



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**

ΚΙΝΗΤΗΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΕΣ



I

Δρ ΤΖΙΡΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ-ΕΔΙΠ

- 1. Εισαγωγή και λειτουργία – 2 μαθήματα. (Ερωτήσεις από την παράδοση)
- 2. Λίπανση - Λιπαντικά (Άσκηση Ιξώδους + ερωτήσεις από την παράδοση)
- 3. Καύσιμα/είδη. Ιδιότητες – Προδιαγραφές για ΕΕ (Διαδικασία και άσκηση υπολογισμού θερμογόνου δύναμης + Ερωτήσεις από την παράδοση).

Ύλη Εργαστηρίου ΚΜΙ

- 4. Λύσιμο κινητήρα Α' (Άσκηση Μέτρησης Κυβισμού Κινητήρα + Ερωτήσεις από την παράδοση)
- 5. Λύσιμο κινητήρα Β'
- 6. Τεχνολογίες κινητήρων για την μείωση ρύπων/κατανάλωσης λόγω περιορισμού εκπομπών ρύπων. Χρονισμός Βαλβίδων/κιβώτια ταχυτήτων/τροφοδοσία, Συστήματα Ανάφλεξης). (Ερωτήσεις από την παράδοση)

Ύλη Εργαστηρίου ΚΜΙ

Θα προκύψει από:

- Ερωτήσεις/ασκήσεις στο τέλος του εργαστηρίου
- Εργασία που θα δοθεί την τελευταία εβδομάδα πριν τις διακοπές του Πάσχα
- 50-50

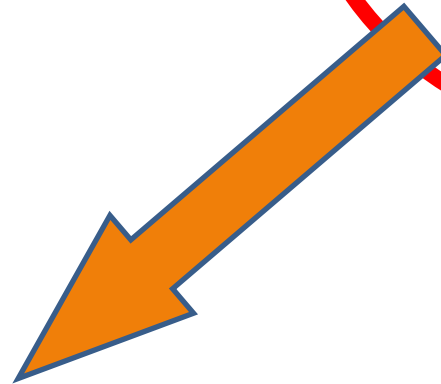
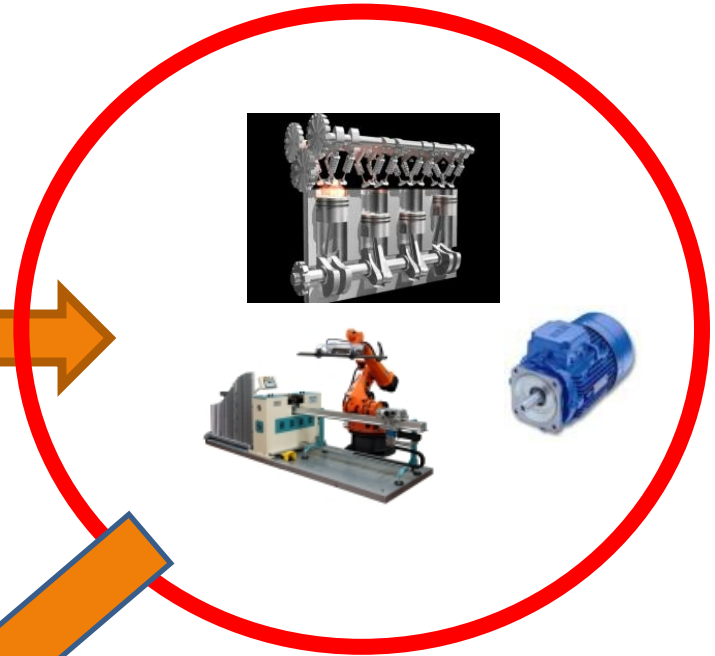
- Κατανομή ονομάτων σε ομάδες.

Βαθμός Εργαστηρίου ΚΜΙ

Σκοπός

ΕΝΕΡΓΕΙΑ:

- Θερμική
- Ηλεκτρική
- Υδραυλική
- Μηχανική
- Χημική



ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΕΡΓΟ

Είδη

Κινοούμενες

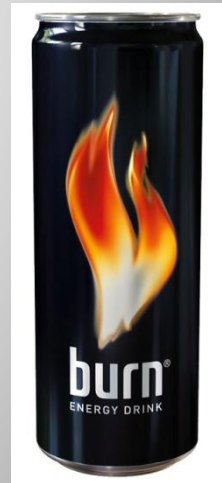
- Γεννήτριες
- Αντλίες
- Συμπιεστές
- Διάφοροι μηχανισμοί

Κινητήριες: Κινητήρια μηχανή ονομάζεται γενικά κάθε μηχανή που παράγει κινητήριο ωφέλιμο Μηχανικό Έργο

- Θερμικοί κινητήρες (Κινητήριες I)
- Ηλεκτρικοί κινητήρες

Θερμικές Μηχανές

- Με τις θερμικές μηχανές επιδιώκεται η παραγωγή μηχανικού έργου από θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την καύση.



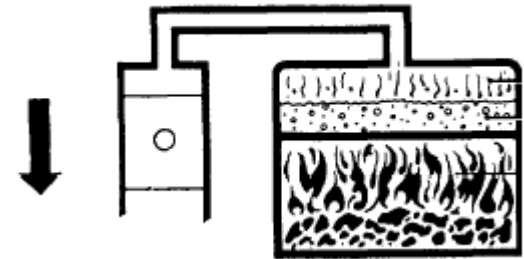
- Μηχανές εξωτερικής καύσης
 - Τα προϊόντα της καύσης καυσίμου και αέρα μεταφέρουν θερμότητα σε διαφορετικό ρευστό, διαμέσου μιας επιφάνειας συναλλαγής. Το ρευστό αυτό αποτελεί το εργαζόμενο μέσο για την παραγωγή μηχανικής ισχύος.
- Μηχανές εσωτερικής καύσης
 - Τα προϊόντα της καύσης καυσίμου και αέρα αποτελούν απευθείας το εργαζόμενο μέσο για την παραγωγή μηχανικής ισχύος.

Τύποι Θερμικών Μηχανών

Θερμικοί Κινητήρες

Εξωτερικής Καύσης

- Ατμομηχανές
- Ατμοστρόβιλοι

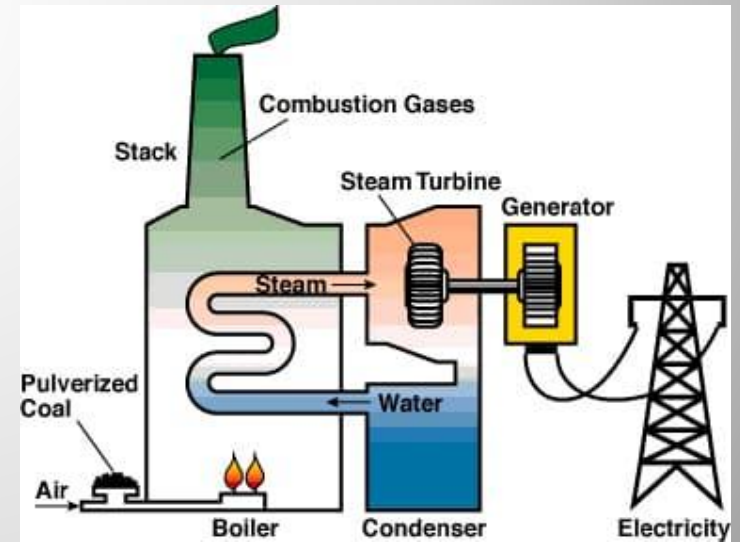
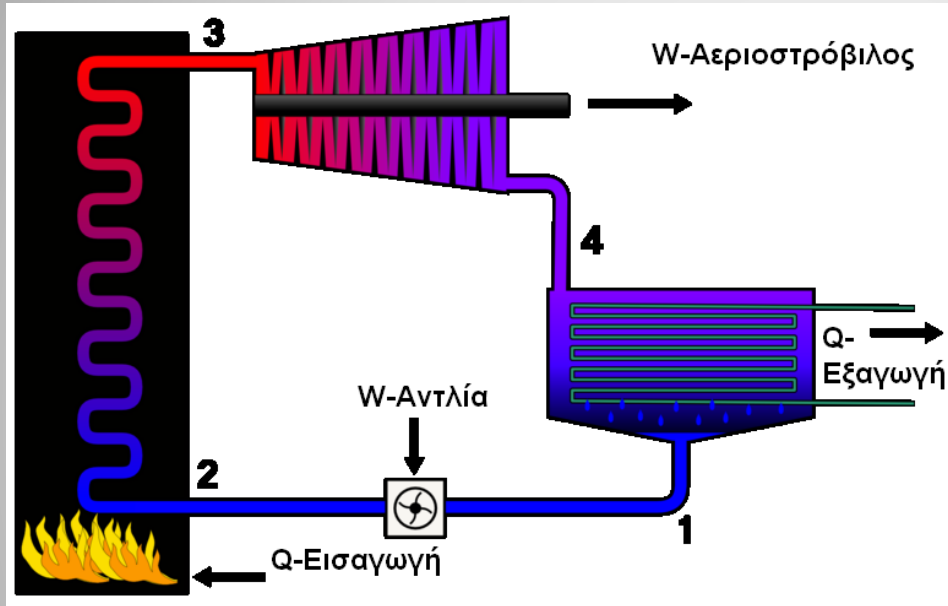


Εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ)

- Εμβολοφόροι (Κίνηση με Παλινδρόμηση)
- WANKEL (Κίνηση με Περιστροφή)
- Στρόβιλοι (Κίνηση με Περιστροφή)

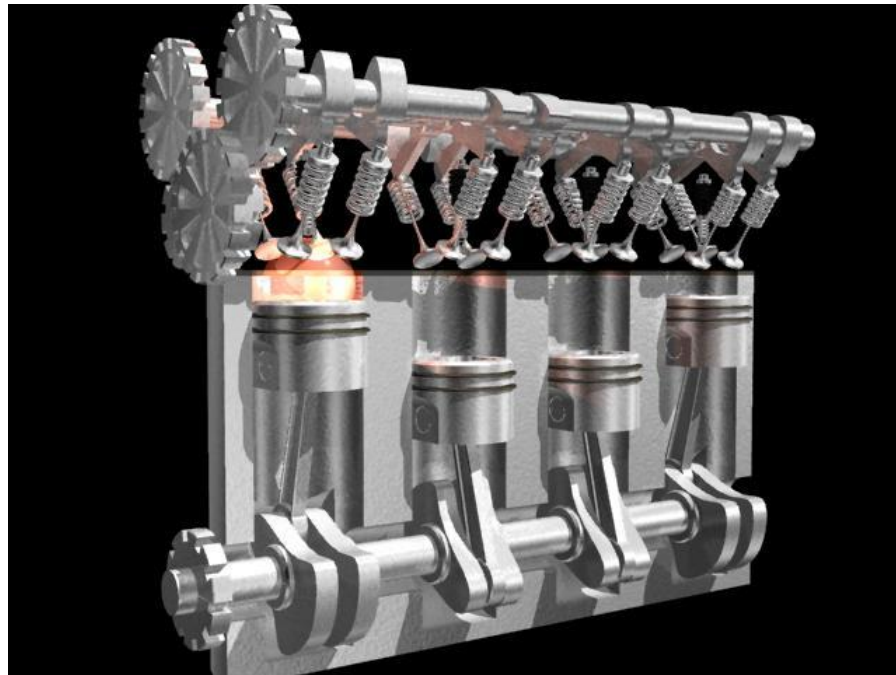


Μηχανές εξωτερικής καύσης



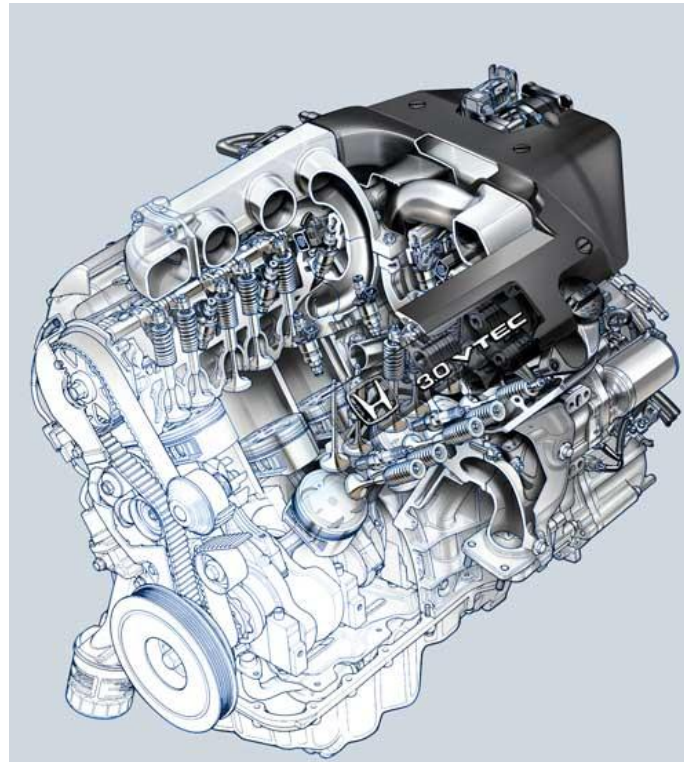
Μηχανές Εσωτερικής Καύσης-ΜΕΚ Εμβολοφόροι

Διάταξη Κυλίνδρων σε
«Σειρά»:



Μηχανές Εσωτερικής Καύσης-ΜΕΚ Εμβολοφόροι

Διάταξη Κυλίνδρων σε «V»: Δύο σειρές κυλίνδρων με περιεχόμενη γωνία $<180^\circ$



Πηγή: <http://www.automotive-illustrations.com/img/Honda-Acura/Accord-v6.jpg>

Μηχανές Εσωτερικής Καύσης-ΜΕΚ Εμβολοφόροι

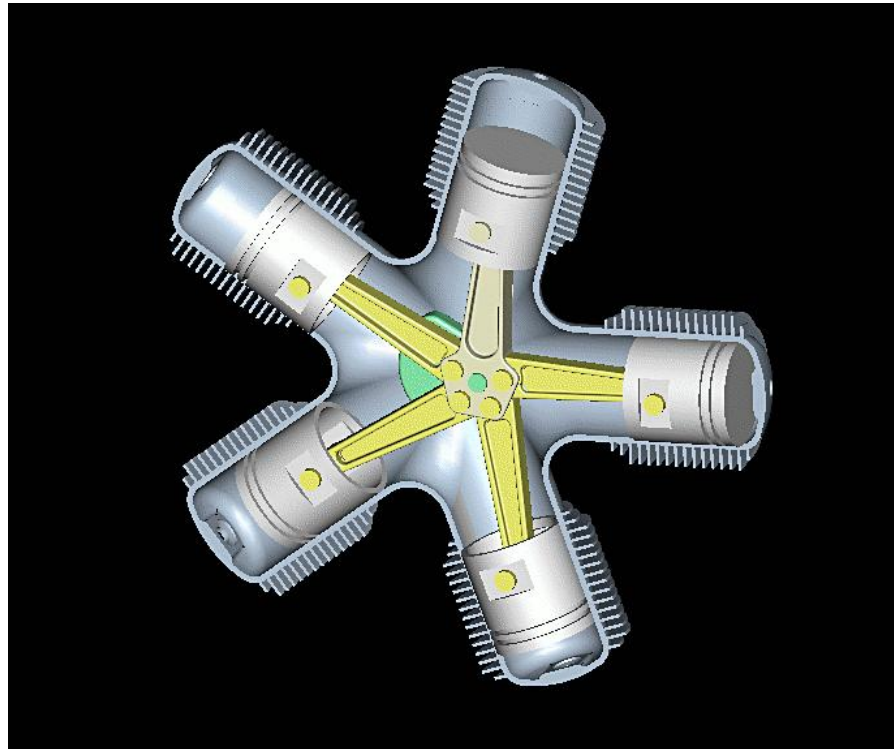
Διάταξη Κυλίνδρων «Επίπεδη» (BOXER): Δύο σειρές κυλίνδρων με περιεχόμενη γωνία 180°



Πηγή: http://blogs.cars.com/photos/uncategorized/2008/08/18/08my_tribeca_motor1.gif

