



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Κρήτης

Τμήμα Μηχανολογίας

Μελέτη της καύσης σε μηχανές
ΟΤΤΟ – DIESEL και διαφορές
υπερτροφοδοτούμενων σε σχέση με
ατμοσφαιρικών εφαρμογών.

Δημήτριος Τσιγάρας

A.M. 4673

2015

Επιβλέπων Καθηγητής: Σακκάς Νίκος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

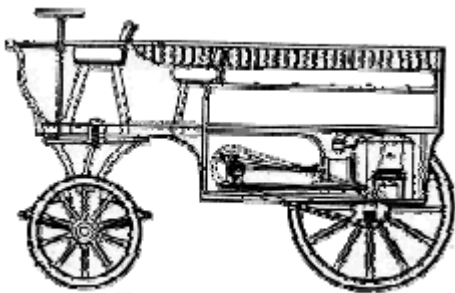
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΙΣ Μ.Ε.Κ.	5
Βενζινοκινητήρας Otto	5
Πετρελαιοκινητήρας Diesel	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ Μ.Ε.Κ.....	9
Γενικά	9
Τύπος και διάταξη βαλβίδων	9
Εφαρμογή της πίεσης.....	9
Σύγκριση με άλλους κινητήρες	9
Τύποι κινητήρων	10
Τετράχρονος κύκλος.....	10
Δίχρονος κύκλος	11
Κινητήρας αντίθετων εμβόλων.	12
Περιστροφικός κινητήρας Βάνκελ.....	12
Η δομή και τα υλικά μέρη ενός κινητήρα	13
Σώμα κυλίνδρων.....	13
Θάλαμος καύσης.....	14
Έμβολα	14
Διωστήρας (μπιέλα) και στροφαλοφόροςάξονας.....	14
Βαλβίδες, ωστήρια και ζύγωθρα.....	15
Εκκεντροφόρος.....	15
Σφόνδυλος.....	16
Τριβείς	16
Σύστημα ανάφλεξης.....	16
Εξαεριωτής	17
Ψεκασμός καυσίμου	17
Υπερτροφοδότης.....	17
Σύστημα ψύξης.....	18
Σύστημα λίπανσης.....	18
Σύστημα εξαγωγής	19
Θάλαμοι Καύσης – διαθέσιμες μορφές και επίδραση γεωμετρίας τους κατά την καύση.....	19
Κατά την διαδικασία της καύσης	20

Καύση μέσα σε ένα θάλαμο καύσης.....	20
Οι διάφορες μορφές θαλάμου καύσης.....	22
Επίδραση της γεωμετρίας θαλάμου καύσης σε MEK	24
Έλεγχος μηχανισμού καύσης στις Μ.Ε.Κ. DIESEL.....	24
Προπορεία.....	24
Πίεση έγχυσης.....	25
Ρυθμός έγχυσης καυσίμου - Χρήση εξελιγμένων συστημάτων έγχυσης	25
Έλεγχος του συστήματος εισαγωγής αέρα-Υπερπλήρωση.....	25
Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων	26
Σύνθεση του μίγματος.....	27
Επίδραση της γεωμετρίας του θαλάμου καύσης και της συστροφής του αέρα.....	27
Έλεγχος μηχανισμού καύσης στις Μ.Ε.Κ. ΟΤΤΟ.....	27
Υπερτροφοδότηση ΟΤΤΟ	30
Μηχανικός υπερπληρωτής τύπου Roots	30
Άλλοι τύποι μηχανικών υπερπληρωτών	32
Συνοπτικά για τους μηχανικούς υπερπληρωτές.....	32
Υπερπληρωτής ωστικών κυμάτων (τύπου Comprex)	32
Συνοπτικά για την υπερπλήρωση μέσω κυμάτων πίεσης	33
Στροβιλοϋπερπληρωτής.....	33
Στροβιλοϋπερπληρωτής με ρυθμιζόμενα πτερύγια	36
Συστήματα προστασίας στροβιλοϋπερπληρωτή	36
Στιγμιαία υπερπλήρωση (overboost).....	37
Ψύξη του παρεχόμενου αέρα με χρήση εναλλάκτη θερμότητας (intercooler).....	38
Συνοπτικά για την υπερπλήρωση με στροβιλοϋπερπληρωτές	38
TSI (TwinSuperchargingInjection).....	39
Τεχνική Ανάλυση	39
Υπερτροφοδότηση DIESEL.....	42
Επίπτωση της υπερτροφοδότησης στις εκπομπές ρύπων κινητήρων ΟΤΤΟ και DIESEL.....	44
Τα συστατικά των ρύπων των οχημάτων.....	44
Ευρωπαϊκά πρότυπα για τις εκπομπές ρύπων	46
Γενικοί παράγοντες σύστασης καυσαερίων	49
Τάσεις στην αγορά, εξέλιξη πωλήσεων συμβατικών και υπερτροφοδοτούμενων κινητήρων ΟΤΤΟ και DIESEL.....	53
Παγκόσμια εικόνα πωλήσεων υπερπληρούμενων οχημάτων	54

Σύγκριση ατμοσφαιρικών και υπερτροφοδοτούμενων ΟΤΤΟ και DIESEL.....	59
Είδος προς εξαφάνιση οι φυσικής αναπνοής-ατμοσφαιρικοί κινητήρες.....	59
Κύριοι λόγοι που ευνόησαν τη ραγδαία διάδοση του στροβιλοϋπερπληρωτή.....	59
Turbo (στροβιλοϋπερπληρωτής) εναντίον Kompressor (μηχανικός υπερσυμπιεστής).....	60
Ιστορικά στοιχεία της στροβιλοϋπερπλήρωσης	61
Διαφορές στα μέρη του κινητήρα, ανάμεσα σε ατμοσφαιρικές και στροβιλοϋπερπληρούμενες εφαρμογές.	62
Διαφορές στο κόστος συντήρησης, ανάμεσα σε ατμοσφαιρικές και στροβιλοϋπερπληρούμενες εφαρμογές.	65
Διαφορές στο κόστος κατασκευής, ανάμεσα σε ατμοσφαιρικές και στροβιλοϋπερπληρούμενες εφαρμογές στους κινητήρες πετρελαίου.....	66
Διαφορές στο κόστος κατασκευής, ανάμεσα σε ατμοσφαιρικές και στροβιλοϋπερπληρούμενες εφαρμογές στους κινητήρες βενζίνης.	67
Σύγκριση απόδοσης ατμοσφαιρικών και υπερτροφοδοτούμενων εφαρμογών.....	67
Σύγκριση κόστους αγοράς ατμοσφαιρικών και υπερτροφοδοτούμενων εφαρμογών.....	69
Σύγκριση διάρκειας ζωής ατμοσφαιρικών και υπερτροφοδοτούμενων εφαρμογών.....	69
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΙΣ Μ.Ε.Κ.

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. Η εξέλιξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης πωτροφοδοτούνται με υγρά καύσιμα, έγινε ουσιαστικά σε τρία βήματα, αρχίζοντας με τον Jean-



Το όχημα του Lenoir

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 αεριοστρόβιλοι 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 γινωστών κινητήρων για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους.

Βενζινοκινητήρας Otto



Από τη μηχανή του Λενουάρ ξεκίνησε ο Γερμανός Nikolaus Augustus Otto (Otto, 1832-1891), με σπουδές σε εμπορικά θέματα, και κατασκεύασε το έτος 1876 ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα. Προηγουμένως, είχε κατασκευάσει ο Otto 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 φευρίσκει ένας Γάλλος μία μηχανή, η οποία να βελτιώνεται και τελειοποιείται από Άγγλους και Γερμανούς.

Η μεγάλη ζήτηση για τους κινητήρες του Όττο οδήγησε στην ίδρυση από τον Λάνγκεν της ανώνυμης εταιρίας DeutzAG 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 «Τμήμα Ερευνών», του οποίου τη λειτουργία ανέλαβε ο Όττο. Έτσι έγινε δυνατή η μελέτη για την κατασκευή κινητήρων που είχε διακοπεί από το 1862. Ήδη το έτος 1876 παρουσίασε ο Όττο το «νέο κινητήρα», όπως ονομαζόταν για πολύ καιρό ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας, με τον οποίο έκλεισε οριστικά η εποχή των πρώιμων κινητήρων. Κύριο πλεονέκτημα του νέου αυτού κινητήρα ήταν η συμπίεση του μίγματος καύσιμου-αέρα, 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 °C.

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 (Ντίτζελ, 1858-1913) και μελετήθηκε στα έτη 1893-1897 με χρηματική υποστήριξη της εταιρίας Friedrich Krupp AG. Το 1893 εξεργάγη ένας κινητήρας στο εργαστήριο, λόγω των πολύ υψηλών πιέσεων λειτουργίας και μόνο τυχαία γλίτωσε ο Ντίτζελ 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 ντίτζελ. 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 ντίτζελ. 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 ντίτζελ.

Κύρια χαρακτηριστικά της λειτουργίας του κινητήρα Ντίτζελ είναι:

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

Ο Ντίτζελ είχε δοκιμάσει κατά τη φάση ανάπτυξης του κινητήρα του διάφορα υγρά καύσιμα, είχε όμως προβλήματα με τις αντλίες που θα διεκπεραιώναν την έκχυση του καυσίμου. Τελικά κατέληξε σε ένα κλάσμα αποστάξεως ορυκτού πετρελαίου, το οποίο ονομάστηκε επίσης ντίτζελ, 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 άπυρακτωμένο 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 εφευρέσή 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 Ντίζελ.



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ Μ.Ε.Κ.

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 μκκητοειδείς 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.

ΚΑΥΣΙΜΟ		ΠΙΕΣΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	
πετρελαιοκινητήρες	βενζινοκινητήρες	ατμοσφαιρικής αναπνοής	υπερτροφοδοτούμενοι
Χρησιμοποιούν σαν καύσιμο το πετρέλαιο τύπου diesel. Έναυση με αυτανάφλεξη.	Χρησιμοποιούν σαν καύσιμο βενζίνη. Έναυση με σπινθηριστή.	Πίεση εισαγωγής: η δημιουργούμενη από τη ροή του αέρα από τα καρμπυράτερ.	Αλλιώς turbocharged. Πίεση εισαγωγής: αυξημένη λόγω χρήσης συμπιεστή. Συνήθως μέχρι 1.5 bar, από της ατμοσφαιρικής.
ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΑΝΑ ΚΥΛΙΝΔΡΟ		ΧΡΟΝΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	
απλοί	πολυβάλβιδιοι	δίχρονοι (2-χ)	τετράχρονοι (4-χ)
Σε κάθε κύλινδρο αντιστοιχεί μια βαλβίδα εισαγωγής και μια εξαγωγής, σύνολο (2).	Άνω των (2) βαλβίδων ανά κύλινδρο. Συνήθως (3) ή (4) και σπανιότερα (5).	Two-stroke engines. Απόδοση μηχανικού έργου σε μια πλήρη στροφή (360°) του στρωφαλοφόρου άξονα. Συνήθως χωρίς βαλβίδες	Four-stroke engines. Απόδοση μηχανικού έργου σε δύο πλήρεις περιστροφές του στρωφαλοφόρου. Ανετότερη απαλλαγή καυσαερίων. Μειωμένη συγκέντρωση ισχύος ως προς τους 2-χ.
ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ		ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΕΜΒΟΛΟΥ	
αερόψυκτοι	υδρόψυκτοι	παλινδρομούντα έμβολα	ρότορες (wankel)
Σύστημα ψύξης με εργαζόμενο μέσο τον αέρα. Εξάρτηση στα ακίνητα (Porsche 911, Scoda), κανόνες στις μοτοσυκλέτες.	Σύστημα ψύξης με εργαζόμενο μέσο το νερό. Ο κανόνας για ψύξη μοτέρ αυτοκινήτων. Εξασφαλίζουν ομαλότερες συνθήκες λειτουργίας. Πολυπλοκότερη κατασκευή, αυξημένο κόστος.	Η συντριπτική πλειοψηφία κινητήρων. Φθινή κατασκευή, σχετικά απλή και το κυριότερο, δοκιμασμένη κατασκευή. Κραδασμοί, χαμηλή συγκέντρωση ισχύος σε κανονικές (μη αγωνιστικές) εκδόσεις, σε σύγκριση με τους Wankel.	Δυναμικά πολύ καλή φιλοσοφία. Υψηλή συγκέντρωση ισχύος. Απόδοση «δίχρονη» (και καλύτερη) λειτουργία «τετράχρονη». Προβλήματα στεγανότητας, ακριβή και υπό εξέλιξη κατασκευή, υψηλή κατανάλωση.

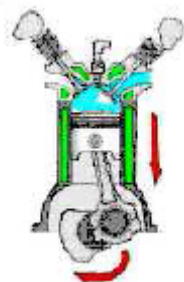
Τύποι κινητήρων

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

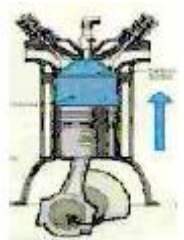
Τετράχρονος κύκλος

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

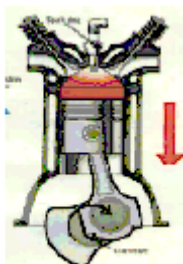
1. Με ανοιχτή την βαλβίδα εισόδου το έμβολο κατέρχεται, κατά τον χρόνο εισαγωγής. Το κενό που δημιουργείται προκαλεί αναρρόφηση μίγματος ατμών βενζίνης και αέρα.



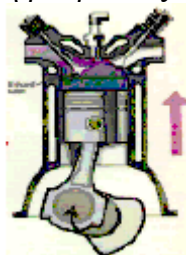
2. Το μίγμα συμπιέζεται καθώς το έμβολο ανέρχεται κατά τον χρόνο συμπίεσης με κλειστές βαλβίδες. Με το τέλος του χρόνου αυτού, το μίγμα αναφλέγεται με τη βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα.



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

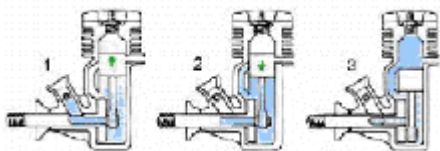


4. Κατά τον χρόνο εξαγωγής, το ανερχόμενο έμβολο αναγκάζει τα προϊόντα της καύσης να εξέλθουν από την ανοιχτή βαλβίδα εξόδου.



Δίχρονος κύκλος

Αναπτύχθηκε το 1878. Σ' αυτούς χρόνους 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 προσυμπύεση 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 ανοικτή 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 ανοικτή 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 τα εξέρχονται. Η μεγάλη πίεση πουεξασκούσαν 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.

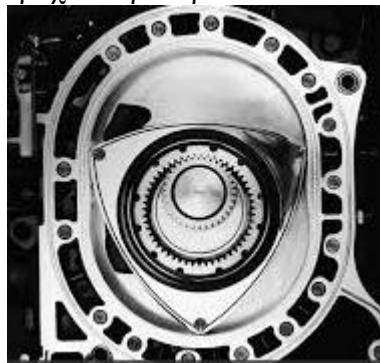
Έχει δύο έμβολα που κινούνται αντίθετα μέσα στον ίδιο κύλινδρο και δύο ομάδες θυρίδων κατάλληλα διατεταγμένες, ώστε η μία από αυτές να καλύπτεται και να αποκαλύπτεται από το ένα έμβολο, ενώ η άλλη να ελέγχεται από το άλλο έμβολο. Ο



σχεδιασμός των αντίθετων εμβόλων έχει δύο βασικά πλεονεκτήματα: οι μάζες που παλινδρομούν κινούνται σε αντίθετες διευθύνσεις ζυγοσταθμίζοντας έτσι τον κινητήρα. Επιπλέον δε χρειάζονται οι μμηκτοειδείς βαλβίδες που είναι απαραίτητες σε κινητήρες μεμονόδρομη σάρωση.

Περιστροφικός κινητήρας Βάνκελ

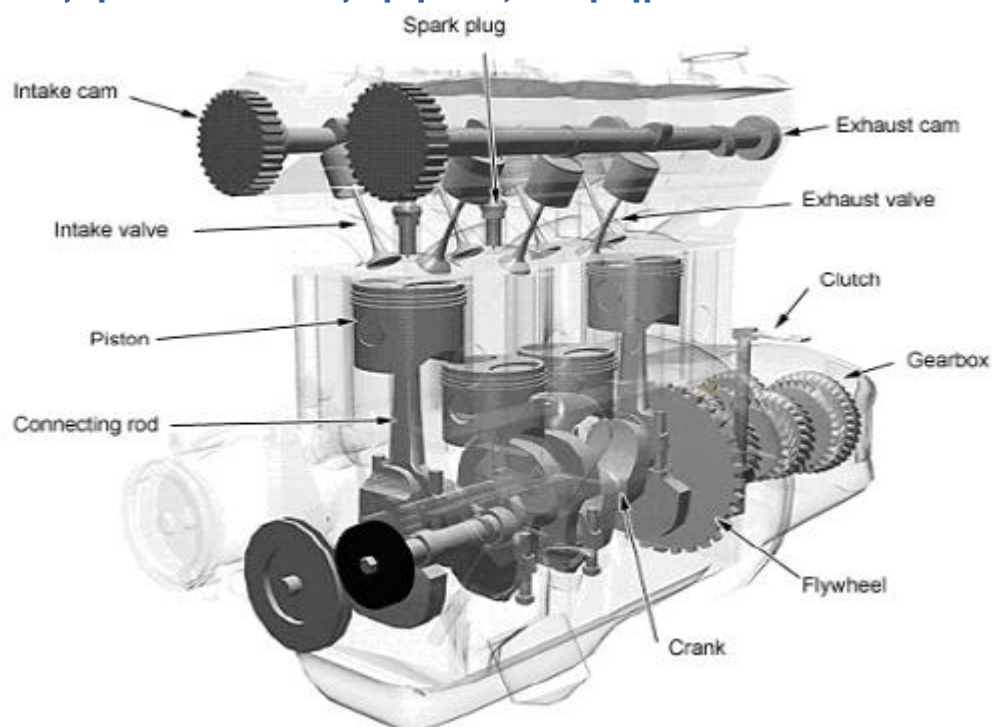
Ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης με περιστροφικό έμβολο που αναπτύχθηκε στη Γερμανία είναι διαφορετικός σε δομή από τους συμβατικούς κινητήρες με παλινδρομικά έμβολα. Ο κινητήρας επινοήθηκε από τον Φέλι Βάνκελ και η κατασκευή του άρχισε το 1956. Αντί για έμβολα ο κινητήρας Βάνκελ έχει έναν τροχιακό ρότορα.



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.

Η δομή και τα υλικά μέρη ενός κινητήρα



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.

Έμβολο



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 στροφάλου. 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.



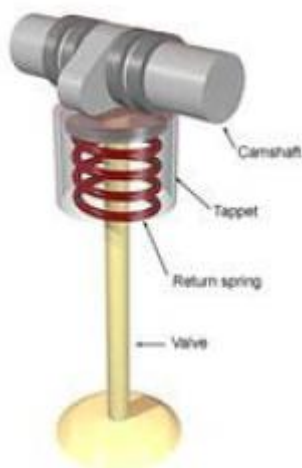
Η σειρά ανάφλεξης υπαγορεύεται πρωτίστως για λόγους κατανομής ισχύος, στρεπτικών ταλαντώσεων και τάξης ζυγοστάθμισης έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κραδασμοί. Υπάρχει μια τυπική σειρά ανάφλεξης κατά τον τετρακύλινδρο κινητήρα όπου είναι 1-3-2-4 και για τον εξακύλινδρο 1-5-3-6-2-4, που δείχνει την 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 προθύστερο 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 αναλλάξ επιτάχυνση από τις ώσεις ισχύος και στη συνέχεια η επιβράδυνση που οφείλεται στη συμπίεση, έχουν ως αποτέλεσμα αναμοιόμορφη 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



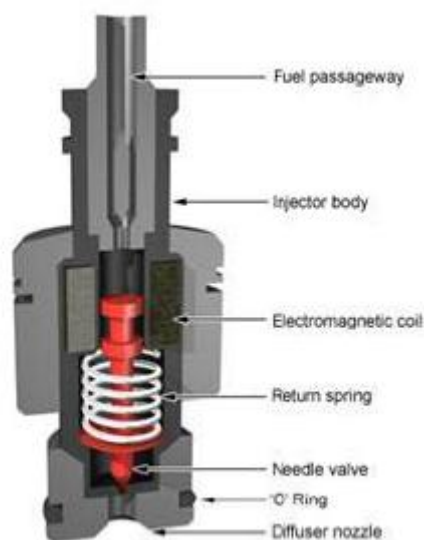
συνεπάγεται χρήση πολλών εξαρτημάτων. Το κύκλωμα περιλαμβάνει τον συσσωρευτή, έναν πόλο του οποίου γειώνεται, ενώ ο άλλος οδηγεί μέσω διακόπτη στην πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου και σε έναν αυτόματο διακόπτη. Ο σπινθηριστής λειτουργεί κάτω από αντίξοες συνθήκες. Είναι

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, περιόρισε 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.

Υπερτροφodότης

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 καυσάερια, 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 MEK 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

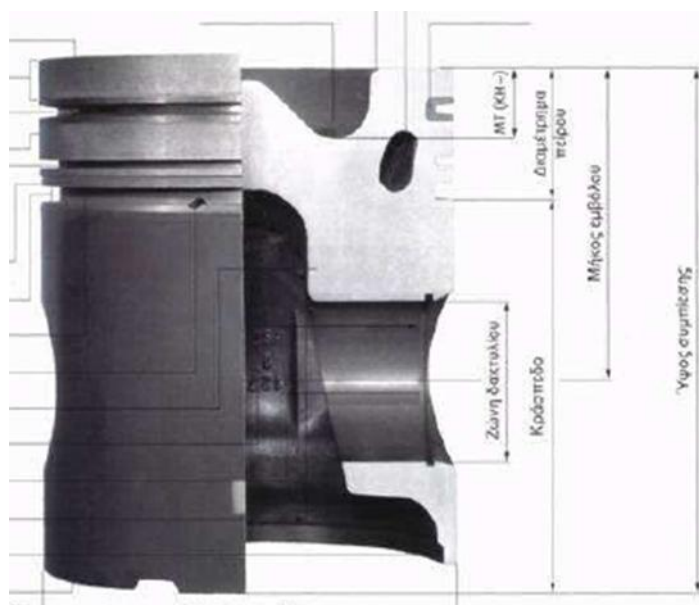
Η λίπανση, που αποσκοπεί στη μείωση των τριβών, επιτυγχάνεται με παρεμβολή ενός υμένα ελαίου ανάμεσα στα τριβόμενα εξαρτήματα. Σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά των λιπαντικών ελαίων παίζει το ιξώδες, που όπως είναι γνωστό εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία.

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 έκκεντρα και τα έμβολα, φθάνοντας μέχρι και τους πείρους των διωστήρων. Πρόσθετα ανοίγματα στα στελέχη των έκκεντρων 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.

Θάλαμοι Καύσης – διαθέσιμες μορφές και επίδραση γεωμετρίας τους κατά την καύση



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 θάλαμοκαύσης. 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.

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. Διάρκει 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 είναι δυνατό να προσομοιαστεί αξιοπρεπώς ο θεωρητικός 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 βοηθάει ώστε να μην χρειάζεται με την αύξηση των στροφών να αυξάνεται η 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 εμπόλου. Όσο αυτή αυξάνεται τόσο κλιμακώνεται και η τριβή και τόσο ταχύτερα εξαπλώνεται και το μέτωπο της φλόγας.

Για να αποφανθεί για το αν μία ροή είναι τυρβώδης ή στρωτή υπολογίζεται ο αριθμός 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 υπερσχύουν 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 εξεταστεί ένα συγκεκριμένο σημείο του θαλάμου καύσης σε μία συγκεκριμένη γωνία του στροφάλου για πολλούς κύκλους λειτουργίας θα φανεί ότι δεν λαμβάνεται 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 υπάρχει και ένας ξεχωριστός αριθμός Re. Βέβαια υπάρχει δυνατότητα να εξαλειφθεί η χωρητική μεταβλητή της ταχύτητας ensemble και να ληφθεί 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 τοποθετείται η σχέση του Re. Σε άλλες περιπτώσεις προβλημάτων ρευστομηχανικής μπορεί να μπει μία άλλη διάσταση σαν παράμετρος. Γι' αυτό σωστότερο είναι να λαμβάνεται ο αριθμός 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. Μπορεί όμως να θεωρηθεί η 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. Παρατηρείται δηλαδή πως και οι μακροσκοπικές δίνες επηρεάζουν άμεσα την ταχύτητα της καύσης.

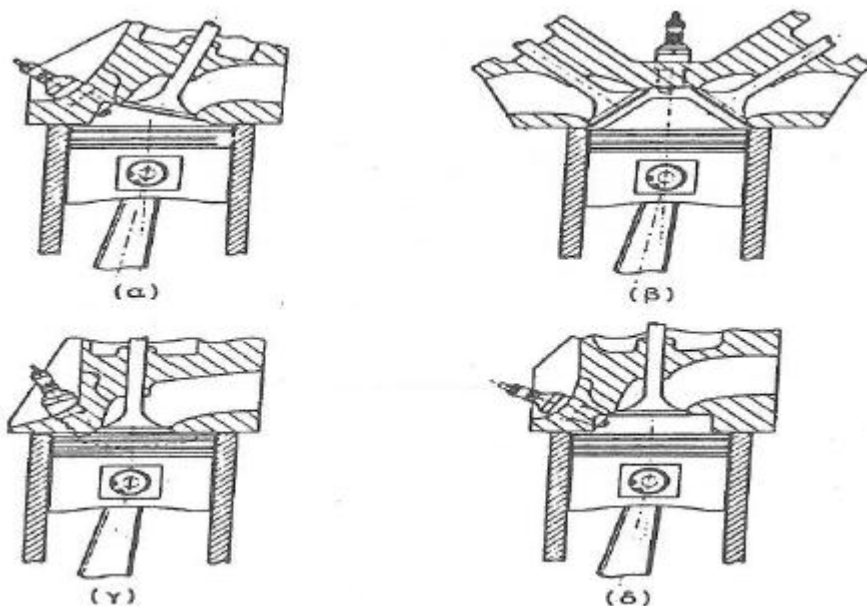
Επίσης με κατάλληλη διαχείριση των δινών μακροκλίμακας είναι ικανή επιτευχθεί κακή ομογενοποίηση του μείγματος. Και να επιτευχθεί πλούσιο μείγμα μόνο κοντά στην περιοχή του αναφλεκτήρα ώστε να καταστεί δυνατή η στρωματοποιημένη καύση.

