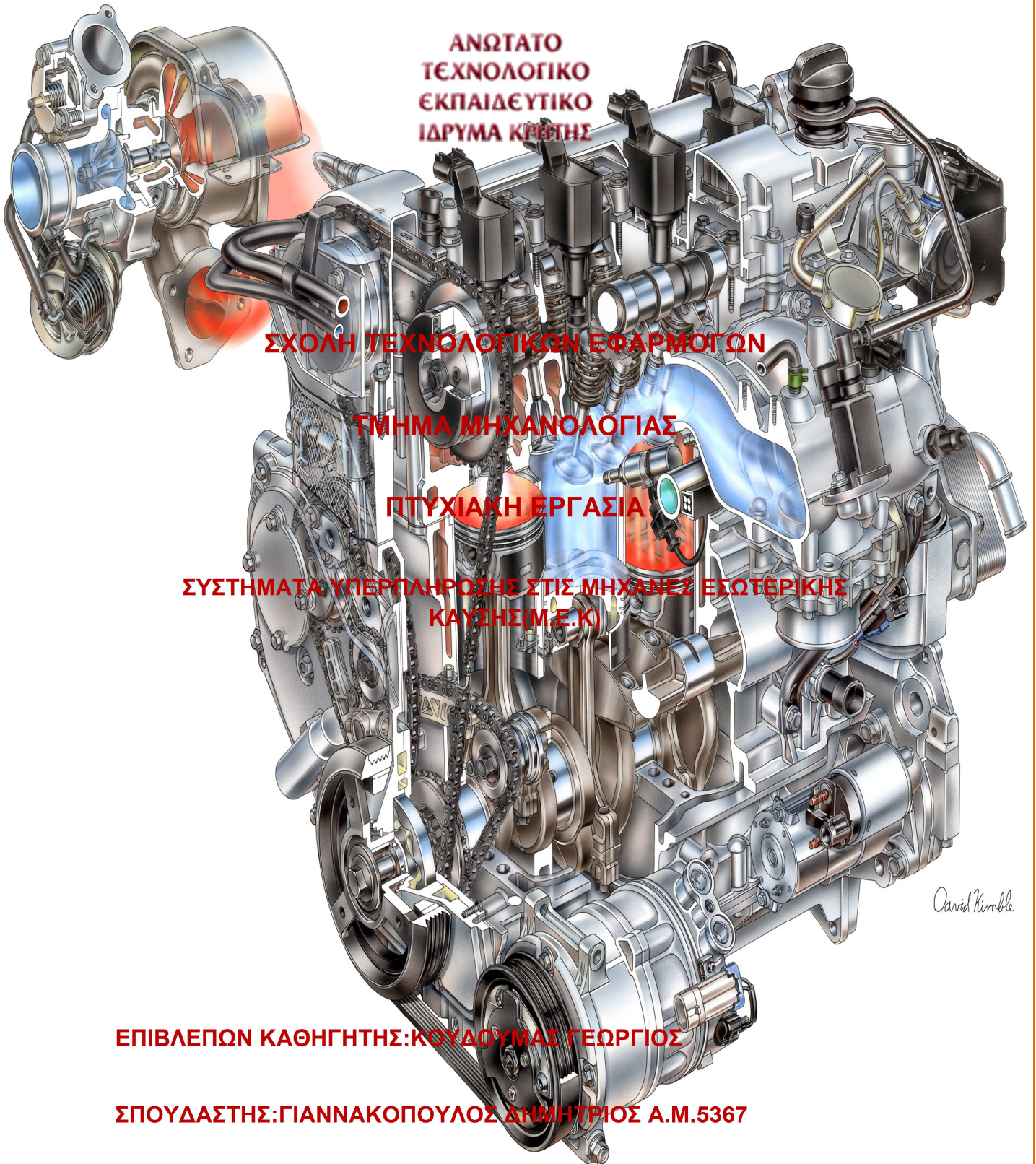




ΑΝΩΤΑΤΟ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ  
ΚΑΥΣΗΣ (Μ.Ε.Κ)

*David Kimble*

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΔΟΥΜΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Α.Μ.5367

Ηράκλειο Εαρινό Εξάμηνο: 2014

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή τον κύριο Γεώργιο Κουδουμά, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, όλο αυτό τον καιρό και για την σημαντική βοήθεια και την συμβολή του ώστε να υλοποιηθεί με επιτυχία η παρούσα πτυχιακή εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου για την βοήθεια της στις σπουδές μου όλο αυτό τον καιρό, τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους λοιπούς παράγοντες που βοήθησαν για την υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.



# 1. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	2
2. ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	5
4. ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ Μ.Ε.Κ.....	10
4.1 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΕΡΙΩΝ.....	10
4.2 ΚΥΚΛΟΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ Ή ΚΥΚΛΟΣ ΟΤΤΟ.....	12
4.3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	12
4.4 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΗΣ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΗΣ.....	14
5. ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ Μ.Ε.Κ .....	16
5.1 ΣΩΜΑ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ(ΚΟΡΜΟΣ-ΜΠΛΟΚ).....	16
5.2 ΕΜΒΟΛΟ(ΠΙΣΤΌΝΙ).....	16
5.3 ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ(ΜΠΙΕΛΑ).....	18
5.4 ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ.....	20
5.5 ΣΦΟΝΔΥΛΟΣ(ΒΟΛΑΝ).....	22
5.6 ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗ.....	24
5.7 ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ.....	25
5.8 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ – ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	28
5.9 ΒΑΛΒΙΔΕΣ-ΤΥΠΟΙ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.....	30
5.10 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ: .....	39
6. ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.....	40
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	40
6.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.....	42
6.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΜΕ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟ ΤΕΝΤΩΤΗΡΑ ΑΛΥΣΙΔΑ(Vario cam).....	42
6.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ(Vanos).....	44
6.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ V-TEC HONDA. ....	45
6.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ VVT-i ΤΗΣ ΤΟΥΟΤΑ.....	52
6.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ VVTL-i ΤΟΥΟΤΑ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ VVTL-i.....	53
6.2.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (valve lift audi). .....	54
6.2.7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (valve tronic bmw). ..	56
6.2.8 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΜΕ ΒΥΘΙΣΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (super v-tec HONDA). .....	57

6.2.9	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ .....	58
6.2.10	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ .....	58
7.	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ .....	59
7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	59
7.1.1	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ.....	59
7.2	ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ. ....	60
7.3	ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥΣ ΑΥΛΟΥΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.....	61
7.4	ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ (RESONANCE INTAKE SYSTEM).....	63
7.5	ΣΥΓΚΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ – ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.....	65
8.	ΞΕΝΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ .....	66
8.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ.....	66
8.2	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	67
8.3	ΤΥΠΟΙ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ.....	68
8.4	ΑΝΑΛΥΣΗ.....	68
8.4.1	ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ.....	68
8.4.2	ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ Ή TURBO (turbocharger).....	73
8.4.3	ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΕ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΑ ΠΤΕΡΥΓΙΑ.....	81
8.4.3.1	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ TURBO .....	82
8.4.4	ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ (COMPREX). ....	86
8.4.5	ΜΙΚΤΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ .....	88
8.4.6	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΤΟΥ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ (INTERCOOLER). ....	95
8.4.7	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΡΟΑΝΑΦΛΕΞΗΣ.....	102
8.4.8	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΝΧΟΥ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΗΣ .....	103
8.4.9	ΕΛΕΓΧΟΣ- ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ .....	110
8.4.10	ΒΛΑΒΕΣ.....	110
9.	ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	111
10.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	112



## 2. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η αναφορά των συστημάτων υπερπλήρωσης τα οποία χρησιμοποιούνται, ευρέως στις μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ) στα επόμενα κεφάλαια της πτυχιακής εργασίας θα αναλυθούν οι τρόποι και τα συστήματα αύξησης της ισχύος, όπως με συστήματα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων, με δυναμική υπερπλήρωση δηλαδή με τον συντονισμό της πολλαπλής εισαγωγής και με ξένη υπερπλήρωση, δηλαδή με αύξηση της πίεσης της εισαγωγής .

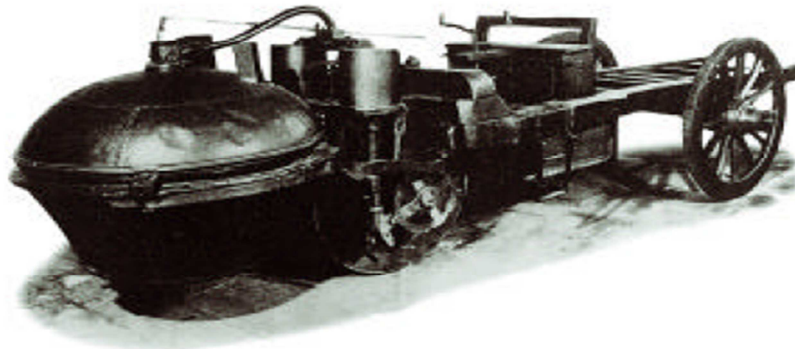
Ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα που κληθήκαν να αντιμετωπίσουν οι αυτοβιομηχανίες είναι για την παραγωγή της, αύξησης της ισχύος στις μηχανές εσωτερικής καύσης όσο το δυνατόν με την ελάχιστη, δυνατή αύξηση του όγκου εμβολισμού του κινητήρα. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε είτε με την χρήση πολυβάλβιδων κινητήρων, είτε με τον συντονισμό της πολλαπλής εισαγωγής ακόμα και με την τοποθέτηση, διάφορων επιπλέον εξαρτημάτων στους κινητήρες(turbo). Αυτοί οι κινητήρες έχουν μελετηθεί από τους κατασκευαστές έτσι ώστε να είναι λειτουργικά σωστοί, να παρουσιάζουν όσο το δυνατόν λιγότερα τεχνικά προβλήματα, να είναι όσο το δυνατόν πιο πολύ φιλικό στο περιβάλλον χωρίς σοβαρές για το περιβάλλον εκπεμπόμενους ρύπους, δηλαδή να πλήρη τις σωστές από τον κατασκευαστή αναλογίες αέρα καύσιμου μείγματος .

Αυτές οι διεργασίες χρησιμοποιούνται στους περισσότερους κινητήρες είτε είναι βενζινοκινητήρες (Otto), είτε σε κινητήρες που το καύσιμο τους είναι πετρέλαιο (diesel). Επίσης είναι θαυμαστό ότι για τα συστήματα αυτά δεν έχουν σημασία τα κυβικά του κινητήρα είτε αυτός είναι μικρού είτε και μεσαίου τύπου κινητήρα, υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης τους. Για το λόγο ότι ορισμένα από αυτά τα συστήματα υπερπλήρωσης χρησιμοποιούνταν και τα τοποθετούσαν αποκλειστικά, σε κινητήρες μεγάλου κυβισμού.

Στα πρώτα κεφάλαια της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα αναλυθούν, τα στοιχεία που υπάρχουν σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης, για την κατανόηση των επόμενων κεφαλαίων όπου εκεί θα αναλυθούν τα συστήματα υπερπλήρωσης στις μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ). Πιο αναλυτικά στο κεφάλαιο τρία γίνεται μια ιστορική αναδρομή για το αυτοκίνητο, και για τους ανθρώπους-κατασκευαστές οι οποίοι κατασκεύασαν τα πρώτα αυτοκίνητα. Στο κεφάλαιο τέσσερα γίνεται μια σύντομη αναφορά για τις καταστάσεις των αερίων, αλλά και για την λειτουργία του βενζινοκινητήρα κινητήρα Otto. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται τα βασικά μέρη που αποτελούν μια μηχανή εσωτερικής καύσης(Μ.Ε.Κ). Στο εκτός κεφαλαίο αναφέρονται τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων. Στο έβδομο κεφάλαιο αναλύονται οι τρόποι συντονισμού της πολλαπλής εισαγωγής. Και στο κεφάλαιο οκτώ αναφέρονται οι τρόποι αύξησης της ισχύος με αύξηση της πίεσης του αέρα. Τέλος στο ένατο κεφάλαιο έχει αφιερωθεί για τα τελικά τελικά συμπεράσματα των συστημάτων αυτών.

### 3. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Μια από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις του ανθρώπου ήταν η κατασκευή του τροχού το 3.500 π.Χ . Ωστόσο μετά την ανάπτυξη της γεωργίας περίπου 12.000 χρόνια πριν πραγματοποιήθηκε, μια από τις μεγαλύτερες αναλήψεις η οποία ήταν το αυτοκίνητο. Το αυτοκίνητο είναι πλέον, όσο καιμία άλλη μηχανή, μέρος της ύπαρξης μας. Επιπλέον η βιομηχανία του αυτοκινήτου είναι από τις σημαντικότερες δραστηριότητες σε παγκόσμιο επίπεδο, άμεσα συνδεδεμένη με την βιομηχανία του χάλυβα, ψευδαργύρου, υάλου, αλουμινίων, και πλαστικών. Επίσης σημαντική ανάπτυξη προέκυψε και στα υγρά καυσίμων λόγω του αυτοκινήτου. Επιπλέον αναπτύχθηκαν και άλλοι κλάδοι όπως οδοποιία, η γεφυροποιία και άλλοι τεχνικοί κλάδοι, επίσης λόγω της ανάγκης που αναπτύχθηκε είχε ως αιτία ανάπτυξης η διένεξη οδικών σηράγγων και η κατασκευή οδικών δικτύων. Βέβαια αναφέρθηκαν και αρνητικές επιπτώσεις με την εμφάνιση του αυτοκινήτου όπως, η ρύπανση του περιβάλλοντος και τα τροχαία ατυχήματα. Μέχρι την εφεύρεση της ατμομηχανής, το 1712, το όνειρο για ένα μηχανοκίνητο μεταφορικό μέσο άνηκε στη φαντασία και μόνο. Το πρώτο όχημα που κινήθηκε με δική του ισχύ ήταν του Γάλλου αξιωματικού του μηχανικού Νικολά Κινιό το 1769.



**Εικόνα 3.1:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το πρώτο μηχανοκίνητο όχημα.

Το όχημα αυτό είχε ένα τεράστιο καζάνι στο μπροστινό μέρος του, εξαιτίας του βάρους του η οδήγηση του ήταν πολύ δύσκολη, ενώ η ταχύτητα του ήταν μόλις 3 [Km/h]. Επίσης ένα ακόμα πρόβλημα που είχε αυτό το όχημα ήταν ότι αργούσε αρκετά να βράσει το νερό ώστε να μπορέσει να κινηθεί, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει εξέλιξη στο είδος αυτών των οχημάτων.

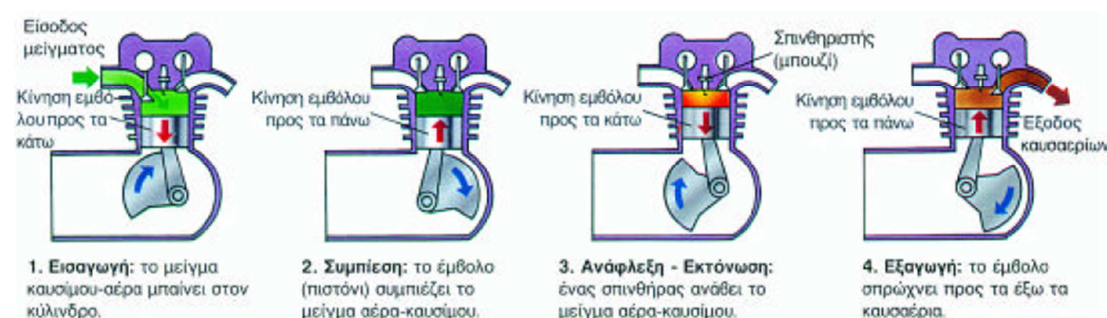
Επί ενάμισι αιώνες οι ατμομηχανές παρήγαγαν τον ατμό έξω από το σύστημα, στο οποίο έδιναν την κίνηση (**μηχανές εξωτερικής καύσης**). Η εμφάνιση των μηχανών εσωτερικής καύσης, και ιδιαίτερα του τετράχρονου κινητήρα, προσέφερε περισσότερες ελπίδες, αυτό που ήταν αναγκαίο ήταν να βρεθεί μια κατάλληλη καύσιμη ύλη που δεν ήταν άλλη από την βενζίνη.

Η πρώτη μηχανή εσωτερικής καύσης που λειτούργησε ικανοποιητικά κατασκευαστική από τον Γάλλο εφευρέτη γεννημένο στο Βέλγιο Ζαν-Ζοζέφ-Ετιέν. Η μηχανή αυτή χρησιμοποιούσε σαν καύσιμο μίγμα το κάρβουνο, φωταέριο και αέρα. Το 1860 ο Λενουάρ τοποθέτησε μια τέτοια μηχανή σε ένα μικρό όχημα και έτσι δημιούργησε μια <<άμαξα χωρίς άλογα >>. Υπήρχαν ήδη τέτοιες άμαξες που κινούνταν με ατμό αλλά του Λενουάρ ήταν πιο μικρό και είχε καλύτερη οδική συμπεριφορά .



Ο Μαρκούς έκανε πειράματα με μηχανές που χρησιμοποιούσαν σαν καύσιμο τη βενζίνη. Ο Μαρκούς τοποθέτησε μια τέτοια μηχανή πάνω σε μια χειράμαξα το 1864 και η κατασκευή αυτή θα πρέπει να θεωρηθεί ως το πρώτο βενζινοκίνητο αυτοκίνητο.

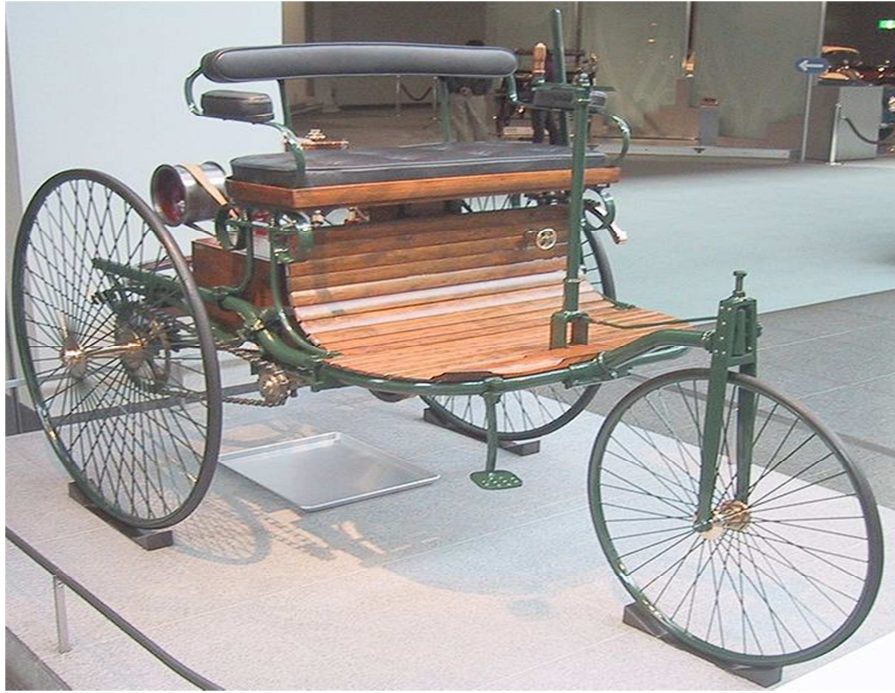
Ο Γερμανός μηχανικός Νικολαός Όττο (1832-1891) κατασκεύασε μια τροποποιημένη μορφή του κινητήρα, στην οποία το έμβολο πραγματοποιούσε τέσσερις κινήσεις σε μία πλήρη περιστροφή. Έτσι με την κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω (**πρώτος χρόνος**), αναρροφούσε ένα μίγμα, αέρα και εύφλεκτων ατμών. Κατόπιν, το έμβολο κινείται προς το επάνω μέρος συμπιέζοντας το μίγμα (**δεύτερος χρόνος**). Όταν η συμπίεση φθάσει στην μέγιστη τιμή της, ένας σπινθήρας προκαλούσε την καύση του μίγματος, ενώ η πίεση των αερίων που δημιουργούνται από την ανάφλεξη του μίγματος ωθούσε το έμβολο προς τα κάτω (**τρίτος χρόνος**). Όταν το έμβολο κινούνταν προς τα επάνω, ωθούσε τα αέρια της καύσης (καυσαέρια) έξω από τον κύλινδρο (**τέταρτος χρόνος**).



**Σχήμα 3.1:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζονται οι τέσσερις χρόνοι του βενζινοκινητήρα του Όττο.

Αυτήν την μηχανή την κατασκεύασε ο Νικολαός Όττο το 1876 με βελτιωμένη αλλά όχι ικανοποιητική απόδοση. Ο κινητήρας Όττο όπως ονομαστικέ, ήταν πιο βελτιωμένος από εκείνο του Λενουάρ. Η σχεδίαση αλλά και η φιλοσοφία του κινητήρα αυτού αποτέλεσαν βάση των σημερινών εξελιγμένων **μηχανών εσωτερικής καύσης**.

Λίγα χρόνια αργότερα, στις αρχές του 1885, ο Γερμανός μηχανολόγος - μηχανικός Καρλ Φρίντριχ Μπεντς (1844-1929) κατασκεύασε το πρώτο πραγματικά αποδοτικό βενζινοκίνητο εσωτερικής καύσης, το οποίο τον τοποθέτησε σε ένα όχημα δικής του κατασκευής. Το όχημα αυτό ήταν το πρώτο εύχρηστο αυτοκίνητο με βενζινοκίνητη μηχανή εσωτερικής καύσης και είχε τρεις τροχούς, ομοίως με εκείνους του ποδηλάτου (δύο μεγάλους πίσω και έναν μικρότερο εμπρός). Το όχημα αυτό ήταν εφοδιασμένο με έναν υδρόψυκτο μονοκύλινδρο κινητήρα, τοποθετημένο επάνω από τον οπίσθιο άξονα. Ο κυλινδρισμός του κινητήρα αυτού ήταν  $984 \text{ cm}^3$ , και απέδιδε 0.9hp ή 0.7Kw στις 400 στροφές ανά λεπτό και το συνολικό βάρος αυτού ήταν 313[kg].



**Εικόνα 3.2:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το όχημα του μηχανολόγου- μηχανικού Φρίντριχ Μπεντς το έτος 1885.

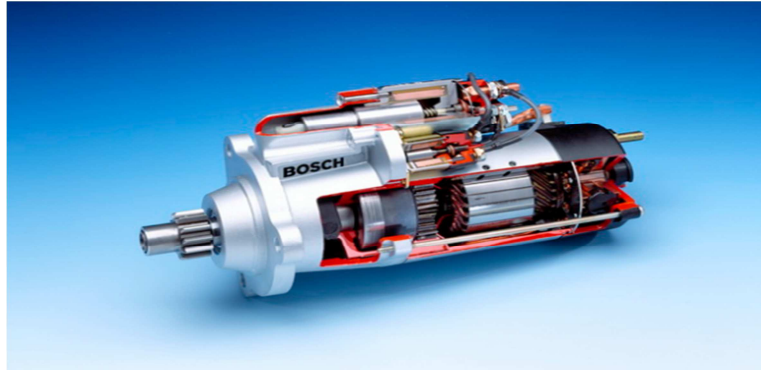
Για την εκκίνηση των κινητήρων χρειάζονταν μια χειρολαβή (μανιβέλα) την οποία την τοποθετούσαν στο εμπρόσθιο τμήμα του αμαξώματος και περιστρέφει τον ρότορα. Η περιστροφή αυτή χρειάζονταν μεγάλη προσπάθεια, και επίσης ήταν και πολύ επικίνδυνο για τον άνθρωπο που την χειριζόταν για τον λόγο ότι ο χειροστρόφαλος περιστρεφόταν με πολλή μεγάλη ταχύτητα.



**Εικόνα 3.3:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ένας άνθρωπος που δίνει εκκίνηση στο όχημα με τον εκκινήτηρα μανιβέλα.

Το 1911 το Αμερικάνος εφευρέτης Τσαρλς Φράνκλιν (1876-1958) επινόησε έναν ηλεκτρικό εκκινήτηρα (μίζα) που έθετε σε κίνηση τη μηχανή με το γύρισμα ενός κλειδιού και την ταυτόχρονη παροχή ρεύματος.





**Εικόνα 3.4:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο εκκινητήρας (μίζα).

Τον πρώτο εκκινητήρα χρησιμοποίησε η αυτοκίνητο βιομηχανία Κάντιλακ (Cadillac) το 1912, και ύστερα το υιοθέτησαν και οι υπόλοιποι κατασκευαστές. Εφόσον λύθηκε αυτό το πρόβλημα του χειροστροφάλου μπορούσε ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι να θέσουν σε κίνηση και να οδηγήσουν ένα αυτοκίνητο, με αποτέλεσμα να εξελιχθεί ραγδαία η χρήση του.

Γενικά τα πρώτα αυτοκίνητα είχαν κινητήρες με μικρές ιπποδυνάμεις και χαμηλές στροφές, ενώ η κατασκευή και οι ανέσεις τους έδειχναν την άμεση καταγωγή τους από τις ιππήλατες άμαξες.



**Εικόνα 3.5:** Στις παραπάνω εικόνες απεικονίζονται στα αριστερά το μοντέλο <<T>> της Ford, ενώ στην δεξιά εικόνα απεικονίζεται το μοντέλο <<chummy>>της Austin seven.

Βέβαια, την ίδια εποχή τα αυτοκίνητα αγώνων είχαν σαφώς καλύτερες επιδόσεις το οποίο βέβαια συμβαίνει και στις μέρες μας.



**Εικόνα 3.6:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το μοντέλο <<type 35>> της Bugatti.

Επίσης καλύτερες επιδόσεις είχαν και κάποια αυτοκίνητα τα οποία ήταν αρκετά μεγάλου κόστους.



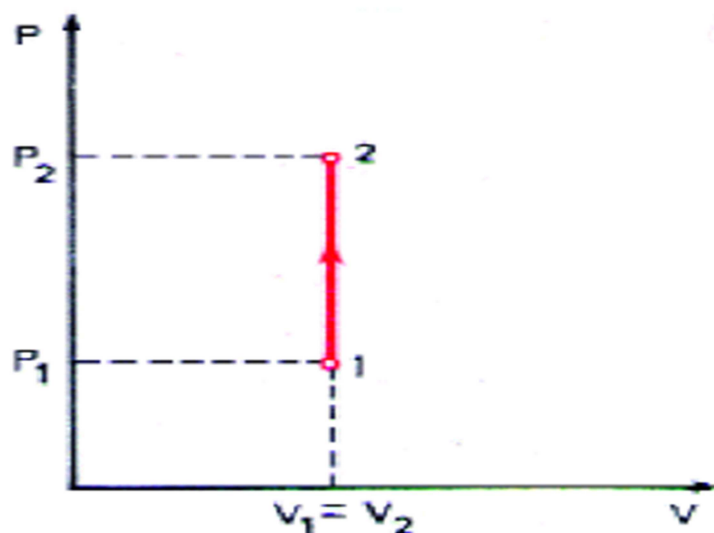
**Εικόνα 3.7:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το μοντέλο <<J>> της Duesenberg.

Αυτή η κατάσταση άλλαξε όταν ο Χένρυ Φορτ(Henry Ford, 1863-1947) ο οποίος κατασκεύασε το πρώτο αυτοκίνητο το 1893 και το 1899, ίδρυσε την γνωστή του εταιρία κατασκευής αυτοκινήτων. Ο σκοπός του ήταν να παράγει αυτοκίνητα σε μεγάλους αριθμούς (μαζικής παραγωγής) ώστε να μειωθεί η τιμή τους και να έχει την δυνατότητα να μπορεί να τα αγοράζει και η μεσαία τάξη. Το 1908 ο Ford εισήγαγε τον εξής βασικό νεοτερισμό του: σκέφτηκε να χωρίσει σε στάδια την κατασκευή ενός αυτοκινήτου το οποίο θα μεταφέρεται πάνω σε ένα ταινιομεταφορέα ο οποίος το μετέφερε διαδοχικά σε διαφορετικούς εργάτες. Ο καθένας εκτελούσε μια συγκεκριμένη εργασία έχοντας κοντά του τα απαραίτητα εξαρτήματα. Όταν τέλειωνε η όλη διαδικασία της συναρμολόγησης, είχε παραχθεί ένα πλήρες αυτοκίνητο, που ήταν εφοδιασμένο ακόμα και με βενζίνη για να μπορούσε να κινηθεί. Ο Φορτ παρήγαγε μια σειρά μοντέλων, τα όποια τα ονόμαζε με τα γράμματα του αλφαβήτου και θεώρησε ότι το μοντέλο <<T>> ήταν κατάλληλο για μαζική παραγωγή, το μοντέλο αυτό ξεκίνησε να κοστίζει 950 \$(δολάρια)και αργότερα η τιμή έπεσε στα 290 \$(δολάρια). Για πρώτη φορά, άτομο μεσαίου εισοδήματος είχε την δυνατότητα να αγοράσει αυτοκίνητο. Και έτσι άρχισε η<< χρυσή εποχή>> του αυτοκινήτου, την οποία διανύουμε ακόμα και σήμερα.

## 4. ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ Μ.Ε.Κ

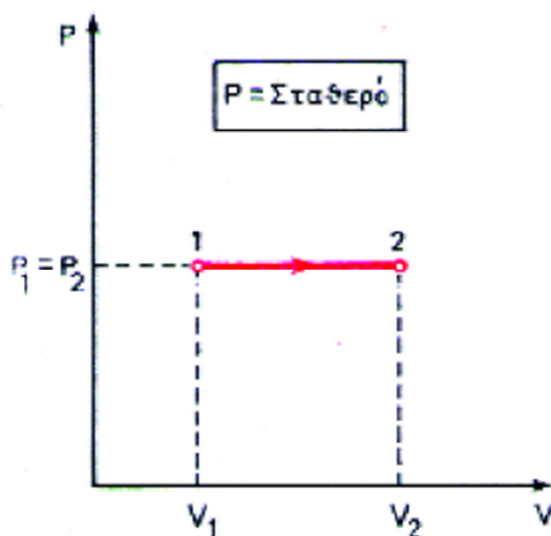
### 4.1 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΕΡΙΩΝ.

Ισόθερμη: ονομάζεται η μεταβολή ενός αερίου από μία κατάσταση [Α] θερμοδυναμικής ισορροπίας σε μία κατάσταση [Β] κατά την οποία, η θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η ισόθερμη μεταβολή σε διάγραμμα όπου, στον άξονα τον Χ απεικονίζεται ο όγκος και στον άξονα τον Υ η πίεση.



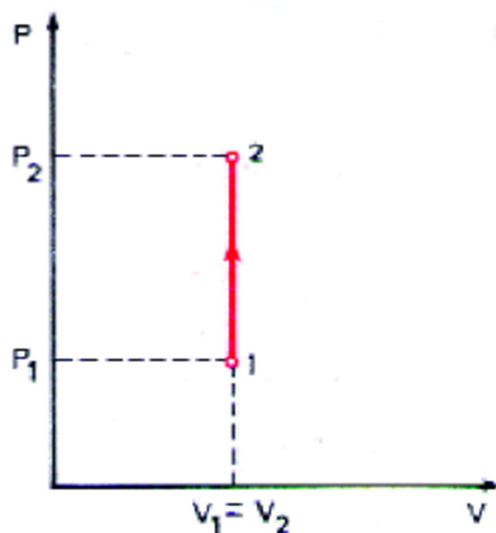
**Σχήμα 4.1:** ισόθερμη μεταβολή.

Ισοβαρής: ονομάζεται η μεταβολή ενός αερίου από μία κατάσταση [Α] θερμοδυναμικής ισορροπίας σε μία κατάσταση [Β], κατά την οποία η πίεση του αερίου παραμένει σταθερή. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η ισοβαρής μεταβολή σε διάγραμμα όπου, στον άξονα τον Χ απεικονίζεται ο όγκος και στον άξονα τον Υ η πίεση.



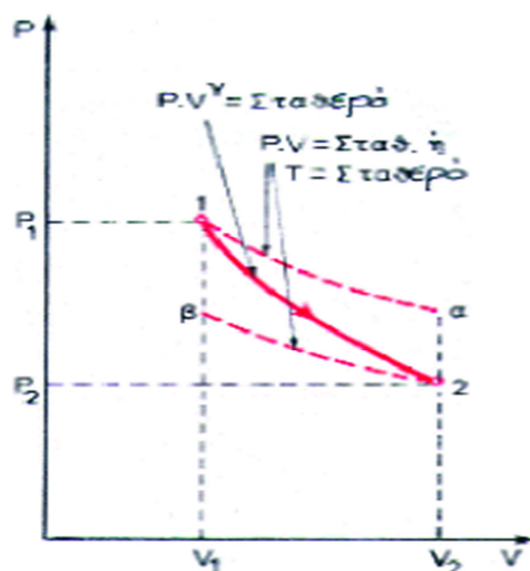
**Σχήμα 4.2:** ισοβαρής μεταβολή.

Ισόχωρη: ονομάζεται η μεταβολή ενός αερίου από μία κατάσταση [A] θερμοδυναμικής ισορροπίας σε μία κατάσταση [B], κατά την οποία ο όγκος του αερίου παραμένει σταθερός. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η ισόχωρη μεταβολή σε διάγραμμα όπου, στον άξονα τον X απεικονίζεται ο όγκος και στον άξονα τον Y η πίεση.



**Σχήμα 4.3:** ισόχωρη μεταβολή.

Αδιαβατική: ονομάζεται η μεταβολή ενός αερίου από μία κατάσταση [A] θερμοδυναμικής ισορροπίας σε μία κατάσταση [B], κατά την οποία το αέριο δεν ανταλλάσει θερμότητα από το περιβάλλον. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η αδιαβατική μεταβολή σε διάγραμμα όπου, στον άξονα τον X απεικονίζεται ο όγκος και στον άξονα τον Y η πίεση.



**Σχήμα 4.4:** αδιαβατική μεταβολή.

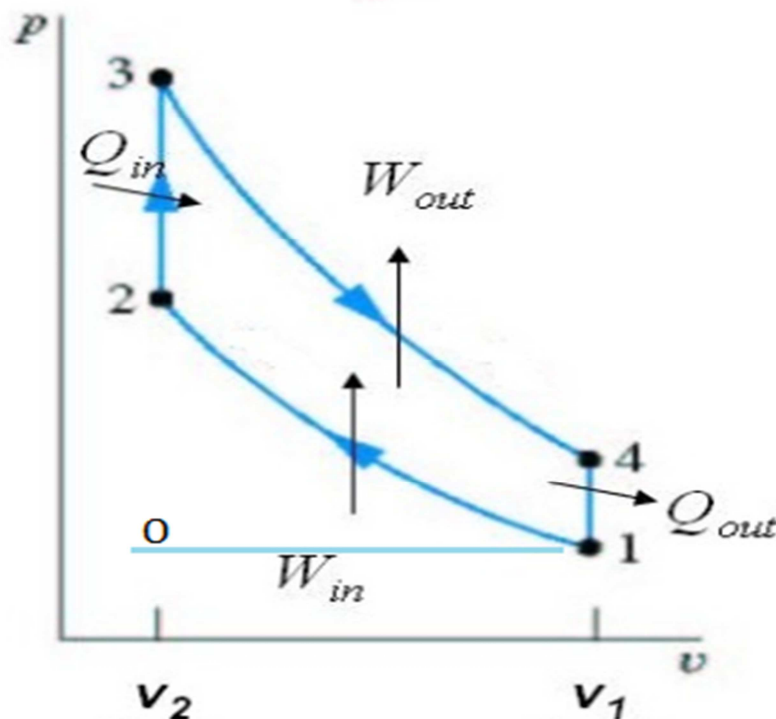


## 4.2 ΚΥΚΛΟΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ Ή ΚΥΚΛΟΣ ΟΤΤΟ.

Σε έναν κινητήρα, χρόνος ονομάζεται η διαδρομή που εκτελεί το έμβολο μεταξύ του άνω νεκρού σημείου(ΑΝΣ)και του κάτω νεκρού σημείου(ΚΝΣ)ή αντίστροφα. Για τους τετράχρονους κινητήρες έχουμε ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας σε δύο παλινδρομήσεις του εμβόλου(τέσσερις χρόνους)ή σε δύο περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα, ενώ για τους δίχρονους σε μία παλινδρομήση του εμβόλου (δύο χρόνους)ή σε μία περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Οι τετράχρονοι βενζινοκινητήρες ολοκληρώνουν το θερμοδυναμικό τους κύκλο σε τέσσερις χρόνους. Ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας απαιτεί δύο πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα και αυτό ισοδυναμεί με 720 μοίρες, και πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια τεσσάρων διαδρομών του εμβόλου. Οι διεργασίες που εκτελούνται σε έναν κύκλο λειτουργίας ενός τετράχρονου βενζινοκινητήρα, είναι πέντε(εισαγωγή, συμπίεση, καύση-εκτόνωση, εξαγωγή).

## 4.3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑ.

Για ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα δημιουργείται το διάγραμμα πίεσης – ειδικού όγκου λειτουργίας, όταν σε ένα σύστημα συντεταγμένων P-V καταγράψουμε τις πιέσεις που επικρατούν στον κύλινδρο και τις αντίστοιχες θέσεις του εμβόλου. Το παρακάτω θεωρητικό διάγραμμα λειτουργίας σχηματίζεται σύμφωνα με τους νόμους των τελιών αέριων.



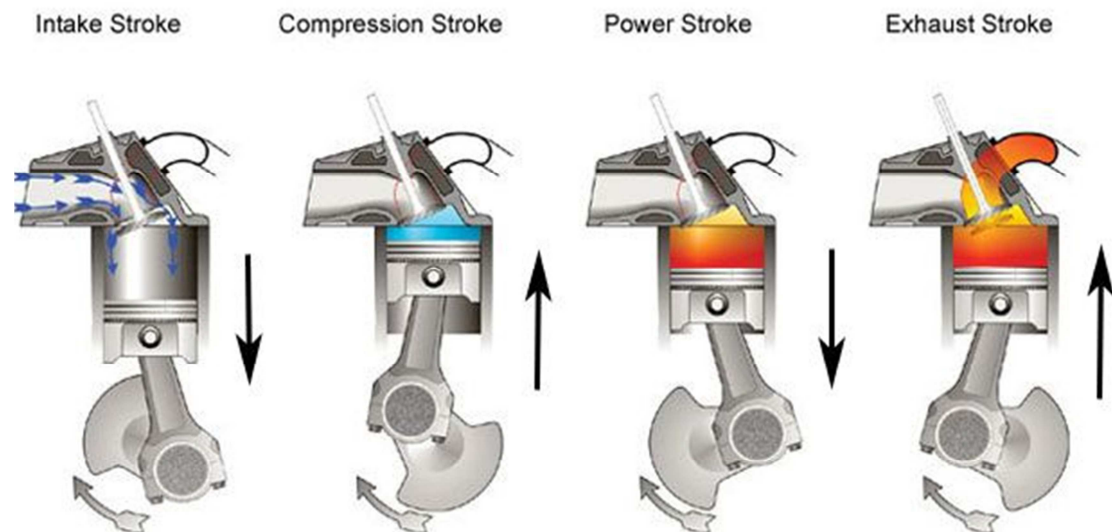
**Σχήμα 4.5:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το θεωρητικό δίγραμμα μιας τετράχρονης μηχανής Otto.

Κατά τη μεταβολή από 0 σε 1, το μείγμα αέρα-βενζίνη(14,7gr/1gr) αναρροφάται στην κάθοδο του εμβόλου από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ. Η μεταβολή θεωρείται ότι γίνεται υπό σταθερή πίεση, δηλαδή ότι είναι ισοβαρής. Στη συνέχεια εκτελείται η μεταβολή από το 1 έως το 3. Μόλις το έμβολο φθάσει στο ΚΝΣ κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής. Το έμβολο κατά την άνοδο του προς το ΑΝΣ συμπιέζει αδιαβατικά το καύσιμο μείγμα, και έτσι προκαλεί αύξηση της πίεσης. Η συμπίεση γίνεται πολύ γρήγορα και θεωρούμε ότι δεν προλαβαίνει να πραγματοποιηθεί ανταλλαγή θερμότητας, προς το περιβάλλον και έτσι η συμπίεση είναι αδιαβατική. Στη μεταβολή 3 σε 4, και ενώ το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ δίνεται ο σπινθήρας από το μπουζί με αποτέλεσμα την καύση του μείγματος, την παραγωγή θερμότητας και την αύξηση της πίεσης.



**Εικόνα 4.1:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο σπινθηριστής μπουζί.

Θεωρούμε ότι η καύση γίνεται ακαριαία, τη στιγμή που το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ και κατά συνέπεια η αύξηση της πίεσης πραγματοποιείται υπό σταθερό όγκο, δηλαδή ισόχωρα. Στη μεταβολή από 4 σε 5 τα καυσαέρια έχουν υψηλή πίεση και εκτονώνονται κινώντας το έμβολο προς τα κάτω. Έτσι, έχουμε την παραγωγή έργου έως ότου φτάσει το έμβολο στο ΚΝΣ. Αυτή η μεταβολή θεωρείται αδιαβατική. Στη μεταβολή από 5 σε 1, ενώ το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ, ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και θεωρητικά έχουμε ακαριαία παραγωγή θερμότητας από το σύστημα προς το περιβάλλον υπό σταθερό όγκο. Το σύστημα αποκτά την αρχική του πίεση. Η μεταβολή αυτή θεωρείται ισόχωρη. Στη μεταβολή από 1 σε 0, καθώς το έμβολο μετακινείται από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ, ωθεί τα καυσαέρια που εξέρχονται προς το περιβάλλον, υπό σταθερή πίεση. Η μεταβολή αυτή θεωρείται ισοβαρής.



