

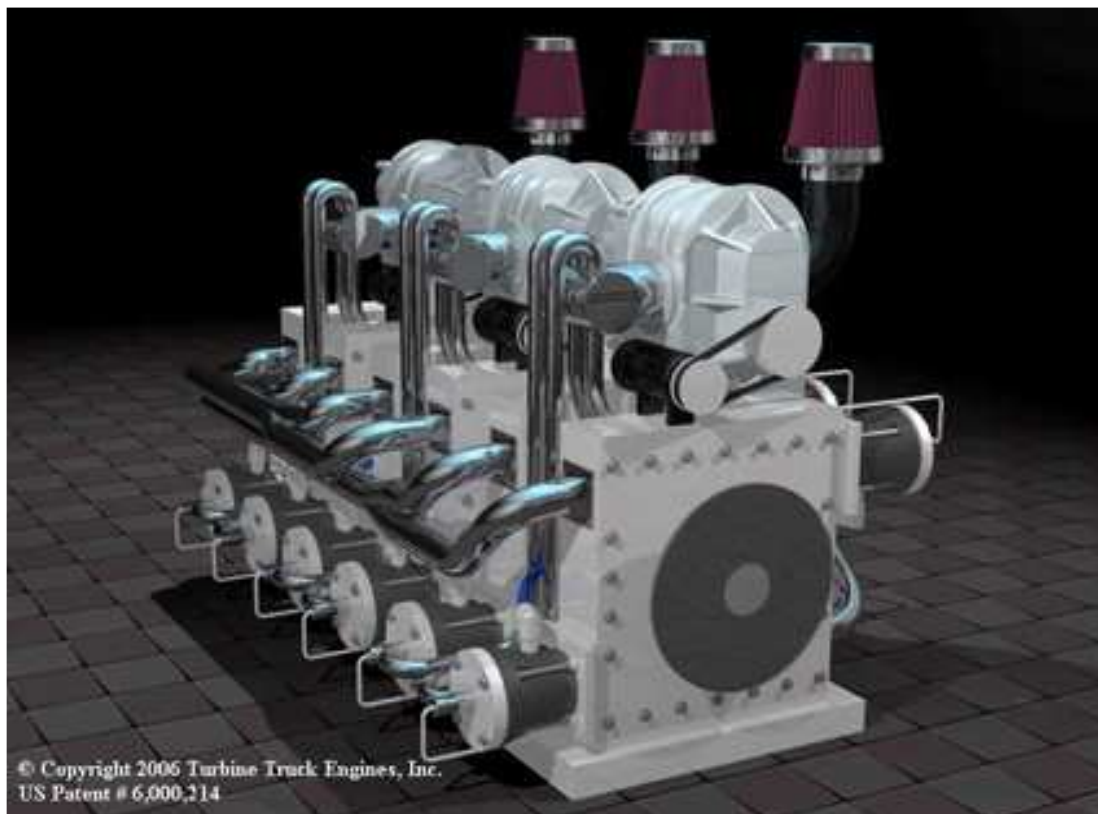
Α.Τ.Ε.Ι. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη της καύσης στις μηχανές ΟΤΤΟ-DIESEL
Και διαμόρφωση θαλάμου καύσης.

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΡΟΦΥΛΛΟΣ

Επιβλέπων: ΣΗΜΑΝΤΗΡΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ



Κρήτη , Σεπτέμβριος 2010

Πρόλογος..

Η παρούσα πτυχιακή εργασία που αποτελεί ουσιαστικά τον επίλογο της φοίτησής μου στο Ανώτερο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηρακλείου. Κατά τη συγγραφή της ένιωσα ότι συνθέτω ένα «παζλ» Βγαίνοντας από κάθε γραπτή εξέταση οποιουδήποτε μαθήματος, ένοιωθα ότι «Το κάθε μάθημα είναι ένα κομμάτι του «παζλ». Μόνο στο τέλος μπορείς να δεις ολόκληρη την εικόνα».

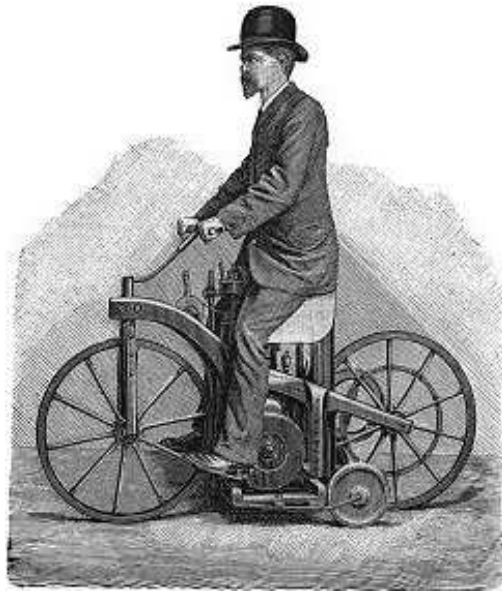
Κοιτάω τώρα το δικό μου «παζλ». Κάποια κομμάτια είναι καλά τοποθετημένα , κάποια δεν είναι στο σωστό σημείο και άλλα - ευτυχώς λίγα - λείπουν. Η εικόνα, όμως είναι ξεκάθαρη και όμορφη. Και το κυριότερο είναι ότι πλαισιώνεται από τις ανεκτίμητες εμπειρίες που αποκόμισα τα χρόνια των σπουδών μου.

Εμπειρίες που με έκαναν να επαναπροσδιορίσω έννοιες όπως η γνώση, η σκέψη, η αμφισβήτηση, η επιμονή, η αυτοπεποίθηση, η ηθική...

Ένα μέρος αυτού του «παζλ» είναι οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης και η παρούσα εργασία αφορά την καύση των κινητήρων Diesel και Otto όπως και την διαμόρφωση θαλάμου καύσεως . Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή κ. Σημαντηράκη Γεώργιο για την ευκαιρία που μου έδωσε να γνωρίσω το αντικείμενο αυτό. Επίσης, ευχαριστώ πολύ την βιβλιοθήκη του Α.Τ.Ε.Ι. για τη βιβλιογραφία και τα στοιχεία που μου παρείχε.

Ιστορικό σημείωμα:

Κινητήρες εσωτερικής καύσης ονομάζονται εκείνες οι κινητήριες μηχανές που μετατρέπουν την αποθηκευμένη στο καύσιμο χημική ενέργεια άμεσα σε κινητική, σε αντίθεση με τις ατμομηχανές, στις οποίες παρέχεται στον ατμό θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας από την (εξωτερική) καύση κάρβουνου, ξύλου κλπ. Η ιδέα του κινητήρα εσωτερικής καύσης ήταν να πυροδοτηθεί ένα μίγμα εύφλεκτων αερίων ή υγρών, το οποίο θα εκρήγνυται μέσα στον κύλινδρο και θα κινεί έτσι ένα έμβολο. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης εξελίχθηκαν σύντομα σε συμπαγείς, ευέλικτες μονάδες, οι οποίες αντικατέστησαν σταδιακά τις ατμομηχανές στις μονάδες παραγωγής και στις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, αλλά κυρίως στα αυτοκινούμενα μέσα μεταφοράς.



Το σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των κινητήρων (βαθμός αποδόσεως 20-50%), έναντι των ηλεκτροκινητήρων (βαθμός αποδόσεως 60-98%) έγκειται στην εύκολη μεταφορά της δεξαμενής καυσίμου μαζί με το όχημα. Οι ηλεκτροκινητήρες δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν σε μικρά και μεσαία οχήματα με ικανοποιητικές ισχύος, επειδή τα αποθηκευτικά μέσα της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα (αποθηκευμένη ενέργεια προς βάρος). Γι' αυτό οι ηλεκτροκινητήρες ικανής ισχύος χρησιμοποιούνται κυρίως σε παραγωγικές διεργασίες ή σε πολύ μεγάλα οχήματα.

Η εξέλιξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης που τροφοδοτούνται με υγρά καύσιμα, έγινε ουσιαστικά σε τρία βήματα, αρχίζοντας με τον Jean-Josef Lenoir, περνώντας από τον

Nicolaus Otto και καταλήγοντας καταρχήν στον Rudolf Diesel. Στη δεκαετία του 1930 δηλώθηκε από τον Felix Wankel ως ευρεσιτεχνία ένας νέος βενζινοκινητήρας για οχήματα, διαφορετικής κινηματικής από τους προηγούμενους, με τον οποίο φαίνεται να έχει κλείσει αυτός ο κύκλος. Στη δεκαετία του 1940 αναπτύχθηκαν οι αεριοστροβίλοι εσωτερικής καύσης (jet), με διαφορετική αρχή λειτουργίας, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως σε αεροπλάνα, ενώ οι βενζινοκινητήρες μπορούν να λειτουργήσουν από τα τέλη του 20ου αιώνα και με αέριο καύσιμο.

Ένα άλλο είδος κινητήρα που παρουσιάστηκε ως ευρεσιτεχνία εσωτερικής καύσης, αλλά αναπτύχθηκε με αργά βήματα, είναι αυτός που λειτουργεί με αέρα (κινητήρας Stirling), ο οποίος είναι οικολογικά ο καλύτερος, μπορεί να αξιοποιήσει οποιοδήποτε καύσιμο, μέχρι και την ηλιακή ενέργεια, αλλά υστερεί έναντι των γνωστών κινητήρων για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους.

Βενζινοκινητήρας Otto

Από τη μηχανή του Λενουάρ ξεκίνησε ο Γερμανός Nikolaus Augustus Otto (Όττο, 1832-1891), με σπουδές σε εμπορικά θέματα, και κατασκεύασε το έτος 1876 ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα. Προηγουμένως, είχε κατασκευάσει ο Όττο με οικονομική στήριξη του E. Langen (Λάνγκεν) ένα λεγόμενο ατμοσφαιρικό κινητήρα με ελεύθερο έμβολο. Το έτος 1867

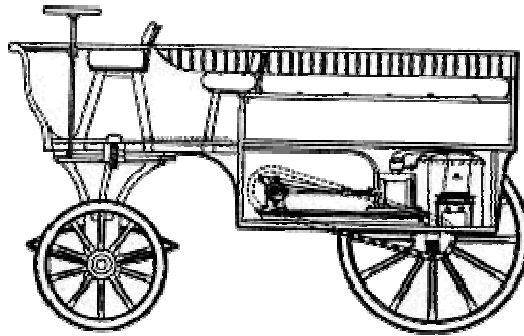


παρουσιάστηκε αυτός ο κινητήρας στην παγκόσμια έκθεση του Παρισιού και, παρά τη θορυβώδη λειτουργία του, πήρε ένα χρυσό βραβείο, γιατί είχε κατά 60% μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Έτσι απέκτησε ο Όττο τη φήμη να έχει κατασκευάσει τον πρώτο κινητήρα με ικανοποιητικό βαθμό αποδόσεως. Επιβεβαιώθηκε δε

άλλη μια φορά η «αρχή», όπως με την ατμομηχανή κ.ά., να εφευρίσκει ένας Γάλλος μία μηχανή, η οποία να βελτιώνεται και τελειοποιείται από Άγγλους και Γερμανούς ...

Η μεγάλη ζήτηση για τους κινητήρες του Ότο οδήγησε στην ίδρυση από τον Λάνγκεν της ανώνυμης εταιρίας Deutz AG στην Πολωνία, το έτος 1872, η οποία είχε στόχο τη μαζική παραγωγή κινητήρων. Σήμερα αυτή η εταιρία έχει εξελιχθεί σε πρωτοπόρο κατασκευαστή μηχανών κάθε μεγέθους και λειτουργικής αρχής! Υπεύθυνος για τη σχεδίαση ήταν ο Wilhelm Maybach (Μάιμπαχ,) και για την παραγωγή ο Gottlieb Daimler (Ντάιμλερ, 1834-1900). Το έτος 1874 έφτασε η μηνιαία παραγωγή τους 80 κινητήρες, αλλά στο τέλος του ίδιου έτους προέκυψε εμπορικό πρόβλημα: αυτοί οι κινητήρες με ισχύ περί τα 2 kW (~2,7 PS) δεν ήταν σε θέση να καλύψουν τις ανάγκες των βιοτεχνιών και μικρών βιομηχανιών. Παράλληλα κυκλοφορούσαν δε κινητήρες Stirling (υπέρθερμου αέρα) οι οποίοι, αν και είχαν μικρότερο βαθμό αποδόσεως, είχαν υψηλότερη σταθερή ισχύ. Αυτοί δε οι κινητήρες δέχονταν ως καύσιμο ξύλα, τύρφη ή κάρβουνο και δεν είχαν εξάρτηση από το φωταέριο.

Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα, έπρεπε να βελτιωθεί ο κινητήρας του εργοστασίου Deutz και για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα «Γμήμα Ερευνών», του οποίου τη λειτουργία ανέλαβε ο Ότο. Έτσι έγινε δυνατή η μελέτη για την κατασκευή κινητήρων που είχε διακοπεί από το 1862. Ήδη το έτος 1876 παρουσίασε ο Ότο το «νέο κινητήρα», όπως ονομαζόταν για πολύ καιρό ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας, με τον οποίο έκλεισε οριστικά η εποχή των πρώιμων κινητήρων.



Το όχημα του Lenoir

Κύριο πλεονέκτημα του νέου αυτού κινητήρα ήταν η συμπίεση του μίγματος καύσιμο-αέρας, μια αρχή που δεν άλλαξε μέχρι των ημερών μας, παρά τις πάμπολλες τροποποιήσεις και βελτιώσεις. Η περιοδικά επαναλαμβανόμενη διεργασία στον τετράχρονο κινητήρα Όττο είναι η ακόλουθη:

- Ο κύλινδρος γεμίζει με καύσιμο και αέρα,
- το έμβολο συμπιέζει το μείγμα,
- το συμπιεσμένο μείγμα πυροδοτείται (ηλεκτρικός σπινθηριστής, μπουζί), οπότε διαστέλλεται το καιγόμενο μείγμα και απωθεί το έμβολο, παράγοντας έργο,
- τα καυσαέρια εξάγονται από τον κύλινδρο.

Αυτές οι λειτουργίες εκτελούνται σε 4 φάσεις (χρόνους) και γι' αυτό ο κινητήρας ονομάζεται τετράχρονος. Μία άλλη εκδοχή του κινητήρα Όττο είναι ο δίχρονος, ο οποίος χρησιμοποιείται πλέον μόνο σε πολύ μικρά οχήματα και άλλες μονάδες μικρής ισχύος.

Ο Μάιμπαχ που ήταν υπεύθυνος για το σχεδιασμό των κινητήρων στο εργοστάσιο Deutz, βελτίωσε διάφορες τεχνικές λεπτομέρειες αυτού του κινητήρα και ήδη το έτος 1876 τον παρουσίασε στην αγορά με το όνομα Deutz-A-Motor. Η ισχύς του ήταν πάλι περί τα 2 kW, αλλά με καλύτερο βαθμό αποδόσεως. Το αμέσως επόμενο έτος αυξήθηκε η ισχύς στα 3,5 kW (~5 PS) και η εμπορική επιτυχία του έδωσε τη δυνατότητα για περισσότερες βελτιώσεις. Διάφορες εταιρίες στη Γερμανία και το εξωτερικό έλαβαν άδεια κατασκευής του τετράχρονου κινητήρα κι έτσι διαδόθηκε ταχύτατα η χρήση του σε διάφορες παραγωγικές μηχανές.

Όπως συμβαίνει συχνά με τις μεγάλες ανατροπές, το εργοστάσιο Deutz δεν μπόρεσε να προσαρμοστεί εύκολα στην παραγωγή της νέας μηχανής, γιατί οι εγκαταστάσεις παραγωγής του παλιού κινητήρα Όττο δεν είχαν ακόμα αποσβεστεί. Ο Ντάιμλερ και ο Μάιμπαχ αποχώρησαν κατόπιν αυτού και ίδρυσαν το έτος 1882 μια νέα εταιρία στο Cannstatt, κοντά στη Στουτγάρδη, όπου άρχισε να παράγεται ο νέος ελαφρύς και πολύστροφος βενζινοκινητήρας με ικανοποιητική ισχύ που ήταν κατάλληλος για οχήματα.

Δύο χρόνια μετά, το έτος 1885, κυκλοφόρησε ένα δίτροχο με τον κινητήρα Όττο και το έτος 1886 κυκλοφόρησαν τα πρώτα οχήματα με κινητήρα με υγρό καύσιμο. Με αυτή την επιτυχία άρχισε να μειώνεται το ενδιαφέρον για τα ατμοκίνητα οχήματα και άρχισε η εποχή των βενζινοκίνητων που διαρκεί, με ένα πλήθος βελτιώσεων και τροποποιήσεων, μέχρι των ημερών μας.

Οι σημερινοί βενζινοκινητήρες για οχήματα έχουν βαθμό αποδόσεως (χημική σε μηχανική ενέργεια) στην περιοχή τιμών 20-30%. Με τις τριβές στα μηχανικά μέρη του οχήματος και των ελαστικών στο έδαφος ο συνολικός βαθμός αποδόσεως ενός οχήματος είναι ακόμα μικρότερος.

Πετρελαιοκινητήρας Diesel

Στον κινητήρα diesel δεν εισάγεται εύφλεκτο μείγμα καυσίμου-αέρα, το οποίο πυροδοτείται, αλλά διαχέεται το καύσιμο με ισχυρό περίσσειμα αέρα, το οποίο συμπιέζεται με μια σχέση 25:1 και αυτοαναφλέγεται στη θερμοκρασία των 700-900 οC. Είναι προφανές ότι οι κινητήρες αυτοί πρέπει να αντέχουν σε



πολύ υψηλές πιέσεις, πράγμα που στη δεκαετία του 1890 δεν ήταν εύκολο να υλοποιηθεί. Αυτός ο κινητήρας ανακοινώθηκε ως ευρεσιτεχνία το έτος 1892 από το Γερμανό μηχανικό Rudolf Diesel (Ντίζελ, 1858-1913) και μελετήθηκε στα έτη 1893-1897 με χρηματική υποστήριξη της εταιρίας Friedrich Krupp AG. Το 1893 εξερράγη ένας κινητήρας στο εργαστήριο, λόγω των πολύ υψηλών πιέσεων λειτουργίας και μόνο τυχαία γλίτωσε ο Ντίζελ το θάνατο.

Το πρώτο λειτουργικά ολοκληρωμένο δείγμα με καλό βαθμό αποδόσεως και εξοικονόμηση καυσίμου, κατασκευάστηκε στο εργοστάσιο της εταιρίας MAN στην πόλη Augsburg της Βαυαρίας. Αργότερα ιδρύθηκαν εργοστάσια σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις για τη μαζική παραγωγή κινητήρων ντίζελ. Το έτος 1908 κατασκευάστηκαν, αφενός ο πρώτος μικρού μεγέθους κινητήρας για ελαφριά οχήματα, αφετέρου το πρώτο όχημα βαρέων μεταφορών και η πρώτη σιδηροδρομική μηχανή έλξης με κινητήρα ντίζελ. Έκτοτε περιορίστηκε η ατμομηχανή σταδιακά σχεδόν αποκλειστικά σε παλιές μονάδες παραγωγής και σε λίγα πλοία. Στο λιμάνι της Νέας Υόρκης ήταν το έτος 1920 μόνο οι μαούνες ακόμα ατμοκίνητες, όλα τα εμπορικά πλοία διέθεταν ήδη κινητήρες ντίζελ.



Diesel

Κύρια χαρακτηριστικά της λειτουργίας του κινητήρα Ντίζελ είναι:

- Το καύσιμο και ο αέρας αναμιγνύονται στον κύλινδρο,
- Λόγω της υψηλής συμπίεσης υπερθερμαίνεται το καύσιμο μείγμα και αυτοαναφλέγεται,
- Η ισχύς του κινητήρα ρυθμίζεται με την ποσότητα του εισερχόμενου καυσίμου.

Ο Ντίζελ είχε δοκιμάσει κατά τη φάση ανάπτυξης του κινητήρα του διάφορα υγρά καύσιμα, είχε όμως προβλήματα με τις αντλίες που θα διεκπεραίωναν την έκχυση του καυσίμου. Τελικά κατέληξε σε ένα κλάσμα αποστάξεως ορυκτού πετρελαίου, το οποίο ονομάστηκε επίσης ντίζελ, όπως και ο κινητήρας. Με κατάλληλες μετατροπές, ο κινητήρας αυτός είναι δυνατόν να λειτουργήσει και με άλλα υγρά και αέρια καύσιμα, π.χ. με φυτικά έλαια.

Σήμερα χρησιμοποιείται για την εκκίνηση των πετρελαιοκινητήρων, ιδίως σε ψυχρό περιβάλλον, ένα ηλεκτρικά πυρακτωμένο τύλιγμα (περίπου όπως ο αναπτήρας στο αυτοκίνητο) για την εύκολη έναυση και την αποφυγή καυσαερίων. Σε σύγχρονους κινητήρες ντίζελ κυμαίνεται ο βαθμός αποδόσεως (χημική σε μηχανική ενέργεια) στην περιοχή τιμών 15-50%, όπου οι μεγάλες τιμές αφορούν κινητήρες μεγάλης ισχύος (πλοία, τραίνα κλπ.) και οι μικρές τιμές κινητήρες μικρών οχημάτων.

Ο Ντίζελ δεν είχε ποτέ σημαντικά οικονομικά οφέλη από την εφεύρεσή του. Όπως συμβαίνει συχνά σ' αυτές τις υποθέσεις, οι διάφορες εταιρίες που συνέβαλαν στην ανάπτυξη του κινητήρα διεκδικούσαν μερίδιο από τα δικαιώματα του εφευρέτη, με αποτέλεσμα να εξελιχθούν πολύχρονες και πολυέξοδες δίκες, οι οποίες επηρέασαν τη σωματική και την ψυχική υγεία του Ντίζελ.

Ακριβώς, λόγω του καταθλιπτικού χαρακτήρα του, έφυγε ο μεγάλος εφευρέτης με περίεργο τρόπο από τη ζωή. Σε ένα ταξίδι με πλοίο το έτος 1913, από την Αμβέρσα στο Λονδίνο, χάθηκαν τα ίχνη του από το κατάστρωμα. Μετά από μερικές εβδομάδες βρήκαν ψαράδες ένα ταλαιπωρημένο πτώμα να επιπλέει στη φουρτουνιασμένη θάλασσα. Μια και δεν κατάφεραν να περισυλλέξουν το πτώμα, αφαίρεσαν από αυτό και παρέδωσαν στην Ακτοφυλακή δύο δακτυλίδια, τα οποία αποδείχθηκε ότι ανήκαν στον Ντίτζελ .

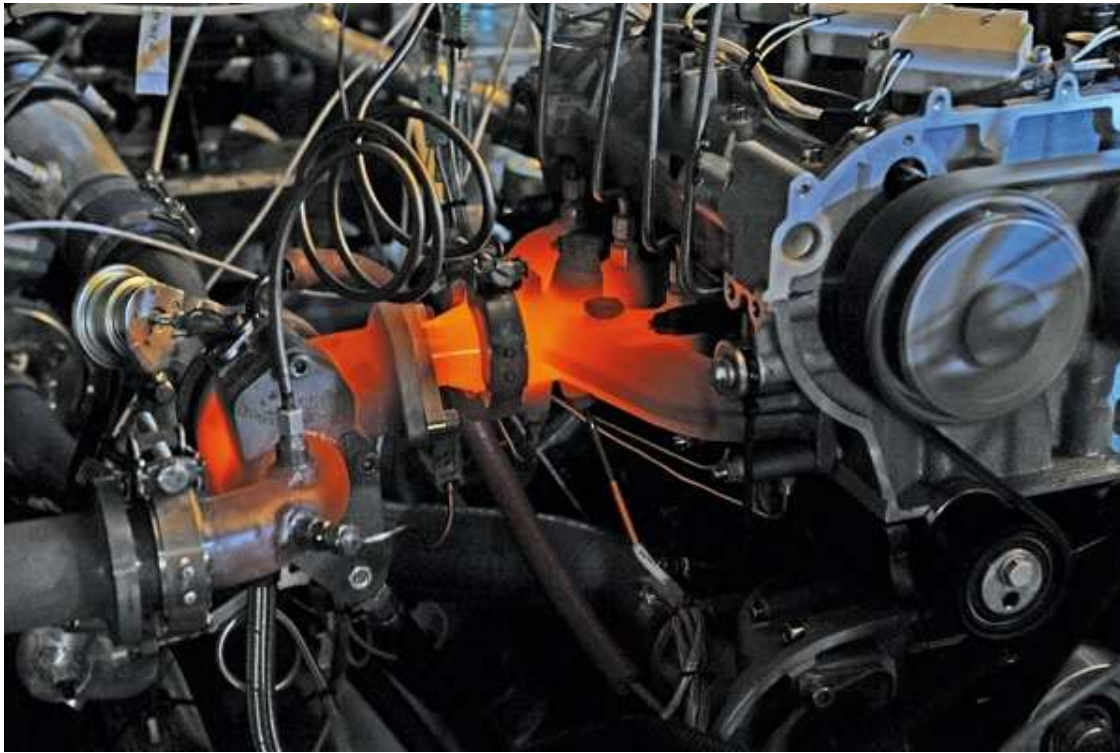


Περιεχόμενα:

Εισαγωγή..	13
1) Γενικά	16
1. Τύποι κινητήρων	17
2. Η δομή και τα υλικά μέρη ενός κινητήρα.	21
2) Βασικές έννοιες της καύσεως	33
1. Διάσταση των προϊόντων της καύσεως στις εμβολοφόρες Μ.Ε.Κ	35
2. Μετάδοση θερμότητας στις εμβολοφόρες ΜΕΚ	36
3. Η ροή των αερίων μέσω βαλβίδων	36
3) Οι ιδιότητες των καυσίμων	37
1. Αέρια καύσιμα	39
2. Υγρά καύσιμα και κατηγορίες υδρογονανθράκων	39
3. Απόσταξη υγρού πετρελαίου- προϊόντα της αποστάξεως	40
4) Διαδικασία καύσης σε κινητήρα ΟΤΤΟ και διαμόρφωση θαλάμου	44
1. Συστήματα εναύσεως του καύσιμου μείγματος	45
2. Ομαλή καύση και ο μηχανισμός της	48
3. Ανώμαλη καύση	50
4. Κρουστική καύση	52
5. Κριτήρια του κινητήρα για την αποφυγή κρουστικής καύσης	53
5) Κινητήρας DIESEL-καύση	55
1. Εισαγωγή	55
Οι κινητήρες diesel διακρίνονται σε 4 χρόνους και 2 χρόνους	
2. Μηχανισμός της καύσης σε κινητήρες Diesel	59
3. Καθυστερήση αναφλέξεως	60
4. Διάφοροι φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο καθυστέρησης αναφλέξεως	62
5. Ανεξέλεγκτη Καύση- κρούση	63

6. Ελεγχόμενη καύση	64
7. Πρώιμη καύση καυσίμου και συστήματα ψεκασμού	65
8. Παροχή καυσίμου	66
9. Μηχανή με ηλεκτρονικό ψεκασμό	67
10. Έμμεσης – Άμεσης έγχυσης , Ο κρύος καιρός και η Έναρξη	69
11. Σχηματισμός ρύπων στους κινητήρες Diesel	72
6) Διάφορες Otto- diesel	73
1. Κοινό DNA	74
2. Διαφορές λειτουργίας	75
3. Απόδοση και καθαριότητα	77
7) Σύντομη περιγραφή των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων και της συνεισφοράς των κινητήρων	79
1. Οξείδια του αζώτου (NOx)	79
2. Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	81
3. Άκαυστοι Υδρογονάνθρακες (HC)	82
4. Σχηματισμός Άκαυστων Υδρογονανθράκων σε κινητήρες Diesel	82
5. Σωματιδιακές εκπομπές – Αιθάλη	84
6. Σχηματισμός σωματιδίων Αιθάλης	85
7. Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	87
8. Όρια εκπομπής ρύπων κινητήρων Diesel	87
8) Πρωτογενείς μέθοδοι-Έλεγχος του μηχανισμού καύσης	89
1. Στην διάρκεια της προπορείας	89
2. Της πίεση έγχυσης	90
3. Έλεγχος του συστήματος εισαγωγής αέρα-Υπερπλήρωση.	91
4. Σύνθεση του μείγματος	93
9) Διαμόρφωση Θαλάμων καύσεως	95
1. Καύση μέσα σε ένα θάλαμο καύσης	97
2. Οι διάφορες μορφές θαλάμου καύσης	100
3. Επίδραση γεωμετρίας θαλάμου καύσης στις ΜΕΚ	
10) Το μέλλον των Μ.Ε.Κ.	105
11) Βιβλιογραφία	108

Εισαγωγή



Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε κυρίως με την καύση και τις βασικές έννοιες μηχανών οι οποίες διαιρούνται σε:

- Μηχανές κίνησης ή κινητήριες μηχανές: που παράγουν μηχανικό έργο.
- Μηχανές ενεργειακές: που απορροφούν μηχανική ενέργεια, δηλαδή κινούνται από έναν κινητήρα και εκτελούν ένα έργο επιδρώντας πάνω στην ύλη, με τρόπο τέτοιο ώστε να αλλάξει η μορφή ή η θέση ή η ενέργεια (σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι βιομηχανικές μηχανές, οι αγροτικές κ.λ.π.) και
- Μηχανές μετάδοσης: που μεταδίδουν έναν συγκεκριμένο τύπο ενέργειας διαφοροποιώντας μόνο τα χαρακτηριστικά της.

Κινητήριες μηχανές

Κινητήρια μηχανή ονομάζεται γενικά κάθε μηχανή που παράγει κινητήριο ωφέλιμο μηχανικό έργο. Τέτοιες μηχανές είναι των σιδηροδρόμων, των πλοίων, των αυτοκινήτων, αεροπλάνων, διαφόρων αντλιών, καθώς και οι μηχανές γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η διάταξη της σύγχρονης γενικά μηχανής είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται τελικά η κίνηση του λεγόμενου άξονα της μηχανής, από τον οποίο και παραλαμβάνεται το κινητήριο ή ωφέλιμο έργο.

Όλες οι κινητήριες μηχανές κατά την λειτουργία τους παραλαμβάνουν κατά κανόνα ενέργεια κάποιας μορφής π.χ. θερμική, ηλεκτρική ή υδραυλική κλπ. και την μετατρέπουν (ορθότερα μέρος αυτής) σε μηχανική ενέργεια ή κινητήριο έργο.

Ανάλογα της μορφής της ενέργειας που παραλαμβάνουν οι κινητήριες μηχανές διακρίνονται σε:

- Θερμικές μηχανές ή θερμοκινητήρες: Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι ατμομηχανές, οι ατμοστρόβιλοι, οι αεριοστρόβιλοι, οι βενζινοκινητήρες ή βενζινομηχανές, οι αεριομηχανές, οι πετρελαιομηχανές ή κινητήρες Diesel κ.ά.
- Υδραυλικοί κινητήρες. Στην κατηγορία αυτή οι μηχανές καταναλίσκουν υδραυλική ενέργεια.
- Ηλεκτρικοί κινητήρες ή ηλεκτροκινητήρες.

Θα μελετήσουμε κυρίως τις Θερμικές μηχανές εσωτερικής καύσης κατά την διάρκεια της καύσης :

Θερμικές μηχανές ή θερμοκινητήρες ονομάζονται οι μηχανές, οι οποίες μετατρέπουν την θερμότητα που παράγεται από την χημική ενέργεια της καύσης σε μηχανικό έργο.

Ανάλογα με τον τρόπο πραγματοποίησης της καύσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στις μηχανές εσωτερικής καύσεως (Μ.Ε.Κ.) και στις μηχανές εξωτερικής καύσεως ή ατμομηχανές.

- Εσωτερικής καύσεως ονομάζονται οι μηχανές που ως μέσο για την παραγωγή έργου (εργαζόμενο μέσο) χρησιμοποιούν τον αέρα και κατά κάποιο τρόπο το ίδιο το καύσιμο, δηλαδή καυσαέρια π.χ. εμβολοφόρος κινητήρας αυτοκινήτου, αεροστρόβιλος αεροπλάνου.
- Εξωτερικής καύσεως ονομάζονται οι μηχανές όπου η καύση δεν λαμβάνει μέρος στο χώρο παραγωγής έργου, αλλά έξω από αυτόν και στις οποίες το μέσο παραγωγής έργου δεν είναι το καυσαέριο, αλλά κάποιο άλλο στοιχείο όπως π.χ. νερό. Σε αυτήν την κατηγορία, ανήκουν οι ατμοστρόβιλοι, οι ατμομηχανές.