Μηχανές Εσωτερικής Καύσης-ΜΕΚ Εμβολοφόροι

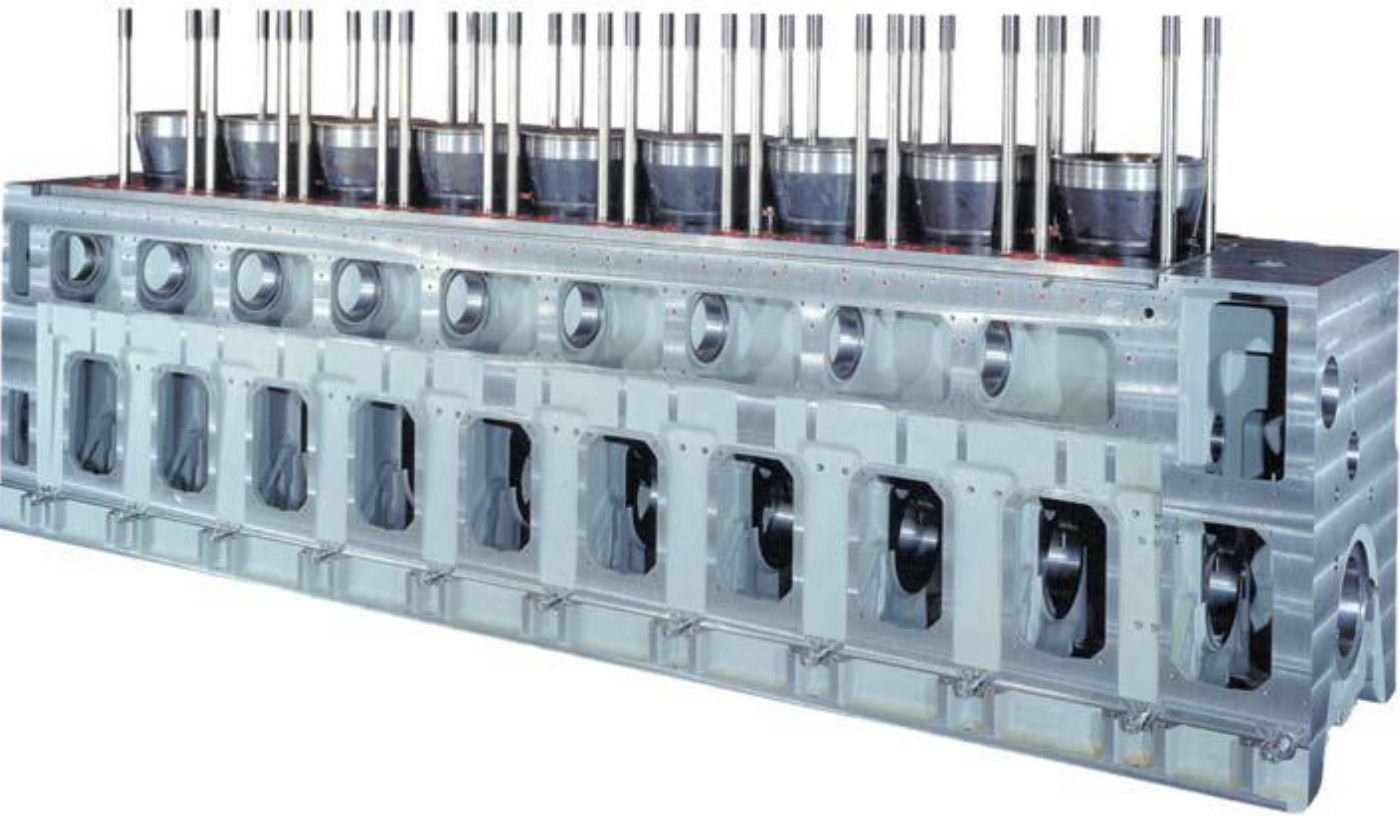
«Αστεροειδής» Διάταξη Κυλίνδρων

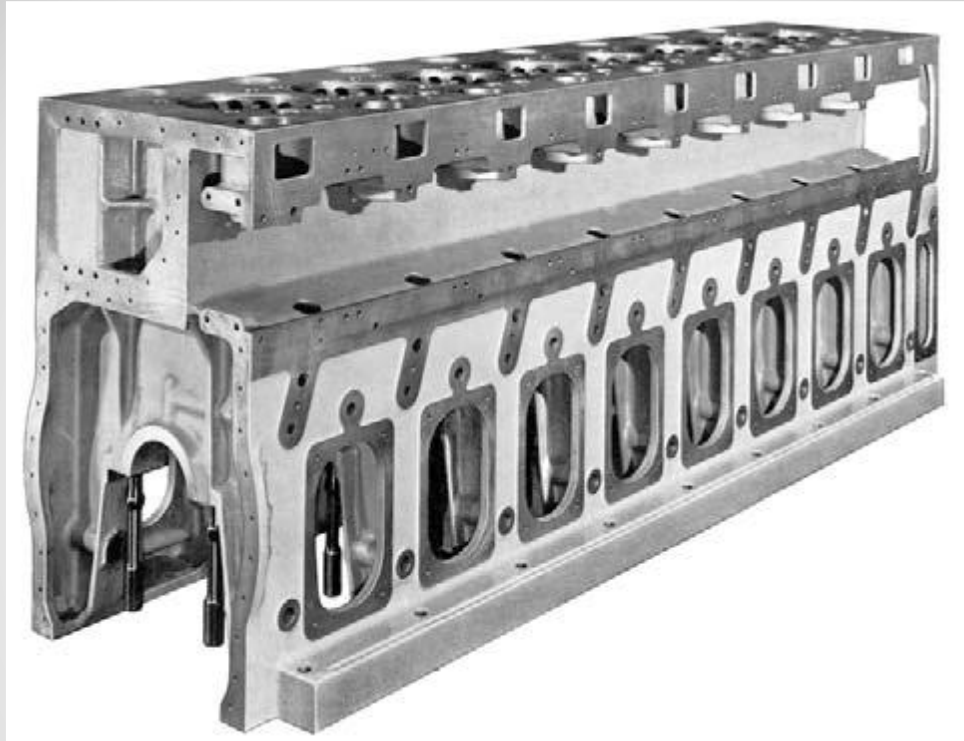


Πηγή: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2e/Radial_engine_large.gif

1. Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Κορμός μηχανής
 - Σκελετός
 - αποτελεί το κύριο τμήμα του κινητήρα πάνω στο οποίο προσαρμόζονται όλα τα βασικά εξαρτήματα της μηχανής
 - σε μικρές μηχανές είναι χυτός από χυτοσίδηρο και αποτελεί ενιαίο σώμα με τους κυλίνδρους
 - σε μεγάλες μηχανές κατασκευάζεται συγκολλητά από χαλύβδινα ελάσματα





Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

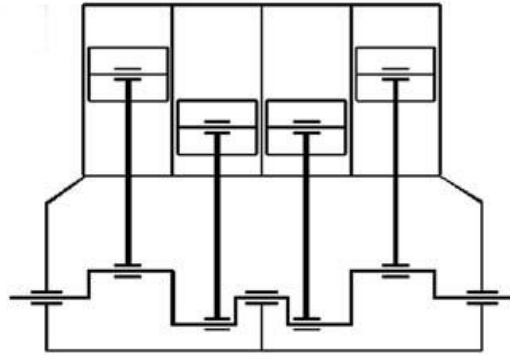
- Κορμός μηχανής

η διάταξη των κυλίνδρων καθορίζει και τη μορφή του σκελετού
διάταξη εν σειρά: οι κύλινδροι τοποθετούνται κατακόρυφα,
διαδοχικά και στο ίδιο επίπεδο

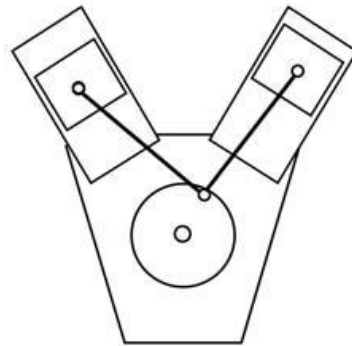
διάταξη τύπου V: οι κύλινδροι τοποθετούνται σε δύο επίπεδα που
σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους και δίνουν στην κατασκευή το
σχήμα του γράμματος V

διάταξη αντιτιθέμενων κυλίνδρων: οι κύλινδροι τοποθετούνται
αντίθετα στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο

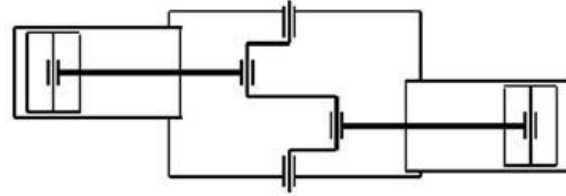
αστεροειδής διάταξη: οι κύλινδροι τοποθετούνται ακτινικά σε ένα
ή περισσότερα επίπεδα, με κέντρο το στροφαλοφόρο άξονα



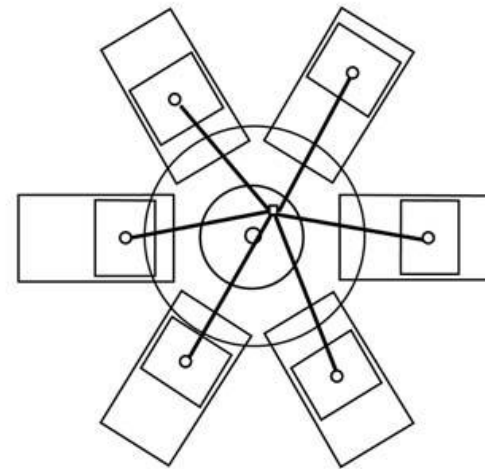
Εν σειρά



Τύπου V

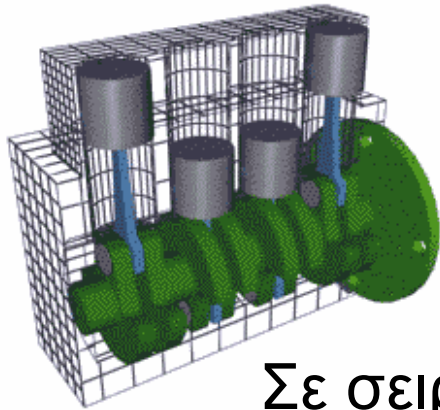


Αντιτιθεμένων κυλίνδρων

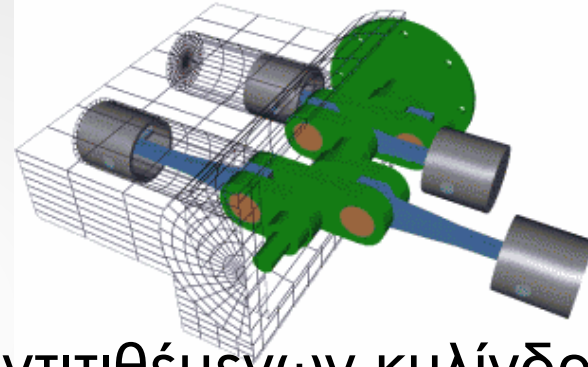


Αστεροειδής

Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα



Σε σειρά



Αντιτιθέμενων κυλίνδρων



Τύπου W STREINCORP



Αστεροειδής

Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Κορμός μηχανής
 - Σώμα κυλίνδρων
 - είναι το δομικό στοιχείο της μηχανής που περικλείει του κυλίνδρους και συνδέεται με το άνω μέρος του σκελετού
 - σε μικρές μηχανές είναι ενιαίο με το σκελετό
 - σε μεγάλες μηχανές περιβάλλει και στηρίζει τα χιτώνια που σχηματίζουν τους κυλίνδρους
 - περιλαμβάνει, εκτός των κυλίνδρων, τους θαλάμους κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου (υδροχιτώνια, υδροθάλαμοι) και τμήμα των αγωγών κυκλοφορίας λαδιού

Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Σώμα Κυλίνδρων

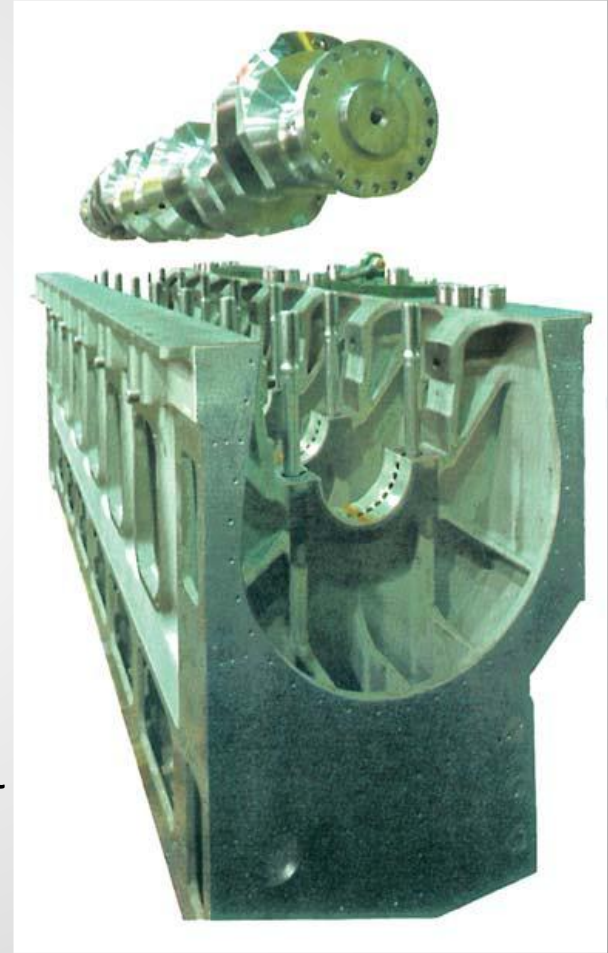
Κατασκευάζονται από:
Ειδικά κράματα
χυτοσιδήρου Χυτοχάλυβα
με άνθρακα, νικέλιοχρώμιο
και μολυβδαίνιο αλλά και
αλουμίνιο!

