

ΚΙΝΗΤΗΡΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Κινητήριες Θερμικές Μηχανές ονομάζουμε τις διατάξεις που μετατρέπουν την θερμότητα (η οποία παράγεται από την χημική ενέργεια της καύσης) σε μηχανικό έργο.

Ανάλογα με τον τρόπο πραγματοποίησης της καύσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- στις μηχανές εξωτερικής καύσης ή ατμομηχανές και
- στις μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.)

Εξωτερικής καύσης ονομάζονται οι μηχανές όπου η καύση δεν λαμβάνει μέρος στο χώρο παραγωγής έργου αλλά έξω από αυτόν (π.χ. σε ένα ατμολέβητα) και στις οποίες το μέσο παραγωγής έργου δεν είναι το καυσαέριο αλλά κάποιο άλλο στοιχείο π.χ. νερό – ατμός. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι ατμοστρόβιλοι και οι παλινδρομικές ατμομηχανές.

Εσωτερικής καύσης ονομάζονται οι μηχανές που ως μέσο για την παραγωγή έργου (εργαζόμενο μέσο) χρησιμοποιούν τον αέρα και κατά κάποιο τρόπο το ίδιο το καύσιμο, δηλαδή καυσαέρια π.χ εμβολοφόρος κινητήρας αυτοκινήτου, αεροστρόβιλος αεροπλάνου.

Ανάλογα με τον τρόπο μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο οι θερμικές μηχανές διακρίνονται σε:

- **εμβολοφόρες ή παλινδρομικές** (ισχύουν τόσο για τις μηχανές εσωτερικής καύσης όσο και για τις εξωτερικής καύσης) και σε
- **περιστροφικές ή στροβίλους** (στις μηχανές εξωτερικής καύσης ονομάζονται ατμοστροβίλοι και στις εσωτερικής καύσης αεριοστροβίλοι).

Ειδικότερα στις εμβολοφόρες - παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης η έναυση στον κύλινδρο μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους:

- α. με τη βοήθεια εξωτερικού μέσου π.χ. σπινθήρα, σε αυτή περίπτωση υπάγονται οι "κινητήρες Όττο" (βενζινοκινητήρες)
- β. αυτόματα, λόγω μεγάλης θέρμανσης του καυσίμου, περίπτωση όπου υπάγονται οι μηχανές Ντήζελ (πετρελαιοκινητήρες).

ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Γενικά ως ατμομηχανή χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε μηχανή χρησιμοποιεί την ενέργεια και πίεση του ατμού προκειμένου να παράγει έργο.

Αν και απλές ατμομηχανές είχαν κατασκευαστεί ήδη από την αρχαιότητα, με γνωστότερο παράδειγμα την *αιολόσφαιρα* (ή ατμοστρόβιλος - η πρώτη ατμομηχανή στην ιστορία-) του Ήρωνα (Έλληνας μηχανικός και γεωμέτρης), ωστόσο ποτέ δεν βρήκαν πρακτική εφαρμογή, καθώς οι τότε κοινωνίες χρησιμοποιούσαν κυρίως την απλή μυϊκή δύναμη.

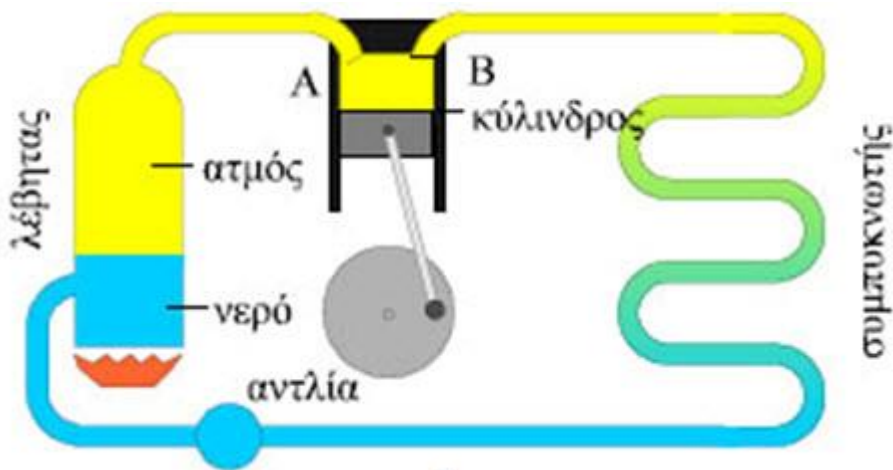
Η ατμομηχανή που κατασκεύασε ο Τόμας Σέιβερι το 1698 για την άντληση νερού είναι η πρώτη μηχανή του είδους που κατασκευάστηκε για πρακτικές εφαρμογές. Επόμενος σημαντικός σταθμός ήταν η μηχανή του Τόμας Νιούκομεν, το 1712, την οποία βελτίωσε στη συνέχεια ο Τζέιμς Βατ.

Το 1776 ο Τζέιμς Βατ παρουσίασε την πρώτη βελτιωμένη ατμομηχανή χαμηλής πίεσης και το 1782 την πρώτη μηχανή με διπλή δράση του ατμού στην κίνηση του εμβόλου. Έτσι, ήδη από το έτος 1787, δύο χρόνια πριν ξεσπάσει η γαλλική επανάσταση, ήταν διαθέσιμη μια **κινητήρια μηχανή γενικής χρήσης**, ανεξάρτητη από άπνοια και υδατοπτώσεις, ανεξάρτητη από κόπωση ανθρώπων και ζώων, μια μηχανή με υψηλή και σταθερή ισχύ κι ένα αξιόλογο για την εποχή βαθμό αποδόσεως. Η ατμομηχανή του Βατ, αν και είχε ακόμα πολύ χαμηλό βαθμό αποδόσεως, περί το 7%, άνοιξε το δρόμο για τη μαζική παραγωγή προϊόντων και τη δημιουργία μεγάλων μονάδων παραγωγής, τα *εργοστάσια*.

Κατασκευαστικά στοιχεία – Αρχή λειτουργίας

Τα κύρια μέρη μιας ατμομηχανής είναι ο θάλαμος καύσης, όπου καίγεται το καύσιμο (ξύλα (αρχικά), ανθρακίτης, λιγνίτης (σπανιότερα), πετρέλαιο -αργότερα-), ο λέβητας, όπου το νερό μετατρέπεται σε ατμό, το έμβολο που μετατρέπει την πίεση του ατμού σε μηχανικό έργο και τέλος ο συμπυκνωτής, όπου ο ατμός μετατρέπεται και πάλι σε νερό για να ξαναγυρίσει στο λέβητα και να κλείσει ο θερμοδυναμικός κύκλος της μηχανής.

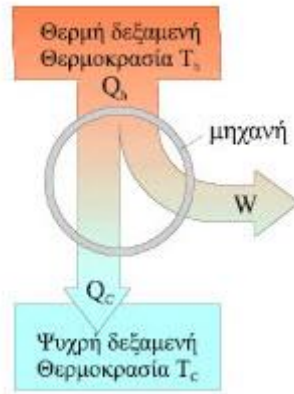
Το σχήμα παριστάνει το μοντέλο μιας ατμομηχανής. Στο λέβητα παράγεται θερμός ατμός υψηλής πίεσης, ο οποίος - μέσω της βαλβίδας A (βαλβίδα εισαγωγής) - διοχετεύεται στον κύλινδρο, σπρώχνει το έμβολο και παράγει έργο. Καθώς ο ατμός εκτονώνεται μέσα στον κύλινδρο, η πίεση και η θερμοκρασία του ελαττώνονται. Στη συνέχεια ο ατμός που τώρα έχει χαμηλή πίεση αποβάλλεται από τον κύλινδρο, από τη βαλβίδα B (βαλβίδα εξαγωγής), και διοχετεύεται σε μια διάταξη που ονομάζεται συμπυκνωτής. Εκεί ο ατμός ψύχεται με τρεχούμενο νερό ή από τον αέρα και συμπυκνώνεται πάλι σε νερό. Το νερό οδηγείται πίσω στο λέβητα.



Σχηματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η θερμική μηχανή είναι μια διάταξη που υποβάλλει ένα «μέσον» σε μια μεταβολή. **Επειδή η μηχανή μετατρέπει συνεχώς τη θερμότητα σε έργο πρέπει η μεταβολή στην οποία υποβάλλεται το μέσον να είναι κυκλική**, ώστε, όταν ολοκληρωθεί η μεταβολή, η μηχανή να επιστρέψει στην αρχική της κατάσταση και να επαναλάβει την ίδια διαδικασία ξανά και ξανά. Στην ατμομηχανή το υλικό που υποβάλλεται στην κυκλική διεργασία είναι το νερό. Το νερό αφού γίνει ατμός και ολοκληρώσει την πορεία του μέσω του κυλίνδρου και του συμπυκνωτή επιστρέφει στο λέβητα στις ίδιες συνθήκες.