Ανάλογα με τον τρόπο μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο, οι θερμικές μηχανές διακρίνονται σε εμβολοφόρους ή παλινδρομικές (ισχύουν τόσο για τις μηχανές εσωτερικής όσο και για τις εξωτερικής καύσεως) και σε περιστροφικές ή στροβίλους (στις μηχανές εσωτερικής καύσης ονομάζονται αεριοστρόβιλοι και στις εξωτερικής καύσεως ατμοστρόβιλοι).

Ειδικότερα, όμως στις εμβολοφόρους - παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, η έναυση στον κύλινδρο μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με τη βοήθεια εξωτερικού μέσου (π.χ. σπινθήρα), είτε αυτόματα, λόγω υψηλής θερμοκρασίας του αέρα εντός του οποίου εγχύεται το καύσιμο. Έτσι, στην πρώτη περίπτωση υπάγονται οι "κινητήρες Όττο", που διακρίνονται σε αεριομηχανές και σε βενζινομηχανές, και στη δεύτερη οι μηχανές Ντίζελ, ή πετρελαιομηχανές.

1) Γενικά

Οι διάφοροι τύποι ΜΕΚ μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τις μεταξύ τους ομοιότητες. Οι σπουδαιότερες ταξινομήσεις αναφέρονται στην τελική εφαρμογή, στο είδος του καυσίμου και στον τρόπο εισαγωγής του, στην ανάφλεξη, στη χρήση εμβόλων ή περιστροφέα, στη διάταξη των κυλίνδρων, στους χρόνους λειτουργίας, στο σύστημα ψύξης και τέλος στον τύπο και στη θέση των βαλβίδων. Οι ταξινομήσεις αυτές εξετάζονται αναλυτικότερα στην περιγραφή των διαφόρων τύπων κινητήρων.

Τύπος και διάταξη βαλβίδων

Οι βαλβίδες για την είσοδο και την έξοδο των αερίων μπορεί να βρίσκονται στην κεφαλή, στη μία πλευρά, στις απέναντι πλευρές του κυλίνδρου κ.ο.κ. Είναι οι λεγόμενες μυκητοειδείς βαλβίδες. Ορισμένοι κινητήρες χρησιμοποιούν ολισθαίνουσες βαλβίδες τύπου δακτυλίου, που κινούνται στη εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου.

Εφαρμογή της πίεσης

Ορισμένες μηχανές ισχύος χρησιμοποιούν την ίδια αρχή όσον αφορά την καύση, αλλά αξιοποιούν την πίεση από αυτήν σε διαφορετικά μηχανικά στοιχεία. Υπάρχουν, λ.χ., αεροστρόβιλοι στους οποίους τα καυσαέρια οδηγούνται μέσα από ακροφύσια προς τα πτερύγια του στροβίλου, κάνοντάς τον να περιστρέφεται. Στους κινητήρες αεριοθούμενων, εξάλλου, τα καυσαέρια ρέουν μέσα από ακροφύσιο, ενώ η δύναμη της αντίδρασης τείνει να κινήσει το ακροφύσιο προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στους κινητήρες Βάνκελ και τους Τριδύναμους κινητήρες (εξεζητημένη περίπτωση Βάνκελ) το καύσιμο καίγεται μέσα στον κινητήρα. Οι κινητήρες αυτοί είναι περιστροφικοί, χωρίς κυλίνδρους και έμβολα. Η πίεση των αερίων δρα πάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένες επιφάνειες.

Σύγκριση με άλλους κινητήρες

Ο βενζινοκινητήρας μπορεί να οριστεί ως κινητήρας σχεδιασμένος να καίει πτητικό υγρό καύσιμο με ανάφλεξη που προκαλείται με ηλεκτρικό σπινθήρα. Σύγκρισή του με άλλους τύπους αποκαλύπτει αρκετές ομοιότητες και διαφορές, καθώς επίσης και ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο ντιζελοκινητήρας και ο κινητήρας υγραερίου έχουν αρκετά κοινά σημεία με τον βενζινοκινητήρα.

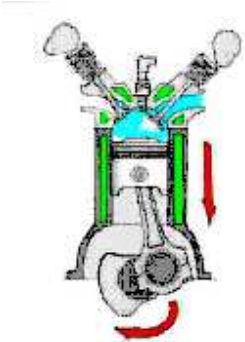
Επειδή ο ντιζελοκινητήρας δεν διαθέτει αθόρυβη και στρωτή λειτουργία ή ευελιξία όπως ο βενζινοκινητήρας, αρχικά βρήκε μικρή εφαρμογή στα επιβατικά αυτοκίνητα. Αντίθετα, στα βαρέα οχήματα αντικατέστησε σχεδόν πλήρως τον βενζινοκινητήρα. Πλέον η εξέλιξη των σημερινών ντιζελοκινητήρων βρίσκει ευρεία εφαρμογή και στα επιβατικά.

1.1) Τύποι κινητήρων

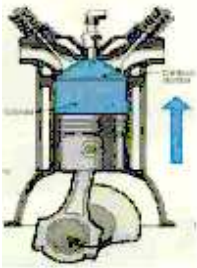
Η πιο σημαντική τεχνική για την παραγωγή ισχύος από καύση ήταν αυτή του τετράχρονου κύκλου.

Τετράχρονος κύκλος

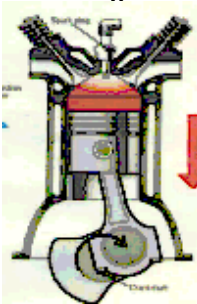
Στον τετράχρονο κύκλο η λειτουργία του κινητήρα αποτελείται από 4 στάδια.



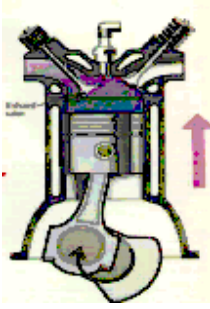
1. Με ανοιχτή την βαλβίδα εισόδου το έμβολο κατέρχεται, κατά τον χρόνο εισαγωγής. Το κενό που δημιουργείται προκαλεί αναρρόφηση μίγματος ατμών βενζίνης και αέρα.



2. Το μίγμα συμπιέζεται καθώς το έμβολο ανέρχεται κατά τον χρόνο συμπίεσης με κλειστές βαλβίδες. Με το τέλος του χρόνου αυτού, το μίγμα αναφλέγεται με τη βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα.



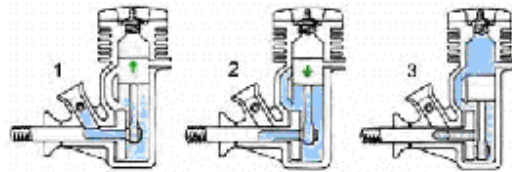
3. Κατά τον χρόνο ισχύος οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές ενώ η πίεση από την καύση πιέζει την κεφαλή του εμβόλου.



4. Κατά τον χρόνο εξαγωγής, το ανερχόμενο έμβολο αναγκάζει τα προϊόντα της καύσης να εξέλθουν από την ανοιχτή βαλβίδα εξόδου.

Δίχρονος κύκλος

Αναπτύχθηκε το 1878. Σ' αυτόν οι χρόνοι εισαγωγής, συμπίεσης, ισχύος και εξαγωγής συντελούνται μόνο σε μία



περιστροφή του στροφαλοφόρου. Στον δίχρονο κινητήρα το μείγμα οδηγείται στον κύλινδρο μέσα από περιμετρικές θυρίδες με τη βοήθεια περιστροφικού φουσητήρα. Τα καυσαέρια περνούν μέσα από μυκητοειδείς βαλβίδες που βρίσκονται πάνω στην κεφαλή του κυλίνδρου.

Το 1891 παρουσιάστηκε μια απλουστευμένη παραλλαγή του δίχρονου κινητήρα, με προσυμπίεση στον στροφαλοθάλαμο για την προώθηση του νωπού μίγματος στον κύλινδρο. Ο κινητήρας εκκινεί με εξωτερική βοήθεια και στη συνέχεια γυρίζει λόγω αδράνειας και το έμβολο ανεβαίνει. Η πίεση στην βάση πέφτει και αναρροφάτε μίγμα από την ανοιχτή βαλβίδα. Το έμβολο αρχίζει να κατεβαίνει. Η βαλβίδα εισαγωγής έχει κλείσει. Το μίγμα στην βάση συμπιέζεται. Το έμβολο έχει φθάσει στο κατώτατο σημείο (με εξωτερική βοήθεια) και έχει αποκαλύψει (έχουν δηλαδή ανοίξει) τις δύο πόρτες της bypass και εξαγωγής (εξάτμιση). Λόγω της διαφοράς πίεσης, το μίγμα ανεβαίνει από τον πλάγιο διάδρομο μεταφοράς και εισχωρεί στον ελεύθερο χώρο του κυλίνδρου, επάνω από το έμβολο. Επειδή είναι ανοιχτή η πόρτα εξαγωγής, μικρό μέρος του μίγματος αρχίζει να εξέρχεται. Ο στρόφαλος

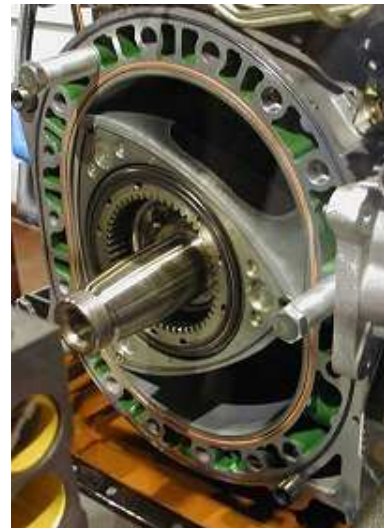
συνεχίζει την αδρανή περιστροφή του και το έμβολο ανεβαίνει κλείνοντας την πόρτα μεταφοράς και την πόρτα εξαγωγής και στο υπόλοιπο της διαδρομής του συμπιέζει το μίγμα. Πλησιάζοντας το ανώτατο σημείο της διαδρομής το μίγμα αναφλέγεται. Τα αέρια εκτονώνονται και σπρώχνουν το έμβολο προς τα κάτω. Από το σημείο αυτό ο κινητήρας έχει εκκινήσει και μπορεί να επαναλάβει μόνος του τον επόμενο κύκλο με την προϋπόθεση φυσικά ότι όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι σωστά ρυθμισμένοι. Καθώς το έμβολο κατέρχεται σε κάποιο σημείο ανοίγει η πόρτα εξαγωγής και τα καυσαέρια αρχίζουν να εξέρχονται. Η μεγάλη πίεση που εξασκούσαν στο έμβολο μειώνεται. Σε ελάχιστο χρόνο αργότερα ανοίγει η πόρτα μεταφοράς, αλλά τώρα το φρέσκο μίγμα θα καταλάβει μόνο τον χώρο που ελευθερώνουν τα καυσαέρια, και θα αναμιχθεί με την ποσότητα των καυσαερίων που μένει στον κύλινδρο.

Κινητήρας αντίθετων εμβόλων.

Έχει δύο έμβολα που κινούνται αντίθετα μέσα στον ίδιο κύλινδρο και δύο ομάδες θυρίδων κατάλληλα διατεταγμένες, ώστε η μία από αυτές να καλύπτεται και να αποκαλύπτεται από το ένα έμβολο, ενώ η άλλη να ελέγχεται από το άλλο έμβολο. Ο σχεδιασμός των αντίθετων εμβόλων έχει δύο βασικά πλεονεκτήματα: οι μάζες που παλινδρομούν κινούνται σε αντίθετες διευθύνσεις ζυγοσταθμίζοντας έτσι τον κινητήρα. Επιπλέον δε χρειάζονται οι μυκητοειδείς βαλβίδες που είναι απαραίτητες σε κινητήρες με μονόδρομη σάρωση.

Περιστροφικός κινητήρας Βάνκελ

Ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης με περιστροφικό έμβολο που αναπτύχθηκε στη Γερμανία είναι διαφορετικός σε δομή από τους συμβατικούς κινητήρες με παλινδρομικά έμβολα. Ο κινητήρας



επινοήθηκε από τον Φέλι Βάνκελ και η κατασκευή του άρχισε το 1956. Αντί για έμβολο ο κινητήρας Βάνκελ έχει έναν τροχιακό ρότορα.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του κινητήρα Βάνκελ είναι ο μικρός χώρος και το μικρό βάρος ανά μονάδα ισχύος, η στρωτή, χωρίς κραδασμούς αθόρυβη λειτουργία του καθώς και το χαμηλό κόστος κατασκευής του, αποτέλεσμα της μηχανικής του απλότητας.

Η εισαγωγή νωπού μείγματος καυσίμων και η εξαγωγή των καυσαερίων είναι δύσκολη λόγω φυγόκεντρων δυνάμεων και γεωμετρίας.

Η κατανάλωση σε καύσιμο είναι λίγο μεγαλύτερη με εκείνη στις συμβατικές μηχανές. Η μικρότερη μάζα και η χαμηλότερη θέση του κέντρου βάρους καθιστούν τον κινητήρα αυτόν ασφαλέστερο για αυτοκίνητα. Τα κινούμενα μέρη ενός κινητήρα Βάνκελ ανέρχονται στο ένα τρίτο περίπου από ότι σε τυπικό εξακύλινδρο κινητήρα.

1.2) Η δομή και τα υλικά μέρη ενός κινητήρα.

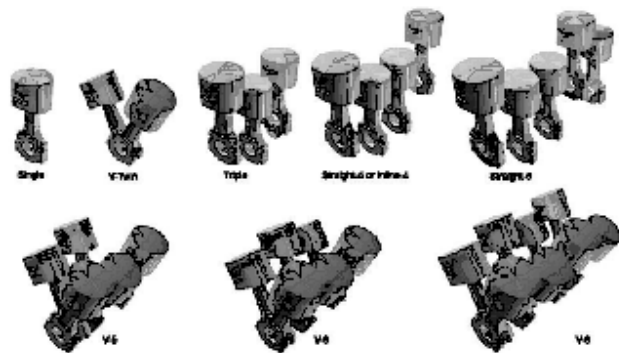


Εκτός από το είδος του κύκλου(δίχρονο ή τετράχρονο), η κυριότερη δομική διαφορά ανάμεσα σε κινητήρες αυτοκινήτων, αεροσκαφών, θαλάσσης ή στάσιμους κινητήρες έγκειται στον τρόπο εδράσεις τους. Όταν χρησιμοποιούνται συμπλέκτης και κιβώτιο ταχυτήτων, όπως στα αυτοκίνητα, ο κινητήρας αποτελεί μια αυτόνομη μονάδα ισχύος.

Η γενική περιγραφή της κατασκευής του κινητήρα που ακολουθεί δείχνει τα κυριότερα μέρη του και εισάγει την ονοματολογία τους. Ως βασικός τύπος χρησιμοποιείται ο τετράχρονος κινητήρας αυτοκινήτου.

Σώμα κυλίνδρων

Το κύριο δομικό στοιχείο των κινητήρων είναι το σώμα κυλίνδρων. Το σώμα αυτό αποτελεί τον σκελετό και ταυτόχρονα φέρει την πλάκα με την οποία ο κινητήρας στηρίζεται στο πλαίσιο. Το σώμα των κυλίνδρων είναι συνήθως από χυτοσίδηρο. Ο στροφαλοθάλαμος σχηματίζεται από το κάτω μέρος του σώματος και από την ελαιολεκάνη, που περικλείει το κάτω μέρος του κινητήρα και χρησιμεύει ως δεξαμενή του λιπαντικού ελαίου.



Η διάταξη των κυλίνδρων είναι δύο ειδών-κατακόρυφη ή ευθύγραμμη ή σχήματος V. Ο ευθύγραμμος κινητήρας έχει μια σειρά κυλίνδρων τοποθετημένων κατακόρυφα ή και πλάγια και ευθυγραμμισμένων με τους τριβείς του στροφαλοφόρου. Ο κινητήρας τύπου V έχει δύο σειρές κυλίνδρων, οι άξονες των οποίων σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 60 ή 90 μοιρών. Οι κινητήρες V-8 (οκτώ κύλινδροι) είναι συνήθως 90 μοιρών. Ορισμένοι μικροί εξακύλινδροι κινητήρες αεροπλάνων, τέλος,

έχουν οριζόντιους και αντίθετα τοποθετημένους κυλίνδρους (κινητήρας boxer).

Σε χώρο κατά μήκος του σώματος των κυλίνδρων βρίσκεται ο εκκεντροφόρος άξονας, που ενεργοποιεί τις βαλβίδες. Κατάλληλη διάταξη συνδέει τον εκκεντροφόρο με τον στροφαλοφόρο άξονα. Το κωνοειδές κέλυφος που περικλείει τον σφόνδυλο και στον οποίο προσαρμόζεται το κιβώτιο ταχυτήτων σχηματίζεται στο πίσω άκρο του σώματος. Γύρω από τους κυλίνδρους διαμορφώνονται κατάλληλοι χώροι για την κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού.

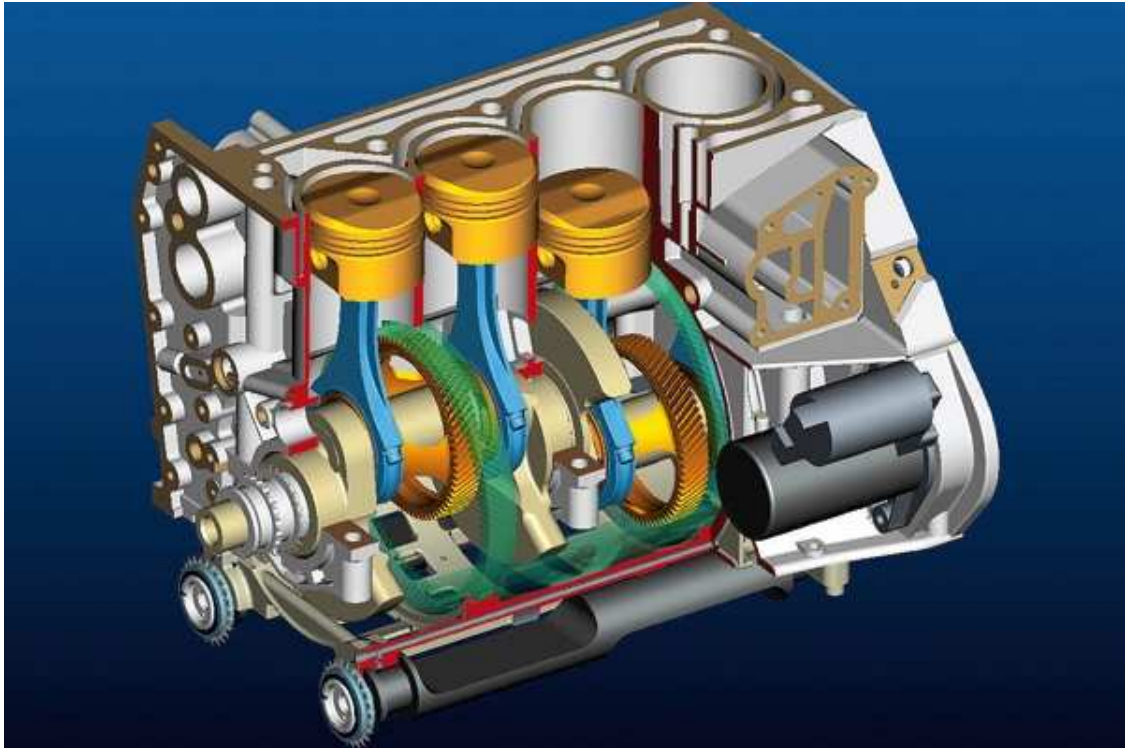


Θάλαμος καύσης

Ο όγκος του θαλάμου καύσης σε σχέση προς τον όγκο εκτόπισης του εμβόλου καθορίζει τον λόγο συμπίεσης του κινητήρα. Ο όγκος εκτόπισης του εμβόλου είναι αυτός που σαρώνεται σε μία διαδρομή. Ο λόγος του μεγαλύτερου δυνατού όγκου – με το έμβολο στο χαμηλότερο σημείο του- προς τον μικρότερο δυνατό όγκο-με το έμβολο στο ανώτερο σημείο- ονομάζεται λόγος συμπίεσης. Ο λόγος συμπίεσης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η θεωρητική απόδοση του κύκλου του κινητήρα.

Έμβολα

Τα έμβολα έχουν μορφή ανεστραμμένου κυπέλλου και είναι από χάλυβα ή κράμα αλουμινίου. Το επάνω άκρο τους (κεφαλή)

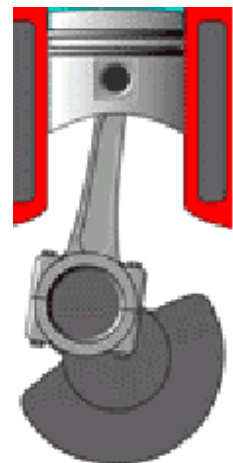


σχηματίζει την κατώτερη επιφάνεια του θαλάμου καύσης και δέχεται τη δύναμη από τα καυσαέρια. Η εξωτερική επιφάνεια εφαρμόζει στο εσωτερικό του κυλίνδρου, ενώ ειδικοί δακτύλιοι, τοποθετημένοι σε αύλακες της επιφάνειας αυτής, στεγανοποιούν τον υπερκείμενο χώρο. Σε ειδικές ενισχυμένες υποδοχές στα πλευρά του εμβόλου προσαρμόζεται πείρος από σκληρυσμένο χάλυβα, που διαπερνά το ένα άκρο του διωστήρα.

Διωστήρας (μπιέλα) και στροφαλοφόρος άξονας

Ο κατασκευασμένος από σφυρήλατο χάλυβα διωστήρας συνδέει το έμβολο με τον αντίστοιχο στρόφαλο της ατράκτου, μετατρέποντας έτσι την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική του στρόφαλου.

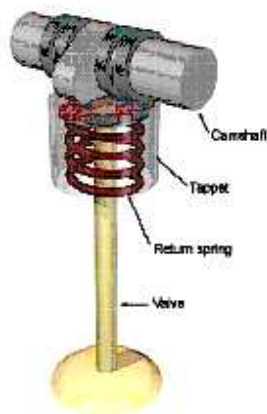
Κάθε διωστήρας στον ευθύγραμμο κινητήρα, ή κάθε ζεύγος διωστήρων στον κινητήρα τύπου V, συνδέεται με έναν στρόφαλο της ατράκτου. Κάθε στρόφαλος αποτελείται από έναν πείρο, που συνδέεται με τον



αντίστοιχο διωστήρα και από δύο ακτινικές μάζες, εκατέρωθεν του στροφαλοφόρου άξονα, που στρέφονται γύρω από κύριους τριβείς, ή τριβείς βάσης. Η θέση κάθε στρόφαλου κατά μήκος του στροφαλοφόρου εξαρτάται από τη σειρά ανάφλεξης των κυλίνδρων.

Η σειρά ανάφλεξης υπαγορεύεται πρωτίστως για λόγους κατανομής ισχύος, στρεπτικών ταλαντώσεων και τάξης ζυγοστάθμισης έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κραδασμοί. Υπάρχει μια τυπική σειρά ανάφλεξης κατά τον τετρακύλινδρο κινητήρα όπου είναι 1-3-2-4 και για τον εξακύλινδρο 1-5-3-6-2-4, που δείχνει την πρακτική της εναλλαγής διαδοχικών θέσεων των κυλίνδρων. Η ευστάθεια του στροφαλοφόρου βελτιώνεται με την προσθήκη αντίβαρων και προσθήκη κατάλληλων συστημάτων αντιστάθμισης.

Ο σχεδιασμός του στροφαλοφόρου καθορίζει και το μήκος διαδρομής του εμβόλου. 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 διαμέτρου του.



Βαλβίδες, ωστήρια και ζύγωθρα

Στον κινητήρα με βαλβίδες στην κεφαλή, τα ωστήρια που συνδέονται με τα αντίστοιχα έκκεντρα κινούνται κατακόρυφα μέχρι να συναντήσουν τα ζύγωθρα, που είναι πάνω στην κεφαλή των κυλίνδρων. Τα τελευταία συνδέονται στο άλλο άκρο τους με τα στελέχη

των βαλβίδων και μεταδίδουν σε αυτές την κίνηση από το αντίστοιχο έκκεντρο. Ανάμεσα στο στέλεχος και στο ζύγωθρο προβλέπεται διάκενο, για το κατάλληλο κλείσιμο των βαλβίδων, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του κινητήρα.

Η βαλβίδα εισαγωγής πρέπει να είναι ανοιχτή όταν το έμβολο κατέρχεται κατά τον χρόνο εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής να είναι ανοιχτή όταν το έμβολο ανέρχεται κατά τον χρόνο εξαγωγής. Θα φαινόταν φυσικό επομένως το ανοιγοκλείσιμο να γίνεται στα κατάλληλα άνω και κάτω νεκρά σημεία. Ο χρόνος όμως για το ανοιγοκλείσιμο των βαλβίδων καθώς και η υψηλή ταχύτητα στην έναρξη και τη λήξη της ροής των αερίων απαιτούν οι διαδικασίες του ανοίγματος να προηγούνται ελαφρώς του άνω νεκρού σημείου, ενώ οι αντίστοιχες του κλεισίματος να έπονται του κάτω νεκρού σημείου. Έτσι, οι φάσεις ανοίγματος γίνονται νωρίτερα και οι αντίστοιχες του κλεισίματος καθυστερούν λίγο, ώστε με κατάλληλη διαμόρφωση το έκκεντρο να επιτρέπει προοδευτικό αρχικό άνοιγμα και το τελικό κλείσιμο. Άλλος λόγος που επιβάλλει το πρωθύστερο του ανοίγματος και κλεισίματος είναι η αρτιότερη πλήρωση και εκκένωση των κυλίνδρων.

Εκκεντροφόρος

Ο εκκεντροφόρος που ανοιγοκλείνει τις βαλβίδες παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο. Το ανοιγοκλείσιμο των βαλβίδων συμπληρώνεται σε μια περιστροφή του εκκεντροφόρου.

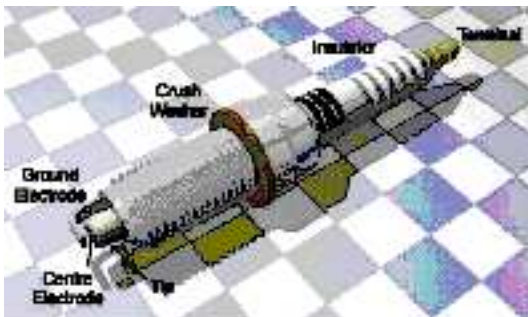
Σφόνδυλος

Σε κάθε παλινδρομικό κινητήρα η ροπή (δύναμη περιστροφής) εξασκείται διακεκομμένα κάθε φορά που γίνεται κάπου έναυση. Στα ενδιάμεσα διαστήματα, το ανερχόμενο κατά τη συμπίεση έμβολο και η αντίσταση του φορτίου ασκούν αρνητική ροπή. Η εναλλάξ επιτάχυνση από τις ώσεις ισχύος και στη συνέχεια η επιβράδυνση που οφείλεται στη συμπίεση, έχουν ως αποτέλεσμα ανομοιόμορφη περιστροφή. Ο ρόλος του σφονδύλου που είναι προσαρμοσμένος στο άκρο του στροφαλοφόρου, είναι να

εξουδετερώνει την ανομοιομορφία της κίνησης. Ο σφόνδυλος είναι ένας βαρύς χυτοσίδηρος τροχός. Η μάζα του έχει αρκετή αδρανειακή ορμή, ώστε να ανθίσταται στις μεταβολές της ταχύτητας περιστροφής του, αναγκάζοντας έτσι τον στροφαλοφόρο να στρέφεται με σταθερή ταχύτητα.

Τριβείς

Ο στροφαλοφόρος άξονας έχει επιφάνειες τριβής σε κάθε πείρο του στροφάλου και στα έδρανα. Τα έδρανα υπόκεινται σε μεγάλα φορτία λόγω των δυνάμεων που ασκούνται από τα έμβολα καθώς και λόγω του βάρους του στροφαλοφόρου και του σφονδύλου. Ένα πολύ μικρό διάκενο ανάμεσα στις επιφάνειες τριβής επιτρέπει την παρουσία ενός λεπτού στρώματος από λιπαντικό έλαιο.



Σύστημα ανάφλεξης

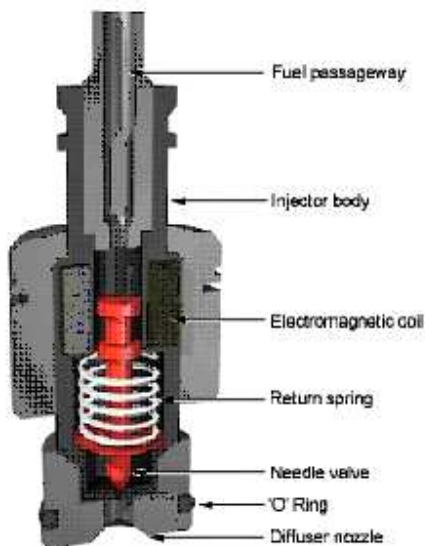
Τα ηλεκτρικά συστήματα ανάφλεξης είναι μαγνητικά ή συστήματα συσσωρευτή και πηνίου. Το μαγνητικό σύστημα είναι αυτοδύναμο και χρειάζεται μόνο τους σπινθηριστές και την καλωδίωση, ενώ το σύστημα συσσωρευτή και πηνίου συνεπάγεται χρήση πολλών εξαρτημάτων. Το κύκλωμα περιλαμβάνει τον συσσωρευτή, έναν πόλο του οποίου γειώνεται, ενώ ο άλλος οδηγεί μέσω διακόπτη στην πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου και σε έναν αυτόματο διακόπτη.

Ο σπινθηριστής λειτουργεί κάτω από αντίξοες συνθήκες. Είναι εκτεθειμένος στις υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις του θαλάμου καύσης καθώς και στις ρυπαντικές ιδιότητες των προϊόντων της

καύσης. Απαιτεί επομένως μεγαλύτερη συντήρηση και είναι συνήθως το πλέον βραχύβιο εξάρτημα του βενζινοκινητήρα.

Το σύστημα έναυσης με πυκνωτή παρέχει σπινθήρα με μεγάλη ένταση, καθιστώντας έτσι ευκολότερη την έναυση ενός ψυχρού ή υπερπληρωμένου με καύσιμο κυλίνδρου. Συνεχίζει να προκαλεί σπινθήρα ακόμη και όταν στα ηλεκτρόδιά του σπινθηριστή υπάρχουν αποθέσεις ή έχει μεγαλώσει το διάκενο. Άλλα πλεονεκτήματα είναι ο μεγαλύτερος χρόνος ζωής του σπινθηριστή, καλύτερη έναυση για μεγαλύτερη περιοχή ταχυτήτων και μεγαλύτερη αντοχή στην υγρασία.

Το μαγνητικό σύστημα είναι μια γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος με μόνιμο μαγνήτη, για τη λειτουργία των σπινθηριστών. Το σύστημα αυτό απαιτεί μόνο σπινθηριστές, καλώδια και διακόπτες.



Εξαεριωτής

Ο εξαεριωτής της βενζίνης είναι διάταξη που εισάγει καύσιμο σε ρεύμα αέρα, καθώς αυτός εισρέει στον κινητήρα. Ο πλωτήρας, που ενεργοποιεί την βαλβίδα, διατηρεί τη στάθμη της βενζίνης σε κατάλληλο επίπεδο. Ο αέρας που εισρέει προσπερνά τη βαλβίδα ρύθμισης της παροχής- τύπου πεταλούδας- και προωθείται προς τους κυλίνδρους. Κατά τη διέλευσή

του από τον λαιμό του σωλήνα βεντούρι, ο αέρας επιταχύνεται, δημιουργώντας υποπίεση και προκαλώντας έτσι την έγχυση καυσίμου από τον αναβλυστήρα.