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.

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.

Διακρίνονται στους 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 συμπίεσης. 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 συμπίεσης 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 φαρδιών 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. Εντούτοις 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 επικεφαλής 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.

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.

Έλεγχος μηχανισμού καύσης στις M.E.K.DIESEL

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.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την 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

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

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.

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 NO_x, εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας που προκαλεί. Παρατηρείται 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 (pilotinjection).
- Την έγχυση μίας ποσότητας καυσίμου μετά τη κύρια έγχυση (postinjection) για τον έλεγχο της αιθάλης.
- Τη σχεδίαση διαφορετικών ακροφυσίων του εγχυτήρα (π.χ. αριθμός οπών,). Με τη χρήση συστημάτων έγχυσης κοινού οι εκπομπές ρύπων και η οικονομία καυσίμου βελτιώνονται σημαντικά. Αφού ξεπεράστηκαν τα προβλήματα του ηλεκτρονικού αυτόματου ελέγχου χρησιμοποιείται πλέον εκτενώς το σύστημα κοινού συλλέκτη (commonrail) σε κινητήρες Diesel.

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

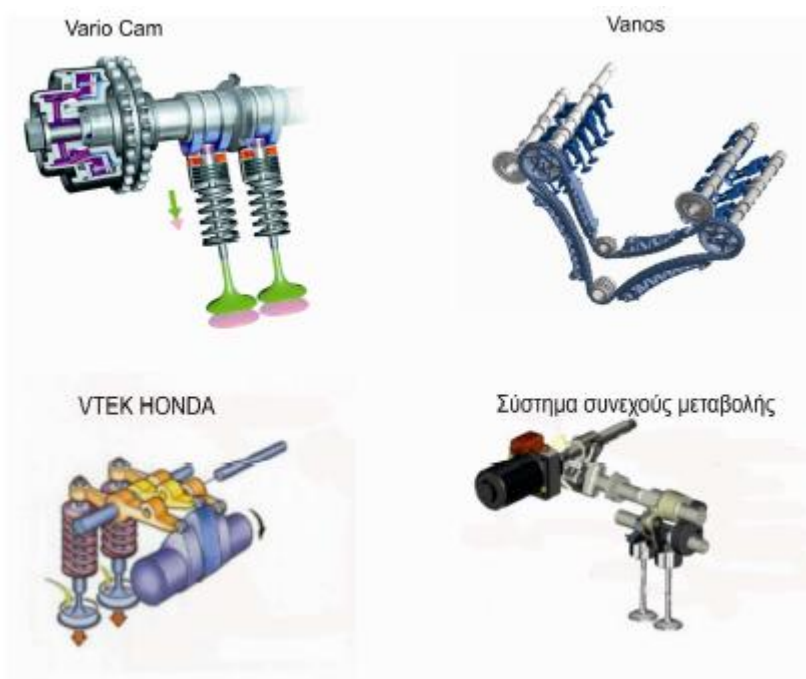


εξασφαλίζει εκτός των άλλων την μακροχρόνια και αποδοτική λειτουργία του κινητήρα.

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 dieselo 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.

Σύνθεση του μίγματος

Με την εφαρμογή κάποιας από τις μεθόδους που πρόκειται να αναφερθούν παρακάτω μεταβάλλεται η σύνθεση του μίγματος, τοποίο 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 (ExhaustGasRecirculation) 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 θαλάμουκαύσης) βελτιώνει την ανάμιξη του αέρα με τη δέσμη καυσίμουκαι 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.

Έλεγχος μηχανισμού καύσης στις Μ.Ε.Κ. ΟΤΤΟ

Η μεγάλη πτητικότητα της βενζίνης και ο μεγάλος διατιθέμενος χρόνος (λόγω της συνήθους παρασκευής του μείγματος εκτός του θαλάμου καύσεως) επιτρέπει τη σχεδόν πλήρη εξάτμισή της και την ομοιόμορφη ανάμειξη με τον αέρα πριν την έναρξη της καύσεως. Λόγω της πολύ καλής αναμείξεως του καυσίμου με τον αέρα, η καύση στους βενζινοκινητήρες εμφανίζει πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα από ό,τι στους πετρελαιοκινητήρες και συνεπώς διαρκεί πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα (που μεταφράζεται σε λιγότερες μοίρες γωνίας στροφάλου). Η καύση πραγματοποιείται όταν το έμβολο βρίσκεται κοντά στο ΑΝΣ στο τέλος της φάσεως συμπίεσεως και επειδή διαρκεί ελάχιστο σχετικά χρόνο, μπορεί με πολύ καλή προσέγγιση να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται υπό σταθερό όγκο (κάτι που δεν συμβαίνει στην περίπτωση των πετρελαιοκινητήρων).

Το καύσιμο μείγμα στις περισσότερες βενζινομηχανές παρασκευάζεται εκτός του θαλάμου καύσεως, είτε με τη χρήση εξαερωτήρα (παλαιότερα) είτε με τη χρήση συστημάτων εγχύσεως (η συνήθης πρακτική σήμερα). Η εξέλιξη όμως της τεχνολογίας θα επιτρέψει στο μέλλον την επικράτηση των συστημάτων εγχύσεως του καυσίμου εντός του θαλάμου καύσεως (άμεσος ψεκασμός).

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στους σύγχρονους βενζινοκινητήρες περιλαμβάνουν (εκτός από τους διάφορους τύπους βενζινών) μεθανόλη, μείγματα βενζίνης και μεθανόλης, καθώς και αέρια καύσιμα (υγραέριο). Μεγάλη έρευνα πραγματοποιείται προς την κατεύθυνση της χρήσης υδρογόνου ως καύσιμο. Η καύση του υδρογόνου δίνει το σημαντικό πλεονέκτημα της μηδενικής παραγωγής ρύπων (παράγεται μόνο νερό), αλλά η χρήση του συνοδεύεται από πολύ δύσκολα προβλήματα αποθηκεύσεως, διανομής και ασφάλειας.

Η καύση ξεκινά με την έναυση του σπινθήρα και εξαπλώνεται με σταθερή ταχύτητα και σχεδόν σφαιρικά σε όλο το χώρο του θαλάμου καύσεως. Όταν η ανάπτυξη της

φλόγας γίνεται ομοιόμορφα κατά μέτωπο με σταθερή ταχύτητα, επιτυγχάνεται η λεγόμενη ομαλή καύση. Στην περίπτωση που εμφανίζεται και δεύτερο ή περισσότερα μέτωπα καύσεως, εκτός του κανονικού μετώπου μεταδόσεως της φλόγας, έχουμε το φαινόμενο της αυτανάφλεξης. Η αυτανάφλεξη μπορεί να προηγηθεί της κανονικής ανάφλεξης από τον σπινθήρα, οπότε έχουμε το φαινόμενο της προανάφλεξης. Εφόσον η καύση πραγματοποιείται με μεταβαλλόμενο ρυθμό (μεταβαλλόμενη ταχύτητα καύσεως) και συνοδεύεται από ισχυρές μεταβολές της πίεσεως, παρατηρείται το φαινόμενο της κρουστικής καύσεως, το οποίο συνοδεύεται από χαρακτηριστικό θόρυβο και ταλαντώσεις του κινητήρα. Η αυτανάφλεξη του καυσίμου συνήθως συνοδεύεται από κρουστική καύση.

Κατά την κρουστική καύση το μέτωπο της φλόγας κινείται με ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες. Το φαινόμενο προκαλεί υψηλή μηχανική και θερμική καταπόνηση του συγκροτήματος εμβόλου- διωστήρα- στροφάλου, καθώς και μείωση της ισχύος του κινητήρα. Αιτίες της κρουστικής καύσεως είναι η χαμηλή ποιότητα του καυσίμου, η ανομοιόμορφη κατανομή του μείγματος εντός του κυλίνδρου, η κακή ψύξη των τοιχωμάτων του κυλίνδρου, ο υψηλότερος του κανονικού βαθμός συμπίεσεως, η κακή ρύθμιση της προπορείας και η παρουσία πυρακτωμένων (ανθρακούχων- μολυβδούχων) καταλοίπων (επικαθήσεων) στο χώρο της καύσεως (πυρανάφλεξη).

Κακή ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα προκαλεί μείωση της ταχύτητας μεταδόσεως του μετώπου της καύσεως, με αποτέλεσμα τη μείωση της αποδιδόμενης ισχύος (μείωση της μέγιστης πίεσεως και της μέγιστης θερμοκρασίας εντός του κυλίνδρου).

Η επικρατούσα θεωρία όσον αφορά την ανάπτυξη του μετώπου της φλόγας είναι η θεωρία των αλυσιδωτών αντιδράσεων. Σύμφωνα με αυτή, μερικά στοιχεία του καυσίμου με μεγάλη ικανότητα αντιδράσεως με το οξυγόνο προηγούνται στην καύση και στην συνέχεια προκαλούν την αντίδραση με το οξυγόνο των υπόλοιπων λιγότερο ενεργών στοιχείων. Στα όρια της φλόγας η επίδραση της καύσεως των πιο ενεργών στοιχείων δε μπορεί να επεκταθεί πολύ μέσα στο άκαυστο μείγμα, με αποτέλεσμα την αναγκαστική κατά μέτωπο ανάπτυξή της. Στην περίπτωση όμως που η θερμοκρασία του άκαυστου μίγματος τοπικά υπερβεί κάποιο όριο, τα ενεργά αυτά συστατικά αναφλέγονται, προκαλώντας την αυτανάφλεξη του μείγματος. Τον περιορισμό της δράσεως των ενεργών αυτών συστατικών αναλαμβάνουν ειδικά πρόσθετα (όπως ο μόλυβδος) τα οποία προκαλούν ανάσχεση της παραπάνω αλυσιδωτής αντιδράσεως, μειώνοντας τον κίνδυνο αυτανάφλεξης του καυσίμου.

Η καύση στους βενζινοκινητήρες πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Το πρώτο αντιστοιχεί σε περίοδο καθυστέρησης της αναπτύξεως της πίεσεως, ενώ διαρκεί όσο χρόνο απαιτεί ο σχηματισμός αυτοσυντηρούμενου κεντρικού πυρήνα φλόγας μικρού όγκου γύρω από το σπινθηριστή. Ο χρόνος που διαρκεί είναι γενικά σταθερός, ανεξάρτητος δηλαδή της ταχύτητας περιστροφής του άξονα της μηχανής.

Το δεύτερο στάδιο είναι το στάδιο διαδόσεως του μετώπου της φλόγας. Η ταχύτητα διαδόσεως του μετώπου αυτού αυξάνεται σημαντικά με την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής, λόγω του ισχυρού στροβιλισμού της ροής (τυρβώδης ροή) που προκαλεί η ταχύτερη κίνηση του εμβόλου. Η αύξηση αυτή της ταχύτητας της καύσεως είναι σχεδόν αναλογική με την αύξηση των στροφών. Αυτό επιτρέπει την επίτευξη της καύσεως ακόμη και σε πολύ υψηλές στροφές, όπου ο διαθέσιμος χρόνος για τη μετάδοση του μετώπου περιορίζεται σημαντικά, ενώ αντίστοιχα η γωνία στροφάλου που διαρκεί η καύση είναι σχεδόν σταθερή και ανεξάρτητη των στροφών του κινητήρα.

Η καύση, η οποία στους βενζινοκινητήρες είναι σχεδόν ισόογκη, συνοδεύεται από αύξηση της πίεσεως εντός του κυλίνδρου, αποτέλεσμα της ανόδου της θερμοκρασίας

και της κινήσεως του μετώπου της φλόγας. Η αύξηση αυτή της πίεσεως είναι προοδευτική, καθώς το μέτωπο της φλόγας αναπτύσσεται. Στα πρώτα στάδια παρατηρείται μικρή αύξηση της πίεσεως ενώ η μεγαλύτερη παρατηρείται μόνο στο τελευταίο στάδιο, όταν το μέτωπο φτάνει στα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως. Έτσι παρατηρείται μια υστέρηση της αυξήσεως της πίεσεως μέσα στο θάλαμο καύσεως από τη στιγμή της αναφλέξεως μέχρι τη στιγμή της μέγιστης πίεσεως, η οποία επιβάλλει την προπορεία της εναύσεως του σπινθήρα πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ. Αυτή η χρονική υστέρηση είναι αντιστρόφως ανάλογη της ταχύτητας της καύσεως. Η γωνία στροφάλου μεταξύ της εναύσεως του σπινθήρα και της μέγιστης πίεσεως στον κύλινδρο ονομάζεται γωνία καύσεως (ή χρόνος καύσεως αντίστοιχα).

Σημαντική επίδραση στην ταχύτητα της καύσεως στους βενζινοκινητήρες έχει η ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα. Με την αύξηση της ταχύτητας περιστροφής αυξάνεται σχεδόν αναλογικά και η ταχύτητα της καύσεως, οπότε ανεξάρτητα από τις στροφές του κινητήρα η καύση διαρκεί πρακτικά το ίδιο διάστημα γωνίας στροφάλου. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη λειτουργία των βενζινοκινητήρων γιατί επιτρέπει την πραγματοποίηση της καύσεως ακόμη και σε πολύ υψηλές στροφές. Το σημαντικό αυτό γεγονός είναι αποτέλεσμα της αυξήσεως του επιπέδου τύρβης (έντονος στροβιλισμός της ροής) με την αύξηση της ταχύτητας του εμβόλου. Με κατάλληλο σχεδιασμό του εμβόλου και των αγωγών εισαγωγής μπορεί να αυξηθεί ιδιαίτερα το επίπεδο τύρβης, οπότε αυξάνεται αντίστοιχα η ταχύτητα της καύσεως και μειώνεται η γωνία στροφάλου στην οποία αντιστοιχεί.

Η ταχύτητα της καύσεως αυξάνεται επίσης με την αύξηση της αρχικής πίεσεως εισόδου στον κύλινδρο, οπότε αντίστοιχα μειώνεται η γωνία στροφάλου που αντιστοιχεί στην καύση. Έτσι σε υπερπληρούμενους η καύση διαρκεί λιγότερες μοίρες, ενώ σε αεροπορικούς μη υπερπληρούμενους, που λειτουργούν σε μεγάλα ύψη (χαμηλή πίεση) απαιτείται μεγαλύτερη γωνία στροφάλου για την πραγματοποίηση της καύσεως.

Η θέση του σπινθηριστή παίζει σημαντικό ρόλο στο χρόνο που διαρκεί η καύση (άρα και στην αντίστοιχη γωνία στροφάλου). Αυτό είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής αποστάσεως που πρέπει να διανύσει το μέτωπο της φλόγας για να καλύψει ολόκληρο τον όγκο του θαλάμου καύσεως, για διαφορετικές θέσεις του σπινθηριστή. Για το λόγο αυτό ο σπινθηριστής τοποθετείται σε κεντρική θέση του πώματος, ώστε να ισαπέχει από τα τοιχώματα του κυλίνδρου.

Ο λόγος καυσίμου-αέρα επηρεάζει επίσης την ταχύτητα της καύσεως. Η μέγιστη τιμή της ταχύτητας (και η ελάχιστη της γωνίας καύσεως) επιτυγχάνεται για ελαφρώς πλούσια μείγματα (τιμή του ϕ ίση περίπου με 1,2). Για τιμές του ϕ μικρότερες του 0,6 (πολύ φτωχά μείγματα) το μέτωπο της φλόγας δεν αναπτύσσεται, οπότε δε μπορεί να πραγματοποιηθεί η καύση.

Αν και οι περισσότεροι βενζινοκινητήρες σχεδιάζονται για ομοιόμορφη διανομή του λόγου καυσίμου-αέρα σε όλον τον όγκο του θαλάμου καύσεως, είναι δυνατόν να επιτευχθεί μεταβαλλόμενη διανομή του λόγου αυτού (στρωματοποιημένη διανομή καυσίμου), με σημαντικά αποτελέσματα στην ποιότητα της καύσεως. Έτσι, είναι επιθυμητό στην περιοχή γύρω από το σπινθηριστή το μείγμα να είναι πλούσιο, ενώ σε μεγαλύτερες αποστάσεις μπορεί να υπάρχει φτωχότερο μείγμα. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η έναυση και η διάδοση του μετώπου της φλόγας, στα αρχικά δύσκολα στάδια της καύσεως, ενώ το φτωχό μείγμα στον υπόλοιπο χώρο εξασφαλίζει μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων οξειδίων του αζώτου.

Ένας τρόπος επιτεύξεως της παραπάνω κατανομής του καυσίμου είναι με τη χρήση προθαλάμου καύσεως, στον οποίο οδηγείται αρχικά το καύσιμο μείγμα και εκεί

πραγματοποιείται η έναυση (με αντίστοιχη διαδικασία όπως και στους πετρελαιοκινητήρες με διμερή θάλαμο καύσεως). Στη συνέχεια το μέτωπο της φλόγας διαδίδεται και στον κύριο θάλαμο καύσεως, όπου το μείγμα είναι φτωχό. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η αυξημένη επιφάνεια του θαλάμου καύσεως οδηγεί σε αυξημένη εκπομπή ακαύστων υδρογονανθράκων.

Ο δεύτερος τρόπος επιτεύξεως στρωματοποιήσεως στη διανομή του καυσίμου είναι η κατάλληλη συστροφή (swirl) του εισερχόμενου μείγματος, με την αντίστοιχη σχεδίαση των οχετών εισαγωγής. Η στρωματοποίηση που επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτό είναι μικρή, ενώ δεν μπορεί να εξασφαλισθεί στον ίδιο βαθμό σε όλα τα σημεία λειτουργίας του κινητήρα.

Ο τρίτος τρόπος επιτεύξεως διαφορετικής συγκεντρώσεως του καυσίμου είναι με άμεση έγχυση του καυσίμου εντός του θαλάμου καύσεως. Το καύσιμο εγχύεται στην περιοχή του σπινθηριστή, όπου επιτυγχάνεται πολύ πλούσιο μείγμα και εξασφαλίζεται απρόσκοπτη έναυση και σχηματισμός του μετώπου της φλόγας. Στον υπόλοιπο θάλαμο το μείγμα είναι φτωχό, ενώ και στο σύνολο του θαλάμου καύσεως κατά μέσον όρο το μείγμα καυσίμου-αέρα είναι φτωχό. Η μέθοδος επιτρέπει την καύση φτωχού μείγματος και τη μείωση των παραγόμενων ρύπων αλλά συνοδεύεται από τεχνολογικά προβλήματα και μειωμένη παραγωγή ισχύος για δεδομένο κυβισμό.

Μια άλλη μέθοδος μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων είναι η μείωση της φάσεως της προθερμάνσεως του κινητήρα κατά την εκκίνηση. Λόγω των ψυχρών τοιχωμάτων του θαλάμου καύσεως και του πλούσιου μείγματος που αναγκαστικά χρησιμοποιείται, αυξάνεται υπέρμετρα η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα και άκαυστων υδρογονανθράκων. Με κατάλληλο έλεγχο των συστημάτων ψύξεως και λιπάνσεως, μπορεί να μειωθεί σημαντικά η φάση της προθερμάνσεως, χωρίς την ανάγκη εγχύσεως πολύ πλούσιου μείγματος, με αντίστοιχη σημαντική μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, αλλά και οικονομία καυσίμου.

Υπερτροφοδότηση ΟΤΤΟ

Η υπερτροφοδότηση στους βενζινοκινητήρες ξεκίνησε από την ανάγκη διατηρήσεως υψηλής ισχύος σε μεγάλα υψόμετρα, στα ελικοφόρα αεροπλάνα πριν τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο. Οι υπερσυμπίεστες αρχικά ήταν μηχανικοί και έπαιρναν κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής, αφαιρώντας έτσι ισχύ για την κίνησή τους. Οι συμπίεστες ήταν τύπου λοβοειδούς αντλίας (τύπου Roots). Στη συνέχεια άρχισαν να χρησιμοποιούνται στροβιλοϋπερπληρωτές, μετά την αύξηση της αποδόσεώς τους. Με τον τρόπο αυτό, μέσω της εκμεταλλεύσεως της ενέργειας των καυσαερίων, αυξήθηκε υπερβολικά η ισχύς και η ροπή του κινητήρα για ίδιου κυβισμού μηχανές, καθώς και ο βαθμός αποδόσεώς τους. Οι στροβιλοϋπερπληρωτές που χρησιμοποιούνται στους βενζινοκινητήρες είναι μικρού μεγέθους και βάρους και πολύ μεγάλου αριθμού στροφών. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι κυριότεροι τύποι υπερπληρωτών που χρησιμοποιούνται στους βενζινοκινητήρες.



Μηχανικός υπερπληρωτής τύπου Roots

Ο μηχανικός υπερπληρωτής τύπου Roots είναι μια λοβοειδής αντλία θετικής μετατοπίσεως, που παίρνει κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα μέσω ενός ιμάντα. Έτσι όταν αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα,

αυξάνονται και οι στροφές του υπερπληρωτή, οπότε η απόκριση του συμπιεστή στις μεταβολές των στροφών του κινητήρα είναι ταχύτερη. Χρησιμοποιήθηκε εκτενώς στη δεκαετία του '60 σε αυτοκίνητα μεγάλου κυβισμού, πέρασε όμως στο παρασκήνιο στη συνέχεια, λόγω της αναπτύξεως των στροβιλοϋπερπληρωτών, αλλά και λόγω της πετρελαϊκής κρίσεως της δεκαετίας του '70. Επέστρεψε στο προσκήνιο τη δεκαετία του '80 και χρησιμοποιείται σε αυτοκίνητα μεγάλου κυβισμού.

Κύριο μειονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου υπερπληρωτή είναι η απορρόφηση ισχύος από τον άξονα της μηχανής για την περιστροφή του συμπιεστή, οπότε μειώνεται ο βαθμός αποδόσεως της μηχανής. Ειδικά στις χαμηλές στροφές λειτουργίας και στο ρελαντί εμφανίζονται προβλήματα στη λειτουργία του κινητήρα, λόγω αυτής της επιπλέον καταναλώσεως ισχύος. Για το λόγο αυτό, στα νέα συστήματα μηχανικών υπερπληρωτών χρησιμοποιείται ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης, ο οποίος αποσυνπλέκει το συμπιεστή από τον κινητήρα στις στροφές του ρελαντί, καθώς και στις χαμηλές στροφές λειτουργίας του. Μόλις αυξηθούν οι στροφές του κινητήρα, ενεργοποιείται ο ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης και θέτει σε λειτουργία τον υπερπληρωτή.

Η αρχή λειτουργίας του υπερπληρωτή τύπου Rootsείναι παρόμοια με αυτή των γραναζωτών αντλιών θετικής μετατοπίσεως. Δύο ρότορες (αποτελούμενοι από 2 ή περισσότερους λοβούς ο καθένας) συνεργάζονται μεταξύ τους, μετατοπίζοντας περιφερειακά τον αέρα που εγκλωβίζεται ανάμεσα στους λοβούς τους. Ο αέρας ε μπορεί να διέλθει ανάμεσα στους δύο ρότορες, διότι αυτοί βρίσκονται συνεχώς σε επαφή μεταξύ τους (ή πιο σωστά σχεδόν σε επαφή). Η μετάδοση της κινήσεως από τον ένα ρότορα στον άλλον δεν γίνεται λόγω επαφής (όπως στους οδοντωτούς τροχούς) για την αποφυγή παρουσίας αυξημένων τριβών. Η μετάδοση της κινήσεως πραγματοποιείται μέσω ζεύγους οδοντωτών τροχών, κάθε ένας από τους οποίους συνδέεται σε κάθε ρότορα. Για την αποφυγή δημιουργίας κυμάτων πίεσεως κατά την περιστροφή των λοβών, αυτοί κατασκευάζονται σε ελικοειδή μορφή.

Με την αύξηση των στροφών του κινητήρα αυξάνεται και η ταχύτητα περιστροφής του υπερπληρωτή, με αποτέλεσμα την αύξηση του αέρα που παρέχεται στον κινητήρα.

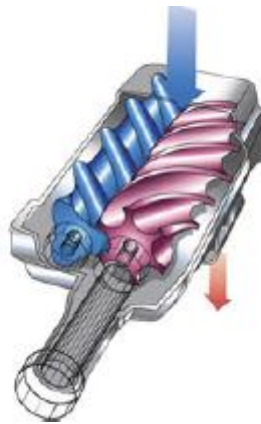
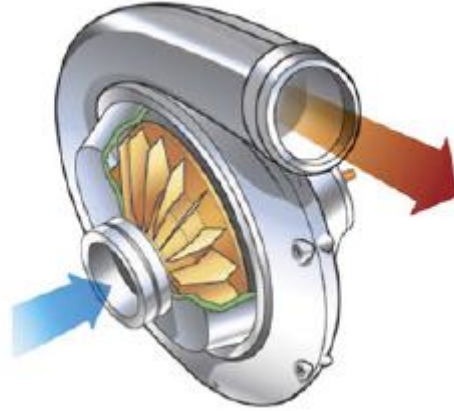
Η τροφοδοσία του κινητήρα με περισσότερο καύσιμο μείγμα αυξάνεται επικίνδυνα. Είναι απαραίτητη λοιπόν η χρήση μιας ανακουφιστικής βαλβίδας υπερσυμπιέσεως, η οποία εκτονώνει την υπερβολική πίεση στην εισαγωγή μέσω παρακαμπτήριου αγωγού (bypass) προς την είσοδο του συμπιεστή, εξασφαλίζοντας την ασφαλή λειτουργία του κινητήρα.