Κατά τη διάρκεια της κυκλικής μεταβολής του μέσου, η μηχανή

- 1. απορροφά θερμότητα (Q_h) από μια δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας T_h .**
- 2. παράγει έργο.**
- 3. αποβάλλει θερμότητα (Q_c) σε μια δεξαμενή χαμηλότερης θερμοκρασίας T_c .**



Δεξαμενή θερμότητας. Έτσι συνηθίζουμε να λέμε ένα σώμα που παραμένει σε σταθερή θερμοκρασία ακόμη κι αν παίρνει ή δίνει θερμότητα. Στην ατμομηχανή δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας είναι ο λέβητας, του οποίου η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή μέσω της ελεγχόμενης καύσης κάποιου καυσίμου, ενώ δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας είναι ο συμπυκνωτής, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή ή με την ατμόσφαιρα ή με μια μάζα νερού, οπότε η θερμοκρασία του διατηρείται επίσης σταθερή.

Ο συντελεστής απόδοσης (ϵ) οποιασδήποτε μηχανής είναι ο λόγος του ωφέλιμου έργου που μας δίνει η μηχανή προς την ενέργεια που δαπανούμε για να λειτουργήσει.

ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Ατμοκινούμενα πλοία

Το 1736 λέγεται ότι ο Άγγλος Jonathan Hull, από το Gloucestershire, κατασκεύασε μια ατμοκίνητη μαούνα. Αν και δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία, πέρα από ένα σχέδιο του πλοίου, αυτή η κατασκευή θα έπρεπε να θεωρείται το πρώτο ατμοκίνητο πλεούμενο στην ιστορία. Είναι όμως πολύ πιθανόν να μην κατασκευάστηκε ποτέ αυτό το πλοίο, παρότι ο Hull είχε πάρει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

Το 1783 δοκίμασε ο μαρκήσιος Jouffroy d'Abbens στη Λυών. Κατασκεύασε ένα ατμόπλοιο με όνομα «Pyroscaphe» (πυροσκάφος), δηλαδή ένα πλοίο (για την ακρίβεια ποταμόπλοιο), με κινητήρια ατμομηχανή. Το δοκιμαστικό ταξίδι του κράτησε μόνο 15 λεπτά, γιατί η ατμομηχανή άρχισε να προκαλεί κραδασμούς, με αποτέλεσμα να υποστεί το σκάφος ρωγμές και να βυθιστεί.

Το 1787 κατασκευάστηκε ένα ποταμόπλοιο με ατμομηχανή από τον Αμερικανό εφευρέτη John Fitch (Φιτς, 1743-1798). Ο Φιτς είχε χρησιμοποιήσει σχέδια και ιδέες ενός άλλου εφευρέτη, του William Henry (Χένρυ, 1729-1786), του οποίου όμως τα πλοία δεν είχαν καλή τύχη. Το πρώτο από αυτά βυθίστηκε και το δεύτερο δεν έφτασε καν μέχρι το νερό, γιατί ο εφευρέτης πέθανε! Το πλοίο του Φιτς που ήταν ίσως το πλοίο του Χένρυ σε ολοκληρωμένη μορφή, δρομολογήθηκε στον ποταμό Delaware μεταξύ των πόλεων Φιλαδέλφεια και Τρέντον. Επειδή όμως δεν υπήρξε ικανοποιητική προσέλευση επιβατών, το πλοίο αποσύρθηκε από την κυκλοφορία και ξεχάστηκε.

Το 1807, είκοσι χρόνια μετά τον Φιτς, ο επίσης Αμερικανός Robert Fulton (Φούλτον, 1765-1815) κατασκεύασε ένα νέο ατμόπλοιο, του οποίου η μηχανή είχε καλύτερη απόδοση από εκείνη του Φιτς. Το δρομολόγιο του πλοίου ήταν στον ποταμό Χάτσον, μεταξύ Νέας Υόρκης και Ολμπανυ (Albany), με ταχύτητα περί τα 8 km/h. Όλα τα ατμόπλοια εκείνης της εποχής είχαν ταυτόχρονα και πανιά, για την περίπτωση που η ατμομηχανή πάθαινε βλάβη, πράγμα σύνηθες. Η λειτουργία της γραμμής που εξυπηρετούσε το πλοίο του Φούλτον, αποδείχθηκε επικερδής και ο εφευρέτης δρομολόγησε κι άλλα ποταμόπλοια στην ίδια διαδρομή. Η εμπορική επιτυχία του μέσου οδήγησε στη διάδοση του ονόματος του Φούλτον, με αποτέλεσμα να θεωρείται αυτός, ανακρίβως, ως πρώτος κατασκευαστής ατμόπλοιου στην Ιστορία της Τεχνικής.

Το πρώτο αμιγώς ατμοκίνητο πλοίο ήταν το καναδικό «Royal William» που κατασκευάστηκε το 1831. Το 1833 το πλοίο αυτό πραγματοποίησε ένα υπερατλαντικό ταξίδι 25 ημερών από το λιμάνι Ρίχτου στον Καναδά, μέχρι το Λονδίνο, κινούμενο σε όλο το ταξίδι με την ισχύ των μηχανών και μόνο κατά τη διάρκεια της αφαλάτωσης των λεβήτων που ήταν απαραίτητη ανά τετραήμερο, χρησιμοποιήθηκαν τα πανιά. Το Royal William είχε μήκος 54m, πλάτος 8,5m, ισχύ 300 ίππων και ταχύτητα 5 κόμβων.

Πρώτο *υπερωκεάνειο* ατμόπλοιο που κατασκευάστηκε από τον Isambard Kingdom Brunel το 1837 στο Bristol και εκτελούσε τακτικά ταξίδια στον Ατλαντικό από το έτος 1838, ήταν το «Great Western», με μήκος 72m, βάρους 1.340 τόνων, μια μηχανή δύο κυλίνδρων συνολικής ισχύος 750 ίππων και ταχύτητα 8,5 κόμβων.

Ο Isambard Kingdom Brunel (1806-1859) σχεδίασε και κατασκεύασε στα ναυπηγεία Millwall μαζί με τον John Scott Russell (1808-1882) ένα νεότερο υπερωκεάνειο με όνομα «Great Esatern», το οποίο ήταν έξι φορές μεγαλύτερο από κάθε άλλο πλοίο της εποχής, με μήκος 210m, πλάτος 26m, βύθισμα 9m, βάρος 18.915 τόνους, ταχύτητα 13,5 κόμβους και ισχύ μηχανών 8.300 ίππους σε μία έλικα και δύο τροχούς, ένας σε κάθε πλευρά του πλοίου. Το Great Esatern συνοδεύτηκε όμως από σειρά ατυχημάτων: Ήδη κατά την καθέλκυση σφηνώθηκε η πλώρη του στα ναυπηγεία, κατά το πρώτο δοκιμαστικό ταξίδι του εξερράγη ένας λέβητας και σκοτώθηκαν 6 ναύτες και, λόγω δεισιδαιμονίας του κόσμου, στο πρώτο υπερατλαντικό ταξίδι του βρίσκονταν στο κατάστρωμα μόνο 43 τολμηροί επιβάτες, ενώ το πλοίο είχε θέσεις για 3.000 άτομα. Όταν έφτασε δε στην Αμερική διαπιστώθηκε ότι δεν βρισκόταν επαρκής χώρος να μανουβράρει σε κανένα λιμάνι. Τελικά, το πλοίο αυτό πουλήθηκε σε εταιρία πόντισης υποβρύχιων τηλεγραφικών καλωδίων και αξιοποιήθηκε μέχρι το έτος 1888.

Η ελληνική ναυτιλία εισήλθε καθυστερημένα στην ατμοπλοΐα, κυρίως λόγω έλλειψης κεφαλαίων και απουσίας καταρτισμένων τεχνικών. Σταδιακά βελτιώθηκε όμως αυτή η κατάσταση και το έτος 1856 έγιναν οι πρώτες νηολογήσεις ατμόπλοιων με ελληνική σημαία. Στο τέλος του 19^{ου} αιώνα κυκλοφορούσαν 84 ελληνικά ατμόπλοια και το έτος 1915 περί τα 475, πολλά από τα οποία (κάπου 270) καταστράφηκαν στη διάρκεια του α' παγκόσμιου πολέμου. Η δυσκολία προσαρμογής στη νέα τεχνολογία οδήγησε από νωρίς πολλούς νησιώτες ναυτικούς να αναζητήσουν την τύχη τους στα ξένα ως μετανάστες. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι ναυτικοί από το Καστελόριζο, οι οποίοι ίδρυσαν το 1912 στο Perth της Αυστραλίας την πρώτη οργανωμένη ελληνική κοινότητα, την «Καστελοριζιακή Αδελφότητα».