**Εικόνα 4.2:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται οι τέσσερις χρόνοι ενός βενζινοκινητήρα Otto.

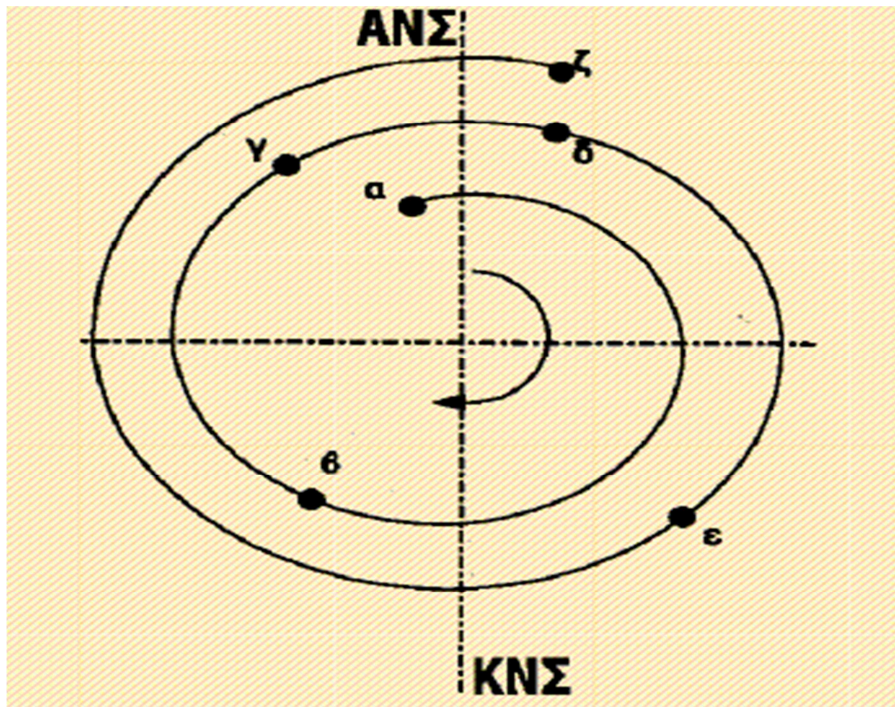
#### **4.4 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΗΣ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΗΣ.**

**Κατά την εισαγωγή:** όταν το έμβολο κινείται προς το ΚΝΣ, στον κύλινδρο δημιουργείται υποπίεση λόγω αύξησης του όγκου του, η οποία είναι μικρότερη κατά 0.1 έως 0.2bar από την εξωτερική πίεση. Λόγω αυτής της διαφοράς πίεσης αναρροφάται αέρας από το περιβάλλον προς τον κύλινδρο, ο οποίος εισέρχεται στον κύλινδρο μέσα από τη βαλβίδα εισαγωγής. Το καύσιμο μείγμα δεν προλαβαίνει να καταλάβει όλο τον όγκο του κυλίνδρου λόγω της μεγάλης ταχύτητας του εμβόλου, και των τριβών που αναπτύσσονται κατά την εισαγωγή του. Το αποτέλεσμα είναι η πραγματική πίεση να είναι μικρότερη από τη θεωρητική και όχι σταθερή, με αποτέλεσμα να παριστάνεται με καμπύλη γραμμή στο διάγραμμα πραγματικής λειτουργίας και όχι με ευθεία όπως στο διάγραμμα θεωρητικής λειτουργίας. Η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει αφού το έμβολο έχει μετακινηθεί αρκετά μετά το ΚΝΣ για να γίνει η απαραίτητη τροφοδοσία μείγματος στον κύλινδρο της μηχανής για καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου κατά την αναρρόφηση με καύσιμο μείγμα, που συνεπάγεται με βελτίωση της ισχύος, ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής 10° έως 20° μοίρες πριν από το ΑΝΣ και αρχίζει να κλείνει 30° έως 45° μοίρες μετά το ΚΝΣ.

**Κατά τη συμπίεση:** κατά την κίνηση του εμβόλου προς το ΑΝΣ το μείγμα συμπιέζεται ενώ οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι και οι δύο κλειστές.

**Κατά την καύση- εκτόνωση:** σε μία δεδομένη στιγμή και πριν το έμβολο φθάσει στο ΑΝΣ, δίνεται ο σπινθήρας από το μπουζί, ώστε να υπάρχει χρόνος για να ολοκληρωθεί η καύση. Η πίεση ακολουθεί την καμπύλη του σχήματος και από εκεί και μετά αρχίζει η εκτόνωση των αερίων. Ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα το σημείο ανάφλεξης, βρίσκεται από 0° έως 40° μοίρες πριν από το ΑΝΣ. Στις υψηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα, η ταχύτητα του εμβόλου είναι μεγάλη και πρέπει ο σπινθήρας να δοθεί αρκετές μοίρες πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ, ώστε τα καυσαέρια να έχουν αποκτήσει την μεγαλύτερη πίεση όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ. Τα καυσαέρια εκτονώνονται απότομα και πιέζουν το έμβολο προς το ΚΝΣ. Αυτός είναι ο ενεργητικός χρόνος κατά τον οποίο παράγεται μηχανικό έργο.

**Κατά την εξαγωγή:** η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει από 30° έως 50° ή και 60° μοίρες, πριν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ, για να υπάρχει χρόνος αρκετός ώστε να εξισωθεί η πίεση των καυσαερίων με την ατμοσφαιρική και να μειωθεί η αντίσταση στην άνοδο του εμβόλου. Για να διευκολυνθεί η εξαγωγή των καυσαερίων, η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει από 0° έως και 15° ή και ακόμη και 20° μοίρες μετά ΑΝΣ σε ορισμένους κινητήρες, ενώ η βαλβίδα εισαγωγής αρχίζει να ανοίγει πριν η βαλβίδα εξαγωγής κλείσει. Η φάση κατά την οποία και η βαλβίδα εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής είναι ανοικτές ονομάζεται επικάλυψη ή αλλιώς μπαλάντσο και διευκολύνει την εξαγωγή των καυσαερίων από τον κύλινδρο, επίσης μειώνει και τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται μέσα στον θάλαμο καύσης, καθώς και τη διαδικασία πλήρωσης του κυλίνδρου με καινούργιο καύσιμο μείγμα. Η ροή της εξαγωγής των καυσαερίων από τον κύλινδρο έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη υποπίεσης στην περιοχή της βαλβίδας εισαγωγής. Εξαιτίας αυτής της διαφοράς πίεσης, το καύσιμο μείγμα ωθείται προς την εισαγωγή πριν αρχίσει η κίνηση του εμβόλου προς το ΚΝΣ. Η πραγματική λειτουργία λειτουργία του κινητήρα απεικονίζεται στο παρακάτω σπειροειδές διάγραμμα.



**Σχήμα 4.6:** σπειροειδές διάγραμμα πραγματικής λειτουργίας τετράχρονης μηχανής εσωτερικής καύσης.

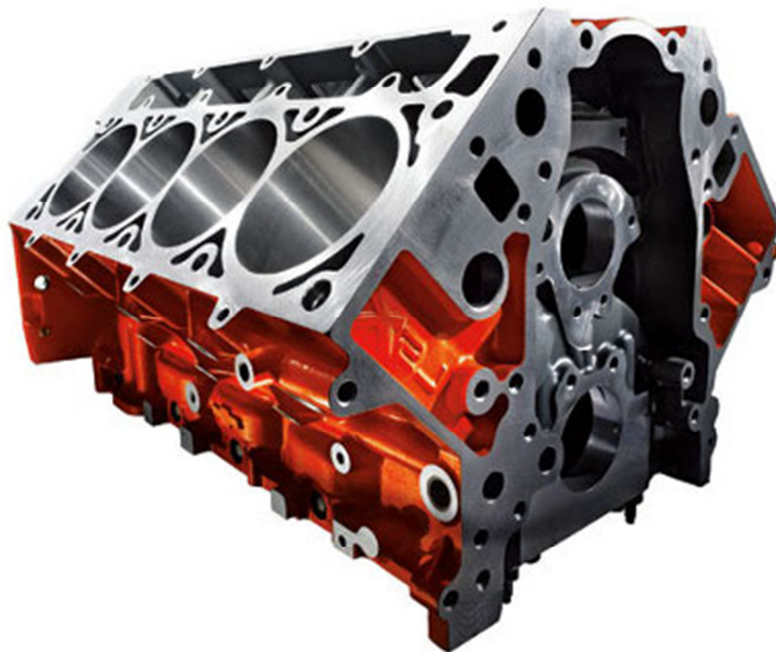
Στο πάνω μέρος του διαγράμματος υπάρχει το ΑΝΣ και στο κάτω μέρος το ΚΝΣ της κίνησης του εμβόλου. Ξεκινώντας από τις 0 μοίρες με δεξιόστροφη φορά, σημειώνονται οι τιμές των γωνιών κάθε φάσης. Στο σπειροειδές διάγραμμα απεικονίζονται οι μοίρες πριν ή μετά το ΑΝΣ ή το ΚΝΣ με τις οποίες ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής.



## 5. ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ Μ.Ε.Κ

### 5.1 ΣΩΜΑ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ(ΚΟΡΜΟΣ-ΜΠΛΟΚ).

Το κύριο δομικό στοιχείο των κινητήρων είναι το σώμα των κυλίνδρων ή αλλιώς κορμός ή μια άλλη υπάρχουσα ονομασία μπλοκ. Το σώμα αυτό αποτελεί τον σκελετό του κινητήρα, όπου διαμορφώνονται οι κύλινδροι και στερεώνονται όλοι οι άλλοι μηχανισμοί του.



**Εικόνα 5.1:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο κορμός της μηχανής (μπλοκ).

Επιπλέον αυτή η κατασκευή περιλαμβάνει τις βάσεις για την στήριξη του εκκεντροφόρου άξονα και του στροφαλοφόρου άξονα, επίσης τους θαλάμους κυκλοφορίας του νερού, και των αγωγών κυκλοφορίας του λαδιού, και επίσης και ο χώρος για τα γρανάζια του χρονισμού, και οι βάσεις στήριξης του καπακιού της ελαιολεκάνης (κάρτερ) και της αντλίας του λαδιού.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΩΜΑ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ- ΜΠΛΟΚ:

- Χυτοσίδηρος (με προσμίξεις χρωμίου, νικελίου, μολυβδαινίου, χαλκού ή και άλλων μετάλλων).
- Αλουμίνιο(με προσμίξεις πυριτίου, χαλκού, ψευδαργύρου μαγνησίου, χρωμίου και άλλων μετάλλων).

### 5.2 ΕΜΒΟΛΟ(πιστόνι).

Το έμβολο είναι από τα πιο σημαντικά μέρη του κινητήρα. Εκτίθεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται από την καύση του καύσιμου, για τον λόγο ότι τα αέρια της καύσης εξασκούν μεγάλες πιέσεις στην επιφάνεια του εμβόλου και έτσι μέρος της θερμικής ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική, όπου μεταφέρεται από τον διωστήρα (μπιέλα) στον στροφαλοφόρο άξονα. Επιπλέον το έμβολο είναι αυτό που δημιουργεί την απαραίτητη υπό πίεση για την εισαγωγή του μείγματος (αέρας - καύσιμου) επιπλέον απωθεί τα καυσαέρια από τον θάλαμο καύσης με σκοπό τον καθαρισμό του κυλίνδρου. Οι συνθήκες που εργάζεται το έμβολο είναι δύσκολες και συγκεκριμένα η κεφαλή του εμβόλου εκτίθεται σε θερμοκρασίες

που αγγίζουν τους 2.000°C έως 2.500°C, για τον λόγο αυτό τα έμβολα κατασκευάζονται από υλικά που έχουν ανάλογη αντοχή.

#### ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΕΚΥΗΣ ΕΜΒΟΛΟΥ:

- Χάλυβας.
- Κράματα αλουμινίου.

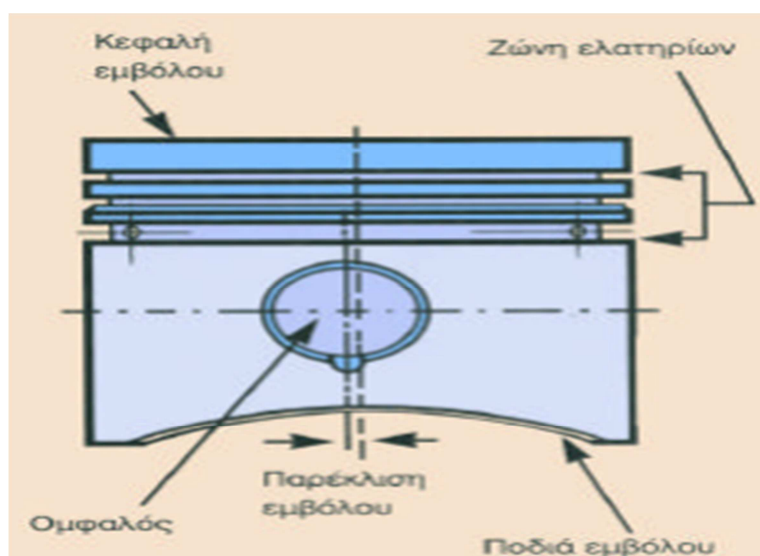
#### ΜΕΡΗ ΕΜΒΟΛΟΥ:

- Κεφαλή
- Ζώνη ελατηρίων
- Έδρανα του πείρου
- Ποδιά εμβόλου

Κεφαλή: το σχήμα της μπορεί να είναι επίπεδο αλλά και μπορεί να είναι και άλλης μορφής όπως σφαιρικό, ημισφαιρικό κλπ.

Ζώνη ελατηρίων: στην ζώνη ελατηρίων υπάρχουν αυλακώσεις – οδηγοί για την τοποθέτηση των ελατηρίων συμπίεσης και λαδιού.

Έδρανα του πείρου: είναι σημεία αυτά όπου στερεώνεται ο πείρος που συνδέει το έμβολο με την μπιέλα.



**Εικόνα 5.2:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται τα μέρη του εμβόλου.

#### ΤΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΕΜΒΟΛΟΥ:

- Ελατήρια
- Πείρος

Ελατήρια: το έμβολο πρέπει να εφαρμόζεται στεγανά στον κύλινδρο ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να διαφύγουν αέρια της καύσης προς τον στροφαλοθάλαμο, ή το λάδι λίπανσης να περάσει στον θάλαμο καύσης. Για τον σκοπό αυτό στις αυλακώσεις οδηγούς του εμβόλου εφαρμόζονται ειδικά ελατήρια, που εξασφαλίζουν πλήρη στεγανότητα στο χώρο του κυλίνδρου.



**Εικόνα 5.3:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται τα ελατήρια του εμβόλου.

Πείρος του εμβόλου: ο πείρος του εμβόλου έχει σκοπό να συνδέει το έμβολο με την μπιέλα. Είναι ένα σωληνωτό εξάρτημα με κυλινδρικό σχήμα, για να έχει μεγαλύτερη αντοχή και μικρότερο δυνατό βάρος. Ο πείρος καταπονείται πολύ, για τον λόγο ότι μεταφέρει όλες τις δυνάμεις από το έμβολο στη μπιέλα, ιδιαίτερα στη φάση της εκτόνωσης και της συμπίεσης.



**Εικόνα 5.4:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο πείρος του εμβόλου.

### **5.3 ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ(ΜΠΙΕΛΑ).**

Η λειτουργία της μπιέλας είναι να μεταφέρει την κινητική ενέργεια του εμβόλου στον στροφαλοφόρο άξονα, αλλά και αντίστροφα να μεταφέρει την δύναμη που χρειάζεται το έμβολο από το στροφαλοφόρο άξονα, ιδιαίτερα στην φάση της συμπίεσης και λιγότερο κατά τη φάση της εξαγωγής και της εισαγωγής. Στους χρόνους της εκτόνωσης – συμπίεσης – εξαγωγή η μπιέλα καταπονείται σε θλίψη και λιγισμό ενώ στον χρόνο της εισαγωγής η μπιέλα καταπονείται σε εφελκυσμό.

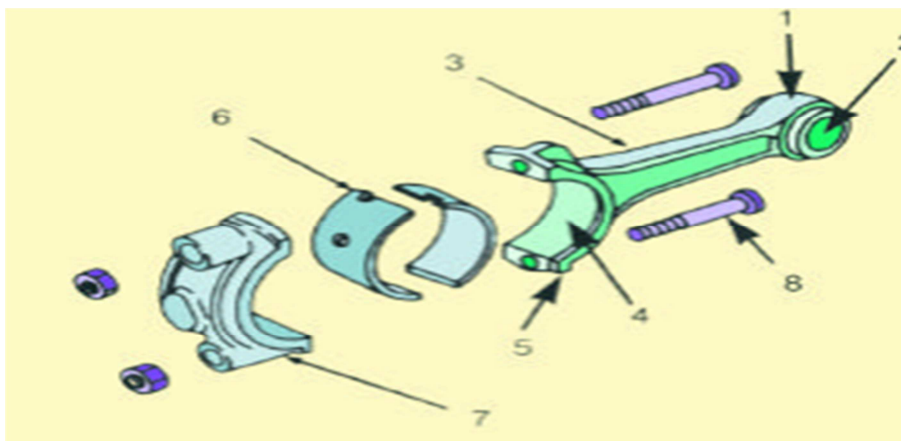
ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΩΣΤΗΡΑ(ΜΠΙΕΛΑ).

- Σφυρήλατο χάλυβα.



**Εικόνα 5.5:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η μπιέλα.

ΜΕΡΗ ΔΙΩΣΤΗΡΑ(ΜΠΙΕΛΑ): στη παρακάτω εικόνα απεικονίζονται τα μέρη του διωστήρα.



**Εικόνα 5.6:** 1)το πόδι,2)ο τριβέας του πείρου,4)ο αγωγός του λαδιού,5)η κεφαλή,6)ο τριβέας του στροφαλοφόρου,7)το κάλυμμα του εδράνου(καβαλέτο),8)βίδες στερέωσης του καλύμματος.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ο τρόπος σύνδεσης του εμβόλου με τον διωστήρα (μπιέλα), με το μέσω σύνδεση που ονομάζεται πείρος εμβόλου.





**Εικόνα 5.7:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο τρόπος σύνδεσης του εμβόλου και του διωστήρα(μπιέλα).

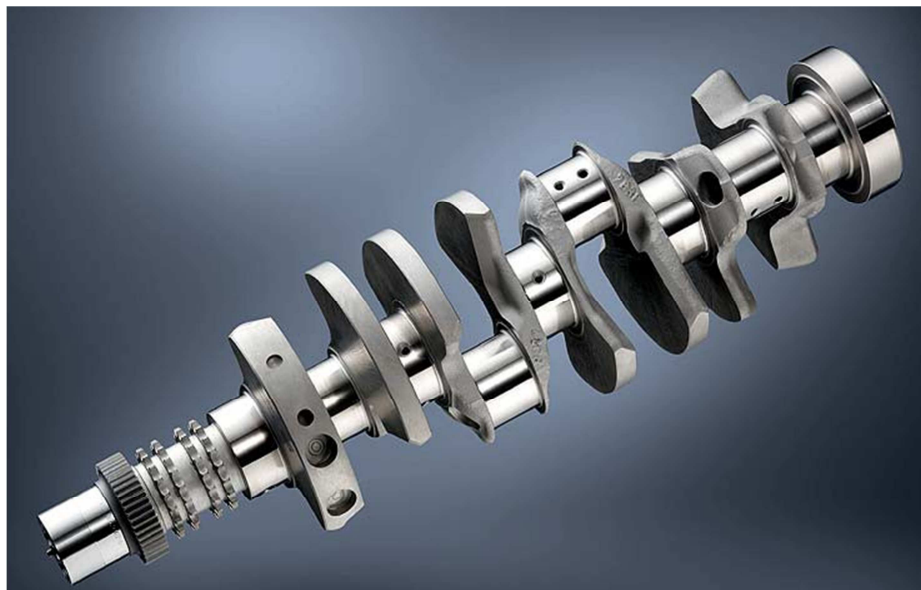
#### 5.4 ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ.

Ο σκοπός τους στροφαλοφόρου άξονα είναι να μετατρέπει, με τη βοήθεια των στροφάλων, την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΤΗΣ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ:

- Χυτός χάλυβας
- Ή επεξεργασμένος χάλυβας υψηλής αντοχής

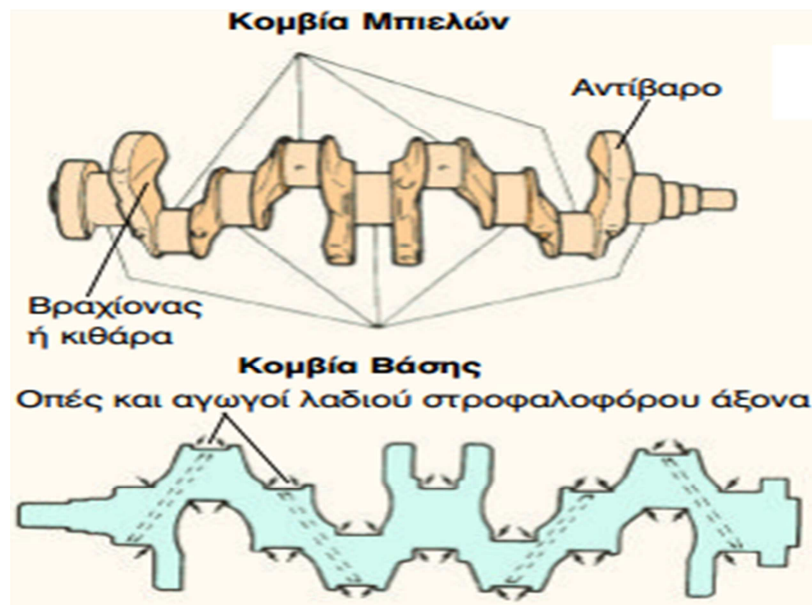
Σε εξεζητημένες εφαρμογές υιοθετείτε η σφυριλατική μέθοδος κατασκευής.



**Εικόνα 5.8:** στροφαλοφόρος άξονας.

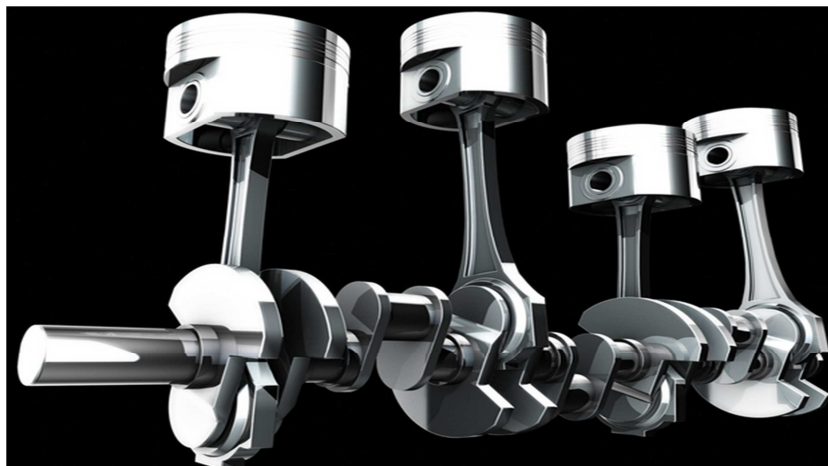
#### ΜΕΡΗ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ:

- Κομβία βάσης
- Κομβία μπιελών
- Βραχίονες ή κιθάρες
- Αγωγοί λαδιού
- Αντίβαρο



**Σχήμα 5.1:** μέρη του στροφαλοφόρου άξονα.

Ο στροφαλοφόρος άξονας στους περισσότερους κινητήρες είναι ενιαίος. Ο σχεδιασμός του στροφαλοφόρου άξονα καθορίζει και το μήκος διαδρομής του εμβόλου.



**Εικόνα 5.10:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η διάταξη στροφαλοφόρου άξονα, διωστήρα και εμβόλου συνδεδεμένα μεταξύ τους.

Ο λόγος της διαδρομής του εμβόλου προς τη διάμετρο του κυλίνδρου αποτελεί σημαντική παράμετρο σχεδιασμού. Στα πρώτα χρόνια του αυτοκινήτου, οι κατασκευαστές χρησιμοποιούσαν τιμές μεταξύ 1 και 1.5. καθώς όμως οι ταχύτητες αύξαναν και έγινε αντιληπτό ότι οι απώλειες λόγω τριβών μεγάλωναν με την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων,

παρά με την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου, η διαδρομή του εμβόλου μικραίνει και σε ορισμένες περιπτώσεις έφθασε να γίνει κατά 20% μικρότερη της διάμετρο του.

### 5.5 ΣΦΟΝΔΥΛΟΣ(ΒΟΛΑΝ).

Ο σφόνδυλος ή αλλιώς βολάν είναι ένας αρκετά βαρύς μεταλλικός δίσκος, που αποθηκεύει ενέργεια από τον ωφέλιμο χρόνο της εκτόνωσης και στη συνέχεια τη αποδεσμεύει για να πραγματοποιηθούν οι υπόλοιποι τρεις παθητικοί χρόνοι (εισαγωγή, συμπίεση και η εξαγωγή). Το βολάν εξαιτίας της σχετικά μεγάλης μάζας του, όταν αρχίζει να περιστρέφεται, απορροφά ένα μέρος από την ενέργεια που παράγει ο χρόνος της εκτόνωσης και <<παρασύρει>> με τη περιστροφή του το έμβολο, για να εκτελέσει και τους υπόλοιπους τρεις χρόνους .

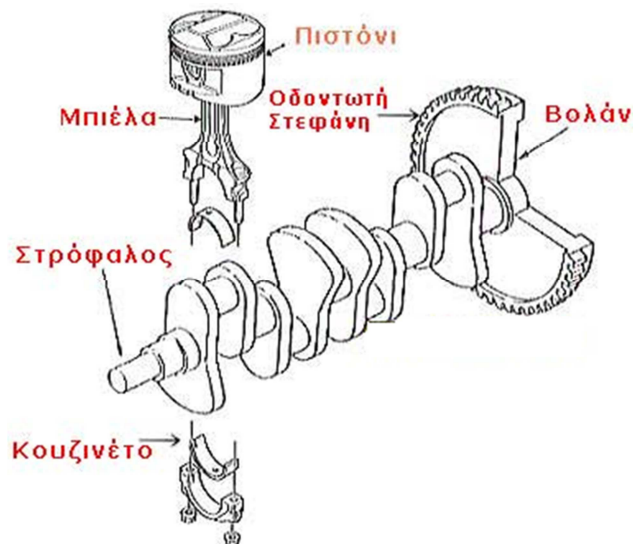
ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ :

- Χυτοσίδηρος



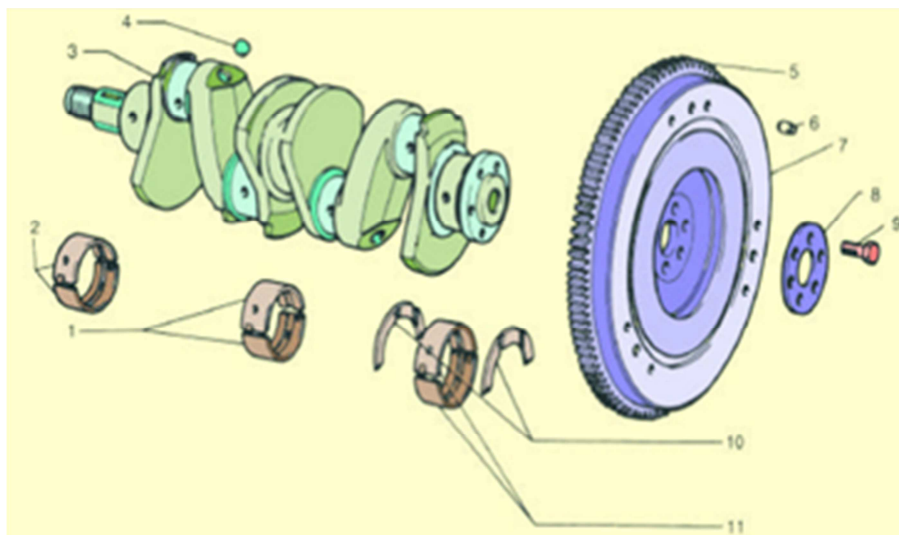
**Εικόνα 5.11:** σφόνδυλος(βολάν).

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι όσους περισσότερους κυλίνδρους έχει ένας κινητήρας, τόσο μικρότερο βάρος έχει το βολάν. Κι αυτό, γιατί οι νεκροί χρόνοι του ενός κυλίνδρου καλύπτονται από την εκτόνωση που τυχαίνει να κάνει κάποιος άλλος κύλινδρος.



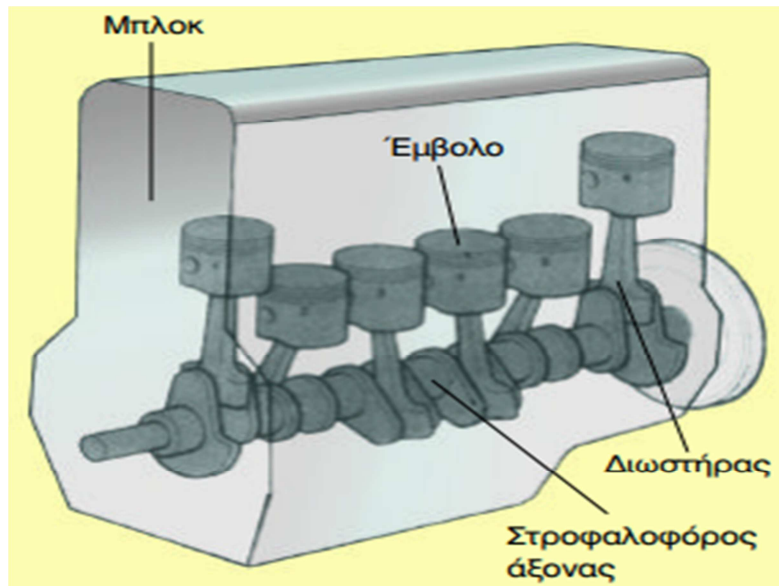
**Σχήμα 5.2:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η τοποθέτηση των αντικειμένων εμβόλου, διωστήρα, στροφαλοφόρου άξονα και του βολάν.

Πάνω στο βολάν και συγκεκριμένα στην περιφέρεια του, βρίσκεται η οδοντωτή στεφάνη στην οποία εμπλέκεται το γρανάζι της μίζας . Η εξωτερική επιφάνεια του σφονδύλου είναι λεία, γιατί σε αυτή στηρίζεται ο συμπλέκτης (δίσκο – πλατό)και μεταφέρεται η κίνηση στο κιβώτιο ταχυτήτων. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ο τρόπος σύνδεσης του βολάν στον στροφαλοφόρο άξονα.



**Εικόνα 5.12:** 1)κουζινέτο μεσαίου εδράνου βάσης,2)κουζινέτα ,3)στρόφαλος ,4)πύμα ,5)γρανάζιμίζας,6)οδηγός,7)βολάν,8)μεταλλικήφλάντζα,9)βίδα,10)αξονικοί τριβείς,11)κουζινέτα.

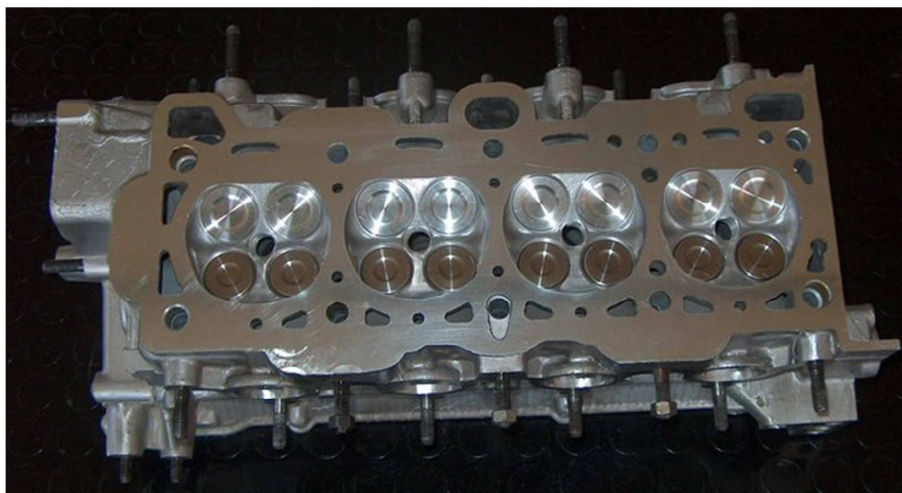




**Εικόνα 5.13:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η διάταξη του μπλοκ της μηχανής τα έμβολα τοποθετημένα πάνω στον στροφαλοφόρο.

## 5.6 ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗ.

Η κυλινδροκεφαλή ή κεφαλή των κυλίνδρων (καπάκι) είναι ένα ολόσωμο μεταλλικό κομμάτι. Τοποθετείτε στερεά με μπουζόνια (αμφικοχία) ή βίδες, η κυλινδροκεφαλή βιδώνεται στον κύριο κινητήρα με την απόλυτος προδιαγραμμένη ροπή σύσφιξης. Μεταξύ σώματος και κεφαλής τοποθετείτε μια ειδική φλάντζα για να εξασφαλίσει την απαιτούμενη στεγανότητα. Στην κυλινδροκεφαλή συνήθως σχηματίζεται ο θάλαμος καύσης, ενώ υπάρχουν και οι θέσεις για τις βαλβίδες (εισαγωγής – εξαγωγής), η επιφάνεια επαφής με τη φλάντζα και το σώμα των κυλίνδρων είναι απόλυτα επίπεδη. Επίσης η κυλινδροκεφαλή φέρει στο εσωτερικό της αγωγούς του λαδιού για την λίπανση, θαλάμους για τον νερό για την ψύξη, αγωγούς εισαγωγής του μείγματος αλλά και εξαγωγής των καυσαερίων. Επιπλέον πάνω στο σώμα της κυλινδροκεφαλής υπάρχουν υποδοχές για τα μπουζί (σπινθηριστές) και για τους εγχυτήρες.



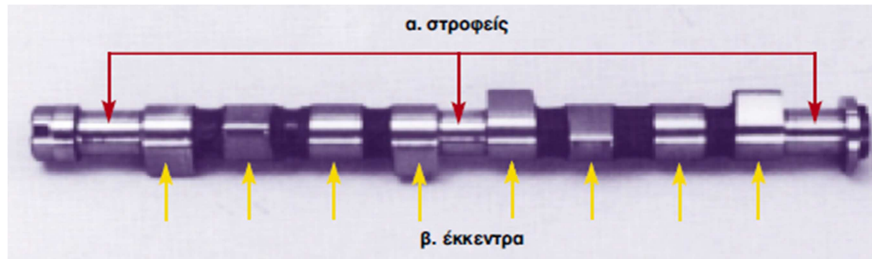
**Εικόνα 5.14:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η κυλινδροκεφαλή.

### ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

- Χυτοσίδηρος
- Κράματα αλουμινίου

## 5.7 ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ.

Ο εκκεντροφόρος, είναι ένας άξονας που στηρίζεται επάνω σε στροφείς, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από τον αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα. Ο άξονας αυτός φέρει μία σειρά από έκκεντρα (αμύγδαλα), που συνήθως είναι τόσα, όσες και οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής του καύσιμου και των καυσαερίων.



**Εικόνα 5.15:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται τα έκκεντρα και οι στροφείς τους εκκεντροφόρου άξονα.

Η λειτουργία του εκκεντροφόρου άξονα είναι να ανοίγει και να κλείνει τις βαλβίδες την κατάλληλη χρονική στιγμή.



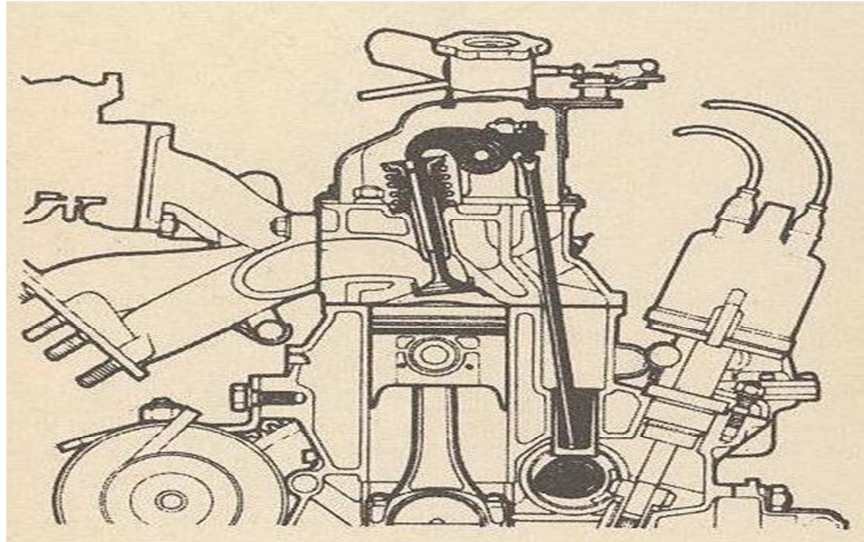
**Εικόνα 5.16:** εκκεντροφόρος άξονας.

### ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ

- Σφυρήλατος χάλυβας υψηλής αντοχής.
- Χυτοί εκκεντροφόροι.

### ΘΕΣΕΙΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ

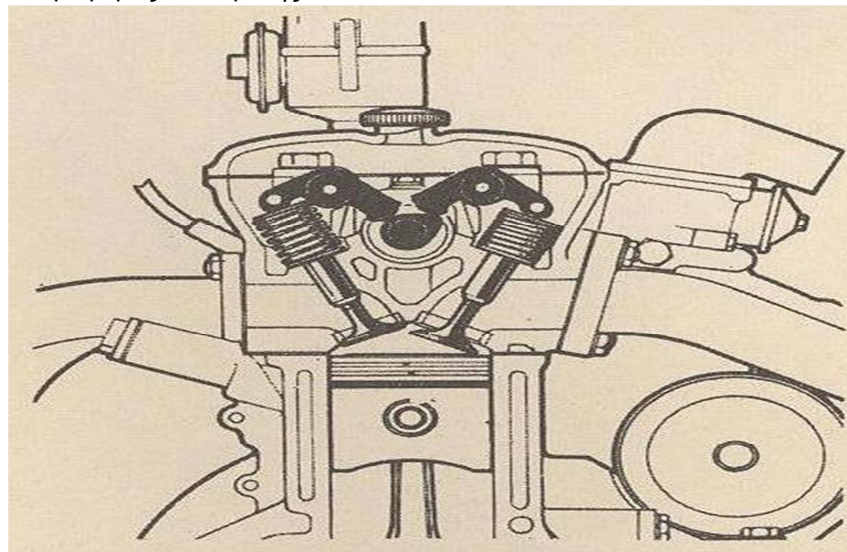
- Πλευρικός εκκεντροφόρος



**Σχήμα 5.3:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ο πλευρικός εκκεντροφόρος.

Ο εκκεντροφόρος βρίσκεται πλάγως του κυλίνδρου και στη βάση και κινεί το ωστήριο, το οποίο με τη σειρά του κινεί το κοκοράκι που βρίσκεται επάνω στη βαλβίδα.

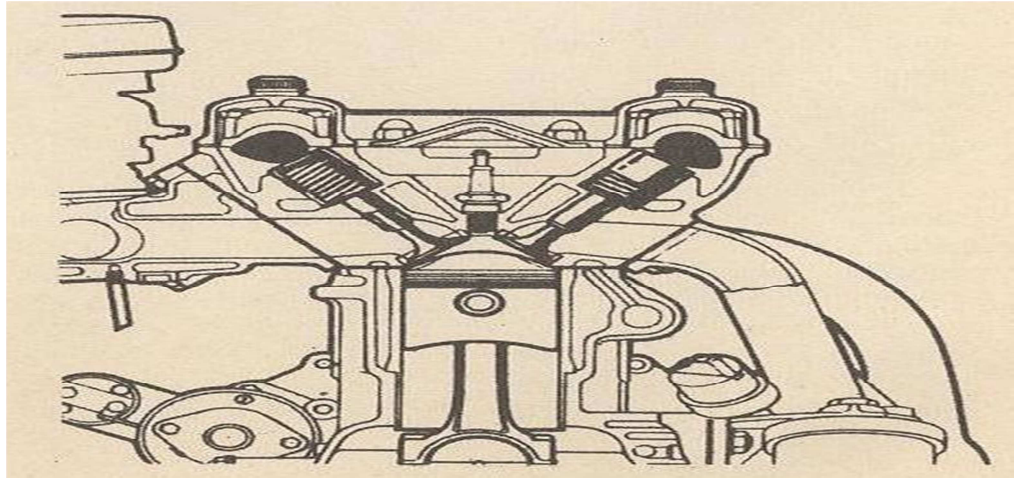
- Εκκεντροφόρος επικεφαλής



**Σχήμα 5.4:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ο επικεφαλής εκκεντροφόρος.

Ο εκκεντροφόρος ένας και μόνο για τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής, είναι τοποθετημένος επικεφαλής μεταξύ των δύο σειρών βαλβίδων που κινούνται από τα κοκοράκια .

- Δύο εκκεντροφόροι επικεφαλής



**Σχήμα 5.5:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζονται οι δύο εκκεντροφόροι επικεφαλής.

Οι εκκεντροφόροι είναι δύο και είναι επικεφαλής. Ένας για τις βαλβίδες εισαγωγής και ένας για τις βαλβίδες εξαγωγής. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται πολύ κυρίως στα σπορ αυτοκίνητα, υψηλών αποδόσεων.

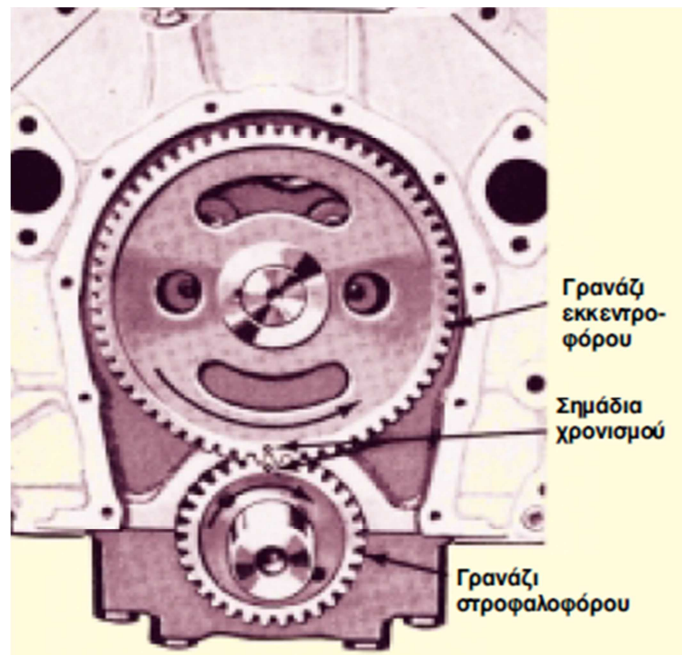


## 5.8 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ – ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ.

Η κίνηση στον εκκεντροφόρο άξονα μεταδίδεται από τον στροφαλοφόρο άξονα, υπάρχουν τρεις διαδεδομένοι τρόποι μετάδοσης της κίνησης.

- Μετάδοση με γρανάζια
- Μετάδοση με αλυσίδα (καδένα)
- Μετάδοση με οδοντωτό ιμάντα .

Μετάδοση με γρανάζια: ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος είναι στα πλάγια του κινητήρα.



**Σχήμα 5.6:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η μετάδοση της κίνησης του στροφαλοφόρου με του εκκεντροφόρου με τη χρήση γριναζιών.

Έχει σχετικά υψηλό κόστος κατασκευής, επιπλέον χρειάζεται λίπανση, παρέχει όμως μεγάλη ασφάλεια μεταφοράς της κίνησης και προσφέρει ήσυχη λειτουργία.