Στους σύγχρονους κινητήρες με μηχανική έγχυση και ηλεκτρονική διαχείριση, η εμπλοκή του μηχανικού υπερπληρωτή είναι ηλεκτρονικά ελεγχόμενη με χρήση ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη. Ο έλεγχος της συμπιέσεως ή μη του υπερπληρωτή πραγματοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία ελέγχει και την ενεργοποίηση της ανακουφιστικής βαλβίδας του υπερπληρωτή.

Οι μηχανικοί υπερσυμπιεστές, σε αντίθεση με τους στροβιλοϋπερπληρωτές, εμφανίζουν πολύ ομαλή λειτουργία στις χαμηλές στροφές του κινητήρα και προσφέρουν ικανοποιητική ροπή. Προσφέρουν ομαλή λειτουργία και γρήγορη απόκριση στις μεταβολές των στροφών, με σημαντική αύξηση της ισχύος. Δεν παρουσιάζουν την απότομη αύξηση της ροπής στις υψηλές στροφές που χαρακτηρίζει τους στροβιλοϋπερπληρωτές. Όμως η μη εκμετάλλευση της ενέργειας των καυσαερίων και η απορρόφηση ισχύος από τον άξονα της μηχανής οδηγεί σε μείωση του βαθμού αποδόσεως του κινητήρα σε σχέση με τον μη υπερπληρούμενο και σε σχέση με τον κινητήρα που λειτουργεί με στροβιλοϋπερπληρωτή.

Άλλοι τύποι μηχανικών υπερπληρωτών

Εκτός από το μηχανικό υπερπληρωτή τύπου Roots χρησιμοποιούνται και άλλοι τύποι αντλιών θετικής μετατοπίσεως για τη συμπίεση του αέρα, οι οποίες επίσης παίρνουν κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής. Οι κυριότεροι τύποι αυτής της κατηγορίας είναι οι αντλίες μετατοπίσεως με λεπίδες, οι αντλίες με σπειροειδή ρότορα και οι αντλίες αέρα με περιστρεφόμενο έμβολο.



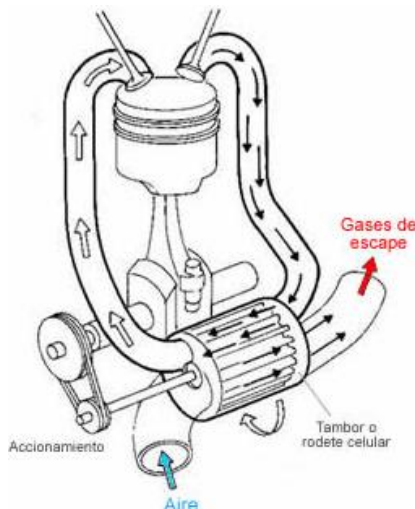
Συνοπτικά για τους μηχανικούς υπερπληρωτές

Πλεονεκτήματα :

- Σταθερή σχέση πιέσεων σε χαμηλές και υψηλές στροφές.
- Παροχή αέρα ανεξάρτητη από την πίεση και ανάλογη με τον αριθμό στροφών.
- Ταχεία ανάπτυξη της απαιτούμενης πίεσης.
- Εξασφάλιση υψηλής ροπής και σε χαμηλές στροφές.

Μειονεκτήματα:

- Μεγαλύτερο βάρος και όγκος από τους στροβιλοσυμπιεστές.
- Κατανάλωση μεγάλης σχετικά ισχύος (ιπποδύναμης) για την κίνησή τους, μέχρι και 20kW.



Υπερπληρωτής ωστικών κυμάτων (τύπου Compres)

Είναι ένα σύστημα υπερπληρώσεως που βασίζεται στη συμπίεση του αέρα με την εκμετάλλευση των κυμάτων πίεσης των καυσαερίων. Σε αυτόν τον τύπο υπερπληρωτή, χρησιμοποιείται ένας κυλινδρικός ρότορας, ο οποίος περιφερειακά φέρει διαμορφωμένα διαμήκη ευθύγραμμα περύγια (σε ανομοιόμορφες αποστάσεις), τα οποία μαζί με το εξωτερικό

κέλυφος του ρότορα σχηματίζουν διαμήκεις κυψέλες.

Ο ρότορας αυτός είναι συνδεδεμένος με το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής και η ταχύτητα περιστροφής του είναι ανάλογη των στροφών της μηχανής. Η περιστροφή του ρότορα δεν πραγματοποιείται για τη συμπίεση του αέρα, αλλά για λόγους χρονισμού της διαδικασίας συμπίεσης του αέρα και για λόγους διατηρήσεως της ταχύτητας της ροής στην περιοχή της ταχύτητας του ήχου. Στη μια πλευρά (βάση) του κυλινδρικού κελύφους του ρότορα καταλήγουν οι αγωγοί εισόδου και εξόδου του αέρα, ενώ στην άλλη οι αντίστοιχοι αγωγοί των καυσαερίων. Ο αγωγός εξόδου του αέρα έχει μικρότερη διατομή από τον αγωγό εισόδου του, λόγω της αύξησης της πυκνότητας κατά τη διαδικασία συμπίεσης. Αντίστοιχα ο αγωγός εξόδου των καυσαερίων έχει μεγαλύτερη διατομή από τον αγωγό εισόδου των καυσαερίων, λόγω μείωσης της πυκνότητας τους κατά τη διαδικασία εκτονώσεως.

Ο αέρας και τα καυσαέρια έρχονται σε επαφή στο εσωτερικό των διαμήκων κυψελίδων του ρότορα και ως εκ τούτου, ένα μικρό ποσοστό των καυσαερίων ανακυκλοφορεί εντός του κινητήρα, λόγω της αναμείξεως με το συμπιεζόμενο αέρα. Τα καυσαέρια εισερχόμενα από τη μια πλευρά του ρότορα δημιουργούν κρουστικά κύματα (αφού η ταχύτητα είναι ηχητική λόγω και της περιστροφής του ρότορα), τα οποία ανακλώνται διαδοχικά στις δύο πλευρές (βάσεις) του κελύφους και προκαλούν τη συμπίεση του αέρα που εισέρχεται από την απέναντι πλευρά του ρότορα. Επειδή το σύστημα απαιτεί την επίτευξη ηχητικής ταχύτητας εντός του ρότορα, η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία των καυσαερίων, η συγκεκριμένη μέθοδος συμπίεσης λειτουργεί ικανοποιητικά μόνο για δεδομένο εύρος λειτουργίας της μηχανής. Για τη μείωση του θορύβου από τα ωστικά κύματα, τα πτερύγια του ρότορα δεν βρίσκονται σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις.

Συνοπτικά για την υπερπλήρωση μέσω κυμάτων πίεσης

Πλεονεκτήματα:

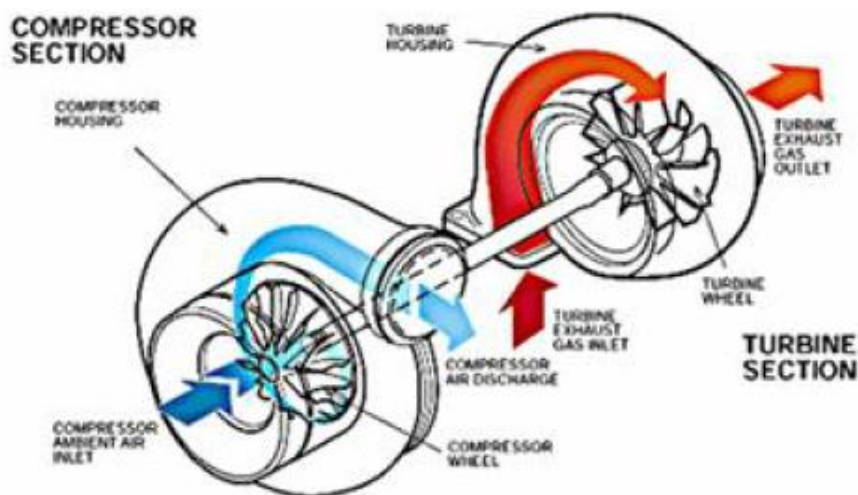
- Γρήγορη απόκριση στις αλλαγές του φορτίου του κινητήρα γιατί η ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ των καυσαερίων και του εισερχόμενου αέρα εκτελείται με την ταχύτητα του ήχου.
- Υψηλή συμπίεση στις χαμηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα.

Μειονεκτήματα:

- Περιορισμένη ευελιξία όσον αφορά την τοποθέτηση του μηχανισμού, λόγω της παρουσίας ιμάντα για τη μετάδοση της κίνησης αλλά και των αγωγών των αερίων.
- Αύξημένες ποσότητες καυσαερίων και αέρα σάρωσης.
- Θορυβώδης λειτουργία.
- Πολύ μεγάλη ευαισθησία στην αυξημένη αντίσταση στην πλευρά χαμηλής πίεσης.

Στροβιλοϋπερπληρωτής

Οι μικρού μεγέθους στροβιλοϋπερπληρωτές χρησιμοποιούνται σε εμβολοφόρες Μ.Ε.Κ. με ισχύ μεταξύ 50 και 600 kW, βρίσκοντας εφαρμογή κυρίως στην κίνηση επιβατικών οχημάτων, φορτηγών, μεγάλου μεγέθους οχημάτων αλλά και σε μικρού μεγέθους πλοιάρια. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής, η απλότητα και η υψηλή τους αξιοπιστία. Αποτελούνται από ένα ακτινικό



(φυγοκεντρικό) συμπιεστή, ένα ακτινικό στρόβιλο, ενώ τα έδρανα βρίσκονται ανάμεσα στις δύο περωτές του συμπιεστή και του στρόβιλου, απλοποιώντας το σύστημα λιπάνσεως, αλλά και τους αγωγούς εισαγωγής του αέρα στο συμπιεστή και εξαγωγής των καυσαερίων από το στρόβιλο.

Η κατασκευή της περωτής του συμπιεστή γίνεται με χύτευση από κράματα αλουμινίου (για μείωση του κόστους), ενώ η αεροδυναμική σχεδίαση της περωτής είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ αποδόσεως, αντοχής και ευκολίας στη χύτευση. Μέχρι σχετικά πρόσφατα χρησιμοποιούνταν ευρέως απλοποιημένα, τελειώς ακτινικά πτερύγια, για αυξημένη αντοχή και εύκολη χύτευση, με μικρότερη όμως αεροδυναμική απόδοση. Τα κεκλιμένα όμως πτερύγια τείνουν πλέον να επικρατήσουν, λόγω της αυξημένης αποδόσεως και της ομοιομορφίας της ροής στην έξοδο της περωτής που επιτυγχάνουν.

Οι λόγοι πίεσεως που επιτυγχάνονται κυμαίνονται μεταξύ του 2:1 και του 2,5:1, με τυπικές ταχύτητες περιστροφής μεταξύ 70,000 και 85,000 rpm, αν και σε μικρότερες σχεδιάσεις εμφανίζονται ακόμη υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής.

Συνήθης πρακτική που ακολουθείται στην κατηγορία αυτή είναι να κατασκευάζονται διαφορετικοί υπερπληρωτές με διαφορετικά χαρακτηριστικά, χρησιμοποιώντας την ίδια ουσιαστικά περωτή συμπιεστή, η οποία έχει υποβληθεί σε μείωση της εξωτερικής της διαμέτρου. Φυσικά, δεν είναι δυνατόν όλα τα μέλη της οικογένειας υπερπληρωτών που θα προκύψουν να έχουν την ίδια απόδοση, αλλά συνήθως δεν είναι αυτό το ζητούμενο στη μικρή αυτή κατηγορία. Οι διαχύτες φέρουν πτερύγια μόνο στους μεγαλύτερους υπερπληρωτές της κατηγορίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρή μείωση της αποδόσεως, μικρή αύξηση του όγκου του υπερπληρωτή, αλλά αύξηση και της περιοχής υψηλής αποδόσεως του συμπιεστή, ουσιαστικά χαρακτηριστικό για τα οχήματα, στα οποία οι κινητήρες λειτουργούν σε πολύ μεγάλο εύρος στροφών και παροχών μάζας αέρα.

Οι στρόβιλοι που χρησιμοποιούνται είναι ακτινικής ροής, με τη περωτή να είναι συγκολλημένη στον άξονα περιστροφής (με χρήση συγκολλησεως τριβής ή δέσμης ηλεκτρονίων). Η περωτή συνήθως κατασκευάζεται από κράματα χάλυβα - νικελίου υψηλής αντοχής θερμοκρασία (π.χ inconel 713C) και στις ισχυρές φυγόκεντρες τάσεις. Οι περωτές των στρόβιλων έχουν λιγότερα πτερύγια από τις περωτές των συμπιεστών, αφού οι αεροδυναμικές απαιτήσεις είναι μικρότερες, λόγω της επιταχυνόμενης ροής εντός των στρόβιλων. Τα πτερύγια έχουν μεγαλύτερο πάχος για

αύξηση της αντοχής στις υψηλές θερμοκρασίες, αλλά και στους παλμούς πίεσεως που προκαλούν οι παλινδρομήσεις των εμβόλων της μηχανής.

Το σπειροειδές κέλυφος του στροβίλου καυσαερίων κατασκευάζεται συνήθως από χυτοσίδηρο με σφαιροειδή γραφίτη, αφού δεν καταπονείται σε ισχυρές τάσεις. Η δομή του είναι όμως ισχυρή για να αντέχει σε καταστροφή της περωτής. Συνήθως δεν υπάρχει σειρά σταθερών περυγίων πριν την περωτή. Σταθερά περύγια χρησιμοποιούνται μόνο σε περιπτώσεις μεγάλου λόγους πίεσεως και όταν υπάρχουν κατασκευάζονται από κράματα νικελίου – χρωμίου, για αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 600C).

Επειδή η ροή εντός του στροβίλου είναι επιταχυνόμενη, οι απώλειες είναι πολύ μικρότερες από ότι στο συμπιεστή και οι σχεδιαστικές απαιτήσεις μικρότερες. Έτσι, με μικρές τροποποιήσεις στην περωτή και μεταβάλλοντας μόνο το σπειροειδές κέλυφος, προκύπτει μεγάλος αριθμός διαφορετικών στροβίλων, για διαφορετικές μηχανές και διαφορετικές σχεδιάσεις στροβιλοϋπερπληρωτών. Συχνά το σπειροειδές κέλυφος, χωρίζεται σε δύο διαφορετικούς αγωγούς, ώστε οι κύλινδροι που βρίσκονται ταυτόχρονα στη φάση της εκτονώσεως να διαχωρίζονται σε διαφορετικούς αγωγούς, που καταλήγουν σε διαφορετικές πλευρές της περωτής του στροβίλου. Συνήθως σε κάθε αγωγό καταλήγουν οι εξαγωγές τριών κυλίνδρων της μηχανής, οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικές φάσεις, για χρονική εξομάλυνση της πίεσεως του ρεύματος των καυσαερίων.

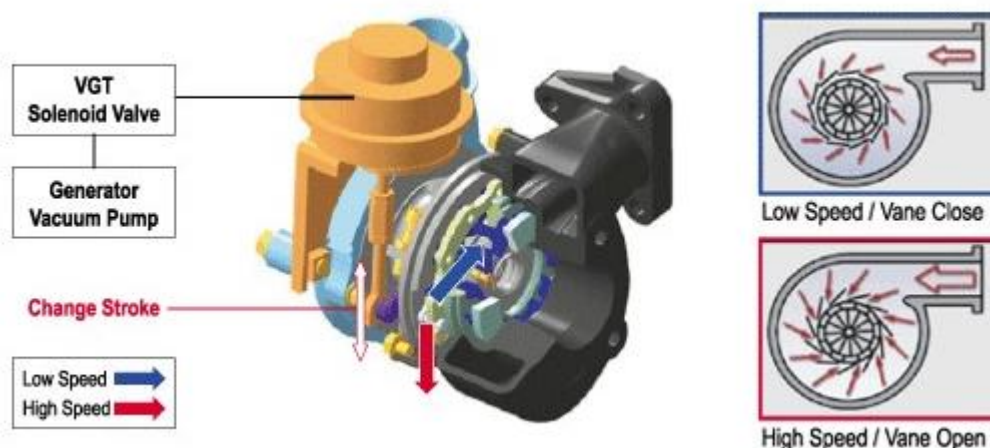
Στους στροβίλους των επιβατικών οχημάτων τοποθετείται βαλβίδα εκτονώσεως των καυσαερίων (wastegatevalve), η οποία παροχετεύει ποσότητα των καυσαερίων στις υψηλές στροφές του κινητήρα, προστατεύοντας τον από υπερφόρτιση.

Η έδραση του άξονα γίνεται σε έδρανα ολισθήσεως (κουζινέτα) τα οποία λιπαίνονται με χρήση του λιπαντικού της μηχανής. Δε χρησιμοποιούνται έδρανα κυλίσεως, λόγω μικρότερης διάρκειας ζωής στις υψηλές στροφές, μεγαλύτερου κόστους και δυσκολίας αντικαταστάσεως, αν και εμφανίζουν πολύ μικρότερες τριβές.

Έδρανα κυλίσεως χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, συνήθως σε κινητήρες αυτοκινήτων υψηλών επιδόσεων (για πολύ υψηλές ταχύτητες περιστροφής χρησιμοποιούνται τριβείς από κεραμικά υλικά). Επειδή η μάζα της περωτής του στροβίλου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή της περωτής του συμπιεστή και η απόσταση των εδράνων πολύ μικρή (αφού τοποθετούνται μεταξύ των περωτών), η μελέτη του συστήματος εδράσεως γίνεται δύσκολη, ενώ η δυναμική συμπεριφορά του άξονα σε ταλαντώσεις είναι αρκετά κρίσιμη. Το υλικό των δακτυλίων των εδράνων είναι μπρούτζος με επικάλυψη από λευκά μέταλλα.

Τα έδρανα ολισθήσεως εμφανίζουν μεγάλες τριβές, που φθάνουν και το 10% της ισχύος του στροβίλου (με το υπόλοιπο να καταλήγει στο συμπιεστή). Δυστυχώς, οι τριβές είναι μεγαλύτερες στις χαμηλότερες στροφές, οπότε και μειώνονται σημαντικά οι επιδόσεις του στροβιλοϋπερπληρωτή στα χαμηλά φορτία της μηχανής.

Στροβιλοϋπερπληρωτής με ρυθμιζόμενα πτερύγια



Μια άλλη κατηγορία στροβιλοϋπερπληρωτών είναι οι στροβιλοϋπερπληρωτές με ρυθμιζόμενα πτερύγια. Ο τρόπος λειτουργίας αυτών των στροβιλοϋπερπληρωτών στηρίζεται στην απαίτηση για υψηλές ροπές στις χαμηλές στροφές και ταυτόχρονα στην αποφυγή μεγάλων πιέσεων στις υψηλές στροφές. Σε λειτουργίες με μικρές ποσότητες καυσαερίου, τα πτερύγια εισαγωγής στην τουρμπίνα αποκτούν μια τέτοια κλίση που στενεύει η είσοδος των καυσαερίων. Έτσι τα αέρια αποκτούν σχετικά μεγάλη ταχύτητα, ενώ ταυτόχρονα το ρεύμα του εισερχόμενου αέρα κατευθύνεται προς την ακραία πλευρά των πτερυγίων οπότε και έχουμε μεγαλύτερο βραχίονα ροπής. Έτσι αυξάνονται οι στροφές της τουρμπίνας με αποτέλεσμα την αύξηση πίεσης του στροβιλοϋπερπληρωτή και άρα και την ροπή του κινητήρα. Σε λειτουργίες με μεγάλο όγκο καυσαερίων, τα πτερύγια ανοίγουν, η είσοδος των καυσαερίων μεγαλώνει και η ταχύτητά τους μειώνεται.

Κατά την επιβράδυνση του οχήματος που ο κινητήρας λειτουργεί σε χαμηλές στροφές και με την πεταλούδα του γκαζιού κλειστή εγκλωβίζεται στο σωλήνα αναρροφήσεως αέρα που δημιουργεί μεγάλη πίεση και φρενάρει την περιστροφή της πτερωτής του στροβίλου. Επίσης, σε μια τυχόν αιφνίδια αλλαγή του φορτίου που η πεταλούδα του γκαζιού ξανανοίγει και εισχωρεί απότομα μια ποσότητα αέρα υπό πίεση, μεσολαβεί ένα χρονικό διάστημα για να επανέλθουν οι στροφές της τουρμπίνας στα επιθυμητά όρια λόγω της αδράνειάς της. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η χρησιμοποίηση ενός συστήματος ανακύκλωσης του αέρα (wastegate). Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια βαλβίδα που είναι συνδεδεμένη με την πολλαπλής εισαγωγής. Αυτή, όταν η πεταλούδα του γκαζιού είναι κλειστή και η πίεση μεγάλη, ανοίγει και επιτρέπει την κυκλοφορία του προσυμπιεσμένου αέρα από την πλευρά συμπίεσης προς την πλευρά αναρρόφησης του συμπιεστή ή προς το περιβάλλον (σκάστρα). Με τον τρόπο αυτό η τουρμπίνα συνεχίζει να κινείται με αμείωτες στροφές και είναι έτοιμη να επαναλειτουργήσει χωρίς καθυστέρηση αμέσως μόλις ανοίξει η πεταλούδα του γκαζιού.

Συστήματα προστασίας στροβιλοϋπερπληρωτή

Για τον έλεγχο της λειτουργίας του στροβιλοϋπερπληρωτή και την προστασία του κινητήρα χρησιμοποιούμε τρεις βαλβίδες . Αυτές είναι :

1) Η Βαλβίδα Εκτόνωσης ή Βαλβίδα Ανακούφισης ή *Booster*.

Αυτή τοποθετείται στο κύκλωμα των καυσαερίων και ενώνεται με την πολλαπλή

εισαγωγής με ένα σωλήνα μικρής διαμέτρου . Όταν η πίεση στην εισαγωγή ανέβει σε υψηλά επίπεδα και κινδυνεύει ο κινητήρας να σπάσει , η πίεση αυτή μεταφέρεται μέσω του μικρού σωλήνα στη βαλβίδα και την ενεργοποιεί . Τότε μια σημαντική ποσότητα των καυσαερίων παρακάμπει την τουρμπίνα και φεύγει κατευθείαν προς την εξάτμιση . Οι στροφές της τουρμπίνας πέφτουν οπότε λιγότερος αέρας εισέρχεται στη μηχανή .

2) Η Βαλβίδα Ανακύκλωσης Του Εισερχόμενου Αέρα , ή Σκάστρα ή WasteGate.

Τοποθετείται στο κύκλωμα του αέρα εισαγωγής και ενώνει την πλευρά της χαμηλής πίεσης με την πλευρά της υψηλής πίεσης . Δηλαδή την αναρρόφηση με την κατάθλιψη του συμπιεστή . Ενώνεται επίσης και με ένα σωλήνα μικρής διαμέτρου με την πολλαπλή εισαγωγής για να ενεργοποιείται όταν η πίεση εκεί περάσει κάποια όρια .

Όταν ενεργοποιηθεί , μια σημαντική ποσότητα του συμπιεσμένου αέρα δεν οδηγείται προς την πολλαπλή εισαγωγής αλλά επιστρέφει στην αναρρόφηση του συμπιεστή . Έτσι έχουμε επιβράδυνση του κινητήρα αφού εκτονώνεται η πίεση στην εισαγωγή , χωρίς να έχουμε επιβράδυνση της τουρμπίνας . Αυτό μειώνει πολύ την υστέρηση (turbolag) και ο στροβιλοϋπερπληρωτής είναι έτοιμος να δώσει όλη την ισχύ του σε επόμενη ζήτηση. Παλαιότερα δεν γινόταν ανακύκλωση του αέρα, αλλά γινόταν εκτόνωση στο περιβάλλον.

3) Η Ηλεκτρονικά Ρυθμιζόμενη Βαλβίδα Ελεγχου Πίεσης , ή μαγνητικός Διακόπτης.

Πρόκειται για βαλβίδα που τη συναντάμε σε σύγχρονους κινητήρες και συνδέεται ηλεκτρικά με τον εγκέφαλο διαχείρισης του κινητήρα . Ενώνεται με τρεις σωλήνες μικρής διατομής . Ο πρώτος συνδέεται με την πλευρά της υψηλής πίεσης του αέρα εισαγωγής (μετά τον στροβιλοϋπερπληρωτή) . Ο δεύτερος με την πλευρά της χαμηλής πίεσης της εισαγωγής (πριν τον στροβιλοϋπερπληρωτή) . Τέλος ο τρίτος συνδέεται με τη βαλβίδα εκτόνωσης (Booster) και μάλιστα στο σημείο που αυτή δέχεται την ενεργοποίησή της.

Έτσι ανάλογα με το σήμα που παίρνει ο μαγνητικός διακόπτης από τον εγκέφαλο αλλά και το μέγεθος της υψηλής πίεση εισαγωγής ενεργοποιεί τη βαλβίδα εκτόνωσης καυσαερίων (Booster).

