλυβας | Γλαστικό | Χυτοσίδηρος |
|-----------------------|------|---------|---------|----------|-------------|
| Κατασκευασιμότητα     | E    | G       | F       | G        | G           |
| Αντοχή                | P    | G       | E       | F        | E           |
| Δύναμη                | F    | G       | E       | G        | G           |
| Βάρος                 | E    | G       | P       | G        | P           |
| Επιδιόρθωση           | E    | P       | G       | F        | G           |
| Αντίσταση σε:         |      |         |         |          |             |
| Διάβρωση <sup>ο</sup> | E    | E       | P       | E        | P           |
| Διόγκωση <sup>ς</sup> | P    | E       | E       | E        | E           |

E = άριστη, G = καλή, F = αρκετή, P = φτωχή.

**10.5 ΠΥΡΗΝΕΣ**

Για την χύτευση με εσωτερικές κοιλότητες ή τις μεταβάσεις, χρησιμοποιούνται πυρήνες. Οι πυρήνες τοποθετούνται στην κοιλότητα των καλουπιών πριν να δημιουργηθεί η εσωτερική επιφάνεια με την χύτευση και αφαιρούνται από το τελικό κομμάτι κατά τη διάρκεια της περαιτέρω επεξεργασίας. Όπως τα καλούπια έτσι και οι πυρήνες πρέπει να χαρακτηρίζονται από τη δύναμη, τη διαπερατότητα, τη δυνατότητα αντίστασης στην θερμότητα, και την συμπικνότητα.

Ο πυρήνας δένεται από τις αποτυπώσεις πυρήνων. Αυτές είναι κοιλότητες που προστίθενται στο πρότυπο μοντέλο για να υποστηρίξουν τον πυρήνα και για να παρέχουν διεξόδους για τη διαφυγή των αερίων. Ένα κοινό πρόβλημα με τους πυρήνες είναι ότι για ορισμένες απαιτήσεις χύτευσης, όπως στην περίπτωση όπου μια κοιλότητα απαιτείται, μπορεί να υστερούν σε ικανοποιητική δομική υποστήριξη στην κοιλότητα. Για να κρατηθεί ο πυρήνας από τη μετατόπιση, υποστηρίξεις μετάλλων, γνωστές ως στεφάνια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δέσουν τον πυρήνα σε σταθερό σημείο.



**ΣΧΗΜΑ 58**

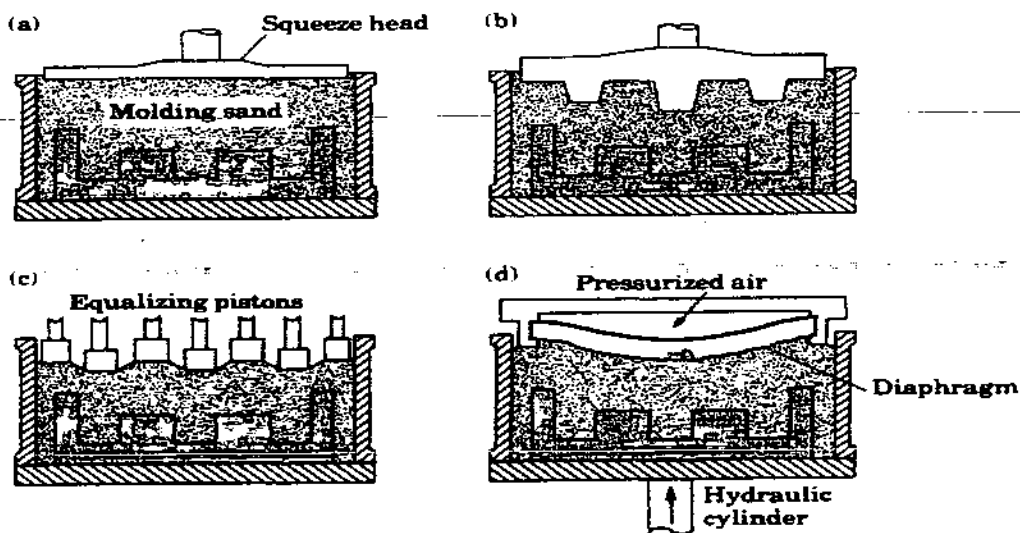
**Παράδειγμα πυρήνων σε άμμο στερεωμένοι από τις αποτυπώσεις πυρήνων.**

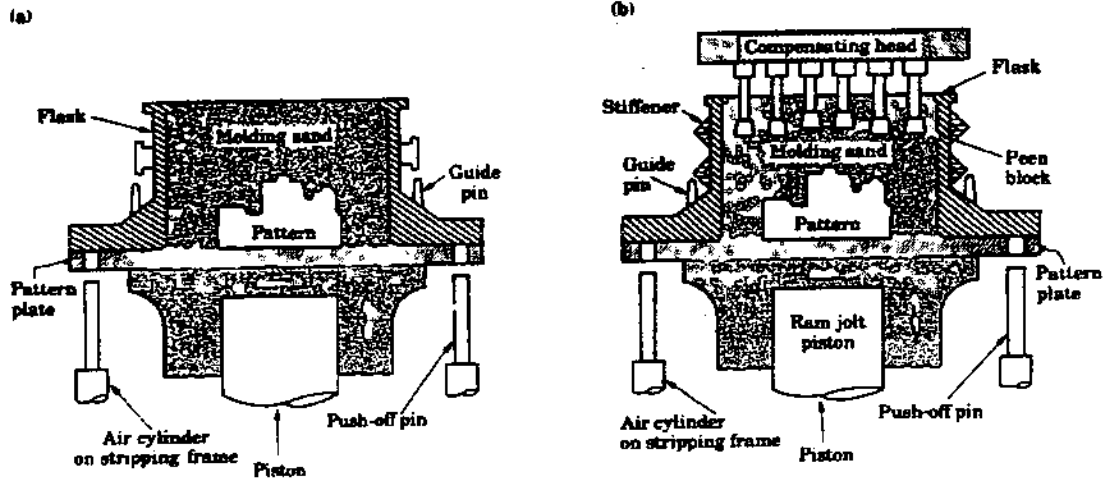
Οι πυρήνες γίνονται γενικά κατά τρόπο παρόμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται στην παραγωγή καλουπιών. Οι πυρήνες διαμορφώνονται στις θήκες πυρήνων, για τις οποίες χρησιμοποιούνται προτυπα μοντέλα όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για να διαμορφώσουν τα καλούπια άμμου. Η άμμος μπορεί να συμπιεστεί μέσα στην θήκη με φύσημα από συμπιεσμένο αέρα από τις φυσούνες πυρήνων. Οι φυσούνες πυρήνων έχουν το πλεονεκτήματα να σχηματίζουν ομοιόμορφους πυρήνες και να λειτουργούν σε ένα πολύ υψηλό ρυθμό παραγωγής.

## 10.6 ΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΣΕ ΑΜΜΟ

Η παλαιότερη γνωστή μέθοδος καλουπιού, που χρησιμοποιείται ακόμα, για τις απλές διαδικασίες χύτευσης, είναι η συμπίεση της άμμου με τα χέρια γύρω από το πρότυπο μοντέλο. Για τις περισσότερες διαδικασίες όμως το μίγμα άμμου συμπιέζεται γύρω από το μοντέλο από τις μηχανές καλουπιού. Αυτές οι μηχανές εξαλείφουν τη σκληρή εργασία, προσφέρουν υψηλή ποιότητας χύτευσης βελτιώνοντας την εφαρμογή και την κατανομή των δυνάμεων, χειρίζονται το καλούπι με ένα προσεκτικό ελεγχόμενο τρόπο, και αυξάνουν το ποσοστό παραγωγής.

Το ταρακούνημα της συναρμολόγησης μπορεί να βοηθήσει περαιτέρω το μηχανισμό της διαδικασίας καλουπιού. Το δοχείο, το καλούπι άμμου, και το πρότυπο μοντέλο τοποθετούνται σε μία πλάκα στερεωμένο σε ένα αμόνι, το οποίο ταρακουνιέται προς τα πάνω από την πίεση αέρα σε γρήγορα διαστήματα σχημα 59. Οι δυνάμεις αδράνειας συμπυκνώνουν την άμμο γύρω από το μοντέλο. Το ταρακούνημα παράγει την υψηλότερη συμπύκνωση στην οριζόντια διαχωριστική γραμμή, ενώ στη συμπίεση, η συμπύκνωση είναι η υψηλότερη με την κεφαλή συμπίεσης σχημα 60. Κατά συνέπεια η πιο ομοιόμορφη συμπύκνωση μπορεί να ληφθεί με το συνδυασμό και των δύο διαδικασιών σχημα 61

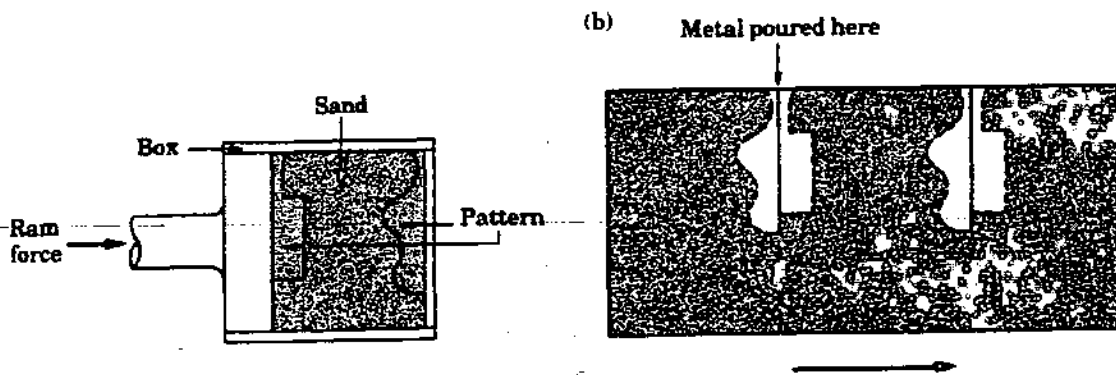




ΣΧΗΜΑ 60

- (α) Σχηματική απεικόνιση μιας μηχανής σχηματισμού καλουπιού με ταρακούνημα,  
 (β) Σχηματική απεικόνιση μιας σχηματισμού καλουπιού που συνδυάζει το ταρακούνημα και τη συμπίεση.

Στην περίπτωση κάθετου σχηματισμού καλουπιού χωρίς δοχείο τα κομμάτια του μοντέλου σχηματίζουν ένα κάθετο θάλαμο ο οποίος γεμίζει με άμμο που συμπυκνώνεται σχήμα 61. Κατόπιν τα κομμάτια του καλουπιού συμπιέζονται οριζόντια, με τη διαχωριστική γραμμή προσανατολισμένη κάθετα και κινούνται κατά μήκος ενός ιμάντα εγχύσεως. Αυτή η λειτουργία είναι απλή και εξαλείφει την χρήση δοχείου, καθιστώντας τους ρυθμούς παραγωγής πολύ υψηλούς, ιδιαίτερα όταν άλλες πτυχές της λειτουργίας όπως η εκπυρήνωση και η έκχυση αυτοματοποιούνται.



ΣΧΗΜΑ 61 . Διαδικασία σχηματισμού καλουπιού κάθετης μορφής χωρίς στηρίγματα

- (α) άμμος συμπιέζεται μεταξύ των δύο μισών κομματιών του μοντέλου,  
 (β) τα συναρμολογημένα καλούπια περνούν από μια γραμμή συναρμολόγησης εγχύσεως.

Ο εκτοξευτής άμμου γεμίζει το δοχείο ομοιόμορφα με την άμμο κάτω από ένα ρεύμα υψηλής πίεσης. Οι εκτοξευτές χρησιμοποιούνται για να γεμίσουν τα μεγάλα δοχεία και χειρίζονται από μηχανές. Ένα στροφέιο της μηχανής ρίχνει την άμμο από με ταχύτητες τόσο υψηλές που όχι μόνο τοποθετεί την άμμο αλλά και την συμπιέζει κατάλληλα.

Στην περίπτωση καλουπιού με σύγκρουση, η άμμος συμπιέζεται από την ελεγχόμενη έκρηξη ή την στιγμιαία απελευθέρωση των συμπιεσμένων αερίων. Αυτή η μέθοδος παράγει καλούπια με ομοιόμορφη δύναμη και καλή διαπερατότητα.

Στην περίπτωση καλουπιού στο κενό, το μοντέλο καλύπτεται σφιχτά από ένα λεπτό φύλλο πλαστικού. Ένα δοχείο τοποθετείται πάνω από το καλυμμένο μοντέλο το οποίο γεμίζει με ξηρή άμμο. Ένα δεύτερο φύλλο πλαστικού τοποθετείται πάνω από την άμμο, και μια κενή δράση σκληραίνει την άμμο έτσι ώστε το μοντέλο μπορεί να αποσυρθεί. Και τα δύο μισά του κομματιού γίνονται με αυτόν τον τρόπο και έπειτα συναρμολογούνται. Κατά τη διάρκεια της έκχυσης, το καλούπι παραμένει κάτω από ένα κενό αλλά η κοιλότητα χύτευσης όχι. Όταν το μέταλλο σταθεροποιηθεί, το κενό παύει να ισχύει και η άμμος απομακρύνεται, απελευθερώνοντας τη χύτευση. Η διαδικασία καλουπιού στο κενό δημιουργεί χύτευση με πολύ καλή ακρίβεια και λεπτομέρεια. Ιδιαίτερα είναι κατάλληλη για μεγάλες και σχετικά επίπεδες μορφές χύτευσης.

## **10.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΣΕ ΑΜΜΟ**

Αφότου έχει διαμορφωθεί το καλούπι και οι πυρήνες έχουν τοποθετηθεί στη θέση που απαιτείται, τα δύο μισά κομμάτια του καλουπιού κλείνουν και στερεώνονται καλά ώστε να αποφευχθεί ο διαχωρισμός της τομής του καλουπιού κάτω από την πίεση που θα ασκηθεί όταν το λειωμένο μέταλλο εκχυθεί στη κοιλότητα του καλουπιού.

Ο σχεδιασμός του συστήματος εισαγωγής είναι σημαντικός για την κατάλληλη παράδοση του λειωμένου μετάλλου στην κοιλότητα του καλουπιού. Η αναταραχή πρέπει να είναι ελάχιστη, ο αέρας και τα αέρια πρέπει να απελευθερώνονται με τέτοια μέσα όπως οι εξαγωγοί, και κατάλληλες κλίσεις θερμοκρασίας πρέπει να καθιερωθούν και να διατηρηθούν με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιήσουν τη διακένωση και την δημιουργία πόρων. Ο σχεδιασμός του ανυψωτή είναι επίσης σημαντικός προκειμένου να εφαρμοστεί το απαραίτητο λειωμένο μέταλλο κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης της χύτευσης. Μια πλήρης σειρά διαδικασιών σχετικά με την χύτευση με άμμο παρουσιάζεται στο σχήμα 62

Μετά από τη στερεοποίηση, το προϊόν χύτευσης τινάζεται από το καλούπι και τα στρώματα άμμου και οξειδίων που παραμένουν στο προϊόν χύτευσης αφαιρούνται με δόνηση (χρησιμοποιώντας έναν βομβητή) ή με αμμοβολή. Οι σιδηρούχες χυτεύσεις καθαρίζονται επίσης με αμμοβολή. Επίσης τα προϊόντα χύτευσης μπορούν να καθαριστούν με ηλεκτροχημικά μέσα ή με την επάλειψη χημικών ουσιών για να αφαιρεθούν τα οξείδια από την επιφάνεια.