Μετάδοση με αλυσίδα: ο τρόπος αυτό χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος είναι τοποθετημένος πλάγια είτε είναι τοποθετημένος επικεφαλής.

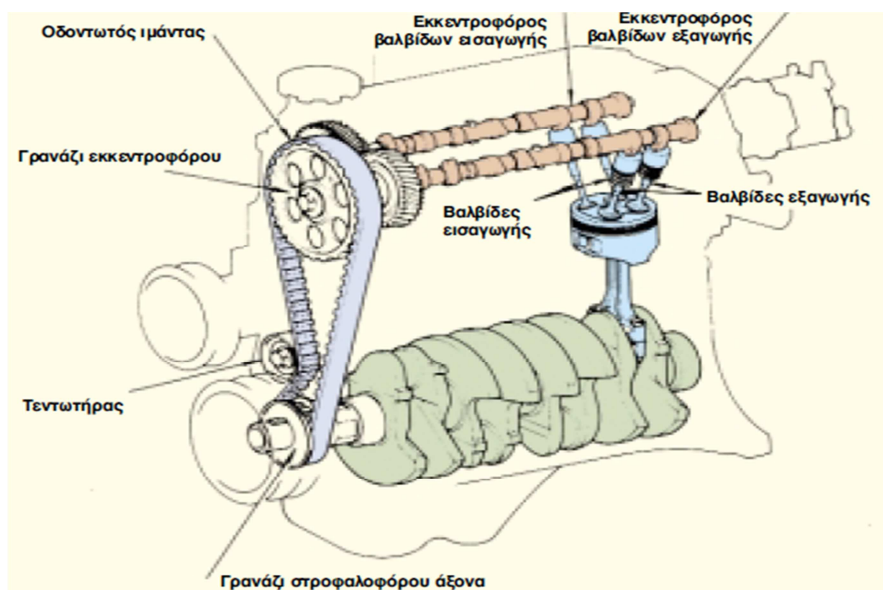




**Εικόνα 5.17:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η μετάδοση της κίνησης του στροφαλοφόρου με του εκκεντροφόρου με τη χρήση αλυσίδας.

Έχει αρκετά υψηλό κόστος κατασκευής, χρειάζεται λίπανση, επιπλέον παρέχει μεγάλη ασφάλεια μεταφοράς της κίνησης αλλά παρουσιάζει σχετικά θορυβώδη λειτουργία ειδικά όταν αυξάνονται τα χιλιόμετρα.

Μετάδοση με οδοντωτό ιμάντα: ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται όταν ο εκκεντροφόρος είναι είτε στα πλάγια είτε είναι επικεφαλής.



**Σχήμα 5.7:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η μετάδοση της κίνησης του στροφαλοφόρου με του εκκεντροφόρου με τη χρήση ιμάντα.

Έχει χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης και δεν χρειάζεται λίπανση. Για την ασφαλέστερη μεταφορά της κίνησης θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά οι προδιαγραφές του κατασκευαστή.



**Εικόνα 5.19:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο ιμάντας που επιτρέπει την μετάδοση της κίνησης εκκεντροφόρου – στροφαλοφόρου.

Στους περισσότερους κινητήρες χρησιμοποιείται μετάδοση της κίνησης στροφαλοφόρου άξονα με τον εκκεντροφόρο άξονα με ιμάντα.

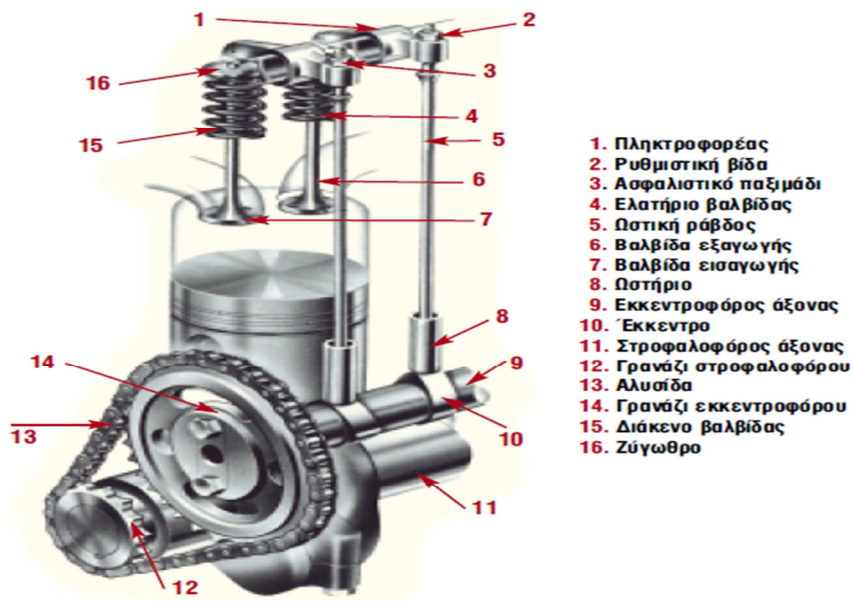
### **5.9 ΒΑΛΒΙΔΕΣ-ΤΥΠΟΙ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.**

Η λειτουργία των βαλβίδων είναι να ανοίγουν και να κλείνουν την κατάλληλη χρονική στιγμή του κύκλου λειτουργίας του κινητήρα, ώστε να εξασφαλίζεται η διαδοχική σειρά των χρόνων εισαγωγής, συμπίεσης, εκτόνωσης και εξαγωγής. Οι βαλβίδες αποτελούν και αυτές στο σύστημα διανομής τους καύσιμου και απαγωγής των καυσαερίων προς και από τον κάθε κύλινδρο.



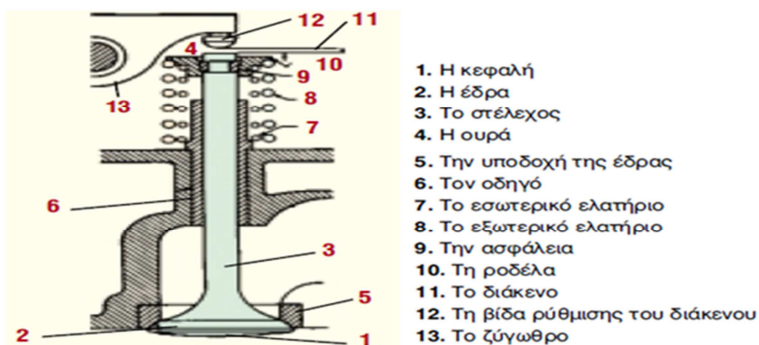
**Εικόνα 5.20:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται οι βαλβίδες (αριστερά η βαλβίδα εισαγωγής), (και δεξιά η βαλβίδα εξαγωγής).

Ανάλογα με τον τρόπο σχεδίασης του κινητήρα, υπάρχουν και τα δευτερεύοντα τμήματα του συστήματος διανομής του καυσίμου, που είναι οι μηχανισμοί κίνησης των εξαρτημάτων αυτών.



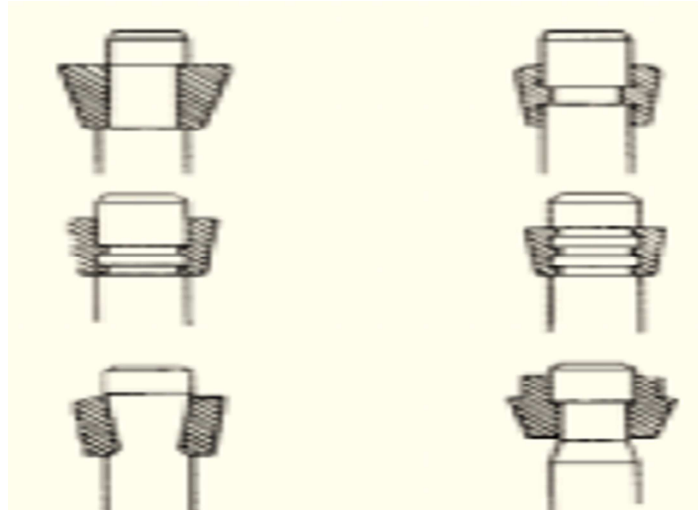
**Σχήμα 5.8:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται το σύστημα διανομής καύσιμου και απαγωγής καύσιμου.1)πληκτροφορέας ,2)ρυθμιστική βαλβίδα ,3) ασφαλιστικό παξιμάδι ,4) ελατήριο βαλβίδας ,5) ωστική ράβδος ,6) βαλβίδα εξαγωγής ,7)βαλβίδα εισαγωγής ,8) ωστήριο,9) εκκεντροφόρος άξονας ,10) έκκεντρο,11) στροφαλοφόρος άξονας,12)γρανάζι στροφαλοφόρου,13)αλυσίδα,14)γρανάζι εκκεντροφόρου,15)διάκενο βαλβίδας ,16)ζύγωθρο.

**ΜΕΡΗ ΒΑΛΒΙΔΑΣ:**



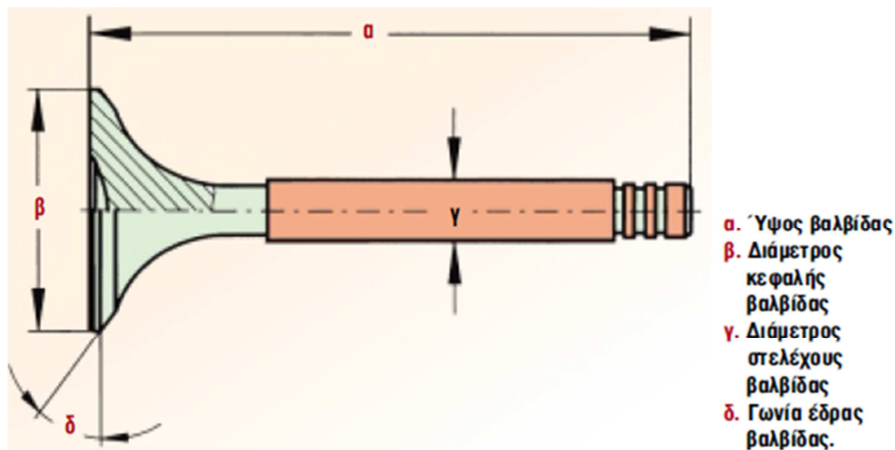
**Σχήμα 5.9:** μέρης της βαλβίδας.

Η ουρά της βαλβίδας μπορεί να έχει διάφορες διαμορφώσεις, ανάλογα με τον τρόπο συγκράτησης της ασφάλειας των ελατηρίων. 1)κεφαλή,2)έδρα,3)στέλεχος,4)ουρά,5)υποδοχή της βαλβίδας,6)οδηγός,7)εσωτερικόελατήριο,8)εξωτερικόελατήριο,9)ασφάλεια,10)ροδέλα,11)διάκενο,12)βίδα ρύθμισης του διακένου,13)ζύγωθρο.



**Εικόνα 5.21 :** οι διαμορφώσεις της ουράς της βαλβίδας.

Οι έδρες των βαλβίδων και οι υποδοχές των εδρών στην κυλινδροκεφαλή μπορεί να έχουν την ίδια γωνία κωνικότητας έδρασης ή να έχουν μία διαφορά μέχρι  $2^\circ$ , για καλύτερο πάτημα (εφαρμογής) της βαλβίδας .



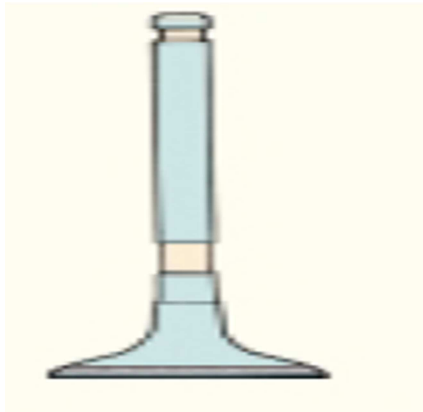
**Σχήμα 5.10:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζονται οι διαστάσεις μιας βαλβίδας. α)ύψος βαλβίδας ,β)διάμετρος κεφαλής,γ)διάμετρος στελέχους,δ)γωνία έδρας της βαλβίδας.

#### ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ:

- Κράματα χάλυβα.
- Βαλβίδες εισαγωγής (νικελιούχα , χρωμιολυβανιούχα κράματα).
- Βαλβίδες εξαγωγής (χάλυβες υψηλης αντοχής όπως: πυριτιοχρωμιούχοι ή κοβαλτιοχρωμιούχοι ή ωστενικοί χάλυβες ).

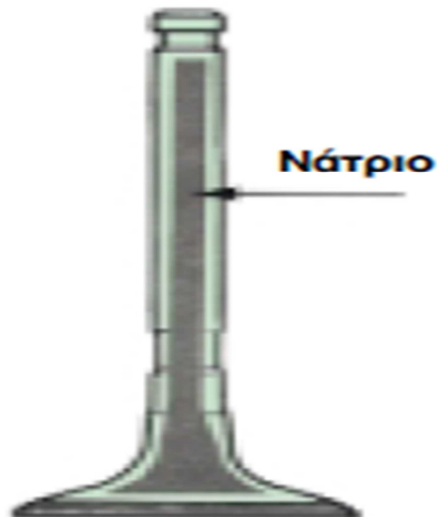
#### ΤΥΠΟΙ ΒΑΛΒΙΔΩΝ:

- Άπλες βαλβίδες.



**Σχήμα 5.11:** απλή βαλβίδα.

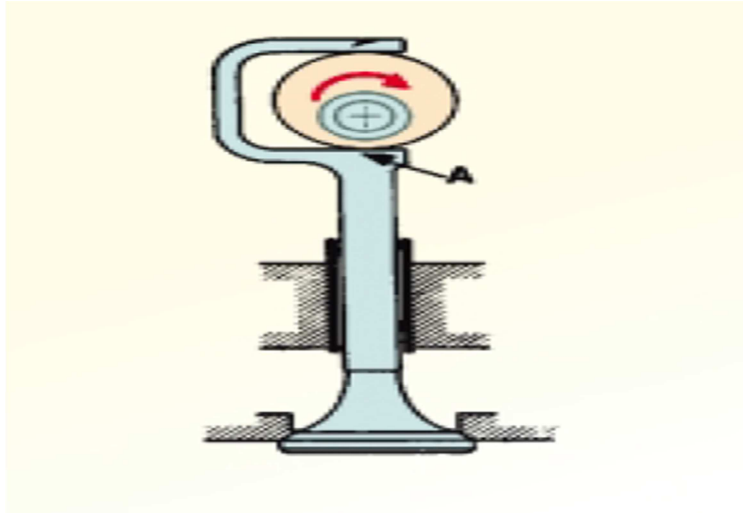
- Βαλβίδες με επικάλυψη.
- Βαλβίδες που ψύχονται σε νάτριο. Στις βαλβίδες αυτές η κεφαλή και το στέλεχος είναι κοίλα, ενώ το επάνω μέρος της κοιλότητας τους είναι γεμάτο νάτριο ή διάφορα άλατα για την καλύτερη ψύξη τους.



**Σχήμα 5.12:** βαλβίδα ψυγμένη σε νάτριο.

- Δεσμοδρομικές βαλβίδες. Στις βαλβίδες αυτές δεν υπάρχουν ελατήρια για το κλείσιμο τους αλλά ανοίγουν με την βοήθεια των εκκέντρων. Αυτές οι βαλβίδες χρησιμοποιούνται συνήθως σε πολύστροφους κινητήρες.





**Σχήμα 5.13:** δεσμοδομική βαλβίδα.

- Αυτορυθμιζόμενες βαλβίδες. Αυτορυθμιζόμενες στις βαλβίδες αυτές υπάρχει πλήρης επαφή στις αρθρώσεις. Με τον τρόπο αυτό, δεν υπάρχει καθόλου διάκενο μεταξύ ωστηρίου και βαλβίδας και οι διαστολές του συστήματος εξουδετερώνονται από το υδραυλικά ρυθμιζόμενο ωστήριο.

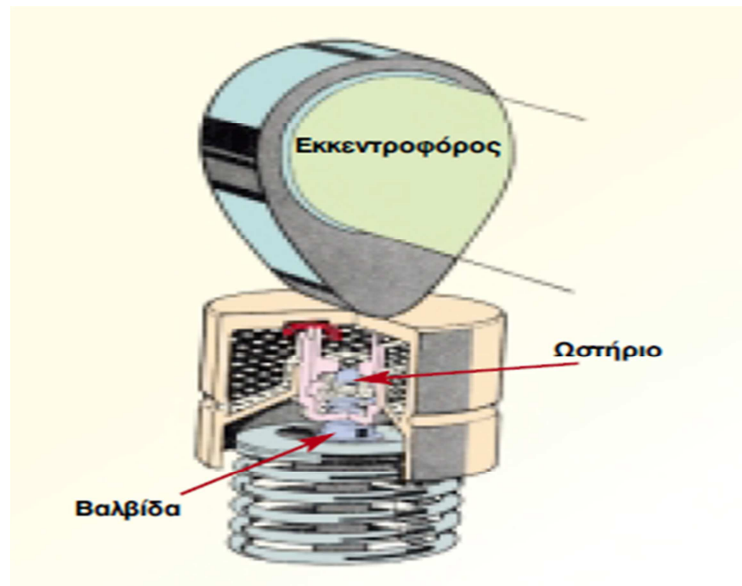
**ΩΣΤΗΡΙΟ (ΠΟΤΗΡΑΚΙ):**

Τα υδραυλικά ωστήρια είναι πολλών και διαφόρων τύπων. Συνήθως είναι κυλινδρικά ενώ στο εσωτερικό τους κινείται ένα έμβολο.



**Εικόνα 5.22:** υδραυλικό ωστήριο.

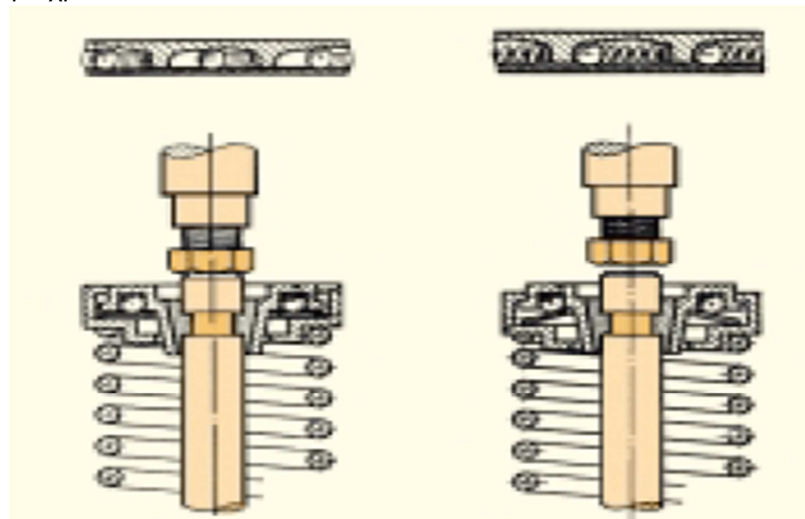
Έχει σχήμα μικρού κυλινδρικού ποτηριού με διάμετρο περίπου 1,5 μέχρι 2,5 [cm] και ύψος 4 με 6 [cm].



**Σχήμα 5.14:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζονται ο εκκεντροφόρος και το υδραυλικό ωστήριο.

Η βάση τους έρχεται σε επαφή με τον εκκεντροφόρο άξονα, ενώ στο εσωτερικό του έρχεται και τοποθετείται η ωστική ράβδος.

- Περιστρεφόμενες, σε αυτές τις βαλβίδες η περιστροφή κατά μία μικρή γωνία σε κάθε άνοιγμα και κλείσιμο, επιταχύνεται με τη χρήση ειδικών ωστηρίων. Με την περιστροφή της βαλβίδας επιτυγχάνεται έτσι καλύτερη στεγανοποίηση για μεγαλύτερο χρόνο.



**Σχήμα 5.15:** πειριστρεφόμενες βαλβίδες.

#### ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΒΑΛΒΙΔΩΝ:

Τα ελατήρια μονά ή διπλά εξασφαλίζουν το κλείσιμο της βαλβίδας. Είναι σπειροειδής και αντέχουν στη μέγιστη, ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα. Το ένα άκρο στηρίζεται στο σώμα ή στην κεφαλή των κυλίνδρων, ενώ το άλλο στο άκρο της ουράς της βαλβίδας με τις ασφάλειες.

Τα ελατήρια λειτουργούν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι πλήρως συσπειρωμένα όταν η βαλβίδα είναι τελείως ανοικτή.



**Εικόνα 5.23:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται στα αριστερά τα απλά ελατήρια των βαλβίδων και στα δεξιά τα διπλά ελατήρια των βαλβίδων.

**ΖΥΓΩΘΡΟ(ΚΟΚΟΡΑΚΙ):**

Το ζύγωθρο είναι ένας μικρός μεταλλικός μοχλός (πλήκτρο). Βρίσκεται στερεωμένο επάνω σε έναν άξονα, τον πληκτροφορέα, και μπορεί να περιστρέφεται γύρω από αυτόν.



**Εικόνα 5.24:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται τα ζύγωθρα (κοκοράκια).

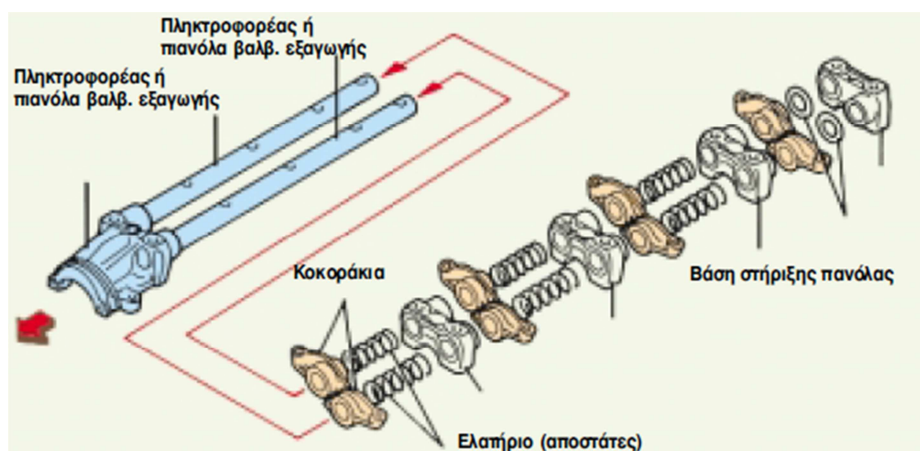
Δέχεται στη μια πλευρά του την κίνηση από την ωστική ράβδο και από την άλλη πλευρά πιέζει τη βαλβίδα να ανοίξει.



**Σχήμα 5.16:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζονται το ζύγωθρο και η βαλβίδα ρύθμισης.

#### ΠΛΗΚΤΡΟΦΟΡΕΑΣ(ΠΙΑΝΟΛΑ):

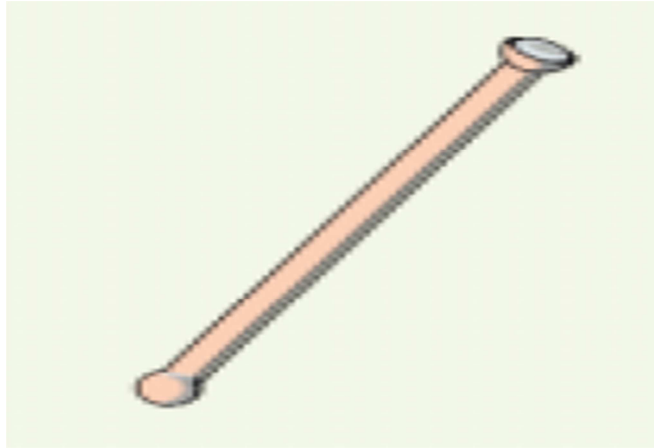
Είναι ένας άξονας στον οποίο στερεώνονται τα ζύγωθρα των βαλβίδων. Ο άξονας αυτός έχει και τους αντιστοίχους αγωγούς για τη λίπανση των βαλβίδων, ενώ επάνω τους βρίσκονται, επίσης και τα ελατήρια <<αποστάτες >> ,που κρατούν στη σωστή θέση μεταξύ τους τα ζύγωθρα.



**Σχήμα 5.17:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ο πληκτροφορέας (πιανόλα)

#### ΩΣΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ (ΚΑΛΑΜΑΚΙ):

Είναι μία κυκλική ράβδος με πεπλατυσμένες τις άκρες συνήθως, η άκρη που βρίσκεται μέσα στο ωστήριο είναι σφαιρική, ενώ η άλλη άκρη που έρχεται σε επαφή με το ζύγωθρο είναι κοίλη.



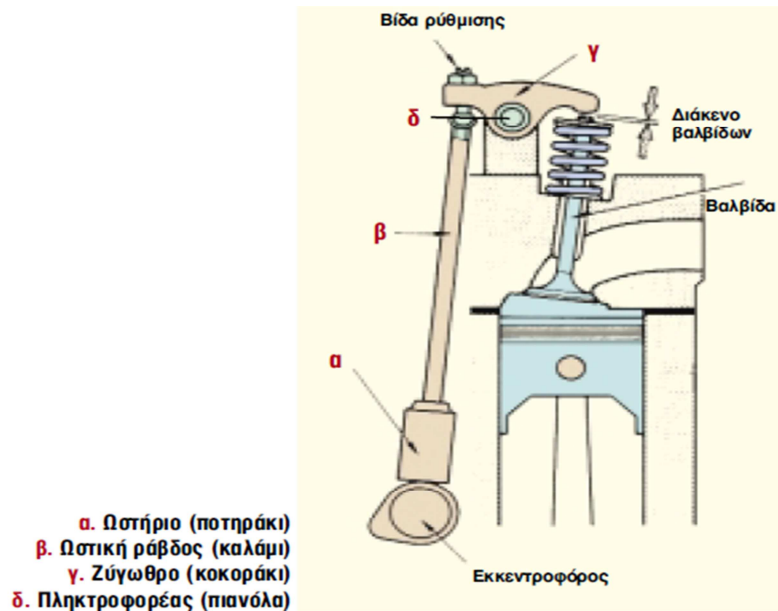
**Σχήμα 5.18:** ωστική ράβδος (καλαμάκι).

Ο σκοπός αυτής της ράβδου είναι να μεταφέρει την κίνηση από το ωστήριο στο ζύγωθρο.



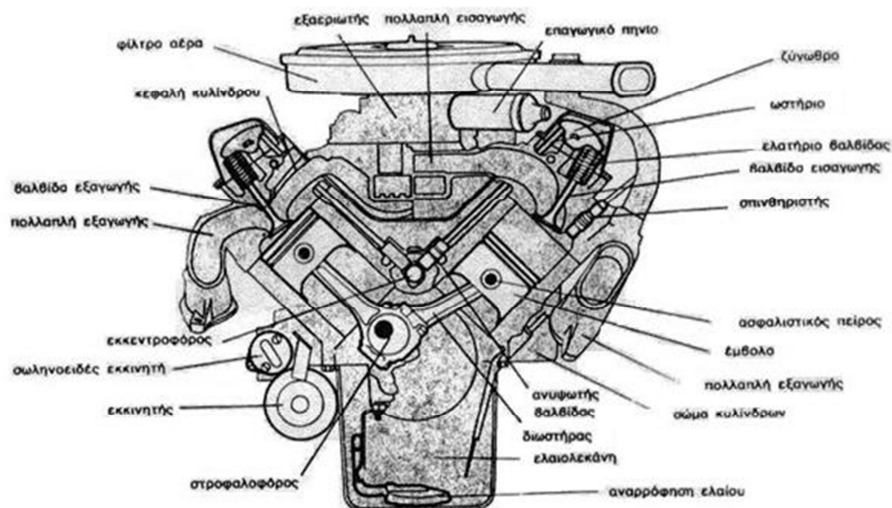
## 5.10 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ:

Ο μηχανισμός της κίνησης περιλαμβάνει όλα εκείνα τα εξαρτήματα που χρειάζονται για να φθάσει η κίνηση, από τον εκκεντροφόρο άξονα μέχρι τις βαλβίδες. Ανάλογα με τη θέση του εκκεντροφόρου ως προς τις βαλβίδες, ποικίλουν και τα εξαρτήματα που περιβάλλονται για την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας. Όταν μάλιστα ο εκκεντροφόρος είναι στα πλάγια και οι βαλβίδες επικεφαλής υπάρχει ένας πλήρης κινηματικός μηχανισμός.



**Σχήμα 5.19:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ο τρόπος κίνησης των βαλβίδων. α)ωστήριο, β)ωστική ράβδος, γ)ζύγωθρο ,δ)πληκτροφορέας.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται μία μηχανή εσωτερικής καύσης στην οποία είναι τοποθετημένα τα παραπάνω στοιχεία τα οποία αναλύσαμε.

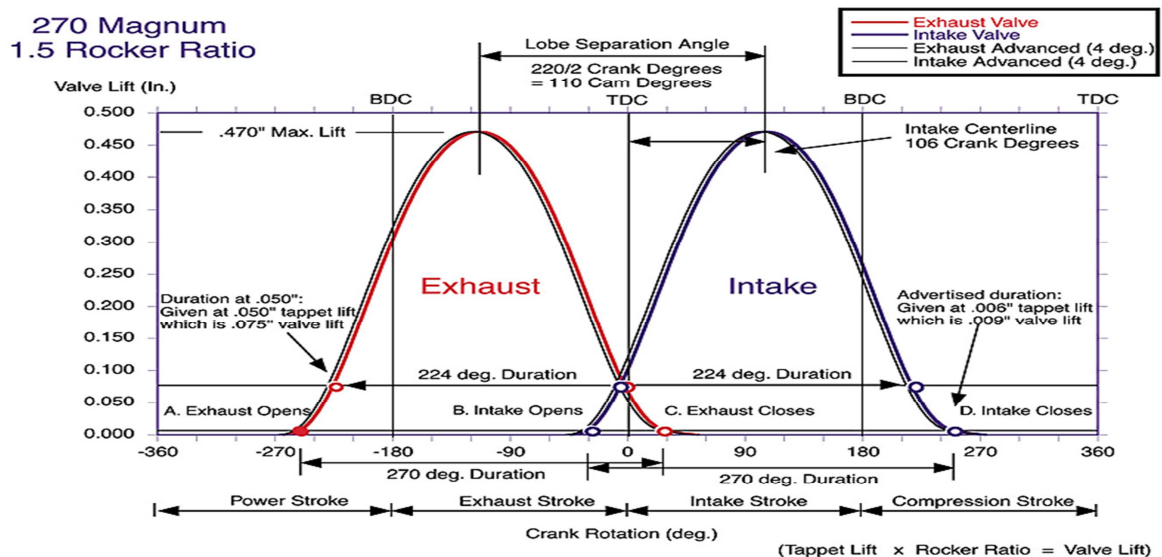


**Εικόνα 5.25:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται μία μηχανή εσωτερικής καύσης με τα μέρη που προαναφερθήκαμε τοποθετημένα επάνω της.

## 6. ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Σε έναν κινητήρα που λειτουργεί με υψηλές στροφές, η βαλβίδα εξαγωγής αρχίζει να ανοίγει αρκετά πριν το έμβολο φθάσει στο κάτω νεκρό σημείο (Κ.Ν.Σ), και κλείνει αφού περάσει το άνω νεκρό σημείο (Α.Ν.Σ). Αντίστοιχα, η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει ενώ το έμβολο κινείται ακόμα προς το Α.Ν.Σ και κλείνει αρκετά μετά το Κ.Ν.Σ, δηλαδή αφού το έμβολο αρχίσει να ανεβαίνει προς το Α.Ν.Σ. Με τον τρόπο αυτό, εκμεταλλευόμαστε τη δυναμική κίνηση των αερίων από και προς τους κυλίνδρους, και εξασφαλίζουμε μια βελτιωμένη πλήρωση των κυλίνδρων, και μια καλύτερη εξαγωγή των καυσαερίων. Στην παρακάτω εικόνα θα παρατηρήσουμε τις καμπύλες χρονισμού των βαλβίδων, με το πρόωρο άνοιγμα και το καθυστερημένο κλείσιμο των βαλβίδων, όπου δημιουργούνται επικαλύψεις που δεν ενοχλούν όμως την ομαλή λειτουργία του κινητήρα, όσο οι στροφές είναι υψηλές. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται στο άξονα τον Χ οι μοίρες ανοίγματος ενώ στον άξονα των Υ το άνοιγμα των βαλβίδων.



**Εικόνα 6.1:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται οι καμπύλες ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής.

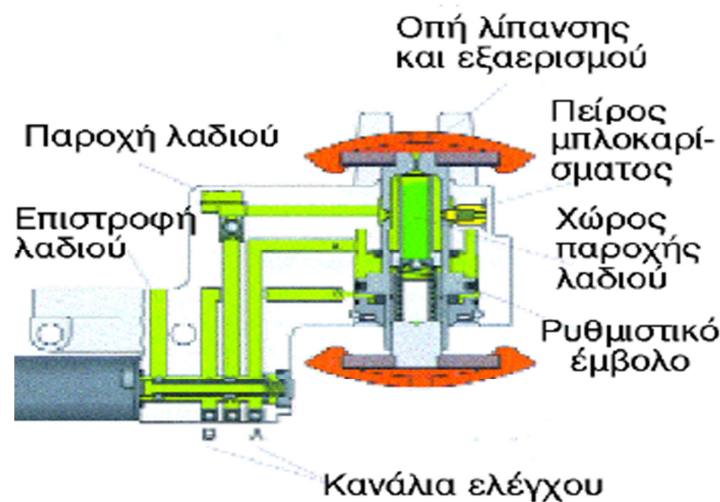
Αντίθετα, σε χαμηλές στροφές και στο ρελαντί η δυναμική της κίνησης των αερίων είναι μειωμένη, και υπάρχει αρκετός χρόνος ώστε να διαφύγουν καυσαέρια προς την πολλαπλή εισαγωγής και μείγμα προς τη βαλβίδα εξαγωγής. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας μη επιθυμητής διακίνησης των αερίων, που προέρχεται από την επικάλυψη του ανοίγματος των βαλβίδων στις χαμηλές στροφές, είναι ένα ασταθές ρελαντί και η κακή ανταπόκριση του κινητήρα στις επιταχύνσεις κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο στροφών. Για τον λόγο αυτό, οι οριακές επικαλύψεις στο άνοιγμα των βαλβίδων χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα αγώνων, όπου η συνεχής λειτουργία του κινητήρα τους σε υψηλά επίπεδα στροφών είναι δεδομένη. Στις χαμηλές στροφές επομένως πρέπει να υπάρχει μικρή επικάλυψη, για μέγιστη απόδοση του κινητήρα και στις υψηλές μεγάλη για να έχουμε πάντοτε την καλύτερη δυνατή ροπή. Ο μεταβλητός χρονισμός των βαλβίδων επιτρέπει τη διαφοροποίηση των επικαλύψεων ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. Χρησιμοποιείται σε σύγχρονους κινητήρες για να επιτύχουμε μεγαλύτερη ισχύ διατηρώντας, σε ολόκληρο το φάσμα στροφών του κινητήρα τη ροπή στρέψης σε υψηλά επίπεδα. Παράλληλα μας δίδεται η δυνατότητα να μειώσουμε την κατανάλωση καυσίμου και τους εκπεμπόμενους ρύπους. Με τον μεταβλητό χρονισμό επιτυγχάνεται η μετατόπιση της στιγμής που ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες, η μείωση της

επικάλυψης των βαλβίδων στις χαμηλές στροφές ή η αύξηση της επικάλυψης στις υψηλές, αλλά και το βύθισμα σε ορισμένες κατασκευές γωνιακής μετατόπισης αντίστοιχα του εκκεντροφόρου εισαγωγής σε σχέση με τον εκκεντροφόρο εξαγωγής που στις περιπτώσεις, γίνεται με τους παρακάτω τρόπους, με ορισμένους από τους οποίους μεταβάλλεται και το βύθισμα των βαλβίδων .

## 6.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.

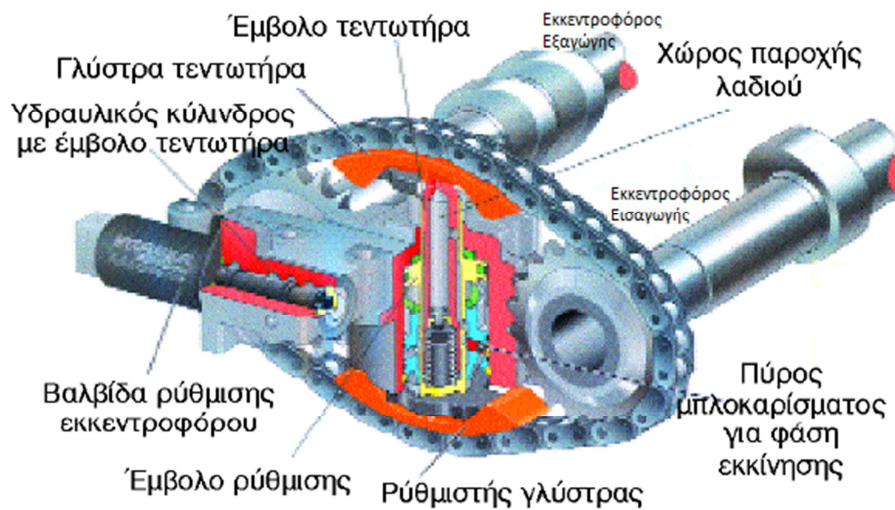
### 6.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΜΕ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟ ΤΕΝΤΩΤΗΡΑ ΑΛΥΣΙΔΑΣ (Vario cam).

Στο σύστημα αυτό οι δύο εκκεντροφόροι συνδέονται μεταξύ τους με μια αλυσίδα (καδένα) με την οποία ο εκκεντροφόρος εξαγωγής κινεί τον εκκεντροφόρο εισαγωγής, η γωνιακή μετατόπιση του τεντωτήρα της αλυσίδας από την επάνω θέση όπου βρίσκεται στις χαμηλές στροφές προς την κάτω. Με τον τρόπο αυτό το μήκος της αλυσίδας το επάνω μέρος από μεγαλύτερο γίνεται μικρότερο από αυτό τις κάτω μεριάς ώστε να αλλάζει γωνία η θέση των δύο εκκεντροφόρων μεταξύ τους. Στην θέση βραδυπορίας ο τεντωτήρας βρίσκεται στην πάνω θέση και ο εκκεντροφόρος εισαγωγής στην θέση αργά, όταν ο τεντωτήρας ωθείτε από το λάδι προς τα κάτω τότε το κάτω μέρος κονταίνει, με αποτέλεσμα την περιστροφή των δύο εκκεντροφόρων μεταξύ τους. Στην θέση αυτή ο εκκεντροφόρος βρίσκεται στην θέση νωρίς. Με τον τρόπο αυτόν το μήκος της αλυσίδας στο επάνω μέρος από μεγαλύτερο γίνεται μικρότερο από αυτό της κάτω πλευράς, ώστε να αλλάζει γωνιακά η θέση των δύο εκκεντροφόρων μεταξύ τους. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε υψηλές στροφές, η μαγνητική βαλβίδα κλείνει τον έναν αγωγό του λαδιού. Το λάδι πιέζει τον πύρο και τον κινεί αντίθετα προς τη δύναμη του ελατηρίου. Ο πύρος ελευθερώνει το ρυθμιστικό έμβολο το οποίο κινείται προς τα κάτω.



**Σχήμα 6.1:** ρυθμιστής εκκεντροφόρου άξονα.

Ο χώρος παροχής λαδιού έχει μία οπή εξαέρωσης στο πάνω του άκρο, από την οποία λαδώνεται συγχρόνως η αλυσίδα.



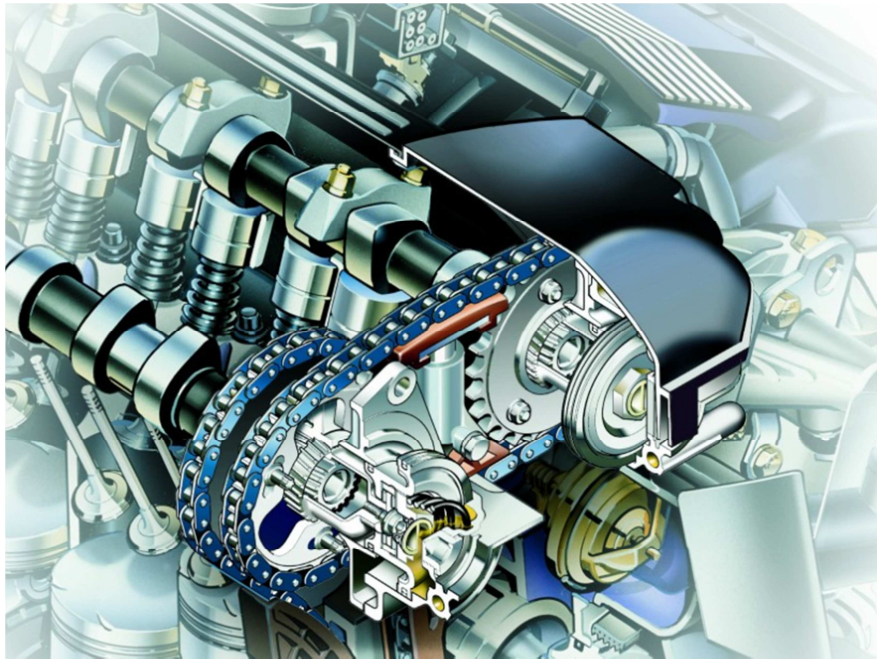
**Εικόνα 6.2:** σύστημα Vario cam.

Στη θέση βραδυπορίας ο τεντωτήρας βρίσκεται στην πάνω θέση και ο εκκεντροφόρος εισαγωγής στη θέση αργά. Όταν ο τεντωτήρας ωθείται από το λάδι προς τα κάτω, τότε το κάτω μέρος της αλυσίδας επιμηκύνεται, ενώ το επάνω κονταίνει με αποτέλεσμα την περιστροφή των δύο εκκεντροφόρων μεταξύ τους. Στη θέση αυτή ο εκκεντροφόρος βρίσκεται στη θέση νωρίς.



### 6.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ(Vanos).

Το σύστημα (Vanos) μεταβάλλει τη γωνία προπορείας του εκκεντροφόρου άξονα που κινεί τις βαλβίδες εισαγωγής. Η μεταβολή της γωνίας επιταχύνεται μέσω της παρεμβολής ενός μηχανισμού με γρανάζια, μεταξύ του κυρίου γραναζιού που μεταδίδει την κίνηση στους εκκεντροφόρους και τους εκκεντροφόρους εισαγωγής. Τα γρανάζια συμπλέκονται ή αποσυμπλέκονται υδραυλικά μέσω δύο βαλβίδων, που ελέγχονται ηλεκτρονικά. Το vanos χρησιμοποιεί μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα η οποία ανάλογα με τις στροφές, του κινητήρα παίρνει τέτοια θέση ώστε να μεταβάλλεται η πίεση του λαδιού, και να μετατοπίζει ένα υδραυλικό έμβολο. Η αξονική κίνηση του εμβόλου μετατοπίζεται μέσω της οδόντωσης του εκκεντροφόρου προς την θέση νωρίς, ή αργά σε σχέση με το γρανάζι της καδένας(αλυσοτροχός).