Στιγμιαία υπερπλήρωση (overboost)

Σε ορισμένες κατασκευές με ηλεκτρονική ρύθμιση, όταν πατηθεί το πεντάλ του γκαζιού μέχρι τέλους, ενεργοποιείται βραχυπρόθεσμα ένα σύστημα αύξησης της πίεσης. Η αύξηση επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση της παλινδρομικής βαλβίδας που κλείνει τη βαλβίδα εκτόνωσης, ώστε ολόκληρη η ποσότητα καυσαερίου να διοχετευτεί στην τουρμπίνα και να ανεβάσει σε ελάχιστο χρόνο την πίεση. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η επιτάχυνση του οχήματος.

Ψύξη του παρεχόμενου αέρα με χρήση εναλλάκτη θερμότητας (intercooler)



Κατά την διαδικασία συμπίεσης στους στροβιλοϋπερπληρωτές, ο αέρας υπερθερμαίνεται μέχρι και τους 180°C. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε μείωση της πυκνότητας του αέρα και πρέπει να αυξηθεί προκειμένου να εισχωρήσει η επιθυμητή ποσότητα αέρα στους κυλίνδρους και άρα να αυξηθεί η ισχύς του κινητήρα.

Παράλληλα αυξάνεται η τάση για αυταναφλέξεις, πράγμα που αντιστοιχεί σε υψηλότερο βαθμό συμπίεσης από αυτόν που είχε ο ίδιος ο κινητήρας αν ήταν ατμοσφαιρικός. Για να αποφευχθούν τα παραπάνω μειονεκτήματα, χρησιμοποιούμε τους intercooler. Ως intercooler χαρακτηρίζουμε τους εναλλάκτες θερμότητας, δηλαδή ψυγεία αέρος-αέρα που τοποθετούνται σε κινητήρες αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν ως μέσο υπερπλήρωσης, στροβιλοϋπερπληρωτές. Ρόλος τους είναι να ψύχουν τον αέρα που θερμαίνεται κατά την συμπίεση. Οι intercooler τοποθετούνται μεταξύ του αεροσυμπιεστή και της πολλαπλής εισαγωγής, στο ρεύμα αέρα που δημιουργείται κατά την κίνηση του οχήματος.

Συνοπτικά για την υπερπλήρωση με στροβιλοϋπερπληρωτές

Πλεονεκτήματα:

- Για την κίνησή τους απαιτείται αμελητέα ισχύς του κινητήρα.
- Έχουν μικρό βάρος και μικρό μέγεθος, συγκριτικά με άλλου είδους υπερσυμπιεστές.
- Δεν απαιτούνται γρανάζια ή τροχαλίες και ιμάντες μετάδοσης κίνησης.
- Αισθητή αύξηση της ισχύος του κινητήρα για διάφορους κυβισμούς.
- Βελτιωμένη καμπύλη ροπής σε όλη (σχεδόν) την ωφέλιμη περιοχή στροφών του κινητήρα.
- Αισθητή βελτίωση κατανάλωσης και συνεπώς εξοικονόμηση καυσίμων, σε σύγκριση με τους ατμοσφαιρικούς κινητήρες ίσης ισχύος.
- Βελτίωση της ποιότητας των καυσαερίων.

Μειονεκτήματα:

- Η τοποθέτηση του υπερσυμπιεστή στη γραμμή των θερμών καυσαερίων απαιτεί υλικά, ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Πρέπει να υπάρχει χώρος για την τοποθέτηση του υπερσυμπιεστή και του εναλλάκτη αέρα-αέρος (intercooler).
- Χαμηλή ροπή στις χαμηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα.
- Κακή χρονική απόκριση στις αλλαγές του φορτίου (φαινόμενο "υστέρησης" γνωστό και ως "turbolag")

TSI (TwinSuperchargingInjection)

Ο όμιλος της VW κατασκεύασε ένα κινητήρα Twincharger πετυχαίνοντας έτσι το στόχο της γρήγορης-δυναμικής οδήγησης σε ένα κινητήρα μόλις 1400 κυβικών εκατοστών . Η VW με τον παραπάνω κινητήρα κατάφερε να δημιουργήσει ένα βενζινοκινητήρα Twincharger δηλαδή ,που μπορεί και συνδυάζει μηχανικό υπερπληρωτή και στροβιλοϋπερπληρωτή (compressor και turbo).

Η νέα αυτή τεχνολογία ονομάζεται TSI (TwinSuperchargingInjection) και έχει ως αποτέλεσμα την μέγιστη απόδοση σε όλο το φάσμα των στροφών (χαμηλές- μεσαίες- υψηλές) σε συνδυασμό την χαμηλή κατανάλωση καυσίμου.

Ο κινητήρας αυτός έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί ομοιόμορφα ακόμα και σε υψηλές rpm. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του βενζινοκινητήρα είναι η χαμηλή κατανάλωση του σε συνδυασμό με τις μεγάλες επιδόσεις του, όπως ροπή στρέψης και ισχύ.

Τα 2 συστήματα υπερπλήρωσης φτάνουν την πίεση ακόμη και στο 1.5 bar. Κανένας άλλος κινητήρας μαζικής παραγωγής δεν είχε φτάσει τόσο υψηλή πίεση. Ακόμη και οι κινητήρες turbo στις ημέρες μας (συμβατικοί, όχι βελτιωμένοι) δεν έχουν καταφέρει να έχουν τέτοια πίεση υπερπλήρωσης.

Τεχνική Ανάλυση

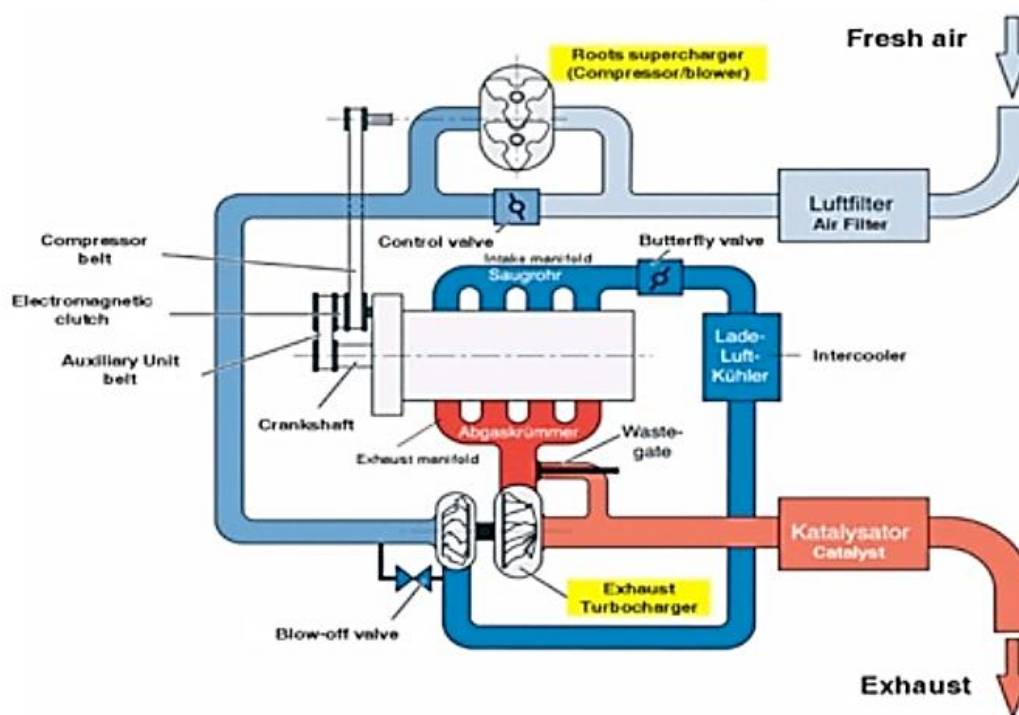
Πριν περίπου 20 χρόνια είχαμε ξανασυναντήσει το ίδιο διπλό σύστημα υπερπλήρωσης του κινητήρα (μηχανικός υπερπληρωτής δηλαδή compressor και στροβιλοϋπερπληρωτής, turbo) αλλά σε αγωνιστικού τύπου αυτοκίνητα.

Όπως το NissanSuperTurbo και την αγωνιστική LanciaDeltaS4 . Στις μέρες μας όμως η VW κατασκεύασε το GolfGT, ένα αυτοκίνητο που συνδιάζει μηχανικό υπερπληρωτή και turbo. Όμως η VW δεν έχει τα ίδια κίνητρα όπως πριν 20 χρόνια με τη Lancia και τη Nissan. Η VW ήθελε απλά να δώσει «πνοή» σε ένα συμβατικό αυτοκίνητο, για καθημερινή χρήση και όχι τις αγωνιστικές φιλοδοξίες και στόχους που είχαν οι προηγούμενες 2 εταιρείες. Με τον κινητήρα λοιπόν αυτό κατάφερε να δημιουργήσει καθημερινά αυτοκίνητα με χαμηλές καταναλώσεις σε καύσιμα και υψηλές επιδόσεις. Ο κύριος στόχος της εταιρίας ήταν να αποδίδει την μέγιστη δυνατή ισχύ με τον πιο ομαλό τρόπο και όχι όπως τα αγωνιστικά που αναφέραμε που είχαν αυτό το «λαγκάρισμα-κενό» από την μετάβαση του compressor στο turbo.

Ο μικρός κινητήρας των 1390 κυβικών εκατοστών με 4 βαλβίδες ανά κύλινδρο με την εμπορική ονομασία TSI αποδίδει 170PS στις 6000 σ.α.λ. και 24,5kgm ροπή στις 1750 σ.α.λ. έχει δηλαδή ειδική ισχύ της τάξης των 122,3PS ανά λίτρο. Είναι ο ισχυρότερος 1400άρης κινητήρας παραγωγής αυτή τη στιγμή σε όλο τον κόσμο.

Αναλυτικότερα ο TSI κινητήρας και τα επιμέρους τμήματα της τεχνολογίας Twincharger

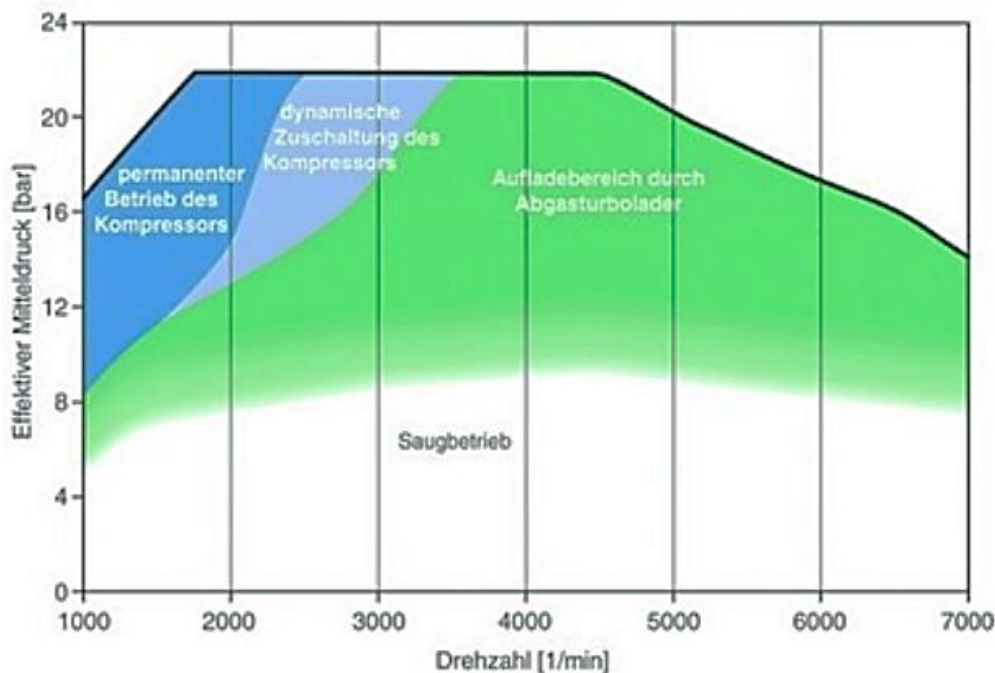
Air Flow in the VW Twincharged TSI



Όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται στο φιλτροκούτι και φιλτραριστεί στη συνέχεια κατευθύνεται προς τον compressor τύπου Roots της Eaton με κωδικό M24 σε αντίθεση με το MicraSuperturbo όπου προηγούταν το turbo. Η VW επέλεξε έναν υπερσυμπιεστή με μηχανική μετάδοση κίνησης με ιμάντα με σκοπό την αύξηση της ροπής σε χαμηλές στροφές του κινητήρα. Είναι μία μονάδα υπερσυμπιεστή βασισμένη στην αρχή Roots. Ένα ειδικό χαρακτηριστικό αυτού του συμπιεστή ο οποίος χρησιμοποιείται, είναι η εσωτερική σχέση μείωσης των στροφών στην πλευρά της εισαγωγής του ζεύγους γραναζιών συγχρονισμού.

Παράλληλα με τον M24 υπάρχει αγωγός ο οποίος λειτουργώντας ως βαλβίδα παράκαμψης (by-pass) ανάλογα με τη θέση του ηλεκτρονικά ελεγχόμενου κλαπέτου που περιέχει μπορεί να βραχυκυκλώσει από πλευράς πίεσης είσοδο και την έξοδο του Roots. Ο αέρας στη συνέχεια είτε έχει περάσει από το κλαπέτο είτε από τον M24, οδηγείται στην είσοδο του στροβιλοσυμπιεστή της BorgWarner-3K με κωδικό K03 και από εκεί ακολουθεί την τυπική πορεία του, περνώντας δηλαδή διαδοχικά από το intercooler, την πεταλούδα, το plenum, τους κυλίνδρους και στη συνέχεια ως καυσαέριο πλέον συνεχίζει το ταξίδι του στον στρόβιλο και τέλος την εξάτμιση.

Παρατηρείται λοιπόν πως μιλάμε για τυπική σειριακή διάταξη των δύο υπερσυμπιεστών: η πίεση εξόδου του M24 αποτελεί ταυτόχρονα και την πίεση εισόδου του K03. Ο τρόπος με τον οποίο αυτά τα δύο συστήματα συμπληρώνουν το ένα το άλλο σημαίνει ότι δεν υπάρχει καθόλου υστέρηση απόκρισης (turbolag).



Στο σχήμα επεξηγείται ο τρόπος που ο TSI περνάει από τις διαδοχικές φάσεις συνεργασίας turbo-Roots υπό πλήρες φορτίο όταν δηλαδή η πεταλούδα τέρμα ανοικτή. Πρωταρχικός στόχος του συστήματος είναι να έχει «ατμοσφαιρική» λειτουργία, δηλαδή να μην καταλαβαίνει ο οδηγός κατά την επιτάχυνση την διαδοχή των φάσεων μέσω πτώσεων ή απότομων ξεσπασμάτων της ροπής.

Στον άξονα « χ » παρουσιάζεται ο ρυθμός περιστροφής του κινητήρα και στον κάθετο η «Μέση Ενδεικτική Πίεση» των κυλίνδρων, ένα χαρακτηριστικό μέγεθος όλων των εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης και το οποίο μεταξύ άλλων είναι πρακτικά ανάλογο και με την εκάστοτε πίεση υπερπλήρωσης.

Η καμπύλη που προκύπτει στο διάγραμμα (με μαύρο χρώμα) συμπίπτει με αυτό της ροπής, αφού αυτή ουσιαστικά προκύπτει μέσω της μέσης ενδεικτικής πίεσης. Η μπλε περιοχή είναι αυτή στη οποία ο compressor «Roots» λειτουργεί μόνος του και η K03 βρίσκεται ακόμα σε αδράνεια. Λίγο πάνω από το ρελαντί, περίπου στις 1000 σ.α.λ. ο Roots παρέχει πίεση υπερπλήρωσης στα 0,8bar. Καθώς οι στροφές ανεβαίνουν γραμμικά, ανεβαίνει και η πίεση μέχρι τις 1500 σ.α.λ. όπου η πίεση υπερπλήρωσης μεγιστοποιείται στο 1,5bar.

Μέχρι τις 2400 σ.α.λ. η πίεση υπερπλήρωσης διατηρείται στο 1,5bar αποκλειστικά και μόνο από τον M24.

Στο σημείο αυτό το turbo μπαίνει σιγά σιγά σε λειτουργία και το 1,5bar πίεσης να αποτελεί μέχρι τις 3500 σ.α.λ. προϊόν συνεργασίας και των δύο συμπιεστών μαζί όπως φαίνεται στη γαλάζια περιοχή. Στο φάσμα 2400-3500 σ.α.λ. το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο κλαπέτο αρχίζει να ανοίγει σταδιακά, απομονώνοντας τον Roots μέσω του συστήματος βραχυκύκλωσης (controlvalve) των πιέσεων εισόδου και εξόδου του. Στην πράσινη περιοχή και στις 3500 σ.α.λ. το κλαπέτο του M24 είναι πλέον εντελώς ανοικτό με αποτέλεσμα η K03 να μπορεί πλέον από μόνη της να κρατήσει μέγιστη πίεση υπερπλήρωσης 1,5bar. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέχρι τις 4500 σ.α.λ. όπου η πίεση φυσιολογικά αρχίζει πλέον και πέφτει και οδεύοντας προς τον κόφτη των 7000 σ.α.λ., αφού η K03 δεν μπορεί να κρατήσει 1,5bar σε τέτοιες απαιτήσεις παροχής. Παίζει σημαντικό ρόλο το μικρό μέγεθος της τουρμπίνας εδώ. Έχουμε να κάνουμε με μικρό κινητήρα 1.4 λίτρων. Ο Roots τίθεται σε αδράνεια στις 3500 σ.α.λ. μέσω του

ηλεκτρομαγνητικού συμπλέκτη, επειδή έχει φτάσει στο μέγιστο όριο περιστροφής του και για να μπορέσουν να μηδενιστούν οι όποιες απώλειες ισχύος.

Έτσι οι VW/Eaton μπόρεσαν να παρουσιάσουν σήμερα ένα σύστημα turbo-κομπρέσορα που να λειτουργεί πραγματικά άψογα, χωρίς πρόβλημα και με “ατμοσφαιρική” λειτουργία.

Υπερτροφοδότηση DIESEL

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης, πέρα από το διαχωρισμό τους σε σχέση με το καύσιμο που χρησιμοποιούν και τον κύκλο λειτουργίας τους, διακρίνονται και σε δύο άλλες βασικές κατηγορίες: σ’ αυτές της φυσικής εισροής του αέρα και στις αντίστοιχες με βεβιασμένη εισροή του αέρα ή, όπως αλλιώς ονομάζονται, με υπερπλήρωση.

Αυτός ο διαχωρισμός αφορά τόσο τις βενζινομηχανές, όσο και τις μηχανές diesel. Στη συνέχεια της παραγράφου αυτής θα εξεταστούν μερικά στοιχεία για την υπερπλήρωση των μηχανών και ειδικότερα, των πετρελαιομηχανών.

Στις μηχανές με φυσική εισροή, ο αέρας κατά τη διάρκεια της εισαγωγής, εισέρχεται στους κυλίνδρους της μηχανής λόγω της υποπίεσης, που δημιουργεί το έμβολο με την κίνησή του. Στην περίπτωση αυτή, η ποσότητα του εισερχόμενου αέρα που γεμίζει, τελικά, τους κυλίνδρους εξαρτάται από τις δυσκολίες (αντιστάσεις) που πρέπει αυτός να υπερνικήσει κατά την κίνησή του μέσα από τους αγωγούς εισόδου και τις βαλβίδες εισαγωγής. Εξαρτάται, δηλαδή, τελικά, από το πόσο ελεύθερα μπορούν να «εισπνέουν» αέρα οι κύλινδροι της μηχανής. Εξαρτάται, επίσης, και από την πυκνότητα του αέρα και συνεπώς από τη θερμοκρασία και το υψόμετρο, κάτω δηλαδή από ποιές συνθήκες λειτουργεί η μηχανή.

Με βάση τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι για μια δεδομένη μηχανή, όσος περισσότερος αέρας εισέρχεται στους κυλίνδρους της, τόσο περισσότερο καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και συνεπώς, τόσο περισσότερο μπορεί να αυξηθεί και η ισχύς της. Δεδομένου ότι με την κίνηση, απλά, των εμβόλων, ο αέρας που εισρέει στους κυλίνδρους δε μπορεί να αυξηθεί, για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν οι μηχανές με υπερπλήρωση. Στις μηχανές αυτές, με τη βοήθεια εξωτερικών παρεμβάσεων διοχετεύεται μεγαλύτερη ποσότητα αέρα μέσα στους κυλίνδρους με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερο καύσιμο, γεγονός που αυξάνει περαιτέρω την πίεση των καυσαερίων και άρα την ισχύ των μηχανών αυτών. Μάλιστα, στις μηχανές diesel η υπερπλήρωση είναι περισσότερο αποδοτική από ό,τι στις βενζινομηχανές. Αυτό συμβαίνει, γιατί εδώ ο χρόνος μέσα στον οποίο πρέπει να γίνει η ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, κατά τη διάρκεια της καύσης, είναι πολύ μικρότερος και συνεπώς, υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για την παρουσία περισσότερου οξυγόνου. Δηλαδή, με την υπερπλήρωση, μια μηχανή diesel μπορεί να αξιοποιήσει περισσότερο οξυγόνο και κατά συνέπεια, να αυξήσει την ισχύ που αποδίδει.

Η αύξηση του οξυγόνου στον κύλινδρο επιδρά, επίσης στον περιορισμό της καθυστέρησης της αυτοανάφλεξης του καυσίμου, γεγονός που βοηθά στην ομαλότερη λειτουργία της μηχανής.

Γενικά, η υπερπλήρωση σε όλους τους τύπους των μηχανών έχει πολύ θετικά αποτελέσματα, αφού μπορεί να αυξήσει την ισχύ και τη ροπή τους. Έτσι, τα

πλεονεκτήματα της αξιοποιούνται κατάλληλα από τους κατασκευαστές των αυτοκινήτων, είτε για να αυξήσουν την ισχύ των μηχανών που ήδη χρησιμοποιούνται σε κάποιες κατηγορίες οχημάτων, είτε για να κατασκευάζουν μικρότερες σε μέγεθος μηχανές με μεγάλη, όμως, ισχύ. Στις σύγχρονες μηχανές diesel χρησιμοποιούνται δύο τύποι υπερπλήρωσης.

Ο πρώτος τύπος αφορά τη χρήση ενός συμπιεστή, ο οποίος για την κίνησή του χρησιμοποιεί μηχανική ισχύ την οποία παίρνει από τον άξονα της μηχανής και γι' αυτό η υπερπλήρωση αυτή ονομάζεται μηχανική. Στην περίπτωση αυτή, η μορφή του συμπιεστή μπορεί να είναι, είτε τύπου λοβών ή τύπου Rootsόπως λέγεται (από τον ομώνυμο εμπνευστή του J.D.Roots, ο οποίος το 1866 κατασκεύασε για πρώτη φορά αντλίες αυτού του τύπου), είτε ακτινικού ανεμιστήρα, είτε με πτερύγια και έκκεντρο άξονα περιστροφής. Ο δεύτερος τύπος αφορά τη χρήση πάλι ενός συμπιεστή, ο οποίος όμως για την κίνησή του χρησιμοποιεί την κινητική ενέργεια των καυσαερίων της μηχανής.

Η χρήση μηχανικών συμπιεστών ξεκινά από τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης των μηχανών εσωτερικής καύσης, στο τέλος του 19^{ου} αιώνα, με πρωτοπόρους τους Γερμανούς GottliebDaimierκαι WilhelmMaybach. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα οι προσπάθειες συνεχίστηκαν και από τον LouisRenaultστη Γαλλία και τον LeeChadwick στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Από τη δεκαετία του '20 και μετά, ορισμένες εταιρείες κατασκευής μηχανών, όπως η Mercedes, άρχισαν να χρησιμοποιούν μηχανικούς συμπιεστές σε αυτοκίνητα υψηλών επιδόσεων και αγώνων.

Για τις μηχανές, πάντως, των αυτοκινήτων, οι καταλληλότεροι συμπιεστές είναι αυτοί στους οποίους ο ρυθμός μεταβολής της παροχής του αέρα είναι ανάλογος με την περιστροφική ταχύτητα του άξονα και συνεπώς, με τις απαιτήσεις ισχύος της μηχανής. Αυτό το χαρακτηριστικό το έχουν, συνήθως, οι μηχανικοί συμπιεστές και είναι ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα τους. Με άλλα λόγια, η απόκριση του συμπιεστή στην αύξηση του φορτίου και τις ανάγκες της μηχανής, είναι άμεση.

Άλλα πλεονεκτήματα των μηχανικών συμπιεστών είναι, ότι παρουσιάζουν σχετικά απλή κατασκευή και είναι αποδοτικοί στη λειτουργία τους, ακόμα και σε χαμηλές στροφές, ενώ δεν καταπονούνται ιδιαίτερα από τις υψηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, το μεγάλο μειονέκτημα τους είναι το γεγονός ότι χρησιμοποιούν μέρος της ισχύος της μηχανής για την ίδια τους τη λειτουργία, γεγονός που, όπως είναι αναμενόμενο, έχει άμεση επίδραση στις αποδόσεις της μηχανής και στην κατανάλωση καυσίμου.