Για:
Μεγάλη αντοχή
Καλή θερμοαγωγιμότητα



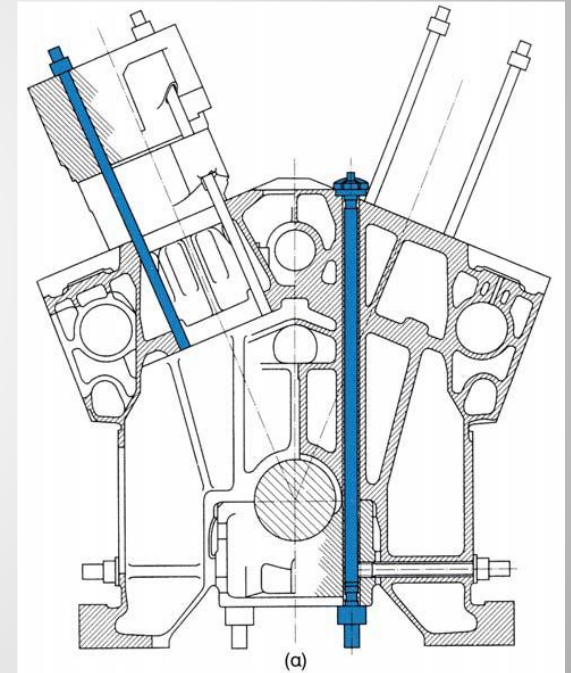
Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Κορμός μηχανής
 - Βάση
 - ως τμήμα εμφανίζεται μόνο στις μεγάλες μηχανές
 - πάνω στη βάση τοποθετείται όλη η μηχανή
 - σε μικρές μηχανές είναι ενιαία με το σώμα
 - σε μεγάλες μηχανές είναι ξεχωριστό τμήμα και στηρίζεται σε δοκούς
 - στο κάτω μέρος είναι κλειστή σχηματίζοντας την ελαιολεκάνη
 - στο εσωτερικό της βάσης σχηματίζεται ένας κλειστός ενιαίος θάλαμος που περικλείει το στροφαλοφόρο άξονα και ονομάζεται στροφαλοθάλαμος



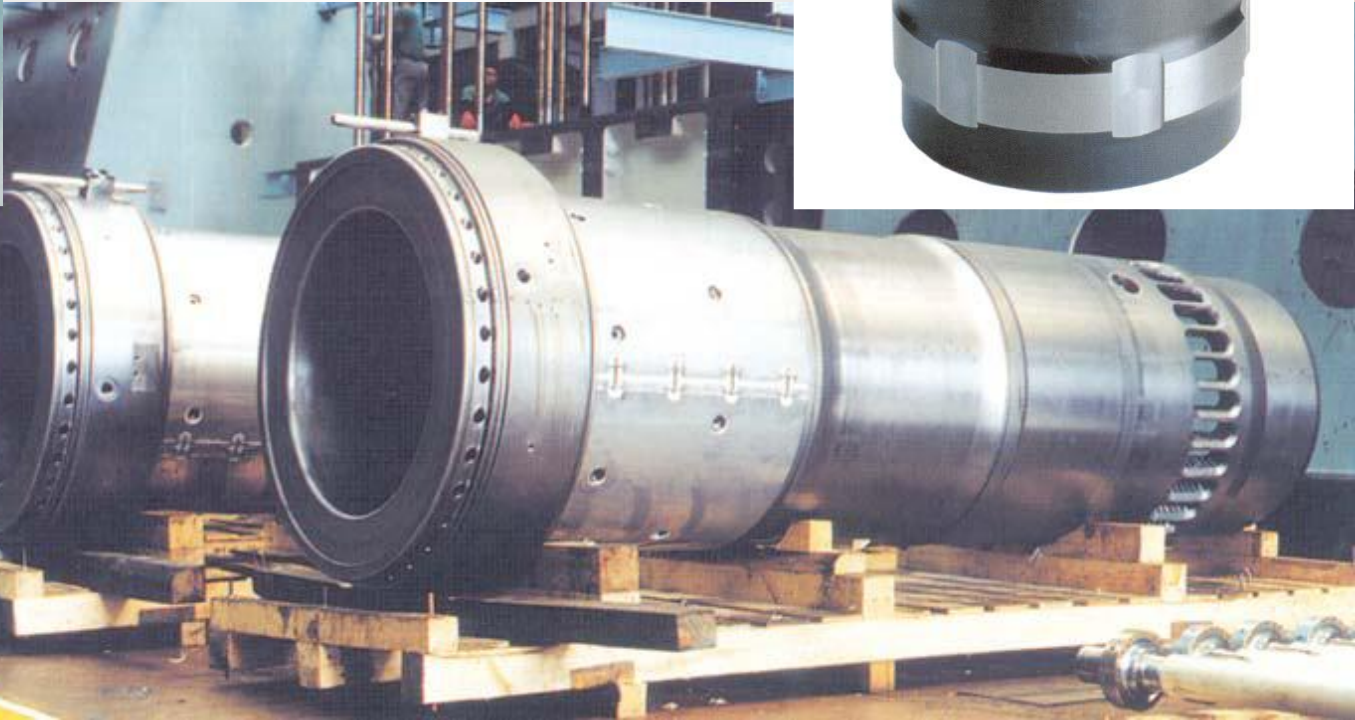
Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Κορμός μηχανής
 - Συνδέτες ή εντατήρες
 - κοχλίες μεγάλου μήκους που συνδέουν το σώμα των κυλίνδρων, το σκελετό και τη βάση
 - είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι ώστε να εξασφαλίζουν ομαλή παραλαβή των τάσεων από την καύση και την παλινδρομική κίνηση των μαζών
 - λόγω των ταλαντώσεων βρίσκονται πάντα υπό ισχυρή σύσφιξη



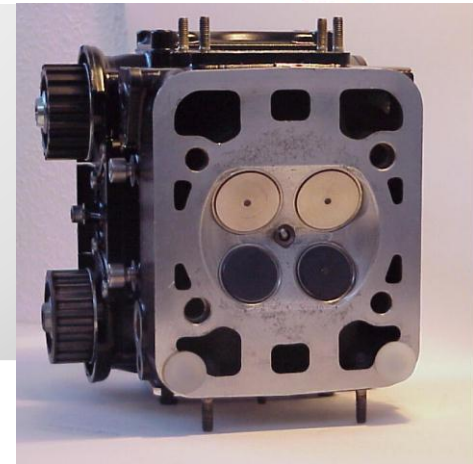
Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Χιτώνια
 - είναι κυλινδρικής διατομής τμήμα εντός του οποίου παλινδρομεί το έμβολο
 - απαντάται μόνο στους πετρελαιοκινητήρες
 - διακρίνονται σε υγρά (υδροχιτώνια) και ξηρά, αναλόγως με το αν έρχονται σε επαφή με το ψυκτικό μέσο
 - το ΑΝΣ συνήθως βρίσκεται στο τέλος του χιτώνιου
 - στις βενζινομηχανές δεν χρησιμοποιούνται χιτώνια και ο κύλινδρος διαμορφώνεται απευθείας πάνω στο σκελετό



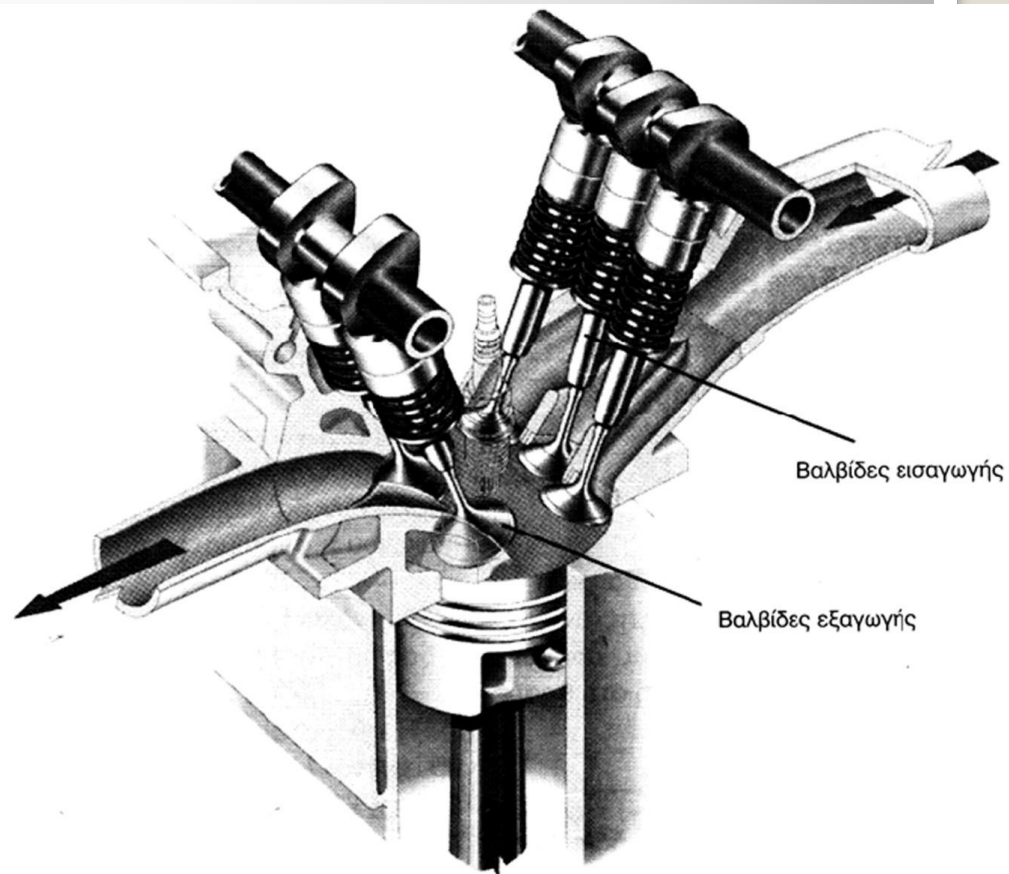
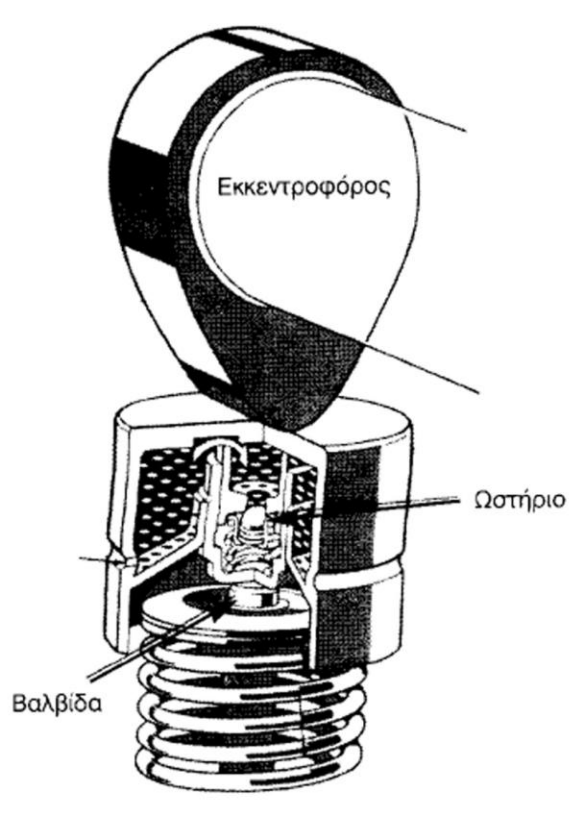
Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Πώμα – κεφαλή κυλίνδρων
 - προσαρμόζεται στο επάνω μέρος των κυλίνδρων, σχηματίζοντας μαζί με τα χιτώνια το χώρο καύσης
 - σε μεγάλες μηχανές μπορεί να είναι ξεχωριστή σε κάθε κύλινδρο
 - σε μικρές μηχανές μπορεί να είναι ενιαία
 - επί της κεφαλής βρίσκονται οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής με τα συστήματα κινήσεώς τους, ο αναφλεκτήρας, τα μπεκ ψεκασμού, ο εκκεντροφόρος άξονας
 - με τους κατάλληλους υδροθάλαμους στο εσωτερικό της κεφαλής επιτυγχάνεται η ψύξη της

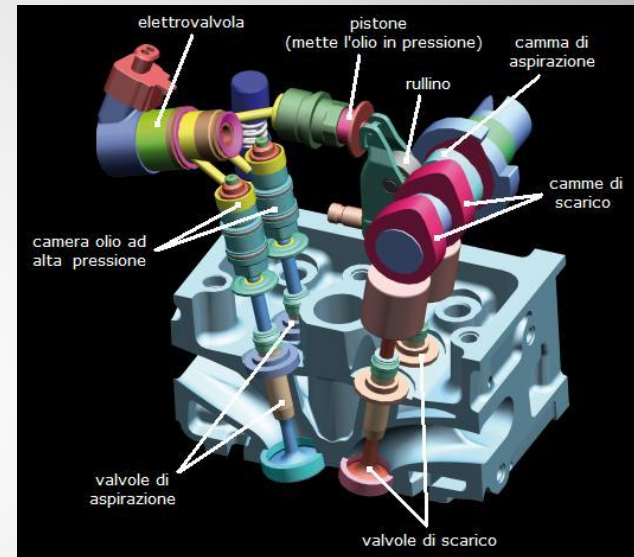
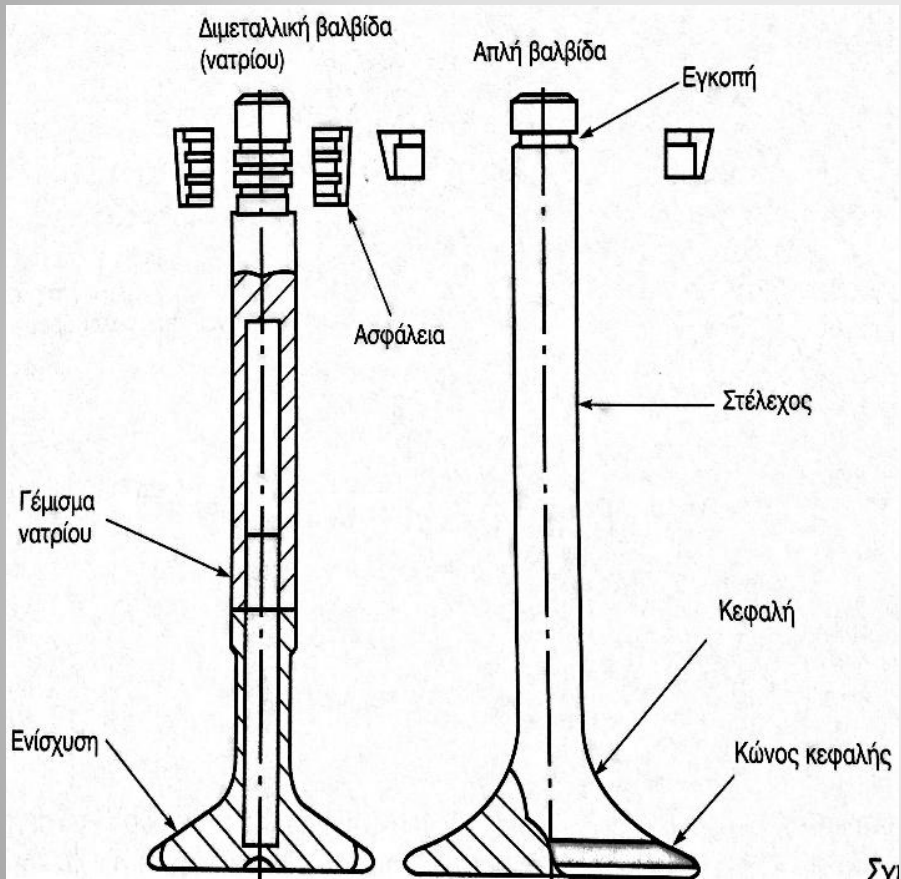


Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Βαλβίδες – μηχανισμοί κίνησης
 - με το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων τις κατάλληλες χρονικές στιγμές ρυθμίζεται η εισαγωγή καυσίμου, αέρα και η εξαγωγή καυσαερίων
 - σε κάθε κύλινδρο 4-Χ ΜΕΚ υπάρχουν τουλάχιστον μία βαλβίδα εισαγωγής και μία εξαγωγής, συνήθως πλέον υπάρχουν περισσότερες
 - κάθε βαλβίδα διακρίνεται στην κεφαλή, στο στέλεχος και στην ουρά

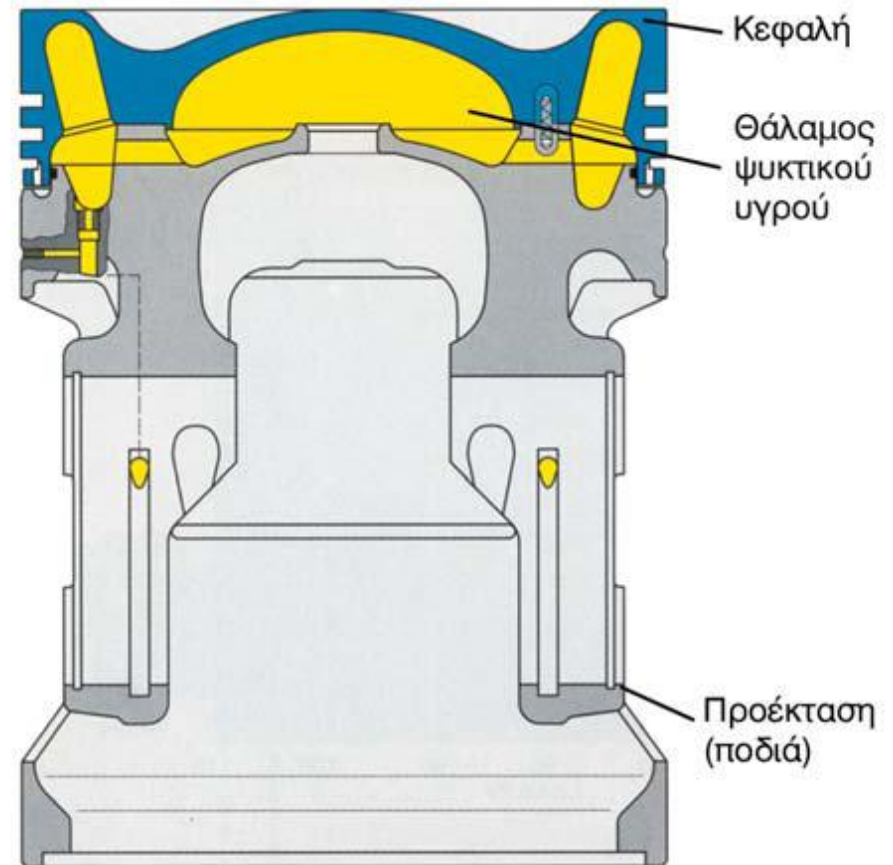


Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα



Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

■ Έμβολο – Ελατήρια εμβόλων



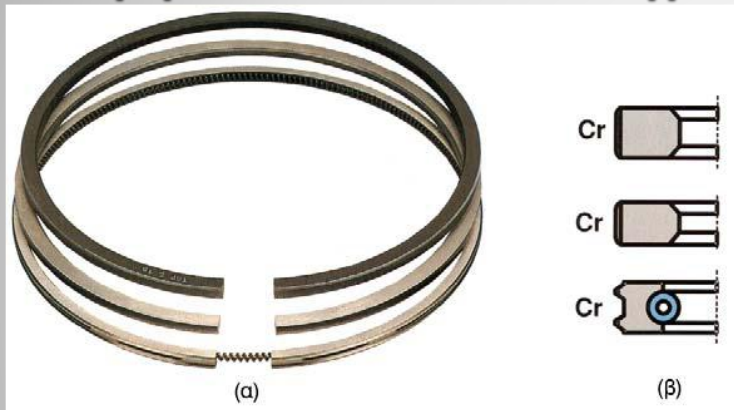
Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