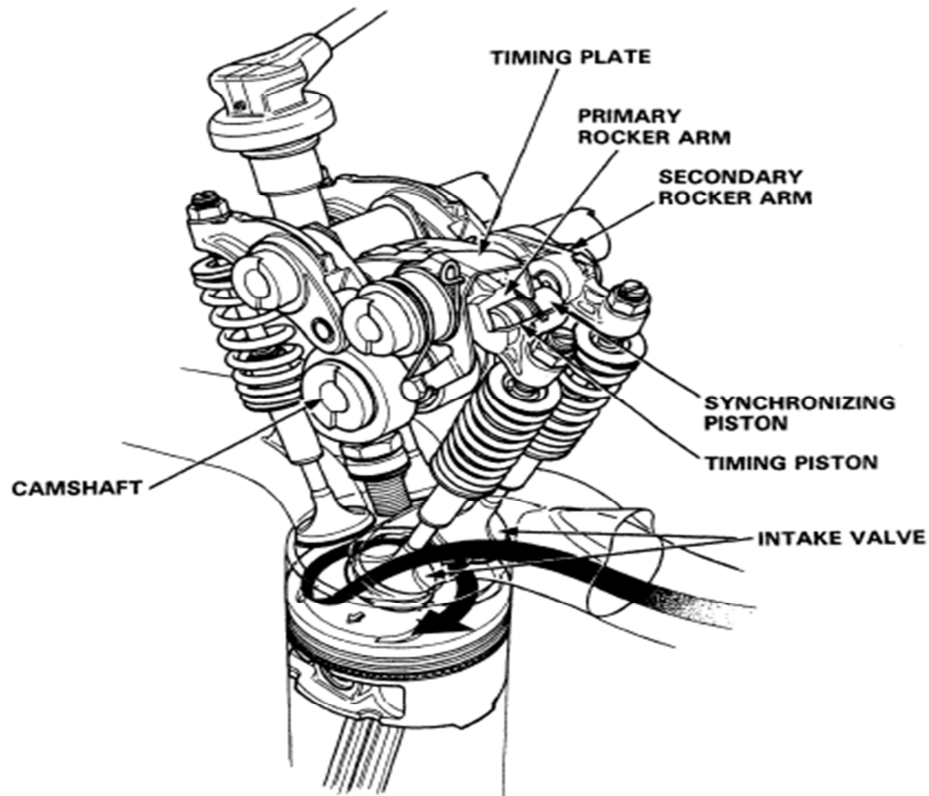


**Εικόνα 6.3:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το σύστημα (vanos).

Στο διπλό vanos στρέφονται και οι δύο εκκεντροφόροι ως προς τον αλυσοτροχό. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη βελτιωμένη αύξηση της ροπής, τόσο στις χαμηλές όσο και στις μεσαίες στροφές.

### 6.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ SOHC V-TEC HONDA.

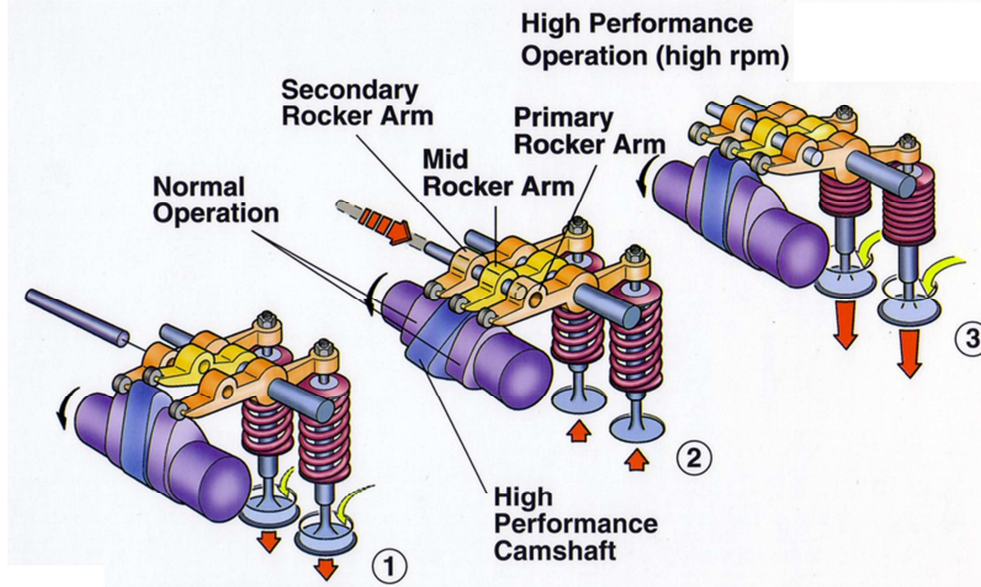
Με το σύστημα αυτό η χρονική στιγμή ανοίγματος καθώς και το βύθισμα της βαλβίδας προσαρμόζονται ανάλογα με τις στροφές, το φορτίο, την ταχύτητα καθώς και με την θερμοκρασία του νερού ψύξης του κινητήρα. Σε κινητήρα με τέσσερις βαλβίδες ανά κύλινδρο δύο εισαγωγής και δύο εξαγωγής ο μηχανισμός επιταχύνει τον σκοπό του με διαφορετικού τύπου έκκεντρα, ένα για τις υψηλές στροφές, και δύο για τις χαμηλές στροφές που είναι τοποθετημένα στον ίδιο εκκεντροφόρο.



**Σχήμα 6.2:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται το σύστημα SOHC v-tec της HONDA.

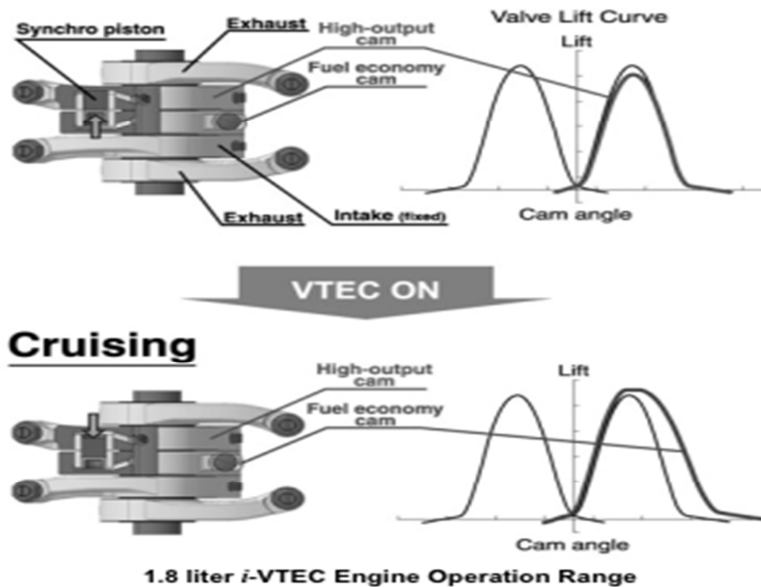
Το έκκεντρο για τις υψηλές στροφές είναι τοποθετημένο ανάμεσα στα δύο έκκεντρα που είναι για τις χαμηλές στροφές, ο μηχανισμός αποτελείται από τρία κοκοράκια που παίρνουν την κίνηση από τα τρία έκκεντρα, και είναι το πρωτεύον το μέσο και το δευτερεύον. Τα κοκοράκια μπορούν να κινούνται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο ή να παρακολουθούν την κίνηση του μεσαίου, η κίνηση τους συντονίζεται από ένα άξονα εμπλοκής, που κινείται με υδραυλική πίεση ώστε ανάλογα με τη θέση του να συμπλέκει και να αποσυμπλέκει το μεσαίο με τα ακραία κοκοράκια, το έκκεντρο που κινεί το μεσαίο κοκοράκι έχει διαφορετικό ύψος και άλλη γωνία λειτουργίας σε σχέση με τα έκκεντρα που κινούν τα δύο ακραία.

# Honda VTEC System



**Εικόνα 6.4:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το σύστημα VTEC.

Στις χαμηλές στροφές οι βαλβίδες κινούνται από το πρωτεύον και το δευτερεύον κοκοράκι το μεσαίο ταλαντώνεται ελεύθερα, ενώ υπάρχει και το ελατήριο που αποσβήνει την ταλάντωση.

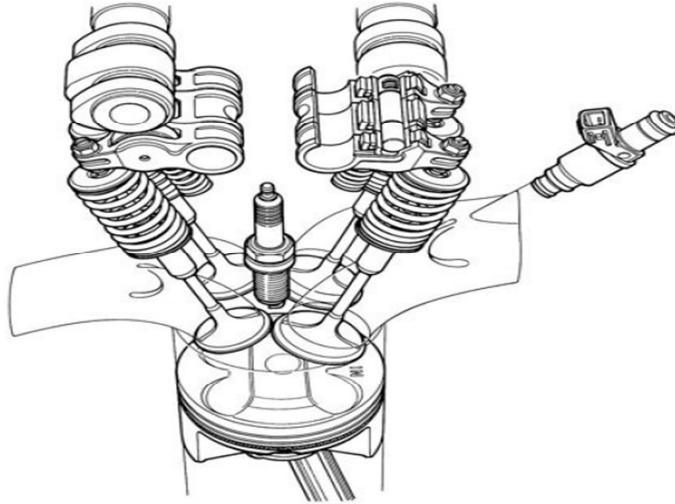


**Εικόνα 6.5:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται σε διάγραμμα το άνοιγμα των βαλβίδων.

Στις υψηλές στροφές ενεργοποιείται η μαγνητική βαλβίδα και η πίεση του λαδιού του κινητήρα ωθεί τον άξονα εμπλοκής και εμπλέκει τα τρία κοκοράκια μεταξύ τους. Οι βαλβίδες τώρα ανοίγουν από το μεσαίο έκκετρο που δίνει την μεγαλύτερη διάρκεια ανοίγματος και εξασφαλίζει το μεγαλύτερο βύθισμα των βαλβίδων. Η θέση του άξονα, που συμπλέκει και αποσυμπλέκει τα ζύγωθρα, ρυθμίζεται υδραυλικά μέσω μίας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Έτσι με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η αναπνοή του κινητήρα και δίνει καλύτερη ροπή και μεγαλύτερη ιπποδύναμη σε αυτές τις στροφές.

#### 6.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΟHC VTEC HONDA.

Το συγκεκριμένο σύστημα λειτουργεί όπως και το SOH VTEC με την διαφορά ότι στην κεφαλή υπάρχουν δύο εκκεντροφόροι, ο ένας για των βαλβίδων εισαγωγής και ο άλλος για των βαλβίδων εξαγωγής. Το VTEC εφαρμόζεται και στους δύο δίνοντας έτσι και στις βαλβίδες εξαγωγής τη χρονική μεταβαλλότητα ανοίγματος προσφέροντας ακόμα μεγαλύτερη ισχύ στον κινητήρα.

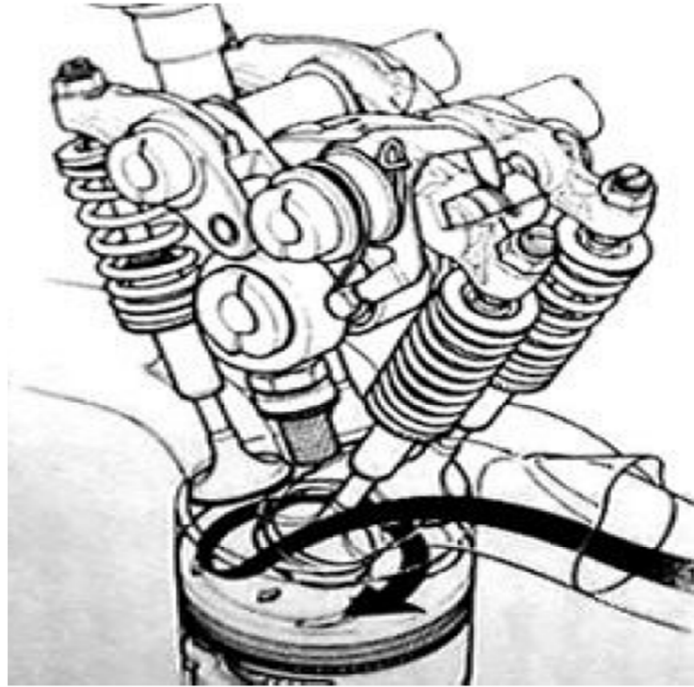


**Σχήμα 6.3:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το σύστημα DOHC VTEC.



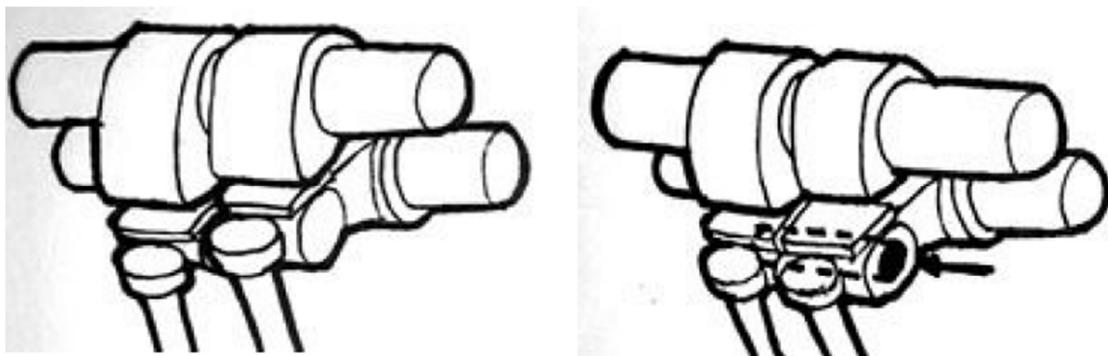
### 6.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑ SOHC VTEC-E HONDA.

Απώτερος σκοπός του vtec-e είναι η χαμηλή κατανάλωση καυσίμου και για το λόγο αυτό η λειτουργία του είναι εντελώς διαφορετική από τα δύο προηγούμενα συστήματα. Έτσι δεν υπάρχουν παραπάνω έκκεντρα εκτός από αυτά που αντιστοιχούν στις βαλβίδες. Στις χαμηλές στροφές από τις δύο μόνο μία ανοίγει ενώ η άλλη, λόγω του σχεδόν κυκλικού έκκεντρου παραμένει σχεδόν κλειστή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όλο το μίγμα να αναγκάζεται να περάσει από αυτήν και λόγω, του σχεδιασμού της προκαλεί στροβιλισμούς.



**Σχήμα 6.4:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το σύστημα SOHC VTEC-E.

Με αυτό τον τρόπο ο κινητήρας καταφέρνει να λειτουργεί με πολύ φτωχό μίγμα. Η άλλη βαλβίδα ανοίγει τόσο ώστε να μην συσσωρεύεται το καύσιμο πάνω στο χείλος της. Με την αύξηση των στροφών η απαίτηση για γόμωση του κυλίνδρου με μεγαλύτερη ποσότητα μίγματος αυξάνει.



**Σχήμα 6.5:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η θέση του πείρου στο σύστημα.

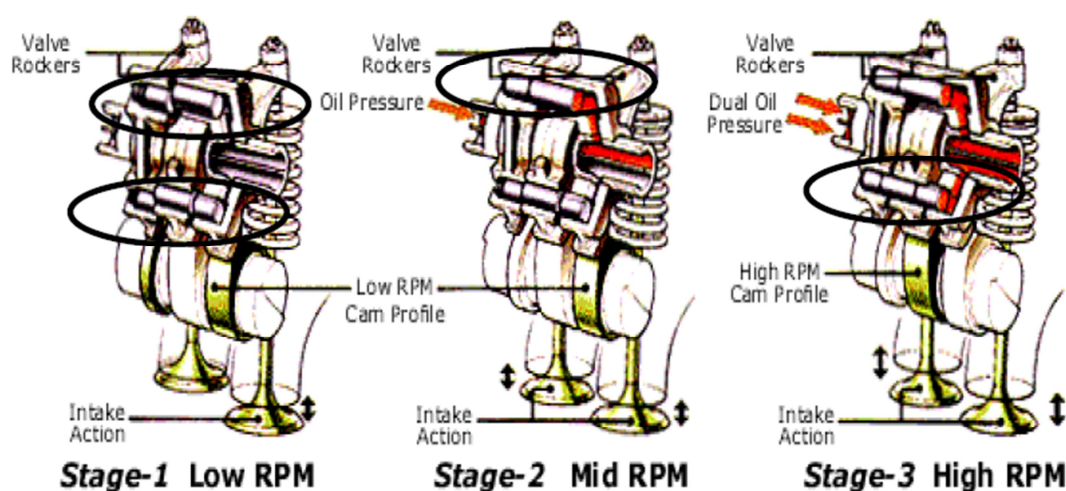
Έτσι σε κάποιες συγκεκριμένες στροφές δίνει εντολή ο εγκέφαλος του κινητήρα και με την βοήθεια της πίεσης του λαδιού ένας πείρος ασφαλίζει το δεύτερο ζύγωθρο στο πρώτο. Οπότε και η δεύτερη βαλβίδα εισαγωγής ανοιγοκλείνει ακολουθώντας την ίδια διαδρομή που κάνει η πρώτη. Επειδή στις χαμηλές στροφές ανοίγει μόνο η μία βαλβίδα, το έκκεντρο είναι



σχεδιασμένο έτσι ώστε να την ανοίγει λίγο παραπάνω και για περισσότερο διάστημα, από τι θα γινόταν αν δούλευαν και οι δύο μαζί. Στις υψηλές στροφές με αυτό το χαρακτηριστικό προφίλ του έκκεντρο, αυξάνει η ιπποδύναμη του κινητήρα.

### 6.2.6 ΣΥΣΤΗΜΑ 3-STAGE-VTEC HONDA.

Το 3-stage vtec είναι συνδυασμός των sohc vtec και sohc vtec-e και με αυτό επιτυγχάνεται η χαμηλή κατανάλωση καυσίμου και μέγιστη απόδοση του κινητήρα. Στις χαμηλές στροφές από τις δύο βαλβίδες εισαγωγής μόνο η μία ανοίγει, καθώς η άλλη ακολουθεί ένα σχεδόν κυκλικό έκκεντρο. Όταν αυξάνουν οι στροφές και μόλις ξεπεράσουν τις 2.500[rpm] ένας πείρος, με την βοήθεια της πίεσης του λαδιού κλειδώνει το ένα ζύγωθρο με το άλλο αναγκάζοντας, και την δεύτερη βαλβίδα να κινηθεί και να ακολουθήσει την ίδια διαδρομή με την πρώτη. Ο μέχρι τώρα μηχανισμός δουλεύει όπως και το sohc vtec-.

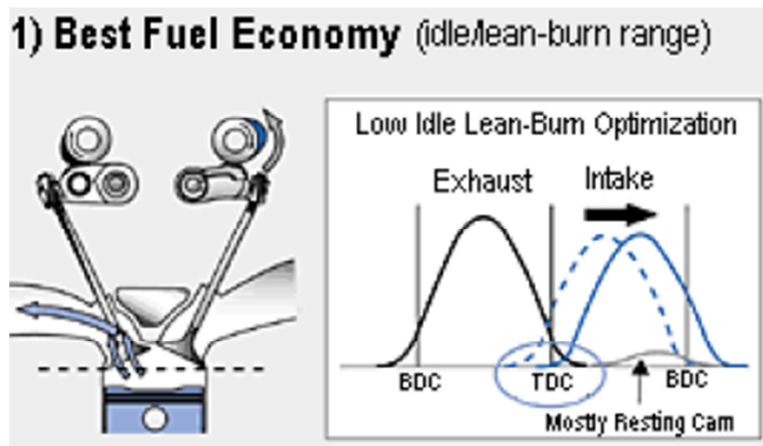


**Εικόνα 6.6:** σύστημα 3-stage vtec.

Με την παραπάνω αύξηση των στροφών και ξεπερνώντας τις 4.500[rpm], ένας άλλος πείρος ασφαρίζει τα δύο ζύγωθρα με ένα τρίτο που βρίσκεται ανάμεσα τους. Αυτό το τρίτο ζύγωθρο κινείται από έκκεντρο σχεδιασμένο για υψηλές στροφές και έτσι τώρα οι βαλβίδες κινούνται σύμφωνα με αυτό, κάνοντας μεγαλύτερη διαδρομή και παραμένοντας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ανοικτές. Αυτό προσφέρει στον κινητήρα μεγαλύτερη ισχύ στην συγκεκριμένη περιοχή στροφών και η λειτουργία του είναι ακριβώς όπως και το sohc vtec.

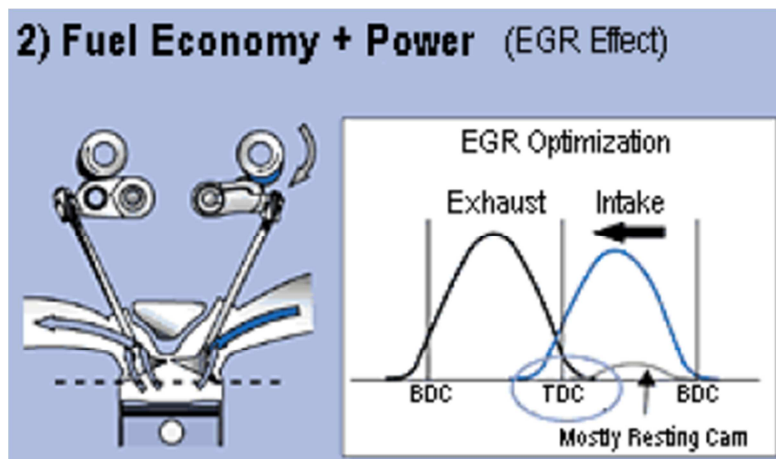
### 6.2.7 ΣΥΣΤΗΜΑ I-VTEC HONDA.

Το i-vtec είναι συνδυασμός του 3-stage vtec. Με αυτόν τον τρόπο εκτός από το χρονικό διάστημα ανοίγματος των βαλβίδων καθορίζεται και το χρονικό σημείο ανοίγματος αυτών. Με την τεχνολογία αυτή καθορίζεται η θέση του εκκεντροφόρου σε σχέση με το γρανάζι του. Αυτό επιτυγχάνεται με μια βαλβίδα πίεσης λαδιού που στέλνοντας λάδι στους κατάλληλους αγωγούς προπορεύει ή υστερεί τον εκκεντροφόρο. Για την καλύτερη απόδοση του κινητήρα γίνεται χρήση και διαφόρων άλλων τεχνολογιών όπως της επαναφοράς καυσαερίων και του μηχανισμού μεταβλητού εισαγωγής αέρα. Οι φάσεις λειτουργίας του i-vtec στο φάσμα των στροφών του κινητήρα χωρίζονται σε τέσσερις. Στην πρώτη φάση ο κινητήρας δουλεύει στις χαμηλές στροφές, μόνο μία από τις βαλβίδες ανοίγει το μπαλαντζάρισμα μεταξύ των βαλβίδων το οποίο είναι το μικρότερο. Έτσι επιτυγχάνεται η καλύτερη οικονομία καυσίμου καθώς η αναλογία αέρα καύσιμου είναι γύρω στο 20:1.



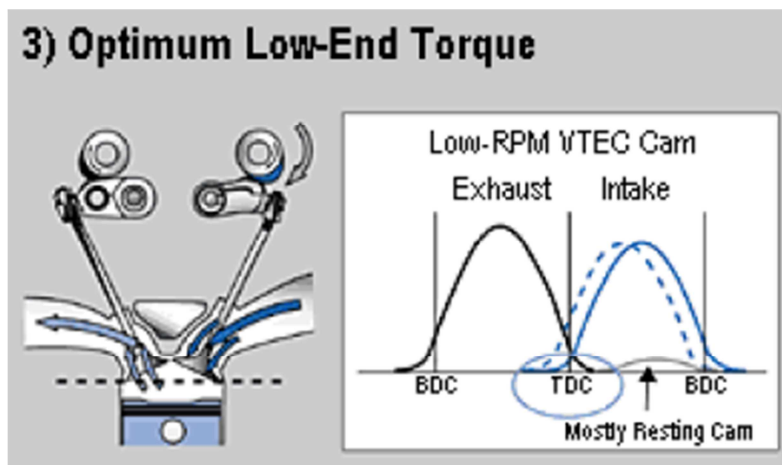
**Εικόνα 6.7:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η πρώτη φάση του συστήματος.

Στην δεύτερη φάση όπου ο κινητήρας δουλεύει ακόμα στις χαμηλές στροφές, αλλά χρειάζεται κάποια από τα αποθέματα ροπής, ο εκκεντροφόρος, αποκτάει προπορεία και δουλεύει στο μέγιστο μπαλαντζάρισμα. Αυτό γίνεται γιατί μπαίνει σε λειτουργία η βαλβίδα EGR και χρειάζεται ο παραπάνω χρόνος για να καθαρίσει ο θάλαμος καύσης, από τα καυσαέρια και για να γίνει η καλύτερη διαχείριση καυσίμου. Η αναλογία αέρα καυσίμου γίνεται 14,7 με 12:1 ενώ η δεύτερη βαλβίδα παραμένει ακόμα κλειστή.



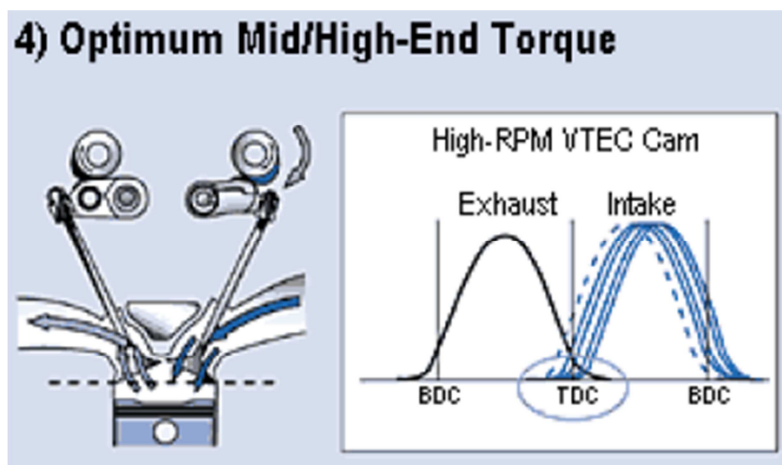
**Εικόνα 6.8:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η δεύτερη φάση του συστήματος.

Στην Τρίτη φάση ο κινητήρας βρίσκεται ακόμα στις χαμηλές στροφές λειτουργίας, και η απαίτηση για ακόμα μεγαλύτερη ροπή έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβλητότητα της προπορείας του εκκεντροφόρου. Στον κύλινδρο ανοίγει μόνο η μία βαλβίδα.



**Εικόνα 6.9:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η τρίτη φάση του συστήματος.

Στην τέταρτη φάση, όπου βρίσκεται στην περιοχή υψηλών στροφών, ανοίγουν και οι δύο βαλβίδες, ενώ ταυτόχρονα ακολουθούν το έκκεντρο καθορισμένο για αυτές τις στροφές. Άρα έχουν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ανοίγματος, και παράλληλα μεταβάλλεται η προπορεία του εκκεντροφόρου ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο. Σε αυτήν την φάση δουλεύει και η βαλβίδα μεταβλητού αέρα εισαγωγής.



**Εικόνα 6.10:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η τέταρτη φάση του συστήματος.

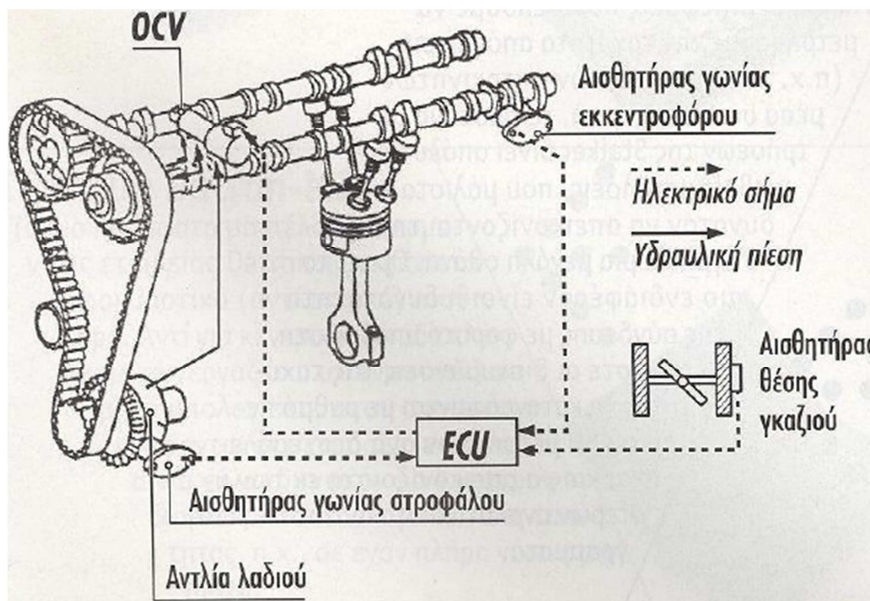
Το i-vtec σύστημα δεν χρησιμοποιείται μόνο σε sohc, αλλά και σε dohc κινητήρες. Που σημαίνει ότι επιδρούν και στον εκκεντροφόρο εξαγωγής, και στις αντίστοιχες βαλβίδες του, με αποτέλεσμα την ωφέλεια ακόμα μεγαλύτερης ισχύος.

#### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:**

Τα παραπάνω αυτά συστήματα χρησιμοποιεί η HONDA στα αυτοκίνητα και προσθέτει στα χαρακτηριστικά των κινητήρων τους τον όρο VTEC. Πάντως αυτό που λείπει από την τεχνολογία VTEC, είναι ότι αυτή η τεχνολογία διαθέτει μεταβλητό χρονικό διάστημα ανοίγματος βαλβίδων, αλλά δύο θέσεων και όχι συνεχώς μεταβαλλόμενο.

### 6.2.8 ΣΥΣΤΗΜΑ VVT-i ΤΗΣ TOYOTA

Έχει ονομαστεί ως ο έξυπνος μεταβλητός χρονισμός των βαλβίδων της Toyota ή αλλιώς vvt-i χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα μοντέλα της εταιρίας. Ο όρος έξυπνο δίνει έμφαση στον εξελιγμένο πρόγραμμα της διαχείρισης, που μεταβάλλει τον χρονισμό των βαλβίδων ανάλογα με τις στροφές λειτουργίας του κινητήρα, συνυπολογίζοντας και άλλες παραμέτρους όπως την επιτάχυνση ή την κλίση του οδοστρώματος. Όπως μπορούμε να δούμε και στο σχήμα οι αισθητήρες καταγράφουν τις στροφές του κινητήρα αλλά και την θέση του γκαζιού. Τα δεδομένα έρχονται στην κεντρική μονάδα έλεγχου (ECU) η οποία με βάση την απαιτούμενη στιγμιαία απόδοση, καθορίζει το βέλτιστο χρονισμό των βαλβίδων και περιστρέφει υδραυλικά, τον εκκεντροφόρο εισαγωγής για προπορεία ή καθυστέρηση του ανοίγματος των βαλβίδων. Η υδραυλική πίεση που χρησιμοποιεί καθορίζεται από την βαλβίδα έλεγχου του λαδιού (OCV), που ελέγχεται από την κεντρική μονάδα έλεγχου του κινητήρα.



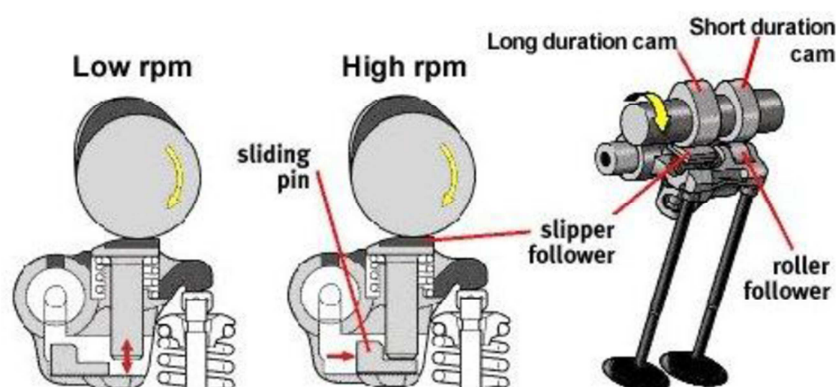
**Εικόνα 6.11:** σύστημα vvt-i της Toyota.

Σε πολύ χαμηλές στροφές όταν για παράδειγμα ο κινητήρας δουλεύει στο ρελαντί η πεταλούδα του γκαζιού είναι κλειστή λειτουργώντας σαν περιοριστής, και δημιουργώντας υποπίεση στους αυλούς εισαγωγής. Σε αυτήν την κλίμακα στροφών δηλαδή κάτω από τις 1.000 στροφές/λεπτό, το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων δεν είναι επιθυμητό γιατί, λόγω της υποπίεσης μέρος των καυσαερίων εξέρχεται από την βαλβίδα εισαγωγής, και αναμειγνύεται με το μίγμα καυσίμου αέρα. Αυτό επηρεάζει την καύση και έχει σαν αποτέλεσμα την αστάθεια του αριθμών των στροφών στις οποίες λειτουργεί ο κινητήρας στο ρελαντί. Σε αυτές τις στροφές το σύστημα vvt-i καθυστερεί το άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής. Στην μεσαία κλίμακα των στροφών, το φορτίο του κινητήρα δεν είναι μεγάλο και οι απαιτήσεις εστιάζονται κυρίως στην οικονομία του καυσίμου, και στα καθαρά καυσαέρια. Σε αυτήν την περίπτωση το σύστημα αυτό δίνει μια προπορεία στον χρονισμό των βαλβίδων προκαλώντας ανακύκλωση στα καυσαέρια, που αποτελεί μια συχνά εφαρμοζόμενη τεχνική για καλύτερη καύση στον κινητήρα και καθαρότερα καυσαέρια. Το όφελος σε αυτήν την διαδικασία είναι μέρος του άκαυστου μίγματος που περιέχουν τα καυσαέρια ανακυκλώνεται μειώνοντας, το ποσοστό των υδρογονανθράκων που φεύγει προς το περιβάλλον, επιπλέον αυτή η ανάμειξη έχει και σαν αποτέλεσμα την χαμηλότερη θερμοκρασία καύσης, και επομένως την μείωση των οξειδίων του αζώτου στα καυσαέρια. Όταν το φορτίο του κινητήρα είναι μεγάλο, δηλαδή κατά την διάρκεια της επιτάχυνσης ή ανάβαση σε δρόμο με μεγάλη κλίση, αυτό που επιδιώκουμε από τον κινητήρα είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστό ισχύς αλλά και ροπής. Το vvt-i κανονίζει το πρόωρο άνοιγμα αλλά και κλείσιμο των βαλβίδων πριν το έμβολο αρχίσει την

άνοδο και την φάση της συμπίεσης. Επιπλέον η υποπίεση σε αυτές τις συνθήκες λειτουργίας είναι πολύ μικρή και δεν υπάρχει μίξη με τα καυσαέρια, με αποτέλεσμα ο κύλινδρος να γεμίζει με καθαρό μείγμα καυσίμου- αέρα που είναι απαραίτητο για την τέλεια καύση.

### 6.2.9 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ VVTL-i ΤΟΥΤΟΤΑ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ VVTL-i.

Το vvt-i θεωρείται ένα από τα πιο εξελιγμένα συστήματα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων που υπάρχουν σήμερα. Η λειτουργία του περιλαμβάνει συνεχόμενο μεταβλητό χρονισμό, μεταβλητή βύθιση των βαλβίδων ενώ είναι τοποθετημένο στους εκκεντροφόρους εισαγωγής και εξαγωγής. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ένας συνδυασμός του vvt-i και του συστήματος της Honda το vtec παρότι όμως, ο μηχανισμός για τη βύθιση των βαλβίδων διαφέρει από εκείνο της Honda. Όπως και στο vvt-i, ο χρονισμός επιτυγχάνεται αλλάζοντας την γωνία του εκκεντροφόρου μέσω υδραυλικού μηχανισμού. Δύο τύποι έκκεντρων ένα για τις χαμηλές και το δεύτερο για τις υψηλές τοποθετούνται δίπλα - δίπλα στον εκκεντροφόρο. Το έκκεντρο για τις υψηλές στροφές είναι μεγαλύτερο από τι αυτό για τις χαμηλές και μεσαίες στροφές, ώστε να προκαλεί μεγαλύτερη βύθιση και να παρατείνει την διαδικασία όπου η βαλβίδα παραμένει ανοικτή.



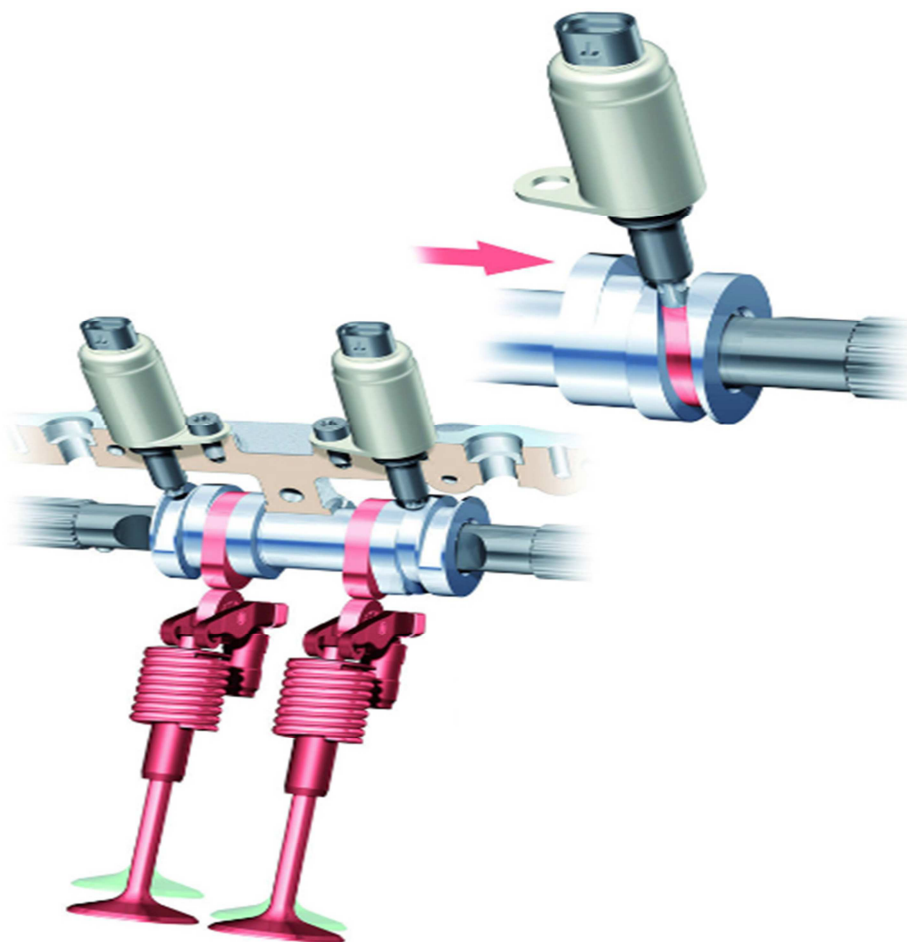
**Εικόνα 6.12:** σύστημα vvt-l της Toyota.

Στις χαμηλές και μεσαίες στροφές του κινητήρα η κίνηση του αντίστοιχου έκκεντρου μεταδίδεται πιέζοντας προς τα κάτω το ζύγωθρο ώστε, να ανοίξουν οι βαλβίδες ταυτόχρονα το έκκεντρο των υψηλών στροφών πιέζοντας την προσθήκη στο επάνω μέρος του ζύγωθρου, παρόλα αυτά η προσθήκη του ζύγωθρου κινείται ελεύθερα χωρίς να μεταδίδει την κίνηση του έκκεντρου των υψηλών στροφών της βαλβίδας, όταν η θερμοκρασία φτάσει στους 60[°C], και ο κινητήρας φθάσει στις 6.000 [rpm] ή και η υδραυλική πίεση αναγκάσει τον πίσω του ζύγωθρου να γλιστρήσει κάτω από την προσθήκη του. Έτσι η προσθήκη του ζύγωθρου σταθεροποιείται αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η κίνηση της προσθήκης του ζύγωθρου να μεταδίδεται και αυτή στο ζύγωθρο ακόμα περισσότερο από τι το πίεζε το έκκεντρο των χαμηλών και μεσαίων στροφών, αυτό αυξάνει το βύθισμα της βαλβίδας καθώς και την χρονική διάρκεια όπου οι βαλβίδες παραμένουν ανοικτές.



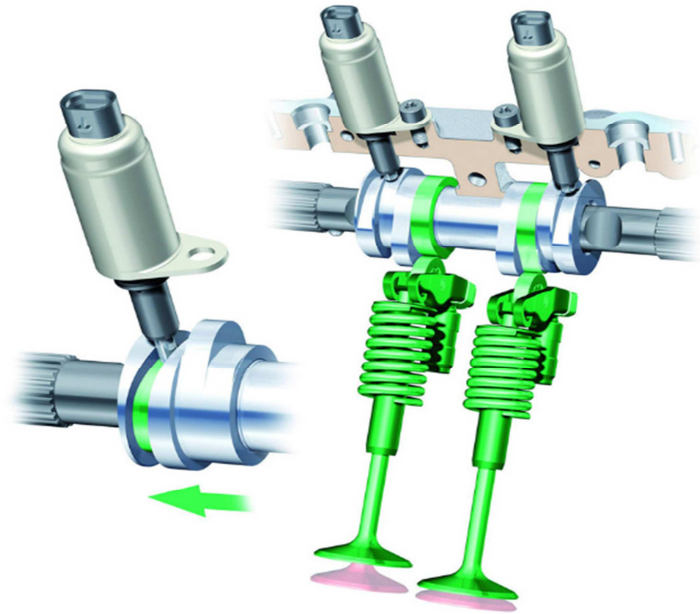
#### 6.2.10 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (valve lift audi).