Ατμοκινούμενοι συρμοί

Η ιδέα χερσαίας αυτοκίνησης με χρήση ατμομηχανής απασχολούσε πολλούς τεχνικούς στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, μόνο που οι δρόμοι δεν προσφέρονταν για ομαλή κίνηση. Όταν αναφερόμαστε σε «δρόμο» στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, εννοούμε αυτό που ονομάζουμε σήμερα μονοπάτι, μία φαρδιά λωρίδα εδάφους χωρίς χόρτα. Ο Βρετανός εφευρέτης Τρέβιθικ, επινόησε τότε την κατασκευή *σιδηρο-δρόμου*, δηλαδή τις σιδηροτροχιές που γνωρίζουμε και σήμερα. Πάνω σ' αυτές τις τροχιές, απεριόριστου μήκους, θα κινούνταν το αυτοκινούμενο όχημα με ατμομηχανή. Η ιδέα της κίνησης σε σιδηροτροχιές προερχόταν από τα γερμανικά ορυχεία, στα οποία χρησιμοποιείτο το λεγόμενο dog.

Το 1801 ο Τρέβιθικ έκανε τις πρώτες επιδείξεις λειτουργίας του «σιδηροδρόμου» του και το 1804 μπορούσε η ατμομηχανή του να σύρει 5 βαγόνια σε απόσταση 15 χιλιομέτρων με μέση ταχύτητα 8 km/h. Αυτή ήταν και πρώτη χερσαία μεταφορά προσωπικού και αγαθών με ατμοκίνηση. Όπως συμβαίνει όμως συχνά στην Ιστορία, η κοινωνία και η οικονομία δεν ήταν ακόμα έτοιμες να δεχτούν αυτό το μεταφορικό μέσον. Λόγω απουσίας χρηματοδοτών έμεινε λοιπόν ο πρώτος σιδηρόδρομος αναξιοποίητος. Πάντως, ο Τρέβιθικ είναι στην πραγματικότητα ο πρώτος κατασκευαστής σιδηροδρόμου με ικανοποιητική λειτουργία.

Οι ατμομηχανές που κατασκευάζονταν και λειτουργούσαν τις πρώτες δύο δεκαετίες του 19^{ου} αιώνα είχαν ακόμα βαθμό αποδόσεως περί το 7%. Διάφορες προσπάθειες για περαιτέρω βελτίωση αυτής της αποδόσεως δεν είχαν επιτυχία.

Το 1824 προέκυψε όμως μία βελτίωση σε θεωρητικό επίπεδο, όταν ο Γάλλος Φυσικός Nicolas Leonard Carnot (Καρνό, 1796-1832) δημοσίευσε σε ηλικία 28 ετών ένα βιβλίο με τον περίεργο για τη σημερινή αντίληψη τίτλο «*Reflexions sur la puissance motrice du feu*» (=Σκέψεις σχετικά με την κινητήρια δύναμη της φωτιάς). Την εποχή εκείνη δεν είχαν καθοριστεί ακόμα στην επιστήμη οι έννοιες θερμότητα, θερμοκρασία, ισχύς, ενέργεια και έργο και γι' αυτό η ορολογία σχετιζόταν με την άμεση αντίληψη των φαινομένων που αποκτούσαν οι επιστήμονες μέσω των αισθήσεων. Ο Καρνό απέδειξε ότι η μέγιστη απόδοση μιας ατμομηχανής δεν εξαρτάται από οποιοσδήποτε ενδιάμεσες λειτουργίες και από τη διάρκεια των θερμικών διεργασιών, αλλά μόνο από τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης

θερμοκρασίας του ατμού και της ελάχιστης θερμοκρασίας του νερού που χρησιμοποιείται για την ατμοποίηση. Με αυτή τη μελέτη του, ο Καρνό, θεμελίωσε την επιστήμη της *Θερμοδυναμικής*.

Το 1825 ο Άγγλος τεχνικός και επιχειρηματίας George Stephenson παρουσιάζει ένα βελτιωμένο σιδηρόδρομο, του οποίου η ατμομηχανή «Locomotion» έσυρε 39 βαγόνια με ταχύτητα 20-25 km/h. Αυτό ήταν και το ταχύτερο αυτοκινούμενο όχημα που είχε κατασκευαστεί ποτέ στην Ιστορία.

Από την εποχή των Ρωμαίων μέχρι τους ναπολεόντιους πολέμους, οι μετακινήσεις γίνονταν σχεδόν στους ίδιους δρόμους, με περίπου την ίδια (μικρή) ταχύτητα. Στα μέσα της δεκαετίας του 1820 ξεκίνησε όμως η νέα εποχή των χερσαίων μεταφορών και μετακινήσεων, στις οποίες έχουν επιτευχθεί στη δική μας εποχή, όσον αφορά τους σιδηροδρόμους, σταθερές ταχύτητες άνω των 200 km/h.

Η σημασία της ατμομηχανής για την παραγωγή και τις μεταφορές και, γενικότερα, για την εξέλιξη της παγκόσμιας ιστορίας είναι θεμελιώδης! Σταδιακά επηρεάστηκαν όλοι οι τομείς οικονομικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων. Όσοι έμειναν στις παλιές τεχνικές με υδρόμυλους, ανεμόμυλους, ιστιοφόρα κλπ., εξαφανίστηκαν από την παραγωγή και το εμπόριο! Από το 1825 αρχίζει η ταχύτατη εγκατάσταση σιδηροτροχιών, καταρχήν στην Αγγλία, στη γραμμή Stockton-Darlington, όπου γινόταν μεταφορά μεταλλεύματος. Το έτος 1830 εγκαινιάστηκε η γραμμή για μεταφορά επιβατών, Liverpool-Manchester. Η πυρετώδης ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου στη Μ. Βρετανία οδήγησε το έτος 1870 σε ένα μήκος γραμμών σχεδόν 22.000 km και το έτος 1914 στα 32.000 km.

Όμως, με τη διάδοση του αυτοκινήτου μετά το β' παγκόσμιο πόλεμο και την προσαρμογή του σιδηροδρομικού δικτύου στις μεταφορικές ανάγκες προϊόντων και προσωπικού που είχαν διαμορφωθεί στις ενδιάμεσες δεκαετίες, συρρικνώθηκε αυτό το σιδηροδρομικό δίκτυο στα τέλη του 20^{ου} αιώνα στα 16.000 km. Οι υπόλοιπες χώρες τις Ευρώπης, κυρίως Γαλλία και Γερμανία, και οι ΗΠΑ ακολούθησαν το παράδειγμα της Αγγλίας και ανέπτυξαν ήδη το 19^ο αιώνα επίσης εκτεταμένα σιδηροδρομικά δίκτυα, ανάλογα με τις ανάγκες εμπορικών και επιβατικών μεταφορών που είχαν διαμορφωθεί.

Στην Ελλάδα εγκαταστάθηκε ο πρώτος σιδηρόδρομος στα τέλη του 19^{ου} αιώνα από την κυβέρνηση του Χαρίλαου Τρικούπη.

Το σημαντικότερο στην Ιστορία της Τεχνολογίας ενιαίο σιδηροδρομικό έργο είναι ο «υπερσιβηρικός σιδηρόδρομος» (Transsib), ο οποίος κατασκευάστηκε στο πέρασμα από το 19ο στον 20ο αιώνα και έχει συνολικό μήκος πάνω από 9.000 km. Τα τελευταία ατμοκίνητα τρένα με κάρβουνο κυκλοφόρησαν μέχρι τον Οκτώβριο του 2005 στην επαρχία της *Εσωτερικής Μογγολίας* της Κίνας. Πρόκειται για τη γραμμή του Τζιτόνγκ, μήκους 905 km. Το δίκτυο της Κίνας είχε κατά το έτος 2005 μήκος 68.000 km και επεκτείνεται με σταθερούς ρυθμούς.