■ Έμβολα – Ελατήρια εμβόλων



Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

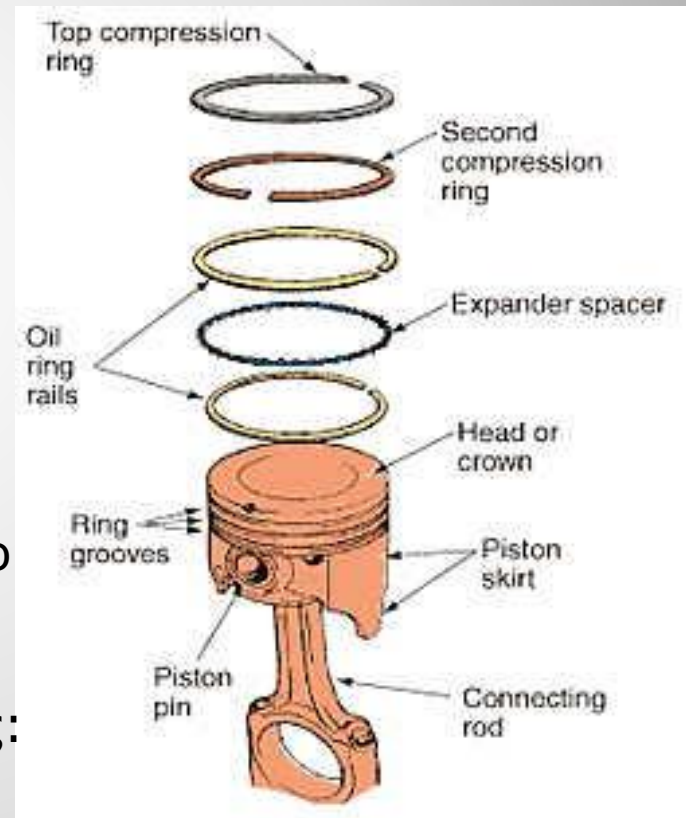
■ Έμβολα – Ελατήρια εμβόλων



Συνήθως κατασκευάζονται από κράματα αλουμινίου πυριτίου. Το πυρίτιο μειώνει τη φθορά και τη θερμοδιαστολή. Το αλουμίνιο έχει μικρότερες αδρανειακές δυνάμεις.

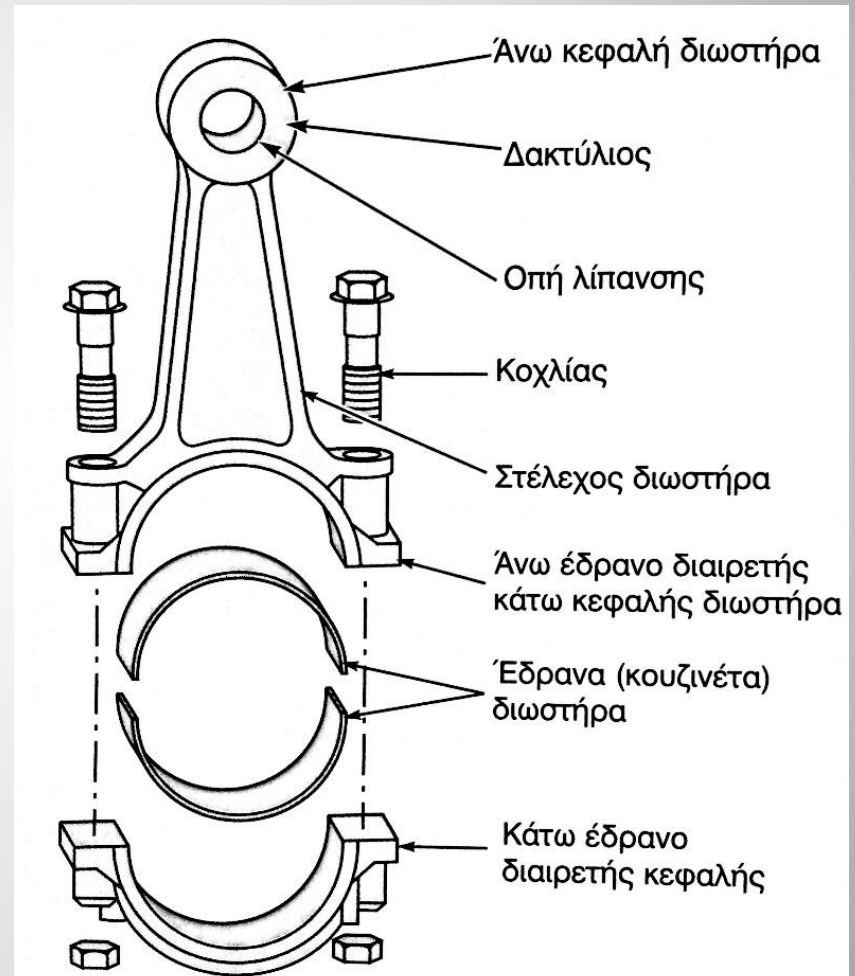
-4X βενζινοκινητήρες: AlSi12CuNi

-2X βενζινοκινητήρες ή πετρελαιοκινητήρες: AlSi18CuNi ή AlSi25CuNi



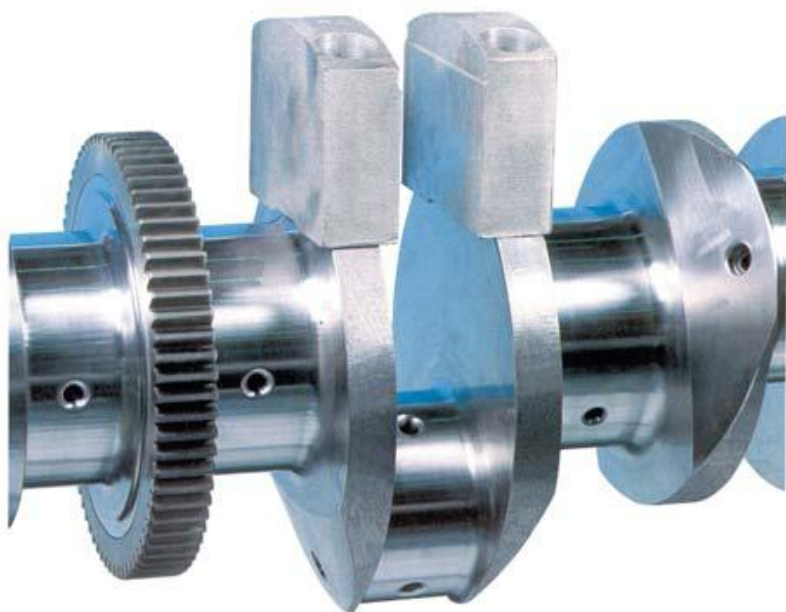
Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

■ Διωστήρας



Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Στροφαλοφόρος άξονας





Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Εκκεντροφόρος άξονας



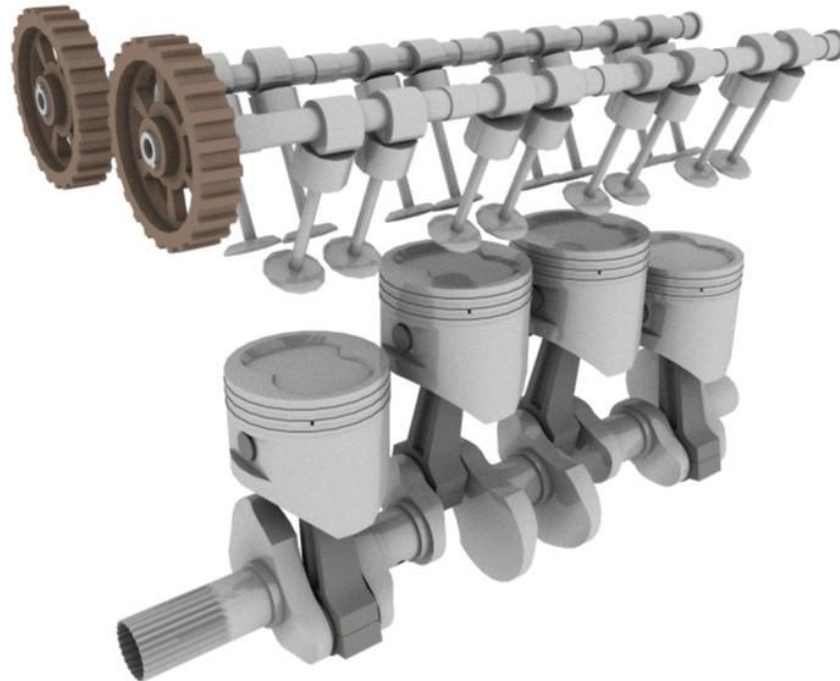
Σχέση μετάδοσης στροφαλοφόρου –
εκκεντροφόρου

2:1 στις 4-Χ ΜΕΚ

1:1 στις 2-Χ ΜΕΚ

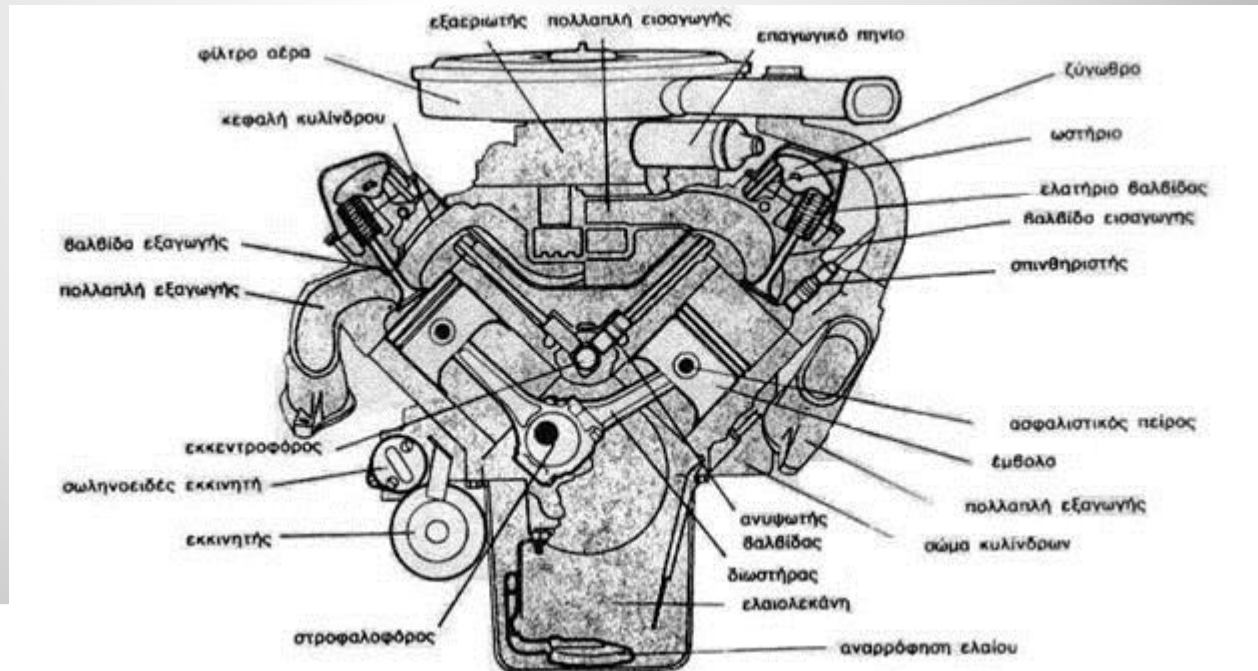
Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

Εξαρτήματα παλινδρόμησης και Διανομής της κίνησης

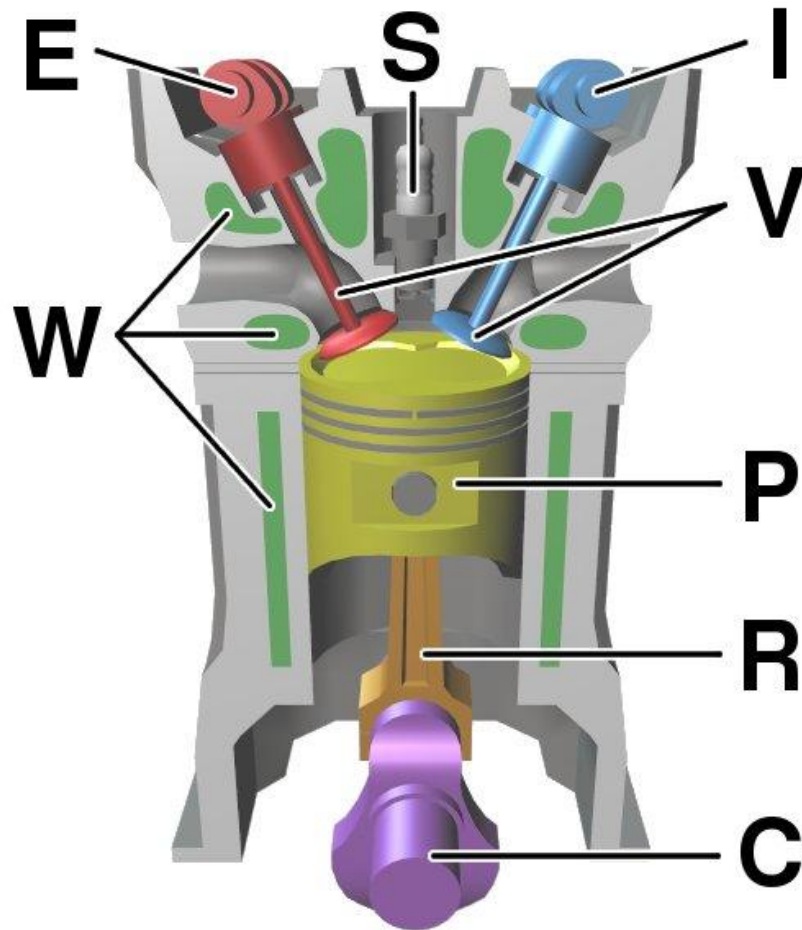


Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα

- Κυλινδροκεφαλή
- Ελαιολεκάνη (κάρτερ)
- Κορμός ή μπλοκ κυλίνδρων
- Στροφαλοφόρος άξονας
- Διωστήρας
- Έμβολο
- Σφόνδυλος
- Βαλβίδες
- Εκκεντροφόρος άξονας



Βασικά μέρη εμβολοφόρου κινητήρα



- C: Στροφαλοφόρος
 - E: Εκκεντροφόρος Εξαγωγής
 - I: Εκκεντροφόρος Εισαγωγής
 - P: Έμβολο (Πιστόνι)
 - R: Διωστήρας (Μπιέλα)
 - S: Σπινθηριστής (Μπουζί)
 - V: Βαλβίδες
- Κόκκινη: εξαγωγής, Μπλε: εισαγωγής
- W: Αγωγοί ψυκτικού

2. Κύκλοι Λειτουργίας κύριων Κινητήριων Μηχανών (εμβολοφόροι)