Η επιφάνεια των κομματιών χύτευσης είναι σημαντική για τις επόμενες διαδικασίες κατεργασίας, επειδή η Κατασκευασιμότητα μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά εάν τα κομμάτια χύτευσης δεν καθαρίζονται κατάλληλα και σωματίδια άμμου παραμένουν στην επιφάνεια τους.

Εάν κάποιες περιοχές του προϊόντος χύτευσης δεν έχουν διαμορφωθεί κατάλληλα ή έχουν διαμορφωθεί ημιτελώς, οι ατέλειες μπορούν να επισκευαστούν με την συγκόλληση συμπληρώνοντας μέταλλο συγκόλλησης. Τα κομμάτια που παράγονται με την διαδικασία χύτευσης σε άμμο έχουν γενικά τραχιές επιφάνειες από τους κόκκους άμμου, αν και αυτό εξαρτάται από την ποιότητα του καλουπιού και του υλικού που χρησιμοποιήθηκε.

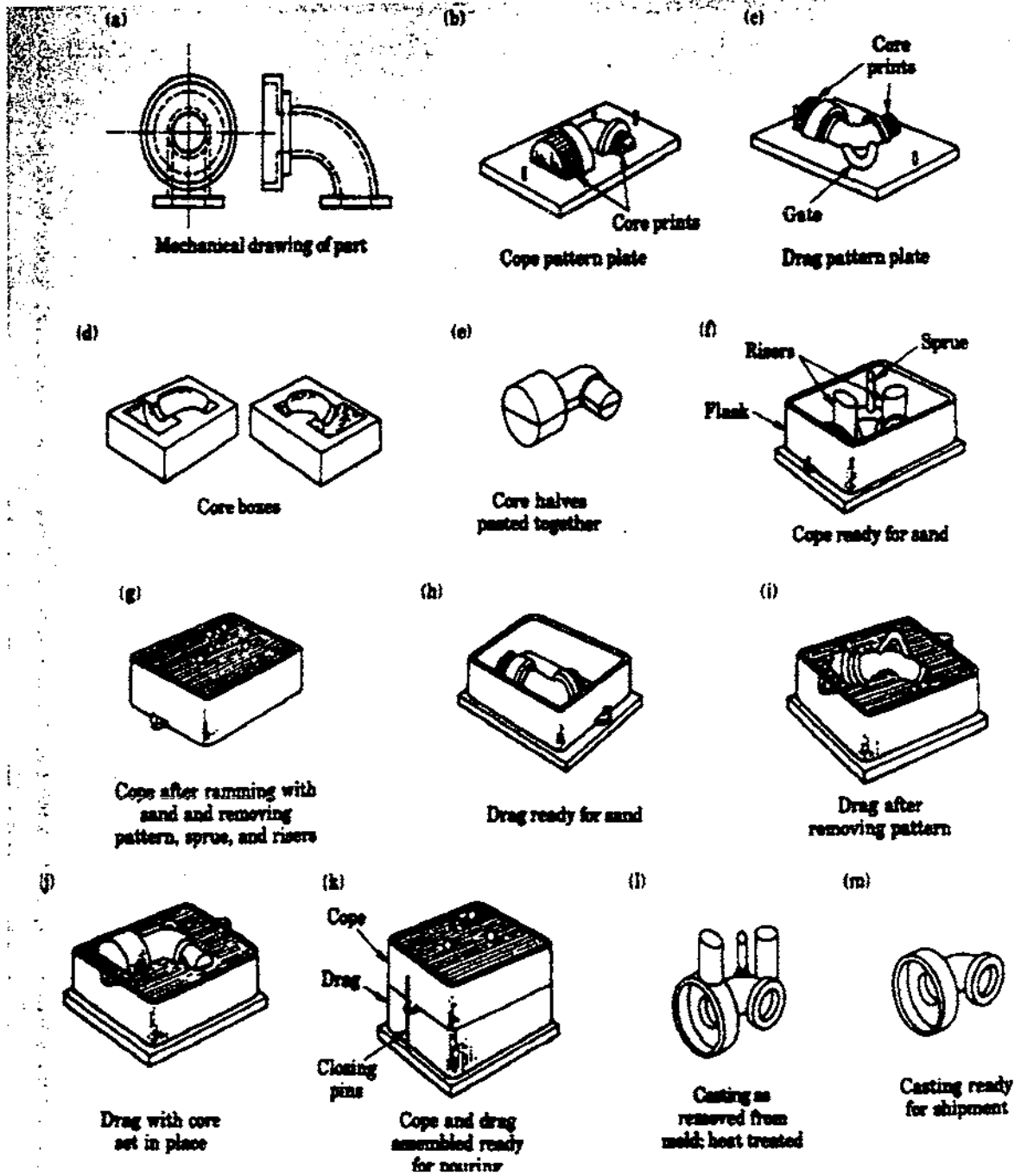
Ανάλογα με το μέταλλο που χρησιμοποιείται, το κομμάτι χύτευσης μπορεί στη συνέχεια να επεξεργαστεί με θερμότητα για να βελτιώσει ορισμένες ιδιότητες που απαιτούνται για την συγκεκριμένες χρήσεις. Αυτές οι διαδικασίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τις χυτεύσεις σε χάλυβα. Οι διαδικασίες τελειώματος μπορεί να περιλαμβάνουν την σφυρηλάτηση για να πάρει το κομμάτι τις τελικές του διαστάσεις, και την κατεργασία. Ατέλειες στην επιφάνεια δεύτερης σημασίας μπορούν επίσης να καλυφθούν με συγκολληθεί μέταλλο και ειδικά στα κομμάτια που είναι δύσκολο να ενωθούν στενά. Η επιθεώρηση είναι ένα σημαντικό τελικό βήμα και πραγματοποιείται για να εξασφαλίσει ότι η χύτευση καλύπτει όλες τις απαιτήσεις σχεδιασμού και ποιοτικού ελέγχου.

Σχεδόν όλα τα εμπορικά χρησιμοποιημένα μέταλλα μπορούν να χυτευθούν σε άμμο. Η απόκτηση της τελικής επιφάνειας είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μια λειτουργία των υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του καλουπιού. Η ακρίβεια στις διαστάσεις δεν είναι τόσο καλή όσο αυτή άλλων μορφών χύτευσης. Εντούτοις, περίπλοκα σχήματα μπορούν να παραχθούν με την διαδικασία χύτευσης σε άμμο, όπως κεφαλές μηχανών από χυτοσίδηρο και πολύ μεγάλες προπέλες για τα υπερωκεάνια. Η χύτευση σε άμμο μπορεί να είναι οικονομική για μια σχετικά μικρή παραγωγή και οι δαπάνες εξοπλισμού είναι γενικά χαμηλές. Τα χαρακτηριστικά της χύτευσης σε άμμο όπως και άλλων τύπων χύτευσης δίνονται στον πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Γενικά χαρακτηριστικά τύπων χύτευσης

| Process            | Typical<br>Materials<br>Cast   | Weight (kg) |          | Typical<br>Surface<br>Finish<br>(μm, R <sub>a</sub> ) | Porosity* | Steps<br>Complexity* | Dimensional<br>Accuracy* | Section Thickness (mm) |          |
|--------------------|--------------------------------|-------------|----------|---|-----------|----------------------|--------------------------|------------------------|----------|
|                    |                                | Minimum     | Maximum  |   |           |                      |                          | Minimum                | Maximum  |
| Sand               | All                            | 0.05        | No limit | 5-25  | 4         | 1-2                  | 3                        | 3                      | No limit |
| Shell              | All                            | 0.05        | 100+     | 1-3   | 4         | 2-3                  | 2                        | 2                      | —        |
| Expandable pattern | All                            | 0.05        | No limit | 5-20  | 4         | 1                    | 2                        | 2                      | No limit |
| Plaster            | Nonferrous<br>(Al, Mg, Zn, Cu) | 0.05        | 50+      | 1-2   | 3         | 1-2                  | 2                        | 1                      | —        |
| Investment         | All<br>(High melting pt.)      | 0.005       | 100+     | 1-3   | 3         | 1                    | 1                        | 1                      | 75       |
| Permanent mold     | All                            | 0.5         | 300      | 2-3   | 2-3       | 3-4                  | 1                        | 2                      | 50       |
| Die                | Nonferrous<br>(Al, Mg, Zn, Cu) | <0.05       | 50       | 1-2   | 1-2       | 3-4                  | 1                        | 0.5                    | 12       |
| Centrifugal        | All                            | —           | 5000+    | 2-10  | 1-2       | 3-4                  | 3                        | 2                      | 100      |



ΣΧΗΜΑ 62

Σχηματική απεικόνιση μιας σειράς διαδικασιών της χύτευσης

## 10.8 ΡΙΨΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Η διαδικασία ρίψης επένδυσης, χρησιμοποιήθηκε αρχικά κατά τη διάρκεια της περιόδου 4000-3000 .Οι ακολουθίες που περιλαμβάνονται στη ρίψη επένδυσης παρουσιάζονται στο σχήμα 63. Το σχέδιο γίνεται με την έγχυση του λειωμένου κεριού ή του πλαστικού σε έναν κύβο μετάλλων με μορφή του σχεδίου.

Το σχέδιο βυθίζεται πρώτα στο αιθυλικό πήκτωμα πυριτικών αλάτων και έπειτα σε ένα ρευστοποιημένο κρεβάτι του λεπτόκοκκου λειωμένου πυριτίου . Το σχέδιο βυθίζεται έπειτα στο χονδροειδής-κοκκιώδες πυρίτιο για να ενισχύσει τα πρόσθετα επιστρώματα και το πάχος για να αντισταθεί το θερμικό κλονισμό της έκχυσης.

Ο όρος επένδυση προέρχεται από το γεγονός ότι το σχέδιο επενδύεται με το πυρίμαχο υλικό. Τα σχέδια κεριών απαιτούν τον προσεκτικό χειρισμό επειδή δεν είναι αρκετά ισχυρά να αντισταθούν στις δυνάμεις που περιλαμβάνονται κατά τη διάρκεια της παραγωγής φορμών. Εντούτοις, αντίθετα από τα πλαστικά σχέδια, το κεριό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

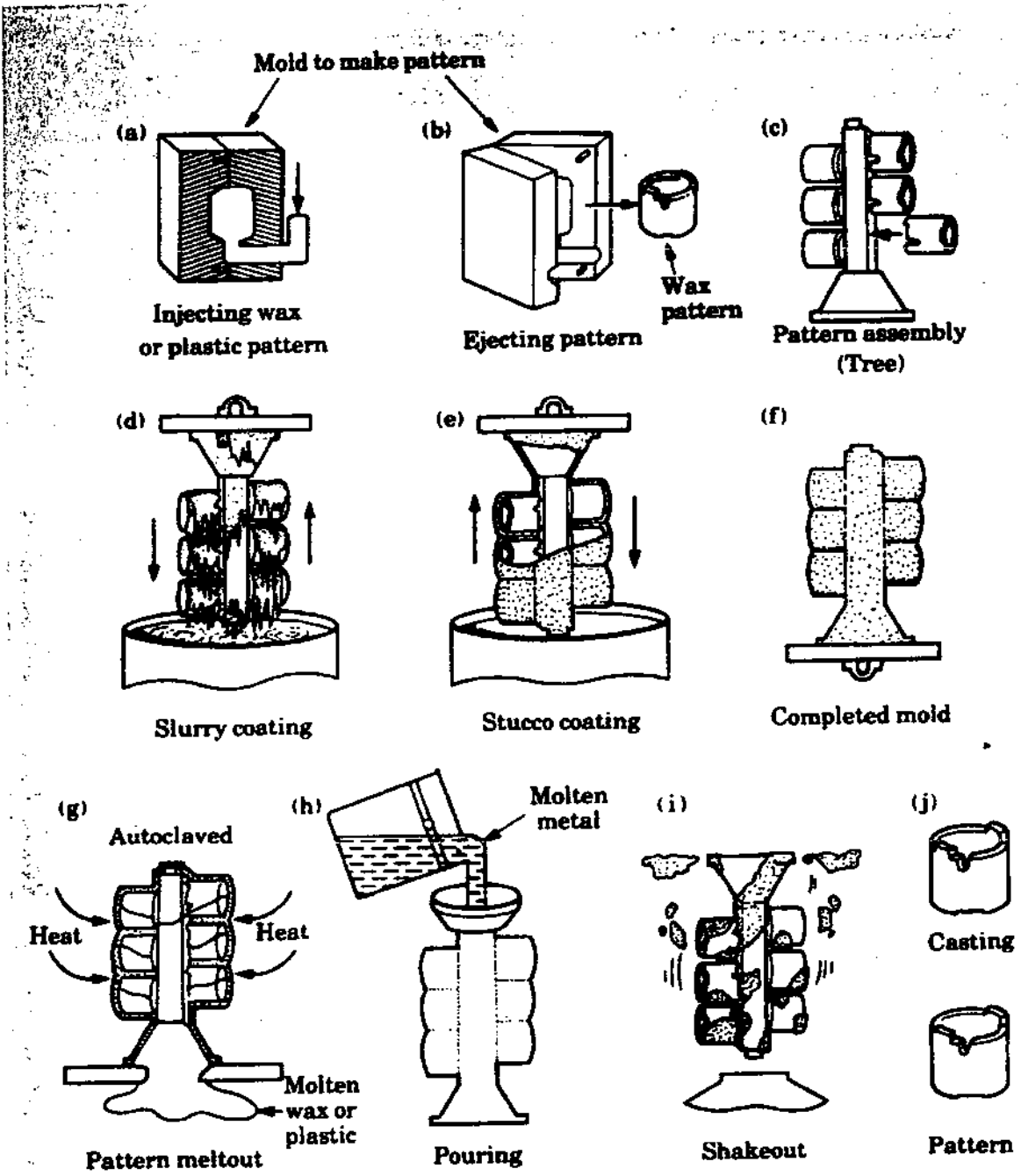
Η φόρμα είναι ξηρη στον αέρα και θερμαίνεται σε μια θερμοκρασία 90-175 βαθμών Κελσίου σε μια θέση ώστε να λειώσει έξω το κεριό για περίπου 12 ώρες. Στη φόρμα βάζετε φωτιά έπειτα σε 650-1050 βαθμούς Κελσίου για περίπου 4 ώρες, ανάλογα με το μέταλλο που πετιέται, για να διώξει το ύδωρ της κρυστάλλωσης (χημικά συνδυασμένο ύδωρ). Αφότου έχει χυθεί η φόρμα και το μέταλλο έχει σταθεροποιήσει, η φόρμα χωρίζεται και η ρίψη αφαιρείται. Διάφορα σχέδια μπορούν να ενωθούν για να κάνουν μια φόρμα, αποκαλούμενη δέντρο που αυξάνει έτσι το ποσοστό παραγωγής.

Αν και η εργασία είναι δαπανηρή σε χρόνο είναι κατάλληλη για τα κράματα. Κατά συνέπεια ελάχιστες ή καμία από τις διαδικασίες λήξης απαιτούνται, οι οποίες ειδάλλως θα πρόσθεταν σημαντικά στο συνολικό κόστος της ρίψης.

Τα εξαρτήματα ζυγίζουν από 1 γραμμάριο έως 35 κιλά , από μια ευρεία ποικιλία των σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων. Επίσης είναι οικονομική και χρησιμοποιείται εκτενώς για τη ρίψη ακρίβειας των χαλύβων και των υψηλής θερμοκρασίας κραμάτων.