Το σύστημα αυτό επιδρά στη μεταβολή της προπορείας και του βυθίσματος των βαλβίδων, τα έκκεντρα των βαλβίδων είναι τοποθετημένα σε ένα κύλινδρο που έχει τη δυνατότητα να ολισθαίνει πάνω στον άξονα του εκκεντροφόρου, τα έκκεντρα είναι δύο τύπων ένα μικρό για τις χαμηλές και μεσαίες στροφές και ένα μεγαλύτερο για τις υψηλές. Η κίνηση μεταδίδεται από τα έκκεντρα στις βαλβίδες μέσω των ζύγωθρων. Τα ζύγωθρα είναι εφοδιασμένα με ράουλα στα σημεία των επαφών της μετάδοσης της κίνησης, ώστε να έχουμε μειωμένη τριβή. Οι δύο θέσεις που μπορεί να πάρει ο κύλινδρος που φέρει επάνω του τα έκκεντρα είναι συγκεκριμένος και ασφαλίζεται με τη βοήθεια, ενός εσωτερικού συστήματος, με μια χαλύβδινη σφαίρα. Τη θέση που θα πάρουν τα δύο έκκεντρα την κατευθύνουν δύο ηλεκτρομαγνητικά έμβολα που παίρνουν εντολή από την ηλεκτρονική μονάδα έλεγχου του κινητήρα. Όταν ο κινητήρας φτάσει να λειτουργήσει στις υψηλές ενεργοποιείται το έμβολο που είναι δεξιά μας, εισέρχεται μέσα στο σπειροειδές κανάλι που είναι δίπλα από τα έκκεντρα και το ασφαλίζει στη θέση όπου η κίνηση μεταδίδεται, από τα μεγάλα έκκεντρα προς τα ζύγωθρα των βαλβίδων.



**Εικόνα 6.13:** σύστημα valve lift για υψηλές στροφές.

Κατά τον ίδιο τρόπο όταν μειωθούν οι στροφές του κινητήρα ενεργοποιείται το ηλεκτρομαγνητικό έμβολο των χαμηλών και μέσων στροφών που είναι αριστερά μας, και το κινητό σύστημα των έκκεντρων μετακινείται στην θέση όπου η κίνηση μεταδίδεται από τα μικρά έκκεντρα προς τα ζύγωθρα των βαλβίδων.



**Εικόνα 6.14:** σύστημα valve lift σε θέση για μεσαίες και χαμηλές στροφές.

### 6.2.11 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (valve tronic bmw).

Αυτό το σύστημα πετυχαίνει τη μεταβολή της βύθισης των βαλβίδων με τη βοήθεια των ειδικά διαμορφωμένων πέλδλων που ωθούν τα ζύγωθρα των βαλβίδων. Το επάνω μέρος του πέλδλου εδράζεται σε ένα έκκεντρο άξονα ο οποίος περιστρέφεται προς τα πίσω σε γωνία 180° με τη βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα.

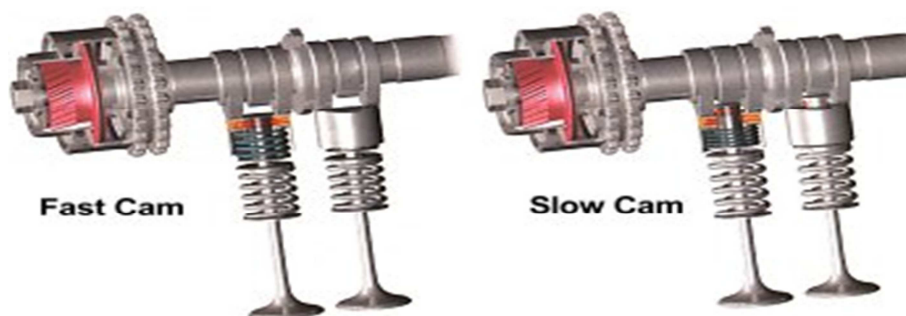


**Εικόνα 6.15:** σύστημα valve tronic BMW.

Ο ηλεκτροκινητήρας παίρνει εντολή από την ηλεκτρονική μονάδα έλεγχου και μεταδίδει την περιστροφή στον έκκεντρο άξονα, με ένα σύστημα ατέρμονα κοχλία και οδοντωτού τροχού όταν ο κινητήρας, λειτουργεί σε υψηλές στροφές ο έκκεντρος άξονας παίρνει τέτοια θέση ώστε να φέρει το πέλδλο πιο κοντά στον εκκεντροφόρο, με αποτέλεσμα να το εκτοπίσει περισσότερο με τη μεγαλύτερη εκτόπιση του πέλδλου, το ζύγωθρο ωθείτε περισσότερο προς τα κάτω και πραγματοποιεί το μεγαλύτερο βύθισμα της βαλβίδας .

### 6.2.12 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΜΕ ΒΥΘΙΣΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (super v-tec HONDA).

Τα σύγχρονα συστήματα μεταβλητού χρονισμού περιλαμβάνουν ταυτόχρονα ένα σύστημα μεταβολής της προπορείας του εκκεντροφόρου, μαζί με ένα σύστημα μεταβολής βυθίσματος των βαλβίδων το σύστημα μεταβλητού χρονισμού (vario cam) περιλαμβάνει το σύστημα (vanos), για αλλαγή προπορείας του εκκεντροφόρου καθώς και ένα έξυπνο σύστημα άμεσης βύθισης των βαλβίδων. Ο εκκεντροφόρος μεταδίδει κατευθείαν την κίνηση στις βαλβίδες χωρίς να παρεμβάλλονται ζύγωθρα, ο εκκεντροφόρος έχει σταθερά δύο μεγάλα έκκεντρα για τις υψηλές στροφές, και ένα μικρό για τις χαμηλές και μεσαίες στροφές. Το μικρό έκκεντρο βρίσκεται ανάμεσα στα δύο μεγάλα, έκκεντρα των υψηλών στροφών το επάνω μέρος της βαλβίδας καταλήγει σε ένα ωστήριο που έρχεται, σε επαφή με το μικρό έκκεντρο των χαμηλών και μεσαίων στροφών, ένας κύλινδρος που έχει τη δυνατότητα να παλινδρομεί γύρω από το ωστήριο της βαλβίδας και έρχεται σε συνεχή επαφή, με τα δύο έκκεντρα των υψηλών στροφών.



**Εικόνα 6.16:** σύστημα super v-Tec HONDA.

Η συνεχής επαφή εξασφαλίζεται με τη βοήθεια ενός σπειροειδούς ελατηρίου όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε χαμηλές και μεσαίες στροφές η κίνηση της βαλβίδας πραγματοποιείται άμεσα, από το μικρό έκκεντρο προς τη βαλβίδα, όταν ο κινητήρας λειτουργεί στις υψηλές στροφές μετακινείται υδραυλικά ο άξονας εμπλοκής, και το ωστήριο με τον κύλινδρο γίνεται ένα σώμα έτσι η κίνηση μεταδίδεται από τα δύο μεγάλα, έκκεντρα προς τον κύλινδρο και μέσω του άξονα εμπλοκής στο ωστήριο της βαλβίδας.

### 6.2.13 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Μια νέα τεχνολογία που υπόσχεται σημαντική βελτίωση στην κίνηση των βαλβίδων χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά στοιχεία που ανοίγουν τις βαλβίδες ενάντια σε ένα ελατήριο, και με ρύθμιση του χρονισμού τους από τον κεντρικό ηλεκτρονικό εγκέφαλο (ECU) του κινητήρα. Τα πλεονεκτήματα αυτής της κατασκευής είναι η ακρίβεια στην επικάλυψη του ανοίγματος των βαλβίδων ανάλογα, με τις εκάστοτε στροφές του κινητήρα και σε ένα μεγάλο φάσμα ρυθμιστικών δυνατοτήτων, και η πολύ μικρή απαίτηση σε ισχύ για την κίνηση των βαλβίδων, μια και δεν απαιτούνται πλέον εκκεντροφόροι, γρανάζια κλπ.

### 6.2.14 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Η άμεση κίνηση των βαλβίδων ενός κινητήρα από ένα υδραυλικό έμβολο παρουσιάζει μεγάλα πλεονεκτήματα, όταν με κατάλληλα ρυθμιστικά στοιχεία μπορεί να ενεργοποιηθεί από τον κεντρικό εγκέφαλο, έτσι ώστε το βύθισμα των βαλβίδων, η επικάλυψη μεταξύ τους, ακόμα και η ταχύτητα ανοίγματος να μπορούν να ρυθμιστούν απολύτως ανάλογα με τις ανάγκες λειτουργίας του κινητήρα.



**Σχήμα 6.6:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η υδραυλική κίνηση των βαλβίδων.

Ουσιαστικό εξάρτημα του συστήματος αυτού που, χρησιμοποιήθηκε αρχικά σε κινητήρες μοτοσυκλετών, είναι η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα που ρυθμίζει την είσοδο του λαδιού υπό πίεση στον κύλινδρο τη συγκεκριμένη στιγμή.



## 7. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ

### 7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 7.1.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Η πολλαπλή εισαγωγής βρίσκεται στη κυλινδροκεφαλή και διανέμει τον αέρα τροφοδοσίας στους κυλίνδρους. Στους κινητήρες πολλαπλού ψεκασμού, η πολλαπλή φέρει στη πλευρά που βρίσκεται κοντά στις βαλβίδες εισαγωγής, τις υποδοχές για τα μπεκ ψεκασμού. Στους κινητήρες μονού ψεκασμού το μοναδικό μπεκ βρίσκεται στο κέντρο της πολλαπλής εισαγωγής. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα ο αέρας τροφοδοσίας ρέει μέσα από τους αυλούς της πολλαπλής και εισέρχεται με ταχύτητα στην κυλινδροκεφαλή.

#### ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

- Αλουμίνιο
- Ειδικό πλαστικό

Η εισαγωγή του αέρα είναι το πρώτο σύστημα του κινητήρα, και αποτελείται βασικά από το φίλτρο του αέρα, τον επιταχυντή, την πολλαπλή εισαγωγής, τους αυλούς εισαγωγής και το σύστημα ψεκασμού. Ο αέρας που για να μπει στην πολλαπλή εισαγωγής περνάει πρώτα από το φίλτρο, το οποίο συγκρατεί όλα τα σωματίδια που κυκλοφορούν στην ατμόσφαιρα, ενώ η ποσότητα αέρα που κατευθύνεται στους αυλούς, εισαγωγής είναι ανάλογη με το άνοιγμα της πεταλούδας. Κατόπιν ανοίγουν οι αυλοί της εισαγωγής ενώ την ίδια στιγμή οι εγχυτήρες ψεκάζουν με καύσιμο το, οποίο θα αναμειχθεί με τον αέρα στους κυλίνδρους.



**Εικόνα 7.1:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η πολλαπλή εισαγωγής.

Μετά το έμβολο θα πίεση το μείγμα ενώ ο σπινθηριστής (μπούζι) θα προκαλέσει τον σπινθήρα για να γίνει η καύση του μείγματος. Το καρμπυρατέρ πλέον έχει αντικατασταθεί από σύγχρονα συστήματα ψεκασμού. Σήμερα υπάρχει το σύστημα μονού σημείου πολλαπλών σημείων και άμεσου ψεκασμού.

## 7.2 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.

Ο συντονισμός τη πολλαπλής εισαγωγής επιτυγχάνεται με το σχεδιασμό των αυλών εισαγωγής σε συγκεκριμένο μήκος και διάμετρο, οπότε εξασφαλίζεται η βελτιωμένη πλήρωση των κυλίνδρων και η επιθυμητή υψηλή ροπή σε συγκεκριμένες στροφές του κινητήρα.



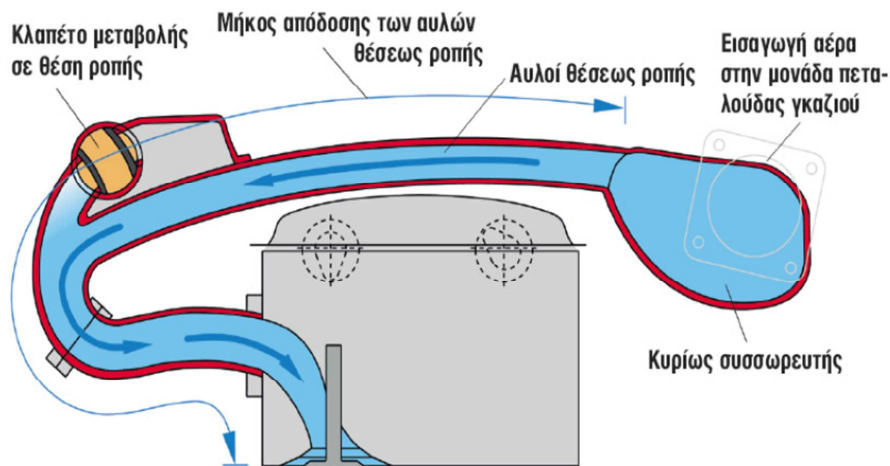
**Εικόνα 7.2:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η πολλαπλή εισαγωγής με τους αυλούς.

Στο υπόλοιπο μεγάλο φάσμα στροφών του κινητήρα η ροπή χειροτερεύει. Για το λόγο αυτόν, ο συντονισμός της πολλαπλής εισαγωγής για πολλά χρόνια χρησιμοποιήθηκε μόνο σε αυτοκίνητα αγώνων ή σε δίχρονους κινητήρες μοτοσυκλετών, όπου πρωταρχική σημασία είχε η μέγιστη ισχύς και ροπή, έστω και αν αυτή ήταν διαθέσιμη σε ένα πολύ μικρό εύρος στροφών. Αυτό που ουσιαστικά επιδιώκουμε με την κατάλληλη διατομή της πολλαπλής είναι να έχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή πίεση, πριν από τον κύλινδρο, έτσι ώστε όταν ανοίξει η βαλβίδα εισαγωγής το μείγμα (αέρας-καύσιμου) να εισχωρήσει σε μεγαλύτερη, ποσότητα στον κύλινδρο. Για να το επιτύχουμε, αυτό εκμεταλλευόμαστε την ταχύτητα του εισερχόμενου αέρα-μείγματος μέσα στον αυλό. Όταν η βαλβίδα κλείσει, η ροή διακόπτεται ενώ ο αέρας ή το μείγμα συνεχίζουν να κινούνται λόγω αδράνειας, και συμπυκνώνονται μπροστά στην κλειστή βαλβίδα. Αν εκείνη την στιγμή η βαλβίδα ανοίξει, το μείγμα εισχωρεί με πίεση στον κύλινδρο δημιουργώντας πίσω του μία περιοχή υποπίεσης. Οι περιοχές πίεσης – υποπίεσης ακολουθούν η μία την άλλη και κατανέμονται σε όλο το μήκος του αυλού, κάνοντας ολόκληρη τη στήλη του μετακινούμενου αέρα να πάλλεται. Αν λοιπόν υπολογίσουμε έτσι το μήκος του αυλού ώστε για συγκεκριμένες στροφές του κινητήρα, να υπάρχει περιοχή υψηλής πίεσης τη στιγμή που η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει, τότε το αποτέλεσμα είναι πολύ θετικό. Αν πάλι υπολογίσουμε λάθος ή οι στροφές του κινητήρα διαφοροποιηθούν από αυτές για τις οποίες κάναμε τον υπολογισμό μας, τότε μπορεί να ανοίξει τη στιγμή της υποπίεσης, τότε το αποτέλεσμα είναι ανεπιθύμητο.

**ΠΛΕΟΚΤΗΜΑΤΑ:** Τα πλεονεκτήματα αυτών των κατασκευών τα έχουν καθιερώσει σαν αξιόπιστες και φθηνές λύσεις βελτίωσης της λειτουργίας των σύγχρονων κινητήρων.

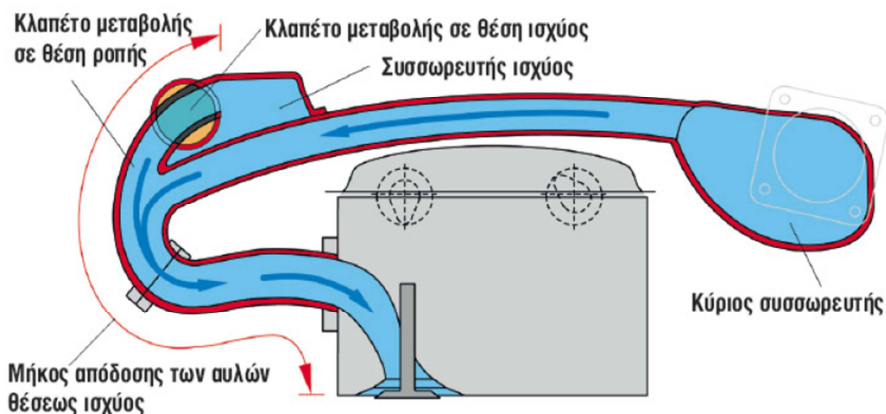
### 7.3 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥΣ ΑΥΛΟΥΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.

Σε σύγχρονους κινητήρες συναντάμε συντονισμό με μεταβλητούς αυλούς εισαγωγής. Ο συντονισμός της πολλαπλής εισαγωγής με μεταβλητούς αυλούς εισαγωγής είναι η δυνατότητα μεταβολής των αυλών εισαγωγής σε μήκος, διάμετρο ή όγκο, ώστε να εξασφαλίσει η ίδια πάντοτε σταθερή πλήρωση των κυλίνδρων, και η επιθυμητή υψηλή ροπή σε μεγάλο φάσμα στροφών του κινητήρα. Οι περισσότεροι κινητήρων χρησιμοποιούν τη λύση των διπλών πολλαπλών εισαγωγής. Έτσι οι κινητήρες είναι εφοδιασμένοι με δύο διατάξεις πολλαπλής εισαγωγής οι οποίες έχουν αυλούς εισαγωγής διαφορετικού μήκους. Η εισαγωγή με τους μακρύτερους αυλούς χρησιμοποιείται στις χαμηλές στροφές, ενώ η εισαγωγή με τους κοντούς αυλούς χρησιμοποιείται για τις υψηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα. Η μεταβολή της γεωμετρίας επιτυγχάνεται με πεταλούδες που ανοίγουν και κλείνουν διόδους(μέσω υποπίεσης), δημιουργώντας αυλούς συγκεκριμένου μήκους ή όγκου. Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται οι θέσεις των κλαπέτων μεταβολής, επίσης τι επιτυγχάνεται όταν το κλαπέτο είναι στη θέση στην οποία είναι ανοικτό και τι επιτυγχάνεται όταν είναι σε θέση κλειστό. Στο (σχήμα6.1) απεικονίζεται το κλαπέτο σε θέση κλειστή όπου σε εκείνη τη θέση αποδίδεται η ροπή.



**Σχήμα 7.1:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η διαδικασία συντονισμού με μεταβλητούς αυλούς με το κλαπέτο κλειστό.

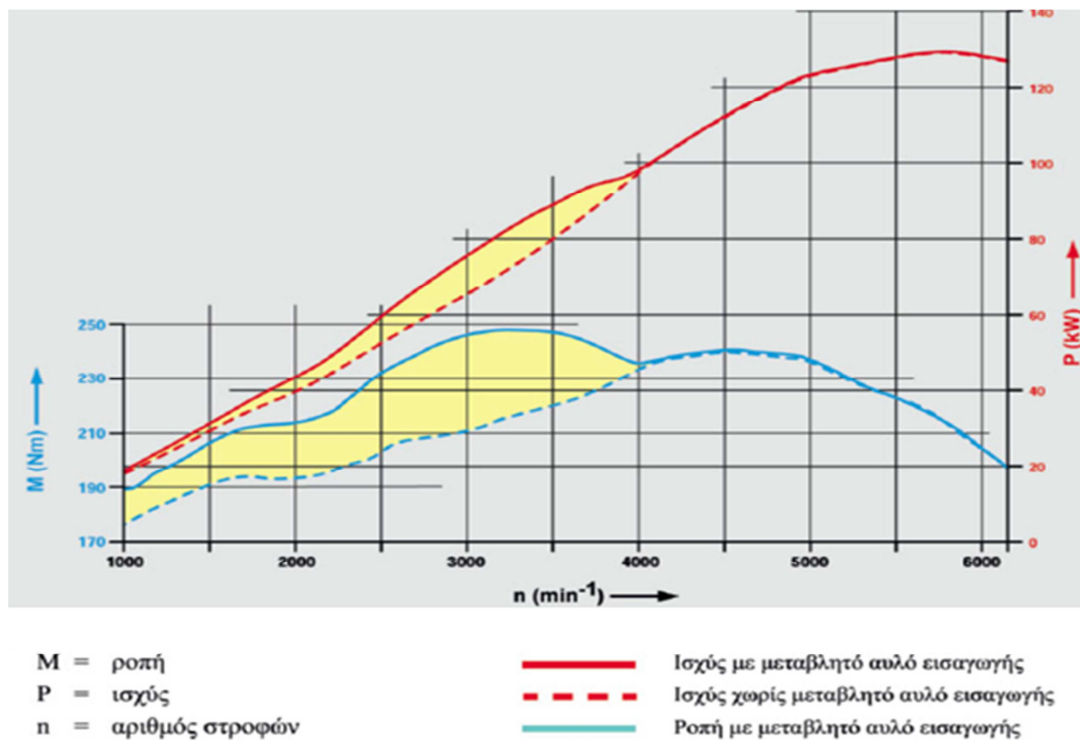
Στο (σχήμα 7.2) απεικονίζεται το κλαπέτο σε θέση ανοικτή όπου βρισκόμενο σε εκείνη την θέση αποδίδεται η μεγαλύτερη ισχύς



**Σχήμα 7.2:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η διαδικασία συντονισμού με μεταβλητούς αυλούς με το κλαπέτο ανοικτό.

Συμπέρασμα δηλαδή όταν θέλουμε μεγαλύτερη ισχύ επιδιώκουμε μικρό μήκος, ενώ όταν θέλουμε μεγαλύτερη ροπή επιδιώκουμε μεγάλο μήκος.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η ισχύς και η ροπή συναρτήσεϊ των στροφών του κινητήρα, με τη χρήση των μεταβλητών αυλών της εισαγωγής αλλά επίσης απεικονίζεται η ισχύς και η ροπή χωρίς την χρήση των αυλών εισαγωγής.



**Εικόνα 7.3:** στη παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το διάγραμμα της ισχύος και της ροπής με ή χωρίς της τοποθέτηση μεταβλητού αυλού εισαγωγής.

#### 7.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ (RESONANCE INTAKE SYSTEM).

Στους κινητήρες με διάταξη τύπου(V) ή και στους επίπεδους δηλαδή τύπου (BOXER), είναι δυνατόν να τοποθετηθούν συστήματα μεταβολής της πολλαπλής εισαγωγής μέσω συντονισμού. Κάθε σκέλος κυλίνδρων τροφοδοτείται από ένα δοχείο υπερπίεσης μέσω ξεχωριστών αυλών.



**Εικόνα 7.4:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το σύστημα συντονισμού της πολλαπλής εισαγωγής.

Τα δύο δοχεία υπερπίεσης επικοινωνούν μεταξύ τους με δύο αυλούς διαφορετικής διαμέτρου οι οποίοι, διαθέτουν ηλεκτρονικές βαλβίδες που είναι σε θέση να απομονώσουν τον κάθε αυλό.

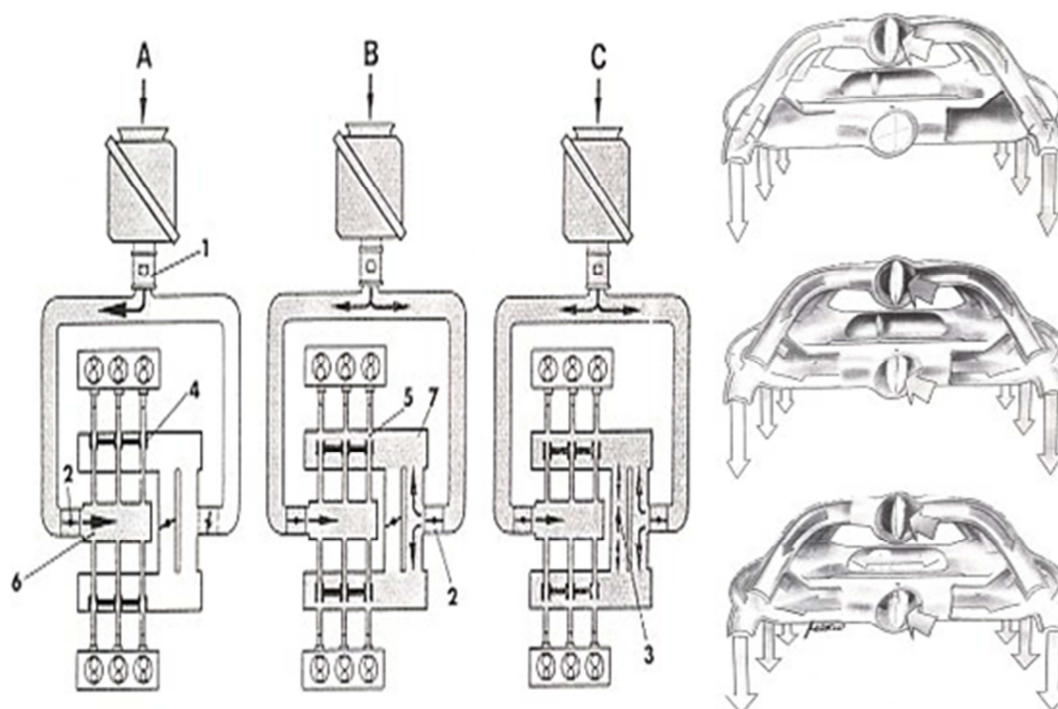


**Εικόνα 7.5:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το σύστημα συντονισμού της πολλαπλής εισαγωγής τοποθετημένο στον κινητήρα.

Η ακολουθία των αναφλέξεων στους κυλίνδρους είναι έτσι χρονισμένη έτσι ώστε ο κάθε κύλινδρος να αναπνέει από διαφορετικό, δοχείο υπερπλήρωσης δημιουργώντας ωστικό κύμα. Το ωστικό κύμα είναι σε θέση να επιταχύνει την πορεία των αερίων μαζών προς τον κύλινδρο. Η συχνότητα για την δημιουργία ωστικών κυμάτων εξαρτάται από την επικοινωνία μεταξύ των δύο δοχείων υπερπίεσης, με αποτέλεσμα να εξαρτάται άμεσα από τους αυλούς



επικοινωνίας των δοχείων. Η λειτουργία του συστήματος δηλαδή είναι όταν κλείσει η βαλβίδα σε ένας από τους δύο αυλούς μειώνεται, η συχνότητα των ωστικών κυμάτων και αποδίδει καλύτερα ο κινητήρας στις χαμηλές στροφές. Ενώ όταν αποκατασταθεί η επικοινωνία των δοχείων από τους αυλούς αυξάνεται η συχνότητα των ωστικών κυμάτων, και επιτυγχάνεται καλύτερη πλήρωση των κυλίνδρων στις υψηλές στροφές. Ένα τέτοιο σύστημα άρχισε να χρησιμοποιεί η Porsche, όπου συνδύασε το υπάρχον σύστημα με ένα σύστημα μεταβλητών αυλών τριών σταδίων με την ονομασία (Vario ram).



**Σχήμα 7.3:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η διαδικασία συντονισμού της πολλαπλής εισαγωγής τριών σταδίων.

- Όπου κάτω από τις 5.000 rpm (σχήμα A πάνω δεξιά), οι αυλοί είναι μεγάλου μήκους, και το σύστημα συντονισμού είναι εκτός λειτουργίας.
- Όπου οι στροφές κυμαίνονται μεταξύ 5.000-5800(σχήμα B στο κέντρο), οι αυλοί είναι μεγάλου μήκους, και το σύστημα συντονισμού χρησιμοποιεί ένα αυλό επικοινωνίας ανοικτό.
- Όπου οι στροφές είναι από τις 5.800 και άνω (σχήμα C κάτω δεξιά), οι αυλοί είναι μικρού μήκους, και το σύστημα συντονισμού χρησιμοποιεί και τους δύο αυλούς επικοινωνίας ανοικτούς.

#### **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:**

Αυτό το σύστημα έχει το εξής πλεονέκτημα, βελτιώνει την ροπή του κινητήρα στις χαμηλές στροφές.

## **7.5 ΣΥΓΚΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΛΒΙΔΩΝ – ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ.**

Η λειτουργία των συστημάτων αυτών στην πράξη έχει ανάλογα αποτελέσματα με του μεταβλητού χρονισμού. Η μόνη διαφορά έγκειται στο ότι στα συστήματα μεταβλητού χρονισμού βελτιώνουν κυρίως τη μέγιστη απόδοση στις υψηλές στροφές, ενώ τα συστήματα μεταβλητής πολλαπλής εισαγωγής κυρίως την ροπή στις χαμηλές στροφές, επίσης σε θέμα κόστους μεταξύ αυτών των δύο συστημάτων τα συστήματα εισαγωγής είναι αρκετά φθηνότερα, σε σχέση με εκείνα τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων.

## 8. ΞΕΝΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ

### 8.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ

Το ζήτημα εφαρμογής της υπερπλήρωσης ανάγεται στην εποχή της εφεύρεσης των Μ.Ε.Κ. Ο Gottlieb Daimler είχε ήδη κατοχυρώσει ευρεσιτεχνία από το 1885 όπου εφαρμοζόταν η μέθοδος, ενώ το 1905 ο Alfred Buchi κατέθεσε νέα εφεύρεση σύνθετου κινητήρα εξωτερικής πλήρωσης, και μηχανικά συνδεδεμένο στρόβιλο. Το 1915 παρουσιάστηκε το πρώτο ανεξάρτητο ζεύγος στρόβιλο-υπερπλήρωσης, στην οποία θα αναφερθούμε σε επόμενη παράγραφο.

Ήδη από το 1850 οι αδερφοί Roots στις Ηνωμένες Πολιτείες είχαν κατασκευάσει τον πρώτο συμπιεστή θετικού εκτοπίσματος, ενώ το 1878 ο Γερμανός Heinrich Krigar κατέθεσε ευρεσιτεχνία για τον κοχλιωτό συμπιεστή, τον οποίο επέλεξε ο Σουηδός Alf Lysholm 50 χρόνια αργότερα.

Η εφαρμογή της υπερπλήρωσης σε αεροπορικούς εμβολοφόρους κινητήρες βοήθησε στο να αντιμετωπιστεί η μείωση της απόδοσής τους σε μεγάλο υψόμετρο. Ο πρώτος υπερπληρωμένος κινητήρας τέτοιου είδους κατασκευάστηκε το 1910 από τους Murray – Willat. Ήταν δίχρονος (2-Χ) περιστροφικός και μπορούσε να επιτύχει ατμοσφαιρικές συνθήκες στην αναρρόφηση ακόμη και σε υψόμετρο 5,2km. Η αντίστοιχη εφαρμογή στρόβιλο-υπερπλήρωσης ανάγεται στα 1915 από τον Rateau.

Το 1912 ο Daimler κατασκεύασε το πρώτο αυτοκίνητο με συμπίεση αέρα “Roots”. Ένας συμπλέκτης πραγματοποιούσε τη σύνδεση του συμπιεστή –κινητήρα μόνο για υψηλές ταχύτητες περιστροφής.

Η πρώτη πρακτική χρήση συμπιεστών πραγματοποιήθηκε στα αυτοκίνητα αγώνων, ενώ στη συνέχεια επεκτάθηκε σε όλες τις μορφές αυτοκίνησης (1938 – πρώτο αυτοκίνητο υπερπληρωμένου κινητήρα ευρείας παραγωγής της ελβετικής εταιρίας Sauer). Στα μέσα τις δεκαετίας του '50 ξεκίνησε η μαζική κατασκευή στροβιλοϋπερπληρωμένων (2-Χ κινητήρων Diesel). Συγκεκριμένα, το 1962 η General Motors λάνσαρε τα πρώτα αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής Otto τέτοιου είδους (Oldsmobile Cutclass Chevrolet Convaire).

Το πρώτο αυτοκίνητο με υπερπληρωμένο κινητήρα (Diesel) κατασκευάστηκε το 1978 από την Mercedes (SD 300), ενώ ακολούθησε το (Volkswagen Golf TD) το 1981. Από το 1970 η υπερπλήρωση εφαρμόζεται και στο χώρο της (Formula 1).

Στις μέρες μας, η υπερπλήρωση για την ακρίβεια η στρόβιλο-υπερπλήρωση έχει επικρατήσει πλήρως στους κινητήρες (Diesel), από εφαρμογές αυτοκινήτων όγκου εμβολισμού 2lt μέχρι μεγάλους ναυτικούς δίχρονους (2-Χ) κινητήρες μεγάλης ισχύος και όγκου εμβολισμού 2m<sup>3</sup> ανά κύλινδρο. Ωστόσο στους κινητήρες (Otto) η εφαρμογή είναι πιο περιορισμένη λόγω φαινομένων κρουστικής καύσης (αυτανάφλεξη ή αλλιώς κτύπημα πειρακίων).

## 8.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ισχύς και η ροπή ενός κινητήρα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποσότητα του μείγματος αέρα – βενζίνη που εισρέει στους κυλίνδρους. Σε έναν ατμοσφαιρικό κινητήρα ο όγκος του μείγματος που μπορεί να αναρροφηθεί από την παλινδρόμηση του εμβόλου δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από τον κυβισμό του συγκριμένου κυλίνδρου, ενώ περιορίζεται σημαντικά και από τις απώλειες στους άλτους εισαγωγής, από τους στροβιλισμούς στις βαλβίδες, από την αντίσταση του φίλτρου του αέρα κλπ. Στην συγκεκριμένη ποσότητα αέρα δεν μπορούμε να προσθέσουμε καύσιμο, για να αυξήσουμε την διαθέσιμη ενέργεια, διότι έτσι θα αλλάξουμε την σχέση του αέρα – βενζίνης η οποία είναι απολύτως συγκεκριμένη για να είναι το μείγμα αναφλέξιμο. Για τον λόγο αυτόν η αύξηση της ισχύος αλλά και της ροπής απαιτείται μια αύξηση της ποσότητας, του μείγματος η οποία μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την προσθήκη αέρα στους κυλίνδρους. Πρέπει δηλαδή να σπρώξουμε τον αέρα στους κυλίνδρους με πίεση και ο τρόπος αυτός λέγεται υπερπλήρωση τι εννοούμε με τον όρο υπερπλήρωση. Με τον όρο υπερπλήρωση στις μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ) ορίζουμε την προ συμπίεση του εργαζόμενου μέσου (αέρα) εξωτερικά του κυλίνδρου, με τη βοήθεια μηχανιού μέσου (συμπιεστή). Έτσι ο αέρας συμπιέζεται τελικά τόσο εντός όσο και εκτός του κυλίνδρου. Η υπερπλήρωση, σε συνδυασμό με την ενδιάμεση ψύξη (cooling) του συμπιεζόμενου αέρα, υπήρξε σημαντικός παράγοντας στην προσπάθεια αύξησης της ισχύος των κινητήρων, πέραν της βελτίωσης των επιμέρους διεργασιών εντός του κυλίνδρου. Είναι αξιοσημείωτο ότι με την πάροδο των δεκαετιών σημειώθηκε τετραπλασιασμός της ισχύος τους χωρίς ουσιαστική μεταβολή του όγκου εμβολισμού.

### 8.3 ΤΥΠΟΙ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

Ανάλογα με τον τρόπο που παίρνουν κίνηση, οι υπερσυμπιεστές διακρίνονται στους εξής τύπους:

- Ογκομετρικοί μηχανικού τύπου ROOTS (supercharger), και τύπου LYSHOLM.
- Φυγοκεντρικοί υπερσυμπιεστές ή TURBO (turbochargers).
- Υπερσυμπιεστές COMPREX (pressure-wave superchargers).

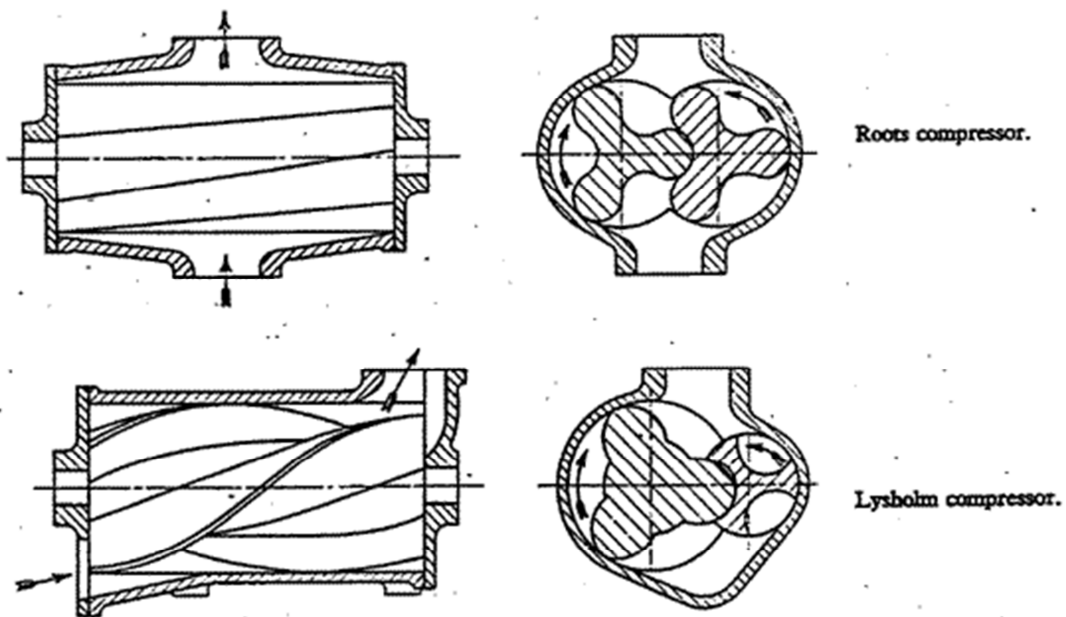
### 8.4 ΑΝΑΛΥΣΗ

#### 8.4.1 ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ.

Ο ογκομετρικός υπερσυμπιεστής μηχανικού τύπου (compressor) παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα μέσω ενός ιμάντα. Έτσι, όταν αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα, αυξάνονται και οι στόφες του υπερσυμπιεστή, με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος και της ροπής.

Οι μηχανικοί υπερσυμπιεστές απορροφούν μόνιμα ισχύ από τον κινητήρα αφού συνδέονται με αυτόν. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται σε κινητήρες μεγάλου κυβισμού.

Χρησιμοποιήθηκαν πολύ τη δεκαετία του 1960 και πέρασαν στο περιθώριο τη δεκαετία του 1980. Αρκετά καινούργια μοντέλα της αγοράς έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν το σύστημα. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες περιστροφικών συμπιεστών οι λοβοειδής τύπου (Roots) και οι κοχλιοειδής τύπου (Lysholm).



**Εικόνα 8.1:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται οι δύο τύποι μηχανικών υπερσυμπιεστών (πάνω) τύπου (roots), και (κάτω) τύπου (Lysholm).

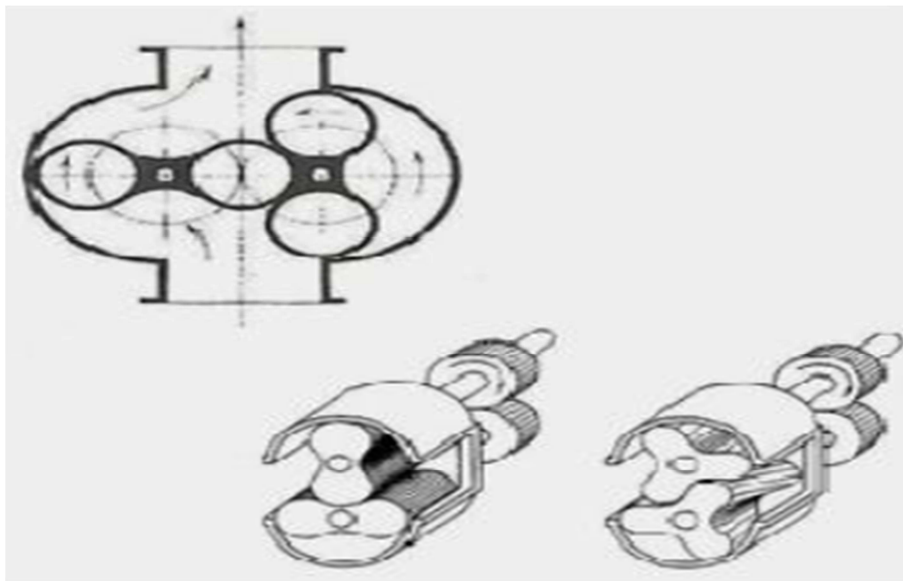
Στα νέα συστήματα υπάρχει ένας ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης ο οποίος αποσυμπλέκει το συμπιεστή από τον κινητήρα στις στροφές του ρελαντί, και στις χαμηλές στροφές λειτουργίας. Με αυτόν τον τρόπο δεν επιβαρύνεται η λειτουργία του κινητήρα στις χαμηλές στροφές, ενώ μόλις οι στροφές του κινητήρα ανεβούν, ενεργοποιείται ο ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης και θέτει σε λειτουργία τον υπερσυμπιεστή, αυξάνοντας τη ροπή και την ισχύ του κινητήρα.





**Εικόνα 8.2:** Ογκομετρικός υπερσυμπιεστής μηχανικού τύπου(roots).

Οι μηχανικοί υπερσυμπιεστές που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα αποτελούν από δύο ή τρεις συνεργαζόμενους ρότορες, οι οποίοι περιστρέφονται μέσα σε ένα κλειστό κέλυφος. Κατά την περιστροφή τους οι ρότορες ακουμπούν μεταξύ τους και με το κέλυφος, για αυτό και οι συμπιεστές τύπου (roots) χαρακτηρίζονται από θορυβώδη λειτουργία. Οι ρότορες δεν εφάπτονται μεταξύ τους ή με το κέλυφος της συσκευής και περιστρέφονται αντίρροπα από ένα σύστημα γραναζιών που βρίσκεται έξω από τον θάλαμο λειτουργίας.

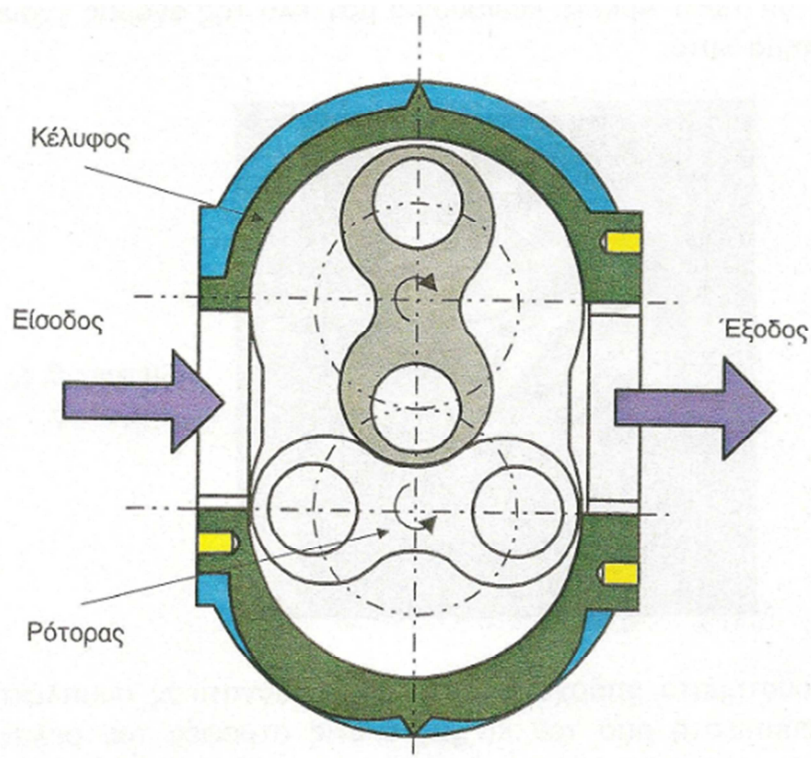


**Εικόνα 8.3:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται συμπιεστές τύπου (roots), (πάνω) και (αριστερά) με δύο ρότορες και (κάτω) με τρεις ρότορες.