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (ΜΕΚ)

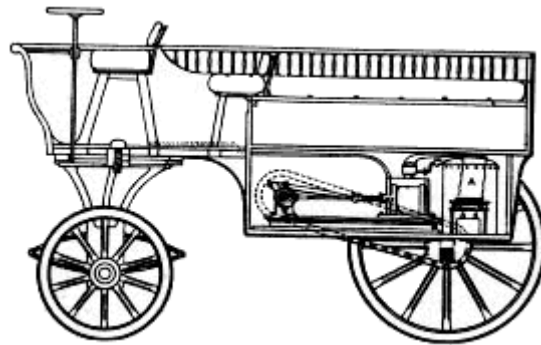
- **Κινητήρας Lenoir**
- **Βενζινοκινητήρας Otto**
- **Πετρελαιοκινητήρας Diesel**
- **Στροβιλοκινητήρες**
- **Κινητήρας Wankel**

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

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

Η εξέλιξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης που τροφοδοτούνται με υγρά καύσιμα, έγινε ουσιαστικά σε τρία βήματα, αρχίζοντας με τον **Jean-Josef Lenoir**, περνώντας από τον **Nicolaus Otto** και καταλήγοντας καταρχήν στον **Rudolf Diesel**. Στη δεκαετία του 1930 δηλώθηκε από τον **Felix Wankel** ως ευρεσιτεχνία ένας νέος βενζινοκινητήρας για οχήματα, διαφορετικής κινηματικής από τους προηγούμενους, με τον οποίο φαίνεται να έχει κλείσει αυτός ο κύκλος. Στη δεκαετία του 1940 αναπτύχθηκαν οι **αεριοστροβίλοι εσωτερικής καύσης (jet)**, με διαφορετική αρχή λειτουργίας, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως σε αεροπλάνα, ενώ οι βενζινοκινητήρες μπορούν να λειτουργήσουν από τα τέλη του 20ου αιώνα και με αέριο καύσιμο.

Ένα άλλο είδος κινητήρα που παρουσιάστηκε ως ευρεσιτεχνία ήδη από το 1816, είναι δηλαδή ο παλαιότερος κινητήρας εσωτερικής καύσης, αλλά αναπτύχθηκε με αργά βήματα, είναι αυτός που λειτουργεί με υπέρθερμο αέρα (**κινητήρας Stirling**), ο οποίος είναι οικολογικά ο καλύτερος, μπορεί να αξιοποιήσει οποιοδήποτε καύσιμο, μέχρι και την ηλιακή ενέργεια, αλλά υστερεί έναντι των γνωστών κινητήρων για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους.



Το όχημα του Lenoir

Κινητήρας Lenoir

Η πρώτη επιτυχής από τις πολλές παράλληλες προσπάθειες που γίνονταν για την κατασκευή μιας μηχανής εσωτερικής καύσης ήταν αυτή του Γαλλοβέλγου Jean-Josef Etienne Lenoire (Λενουάρ). Ο Λενουάρ παρουσίασε το 1860 ένα μικρό όχημα, το οποίο κινούνταν, ικανοποιητικά για εκείνη την εποχή, με τον κινητήρα του. Μέχρι τότε είχαν παρουσιαστεί μόνο οχήματα με ογκώδη ατμομηχανή, η οποία τα έκανε δυσκίνητα. Ο κινητήρας Λενουάρ αξιοποιούσε ως καύσιμο το **φωταέριο**, το οποίο εισάγεται στον κύλινδρο αναμεμειγμένο με αέρα στο πρώτο στάδιο λειτουργίας, κατά το πρώτο μισό της διαδρομής του εμβόλου. Το μίγμα αυτό πυροδοτείται με ηλεκτρικό σπινθήρα και ωθεί το έμβολο στο υπόλοιπο κομμάτι της διαδρομής του. Κατά την επιστροφή του εμβόλου, στη μία πλευρά του απωθούνται τα καυσαέρια, ενώ στην άλλη πλευρά επαναλαμβάνεται η διαδικασία εισαγωγής του μίγματος φωταέριο-αέρας. Ο βαθμός αποδόσεως του κινητήρα Λενουάρ ήταν όμως πολύ χαμηλός, πράγμα που δυσκόλεψε την οικονομική αξιοποίησή της.

Βενζινοκινητήρας Otto

Από τη μηχανή του Λενουάρ ξεκίνησε ο Γερμανός Nikolaus Augustus Otto, με σπουδές σε εμπορικά θέματα, και **κατασκεύασε το 1876 ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα**. Προηγουμένως, ο Ότο είχε κατασκευάσει, 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 Ότο τη φήμη να έχει κατασκευάσει τον πρώτο κινητήρα με ικανοποιητικό βαθμό αποδόσεως. Επιβεβαιώθηκε δε άλλη μια φορά η «αρχή», όπως με την ατμομηχανή κ.ά., να εφευρίσκει ένας Γάλλος μία μηχανή, η οποία να βελτιώνεται και να τελειοποιείται από Άγγλους και Γερμανούς...

Η μεγάλη ζήτηση για τους κινητήρες του Ότο οδήγησε στην ίδρυση από τον Λάνγκεν της ανώνυμης εταιρίας Deutz AG στην Κολωνία, το 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). Το 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 Sterling (υπέρθερμου αέρα) οι οποίοι, αν και είχαν μικρότερο βαθμό αποδοσέως, 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 Ότο. Έτσι έγινε δυνατή η μελέτη για την κατασκευή κινητήρων που είχε διακοπεί από το 1862. Ήδη το 1876 παρουσίασε ο Ότο το «νέο κινητήρα», όπως ονομαζόταν για πολύ καιρό ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας, με τον οποίο έκλεισε οριστικά η εποχή των πρώιμων κινητήρων.

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

- Ο κύλινδρος γεμίζει με καύσιμο και αέρα,
- το έμβολο συμπιέζει το μίγμα,
- το συμπιεσμένο μίγμα πυροδοτείται (ηλεκτρικός σπινθηριστής, μπουζί), οπότε διαστέλλεται το καιγόμενο μίγμα 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 Ότο 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 1876 τον παρουσίασε στην αγορά με το όνομα Deutz-A-Motor. Η ισχύς του ήταν πάλι περί τα 2 kW, αλλά με καλύτερο βαθμό αποδοσέως. 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 Ότο δεν είχαν ακόμα αποσβεστεί. Ο Ντάιμλερ και ο Μάιμπαχ αποχώρησαν κατόπιν αυτού και ίδρυσαν το έτος 1882 μια νέα εταιρία στο

Cannstatt, κοντά στη Στουτγκάρδη, όπου άρχισε να παράγεται ο νέος ελαφρύς και πολύστροφος βενζινοκινητήρας με ικανοποιητική ισχύ που ήταν κατάλληλος για οχήματα.



Δίκυκλο με κινητήρα Ότο

Δύο χρόνια μετά, το έτος 1885, κυκλοφόρησε ένα δίτροχο με τον κινητήρα Ότο 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 ντήζελ** δεν εισάγεται εύφλεκτο μίγμα καυσίμου-αέρα, το οποίο πυροδοτείται, αλλά διαχέεται το καύσιμο με ισχυρό περίσσειμα αέρα, το οποίο συμπυκνώνεται 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 1892 από το Γερμανό μηχανικό Rudolf Diesel (Ντήζελ)** 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 γλύτωσε ο Ντήζελ το θάνατο.

Το πρώτο λειτουργικά ολοκληρωμένο δείγμα με καλό βαθμό αποδόσεως και εξοικονόμηση καυσίμου, κατασκευάστηκε στο εργοστάσιο της εταιρείας MAN στην πόλη Augsburg της Βαυαρίας. Αργότερα ιδρύθηκαν εργοστάσια σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις για τη μαζική παραγωγή κινητήρων ντήζελ. **Το 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 ντήζελ. 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 ντήζελ.**

Κύρια χαρακτηριστικά της λειτουργίας του κινητήρα Ντήζελ είναι:

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

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

Σήμερα χρησιμοποιείται για την εκκίνηση των πετρελαιοκινητήρων, ιδίως σε ψυχρό περιβάλλον, ένα ηλεκτρικά πυρακτωμένο τύλιγμα (περίπου όπως ο αναπτήρας στο αυτοκίνητο) για την εύκολη έναυση και την αποφυγή καυσαερίων. Σε σύγχρονους κινητήρες ντήζελ 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.