Ψεκασμός καυσίμου

Συστήματα με ψεκασμό βενζίνης, στα οποία το καύσιμο προωθείται με αντλία και ψεκάζεται κατ' ευθείαν στον κύλινδρο, είχαν χρησιμοποιηθεί σε μηχανές αεροπλάνων πριν από τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο. Η απόδοση των κινητήρων αυτών ήταν εξαιρετική, αλλά το μεγάλο κόστος τους, σε σχέση με τον κινητήρα με εξαεριωτήρα, περιορίσε τη διάδοσή τους.

Ένα σύγχρονο σύστημα ψεκασμού μπορεί να αποτελείται από μια απλή αντλία με ανάλογο σύστημα διανομής ή από πολλαπλές αντλίες.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα ψεκασμού της βενζίνης είναι: οικονομία καυσίμου λόγω ακριβέστερης αναλογίας καυσίμου προς αέρα, περισσότερη ισχύς λόγω της μη θέρμανσης του καυσίμου, αποφυγή τυχόν στερεών αποθέσεων και, τέλος, πιο ομοιόμορφη και άμεση τροφοδοσία καυσίμου μίγματος στους κυλίνδρους.

Υπερτροφοδότης

Ο βαθμός πλήρωσης με αέρα σε έναν κινητήρα αυτοκινήτου φθάνει στο μέγιστο-λίγο παραπάνω από 80%- όταν η ταχύτητα του είναι η μισή περίπου της μέγιστης δυνατής, ενώ μειώνεται σημαντικά σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Η μείωση αυτή του εισαγόμενου αέρα, με την αύξηση της ταχύτητας, έχει ως αποτέλεσμα ανάλογες μεταβολές στη ροπή στρέψης στον στροφαλοφόρο άξονα. Έτσι η ισχύς φθάνει σε μια μέγιστη τιμή καθώς η ταχύτητα του κινητήρα αυξάνει. Σε ταχύτητες πάνω από την οριακή, η ανά κύκλο τροφοδοσία με αέρα ελαττώνεται τόσο γρήγορα ώστε η αποδιδόμενη ισχύς να είναι μικρότερη από τη αντίστοιχη σε χαμηλότερες ταχύτητες. Η ανικανότητα του κινητήρα να δεχθεί την απαραίτητη ποσότητα αέρα στις υψηλές ταχύτητες περιορίζει την απόδοσή του.

Το μειονέκτημα αυτό παρακάμπτεται με τη βοήθεια του λεγόμενου υπερτροφοδότη, δηλαδή μιας αεραντλίας, ή ενός φυσητήρα που αυξάνει την πίεση του αέρα ο οποίος εισέρχεται στους κυλίνδρους, επομένως και την ποσότητά του. Ο στροβιλοτροφοδότης χρησιμοποιεί έναν αεριοστρόβιλο, που λειτουργεί με τα καυσαέρια, για να κινήσει έναν φυγοκεντρικό φυσητήρα. Ο κινητήρας με υπερτροφοδότη αποκτά μεγαλύτερη ισχύ και λειτουργεί με μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου. Οι κινητήρες των αεροπλάνων υπερτροφοδοτούνται συνήθως και με κοινούς φυσητήρες και με στροβιλοτροφοδότες, για να εξασφαλίζουν ομαλή λειτουργία στα μεγάλα ύψη.

Σύστημα ψύξης

Οι κύλινδροι των ΜΕΚ χρειάζονται ψύξη. Οι περισσότεροι βενζινοκινητήρες είναι υγρόψυκτοι. Το υγρό κυκλοφορεί γύρω από τους κυλίνδρους απάγοντας θερμότητα, την οποία αποδίδει στο ψυγείο του κινητήρα. Το κύκλωμα περιλαμβάνει συνήθως θερμοστάτη για να κρατά τη θερμοκρασία στα χιτώνια των κυλίνδρων σταθερή. Στο σύστημα ψύξης επικρατεί συνήθως υπερπίεση για να ανυψώνει το σημείο ζέσης του ψυκτικού μέσου, έτσι ώστε το τελευταίο να διατηρείται σε υγρή κατάσταση και να διευκολύνεται η μεταφορά θερμότητας στο ψυγείο.

Ορισμένοι κινητήρες, κυρίως αεροπλάνων καθώς και μικρών μονάδων, όπως χορτοκοπτικές ή τα αλυσοπρίονα, είναι αερόψυκτοι. Η ψύξη με αέρα επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση λεπτών πτερυγίων στις εξωτερικές επιφάνειες των κυλίνδρων. Ο αέρας κυκλοφορεί ανάμεσα στα πτερύγια με τη βοήθεια φυσητήρων ή ανεμιστήρων. Οι κινητήρες των ελικοφόρων αεροπλάνων προσφέρονται ιδιαίτερα για ψύξη με αέρα από τις έλικες.

Σύστημα λίπανσης

Η λίπανση, που αποσκοπεί στη μείωση των τριβών, επιτυγχάνεται με παρεμβολή ενός υμένα ελαίου ανάμεσα στα τριβόμενα εξαρτήματα. Σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά των λιπαντικών ελαίων παίζει το ιξώδες, που όπως είναι γνωστό εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία.

Το σύστημα λίπανσης τροφοδοτείται από την ελαιολεκάνη που βρίσκεται στη χαμηλότερη στάθμη του κινητήρα. Το λιπαντικό προωθείται με αντλία συνήθως οδοντωτή, υπό πίεση, σε σύστημα αγωγών ή διαύλων.

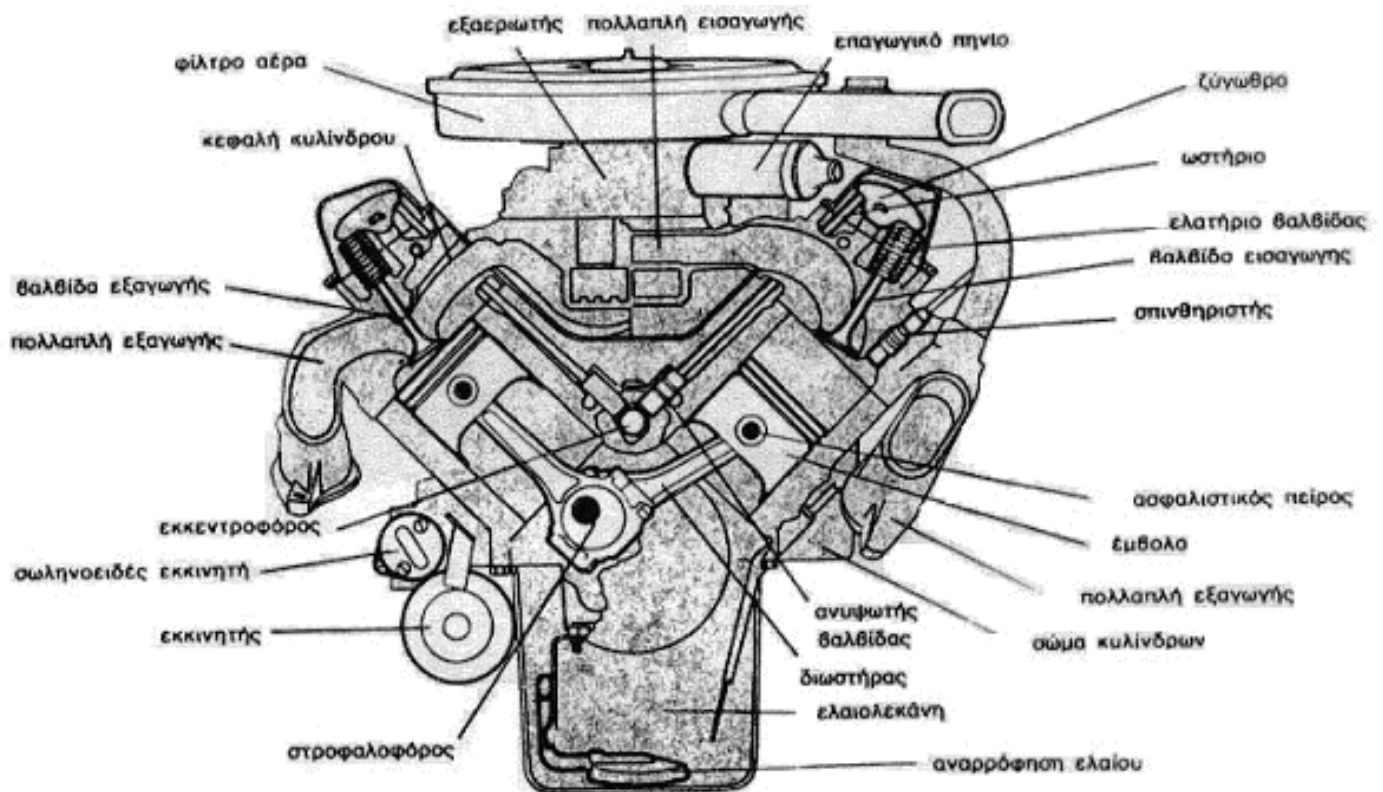
Το έλαιο προωθείται υπό πίεση στον στροφαλοφόρο και στους κύριους τριβείς του. Οι στρόφαλοι φέρουν ειδικές οπές που διευκολύνουν να φθάσει το έλαιο μέχρι τον πείρο κάθε στροφάλου. Καθώς το έλαιο εξέρχεται από τις οπές των στροφάλων εκτινάσσεται και διαβρέχει τα τοιχώματα των κυλίνδρων, τα έγκεντρα και τα έμβολα, φθάνοντας μέχρι και τους πείρους των διωστήρων. Πρόσθετα ανοίγματα στα στελέχη των έγκεντρων τροφοδοτούν με έλαιο τους υδραυλικούς μηχανισμούς ανύψωσης των ωστηρίων των βαλβίδων, αν υπάρχουν. Η πίεση του ελαίου στους υδραυλικούς αυτούς ανυψωτές διατηρείται στην επιθυμητή στάθμη με ρυθμιστικές βαλβίδες.

Σύστημα εξαγωγής

Τα καυσαέρια περνούν μέσα από τον σιγαστήρα που περιορίζει τις ηχητικές ταλαντώσεις. Ο σιγαστήρας αποσβένει τις ταλαντώσεις αυτές έτσι ώστε τα καυσαέρια να εξέρχονται σχετικά ομαλά και χωρίς μεγάλο θόρυβο. Οι συνηθέστεροι σήμερα σιγαστήρες χρησιμοποιούν θαλάμους συντονισμού που επικοινωνούν με τους χώρους διέλευσης των καυσαερίων. Από κάθε θάλαμο ξεκινούν ταλαντώσεις σε συχνότητα που καθορίζεται από τις διαστάσεις του. Οι ταλαντώσεις αυτές εξουδετερώνουν ή απορροφούν τις ταλαντώσεις του διερχόμενου ρεύματος των καυσαερίων, που έχουν την ίδια περίπου συχνότητα. Αρκετοί τέτοιοι θάλαμοι, ένας για κάθε μία από τις επικρατέστερες συχνότητες στο ρεύμα των

καυσαερίων μειώνουν αποτελεσματικά τον θόρυβο. Στο σύστημα εξαγωγής προστίθενται συχνά συσκευές ελέγχου των καυσαερίων, με σκοπό τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Σε σειρά με το σιγαστήρα τοποθετούνται κατάλληλοι καταλύτες (υλικά που διευκολύνουν επιλεκτικά επιθυμητές χημικές αντιδράσεις), έτσι ώστε να μειώνεται η εκπομπή άκαυστων υδρογονανθράκων ή μονοξειδίου του άνθρακα.





Σχήμα: εδώ βλέπουμε όλα τα μέρη του ενός κινητήρα.

2) Βασικές έννοιες της καύσεως

Όταν αναφερόμαστε στην πλήρη τέλεια καύση εννοούμε την μετατροπή των καύσιμων υλικών ουσιών με ουσίες που δεν δέχονται περαιτέρω

ενώσεις με το O_2 . Η επίτευξη τέλει καύσης αποτελεί ουσιώδη



επιδίωξη , διότι όταν μιλάμε για ατελή καύση σημαίνει μη εκμετάλλευση της χημικής ενέργειας των καυσίμων , και αυτό κατά κανόνα συνοδεύει την εμφάνιση προϊόντων καύσεως ενοχλητικών η επιβλαβών ουσιών.

Κατά την διάρκεια της καύσεως αναπτύσσονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες που βοηθούν την καύση του μείγματος και τη μετατροπή της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμική.

Τα κύρια συστατικά των συνήθων ορυκτών καυσίμων είναι τα στοιχεία άνθρακα (C) και υδρογόνο (H₂) με ελάχιστη ποσότητα θείου (S). Κατά κανόνα τα στοιχεία αυτά δεν περιλαμβάνονται στο καύσιμο μεμονωμένα , αλλά υπό μορφή χημικών ενώσεων μεταξύ τους, ιδιαιτέρως τα κύρια καύσιμα στοιχεία C και H₂, που περιλαμβάνονται πολλές φορές σε συνδυασμό με τις χημικές ενώσεις τους.

Ειδικότερα στις εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης μας ενδιαφέρουν τα υγρά καύσιμα όπως η βενζίνη , η κεροζίνη, το καύσιμο ντίζελ, κ.λ.π. γιατί αυτά δεν διαφέρουν σοβαρά μεταξύ τους ως προς την στοιχειακή τους κατάσταση, αλλά μόνο προς το είδος των υδρογονανθράκων .

ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΛΕΞΕΩΣ		
Καύσιμο	Τυπική προδιαγραφή	Συνήθης τιμή
Βενζίνη	--	-40°(
Κεροζίνη	>40°(42°(
Καύσιμο Ντίζελ	>38-55 ο(75°(
Μαζούτ 1500	>66°(75-95°(
Μαζούτ 3500	>66°(75°(

Άρα τα καύσιμα αυτά δεν εμφανίζουν σοβαρές διαφορές ούτε ως προς την ενεργειακή ούτε ως προς την στοιχειομετρική τους κατάσταση.

Σε κάθε θερμοκρασία- πίεση καύσεως υπάρχουν διαφορετικές αναλογίες των προϊόντων και των αντιδρώντων (CO , O_2 και H_2). Σε χαμηλές θερμοκρασίες η αναλογία του CO_2 είναι υψηλή . ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες η αναλογία είναι χαμηλότερη.

Έτσι στις εμβολοφόρες ΜΕΚ , των οποίων τα καύσιμα περιέχουν C και H_2 , η ύπαρξη CO και H_2 στα καυσαέρια δηλώνει ότι δεν απελευθερώθηκε όλη η χημική ενέργεια του καυσίμου.

Σε κάθε χημική αντίδραση υπάρχει μια ισορροπία που εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ολική πίεση όπου πάντοτε μετατίθεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιηθούν οποιεσδήποτε μεταβολές επιβλήθηκαν έξω από το σύστημα.



2.1) Διάσταση των προϊόντων της καύσεως στις εμβολοφόρες MEK

Με εξαίρεση του κινητήρα Diesel στα πολύ χαμηλά φορτία , σε όλες τις άλλες περιπτώσεις εμβολοφόρων MEK υπάρχει σημαντική διάσταση των προϊόντων της καύσεως, κατά την διάρκεια των φάσεων της καύσεως και της εκτόνωσης.

Δεδομένου ότι υπάρχει αρκετός χρόνος για να επιτευχθεί ισορροπία , στην θερμοκρασία που θα έχει αναπτυχθεί τότε και την κατάλληλη πίεση κατά την καύση δημιουργούνται διάφορα προϊόντα όπου είναι δύσκολο να προσδιορίσουμε την σύσταση τους, και την μορφή τους μοριακά σε αναλογία ως προς τον αέρα.

Είναι φανερό ότι υπάρχει σημαντική εξάρτηση από την θερμοκρασία για τις τιμές των 2000 K , με το όριο να μετατοπίζεται προς υψηλότερες τιμές θερμοκρασιών καθώς το μείγμα γίνεται πλουσιότερο.

Η κατάλληλη ταχύτητα αντιδράσεως και η κινητική των χημικών αντιδράσεων προϋποθέτει την ύπαρξη ενός χρονικού διαστήματος που είναι επαρκή έτσι ώστε να τελειοποιηθεί η χημική ισορροπία. Αυτό δεν συμβαίνει όμως πάντοτε.

2.2) Μετάδοση θερμότητας στις εμβολοφόρες MEK

Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στους χώρους γύρω από τον θάλαμο καύσεως των εμβολοφόρων κινητήρων , είναι απαραίτητη μια εσωτερική ψύξη τους.

Η ακτινοβολία που αναπτύσσεται είναι σημαντική όταν υφίστανται πολλά πυρακτωμένα τεμαχίδια άνθρακα κατά την καύση στον κινητήρα Diesel.

Η μεγάλη ταχύτητα εμβόλου χαρακτηρίζει την έντονη κινητική κατάσταση του αερίου στον κύλινδρο.

Σε όλους τους κύκλους εμβολοφόρων MEK, η θεωρητική αντιμετώπιση της διεργασίας της καύσεως είναι πάρα πολύ

δύσκολη. Μια πρώτη αντιμετώπιση του θέματος αυτού όχι μόνο βηματικά , για τον υπολογισμό των ποσών θερμότητας κατά την καύση συναρτήσει του χρόνου σε ένα κινητήρα είναι η χρήση ενός ημι- Εμπειρικού μοντέλου εκλύσεως θερμότητας όπου ο χρόνος είναι η μόνη ανεξάρτητη μεταβολή.

2.3) Η ροή των αερίων μέσω βαλβίδων



Όσο αφορά την ροή των αερίων μέσω των βαλβίδων : για την προσομοίωση του λεγόμενου ανοικτού τμήματος του κύκλου φάσης εναλλαγής των αερίων, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της παροχής μάζας του αέρα όταν είναι ανοιχτή η βαλβίδα εισαγωγής ή της παροχής μάζας του καυσαερίου όταν είναι ανοικτή η βαλβίδα εξαγωγής ή όταν είναι αμφότερα ανοικτές. Αναφερόμαστε δηλαδή στην περίπτωση που είτε η μία είτε η άλλη βαλβίδα είναι ανοικτές . Όταν αμφότερες είναι ανοικτές κατά την περίοδο επικάλυψης των βαλβίδων σε 4-Χ κινητήρα , ή σαρώσεως σε 2-Χ κινητήρα οπότε υπολογίζουμε την ροή ασυμπίεστη δηλαδή την πίεση μέσα στον κύλινδρο, την δημιουργηθείσα κινητική ενέργεια στο πρώτο διάφραγμα (βαλβίδα) και στα ανοίγματα βαλβίδων με την εξίσωση του Bernoulli.

Στους 4-Χκινητήρες η διάρκεια επικάλυψης των βαλβίδων είναι μικρή, οπότε και η αντίστοιχη παροχή μάζας αποπλύσεως είναι μικρή εφόσον η εξαγωγή των καυσαερίων εκτελείται κυρίως με την εκτοπιστική δράση του εμβόλου. Αντιθέτως στους 2-Χ κινητήρες υπάρχει σχετικά μεγάλη διάρκεια επικάλυψης των θυρίδων, επειδή τότε γίνεται η εκκένωση του κυλίνδρου (από το καυσαέριο του) και η νέα πλήρωσή του με νέα γόμωση, οπότε και παροχή μάζας αποπλύσεως είναι σχετικώς μεγάλη.

Εάν υπάρχει μεγάλη ανάμειξη τότε η ποιότητα αποπλύσεως είναι κακή δηλαδή έχουμε πολύ κατάλοιπο καυσαέριο , ενώ όταν το

ποσοστό του αέρα είναι μεγάλο , τότε υπάρχει μεγάλη κατανάλωση παρεχόμενου αέρα ή μείγματος αέρα καυσίμου (κυρίως στους 2-Χ κινητήρες Otto).

3) Οι ιδιότητες των καυσίμων

Σαν καύση εννοούμε την αντίδραση διαφόρων χημικών ουσιών με το οξυγόνο , τέτοια ώστε να υπάρχει ταχεία εξέλιξη και να εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά φαινόμενα καύσεως όπως π.χ σοβαρή ανύψωση της θερμοκρασίας , εμφάνιση φλόγας κτλ. Τα πιο συνηθισμένα καύσιμα υλικά που διαθέτουμε για να πραγματοποιήσουν την απαιτούμενη καύση χρησιμοποιούν το οξυγόνο από τον αέρα , σε αντίθεση με τους πυραυλοκινητήρες που μεταφέρουν το O₂ και τις εκρηκτικές ύλες που περιέχουν το απαιτούμενο O₂.

Στους περισσότερους κινητήρες χρησιμοποιούνται μόνο αέρια και υγρά καύσιμα , αν και επιχειρήθηκε πολλές φορές πειραματικά η χρησιμοποίηση στερεών καυσίμων δεν χρησιμοποιείται λόγω επιζήμιας δράσεως της τέφρας του άνθρακα πάνω στον κινητήρα. Εξάλλου η εξαέρωση των στερεών καυσίμων , για παραγωγή αερίου καυσίμων των MEK , καθιστά την όλη εγκατάσταση περίπλοκη και πολύ δαπανηρή. Όσο για την παραγωγή υγρών καυσίμων από άνθρακα δεν έχει γίνει ακόμα .

Μια τέλεια καύση του καυσίμου πραγματοποιείται μόνο όταν υπάρχει στενή επαφή μεταξύ των μορίων του καυσίμου και των μορίων O₂ του αέρα. Αυτό επιδιώκετε σε όλες τις MEK ανεξαιρέτως , για την δημιουργία όσο το δυνατόν ομοιόμορφου μείγματος καυσίμου οξειδωτικού μέσου που σημαίνει λεπτότατη διασκόρπιση των μορίων της μάζας του αέρα με το καύσιμο. Έτσι θα έχουμε μια ταχεία καύση ενός καυσίμου μείγματος εφόσον θα έχει αποκτήσει θερμοκρασία υψηλότερη από μια οριακή θερμοκρασία αναφλέξεως, που να εξασφαλίζει τέτοια ταχύτητα αντιδράσεως, ώστε να υπάρχει αρκετή ενέργεια έναντι των απωλειών προς το περιβάλλον. Η θερμοκρασία αναφλέξεως αποτελεί φυσική σταθερά του καυσίμου , εξαρτάτε από ένα

πλήθος παραγόντων όπως η σύνθεση του μείγματος, την πίεση του μείγματος, τις συνθήκες ψύξεως του χώρου καθώς και διάφορες άλλες παραμέτρους. Η θερμοκρασία αναφλέξεως σε συνάρτηση με την καθυστέρηση αναφλέξεως (δηλαδή του χρόνου που απαιτείται) μας εμφανίζουν το φαινόμενο καύσεως από τη στιγμή κατά την οποία το μείγμα απέκτησε την θερμοκρασία αναφλέξεως μέχρι την εμφάνιση της καύσεως.

Η θερμοκρασία αναφλέξεως μεταβάλλεται ετερόσημα με την καθυστέρηση αναφλέξεως, την πίεση και το μέγεθος του θαλάμου καύσεως, ενώ σε ατμόσφαιρα O₂ είναι μικρότερη από ότι σε ατμόσφαιρα αέρα.

Στους εμβολοφόρους κινητήρες έχουμε 2 τρόπους εναύσεως:

Την αυτανάφλεξη του μείγματος κατά την οποία όλη η μάζα του φέρεται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτή της ανάφλεξης χωρίς εξωτερική επέμβαση. Σημαντικό ρόλο στους κινητήρες Diesel παίζει η καθυστέρηση αναφλέξεως.

Την έξωθεν ανάφλεξη κατά την οποία σε ένα σημείο του μείγματος για ένα βραχύ χρονικό διάστημα προσάγεται ποσότητα θερμότητας τέτοια ώστε να ανυψώσει τοπικά την θερμοκρασία του μείγματος και των μορίων του μείγματος που αναφλέγονται και αυτά με την σειρά τους. Έτσι η καύση εξαπλώνεται βαθμιαία από την θέση εναύσεως σε όλη την μάζα του καυσίμου. Η περίπτωση αυτή είναι πολύ τυπική για τους κινητήρες Otto, το φαινόμενο καύσεως χαρακτηρίζεται κυρίως από την ταχύτητα διάδοσης της καύσεως – εξαπλώσεως της φλόγας, με την οποία κινείται το λεγόμενο μέτωπο της φλόγας.

Γενικά στους κινητήρες Otto χρησιμοποιούμε καύσιμα αδρανή μη αντιδρώντα ευχερώς με το οξυγόνο, ενώ στους κινητήρες Diesel εφαρμόζουν καύσιμα πιο ενεργά που αντιδρούν άμεσα με το οξυγόνο.

3.1) Αέρια καύσιμα

Τα αέρια καύσιμα χρησιμοποιούνται σήμερα σε σχετικά μικρή έκταση, λόγω κυρίως του μεγάλου ειδικού όγκου τους που δυσκολεύει την αποθήκευση και την μεταφορά τους. Γενικότερα θεωρούνται άριστα καύσιμα. Αναμειγνύονται εύκολα με τον αέρα, δεν αφήνουν υπολείμματα, δεν αλλοιώνουν το λιπαντικό έλαιο και διευκολύνουν την εκκίνηση του κινητήρα. Κάποια από τα πιο σημαντικά είναι: το φυσικό αέριο, το υγραέριο και το φωταέριο.

3.2) Υγρά καύσιμα και κατηγορίες υδρογονανθράκων

Τα υγρά καύσιμα αποτελούν σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό των χρησιμοποιούμενων καυσίμων στις ΜΕΚ, περίπου το 99% διεθνώς. Τα υγρά καύσιμα είναι κυρίως προϊόντα αποστάξεως του αργού πετρελαίου, αυτά έχουν την μεγαλύτερη δυνατή ικανότητα αποταμιεύσεως θερμικής ενέργειας. Αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από άνθρακα και υδρογόνο, δηλαδή ως μορφή υδρογονανθράκων – χημικών ενώσεων με ελάχιστες ποσότητες θειούχων, αζωτούχων και οξυγονούχων ενώσεων.

Τους υδρογονάνθρακες τους κατατάσσουμε σε τέσσερις κατηγορίες: Παραφίνες, Ναφθένες, Ολεφίνες και Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες.

3.3) Απόσταξη αργού πετρελαίου – Προϊόντα αποστάξεως

Η παραγωγή διαφόρων υγρών καυσίμων που προκύπτουν από την επεξεργασία του πετρελαίου γίνεται πάντα υπό ατμοσφαιρική πίεση. Με την κλασματική απόσταξη διαχωρίζουμε φυσικά τα διάφορα προϊόντα της αποστάξεως όπως το υγραέριο, η βενζίνη, η κεροζίνη, το καύσιμο Diesel και ένα βαρύ πυκνόρρευστο κατάλοιπο. Το παχύρρευστο αυτό υγρό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καύση ή για την παραγωγή άλλων διαφόρων ποιοτήτων του καυσίμου λεβήτων. Επίσης κατά την διάρκεια της πρώτης

αποστάξεως η πρώτη ύλη που λαμβάνουμε είναι τα λιπαντικά έλαια και ως τελικό υπόλειμμα η άσφαλτος.

Η αναλογία με την οποία λαμβάνονται τα πιο πάνω αποστάγματα όπως και οι ιδιότητες τους εξαρτώνται από την σύνθεση του αργού πετρελαίου από το οποίο προέρχονται. Τα σύγχρονα διυλιστήρια πετρελαίου υποβάλουν τα πρώτα προϊόντα της φυσικής αποστάξεως σε ορισμένες κατεργασίες βελτίωσης και σε διάφορους χημικούς μετασχηματισμούς.

Οι μετασχηματισμοί αυτοί συνήθως είναι διάσπαση μεγάλων μορίων σε μικρότερα ή σύνθεση νέων μορίων από άλλα μικρότερα. Έτσι αντιμετωπίζετε σήμερα, διεθνώς η μεγάλη ζήτηση βενζίνης υψηλής κρουστικής ικανότητας.

Για την βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων προστίθενται στα καύσιμα, σε μικρές ποσότητες, διάφορα ειδικά προσθέματα. Σημαντικές ιδιότητες των καυσίμων αποτελούν: η πτητικότητα που εκφράζει το ποσοστό που αποστάζεται κάτω από μία ορισμένη θερμοκρασία, το σημείο αναφλέξεως που είναι η κατώτερη θερμοκρασία στην οποία παράγονται αρκετοί ατμοί σε πειραματικές συνθήκες ώστε να αναφλέγονται προς στιγμήν και το σημείο καύσεως όπου η καύση συνεχίζεται μετά την ανάφλεξη.

Ένα άλλο προϊόν της αποστάξεως του πετρελαίου είναι η **βενζίνη**.

Η βενζίνη είναι ένα κλασικό καύσιμο των κινητήρων Otto, είναι το ελαφρότερο και το περισσότερο πτητικό εκ των υγρών καυσίμων. Λαμβάνετε κατά την απόσταξη μετά το υγραέριο. Περιέχει υδρογονάνθρακες με 5 έως 12 άτομα C και σημείο ζέσεως μεταξύ 30-200 C. Έχει πυκνότητα 0,70 / 0,76 kg/l και κατώτερη θερμογόνο δύναμη 42000-44000 kJ/kg. Βασική ιδιότητά της είναι η πυκνότητα που είναι απαραίτητη για τον εύκολο σχηματισμό και την ομοιομορφία του μείγματος. Δεν πρέπει όμως να υπερβαίνει κάποια όρια γιατί υπάρχει κίνδυνος εμφανίσεως αποφράξεως, σε ορισμένα σημεία του συστήματος η προσαγωγή βενζίνης –σχηματισμού μείγματος έχει σαν αποτέλεσμα την

ανώμαλη λειτουργία του κινητήρα ή και την διακοπή του. Αποτελεί προϊόν μεγάλης καθαρότητας ,δεν έχει μεγάλη λιπαντική ικανότητα λόγω μικρής συνεκτικότητας αλλά έχει μεγάλη σταθερότητα έναντι οξειδώσεως, ενώ επιδιώκεται πάντοτε μεγάλη αντοχή έναντι κρουστικής καύσεως που αποτελεί και το κυριότερο κριτήριο διακρίσεως της βενζίνης .

Το καύσιμο ντίζελ που είναι γνωστό και ως αερίελλαιο είναι το επόμενο προϊόν αποστάξεως έχει μεγαλύτερη πυκνότητα ,λίγο μικρότερη θερμογόνο δύναμη και μικρότερη καθαρότητα. Διαθέτει επαρκή συνεκτικότητα για την λίπανση των διαφόρων τμημάτων τους συστήματος αλλά και σε αυτό υπάρχουν ορισμένα όρια ώστε να έχει εύκολη διασκόρπιση εντός της μάζας του αέρα κατά την έγχυση στον κύλινδρο και την απαίτηση περιορισμού της απώλειας καυσίμου λόγω διαφυγών .

Σημαντική ιδιότητα του αποτελεί η δραστικότητα του ως προς το O₂ η οποία αποτελεί και το κυριότερο κριτήριο για την διάκριση διαφόρων ποιοτικών καυσίμου ντίζελ και επιπλέον πρέπει να έχει αυξημένη πτητικότητα για να εξασφαλίσει την τέλεια καύση σε πολύ βραχύ χρονικό διάστημα, με μειωμένη συνεκτικότητα και αυξημένη καθαρότητα.

Εκτός από τα συνηθισμένα προϊόντα του αργού πετρελαίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα **ειδικά καύσιμα** :

Το βενζόλιο που παράγεται από ξηρά απόσταξη λιθανθράκων.

Χρησιμοποιείτε σε ανάμειξη με την βενζίνη για την παρασκευή ειδικών καυσίμων για κινητήρες Otto.

Οι αλκοόλες που είναι ενώσεις άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου.

Έχουν μεγάλη θερμότητα ατμοποίησης και επομένως δίνουν καλύτερο βαθμό πληρώσεως του κυλίνδρου λόγω ισχυρής ψυκτικής δράσεως και έτσι καθιστάν αυτές ανώτερες της βενζίνης από αυτήν την άποψη, οπότε έτσι εξηγείται και η συχνή χρήση μεθανόλης σε κινητήρες Otto αυτοκινήτων αγώνων.