Το σύστημα με τους ρότορες τοποθετείται στην πολλαπλή εισαγωγής κάτω από τον εξαερωτήρα, ή αν υπάρχουν ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού, μετά τον μετρητή ροής αέρα και το σώμα της πεταλούδας. Οι ρότορες περιστρέφονται και εγκλωβίζουν μία ποσότητα αέρα, την οποία οδηγούν στο σύστημα παρασκευής του καυσίμου μείγματος.

Με την περιστροφή τους οι ρότορες δημιουργούν από την πλευρά της κατάθλιψης αυξημένη πίεση. Αποτέλεσμα της αυξημένης πίεσης με σταθερό όγκο είναι η αύξηση της θερμοκρασίας. Είναι, λοιπόν, απαραίτητη η τοποθέτηση συστημάτων ψύξης του εισερχόμενου αέρα.

Με την αύξηση των στροφών του κινητήρα αυξάνεται και η ταχύτητα περιστροφής του υπερσυμπιεστή, με αποτέλεσμα την αύξηση του αέρα που παρέχεται στον κινητήρα. Η τροφοδοσία του κινητήρα με περισσότερο καύσιμο μείγμα αυξάνεται με τις στροφές του επικίνδυνα. Είναι απαραίτητη λοιπόν, η χρήση μιας ανακουφιστικής βαλβίδας της υπερσυμπίεσης. Η βαλβίδα αυτή εκτονώνει την υπερβολική πίεση στην εισαγωγή μέσω παρακαμπτήριου αγωγού (by-pass) προς την είσοδο του συμπιεστή, εξασφαλίζοντας τη ασφαλή λειτουργία του κινητήρα και η μακροχρόνια ζωή του.



**Σχήμα 8.1:** Ογκομετρικός υπερσυμπιεστής μηχανικού τύπου (roots).

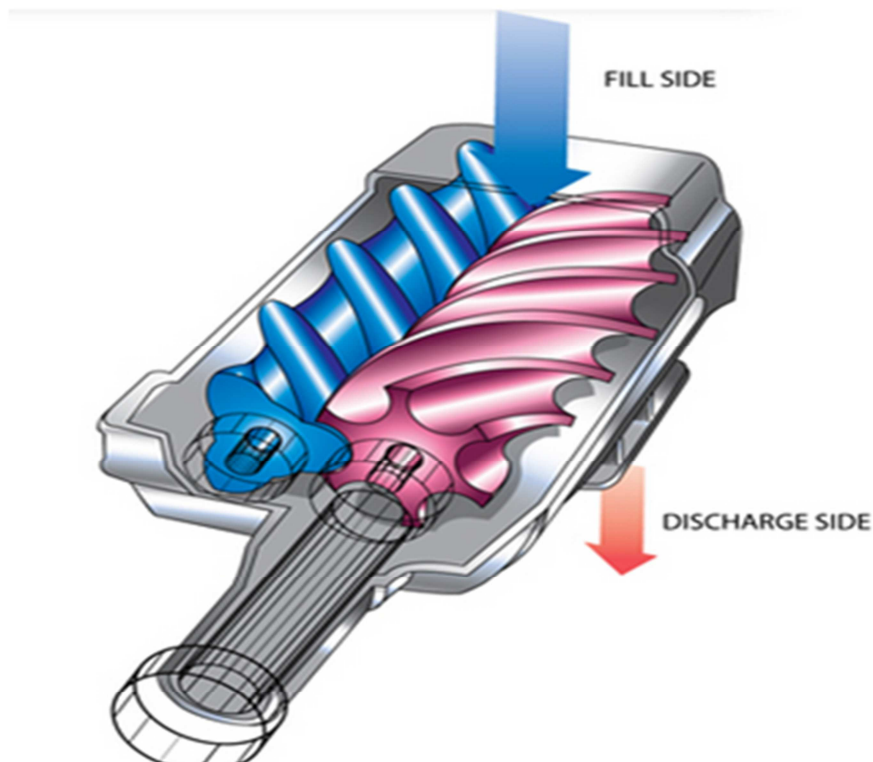
Στους σύγχρονους κινητήρες με ψεκασμό και ηλεκτρονική διαχείριση, η εμπλοκή του μηχανικού υπερσυμπιεστή είναι ηλεκτρονικά ελεγχόμενη, με τη βοήθεια ενός μαγνητικού συμπλέκτη. Ο έλεγχος πραγματοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία ελέγχει τον ηλεκτρονόμο (ρελέ) του μηχανικού υπερσυμπιεστή, ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας το μαγνητικό συμπλέκτη. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ελέγχει και την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής υποπίεσης, που επιτρέπει τη λειτουργία της ανακουφιστικής βαλβίδας του υπερσυμπιεστή (βαλβίδα by-pass).

Οι δεύτερη κατηγορία οι οποίοι είναι κοχλιοειδής συμπιεστές τύπου (Lysholm), αποτελούνται από ένα ζεύγος δρομέων που έχουν τη μορφή κοχλίας και βρίσκονται κλεισμένοι σε ένα κέλυφος.



**Εικόνα 8.4:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ένας (Lysholm) στην συγκεκριμένη περίπτωση σε αυτοκίνητο (camaro ss).

Οι δρομείς περιστρέφονται χωρίς να έρχονται σε επαφή μεταξύ τους ή με το κέλυφος, ενώ τα κενά διατηρούνται όσο το δυνατόν μικρότερα. Ο αέρας εισέρχεται στον ενδιάμεσο (κοίλο) χώρο και συμπιέζεται από το κυρτό σπείρωμα, των δρομέων κατά τη ροή του από την εισαγωγή προς την εξαγωγή του συμπιεστή.



**Εικόνα 8.5:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ένας υπερσυμπιεστής τύπου (Lysholm).

**ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΤΑ:**

- Σταθερή σχέση πιέσεων σε χαμηλές και υψηλές στροφές.
- Παροχή αέρα ανεξάρτητα από την πίεση και ανάλογη με των αριθμών των στρόφων.
- Ταχεία ανάπτυξη της απαιτούμενης πίεσης.
- Εξασφάλιση υψηλής ροπής και σε χαμηλές στροφές.

**ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΤΑ:**

- Μεγαλύτερο βάρος και όγκο από τους στροβιλοσυμπιεστές.
- Κατανάλωση μεγάλης σχετικά ισχύος.
- Δεν παρουσιάζουν την απότομη αύξηση της ροπής του κινητήρα κυρίως στις υψηλές στροφές που εμφανίζουν οι στροβιλοσυμπιεστές (turbo).

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:**

Η ομαλότερη λειτουργία τους, όμως οδηγεί τους τεχνικούς σε σκέψεις για πλατύτερη εφαρμογή σε αυτοκίνητα, οικογενειακού τύπου ακόμα και σε μικρά αυτοκίνητα πόλης.

#### 8.4.2 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ Ή TURBO (turbocharger).

Ο φυγοκεντρικός συμπιεστής είναι μια αντλία αέρος, που είναι σχεδιασμένη να χρησιμοποιεί μέρος της ενέργειας του καύσιμου, η οποία θα χανόταν με τη μορφή καυσαερίων. Τα καυσαέρια βγαίνουν θερμά και με υψηλή ταχύτητα μέσα από το θάλαμο καύσης. Περιέχουν, δηλαδή μεγάλη ενέργεια που αυτήν ενέργεια θα μπορούσαν να την αποδώσουν με κάποιο τρόπο, ώστε να είναι εκμεταλλεύσιμη.

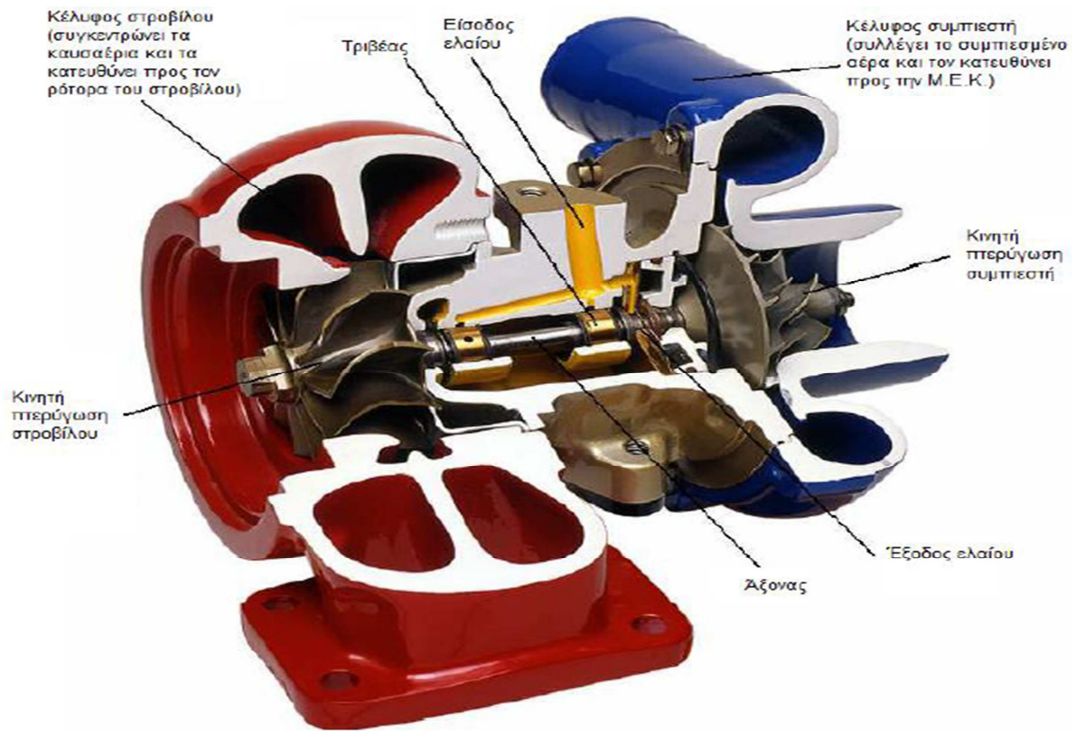
Ο φυγοκεντρικός υπερσυμπιεστής ονομάζεται και στροβιλοσυμπιεστής. Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος συμπιεστή στο τέλος του 20 ου αιώνα. Όπως φαίνεται από την ονομασία ο στροβιλοσυμπιεστής αποτελείται από δύο μέρη: από ένα στρόβιλο και ένα συμπιεστή, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με έναν κοινό άξονα, με αποτέλεσμα να μην αφαιρείται πολύτιμο μηχανικό έργο από τον κινητήρα.



**Εικόνα 8.2:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η πτερωτή του συμπιεστή, πτερωτή του στροβίλου, και ο άξονας.

Είναι τοποθετημένοι με τέτοιο τρόπο ώστε ο στρόβιλος να παρεμβάλλεται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων του κινητήρα, ενώ ο συμπιεστής στο σύστημα εισαγωγής του κινητήρα. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται σε τομή το ζεύγος στρόβιλο υπερπλήρωσης και τα μέρη που περιέχει αυτή η διάταξη.





**Εικόνα 8.3:** Τομή ζεύγους στρόβιλο- υπερπλήρωσης .

#### Υλικά κατασκευής:

Οι πτερωτές των συμπιεστών κατασκευάζονται είτε από χυτά υλικά είτε από σφυρήλατα, όπως κράματα αλουμινίου, χάλυβας (για υψηλή αντοχή), ή ακόμη και τιτάνιο (λύση υψηλότερου κόστους). Το κέλυφος του συμπιεστή κατασκευάζεται συνήθως από χυτό αλουμίνιο.



**Εικόνα 8.4:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η φτερωτή του συμπιεστή.

Οι πτερωτές των στροβίλων παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες ως προς την επιλογή των υλικών, καθώς ανήκουν στο θερμό τμήμα του στροβίλου, και συνεπώς οι απαιτήσεις τόσο θερμικής όσο και μηχανικής αντοχής είναι ιδιαίτερα υψηλές. Οι ακτινικοί στρόβιλοι κατασκευάζονται μέσω χύτευσης ακριβείας, ενώ οι αξονικοί στρόβιλοι αποτελούνται από σφυρήλατο δίσκο με ξεχωριστά πτερύγια. Ο δίσκος του ρότορα συνήθως αποτελείται από κράμα χάλυβα – χρωμίου - νικελίου (chrome – nickel steel) και τα πτερύγια από Nimonic 80A (τυπική σύσταση 50%Ni-20%Cr με προσμίξεις τιτανίου και αλουμινίου).

Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή του υλικού εξαρτάται από το πεδίο χρήσης του εκάστοτε στροβίλου. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια κερδίζουν συνεχώς έδαφος τα κεραμικά υλικά.



**Εικόνα 8.5:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η φτερωτή του στροβίλου.

Όσον αφορά το κέλυφος του στροβίλου, χρησιμοποιούνται υλικά όπως σίδηρος με προσμίξεις σφαιροειδή γραφίτη ώστε να αντιμετωπιστούν οι δυσμενείς θερμικές καταπονήσεις.

**Τα κύρια μέρη του στροβιλοσυμπιεστή είναι :**

- Αγωγός εισαγωγής καυσαερίων από την πολλαπλή εξαγωγής.
- Αγωγός εξαγωγής καυσαερίων προς την εξάτμιση.
- Αγωγός εισαγωγής ατμοσφαιρικού αέρα από το φίλτρο αέρα.
- Αγωγός εξαγωγής του υπερσυμπιεζόμενου αέρα προς την εισαγωγή του κινητήρα.
- Αγωγός εισαγωγής λιπαντικού.
- Αγωγός εξαγωγής λιπαντικού.
- Αγωγός εισαγωγής ψυκτικού υγρού.
- Αγωγός εξαγωγής ψυκτικού υγρού.
- Στρόβιλος.
- Συμπιεστής ενεργοποιητής και βαλβίδα ανακούφισης.
- Εξωτερικό κέλυφος (σαλίγκαρος).



**Εικόνα 8.6:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται τα μέρη του στροβιλοσυμπιεστή .

Ο στρόβιλος (τουρμπίνα κίνησης) είναι εκτεθειμένος στα καυσαέρια, περιστρέφεται με υψηλές στροφές και ζεσταίνεται υπερβολικά. Για αυτό τον λόγο κατασκευάζεται από ανθεκτικό στη θερμοκρασία κράμα αλουμινίου. Το κεντρικό σώμα (κέλυφος) συγκρατεί τον άξονα και τις φτερωτές.

Μέσα από το κεντρικό σώμα κυκλοφορεί λιπαντικό (λάδι) από τον κινητήρα σε καθορισμένα για αυτό το σκοπό κανάλια. Το λάδι εισέρχεται από τον κινητήρα από τον αγωγό εισαγωγής λαδιού και κυκλοφορεί στους τριβείς ολίσθησης. Μετά τη λίπανση των τριβέων το λάδι αυτό περνάει από τον αγωγό εξαγωγής και επιστέφει στο κάρτερ.

Επειδή ο στρόβιλος και ο συμπιεστής περιστρέφονται μέχρι 100.000 στροφές το λεπτό χρησιμοποιούνται κατάλληλοι τριβείς ολίσθησης, για να εξασφαλίσουν την απορρόφηση των κραδασμών του άξονα και τη λίπανση του.

Οι τριβείς περιστρέφονται ελεύθερα ανάμεσα στον άξονα και στο κέλυφος και λιπαίνονται από το λάδι του κινητήρα για την ομαλή τους λειτουργία στις υψηλές στροφές. Το λάδι του κινητήρα συγκρατείται από δύο τσιμούχες που είναι τοποθετημένες στον άξονα.

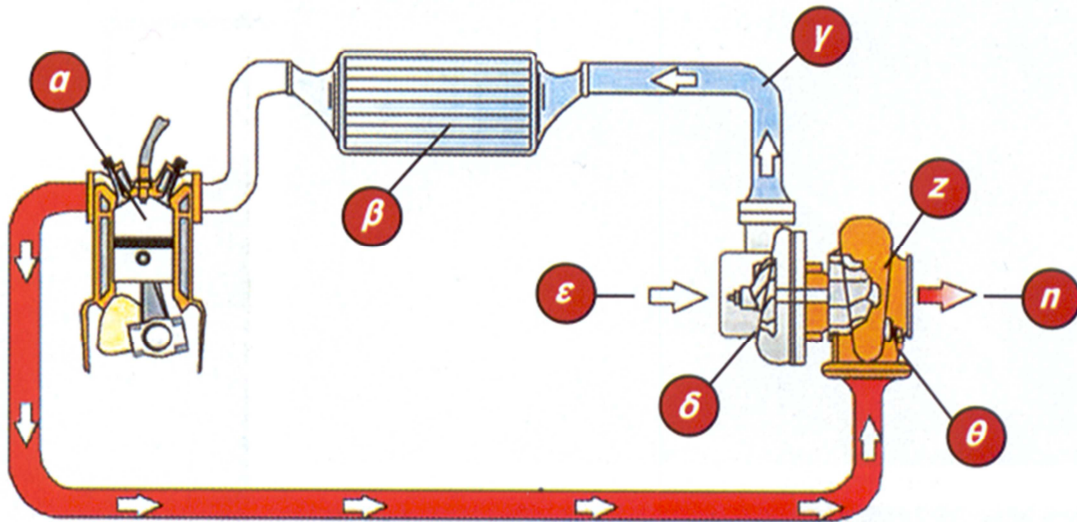
Ο στροβιλοσυμπιεστής ψύχεται με το ψυκτικό υγρό του κινητήρα. Το ψυκτικό μεταφέρεται από το καπάκι του θερμοστάτη στον αγωγό ψύξης του στροβιλοσυμπιεστή, στο κεντρικό σώμα. Το ψυκτικό υγρό εξέρχεται από τον αγωγό εξαγωγής και επιστρέφει στην αντλία νερού.

### Ο ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΩΣ ΕΞΗΣ:

Τα καυσαέρια του κινητήρα από την ανοικτή βαλβίδα εξαγωγής στο δρόμο τους προς την εξάτμιση συναντούν τη φτερωτή της τουρμπίνας, του υπερσυμπιεστή πριν την ελεύθερη έξοδο τους από την εξάτμιση προς το περιβάλλον. Η ταχύτητα και η πίεση με την οποία πέφτουν τα καυσαέρια στα πτερύγια της τουρμπίνας, τον θέτουν σε περιστροφική κίνηση. Μέσω του κοινού άξονα παρασύρεται σε περιστροφική κίνηση και ο συμπιεστής, του οποίου η φτερωτή στους θαλάμους καύσης. Στην εξαγωγή του στρόβιλου τα καυσαέρια εκτονώνονται και η ενέργεια τους, που οφείλεται στην αυξημένη θερμοκρασία και πίεση τους μετατρέπεται σε μηχανική (κινητική) στα πτερύγια του στρόβιλου.

*α. Θάλαμος καύσης  
β. Εναλλάκτης θερμότητας  
γ. Ροή συμπιεσμένου αέρα  
δ. Συμπιεστής*

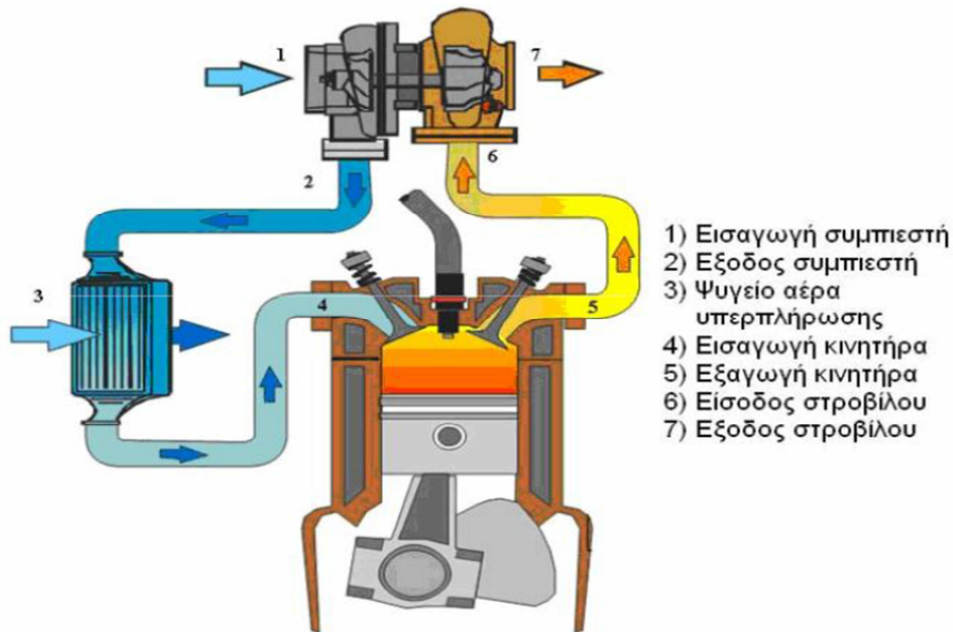
*ε. Εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα  
ζ. Στρόβιλος  
η. Έξοδος καυσαερίων  
θ. Βαλβίδα ανακούφισης*



**Σχήμα 8.2:** Λειτουργία στροβιλοσυμπιεστή. α)θάλαμος καύσης, β)εναλλάκτης θερμότητας, γ)ροή συμπιεσμένου αέρα, δ)συμπιεστής, ε)εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα, ζ)στρόβιλος, η)έξοδος καυσαερίων, θ)βαλβίδα ανακούφισης.

Στο στρόβιλο στην εξαγωγή τα καυσαέρια εκτονώνονται, δηλαδή μειώνεται η θερμοκρασία τους και η θερμική τους ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική του στρόβιλου. Όσο αυξάνονται οι στροφές λειτουργίας του κινητήρα και η παροχή θερμών καυσαερίων, τόσο αυξάνεται και η ταχύτητα περιστροφής του στρόβιλου. Η ενέργεια του στρόβιλου μεταφέρεται μέσω του κοινού άξονα στα πτερύγια του συμπιεστή και από αυτά στον εισερχόμενο αέρα, ο οποίος συμπιέζεται στο χώρο καύσης των κυλίνδρων. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η τυπική διάταξη της στρόβιλο υπερπλήρωσης και η κίνηση του αέρα και των καυσαερίων μέσα σε αυτήν.





**Εικόνα 8.7:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται μια τυπική διάταξη στρόβιλο-υπερπλήρωσης με ενδιάμεσο ψυγείο αέρα. 1)εισαγωγή συμπιεστή, 2)έξοδος συμπιεστή, 3)ψυγείο αέρα υπερπλήρωσης, 4)εισαγωγή κινητήρα, 5)εξαγωγή κινητήρα, 6)είσοδος στροβίλου, 7)έξοδος στροβίλου.

Ένα κινητήρας turbo εμφανίζει δύο φάσεις λειτουργίας.

- Μια φάση λειτουργίας στις χαμηλές στροφές με ατμοσφαιρική πίεση .
- Μια φάση λειτουργίας στις μεσαίες – υψηλές στροφές με υπερσυμπιεστή.

Όταν ο κινητήρας περιστρέφεται με 3.000 στροφές το λεπτό ο στρόβιλοσυμπιεστής περιστρέφεται με ταχύτητα 60.000 στροφές ανά λεπτό. Τότε ο κινητήρας λειτουργεί με υπερσυμπίεση. Οι περισσότεροι υπερσυμπιεστές έχουν μέγιστες στροφές λειτουργίας 100.000 έως 110.000 στροφές ανά λεπτό.

Οι υπερσυμπιεστές που κινούνται με την ενέργεια των καυσαερίων παρουσιάζουν μία αδράνεια στην απόκριση. Για να μπορέσουν να προσάγουν αισθητά περισσότερη μάζα αέρα στον κινητήρα τη στιγμή που ο οδηγός θα απαιτήσει αυξημένη ισχύ, πατώντας το πεντάλ του γκαζιού, θα πρέπει:

- Αρχικά να παραχθούν περισσότερα καυσαέρια.
- Τα καυσαέρια να φτάσουν στον στρόβιλο εκτόνωσης.
- Να αυξήσουν την ταχύτητα περιστροφής του στροβίλου, υπερνικώντας την αδράνεια περιστροφής.
- Ο στρόβιλος με τη σειρά του να συμπιέσει περισσότερο τον ατμοσφαιρικό αέρα, για να βοηθήσει στην καύση περισσότερου καυσίμου και στην απόδοση μεγαλύτερης ισχύος .

Για να μειωθεί αυτή η υστέρηση (το γνωστό turbo-lag)χρησιμοποιούνται διάφορα εξελιγμένα συστήματα. Ορισμένοι κατασκευαστές καταφεύγουν στις χρήσεις ρυθμιζόμενων πτερυγίων, που καθορίζουν την πίεση του αέρα ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, ενώ άλλοι, συνήθως σε σπορ μοντέλα, χρησιμοποιούν δύο μικρούς υπερσυμπιεστές που εμφανίζουν μικρή αδράνεια, και αποκρίνονται πιο γρήγορα και ομαλά στις εντολές του οδηγού.



Τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί η τάση της χρήσης υπερσυμπιεστών καυσαερίων χαμηλής πίεσης, που φθάνουν τις συνθήκες πολύ καλής λειτουργίας τους γρήγορα στις χαμηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα, ώστε να προσφέρουν από πολύ νωρίς αυξημένη ροπή. Αυτοί οι υπερσυμπιεστές είναι αρκετά μικροί (για να έχουν μικρή αδράνεια) και χρησιμοποιούνται για να συνδυάζουν την ομαλή απόδοση με τη σχετική οικονομία. Είναι δε ρυθμισμένοι με τέτοιο τρόπο, ώστε να μη αποβλέπουν στην εντυπωσιακή αύξηση της ιπποδύναμης.

Τέτοια συστήματα είναι του Saab Ecopower, Citroen XM turbo, XANTIACT, evasion κ.λπ.

#### **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ :**

- Για την κίνηση τους απαιτείται αμελητέα ισχύς του κινητήρα.
- Σχετικά με άλλου είδους υπερσυμπιεστές έχουν μικρό βάρος και μικρό μέγεθος.
- Δεν απαιτούνται γρανάζια και ιμάντες μετάδοσης κίνησης

#### **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:**

- Ενεργοποιούνται στις μεσαίες και υψηλές στροφές .
- Καθυστερημένη ανταπόκριση σε γρήγορες αλλαγές στροφών του κινητήρα .

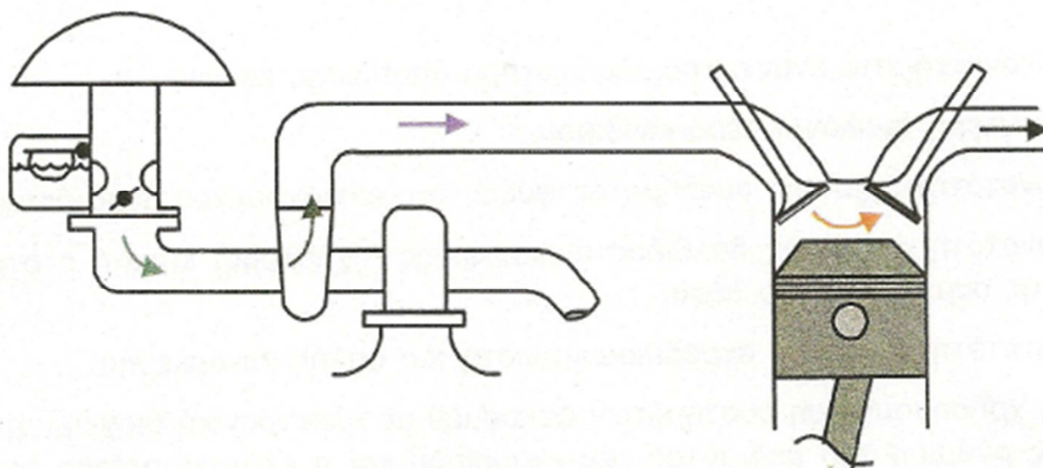
Στις αρχικές εφαρμογές των υπερσυμπιεστών στους κινητήρες η παρασκευή του καύσιμου μείγματος αέρα – βενζίνης πραγματοποιούνταν με τον εξαερωτήρα (καρμπιρατέρ).

Δύο βασικοί τύποι εξαερωτήρων έκαναν την εμφάνιση τους σε υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες .

- Ο εξαερωτήρας υποπίεσης.
- Ο εξαερωτήρας υπερπίεσης.

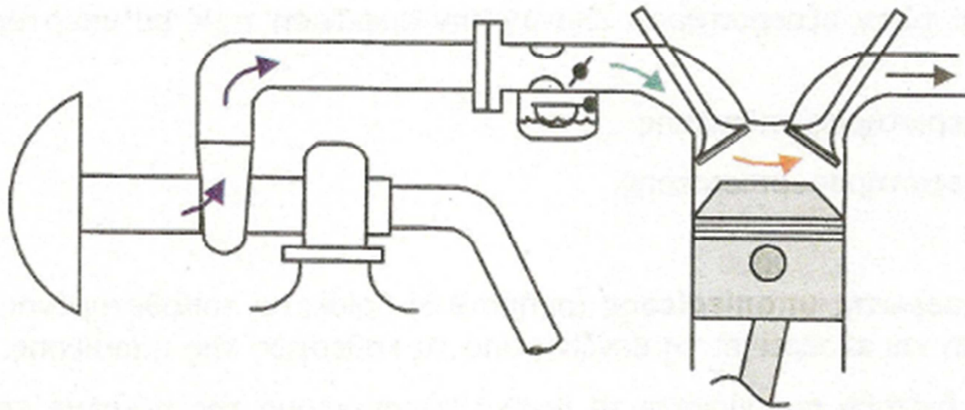
**Ο εξαερωτήρας υποπίεσης :**βρίσκεται τοποθετημένος πριν τον στροβιλοσυμπιεστή και εξαερώνει τη βενζίνη υπό το καθεστώς της υποπίεσης.

Αυτή η διάταξη παρουσιάζει το βασικό πλεονέκτημα της εύκολης επιλογής καθώς η πλειοψηφία των εξαερωτήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτή τη θέση.



**Σχήμα 8.3:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ο εξαερωτήρας υποπίεσης.

**Ο εξαερωτήρας υπερπίεσης:** τοποθετείται μετά τον στροβιλοσυμπιεστή. Έχει πιο πολύπλοκη και ακριβότερη κατασκευή και απαιτεί ηλεκτρική αντλία βενζίνης υψηλής πίεσης και ρυθμιστή πίεσης βενζίνης.



**Σχήμα 8.4:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ο εξαερωτήρας υπερπίεσης.

#### **ΜΕΙΟΝΕΚΤΙΜΑΤΑ :**

- Μεγάλη πτώση απόδοσης λόγω μειωμένη ικανότητα παροχής αέρα στόμιο εισαγωγής
- Χρήση ειδικού στροβιλοσυμπιεστή, ώστε να αντέχει στην υπερσυμπίεση μείγματος αέρα βενζίνης. Απαιτείται καλή στεγανοποίηση του λαδιού λίπανσης γιατί η βενζίνη μπορεί να εξουδετερώσει μέρος του λαδιού.
- Δεν υπάρχει δυνατότητα χρήσης της βαλβίδας ανακούφισης – σχάστρας (dump valve) γιατί θα είχαμε απελευθέρωση του μείγματος στην ατμόσφαιρα και όχι απλό αέρα. Αν οδηγούσαμε το μείγμα πίσω στον εξαερωτήρα θα περνούσαμε μέρος αέρα δύο φορές από τον εξαερωτήρα και θα είχαμε πολύ πλούσιο μείγμα.
- Δεν μπορούμε να ρυθμίσουμε το καύσιμο μείγμα κατά την ψυχρή εκκίνηση.
- Δεν είναι δυνατή η ιδανική ρύθμιση του μείγματος για εκπομπή λίγων ρύπων.

#### **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΟΥ ΕΞΑΕΡΩΤΗΡΑ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ ΕΙΝΑΙ :**

- Καλύτερη έναντι αέρα – καυσίμου.
- Δυνατότητα χρήσης συστήματος ψύξης του εισερχόμενου αέρα (intercooler).
- Δυνατότητα χρήσης βαλβίδας ανακούφισης (σχάστρας) επειδή ο στροβιλοσυμπιεστής συμπιέζει μόνο αέρα.
- Δυνατότητα χρήσης στροβιλοσυμπιεστής πιο απλής κατασκευής.

Με τη χρησιμοποίηση συστημάτων ψεκασμού με ηλεκτρονική διαχείριση έγινε δυνατή η ακριβής ρύθμιση του μείγματος αέρα – καυσίμου και η ελαχιστοποίηση των ρύπων στα εκπεμπόμενα καυσαέρια.

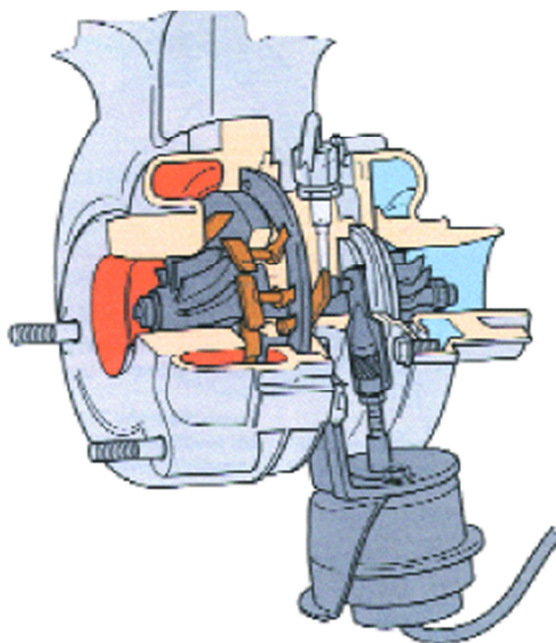
#### **Turbo lag ή αλλιώς φαινόμενο υστέρησης:**

Το turbo lag ή αλλιώς φαινόμενο υστέρησης πρόκειται για το σημαντικότερο μειονέκτημα σε υπερπληρωμένους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αυτό το φαινόμενο προκύπτει όταν ένας κινητήρας που είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί με χρήση του turbo, αποδίδει τη μέγιστη ισχύ του με τη βοήθεια του στροβιλοσυμπιεστή. Ο στροβιλοσυμπιεστής απαιτεί μεγάλη ποσότητα καυσαερίων προκειμένου να λειτουργήσει. Προκειμένου το όχημα να ξεκινήσει, πρέπει να υπερνικήσει την αδράνεια του, με αποτέλεσμα να απαιτεί επόμενος πολύ μεγάλη ισχύς. Το

πρόβλημα είναι πως όταν όχημα είναι σε στάση, ο κινητήρας λειτουργεί σε πολύ χαμηλές στροφές(ρελαντί) με αποτέλεσμα τα καυσαέρια να είναι χαμηλής μάζας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο στροβιλοσυμπιεστής(turbo) να αργεί ως και μερικά δευτερόλεπτα να ξεκινήσει.

#### **8.4.3 ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΕ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΑ ΠΤΕΡΥΓΙΑ.**

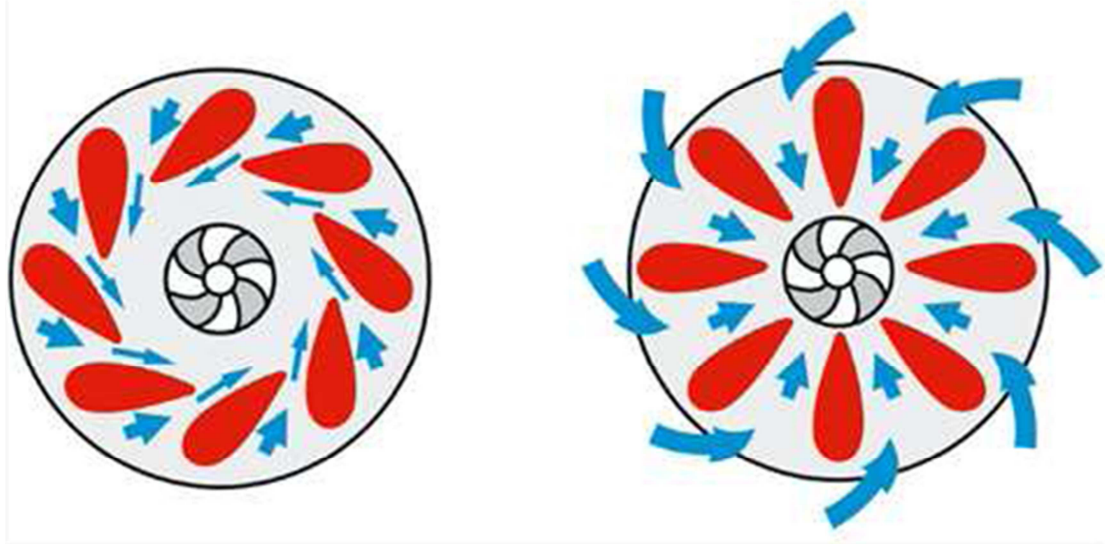
Τους καθιστά αναγκαίους η απαίτηση για υψηλή ροπή του κινητήρα, στις χαμηλές στροφές και ταυτόχρονα η αποφυγή μεγάλων πιέσεων, όταν ο κινητήρας λειτουργεί με μεγάλο φορτίο. Οι απαιτήσεις αυτές οδήγησαν στην κατασκευή των στροβιλοσυμπιεστών με ρυθμιζόμενα πτερύγια, εισαγωγής των καυσαερίων. Σε λειτουργία με μικρές ποσότητες καυσαερίου τα πτερύγια εισαγωγής, στην τουρμπίνα αποκτούν μία τέτοια κλίση που στενεύει τον δίαυλο εισόδου των καυσαερίων. Τα αέρια αποκτούν έτσι μια σχετικά μεγάλη ταχύτητα, ενώ ταυτόχρονα το ρεύμα του εισερχόμενου αέρα κατευθύνεται, προς την ακραία πλευρά των πτερυγίων με αποτέλεσμα η ακτίνα επενέργειας να μεγαλώνει. Οι στροφές της τουρμπίνας αυξάνονται, οπότε η πίεση του στροβιλοσυμπιεστή και η ροπή του κινητήρα μεγαλώνουν.



**Εικόνα 8.8:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο στροβιλοσυμπιεστής με ρυθμιζόμενα πτερύγια.

Σε λειτουργία με μεγάλο όγκο καυσαερίων τα πτερύγια ανοίγουν, η διατομή εισόδου των αερίων στην τουρμπίνα μεγαλώνει, τα καυσαέρια καλύπτουν όλο το μήκος των περιστρεφόμενων πτερυγίων, ενώ η ταχύτητα των καυσαερίων ελαττώνεται. Σε αυτήν την ρύθμιση η τουρμπίνα μπορεί να λειτουργήσει με μεγάλες ποσότητες καυσαερίου, χωρίς να αυξηθεί η πίεση του στροβιλοσυμπιεστή σε επικίνδυνα επίπεδα.

Στις χαμηλές στροφές τα πτερύγια βρίσκονται σε αμβλεία γωνία. Έτσι οι στροφές της τουρμπίνας είναι υψηλές παρά το γεγονός ότι η ταχύτητα των καυσαερίων είναι χαμηλή. Ενώ αντίθετα στις υψηλές στροφές τα πτερύγια είναι υπό ορθή γωνία. Έτσι οι στροφές της τουρμπίνας είναι χαμηλές, παρά το γεγονός ότι η ταχύτητα των καυσαερίων είναι υψηλή. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι γωνίες των πτερυγίων ανάλογα με τις ταχύτητες των καυσαερίων.



**Σχήμα 8.5:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζονται τα πτερύγια του στροβιλοσυμπιεστή με ρυθμιζόμενα πτερύγια.

#### 8.4.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ TURBO

##### Σχέση υπερσυμπίεσης ( $\pi$ )

Η σχέση υπερσυμπίεσης δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$\pi = \frac{P_2}{P_1} \text{ όπου:}$$

- $P_1$ =ατμοσφαιρική πίεση (1atm).
- $P_2$ =πίεση υπερσυμπίεσης.

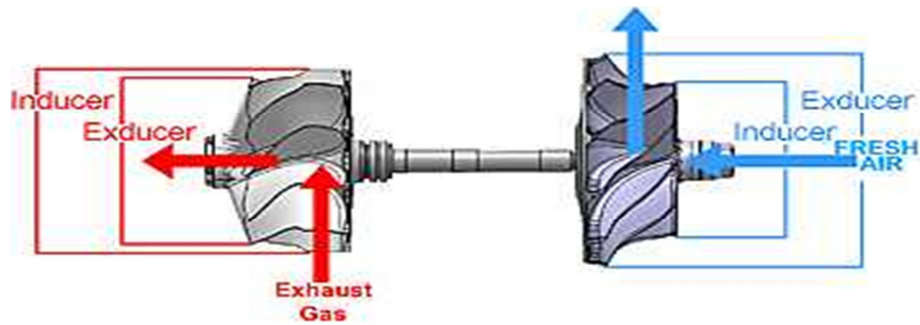
Όπου η 1atm=101.325[PA] ή 1atm=1.0325[bar].

##### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Αν  $P_2=1.5[\text{atm}]$ , και το  $P_1=1[\text{atm}]$ , τότε σχέση συμπίεσης είναι:

$$\pi = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow \pi = 1.5[\text{atm}]/1[\text{atm}] = 1.5.$$

Trim φτερωτής: είναι ο όρος για να περιγράψουμε έναν υπερσυμπιεστή καυσαερίων. Η Trim είναι η σχέση που έχει η διάμετρος εισόδου(incuder), με τη διάμετρο εξόδου (exduder) είτε είναι του στροβίλου είτε του συμπιεστή. Για τον σρόβιλο η incuder είναι η διάμετρος(μεγάλη διάμετρος) που εισέρχονται τα καυσαέρια ενώ η exduder είναι η διάμετρος (μικρή διάμετρος) που εξέρχονται τα καυσαέρια. Για την φτερωτή του συμπιεστή ισχύει ακριβώς το ανάποδο δηλαδή η incuder είναι η διάμετρος(μικρή διάμετρος) που εισέρχεται ο ατμοσφαιρικός αέρας ενώ η exduder είναι η διάμετρος (μεγάλη διάμετρος) που εξέρχεται ο συμπιεσμένος αέρας.