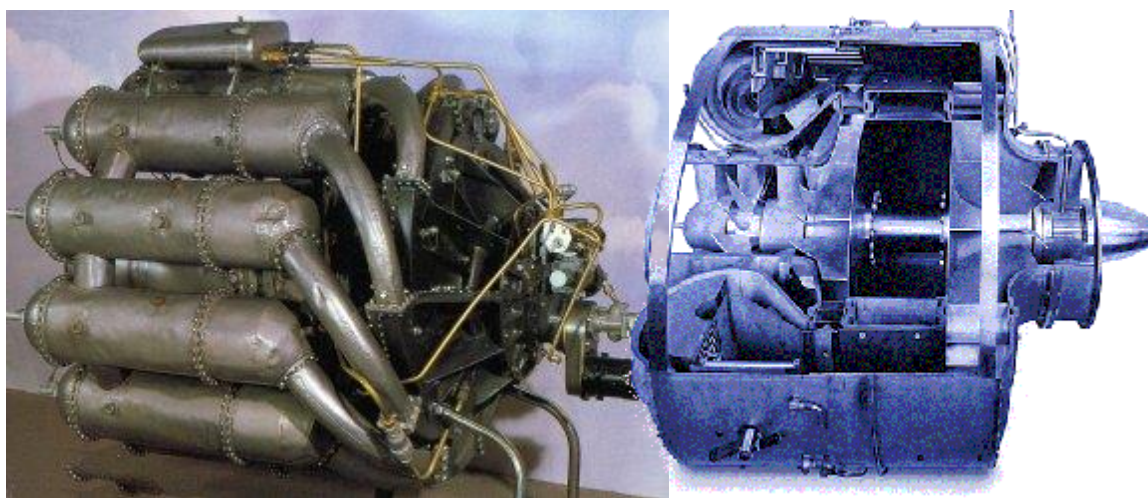
Ο Ντήζελ δεν είχε ποτέ σημαντικά οικονομικά οφέλη από την εφεύρεσή του. Όπως συμβαίνει συχνά σ' αυτές τις υποθέσεις, οι διάφορες εταιρίες που συνέβαλαν στην ανάπτυξη του κινητήρα διεκδικούσαν μερίδιο από τα δικαιώματα του εφευρέτη, με αποτέλεσμα να εξελιχθούν πολύχρονες και πολυέξοδες δίκες, οι οποίες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

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 Ντήζελ.

Στροβιλοκινητήρες

Η αρχή λειτουργίας των κινητήρων εκτόξευσης αερίων (στροβιλοκινητήρες) στηρίζεται στη συμπίκνωση του εισερχόμενου αέρα, στον οποίο προστίθεται καύσιμο και στην ανάφλεξη αυτού του μίγματος. Τα υπέρθερμα καυσαέρια εκτονώνονται κατά ένα μέρος σε ένα **στρόβιλο**, ο οποίος κινεί το συμπυκνωτή και άλλους μηχανισμούς, όπως μια γεννήτρια και διάφορες αντλίες και κατά το υπόλοιπο τμήμα εκτονώνονται στην έξοδο οπότε, σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ορμής, ασκείται στον κινητήρα προωθητική δύναμη. **Η λειτουργία των στοβίλων ήταν γνωστή ήδη από το 1884, όταν ο Βρετανός μηχανικός Charles A. Parson (Πάρσον, 1854-1931) κατασκεύασε ένα ατμοστρόβιλο ως κινητήριο μηχανισμό για πλοία και για γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.**

Σημαντικότερο κίνητρο για την ανάπτυξη των στροβιλοκινητήρων ήταν η αξιοποίησή τους στην αεροπλοΐα. Τα ελικοφόρα αεροπλάνα έφτασαν στα όρια ταχύτητας των 700 km/h, το οποίο όριο μόνο ελάχιστα ήταν δυνατόν να ξεπεραστεί με οριακές βελτιώσεις στους κινητήρες βενζίνης ή κηροζίνης και τη διαμόρφωση των ελίκων. Με το στροβιλοκινητήρα μπορούν να επιτευχθούν αρκετά μεγαλύτερες ταχύτητες και επιπλέον, λόγω της αποκλειστικά κυκλικής κίνησης όλων των μηχανικών μερών του, αυτός ο κινητήρας είναι δυνατόν να ζυγοσταθμιστεί ευκολότερα και αποτελεσματικότερα.



Αεριοστρόβιλος Whittle, αεριοστρόβιλος von Ohain

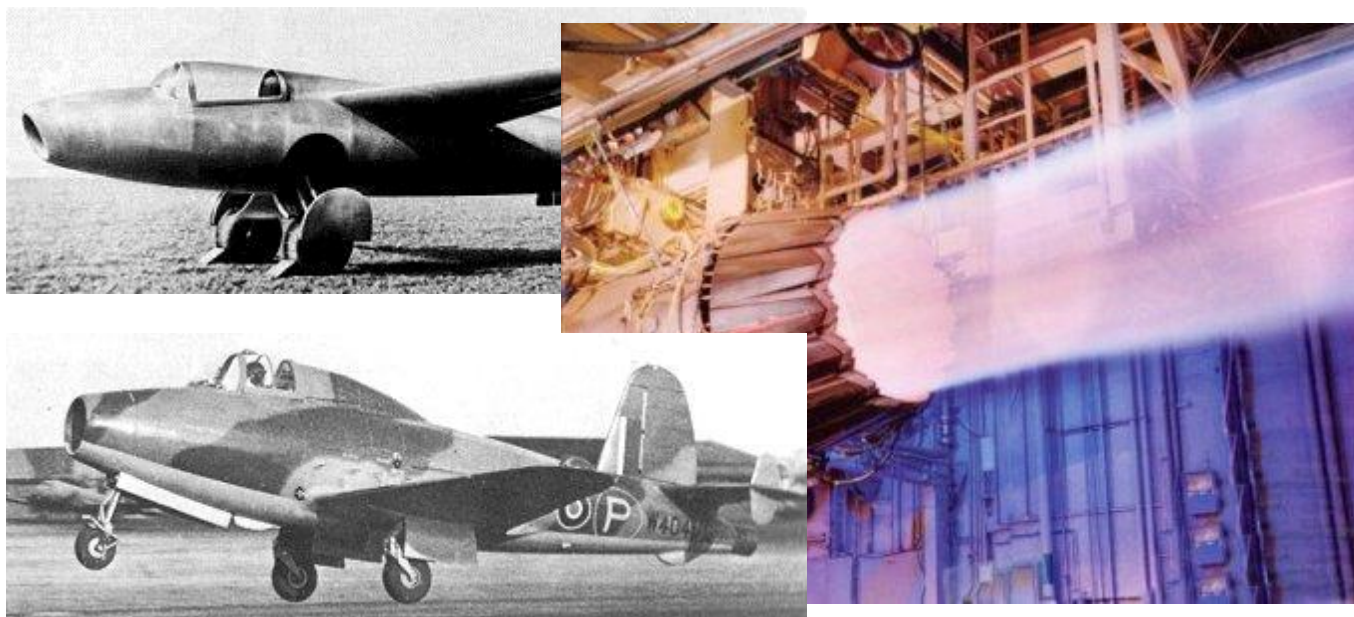
Τον πρώτο στροβιλοκινητήρα με αυτοδύναμη λειτουργία ανέπτυξε το 1903 ο Νορβηγός Aegidius Elling (Ελινγκ), φυσικά χωρίς οποιονδήποτε συσχετισμό με την αεροπλοΐα, η οποία τότε μόλις άρχιζε να παίζει ρόλο στην τεχνολογία. Ο Γάλλος Georges Marconnet (Μαρκονέ) πρότεινε πρώτος την αξιοποίηση των στροβιλοκινητήρων στην κατασκευή αεριοθούμενων αεροπλάνων και σχεδίασε μία μηχανή, η οποία μάλλον δεν πρέπει να κατασκευάστηκε ποτέ.

Μερικοί άλλοι στροβιλοκινητήρες ήταν υβριδικής συγκρότησης και περιείχαν βοηθητικές, μηχανές. Π.χ. ο κινητήρας του Ρουμάνου Henri Coanda (Κοάντα) από το 1910 περιελάμβανε ένα βενζινοκινητήρα, ο οποίος κινούσε ανεμιστήρα για την ώθηση του αέρα. Γι' αυτόν τον κινητήρα υπήρχε επίσης η εκδοχή του του Ιταλού

Secondo Campini (Καμπίνι) και μία ακόμα για τα αεροπλάνα των Γιαπωνέζων καμικάζι στο β' παγκόσμιο πόλεμο.

Το 1920 ο αξιωματικός της βρετανικής αεροπορίας Frank Whittle (Χουΐτλ) υπέβαλε διάφορες προτάσεις για την κατασκευή ενός στροβιλοκινητήρα για αεροπλάνα, τα οποία θα πετούσαν σε ύψος πάνω από 10.000 μέτρα. Κύριο χαρακτηριστικό της ιδέας του Χουΐτλ ήταν ότι ο ίδιος ο αεριοστρόβιλος του κινητήρα θα παρείχε την ενέργεια για τη λειτουργία του συμπυκνωτή. Οι δοκιμαστικές εργασίες άρχισαν το έτος 1930 και ήδη μετά από δύο χρόνια πήρε ο Χουΐτλ τις σχετικές βεβαιώσεις ευρεσιτεχνίας.