Παραγωγή **συνθετικής βενζίνης** όπου επιτυγχάνονται καύσιμα Otto όλων των ποιοτήτων με τις επιθυμητές ιδιότητες , η

παραγωγή τους και η χρησιμοποίησή τους όμως είναι ακόμη περιορισμένη.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και εναλλακτικά καύσιμα που παράγονται από τον άνθρακα, τις πισσώδεις άμμους ή τα φυτικά έλαια. Όμως καθώς ενδιαφερόμαστε περισσότερο για την τελική χρήση του καυσίμου παρά για το πώς παράγεται ή από πού προέρχεται, θεωρούνται συνήθως εναλλακτικά καύσιμα, αντί των υγρών υδρογονανθράκων.

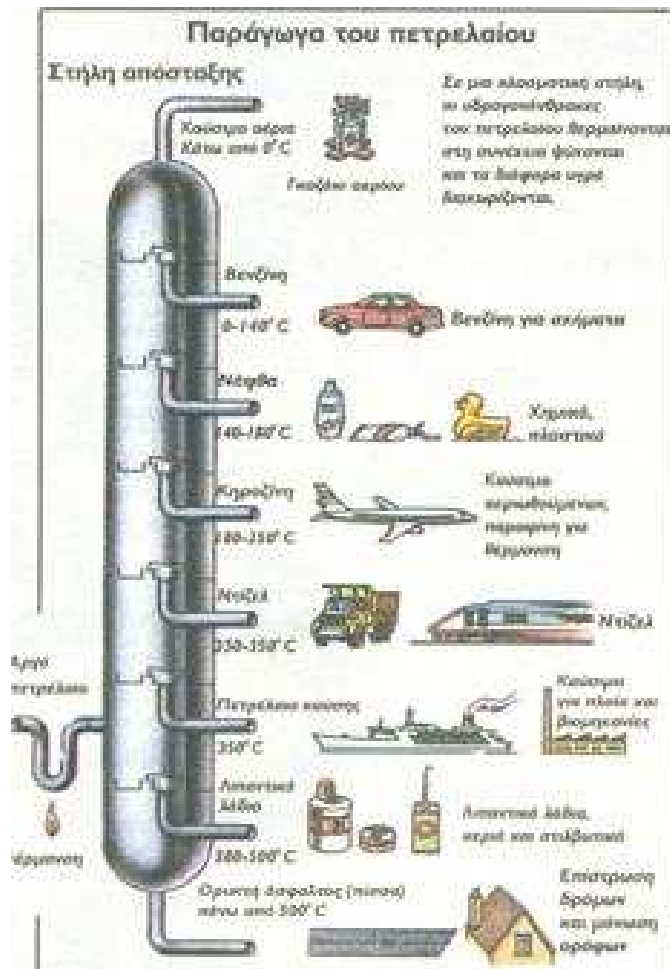
Σημαντικά εναλλακτικά καύσιμα είναι το υδρογόνο, το μεθάνιο ή το φυσικό αέριο, το προπάνιο ή το υγραέριο και οι αλκοόλες, όπως επίσης οι ενώσεις βαρίου που χρησιμοποιούνται μόνο σε στρατιωτικές εφαρμογές, ενώ οι νιτροπαραφίνες βρίσκουν εφαρμογές σε κινητήρες αυτοκινήτων αγώνων.

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται από την χρήση των εναλλακτικών καυσίμων αφορούν συνήθως το κόστος αποθηκεύσεως και διανομής.

Το υδρογόνο, το προπάνιο και η αλκοόλη αποτελούν καλά καύσιμα για τους κινητήρες Otto και πτωχά για τους κινητήρες diesel. Με εξαίρεση το υδρογόνο, όλα βρίσκονται σήμερα σε χρήση σε μερικές εφαρμογές όπου το καύσιμο μπορεί να παραχθεί με χαμηλό κόστος σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα ώστε να αντισταθμίσει το υψηλό κόστος αποθηκεύσεως -διανομής.

Το υδρογόνο αποτελεί ενδιαφέρον καύσιμο μελλοντικά γιατί μπορεί να παραχθεί με την χρήση ηλιακής ενέργειας ή πυρηνικής ενέργειας και η καύση του δεν προσθέτει διοξείδιο του άνθρακα στο περιβάλλον.

Οι αέριοι υδρογονάνθρακες χρησιμοποιούνται ευρέως. Η αιθανόλη χρησιμοποιείται εντατικά στην Βραζιλία η οποία δεν διαθέτει αποθέματα άνθρακα ή αργού πετρελαίου για την παραγωγή συμβατικών καυσίμων και παράγεται από το ζαχαροκάλαμο.



4) Διαδικασία καύσης σε κινητήρα ΟΤΤΟ και διαμόρφωση θαλάμου καύσης



Σε ένα κινητήρα Otto έχουμε πάντοτε εξωτερική ανάφλεξη, συνήθως κατά την διάρκεια δύο πλήρων διαδρομών του εμβόλου, συμπίεσης και αναρρόφησης, όπου το ομοιόμορφο μείγμα καυσίμου αέρα, έχει ήδη προετοιμαστεί έξω από τον κύλινδρο μέσω του μηχανικού συστήματος εγχύσεως αλλά υπάρχει και ο άμεσος ψεκασμός με τον οποίο η σύσταση του μείγματος γίνεται μέσα στο χώρο καύσης. Το φαινόμενο της καύσεως γίνεται από την ταχύτητα εξάπλωσής της από την θέση της αρχικής κατάστασης έως τα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως. Η ταχύτητα εξαρτάται από τον ρυθμό μετάδοσης της θερμικής ενέργειας μέσα στον κύλινδρο, από τον ρυθμό εκλύσεως θερμότητας της καύσεως και από το ρυθμό απαγωγής προς το περιβάλλον.

Εφόσον το μείγμα είναι αναφλέξιμο δηλαδή επιτρέπει την ταχεία εξάπλωση της καύσεως στον κύλινδρο τότε θα έχουμε ικανοποιητική λειτουργία του κινητήρα. Πάντα αυτό εξαρτάτε από τις επικρατούσες συνθήκες και κυρίως από την σύνθεση του μείγματος ενός ορισμένου καυσίμου και αέρα.

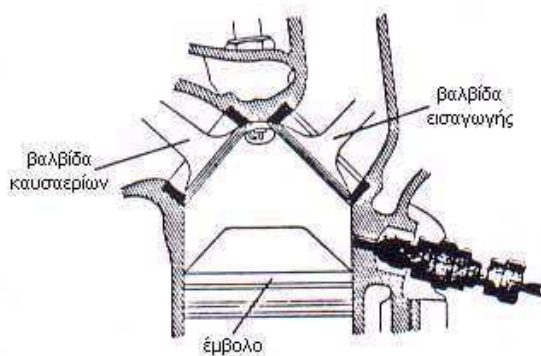
Το μείγμα πρέπει να είναι μέσα στα όρια αναφλεξιμότητας δηλαδή ούτε φτωχό αλλά ούτε και πολύ πλούσιο. Τα όρια του καυσίμου εξαρτώνται από την σύνθεση του μείγματος, την πίεση και την θερμοκρασία του μείγματος, την ύπαρξη αδρανών, την ψυκτική δράση των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσεως κ.α. Κατά κανόνα η αύξηση της πίεσεως δεν μεταβάλλει σημαντικά τα όρια αλλά βοηθάει στην εξάπλωση της αναφλέξιμης περιοχής. Η θερμοκρασία λειτουργεί όμοια, η ύπαρξη αδρανών συρρικνώνει την αναφλέξιμη περιοχή λόγω μειώσεως της θερμοκρασίας της φλόγας, όμοια και η επίδραση της ψυκτικής δράσεως.

Μετά από πειραματικά δεδομένα σε εργαστηριακές συσκευές ή πραγματικούς κινητήρες προκύπτει σαν συμπέρασμα ότι η αναφλέξιμη περιοχή περιέχει πάντοτε μια στοιχειομετρική αναλογία. Στους κινητήρες Otto περιορίζεται, σημαντικό ρόλο παίζει εδώ η ύπαρξη παραμένου καυσαερίου, οπότε πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την κατασκευή και την λειτουργία του κινητήρα. Δεδομένου ότι έχουμε μια σχετικά άνετη

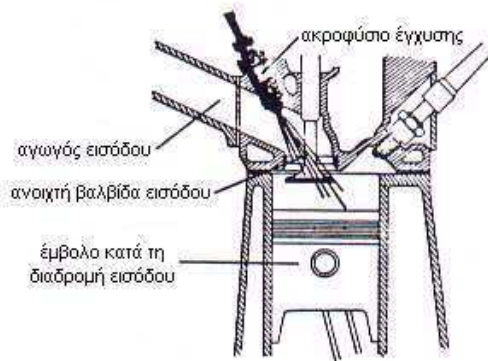
προετοιμασία του μείγματος, επιτυγχάνεται άριστη ανάμειξη με αποτέλεσμα την τέλεια καύση όπου έχουμε κατά κανόνα την βέλτιστη απόδοση του κινητήρα και μέγιστη ισχύ.

Η λειτουργία του κινητήρα υπό ελαφρά έλλειψη αέρα, δεν τον ενοχλεί διότι στον κινητήρα Otto ως προϊόντα ατελούς καύσης έχουμε μόνο αέρια συστατικά. Η λειτουργία όμως αυτή είναι βλαβερή για την ανθρώπινη υγεία λόγω της τοξικότητας και τον διαφόρων δράσεων των αερίων αυτών.

4.1) Σύστημα εναύσεως του καύσιμου μείγματος



Σχ. 2



Σχ. 3

Οι απαιτήσεις για το σύστημα σχηματισμού του μείγματος είναι η πλήρη ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα για την παρασκευή ομοιόμορφου μείγματος, και η τήρηση της σύνθεσης του μείγματος να είναι περίπου σταθερή.

Οι αεριομηχανές δεν παρουσιάζουν προβλήματα στο σχηματισμό του μείγματος λόγω καλής ανάμειξης των δύο αερίων καυσίμου αερίου και αέρα. Το σύστημα σχηματισμού του μείγματος γίνεται κατά κανόνα μέσα μιας ειδικής βαλβίδας αναμείξεως- εισαγωγής μέσω της οποίας επιτυγχάνεται:

1.η απαιτούμενη σύνθεση του μείγματος λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικές ιδιότητες και τις πιέσεις αυτών

2.η αποτροπή του αέρα από την σωλήνωση του καύσιμου αερίου για να μην υπάρχει κίνδυνος εκρήξεως ιδιαίτερα σε μεγάλες μηχανές, αλλά να επιτρέπεται η εισροή αερίου προς τον κύλινδρο μόνο εφόσον θα υπάρχει ήδη ρεύμα αέρα προς αυτόν.

3.Θα πρέπει μέσω μιας δικλείδας να μεταβάλλεται και να ρυθμίζεται ως προς το φορτίο της μηχανής –στρεπτικής ροπής , η πίεση του μείγματος καθώς εισέρχεται στον κύλινδρο καθώς και η μάζα γόμωσης του κυλίνδρου, η οποία αντιστοιχεί στο έργο μιας περιόδου. Αναγκαστικά θα πρέπει να υπάρχουν δύο δικλείδες μία για το καύσιμο αέριο και μία για τον αέρα.

Όσο αφορά τις μηχανές υγρού καυσίμου δηλαδή τις βενζινομηχανές που αποτελούν την πλειοψηφία των κινητήρων Otto, οι συνθήκες δυσχεραίνουν γιατί απαιτείται λεπτότατη διασκόρπιση του υγρού καυσίμου μέσα στην μάζα του αέρα για την επίτευξη καλού μείγματος όπως επίσης και την εξαέρωση του . Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε ακόμη και σήμερα τον εξαεριωτή που βρίσκεται στον σωλήνα αναρροφήσεως του αέρα και λειτουργεί με την κινητική ενέργεια του αέρα

Οι ατέλειες οι οποίες παρουσιάζει ο σχηματισμός του μείγματος με τον εξαεριωτή ιδιαίτερα, στους αεροπορικούς κινητήρες λόγω συχνών και μεγάλων μεταβολών υψομέτρου , χαμηλών θερμοκρασιών στα μεγάλα ύψη και αδυναμίας τήρησης σταθερής στάθμης στην δεξαμενή της βενζίνης κατά την πτήση υπό μεγάλη κλίση, οδήγησαν αρκετά νωρίς στην προσπάθεια εισαγωγής μέσω της αντλίας εγχύσεως της βενζίνης. Σε αυτό το σύστημα η βενζίνη εγχύεται υπό πίεση με την βοήθεια αντλίας στην μάζα του αέρα, διασκορπίζετε σε μικρά σταγονίδια τα οποία εξατμίζονται γρήγορα και δίνουν το κατάλληλο καύσιμο μείγμα την επιθυμητή χρονική στιγμή.

Αυτά τα συστήματα διακρίνονται σε :

- Συστήματα απλού σημείου έγχυσης της βενζίνης , αδιάκοπη ή διακοπτόμενη ανάλογα με τον τύπο του συστήματος , τον αριθμό και το φορτίο του κινητήρα στην κατάλληλη θέση .

- Συστήματα πολλαπλού σημείου εγχύσεως στα οποία η βενζίνη εγχύεται ξεχωριστά σε κάθε κύλινδρο στον σχετικό οχετό.
- Σύστημα άμεσης έγχυσης που χρησιμοποιείται σπανιότερα

Στα συστήματα εμμέσου εγχύσεως η έγχυση γίνεται κατά την διάρκεια της αναρρόφησης του κυλίνδρου μετά το κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής ανάλογα με τον τύπο του συστήματος και το φορτίο του κινητήρα.

Στα συστήματα άμεσου εγχύσεως η έγχυση πραγματοποιείται κατά την διάρκεια της συμπίεσεως .

Στον κινητήρα Otto η έναυση του μείγματος γίνεται πάντοτε με την βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα ο οποίος δημιουργείται την κατάλληλη στιγμή στο διάκενο μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων και ενός σπινθηριστή ο οποίος στηρίζεται στο κάλυμμα του κυλίνδρου με τέτοιο τρόπο ώστε το διάκενο να βρίσκεται σε κατάλληλη επιφάνεια στην εσωτερική επιφάνεια του θαλάμου καύσεως. Η απαιτούμενη υψηλή τάση για την υπερπήδηση του διακένου είναι συνήθως 10-20 kV και γίνεται με την βοήθεια ηλεκτρικής εγκατάστασης – εγκατάσταση εναύσεως με συσσωρευτή. Που συνεργάζεται με δυναμοηλεκτρική μηχανή κινούμενη από τον κινητήρα. Σπανιότερα χρησιμοποιείται η μαγνητοηλεκτρική έναυση που λειτουργεί μέσω μαγνητοηλεκτρικής μηχανής.

Για την ασφαλή έναυση του μείγματος είναι αναγκαίος ο ηλεκτρικός σπινθήρας ικανής εντάσεως που θα δίνει στα μόρια του μείγματος την απαιτούμενη θερμική ενέργεια, η οποία προκαλεί την αρχική καύση μεγάλου μέρους του μείγματος ελκύοντας θερμική ενέργεια αρκετή για να φέρει σε θερμοκρασία ανώτερη της θερμοκρασίας αυταναφλέξεως το αμέσως επόμενο στρώμα του μείγματος , εξασφαλίζοντας έτσι την εξάπλωση της καύσεως.

Η ένταση του σπινθήρα εξαρτάται- καθορίζεται από 3 στοιχεία : την απόσταση των ηλεκτροδίων όπου κυμαίνεται μεταξύ 0,3-1,0 mm αναλόγως την περίπτωση, την ικανότητα του για απαγωγή θερμότητας και την θερμοκρασία των ηλεκτροδίων ευνοϊκή θεωρείται περίπου στους 500C και χαρακτηρίζει την

καταλληλότητα και το μέγεθος του σπινθήρα για ένα ορισμένο κινητήρα.

Κάποιες φορές χρησιμοποιούν σπινθηριστή μικρότερο από αυτόν που απαιτείται και αυτό έχει σαν συνέπεια την υψηλή θερμοκρασία των ηλεκτροδίων κι έτσι προκαλείται ανάφλεξη, ενώ άλλες φορές χρησιμοποιούν μεγαλύτερο σπινθηριστή που παρουσιάζει χαμηλές θερμοκρασίες στα ηλεκτρόδια και έχει ως συνέπεια την ρύπανση αυτών με εξανθρακώματα ελαίου. Οι εφαρμογές αυτών περιορίζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις των κινητήρων.

4.2) Ομαλή καύση και ο μηχανισμός της

Για να δουλέψει μια μηχανή σπουδαίο ρόλο παίζει η στιγμή της εναύσεως γιατί από αυτήν εξαρτάται η πορεία της πίεσης στον κύλινδρο, έτσι καθορίζεται το έργο και η απόδοση μια μηχανής. Απαιτείται πάντοτε μια «προπορεία εναύσεως» αρκετές μοίρες από το άνω νεκρό σημείο, όπου η βέλτιστη τιμή της εξαρτάτε από την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, τον βαθμό συμπίεσεως, την σύνθεση του μείγματος, το φορτίο κ.α. Όλα αυτά ,μπορούμε να τα δούμε μόνο σε πειραματικό στάδιο και συμπεραίνουμε ότι η προπορεία πρέπει να είναι τέτοια ώστε η καύση να πραγματοποιείται στο άνω νεκρό σημείο, η μέγιστη πίεση στον κύλινδρο να εμφανίζεται λίγο μετά το ΑΝΣ και η προπορεία εναύσεως πρέπει να αυξάνετε με την ταχύτητα περιστροφής. Η αυτόματη αποκατάσταση της αποτελεί μέρος της ρυθμίσεως του κινητήρα. Μια απλή ρύθμιση της προπορείας γίνεται στην αυτόματη περιστροφή του κελύφους του διακοπέα.

Κατά την καύση έχουμε δύο στάδια: στο πρώτο στάδιο βλέπουμε τον σχηματισμό πυρήνα στην φλόγα χημικής διεργασίας, αντιστοιχεί σε μία περίοδο καθυστέρησεως αναφλέξεως όπου εξαρτάται από την πίεση, την θερμοκρασία, την σύνθεση του μείγματος και την φύση του καυσίμου Ο πυρήνας θα σχηματιστεί μετά από την συμπίεση λίγο πριν την καύση. Καθώς προσπαθεί να

σχηματιστεί, μετατοπίζεται εύκολα λόγω και του μικρού μεγέθους που έχει, και μετατοπίζει και τη θέση της εναύσεως, έτσι μεταβάλλεται ο ρυθμός της καύσεως από κύκλο σε κύκλο. Αυτό το φαινόμενο ονομάζετε κυκλική διασπορά και προκαλεί μείωση της ισχύος και της ειδική κατανάλωσης του καυσίμου και έχει σαν συνέπεια την επιβράδυνση της εξάπλωσης της φλόγας, δυστυχώς αυτό το φαινόμενο δεν μπορεί να εξαλειφθεί εντελώς.

Στο δεύτερο στάδιο έχουμε την διάδοση της φλόγας στο θάλαμο καύσεως. Από την θέση εναύσεως η ανάφλεξη εξαπλώνεται μέσα στην μάζα του μείγματος προς όλες τις κατευθύνσεις, έτσι κατά την καύση του μείγματος ελκύετε τέτοια θερμική ενέργεια που βοηθάει στην προετοιμασία του αμέσως επομένου στρώματος μείγματος να αναφλέγει.. Σε κάθε στιγμή της εξελισσόμενης καύσεως έχουμε διαχωρισμό μεταξύ καμένου μέρους μείγματος το οποίο πήρε μέρος στην ανάφλεξη, και του άκαυστου μέρους μείγματος το οποίο πηγαίνει προς όλες τις κατευθύνσεις στο θάλαμο καύσεως και το ονομάζουμε μέτωπο της φλόγας.

Με την λεγόμενη ταχύτητα εξάπλωσης της φλόγας μεταδίδεται η καύση Δηλαδή η ταχύτητα μας περιγράφει πώς μεταδίδεται η φλόγα στα μόρια του μείγματος καθώς αυτά βρίσκονται σε στροβιλώδη κίνηση μέσω της τριβής που αναπτύσσεται σε συνδυασμό με την θερμότητα. Μέσα στον κύλινδρο υπάρχει μια στροβιλώδη κίνηση των μορίων που δεν σταματά ποτέ, προκαλείται από την αναρρόφηση στον κύλινδρο της βαλβίδας εισαγωγής σε συνδυασμό με την εκτοπιστική δράση του εμβόλου κατά την συμπίεση. Η κατάλληλη διαμόρφωση του οχετού, της βαλβίδας εισαγωγής ή ακόμη και των θυρίδων εισαγωγής βοηθάνε το μείγμα να αποκτήσει ακτινική περιστροφή παρότι κατά κανόνα η ένταση του στροβιλισμού μειώνετε κατά την μετάβαση από την αναρρόφηση προς την εξαγωγή των καυσαερίων. Πάντοτε υπάρχει στον κύλινδρο αρκετός στροβιλισμός.

Έτσι λοιπόν η ταχύτητα εξάπλωσης της φλόγας εξαρτάται αρχικά από τον βαθμό τύρβης στον κύλινδρο και από την μέση ταχύτητα του εμβόλου δηλαδή από τη ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

Στους κινητήρες Otto δεν έχουμε περιορισμό στην ταχύτητα περιστροφής από την πλευρά της καύσεως, η καύση διαρκεί με χρόνο αντιστρόφως ανάλογο της ταχύτητας περιστροφής και επομένως επί σταθερό διάστημα γωνίας στροφάλου.

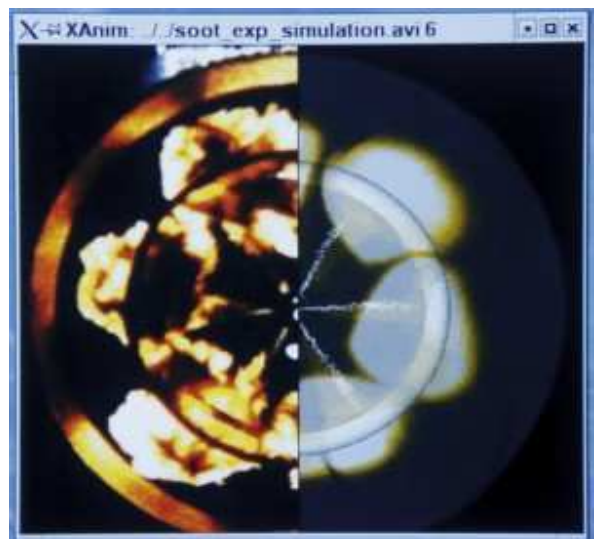
Υπάρχουν κι άλλοι δευτερεύοντες παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα εξάπλωσης της φλόγας όπως : το καύσιμο, η σύνθεση του μείγματος, η προπορεία εναύσεως, ο βαθμός συμπίεσης , η πίεση κατά την έναρξη της συμπίεσεως ,η θερμοκρασία κατά την έναρξη της συμπίεσεως η υγρασία του αέρα του περιβάλλοντος και η ύπαρξη παραμένουτος καυσαερίου.

Η μέγιστη πίεση στους κινητήρες Otto κυμαίνεται μεταξύ 35-50 bar, και επηρεάζεται από διαμόρφωση του θαλάμου καύσεως από τον αριθμό σπινθηριστών κ.α.

Επομένως η εκλογή κατάλληλων τιμών πιέσεων θα μας δώσει έναν κινητήρα ικανοποιητικής απόδοσης

4.3) Ανώμαλη καύση

Ανώμαλη καύση σε έναν κινητήρα Otto συναντάμε κυρίως σε δύο περιπτώσεις ,στην ώρα της **πυρανάφλεξης** και κατά την διάρκεια **κρουστικής καύσης** όπου θεωρείται σοβαρό πρόβλημα στην εξέλιξη της καύσεως στους κινητήρες Otto.



Πυρανάφλεξη : μη αναμενόμενη ανάφλεξη του μείγματος στον κύλινδρο, η οποία προκαλείται από θερμά-πυρακτωμένα σώματα όπως επικαθίσεις από λιπαντικά έλαια ή καύσιμο κ.α. κοντά στα τοιχώματα του θαλάμου. Δηλαδή λόγω των παραπάνω αιτιών μπορεί να προκληθεί μια μη προγραμματισμένη ανάφλεξη πριν ή μετά την προγραμματισμένη, έτσι θα έχουμε προανάφλεξη ή μετανάφλεξη.

Έτσι λέμε ότι έχουμε την **συνήθη πυρανόφλεξη** όπου δημιουργεί εστίες εναύσεως στον θάλαμο με αποτέλεσμα να εκκινεί ένα μέτωπο φλόγας ,το οποίο συνυπάρχει με άλλα μέτωπα που πήραν εκκίνηση από τον σπινθηριστή κι έτσι έχουμε μεγάλη αύξηση την πίεσεως και του θορύβου του κινητήρα , καλή μεταβίβαση θερμότητας στον θάλαμο αλλά και αυξημένες απώλειες ψύξεως με αποτέλεσμα μειωμένο έργο και βαθμό απόδοσης, στην πορεία όμως συνεχίζει να λειτουργεί ο κινητήρας εξαιτίας της συνεχιζόμενης πυρανόφλεξης.

Σπανιότερα μπορεί να έχουμε **επιταχυνόμενη πυρανόφλεξη** η οποία οφείλετε στην υπερθέρμανση μεταλλικών επιφανειών ,την αύξηση της P_{max} κατόπιν την μείωση της , την αύξηση της γωνίας προαναφλέξεως και την μείωση της ισχύος μέχρι τελικής τάσεως του κινητήρα και αυτό θα έχει καταστρεπτικές συνέπειες. Ακόμη είναι δυνατόν η πυρανόφλεξη για διάφορους λόγους να προκαλέσει **κρουστική καύση** και να δημιουργήσει πολύ δυσμενές συνθήκες στην διάρκεια της καύσης αλλά και στον κινητήρα. Επίσης η πυρανόφλεξη ευνοείται από την αύξησης της ταχύτητας περιστροφής ενώ η κρουστική καύση δέχεται κατασταλτική επίδραση. Η αύξησης του βαθμού συμπίεσης ευνοεί άλλωστε και τα δύο φαινόμενα. Υπάρχει όμως μεταξύ τους και ένα κοινό γνώρισμα ότι το ένα μπορεί να προκαλέσει το άλλο λόγω του ότι και τα δύο προκαλούν υπερθέρμανση των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσεως.

4.4) Κρουστική καύση

Είναι το φαινόμενο το οποίο χαρακτηρίζετε από μία στιγμή κατά την οποία έχουμε αιφνίδια καύση εκρηκτικής μορφής στο σημείο, μέχρι παραμένοντος άκαυστου μείγματος με ασυνεχή μετάπτωση του ρυθμού εξελίξεως της καύσεως και της σχετικής εξάπλωσης της φλόγας .Σε πειραματικό στάδιο έχουμε δει ότι το φαινόμενο αυτό συνοδεύεται από απότομη άνοδο της πίεσεως και της θερμοκρασίας στον κύλινδρο, σοβαρή αύξηση της P_{max} και εμφάνιση βίαιων κυμάτων κρούσεως με αποτέλεσμα την δόνηση

ολόκληρου του κυλίνδρου και την εμφάνιση έντονου μεταλλικού θορύβου.

Κανένας κινητήρας Otto δεν μπορεί να αντέξει σε μακρά λειτουργία με κρουστική καύση διότι, η κρουστική καύση προκαλεί αύξηση της μεταβίβασης της θερμότητας προς τα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως, λόγω αυξήσεως της πίεσης και των της κινητικότητας των μορίων του μείγματος, με αποτέλεσμα την σοβαρή υπερθέρμανση των τοιχωμάτων, την πτώση του έργου και την αύξηση της καταναλώσεως του καυσίμου. Οι συνέπειες της κρουστικής καύσης είναι πολύ σοβαρές και καταστρεπτικές προς όλο το σύστημα ενός κινητήρα και αυτό οδήγησε στην σχολαστική μελέτη του φαινομένου ανά δεκαετίες

Κατά την στιγμή της εναύσεως λίγο πριν το ANΣ συμπιέζεται το μείγμα του κυλίνδρου, ταυτόχρονα πραγματοποιείται η κανονική καύση, το αναφλεγόμενο μείγμα διογκώνεται προκαλώντας αύξηση της πιέσεως σε όλη τη μάζα του μείγματος στον κύλινδρο με περίπου ταχύτητα του ήχου, έτσι έχουμε μια ταυτόχρονη εκτοπιστική συμπίεση του άκαυστου μείγματος, λόγω της έντονης αύξησης της θερμοκρασίας κι έτσι θα προκληθεί η αυτανάφλεξη του άκαυστου μείγματος και την εμφάνιση κρουστικής καύσης.

Η κρουστική καύση εξαρτάται κυρίως από το είδος καυσίμου και από τις συνθήκες κατασκευής –λειτουργίας του κινητήρα και μπορεί να αποφευχθεί με μία υπάρχουσα καθυστέρηση της αναφλέξεως.

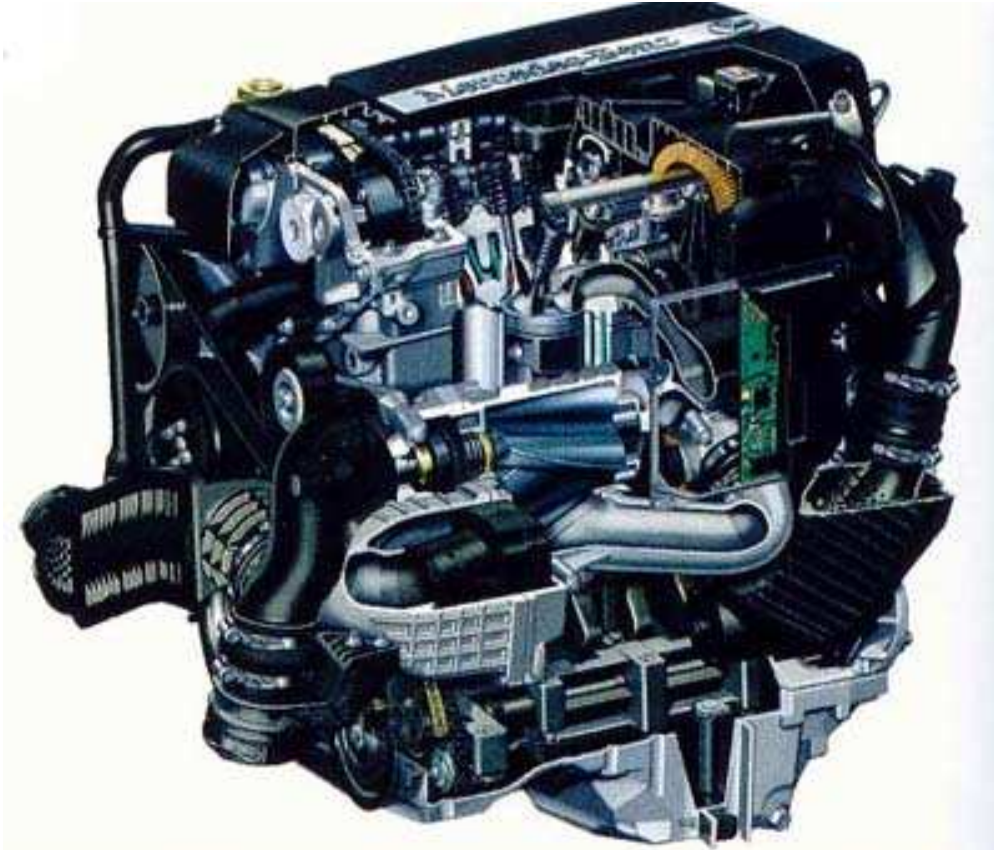
4.5) Κριτήρια του κινητήρα για την αποφυγή κρουστικής καύσης

Το πρώτο κριτήριο είναι να έχουμε όσο το δυνατόν χαμηλότερη θερμοκρασία και πίεση στον κύλινδρο για να έχουμε καλύτερη γόμωση.

Το δεύτερο κριτήριο είναι να έχουμε ταχεία εξάπλωση της καύσεως προς όλα τα σημεία του θαλάμου καύσης ώστε να μην έχουμε αυτόματη ανάφλεξη του άκαυστου μείγματος.