Εάν οι κεραμικοί πυρήνες χρησιμοποιούνται στη ρίψη, αφαιρούνται με τη διύλιση .Το λειωμένο μέταλλο μπορεί να χυθεί σε ένα κενό στο απόσπασμα που εξελίσσεται με αέρια και μειώνει την οξειδωση, βελτιώνοντας κατά συνέπεια την ποιότητα της ρίψης. Για να μειώσουν περαιτέρω το microporosity, η ρίψη που γίνονται από αυτό και άλλες διαδικασίες υποβάλλονται σε καυτή ισοστατική συμπίεση.





ΣΧΗΜΑ 63.

Σχηματική απεικόνιση της ρίψης επένδυσης

## 10.9 ΑΞΟΝΑΣ

Η διαδικασία κατασκευής για τον άξονα του στροβιλοσυμπιεστή, είναι το ανοικτό κρύο σφυρηλατημένο κομμάτι κύβων. Το σφυρηλατημένο κομμάτι γίνεται με ελεγχόμενη, πλαστική παραμόρφωση ή εργασία των μετάλλων στις προκαθορισμένες μορφές με τη βοήθεια των χτυπημάτων πίεσης ή αντίκτυπου, ή ένας συνδυασμός και τα δύο. Το σφυρηλατημένο κομμάτι βελτιώνει την ποιότητα του μετάλλου, καθαρίζει τη δομή σιταριού και αυξάνει τη δύναμη και την ανθεκτικότητα. Το σφυρηλατημένο κομμάτι μπορεί να προσφέρει τα αποφασιστικά πλεονεκτήματα δαπανών όπως αυξημένη παραγωγή. Τα σφυρηλατημένα μέρη είναι γενικά καθαρές μορφές, κάνοντας την καλύτερη χρήση του υλικού, λιγότερη επεξεργασία στη μηχανή και λιγότερο χρόνο εργασίας.

Το κρύο σφυρηλατημένο κομμάτι καλύπτει πολλές διαδικασίες - κάμψη, κρύο σχέδιο, εξωθήσεις και περισσότερο, για να παραγάγει μια διαφορετική σειρά των μορφών μερών. Η θερμοκρασία των μετάλλων που είναι κρύα σφυρηλατημένα μπορεί να κυμανθεί από τη θερμοκρασία δωματίου για αρκετούς βαθμούς.

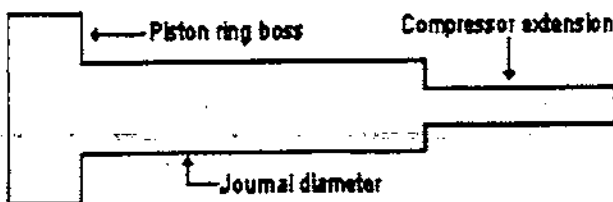
Υπάρχουν 4 στάδια για την εφαρμογή αυτής της διαδικασίας και αναφέρονται παρακάτω:

### Στάδιο 1



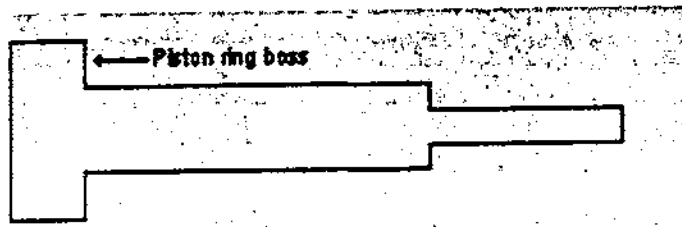
Το υλικό τροφοδοτείται τη μηχανή από μια σπείρα και καλλιεργείται στο μήκος.

### Στάδιο 2



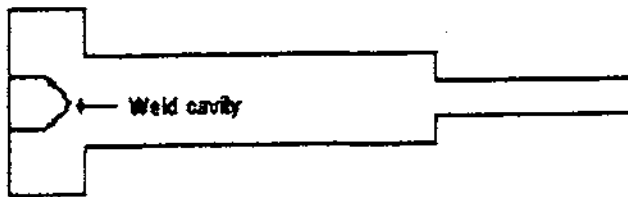
Η κύρια ταυτότητα δαχτυλιδιών εμβόλων διαμορφώνεται μερικώς μαζί με τη διάμετρο περιοδικών και την επέκταση συμπιεστών, οι οποίες διαμορφώνονται πλήρως.

### Στάδιο 3



Η βάση δαχτυλιδιών εμβόλων διαμορφώνεται πλήρως.

### Στάδιο 4



Η κοιλότητα συγκόλλησης διαμορφώνεται κατά τη διάρκεια του τελευταίου σταδίου της λειτουργίας σφυρηλατημένων κομματιών. Αυτή η κοιλότητα επιτρέπει στο υλικό να διαμορφωθεί κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης τριβής του άξονα και της ρόδας στροβίλων.

## 10.10 ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΣΜΑ-ΡΙΨΗΣ ΦΟΡΜΩΝ

- Σε αυτήν την διαδικασία, η φόρμα αποτελείται από το ασβεστοκονίαμα όπως γύψος, ή θειικό άλας ασβεστίου, με προσθήκη talc και πυριτίου του αλευριού για να βελτιώσει τη δύναμη και να ελέγξει το χρόνο που απαιτείται για το ασβεστοκονίαμα. Αυτά τα συστατικά αναμιγνύονται με νερό, και ο προκύπτων πηλός χύνεται πέρα από το σχέδιο. Αφού τοποθετηθεί το ασβεστοκονίαμα, συνήθως μέσα σε 15 λεπτά, το σχέδιο αφαιρείται και η φόρμα είναι θερμαίνεται σε 120-260 βαθμούς Κελσίου για να αφαιρέσει την υγρασία. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες ξήρανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τον τύπο ασβεστοκονιάματος. Τα μέρη των φορμών συγκεντρώνονται έπειτα για να διαμορφώσουν την κοιλότητα φορμών και προθερμαίνονται σε περίπου 120 βαθμούς Κελσίου. Το λειωμένο μέταλλο χύνεται έπειτα στη φόρμα.

Επειδή οι φόρμες ασβεστοκονιάματος έχουν πολύ χαμηλή διαπερατότητα τα αέρια που εξελίσσονται κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης του μετάλλου δεν μπορούν να δραπετεύσουν.

Συνεπώς, το λειωμένο μέταλλο χύνεται είτε σε ένα κενό είτε δια πίεση. Η διαπερατότητα ασβεστοκονίαμα-φορμών μπορεί να αυξηθεί αισθητά με τη διαδικασία *Antioch*: Οι φόρμες είναι αφυδατωμένες σε μια χύτρα πίεσεως (διατηρημένος σταθερή ατμοσφαιρική πίεση φούρνος) για 6-12 ώρες, κατόπιν που ξαναυδατώνονται στον αέρα για 14 ώρες. Μια άλλη μέθοδος αυξανόμενης διαπερατότητας είναι να χρησιμοποιηθεί το αφρισμένο ασβεστοκονίαμα, που περιέχει τις παγιδευμένες αεροφουσαλίδες.

Τα σχέδια για το σχήμα ασβεστοκονιάματος αποτελούνται γενικά από τα κράματα αλουμινίου, τα *thermosetting* πλαστικά, τον ορείχαλκο, ή τα κράματα ψευδάργυρου. Δεδομένου ότι υπάρχει ένα όριο στη μέγιστη θερμοκρασία που η φόρμα ασβεστοκονιάματος μπορεί να αντισταθεί, γενικά για 1200 βαθμούς Κελσίου η ρίψη ασβεστοκονίαμα-φορμών χρησιμοποιείται μόνο για το αλουμίνιο, το μαγνήσιο, τον ψευδάργυρο, και μερικά κράματα χαλκός-βάσεων. Οι ρίψεις έχουν τις λεπτές λεπτομέρειες με την καλή επιφάνεια να τελειώσουν.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

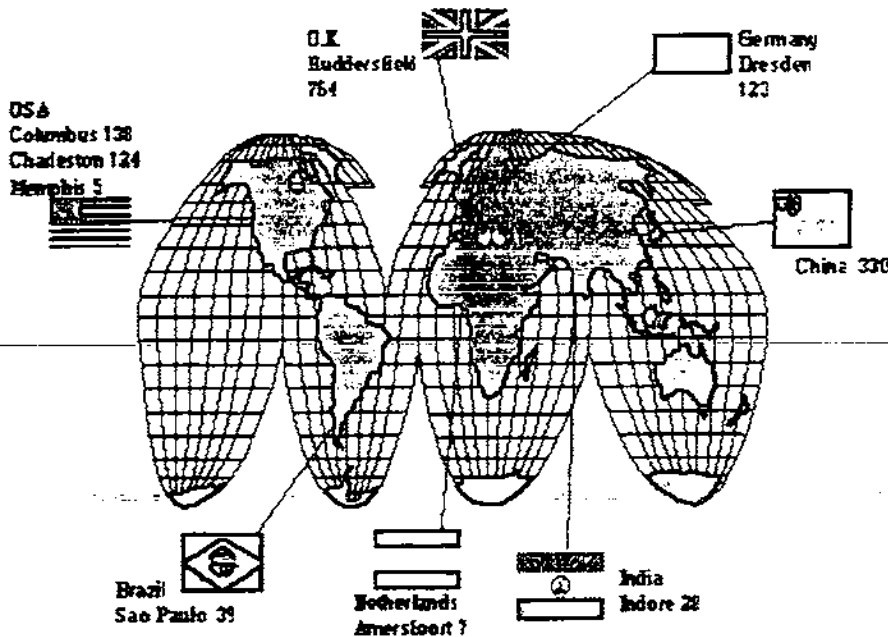
## ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

### 11.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Τα διαμορφωμένα απο τα καλούπια μέρη μεταφέρονται σε όλες τις εγκαταστάσεις κάθε κατασκευαστικής επιχείρησης. Ο χάρτης στο σχήμα 64 είναι μια παρουσίαση των γεωγραφικών θέσεων των εγκαταστάσεων Holset. Συγχρόνως, εγκαταστάσεις παραγωγής Garrett υπάρχουν στις Ηνωμένες Πολιτείες, το Μεξικό, τη Βραζιλία, την Ιρλανδία, την Αγγλία, τη Γαλλία, την Ιταλία, τη Ρουμανία, την Ιαπωνία, την Κορέα και την Κίνα.

Οι εγκαταστάσεις των κατασκευαστικών επιχειρήσεων υπερσυμπιεστών διαιρούνται συνήθως σε τρία διαφορετικά στάδια. Κάθε στάδιο κατασκευάζει τους υπερσυμπιεστές σχετικά με τις ικανότητες των διαφόρων μηχανών. Επομένως, υπάρχει ένα στάδιο για τους υπερσυμπιεστές που χρησιμοποιούνται στις μηχανές μεσαίας κατηγορίας, ένα για τους υπερσυμπιεστές που χρησιμοποιούνται στις μηχανές μεγάλης απόδοσης και ένα για τους υπερσυμπιεστές που χρησιμοποιούνται στις μηχανές υψηλής υποδύναμης. Η ικανότητα κατασκευής στις εγκαταστάσεις Huddersfield είναι περίπου 9000 υπερσυμπιεστές την εβδομάδα.

ΣΧΗΜΑ 64      Χάρτης με τις γεωγραφικές θέσεις των εγκαταστάσεων Holset.



## 11.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Οι εργαλειομηχανές είναι μηχανές σταθερής ισχύος που χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν ή να διαμορφώσουν τα στερεά υλικά και ειδικά τα μέταλλα. Η διαμόρφωση ολοκληρώνεται με την αφαίρεση του υλικού από ένα κομμάτι προς κατεργασία ή με τη συμπίεση του στην επιθυμητή μορφή. Οι εργαλειομηχανές αποτελούν τη βάση της σύγχρονης βιομηχανίας και χρησιμοποιούνται άμεσα ή έμμεσα στην κατασκευή των μηχανών και εργαλείων.

Οι εργαλειομηχανές μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Συμβατικές εργαλειομηχανές
- Πρέσες
- Μη συμβατικές εργαλειομηχανές.

Τα συμβατικά εργαλεία διαμορφώνουν το κομμάτι προς κατεργασία με το να απομακρύνουν μακριά την ανεπιθύμητο μέρος υπό μορφή τρίμματος. Οι πρέσες χρησιμοποιούν διαφορετικής μορφής διαδικασίες διαμόρφωσης, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η κοπή, η συμπίεση και η σχεδίαση (επιμήκυνση). Οι μη συμβατικές εργαλειομηχανές χρησιμοποιούν την φωτεινή, ηλεκτρική, χημική, και ηχητική ενέργεια, υπέρθερμενόμενα αέρια και υψηλής ενέργειας ακτίνες για να διαμορφώσουν τα εξωτικά υλικά και τα κράματα που έχουν αναπτυχθεί για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της σύγχρονης τεχνολογίας.

## 11.3 ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ

Μεταξύ των βασικών εργαλειομηχανών είναι ο τόρνος, ο διαμορφωτής, η μηχανή πλανίσματος, και η φρέζα. Βοηθητικά σε αυτά είναι το τρυπάνι/ γεωτρύπανο, ο τροχός, τα πριόνια και οι διάφορες μηχανές διαμόρφωσης μετάλλου.

### Τόρνος

Ο τόρνος, ο παλαιότερος και πιο κοινός τύπος μηχανής περιστροφής, κρατάει και περιστρέφει το μέταλλο ή το ξύλο ενώ ένα εργαλείο κοπής διαμορφώνει το υλικό. Το εργαλείο μπορεί να κινείται παράλληλα ή κατά μήκος της κατεύθυνσης περιστροφής ώστε να σχηματίζει μέρη που έχουν κυλινδρική ή κωνική μορφή ή για να κόβει νήματα. Με τις ειδικές συνδέσεις, ένας τόρνος μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να παραγάγει τις επίπεδες επιφάνειες, όπως μια μηχανή άλεσης, ή μπορεί να τρυπήσει ή να αντέξει τις τρύπες στο κομμάτι προς κατεργασία με τρυπάνι.

## Διαμορφωτής

Ο διαμορφωτής χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για να δημιουργεί επίπεδες επιφάνειες. Το εργαλείο ολισθαίνει ενάντια στο σταθερό κομμάτι προς κατεργασία και κόβει σε ένα κτύπημα, επιστρέφει στην αρχική του θέση, και έπειτα κόβει στο επόμενο κτύπημα μετά από μια λεπτή πλευρική μετατόπιση. Γενικά, ο διαμορφωτής μπορεί να δημιουργήσει σχεδόν κάθε επιφάνεια που αποτελείται από ευθύγραμμο στοιχεία. Χρησιμοποιεί ένα εργαλείο ενός σημείου και είναι σχετικά αργό, επειδή εξαρτάται από την παλινδρόμηση (εναλλάσσοντας σε εμπρόσθια κίνηση και επιστροφή) των κτυπημάτων. Για αυτόν τον λόγο, ο διαμορφωτής βρίσκεται σπάνια σε μια γραμμή παραγωγής.

## Μηχανή πλανίσματος

Η μηχανή πλανίσματος είναι η μεγαλύτερη στην κατηγορία των εργαλειομηχανών παλινδρομικής κίνησης. Αντίθετα από το διαμορφωτή, που κινεί το εργαλείο προς το σταθερό κομμάτι για κατεργασία, η μηχανή πλανίσματος κινεί το κομμάτι προς κατεργασία προς το σταθερό εργαλείο. Μετά από κάθε κύκλο παλινδρόμησης, το κομμάτι προς κατεργασία είναι πλευρικά εκτεθειμένο σε μια καινούρια τομή. Όπως και στην περίπτωση του διαμορφωτή, η μηχανή πλανίσματος προορίζεται να παραγάγει κάθετες, οριζόντες, ή διαγώνιες κοπές. Είναι επίσης δυνατό να τοποθετηθούν διάφορα εργαλεία συγχρόνως σε οποιαδήποτε ή όλες τις θήκες εργαλείων της μηχανής πλανίσματος για να εκτελέσει ταυτόχρονα πολλαπλές κοπές.