Το 1935 ο Rolf Dudley Williams (Γουΐλιαμς) ίδρυσε την εταιρία *Power Jets Ltd.* και τοποθέτησε τον Χουΐτλ επικεφαλής της ομάδας ανάπτυξης του κινητήρα. Το 1937 τέθηκε ο πρώτος κινητήρας σε δοκιμαστική λειτουργία και αμέσως ακολούθησε χρηματοδότηση από το βρετανικό Υπουργείο Πολέμου για την κατασκευή αεριοθούμενου πολεμικού αεροπλάνου με κινητήρες του Χουΐτλ. Η κατασκευή του αεροπλάνου ανατέθηκε στην εταιρία *Gloster Aircraft*, η οποία το ολοκλήρωσε το 1941 και το ονόμασε *E 28/39*. Αυτές οι προσπάθειες δεν ευδοκίμησαν όμως σε ικανοποιητικό βαθμό, ώστε το αεροπλάνο να αξιοποιηθεί στο β' παγκόσμιο πόλεμο.



Αριστερά: αεριοθούμενα γερμανικό Heinkel, βρετανικό E 28/39,
Δεξιά: Σύγχρονος στροβιλοκινητήρας

Ανεξάρτητα από τον Χουΐτλ εργαζόταν και ο Γερμανός Hans von Ohain (φον Οχάιν) πάνω στην κατασκευή ενός στροβιλοκινητήρα. Ο Οχάιν συνεργάστηκε με το βιομήχανο Ernst Heinkel (Χάινκελ) και παρουσίασαν τον πρώτο κινητήρα *Heinkel HeS 1* το 1937, ο οποίος είχε ως καύσιμη ύλη αρχικά το υδρογόνο. **Ο τρίτος κινητήρας αυτής της σειράς, *Heinkel HeS 3*, ήταν πλέον ώριμος για χρήση σε αεροπλάνο, το οποίο κατασκευάστηκε το 1939 γι' αυτή τη μηχανή και πήρε το όνομα *Heinkel He 178*. Αυτό ήταν και το πρώτο αεριοθούμενο αεροπλάνο που ήταν σε θέση να πραγματοποιήσει εκτεταμένες πτήσεις και το οποίο ο**

στρατιωτικός μηχανισμός της χιτλερικής δικτατορίας το προόριζε για τον επερχόμενο πόλεμο. Όμως η μαζική παραγωγή στροβιλοκινητήρων άρχισε στη Γερμανία κατά το έτος 1942 με τη μηχανή *Jumo 004* που αξιοποιήθηκε στο πολεμικό δικινητήριο αεροπλάνο *Messerschmitt Me 262*. Μέχρι το τέλος του πολέμου είχαν κατασκευαστεί περίπου 5.000 κινητήρες αυτού του τύπου.

Κινητήρας Wankel

Από τις πρώτες προσπάθειες για την ανάπτυξη μηχανών εσωτερικής καύσης, όπως δείχνουν αιτήσεις για ευρεσιτεχνίες ήδη από το τέλος του 18^{ου} αιώνα, οι μηχανικοί είχαν ως στόχο την κατασκευή μηχανών που παράγουν κινητική ενέργεια με περιστροφή ενός άξονα. Αυτό που δυσκόλευε την επιτυχή κατασκευή, πέρα από τα αρχικά προβλήματα υλικών, ήταν η ελλιπής στεγανότητα. Η εξέλιξη προέκυψε έτσι στην κατεύθυνση των παλινδρομικών μηχανών, στις οποίες λύθηκαν τα προβλήματα στεγανότητας πιο εύκολα, με μειονέκτημα τη χρήση ενός στρόφαλου, ο οποίος μετατρέπει την παλινδρομική σε κυκλική κίνηση.



Η πρώτη μηχανή, κατάλληλη για μικρά οχήματα, που παράγει απ' ευθείας περιστροφική κίνηση είναι ο κινητήρας Wankel που πήρε το όνομα από τον εφευρέτη της Felix Wankel (Βάνκελ). Οι πρώτες μελέτες του Βάνκελ στον κινητήρα του έγιναν το 1933 και από το 1936 συνεργάστηκε με μηχανολογικές εταιρίες για να αναπτύξει ένα περιστροφικό κινητήρα για μικρά αυτοκίνητα. Οι προσπάθειες διακόπηκαν κατά το β' παγκόσμιο πόλεμο και αμέσως μετά συνεχίστηκαν σε συνεργασία με την αυτοκινητοβιομηχανία NSU. Το 1954 παρουσιάστηκε ο κινητήρας Βάνκελ σε πλήρη λειτουργία.

Αυτός ο κινητήρας αποτελείται από ένα τριγωνικό δισκοειδές έμβολο, το οποίο έχει τη δυνατότητα να κινείται έκκεντρα μέσα σε ένα κέλυφος με ανάλογη γεωμετρία

(επιτροχοειδής δίβολος) και σχηματίζει έτσι τρεις χώρους μεταβαλλόμενου μεγέθους. Κινηματικά και δυναμικά ο κινητήρας Βάνκελ είναι πολύ απλός και εξασφαλίζει πλήρη και εύκολη ζυγοστάθμιση των κινουμένων μερών του, άρα παράγει λιγότερους κραδασμούς σε σχέση με τους κινητήρες παλινδρομικών κινήσεων. Επίσης παρουσιάζει μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος (ισχύς/όγκος) σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες Otto, καθώς και μικρότερο όγκο και βάρος.

Μειονέκτημα του κινητήρα Βάνκελ παραμένει η στεγανότητα στα σημεία επαφής του εμβόλου με το κέλυφος, πράγμα που οδηγεί αναγκαστικά σε χαμηλούς βαθμούς συμπίεσης. Αρνητικά σημεία είναι επίσης η υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου και οι θερμικές καταπονήσεις του εμβόλου και του κελύφους γύρω από τη θέση του σπινθηριστή.

Ταξινόμηση – Κατάταξη των ΜΕΚ

1. Ως προς τον θερμικό κύκλο
 - Μηχανές σταθερής πίεσης (πετρελαιομηχανές)
 - Μηχανές έκρηξης ή σταθερού όγκου (βενζινομηχανές)
 - Μηχανές μεικτού κύκλου
2. Ως προς τους χρόνους λειτουργίας
 - Δίχρονες
 - Τετράχρονες
 - Συνεχούς λειτουργίας (αεριοστροβίλοι)
3. Ως προς τον τρόπο πλήρωσης της μηχανής με αέριο καύσιμο μίγμα
 - Φυσικής εισπνοής με την κάθοδο του εμβόλου
 - Υπερπληρούμενες
4. Ως προς την ισχύ
 - Απλής και διπλής ενέργειας
 - Μικρής, μέσης ή μεγάλης ισχύος
5. Ως προς την ταχύτητα
 - Βραδύστροφες 100 – 120 rpm (μηχανές πλοίων)
 - Μέσου αριθμού στροφών 250 – 500 rpm (μηχανές πλοίων)
 - Ταχύστροφες πετρελαιομηχανές 1000 – 4500 rpm (μηχανές φορτηγών και αυτοκινήτων)
 - Ταχύστροφες βενζινομηχανές 3500 – 7000 rpm (μηχανές αυτοκινήτων)
 - Ταχύστροφες βενζινομηχανές αυτοκινήτων 7000 rpm και άνω (μηχανές αυτοκινήτων αγώνων)
6. Ως προς το χρησιμοποιούμενο καύσιμο
 - Μηχανές βαρέων πετρελαίων (μαζούτ)
 - Μηχανές ελαφρών υγρών (diesel)
 - Μηχανές βενζίνης
 - Μηχανές φυσικών αερίων
 - Μηχανές μικτού καυσίμου (5% πετρέλαιο, 95% αέριο)
7. Ως προς τα μέσα βελτίωσης της καύσης
 - Με ή χωρίς στροβιλισμό
 - Μεγάλης ή μικρής περίσσειας αέρα

8. Ως προς τη φορά περιστροφής

- Δεξιόστροφες
- Αριστερόστροφες
- Αναστρέψιμες και μη αναστρέψιμες

9. Ως προς την ψύξη

- Αερόψυκτες
- Υδρόψυκτες

10. Ως προς τη διάταξη των εμβόλων

- Κατακόρυφες
- Οριζόντιες
- Τύπου boxer
- Διάταξης V
- Αντιθέτων εμβόλων
- Αστεροειδής διάταξη ενός ή δύο αστέρων
- Μηχανές με περιστρεφόμενο έμβολο, τύπου Wankel