Έτσι προκύπτουν οι κανόνες :

- Πρέπει να υπάρχει περιορισμός στον βαθμό συμπίεσως του μείγματος τέτοιος ώστε να μην ευνοεί την κρουστική καύση σε κινητήρες Otto. Στις μέρες μας οι κινητήρες χρησιμοποιούν σύγχρονες βενζίνες με αντοχή στην αυξημένη κρουστική καύση κι έτσι έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης.
- Ο θάλαμος καύσης να έχει καλή διαμόρφωση ώστε να ευνοεί την ομοιόμορφη εξάπλωση της θερμοκρασίας στο μείγμα με κεντρική τοποθέτηση του σπινθηριστή ομοιόμορφης αποστάσεως από τα τοιχώματα του θαλάμου.
- Θα πρέπει το μέγεθος του κυλίνδρου να μην είναι πολύ μεγάλο γιατί ευνοεί την αύξηση της θερμοκρασίας και η διαδικασία της ψύξης δυσχεραίνει.
- Να ελέγχετε η αύξηση της θερμοκρασίας και της πιέσεως γιατί ευνοεί το φαινόμενο της κρουστικής καύσης.
- Σε αντίθετη περίπτωση η μείωση του φορτίου βοηθάει στην καλύτερη απόπλυση του κυλίνδρου κι έτσι έχουμε μείωση των θερμοκρασιών.
- Η ύπαρξη θερμών φωλεών και η κακή ένταση της ψύξεως στα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως επίσης έχουν δυσμενή επίδραση και ρυπαίνουν τον θάλαμο με επικαθίσεις.
- Ενώ η αύξηση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα δρα κατασταλτικός στην κρουστική καύση.
- Όπως επίσης η ανομοιομορφία του μείγματος και η αύξηση της προπορείας εναύσεως θέτουν σε κίνδυνο τον κινητήρα επειδή μπορεί να προκαλέσουν κρουστική καύση.
- Ένα δραστικό μέτρο για να αποφευχθούν όλα αυτά σε ένα κινητήρα Otto είναι να φέρουν πάνω τους αισθητήρες κρουστικής καύσης ή να γίνεται έγχυση του καυσίμου στο τέλος της συμπίεσης και να ελέγχεται ο αριθμός οκτανίου του καυσίμου που χρησιμοποιεί για να βλέπουμε την σχετική ευαισθησία ή την απάθεια ενός καυσίμου κατά την κρουστικά καύση.



5) Κινητήρας DIESEL- καύση

5.1) Εισαγωγή- καύση

Ο κινητήρας Diesel είναι μια εμβολοφόρος μηχανή εσωτερικής καύσης, που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια του πετρελαίου σε κινητική ενέργεια. Κατά την φάση της εισαγωγής στον κύλινδρο εισέρχεται συνήθως μόνο αέρας. Για το



σχηματισμό του καυσίμου μείγματος, το καύσιμο εισάγεται στον κύλινδρο διασκορπισμένο στη μάζα του ήδη συμπιεσμένου αέρα, υπό την επίδραση ισχυρής πίεσεως, που δημιουργείται από το σύστημα αντλίας καυσίμου-εγχυτήρας. Μέσω της εγχύσεως του καυσίμου την κατάλληλη στιγμή στον κύλινδρο, όταν ο αέρας έχει θερμανθεί επαρκώς λόγω της συμπίεσης. Δημιουργείται αυτανάφλεξη (αυτόματη ανάφλεξη). Στον κινητήρα Diesel έχουμε την καύση ενός ετερογενούς μείγματος καυσίμου και αέρα, εφόσον το καύσιμο εγχύεται προς το τέλος της διαδρομής συμπίεσεως.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία κινητήρων Diesel, οι οποίοι έχουν ευρεία εφαρμογή στα μέσα μεταφοράς και στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος.

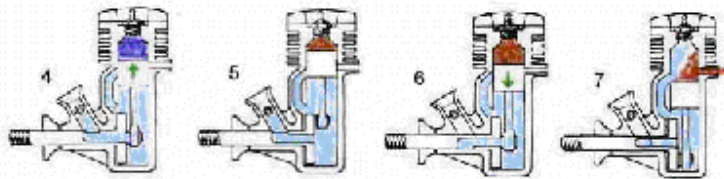
Συνήθεις είναι, οι φυσικής αναπνοής (naturally aspirated) και οι υπερπληρωμένοι, όπου η υπερπλήρωση μπορεί να επιτευχθεί μηχανικός (supercharged), ή με μονοβάθμια ή διβάθμια συμπίεση στροβίλου (turbocharged). Ως υπερπλήρωση ορίζεται η αύξηση της πυκνότητας του αέρα εισαγωγής, μέσω της αύξησης της πίεσης του πριν εισέλθει στον κύλινδρο και χρησιμοποιείται, συνήθως σε μεγαλύτερους κινητήρες, με σκοπό την μείωση του μεγέθους και του βάρους ενός κινητήρα για δεδομένη εξαγόμενη ισχύ (downsizing).

Οι κινητήρες Diesel διακρίνονται σε:

δίχρονης (2-X) και τετράχρονης (4-X)λειτουργίας. Όσων αφορά τους τετράχρονους κινητήρες Diesel ο κύκλος λειτουργίας τους αποτελείται από τις παρακάτω φάσεις (Σχήμα 1.1):

1. Αναρρόφηση ατμοσφαιρικού (για κινητήρες φυσικής αναπνοής) ή υπερπληρωμένου αέρα εισαγωγής για την πλήρωση του κυλίνδρου.
2. Συμπίεση του αέρα εισαγωγής μέχρι το Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ), μετά το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής.

3. Ψεκάσμος του καυσίμου στον υπέρθερμο αέρα του χώρου καύσης και προοδευτική καύση του ετερογενούς μίγματος. Επίσης λόγω της καύσης η αποτόνωση των αερίων και η μετακίνηση του εμβόλου προς το Κάτω Νεκρό Σημείο (ΚΝΣ).
4. Άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής για την εξαγωγή των καυσαερίων.



Η ρύθμιση της ισχύος είναι ποιοτική, δηλαδή επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας συνεχώς την ανά κύκλο εγχυόμενη ποσότητα καυσίμου δηλαδή τον λόγο καυσίμου-αέρα, αφού η ποσότητα του αναρροφώμενου αέρα παραμένει πρακτικώς σταθερή για σταθερή ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Έτσι το μέγιστο φορτίο στους μικρότερους κινητήρες καθορίζεται από την καύση και συνεπώς από την κατάσταση του καυσαερίου εξαγωγής, ενώ στους μεγάλων διαστάσεων κινητήρες μπορεί να καθορίζεται και από τις μηχανικές ή θερμικές καταπονήσεις .

Αυτή η αρχή λειτουργίας τους έχει ως αποτέλεσμα την επιβολή ελάχιστου απαιτούμενου λόγου ισοδυναμίας αέρα $\lambda_a = 1,2 \div 1,8$, με σκοπό την ύπαρξη σε κάθε περίπτωση ικανής περίσσειας αέρα για την επίτευξη της τέλει καύσης, κάτι που είναι αναγκαίο στους κινητήρες Diesel λόγω των προϊόντων της ατελούς καύσης. Η ύπαρξη όμως των συγκεκριμένων ορίων οδηγεί σε μειωμένη συγκέντρωση ισχύος (αντιστρόφως ανάλογη του ελάχιστου λ_a), το οποίο όμως αντιμετωπίζεται σήμερα μέσω της υπερπλήρωσης .

Επιπλέον οι συνθήκες καύσης στους κινητήρες Diesel είναι αρκετά δυσχερείς και αυτό διότι ψεκάζουμε σταγόνες καυσίμου, το οποίο πρέπει αρχικά να ατμοποιηθεί και να αναμιχθεί πλήρως με τον αέρα ώστε μετά να γίνει η ανάφλεξη του σχηματισμένου μείγματος. Μια τέτοια διαδικασία απαιτεί χρόνο, αλλά ο

διατιθέμενος είναι ελάχιστος και αντιστοιχεί σε λίγες μοίρες γωνίας στροφάλου. Έτσι προκύπτει άνω όριο ταχύτητας περιστροφής ($N=5.000\div 5.500$ rpm) πάνω από το οποίο ο χρόνος δεν επαρκεί για την έναυση μιας και για διπλασιασμό της ταχύτητας περιστροφής ο διατιθέμενος χρόνος περιορίζεται στον μισό.

Οι δυσμενείς αυτές συνθήκες καθιστούν αναγκαίο τον εξοπλισμό του κινητήρα με ένα υψηλών απαιτήσεων κατασκευής και λειτουργίας σύστημα προσαγωγής του καυσίμου, το οποίο αποτελείται συνήθως από την αντλία καυσίμου, τον εγχυτήρα και το σωλήνα καταθλίψεως που τα συνδέει. Το σύστημα εγχύσεως του καυσίμου αποτελεί το σημαντικότερο ίσως σύστημα των κινητήρων Diesel, διότι υπό την επίδραση ισχυρής πίεσεως επιβάλλει την διασκόρπιση του καυσίμου σε μικρά σταγονίδια, που διανέμονται ομοιόμορφα στον θάλαμο καύσης και έτσι βοηθά, μαζί με τις έντονες στροβιλώδεις κινήσεις του αέρα στον κύλινδρο, στην επαφή του με το O_2 του αέρα για την επίτευξη ταχείας και τέλει καύσης. Εκτός αυτού σκοπός του συστήματος εγχύσεως είναι να εισέρχεται το καύσιμο σε κάθε περίπτωση (π.χ. για μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής) την κατάλληλη χρονική στιγμή (προπορείας εγχύσεως). Η επιτυχία της αυτανάφλεξης του μίγματος καυσίμου-αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία του συμπιεσμένου αέρα. Η ελάχιστη αυτή θερμοκρασία καλείται θερμοκρασία αυτανάφλεξης. Για το λόγο αυτό απαιτείται υψηλή σχέση συμπίεσεως (της τάξης του 12 με 24) με σκοπό την δημιουργία υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών. Εκτός αυτού η υψηλή σχέση συμπίεσεως έχει ως θετικό αποτέλεσμα την επίτευξη μεγάλων βαθμών απόδοσης. Το γεγονός αυτό μαζί με την ικανότητα του κινητήρα Diesel να καύσει φτηνότερα και λιγότερο πτητικά καύσιμα τον καθιστά την οικονομικότερη των χρησιμοποιούμενων σήμερα θερμικών μηχανών.

Ο ντίζελ κύκλος επινοήθηκε από τον Γερμανός μηχανικός Rudolf Diesel και έχει τη μεγαλύτερη θερμική απόδοση εσωτερικά ή εξωτερικά της καύσης του κινητήρα, λόγω της υψηλής αναλογίας

συμπίεσης . Χαμηλής ταχύτητας κινητήρων ντίζελ (όπως χρησιμοποιείται σε πλοία και άλλες εφαρμογές, όπου το συνολικό ειδικό βάρος του κινητήρα είναι σχετικά ασήμαντη) έχουν συχνά μια θερμική απόδοση που υπερβαίνει το 50 τοις εκατό.

Ο ντίζελ κινητήρας εσωτερικής καύσης διαφέρει από το βενζινοκίνητο κύκλου Otto, χρησιμοποιώντας μεγάλη συμπίεση, θερμού αέρα για την ανάφλεξη του καυσίμου χωρίς να χρησιμοποιεί μπουζί (ανάφλεξη με συμπίεση και όχι επιβαλλόμενη ανάφλεξη).

Στον κινητήρα ντίζελ, μόνο αέρας αρχικά εισάγεται στο θάλαμο καύσης.. Ο αέρας συμπιέζεται έπειτα με μια αναλογία συμπίεσης συνήθως 15:01 - 22:01 με αποτέλεσμα 40-bar , πίεση σε σύγκριση με 8 έως 14 bar σε βενζινοκινητήρα. Αυτή η υψηλή συμπίεση θερμαίνει τον αέρα έως 550 °. Περίπου την κορυφή της συμπίεσης, το καύσιμο εγχέεται απευθείας στον συμπιεσμένο αέρα στο θάλαμο καύσης. Αυτό μπορεί να είναι στην κορυφή του εμβόλου ή προ-θάλαμο, ανάλογα με την αρχιτεκτονική του κινητήρα. Το σύστημα έγχυσης καυσίμου εξασφαλίζει ότι το καύσιμο είναι κατανομημένο σε μικρά σταγονίδια, και το μείγμα του καυσίμου ομοιόμορφο. Η θερμότητα του συμπιεσμένου αέρα ατμοποιεί το καύσιμο από την επιφάνεια του σε σταγονίδια. Ο ατμός στην συνέχεια αναφλέγεται από τη θερμότητα και από τον συμπιεσμένο αέρα στο θάλαμο καύσης, τα σταγονίδια εξατμίζονται από την επιφάνεια και αναφλέγονται, έως ότου όλα το καύσιμο και τα σταγονίδια να έχουν καεί. Η έναρξη της εξάτμισης προκαλεί μια περίοδο καθυστέρησης κατά τη διάρκεια της ανάφλεξης, καθώς και στην χαρακτηριστική ντίζελ εξατμίζοντας τον ατμό φθάνει στη θερμοκρασία ανάφλεξης και προκαλεί απότομη αύξηση της πίεσης πάνω από το έμβολο. Η ταχεία επέκταση των καυσαερίων οδηγεί στη συνέχεια το έμβολο προς τα κάτω, την παροχή ισχύος στο στροφαλοφόρο άξονα. Μοντέλα κινητήρων αεροπλάνων χρησιμοποιούν μια παραλλαγή της αρχής της Diesel, όλα τα καύσιμα και ο αέρας περνάνε μέσω

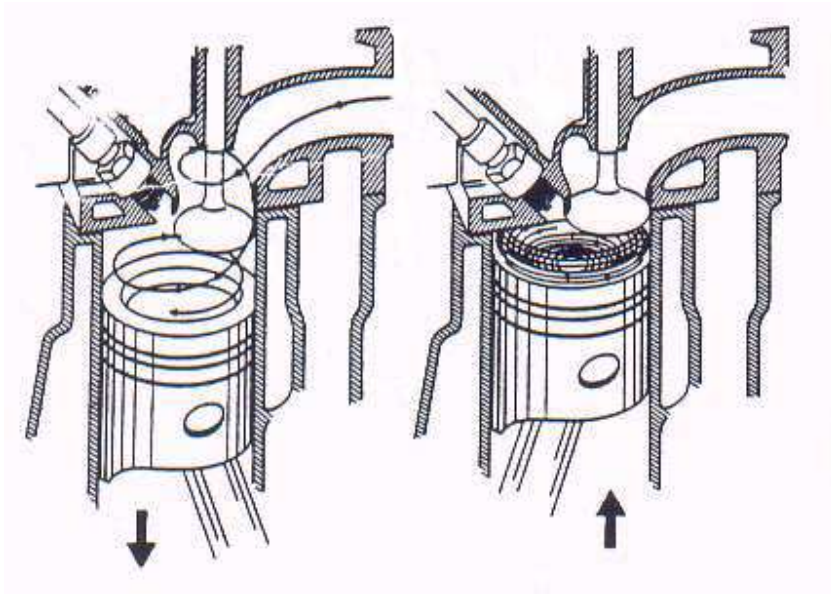
ενός συστήματος εξαέρωσης εξωτερικά από τους θαλάμους καύσης.

Καθώς το υψηλό επίπεδο της συμπίεσης της επιτρέπει την καύση να λάβει χώρα χωρίς ένα ξεχωριστό σύστημα ανάφλεξης, η υψηλή αναλογία συμπίεσης αυξάνει σημαντικά την απόδοση του κινητήρα. Η αύξηση της σχέσης συμπίεσης σε ανάφλεξη ενός κινητήρα με σπινθήρα, όπου τα καύσιμα και ο αέρας αναμειγνύονται πριν από την είσοδο προς τον κύλινδρο περιορίζονται από την ανάγκη να αποφευχθεί βλαβερή προ-ανάφλεξη. Δεδομένου ότι μόνο ο αέρας συμπιέζεται σε ένα κινητήρα ντίζελ, και τα καύσιμα δεν εισάγονται στον κύλινδρο μέχρι λίγο πριν από τα νεκρά σημεία (ΕΑΣ), μια πρόωρη έκρηξη είναι ένα θέμα σε συνδυασμό με πολύ υψηλό βαθμό συμπίεσης .

5.2) Μηχανισμός της καύσης σε κινητήρες Diesel

Ο όρος Καύση αποδίδεται σε μια διεργασία μετατροπής μάζας και ενέργειας, όπου η χημική ενέργεια των δεσμών του καυσίμου μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Είναι μια ταχύτατη εξώθερμη χημική αντίδραση μεταξύ του καυσίμου και του οξυγόνου του αέρα (οξείδωση), η οποία λαμβάνει χώρα με αρκετά υψηλό βαθμό απόδοσης θερμότητας με άμεσο επακόλουθο την εμφάνιση των φαινομένων καύσης (έντονη αύξηση θερμοκρασίας και πίεσης).

Η επίτευξη τέλει καύσης είναι ο βασικός σκοπός των Μ.Ε.Κ. για την μεγιστοποίηση της απελευθέρωσης της διαθέσιμης ενέργειας και απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες, υψηλά επίπεδα τύρβης και επαρκή χρόνο. Πέραν αυτού η ατελής καύση είναι ανεπιθύμητη και λόγω των επιβλαβών προϊόντων της.



Ειδικά για κινητήρες έχουμε εμφάνιση οξυγόνου στα προϊόντα καυσίμου μικρότερο της μονάδας των σταδίων της καύσης ενός κινητήρα Diesel είναι σε τρία χαρακτηριστικά στάδια εναλλαγές χημικών και φυσικών διεργασιών εξαρτάται από τη σχεδίαση και τη λειτουργία του κινητήρα.

5.3) Καθυστέρηση αναφλέξεως

Προς το τέλος της συμπίεσης το καύσιμο εγχύεται στο θάλαμο καύσης με τη μορφή σταγονιδίων με υψηλή πίεση και αναμιγνύεται με το περιεχόμενο του κυλίνδρου. Στην χρονική αυτή περίοδο, της προανάμειξης του καυσίμου με το αέριο μίγμα του κυλίνδρου, δεν συντελείται καύση, διότι για οποιοδήποτε καύσιμο απαιτείται συγκεκριμένος χρόνος για την φυσική (ανάμιξη) και την χημική (κινητική αντιδράσεων) προετοιμασία του μείγματος. Η περίοδος αυτή ολοκληρώνεται, με την απότομη αύξηση του ρυθμού μεταβολής της πίεσης, λόγω της αυτανάφλεξης του προαναμεμειγμένου μείγματος του κυλίνδρου. Ο χρόνος αυτός που παρέρχεται μεταξύ της εγχύσεως του καυσίμου και της αυτανάφλεξης καλείται χρόνος καθυστέρησης t_z (delay period) και είναι αντιστρόφως ανάλογος της

θερμοκρασίας αυταναφλέξεως θ_z , γεγονός το οποίο αποδεικνύει την σημασία ύπαρξης υψηλού βαθμού συμπίεσης.

Η φυσική προετοιμασία του μίγματος αποτελεί τη δημιουργία δέσμης καυσίμου αέρα στον κύλινδρο. Με την επιβολή μεγάλης διαφοράς πίεσης κατά μήκος του ακροφυσίου του εγχυτήρα, το υγρό καύσιμο εισέρχεται στον θάλαμο καύσης με αρκετή ταχύτητα ώστε να διασκορπιστεί σε μικρά σταγονίδια με σκοπό την ατμοποίηση του και την ανάμιξη του με τον συμπιεσμένο αέρα του κυλίνδρου. Σημαντικό ρόλο για την επίτευξη όσο το δυνατόν μικρότερων σταγονιδίων παίζει εκτός της υψηλής διαφοράς πίεσης, το μέγεθος των οπών και το ιξώδες του καυσίμου. Η σχηματιζόμενη, σχεδόν κωνική δέσμη καυσίμου οδεύει εντός του θαλάμου καύσεως με μειούμενη ταχύτητα καθώς η μάζα του αέρα εντός της δέσμης αυξάνει, αυξάνοντας έτσι και το πλάτος της δέσμης ουσιαστικά διασκορπίζοντας την (όσο πιο λεπτή δέσμη τόσο πιο συμπαγής).

Το φαινόμενο αυτό ισχυροποιείται συστροφή του αέρα εντός του καυσίμου εντός της διεισδύει εντός του θαλάμου αέρα. Έτσι δημιουργούνται περισσότερη ποσότητα ατμοποιηθέν καύσιμο και καύσιμο στον άξονα της δέσμης

Η ατμοποίηση του καυσίμου το μέγεθος των σταγονιδίων όσο και η μεγαλύτερη η ταχύτητα

Ιδιαίτερα στην περίπτωση του θαλάμου καύσης (σχήμα 1.4).

Τα σταγονίδια της δέσμης αρχίζουν να ατμοποιούνται, γίνεται η καύση και συνεχίζονται να δημιουργούνται περιοχές εντός της δέσμης με μικρότερη ποσότητα υγρού ή ατμοποιηθέντος καυσίμου (περισσότερο αέρα στην περιφέρεια και περισσότερο δέσμης).

Όταν η δέσμη έχει διεισδύσει μέχρι τα όρια του θαλάμου καύσης, προσκρούει στα τοιχώματα του κυλίνδρου ή του εμβόλου και εξαναγκάζεται να ακολουθήσει ροή κατά μήκος του τοίχου ώσπου να αντιδράσει με μια άλλη δέσμη (για εγχυτήρες πολλών οπών), κάτι το οποίο είναι ανεπιθύμητο.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι μας ενδιαφέρει να βελτιστοποιήσουμε το μήκος και την ταχύτητα της δέσμης ώστε να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Η χημική προετοιμασία του μίγματος επικεντρώνεται στις αντιδράσεις του καυσίμου που προηγούνται της αντίδρασης της καύσης. Μετά την ατμοποίηση των σταγονιδίων λαμβάνει μέρος η διάσπαση των βαρύτερων και κατά κανόνα αδρανέστερων υδρογονανθράκων σε ελαφρύτερους και πιο δραστικούς, των οποίων η αυτανάφλεξη είναι εφικτή. Αυτή η χημική διεργασία και εξαρτάται από την σύνθεση του καυσίμου, τη θερμοκρασία και πίεση της πληρώσεως του κυλίνδρου, καθώς και από την φυσική προετοιμασία που αναφέραμε νωρίτερα. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως στην αυτανάφλεξη του καυσίμου οδηγεί ο σωστός συνδυασμός φυσικής και χημικής προετοιμασίας του.

Η κυριότερη ιδιότητα ενός καυσίμου Diesel είναι η Ποιότητα Αναφλέξεως (Ignition Quality), η οποία πρέπει να είναι υψηλή για την εξασφάλιση ομαλής καύσης και καθορίζεται από τον αριθμό κετανίου (cetane number) .Για ομαλή καύση και επιθυμητά αποτελέσματα χρειάζονται, ειδικά για ταχύστροφους κινητήρες, καύσιμα με σχετικά υψηλό αριθμό κετανίου (CN>45), ενώ οι βραδύστροφοι μπορούν να λειτουργήσουν και με καύσιμο μικρότερου αριθμού κετανίου (CN>30).

Είναι ευνόητο πως ο χρόνος καθυστέρησης αναφλέξεως πρέπει να είναι βραχύς, για την αποφυγή έντονης προαναμεμειγμένης καύσης και των αρνητικών της συνεπειών (μη ομαλή λειτουργία, εκπομπές ρύπων, θόρυβος, καταπόνηση εξαρτημάτων μηχανής.

5.4) Διάφοροι φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο καθυστέρησης αναφλέξεως είναι:

- Ο χρονισμός έγχυσης του καυσίμου (προπορεία εγχύσεως) διότι επηρεάζει τις επικρατούσες στον θάλαμο συνθήκες κατά την έγχυση.
- Το φορτίο.
- Η πληρέστερη και λεπτότερη διασκόρπιση του καυσίμου καθώς και η ταχύτητα του.

- Ιδιότητες του αέρα εισαγωγής (πίεση, θερμοκρασία). Αντιστρόφως ανάλογη επίδραση στην καθυστέρηση
- Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Με την αύξηση της έχουμε μείωση της χρονικής καθυστέρησης, το οποίο μας επιτρέπει να δουλεύουμε σε ένα σχετικά ευρύ φάσμα στροφών. Δυστυχώς, όμως, υπάρχει άνω όριο αντιστροφής της θετικής επίδρασης.
- Η θερμοκρασία των τοιχωμάτων.
- Η συστροφή του αέρα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η συστροφή του αέρα βοηθά στην καλύτερη και γρηγορότερη φυσική προετοιμασία του μίγματος αέρα-καυσίμου.
- Η συγκέντρωση σε οξυγόνο με αντιστρόφως ανάλογη επίδραση στον χρόνο καθυστέρησης αναφλέξεως.

5.5) Ανεξέλεγκτη Καύση- κρούση

Η περίοδος προετοιμασίας του καυσίμου τελειώνει όταν το προαναμεμειγμένο μείγμα του κυλίνδρου αυταναφλέγεται λόγω της υψηλής του πίεσης και θερμοκρασίας, οι οποίες είναι απόρροια της συμπίεσης ενός ομογενούς μίγματος, σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η ανάφλεξη λαμβάνει μέρος σε διάφορες θέσεις του θαλάμου καύσης, όπου το μίγμα αέρα- καυσίμου βρίσκεται μέσα στα όρια αναφλεξιμότητας. Ο ψεκασμός του καυσίμου συνεχίζεται μέχρι να εισέλθει στον κύλινδρο η επιθυμητή παροχή καυσίμου, αλλά δεν οφείλεται σε αυτό η απότομη αύξηση της πίεσης, παρά στις εστίες που έχουν αναφλέγει.

Καθώς η σταγονοποίηση του εγχυθέντος καυσίμου, η ατμοποίηση των σταγονιδίων και η ανάμιξη του αέρα με το καύσιμο συνεχίζουν να πραγματοποιούνται, οι εστίες αναφλέξεως επεκτείνονται σε όλη τη περιοχή του θαλάμου καύσεως δημιουργώντας τις συνθήκες για την καύση, του συνεχώς σχηματιζόμενου μίγματος. Η απότομη αυτή ανάφλεξη μπορεί να οδηγήσει σε κρουστική καύση και τη δημιουργία κύματος πίεσης

που προκαλεί οξύ ήχο (κτύπος καύσης). Στην αποφυγή τέτοιων αρνητικών συνεπειών συντελεί ο μικρός χρόνος καθυστέρησης αναφλέξεως.

5.6) Ελεγχόμενη καύση

Αμέσως μετά την προαναμεμειγμένη καύση, η καύση του καυσίμου γίνεται κυρίως μη ομογενής και ελεγχόμενη από τη διάχυση (ο ρυθμός της καύσης καθορίζεται από τον ρυθμό ανάμιξης καυσίμου και αέρα). Η φάση αυτή ονομάζεται ελεγχόμενη διότι η πίεση, η ποσότητα και η ταχύτητα έγχυσης, καθώς και ο στροβιλισμός του αέρα μπορούν να ρυθμιστούν για την επίτευξη καλής ανάμιξης αέρα-καυσίμου. Το εγχυόμενο καύσιμο βρίσκει ιδανικές συνθήκες για την καύση του, η οποία γίνεται με την ελάχιστη δυνατή καθυστέρηση αναφλέξεως. Η καύση συνεχίζεται μέχρι και το τέλος της φάσης της αποτονώσεως στο λεγόμενο ουριαίο τμήμα της όλης διάρκειας της καύσης.

Τα επιμέρους στάδια της καύσης του κινητήρα diesel διακρίνονται Στο σχήμα 1.6, όπου σε ένα κοινό διάγραμμα δίνονται τυπικές μεταβολές για την ανύψωση της βελόνας του εγχυτήρα, την πίεση κυλίνδρου και το ρυθμό έκλυσης θερμότητας. Επίσης αποδίδονται σχηματικά οι διάφορες μορφές που λαμβάνει η δέσμη του καυσίμου από τη στιγμή της έγχυσης και κατά τη διάρκεια των φάσεων καύσης.

Σχήμα 1.6: Χαρακτηριστικό διάγραμμα μεταβολής του ρυθμού έκλυσης θερμότητας, της πίεσης καύσης και της ανύψωσης της βελόνας του εγχυτήρα κινητήρα diesel και μορφή της δέσμης κατά τη διάρκεια των φάσεων καύσης.

5.7) Πρόωμη καύση καυσίμου και συστήματα ψεκασμού



Αρχικά σε ένα κινητήρα Diesel γινόταν έγχυση του καυσίμου με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα, όπου ψεκαζόταν το καύσιμο στη μηχανή μέσω ενός ακροφυσίου. Καθώς το άνοιγμα του ακροφυσίου κλείνει με την βαλβίδα, η κίνηση της εκκεντροφόρου ενεργοποιεί την έγχυση του καυσίμου λίγο πριν από τα νεκρά σημεία (ΕΑΣ). Αυτό ονομάζεται έγχυση αέρα-blast. Οδηγούμαστε μετά από τα τρία στάδια του συμπιεστή στην παραγωγή καθαρής ενέργειας η οποία είναι περισσότερη από οποιαδήποτε άλλη μηχανή εσωτερικής καύσης εκείνη τη στιγμή.

Οι κινητήρες ντίζελ σε λειτουργία σήμερα έχουν αύξηση ακραίων πιέσεων του καυσίμου που ασκούνται από μηχανικές αντλίες και το παραδίδουν στον θάλαμο καύσης με πίεση που ενεργοποιείται εγχυτήρες χωρίς πεπιεσμένο αέρα. Με απευθείας έγχυση σε πετρελαιοκίνητα οχήματα, τα καύσιμα ψεκάζονται μέσω μπεκ με 4 - 12 μικρές οπές στο πέλμα του. Η πρόωρη έγχυση αέρα στους πετρελαιοκινητήρες είχε πάντα μια ανώτερη θερμοκρασία καύσης χωρίς την απότομη αύξηση της πίεσης κατά την καύση.

Η έρευνα που γίνεται τώρα από διπλωματούχους ευρεσιτεχνίας στο εξωτερικό είναι για να χρησιμοποιήσουν κάποια μορφή έγχυσης αέρα ώστε να έχουμε μείωση των οξειδίων του αζώτου και της ρύπανσης, επιστροφή στην αρχική εφαρμογή της Diesel με ανώτερη θερμοκρασία καύσης και ενδεχομένως, λιγότερο θορυβώδη λειτουργία.

Σε όλες τις σημαντικές πτυχές, ενός σύγχρονου κινητήρα ντίζελ ισχύει ο σχεδιασμός του πρωτοτύπου Rudolf Diesel, εκείνου της ανάφλεξης των καυσίμων με τη συμπίεση σε εξαιρετικά υψηλή πίεση εντός του κυλίνδρου, με πολύ μεγαλύτερη πίεση και υψηλή τεχνολογία. Οι σημερινοί πετρελαιοκινητήρες χρησιμοποιούν τα

λεγόμενα στερεά σύστημα ψεκασμού και εφαρμόζονται κινητήρες με υψηλές θερμοκρασίες

Η έμμεση έγχυση σε ένα τέτοιο κινητήρα θα μπορούσε να θεωρηθεί αργότερα ως η ανάπτυξη των κινητήρων με μεγάλη θερμοκρασία και χαμηλή ταχύτητα ανάφλεξης .