## Φρέζα

Σε μια φρέζα, το κομμάτι προς κατεργασία τοποθετείται ενάντια σε μια κυκλική συσκευή που αποτελείται από μια σειρά κοπτικών εργαλείων στην περιφέρειά του. Το κομμάτι προς κατεργασία κρατιέται σε έναν πίνακα που ελέγχει την κίνηση ενάντια στον κόπτη. Ο πίνακας έχει συμβατικά τρεις πιθανές μετακινήσεις, διαμήκης, οριζόντια και κατακόρυφη. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί επίσης να περιστραφεί. Οι φρέζες είναι οι πιο ευπροσάρμοστες όλων των εργαλειομηχανών. Επίπεδες ή περιγραμμένες επιφάνειες μπορούν να επεξεργαστούν στη μηχανή με άριστο τελείωμα και ακρίβεια. Γωνίες, αυλακώσεις, γρανάζια, κοπές κοιλοτήτων μπορούν να παραχθούν με τη χρήση των διάφορων κοπτικών εργαλείων.

## Τρυπάνι και Γεωτρύπανο

Το τρυπάνι χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει τρύπες σε σημεία που δεν υπήρχαν προηγουμένως, για να διαμορφώσει μια τρύπα σύμφωνα με κάποια προδιαγραφή (τρύπημα για να διευρύνει την τρύπα) ή ακόμα για να ακονίσει μια τρύπα ώστε να δημιουργήσει ένα ακριβές μέγεθος τρύπας ή ένα λείο τελείωμα.

Τα τρυπάνια ποικίλλουν ως προς το μέγεθος και την λειτουργία τους, έτσι διαμορφώνονται σε φορητά τρυπάνια, αξονικά τρυπάνια, μονάδες πολλαπλών περιστροφών, αυτόματες μηχανές παραγωγής, και τρυπάνια με ικανότητα τρύπας σε μεγάλο βάθος. Η διάτρηση είναι μια διαδικασία που μπορεί να διευρύνει τις τρύπες που προϋπήρχαν, συνήθως με την βοήθεια ενός περιστρεφόμενου κόπτη ενός σημείου που κρατιέται στον μοχλό διάτρησης και κινείται ενάντια στο σταθερό κομμάτι προς κατεργασία.

## Τροχοί

Το τρόχισμα είναι η αφαίρεση του μετάλλου με την βοήθεια μιας περιστρεφόμενη τραχιάς ρόδας. Η δράση είναι παρόμοια με αυτήν μιας φρέζας. Η ρόδα αποτελείται από πολλούς μικρούς και τραχείς κόκκους που συνδέονται μαζί, και κάθε κόκκος ενεργεί ως μικροσκοπικό κοπτικό εργαλείο. Η διαδικασία δημιουργεί εξαιρετική λείανση και ακριβές τελείωμα. Επειδή μόνο ένα μικρό ποσό υλικού αφαιρείται σε κάθε πέρασμα της ρόδας, ο τροχός απαιτεί περίτεχνη ρύθμιση της ρόδας. Η πίεση της ρόδας ενάντια στο κομμάτι προς κατεργασία μπορεί να γίνει πολύ μικρή, έτσι ώστε η λείανση μπορεί να πραγματοποιηθεί στα εύθραυστα υλικά που δεν μπορούν να επεξεργαστούν στη μηχανή από άλλες συμβατικές συσκευές.

## Πριόνια

Τα συνηθισμένα πριόνια ισχύος που χρησιμοποιούνται είναι ταξινομημένα σε τρεις γενικούς τύπους, σύμφωνα με το είδος κίνησης που χρησιμοποιείται στην διαδικασία κοπής: πριόνια παλινδρομικής ή κυκλικής κίνησης, και πριόνια με ταινία κοπής. Αποτελούνται γενικά από ένα πλαίσιο, μια μέγγενη για τη στερέωση του κομματιού προς κατεργασία, έναν μηχανισμό τροφοδοσίας και τη λεπίδα πριονιού.

## Κοπτικά εργαλεία και λιπαντικά

Επειδή οι διαδικασίες κοπής περιλαμβάνουν υψηλές τοπικές πιέσεις, τριβές και ιδιαίτερη παραγωγή θερμότητας, το υλικό των εργαλείων κοπής πρέπει να συνδυάζει δύναμη, ανθεκτικότητα, σκληρότητα, αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες. Αυτές οι απαιτήσεις καλύπτονται στους ποικίλους βαθμούς θερμοκρασίας από κοπτικά εργαλεία που χρησιμοποιούν υλικά όπως ανθρακούχο χάλυβα (χάλυβας που περιέχει 1-1,2% άνθρακα), ποιότητα χάλυβα με αντοχή σε υψηλές ταχύτητες (κράματα σιδήρου που περιέχουν το βολφράμιο, το χρώμιο, το βανάδιο, και τον άνθρακα), καρβίδιο βολφράμιο, καρβίδιο κεραμικής, διαμάντια και οξειδίο αλουμινίου.

Σε πολλές διαδικασίες κοπής τα λιπαντικά χρησιμοποιούνται για την ψύξη και την λίπανση του υλικού. Η ψύξη αυξάνει τη ζωή των εργαλείων και βοηθά να σταθεροποιηθεί το μέγεθος του τελικού κομματιού. Η λίπανση μειώνει την τριβή, μειώνοντας κατά συνέπεια τη θερμότητα που παράγεται και τη δύναμη που απαιτείται για μια συγκεκριμένη κοπή. Τα λιπαντικά συμπεριλαμβάνουν υγρά με βασισμένα στο νερό, χημικά ανενεργά είδη λαδιών και συνθετικά είδη ρευστών.

## Πρέσες

Οι πρέσες διαμορφώνουν τα κομμάτια προς κατεργασία χωρίς αφαίρεση υλικού, δηλαδή χωρίς την δημιουργία τριμάτων. Η πρέσα αποτελείται από ένα πλαίσιο που υποστηρίζει ένα σταθερό πάγκο, ένα έμβολο, μια πηγή ενέργειας, και έναν μηχανισμό ο οποίος κινεί το έμβολο σε ευθεία γραμμή ή σε κάθετες γωνίες ως προς τον πάγκο. Οι πρέσες είναι εξοπλισμένες με εργαλεία σχεδιασμένα για τέτοιες διαδικασίες όπως η διαμόρφωση, η διάτρηση και η κοπή. Οι πρέσες είναι μηχανήματα ικανά για γρήγορη παραγωγή επειδή ο χρόνος λειτουργίας είναι αυτός που απαιτείται για ένα μόνο χτύπημα από το έμβολο



## 11.4 ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ

Οι μη συμβατικές εργαλειομηχανές περιλαμβάνουν μηχανές με λειτουργία τόξου πλάσματος, μηχανές με ακτίνες λέιζερ, μηχανές με ηλεκτρική εκκένωση, ηλεκτροχημικές μηχανές, υπερηχητικές μηχανές, και μηχανές δέσμης ηλεκτρονίου. Αυτές οι εργαλειομηχανές αναπτύχθηκαν πρώτιστα για να διαμορφώσουν τα εξαιρετικά σκληρά κράματα που χρησιμοποιήθηκαν στη βαριά βιομηχανία και στις αεροδιαστημικές εφαρμογές όπως επίσης και για να διαμορφώσουν τα εξαιρετικά λεπτά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν σε ηλεκτρονικές συσκευές όπως είναι οι μικροεπεξεργαστές.

### Τόξο πλάσματος

Η μηχανή με λειτουργία τόξου πλάσματος χρησιμοποιεί υψηλής ταχύτητας εκτίναξη υψηλής θερμοκρασίας αερίου για να μπορεί να λειώσει και να μετατοπίσει το υλικό στην πορεία του. Η περικοπή υλικών με τόξο πλάσματος γενικά χρησιμοποιείται για εκείνα τα υλικά που είναι δύσκολο να κοπούν με οποιοδήποτε άλλο μέσο. Τέτοια υλικά είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας και τα κράματα αλουμινίου.

### Λέιζερ

Η επεξεργασία με ακτίνα λέιζερ ολοκληρώνεται με τον ακριβές χειρισμό μια ακτίνας φωτός για να ατμοποιήσει το ανεπιθύμητο υλικό. Η τεχνική αυτή είναι κατάλληλη για την παραγωγή τρυπών σε ακριβείς θέσεις. Επίσης η ακτίνα λέιζερ μπορεί να κάνει τρύπες στα πυρίμαχες μέταλλα και στα κεραμικά καθώς επίσης και στα πολύ λεπτά υλικά χωρίς στρέβλωση του επεξεργαζόμενου κομματιού. Εξαιρετικά λεπτά καλώδια μπορούν επίσης να συγκολληθούν χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό της ακτίνας λέιζερ.

### Ηλεκτρική εκκένωση

Η κατεργασία της ηλεκτρικής εκκένωσης, γνωστή και ως διάβρωση σπινθήρων, χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια για να αφαιρέσει το μέταλλο από το κομμάτι προς κατεργασία χωρίς να το αγγίξει. Παλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα υψηλής συχνότητας εφαρμόζεται μεταξύ του σημείου ανάμεσα στο εργαλείο και του κομματιού προς κατεργασία, προκαλώντας σπινθήρες να υπερπηδήσουν το κενό ώστε να ατμοποιήσουν μικρές ποσότητες του κομματιού προς κατεργασία. Επειδή καμία δύναμη κοπής δεν συμμετέχει στην διαδικασία, λεπτές και ευαίσθητες λειτουργίες μπορούν να εκτελεσθούν ακόμα και σε λεπτά κομμάτια.

Η διαδικασία της ηλεκτρικής εκκένωσης μπορεί να παραγάγει σχήματα που δεν μπορούν να επιτευχθούν με καμία άλλη συμβατική διαδικασία κατεργασίας.

## Ηλεκτροχημική

Η ηλεκτροχημική κατεργασία χρησιμοποιεί επίσης την ηλεκτρική ενέργεια για να αφαιρέσει το υλικό. Ένα ηλεκτρολυτικό κύτταρο δημιουργείται σε ένα μέσο ηλεκτρολυτών, με το εργαλείο να λειτουργεί ως κάθοδος και το κομμάτι προς κατεργασία ως άνοδος. Μια υψηλής έντασης και χαμηλής τάσης ρεύμα χρησιμοποιείται για να διαλύσει το μέταλλο και για να το αφαιρέσει από το κομμάτι προς κατεργασία, το οποίο πρέπει να είναι ηλεκτρικά αγώγιμο. Η ηλεκτροχημική κατεργασία μπορεί να εκτελέσει μια ευρεία ποικιλία λειτουργιών όπως η εγχάραξη, το μαρκάρισμα, ο σχηματισμός τρύπας και η κοπή.

## Υπερηχητικός

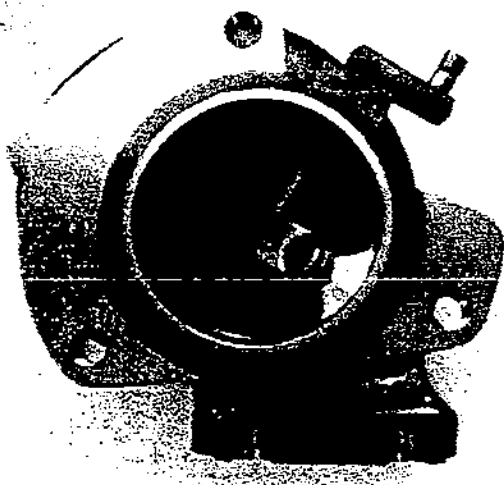
Η υπερηχητική κατεργασία εφαρμόζει υψηλής συχνότητας, χαμηλού εύρους δονήσεις για να δημιουργήσει τρύπες και διάφορες κοιλότητες. Ένα σχετικά μαλακό εργαλείο διαμορφωμένο στο επιθυμητό σχήμα δονείται ενάντια στο κομμάτι προς επεξεργασία καθώς ένα μείγμα από λεπτό τραχύ υλικό και νερό ρέει ανάμεσα τους. Η τριβή που δημιουργείται από τα τραχιά σωματίδια σταδιακά κόβουν το κομμάτι προς κατεργασία. Υλικά όπως ο σκληρός χάλυβας, το καρβίδιο, το ρουμπίνι, ο χαλαζίας, το διαμάντι και το γυαλί μπορούν εύκολα να κατεργαστούν με αυτή την μέθοδο.

## Δέσμη ηλεκτρονίων

Στην κατεργασία με δέσμη ηλεκτρονίου, τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται με μια ταχύτητα σχεδόν τριπλάσια και τετραπλάσια από αυτή του φωτός. Η διαδικασία εκτελείται σε μια κενή αίθουσα για να μειώσει τη διασπορά των ηλεκτρονίων από τα μόρια αερίου στην ατμόσφαιρα. Το ρεύμα των ηλεκτρονίων κατευθύνεται ενάντια σε μια περιορισμένη περιοχή του κομματιού προς κατεργασία. Κατά την σύγκρουση, η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων μετατρέπεται στη θερμική ενέργεια η οποία λειώνει και ατμοποιεί το υλικό που πρέπει να αφαιρεθεί, σχηματίζοντας με αυτόν τον τρόπο τρύπες ή κοπές. Ο εξοπλισμός της δέσμης ηλεκτρονίου χρησιμοποιείται συνήθως στην βιομηχανία ηλεκτρονικού εξοπλισμού για την εγχάραξη των κυκλωμάτων των μικροεπεξεργαστών.

## 11.5 ΚΑΛΥΜΜΑΤΑ ΤΟΥΡΜΠΙΝΑΣ, ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΚΑΙ ΡΟΥΛΕΜΑΝ

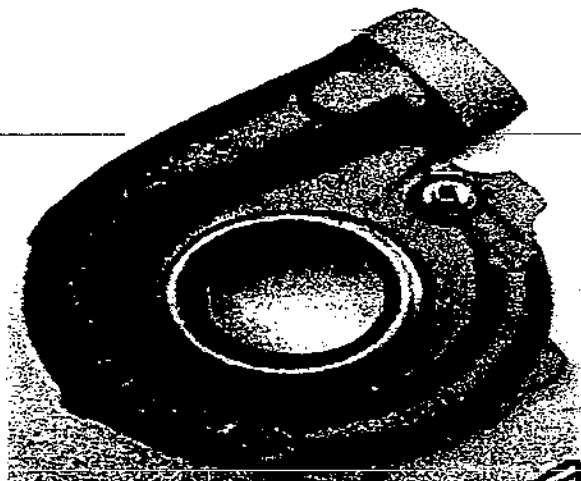
Μετά από την διαδικασία χύτευσης, όλα τα κομμάτια της τουρμπίνας των συμπιεστών και των ρουλεμάν επεξεργάζονται στις μηχανές υπολογιστών αριθμητικού ελέγχου (CNN), οι οποίες χρησιμοποιούν το πρόγραμμα Pro-Engineering. Έτσι οι μηχανές περιστροφής διάτρησης και κοπής χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της τελικής μορφής των κομματιών όλων των ειδών. Οι βούρτσες χρησιμοποιούνται για τη λείανση κάθε αναγκαίας περιοχής και οι ακονιστές χρησιμοποιούνται για το τέλειο σχήμα της τρύπας στα κομμάτια του καλύμματος των ρουλεμάν. Στον σχήμα 65 απεικονίζεται α) το κάλυμμα της τουρμπίνας (στροβίλου) β) το κάλυμμα του συμπιεστή και (γ) το κάλυμμα του ρουλεμάν στο τελικό στάδιο συναρμολόγησης τους.