11. Ως προς τον τρόπο έγχυσης του καυσίμου

- Με εμφύσηση αέρα
- Με μηχανική έγχυση
- Με εξαέρωση

12. Ως προς τη χρήση τους

- Μηχανές ξηράς
- Μηχανές θαλάσσης
- Μηχανές αέρος

Κατασκευαστικά στοιχεία των ΜΕΚ

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

Θάλαμος καύσης

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

Έμβολα

Τα έμβολα έχουν μορφή ανεστραμμένου κυπέλου 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 απράκτου. 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 από την ανάγκη κατανομής των ώσεων έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κραδασμοί. Η τυπική σειρά ανάφλεξης κατά τον τετρακύλινδρο κινητήρα είναι 1-3-2-4 και για τον εξακύλινδρο 1-5-3-6-2-4, που δείχνει την πρακτική της εναλλαγής διαδοχικών ώσεων. Η ευστάθεια του στροφαλοφόρου βελτιώνεται με την προσθήκη αντίβαρων. 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 μίκραινε 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. 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 άξονας

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

Σφόνδυλος

Σε κάθε παλινδρομικό κινητήρα η ροπή (δύναμη περιστροφής) εξασκείται διακεκομμένα κάθε φορά που γίνεται κάπου έναυση. Στα ενδιάμεσα διαστήματα, το ανερχόμενο κατά τη συμπίεση έμβολο και η αντίσταση του φορτίου ασκούν αρνητική ροπή. Η εναλλάξ επιτάχυνση από τις ώσεις ισχύος και στη συνέχεια η επιβράδυνση που οφείλεται στη συμπίεση, έχουν ως αποτέλεσμα ανομοιόμορφη περιστροφή. Ο ρόλος του σφονδύλου που είναι προσαρμοσμένος στο άκρο του στροφαλοφόρου, είναι να εξουδετερώνει την ανομοιομορφία της κίνησης. Ο σφόνδυλος είναι ένας βαρύς χυτοσίδηρος τροχός. Η μάζα του έχει αρκετή αδρανειακή ορμή, ώστε να ανθίσταται στις μεταβολές της ταχύτητας περιστροφής του, αναγκάζοντας έτσι τον στροφαλοφόρο να στρέφεται με σταθερή ταχύτητα.

Τριβείς

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

Σύστημα ανάφλεξης

Τα ηλεκτρικά συστήματα ανάφλεξης είναι μαγνητικά ή συστήματα συσσωρευτή και πηνίου. Το μαγνητικό σύστημα είναι αυτοδύναμο και χρειάζεται μόνο τους σπινθηριστές και την καλωδίωση, ενώ το σύστημα συσσωρευτή και πηνίου συνεπάγεται χρήση πολλών εξαρτημάτων. Το κύκλωμα περιλαμβάνει τον συσσωρευτή, ένας πόλος 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.

Εξαεριοτής

Ο εξαεριοτής 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 εξαεριοτήρα, 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.

Υπερτροφοδότης

Ο βαθμός πλήρωσης με αέρα σε έναν κινητήρα αυτοκινήτου φθάνει στο μέγιστο-λίγο παραπάνω από 80%- όταν η ταχύτητα του είναι η μισή περίπου της μέγιστης δυνατής, ενώ μειώνεται σημαντικά σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Η μείωση αυτή του εισαγόμενου αέρα, με την αύξηση της ταχύτητας, έχει ως αποτέλεσμα ανάλογες μεταβολές στη ροπή στρέψης στον στροφαλοφόρο άξονα. Έτσι η ισχύς φθάνει σε μια μέγιστη τιμή καθώς η ταχύτητα του κινητήρα αυξάνει. Σε ταχύτητες πάνω από την οριακή, η ανά κύκλο τροφοδοσία με αέρα ελαττώνεται τόσο γρήγορα ώστε η αποδιδόμενη ισχύς να είναι μικρότερη από τη αντίστοιχη σε χαμηλότερες ταχύτητες. Η ανικανότητα του κινητήρα να δεχθεί την απαραίτητη ποσότητα αέρα στις υψηλές ταχύτητες περιορίζει την απόδοσή του. Το μειονέκτημα αυτό παρακάμπτεται με τη βοήθεια του λεγόμενου υπερτροφοδότη, δηλαδή μιας αεραντλίας, ή ενός φυσητήρα που αυξάνει την πίεση του αέρα ο οποίος εισέρχεται στους κυλίνδρους, επομένως και την ποσότητά του. Ο στροβιλοτροφοδότης χρησιμοποιεί έναν αεριοστρόβιλο, που λειτουργεί με τα καυσάερα, για να κινήσει έναν φυγοκεντρικό φυσητήρα. Ο κινητήρας με υπερτροφοδότη αποκτά μεγαλύτερη ισχύ και λειτουργεί με μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου. Οι κινητήρες των αεροπλάνων υπερτροφοδοτούνται συνήθως και με κοινούς φυσητήρες και με στροβιλοτροφοδότες, για να εξασφαλίζουν ομαλή λειτουργία στα μεγάλα ύψη.

Σύστημα ψύξης

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

αέρα επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση λεπτών πτερυγίων στις εξωτερικές επιφάνειες των κυλίνδρων. Ο αέρας κυκλοφορεί ανάμεσα στα περύγια 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 εκκέντρων 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. Μέσα στο σιγαστήρα τοποθετούνται κατάλληλοι καταλύτες (υλικά που διευκολύνουν επιλεκτικά επιθυμητές χημικές αντιδράσεις), έτσι ώστε να μειώνεται η εκπομπή άκαυστων υδρογονανθράκων ή μονοξειδίου του άνθρακα.

Απόδοση

Ένα μέγεθος, που ονομάζεται μέση πίεση πέδησης λαμβάνεται με πολλαπλασιασμό της μέσης πίεσης ενός κινητήρα επί την μηχανική του απόδοση. Πρόκειται για έναν δείκτη που χρησιμοποιείται συχνά και εκφράζει την ικανότητα του κινητήρα να αναπτύξει χρήσιμη πίεση στους κυλίνδρους και επομένως να αποδώσει ισχύ. Οι κινητήρες των αυτοκινήτων ποικίλλουν σε αριθμό κυλίνδρων και ιπποδύναμη από μικρούς τετρακύλινδρους κινητήρες με ιπποδύναμη μικρότερη από 100 ίππους έως κινητήρες των 8.000 και πλέον κυβικών εκατοστωμέτρων με ιπποδύναμη μεγαλύτερη από 400 ίππους. Οι κινητήρες αυτοί ικανοποιούν τις ανάγκες της αυτοκινητοβιομηχανίας σε τέτοιο βαθμό ώστε μέχρι πρότινος, τουλάχιστον, δεν είχαν κανένα συναγωνισμό.

ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

Συστήματα άμεσου ψεκασμού

"Άμεση" επίπτωση σε ισχύ και κατανάλωση

Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των κινητήρων άμεσου ψεκασμού είναι η επίτευξη μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου και τα χαμηλά επίπεδα εκπομπής ρύπων

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

Φυσικό αέριο

Αρκετές μελέτες, που έχουν ως κύριο αντικείμενό τους την κίνηση οχημάτων με φυσικό αέριο, καταλήγουν ότι είναι από τα καθαρότερα οχήματα, όπως και αυτά του βιοαερίου ή και του υδρογόνου. Η ιδέα των βιοκαυσίμων δεν είναι ώριμη στην Ελλάδα και στην Ευρώπη και όπως δείχνουν τα πράγματα θα χρειαστούν περίπου 15 χρόνια συντονισμένης έρευνας και μελέτης για να μπορέσουν να βγουν χρήσιμα συμπεράσματα, υλοποιησιμα πάνω στα αυτοκίνητα.

Η τεχνολογία των αυτοκινήτων που κινούνται με φυσικό αέριο είναι αρκετά ώριμη και ασφαλής. Το φυσικό αέριο καίγεται σε κινητήρα τύπου Otto (με σπινθήρα), καθιστώντας δυνατή την εναλλαγή καυσίμου μεταξύ της βενζίνης και του φυσικού αερίου. Τα οχήματα που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο κάνουν λιγότερο θόρυβο από ό,τι τα πετρελαιοκίνητα. Έρευνες κάνουν λόγο για μείωση θορύβου κατά 1 ντεσιμπέλ κατά την κίνηση, με σταθερή ταχύτητα και 3,3 ντεσιμπέλ, κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης. Κατανοώντας το μέγεθος του θορύβου, αρκεί να επισημάνουμε ότι μια διαφορά τριών ντεσιμπέλ ισοδυναμεί με υποδιπλασιασμό του θορύβου. Ένα αυτοκίνητο, το οποίο κινείται με φυσικό αέριο, εκπέμπει λιγότερα μη-μεθανιούχα σωματίδια. Έτσι, ελαχιστοποιούνται οι εκπομπές καρκινογόνων αρωματικών και πολυκυκλικών υδρογονανθράκων, επέρχεται μείωση εκπομπών NOx μέχρι και 85%, μείωση CO πάνω από 90% και μείωση CO₂ μέχρι και 20%, ενώ συμβάλλει στη μείωση εκπομπών λεπτών σωματιδίων (PM) μέχρι και 99%.