5.8) Παροχή καυσίμου

Ένα από τα βασικά συστατικά όλων των πετρελαιοκινητήρων αποτελεί μία μηχανική ή ηλεκτρονική εκκίνηση που θα ρυθμίζει την ρελαντί και μέγιστη ταχύτητα του κινητήρα από τον έλεγχο του ρυθμού παροχής καυσίμου. Σε αντίθεση με τον κύκλο κινητήρων Otto, όπου έχει εισερχόμενο αέρα και ισχύ , στον κινητήρα ντίζελ χωρίς ρυθμιστή δεν μπορεί να έχει μια σταθερή ταχύτητα στο ρελαντί, και μπορεί εύκολα να αποκτήσει υπερβολική ταχύτητα, με αποτέλεσμα την καταστροφή του. Το καύσιμο εισέρχεται με ένα συστήματα έγχυσης Μηχανικά κινούμενο από τον κινητήρα της διάταξης ταχυτήτων . Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό ελατηρίων και βάρη για τον έλεγχο της παροχής καυσίμου σε σχέση τόσο με φορτίο και την ταχύτητα. Οι σύγχρονοι ηλεκτρονικά ελεγχόμενοι κινητήρες ντίζελ παραδίδουν το καύσιμο όπου ελέγχεται πριν από τη χρήση του με μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Το σύστημα λαμβάνει ένα σήμα ταχύτητας του κινητήρα, καθώς και άλλων παραμέτρων λειτουργίας, όπως η πίεση της πολλαπλής εισαγωγής και της θερμοκρασίας καυσίμου, από έναν αισθητήρα και ελέγχει την ποσότητα των καυσίμων και την έναρξη του χρόνου έγχυσης μέσω ενεργοποιητών ώστε να μεγιστοποιηθεί η ισχύς και η αποδοτικότητα και να ελαχιστοποιούνται οι εκπομπές . Ελέγχοντας το χρονοδιάγραμμα κατά την έναρξη της έγχυσης του καυσίμου στον κύλινδρο αποτελεί ένα κλειδί για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών, καθώς και τη μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης καυσίμων (αποδοτικότητα), του κινητήρα. Η χρονική στιγμή μετριέται σε μοίρες του στροφάλου γωνία του εμβόλου πριν από τα νεκρά σημεία. Βέλτιστη χρονική στιγμή θα

εξαρτηθεί από το σχεδιασμό των κινητήρων, όπως και την ταχύτητα και το φορτίο του.

Προχωρώντας από την έναρξη της έγχυσης οδηγεί σε υψηλότερη πίεση και θερμοκρασία στον κύλινδρο, άρα και την υψηλότερη απόδοση, αλλά οδηγεί και σε αυξημένα θόρυβο του κινητήρα και την αύξηση των οξειδίων του αζώτου, οι εκπομπές αυτές είναι λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών καύσης. Η καθυστέρηση έναρξης της έγχυσης προκαλεί ατελή καύση, μείωση της αποδοτικότητας των καυσίμων και την αύξηση απαγωγής του καπνού, που περιέχουν ένα σημαντικό ποσό των σωματιδίων και των άκαυστων υδρογονανθράκων .

5.9) Μηχανή με ηλεκτρονικό ψεκασμό

Πολλές συνθέσεις του ψεκασμού καυσίμου έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τον τελευταίο αιώνα (1900-2000).

Οι περισσότεροι ντιζελοκινητήρες σήμερα κάνουν χρήση ενός εκκεντροφόρου , εκ περιτροπής στη μισή γωνιακή ταχύτητα, καταργούν τα μηχανικά μέρη και χρησιμοποιούν μόνο έμβολο υψηλής πίεσης αντλίας καυσίμου που οδηγείται από το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα. Για κάθε κύλινδρο, το έμβολο μετρά την ποσότητα του καυσίμου και καθορίζει το χρονοδιάγραμμα της κάθε έγχυσης . Αυτοί οι κινητήρες είναι πολύ ακριβείς, έχουν ελατήριο στις βαλβίδες που ανοίγει και κλείνει σε μια συγκεκριμένη πίεση καυσίμου. Για κάθε κύλινδρο υπάρχει αντλία που εγχύει σε κάθε έμβολο το καύσιμο υψηλής πίεσης . Ο όγκος των καυσίμων για κάθε μεμονωμένο χώρο καύσης ελέγχεται από ένα λοξό αυλάκι στο έμβολο το οποίο περιστρέφεται απελευθερώνεται και μετράει την πίεση , και ελέγχεται από ένα μηχανικό κυβερνήτη. Κάθε εισαγωγή καυσίμου πρέπει να έχει την ίδια διάρκεια και ίδια πίεση.

Μια φθηνότερη διαμόρφωση υψηλών στροφών με λιγότερους από έξι κυλίνδρους είναι να χρησιμοποιήσετε ένα έμβολο διανομέα, αντλία και άξονες, αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο έμβολο, αντλία παροχής καυσίμου και βαλβίδα εισαγωγής για κάθε κύλινδρο. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την πιο σύγχρονη μέθοδο της ύπαρξης μιας ενιαίας αντλίας έγχυσης καυσίμου που προμηθεύει καύσιμα συνεχώς σε υψηλή πίεση με εγχυτήρα. Κάθε εγχυτήρας διαχειρίζεται από μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, με αποτέλεσμα τον πιο ακριβή έλεγχο του ανοίγματος της έγχυσης όλες τις φορές που εξαρτώνται από άλλες προϋποθέσεις ελέγχου, όπως η ταχύτητα του κινητήρα και φόρτωσης, καθώς και παρέχοντας την καλύτερη απόδοση του κινητήρα και της οικονομίας καυσίμου. Αυτό το σχέδιο είναι επίσης μηχανικά απλούστερο από τη συνδυασμένη αντλία και το σχεδιασμό της βαλβίδας, καθιστώντας γενικά πιο αξιόπιστο, και λιγότερο θορυβώδη.

Και τα δύο μηχανικά και ηλεκτρονικά συστήματα έγχυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε άμεση είτε σε έμμεση έγχυση διαμορφώσεις.

5.10) Έμμεση έγχυση

Ένας έμμεσος κινητήρας diesel εισάγει καύσιμα σε ένα θάλαμο πριν από το θάλαμο καύσης, που ονομάζεται προθάλαμος, όπου η ανάφλεξη αρχίζει και στη συνέχεια απλώνεται στο κύριο θάλαμο καύσης, με τη βοήθεια της δέσμης καιόμενου καυσίμου που βγαίνει από τον προθάλαμο. Το σύστημα αυτό επιτρέπει μια ομαλότερη, πιο ήσυχη λειτουργία του κινητήρα, καθώς δίνει χρόνο για την ανάφλεξη, η πίεση έγχυσης μπορεί να είναι χαμηλή, περίπου 100 bar, χρησιμοποιώντας ένα ενιαίο στόμιο κωνικό έγχυσης jet. Τα μηχανικά συστήματα ψεκασμού επιτρέπουν την μεγάλη ταχύτητα- κατάλληλη για τα οδικά οχήματα. Ο προ-θάλαμος είχε το μειονέκτημα της αύξησης της απώλειας

θερμότητας ως προς το σύστημα ψύξης του κινητήρα, και περιορισμό της καύσης, το οποίο μειώνει την αποτελεσματικότητα κατά 5-10 τοις εκατό. Οι έμμεσοι κινητήρες ψεκασμού χρησιμοποιήθηκαν σε κινητήρες μικρής χωρητικότητας, σε αυτοκίνητα υψηλών ταχυτήτων ντίζελ, πλοίων και χρησιμοποιούνται από τη δεκαετία του 1950, μέχρι να προχωρήσει η τεχνολογία άμεσου καυσίμου στη δεκαετία του 1980. Οι έμμεσοι κινητήρες ψεκασμού έχουν μικρότερο κόστος κατασκευής και είναι ευκολότερο να παράγει καλή ήσυχη επανεκκίνηση των οχημάτων με ένα απλό μηχανικό σύστημα. Στα οχήματα προτιμούν τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και τον καλύτερο έλεγχο των επιπέδων των εκπομπών του άμεσου ψεκασμού.

Άμεσης έγχυσης

Οι σύγχρονοι κινητήρες ντίζελ μπορούν να χρησιμοποιήσουν μία από τις ακόλουθες άμεσο ψεκασμό μεθόδους:

Τα άμεσης έγχυσης όπου τοποθετείται στην κορυφή του θαλάμου καύσης. Το πρόβλημα με αυτά τα οχήματα ήταν η σκληρή θόρυβο που έκαναν.. Η κατανάλωση καυσίμου ήταν περίπου 15 με 20 τοις εκατό χαμηλότερο από τα πετρελαιοκίνητα οχήματα έμμεσης έγχυσης, η οποία για ορισμένους αγοραστές ήταν αρκετή για να αντισταθμίσει την επιπλέον θόρυβο.

Αυτός ο τύπος του κινητήρα μετατράπηκε από τον ηλεκτρονικό έλεγχο της αντλίας έγχυσης, η οποία ξεκίνησε από την FIAT το 1988. Η πίεση έγχυσης ήταν ακόμα μόνο περίπου 300 bar αλλά ο χρονισμός έγχυσης, η ποσότητα των καυσίμων, ήταν όλα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο. Αυτό έδωσε πιο ακριβή έλεγχο των παραμέτρων αυτών τα οποία διευκολύνθηκαν και μείωσε τις εκπομπές.

Μονάδα άμεσου ψεκασμού

Μονάδα απευθείας έγχυση διοχετεύει επίσης καύσιμα απ'ευθείας στον κύλινδρο του κινητήρα. Σε αυτό το σύστημα το σύστημα έγχυσης και η αντλία συνδυάζονται σε μία μονάδα όπου τοποθετείται πάνω από κάθε κύλινδρο και ελέγχονται από τον εκκεντροφόρο. Κάθε κύλινδρος έχει τη δική του μονάδα υψηλής πίεσης καυσίμου, επιτυγχάνοντας μια πιο συνεπή έγχυση. Αυτός ο τύπος του συστήματος ψεκασμού, αναπτύσσεται επίσης η Bosch, χρησιμοποιείται από την Volkswagen AG σε αυτοκίνητα (όπου αυτό ονομάζεται Pumpe-Düse -System-κυριολεκτικά-ακροφύσιο του συστήματος αντλίας), καθώς και από τη Mercedes Benz (PLD) και τις περισσότερες μεγάλες κινητήρων diesel κατασκευαστές μεγάλων εμπορικών Με τις πρόσφατες εξελίξεις, η πίεση της αντλίας έχει αυξηθεί σε 2.400 που επιτρέπει τις παραμέτρους έγχυσης παρόμοιο με σιδηροδρομικών συστημάτων.

Ο κρύος καιρός και η Έναρξη

Σε κρύο καιρό, οι κινητήρες ντίζελ υψηλής ταχύτητας μπορεί να είναι δύσκολο να ξεκινήσουν, επειδή η μάζα των κυλίνδρων και η κυλινδροκεφαλή απορροφούν τη θερμότητα της συμπίεσης, την πρόληψη ανάφλεξης λόγω του υψηλότερου συντελεστή επιφανείας-όγκου. Οι κινητήρες συνεπώς πρέπει να χρησιμοποιήσουν τις μικρές ηλεκτρικές θερμάστρες στο εσωτερικό τους . Οι κινητήρες αυτοί, επίσης, έχουν γενικά ένα υψηλότερο ποσοστό συμπίεσης των 19:01 - 21:01. Η χαμηλή ταχύτητα του συμπιεσμένου αέρα δηλώνει ότι τα πετρελαιοκίνητα οχήματα ταχύτητα έχουν αναλογίες συμπίεσης είναι περίπου 16:01. Ορισμένοι κινητήρες χρησιμοποιούν αντίσταση θέρμανσης κλίμακας, για την πολλαπλή εισαγωγή για θερμό αέρα εισαγωγής μέχρις ότου ο κινητήρας φτάσει τη θερμοκρασία λειτουργίας . Οι θερμαντήρες μπλοκ του κινητήρα (ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης αντίσταση στο μπλοκ του κινητήρα) που είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο χρησιμότητας χρησιμοποιούνται συχνά

όταν ο κινητήρας είναι απενεργοποιημένος για μεγάλο χρονικό διάστημα (περισσότερο από μία ώρα) με κρύο καιρό να μειώσει το χρόνο εκκίνησης και την φθορά του κινητήρα. Στο παρελθόν, μια ευρύτερη ποικιλία από κρύα εκκίνηση μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν. Ορισμένες μηχανές, όπως οι Detroit Diesel κινητήρες και Lister-Petter κινητήρες, χρησιμοποίησαν ένα σύστημα για την εισαγωγή μικρών ποσοτήτων αιθέρα στην πολλαπλή εισαγωγής για να ξεκινήσει την καύση. Saab-Scania μηχανές θαλάσσης, Field Marshall ελκυστήρων (μεταξύ άλλων) που χρησιμοποιούν βραδυφλεγή εισαγωγή στερεού καυσίμου που είχαν τοποθετηθεί στην κυλινδροκεφαλή το μπουζί ως μια πρωτοπορία. Ο Lucas ανέπτυξε την Thermostart, όταν ένα ηλεκτρικό θερμαντικό στοιχείο συνδυάστηκε με μια μικρή βαλβίδα καυσίμων στην πολλαπλή εισαγωγής. Το καύσιμο ντίζελ αργά έσταζε από τη βαλβίδα πάνω στο καυτό στοιχείο και αναφλέγεται. Η καύση αναπτύσσει θερμοκρασία περνάει από την βαλβίδα πολλαπλής εισαγωγής και ξεκινάει η καύση. Ο International Harvester ανέπτυξε ένα τρακτέρ στην δεκαετία του 1930 που είχε κινητήρα 7 λίτρων με 4 κυλίνδρους, που ξεκίνησε ως ένα βενζινοκινητήρα και στη συνέχεια έτρεξε επί του πετρελαίου μετά την προθέρμανση. Η κυλινδροκεφαλή έχει βαλβίδες που ανοιγοκλείνουν γίνεται η συμπίεση, καθώς παράγεται η σπίθα. Ένα αυτόματο σύστημα καστάνιας αποσυμπλέκεται αυτόματα το σύστημα ανάφλεξης και κλείνει τις βαλβίδες μόλις ο κινητήρας είχε λειτουργήσει για 30 δευτερόλεπτα. Τότε απενεργοποιείται το σύστημα καυσίμου βενζίνης και άνοιξε το σύστημα ψεκασμού ή άμεσου ψεκασμού, τα συστήματα πρόσφατα έχουν προχωρήσει στο βαθμό που χρησιμοποιούνται για έγχυση καυσίμων με ηλεκτρονικό ψεκασμό .

5.11) Σχηματισμός ρύπων στους κινητήρες Diesel

Παρά τα πολλά τα πλεονεκτήματα του , αλλά ο κινητήρας diesel εξακολουθεί να είναι ρυπογόνος. Τα καυσαέρια του κινητήρα αποτελούνται από εκατοντάδες αέρια, ημι-πτητικά και

σωματιδιακά οργανικά συστατικά, που παράγονται μέσω της καύσης του πετρελαίου. Η ακριβής σύσταση των καυσαερίων εξαρτάται από τις παραμέτρους λειτουργίας, όπως η ταχύτητα περιστροφής, το φορτίο του κινητήρα, ο τύπος του κινητήρα, η σύσταση του καυσίμου, η θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος και η σχετική υγρασία.

Όπως περιγράψαμε κατά τον μηχανισμό της καύσης, η διανομή του καυσίμου σε όλα τα κρίσιμα σημεία του κύκλου είναι ανομοιόμορφη, το οποίο έχει σημαντική επιρροή στον σχηματισμό των ρύπων. Το φαινόμενο της χημικής διάστασης που λαμβάνει χώρα κατά την καύση και το οποίο εξαρτάται έντονα από τη θερμοκρασία και από την αναλογία καυσίμου αέρα είναι έντονο λόγω του ετερογενούς χαρακτήρα του μίγματος. Για παράδειγμα η αιθάλη που εμφανίζεται για πολύ μεγάλες τιμές λόγου μάζας καυσίμου προς μάζα αέρα, σχηματίζεται σε συγκεκριμένες τοπικές περιοχές (πυρήνας της δέσμης), οι οποίες είναι πλούσιες σε καύσιμο, διότι δεν έχει επιτευχθεί πλήρης ανάμιξη.

6) Διάφορες Otto diesel



Το diesel είναι πρωτόγονο καύσιμο αν συγκριθεί με τη βενζίνη, και το μεγαλύτερο μειονέκτημά του είναι ότι περιέχει μεγάλο ποσοστό θείου. Επιπλέον έχει πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία αυτανάφλεξης (μόλις την επιτύχουμε προκαλείται ανάφλεξη του καυσίμου χωρίς σπινθήρα, περίπου στους 330 °C σε σχέση με τους 530 °C της βενζίνης) και μικρότερη ταχύτητα μετώπου καύσης. Πώς λοιπόν δικαιολογούνται το πάθος ορισμένων κατασκευαστών για το diesel και οι απίστευτες πωλήσεις των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων σε όλη την Ευρώπη?

Θεωρητικά θα έπρεπε να μη βλέπουμε τέτοιους κινητήρες σε sport αυτοκίνητα ή σε αγώνες, όμως διάφορες εταιρίες, με κυριότερο εκφραστή την Audi, όχι μόνο έχουν εφαρμόσει Diesel κινητήρες σε спор μοντέλα αλλά και έχουν πάρει νίκες σε διασημότετους αγώνες, όπως είναι το 24ωρο Le Mans. Βέβαια η BMW ήταν η εταιρία που έδειξε τον πρακτικό δρόμο με τη νίκη της στον 24ωρο αγώνα στο 'Ring το 1998 με έναν 320d.

6.1) Κοινό DNA

Ένας σύγχρονος diesel κινητήρας θυμίζει σε πολλά σημεία ένα αντίστοιχο βενζινοκινητήρα αλλά ταυτοχρόνως είναι τόσο διαφορετικός. Κοινό το DNA, αλλά οι μικρές διαφορές καθιστούν τον πετρελαιοκινητήρα εντελώς ξένο...

Υπάρχουν οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής, υπάρχει το έμβολο, οι μπιέλες, οι χρόνοι λειτουργίας, υπάρχουν τα πάντα εκτός από μπουζί και πεταλούδα.

Ο τρόπος ανάφλεξης του καυσίμου είναι απλός: όταν η πίεση ή η θερμοκρασία (ή ο συνδυασμός τους) ξεπεράσουν κάποιο όριο, το καύσιμο αναφλέγεται. Στο βενζινοκινητήρα πιέζουμε τη βενζίνη, όχι όμως τόσο ώστε να αναφλέγει από μόνη της -της δίνουμε σπινθήρα. Στον diesel κινητήρα δεν υπάρχουν μπουζί: το μοναδικό στοιχείο είναι η υψηλή πίεση, που από μόνη της αρκεί για να πάρει φωτιά το καύσιμο.

Στη φάση της εισαγωγής το έμβολο που κατεβαίνει, και μέσω των ανοιχτών βαλβίδων εισαγωγής ο αέρας (αποκλειστικά ο αέρας που τον στροβιλίζουμε αρκετά) γεμίζει τον κύλινδρο.

Μόλις οι βαλβίδες κλείσουν και το έμβολο αρχίσει να ανεβαίνει (2ος χρόνος/ συμπίεση) έχουμε δραματική αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα. Καθώς οι diesel έχουν πολύ υψηλότερη συμπίεση, από 15:1 έως 26:1, η θερμοκρασία του αέρα μπορεί να ξεπεράσει τους 800 °C, καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι μόλις το πετρέλαιο μπει στον θάλαμο καύσης θα βρεθεί σε αυτή τη θερμοκρασία. Στη θέση όπου στους βενζινοκινητήρες υπάρχει μπουζί (στο κέντρο του θαλάμου καύσης), οι diesel έχουν ένα μπεκ καυσίμου. Λίγες μοίρες πριν το ΑΝΣ και εκεί που ο αέρας είναι πιεσμένος και υπέρθερμος, το μπεκ ψεκάζει το πετρέλαιο, το οποίο μπαίνοντας σε ένα τέτοιο καυτό περιβάλλον αρχίζει να απορροφά μεγάλα ποσά θερμότητας. Μόλις φτάσει στη θερμοκρασία αυτανάφλεξης προκαλείται ξαφνικά ένα μέτωπο φλόγας, το οποίο λόγω ταχύτητας και τρόπου δημιουργίας μοιάζει κάπως με εκρηκτική αυτανάφλεξη. Γι' αυτό λοιπόν παράγεται ο τόσο ιδιαίτερος ήχος των πετρελαιοκινητήρων.

Στη φάση της εκτόνωσης, ανάλογα με τη διαδρομή του γκαζιού το μπεκ συνεχίζει να ψεκάζει πετρέλαιο δυναμώνοντας κι άλλο την καύση και αυξάνοντας την απόδοση του κινητήρα.

Ο τέταρτος και τελευταίος χρόνος (εξαγωγή) είναι ίδιος με των βενζινοκινητήρων (οι βαλβίδες εξαγωγής ανοίγουν και τα καυσαέρια διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα).

6.2) Διαφορές λειτουργίας

Η ιπποδύναμη σε ένα βενζινοκινητήρα εξαρτάται αποκλειστικά από την ποσότητα καυσίμου μίγματος που θα μπει στον θάλαμο καύσης. Όταν θέλουμε περισσότερη ισχύ πατάμε περισσότερο το δεξί πεντάλ, η πεταλούδα ανοίγει τέρμα και περισσότερο καύσιμο μίγμα εισάγεται στον θάλαμο. Όμως στους diesel κινητήρες η κατάσταση είναι πολύ διαφορετική και η ισχύς εξαρτάται αποκλειστικά από την ποσότητα πετρελαίου στον θάλαμο καύσης.

Η ποσότητα αέρα είναι δεδομένη, αυτό που αλλάζει είναι το πόσο πετρέλαιο θα ψεκάσουμε. Αν πατήσουμε λίγο το πεντάλ του γκαζιού τότε ψεκάζουμε λίγο, το μίγμα είναι φτωχό και η απόδοση θα είναι μικρή. Έτσι έχουμε μεγάλη οικονομία, χαρακτηριστικό όλων των diesel.

Αν πατήσουμε πολύ το πεντάλ ψεκάζουμε πολύ πετρέλαιο, το μείγμα είναι σχετικά λίγο πιο πλούσιο από αυτό που θα οδηγούσε σε μια τέλεια καύση και η απόδοση υψηλή γι' αυτό τα diesel οχήματα αφήνουν πίσω ένα μαύρο καπνό.

Όμως για να ψεκάσεις καύσιμο σε ένα φοβερά πιεσμένο περιβάλλον και για να μπορέσει να διασκορπιστεί σωστά σε όλα τα σημεία του θαλάμου καύσης, απαιτείται ένα πολύ δυνατό σύστημα ψεκασμού και ένας άριστα μελετημένος συνδυασμός μπεκ και θαλάμου καύσης.

Όταν ένα ρευστό αναγκαστεί με πολύ μεγάλη πίεση να περάσει από κάποιο πολύ στενό σημείο (οπή), τότε έχουμε το διασκορπισμό του σε πολύ λεπτά σταγονίδια που αναμιγνύονται σχετικά εύκολα με τον αέρα (ουσιαστικά οξυγόνο) και αναφλέγονται. Όσο μικρότερα τα σταγονίδια τόσο ευκολότερη η ανάφλεξή του κι έτσι ή θα δώσουμε περισσότερη πίεση ώστε να εκνεφώσουμε το καύσιμο ή θα στενέψουμε πολύ τις οπές των μπεκ. Αν τις κάνουμε υπερβολικά στενές ίσως μπουκώσει η οπή από ρύπους που δεν έχουν κατακρατηθεί από τα φίλτρα, με αποτέλεσμα το σύστημα να υπολειτουργεί ή να καταστραφεί εντελώς... Αν δώσουμε περισσότερη πίεση είναι αναγκαίο να θωρακίσουμε όλο το σύστημα ψεκασμού ώστε να μην έχουμε διαρροές. Ξεχνάμε επίσης τους ελαστικούς συνδέσμους και ασχολούμαστε αποκλειστικά με μεταλλικά εξαρτήματα για πλήρη στεγανοποίηση.

Πρέπει να εξαχνώσουμε το πετρέλαιο. Είναι τόσο μεγάλη η ανάγκη να εξαερώσουμε τα σταγονίδια, διότι αφού ο diesel

κινητήρας δεν έχει μπουζί δεν έχουμε συγκεκριμένο χρονικό σημείο όπου η ανάφλεξη λαμβάνει χώρο. Πολλές φορές μάλιστα αργεί χαρακτηριστικά να αναφλέγει δημιουργώντας έπειτα μια πολύ δυνατή έκρηξη που καταπονεί τα δομικά μέρη του κινητήρα, ενώ παλαιότερα πολλοί κινητήρες δούλευαν συχνά με διαλείψεις...

Αν θέλουμε να είμαστε σίγουροι ότι η ανάφλεξη θα συμβαίνει εκεί που έχουμε υπολογίσει (με πολύ μικρές χρονικές αποκλίσεις), θα πρέπει να δώσουμε στο πετρέλαιο τη δυνατότητα να αναφλέγεται αμέσως μόλις μπει στον θάλαμο. Ταυτοχρόνως, από το μέγεθος της σταγόνας εξαρτάται και η ποιότητα της καύσης διότι μόνο αν οι σταγόνες είναι πολύ μικρές θα οξειδωθεί όλη η ποσότητα του πετρελαίου και δεν θα έχουμε "άκαυστα". Έτσι τιμές της τάξης των 2.000bar είναι αναγκαίες για έναν καλά κατασκευασμένο σύγχρονο diesel κινητήρα.

Καθώς έχουμε βαριά μηχανικά μέρη που καλούνται να αντέξουν μεγάλα φορτία και δεν έχουμε ακρίβεια στην ανάφλεξη του καυσίμου. Είναι αυτονόητο ότι αν αυξήσουμε τις rpm ενός diesel κινητήρα ο χρόνος που δίνεται στον κινητήρα για να κάνει την καύση είναι πολύ μικρός, δεν προλαβαίνει το καύσιμο να καεί, με αποτέλεσμα μεγάλη κατανάλωση με μικρό βαθμό απόδοσης. Ο κινητήρας δεν θα λειτουργεί σωστά και οι πιθανότητες να παρουσιάζει σοβαρές βλάβες είναι τεράστιες! Έτσι, τιμές όπως 5.000rpm όπου ξεκινά το κόκκινο, είναι οριακές για καθημερινούς diesel κινητήρες.

6.3) Απόδοση και καθαριότητα

Δεν χρειαζόμαστε περισσότερες rpm. Όταν η ροπή του πετρελαιοκινητήρα είναι τεράστια από το ρελαντί και συνεχώς μεγαλώνει, όταν η ιπποδύναμη τέτοιων κινητήρων έχει φτάσει να συναγωνίζονται στα ίσα την ισχύ των βενζινοκινητήρων, όταν η κατανάλωσή τους είναι μικρότερη για την ίδια χρήση, τότε

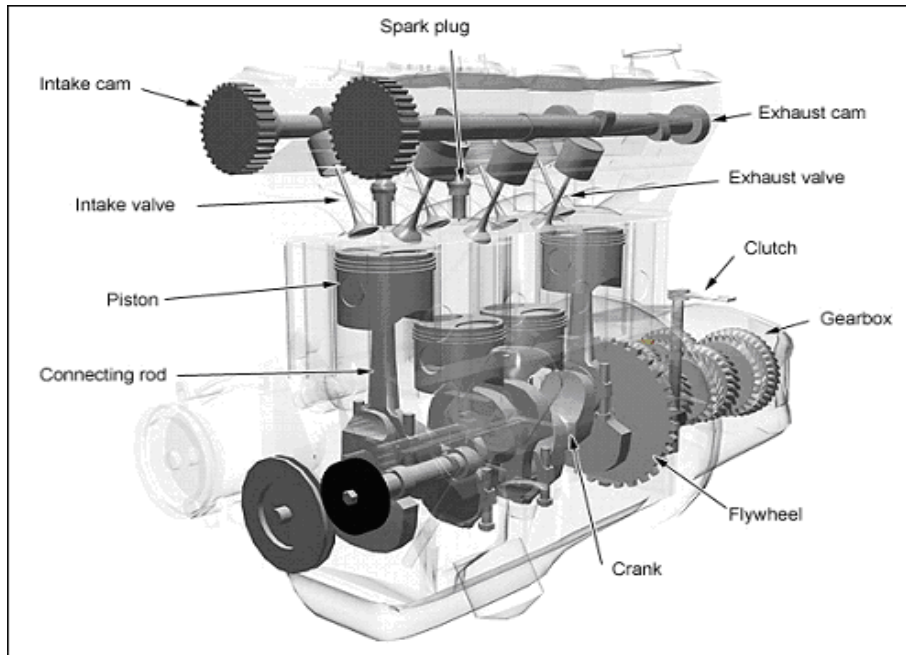
καταλαβαίνουμε ότι η βενζίνη δεν είναι εκ των ων ουκ άνευ. Αν το diesel γίνει και πιο καθαρό, η βενζίνη θα περάσει στο περιθώριο.

Ο πετρελαιοκινητήρας είναι αποδοτικότερος από τον βενζινοκινητήρα χάρις στη μεγαλύτερη συμπίεση και τη μεγαλύτερη διαδρομή του εμβόλου που δίνει υψηλότερη ροπή. Δεν υπάρχει πεταλούδα που αυξάνει τις απώλειες, ο έλεγχος ψεκασμού του είναι ανώτερος και επιπλέον το πετρέλαιο είναι αρκετά πυκνότερο καύσιμο -και όλα αυτά όταν συνδυαστούν δίνουν το εκπληκτικό πλεονέκτημα της υψηλής παραγωγής ροπής.

Εφοδιάζοντας ένα τέτοιο μοτέρ με μια μετάδοση με μακριές σχέσεις, έχουμε ένα αρκετά οικονομικό σύνολο. Αν όμως η μετάδοση δεν έχει τόσο μακριά κλιμάκωση (μα παραμένει μακρύτερη από ενός κλασικού βενζινοκινητήρα), οι επιδόσεις είναι ικανοποιητικές και η κατανάλωση χαμηλή.

Ο κινητήρας diesel είναι πιο "καθαρός" από έναν βενζινοκινητήρα. Από εργαστηριακές μετρήσεις έχουμε δει ότι το ποσοστό εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και των άκαυστων υδρογονανθράκων (HC) είναι μικρότερο στα καυσαέρια των κινητήρων diesel, ενώ στα οξείδια του αζώτου (NOx) οι πετρελαιοκινητήρες υπερέχουν λίγο. Παρ' όλα αυτά έχουν αυξημένο ποσοστό εκπομπής διοξειδίου του θείου (SO₂), μολονότι τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να επικρατεί με αυστηρότατες νομοθεσίες το πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (Ultra-low sulfur diesel ULSD) με αποτέλεσμα η κατάσταση σταδιακά να αλλάζει αρκετά.

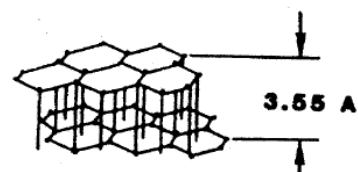
Μα όλα αυτά ισχύουν όταν οι ως προς σύγκριση κινητήρες δουλεύουν στο τέρμα. Όταν η χρήση τους είναι ήπια, στο πλαίσιο της καθημερινής χρήσης τους στο δρόμο, οι μετρήσεις δείχνουν ότι υπερτερεί ο βενζινοκινητήρας. Γι' αυτό λέμε ότι προς το παρόν δεν υπάρχει νικητής στο πεδίο "καθαρότερος κινητήρας". Οι ποικίλες "παγίδες" και οι καταλύτες στους diesel κινητήρες καμουφλάρουν την κατάσταση, δεν τη διορθώνουν...



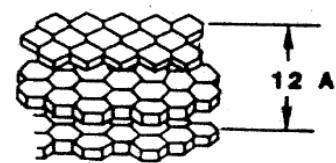
7) Σύντομη περιγραφή των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων και της συνεισφοράς του κινητήρα diesel στο σχηματισμό τους καθώς και ο σχηματισμός τους στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης ενός κινητήρα.

7.1) Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Τα οξείδια του αζώτου που θεωρούνται ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O). Οι δυο πρώτες από αυτές τις ενώσεις αναφέρονται από κοινού ως NO_x, αλλά το NO είναι το κυρίαρχο οξείδιο του αζώτου που παράγεται από κινητήρες εσωτερικής καύσης. Σχεδόν όλη η ποσότητα NO_x (94%) που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από ανθρωπογενείς



Πλακίδιο



Κρυσταλίτης



Σωματίδιο

δραστηριότητες. Οι κινητήρες diesel είναι υπεύθυνοι για το 27% των συνολικών εκπομπών NO_x που αποβάλλονται στο περιβάλλον από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) παίζουν σημαντικό ρόλο στους φωτοχημικούς κύκλους αντίδρασης, οδηγώντας στο σχηματισμό αιθαλομίχλης (φωτοχημικό νέφος) στην αστική τροπόσφαιρα. Κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (υπεριώδες ηλιακό φως) συμμετέχουν σε ορισμένες χημικές αντιδράσεις υπό την αλληλεπίδραση πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή των άκαυστων υδρογονανθράκων στα λεγόμενα φωτοχημικά οξειδωτικά και την παραγωγή όζοντος, που επίσης είναι τοξικό για το αναπνευστικό σύστημα και προκαλεί απώλειες στην αγροτική παραγωγή. Με τη βοήθεια του όζοντος και του οξυγόνου της ατμόσφαιρας τα οξείδια του αζώτου δημιουργούν κατόπιν ένα κύκλο δευτερογενούς ρύπανσης, η οποία καταλήγει στο σχηματισμό του φωτοχημικού νέφους και αέριων τοξικών συστατικών. Τα οξείδια του αζώτου οδηγούν επίσης στη μείωση του πολύτιμου, για την απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας, στρατοσφαιρικού όζοντος, όπως επίσης και στην όξινη βροχή.