Το παραπάνω, όμως, αυτό μειονέκτημα των μηχανικών συμπιεστών πολλοί κατασκευαστές το αντιμετωπίζουν με τη χρήση συμπιεστών που παίρνουν κίνηση από την κινητική ενέργεια των καυσαερίων της μηχανής (συμπιεστές Turbocharger). Με τον τρόπο αυτό γίνεται ωφέλιμη εκμετάλλευση της ενέργειας, η οποία, αλλιώς, θα χανόταν προς το περιβάλλον.

Στις σύγχρονες, λοιπόν, μηχανές με υπερπλήρωση η κινητική ενέργεια των καυσαερίων μετατρέπεται σε μηχανική, με τη βοήθεια μιας φτερωτής (τουρμπίνας) που κινείται λόγω της ταχύτητας με την οποία τα καυσαέρια προσκρούουν με επάνω της. Στην άλλη άκρη του άξονα αυτής της φτερωτής υπάρχει μια ακόμη φτερωτή, η οποία αναρροφά αέρα από το περιβάλλον και το κατευθύνει στους κυλίνδρους, μέσω

των αντίστοιχων αγωγών εισαγωγής του αέρα. Έτσι, με αυτόν τον τύπο της υπερπλήρωσης επιτυγχάνεται αύξηση της ισχύος της μηχανής και βελτίωση της καμπίλης της ροπής σ' όλη την ωφέλιμη περιοχή λειτουργίας της μηχανής, εκμεταλλευόμενοι την ενέργεια των καυσαερίων που θα χανόταν. Ωστόσο, και αυτός ο τύπος της υπερπλήρωσης παρουσιάζει κάποια σοβαρά μειονεκτήματα, τα οποία αφορούν, κυρίως, το κόστος κατασκευής, αφού τα υλικά που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες των καυσαερίων και στη διάβρωση την οποία αυτά (καυσαέρια) μπορούν να προκαλέσουν. Επίσης, οι φτερωτές θα πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργήσουν σε πολύ υψηλούς ρυθμούς περιστροφής (100.000 rpm) γεγονός που επιβάλλει τη χρήση ακριβών υλικών υψηλής αντοχής και μικρού ειδικού βάρους. Τα τελευταία χρόνια, πολλοί κατασκευαστές πειραματίζονται με τη χρήση φτερωτών, κατασκευασμένων από κεραμικά υλικά τα οποία προσφέρουν μεγάλη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, καθώς επίσης, μεγάλη μηχανική αντοχή και μικρό βάρος.

Ωστόσο, το κόστος κατασκευής τέτοιων εξαρτημάτων, παραμένει ακόμα υψηλό. Ένα ακόμα μειονέκτημα των διατάξεων υπερπλήρωσης με τη χρήση της ενέργειας των καυσαερίων είναι, ότι δεν έχουν ικανοποιητική απόδοση στις χαμηλές στροφές λειτουργίας της μηχανής αφού δεν υπάρχει ακόμη αρκετή ενέργεια – λόγω της μικρής ποσότητας των καυσαερίων – ώστε να περιστραφεί η φτερωτή με τις στροφές που θα έπρεπε. Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται και στις απότομες αυξήσεις της ισχύος της μηχανής, καθώς η φτερωτή του συμπιεστή χρειάζεται κάποιο χρόνο προκειμένου να αποκτήσει την απαιτούμενη ταχύτητα περιστροφής, ώστε να αρχίσει να ωθεί περισσότερο αέρα προς τους κυλίνδρους. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «υστέρηση απόκρισης» ή turbolag.

Επίπτωση της υπερτροφοδότησης στις εκπομπές ρύπων κινητήρων ΟΤΤΟ και DIESEL

Τα συστατικά των ρύπων των οχημάτων

Η ατμοσφαιρική ρύπανση συνδέεται με τον πλήρη κύκλο ζωής των αυτοκινήτων και φορτηγών. Αυτό περιλαμβάνει την ατμοσφαιρική ρύπανση που εκπέμπεται κατά τη διάρκεια λειτουργίας του οχήματος, στον ανεφοδιασμό καυσίμων, την παραγωγική διαδικασία και τη διαδικασία απόσυρσης τους. Οι πρόσθετες εκπομπές συνδέονται με τη δύλιση και τη διανομή των καυσίμων των οχημάτων. Μηχανοκίνητα οχήματα προκαλούν τόσο πρωτοβάθμια όσο και δευτεροβάθμια ρύπανση. Πρωτοβάθμια ρύπανση προκαλείται από εκπομπές ρύπων κατευθείαν στην ατμόσφαιρα. Δευτεροβάθμια ρύπανση δημιουργείται από χημικές αντιδράσεις μεταξύ των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Τα παρακάτω είναι τα σημαντικότερα συστατικά ρύπων από μηχανοκίνητα οχήματα:

Μικροσωματίδια: Αυτά τα σωματίδια αιθάλης και μετάλλων δίνουν στο νέφος το

σκούρο χρώμα του. Λεπτά σωματίδια, με διάμετρο μικρότερη από το ένα δέκατο της διαμέτρου μιας ανθρώπινης τρίχας, αποτελούν τη σοβαρότερη απειλή για την ανθρώπινη υγεία, καθώς μπορούν να διεισδύσουν βαθιά στους πνεύμονες. Εκτός από τις άμεσες εκπομπές σωματιδίων, τα αυτοκίνητα απελευθερώνουν οξείδια του αζώτου, υδρογονάνθρακες και το διοξείδιο του θείου, τα οποία παράγουν πρόσθετα σωματίδια ως δευτερεύουσα ρύπανση.

Υδρογονάνθρακες (HC): Αυτοί οι ρύποι αντιδρούν με τα οξείδια του αζώτου με την παρουσία ηλιακού φωτός για το σχηματισμό όζοντος, κύριο συστατικό του νέφους. Αν και ευεργετικό το όζον στην ανώτερη ατμόσφαιρα, στο επίπεδο του εδάφους αυτό το αέριο ερεθίζει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, πνιγμό και μειωμένη χωρητικότητα των πνευμόνων.

Τα οξείδια του αζώτου (NOx): Οι εν λόγω ρύποι μπορεί να προκαλέσουν ερεθισμό στους πνεύμονες και να αποδυναμώσουν την άμυνα του οργανισμού κατά των λοιμώξεων του αναπνευστικού, όπως την πνευμονία και τη γρίπη. Επιπλέον, συντελούν στο σχηματισμό του όζοντος σε επίπεδο εδάφους και των αιωρούμενων σωματιδίων.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Αυτό το άοσμο, άχρωμο, δηλητηριώδες αέριο σχηματίζεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων όπως η βενζίνη και εκπέμπεται κυρίως από τα αυτοκίνητα και φορτηγά. Όταν εισπνέεται, το CO εμποδίζει την μεταφορά του οξυγόνου στον εγκέφαλο, την καρδιά, και σε άλλα ζωτικά όργανα του σώματος. Τα έμβρυα, τα νεογέννητα παιδιά και τα άτομα με χρόνιες ασθένειες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις επιπτώσεις του CO.

Διοξείδιο του θείου (SO₂): Οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τα μηχανοκίνητα οχήματα δημιουργούν αυτό το είδος του ρύπου με την καύση καυσίμων που περιέχουν θείο, ιδίως ντίζελ. Το διοξείδιο του θείου μπορεί να αντιδράσει στην ατμόσφαιρα και να λάβει τη μορφή λεπτών σωματιδίων αποτελώντας το μεγαλύτερο κίνδυνο για την υγεία σε μικρά παιδιά και ασθματικούς.

Επικίνδυνοι ατμοσφαιρικοί ρύποι (τοξικές ουσίες). Αυτές οι χημικές ενώσεις, οι οποίες εκπέμπονται από αυτοκίνητα, φορτηγά, διυλιστήρια, αντλίες βενζίνης και σχετικές πηγές, συνδέονται με συγγενείς ανωμαλίες, όπως καρκίνο και άλλες σοβαρές ασθένειες. Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος εκτιμά ότι οι τοξικές ουσίες που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά είναι ύποπτες για το ήμισυ του συνόλου των καρκίνων που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Βενζόλιο, ακεταλδεΐδη και 1,3-βουταδιένιο αποτελούν παραδείγματα των τοξικών ατμοσφαιρικών ρύπων που συνδέονται με τις εκπομπές των μηχανοκίνητων οχημάτων.

Τα αέρια του θερμοκηπίου: Τα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης εκπέμπουν ρύπους, όπως διοξείδιο του άνθρακα, που συμβάλουν στην παγκόσμια αλλαγή του κλίματος. Ο τομέας των μεταφορών ευθύνεται σήμερα για πάνω από το ένα τέταρτο του συνόλου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις ΗΠΑ.

Είναι προφανές ότι είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων από τα εκατομμύρια οχήματα που κυκλοφορούν σήμερα. Έχουν θεσπιστεί μέτρα, τα οποία καθορίζουν ακριβώς τα πρότυπα εκπομπών ρύπων και τις διαδικασίες ελέγχου συμμόρφωσης των αυτοκινητοβιομηχανιών με αυτά.

Ευρωπαϊκά πρότυπα για τις εκπομπές ρύπων

Η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσπίζει συνεχώς αυστηρότερα μέτρα, όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων των μηχανοκίνητων οχημάτων, πιέζοντας τις βιομηχανίες αυτοκινήτων να παράγουν ολοένα και «καθαρότερα» μεταφορικά μέσα. Οι κανονισμοί αυτοί αναφέρονται στην έγκριση τύπου ελαφρών επιβατικών και εμπορικών οχημάτων σε σχέση με την εκπομπή ρύπων τους, τη συντήρησή τους και τη χρήση ανταλλακτικών συγκεκριμένων υλικών.

Το πρότυπο που άρχισε να ισχύει πρόσφατα λέγεται Euro 5, ενώ στο εγγύς μέλλον θα αντικατασταθεί από το Euro 6. Συγκεκριμένα, το πρότυπο Euro 5 εφαρμόστηκε από την 1η Σεπτεμβρίου 2009 όσο αφορά την έγκριση τύπου και ισχύει από την 1η Ιανουαρίου 2011 όσο αφορά την ταξινόμηση και την πώληση των νέων τύπων οχημάτων, ενώ το πρότυπο Euro 6 έχει εφαρμοστεί από την 1η Σεπτεμβρίου 2014 όσο αφορά την έγκριση τύπου και από την 1η Σεπτεμβρίου 2015 όσο αφορά την ταξινόμηση και την πώληση των νέου τύπου οχημάτων. Από την έναρξη ισχύος των προτύπων Euro 5 και Euro 6, τα κράτη μέλη πρέπει να αρνούνται την έγκριση τύπου, την ταξινόμηση, την πώληση ή τη θέση σε κυκλοφορία των οχημάτων που δεν τηρούν τις εν λόγω οριακές τιμές εκπομπών. Δεν πρέπει να συγχέουμε τις εκπομπές ρύπων που περιλαμβάνονται στο πρότυπο Euro 5 με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των αυτοκινήτων. Οι πρώτες αφορούν τους ρύπους, οι οποίοι είναι άμεσα επιβλαβείς στον άνθρωπο, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και βλάπτει άμεσα το περιβάλλον και έμμεσα τον άνθρωπο.

Τα οχήματα για τα οποία απαιτείται ο έλεγχος αυτός έχουν μάζα έως 2610 kg. Αυτοκίνητα τέτοιας κατηγορίας είναι τα επιβατικά, τα μικρά φορτηγά, τα εμπορικά που προορίζονται για τη μεταφορά επιβατών, εμπορευμάτων ή για άλλες χρήσεις, όπως για παράδειγμα ασθενοφόρα, ανεξαρτήτως αν το καύσιμο τους είναι η βενζίνη, το ντίζελ, το φυσικό αέριο ή το υγραέριο. Οι κατασκευαστές μπορούν να ζητήσουν τη συμμόρφωση οχημάτων τους με μάζα από 2610 kg μέχρι 2840 kg, που προορίζονται για τη μεταφορά επιβατών ή προϊόντων. Τα είδη ρύπων που καλύπτει ο κανονισμός είναι τα εξής: μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου και συνολικοί υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου (NOx) και σωματίδια (PM). Οι εκπομπές περιλαμβάνουν τις εκπομπές των αγωγών εξαγωγής, τις εκπομπές της εξάτμισης και τις εκπομπές στροφαλοθαλάμου.

Σύμφωνα με το πρότυπο Euro 5, οι ανώτατες τιμές για κάθε είδος εκπεμπόμενου ρύπου διακρίνονται ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιεί το όχημα. Για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα ισχύουν:

- μονοξείδιο του άνθρακα: 500mg / km
- σωματίδια: 5 mg / km. Η συνεχής πίεση της ΕΕ για μείωση των ρύπων φαίνεται από το γεγονός ότι οι εκπομπές σωματιδίων μειώθηκαν κατά 80% σε σχέση με το παλαιότερο πρότυπο Euro 4).

- οξειδία του αζώτου (NO_x): 180 mg / km (δηλαδή μείωση των εκπομπών κατά περισσότερο από 20% σε σχέση με το πρότυπο Euro 4).
- συνδυασμένες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίου του αζώτου: 230 mg / km.

Η μονάδα μέτρησης της ποσότητας (μάζας) των ρύπων είναι τα मिलीग्रामμάρια ανά χιλιόμετρο κίνησης του οχήματος.

Για τα βενζινοκίνητα οχήματα και τα οχήματα που λειτουργούν με φυσικό αέριο ή υγραέριο ισχύουν:

- μονοξείδιο του άνθρακα: 1.000 mg / km
- υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου: 68 mg / km
- συνολικοί υδρογονάνθρακες: 100 mg / km
- οξειδία του αζώτου (NO_x): 60 mg / km (δηλαδή μείωση κατά 25% των εκπομπών σε σχέση με το πρότυπο Euro 4).
- σωματίδια (μόνο για τα βενζινοκίνητα οχήματα με απευθείας ψεκασμό, που λειτουργούν με καύση πτωχού μείγματος): 5 mg / km (θέσπιση οριακής τιμής που δεν υπήρχε σύμφωνα με το πρότυπο Euro 4).

Όσον αφορά τα μικρά φορτηγά και άλλα ελαφρά εμπορικά οχήματα που προορίζονται για τη μεταφορά εμπορευμάτων, ο κανονισμός περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες οριακών τιμών εκπομπών ανάλογα με τη μάζα του οχήματος: κάτω από 1.305 kg, από 1.305 kg έως 1.760 kg, πάνω από 1.760 kg.

Το νεότερο πρότυπο Euro 6 θα είναι ακόμη αυστηρότερο. Τα οχήματα που είναι εξοπλισμένα με κινητήρα ντίζελ υποχρεώνονται να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Για παράδειγμα, για τις εκπομπές που προέρχονται από επιβατηγά αυτοκίνητα και άλλα οχήματα που προορίζονται για μεταφορά θα ισχύει ανώτατο όριο 80 mg / km (δηλαδή πρόσθετη μείωση κατά περισσότερο από 50% σε σχέση με το πρότυπο Euro 5). Οι συνδυασμένες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου που προέρχονται από οχήματα ντίζελ θα μειωθούν επίσης, ώστε να τεθούν ανώτατα όρια, π.χ. 170 mg / km όσον αφορά τα επιβατηγά αυτοκίνητα και άλλα οχήματα που προορίζονται για μεταφορά.

Εκτός από την τήρηση των προαναφερθέντων οριακών τιμών εκπομπών, οι κατασκευαστές οφείλουν να εγγυώνται την ανθεκτικότητα των διατάξεων ελέγχου της ρύπανσης για απόσταση 160.000 km. Επίσης, η συμμόρφωση κατά τη λειτουργία πρέπει να είναι δυνατόν να ελέγχεται επί χρονικό διάστημα έως πέντε έτη ή 100.000 km.

Πρότυπα Ευρωπαϊκής Ένωσης για εκπομπές ρύπων επιβατικών αυτοκινήτων						
Πρότυπο	Ημερομηνία ισχύος για εγκρίσεις Τύπου	Ανώτατα όρια ρύπων (γραμ./χλμ.)				
		CO	HC	NOx	HC + NOx	PM
Κινητήρες Πετρελαίου						
Euro 1	Ιούλιος 1992	2,72	-	-	0,97	0,14
Euro 2	Ιανουάριος 1996	0,64	-	-	0,7	0,08
Euro 3	Ιανουάριος 2000	0,5	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4	Ιανουάριος 2005	0,5	-	0,25	0,3	0,025
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	0,5	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	0,5	-	0,08	0,17	0,005
Κινητήρες Βενζίνης						
Euro 1	Ιούλιος 1992	2,72	-	-	0,97	-
Euro 2	Ιανουάριος 1996	2,2	-	-	0,5	-
Euro 3	Ιανουάριος 2000	2,3	0,2	0,15	-	-
Euro 4	Ιανουάριος 2005	1,0	0,1	0,08	-	-
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	1,0	0,1	0,06	-	0,005*
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	1,0	0,1	0,06	-	0,005*

*Μόνο για κινητήρες βενζίνης άμεσου ψεκασμού

Υπενθυμίζεται ότι είναι αναγκαίο να ισχύουν ενιαία πρότυπα και για το λόγο αυτό η Επιτροπή θέσπισε ειδικές διαδικασίες, δοκιμές και απαιτήσεις που αφορούν:

- τις εκπομπές αγωγού εξαγωγής, συμπεριλαμβανομένων κύκλων δοκιμής, τις εκπομπές σε χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, τις εκπομπές σε λειτουργία κινητήρα εν κενώ, τη θολότητα καυσαερίου
- τις εκπομπές της εξάτμισης και τις εκπομπές στροφαλοθαλάμου
- τα ενσωματωμένα στα οχήματα συστήματα διάγνωσης (OBD) και την απόδοση των συστημάτων ελέγχου της ρύπανσης κατά τη χρήση
- την αντοχή των συστημάτων ελέγχου της ρύπανσης, τις διατάξεις αντικατάστασης για τον έλεγχο των εκπομπών, τη συμμόρφωση εν χρήσει, τη συμμόρφωση της παραγωγής και τον τεχνικό έλεγχο
- τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και την κατανάλωση καυσίμων
- τα υβριδικά οχήματα
- την επέκταση των εγκρίσεων τύπου και τις απαιτήσεις για κατασκευαστές με μικρή παραγωγή
- τις απαιτήσεις για εξοπλισμό δοκιμών
- τα καύσιμα αναφοράς, όπως βενζίνη, ντίζελ, αέρια καύσιμα και βιοκαύσιμα

Η εύκολη ενημέρωση και η παροχή σαφών πληροφοριών για την επισκευή και τη συντήρηση των οχημάτων αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο. Οι κατασκευαστές πρέπει να προσφέρουν πρόσβαση στις πληροφορίες που αφορούν την επισκευή και τη

συντήρηση των οχημάτων. Η υποχρέωση αυτή καλύπτει τα ενσωματωμένα συστήματα διάγνωσης (OBD), τα διαγνωστικά εργαλεία και τον εξοπλισμό δοκιμής.

Γενικοί παράγοντες σύστασης καυσαερίων

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.

Σε κάθε θερμοκρασία-πίεση καύσεως υπάρχουν διαφορετικές αναλογίες των προϊόντων και των αντιδρώντων (CO, O₂ και H₂). Σε χαμηλές θερμοκρασίες η αναλογία του CO₂ είναι υψηλή, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες η αναλογία είναι χαμηλότερη. Έτσι στις εμβολοφόρες ΜΕΚ, των οποίων τα καύσιμα περιέχουν C και H₂, η ύπαρξη CO και H₂ στα καυσαέρια δηλώνει ότι δεν απελευθερώθηκε όλη η χημική ενέργεια του καυσίμου.

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 (NO_x) οι πετρελαιοκινητήρες υπερέρχονται 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.

Όλα αυτά όμως 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.

Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Ο σχηματισμός των NO_x εξαρτάται κυρίως, από τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται εντός του κυλίνδρου (ισχυρή εκθετική συσχέτιση) κατά τη διάρκεια της καύσης και από τη διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου.

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 NO_x.

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 NO_x
- Η προπορεία έγχυσης, η μείωση της οποίας συμβάλει στη μείωση της διάρκειας της προαναμειγμένης (ανεξέλεγκτης) καύσης συμβάλλοντας συνεπώς και στη μείωση των εκπομπών NO_x.

- Το ποσοστό του παραμένουτος καυσαερίου (residualgas) στοθάλαμο καύσης, αύξησή του οποίου προκαλεί σημαντική μείωση των NO_x, κυρίως λόγω της υψηλής ειδικής θερμοχωρητικότητάς του που βοηθά στη μείωση του επιπέδου των θερμοκρασιών.

Το αποτέλεσμα της υπερτροφοδότησης είναι η χαμηλή θερμοκρασία του αέρα στην εισαγωγή, λόγω του εναλλάκτη θερμότητας, αλλά και η μεγάλη ποσότητα οξυγόνου. Οπότε συμπεραίνεται, ότι η υπερτροφοδότηση μάλλον οδηγεί σε αύξηση των εκπομπών των οξειδίων του αζώτου (NO_x) στους βενζινοκινητήρες αλλά και στους πετρελαιοκινητήρες.

Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

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.

Έτσι γίνονται αντιληπτά τα οφέλη της υπερτροφοδότησης σε βενζινοκινητήρες και πετρελαιοκινητήρες. Αφού ο αέρας ψύχεται από τον εναλλάκτη θερμότητας, το μείγμα διατηρεί χαμηλή θερμοκρασία άρα το μονοξείδιο του άνθρακα δεν μπορεί να αντιδράσει περαιτέρω με το οξυγόνο σχηματίζοντας CO₂. Επίσης το διαθέσιμο οξυγόνο επαρκεί για τη στοιχειομετρική καύση οπότε δεν αυξάνονται οι εκπομπές CO.

Άκαυστοι Υδρογονάνθρακες (HC) στους βενζινοκινητήρες

Οι υδρογονάνθρακες είναι ουσιαστικά βενζίνη που δεν έχει καεί. Ένα ποσοστό άκαυτων υδρογονανθράκων είναι αναπόφευκτο. Ωστόσο, η συγκέντρωση των υδρογονανθράκων αυξάνεται όταν έχουμε ατελή καύση. Ατελής καύση μπορεί να συμβεί λόγω πολύ φτωχού ή πολύ πλούσιου μίγματος. Υπερβολικά αυξημένοι υδρογονάνθρακες δείχνουν πλήρη αδυναμία καύσης, ενδεχομένως λόγω προβλήματος στο σύστημα ανάφλεξης ή τροφοδοσίας.

Κατά την υπερτροφοδότηση υπάρχει όσο οξυγόνο χρειάζεται για να μην είναι η καύση ατελής, άρα η υπερτροφοδότηση συμβάλει θετικά στη μείωση των άκαυστων υδρογονανθράκων (HC).

Σχηματισμός Άκαυστων Υδρογονανθράκων (HC) 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 υποανάμειξιμότητα. 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

υποανάμειξιμότητα 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.

Κατά την υπερτροφοδότηση υπάρχει όσο οξυγόνο χρειάζεται για να μην είναι η καύση ατελής, άρα η υπερτροφοδότηση συμβάλει θετικά στη μείωση των άκαυστων υδρογονανθράκων (HC).

Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το αναμενόμενο προϊόν της καύσης και προέρχεται από την πλήρη οξείδωση των υδρογονανθράκων. Μεγάλη συγκέντρωση CO₂ φανερώνει αποδοτική καύση. Για το λόγο αυτό, η συγκέντρωσή του στα καυσαέρια είναι κατά κάποιον τρόπο αντίστροφη από εκείνη των άκαυστων υδρογονανθράκων. Παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της στην περιοχή της «ιδανικής» αναλογίας μείγματος. Οπότε αφού με την υπερπλήρωση η καύση είναι πιο «τέλεια» απ' ότι χωρίς αυτήν, το αποτέλεσμα είναι ότι τα ποσοστά του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), είναι υψηλότερα με υπερτροφοδότηση, απ' ότι χωρίς σε βενζινοκινητήρες και πετρελαιοκινητήρες.

Σωματιδιακές εκπομπές στους Diesel –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. 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

Η υπερπλήρωση 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.

Αντίθετη Μεταβολή Αιθάλης και NO_x σε Κινητήρες Diesel

Η μεταβολή της αιθάλης σε κινητήρες diesel έχει συνήθως αντίθετο πρόσημο από τη μεταβολή των οξειδίων του αζώτου (NO-Soottradeoff, αντίστοιχα και NO_x-bsfctradeoff). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, στις περισσότερες περιπτώσεις, η τεχνολογία ελέγχου που έχει σχεδιασθεί για τη μείωση του ενός ρύπου (π.χ. των NO_x) 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. Το κλασσικό πρόβλημα των σχεδιαστών των κινητήρων Diesel είναι ο περιορισμός και των δύο ρύπων ταυτόχρονα.

Τάσεις στην αγορά, εξέλιξη πωλήσεων συμβατικών και υπερτροφοδοτούμενων κινητήρων ΟΤΤΟ και DIESEL

Κατάσταση ελληνικής αγοράς οχημάτων πριν και μετά την κρίση



Πετρελαιοκίνητα μικρού και μεσαίου κυβισμού με χαμηλό κόστος αγοράς αλλά και χρήσης είναι πλέον τα αυτοκίνητα που επιλέγουν οι περισσότεροι καταναλωτές. Οι εποχές που τα τετρακίνητα SUV και τα πολυτελή σεντάν άνω των 2.000 κυβικών εκατοστών κυριαρχούσαν στους ελληνικούς δρόμους έχουν περάσει στην Ιστορία και μάλλον ανεπιστρεπτί. Μπορεί, λοιπόν, το 2014 να έκλεισε με αξιοσημείωτη άνοδο στις πωλήσεις αυτοκινήτων, κατά 21,3% σε ό,τι αφορά τις πωλήσεις καινούργιων επιβατικών, που αποτελεί ρεκόρ για την περίοδο από το 2007 και έπειτα, όμως στην αγορά έχουν επέλθει σημαντικές ποιοτικές διαφορές.