- Otto

Κύκλος λειτουργίας 4X βενζινοκινητήρων

- Diesel

Κύκλος Λειτουργίας 4X Πετρελαιοκινητήρων

- Μικτός Κύκλος (Seilinger)

Μικτός ιδανικός πρότυπος κύκλος αέρα

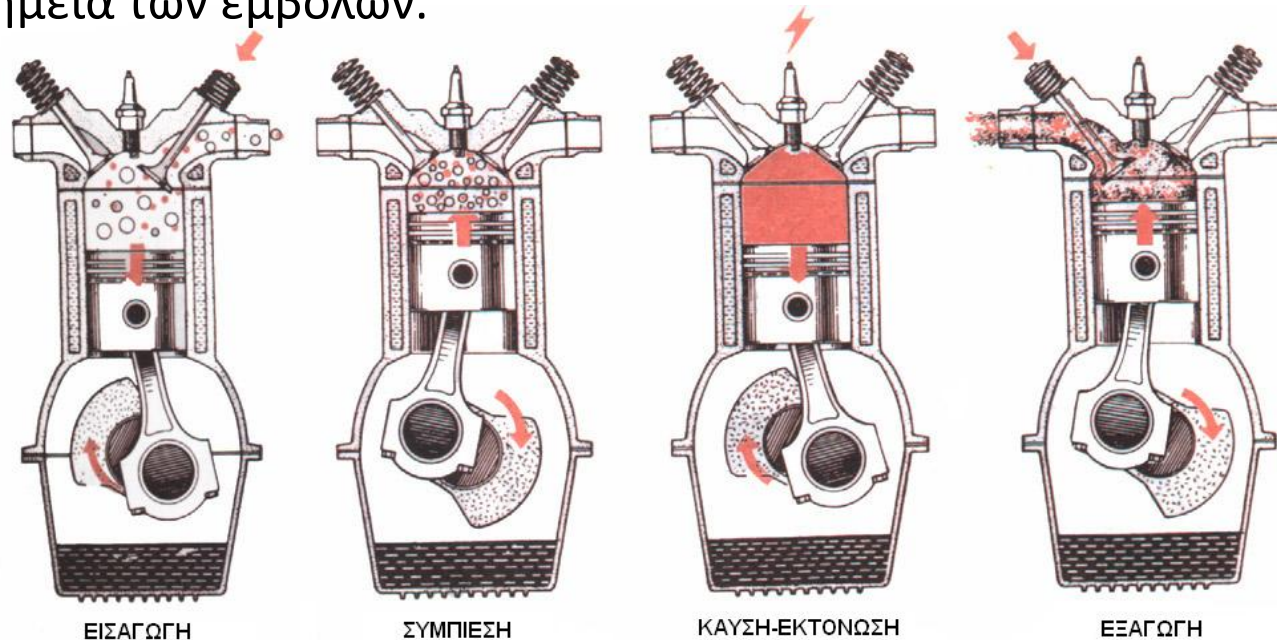
ΚΑΙ

- Attkinson

Θα τον δούμε λόγω της εφαρμογής του από την TOYOTA.

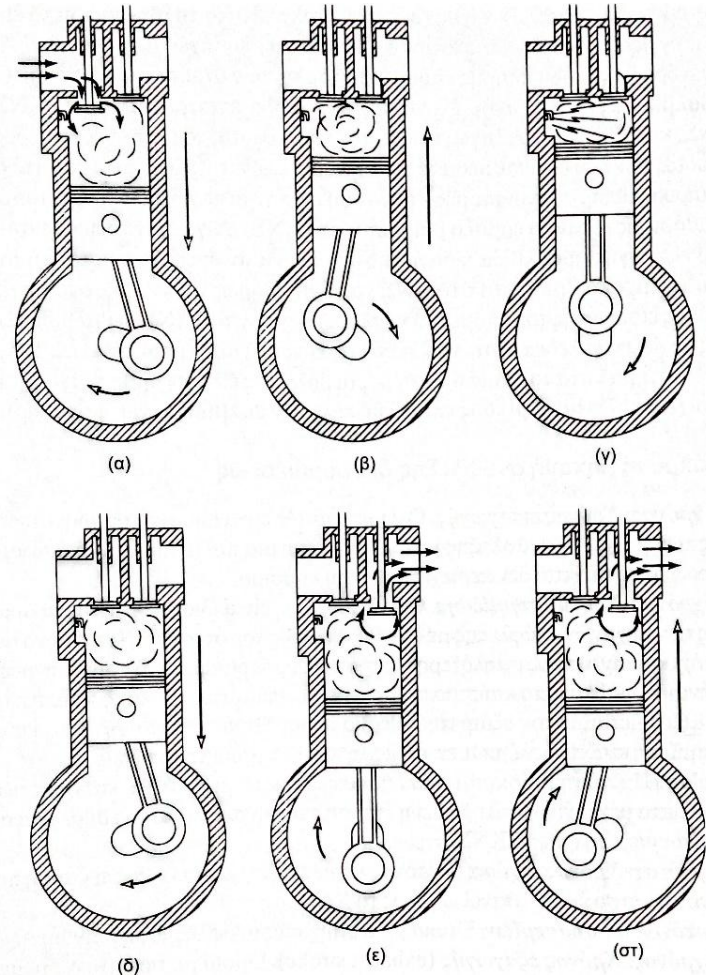
Χρόνοι λειτουργίας 4X ΜΕΚ (με σπινθηριστή)

- Κύκλο λειτουργίας ονομάζουμε το σύνολο των φάσεων και φαινομένων που απαιτούνται ώστε να παράγουν έργο όλοι οι κύλινδροι κάθε 2 στροφές του στροφαλοφόρου.
- Οι φάσεις εναρμονίζονται με τις κινήσεις του εμβόλου, το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων την παροχή του σπινθήρα (στους ΟΤΤΟ) και τα νεκρά σημεία των εμβόλων.

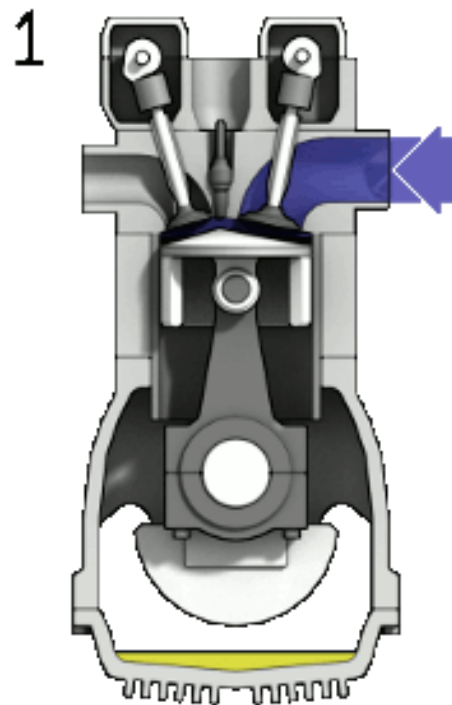


Χρόνοι λειτουργίας 4X ΜΕΚ (με σπινθηριστή)

- 1^{ος} Χρόνος
(α) Εισαγωγή
- 2^{ος} Χρόνος
(β) Συμπύεση,
- 3^{ος} Χρόνος
(γ) Καύση
- (δ) Εκτόνωση,
- (ε) Αποτόνωση,
- 4^{ος} Χρόνος
(στ) Εξαγωγή



Χρόνοι λειτουργίας 4X ΜΕΚ (με σπινθηριστή)



Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Otto)

Αποτελείται από:

6-1: ισόθλιπτη εισαγωγή αέρα (β.εισ. ανοιχτή / β. εξ. κλειστή) (Δεν σχεδιάζεται)

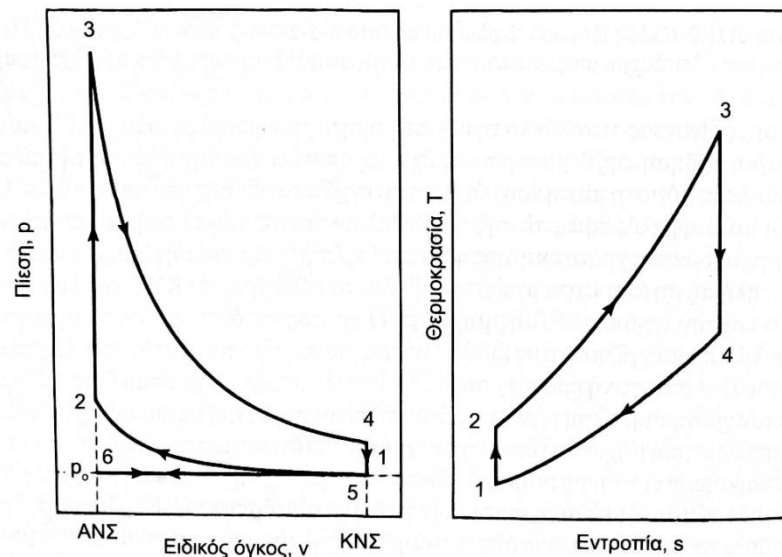
1-2: ισηντροπική συμπίεση (β.εισ. / β. εξ. κλειστές)

2-3: ισόογκη θέρμανση (β.εισ. / β. εξ. κλειστές) (Καύση του Μίγματος)

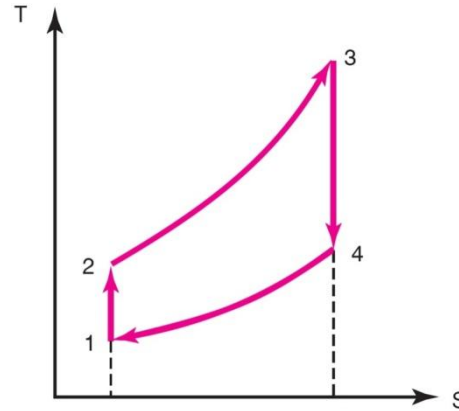
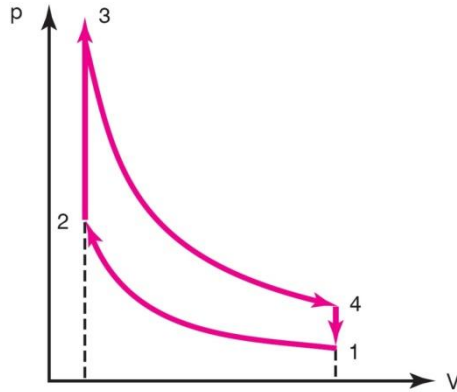
3-4: ισηντροπική εκτόνωση (β.εισ. / β. εξ. κλειστές)

4-5: ισόογκη ψύξη (β.εισ. κλειστή / β. εξ. ανοιχτή) (Αποτόνωση-Πλήρωση Κυλίνδρου)

5-6: ισόθλιπτη εξαγωγή αέρα (β.εισ. κλειστή / β. εξ. ανοιχτή) (Δεν σχεδιάζεται)



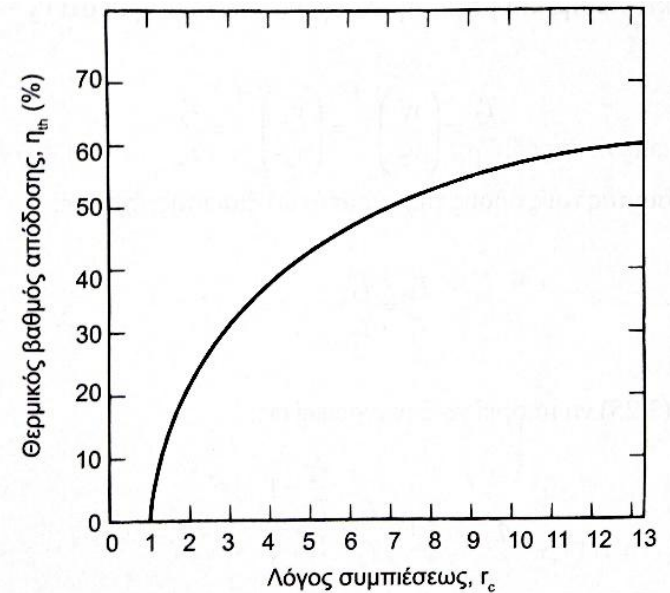
Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Otto)



Λόγος Συμπίεσης: $\epsilon = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_4}{V_3}$

Η αύξηση του λόγου συμπίεσης αυξάνει τον βαθμό απόδοσης

$$\eta_o = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\gamma-1}}$$



Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Diesel)

Αποτελείται από:

6-1: ισόθλιπτη εισαγωγή αέρα (β.εισ. ανοιχτή / β. εξ. κλειστή)

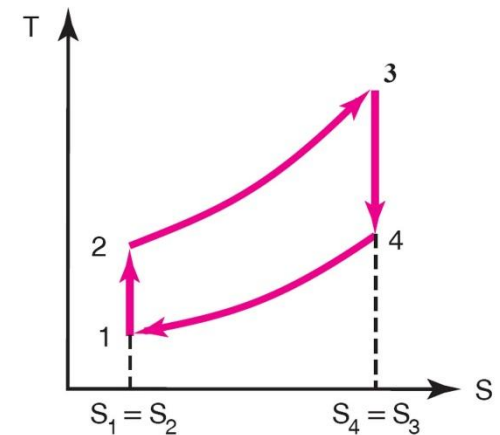
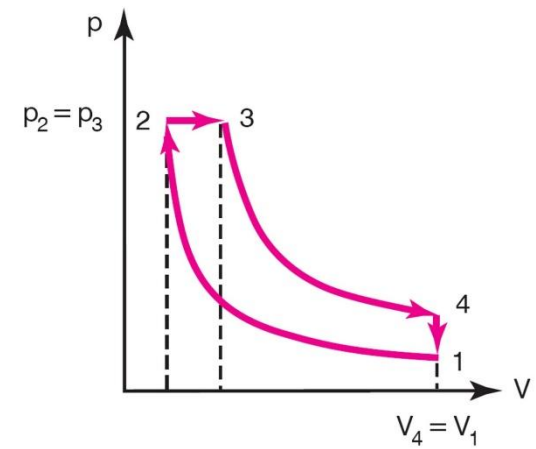
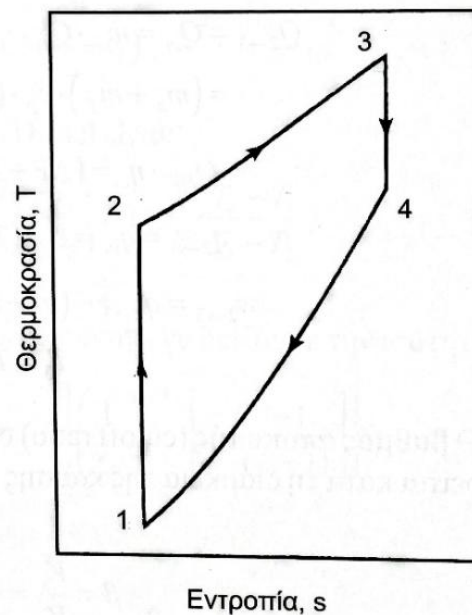
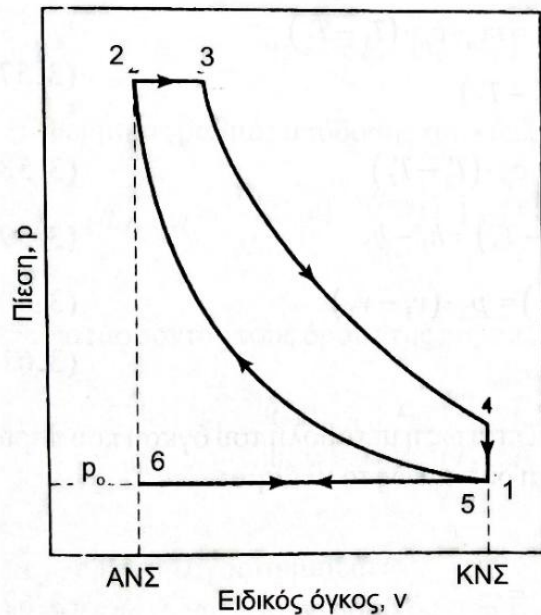
1-2: ισηντροπική συμπίεση (β.εισ. / β. εξ. κλειστές)

2-3: ισόθλιπτη θέρμανση (β.εισ. / β. εξ. κλειστές)