(a)



(b)



ΣΧΗΜΑ 65

Ένα δείγμα περνάει από επιθεώρηση για την ανίχνευση οποιασδήποτε ρωγμής, από διάφορες μετρήσεις και διαδικασίες καταγραφής. Τα καλύμματα των ρουλεμάν με ψύξης νερού εξετάζονται με την χρήση ειδικών μηχανημάτων, τα οποία εκχέουν νερό και το λάδι σε υψηλή πίεση, για τον έλεγχο ρωγμών ή διαρροής μεταξύ των δύο κοιλοτήτων. Τα τελικά μέρη μεταφέρονται προς το τμήμα συναρμολόγησης.

## 11.6 ΑΞΟΝΑΣ ΚΑΙ ΣΤΡΟΦΑΛΟΣ

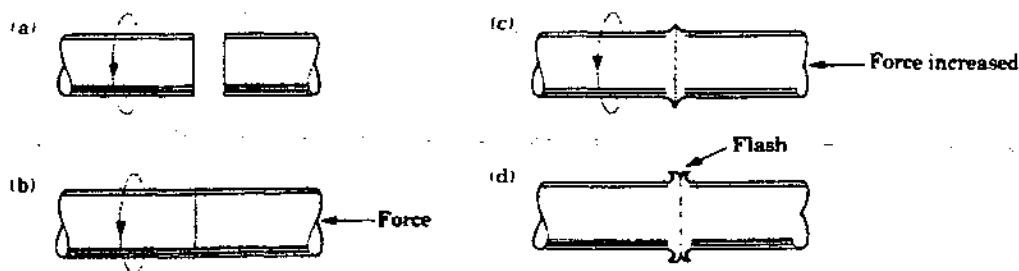
Η ένωση μεταξύ του άξονα και του στρόφαλου της τουρμπίνας συγκολλείται και συγκεκριμένα γίνεται με συγκόλληση τριβής. Αυτό είναι η παλαιότερη και γνωστή μέθοδος για την ένωση του άξονα και του στρόφαλου. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια μερικές κατασκευαστικές επιχειρήσεις έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν μια άλλη μέθοδο, η οποία είναι καλύτερη αλλά πολύ ακριβή. Αυτή η μέθοδος είναι η συγκόλληση με ακτίνες λέιζερ. Οι δύο αυτές μέθοδοι περιγράφονται παρακάτω.

### Συγκόλληση τριβής

Στη συγκόλληση τριβής, η απαραίτητη θερμότητα για τη συγκόλληση, όπως το όνομα υπονοεί, παράγεται μέσω της τριβής της εσωτερικής επιφάνειας στην ένωση των δύο μελών. Κατά συνέπεια η πηγή ενέργειας είναι μηχανική. Μπορείτε να αποδείξετε τη σημαντική άνοδο της θερμοκρασίας από την τριβή με το γρήγορο τρίψιμο των χεριών σας μαζί ή με την ολίσθηση του χεριού σας κάτω από ένα σχοινί γρήγορα.

Στη συγκόλληση τριβής, ένα από τα μέλη παραμένει στάσιμο ενώ το άλλο τοποθετείται σε ένα σφιγκτήρα και περιστρέφεται με υψηλή σταθερή ταχύτητα. Τα δύο μέλη που πρόκειται να ενωθούν εκτείνονται σε επαφή κάτω από μια αξονική δύναμη σχήμα 66.

Εφόσον η απαραίτητη επαφή πραγματοποιείται, το περιστρεφόμενο μέλος προσαρμόζεται σε ένα γρήγορο, απότομο σταμάτημα, έτσι ώστε η συγκόλληση δεν καταστρέφεται, ενώ η αξονική δύναμη αυξάνεται. Το περιστρεφόμενο μέλος πρέπει να στερεωθεί με ασφάλεια στον σφιγκτήρα ώστε να μπορεί να αντισταθεί στη ροπή και στις αξονικές δυνάμεις χωρίς ολίσθηση.



ΣΧΗΜΑ 66

Η ακολουθία λειτουργιών στη διαδικασία συγκόλλησης τριβής,

(α) Το αριστερό μέρος περιστρέφεται με υψηλή ταχύτητα,

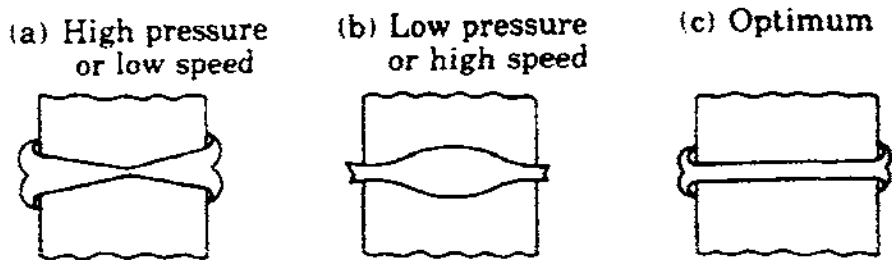
(β) Το δεξί μέρος εκτίθεται σε επαφή κάτω από την αξονική δύναμη,

(γ) Η αξονική δύναμη αυξάνεται και ένα εξόγκωμα αρχίζει να εμφανίζεται,

(δ) Το αριστερό μέρος σταματά να περιστρέφεται. Η συγκόλληση ολοκληρώνεται.

Το εξόγκωμα μπορεί να αφαιρεθεί με κατάλληλη κατεργασία και λείανση.

Η πίεση στη στην εσωτερική επιφάνεια και η προκύπτουσα τριβή παράγουν την ικανοποιητική θερμότητα για να πραγματοποιηθεί μια ισχυρή ένωση. Η ζώνη συγκόλλησης είναι συνήθως περιορισμένη σε μια στενή περιοχή, ανάλογα με (α) το ποσό θερμότητας που παράγεται, (β) τη θερμική αγωγιμότητα των υλικών, και (γ) των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών στις υψηλές θερμοκρασίες. Η μορφή της ένωσης εξαρτάται από την περιστροφική ταχύτητα και την αξονική πίεση που εφαρμόζεται στα μέλη σχήμα 67. Αυτοί οι παράγοντες πρέπει να ελεγχθούν για να ληφθεί μια ομοιόμορφα ισχυρή ένωση. Τα οξείδια και άλλα μολυσματικά υλικά στην εσωτερική επιφάνεια αφαιρούνται από την γρήγορη μετακίνηση του καυτού μετάλλου προς τα έξω.



ΣΧΗΜΑ 67

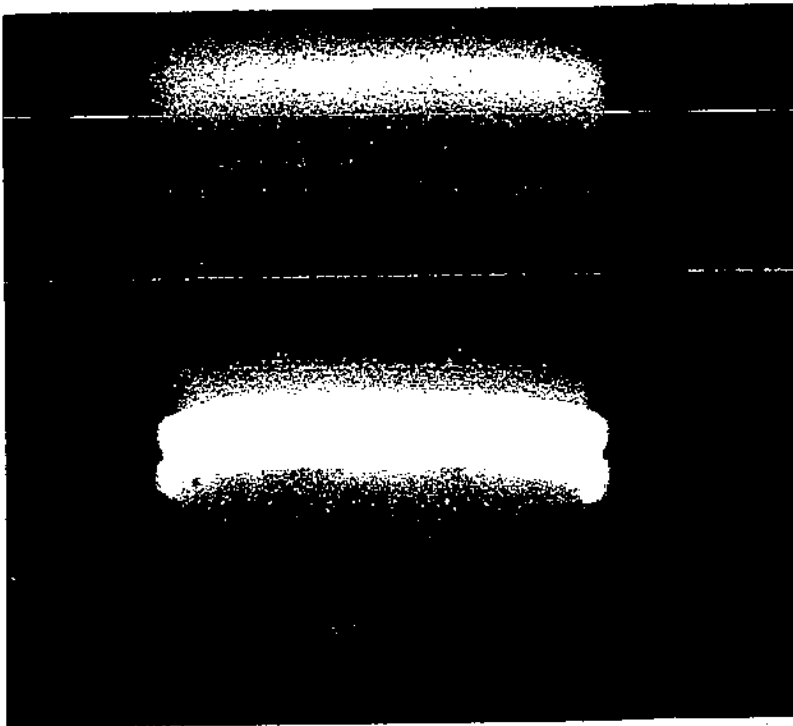
Αναπτυγμένη στη δεκαετία του '40, η συγκόλληση τριβής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενώσει μια ευρεία ποικιλία υλικών, υπό τον όρο ότι ένα από τα συστατικά έχει κάποια περιστροφική συμμετρία. Στερεά υλικά καθώς επίσης και τα σωληνοειδή μέρη μπορούν να ενωθούν μ' αυτή την μέθοδο, με σύνδεση καλής αντοχής. Στέρεοί ράβδοι χάλυβα μέχρι και 100 χιλιοστά διάμετρο και σωλήνες μέχρι και 250 χιλιοστά εξωτερική διάμετρος έχουν ενωθεί επιτυχώς με αυτήν την διαδικασία. Η ταχύτητα επιφάνειας του περιστρεφόμενου μέλους μπορεί να είναι τόσο υψηλή που μπορεί να φτάσει τα 900 m/min. Λόγω της θερμότητας επαφής και της πίεσης, η εσωτερικά επιφάνεια αναπτύσσει ένα εξόγκωμα λόγω της πλαστικής παραμόρφωσης της θερμαμενόμενης ζώνης. Αυτό το εξόγκωμα αν είναι ενοχλητικό μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί με την κατεργασία ή τη λείανση.

Οι μηχανές συγκόλλησης τριβής κοστίζουν γενικά από \$75.000 έως \$300.000, ανάλογα με το μέγεθος και την ικανότητά τους. Είναι πλήρως αυτοματοποιημένες, και η ικανότητα χειρισμού που απαιτείται είναι ελάχιστη εάν μεμονωμένοι κύκλοι για την πλήρη διαδικασία προγραμματίζονται κατάλληλα.

## Συγκόλληση τριβής αδράνειας

Η συγκόλληση τριβής αδράνειας είναι μια τροποποίηση συγκόλλησης τριβής αν και ο όρος έχει χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά με τη συγκόλληση τριβής. Η ενέργεια που απαιτείται για την θερμότητα τριβής στη συγκόλληση τριβής αδράνειας παρέχεται μέσω της κινητικής ενέργειας ενός τροχού. Ο τροχός επιταχύνεται στην κατάλληλη ταχύτητα, τα δύο μέλη έρχονται σε επαφή, και μια αξονική δύναμη εφαρμόζεται. Δεδομένου ότι η τριβή στη στην εσωτερική επιφάνεια επιβραδύνει τον τροχό, η αξονική δύναμη αυξάνεται. Η συγκόλληση ολοκληρώνεται όταν ο τροχός σταματήσει. Ο συγχρονισμός αυτής της ακολουθίας είναι σημαντικός. Εάν ο συγχρονισμός δεν ελέγχεται κατάλληλα, η ποιότητα συγκόλλησης δεν θα είναι καλή. Η περιστρεφόμενη μάζα των μηχανών συγκόλλησης τριβής αδράνειας μπορεί να ρυθμιστεί για τις εφαρμογές που απαιτούν τα διαφορετικά επίπεδα ενέργειας, τα οποία εξαρτώνται από το μέγεθος και τις ιδιότητες των κομματιών προς κατεργασία. Σε μια εφαρμογή της συγκόλλησης τριβής αδράνειας, ένας άξονας διαμέτρου 10 χιλιοστών συγκολλείται στο πτερύγιο στροφείου των υπερσυμπιεστών των αυτοκινήτων σε ποσοστό παραγωγής ένας άξονας κάθε 15 δευτερόλεπτα.

Το σχήμα 68 παρουσιάζει τη συγκόλληση τριβής αδράνειας μεταξύ του άξονα και του στρόφαλου της τουρμπίνας.



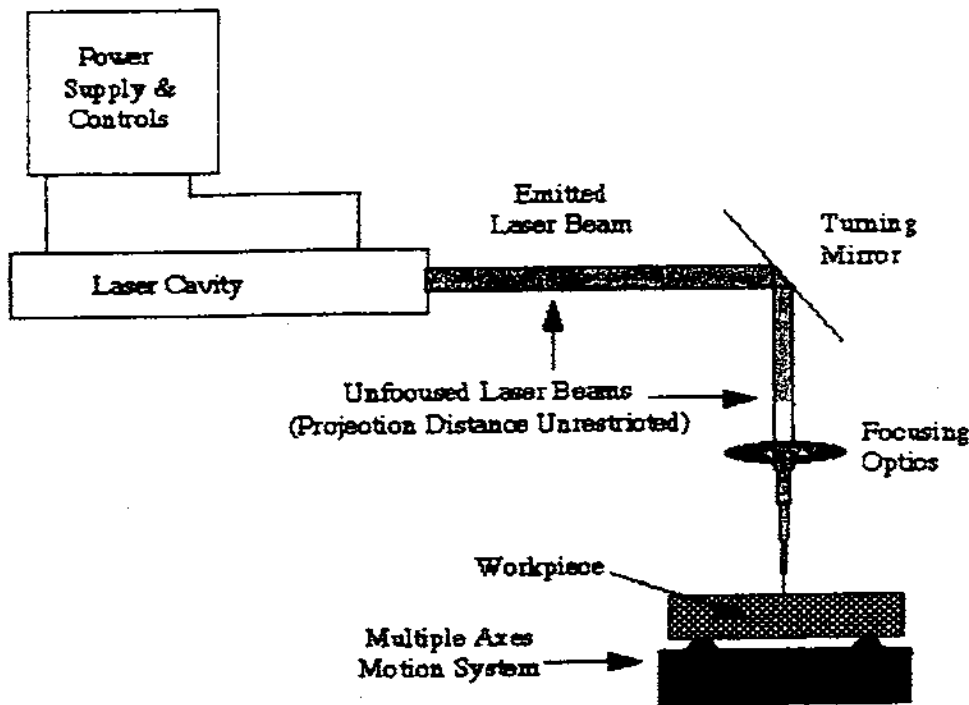
ΣΧΗΜΑ 68

## Συγκόλληση με ακτίνα λέιζερ.

Η συγκόλληση με λέιζερ είναι μια διαδικασία υψηλής ενεργειακής ακτίνας και είναι παρόμοια με τη δέσμη ηλεκτρονίων. Με αυτήν την εξαίρεση είναι αντίθετες η μία από την άλλη. Η ενεργειακή πυκνότητα του λέιζερ επιτυγχάνεται από τη συγκέντρωση κυμάτων φωτός και όχι ηλεκτρονίων.

Το εστιακό σημείο στοχεύει στην κοινή επιφάνεια συγκόλλησης πάνω από το μήκος της εστιακής επιλογής ή κάτω από αυτήν. Στην επιφάνεια η τεράστια συγκέντρωση της ενέργειας του φωτός μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Η επιφάνεια που λιώνει αρχίζει να εμφανίζεται και προχωράει μέσω της ένωσης συγκολλησεως από τη θερμική αγωγιμότητα. Για τη συγκόλληση, η ενέργεια της ακτίνας διατηρείται κάτω από τη θερμοκρασία εξάτμισης του υλικού συγκόλλησης. Για την διάτρηση η την κοπή απαιτείται εξάτμιση.

Το σχήμα 69 δείχνει την εργασία μιας μηχανής συγκόλλησης με ακτίνα λέιζερ.