Η απόφαση για απελευθέρωση της πετρελαιοκίνησης στα τέλη του 2011 άλλαξε άρδην τα δεδομένα, καθώς πλέον η πλειονότητα των καταναλωτών στρέφεται σε αυτοκίνητα που καίνε πετρέλαιο και όχι βενζίνη, μιας και το πετρέλαιο κίνησης είναι φθηνότερο κατά περίπου 18% σε σύγκριση με την απλή αμόλυβδη. Αυτό είχε ως συνέπεια να μειωθεί η απόκλιση στις τιμές ανάμεσα σε πετρελαιοκίνητα και βενζινοκίνητα, ενώ παράλληλα ακόμη και μικρού κυβισμού αυτοκίνητα διατίθενται πλέον και ως πετρελαιοκίνητα, κάτι που δεν συνέβαινε στο πρόσφατο παρελθόν. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Συνδέσμου Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων (ΣΕΑΑ), το 63,7% των καινούργιων επιβατικών που πωλήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του 2014 ήταν πετρελαιοκίνητα, το 35,1% βενζινοκίνητα, 0,6% υβριδικά, 0,3% χρησιμοποιούν ως καύσιμο φυσικό αέριο, 0,2% είναι με κινητήρα διπλού καυσίμου και 0,1% είναι ηλεκτρικά.

Τα στοιχεία που δείχνουν την εκ των πραγμάτων αλλαγή των αγοραστικών συνθηκών είναι αυτά που αφορούν τις πωλήσεις ανάλογα με την κατηγορία.

Κυρίαρχοι του παιχνιδιού το 2014 και συνολικά στα χρόνια της κρίσης αποδεικνύονται τα λεγόμενα σούπερ μίνι, αυτοκίνητα δηλαδή λίγο μεγαλύτερα από

τα πολύ μικρά αυτοκίνητα πόλης, αλλά και μικρότερα από τα λεγόμενα οικογενειακά. Το 2014 το μερίδιό τους επί των συνολικών πωλήσεων ήταν 43,4%, ενώ το 2008 διαμορφωνόταν στο 26,9% και αποτελούσαν τη δεύτερη σε πωλήσεις κατηγορία μετά τα μεσαία οικογενειακά που είχαν μερίδιο αγοράς 29,2%.

Οι κατηγορίες οι οποίες φαίνεται ότι όχι μόνο τράβηξαν χειρόφρενο αλλά μάλλον έσβησαν εντελώς και τη μηχανή είναι αυτές των SUV, των μεγάλων αυτοκινήτων και φυσικά των πολυτελών. Αναμενόμενο βεβαίως, καθώς πέρα από το υψηλό κόστος αγοράς σε μια χώρα όπου το διαθέσιμο εισόδημα έχει συρρικνωθεί, έχουν και υψηλό κόστος χρήσης, λόγω της ακριβής βενζίνης και της υψηλής φορολογίας (τέλη κυκλοφορίας, φόρος πολυτελείας). Τα μικρά 4x4 και SUV είχαν μερίδιο 5,7% και 7,5% αντιστοίχως το 2008, με τις συνολικές τους πωλήσεις το έτος εκείνο να ανέρχονται σε 35.356. Το μερίδιο συνολικά των SUV (μεγάλων και μικρών) το 2014 ήταν 5,5%, με τις πωλήσεις τους να διαμορφώνονται περίπου στο 1/10 αυτών του 2014, καθώς ανήλθαν σε 3.945 οχήματα.

Τα λεγόμενα μεγάλα αυτοκίνητα (segmentd με βάση την κατηγοριοποίηση που ακολουθείται στην Ευρώπη) είχαν μερίδιο 5,4% το 2014 (πωλήθηκαν 3.819 αυτοκίνητα), ενώ το 2008 το μερίδιό τους ήταν σχεδόν διπλάσιο, 9,7%, και είχαν πωληθεί 25.988 οχήματα. Το 2008 είχαν πωληθεί στην Ελλάδα 596 υπερπολυτελή αυτοκίνητα (συμπεριλαμβανομένων και supercars), αλλά στην Ελλάδα του 2014 πωλήθηκαν μόλις 64. Στα αναλυτικά στοιχεία για τις πωλήσεις του 2008 συναντούμε πολλές Porsche (διαφόρων μοντέλων και όχι μόνο Cayenne), αρκετές Maserati, Lamborghini, Ferrari, Lotus, μάρκες που απουσιάζουν από τα στοιχεία του 2014 ή φαίνεται να έχουν πωληθεί 1-2 οχήματα.

Οι τάσεις στην αγορά αυτοκινήτου που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια, τα χρόνια της κρίσης, είναι αυτές που αναμένεται να χαρακτηρίσουν τον κλάδο και το 2015. Το κρίσιμο, βεβαίως, στοιχείο είναι εάν θα συνεχισθεί η αύξηση των πωλήσεων που ξεκίνησε δειλά από τα μέσα του 2013 και εντάθηκε το 2014, καθώς μόνο έτσι θα επουλωθούν οι πληγές που άφησε η κρίση στον κλάδο.

Παγκόσμια εικόνα πωλήσεων υπερπληρούμενων οχημάτων

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες πάντοτε επιχειρούν να ανταποκριθούν στις ρυθμιστικές προκλήσεις παραγωγής μοντέλων τα οποία θα έχουν μεγαλύτερη απόδοση καυσίμου και χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Το 2013 η Lexus της Toyota, γνωστή για τα αυτοκίνητα υψηλής απόδοσης καυσίμου, εγκαινιάζει το NX compactcrossover, προσφέροντας στους οδηγούς μια υβριδική έκδοση αλλά επίσης και μια εναλλακτική λύση υψηλής απόδοσης η οποία είναι υπεροτροφοδοτούμενη. Είναι πιθανόν η ενέργεια της μπαταρίας (ηλεκτροδότηση) να διαδραματίσει ένα κρίσιμο ρόλο σε ένα κόσμο όπου οι αυτοκινητοβιομηχανίες αντιμετωπίζουν αυστηρά πρότυπα για τη χιλιομετρική απόδοση και τις εκπομπές. Οι στροβιλοϋπερπληρωτές αναμένονται να θεωρηθούν εξίσου, ίσως και περισσότερο, σημαντικοί. Από τα πιο μικρά και οικονομικά μέχρι τα πιο ισχυρά και δυναμικά αυτοκίνητα, η αυτοκινητοβιομηχανία χρησιμοποιεί υπερσυμπιεστές και παρόμοιας λειτουργίας υπερτροφοδότες ως μέσο για να συρρικνώσει τις μηχανές και να βελτιώσει την εξοικονόμηση καυσίμου χωρίς

να περιορίσει την απόδοση. Στην Αμερική, περίπου το 90% των πωλήσεων του μοντέλου NX αναμένεται να είναι στροβιλοϋπερπληρούμενο. Πράγματι, οι στροβιλοϋπερπληρωτές έχουν καταστήσει ικανή την βιομηχανία να μετατρέψει τον πετρελαιοκινητήρα από κάτι υποτονικό, δύσσομο και σκληρό σε μια σύγχρονη εναλλακτική λύση για τον κινητήρα βενζίνης.

Σύμφωνα με τον Marc Trahan, ένα ανώτερο στέλεχος της Volkswagen, "επιβάλλεται να έχεις στροβιλοϋπερπληρωτή αυτές τις μέρες". Η Volkswagen μεταβιβάζεται με σταθερό ρυθμό από τους συμβατικούς, ατμοσφαιρικούς κινητήρες σε αυτό που ίσως, στο τέλος της δεκαετίας, να είναι μια οικογένεια με αποκλειστικά στροβιλοϋπερπληρούμενους κινητήρες. Στον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας διατυπώθηκε ένα γνωμικό το οποίο αναφέρει ότι «Δεν υπάρχει καμία αντικατάσταση για τον κυβισμό» ("There's no replacement for displacement"). Και αυτό ήταν, βγαλμένο από την εποχή των "muscle cars", όπου οι βενζινοκινητήρες γινόταν όλο και μεγαλύτεροι. Όμως το μειονέκτημα είναι ότι τα μεγάλοι κινητήρες V8, V10 και V12 είναι διασπασμένοι για καύσιμα. Περιορίζοντας απλά το μέγεθος ενός κινητήρα, είτε χρησιμοποιώντας μικρότερο κορμό είτε λιγότερους κυλίνδρους, μπορεί να βελτιωθεί η οικονομία καυσίμου αλλά εις βάρος της απόδοσης.

Οι στροβιλοϋπερπληρωτές συνδιάζουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά και από τους δύο κόσμους. Η λειτουργία τους βασίζεται στη χρήση διπλού στροβίλου με τον ένα να περιστρέφεται λόγω της ενέργειας των καυσαερίων. Αυτός με τη σειρά του περιστρέφει το στρόβιλο συμπίεσεως, συμπιέζοντας περισσότερο αέρα στους θαλάμους καύσης του κινητήρα με αποτέλεσμα να προσομοιώνει τη λειτουργία ενός μεγάλου κινητήρα σε ένα μικρό κινητήρα. Για παράδειγμα, η Ford (το τμήμα Αμερικής) στην τελευταία σειρά των pickup της χρησιμοποιεί έναν υπερπληρούμενο εξακύλινδρο κινητήρα ο οποίος παράγει ισχύ ενός οκτακύλινδρου κινητήρα με σημαντική εξοικονόμηση καυσίμων. Σχεδόν τα μισά από τα pickup που πωλούνται τώρα είναι με μικρότερους κινητήρες σε σχέση με το παρελθόν.

Οι στροβιλοϋπερπληρωτές είναι επίσης δημοφιλής και στους κατασκευαστές πολυτελών οχημάτων όπως BMW και Mercedes-Benz, οι οποίοι χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο υπερπλήρωσης στα υψηλών επιδόσεων οχήματά τους. Ακόμη και η Ferrari επέλεξε τη μέθοδο της υπερπλήρωσης για το μοντέλο California. Παρόλο που η υπερπλήρωση δεν έχει τη χιλιομετρική απόδοση της υβριδικής τεχνολογίας, η αυξημένη απόδοση είναι σίγουρα μια βασική αιτία πωλήσεων αλλά στο μέλλον δε θα αποτελεί έκπληξη να συνδιαστούν οι υπερπληρωτές και οι μπαταρίες. Ήδη η BMW υλοποίησε το συνδιασμό υπερπληρούμενου τρικύλινδρου βενζινοκινητήρα με δύο ηλεκτρικά μοτέρ στο υψηλών επιδόσεων υβριδικό μοντέλο της i8, ενώ η Honda θα χρησιμοποιήσει ένα υπερπληρούμενο V6 μαζί με τρία ηλεκτρικά μοτέρ για να τροφοδοτήσει την επόμενη γενιά NSX.

Οι σημερινοί στροβιλοϋπερπληρωτές απέχουν πολύ από αυτό που ήταν δύο δεκαετίες πριν, όταν ήταν δηλαδή επιρρεπείς σε βλάβες. Έχουν γίνει πολύ αξιόπιστοι και ο νέος τους σχεδιασμός σχεδόν εξαλείφει την υστέρηση αποκρίσεως του γνωστού και ως «turbolag». Η επόμενη μεγάλη επανάσταση θα μπορούσε να είναι ο ηλεκτρικός στροβιλοϋπερπληρωτής, ο οποίος δε θα βασίζεται πια στα καυσαέρια αλλά θα

χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρικό μοτέρ που θα βασίζεται στην ανακτόμενη ενέργεια, περίπου όπως ένα ηλεκτρικό υβριδικό μοτέρ. Ήδη τη χρήση αυτής της τεχνολογίας εφαρμόζει η Audi στο R18 αγωνιστικό μοντέλο.

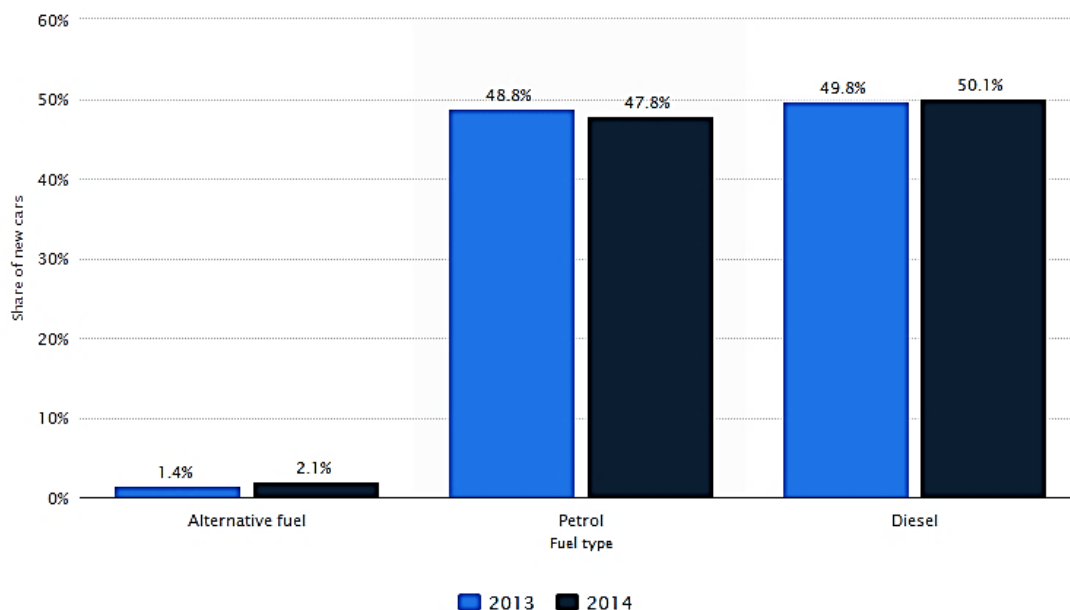
Από την άλλη μεριά, δεν είναι όλοι όμως σύμφωνοι με την υπερπλήρωση. Οι επικριτές υποστηρίζουν ότι όταν χρησιμοποιούνται επιθετικά δεν προσφέρουν οφέλη ούτε στην οικονομία καυσίμου ούτε στην εκπομπές ρύπων. Αυτό είναι πιθανόν να έχει μικρό αντίκτυπο στην αυξανόμενη ζήτηση. Μια μελέτη του 2013 από το HoneywellTransportationSystems σημείωσε ότι το 25% των οχημάτων που πωλούνται παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων σχεδόν όλων των πετρελαιοκίνητων επιβατικών οχημάτων, ήδη χρησιμοποιούν στροβιλοϋπερπληρωτές. Αυτό είναι πολύ πιθανό, να έχει μια αύξηση φτάνοντας ακόμη και το 80% έως το 2017.

Οι σύγχρονοι πετρελαιοκινητήρες επιβατικών αυτοκινήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι όλοι υπερτροφοδοτούμενοι. Σύμφωνα με το HoneywellTransportationSystems, εξακολουθούν να υπάρχουν κάποιοι μη-turbo ή "ατμοσφαιρικοί" κινητήρες ντίζελ για την πώληση σε άλλες αγορές του κόσμου, αλλά κυρίως στις αναπτυσσόμενες αγορές. Ο στροβιλοϋπερπληρωτής επίσης κερδίζει έδαφος σε κινητήρες βενζίνης, συχνά σε συνδυασμό με την άμεση έγχυση. Ο συνδυασμός της υπερσυμπίεσης και του άμεσου ψεκασμού επιτρέπει στις αυτοκινητοβιομηχανίες να στραφούν σε μικρότερους κινητήρες, για εξοικονόμηση καυσίμου, χωρίς να θυσιάσει η δύναμη.

Η FordMotorCo. ονομάζει τον συνδυασμό της υπερσυμπίεσης και άμεσης έγχυσης βενζίνης, EcoBoost. Αυτό είναι το πιο γνωστό εμπορικό σήμα, αλλά όλες οι μεγάλες παγκόσμιες αυτοκινητοβιομηχανίες απασχολούνται με το ίδιο concept. Σύμφωνα με το HoneywellTransportationSystems, οι μικρότερου κυβισμού και υπερτροφοδοτούμενοι κινητήρες βενζίνης συν τους κινητήρες turbodiesel σε συνδυασμό, αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 75% των νέων οχημάτων στην Ευρώπη.

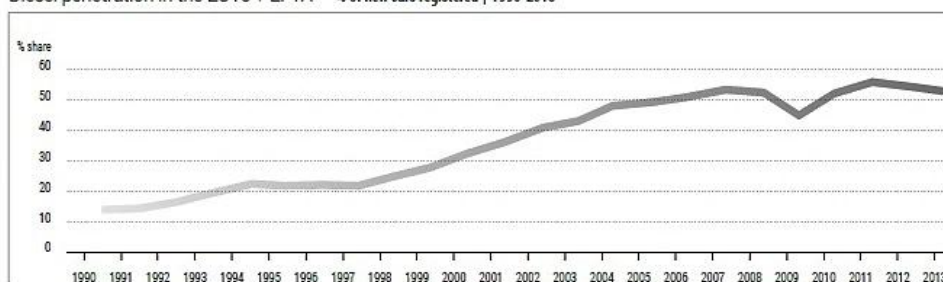
	BENZINH	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΥΒΡΙΔΙΚΟ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΣΥΝΟΛΟ
ΑΥΣΤΡΙΑ	159,027	194,721	456	1,310	631	356,145
ΒΕΛΓΙΟ	134,558	431,060	290	6,039	263	572,211
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	1,651,637	1,495,966	11,156	12,622	2154	3,173,634
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	23,944	63,985	1,350	552	46	89,878
ΙΤΑΛΙΑ	685,209	965,772	93,000	5,244	290	1,749,515
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	374,992	156,738	7,619	14,874	862	555,920
ΣΟΥΗΔΙΑ			6,281	2,553	178	304,984
ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	924,500	958,500	100	23,000	1,200	1,907,400

Οι πίνακες που ακολουθούν, δείχνουν την πορεία των πωλήσεων αυτοκινήτων ανάλογα το καύσιμο που καταναλώνουν στην Ευρώπη και στην Αγγλία.



Most new cars have a diesel engine

Diesel penetration in the EU15 + EFTA – % of new cars registered | 1990-2013



Αξιοσημείωτο, εκτός του ότι όλοι οι σύγχρονοι πετρελαιοκινητήρες είναι υπερπληρούμενοι, είναι το γεγονός ότι σχεδόν στο σύνολό τους και οι σύγχρονοι βενζινοκινητήρες είναι υπερπληρούμενοι. Εκτός της οικογένειας κινητήρων ECOBOOST της FORD που προαναφέρθηκε υπάρχει και ο δικύλινδρος υπερπληρούμενος TwinAir της FIAT με κυβισμό μόλις 900cc, ο ίδιας χωρητικότητας ENERGY TCE 90 της RENAULT, η οικογένεια κινητήρων TFSI του group VAG και οι κινητήρες TWINPOWER της BMW.

Επίσης η HYUNDAI παρουσιάζει την T-GDI σειρά υπερπληρούμενων βενζινοκινητήρων της, οι οποίοι μάλιστα πληρούν τις αυστηρότατες νόρμες καυσαερίων του EURO6 προδιαγραφών. Η HONDA μια εταιρία γνωστή για τους ατμοσφαιρικούς κινητήρες της, προχώρησε και αυτή με τη σειρά της στην δημιουργία της οικογένειας κινητήρων TURBOi-VTEC. Το ίδιο έκανε και η TOYOTA. Πρόκειται για το νέο 4-κύλινδρο 1.2 υπερτροφοδοτούμενο βενζινοκινητήρα άμεσου ψεκασμού που χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες που επιτρέπουν στον κινητήρα να αλλάζει από τον κύκλο Otto στον κύκλο Atkinson σε χαμηλά φορτία, με κάθετους αυλούς εισαγωγής υψηλού στροβιλισμού, μία πολλαπλή εξαγωγής ενσωματωμένη

στην κυλινδροκεφαλή και προηγμένη διαχείριση θερμότητας. Για το σκοπό αυτό, ο 1.2T προσθέτει ένα σύστημα άμεσου ψεκασμού καθώς και υγρόψυκτο υπερσυμπιεστή και εναλλάκτη θερμότητας. Επιπλέον, το σύστημα VVT-i (VariableValveTiming – intelligent), αναβαθμίζεται σε VVT-iW (VariableValveTiming - intelligentWide), παρέχοντας ακόμα μεγαλύτερη ευελιξία στο χρονισμό βαλβίδων.



Παρακάτω παραθέτονται οι 10 κορυφαίοι κινητήρες της χρονιάς 2014. Οι έξι είναι υπερφοδοτούμενοι με στροβιλοϋπερπληρωτή ενώ υπάρχουν και πετρελαιοκινητήρες στη λίστα, όλοι υπερπληρούμενοι. Δεν είναι δύσκολο λοιπόν να δειχθεί ότι το downsizingκινητήρων ανεξαρτήτως καυσίμου, παρέα με έναν στροβιλοϋπερπληρωτή μονοπωλεί το ενδιαφέρον αγοραστικού κοινού και αυτοκινητοβιομηχανιών.

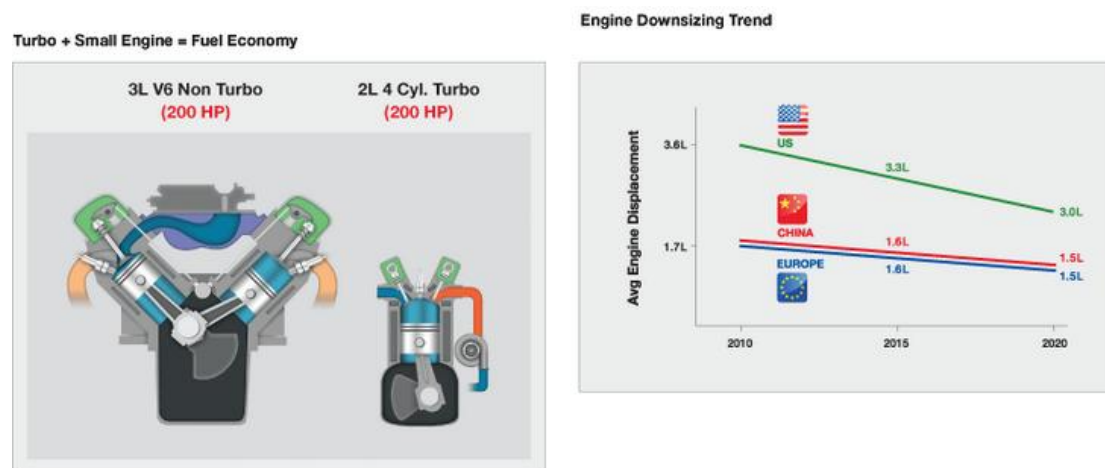
This year's winners:

- 3.0L TFSI Supercharged DOHC V-6 (Audi S5)
- 3.0L Turbodiesel DOHC I-6 (BMW 535d)
- 3.0L Turbodiesel DOHC V-6 (Ram 1500 EcoDiesel)
- 83-kW Electric Motor (Fiat 500e)
- 1.0L EcoBoost DOHC I-3 (Ford Fiesta)
- 2.0L Turbodiesel DOHC I-4 (Chevrolet Cruze Diesel)
- 6.2L OHV V-8 (Chevrolet Corvette Stingray)
- 3.5L SOHC V-6 (Honda Accord)
- 2.7L DOHC H-6 boxer (Porsche Cayman)
- 1.8L Turbocharged DOHC I-4 (Volkswagen Jetta)

Σύγκριση ατμοσφαιρικών και υπερτροφοδοτούμενων ΟΤΤΟ και DIESEL

Είδος προς εξαφάνιση οι φυσικής αναπνοής-ατμοσφαιρικοί κινητήρες

Το downsizing έχει γίνει το κύριο θέμα στις αυτοκινητοβιομηχανίες σήμερα. Τί είναι το downsizing; Το downsizing είναι η αντικατάσταση ενός κινητήρα, με έναν άλλο



υπερπληρούμενο μικρότερου κυλινδρισμού. Μεγάλες κατασκευάστριες εταιρίες όπως η Mercedes, η BMW και η Audi παραδέχονται πως οι μέρες των ατμοσφαιρικών κινητήρων έχουν περάσει ανεπιστρεπτή. Ένας εκπρόσωπος του τμήματος ανάπτυξης κινητήρων της BMW είπε «Από σημερινή τεχνική, πολιτική και κοινωνική σκοπιά, οι κινητήρες φυσικής αναπνοής είναι απίθανο να παραχθούν μαζικά όπως παλαιότερα. Λιγότεροι κύλινδροι σημαίνει λιγότερες τριβές, χαμηλότερες στροφές κινητήρα σημαίνει λιγότερες φθορές. Ο στροβιλοϋπερπληρούμενος κινητήρας προσφέρει ροπή από πολύ χαμηλές στροφές και για ένα ευρύ φάσμα λειτουργίας, ξεπερνώντας τελικά σε απόδοση έναν ατμοσφαιρικό κινητήρα».

Κύριοι λόγοι που εννόησαν τη ραγδαία διάδοση του στροβιλοϋπερπληρωτή

- Προδιαγραφές ρύπων Euro 6. Για να μειωθούν οι μέσες εκπομπές CO₂ σε 95gr/km έως το 2020 διατηρώντας τις επιδόσεις, οι κατασκευαστές στράφηκαν στους στροβιλοϋπερπληρωτές.
- Προδιαγραφές ρύπων Euro 1 – 4. Στοχεύτηκε η μείωση των ρύπων ειδικά στους κινητήρες πετρελαίου. Ουσιαστικά δόθηκε η εντολή της υπερτροφοδότησης για τους κινητήρες πετρελαίου, το οποίο προκάλεσε πτώση των τιμών των στροβιλοσυμπιεστών, ενώ εννόησε την ανάπτυξη της τεχνολογίας της συγκεκριμένης τεχνικής στους συγκεκριμένους κινητήρες.