3-4: ισηντροπική εκτόνωση (β.εισ. / β. εξ. κλειστές)

4-5: ισόογκη ψύξη (β.εισ. κλειστή / β. εξ. ανοιχτή)

5-6: ισόθλιπτη εξάτμιση (β.εισ. κλειστή / β. εξ. ανοιχτή)



Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Diesel)

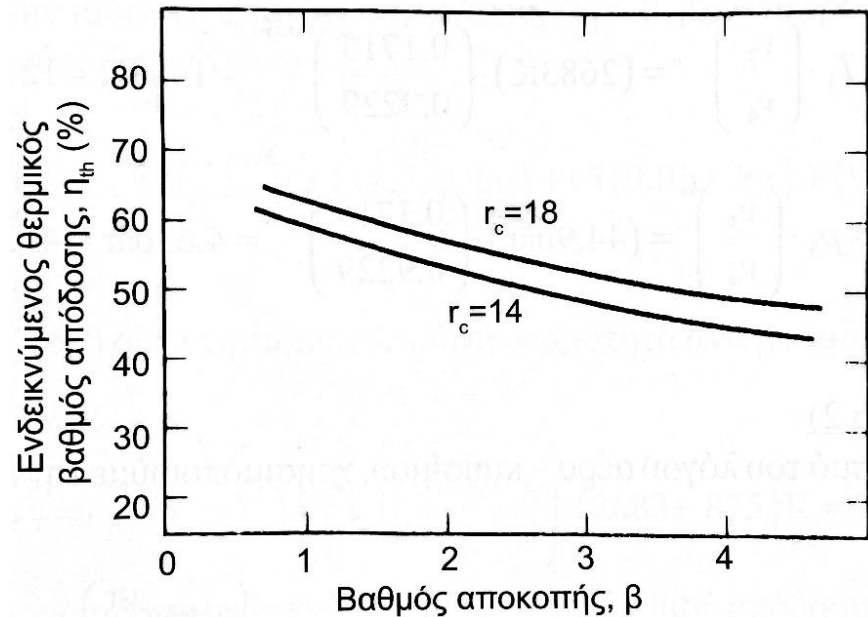
Λόγος συμπίεσης: $r_c = V_1/V_2$

Ισεντροπικό εκθέτη: $\gamma = c_p/c_v$

Βαθμό αποκοπής: $\beta = V_3/V_2$

Βαθμός Απόδοσης:

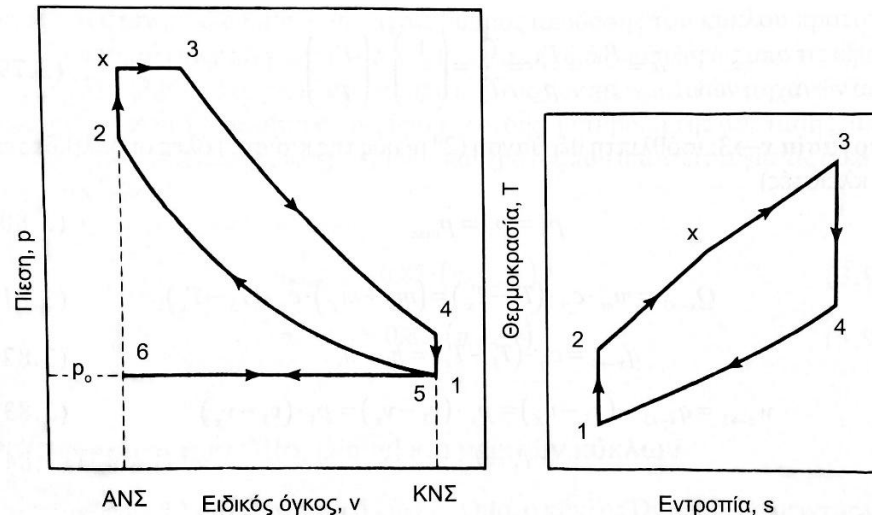
$$\eta_D = 1 - \frac{\beta^\gamma - 1}{r_c^{\gamma-1} \cdot \gamma \cdot (\beta - 1)}$$



Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Μικτός ή Seilinger)

Περιγράφει την λειτουργία τόσο του κινητήρα Otto όσο και του κινητήρα Diesel

- 1→2: ισεντροπική συμπίεση αέρα
- 2→x: πρόσδοση θερμότητας υπό σταθερό όγκο
- x→3: πρόσδοση θερμότητας υπό σταθερή πίεση
- 3→4: ισεντροπική εκτόνωση αέρα
- 4→1: αποβολή θερμότητας υπό σταθερό όγκο.



Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Μικτός ή Seilinger)

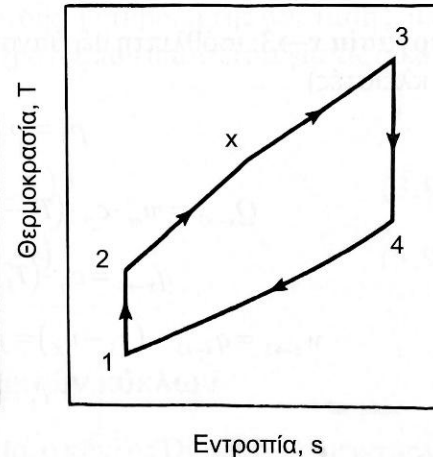
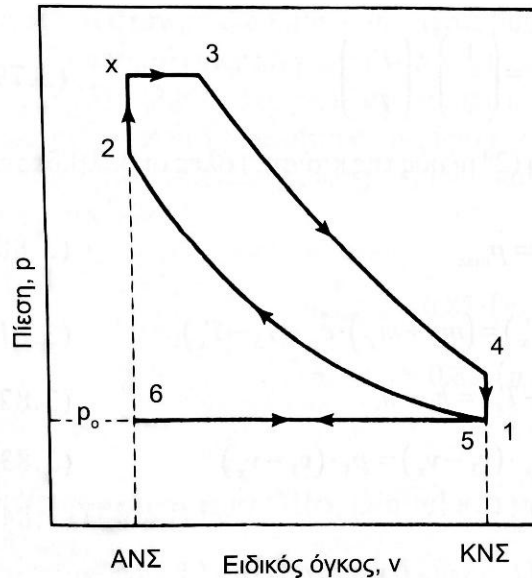
Λόγο συμπίεσης: $r_c = V_1/V_2$

Ισεντροπικό εκθέτη: $\gamma = c_p/c_v$

Βαθμό αποκοπής: $\beta = V_3/V_2$

Λόγο πιέσεων: $\alpha = P_3/P_2$

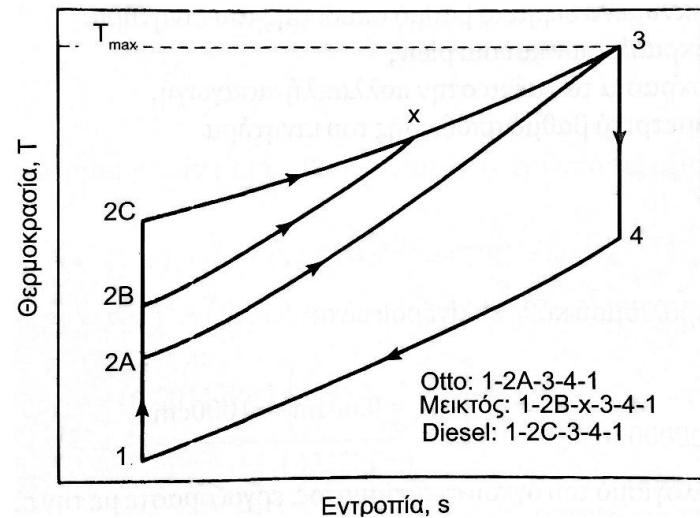
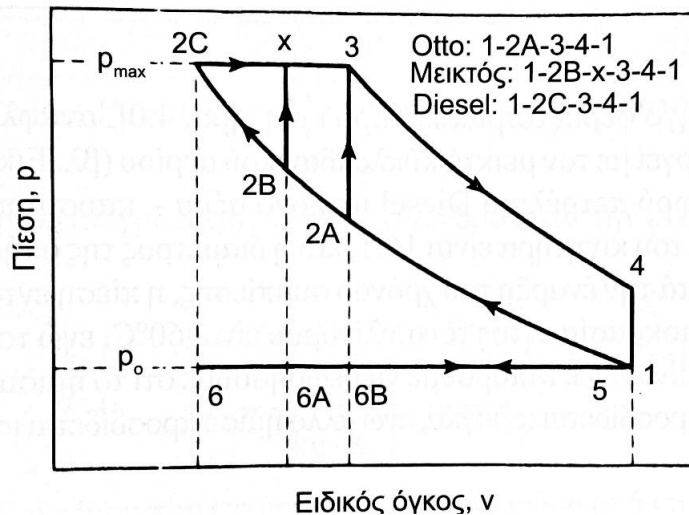
$$\eta_s = 1 - \frac{1}{r_c^{\gamma-1}} \frac{\alpha \cdot \beta^\gamma - 1}{\alpha - 1 + \gamma \cdot \alpha \cdot (\beta - 1)}$$



Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Σύγκριση)

- Έστω ότι και οι τρεις κύκλοι λειτουργούσαν με τις ίδιες συνθήκες εισαγωγής στον κύλινδρο και τις ίδιες μέγιστες τιμές σε θερμοκρασία και πίεση.
- Το εμβαδό που καταλαμβάνεται από το κύκλο Diesel είναι μεγαλύτερο σε ένα διάγραμμα $p-v$.
- Στον κύκλο Diesel η μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του κύκλου είναι μεγαλύτερη από τους υπόλοιπους δύο κύκλους.

$$\eta_D > \eta_S > \eta_O$$



Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Σύγκριση)

- Ο μικτός πρότυπος κύκλος αέρα περιλαμβάνει πρόσδοση θερμότητας και ισόογκα και ισόθλιπα.
- Περιγράφει καλύτερα τους κινητήρες Otto και Diesel, ανάλογα με τα ποσοστά ισόχωρης και ισόθλιπτης καύσης.
- Αν στις προηγούμενες σχέσεις θέσουμε $\beta=1$, τότε παίρνουμε την περίπτωση του κύκλου Otto. Αν θέσουμε $\alpha=1$, τότε παίρνουμε την περίπτωση του κύκλου Diesel.

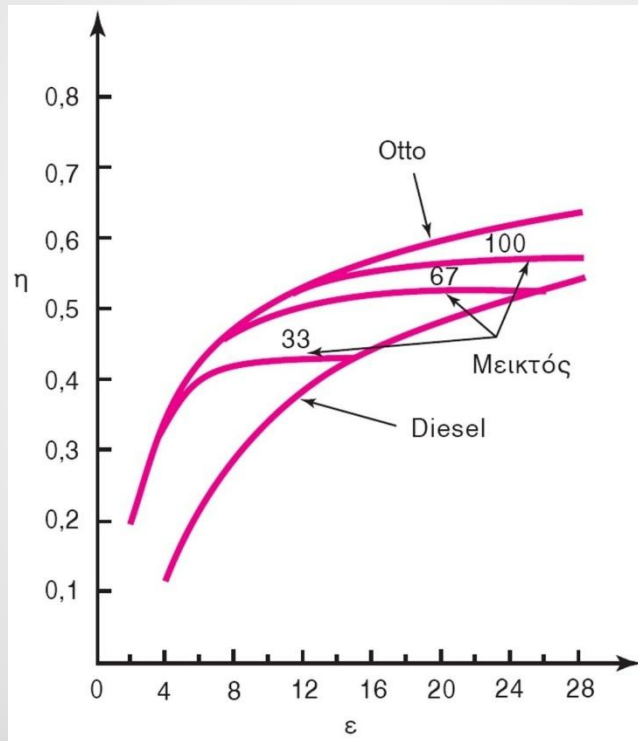
Βαθμός συμπίεσης και απόδοση κινητήρα

- Στις Μ.Ε.Κ. η αύξηση του βαθμού συμπίεσης οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης του κινητήρα, μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας του μίγματος.
- Η αύξηση του βαθμού συμπίεσης περιορίζεται:
 - στους κινητήρες Diesel από τα όρια αντοχής των μετάλλων, από τις απώλειες θερμότητας και από την αύξηση των τριβών σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες
 - στους κινητήρες Otto από την αυτανάφλεξη του καυσίμου (κρουστική καύση).

Βαθμός συμπίεσης και απόδοση κινητήρα

- Ο βαθμός συμπίεσης στους κινητήρες Otto είναι χαμηλότερος από ότι στους κινητήρες Diesel
- Ενώ για τον ίδιο βαθμό συμπίεσης, οι κινητήρες Otto έχουν καλύτερη απόδοση από τους κινητήρες Diesel, η επίτευξη υψηλότερων βαθμών συμπίεσης με τους κινητήρες Diesel, οδηγεί σε μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης.

Βαθμός συμπίεσης και απόδοση κινητήρα



Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Σύγκριση)

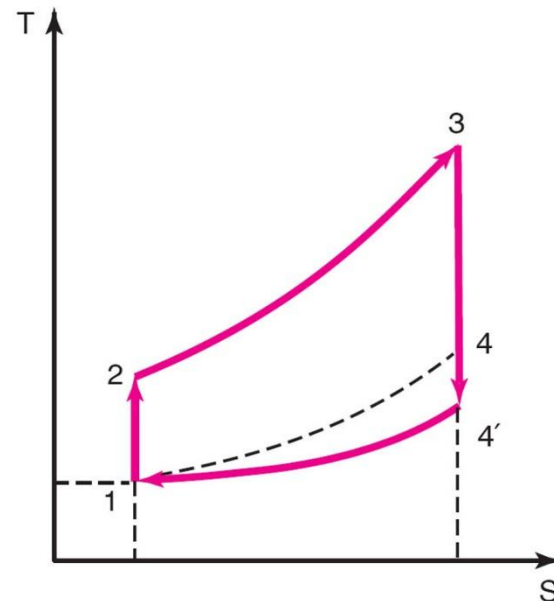
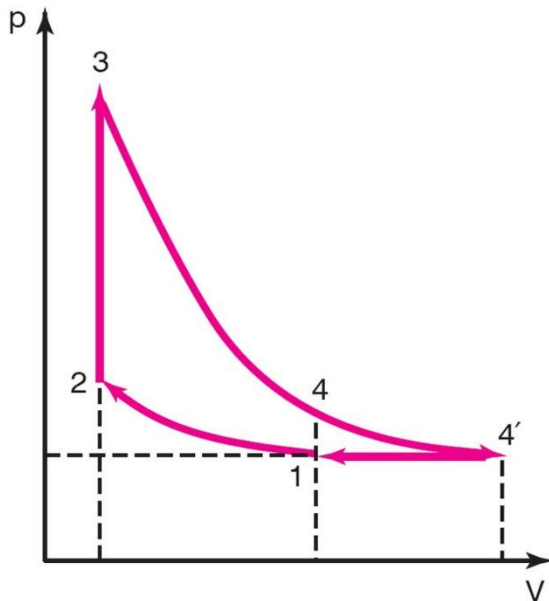
- Οι βενζινοκινητήρες καίνε βενζίνη ενώ οι πετρελαιοκινητήρες πετρέλαιο
- Οι βενζινοκινητήρες λειτουργούν με βάση τον κύκλο Otto ενώ οι πετρελαιοκινητήρες με βάση τον κύκλο Diesel
- Μικρότερη σχέση συμπίεσης στους βενζινοκινητήρες (από 8:1 έως 12:1) από ότι στους πετρελαιοκινητήρες (από 18:1 έως 24:1)
- Υψηλή σχέση συμπίεσης στους πετρελαιοκινητήρες δίνει υψηλότερο πραγματικό βαθμό απόδοσης (38% έως 42%) σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες (26% έως 32%)
- Υψηλότερη πίεσης στους πετρελαιοκινητήρες (μεταξύ 55-75 atm) σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες (μεταξύ 35-45 atm)

Θερμοδυναμικοί Κύκλοι (Σύγκριση)

- Υψηλότερες θερμοκρασίες για τους πετρελαιοκινητήρες (600°C στο τέλος της συμπίεσης και 2000 °C κατά τη καύση) σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες (300 °C στο τέλος της συμπίεσης και 1500 °C κατά την καύση)
- Οι πετρελαιοκινητήρες έχουν μεγαλύτερο βάρος ανά μονάδα ισχύος, είναι περισσότερο ογκώδεις μηχανές και για το λόγο αυτό έχουν μεγαλύτερο κόστος αγοράς
- Οι βενζινοκινητήρες έχουν ηλεκτρικό σύστημα ανάφλεξης (μπουζί, διανομέας πολλαπλασιαστής) ενώ στους πετρελαιοκινητήρες γίνεται αυτανάφλεξη του μίγματος λόγω αυξημένης πίεσης και θερμοκρασίας

Κύκλος Atkinson

- Η εκτόνωση μέχρι αρχικής πίεσεως θα έδινε πρόσθετο έργο.
- Ο κύκλος αυτός ονομάζεται κύκλος Atkinson.