**Εικόνα 8.9:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο στροβιλοσυμπιεστής.

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1:**

Για παράδειγμα εάν έχουμε έναν στροβιλοσυμπιεστή turbo με τα εξής χαρακτηριστικά:

$$\text{Incuder}^2: 53.1[\text{mm}]$$

$$\text{Exduder}^2: 71.0 [\text{mm}]$$

Πόση θα είναι η Trim =?

**ΛΥΣΗ:**

$$\text{Trim}=(\text{exduder}^2/\text{incuder}^2)*100.$$

$$\text{Trim}=(71.0^2 /53.1^2)*100=56.$$

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2:**

$$\text{Exduder}=71.0[\text{mm}].$$

$$\text{Trim}=48$$

Πόση θα είναι η incuder=?

**ΛΥΣΗ:**

$$\text{Trim}=(\text{exduder}^2/\text{incuder}^2)*100$$

$$\text{Incuder}^2=(\text{trim}/100)*\text{exduder}^2$$

$$\text{Incuder}=\sqrt{\text{trim}/100} *\text{exduder}$$

$$\text{Incuder}=\sqrt{48/100}*71.0$$

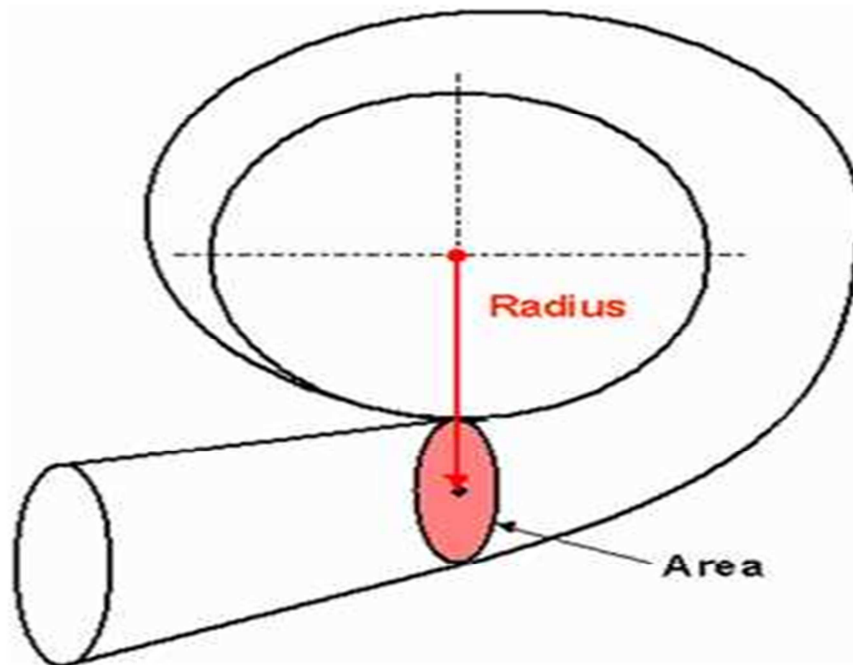
$$\text{Incuder}=49.2[\text{mm}].$$

Το trim μιας φτερωτής, είτε είναι συμπιεστής είτε στροβίλου επηρεάζει την απόδοση αλλάζοντας την δυνατότητα παροχή αέρα. Κρατώντας τις παραμέτρους σταθερές, μια τουρμπίνα με μεγαλύτερο trim μπορεί να έχει μεγαλύτερη παροχή αέρα, από μια άλλη με μικρότερο trim. Αλλά πρέπει να γνωρίζουμε ότι όλες οι άλλες παράμετροι (θερμοκρασία αέρα –καυσαερίων, υγρασία κ.α.)είναι πολύ δύσκολο να παραμείνουν σταθερά. Έτσι ένα μεγαλώσουμε την trim δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα έχουμε μεγαλύτερη ροή αέρα.



## ΛΟΓΟΣ: A/R

Ο λόγος A/R ή αλλιώς ο λόγος επιφάνειας/ακτίνας περιγράφει το γεωμετρικό χαρακτηριστικό όλων των "σαλιγκαριών", συμπιεστή ή στροβίλου. Αυτό ερμηνεύεται ως: επιφάνεια διατομής διαιρεμένη με την ακτίνα από το κέντρο, περιστροφής της φτερωτής του συμπιεστή ως το κέντρο επιφάνειας συμπίεσης. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ο λόγος A/R.

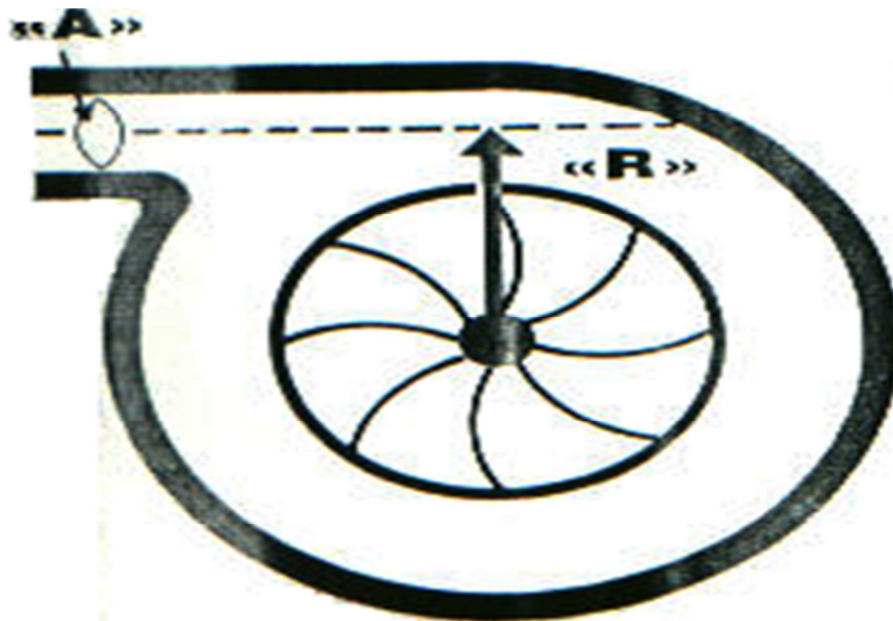


**Σχήμα 8.6:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ο λόγος A/R.

Ο λόγος αυτός είναι διαφορετικός στον συμπιεστή και διαφορετικός στον στρόβιλο.

Η απόδοση του turbo έχει άμεση σχέση με τον λόγο A/R του συμπιεστή, το μεγαλύτερο A/R προτιμάται σε περιπτώσεις, που θέλουμε μεγαλύτερη παροχή σε χαμηλές πιέσεις, ενώ το μικρότερο A/R προτιμάται όταν θέλουμε μεγαλύτερες πιέσεις υπερπλήρωσης.

Ο λόγος A/R για τον στρόβιλο παίζει μεγάλο ρόλο στην απόδοση του turbo μιας και καθορίζει την ικανότητα ροής του. Χρησιμοποιώντας μικρότερο A/R στροβίλου θα αυξηθεί η ταχύτητα των καυσαερίων που κτυπούν στην φτερωτή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη αύξηση της πίεσης. Αυτό όμως έχει και το εξής μειονέκτημα. Το μικρό A/R του στροβίλου προκαλεί μια πιο εφαιπυμενική(πλάγια) πρόσκρουση των καυσαερίων, στην φτερωτή με αποτέλεσμα να μειώνεται η ροή των καυσαερίων στις υψηλές, στροφές του κινητήρα με αποτέλεσμα το turbo να χάνει την απόδοση, του από κάποιες στροφές και μετά ως τον κόφτη επειδή αυξάνεται η πίεση των καυσαερίων, μέσα στον στρόβιλο και όχι μέσα στην εξάτμιση.



**Σχήμα 8.7:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ο υπολογισμός του λόγου A/R.

Στον αντίποδα όταν ο λόγος A/R είναι μεγαλύτερος συνεπάγεται χαμηλότερη ταχύτητα καυσαερίων, τα καυσαέρια κτυπούν την φτερωτή του στροβίλου πιο κάθετα αυξάνοντας την ροή του με αποτέλεσμα λιγότερη πίεση και καλύτερη ισχύς όσο ανεβαίνουν οι στροφές.

**Συμπέρασμα:** όταν επιλέγουμε μια τουρμπίνα θα πρέπει η επιλογή του A/R του στροβίλου θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ανάλογα με την επιθυμητή απόδοση του κινητήρα.

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3:

Έστω δύο ίδιοι κινητήρες η μόνη διάφορα αυτών των δύο τουρμπινών ο λόγος A/R του στροβίλου.

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ 1: με  $A/R=0.63$

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ 2: με  $A/R=1.06$

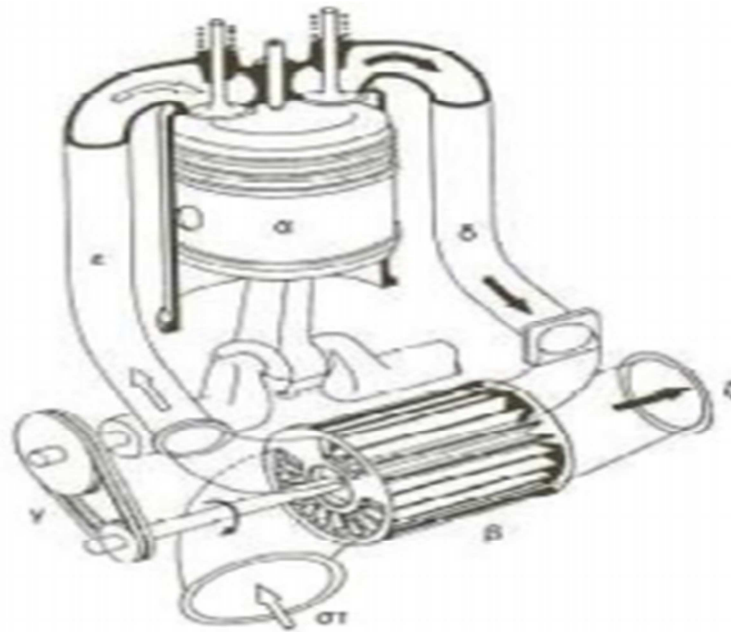
### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ :

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ 1: με χαμηλότερο A/R ο κινητήρας αποδίδει ροπή στις χαμηλότερες στροφές και καλύτερη απόκριση πίεση σε χαμηλό φορτίο. Πολλοί θα το χαρακτηρίζανε σαν πιο εύχρηστο κινητήρα για οδήγηση στην πόλη, και η γενικότερη τάση του κινητήρα για ομαλότερη απόδοση ροπής αλλά και με την πτώση, της ροπής αλλά και της ιπποδύναμης όσο οι στροφές του κινητήρα αυξάνονται.

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ 2: ο κινητήρας με μεγαλύτερο A/R έχει καλύτερη απόδοσης στις υψηλές στροφές, αλλά η ιπποδύναμη θα πέσει στις χαμηλότερες στροφές. Ο κινητήρας νούμερο 2 δεν είναι για οδήγηση για μέσα στην πόλη αλλά για αγωνιστική χρήση.

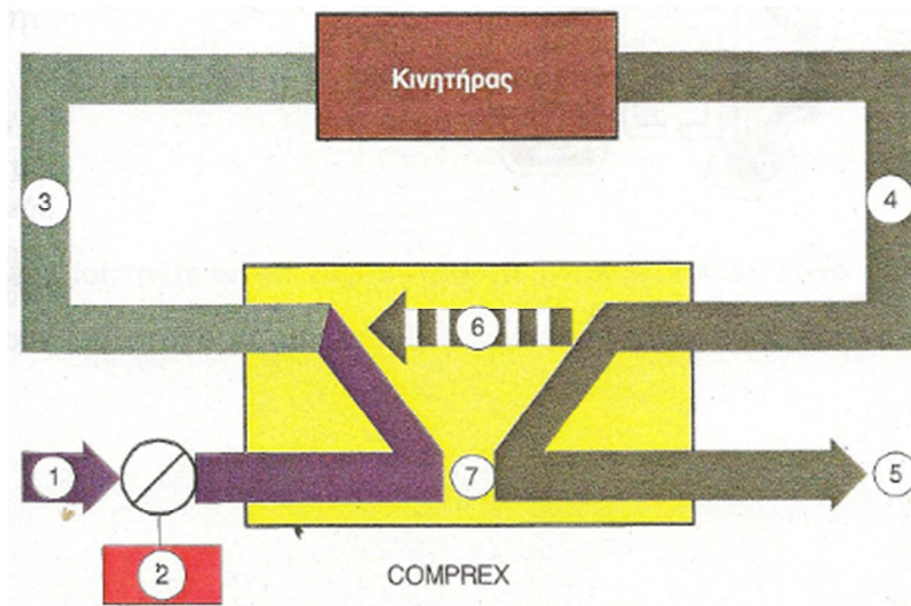
#### 8.4.4 ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ (COMPREX).

Είναι ένα μηχανικό σύστημα υπερσυμπίεσης που συνδυάζει τη μηχανική κίνηση του υπερσυμπιεστή στις χαμηλές στροφές, και την εκμετάλλευση της ενέργειας των καυσαερίων στις υψηλές στροφές. Σε αυτόν τον υπερσυμπιεστή ο στρόφας κινείται από τον στροφαλοφόρο με ιμάντες. Η κίνηση αυτή αποβλέπει μόνο στο συγχρονισμό των στρωφών του υπερσυμπιεστή με εκείνες του κινητήρα. Η συμπίεση του αέρα πραγματοποιείται από μια σύντομη απευθείας επαφή των καυσαερίων με τον εισερχόμενο αέρα.



**Εικόνα 8.10:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται τα μέρη ενός υπερσυμπιεστή τύπου (comprex). (α) κύλινδρος Μ.Ε.Κ., (β) κυψελοειδής ρότορας, (γ) ιμάντας, (δ) καυσαέριο υψηλής πίεσης, (ε) αέρας υψηλής πίεσης, (στ) αέρας χαμηλής πίεσης, (ζ) καυσαέριο χαμηλής πίεσης.

Τα θερμά καυσαέρια συναντούν για πολύ μικρό διάστημα τον αέρα ο οποίος συμπιέζεται και ωθείται στους χώρους καύσης. Η ανάμειξη καυσαερίων με αέρα γίνεται μόνο σε μια λεπτή ζώνη. Αυτός ο υπερσυμπιεστής ονομάζεται και υπερσυμπιεστής με ωστικά κύματα.

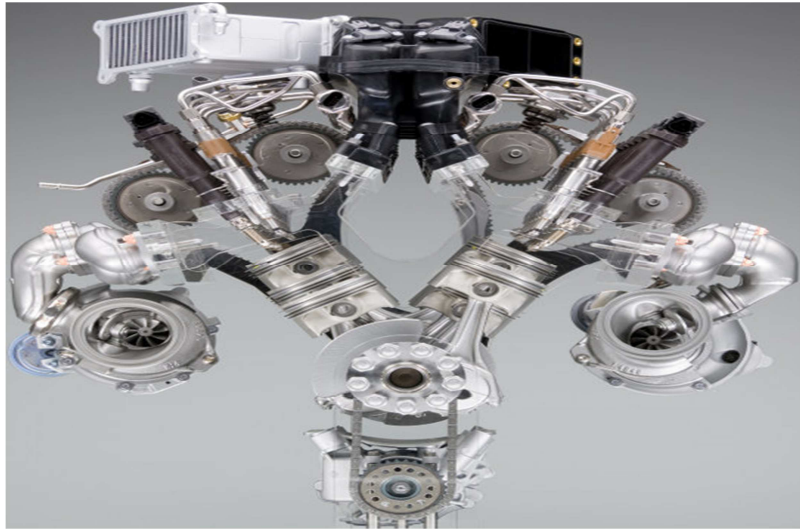


**Σχήμα 8.8:** Στο παραπάνω σχήμα η λειτουργία του συμπιεστή.

- (1) ατμοσφαιρικός αέρας.
- (2) ρυθμιστής επανακυκλοφορίας.
- (3) συμπιεσμένος αέρας.
- (4) καυσαέρια.
- (5) έξοδος καυσαερίων.
- (6) επανακυκλοφορία καυσαερίων.
- (7) μεταφορά ωστικού κύματος και συμπίεση.

#### 8.4.5 ΜΙΚΤΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ

Με τον όρο «συνδυασμένη υπερπλήρωση» αναφερόμαστε στο σύστημα υπερπλήρωσης κατά το οποίο ένας συμπιεστής κινούμενος, από την στροφαλοφόρο άτρακτο του κινητήρα είναι συνδεδεμένος σε σειρά με ένα ζεύγος στρόβιλο-υπερπλήρωσης. Πρόκειται δηλαδή για ένα συνδυασμό μηχανικής υπερπλήρωσης, και στρόβιλο-υπερπλήρωσης το σύστημα αυτό έχει την ονομασία (twin turbo).

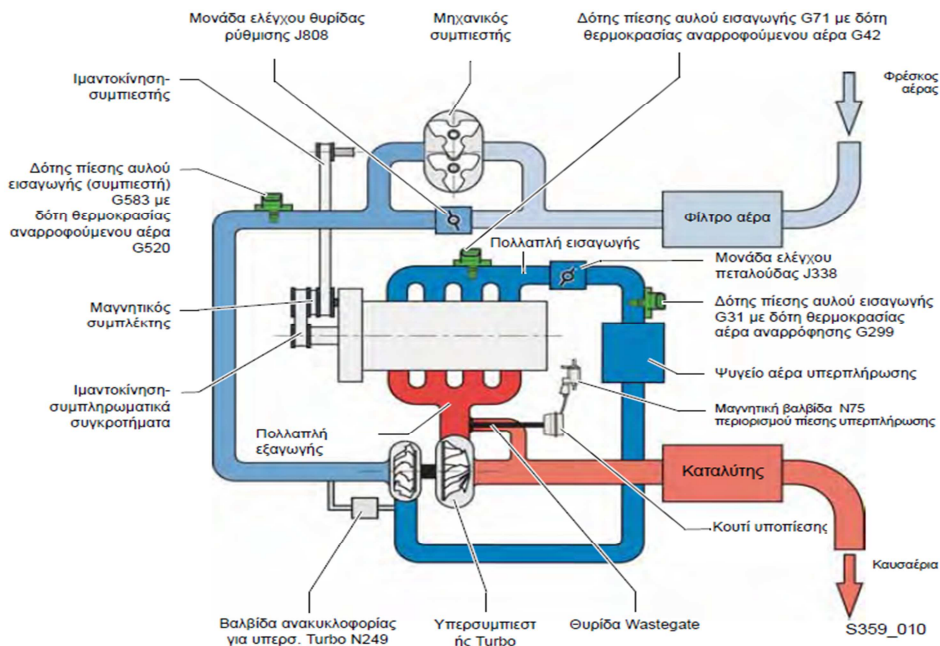


**Εικόνα 8.11:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ένα σύστημα (twin turbo) στην συγκεκριμένη περίπτωση της (BMW).

Το σύστημα συνδυασμένης υπερπλήρωσης επιδιώκει να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα της μηχανικής υπερπλήρωσης, με αυτά της στρόβιλο-υπερπλήρωσης σε μία διάταξη, δηλαδή ο μηχανικός υπερπληρωτής φροντίζει για την πλήρωση του κινητήρα στις χαμηλές στροφές λειτουργίας, εκεί δηλαδή όπου ο στροβιλοσυμπιεστής έχει χαμηλή συνεισφορά.

Αλλά η συνεχής λειτουργία του μηχανικού υπερπληρωτή έχει ως αποτέλεσμα την επίσης συνεχή απορρόφηση ισχύος από το στροφαλοφόρο. Όμως, με την κατάλληλη επιλογή του μηχανικού υπερπληρωτή, το μέγεθος αυτό μπορεί να διατηρηθεί σε πολύ χαμηλά επίπεδα ,για τον λόγο ότι η υπερπλήρωση στις υψηλές στροφές υλοποιείται κυρίως από το στροβιλοσυμπιεστή. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η διάταξη την μικτής ή αλλιώς συνδυασμένης υπερπλήρωσης.

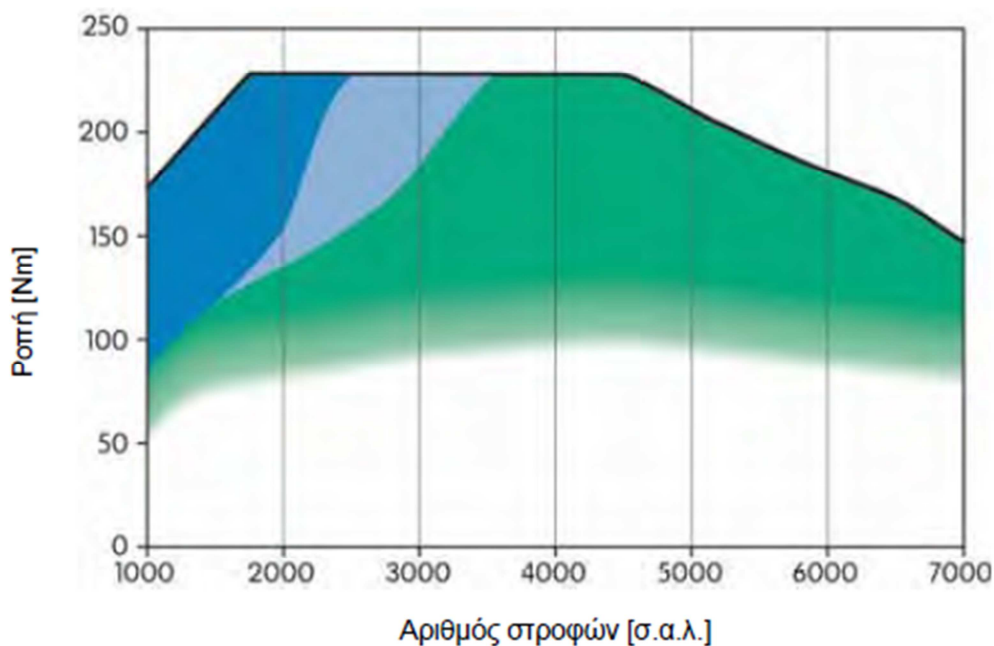




**Σχήμα 8.9:** στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται ένα σύστημα (twin turbo).

#### ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΗΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ

Στο γραφικό που ακολουθεί παρακάτω απεικονίζονται οι περιοχές εργασίας, του μηχανικού συμπιεστή και του υπερσυμπιεστή turbo. Ανάλογα με τη ζήτηση για ροπή ο εγκέφαλος του κινητήρα αποφασίζει εάν και εφόσον πρέπει, να παραχθεί η απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης. Ο υπερσυμπιεστής turbo εργάζεται σε όλο το εύρος των χρωματιστών περιοχών. Όμως η ενέργεια των καυσαερίων στην κάτω περιοχή στροφών, δεν επαρκεί από μόνη της για να παραχθεί η απαιτούμενη πίεση πλήρωσης.



**Σχήμα 8.10:** περιοχές λειτουργίας συμπιεστή και στρόβιλο υπερπλήρωσης.

### **Η σταθερή περιοχή υπερπλήρωσης του συμπιεστή (σκούρο μπλε).**

Από μια ελάχιστη ζήτηση ροπής και ως έναν αριθμό στροφών του κινητήρα της τάξεως 2.400 στροφές ανά λεπτό. Ο συμπιεστής είναι μόνιμος ενεργοποιημένος. Η πίεση υπερπλήρωσης του συμπιεστή ρυθμίζεται από τη μονάδα έλεγχου της ρυθμιστικής βαλβίδας.

### **Η περιοχή υπερπλήρωσης όπου ο συμπιεστής ενεργοποιείται αναλόγως των αναγκών(απαλό μπλε).**

Ως ένα μέγιστο αριθμό στροφών των 3.500 σ.α.λ. ο συμπιεστής ενεργοποιείται αναλόγως των αναγκών. Αυτό επιβάλλεται για παράδειγμα, όταν σε αυτήν την περιοχή των στροφών το αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα και μετά επιταχύνει απότομα. Λόγω της αδράνειας του υπερσυμπιεστή turbo θα παρατηρούσαμε μια καθυστερημένη επιτάχυνση. Για τον λόγο αυτό ενεργοποιείται επιπροσθέτως και ο συμπιεστής και η απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης αναπτύσσεται το συντομότερο δυνατό.

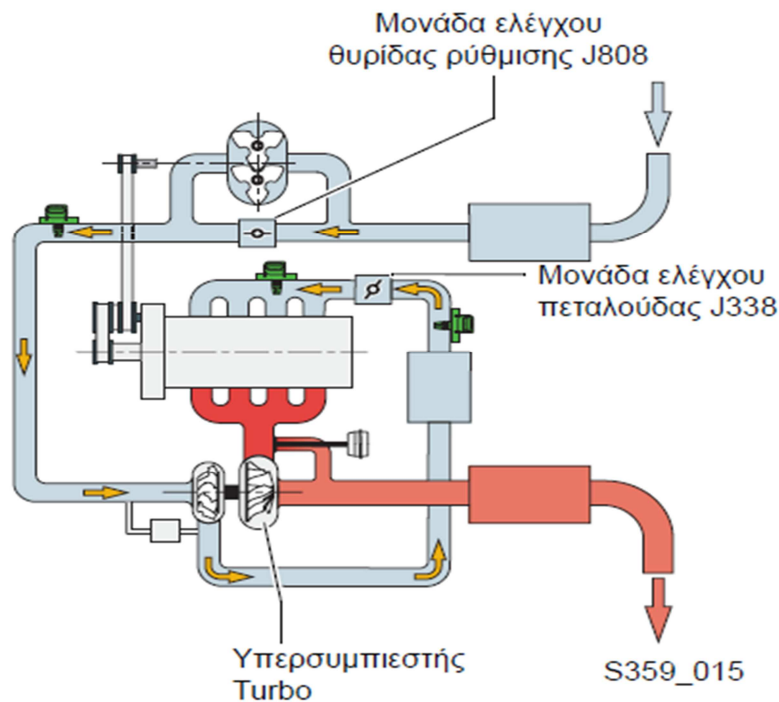
### **Περιοχή υπερπλήρωσης του υπερσυμπιεστή turbo μονό (πράσινη περιοχή).**

Στη πράσινη περιοχή ο υπερσυμπιεστής turbo είναι σε θέση να παράγει την απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης μόνος του. Η πίεση υπερπλήρωσης ρυθμίζεται από τη μαγνητική βαλβίδα περιορισμού πίεσης της υπερπλήρωσης.

Αναλόγως του φορτιού και της περιοχής αριθμού στροφών, ο εγκέφαλος του κινητήρα υπολογίζει, πως η απαιτούμενη ποσότητα φρέσκου αέρα θα φθάσει στον κύλινδρο, για να παραχθεί η ζητούμενη ροπή. Ο εγκέφαλος αποφασίζει εάν ο υπερσυμπιεστής turbo θα μπορέσει να παράγει μόνος του την πίεση υπερπλήρωσης, ή εάν θα πρέπει να υποβοηθήσει και ο μηχανικός συμπιεστής.

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ ΜΕ ΧΑΜΗΛΟ ΦΟΡΤΙΟ**

Στη λειτουργία αναρρόφησης η βαλβίδα ρύθμισης είναι τελείως ανοικτή. Ο αναρροφούμενος φρέσκος αέρας διέρχεται μέσω της μονάδας έλεγχου της θυρίδας, ρύθμισης προς τον υπερσυμπιεστή turbo. Ο υπερσυμπιεστής turbo κινείται μεν από τα καυσαέρια, αλλά η ενέργεια των καυσαερίων είναι τόσο χαμηλή, ώστε μπορεί να παράγει μόνο μια μικρή πίεση υπερπλήρωσης. Η πεταλούδα είναι ανοικτή αναλόγως του πατήματος του πεντάλ του γκαζιού, και στον αυλό εισαγωγής επικρατεί υπό πίεση.



**Εικόνα 8.12:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η λειτουργία αναρρόφησης με χαμηλό φορτίο.

**ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΚΑΙ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΗ TURBO ΣΕ ΥΨΗΛΟΤΕΡΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΣΤΡΟΦΕΣ ΕΩΣ 2.400[rpm].**

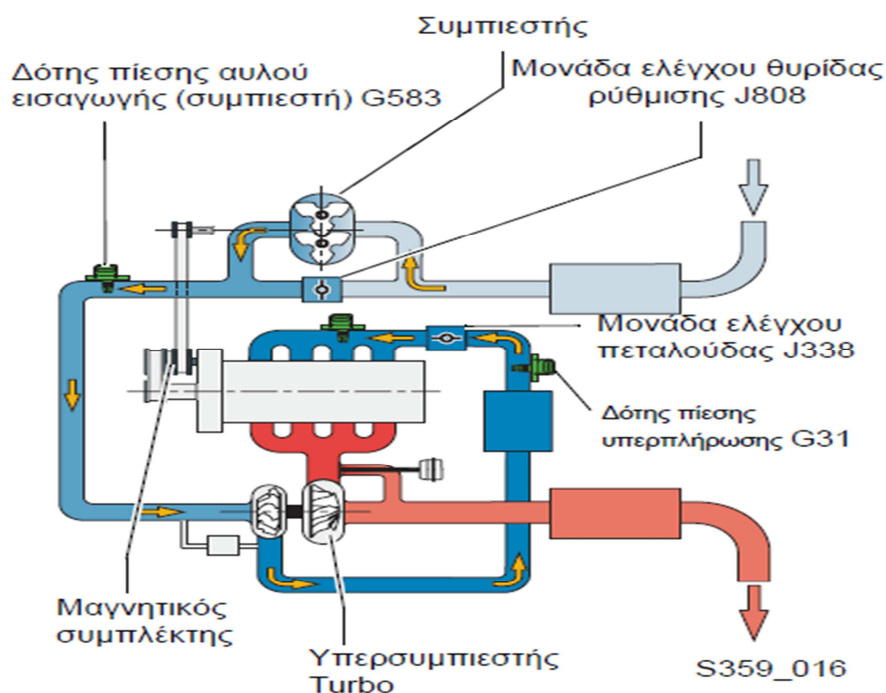
Στη περιοχή αυτή η ρυθμιστική βαλβίδα είναι κλειστή ή ελάχιστα ανοικτή για να ρυθμίζει την πίεση υπερπλήρωσης. Ο συμπιεστής έχει ενεργοποιηθεί μέσω του μαγνητικού συμπλέκτη και κινείται από την ιμαντοκίνηση.



**Εικόνα 8.13:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η ιμαντοκίνηση του συμπιεστή.

Ο συμπιεστής αναρροφά αέρα και τον συμπιέζει. Ο συμπιεσμένος φρέσκος αέρας στέλνεται από τον συμπιεστή προς τον υπερσυμπιεστή. Σε εκείνη την στιγμή ο συμπιεσμένος αέρας συμπιέζεται και άλλο. Η πίεση υπερπλήρωσης του συμπιεστή μετριέται από τον δότη πίεσης αυλού εισαγωγής G583 και ρυθμίζεται, από τη μονάδα έλεγχου της θυρίδας ρύθμισης. Η

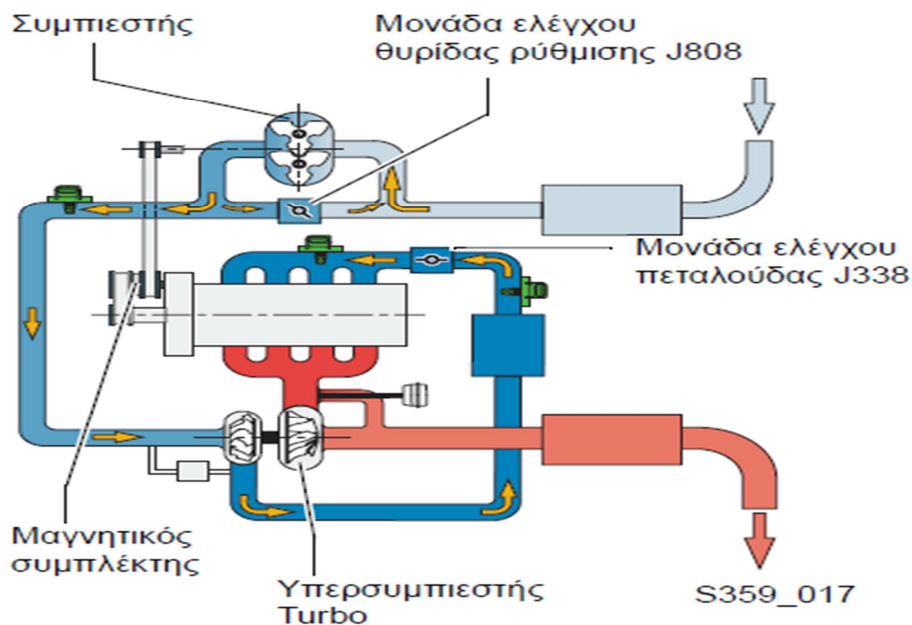
συνολική πίεση υπερπλήρωσης μετρείται από τον δότη πίεσης G31. Η πεταλούδα είναι τελείως ανοικτή, στον αυλό της εισαγωγής επικρατεί πίεση έως και 2.5 bar.



**Εικόνα 8.14:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η λειτουργία σε υψηλό φορτίο και στροφές 2.400[rpm].

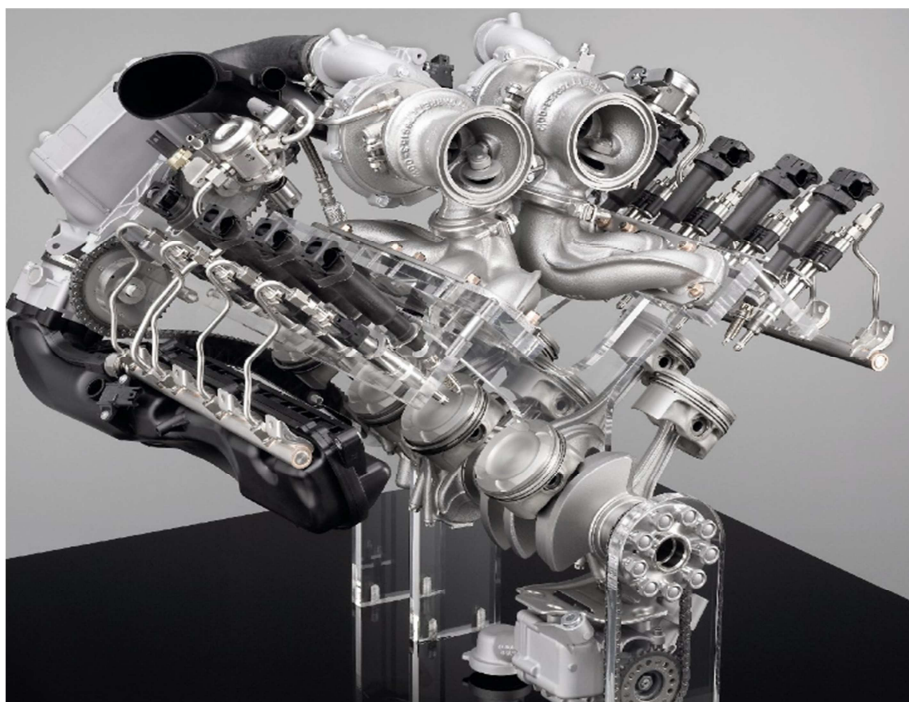
**ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΗ TURBO ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΣΕ ΥΨΗΛΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟ ΣΤΡΟΦΩΝ ΑΠΟ 2.400[rpm] ΕΩΣ 3500[rpm].**

Στην περιοχή αυτή και με σταθερή ταχύτητα για παράδειγμα η πίεση υπερπλήρωσης παράγεται από τον υπερσυμπιεστή turbo. Εάν ο οδηγός του οχήματος επιταχύνει απότομα, ο υπερσυμπιεστής θα ήταν πολύ αδρανής, για να παράγει γρήγορα την πίεση υπερπλήρωσης. Για να αποτραπεί αυτό, ο εγκέφαλος του κινητήρα ενεργοποιεί σύντομα τον συμπιεστή και ρυθμίζει τη μονάδα έλεγχου της θυρίδας ρύθμισης, σύμφωνα με την απαιτούμενη πίεση υπερπλήρωσης. Ο συμπιεστής υποστηρίζει τον υπερσυμπιεστή turbo, για τη δημιουργία τη απαιτούμενης πίεσης υπερπλήρωσης.



**Εικόνα 8.15:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η λειτουργία σε υψηλό φορτίο και στροφές 2.400 έως 3.500[rpm].

Επίσης υπάρχει ένα άλλο πανομοιότυπο σύστημα το οποίο ονομάζεται (bi turbo) αλλά με την μόνη διαφορά ότι σε αυτή την διάταξη χρησιμοποιούνται δύο ισομεγέθη (turbo), όπου ο ένας τροφοδοτεί τους κυλίνδρους από 1-4 και ο άλλος τροφοδοτεί τους κυλίνδρους 5-8.



**Εικόνα 8.16:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ένα σύστημα (bi turbo).



**ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:**

- Υψηλή πίεση υπερπλήρωσης μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και σε χαμηλές στροφές (του κινητήρα) και παροχές αέρα χάρη στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά λειτουργίας του συμπιεστή.
- Κύρια χρήση του στρόβιλο-υπερπληρωτή στο πεδίο των μέσων και υψηλών στροφών του κινητήρα

**ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:**

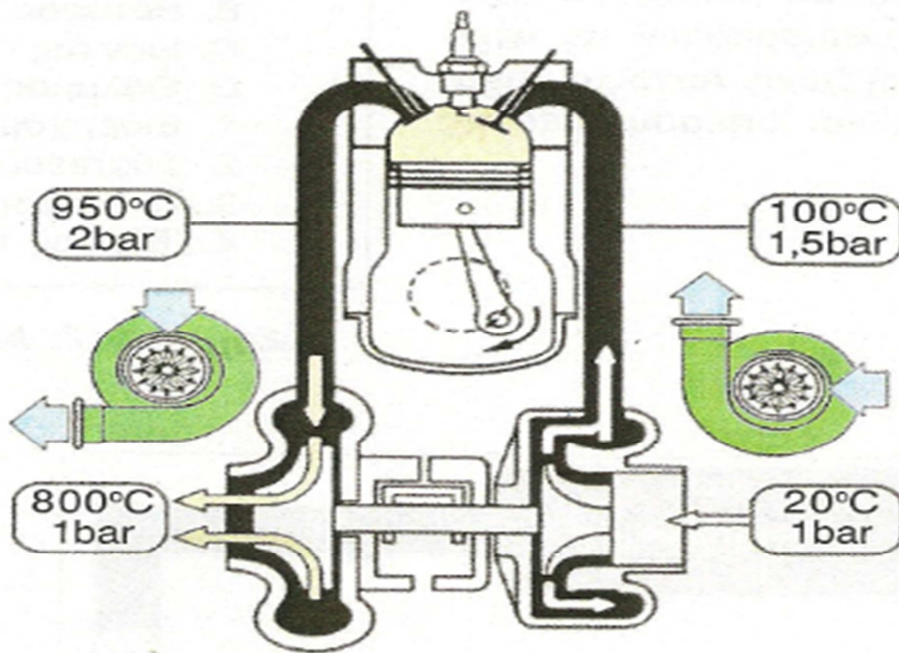
- Η μηχανική σύνδεση μεταξύ του συμπιεστή και του κινητήρα που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ωφέλιμης ισχύος του κινητήρα άρα και του βαθμού απόδοσής του.
- Καθώς και η ανάγκη για ένα περίπλοκο σύστημα ελέγχου που να συνυπολογίζει διάφορες μεταβλητές του κινητήρα και των υπερπληρωτών (όπως στροφές και φορτίο του κινητήρα, ταχύτητα του οχήματος, πίεση υπερπλήρωσης, κ.α.).

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:**

Είναι προφανές ότι οι λύσεις αυτές αυξάνουν το κόστος του κινητήρα, δεδομένου ότι απαιτούνται δύο συμπιεστές, για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται, μόνο σε κινητήρες ειδικών προδιαγραφών, όπου η απαίτηση μεγάλης ισχύος στις χαμηλές στροφές είναι έντονη και συχνή και το κόστος γίνεται δευτερεύουσας σημασίας.

#### 8.4.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΤΟΥ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ(INTERCOOLER).

Για να μην ένας υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας κτυπήσει ("πειράκια") δηλαδή, προκειμένου να αποφύγουμε τις αυταναφλέξεις λόγω των συμπίεσεων, και των υψηλών θερμοκρασιών οι οποίες ευνοούν τις αυταναφλέξεις χρησιμοποιούμε ψυγεία αέρος αέρα, που τα τοποθετούμε μεταξύ του υπερσυμπιεστή και της πολλαπλής εισαγωγής. Η αυξημένη θερμοκρασία ενός αερίου έχει ως αποτέλεσμα τη μικρότερη πυκνότητα του αερίου, άρα και λιγότερη μάζα για το συγκεκριμένο όγκο. Είναι γνωστό από ότι στον ίδιο όγκο χωράει μεγαλύτερη ποσότητα μάζας αερίου(αέρα) όταν η πυκνότητα του είναι μεγαλύτερη. Μεγαλύτερη μάζα αέρα σημαίνει περισσότερο οξυγόνο, δηλαδή δυνατότητα για δημιουργία περισσότερου μείγματος (αέρα – βενζίνης) και κατά συνέπεια, αποδοτικότερη καύση στο θάλαμο καύσης του κινητήρα. Αν λοιπόν ψύχουμε τον εισερχόμενο αέρα καταφέρνουμε να διοχετεύουμε στους κυλίνδρους του κινητήρα, και να εκμεταλλευόμαστε στην καύση περισσότερη μάζα μείγματος. Ο αέρας που περνά από το φίλτρο αέρα έχει θερμοκρασία 20°C έως 30°C και πίεση 1 bar.