- Συρρίκνωση κινητήρων. Γιατί να χρησιμοποιήσω έναν εξακύλινδρο όταν ένα ελαφρύτερος, φθηνότερος τετρακύλινδρος turbo θα κάνει ακριβώς την ίδια δουλειά;
- Μακρύτερες σχέσεις μετάδοσης κιβωτίων ταχυτήτων. Για να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμων και τις εκπομπές ρύπων, οι κατασκευαστές εφοδίασαν τα οχήματα με κιβώτια μακριών σχέσεων μετάδοσης, κάτι που απαιτεί ροπή από χαμηλές στροφές του κινητήρα. Ροπή από χαμηλές στροφές έχουν οι υπερπληρούμενοι κινητήρες και όχι οι ατμοσφαιρικοί.
- Ανάπτυξη κατηγορίας οχημάτων SUV. Τα βαριά οχήματα χρειάζονται περισσότερη δύναμη στις χαμηλές στροφές, κάτι που οι ατμοσφαιρικοί κινητήρες δεν μπορούν να προσφέρουν.

Turbo (στροβιλοϋπερπληρωτής) εναντίον Kompressor (μηχανικός υπερσυμπιεστής)

Οι μηχανικοί υπερσυμπιεστές είχαν το μονοπώλιο της αγοράς μέχρι να εμφανιστούν την δεκαετία του '60 τα πρώτα συστήματα turbo. Η αρχή λειτουργίας τους ήταν η ίδια καθώς και τα δύο συστήματα υπερπλήρωναν τους θαλάμους καύσης με επιπλέον αέρα. Ο τρόπος όμως με τον οποίο όμως γίνεται κάτι ανάλογο είναι εντελώς διαφορετικός. Σε αντίθεση με τους μηχανικούς υπερσυμπιεστές, τα turbo δεν λαμβάνουν κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα αλλά από την κινητική ενέργεια των καυσαερίων την ώρα που αυτά οδεύουν προς την εξάτμιση. Και πάλι, όμως, πήρε αρκετά χρόνια στα turbo για να υπερνικήσουν τους συμπιεστές.

Το σημαντικότερο πρόβλημα είχε να κάνει με την χρονική υστέρηση, το περίφημο turbo-lag. Στα παλιότερα μοντέλα, όπως το FiatUnoTurbo, την ώρα που ο οδηγός βύθιζε το γκάζι το αυτοκίνητο δεν επιτάχυνε αμέσως αλλά ορισμένα δευτερόλεπτα αργότερα, ειδικά όταν ο κινητήρας λειτουργούσε σε χαμηλές στροφές. Αρχικά, αυτό συνέβαινε διότι στα πρώτα συστήματα turbo το βάρος του στροβίλου και του συμπιεστή ήταν σχετικά μεγάλο και ήταν δύσκολο να υπερνικηθεί η αδράνεια της συναρμογής. Από την άλλη, στις χαμηλές στροφές λειτουργίας του κινητήρα, ο όγκος των καυσαερίων ήταν μικρός και ο άξονας του turbo αργούσε να πάρει «φόρα». Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν ελαφρύτερα υλικά και το πρόβλημα μειώθηκε αισθητά. Επίσης, ο ηλεκτρονικός έλεγχος βελτίωσε ριζικά την λειτουργία των συστημάτων turbo ενώ το αποκορύφωμα ήρθε με την εξέλιξη των diesel. Μέχρι τότε τα turbo έβρισκαν εφαρμογή κυρίως σε спор αυτοκίνητα οπότε οι γκρίνιες για turbo-lag και έλλειψη ροπής στις χαμηλές στροφές περνούσαν σε δεύτερη μοίρα. Ωστόσο, οι diesel ώθησαν τους μηχανικούς να εξελίξουν την τεχνολογία των turbo, μέχρι να κατασκευάσουν στροβιλοσυμπιεστές οι οποίοι με την βοήθεια ενός υδραυλικού μηχανισμού είχαν την δυνατότητα να μεταβάλλουν την γωνία των πτερυγίων τους, ανάλογα με τις στροφές λειτουργίας του κινητήρα, για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της ενέργειας από τα καυσαέρια. Αυτά είναι τα συστήματα μεταβαλλόμενης γεωμετρίας.

Όσον αφορά τους μηχανικούς υπερσυμπιεστές, σε αντίθεση με τα συστήματα turbo, για αυτούς ο όρος turbo-lag είναι άγνωστος καθώς η υπερσυμπίεση είναι ανάλογη με τις στροφές του στροφαλοφόρου, χωρίς να εξαρτάται από την δύναμη των καυσαερίων. Η ροπή, άφθονη, σχεδόν από το ρελαντί. Όσο όμως ο δείκτης του

στροφόμετρου πλησιάζει τα κόκκινα η ανάπτυξη μεγάλων τριβών μεταξύ των μηχανικών μερών έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ισχύος. Συνυπολογίζεται δε και η απώλεια έργου του κινητήρα καθώς ο μηχανικός υπερσυμπιεστής «κλέβει» δύναμη από τον στροφαλοφόρο για να λειτουργήσει.

Η Mercedes-Benz ήταν ένας από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων που εδώ και χρόνια χρησιμοποιούσε μηχανικούς υπερσυμπιεστές στις περίφημες εκδόσεις με τα διακριτικά Kompressor· εξού και η ελληνιστί «κομπρέσορας». «Ήταν», διότι και αυτή με την σειρά της αντιλήφθηκε πως είχε εξαντλήσει τα περιθώρια και πως όφειλε να αντικαταστήσει τους περίφημους κομπρέσορες της με τα turbo. Δεν μπορούσε να κάνει και αλλιώς, διότι με φυσιολογική οδήγηση οι κομπρέσορες καταναλώνουν λίγο περισσότερο καύσιμο από turbo. Για ποιο λόγο; Αντλούν συνεχώς δύναμη από τον κινητήρα ο οποίος για να αντεπεξέλθει «καίει» περισσότερο.

Όσο πιο πολύ καύσιμο «καίγεται» τόσο αυξάνεται και η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που εκλύεται από την εξάτμιση στο περιβάλλον. Έτσι, λοιπόν, οι προδιαγραφές ρύπων είναι ένας ακόμη λόγος που αποφάσισε η γερμανική φίρμα να σπάσει την παράδοσή της με τους κομπρέσορες και να στραφεί και προς τα turbo· αρχής γενομένης από την A-200 Turbo των 200 ίππων.

Χρειάστηκε να πάρει αρκετό διάστημα στην Mercedes-Benz, σε αντίθεση με την VW η οποία εγκατέλειψε τους μηχανικούς υπερσυμπιεστές -όπως τα Golf G40 και Corrado G60- από τότε που η Saab έδωσε λύση με τις εκδόσεις LP (Light Pressure). Σίγουρα, είναι λυπηρό όταν μια τεχνολογία όπως οι κομπρέσορες θα περάσει στα ράφια των μηχανικών.

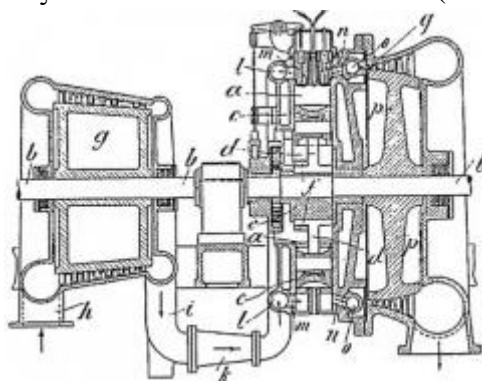
Ιστορικά στοιχεία της στροβιλοϋπερπλήρωσης



Η υπερτροφοδότηση μπορεί να αποτελεί μία σχετικά νέα μόδα αλλά η ύπαρξη της πάει πολύ πίσω στον χρόνο. Το αξιοθαύμαστο, πάντως, είναι πως η πρώτη εφαρμογή για την υπερτροφοδότηση δεν είχε να κάνει με κάποιο τετράτροχο αλλά με... πλοία! Το 1925 ο Ελβετός μηχανικός Alfred Büchi σχεδίασε και κατασκεύασε πρωτόλεια συστήματα υπερτροφοδότησης για κινητήρες 2.000 PS. Οι κινητήρες τοποθετήθηκαν σε δύο πλοία και ο Büchi πήρε άδεια χρήσης για την εγκατάσταση συστημάτων υπερτροφοδότησης στην Ευρώπη, Αμερική και Ιαπωνία.

Αν και η πρώτη πατέντα για την υπερτροφοδότηση κατοχυρώθηκε από τον Büchi το 1905 (δύο χρόνια μετά την αποφοίτησή του από το Πολυτεχνείο της Ζυρίχης) η χρήση του τούρμπο στο αυτοκίνητο εμφανίσθηκε πολύ αργότερα, στους αγώνες τέλη της δεκαετίας του 1930. Ο Büchi είχε νωρίτερα (το 1915) κάνει πολλές παρουσιάσεις και είχε κατασκευάσει πρωτότυπα τούρμπο για κινητήρες αεροσκαφών ώστε να περιορίσει το πρόβλημα της περιορισμένης σε οξυγόνο ποσότητας αέρα στα μεγάλα υψόμετρα. Στην πράξη όμως το βαρύ -τότε- σύστημα δεν λειτούργησε ποτέ για περισσότερο από μερικές ώρες λόγω της υψηλής πίεσης. Τελικά, το 1925 κατάφερε να ταιριάζει με επιτυχία ένα υπερτροφοδοτή σε κινητήρα ντίζελ βελτιώνοντας την απόδοσή του έως 40%! Και πάλι, όμως, η ιδέα του Büchi ήταν για εκείνα τα χρόνια πολύπλοκη και ακριβή. Ασημειωθεί πως το πρώτο αυτοκίνητο ευρείας παραγωγής

για το κοινό με αξιόπιστο κινητήρα τούρμπο ήταν το ChevroletCorvaairMonza (1962) ενώ το πρώτο τούρμπο ντίζελ το Mercedes-Benz 300 SD (1977).



Διαφορές στα μέρη του κινητήρα, ανάμεσα σε ατμοσφαιρικές και στροβιλοϋπερπληρούμενες εφαρμογές.

Στους υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες δημιουργούνται υψηλότερες τάσεις κατά την εκτόνωση των καυσαερίων, σε σχέση με τους ατμοσφαιρικούς κινητήρες. Η σχέση συμπίεσης είναι υψηλή, οπότε μερικά μέρη χρίζουν ενίσχυσης και άλλα αλλαγή χαρακτηριστικών λειτουργίας. Τα μέρη αυτά είναι τα εξής:

Έμβολα

Τα έμβολα ενός θερμικού κινητήρα αναλαμβάνουν την μετάδοση της πίεσης που ασκούν τα καυσαέρια ως δύναμη προς το στροφαλοφόρο άξονα και για αυτό το λόγο κατασκευάζονται από χάλυβα υψηλής αντοχής. Στην περιφέρεια τους υπάρχουν ομοαξονικά τοποθετημένα ελατήρια τα οποία εξασφαλίζουν την ικανοποιητική στεγανοποίηση μεταξύ του θαλάμου καύσης και του στροφαλοθάλαμου.

Στην όψη τους τα έμβολα μπορεί να φαίνονται κυλινδρικά, ωστόσο στις λεπτομέρειες τους αποτελούν πολύπλοκες κατασκευές με πολλές μη αντιληπτές κλίσεις και καμπυλότητες ανάλογα με τις προδιαγραφές τους. Στους τελευταίους γενιάς κινητήρες άμεσου ψεκασμού καθώς και σε αρκετούς diesel τεχνολογίας commonrail οι επιφάνειά τους διαθέτει εξογκώματα ή καμπυλότητες οι οποίες εξυπηρετούν στην κατευθυνόμενη στρωματοποίηση και το στροβιλισμό του μίγματος κατά την είσοδο του στο θάλαμο καύσης.

Τα έμβολα λοιπόν στους υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες, εκτός τη διαφοροποιημένη επιφάνειά τους λόγω της διαφορετικής καύσης, είναι σφυρήλατα λόγω των μεγαλύτερων τάσεων που αναπτύσσονται, ενώ και τα ελατήριά τους είναι ενισχυμένα για την εξασφάλιση ικανοποιητικής στεγανοποίησης.

Στους πετρελαιοκινητήρες λόγω των υψηλών φορτίων που αναπτύσσονται από την αυξημένη συμπίεση, τα έμβολα είναι ήδη στιβαρά κατασκευασμένα, ακόμα και σε ατμοσφαιρικές εφαρμογές.

Διωστήρας (Μπιέλα)

Ο διωστήρας ή η ευρέως γνωστή μπιέλα αναλαμβάνει την «γεφύρωση» του εμβόλου με τον στροφαλοφόρο άξονα. Συνήθως το πάνω μέρος της μπιέλας συνδέεται με το έμβολο μέσω ενός πείρου ενώ στο κάτω μέρος της υπάρχει καβαλέτο που

«αγκαλιάζει» τον στροφαλοφόρο άξονα προκειμένου η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου να μετατραπεί σε περιστροφική. Η μπιέλα θα πρέπει να έχει υψηλή αντοχή λόγω των υψηλών τάσεων που αναπτύσσονται από την εκτόνωση των καυσαερίων και για αυτό το λόγο σε ισχυρούς -συνήθως υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες- όπου η σχέση συμπίεσης είναι υψηλή χρησιμοποιούνται σφυρήλατες. Στους πετρελαιοκινητήρες λόγω μεγάλης συμπίεσης, ακόμα και σε ατμοσφαιρικές εφαρμογές, οι μπιέλες είναι σφυρήλατες.

Έκκεντρα

Πρόκειται για τους χαρακτηριστικούς λοβούς (έκκεντρα) που υπάρχουν στην άτρακτο του εκκεντροφόρου. Λόγω του σχήματος τους όταν ο εκκεντροφόρος άξονας περιστρέφεται η κίνησή τους μετατρέπεται σε παλινδρομική των βαλβίδων εξαγωγής και εισαγωγής. Η διατομή κάθε εκκέντρου καθορίζει το χρόνο που η κάθε βαλβίδα μένει ανοιχτή καθώς και τη μέγιστη τιμή βύθισης που παίρνει η κάθε μία από αυτές. Άρα ο εκκεντροφόρος άξονας δε χρειάζεται να ενισχυθεί ενάντια στις αναπτυσσόμενες τάσεις, αφού δεν έχουν αντίκτυπο σε αυτόν. Αυτό που αλλάζει στα έκκεντρα είναι τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους, δηλαδή η διάρκειά τους.

Ελατήρια βαλβίδων

Αφού οι εκκεντροφόροι φέρουν διαφορετικά έκκεντρα στις υπερτροφοδοτούμενες εφαρμογές κινητήρων, πρέπει και τα ελατήρια των βαλβίδων να είναι διαφορετικά. Με δεδομένο ότι ο εκκεντροφόρος είναι αυτός που ανοίγει τις βαλβίδες, το ελατήριο είναι αυτό που ελέγχει την κίνηση της βαλβίδας καθ' όλη τη διάρκεια που αυτή είναι ανοιχτή με σκοπό να την επιστρέψει σωστά και με ασφάλεια στην αρχική της θέση.

Πολλαπλή εξαγωγή:

Οι στροβιλοϋπερπληρούμενοι κινητήρες φέρουν ειδική έδραση (πλακάκι) του υπερπληρωτή, επάνω στην πολλαπλή εξαγωγή, αφού τα καυσαέρια εκμεταλλεύεται ο υπερπληρωτής για την κίνηση του στροβίλου του.

Στροβιλοϋπερπληρωτής (turbo)

Μια σημαντική διαφορά στους υπερπληρούμενους κινητήρες, είναι η ίδια η ύπαρξη του υπερπληρωτή (turbo). Το turbo δεν είναι τίποτε παραπάνω από μία μηχανική αντλία δύο διαμερισμάτων. Το ένα διαμέρισμα συγκεντρώνει τα καυσαέρια από τον κινητήρα και τα καθοδηγεί στην τουρμπίνα για να την περιστρέψει. Το housing της τουρμπίνας είναι φτιαγμένο από κάποιο εξαιρετικά ανθεκτικό υλικό για να αντέχει τις πιέσεις αλλά και τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες εκτίθεται –συνήθως μαντέμι-. Το άλλο διαμέρισμα φιλοξενεί την φτερωτή του συμπιεστή ενώ το housing του είναι συνήθως από κάποιο κράμα αλουμινίου και ο ρόλος του είναι να «μαζεύει» τον συμπιεσμένο αέρα και να τον καθοδηγεί στην μηχανή. Τα δύο αυτά διαμερίσματα ενώνονται αλλά και οριοθετούνται από το κεντρικό τμήμα του turbo που περιλαμβάνει άξονες και έδρανα για την ομαλή περιστροφή του άξονα, την είσοδο και την έξοδο του λαδιού για την σωστή λίπανση του turbo αλλά και κάποιες θερμοασπίδες για την προστασία του συμπιεστή από την μεταφορά θερμότητας μεταξύ των μετάλλων.

Όμως, όσο απλός και να είναι ο σχεδιασμός και η αρχή λειτουργίας ενός turbo, πρέπει να συνοδεύεται από κάποια περιφερειακά τα οποία είτε το περιορίζουν, είτε το ελέγχουν αλλά σίγουρα φροντίζουν για την εύρυθμη λειτουργία του κινητήρα. Τα κυριότερα περιφερειακά είναι τρία. Η wastegate, η blow-off βαλβίδα (ή αλλιώς σκάστρα) και το intercooler.

Wastegate. Η wastegate είναι μια bypass βαλβίδα που παρακάμπτει την τουρμπίνα. Η πίεση υπερπλήρωσης αυξάνεται όσο αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα (και κατά συνέπεια τα παραγόμενα καυσαέρια). Αυτό όμως δεν μπορεί να συνεχιστεί επ' άπειρον καθώς τόσο το turbo όσο και ο κινητήρας μπορούν να αντέξουν ορισμένη πίεση. Εκεί λοιπόν είναι αναγκαία η wastegate.

Ο έλεγχός της γίνεται με ένα πνευματικό επενεργητή που είναι συνδεδεμένος με την πολλαπλή εισαγωγής και ένα ελατήριο. Το ελατήριο κρατάει την wastegate κλειστή ενώ το πνευματικό έμβολο τείνει να την ανοίξει. Όσο η πίεση περιορίζεται στα νορμάλ επίπεδα, η δύναμη που ασκεί ο επενεργητής δεν αρκεί για να υπερνικήσει την αντίσταση του ελατηρίου. Προφανώς, μόλις η δύναμη του επενεργητή ξεπεράσει την αντίσταση του ελατηρίου, η βαλβίδα ανοίγει και τα καυσαέρια παρακάμπτουν την φτερωτή της τουρμπίνας, ελαττώνοντας την ταχύτητα περιστροφής της και κατά συνέπεια την πίεση υπερπλήρωσης (τα καυσαέρια που παρέκαμψαν την τουρμπίνα καταλήγουν και πάλι στην εξάτμιση).

Blow-off Valve. Αυτή η βαλβίδα (σκάστρα) τοποθετείται ανάμεσα στην έξοδο του συμπιεστή και την πεταλούδα του γκαζιού. Ο σκοπός ύπαρξής της είναι απλός: η εκτόνωση του περισσευόμενου συμπιεσμένου αέρα όταν κλείνει η πεταλούδα του γκαζιού (οι πετρελαιοκινητήρες δεν έχουν πεταλούδα). Εξαιτίας της αδράνειας της φτερωτής του turbo, κατά την μετάβαση από επιτάχυνση σε κλειστή πεταλούδα γκαζιού (πχ κατά το ανέβασμα ταχύτητας στο κιβώτιο) αυτό εξακολουθεί να στέλνει συμπιεσμένο αέρα προς τον κινητήρα. Όμως η κλειστή πεταλούδα τον εμποδίζει από το να εισέλθει στην πολλαπλή εισαγωγής, η πίεση στο σύστημα εισαγωγής αυξάνεται επικίνδυνα και ένα κενό δημιουργείται στην άλλη πλευρά της πεταλούδας. Η δουλειά της blow-off βαλβίδας είναι να ανιχνεύει αυτό το κενό και μηχανικά να ανοίγει εκτονώνοντας την πίεση.

Intercooler. Το intercooler είναι μία συσκευή ανταλλαγής θερμότητας που χρησιμοποιείται σε υπερτροφοδοτούμενα σύνολα. Η ενσωμάτωση του στο σύστημα δεν είναι απαραίτητη (θα δείτε αρκετά υπερτροφοδοτούμενα μοντέλα να κυκλοφορούν χωρίς intercooler) αλλά σίγουρα είναι ευεργετική για την απόδοση του κινητήρα. Μέσω σχεδόν ισοβαρούς ψύξης (ισοβαρής = σταθερή πίεση) επιτυγχάνει αύξηση της πυκνότητας του συμπιεσμένου από το turbo αέρα και κατά συνέπεια βελτιώνει την ογκομετρική απόδοση του κινητήρα. Ο κρύος αέρας εκτός από μεγαλύτερη πυκνότητα (μάζα ανά μονάδα όγκου), έχει και μεγαλύτερη ικανότητα για αντίσταση στην προανάφλεξη. Αυτή ακριβώς η ιδιότητα αφαιρεί την ανάγκη για ψύξη του εισερχόμενου αέρα με ψεκασμό επιπλέον καυσίμου με οφέλη τόσο στην κατανάλωση όσο και στην απόδοση. Το μοναδικό αρνητικό που μπορεί κάποιος να πει ότι έχει η χρήση του intercooler είναι μια μικρή πτώση στην πίεση η οποία είναι αποτέλεσμα της ροής του αέρα από τις επιπλέον σωληνώσεις, αν όμως είναι

κατασκευασμένο σωστά, η πτώση της θερμοκρασίας που καταφέρνει, υπερκαλύπτει την απώλεια στην πίεση.

Οι δύο κύριες κατηγορίες intercooler είναι τα αερόψυκτα (air-to-air) και τα υδρόψυκτα (air-to-liquid) intercoolers. Η διαφορά τους είναι εμφανής: η μία κατηγορία χρησιμοποιεί τον αέρα ως ψυκτικό μέσο ενώ η άλλη χρησιμοποιεί κάποιου είδους υγρό (συνήθως νερό από το ψυκτικό κύκλωμα του κινητήρα). Το πλεονέκτημα που έχουν τα υδρόψυκτα σε σχέση με τα αερόψυκτα είναι ότι λόγω του μικρότερου μήκους των σωληνώσεων αλλά και του intercooler γενικότερα, προσφέρει ταχύτερη απόκριση (λιγότερο turbolag) και ταχύτερη απόδοση μέγιστης πίεσης.

Από εκεί και πέρα τα intercoolers διαφοροποιούνται όσον αφορά το μέρος τοποθέτησης τους. Έτσι έχουμε τα sidemountedintercoolers, με τοποθέτηση στο πλάι της μάσκας του αυτοκινήτου συνήθως εμπρός από τον τροχό για να ψύχεται από τον αέρα που το χτυπάει. Κύριοι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι κάποια VW αλλά και το AudiTT. Στη συνέχεια έχουμε τα frontmountedintercoolers με τη συσκευή να είναι τοποθετημένη στο κέντρο της μάσκας του αυτοκινήτου (NissanSkyline, MitsubishiLancerEvolution) και τέλος έχουμε τα topmountedintercoolers όπου το intercooler είναι τοποθετημένο πάνω από τον κινητήρα (SubaruImprezaWRX, MiniCooperS).

Κάτι ακόμα που διαφοροποιείται από ατμοσφαιρική, σε υπερτροφοδοτούμενη μορφή αλλά μόνο στους βενζινοκινητήρες, είναι οι σπινθηριστές (μπουζί). Η αλλαγή αυτή είναι επιβεβλημένη αφού:

- Πιέζοντας περισσότερο αέρα στο θάλαμο, σημαίνει ότι περισσότερο καύσιμο μπορεί να εγχυθεί, με αποτέλεσμα την αυξημένη πυκνότητά του.
- Οι κινητήρες turbo και supercharger γενικά λειτουργούν σε υψηλότερες πιέσεις και θερμοκρασίες

Οι πετρελαιοκινητήρες όπως είναι γνωστό δεν έχουν μπουζί αφού το μείγμα σε αυτούς αυταναφλέγεται λόγω συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας.

Διαφορές στο κόστος συντήρησης, ανάμεσα σε ατμοσφαιρικές και στροβιλοϋπερπληρούμενες εφαρμογές.

Όσοι έχουν την τύχη να αγοράσουν ένα αυτοκίνητο που έχει υπερσυμπιεστή, θα θέσουν το ερώτημα κατά πόσον ή όχι κάτι τέτοιο χρειάζεται περισσότερη συντήρηση από ένα ατμοσφαιρικό αυτοκίνητο. Η απάντηση είναι "ναι".

Οι υπερσυμπιεστές είναι τοποθετημένοι ανάμεσα στο σύστημα απαγωγής καυσαερίων. Αυτό σημαίνει ότι το λιπαντικό εκτίθεται στις ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες καυσαερίων. Κάτι τέτοιο καταπονεί πολύ πιο γρήγορα το λιπαντικό. Αυτό σημαίνει ότι ένα αυτοκίνητο με έναν υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα θα χρειαστεί σίγουρα περισσότερες αλλαγές λιπαντικών, σε σχέση με ένα συνηθισμένο ατμοσφαιρικό αυτοκίνητο. Επίσης (στους υπερπληρούμενους βενζινοκινητήρες) τα μπουζί χρειάζονται συχνότερη αλλαγή, λόγω των αυξημένων πιέσεων που επικρατούν κατά την διαδικασία της έναυσης του μείγματος.