Κύκλος Atkinson

- Η υλοποίηση του κύκλου Atkinson προϋποθέτει:
 - μεταβλητή διαδρομή εμβόλου κατά τη συμπίεση και εκτόνωση
 - αύξηση κόστους και πολυπλοκότητας μηχανής
- Επιπλέον, η αύξηση του μήκους της διαδρομής κατά την εκτόνωση προκαλεί:
 - αύξηση των απωλειών μηχανικής ισχύος λόγω τριβών
 - μείωση της συγκέντρωσης της παραγόμενης ισχύος.
- Η εκτόνωση των καυσαερίων μέχρι πιέσεως p_1 , επιτυγχάνεται μέσω της υπερπλήρωσης.

Όγκος Κυλίνδρου

- Ο όγκος του κυλίνδρου V υπολογίζεται σε κυβικά εκατοστά (cm^3) ως εξής:

$$V = (\pi d^2/4)S$$

Όπου:

d είναι η διάμετρος του κυλίνδρου

S είναι η διαδρομή του εμβόλου

Σχέση Συμπύεσης

- Η σχέση συμπίεσης ε υπολογίζεται ως εξής:

$$\varepsilon = (V_h + V_c)/V_c$$

Όπου:

V_h είναι ο όγκος του κυλίνδρου

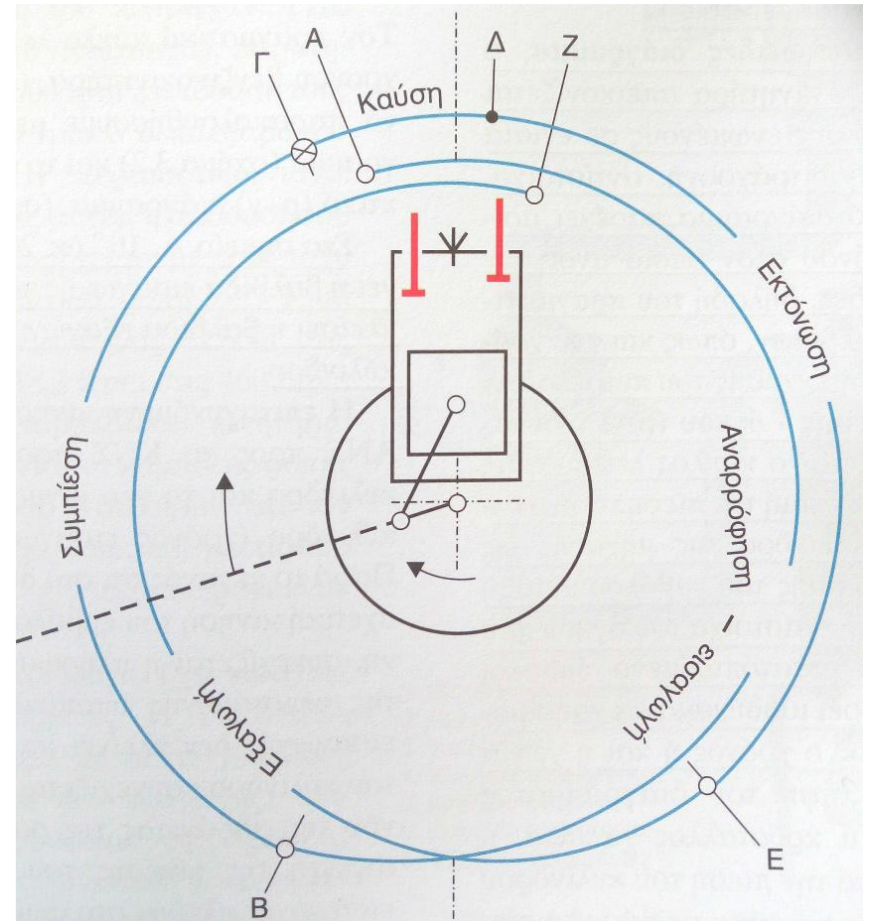
V_c είναι ο όγκος του θαλάμου καύσης

Διαγράμματα περιγραφής λειτουργίας ΜΕΚ

Κυκλικό ή σπειροειδές:

Ο κύκλος λειτουργίας παριστάνεται με ένα ή δύο κύκλους σε μορφή σπείρας.

Παρέχει άριστη εποπτεία των λειτουργιών του κινητήρα (ανοίγμα-κλείσιμο βαλβίδων, δημιουργία σπινθήρα, κ.ά.)

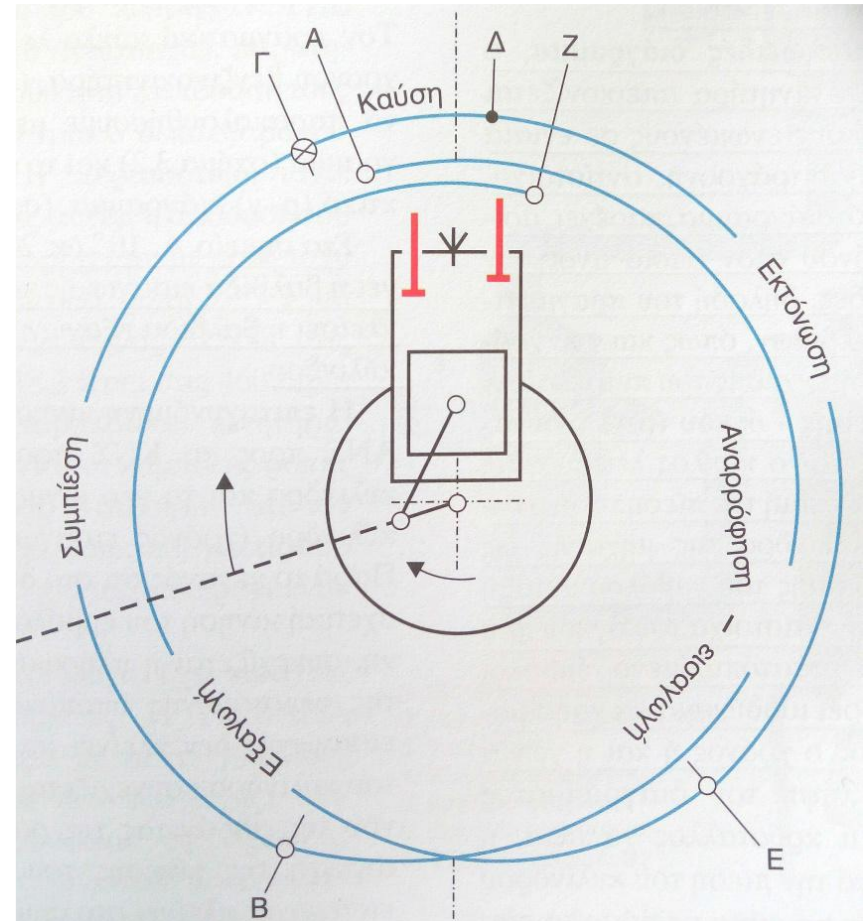


Διαγράμματα περιγραφής λειτουργίας ΜΕΚ

Κυκλικό ή σπειροειδές:

Στο σημείο Α (10^ομε 15^οπριν το ΑΝΣ) ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής. Η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει περίπου στις 40^ο μετά το ΚΝΣ. Ο λόγος είναι ότι λόγω αδράνειας, το μίγμα εξακολουθεί να εισέρχεται στον κύλινδρο. Στο σημείο Β όμως η βαλβίδα κλείνει όταν η πίεση στον κύλινδρο φτάσει την ατμοσφαιρική.

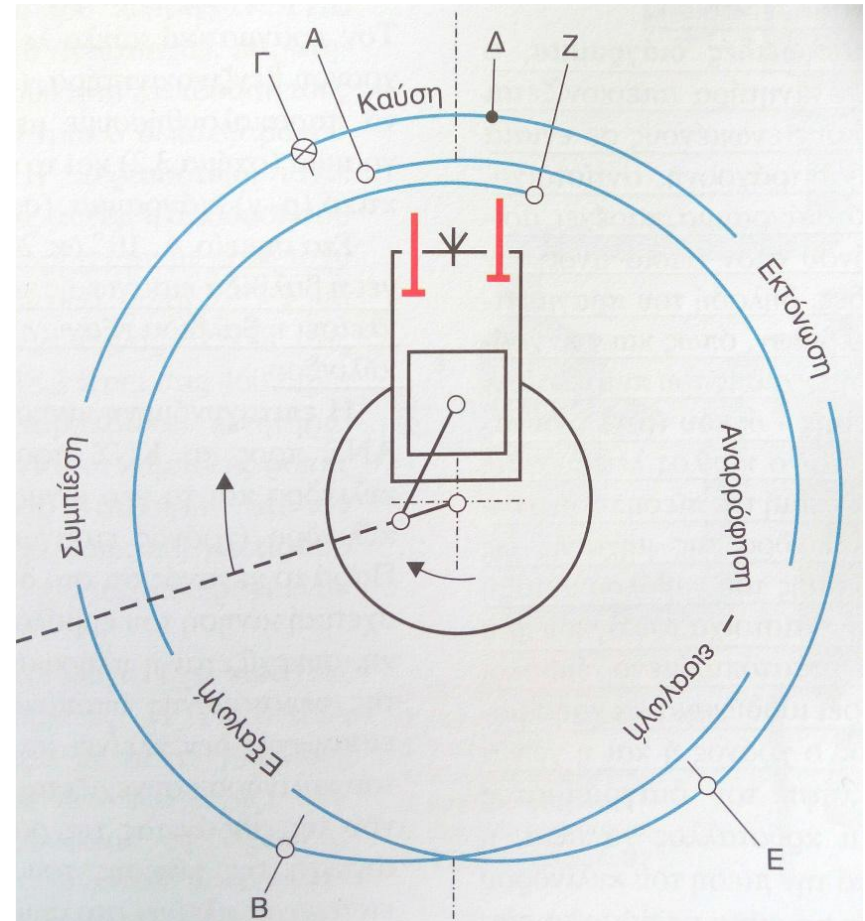
Από το σημείο Β που κλείνει η εισαγωγή αρχίζει η συμπίεση. Η ανάφλεξη λαμβάνει χώρα στο σημείο Γ από 0^ο έως 30^ο πριν το ΑΝΣ και μέχρι το σημείο Δ. Αυτό συμβαίνει διότι η καύση δεν γίνεται ακαριαία.



Διαγράμματα περιγραφής λειτουργίας ΜΕΚ

Κυκλικό ή σπειροειδές:

Από το σημείο Δ και μετά παράγεται το ωφέλιμο έργο και στο σημείο Ε (30° με 50° πριν το ΚΝΣ) ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής. Αυτό συμβαίνει διότι αν η βαλβίδα άνοιγε στο ΚΝΣ το έμβολο θα συναντούσε ισχυρή αντίσταση από την αντίθλιψη των καυσαερίων. Με τον τρόπο λοιπόν αυτό γίνεται μία ελεύθερη εξαγωγή μέχρι το ΚΝΣ του εμβόλου όπου η υπερπίεση στο σημείο αυτό έχει πέσει περίπου στην μισή ατμόσφαιρα, επιτρέποντας την εύκολη εξαγωγή τους κατά την κίνηση του εμβόλου από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ.

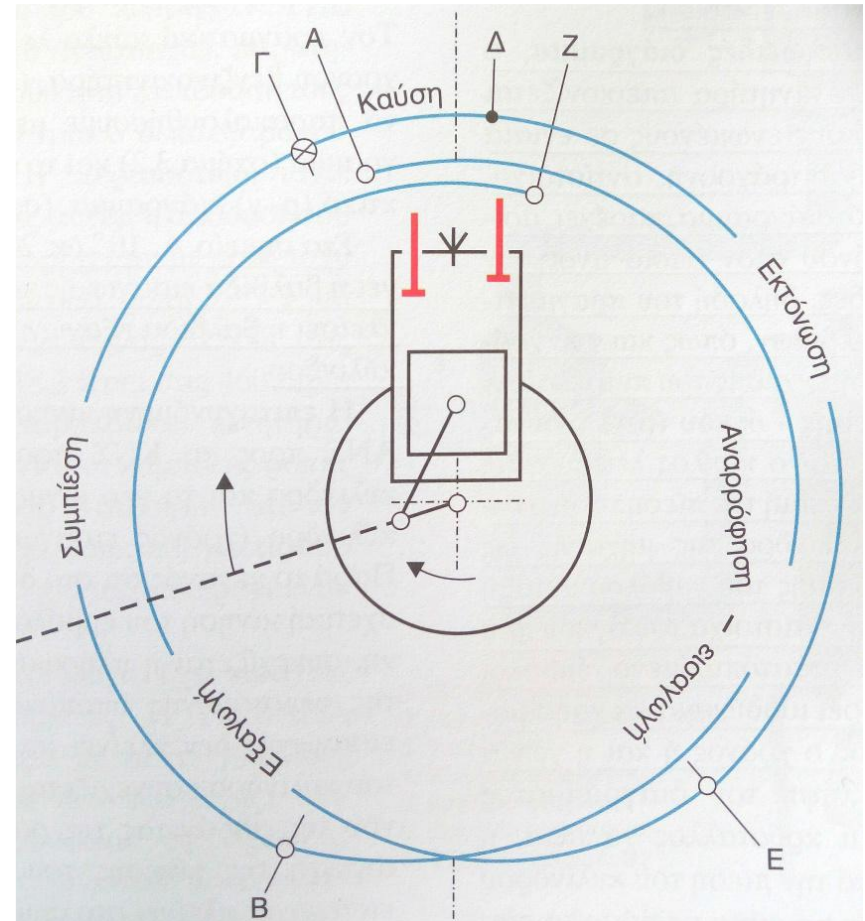


Διαγράμματα περιγραφής λειτουργίας ΜΕΚ

Κυκλικό ή σπειροειδές:

Η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει στο σημείο Z (0° με 20° μετά το ΑΝΣ) και ενώ η αντίστοιχη της εισαγωγής έχει ήδη ανοίξει.

ΑΠΟΠΛΥΣΗ: Και οι δύο βαλβίδες είναι ανοιχτές αναγκάζοντας το καυσαέριο να αδειάζει τον κύλινδρο λόγω της εισαγωγής νέου μίγματος. Η αντίστοιχη γωνία στροφάλου κατά την οποία συμβαίνει αυτό ονομάζεται **γωνία επικάλυψης**

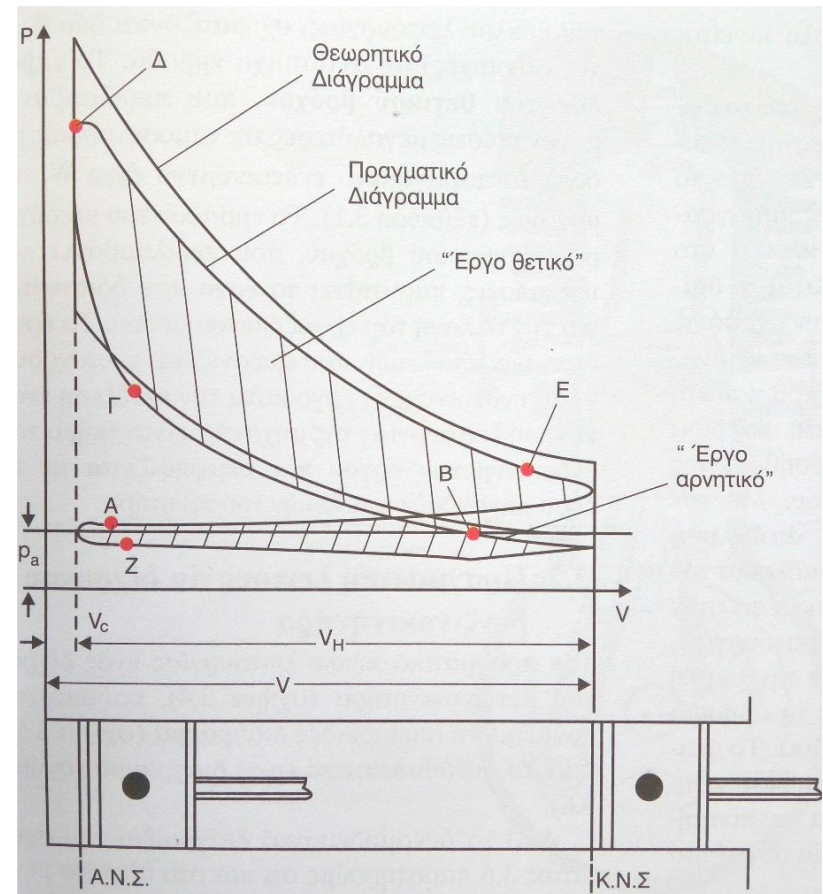


Διαγράμματα περιγραφής λειτουργίας ΜΕΚ

Διάγραμμα πίεσης-όγκου ή δυναμοδεικτικό:

Απεικονίζει τον κύκλο λειτουργίας της μηχανής παριστάνοντας την αναπτυσσόμενη πίεση στον κύλινδρο συναρτήσει του όγκου στον Κύλινδρο.