**Σχήμα 8.11:** Θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη λειτουργία turbo κινητήρα χωρίς intercooler.

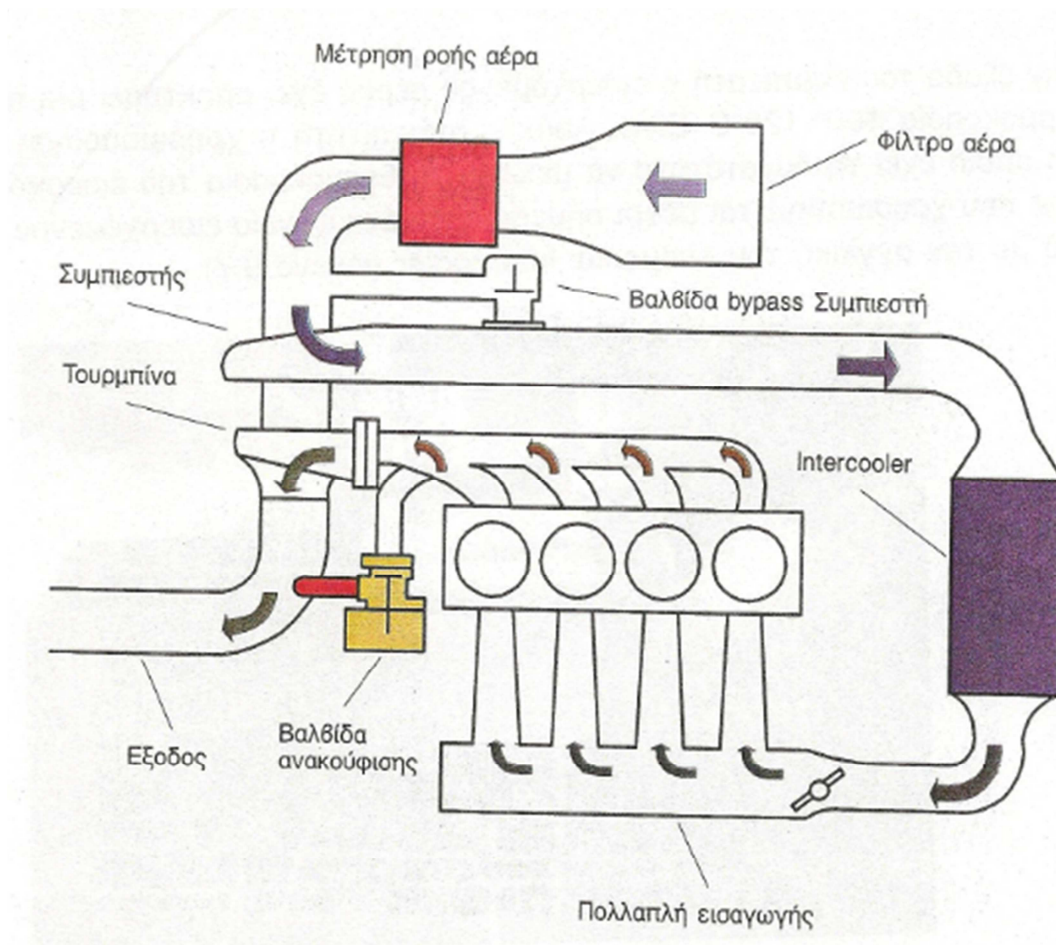
Μέχρι την είσοδο του συμπιεστή η θερμοκρασία παραμένει η ίδια. Στην έξοδο του συμπιεστή ο εισερχόμενος αέρας έχει αποκτήσει μία πίεση 1,5bar και μία θερμοκρασία 100°C -120°C. Είναι λοιπόν απαραίτητη η χρησιμοποίηση ενός συστήματος, το οποίο έχει τη δυνατότητα να μειώνει τη θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα. Το σύστημα που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα είναι ένα ψυγείο εισερχόμενου αέρα, που είναι γνωστό με την αγγλική ονομασία:intercooler.



**Εικόνα 8.17:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται ψυγεία intercooler.

Τα καυσαέρια που εξέρχονται από τον κύλινδρο και προσπίπτουν στον στρόβιλο του υπερσυμπιεστή έχουν πίεση 2bar περίπου και θερμοκρασία 900°C - 950°C. Η θερμοκρασία εξόδου από την τουρμπίνα είναι 800°C περίπου και η πίεση ατμοσφαιρική(1bar). Αυτή είναι και η βασική πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται, για την αύξηση της απόδοσης ενός κινητήρα.

Το intercooler, ή εναλλάκτης θερμότητας είναι το ιδανικό ψυγείο, το οποίο ψύχει τον πιεσμένο εισερχόμενο αέρα του συμπιεστή του κινητήρα με τον εξωτερικό αέρα ως ψυκτικό μέσο, ή κάποιο άλλο υγρό (υδρόψυκτο intercooler). Είναι κατασκευασμένος συνήθως από αλουμίνιο ,το οποίο έχει αρκετά υψηλή θερμική αγωγιμότητα και βοηθά έτσι στην ταχεία μεταφορά της θερμότητας από τον ζεστό εισερχόμενο αέρα του κινητήρα στον κρύο. Υπάρχουν επίσης intercooler κατασκευασμένα από διάφορα είδη κραμάτων, που έχουν ως στόχο να μειώσουν το κόστος κατασκευής και να αυξήσουν την αντοχή τους. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το σχηματικό διάγραμμα λειτουργία του συστήματος, turbo σε συνεργασία με την τοποθέτηση ψύξης του με intercooler.



**Σχήμα 8.12:** Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας συστήματος turbo με intercooler.

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: 1

Μπορούμε να υπολογίσουμε τη μεταβολή της πυκνότητας του εισερχόμενου αέρα ,άρα και της απόδοσης έμμεσα, λόγω της προσθήκης ενός intercooler σύμφωνα με την σχέση:

- Θερμοκρασία πριν από τον εναλλάκτη :  $\theta_1=150^{\circ}\text{C}$
- Θερμοκρασία μετά από τον εναλλάκτη :  $\theta_2=80^{\circ}\text{C}$
- Απόλυτη θερμοκρασία πριν τον εναλλάκτη:  $T_1=150+273=423^{\circ}\text{K}$
- Απόλυτη θερμοκρασία πριν τον εναλλάκτη:  $T_2=80+273=353^{\circ}\text{K}$

$$\text{ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ} = \frac{\text{ΑΡΧΙΚΗ ΑΠΟΛΥΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ}}{\text{ΤΕΛΙΚΗ ΑΠΟΛΥΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ}} - 1$$

Άρα ,

$$\text{ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ} = \frac{T_1}{T_2} - 1 = \frac{423}{353} - 1 = 0,2 \text{ ή } 20\%$$

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: 2

#### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ:

Η επιλογή ενός intercooler γίνεται σε κάθε περίπτωση με βάση τον συντελεστή απόδοσης του.

$$\text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ } E \text{ απόδοσης} = \frac{\theta_{\text{πριν}} - \theta_{\text{μετά}}}{\theta_{\text{πριν}} - \theta_{\text{ατμ.}}}$$

Π.Χ

Αν έχουμε  $\theta_{\text{πριν}} = 120^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_{\text{μετά}} = 60^{\circ}\text{C}$  και εξωτερική θερμοκρασία  $\theta_{\text{ατμ.}} = 20^{\circ}\text{C}$

τότε:

$$E = \frac{120 - 60}{120 - 20} = \frac{60}{100} = 60\%$$

Είναι εύκολο να υπολογίσεις λοιπόν κανείς το συντελεστή απόδοσης ενός intercooler , χρησιμοποιώντας τρία διαφορετικά θερμόμετρα στην εισαγωγή του υπερσυμπιεστή ( $\theta_{\text{α}}$ ), στην έξοδο του υπερσυμπιεστή ( $\theta_{\text{πριν}}$ ) προς το intercooler και μετά το intercooler ( $\theta_{\text{μετά}}$ ).

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: 3

Έστω ότι έχουμε πίεση υπερπλήρωσης 0,82bar στην εισαγωγή ενός intercooler που τοποθετούμε σε ένα turbo κινητήρα (που πριν δεν είχε καθόλου δηλαδή ατμοσφαιρικός ) και 0,77bar πίεση στην εξαγωγή του. Έστω ακόμη ότι εκείνη την ημέρα η βαρομετρική πίεση ήταν 0,97bar.

Έχουμε λοιπόν:

- Απόλυτη πίεση στην εισαγωγή του (intercooler):  $P_{\text{εισοδου}} = 0,97 + 0,82$
- Απόλυτη πίεση στην εξαγωγή:  $P_{\text{εξαγωγής}}$

Τότε η απώλεια μας θα είναι :

$$\text{ΑΠΩΛΕΙΑ \%} = 1 - \frac{\text{ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ ΣΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ}}{\text{ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ ΣΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ}}$$

$$\text{ΑΠΩΛΕΙΑ \%} = 1 - \frac{0,97 + 0,77}{0,97 + 0,82}$$



**ΑΠΩΛΕΙΑ % =3%**

**ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ:**

- Intercooler αέρος ή εναλλάκτης θερμότητας αέρος –αέρος.
- Intercooler νερού ή εναλλάκτης αέρος – νερού.



**Εικόνα 8.18:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται στα αριστερά τα μέρη ενός intercooler υδρόψυκτου και στα δεξιά ένα intercooler αέρος.

**Intercooler αέρος.**

Τα intercooler αέρος είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα. Είναι απλά στην κατασκευή και δεν απαιτούν καθόλου συντήρηση εκτός από έναν περιοδικό έλεγχο για διαρροές και απώλεια πίεσης, ή κάποιο ενδεχόμενο εσωτερικό ή εξωτερικό καθάρισμα. Συνήθως, κάποια υπολείμματα λαδιού εσωτερικά και αλά διάφορα σωματίδια που εμποδίζουν τη ροή του αέρα. Επειδή πρέπει να έχουν αρκετή θερμοαπαγωγική ικανότητα, θα πρέπει να είναι μεγάλα σε διαστάσεις και κατά συνέπεια απαιτούν αρκετό χώρο στο σημείο τοποθέτησης, του στο αυτοκίνητο που να εισέρχεται ο εξωτερικός αέρας ο οποίος έχει σχεδόν την ταχύτητα του οχήματος. Η θέση που πληροί αυτές τις προδιαγραφές είναι πίσω από τη μετώπη του αμαξώματος, μπροστά από τα ψυγεία υγρού του κινητήρα και του κλιματιστικού.



**Εικόνα 8.19:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ένα intercooler αέρος.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται το ψυγείο αέρος intercooler στο μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου.



**Εικόνα 8.20:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το intercooler στο μπροστινό μέρος του οχήματος.

Μια άλλη πιθανή και διαδεδομένη θέση για τη τοποθέτηση του intercooler είναι κάτω από το καπό, το οποίο στο σημείο αυτό έχει ειδικό άνοιγμα για την κυκλοφορία του αέρα του περιβάλλοντος.



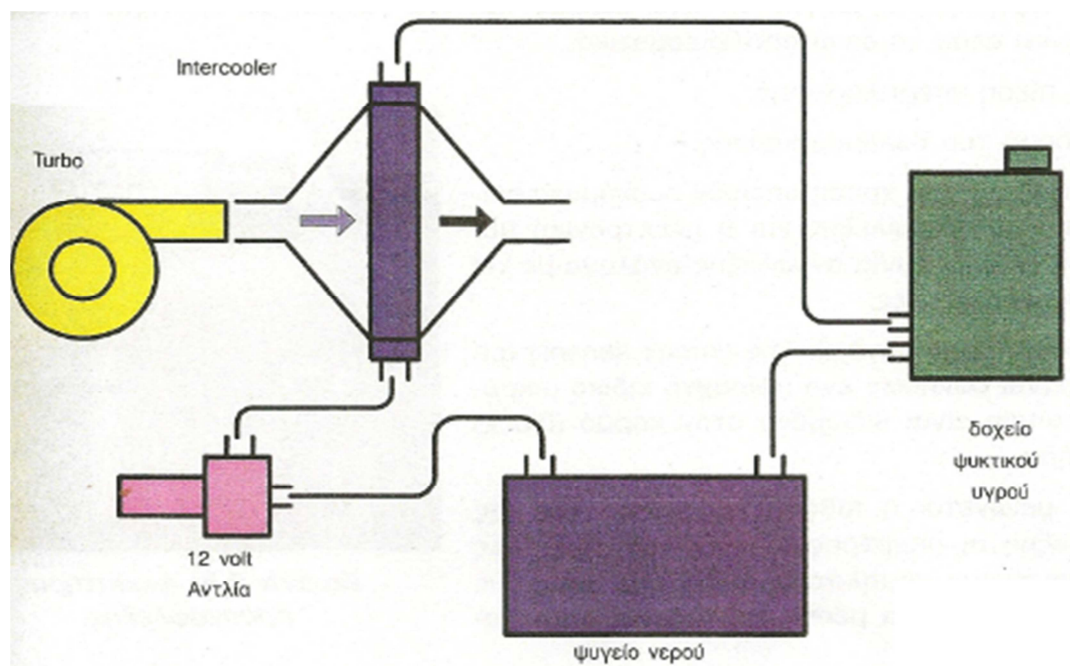
**Εικόνα 8.21:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το intercooler κάτω από το καπό.

Πολλά μοντέλα με τοποθετημένο το intercooler κάτω από το καπό είναι εξοπλισμένα με ειδικό μπεκ ψεκασμού νερού στη εξωτερική πλευρά του intercooler. Η εξαέρωση του νερού προκαλεί επιπλέον απαγωγή θερμότητας αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος. Βέβαια τα intercooler τοποθετούνται και σε άλλες μη κατάλληλες θέσεις που δεν αποτελούν και την ιδανικότερη λύση.

### Intercooler νερού (chargecooler).

Το υδρόψυκτο intercooler αποτελείται από τέσσερα βασικά εξαρτήματα:

- Το κυρίως intercooler το οποίο ψύχει τον εισερχόμενο αέρα μεταφέροντας ποσά θερμότητας από τον αέρα στο ψυκτικό υγρό(νερό).
- Το ψυγείο το οποίο μπορεί να έχει οποιαδήποτε μορφή αρκεί να τοποθετείται σε σωστή θέση και να διαθέτει αρκετή μετωπική επιφάνεια. Το ψυγείο νερού αναλαμβάνει να ψύξει το ήδη ζεστό ψυκτικό υγρό(νερό) το οποίο επιστρέφει κρύο πια στο κυρίως intercooler.
- Αντλία νερού (κυκλοφορητής)η οποία κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο. Η αντλία αυτή θα πρέπει να διαθέτει μεγάλη παροχή ,ενώ η πίεση της θα πρέπει απλά να καλύπτει τις απώλειες πίεσης μέσα στους αγωγούς του ψυκτικού υγρού.
- Δοχείο ψυκτικού υγρού. Το δοχείο αυτό εξισορροπεί τις διαστολές και εξασφαλίζει την αποθήκευση του ψυκτικού υγρού.



**Σχήμα 8.13:** Σύστημα υδρόψυκτου intercooler.

Τα intercooler νερού χρησιμοποιούνται:

- Όταν δεν υπάρχει χώρος πίσω από τη μετώπη του αμαξώματος.
- Όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος για τους σωλήνες που μεταφέρουν τον πιεσμένο αέρα.
- Όταν ο κινητήρας είναι τοποθετημένος στο πίσω μέρος του οχήματος.





**Εικόνα 8.22:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται τα μέρη ενός intercooler νερού.

Το υδρόψυκτο intercooler μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε μέσα στο χώρο του κινητήρα. Καταλαμβάνει σαφώς μικρότερο χώρο και λόγω των μικρότερων σωληνώσεων εμφανίζεται μικρότερη καθυστέρηση στην απόκριση(turbo lag). Είναι πιο πολύπλοκος στην κατασκευή, αλλά δεν χρειάζεται να μεταφέρουμε τον εισερχόμενο αέρα στο εμπρός μέρος του αυτοκινήτου και πάλι πίσω. Το υδρόψυκτο intercooler ακόμα και με το αυτοκίνητο σε στάση (από πλευράς ροής αέρα)έχει μεγάλα αποθέματα θερμικής, αδράνειας χάρις στο ψυκτικό μέσο. Επί πλέον, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ αλουμινίου – νερού είναι 14 φορές μεγαλύτερος από εκείνον μεταξύ αλουμινίου – αέρα, κι έτσι έχουμε ταχύτερη απαγωγή θερμότητας.

#### **8.4.7 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΡΟΑΝΑΦΛΕΞΗΣ**

Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες καλής λειτουργίας ενός κινητήρα είναι ο χρονισμός της ανάφλεξης. Όταν έχουμε υπερβολική προπορεία ανάφλεξης συχνά εμφανίζεται το φαινόμενο της προανάφλεξης. Πρέπει λοιπόν να ρυθμίζουμε τη γωνία ανάφλεξης με ιδιαίτερη προσοχή. Η επιλογή της ρύθμισης της γωνίας ανάφλεξης σε ένα υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους:

- Τη θερμοκρασία μείγματος στο θάλαμο καύσης. Πρέπει το σύστημα ψύξης του εισερχόμενου αέρα να είναι αποτελεσματικό.
- Τη πίεση υπερπλήρωσης.
- Τη δομή του θαλάμου καύσης.

Οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν συστήματα ανίχνευσης της προανάφλεξης και η ηλεκτρονική μονάδα (εγκέφαλος) τη γωνία ανάφλεξης ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες.



**Εικόνα 8.23:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται ο αισθητήρας προανάφλεξης.

Ο αισθητήρας προανάφλεξης (knock sensor) είναι συνήθως ένα συχνό ειδικό μικρόφωνο, το οποίο είναι βιδωμένο στον κορμό(block)του κινητήρα. Για να μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης της προανάφλεξης (πυράκια).

#### **8.4.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΝΧΟΥ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΗΣ**

Τα συστήματα που τοποθετούνται σε έναν υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα για τον έλεγχο της υπερσυμπίεσης και την ασφαλή λειτουργία του κινητήρα είναι δύο, ανάλογα με το αν ο κινητήρας έχει ηλεκτρονική διαχείριση ή όχι.

Έχουμε λοιπόν:

- Μηχανικό σύστημα ελέγχου.
- Ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

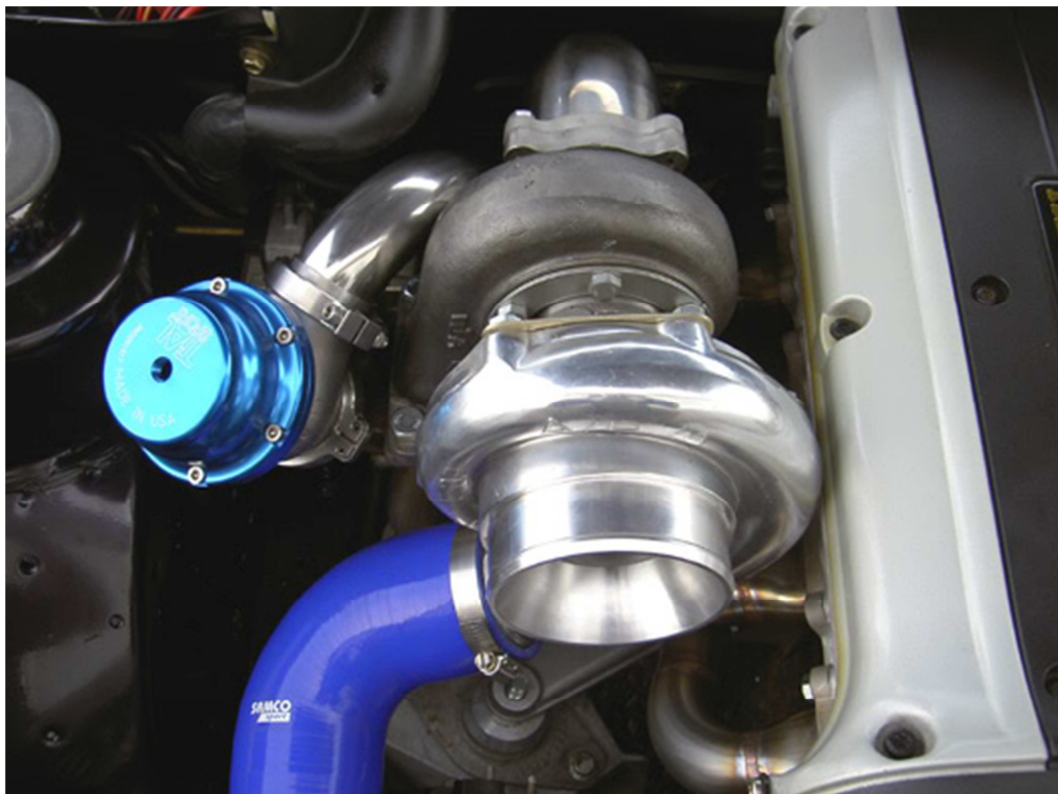
Το μηχανικό σύστημα αποτελείται βασικά από ένα μηχανισμό ένα είδος βαλβίδας (by pass) την ονομαζόμενη (waste gate). Σε έναν υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα η πίεση υπερπλήρωσης αυξάνεται όσο αυξάνονται και οι στροφές του κινητήρα, κατά συνέπεια αυτό έχει και σαν αποτέλεσμα την αύξηση των καυσαερίων, αυτό όμως δεν είναι και το πιο επιθυμητό για τον λόγο ότι, τόσο ο στροβιλοσυμπιεστής όσο και ο κινητήρας μπορούν να αντέξουν μια ορισμένη πίεση. Ο ρόλος αυτής της βαλβίδας είναι να ρυθμίζει τις στροφές της τουρμπίνας και την πίεση που επικρατεί στην πολλαπλή εισαγωγής, ο ρόλος της επίσης είναι να δίνει μια εναλλακτική, διέξοδο στα καυσαέρια και να διαφύγουν στην εξάτμιση, αυτό πραγματοποιείται όταν η πίεση στην εισαγωγή ανεβαίνει σε αρκετά υψηλά επίπεδα, χωρίς τα καυσαέρια να περάσουν μέσα από τον στρόβιλο του στροβιλοσυμπιεστή. Με αποτέλεσμα μειώνοντας τις στροφές να μειωθεί και η πίεση. Ο τρόπος λειτουργίας αυτής της βαλβίδας είναι, ο έλεγχος γίνεται με έναν πνευματικό ενεργοποιητή που είναι συνδεδεμένος με την πολλαπλή εισαγωγής και ένα ελατήριο.





**Εικόνα 8.24:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η βαλβίδα waste gate.

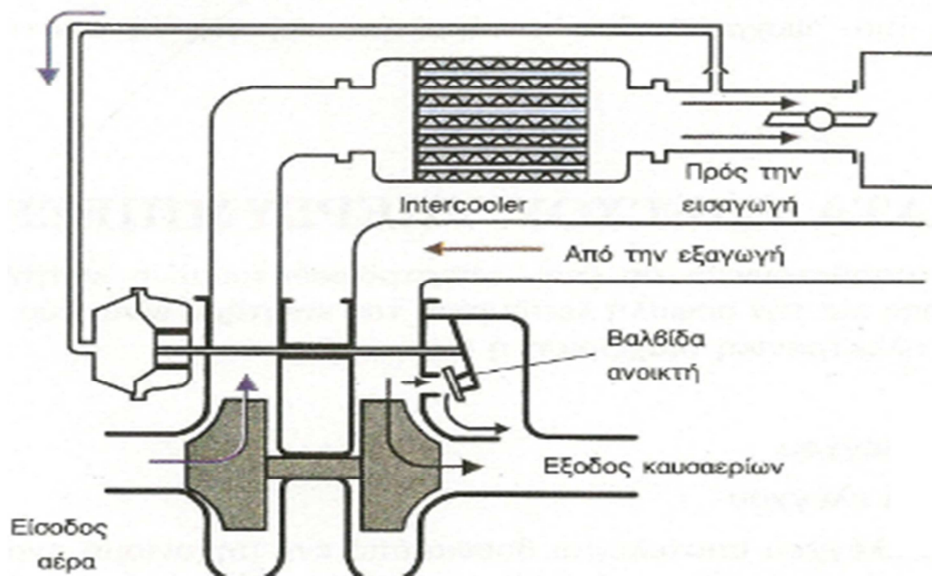
Το ελατήριο κρατάει την waste gate κλειστή ενώ το πνευματικό έμβολο τείνει να την ανοίξει, όσο η πίεση είναι σε κανονικές συνθήκες η δύναμη που ασκεί ο ενεργοποιητής δεν αρκεί για να υπερνικήσει την αντίσταση του ελατηρίου.



**Εικόνα 8.25:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η βαλβίδα waste gate συνδεδεμένη με την τουρμπίνα (δεξιά ο στροβιλοσυμπιεστής, η waste gate).

Προφανώς όταν η δύναμη του ενεργοποιητή ξεπεράσει την αντίσταση του ελατηρίου, η βαλβίδα ανοίγει και τα καυσαέρια παρακάμπτουν την φτερωτή του στροβίλου, ελαττώνοντας

την ταχύτητα περιστροφής της και κατά συνέπεια την πίεση υπερπλήρωσης, τα καυσαέρια που παρακάμπτουν την φτερωτή του στροβίλου καταλήγουν, είτε και πάλι στην εξάτμιση είτε στο περιβάλλον.

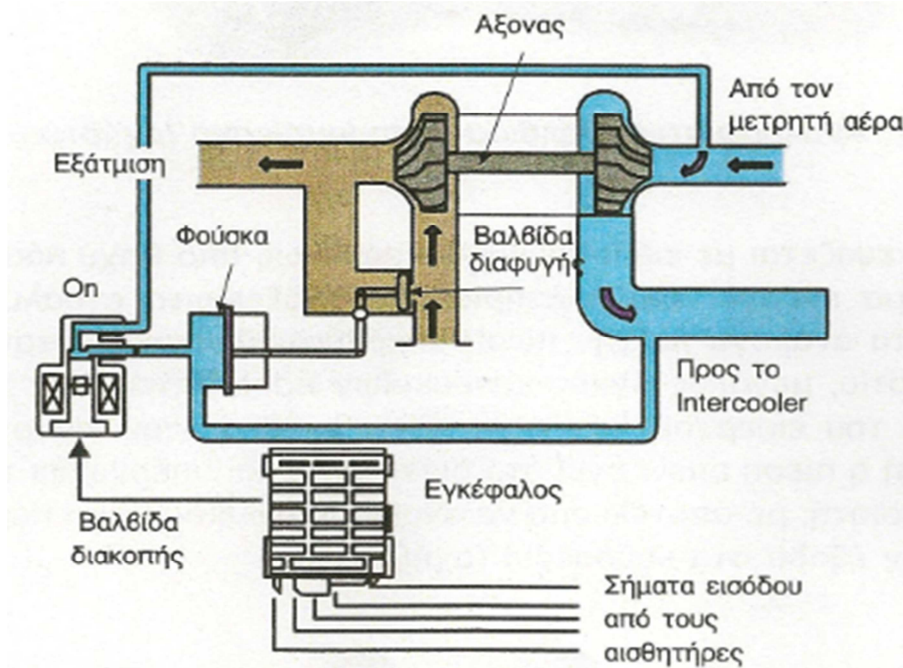


**Σχήμα 8.14:** Λειτουργία της ανακουφιστικής βαλβίδας στις υψηλές στροφές.

Αυτή η λειτουργία έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί η ροή των καυσαερίων που προσπίπτουν στην τουρμπίνα, για να μειωθούν οι στροφές της και να ελέγχεται η υπερσυμπίεση από την οριακή τιμή και πάνω.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της υπερσυμπίεσης υπάρχει στα αυτοκίνητα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, στα οποία η διαχείριση της λειτουργίας του κινητήρα και αρκετών μηχανικών μερών τους πραγματοποιείται, με τη βοήθεια ηλεκτρονικών μονάδων ελέγχου. Έτσι επιτυγχάνουμε σωστή λειτουργία του κινητήρα και μεγιστοποίηση της απόδοσης του.

Ένα σύστημα που χρησιμοποιείται είναι ο συνδυασμός του μηχανικού συστήματος με ηλεκτρονικό έλεγχο από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

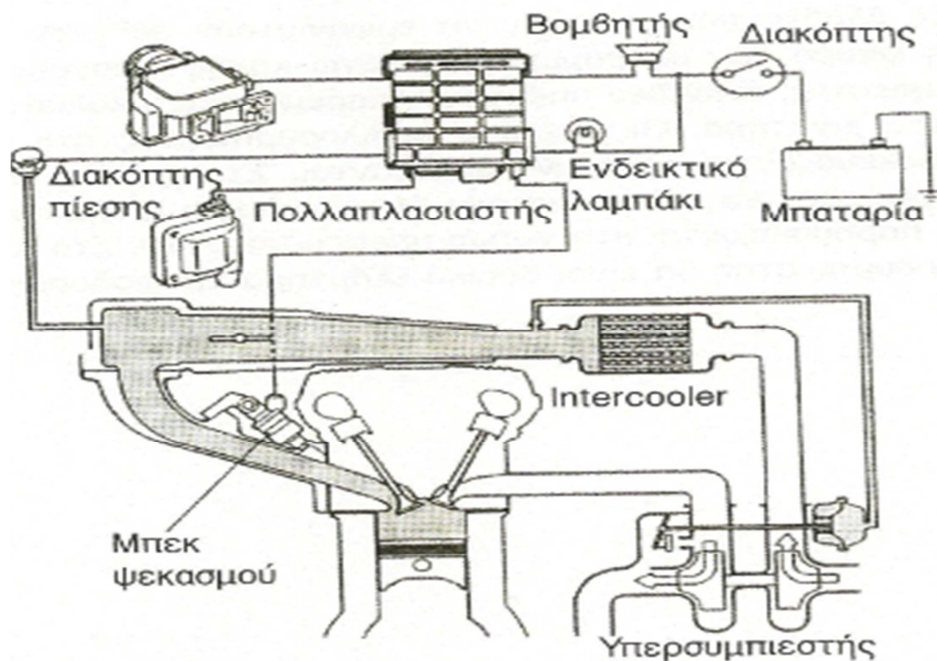


**Σχήμα 8.15:** Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα ελέγχου της υπερσυμπίεσης.

Σε αυτό το σύστημα στον κύριο αγωγό, στον οποίο είναι τοποθετημένο το ψυγείο και η πεταλούδα γκαζιού, και πριν από τον συμπιεστή, υπάρχει ένας αγωγός που ελέγχεται από μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής της ροής του αέρα.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ανοίγει και κλείνει τη βαλβίδα διακοπής, αφού πληροφορείται από τους διάφορους αισθητήρες τις παραμέτρους λειτουργίας κινητήρα (π.χ. στροφές κινητήρα, όγκος και θερμοκρασία εισερχόμενου αέρα, θερμοκρασία κινητήρα προανάφλεξης κ.λπ.). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται αύξηση της ισχύος του κινητήρα χωρίς προαναφλέξεις σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας του.

Ένα άλλο σύστημα πιο σύγχρονο είναι αυτό με αισθητήρα πίεσης στον κύριο αγωγό. Σε αυτό το σύστημα δεν υπάρχει ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής, αέρα που να ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, αλλά ένας αισθητήρας πίεσης στον κύριο αγωγό με το intercooler και το σώμα της πεταλούδας.



**Σχήμα 8.16:** Ηλεκτρικό σύστημα ελέγχου της υπερσυμπιέσης.

Όταν η πίεση αυξηθεί πάνω από ένα όριο κλείνει μια επαφή και πληροφορείται για αυτή την κατάσταση λειτουργίας η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Αυτή ενεργοποιεί το σύστημα αυτοδιάγνωσης του κινητήρα και διακόπτει τη λειτουργία του.

Ο αισθητήρας πίεσης μετατρέπει τις τιμές της πίεσης σε σήματα τάσης, και τα στέλνει στην ηλεκτρονική μονάδα. Η λειτουργία αυτού του αισθητήρα είναι ανάλογη με αυτή του αισθητήρα μέτρησης φορτίου MAP.

Ανακουφιστική βαλβίδα (blow off valve- σχάστρα), είναι ένα σύστημα απελευθέρωσης της πίεσης που υπάρχουν στους περισσότερους υπερπληρούμενους κινητήρες. Σκοπός αυτής της βαλβίδας είναι να απομακρύνει τον περιττό αέρα, από τον συμπιεστή και να τον αποβάλει στο περιβάλλον με αποτέλεσμα να αποτρέψει την αύξηση της πίεσης στον συμπιεστή, και την μείωση της φθοράς του στροβιλοσυμπιεστή αλλά και του κινητήρα.

Υπάρχουν δυο ειδών ανακουφιστικές βαλβίδες (blow off valve- σχάστρα):

- Ανοικτού κυκλώματος.
- Κλειστού κυκλώματος.





**Εικόνα 8.26:** Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται δύο ανακουφιστικές βαλβίδες στα αριστερά είναι ανοικτού κυκλώματος και στα δεξιά κλειστού.

Οι ανοικτού κυκλώματος απελευθερώνει την πίεση να διαφύγει στην ατμόσφαιρα ,παράγοντας τον πολυπόθητο ήχο. Δυστυχώς τα συστήματα μέτρησης αέρα (MAF,MAP)κάποιων αυτοκινήτων δεν αντιδρούν καλά σε αυτές τις σκάστες με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν προβλήματα στο ρελαντί, και στις αλλαγές των ταχυτήτων.



**Εικόνα 8.27:** Ανακουφιστική βαλβίδα ανοικτού κυκλώματος.

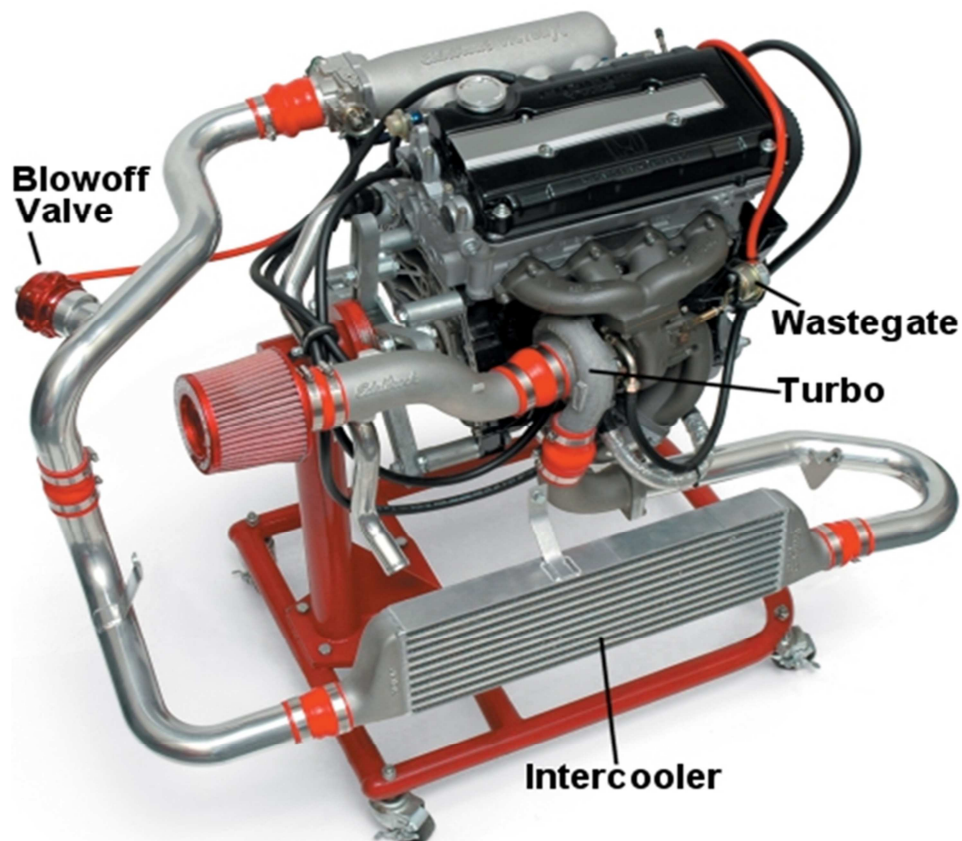
Οι κλειστού κυκλώματος ανακυκλώνουν τον αέρα και πάλι μέσα στο σύστημα εισαγωγής και δεν δημιουργούν τον ήχο που έχουν του ανοικτού τύπου. Τις προτιμούν λόγω του συστήματος μέτρησης αέρα του αυτοκινήτου τους.





**Εικόνα 8.28:** Ανακουφιστική βαλβίδα κλειστού κυκλώματος.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η διάταξη με τον στροβιλοσυμπιεστή(turbo), τοποθετημένο και για την ψύξη(intercooler), αλλά επίσης και οι βαλβίδες waste gate και η βαλβίδα σχάστρα(blow off valve) τοποθετημένα σε κινητήρα εσωτερικής καύσης(M.E.K).



**Εικόνα 8.29:** στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η διάταξη(turbo, intercooler, waste gate, blow off valve) τοποθετημένα σε μια M.E.K.

#### 8.4.9 ΕΛΕΓΧΟΣ- ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

Ο έλεγχος και η σωστή ρύθμιση του κινητήρα με υπερπλήρωση δεν είναι μία εύκολη διαδικασία. Όταν αυτή τη διαδικασία έχουν αναλάβει τα ηλεκτρονικά συστήματα με τους πολύ μικρούς χρόνους απόκρισης, μπορούμε να πούμε ότι έχουμε επιτύχει τη βέλτιστη λειτουργία. Η μεταβολή της πίεσης εισερχόμενου αέρα στις διάφορες καταστάσεις, φορτίου αλλάζει τον χρονισμό του κινητήρα σε πολλαπλάσιο βαθμό, από τους ατμοσφαιρικούς κινητήρες. Ο κίνδυνος προαναφλέξεων εμφανίζεται σε κάθε στιγμή και το σύστημα ελέγχου επεμβαίνει επιβραδύνοντας τον χρονισμό ανάφλεξης κατά 2°-3° μοίρες. Οι αυξημένες ανάγκες για ψύξη του κινητήρα οδηγούν σε ακραίες λύσεις, όπως ψεκασμό νερού στον κινητήρα. Μια αντλία νερού ελέγχεται από έναν ειδικό αισθητήρα πίεσης. Όταν αυξάνεται απότομα η υπέρ πίεση η αντλία ψεκάζει ανάλογη, ποσότητα νερού στον κινητήρα. Κατά την εξάτμιση του νερού απορροφάται θερμότητα και μειώνεται η θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα.

#### Ιδιαιτερότητες turbo:

Τα υπερτροφοδοτούμενα οχήματα με (turbo) σε σχέση με τα ατμοσφαιρικά, χρειάζονται διαφορετική αντιμετώπιση.

- Στην εκκίνηση χρειάζεται εγκράτεια μέχρι το turbo και ο κινητήρας να αποκτήσουν την ιδανική θερμοκρασία λαδιού.
- Δεν πρέπει να πιέζουμε τον κινητήρα μέχρι να ζεσταθεί.
- Στο σβήσιμο πρέπει να αφήνουμε τον κινητήρα να δουλεύει για 2-3 λεπτά πριν τον σβήσουμε για να μειωθεί η θερμοκρασία λαδιού.

#### 8.4.10 ΒΛΑΒΕΣ

Οι κυριότερες βλάβες που μπορούν να εμφανιστούν σε έναν υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα είναι η φθορά του υπερσυμπιεστή λόγω κακής λίπανσης και ψύξης.

Υπάρχουν οκτώ βασικές αιτίες ζημιών ενός υπερσυμπιεστή:

1. Έλλειψη λαδιού	5. Υπερθέρμανση
2. Καθυστερήση λαδιού	6. Μη ζυγοστάθμιση
3. Είσοδος ακαθαρσιών	7. Διαδικασία μονταρίσματος
4. Εισαγωγή ξένων αντικειμένων	8. Λανθασμένα ανταλλακτικά

**Πίνακας 8.1:** στον παραπάνω πίνακα απεικονίζονται οι βλάβες ενός υπερσυμπιεστή.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Συνήθως όμως οι υπερσυμπιεστές, όταν δεν υπάρχουν “παρεμβάσεις ” καλύπτουν την ίδια διάρκεια ζωής με αυτή του κινητήρα. Οι μικροί στροβιλοσυμπιεστές στα επιβατικά αυτοκίνητα συνήθως δεν επισκευάζονται αλλά αντικαθίστανται. Στα μεγάλα οχήματα (φορτηγά) οι υπερσυμπιεστές μπορούν να επισκευαστούν. Η τεχνολογία μπορεί να εξαλείψει τα τυχόν προβλήματα, που παρουσιάζονται στη χρήση υπερσυμπιεστών. Στα σύγχρονα αυτοκίνητα οι υπερσυμπιεστές χρησιμοποιούνται ευρέως.

## **9. ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Ο σκοπός και η χρήση των συστημάτων υπερπλήρωσης, είναι για να βελτιώσουν την απόδοση του κινητήρα(M.E.K), δηλαδή αυξάνοντας την ισχύ και την ροπή του κινητήρα πάντα σε επιθήματα πλαίσια. Είτε γίνεται με χρήση συστημάτων μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων, είτε με τον συντονισμό της πολλαπλής εισαγωγής, αλλά ακόμα και με την χρήση κάποιου συμπιεστή, στροβιλοσυμπιεστή ακόμα και με χρήση συνδυασμένης υπερπλήρωσης. Αυτά τα συστήματα επιλέγονται από τους κατασκευαστές των οχημάτων για να καλύψουν κάποια ξεχωριστή ανάγκη, ή για κάποιο ξεχωριστό σκοπό, μελετώντας φυσικά κάποιες βασικές παραμέτρους είτε αυτό είναι το φορτίο του κινητήρα, οι στροφές, οι πιέσεις που επικρατούν στον θάλαμο καύσης, η θερμοκρασία πριν και αφούτου εισχωρήσει το μείγμα στους κυλίνδρους, άλλη μία παράμετρος που έχουν μελετήσει οι κατασκευαστές είναι ποία χρονική στιγμή θα γίνεται το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων, και πολλοί άλλοι παράμετροι. Φυσικά οι αυτοί οι κινητήρες έχουν μελετηθεί από τους κατασκευαστές έτσι ώστε να είναι πιο φιλικό για τον περιβάλλον, δηλαδή να έχουν όσο το δυνατό λιγότερους εκπεμπόμενους ρύπους οι οποίοι βλάπτουν το περιβάλλον, το οποίο είναι ένα τεράστιο πρόβλημα των τελευταίων χρόνων.

## 10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### INTERNET:

- [1] <https://www.google.gr/>
- [2] <https://el.wikipedia.org>
- [3] <http://iceal.wikidot.com/polyvalvidi-technologia>
- [4] <http://iceal.wikidot.com/michanikoi-sympiestes>
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Roots-type\\_supercharger](http://en.wikipedia.org/wiki/Roots-type_supercharger)
- [6] <http://en.Wikipedia.org/wiki/Turbocharger>
- [7] <http://de.Wikipedia.org/wiki/Turbolader>
- [8] <http://www.highperformance.gr/index.php/2011-10-05-21-49-50/1-turbo?showall=&start=2>

### ΒΙΒΛΙΑ:

- [9] Γεώργιος Αγερίδης, Πέτρος Καμπίλας, Κυριάκος Ρώσσης (2013-2014). "Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Ι". <<ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ>>.
- [10] Χαράλαμπος Καραπάνος, Ανάργυρος Κοτσιέλης, Λίνος Κοντουράς (2002) "Μηχανές Εσωτερικής Καύσης ΙΙ". Εκδόσεις <<ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ>>.
- [11] ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α. ΚΥΡΙΑΚΗΣ, Καθηγητής Α.Π.Θ." Μηχανές Εσωτερικής Καύσης εισαγωγής στη λειτουργία και στην χρήση". Εκδόσεις <<ΣΟΦΙΑ>>.