ΣΧΗΜΑ 69

Σχέδιο της εργασία μιας μηχανής συγκόλλησης με ακτίνα λέιζερ

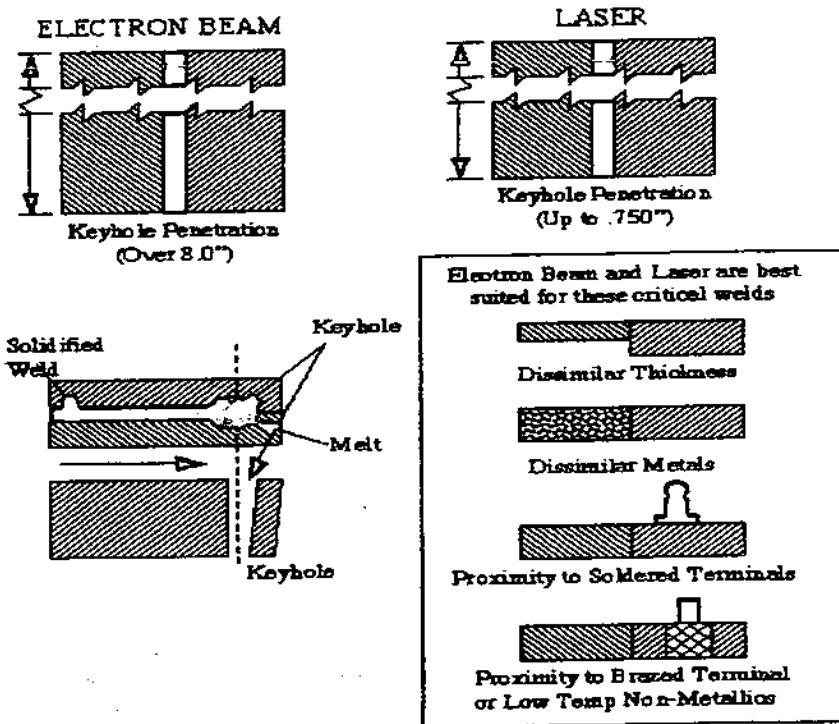
Επειδή η διεύθυνση της συγκόλλησης εξαρτάται από τη θερμότητα αγωγιμότητας το πάχος του υλικών που συγκολλείται είναι γενικά λιγότερο από 0,080 ίντσες εάν τα ιδανικά μεταλλουργικά και φυσικά χαρακτηριστικά της συγκόλλησης με λέιζερ πρόκειται να πραγματοποιηθούν. Τα παρακάτω πλεονεκτήματα επιτυγχάνουν στενές συγκολλήσεις, καμία διαστρέβλωση, ζώνες επηρεασμένες με ελάχιστη θερμότητα και άριστη μεταλλουργική ποιότητα.

Όπως και με την δέσμη ηλεκτρονίων η έντονη, συγκεντρωμένη ενέργεια παράγει τήξη προτού να μπορέσει μια ουσιαστική ζώνη επηρεασμένη από την θερμότητα να αναπτυχθεί.

Επειδή οι συγκολλήσεις είναι στενές και επομένως είναι αντίστοιχα μικρής ποσότητας υπάρχει μια ελάχιστη δεξαμενή της θερμότητας για την αγωγιμότητα στην παρακείμενη περιοχή.

Όταν τα υλικά που πρόκειται να ενωθούν είναι παχιά και ιδιαίτερα εάν έχουν υψηλή θερμική αγωγιμότητα (όπως το αλουμίνιο) αυτό το σημαντικό μεταλλουργικό πλεονέκτημα της ελάχιστα επηρεασμένης ζώνης από τη θερμότητα μπορεί να επηρεαστεί, επιβλαβώς. Υποστηρίζεται ότι αφού η πηγή ενέργειας είναι φως συγκεκριμένου μήκους κύματος μολυσματικών ουσιών πάνω στις επιφάνειες της ένωσης μπορεί να ατμοποιηθεί κατά προτίμηση από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους απορρόφησης φωτός με συνέπεια ένα είδος καθαρισμού συγκόλλησης. Η άριστη δύναμη αντοχής των συγκολλήσεων με λέιζερ αποδίδεται μερικές φορές σε αυτά τα φαινόμενα καθαρισμού.

Η ενεργειακή κατανομή κατά μήκος της ακτίνας παράγεται από το σχεδιασμό της συντονισμένης κοιλότητας, συμπεριλαμβανομένων των σχημάτων και των σχετικών τους ρυθμίσεων. Αυτός ο συνδυασμός οδηγεί στην ταλάντωση φωτονίων μέσα στην κοιλότητα παράγοντας συγκεκριμένη εξωτερική κατανομή της ενέργειας της ακτίνας. Το σχήμα 70 είναι μια αντιπροσώπευση μιας συγκολλήσεως με σκίνα λέιζερ και μιας συγκόλλησης με ακτίνα ηλεκτρονίου.



ΣΧΗΜΑ 70



Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η λειτουργία όλων των λέιζερ εάν είναι αέριο (διοξειδίο του άνθρακα, νέο ηλίου, κ.λ.π.) ή άλλες πηγές λέιζερ, είναι βασισμένη στην αρχή της διέγερσης των ατόμων με τη βοήθεια του έντονου φωτός, της ηλεκτρικής ενέργειας, της δέσμης ηλεκτρονίων, των χημικών ουσιών, κ.λ.π., και της αυθόρμητης και διεγερμένης εκπομπής των φωτονίων. Ανάλογα με τη πηγή λέιζερ οι συχνότητες παραγωγής διαφέρουν ευρέως και είναι ικανές και ενός μεγάλου φάσματος διαφορετικών εφαρμογών. Αυτό το φάσμα μπορεί να ποικίλει από τη συγκόλληση υλικών μέχρι την κρίσιμη χειρουργική επέμβαση, την διαμόρφωση μιας αντίστασης, την επικοινωνία, κ.λ.π.

Επειδή η ενεργειακή πυκνότητα είναι τόσο έντονη, το λέιζερ είναι ικανό να ατμοποιεί τα μέταλλα όπως το βολφράμιο ή τα μη μέταλλα όπως της κεραμικά υλικά. Στην πραγματικότητα, στη συγκόλληση αγωγιμότητας, πρέπει να λαμβάνεται η κατάλληλη προσοχή για την αποφυγή αυτής της δράσης ατμοποίησης.

Η συγκόλληση με ακτίνα λέιζερ παράγει συγκολλήσεις καλής ποιότητας, με ελάχιστη διακένωση και διαστρέβλωση. Οι συγκολλήσεις λέιζερ έχουν την καλή αντοχή και είναι γενικά εύπλαστες και χωρίς πόρους. Η διαδικασία συγκόλλησης λέιζερ μπορεί να αυτοματοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε ποικίλα υλικά με πάχη μέχρι και 25 χιλιοστών και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στα λεπτά κομμάτια προς κατεργασία. Χαρακτηριστικά μέταλλα και κράματα που μπορούν να συγκολληθούν συμπεριλαμβάνουν το αλουμίνιο, το τιτάνιο, τα σιδηρούχα μέταλλα, το χαλκό, τα κράματα υψηλής ποιότητας, και τα πυρίμαχα μέταλλα. Οι ταχύτητες συγκόλλησης κυμαίνονται από το 2,5 μ/λ σε 80 μ/λ για τα λεπτά μέταλλα.

Λόγω της φύσης της διαδικασίας, η ένωση μπορεί να γίνει ακόμα και σε απρόσιτες θέσεις. Η ασφάλεια είναι μια ιδιαίτερα σημαντική υπόθεση στη συγκόλληση με λέιζερ λόγω του υπερβολικού κινδύνου για τα μάτια καθώς επίσης και το δέρμα. Στην βιομηχανία αυτοκινήτων η συγκόλληση των τμημάτων του συστήματος μετάδοσης κίνησης είναι η πιο διαδεδομένη εφαρμογή. Μεταξύ πολυάριθμων άλλες εφαρμογές είναι η συγκόλληση των λεπτών μερών για τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκόλλησης με ακτίνα λέιζερ ενάντια στην μέθοδο συγκόλλησης με ακτίνα ηλεκτρονίου είναι:

- η ακτίνα μπορεί να διαβιβαστεί μέσω του αέρα, έτσι ένα κενό δεν απαιτείται.
- επειδή οι ακτίνες λέιζερ έχουν την ικανότητα της διαμόρφωσης, του εύκολου χειρισμού και της οπτικής εστίασης, η διαδικασία μπορεί εύκολα να αυτοματοποιηθεί.
- η ποιότητα της συγκόλλησης είναι καλύτερη, με λιγότερη τάση για την ελλiptή τήξη, πορώδες, και με λιγότερη διαστρέβλωση.

Τα μειονεκτήματα των λέιζερ περιλαμβάνουν το υψηλό κόστος τους, η ανάγκη για το καθαρό περιβάλλον (για να προστατευτεί η οπτική), και οι συνθήκες ασφάλειας. Τα δύο τελευταία συχνά επιλύονται από την εγκατάσταση του λέιζερ σε ένα δωμάτιο λέιζερ. Σημάδια προειδοποίησης ή προηδοποιητικοί ήχοι τοποθετούνται για να επισημάνουν τότε η χρήση λέιζερ είναι ανοικτή. Ένα πρόσθετο μειονέκτημα είναι ότι αν και η συντήρηση είναι γενικά ελάχιστη, η λειτουργία του λέιζερ απαιτεί εκπαίδευση και εμπειρία. Το προσωπικό που χειρίζεται τις μηχανές πρέπει να είναι προσεκτικό για λειτουργίες, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή του λέιζερ.

## 11.7 ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Μετά από την συγκόλληση τριβής ή τη συγκόλληση με ακτίνα λέιζερ, ο άξονας και ο στρόφαλος τοποθετούνται στους φούρνους για 2 έως 4 ώρες, σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία για τη λευθέρωση οποιωνδήποτε εσωτερικών πιέσεων. Ένα δείγμα από αυτά εξετάζεται για τυχόν ρωγμές.

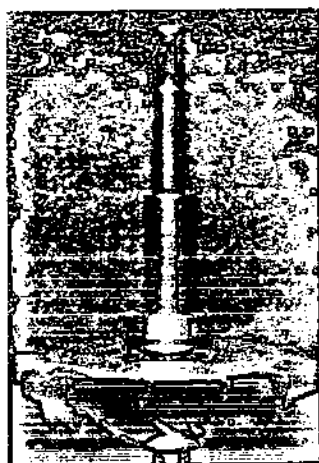
Κατόπιν τα μέρη επεξεργάζονται στις μηχανές υπολογιστών αριθμητικού ελέγχου (CNN), που χρησιμοποιούν το πακέτο σχεδιασμού Pro-Engineering. Μέσω αυτών, πραγματοποιείται η διαδικασία τελειώματος. Η ακριβής διάμετρος του άξονα και του στρόφαλου περιστρέφονται συνοδευόμενα από την σκλήρυνση του άξονα του ρουλεμάν και τη λείανση της φέρουσας διαμέτρου, τα αυλάκια στο δακτύλιο του εμβόλου και του στρόφαλου των στροβιλοσυμπιεστών. Στο τέλος πραγματοποιείται η διαδικασία για την λείανση του κομματιού.

Το ακόλουθο βήμα είναι η εξισορρόπηση του άξονα και του στρόφαλου μέσω των ειδικών αυτοματοποιημένων μηχανών εξισορρόπησης.

Ταυτόχρονα μια αλυσίδα αυτοματοποιημένων συστημάτων πραγματοποιεί ακριβώς την ίδια διαδικασία επιτυγχάνοντας τα ακόλουθα στάδια:

- Άκρο του κεντρικού άξονα, διάμετρος του άξονα στροφής
- Σκλήρυνση του άξονα του ρουλεμάν
- Λείανση της διαμέτρου του ρουλεμάν
- Λείανση του αυλακιού στο δακτύλιο του εμβόλου, λείανση του στρόφαλου του στροβιλοσυμπιεστή
- Διαγράμμιση και ισοροπία

Το σχήμα 71, απεικονίζει έναν ισοροπημένο άξονα και στρόφαλο, έτοιμο προς συναρμολόγηση



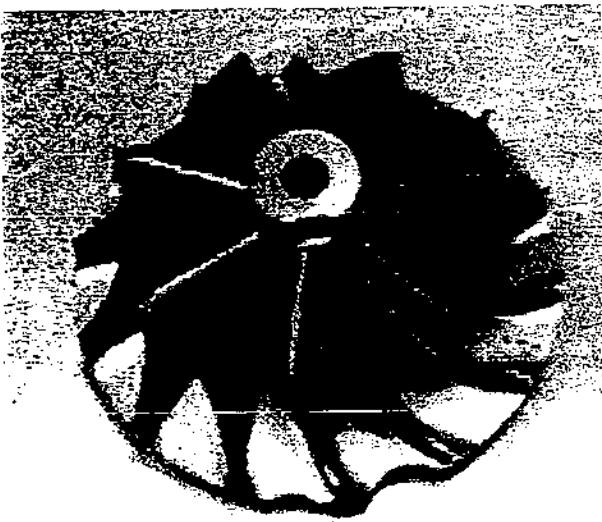
ΣΧΗΜΑ 71.

Ένα ισοροπημένος άξονας και στρόφαλος.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι όλα τα τελικά μέρη καθαρίζονται με την χρήση των ειδικών υπερηχητικών μηχανών και ένα δείγμα περνά από επιθεώρηση για την ανίχνευση οποιασδήποτε ρωγμής, όπως επίσης από διάφορες μετρήσεις και διαδικασίες καταγραφής. Τα τελικά μέρη συναρμολογούνται ισοροπημένα με τον άξονα και το στρόφαλο με την χρήση των ειδικών ηλεκτρονικών μηχανών εξισορρόπησης. Κατόπιν τα δύο μέρη μεταφέρονται στο τμήμα συναρμολόγησης.

Για τον στρόφαλο των συμπιεστών, οι τόννοι 5-αξόνων χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της μορφοποίησης κεριών. Κατόπιν το κερί μεταφέρεται στη βαριά βιομηχανία, που χρησιμοποιείται για την χύτευση των κομματιών, τα οποία αργότερα επιστρέφουν πίσω στις κύριες εγκαταστάσεις.

Κατόπιν τα μέρη επεξεργάζονται στις μηχανές υπολογιστών αριθμητικού ελέγχου (CNN), που χρησιμοποιούν το πακέτο σχεδιασμού Pro-Engineering. Μέσω αυτών, πραγματοποιείται η διαδικασία τελειώματος. Η ακριβής διάμετρος του άξονα και του στρόφαλου περιστρέφονται συνοδευόμενα από την σκλήρυνση του άξονα του ρουλεμάν και τη λείανση της φέρουσας διαμέτρου, τα αυλάκια στο δακτύλιο του εμβόλου και του στρόφαλου των στροβιλοσυμπιεστών. Στο τέλος πραγματοποιείται η διαδικασία για την λείανση του κομματιού. Το σχήμα 72 δείχνει το στρόφαλο ενός συμπιεστή στην τελική του μορφή ισορροπημένο και έτοιμο για συναρμολόγηση.



ΣΧΗΜΑ 72.

Ένας στρόφαλος συμπιεστή έτοιμος για συναρμολόγηση.