Ισοδύναμα αντί του όγκου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο χρόνος ή η γωνία στροφάλου.



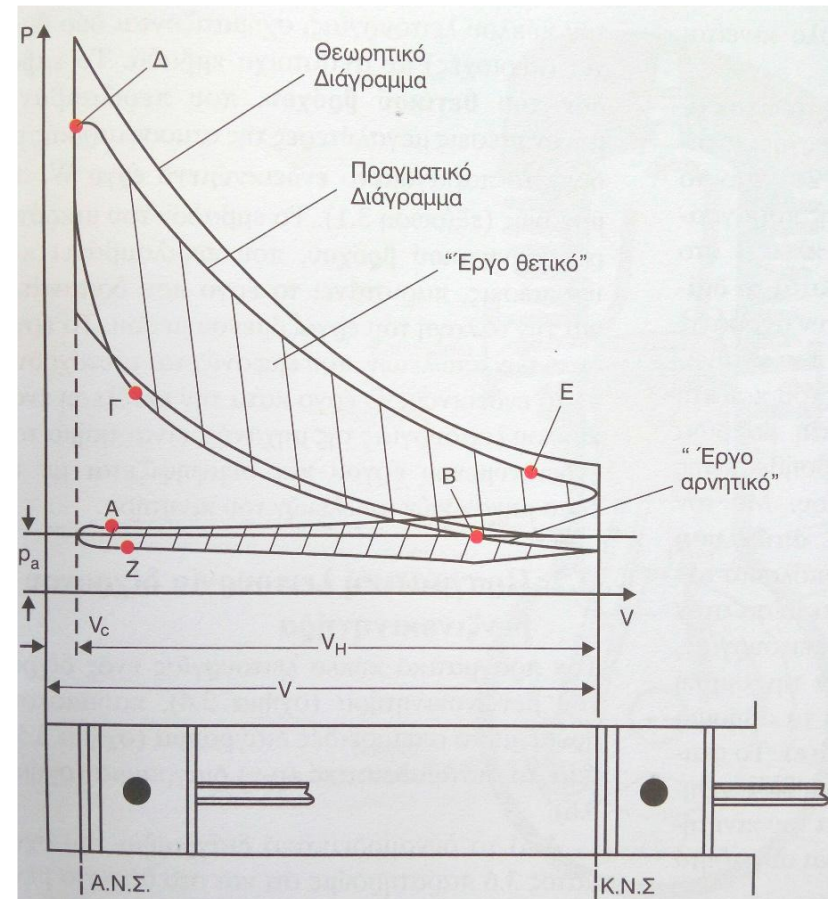
Διαγράμματα περιγραφής λειτουργίας ΜΕΚ

Διάγραμμα πίεσης-όγκου ή δυναμοδεικτικό:

Στο δυναμοδεικτικό διάγραμμα δημιουργούνται δύο περιοχές. Η “μεγάλη” περιοχή περιλαμβάνει το έργο που παράγεται ενώ η “μικρή” περιοχή το αντίστοιχο έργο που δαπανάται κατά την αλλαγή του εργαζόμενου μέσου.

Συνοπτικά:

- Προπορεία στο άνοιγμα της εισαγωγής
- Αργοπορεία στο κλείσιμο της εισαγωγής
- Προπορεία έναυσης του μίγματος
- Προπορεία στο άνοιγμα της εξαγωγής
- Αργοπορεία στο κλείσιμο της εξαγωγής



Ισχύς και ροπή ΜΕΚ

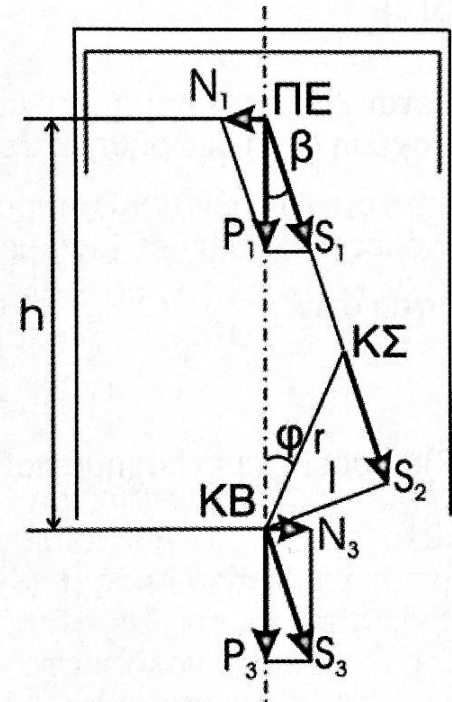
Εν αρχή - ΡΟΠΗ:

Από τη δύναμη των αερίων δημιουργείται μία ροπή

$$M = P_1 \cdot r \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \varphi}$$

η οποία μπορεί να είναι θετική (ο κύλινδρος παράγει έργο) ή αρνητική (ο κύλινδρος απορροφάει έργο).

Για πολυκύλινδρους κινητήρες αναπτύσσεται διαφορετική ροπή σε κάθε κύλινδρο και ως εκ τούτου για κάθε γωνία στροφάλου αντιστοιχεί μία συνισταμένη ροπή περιστροφής του στροφαλοφόρου (κινεί την μηχανή) και μία αντίθετη ροπή ανατροπής του κινητήρα (έδραση μηχανής).



Ισχύς και ροπή ΜΕΚ

Η ροπή στρέψης επομένως ενός κινητήρα (μέση τιμή του αθροίσματος των επιμέρους ροπών στη διάρκεια του κύκλου) δεν παραμένει σταθερή ούτε για συγκεκριμένο αριθμό στροφών και μεταβάλλεται μέχρι μία μέγιστη τιμή.

Μπορούμε τότε να χαράξουμε την καμπύλη της μέγιστης ροπής για συγκεκριμένες στροφές χαρακτηριστική καμπύλη.

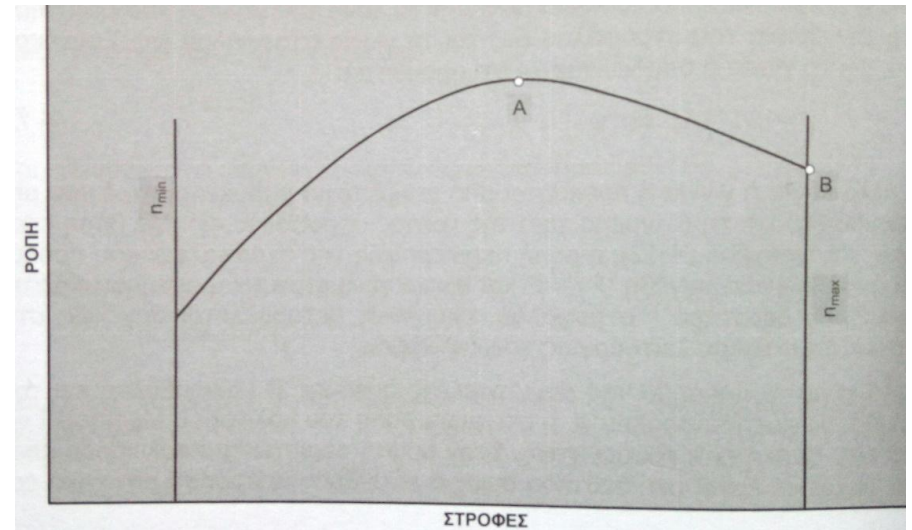
Η χαρακτηριστική καμπύλη περιβάλλει την περιοχή λειτουργίας της μηχανής, ορίζοντας την ανώτερη τιμή για συγκεκριμένο αριθμό στροφών. Για το λόγο αυτό η καμπύλη ονομάζεται *περιβάλλουσα κινητήρα*.

Ισχύς και ροπή ΜΕΚ

Η λειτουργία του κινητήρα χαρακτηρίζεται από τις στροφές λειτουργίας και την ροπή που αποδίδει. Το σημείο αυτό (x =στροφές, y =ροπή) αποτελεί το *σημείο λειτουργίας*. Η τιμή της ροπής στο σημείο λειτουργίας ονομάζεται και *φορτίο*. Είναι τότε προφανές ότι τα σημεία πάνω στην περιβάλλουσα αποτελούν και το μέγιστο φορτίο για δεδομένο αριθμό στροφών.

Δύο είναι τα χαρακτηριστικά σημεία:

- το σημείο της μέγιστης ροπής A
- η τιμή της μέγιστης ροπής στις μέγιστες στροφές B



Ισχύς και ροπή ΜΕΚ

Εν τέλει - ΙΣΧΥΣ:

Το γινόμενο της ροπής επί τη γωνιακή ταχύτητα μας δίνουν την ισχύ του κινητήρα, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί στην κινούμενη διάταξη.

$$N = \omega \cdot M \left(\frac{Nt \cdot m}{s} = \frac{J}{s} = W \right)$$

Η ισχύς μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει του αριθμού στροφών. Λόγω του ότι $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$, έχουμε:

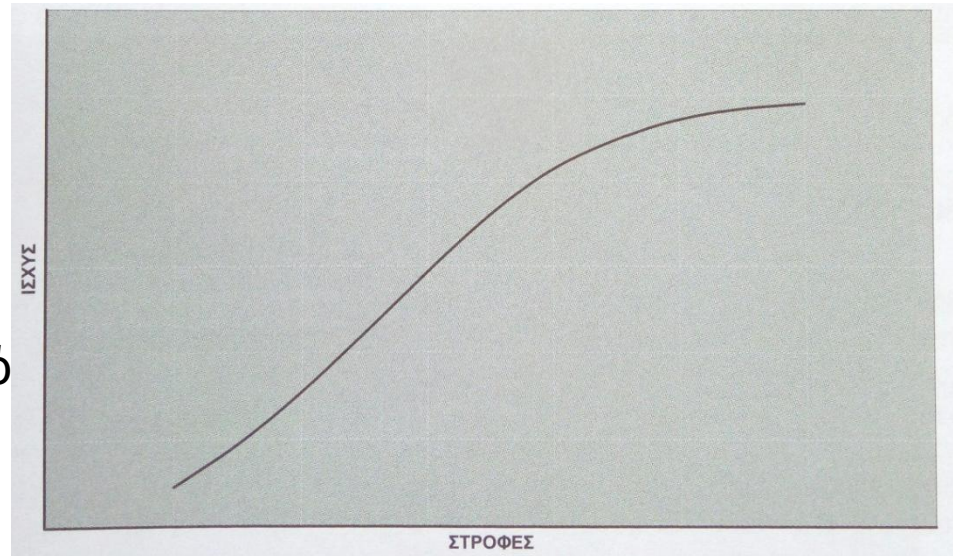
$$N = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M,$$

Όπου:

n οι στροφές του κινητήρα/λεπτό

M ροπή σε Ntm

N η ισχύς σε kW

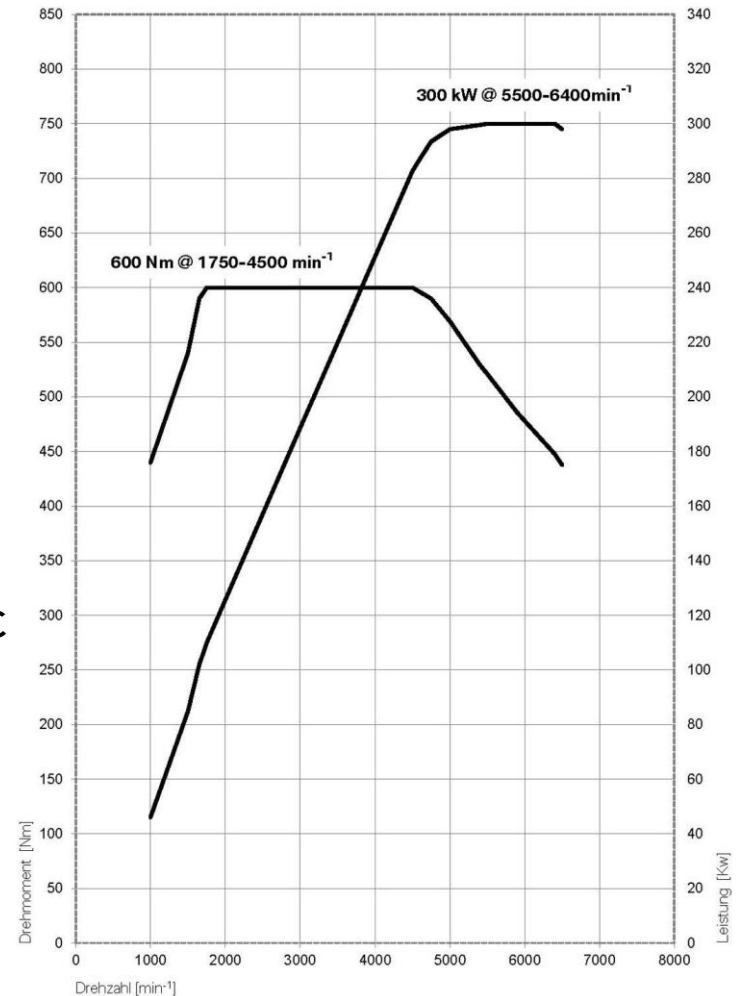




Διάγραμμα Ισχύος και ροπής

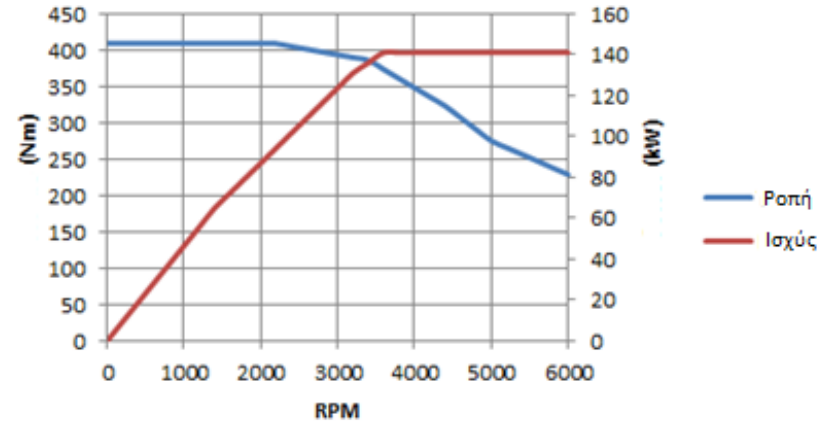
Σύγχρονης τεχνολογίας
υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας

Στο τέλος: Σύγχρονες Καμπύλες ροπής με
επίπεδη μέγιστη απόδοση σε μεγάλο
εύρος στροφών. Παραδείγματα.



Διάγραμμα Ισχύος και ροπής

Διάγραμμα ροπής και ισχύος ενός τυπικού ηλεκτρικού κινητήρα



Σύγκριση ροπής τυπικού ηλεκτρικού κινητήρα και κινητήρα diesel