Ένα πολύ σημαντικό αναλώσιμο που χρειάζεται να αντικαθίσταται ανά μικρά χρονικά διαστήματα είναι το φίλτρο εισερχόμενου αέρα. Επιβάλλεται το φίλτρο του αέρα να είναι σε άριστη κατάσταση, για να μην υπάρχει καμία πιθανότητα κάποιο σωματίδιο να φτάσει στα πτερύγια του υπερσυμπιεστή, καταστρέφοντάς τον. Αυτό είναι κάτι που μπορεί κάποιος και μόνος του να το αντικαταστήσει, χωρίς να χρειάζεται να επισκεφθεί κάποιον ειδικό.

Υπάρχουν όμως και «τακτικές» συντήρησης που αν ακολουθήσει ο οδηγός του οχήματος, θα τον γλιτώσουν από μελλοντικά έξοδα. Αυτές είναι οι εξής:

- Συχνός προληπτικός έλεγχος της τουρμπίνας στον άξονά της και τα έδρανά της. Τυχόν δυσλειτουργία σε αυτά ίσως οδηγήσει σε ολοκληρωτική καταστροφή της τουρμπίνας.
- Απαιτείται χρόνος προθέρμανσης πριν μπει σε κίνηση το όχημα. Ο λόγος είναι ότι το λιπαντικό πρέπει να φτάσει στη σωστή θερμοκρασία, ώστε να προστατεύονται αποτελεσματικά τα έδρανα της τουρμπίνας. Επίσης απαιτείται διαδικασία ψύξης (cooldown), για να ψυχθεί και να κατεβεί το λάδι από τα έδρανα κι έτσι να μην αφήσει επικαθίσεις πάνω τους. Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι κοντινές διαδρομές μέσα στην πόλη, δεν είναι ότι καλύτερο για τους στροβιλοϋπερπληρωτές. Αν ο κινητήρας χρησιμοποιείται σε αστικό περιβάλλον κατά κόρων, θα πρέπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα, αφού ζεσταθεί, να οδηγείται στα όρια των στροφών του.
- Καλό θα ήταν να παρακολουθούνται οι πιέσεις λειτουργίας, έτσι ώστε τυχόν πτώση πίεσης να γίνει αντιληπτή, αποτρέποντας έτσι πιο δαπανηρές ζημιές. Τέλος, επειδή η αίσθηση της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της ροπής είναι γλυκιά, δεν θα πρέπει να αμεληθεί η συντήρηση των φρένων και των ελαστικών, τα οποία σε συνθήκες επιθετικής οδήγησης φθείρονται πιο γρήγορα.

Διαφορές στο κόστος κατασκευής, ανάμεσα σε ατμοσφαιρικές και στροβιλοϋπερπληρούμενες εφαρμογές στους κινητήρες πετρελαίου.

Οι πετρελαιοκινητήρες όπως έχει προαναφερθεί, είναι έτσι κι αλλιώς στιβαρά κατασκευασμένοι. Αυτό συμβαίνει αφού λειτουργούν με πολύ μεγάλη σχέση συμπίεσης. Έτσι έχουν ακόμα και σε ατμοσφαιρική μορφή, ενισχυμένα τα κινούμενα μέρη που δέχονται την ενέργεια της καύσης του μείγματος.

Οπότε αυτό που ανεβάζει κυρίως το κόστος κατασκευής ενός υπερτροφοδοτούμενου πετρελαιοκινητήρα, είναι το κόστος του ίδιου του στροβιλοϋπερτοφοδότη και των περιφερειακών του, καθώς και ο τρόπος έδρασής του πάνω σε αυτόν.

Πρέπει να γίνει σωστή επιλογή υπερτοφοδότη (turbomatching), ανάλογα τη χωρητικότητα του κινητήρα και το σκοπό που αυτός προορίζεται (επιδόσεις, οικονομία καυσίμου-χαμηλοί ρύποι). Ένα άλλο βασικό εξάρτημα που διαφοροποιεί το κόστος κατασκευής σε υπερτροφοδοτούμενες εφαρμογές σε σχέση με ατμοσφαιρικές, είναι η αντλία καυσίμου που είναι υψηλής πίεσης.

Όλα αυτά βέβαια για να δουλέψουν αρμονικά, απαιτούν και μια ηλεκτρονική διαχείριση (εγκέφαλο) που να ελέγχει και να επεμβαίνει σε περισσότερες

παραμέτρους καύσης, απ' ότι η ηλεκτρονική διαχείριση μιας ατμοσφαιρικής εφαρμογής.

Τελικά είναι φανερό πως το κόστος κατασκευής ενός στροβιλοϋπερπληρούμενου πετρελαιοκινητήρα είναι μεγαλύτερο, σε σύγκριση με το κόστος κατασκευής ενός ατμοσφαιρικού πετρελαιοκινητήρα. Η διαφορά του κόστους κατασκευής όμως δεν είναι τόσο μεγάλη όση αυτή υπερπληρούμενου-ατμοσφαιρικού βενζινοκινητήρα, όπως θα φανεί παρακάτω.

Διαφορές στο κόστος κατασκευής, ανάμεσα σε ατμοσφαιρικές και στροβιλοϋπερπληρούμενες εφαρμογές στους κινητήρες βενζίνης.

Ο ατμοσφαιρικός βενζινοκινητήρας είναι μια πολύ ελαφρύτερη κατασκευή, συγκριτικά με τον ατμοσφαιρικό πετρελαιοκινητήρα. Ο βενζινοκινητήρας δουλεύει με χαμηλότερη συμπίεση και ο αέρας εισάγεται λόγω αναρρόφησης. Έτσι όταν υπερπληρώνεται, πολλά αλλάζουν στη δομή του. Πρώτα αφού η πίεση εισαγωγής ανεβαίνει και εισέρχεται περισσότερο μείγμα, η καύση που παίρνει μέρος στο εσωτερικό του κυλίνδρου είναι βιαιότερη σε σχέση με την ατμοσφαιρική εφαρμογή. Έτσι τα έμβολα αντικαθίστανται με σφυρήλατα, ενώ αλλάζει και η επιφάνειά τους ανάλογα τα χαρακτηριστικά της καύσης. Τα ελατήρια των εμβόλων έρχονται και αυτά μαζί με τα νέα έμβολα. Σειρά έχουν οι διωστήρες, όπου και αυτοί αντικαθίστανται με σφυρήλατους για να αντέξουν τις αυξημένες τάσεις που αναπτύσσονται. Επίσης οι βίδες των διωστήρων που τους σφίγγουν με τον στροφαλοφόρο άξονα, ενισχύονται. Τα μπέκ αντικαθιστούνται με άλλα μεγαλύτερης παροχής καυσίμου, ενώ στην κεφαλή του μοτέρ, τα ελατήρια των βαλβίδων σκληραίνουν. Τα μπουζί αντικαθίστανται με άλλα –ιριδίου συνήθως- που να ευνοούν την έναυση του μείγματος. Η φλάντζα κεφαλής αλλάζει με μια παχύτερη, προκειμένου να πέσει η συμπίεση και να αποφευχθεί το φαινόμενο της προανάφλεξης. Οι πολλαπλασιαστές αντικαθίστανται με μεγαλύτερους, είναι σημαντικό να αποτραπεί η ατελής καύση. Τέλος η ύπαρξη του στροβιλοϋπερπληρωτή καθώς και των περιφερειακών του, ανεβάζει το κόστος κατασκευής ενός υπερπληρούμενου βενζινοκινητήρα. Η ύπαρξη υπερπληρωτή, επιβάλλει την αντικατάσταση της πολλαπλής εξαγωγής, με μια άλλη που να επιτρέπει την έδρασή του, πάνω της. Και εδώ, για να συνδυαστούν όλα αυτά χρειάζεται μια ανώτερη ηλεκτρονική μονάδα διαχείρισης. Έτσι ο εγκέφαλος καταγράφει και επεμβαίνει σε όλες τις παραμέτρους της καύσης, με σκοπό την –όσο το δυνατόν- τελειότερη. Όπως φαίνεται λοιπόν, το κόστος κατασκευής ενός υπερπληρούμενου βενζινοκινητήρα, είναι αρκετά μεγαλύτερο από το κόστος κατασκευής ενός ατμοσφαιρικού βενζινοκινητήρα.

Σύγκριση απόδοσης ατμοσφαιρικών και υπερτροφοδοτούμενων εφαρμογών

Καταρχάς, τι είναι απόδοση; Κάποιος ειδικός στην αυτοκινητοβιομηχανία το πιο πιθανό είναι να πει πως η απόδοση έχει να κάνει πάντα με το κόστος. Οι μηχανικοί

καλούνται να βελτιώνουν συνεχώς τις μηχανές χρησιμοποιώντας ίδια ή λιγότερη ενέργεια. Στην περίπτωση της αυτοκινητοβιομηχανίας το ζητούμενο δεν είναι άλλο από το ένα αυτοκίνητο να έχει τη δυνατότητα να κινείται όσο το δυνατό μακρύτερα με την μικρότερη ποσότητα καυσίμου και την μικρότερη εκπομπή ρύπων. Δηλαδή από την ίδια ποσότητα καυσίμου να παράγεται μεγαλύτερο έργο (το γνωστό πλεονέκτημα των ντίζελ) και να βελτιώνεται η αυτονομία. Επομένως η απόδοση συνδέεται άμεσα με την κατανάλωση καυσίμου -όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσης τόσο μικρότερη η κατανάλωση καυσίμου- και λιγότερο με την ισχύ και την ροπή όπως συνηθίζεται από αρκετούς.

Από την συνολική ενέργεια που παράγει ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης περίπου το 30% είναι το ωφέλιμο που μετατρέπεται σε ροπή και περνά στους τροχούς. Οι απώλειες επηρεάζουν σημαντικά τον βαθμό απόδοσης καθώς το 30% αποβάλλεται στο περιβάλλον ως θερμότητα, το 30% στην μορφή των καυσαερίων ενώ το 10% αναλώνεται σε μηχανικές τριβές (αντλίες λαδιού-ψύξης, σύστημα κλιματισμού, επιμέρους συστήματα). Ακόμη και το 30% (στους βενζινοκινητήρες είναι κάτω από 25%) που περισεύει μειώνεται στη συνέχεια περίπου στο μισό κατά την μεταφορά ισχύος προς τους τροχούς.

Το περίπου 1/3 της απόδοσης που αναφέρεται, αντιστοιχεί στο έργο που μπορεί να μετρήσει κανείς στον στροφαλοφόρο. Εδώ υπάρχουν δύο αποδόσεις: 1) την ενδεδειγμένη απόδοση βάση θερμοδυναμικής, θερμότητας και ποιότητας καύσης, και 2) την μηχανική απόδοση που καθορίζεται από τις τριβές των κινούμενων μερών και την λειτουργία διαφόρων επιμέρους συστημάτων/εξαρτημάτων. Η ενδεδειγμένη απόδοση εξαρτάται από τον θερμοδυναμικό κύκλο (Otto ή Diesel) και από διάφορες παραμέτρους όπως είναι η σχέση συμπίεσης, τον βαθμό απόδοσης (αδράνεια, ιξώδες, άντληση) και τον βαθμό καύσης που δείχνει πόση από την ενεργειακή πυκνότητα του καυσίμου είναι ωφέλιμη.

Θεωρητικά ο βενζινοκινητήρας έχει καλύτερη θερμοδυναμική απόδοση από τον πετρελαιοκινητήρα, αλλά χάρη στην υψηλότερη σχέση συμπίεσης (συνήθως 18:1 έναντι 10:1) και τις μικρότερες απώλειες άντλησης καταφέρνει να υπερτερεί με αποτέλεσμα ο θερμικός συντελεστής απόδοσης στους ντίζελ να κυμαίνεται στο 30-35% σε σχέση με το 20-25% των βενζινοκινητήρων. Επίσης, για να επιτευχθεί η ίδια τιμή έργου, στους diesel απαιτείται μικρότερη ποσότητα καυσίμου η οποία συνεπάγεται σε μικρότερη κατανάλωση.

Εν κατακλείδι παρατηρείται βελτίωση της απόδοσης στους υπερπληρούμενους κινητήρες, αφού οι στροβιλοϋπερπληρωτές εκμεταλλεύονται την ενέργεια των καυσαερίων (που στους ατμοσφαιρικούς κινητήρες θεωρούνται απώλειες), για την πλήρωση των κυλίνδρων. Επίσης αφού υπάρχει περίσσεια οξυγόνου στους υπερπληρούμενους κινητήρες, η καύση είναι τελειότερη απ' ότι στους ατμοσφαιρικούς. Τέλος ο αέρας που εισάγεται στους κυλίνδρους λόγω υπερπλήρωσης, έχει ψυχθεί μέσω του εναλλάκτη θερμότητας, κάτι το οποίο ανεβάζει την απόδοση του κινητήρα. Δεν γίνεται να παραβλεφθεί όμως ότι συγκριτικά με τους βενζινοκινητήρες, οι πετρελαιοκινητήρες οφελούνται πιο πολύ σε θέμα απόδοσης με την προσθήκη υπερπλήρωσης (κυρίως λόγω αυξημένης συμπίεσης).

Σύγκριση κόστους αγοράς ατμοσφαιρικών και υπερτροφοδοτούμενων εφαρμογών

Οι σύγχρονοι κινητήρες ενσωματώνουν πολλές τεχνολογίες για τη μείωση εκπομπών ρύπων, μείωση της κατανάλωσης και διατήρηση ή ακόμα και αύξηση των επιδόσεων. Η τελευταία τεχνολογία που τάραξε τα νερά στους κινητήρες, είναι η στροβιλοϋπερπλήρωση συχνά συνδυασμένη με τον άμεσο ψεκασμό. Υπάρχει μια βασική διαφορά όμως ανάμεσα στους βενζινοκινητήρες και τους πετρελαιοκινητήρες. Το καύσιμο πετρέλαιο έχει περισσότερη χημική ενέργεια απ' ό,τι το καύσιμο βενζίνη. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερη εκλυόμενη ενέργεια από την ίδια ποσότητα καυσίμου. Κάτι τέτοιο τη σήμερον ημέρα που όλοι ασχολούνται με την οικονομία καυσίμου είναι πολύ σημαντικό. Με την προσθήκη του υπερπληρωτή δε, η απόδοση ανεβαίνει αρκετά όπως προαναφέρθηκε.

Ο υπερπληρωτής μετατρέπει τον αργόστροφο και άνευρο πετρελαιοκινητήρα σε ένα χρηστικό κινητήρα, κάνοντας την υπερπλήρωση να ανεβάζει το κόστος αγοράς του. Από τη μεριά του βενζινοκινητήρα, η προσθήκη υπερτροφοδότη δίνει τη δυνατότητα χρήσης κινητήρων με μικρότερο κυλινδρισμό. Αυτό σημαίνει λιγότερη κατανάλωση καυσίμου και λιγότερα έξοδα συντήρισης. Και στους δύο κινητήρες η υπερτροφοδότηση συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών, όπου αφού σε μερικές χώρες η φορολογία των οχημάτων είναι ανάλογη των εκπομπών ρύπων, τότε κατανοείται γιατί εύλογα αυξάνεται το κόστος αγοράς των υπερτροφοδοτούμενων εκδόσεων. Μια ματιά στους τιμοκαταλόγους των αυτοκινητοβιομηχανιών δείχνει ότι η υπερτροφοδότηση επηρεάζει το κόστος αγοράς ενός κινητήρα –άρα ολόκληρου του αυτοκινήτου-. Βέβαια η αξιοπιστία ενός υπερπληρούμενου πετρελαιοκινητήρα (λόγο στιβαρής κατασκευής και χαμηλών στροφών λειτουργίας) σε συνδυασμό με τη χαμηλή κατανάλωση και τις χαμηλές εκπομπές, δικαιολογεί το αυξημένο, σε σύγκριση με του βενζινοκινητήρα, κόστος αγοράς της υπερπληρούμενης εκδοχής του.

Σύγκριση διάρκειας ζωής ατμοσφαιρικών και υπερτροφοδοτούμενων εφαρμογών.

Στους υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες μεγάλη σημασία στην αξιοπιστία τους παίζει η κατάσταση και η συντήρηση του υπερτροφοδότη. Αν ακολουθείται το πρόγραμμα συντήρισης (στροβιλοϋπερπληρωτή) που έχει προαναφερθεί δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας. Βέβαια η αλήθεια είναι ότι τα υπερτροφοδοτούμενα σύνολα δεν κυκλοφορούν ευρέως αρκετά χρόνια για να καταφέρουμε να διαμορφώσουμε μια πλήρη εικόνα. Οι πετρελαιοκινητήρες όντας κατασκευασμένοι με στιβαρά κινούμενα μέρη λόγω αυξημένης συμπίεσης, ίσως έχουντο προβάδισμα στην αξιοπιστία σε σχέση με τους υπερπληρούμενους βενζινοκινητήρες. Όμως οι πετρελαιοκινητήρες έχουν ένα πολύ ευαίσθητο, στη νοθεία καυσίμου, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου. Αξίζει να αναφερθεί ότι πρακτικά πλέον δεν παράγονται ατμοσφαιρικοί πετρελαιοκινητήρες.

Αντιθέτως οι ατμοσφαιρικοί κινητήρες βενζίνης που -ακόμα- παράγονται, είχαν πολλά χρονικά περιθώρια να βελτιώσουν/εξαλείψουν όλα τα ζητήματα αξιοπιστίας που είχαν.

Από την άλλη μεριά, υπάρχει και ο αστάθμητος παράγοντας του ελλατωματικού τεμαχίου, που αν υπάρξει αυτό, τότε σίγουρα κάποια στιγμή, ανεξαρτήτως συντήρησης, θα υπάρξει βλάβη.

Όμως οι σκεπτικοί παραμένουν. Εμμένουν στην (αμερικανόφερτη) λογική που θέλει τα κυβικά αναντικατάστατα και φοβούνται πως οι εταιρίες δεν έχουν λάβει τα μέτρα για να κάνουν τους κινητήρες τούρμπο ανθεκτικούς. Φοβούνται πως το βάρος των αυτοκινήτων πέφτει πολύ στα λίγα κυβικά των κινητήρων που πιέζονται για να αντεπεξέλθουν.

Οι ιστορίες αξιοπιστίας των 20 ετών ανακυκλώνονται και τελικά καπελώνουν τα σύγχρονα αυτοκίνητα που το μόνο που μοιράζονται με τους προβληματικούς δεινόσαυρους του παρελθόντος είναι το όνομα, τούρμπο, και τη βασική αρχή λειτουργίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αρχοντίσης, Π., (2008): «POWER PEDIA», Αθήνα : optionpress.
- Βούσουρα, Ε., (1994): «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης», Αθήνα.
- Κλιάνη, Λ. & Νικολού, Ι. & Σιδέρη, Ι., (2003): «Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως», Τόμος Δεύτερος, Αθήνα : Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Κυριάκης, Ν., (2008): «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης εισαγωγή στη λειτουργία και τη χρήση», Θεσσαλονίκη : σοφία.
- Ρακόπουλου, Κ. & Γιακουμή, Ε., (2011): «Εναλλαγή Αερίων και Υπερπλήρωση Μ.Ε.Κ.», Αθήνα : Εκδόσεις Γρ. Φούντας.
- Ρακόπουλου, Κ., (1986): «Εμβολοφόρες Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως», Αθήνα : Εκδόσεις Πλαίσιο.
- Ρακόπουλου, Κ., (2001): «Αρχές Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ.», Αθήνα : Εκδόσεις Γρ. Φούντας.
- Χασιώτης, Περικλής Γ., (2003): «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Ι», Αθήνα : Εκδοτικός Όμιλος Ίων.
- Χασιώτης, Περικλής Γ., (2008): «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης ΙΙ», Αθήνα : Εκδοτικός Όμιλος Ίων.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- ACEA (16 Ιανουαρίου 2015) <http://www.acea.be/press-releases/article/passenger-car-registrations-5.7-over-twelve-months-4.7-in-december>
- ACEA (2014) <http://www.acea.be/statistics/tag/category/diesel-penetration>
- Autotriti (13 Απριλίου 2004) <http://www.autotriti.gr/data/magazine/viewthema/24122.asp>
- Autotriti (2 Οκτωβρίου 2007) <http://www.autotriti.gr/data/magazine/viewthema/35129.asp>
- Capital.gr (18 Φεβρουαρίου 2012) http://www.capital.gr/weekend_articles.asp?id=1413452&ppg=0
- Don Sherman (27 Ιανουαρίου 2015) <http://blog.caranddriver.com/why-0-5-liter-cylinders-will-soon-dominate-automotive-engine-design/?mag=cad&click=yr>
- HenkBekker (19 Σεπτεμβρίου 2012) <http://www.best-selling-cars.com/europe/2011-full-year-car-sales-by-fuel-type-in-european-countries/>
- HenkBekker (20 Οκτωβρίου 2014) <http://www.best-selling-cars.com/international/2014-january-september-international-worldwide-car-sales/>
- JackKane (20 Ιουνίου 2014) http://www.epi-eng.com/piston_engine_technology/turbocharger_technology.htm
- LarryCarley (22 Μαΐου 2014) <http://www.enginebuildermag.com/2014/05/turbochargers-small-engine-performance-future/>

- MattSchmitz (5 Αυγούστου 2013) <https://www.cars.com/articles/2013/08/do-turbocharged-cars-require-more-maintenance/>
- MichaelTaylor (10 Φεβρουαρίου 2015) <http://www.autoexpress.co.uk/car-news/90369/turbo-takeover-is-this-the-end-for-naturally-aspirated-engines>
- MichaelTaylor (29 Ιανουαρίου 2015) <http://blog.caranddriver.com/the-grim-future-of-the-naturally-aspirated-engine-or-the-turbos-are-winning/>
- Modern – Writers.com (3 Νοεμβρίου 2012) <http://modern-writers.com/2012/11/03/%CF%83%CF%85%CE%B3%CE%BA%CF%81%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-otto-vs-diesel-2/>
- MOTOLAB.GR (2012) <http://motolab.gr/technology/combustion/>
- Rohit Khurana (8 Ιουλίου 2011) <http://www.carblogindia.com/what-is-a-turbocharger-what-is-a-supercharger-difference-between-turbocharger-and-supercharger/>
- Statista (2015) <http://www.statista.com/statistics/299031/fuel-types-of-new-cars-registered-in-the-united-kingdom/>
- The Economist (12 Ιουλίου 2014) <http://www.economist.com/blogs/schumpeter/2014/07/car-technology>
- Thomas Grissom (2013) http://www.sae.org/events/gim/presentations/2013/grissom_thomas.pdf
- TomMurphy (7 Ιανουαρίου 2014) <http://wardsauto.com/ward039s-10-best-engines/2014-winner-vw-18l-tsi-turbocharged-dohc-i-4>
- Turbochargers NZ Ltd <http://www.turbochargersnz.com/about-turbochargers#whyuse>
- Wikidot (5 Μαΐου 2014) <http://iceal.wikidot.com/mek-vasi>
- Η Καθημερινή (18 Ιανουαρίου 2015) <http://www.kathimerini.gr/799939/article/oikonomia/epixeirhseis/parel8on-ta-suv-mikromesaia--kai-ntizel-ix-agorazoyn-oi-ellhnes>
- Καρανικόλας Δημήτρης (5 Οκτωβρίου 2011) <http://www.highperformance.gr/index.php/2011-10-05-21-49-50/1-turbo?showall=1&limitstart=>
- Κουτελιέρης Γιάννης (12 Μαρτίου 2015) <http://www.skai.gr/news/auto/article/277184/neos-upertrofodotoumenos-venzinokinitiras-amesou-psekasmou-12-apo-tin-touota/>
- Λουπάκης (5 Ιανουαρίου 2015) <http://tvxs.gr/news/aytokinito/teχνologikes-taseis-stin-ekseliksi-ton-kinitiron>
- Μαρινόπουλος (22 Απριλίου 2013) <http://www.caroto.gr/2013/04/22/twin-scroll-and-other-turbo-layouts-systems/>
- Μαρινόπουλος (25 Σεπτεμβρίου 2011) <http://www.caroto.gr/2011/09/25/engine-efficiency/>
- Μαρινόπουλος (3 Μαρτίου 2009) <http://www.caroto.gr/2009/03/03/diesel-%CF%80%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B5%CF%82-%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B5%CF%87%CF%8E%CF%82-%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AC/>

- Μαρινόπουλος (5 Μαρτίου 2009) <http://www.caroto.gr/2009/03/05/kompressor-%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%BF%CE%BD-turbo/>
- Μαρινόπουλος (7 Απριλίου 2013) <http://www.caroto.gr/2013/04/07/%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%BF%CF%82-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BD%CF%8C%CE%B7%CF%83%CE%B5-%CF%84%CE%BF-%CF%84%CE%BF%CF%8D%CF%81%CE%BC%CF%80%CE%BF/>
- Μπαφατάκης Λουκάς (7 Σεπτεμβρίου 2012) <http://www.highoctane.gr/sbj.aspx?sbj=3175>
- Πηλίδης Κυριάκος (11 Σεπτεμβρίου 2010) <http://www.autoblog.gr/2010/09/11/turbo-vs-atmospheric-engine-part-1/>
- Σκουφής Γιάννης (11 Νοεμβρίου 2011) <http://www.carzine.gr/diesel/>