Τα τελικά μέρη καθαρίζονται με την χρήση των ειδικών υπερηχητικών μηχανών και ένα δείγμα περνά από επιθεώρηση για την ανίχνευση οποιασδήποτε ρωγμής, όπως επίσης από διάφορες μετρήσεις και διαδικασίες καταγραφής. Κατόπιν μεταφέρονται σε ένα άλλο τμήμα εξισορρόπησης, όπου ο άξονας και ο στρόφαλος συναρμολογούνται με τον στρόφαλο του συμπιεστή, έτσι τώρα είναι και οι δύο σε ισορροπία μέσω της χρήσης των ειδικών ηλεκτρονικών μηχανών εξισορρόπησης.

Ο τελικός προορισμός είναι το τμήμα συναρμολόγησης για την πλήρη συναρμολόγηση της μονάδας στροβιλοσυμπιεστών. Σε αυτό το τμήμα όλα ελέγχονται αυτόματα και ολόκληρη η διαδικασία συναρμολόγησης γίνεται με την χρήση διαφορετικών αυτοματοποιημένων μηχανών σε μια σειρά.

## 11.8 ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Όλα τα περιλαίμια ώθησης, τα ρουλεμάν ώθησης, τα ρουλεμάν στα δαχτυλίδια των εμβόλων, και οι εκτοξευτές πετρελαίου κατασκευάζονται με την χρήση των μηχανών αφαίρεσης κομματιού που δημιουργούν μια κοπή σε ένα κομμάτι συγκεκριμένης γεωμετρίας. Οι τórνοι ένδειξης, που είναι μια πρόωρη έκδοση των μηχανών υπολογιστών αριθμητικού ελέγχου (CNN), και των μηχανών λείανσης τελειώνουν και ολοκληρώνουν τα μέρη.

Οι βίδες, τα περικόχλια, οι ροδέλες, τα διαφράγματα καυσίμου, και οι βάσεις των σφινκτέρων, αγοράζονται από την κατασκευαστική επιχείρηση. Κάθε βαλβίδα ταλάντευσης αγοράζεται επίσης. Τα σχήματα 73,74 και 75 παρουσιάζουν την τελική μορφή όλων των κομματιών που χρησιμοποιούνται για την συναρμολόγηση του εσωτερικού μέρους ενός στροβιλοσυμπιεστή, στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα εξωτερικά παξιμάδια και βάσεις σφινκτέρων. Το σχήμα 76, παρουσιάζει έναν ενεργοποιητή. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ένα δείγμα ενεργοποιητών εξετάζεται στις ειδικές μηχανές ενάντια στο άλας.

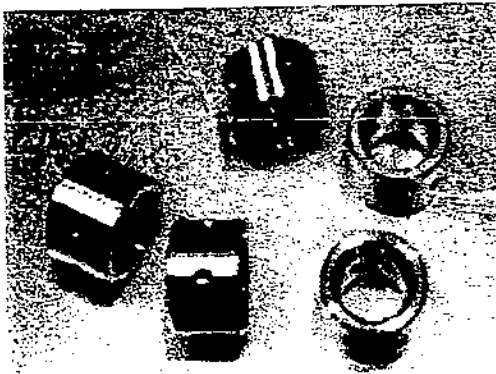


FIGURE 43. Journal bearings.

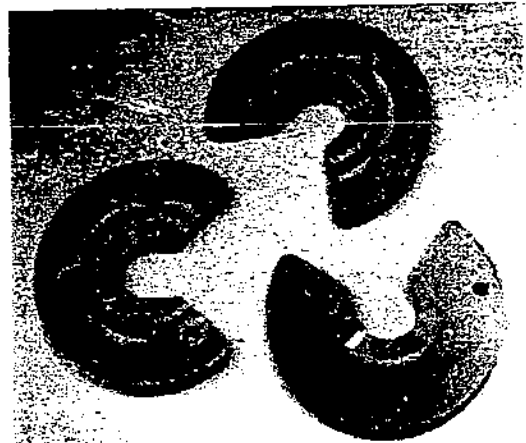


FIGURE 44. Thrust bearings.

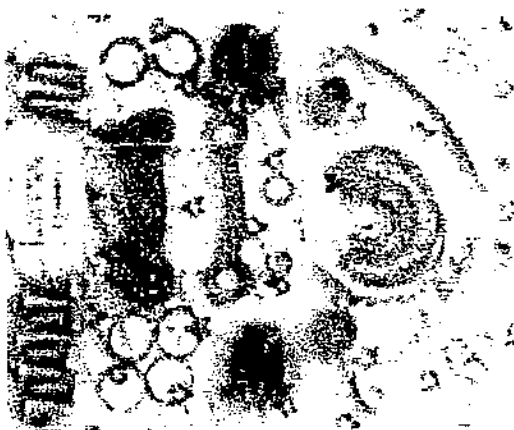


FIGURE 45. A service set

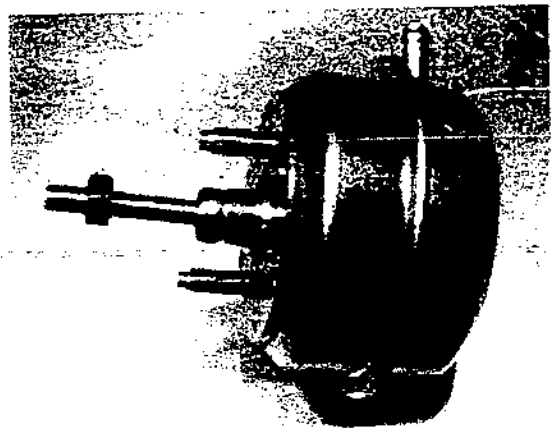


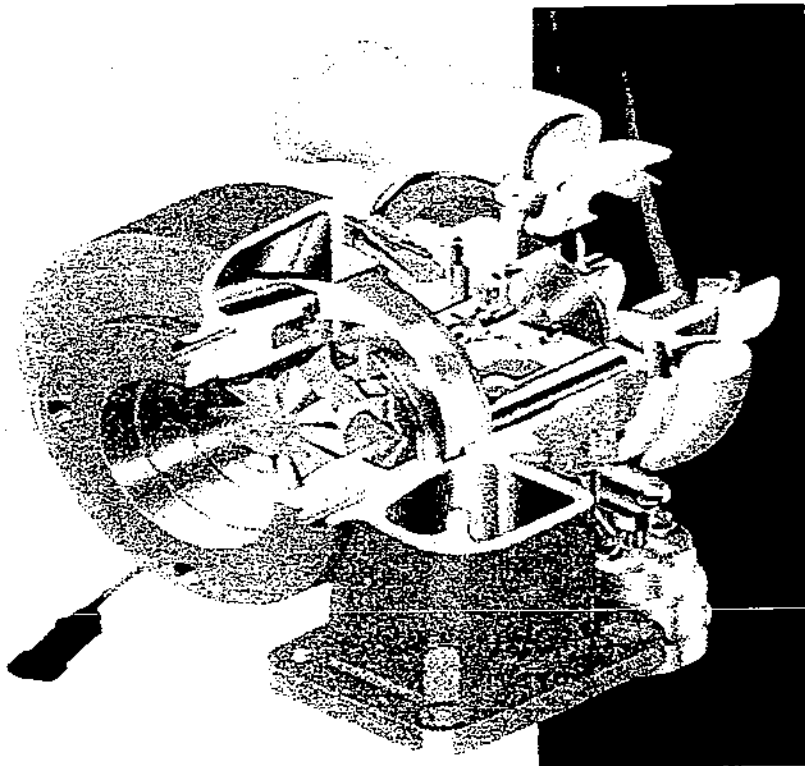
FIGURE 46. An Actuator.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

### ΣΥΝΧΡΟΝΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

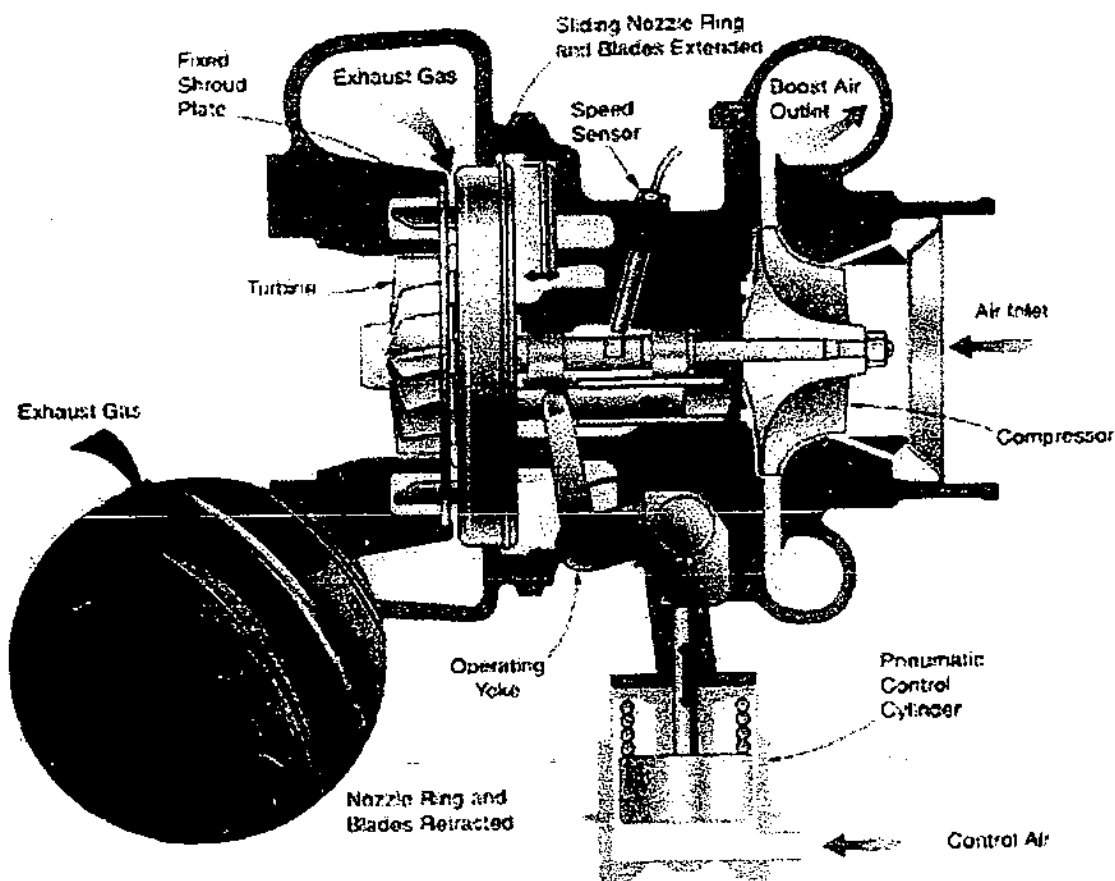
#### 12.1 ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ

Δεδομένου ότι η ροή αέρος που απαιτείται από τη μηχανή ποικίλλει άμεσα σύμφωνα με την ταχύτητα, τα καύσιμα που εγχέονται, την ατμοσφαιρική πίεση και την ογκομετρική αποδοτικότητα, η πραγματική ροή αέρος που βρίσκεται στις υπάρχουσες μηχανές έχει περιοριστεί από τους περιορισμούς των στροβιλοσυμπιεστών σταθερής γεωμετρίας. Ακόμη και οι στροβιλοσυμπιεστές Wastegate παρουσιάζουν μόνο μια μικρή βελτίωση. Οι μηχανικοί της Holset έχουν αναπτύξει έναν απλό τρόπο μεταχειρίσεως των διαθέσιμων αερίων εξάτμισης, παράγοντας αποτελεσματικά ένα στροβιλοσυμπιεστή με έναν απείρως μεταβλητό μεγέθους στρόβιλο για να ικανοποιήσουν την απαίτηση πίεσης ώθησης πέρα από μια ευρεία σειρά δύναμης και ταχύτητας. Το σχήμα 77 παρουσιάζει έναν στροβιλοσυμπιεστή μεταβλητής γεωμετρίας της Holset.



Τα αέρια εξάτμισης κατευθύνονται προς το στρόφαλο του στροβίλου ενός χάσματος μεταξύ ενός σταθερού προστατευτικού πιάτου και του δαχτυλιδιού ακροφυσίων και την συναρμολόγηση των λεπίδων, η θέση των οποίων ελέγχεται από έναν μηχανικό ζυγό και έναν εξωτερικό πνευματικό κύλινδρο.

Στο σχήμα 78 παρακάτω το δαχτυλίδι ακροφυσίων και οι λεπίδες αποσύρονται επιτρέποντας στα αέρια εξάτμισης να ενεργήσουν σε μια μεγάλη περιοχή στροβίλων, οι απαραίτητες ακριβώς συνθήκες για οικονομία καυσίμων υψηλής ταχύτητας στις χαμηλές πιέσεις ώθησης.



ΣΧΗΜΑ 78. Απεικόνιση της λειτουργίας ενός στροβιλοσυμπιεστή μεταβλητής γεωμετρίας

Όταν περισσότερη δύναμη απαιτείται το δαχτυλίδι ακροφυσίων και οι λεπίδες επεκτείνονται, μειώνοντας το χάσμα και επομένως το αποτελεσματικό μέγεθος του στροβίλου. Αυτό επιτρέπει στα αέρια εξάτμισης να γυρίσουν το συμπιεστή γρηγορότερα και να παραγάγει την πρόσθετη πίεση ώθησης χωρίς τη συνηθισμένη καθυστέρηση. Όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα σημερινά προηγμένα συστήματα διαχείρισης μηχανών, η περίπτωση της μεταβλητής γεωμετρίας παρέχει επίσης μέσο ύψους επανόρθωσης και ενισχυμένου συστήματος φρεναρίσματος μηχανών.

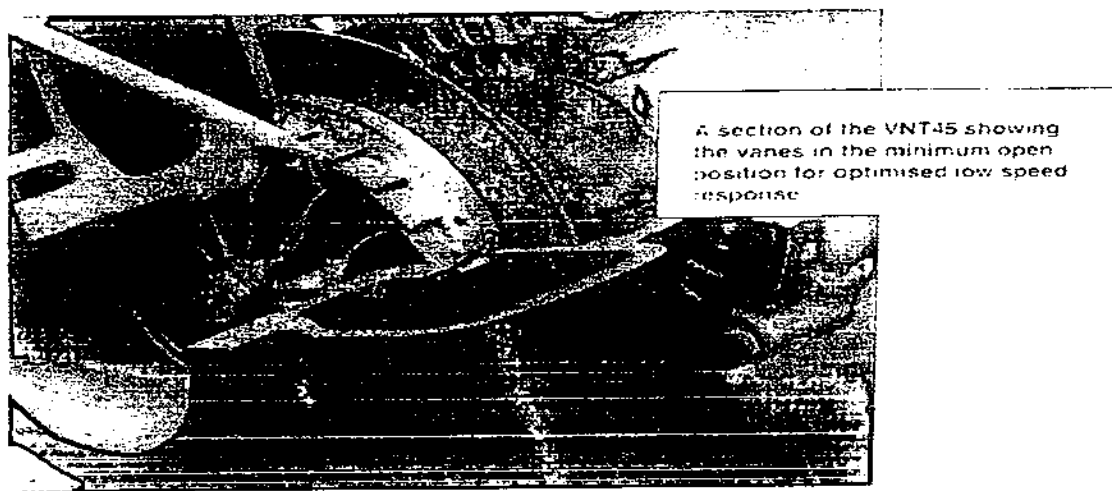
## 12.2 ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΑΚΡΟΦΥΣΙΩΝ

Το μέγεθος του καλύμματος του στροβίλου ενός συμβατικού στροβιλοσυμπιεστή ρυθμίζεται κατά τη διάρκεια της δημιουργίας και δοκιμάζεται σε μία συγκεκριμένη μηχανή. Το μέγεθος του καλύμματος του στροβίλου και του στρόφαλου είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ της αντίδρασης μικρής ταχύτητας και της μετάβασης του υψηλής ταχύτητας αερίου. Ένας μικρός στρόβιλος δίνει γρηγορότερη αντίδραση μικρής ταχύτητας αλλά σε υψηλότερες ταχύτητες παράγει αρκετή ώθηση έτσι ώστε ένα wastegate χρειάζεται να αποβάλλει την ανεπιθύμητη ώθηση.