Σχηματισμός οξειδίων του αζώτου σε κινητήρες Diesel

Το μονοξείδιο του αζώτου (NO), σχηματίζεται σε κινητήρες diesel σε όλο το εύρος της περιοχής υψηλών θερμοκρασιών που καταλαμβάνουν τα προϊόντα της καύσης γύρω από τη φλόγα. Κύρια πηγή σχηματισμού του είναι η οξείδωση του αζώτου (N₂) του αέρα πλήρωσης του κυλίνδρου.

Οι υψηλότεροι ρυθμοί σχηματισμού NO παρατηρούνται σε περιοχές που βρίσκονται πλησίον της στοιχειομετρίας, άρα κυρίως κατά την φάση της ανεξέλεγκτης καύσης όπου έχουμε φλόγα προανάμιξης. Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), σχηματίζεται από το NO στην περιοχή της φλόγας.

Κατανομή του λόγου ισοδυναμίας καυσίμου Φ, την στιγμή της πρώτης εναύσεως, δέσμης καυσίμου κινητήρα diesel αμέσου εγχύσεως

Το άζωτο στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι κανονικά ένα αδρανές αέριο. Στις θερμοκρασίες της καύσης του αεριοποιημένου καυσίμου, ποσότητες αζώτου συνδυάζονται με το οξυγόνο διαμορφώνοντας τα οξειδία του αζώτου. Για αυτό, ο σχηματισμός των NOx εξαρτάται κυρίως, από τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται εντός του κυλίνδρου (ισχυρή εκθετική συσχέτιση) κατά τη διάρκεια της καύσης και από τη διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου.

Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η κρίσιμη περίοδος του σχηματισμού των NOx, βρίσκεται μεταξύ της έναρξης της καύσης και λίγο μετά την επίτευξη της μέγιστης πίεσης. Αυτό ισχύει διότι λίγο μετά (δηλαδή κατά την ελεγχόμενη καύση), λόγω της διείδυσης και της διάσπασης της δέσμης και της ανάμιξης με ψυχρό αέρα, έχουμε πτώση της θερμοκρασίας και "πάγωμα" των χημικών αντιδράσεων σχηματισμού.

Οποιοσδήποτε παρεμβάσεις στη σχεδίαση ή στη λειτουργία του κινητήρα, που προκαλούν μείωση, της μέγιστης θερμοκρασίας της καύσης, των μερικών πιέσεων του αζώτου και του οξυγόνου που έχουν προκύψει από τη διάσταση, ή του χρόνου παραμονής του καυσίμου μίγματος σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, μπορούν να επιφέρουν μείωση των εκπομπών NOx.

Οι κύριες παράμετροι λειτουργίας που επηρεάζουν τον σχηματισμό των οξειδίων του αζώτου είναι:

- Η ρύθμιση του φορτίου στον κινητήρα, δηλαδή η ρύθμιση της παροχής καυσίμου, με την αύξηση του οποίου, παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας στη ζώνη αντίδρασης, της μίας δηλαδή εκ των δύο παραμέτρων που ευθύνονται για τον σχηματισμό των NOx
- Η προπορεία έγχυσης, η μείωση της οποίας συμβάλει στη μείωση του διάρκειας της προαναμειγμένης (ανεξέλεγκτης) καύσης, συμβάλλοντας συνεπώς και στη μείωση των εκπομπών NOx.

- Το ποσοστό του παραμένουστος καυσαερίου (residual gas) στο θάλαμο καύσης, αύξησή του οποίου προκαλεί σημαντική μείωση των NO_x, κυρίως λόγω της υψηλής ειδικής θερμοχωρητικότητας του που βοηθά στη μείωση του επιπέδου των θερμοκρασιών (λόγος ανάπτυξης της τεχνικής της ανακυκλοφορίας καυσαερίου όπως θα εξηγηθεί παρακάτω).

7.2) Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) παράγεται κυρίως λόγω της καύσης στερεών, αερίων και υγρών καυσίμων. Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ εκτιμά ότι οι κινητήρες diesel είναι υπεύθυνοι περίπου για το 5% των εκπομπών CO λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (προέρχεται κυρίως από τους βενζινοκινητήρες). Η τοξικότητα του CO οφείλεται στην ικανότητα που έχει, για μείωση της μεταφορικής ικανότητας του αίματος σε οξυγόνο και προκαλεί πονοκεφάλους και προβλήματα στο κυκλοφορικό σύστημα.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης των υδρογονανθράκων (και του άνθρακα γενικότερα) και σχηματίζεται κυρίως στις περιοχές του θαλάμου καύσης, οι οποίες είναι ιδιαίτερα πλούσιες σε καύσιμο. Αν οι θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές, το μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να αντιδράσει περαιτέρω με το οξυγόνο σχηματίζοντας CO₂. Γενικά, οι εκπομπές CO από κινητήρες εσωτερικής καύσης, αυξάνονται όταν το διαθέσιμο οξυγόνο δεν επαρκεί για τη στοιχειομετρική καύση του μίγματος, οπότε ελέγχονται κυρίως από το λόγο ισοδυναμίας καυσίμου. Επειδή οι κινητήρες diesel λειτουργούν πάντα με περίσσεια αέρα, οι εκπομπές CO μπορούμε να πούμε ότι είναι σχετικά χαμηλές.

7.3) Άκαυστοι Υδρογονάνθρακες (HC)

Όλοι οι υδρογονάνθρακες στην ατμόσφαιρα θεωρούνται πτητικές οργανικές ενώσεις και δεν λογίζονται στο σύνολο τους ως ρύποι, παρ'όλο που κάποια συγκεκριμένα συστατικά τους

χαρακτηρίζονται ως τοξικά. Οι περισσότεροι υδρογονάνθρακες δεν είναι τοξικοί σε χαμηλές συγκεντρώσεις ενώ ορισμένες ενώσεις είναι καρκινογενείς ή ύποπτες ως καρκινογόνες (ιδιαίτερα το βενζόλιο). Η σημασία τους προκύπτει από τη συμμετοχή τους στο σχηματισμό όζοντος άρα και φωτοχημικού νέφους. Σύμφωνα με εκτιμήσεις οι κινητήρες diesel συμβάλλουν μόνο στο 5% των συνολικών εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

7.4) Σχηματισμός Άκαυστων Υδρογονανθράκων σε κινητήρες Diesel

Οι εκπομπές ακαύστων υδρογονανθράκων από κινητήρες diesel αποτελούν συνέπεια της ατελούς καύσης του καυσίμου υδρογονάνθρακα. Υφίστανται κυρίως εξαιτίας του εγκλωβισμού του καυσίμου και του λιπαντικού στα διάκενα μεταξύ εμβόλου και τοιχωμάτων του κυλίνδρου, τα οποία εμποδίζουν την ικανοποιητική ανάμιξη με το αέρα ώστε να υπάρξει πλήρης καύση. Υπό κάποιες συνθήκες ψυχρής εκκίνησης, οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες που σχετίζονται με το καύσιμο εκπέμπονται ως ομίχλη υγρών άκαυστων σωματιδίων καυσίμου ("λευκός καπνός").

Οι κυριότερες αιτίες εκπομπών υδρογονανθράκων, για κανονικές συνθήκες λειτουργίας ενός κινητήρα Diesel, είναι το φαινόμενο της υπερανάμειξης κατά τη διάρκεια της καθυστέρησης ανάφλεξης και η υποαναμειξιμότητα. Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες μπορούν να ελεγχθούν κατά τον σχηματισμό τους στο θάλαμο καύσης, μειώνοντας το μέγεθος και τον αριθμό των διακένων και μειώνοντας επίσης την καθυστέρηση ανάφλεξης.

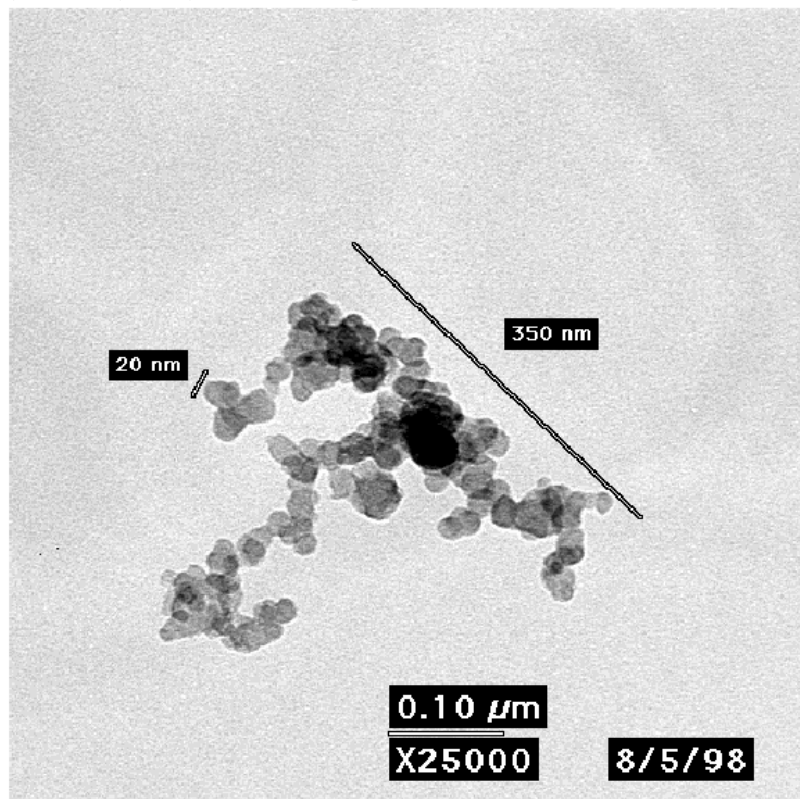
Η υπερανάμειξη είναι μια κατάσταση, κατά την οποία σε συγκεκριμένες περιοχές της δέσμης το καύσιμο έχει αναμιχθεί με το ρεύμα αέρα πέραν του ορίου φτωχής αναφλεξιμότητας (ετερογενές μίγμα αέρα-καυσίμου), με συνέπεια την ατελή καύση του μίγματος στην περιοχή αυτή. Άμεση επίδραση

στο φαινόμενο αυτό έχουν η διάρκεια της καθυστέρησης ανάφλεξης και ο ρυθμός ανάμειξης. Η υποαναμειξιμότητα είναι η κατάσταση, κατά την οποία επικρατεί χαμηλή ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω του καυσίμου που εξέρχεται του εγχυτήρα με πολύ χαμηλή ταχύτητα στο τέλος της διεργασίας της καύσης, αλλά ενδεχομένως και σε περίπτωση υπερφορτίσεως του κινητήρα ή σε περίπτωση δευτερογενούς εγχύσεως.

Τέλος σημαντική επίδραση έχει και η θερμοκρασία των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσεως, που μπορεί να οδηγήσει σε σβέση της φλόγας ή ακόμα και σε αστοχία εναύσεως.

7.5) Σωματιδιακές εκπομπές –Αιθάλη

Η μεγάλη συγκέντρωση αιθάλης, που σχηματίζεται από την καύση, γίνεται αντιληπτή ως μαύρος καπνός στην εξαγωγή. Ο όρος "αιθάλη" δίνεται για τα σωματίδια άνθρακα που σχηματίζονται κατά την καύση, που λαμβάνει



χώρα σε αέρια φάση υπό υψηλή θερμοκρασία.

Η αιθάλη όταν εξετάζεται σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έχει τη μορφή αλυσίδας στερεών συσσωματώσεων, που αποτελούνται από

συλλογές μικρότερων πρωτογενών σωματιδίων. Αυτά είναι σφαιρικά ή σχεδόν σφαιρικά (πρωτεύοντα σωματίδια αιθάλης) συσσωρευμένα σε συναθροίσεις (συγκροτήματα ή αλυσίδες) καλούμενα σωματίδια, τα οποία εκπέμπονται από κινητήρες diesel, έχουν μέγεθος που ποικίλλει από 10 ως 80 nm και περιέχουν μικρή ποσότητα υδρογόνου.

Μικροφωτογραφία σωματιδίου αιθάλης που δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια της καύσης diesel, εμφανίζοντας το να είναι ένα συσσωμάτωμα από σφαιρικά σωματίδια με διάμετρο της τάξης των 20 nm.

Ένα πρωτεύον σωματίδιο περιέχει 10⁵ ως 10⁶ άτομα άνθρακα. Τα άτομα άνθρακα των πρωτευόντων σωματιδίων αιθάλης τοποθετούνται σε εξαγωνικές επιφάνειες που ονομάζονται «πλακίδια» (platelets). Τα πλακίδια αυτά διευθετούνται σε επίπεδα σχηματίζοντας κρυσταλίτες καθένας εκ των οποίων περιέχει 2-5 πλακίδια. Για τα σωματίδια αιθάλης κινητήρων diesel, τυπικά το 15 με 30% της μάζας του σωματιδίου μπορεί να αποσπασθεί με χρήση ισχυρών διαλυτών.

Οι εκπομπές Αιθάλης σχετίζονται με σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα και θεωρούνται ύποπτες για καρκινογενέσεις. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η κατανομή μεγέθους τους, διότι σωματίδια μικρότερα της τάξης των 2,5 μm, δηλαδή το 90% της συνολικής μάζας των σωματιδίων της εξαγωγής, είναι αναπνεύσιμα και καταλήγουν απευθείας στους πνεύμονες. Εκτός αυτού η εκπομπή σωματιδίων προκαλεί προβλήματα και στην λειτουργία του κινητήρα λόγω των επικαθήσεων τους.

7.6) Σχηματισμός σωματιδίων Αιθάλης

Τα στερεά σωματίδια αιθάλης που εκπέμπονται από κινητήρες diesel αποτελούνται κυρίως από άνθρακα. Σε θερμοκρασίες πάνω από 1300 K, τα συστατικά του καυσίμου στον πυρήνα της δέσμης, όπου το μίγμα είναι εξαιρετικά πλούσιο, μπορούν να πυρολυθούν

και να σχηματίσουν σωματίδια άνθρακα (εκεί εμφανίζονται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αιθάλης).

Πυρόλυση καλείται η χημική προετοιμασία των υδρογονανθράκων, δηλαδή η διάσπαση των βαρύτερων υδρογονανθράκων σε άλλους μικρότερου βάρους και πιο δραστικούς. Αυτά τα πρώτα σωματίδια είναι πολύ μικρά διότι ο ρυθμός σχηματισμού τους είναι πολύ μεγάλος. Αργότερα υπόκεινται σε επιφανειακή επέκταση, σύμπληξη και συνάθροιση λόγω αλυσιδωτών χημικών ενώσεων που λαμβάνουν χώρα μέχρι τη μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων.

Έτσι οι συγκεντρώσεις αιθάλης αυξάνουν ραγδαία με την έναρξη της καύσης και μειώνονται έντονα μετά το πέρας της εγχύσεως του καυσίμου, οπότε και ο πυρήνας αναμιχθεί με αέρα με φτωχότερες αναλογίες .

Το μεγαλύτερο ποσοστό του στοιχειακού άνθρακα που σχηματίζεται (80% ως 98%) οξειδώνεται κατά τη διάρκεια των τελευταίων σταδίων της καύσης. Ο εναπομένον στοιχειακός άνθρακας συσσωματώνεται σε μια σύνθετη αλυσίδα σωματιδίων αιθάλης και εξέρχεται από τον κινητήρα, ως ένα συστατικό των εκπομπών στερεών σωματιδίων. Η εκπεμπόμενη αιθάλη υπόκειται στη συνέχεια σε μια επιπλέον διαδικασία αυξήσεως της μάζας της, μετά τη ψύξη και την ανάμιξη των καυσαερίων με τον αέρα περιβάλλοντος.

Από αυτή την περιγραφή, ο σχηματισμός της αιθάλης κατά τη διάρκεια της καύσης και η συνεπακόλουθη εκπομπή της από τον κινητήρα με τη μορφή στερεών σωματιδίων εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες:

- Τη θερμοκρασία
- Το χρόνο λειτουργίας με έντονα πλούσια μίγματα
- Τη διαθεσιμότητα των οξειδωτικών μέσων

Επομένως, ο έλεγχος του σχηματισμού των σωματιδίων αιθάλης στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης, επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας διάφορες παραμέτρους, που επηρεάζουν αυτές τις μεταβλητές, όπως είναι το φορτίο (επιβολή άνω ορίου φορτίου λόγω αιθάλης), η προπορεία εγχύσεως , η ταχύτητα περιστροφής

του κινητήρα, η πίεση και ο ρυθμός έγχυσης καυσίμου και η συστροφή του αέρα, εξισορροπώντας παράλληλα τις επιδράσεις που προκύπτουν στις εκπομπές NOx και στην κατανάλωση καυσίμου.

Αντίθετη Μεταβολή Αιθάλης και NOx σε Κινητήρες Diesel

Η μεταβολή της αιθάλης σε κινητήρες diesel έχει συνήθως αντίθετο πρόσημο από τη μεταβολή των οξειδίων του αζώτου (NO-Soot trade off, αντίστοιχα και NO-bsfc trade off). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, στις περισσότερες περιπτώσεις, η τεχνολογία ελέγχου που έχει σχεδιασθεί για τη μείωση του ενός ρύπου (π.χ. των NOx) να προκαλεί αύξηση του άλλου (π.χ. της αιθάλης). Για παράδειγμα, η μείωση της διαθέσιμης ποσότητας οξυγόνου στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης (λόγω ανακυκλοφορίας), προκαλεί μείωση των οξειδίων του αζώτου, αλλά αυξάνει το σχηματισμό στερεών σωματιδίων αιθάλης. Ως συμπέρασμα το κλασικό πρόβλημα των σχεδιαστών των κινητήρων Diesel είναι ο περιορισμός και των δύο ρύπων ταυτόχρονα.

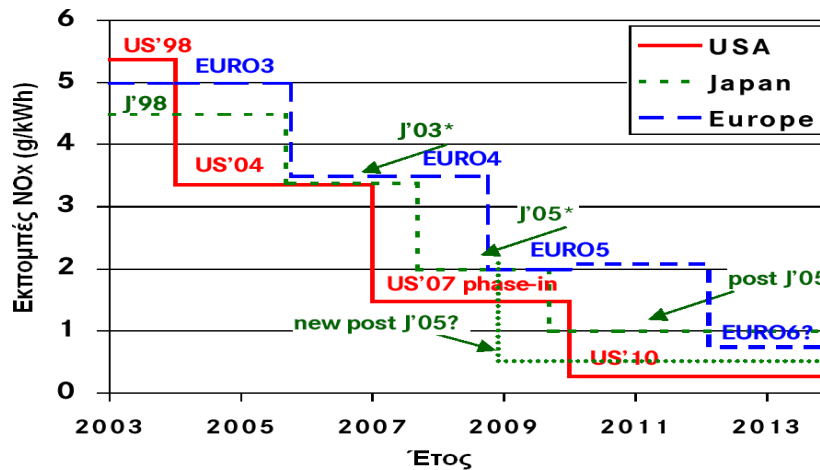
7.7) Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Το διοξείδιο του θείου (SO₂) παράγεται κυρίως από την καύση καυσίμων που περιέχουν θείο. Η χρήση καυσίμων σε κινητήρες οχημάτων και παραγωγής ισχύος εκτιμάται ότι είναι η πηγή λιγότερου από το 3% των συνολικών εκπομπών SO₂. Το διοξείδιο του θείου προκαλεί μέτρια όχληση στους πνεύμονες και ελάττωση της ορατότητας. Μαζί με τα NOx είναι οι βασικότερες ενώσεις σχηματισμού όξινων επικαθίσεων λόγω της όξινης βροχής.

7.8) Όρια εκπομπής ρύπων κινητήρων Diesel

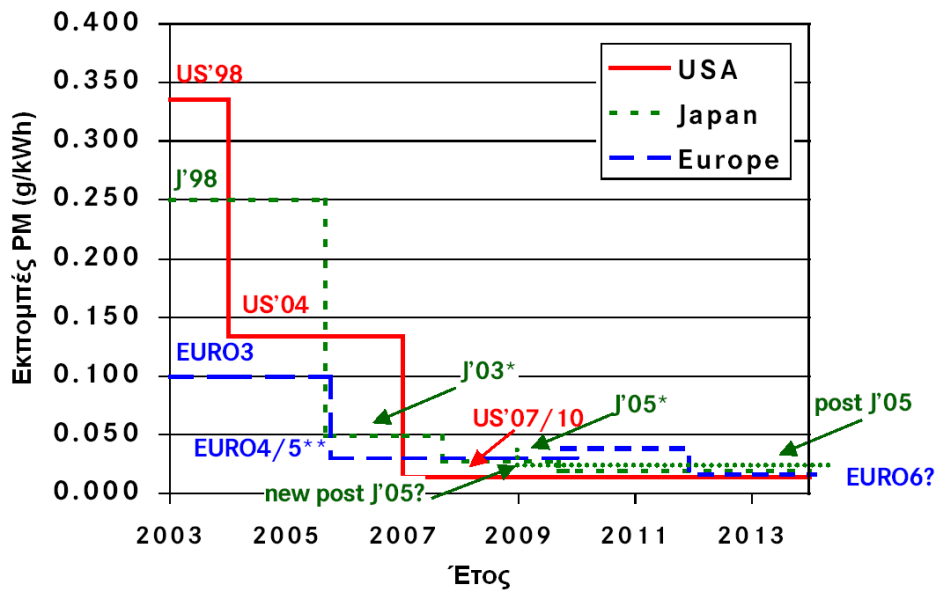
Τα όρια εκπομπής ρύπων από κινητήρες diesel οχημάτων βαρέως τύπου εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά στην Καλιφόρνια το 1973 και στις υπόλοιπες περιοχές των Η.Π.Α το 1974. Ορίζονται ως ένα

σύνολο από απαιτήσεις, οι οποίες καθορίζουν τα αποδεκτά όρια των εκπεμπόμενων ρύπων των νέων οχημάτων.



Σχήμα :Όρια εκπομπής NOx στην Ευρώπη, στις ΗΠΑ και στην Ιαπωνία

Τα όρια εκπομπής ρύπων που ισχύουν στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α βασίζονται σε διαφορετικούς κύκλους εργαστηριακών δοκιμών, με αποτέλεσμα αρχικά να μην είναι απευθείας συγκρίσιμα. δείχνουν μια συνεχή τάση για σταδιακή επιβολή όλο και πιο αυστηρών προδιαγραφών, για την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και συνεπώς, για την ανάπτυξη περιβαλλοντικά φιλικότερων κινητήρων τόσο στις Η.Π.Α όσο και στην Ευρώπη.



Σχήμα : Όρια εκπομπής σωματιδίων αιθάλης στην Ευρώπη, στις ΗΠΑ και στην Ιαπωνία.

Όσον αφορά τον κύκλο δοκιμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι εκπομπές NO_x, HC, CO και μικροσωματιδίων ρυθμίζονται σύμφωνα με διαφορετικά πρότυπα, ανάλογα με τον τύπο του οχήματος, ενώ ο έλεγχος της συμμόρφωσης με τις προδιαγραφές γίνεται με τυποποιημένους "Κύκλους Πόλης" που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Οχήματα που δεν τηρούν τις προδιαγραφές δεν μπορούν να ταξινομηθούν στα κράτη μέλη της Ε.Ε. ενώ τα νέα πρότυπα δεν ισχύουν για οχήματα που βρίσκονται ήδη στη κυκλοφορία.

Η εναρμόνιση ενός κινητήρα με το προβλεπόμενο όριο πριν το έτος 2000 γινόταν χρησιμοποιώντας τον κύκλο δοκιμών των 13 σημείων μόνιμης λειτουργίας που ονομαζόταν ECER-49. Ξεκινώντας από το 2000, αυτός ο κύκλος δοκιμών αντικαταστάθηκε από δυο νέους κύκλους: έναν ευρωπαϊκό κύκλο για κινητήρες παραγωγής ισχύος (European Stationary Cycle (ESC)) και ένα αντίστοιχο κύκλο μεταβατικής λειτουργίας (European Transient Cycle(ETC)).

8) Πρωτογενείς μέθοδοι (Έλεγχος του μηχανισμού καύσης)

Είναι γνωστό ότι ο σχηματισμός ρύπων στο εσωτερικό του κινητήρα diesel ελέγχεται από τη χρονική εξέλιξη της καύσης. Οι πρωτογενείς μέθοδοι είναι μέθοδοι πρόληψης. Αποτελούν επεμβάσεις στη διαδικασία της καύσης με σκοπό, μέσω του ελέγχου της, το περιορισμό του σχηματισμού των ρύπων. Σύμφωνα με όσα ειπώθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο οι παράγοντες που επηρεάζουν την ετερογενή καύση ενός κινητήρα diesel είναι :

1. Η Έγχυση του Καυσίμου
2. Η Κίνηση του Αέρα στο Εσωτερικό του Κυλίνδρου.
3. Η Γεωμετρία του Θαλάμου Καύσης
4. Ο Λόγος Συμπίεσης
5. Η Ποσότητα του Αέρα
6. Η Σύνθεση του μίγματος

Έλεγχος του συστήματος : Σκοπός των παρεμβάσεων είναι η τροποποίηση του ποσοστών της συνολικά εγχυόμενης συνθήκης προανάμειξης και οι μέθοδοι ελέγχου του συστήματος

8.1) Προπορεία

Είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για μείωση εκπομπής NOx. Βασικός σκοπός της εγχύσεως, δηλαδή της γωνίας στροφάλου όπου (καθυστέρηση εγχύσεως προς το στάδιο της εκτόνωσης που καίγεται υπό συνθήκες αποτέλεσμα τη μείωση του καμένου μίγματος ως στο εσωτερικό του θαλάμου.

Βασικό μειονέκτημα της είναι ότι η μείωση των θερμοκρασιών θάλαμο καύσης, οδηγεί στην αύξηση των εκπομπών αιθάλης και στην αύξηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Οι εκπομπές αιθάλης εξαρτώνται και από το φορτίο και από τη μείωση της προπορείας που έχει άκρως αρνητική επίδραση στα μεγάλα φορτία της παρούσας μείωσης εκπομπών.

8.2) Πίεση έγχυσης

Η αύξηση της πίεσης έγχυσης προκαλεί μείωση του σχηματισμού αιθάλης και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, λόγω της βελτίωσης του διασκορπισμού του καυσίμου και της μείωσης του χρόνου ψεκασμού. Το μέγεθος των σταγονιδίων του καυσίμου μειώνεται δραστικά με την αύξηση της πίεσης εγχύσεως και συνεπώς εξατμίζονται ευκολότερα και επιπλέον η ίδια ποσότητα καυσίμου εγχύεται γρηγορότερα. Από αυτό το γεγονός εξηγείται η απαίτηση για υψηλές πιέσεις έγχυσης (ως 2500 bar για κινητήρες diesel βαρέως τύπου). Σε συστήματα έγχυσης μέσω μηχανικής συμπίεσης, τίθεται όριο στην αύξηση της πίεσης έγχυσης από την υπερβολική αύξηση της μηχανικής ισχύος, που πρέπει να καταναλωθεί για την κίνηση της αντλίας.

Αυτό έχει ως συνέπεια την μείωση, από ένα σημείο και μετά, του μηχανικού βαθμού απόδοσης του κινητήρα diesel.

Όμως, η αύξηση της πίεσης έγχυσης έχει αρνητικές επιπτώσεις στις εκπομπές NOx, εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας που προκαλεί. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η αύξηση της πίεσης εγχύσεως έχει αντιστρόφως ανάλογη επίδραση στις εκπομπές και την απόδοση του κινητήρα με αυτήν της μείωσης της προπορείας εγχύσεως, ως συνέπεια της αντίθετης επίπτωσης τους στη θερμοκρασία. Έτσι για δοσμένη παροχή καυσίμου η αύξηση της πίεσης έγχυσης μετατοπίζει τον βέλτιστο χρονισμό εγχύσεως προς το ANΣ.

Ρυθμός έγχυσης καυσίμου - Χρήση εξελιγμένων συστημάτων έγχυσης.

Η τεχνική αυτή απαιτεί την τροποποίηση του συστήματος έγχυσης και συνήθως περιλαμβάνει:

- Τον έλεγχο του ρυθμού έγχυσης καυσίμου, εφαρμόζοντας διάφορα προφίλ.
- Την εφαρμογή πιλοτικής έγχυσης καυσίμου (pilot injection).
- Την έγχυση μίας ποσότητας καυσίμου μετά τη κύρια έγχυση (post injection) για τον έλεγχο της αιθάλης.

- Τη σχεδίαση διαφορετικών ακροφυσίων του εγχυτήρα (π.χ. αριθμός οπών,). Με τη χρήση συστημάτων έγχυσης κοινού οχετού οι εκπομπές ρύπων και η οικονομία καυσίμου βελτιώνονται σημαντικά. Αφού ξεπεράστηκαν τα προβλήματα του ηλεκτρονικού αυτόματου ελέγχου χρησιμοποιείται πλέον εκτενώς το σύστημα κοινού συλλέκτη (common rail) σε κινητήρες Diesel.

8.3) Έλεγχος του συστήματος εισαγωγής αέρα-Υπερπλήρωση.

Ο βασικός άξονας της λειτουργίας ενός συστήματος υπερπλήρωσης είναι ο έλεγχος της παροχής του αέρα και η ταχεία απόκριση τους κατά την αλλαγή των συνθηκών λειτουργίας (φορτίο ή ταχύτητα περιστροφής) του κινητήρα.

Κατά την αλλαγή από ένα σημείο λειτουργίας σε άλλο η διαφοροποίηση των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών και της παροχής του αέρα εισαγωγής που απαιτείται, επιτυγχάνεται με το σωστό συνδυασμό υπερπληρωτή και κινητήρα (turbo-matching). Το επιτυχές ταίριασμα υπερπληρωτή και στροβίλου εξασφαλίζει εκτός των άλλων την μακροχρόνια και αποδοτική λειτουργία του κινητήρα.



Σχήμα :Υπερπληρωμένος κινητήρας

Η αύξηση της πίεσης υπερπλήρωσης προκαλεί αύξηση του λόγου αέρα –καυσίμου με λογική συνέπεια την μείωση των εκπομπών της αιθάλης και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Το μειονέκτημα των αυξημένων, μόνο κατά τις απότομες αλλαγές φορτίου, εκπομπών αιθάλης αντιμετωπίζεται με τη χρήση ρυθμιστή καυσίμου, ενώ αυτό των σημαντικά αυξημένων εκπομπών οξειδίων του αζώτου αντιμετωπίζεται με την ψύξη του αέρα υπερπληρώσεως, για την αποτροπή υψηλών θερμοκρασιών του αέρα υπερπληρώσεως. Τα σύγχρονα συστήματα υπερπλήρωσης έχουν τη δυνατότητα επίτευξης υψηλών πιέσεων υπερπλήρωσης (πάνω από 3.5 bar- όριο λόγω μηχανικών καταπονήσεων) . Συνήθεις μέθοδοι υπερπλήρωσης του αέρα εισαγωγής είναι:

1. Μονοβάθμιοι συμπιεστές με υψηλό λόγο πίεσης αέρα και ισεντροπικό βαθμό απόδοσης.
2. Διβάθμιο σύστημα υπερπλήρωσης με ενδιάμεση ψύξη.
3. Υπερπληρωτές με μεταβλητή γεωμετρία εισόδου στο στρόβιλο.
4. Ηλεκτρικά υποβοηθούμενοι υπερπληρωτές.

Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων

Μια τεχνική ελέγχου της ποσότητας του αέρα που εισάγεται στον κινητήρα (ογκομετρικός βαθμός απόδοσης), είναι ο μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων. Τα σύγχρονα συστήματα προσφέρουν όχι μόνο μεταβλητό χρονισμό ανοίγματος και κλεισίματος βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής, αλλά και μεταβλητή ανύψωση, όπως επίσης και συνδυασμό όλων αυτών. Στους κινητήρες diesel ο μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων οδηγεί, σε μείωση των NOx σε συνδυασμό με EGR, βελτίωση της ισχύος και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και καλύτερη δυναμική απόκριση του υπερπληρωτή.

8.4) Σύνθεση του μίγματος

Με την εφαρμογή κάποιας από τις μεθόδους που πρόκειται να αναφερθούν παρακάτω μεταβάλλεται η σύνθεση του μίγματος, το οποίο εισέρχεται στον κύλινδρο του κινητήρα. Ως γνωστόν, η ποσότητα του διατιθέμενου οξυγόνου για την διαδικασία της καύσης (άρα και η τιμή του λόγου ισοδυναμίας) έχει σημαντική επίπτωση στην απόδοση και τις εκπομπές ρύπων του κινητήρα. Με τη χρήση μεθόδων όπως η ανακυκλοφορία καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation) μπορούμε να μειώσουμε την περιεκτικότητα σε οξυγόνο, του παγιδευμένου στον κύλινδρο αερίου. Την ακριβώς αντίθετη επίδραση στην απόδοση και τις εκπομπές ρύπων μπορεί να επιτύχει ο εμπλουτισμός του αέρα εισαγωγής σε οξυγόνο.

Επίδραση της γεωμετρίας του θαλάμου καύσης και της συστροφής του αέρα.

Η συστροφή του αέρα (π.χ ανάλογα με τη γεωμετρία του θαλάμου καύσης) βελτιώνει την ανάμιξη του αέρα με τη δέσμη καυσίμου και ως συνέπεια μειώνει τη χρονική περίοδο της καύσης, μειώνοντας την αιθάλη και αυξάνοντας τις εκπομπές NOx. Μελέτες σε μονοκύλινδρο κινητήρα diesel αμέσου εγχύσεως έδειξαν ότι υπάρχει βέλτιστη τιμή του λόγου συστροφής του αέρα, για τη βελτιστοποίηση των συγκεκριμένων παραμέτρων. Σήμερα όμως, με τη χρήση συστημάτων έγχυσης πολύ υψηλής πίεσης, ο ρόλος της συστροφής έχει μειωθεί σημαντικά.

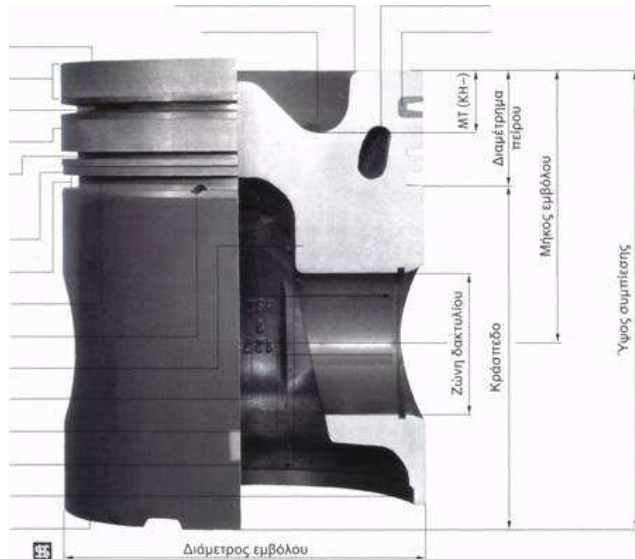


9) Θάλαμοι καύσης

Η βέλτιστη απόδοση κατά τη διαδικασία της καύσης του μείγματος αέρα – καυσίμου είναι επιτακτική. Και τούτο διότι από αυτήν καθορίζονται η συνολική απόδοση του κινητήρα, το λειτουργικό κόστος, αλλά και η επιβάρυνση που θα επιφέρουν στο

περιβάλλον οι εκπεμπόμενοι ρύποι από την κάθε λειτουργία του. Σήμερα, η ανάπτυξη των θαλάμων καύσης (combustion chambers) βασίζεται στην εμπειρία που αποκτήθηκε από τη χρήση τους που λειτούργησαν με περισσότερη ή λιγότερη επιτυχία στο παρελθόν. Είναι σύνηθες, όσο και επιβεβλημένο, να προτείνονται διαφορετικές λύσεις για ένα δεδομένο σύστημα καύσης, όμως κάποιες βασικές σχεδιαστικές αρχές απαντώνται σε κάθε θάλαμο καύσης. Η διαρκώς αυξανόμενη χρήση των κινητήρων, που σημειώνεται με την πάροδο των χρόνων, επιφέρει ταυτόχρονα σημαντική αύξηση στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Το γεγονός αυτό εντείνει τις προσπάθειες σχεδιασμού βελτιωμένων θαλάμων καύσης με μειωμένες εκπομπές καυσαερίων.

Κατά την διαδικασία της καύσης. Ο βασικός σκοπός του θαλάμου καύσης είναι να επιτύχει την καύση συγκεκριμένης ποσότητας μείγματος αέρα (ο οποίος εξέρχεται από το συμπιεστή) και καυσίμου. Τα παραγόμενα



καυσαέρια αποδίδουν τη θερμική ενέργειά μετά το θάλαμο καύσης. Η διαδικασία της καύσης πραγματοποιείται στην περιορισμένη έκταση του θαλάμου καύσης και πρέπει να επιτυγχάνεται με την ελάχιστη δυνατή απώλεια πίεσης (ισοβαρής καύση).

Θα εξετάσουμε με λεπτομέρεια τον τρόπο λειτουργίας ενός θαλάμου καύσης σε έναν κινητήρα. Βασικά, ο θάλαμος καύσης αποτελείται από το περίβλημα, τον εγχυτήρα καυσίμου και το φλογοσωλήνα όπου πραγματοποιείται η καύση.

Η κοιλότητα που δημιουργείται ανάμεσα στο έμβολο (όταν αυτό βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο) και την κυλινδροκεφαλή. Μέσα σ' αυτόν, λαμβάνει χώρα η καύση του μείγματος. Ανάλογα με τη σχεδίαση, μπορεί να έχει διάφορα σχήματα (κοίλος τύπου Heron, επίπεδος, ημισφαιρικός, ή διπλά ημισφαιρικός). Η σχεδίασή του επηρεάζει καθοριστικά την απόδοση του κινητήρα. Στους σύγχρονους βενζινοκινητήρες, ο θάλαμος καύσης είναι συνήθως ημισφαιρικός ή διπλά ημισφαιρικός, με τις βαλβίδες να σχηματίζουν διέδρη γωνία, λύση που εξασφαλίζει την καλύτερη θερμοδυναμική απόδοση.

Ανατρέχοντας σε οποιοδήποτε βιβλίο για κινητήρες εσωτερικής καύσης, θα βρει κανείς ότι ένα από τα μεγέθη που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην απόδοση ενός κινητήρα είναι ο λόγος του όγκου μέσα στο θάλαμο καύσης όταν το πιστόνι βρίσκεται στο ΚΝΣ, προς τον αντίστοιχο όγκο όταν το πιστόνι βρίσκεται στο ΑΝΣ. Ο λόγος αυτός, γνωστός και ως "στατική σχέση συμπίεσης", στους βενζινοκινητήρες με ανάφλεξη σπινθήρα βρίσκεται στην περιοχή 8:1-12:1, ενώ στους πετρελαιοκινητήρες βρίσκεται στο 16:1-25:1.

Διαβάζοντας τα παραπάνω, εύκολα συμπεραίνει κάποιος ότι ένας λογικός μονόδρομος για την αύξηση της απόδοσης των κινητήρων εσωτερικής καύσης είναι η αύξηση της σχέσης συμπίεσής τους, είτε πρόκειται για κινητήρες βενζίνης είτε πετρελαίου.

Ο όγκος του θαλάμου καύσης σε σχέση προς τον όγκο εκτόπισης του εμβόλου καθορίζει τον λόγο συμπίεσης του κινητήρα.

9.1) Καύση μέσα σε ένα θάλαμο καύσης

Η καύση λοιπόν είναι ένα προοδευτικό και ελεγχόμενο φαινόμενο που εξελίσσεται μέσα στον θάλαμο καύσης, από την στιγμή του σπινθήρα και μετά. Διαρκεί αρκετό χρονικό διάστημα, αναλόγως την ταχύτητα της καύσης, γι' αυτό εξάλλου υπάρχει και η προπορεία του σπινθήρα (avans) . ακριβώς επειδή το μέτωπο της φλόγας θέλει κάποιο χρόνο για να εξαπλωθεί καθολικά μέσα στον θάλαμο πρέπει ο σπινθήρας του μπουζί να δημιουργηθεί πριν το έμβολο να φτάσει στο Α.Ν.Σ. Αυτό γίνεται αφού θέλουμε η μέγιστη πίεση καύσης να εμφανιστεί λίγο μετά το Α.Ν.Σ. Έτσι μπορούμε να προσομοιάσουμε αξιοπρεπώς τον θεωρητικό θερμοδυναμικό κύκλο Otto .

Βέβαια το σε ποια γωνία στροφάλου θα εμφανιστεί η μέγιστη πίεση δεν εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα διάδοσης της φλόγας. Εξαρτάται και από την ταχύτητα του εμβόλου, τόσο περίπου αυξάνεται και η ταχύτητα της καύσης , έτσι ώστε και η διάρκειά της σε μοίρες να είναι περίπου σταθερή. Αυτό σημαίνει ότι η διάρκεια σε milliseconds συνεχώς θα μειώνεται. Αυτό μας βοηθάει ώστε να μην χρειάζεται με την αύξηση των στροφών να αυξάνουμε την προπορεία του avans κάτι που θα οδηγούσε σε κρουστική καύση. Η ταχύτητα καύσης εξαρτάται από δύο παράγοντες , την στοιχειομετρία του μείγματος και τον ρυθμό περιστροφής του κινητήρα.

Το πόσο γρήγορα θα εξαπλωθεί μία φλόγα εξαρτάται δηλαδή και από το πόσο πλούσιο ή φτωχό είναι ένα μείγμα. Στους συμβατικούς καταλυτικούς κινητήρες το μείγμα παραμένει πάντα στοιχειομετρικό κάτι που κάνει άλλωστε και επιτρέπει την χρήση καταλυτών ο δεύτερος παράγοντας έχει να κάνει με την ένταση της τριβής μέσα στον θάλαμο. Η ένταση της τριβής εξαρτάται από την ταχύτητα του εμβόλου . Όσο αυτή αυξάνεται τόσο κλιμακώνεται και η τριβή και τόσο ταχύτερα εξαπλώνεται και το μέτωπο της φλόγας.

Για να αποφανθούμε για το αν μία ροή είναι τυρβώδης ή στρωτή υπολογίζουμε τον αριθμό Reynolds . Ο αριθμός αυτός είναι το πηλίκο των δυνάμεων αδράνειας προς της δυνάμεις ιξώδους. Όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός Reynolds τόσο πιο τυρβώδη ροή έχουμε . Σε μεγάλους αριθμούς Re, οι δυνάμεις αδράνειας του ρευστού υπερισχύουν των δυνάμεων ιξώδους. Όταν ισχύει $Re \geq 2300$ τότε έχουμε τυρβώδη ροή ανεξαρτήτως ρευστού.

$$Re = V * l / \nu$$

V: μέση ταχύτητα ρευστού όπως αυτή προκύπτει για μια συγκεκριμένη θέση του θαλάμου καύσης από τον μέσο όρο των μετρημένων ταχυτήτων του ρευστού σε κάποια συγκεκριμένη γωνία του στροφάλου για πολλούς κύκλους λειτουργίας. Η μέση ταχύτητα του ρευστού είναι μία συνάρτηση δύο μεταβλητών , της θέσης μέσα στον θάλαμο καύσης και της γωνίας του στροφάλου δηλαδή για κάθε γωνία στροφάλου έχουμε σε κάθε σημείο του θαλάμου και μια ξεχωριστή μέση ταχύτητα ρευστού.

Αν εξετάσουμε ένα συγκεκριμένο σημείο του θαλάμου καύσης σε μία συγκεκριμένη γωνία του στροφάλου για πολλούς κύκλους λειτουργίας θα δούμε ότι δεν λαμβάνουμε την ίδια τιμή . Υπάρχει μία απόκλιση γύρω από μία μέση τιμή. Όσο πιο μεγάλη είναι αυτή η απόκλιση τόσο πιο έντονη τριβή λέμε ότι έχουμε. Συνεπώς για κάθε σημείο του θαλάμου καύσης και για κάθε γωνία του στροφάλου και για κάθε κύκλο λειτουργίας έχουμε και έναν ξεχωριστό αριθμό Re . Βέβαια μπορούμε να εξαλείψουμε την χωρητική μεταβλητή της ταχύτητας ensemble και να λάβουμε μία μέση ενιαία τιμή για τον αριθμό Re για κάθε γωνία του στροφάλου.

$$Re = V * D * \rho / \mu$$

D: η διάμετρος του θαλάμου καύσης. Είναι το χαρακτηριστικό μέγεθος που βάζουμε την σχέση του Re . Σε άλλες περιπτώσεις προβλημάτων ρευστομηχανικής μπορεί να μπει μία άλλη διάσταση

σαν παράμετρος. Γι 'αυτό σωστότερο είναι να λέμε ότι λαμβάνουμε τον αριθμό Re ως προς τη διάμετρο. Πρόκειται δηλαδή για σύμβαση.

ρ , μ : είναι η πυκνότητα και το δυναμικό ιξώδες αντίστοιχα του ρευστού. Τα οποία μεταβάλλονται με την θερμοκρασία.

Μπορούμε όμως να θεωρήσουμε την θερμοκρασία σταθερή και ίση με μια μέση τιμή.

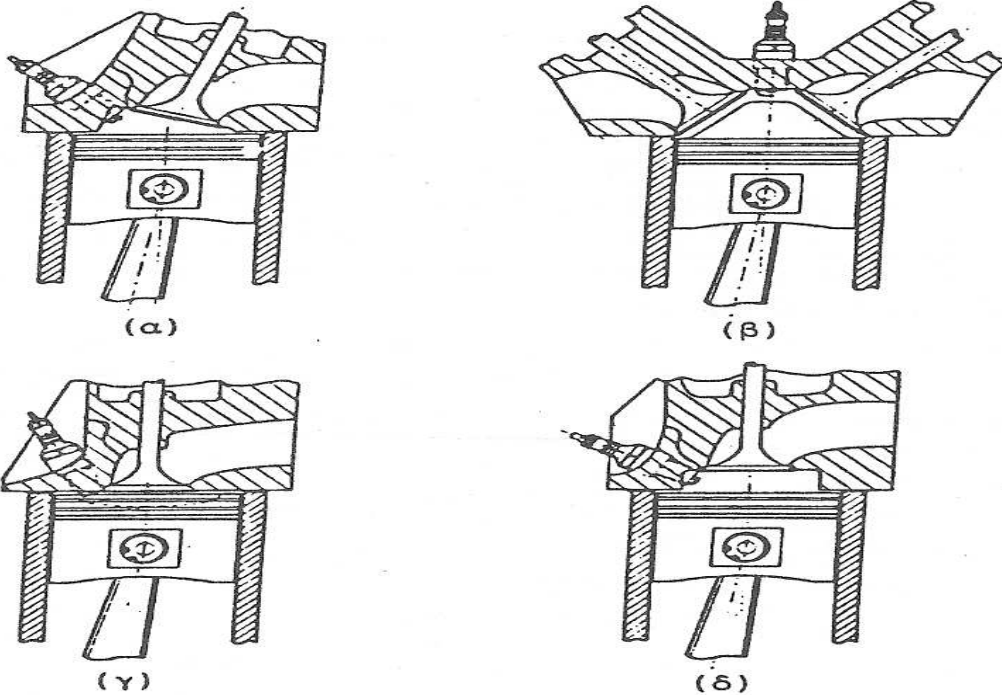
Η τύρβη αφορά τις δίνες του ρευστού σε μικροκλίμακα. Η τύρβη μαζί με τον λόγο λ του μείγματος καθορίζουν την ταχύτητα της καύσης όπως προαναφέρθηκε. Υπάρχουν όμως και οι δίνες του ρευστού σε μακροκλίμακα που αφορούν την κίνηση του ρευστού μακροσκοπικά μέσα σε έναν θάλαμο. Αυτές είναι πιο σημαντικές αφού καθορίζουν το πόσο τελικά ομογενές θα καταστεί το καύσιμο μείγμα που έχει εισέλθει στον θάλαμο. Ομοιογένεια σημαίνει ίδιος λόγος λ παντού στο καύσιμο μείγμα. Ο λόγος λ όμως καθορίζει την ταχύτητα καύσης. Βλέπουμε δηλαδή πως και οι μακροσκοπικές δίνες επηρεάζουν άμεσα την ταχύτητα της καύσης .

Επίσης με κατάλληλη διαχείριση των δινών μακροκλίμακας μπορούμε να έχουμε επιτηδευμένα κακή ομογενοποίηση του μείγματος. Και να πετύχουμε πλούσιο μείγμα μόνο κοντά στην περιοχή του αναφλεκτήρα ώστε να καταστεί δυνατή η στρωματοποιημένη καύση.

Υπάρχουν 3 είδη δινών μακροκλίμακας. Η ανατροπή ο στροβιλισμός και η αναρρόφηση. Κάθε μια αντιστοιχεί και σε μία μακροσκοπική κίνηση του ρευστού. Η ανατροπή αναφέρεται στις σχηματιζόμενες δίνες που δημιουργούνται καθώς η ροή του μείγματος περνάει από τις βαλβίδες εισαγωγής στον θάλαμο. Ο στροβιλισμός αναφέρετε στην περιστροφική κίνηση του ρευστού γύρω από τον άξονα του κυλίνδρου κατά την διάρκεια της καθόδου του εμβόλου αλλά και της συμπίεσης. Η αναρρόφηση αναφέρεται σε μια ακτινική ροή που δημιουργείται στο τέλος της συμπίεσης.

9.2) Οι διάφορες μορφές θαλάμου καύσης

Η απόδοση ενός κινητήρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από μορφή των θαλάμων καύσεως . ένας αποτελεσματικός θάλαμος καύσεως πρέπει να έχει περιορισμένες διαστάσεις ώστε η επιφάνεια των τοιχωμάτων του από τα οποία μπορεί να απολεστεί θερμότητα από την μεταβίβασή της στο σύστημα ψύξεως να είναι μικρή είναι γενικά παραδεκτό ότι πιο αποτελεσματική μορφή θαλάμου καύσεως θα ήταν μία σφαίρα με το σημείο αναφλέξεως στο κέντρο της . πράγμα που θα προκαλούσε την ομοιόμορφη καύση προς όλες τις κατεύθυνσης με την μικρότερη απώλεια θερμότητας από τα τοιχώματα. Η μορφή αυτή όμως είναι πρακτικά ανεφάρμοστη στον κινητήρα ενός αυτοκινήτου η καλύτερη ενδιάμεση λύση είναι ένα ημισφαίριο. Οι θάλαμοι καύσεως που χρησιμοποιούνται σήμερα μπορούν να διαιρεθούν ως προς το σχήμα τους σε τέσσερις κύριες κατηγορίες : α)σφηνοειδείς β)ημισφαιρικοί, γ)θάλαμος στην κεφαλή του εμβόλου και δ)λεκανοειδείς. Μπορούμε να τους διακρίνουμε παρακάτω.



Τα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν μία από τις τέσσερις μορφές που το σχέδιο τους επιτρέπει σε όλες τη χρήση τους σε κινητήρες με υψηλές σχέσεις συμπίεσεως. Ο ημισφαιρικός θάλαμος κατά κανόνα είναι ο πιο αποτελεσματικός. Βασικά επειδή έχει περιορισμένες διαστάσεις. Από τους άλλους ο θάλαμος η κεφαλή του εμβόλου παρουσιάζει κατασκευαστικά πλεονεκτήματα λόγω αντοχής στο μέγεθος και στη μορφή του θαλάμου.

Η φθηνότερη διάταξη είναι εκείνη με τις πλευρικές βαλβίδες που περιορίζει όμως τη σχέση της συμπίεσεως σε τιμές λίγο ανώτερες από 6 προς 1, εξαιρετικά χαμηλές για αξιόλογη ισχύ και οικονομία στην κατανάλωση. Στην διάταξη F χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός πλευρικών και επικεφαλής βαλβίδων. Οι βαλβίδες εισαγωγής είναι τοποθετημένες στην κυλινδροκεφαλή και οι βαλβίδες εξαγωγής στον κορμό του κινητήρα. Το σύστημα αυτό χωρίς να έχει φτηνό κόστος παραγωγής περιορίζει επίσης την σχέση συμπίεσεως σε χαμηλά επίπεδα.

Ημισφαιρική κεφαλή :ένα από τα πιο αποτελεσματικά σχήματα θαλάμου καύσεως. Είναι η κλασική ημισφαιρική μορφή στην οποία η κεφαλή του εμβόλου αποτελεί την βάση ενός ημισφαιρίου με τις βαλβίδες να σχηματίζουν μεταξύ τους 90 μοιρών και το μπουζί στο κέντρο ανάμεσα τους. Η μορφή αυτή κλασική στη συμμετρία της περιορίζει την διαδρομή της φλόγας από το μπουζί μέχρι την κεφαλή του εμβόλου, με συνέπεια την καλή καύση. Χρησιμοποιείται στους κινητήρες υψηλών αποδόσεων αν και σήμερα η γωνία μεταξύ των βαλβίδων είναι συνήθως μικρότερη από 90 μοίρες. Η ημισφαιρική διάταξη επιβάλλει τη χρήση ενός ή δύο εκκεντροφόρων επικεφαλής ή ενός εκκεντροφόρου συνδυασμένου με ένα πολύπλοκο μηχανισμό ζύγωθρων για την κίνηση των δύο βαλβίδων. Το σχήμα του βοηθά την εγκάρσια ροή των αερίων που μπαίνουν στον κύλινδρο από την μια πλευρά του και βγαίνουν από την άλλη. Με τον τρόπο αυτό μένει αρκετός χώρος για φαρδύς και στρωτούς αυλούς εισαγωγής που έχουν τέτοιο σχήμα ώστε το μείγμα να εισέρχεται με ευκολία και με έναν ελαφρό στροβιλισμό στον θάλαμο. Η καλή ροή των αερίων που

οφείλετε στο ανεμπόδιστο άνοιγμα των φαρυγών βαλβίδων δίνει στην ημισφαιρική κεφαλή μια υψηλή ογκομετρική απόδοση. Με άλλα λόγια μπορεί να αναπνέει βαθιά αναρροφώντας μια σημαντική ποσότητα μείγματος σε σχέση με τον διαθέσιμο χώρο, παρόλο που ο χώρος αυτός δεν γεμίζει ποτέ εντελώς για ικανοποιητική καύση. Η ημισφαιρική κεφαλή αποδίδει υψηλή ισχύ. Ετούτης η σύγχρονη καύση είναι οι κινητήρες με μεγαλύτερες διαμέτρους κυλίνδρων και μικρότερες διαδρομές εμβόλων σε συνδυασμό με βαλβίδες σε σειρά χωρίς ημισφαιρικούς θαλάμους καύσεως ώστε να ανταποκρίνονται όσο το δυνατό περισσότερο στις μέσες απαιτήσεις. Η διάταξη αυτή των βαλβίδων δεν απαιτεί ειδικούς εκκεντροφόρους ή μηχανισμούς ζύγωθρων κατεβάζοντας έτσι το κόστος παραγωγής του κινητήρα.

Λεκανοειδής και Σφηνοειδής θάλαμος καύσης

Δύο μορφές θαλάμου καύσεως με βαλβίδες επικεφαλής που χρησιμοποιούνται πάρα πολύ για να επιτυγχάνεται μικρή διαδρομή της φλόγας είναι ο ανεστραμμένος λεκανοειδής και σφηνοειδής.

Ο λεκανοειδής αποτελείται από έναν θάλαμο σε ελλειψοειδή μορφή, με τις βαλβίδες τοποθετημένες κάθετα στην οροφή και το μπουζί τοποθετημένο με κλίση στο πλάι. Ο σφηνοειδής θάλαμος έχει τις βαλβίδες στην επικλινή οροφή του και το μπουζί στην σχεδόν κάθετη πλευρά του. Οι δύο αυτοί θάλαμοι καύσεως επιτρέπουν τη χρήση ενός πλευρικού εκκεντροφόρου, με βέργες και ζύγωθρα για την κίνηση των βαλβίδων, ενώ οι βαλβίδες είναι τοποθετημένες σε σειρά. Εναλλακτικά οι βαλβίδες σε αυτούς τους θαλάμους καύσεως μπορούν να παίρνουν κίνηση από ένα επικεφαλή εκκεντροφόρο.

Θάλαμος καύσης στην κεφαλή του εμβόλου

Μια σύγχρονη μορφή είναι εκείνη στην οποία ο χώρος της καύσεως σχηματίζεται στην κεφαλή του εμβόλου αφήνοντας επίπεδη την κυλινδροκεφαλή. Ο τύπος αυτός που είναι γνωστός με τις ονομασίες θάλαμος καύσεως στην κεφαλή του εμβόλου, κοίλο έμβολο, ή επίπεδη κυλινδροκεφαλή είναι κατάλληλος για υψηλές

σχέσεις συμπίεσεως. Χρησιμοποιείται προπαντός στους υπερτετράγωνους κινητήρες δηλαδή σε εκείνους που έχουν μεγαλύτερο διάμετρο από τη διαδρομή του εμβόλου. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα επάνω κατά το χρόνο της συμπίεσεως το χείλος του προκαλεί μια περιδίνηση ή στροβιλισμό των αερίων από την περιφέρεια προς την κοιλότητα του. Το φαινόμενο αυτό εξασφαλίζει καλή καύση χωρίς αυταναφλέξεις. Ο θάλαμος έχει εντελώς κοίλη μορφή και δεδομένου ότι βρίσκεται στην κεφαλή του εμβόλου, παραμένει ζεστός βοηθώντας έτσι την εξαέρωση του μείγματος.

9.3) Επίδραση της γεωμετρίας θαλάμου καύσης σε MEK

Η συμπίεση μέσα στον κύλινδρο δεν πρέπει να είναι τόσο μεγάλη ώστε να προκαλέσει στιγμιαία ανάφλεξη. Η καύση (σπινθήρας) ολοκληρώνεται σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Το μείγμα συστρέφεται καθώς εισέρχεται στον κύλινδρο. Η κίνηση συστροφής ενισχύεται κατά την συμπίεση μέσω κοιλότητας της κεφαλής του κυλίνδρου. Προτερήματα: Επιτυγχάνεται μεγαλύτερος λόγος συμπίεσης σε τυπικά επιβατικά αυτοκίνητα (π.χ. λόγος 11.2 : 1) με παρόμοιες γεωμετρίες. Η είσοδος αέρα καταλήγει σε “σπιδάλ” πριν την βαλβίδα εισόδου έτσι ώστε το μείγμα να εισέρχεται στο θάλαμο καύσης με συστροφή. Η καύση σ’ αυτή την περίπτωση είναι πολύ γρήγορη και συνοδεύεται από υψηλή τύρβη και βίαια ανάμειξη. Μειονέκτημα: Το σχήμα της εισόδου και η συστροφή προκαλούν αντίσταση στη ροή του μείγματος με αποτέλεσμα εάν η αναρρόφηση είναι γρήγορη να μην επιτυγχάνεται πλήρως φόρτιση του κυλίνδρου.



10) Το μέλλον των Μ.Ε.Κ.

Οι σύγχρονες ανάγκες:
Τα πλεονεκτήματά του κινητήρα εσωτερικής καύσης του έδωσαν τη δυνατότητα να εκτοπίσει τους άλλους τύπους κινητήρων (εξωτερικής καύσης, ηλεκτροκινητήρες) και να αποτελεί εδώ και έναν αιώνα τον κυρίαρχο τύπο κινητήρα αυτοκινήτων, βρίσκοντας παράλληλα και μια σειρά άλλες εφαρμογές. Μπορεί το 1900 οι άνθρωποι να ενδιαφέρονταν πρώτα απ' όλα για το πώς θα εξασφαλίσουν ένα μεταφορικό μέσον και να μην ενδιαφέρονταν για την ποσότητα και την ποιότητα των καυσαερίων που σκορπούσε στο πέρασμά του το αυτοκίνητο, όπως δεν ενδιαφέρονταν ιδιαίτερα ούτε και για την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώναν οι κινητήρες των αυτοκινήτων. Σήμερα όμως τα πράγματα έχουν αλλάξει. Τα γνωστά παγκόσμια αποθέματα σε πετρέλαιο αρκούν με βάση την τωρινή ετήσια κατανάλωση, για να καλύψουν τις ανάγκες της ανθρωπότητας για 44,4 χρόνια. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι ένας σημαντικότερος καταναλωτής των προϊόντων της κλασματικής απόσταξης του πετρελαίου, οπότε είναι απόλυτα φυσικό ένα μέρος των προσπαθειών εξοικονόμησης των υπαρχουσών και εξεύρεσης νέων πηγών ενέργειας, να αφορά τους κινητήρες αυτούς.

Οι κλασικοί τετράχρονοι εμβολοφόροι κινητήρες εσωτερικής καύσης δεν έπαψαν ποτέ να εξελίσσονται. Αρχικά στόχος των μηχανικών ήταν η αύξηση της ισχύος και της αξιοπιστίας των κινητήρων, σήμερα όμως που είναι γνωστοί πάρα πολλοί τρόποι αύξησης της ισχύος και πρόβλημα αξιοπιστίας πλέον δεν τίθεται, οι προσπάθειες των μηχανικών είναι προσανατολισμένες στη μείωση της κατανάλωσης και στον περιορισμό των εκπομπών βλαβερών ουσιών, στην ατμόσφαιρα.

Συστήματα άμεσου ψεκασμού "Άμεση" επίπτωση σε ισχύ και κατανάλωση. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των κινητήρων



άμεσου ψεκασμού είναι η επίτευξη μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου και τα χαμηλά επίπεδα εκπομπής ρύπων

Όλες σχεδόν οι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες παγκοσμίως, διεξάγουν εδώ και πολλά χρόνια μελέτες για το πέρασμα στην εποχή της απεξάρτησης από τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο και τα παράγωγά του. Έχουν θέσει ως πρώτη προτεραιότητά τους την εξέλιξη των υπάρχοντων κινητήρων εσωτερικής καύσης, ώστε αυτοί να γίνουν όσο το δυνατόν περισσότερο οικονομικοί σε κατανάλωση καυσίμου, ενώ παράλληλα να είναι αρκετά αποδοτικοί και να περιορίζουν στο ελάχιστο δυνατό την εκπομπή ρύπων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα.



Βιβλιογραφία

1. <http://openarchives.gr> ψηφιακή βιβλιοθήκη
Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , σχολής Μηχανολόγων
Μηχανικών
2. <http://el.wikipedia.org> Βικιπαίδεια, την ελεύθερη
εγκυκλοπαίδεια
3. [http://www.caroto.gr/2009/04/11/carnot-otto-diesel-
atkinson-miller/](http://www.caroto.gr/2009/04/11/carnot-otto-diesel-atkinson-miller/) Κυκλικές... παλινδρομήσεις
4. <http://el.science.wikia.com/wiki/%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%BF> καύση
5. Θάλαμος καύσης σε 4T κινητήρα
<http://www.greektube.org/content/view/51498/2/>
6. Βιβλίο : Καύση – Ρύπανση εμβολοφόρων ΜΕΚ
Κ.Ρακοπουλος- Δ.Χουντάλας καθηγητής Ε.Μ.Π
7. Βιβλίο : Μηχανές εσωτερικής καύσεως Ν.Π. Δημόπουλου
Ε.Μ.Π Πολυτεχνείο 1971
8. Βιβλίο : Δυναμική των Εμβολοφόρων Μηχανών Ν.Π.
Δημόπουλου Ε.Μ.Π Πολυτεχνείο 1971