Επίσης σε υψηλότερες ταχύτητες, ο μικρός στρόβιλος θα περιορίσει το ποσό αερίου που μπορεί να περάσει διάμεσο προκαλώντας ανεπιθύμητη επιστροφή πίεσης. Ένας μεγάλος στρόβιλος θα επιτρέψει την ελεύθερη μετάβαση αερίου και την υψηλότερη αποδοτικότητα σε υψηλές ταχύτητες μηχανών αλλά η αντίδραση μικρής ταχύτητας θα υποφέρει κατά συνέπεια.

Το VNT είναι ένας στροβιλοσυμπιεστής μεταβλητών ακροφυσίων. Περιλαμβάνει ένα συμβατικό τελειώμα συμπιεστών και ένα νέο σχέδιο καλύμματος στροβίλου που περιέχει ένα σταθερό δαχτυλίδι ακροφυσίων με 12 κινητά ελάσματα. Αυτά τα κινητά ελάσματα αλλάζουν τη γωνία κατά την οποία τα καυτά αέρια εξάτμισης προσκρούουν στις λεπίδες του στροβίλου. Τα ελάσματα κινούνται από ένα ενιαίο αυλακωμένο δαχτυλίδι αποκαλούμενο ως δαχτυλίδι ομοφωνίας, το οποίο λειτουργεί με την βοήθεια ενός στρόφαλου. Ο στρόφαλος αυτός κινείται μέσω του ενεργοποιητή.

Το σχήμα 79 παρουσιάζει το ελάχιστο άνοιγμα των ελασμάτων..



ΣΧΗΜΑ 79.

Τα ελάσματα του ακροφυσίου στην ελάχιστη ανοικτή θέση.

### **12.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

Η μεταβλητή γεωμετρία και ο στροβιλοσυμπιεστής μεταβλητών ακροφυσίων υπερνικούν αυτόν τον συμβιβασμό με την προσφορά ενός μικρού ανοίγματος ακροφυσίων που δίνει την άριστη χαμηλών στροφών αντίδραση. Ενώ με την υψηλότερη ταχύτητα μηχανών τα ακροφύσια ανοίγουν για να δώσουν μια μεγαλύτερη μετάβαση αερίου και να μειώσουν την επιστροφή πίεσης στη μηχανή. Αυτό διευρύνει το φάσμα των μηχανών με βελτιωμένη επιτάχυνση.

Υψηλό επίπεδο ώθησης με χαμηλή ταχύτητα μηχανής επιτρέπει στον κατασκευαστή μηχανών να αυξήσει την αναλογία αέρα προς καύσιμα για να μειώσει τις εκπομπές καπνού και τη θερμοκρασία αερίου σε σταθερή τροφοδοσία καυσίμων, ή να αναδιαμορφώσει την καμπύλη ροπής με την αύξηση της τροφοδοσίας καυσίμων.

Η παροδική συμπεριφορά (καθώς η μηχανή επιταχύνεται) βελτιώνεται λόγω του υψηλού επιπέδου ώθησης, που επιτρέπει στον κατασκευαστή μηχανών για να μειώσει τις εκπομπές καπνού διατηρώντας ταυτόχρονα την απόδοση.

### **12.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Για να επιτευχθεί το μέγιστο πλεονέκτημα των στροβιλοσυμπιεστών μεταβλητής γεωμετρίας και των στροβιλοσυμπιεστών μεταβλητών ακροφυσίων, απαιτείται η χρήση ενός περίπλοκου ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου.

Αυτό επιτρέπει στη μηχανή να βελτιστοποιηθεί για καθεμία από τις παρακάτω κατηγορίες:

- καλύτερη επιτάχυνση
- οικονομία καυσίμων
- επίπεδο εκπομπής
- επίπεδο θορύβου



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω δεδομένα που αναλύσαμε στην εργασία μας καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα.

1)Στα επαγγελματικά οχήματα πχ φορτηγά επιβάλλεται η χρήση στροβιλοσυμπιεστή διότι παρά τον μεγάλο όγκο και βάρος που έχουν μπορούν αποδώσουν μεγαλύτερη ιπποδύναμη από ότι τους έχουν ορίσει οι κατασκευαστές.

2)Στους κινητήρες diesel όπου η απόδοση τους είναι μειωμένη σε σχέση με τους κινητήρες Otto είναι απαραίτητη η χρήση στροβιλοσυμπιεστή για την αύξηση του βαθμού απόδοσης τους.

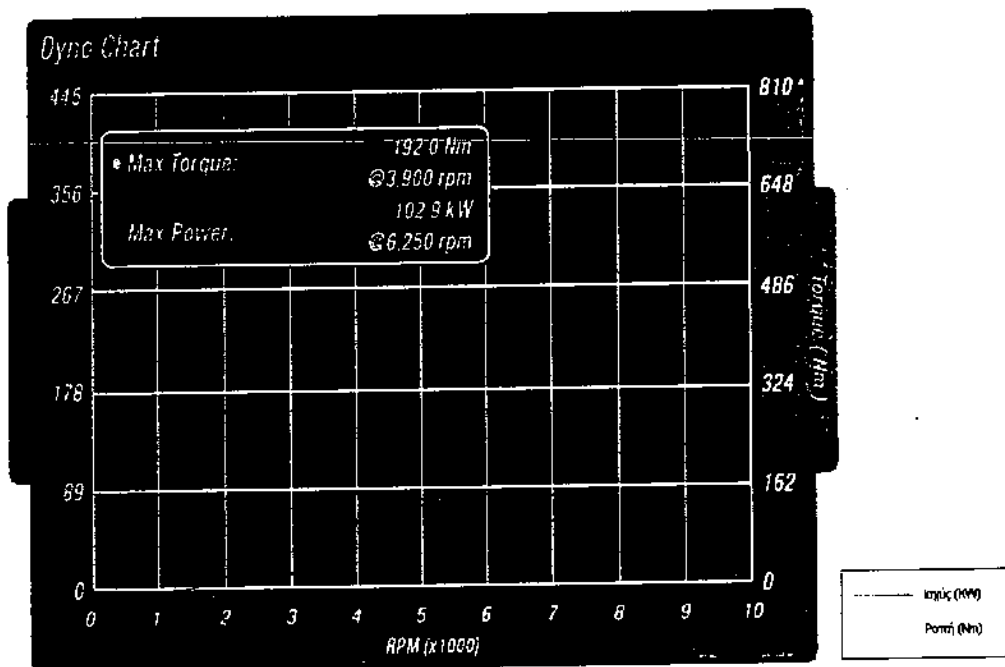
3)Σε οχήματα μεσαίας κατηγορίας όταν δεν επαρκεί η ισχύς του κινητήρα δεν είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του με έναν κινητήρα μεγαλύτερης απόδοσης διότι το κόστος τοποθέτησης ενός στροβιλοσυμπιεστή είναι μικρότερο καθώς και το βάρος του.

4)Μεγαλύτερη αξιοπιστία στο κινητήρα διότι έχουμε την επιθυμητή μέγιστη ισχύ σε χαμηλότερο φάσμα στροφών

5)Η χρήση στροβιλοσυμπιεστή στους κινητήρες diesel μειώνει τον ρύπου διότι ο κινητήρας αποδίδει περισσότερο έργο σε χαμηλότερες στροφές.

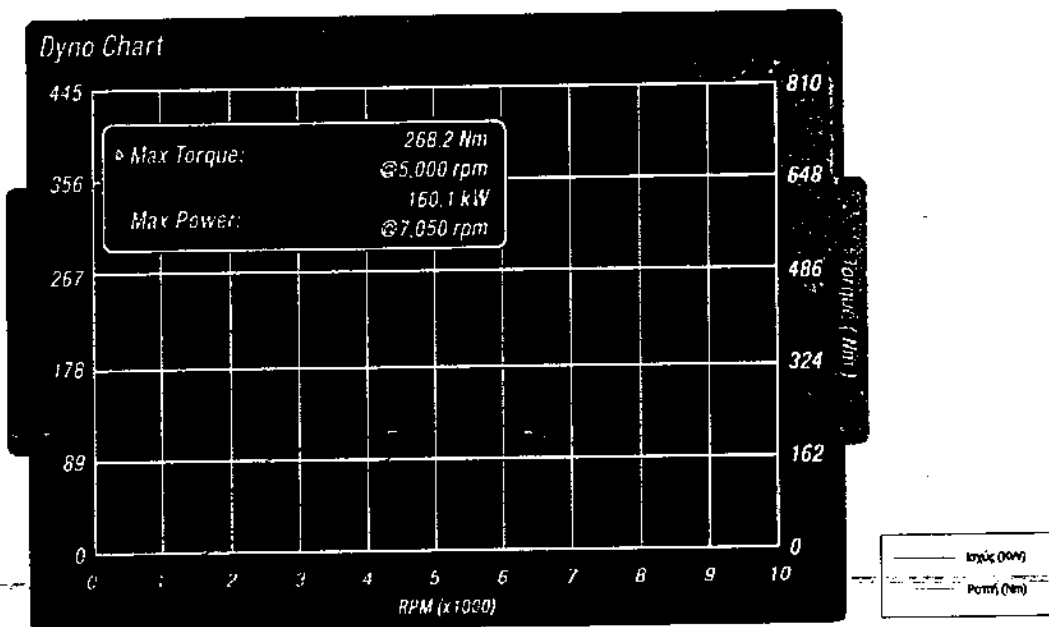
6)Με την χρήση στροβιλοσυμπιεστή έχουμε πληρέστερη καύση καθώς και καθαρότερη διότι ο καθαρισμός των κυλίνδρων γίνεται καλύτερα. Αυτό συμβαίνει γιατί ο στροβιλοσυμπιεστής παραδίδει περισσότερο αέρα στη μηχανή.

Στα παρακάτω διαγράμματα μπορούμε να διακρίνουμε τις διαφορές μεταξύ ενός σύγχρονου στροβιλοσυμπιεστή και ενός παλαιότερου.



ΣΧΗΜΑ 80

Στροβιλοσυμπιεστής παλαιότερου τύπου



ΣΧΗΜΑ 81

Σύγχρονος Στροβιλοσυμπιεστής

## Βιβλιογραφία

- Arthur W. Judge: *Modern Diesel Engines*, Chapman and Hall Ltd, London. Donald H. Matter: *Engines*, Thames and Hudson Ltd., London, 1962.
- Conference Arranged by the Institution of Mechanical Engineers: *Proceedings of the Conference on Technology of Engineering Manufacture*, London 1958.
- William Staniar: *Plant Engineering Handbook*, Prepared by a staff of specialists, McGraw-Hill Book Company, London 1959.
- Serope Kalpakjian: *Manufacturing Engineering and Technology*, 3<sup>rd</sup> edition, Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1995.
- H. C. Kazanas, Glenn E. Baker, and Thomas G. Gregor: *Basic Manufacturing Processes*, McGraw-Hill Inc., New York, 1981.
- H. C. Town and H. Moore: *Manufacturing Technology I, Basic Machines and Processes*, B.T. Batsford Ltd., London, 1979.
- William Z. Black and James G. Hartley: *Thermodynamics*, 2<sup>nd</sup> edition, SI Version, HarperCollins Publishers, New York, 1991.
- Dr. Yanus A. Cengel and Dr. Michael A. Boles: *Thermodynamics - An Engineering Approach*, McGraw-Hill Inc., New York, 1994.
- David Gibbs: *An Introduction to CNC Machining*, 2<sup>nd</sup> edition, Cassel Publisher Ltd., London, 1987.
- Vernon John: *Introduction to Engineering Materials*, 3<sup>rd</sup> edition, Macmillan, London, 1992.
- AlliedSignal Automotive (Garrett): *GTSeries*, Master Copy, AlliedSignal Automotive Ltd., 1993.
- AlliedSignal Automotive (Garrett): *Nickel Base Casting Alloy-GMR 235 (15Cr - 5Mo 2Ti-3.6Al-10Fe)*.
- Turbocharging Systems, Document Title Page and Revision Records, Number IDM-5350, Revision AJ, Document Type - Materials Specification - Last Revised by Vicki Rapp, 27 / 03 / 98.
- AlliedSignal Automotive (Garrett): *Alloy Castings. Investment. Corrosion and Heat Resistant Nickel Base, 12Cr-Mo-2Nb- 0. Ti -6.0 Al, (713)*. Turbocharging Systems, Document Title Page and Revision Records, Number IDM-5353, Revision T, Document Type - Materials Specification - Last Revised by Vicki Rapp, 27 / 03 / 98.
- AlliedSignal Automotive (Garrett): *Industrial Division Material (IDM) High Strength Aluminum Alloy for Plaster Molds (C355 - T61)*.
- Turbocharging Systems, Document Title Page and Revision Records, Number IDM-4211, Revision P, Document Type - Materials Specification - Last Revised by Vicki Rapp, 04 / 03 / 98.
- AlliedSignal Automotive (Garrett): *Ductile Iron Castings*.
- Turbocharging Systems, Document Title Page and Revision Records, Number IDM-5370, Revision M, Document Type - Materials Specification - Last Revised by Vicki Rapp, 31 / 03 / 98.
- AlliedSignal Automotive (Garrett): *Gray Iron Castings UNSF12101*. Turbocharging Systems, Document Title Page and Revision Records, Number IDM-5371, Revision H, Document Type - Materials Specification - Last Revised by Vicki Rapp, 31 / 03 / 98.
- AlliedSignal Automotive (Garrett): *Aluminum Alloy A356-T6*.
- Turbocharging Systems, Document Title Page and Revision Records, Number IDM-4259, Revision B, Document Type - Materials Specification - Last Revised by Vicki Rapp, 19 / 03 / 98.
- AlliedSignal Automotive (Garrett): *Ductile Iron Ni-Resist Castings*. Turbocharging Systems, Document Title Page and Revision Records, Number IDM-5365, Revision J, Document Type - Materials Specification - Last Revised by Vicki Rapp, 31 / 03 / 98.

## Διευθύνσεις στο internet

<http://www.holset.co.uk>, <http://www.jps.net/gibson4/>, <http://www.bramall-turbo.com/HeavyDT.html>, [http://www.be1.com/users/tam\\_co/yamaha/turbos.html](http://www.be1.com/users/tam_co/yamaha/turbos.html), [http://www.alliedsignal.com/corporate/products\\_and\\_services/index.html](http://www.alliedsignal.com/corporate/products_and_services/index.html), <http://www.turboclinic.co.uk/index.html>, <http://www.turboneticsinc.com/index01.html>, <http://www.compulink.co.uk/~joss/TF.html>, <http://www.turbocity.com/Turbos/turbochargers.html>, <http://www.turbointernational.com/>, <http://www.westernturbo.mb.ca/>, <http://www.zhome.com/ZCMnL/index.html>, <http://www.index.co.za/turbochargers/>, <http://www.dynamicturbo.com.au/>, access on <http://www.turbocharger.net/>, <http://www.blaylock-turbo.com/turbocharger.htm>, <http://www.elliott.thomasregister.com/olc/eniott/>, <http://www.motivepower.com/>, <http://www.montana.com>, <http://ni.umd.edu/gntvpe>, <http://www.turbos.html>