Η χρήση φυσικού αερίου από οχήματα είναι εφικτή με την τοποθέτηση σε αυτά ειδικών φιαλών για την αποθήκευση του καυσίμου, οι οποίες κατασκευάζονται από υπερανθεκτικά υλικά και τοποθετούνται στα οχήματα, με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ρήξης τους ακόμα και στις πιο σφοδρές συγκρούσεις. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται στις φιάλες του οχήματος υπό υψηλή πίεση (250 bar), γι' αυτό και αποκαλείται «Συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο» (Compressed Natural Gas ή CNG).

Στην Ελλάδα, 415 λεωφορεία που ανήκουν στη δύναμη της ΕΘΕΛ στην Αθήνα, αλλά και 106 απορριματοφόρα των δήμων της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών, κινούνται με συμπιεσμένο φυσικό αέριο. Η τροφοδοσία τους γίνεται στο κέντρο τροφοδοσίας φυσικού αερίου, στην Ανθούσα και τα Άνω Λιόσια, με δυναμικότητα των συγκεκριμένων σταθμών στα 5000 Nm³/h, γεγονός που τους κατατάσσει ανάμεσα στους μεγαλύτερους σταθμούς της Ευρώπης.

Βιοκαύσιμα

Το επόμενο βήμα, είναι η παραγωγή καυσίμων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Ένα τέτοιο είναι και το SunFuel, το οποίο παράγεται από βιομάζα και κυτταρική αιθανόλη και χαρακτηρίζεται ως δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμο. Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στο περιβάλλον κατά την καύση του είναι αντίστοιχη με την ποσότητα που απορροφάται από τα φυτά από τα οποία παράγεται η βιομάζα.

Αυτή με τη σειρά της αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή του SunFuel. Αυτό μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί και σε συμβατικούς παλαιότερους πετρελαιοκινητήρες χωρίς καμία τροποποίηση, πετυχαίνοντας μείωση εκπεμπόμενων σωματιδίων κατά 30%, ενώ με κάποιες ρυθμίσεις του injection μειώνονται και τα παραγόμενα οξείδια του αζώτου κατά 30%. Το επόμενο βήμα στον τομέα των βιοκαυσίμων είναι η ανάπτυξη ειδικών κινητήρων εσωτερικής καύσης CCS (Combined Combustion System) για βιοκαύσιμα, συνδυάζοντας την οικονομία των σημερινών πετρελαιοκινητήρων με την ποιότητα καυσαερίων των κινητήρων βενζίνης.

Υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την και έχει δωθεί , σημαντική προτεραιότητα στην εύρεση εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης, με την κατασκευή και εξέλιξη υβριδικών ή ηλεκτρικών οχημάτων.

1. Κατά την ομαλή εκκίνηση του αυτοκινήτου, τους τροχούς κινεί αποκλειστικά ο ηλεκτροκινητήρας που αντλεί ενέργεια από τη συστοιχία των συσσωρευτών
2. Στη συνέχεια, επιταχύνοντας εμπλέκεται και ο βενζινοκινητήρας ο οποίος εκτός από την κίνηση των τροχών κινεί έμμεσα -μέσω μιας γεννήτριας- και τον ηλεκτροκινητήρα. Ο συνδυασμός των δύο μονάδων προσφέρει ιδιαίτερα χαμηλή κατανάλωση καυσίμου όπως και εκπομπές ρύπων.
3. Όταν οι απαιτήσεις για επιτάχυνση είναι ιδιαίτερα αυξημένες, ο ηλεκτροκινητήρας αντλεί ενέργεια και από τις μπαταρίες παρέχοντας το μέγιστο της ισχύος της υβριδικής διάταξης
4. Κατά την επιβράδυνση η "ελεύθερη" κίνηση των τροχών περιστρέφει τον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος λειτουργεί πλέον σαν γεννήτρια επαναφορτίζοντας τις μπαταρίες
5. Όταν τα αποθέματα της μπαταρίας εξαντληθούν, το έργο της κίνησης του αυτοκινήτου αλλά και του ηλεκτροκινητήρα αναλαμβάνει ο βενζινοκινητήρας μέχρι να επαναφορτιστεί

Υβριδικά οχήματα ήδη κυκλοφορούν στους δρόμους, αφού υπάρχουν μοντέλα ευρείας παραγωγής, όπως το Honda Insight και το Toyota Prius. Ωστόσο, ακόμα και αυτά τα αυτοκίνητα καταναλώνουν βενζίνη και φυσικά εκπέμπουν ρύπους, έστω και αν αυτοί είναι μειωμένοι.

Από την άλλη, τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα χαρακτηρίζονται μεν "οχήματα μηδενικών ρύπων", εντούτοις οι κατασκευαστές τους δεν είναι ακόμη σε θέση να αντιμετωπίσουν τα μειονεκτήματα της περιορισμένης αυτονομίας τους, του μεγάλου βάρους των μπαταριών και του χρόνου που απαιτείται για τη φόρτισή τους.

Κυψέλες καυσίμου υδρογόνου

Η λύση στα παραπάνω προβλήματα φαίνεται να έρχεται από τις κυψέλες καυσίμου (fuel cells) που χρησιμοποιούν υδρογόνο, το οποίο αποθηκεύεται σε δεξαμενές στο εσωτερικό του αυτοκινήτου.

Στον τομέα κυψελών καυσίμου, έχουν στρέψει την έρευνά τους αρκετές αυτοκινητοβιομηχανίες που εξελίσσουν κυψέλες καυσίμου υψηλής θερμοκρασίας αλλά και τις αντίστοιχες χαμηλής θερμοκρασίας. Τα πλεονεκτήματα των πρώτων θα βοηθήσουν στη μείωση του βάρους των αυτοκινήτων που θα εφοδιάζονται με την τεχνολογία αυτή, σε σχέση με τα συστήματα κυψελών χαμηλής θερμοκρασίας, ενώ παράλληλα θα αυξήσουν την ιπποδύναμη και την κατανάλωση.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου υψηλής θερμοκρασίας αναμένεται να περάσει στην παραγωγή περί το έτος 2020.

Πρωτότυπα "fuel cell" οχήματα έχουν κατασκευαστεί αρκετά μέχρι σήμερα. Στη φετινή όμως έκθεση αυτοκινήτου στο Παρίσι αποκαλύφθηκε το πρώτο, σύμφωνα με την General Motors, αυτοκίνητο που θα μπορούσε να μπει σε ευρεία παραγωγή και να κυκλοφορήσει στους δρόμους.

Δημήτρης Χατζητόλιος

Το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό VW παραγωγής είναι γεγονός



Όταν ένας κολοσσός όπως η VW επενδύει και βγάζει στην παραγωγή ένα εντελώς ηλεκτρικό μοντέλο παραγωγής, αυτό λέει πολλά για το μέλλον της εταιρείας αλλά και της αυτοκίνησης, γενικώς. Η VW σε συνάντηση επενδυτών στο Wolfsburg παρουσίασε το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό μοντέλο παραγωγής, το νέο e-up! Η πρώτη του επίσημη παρουσίαση στο κοινό θα γίνει στην έκθεση της Φρανκφούρτης του 2013.

Πηγή δύναμης είναι ένας ηλεκτροκινητήρας που αποδίδει 80 Ps στιγμιαία μέγιστη ισχύ και 55 Ps συνεχόμενης δύναμης. Η μέγιστη ροπή φτάνει τα 210 Nm και είναι διαθέσιμη από το πρώτο πάτημα του γκαζιού. Αυτό συνεπάγεται πολύ καλές επιδόσεις. Τα 0-100 km/h έρχονται σε 14 sec και η μέγιστη ταχύτητα είναι 135 Km/h.

Οι μπαταρίες είναι ιόντων λιθίου και βρίσκονται κάτω από το πάτωμα. Προσθέτουν συνολικά 150 kg στο βάρος, στέλνοντας το στα 1185 kg.

Το εντελώς ηλεκτρικό up! θα έχει αυτονομία 150 km και χρειάζεται μόλις 30 λεπτά για να επαναφορτίσει το 80% της μπαταρίας του.

Στον αισθητικό τομέα, μπροστά ξεχωρίζουν τα led φώτα ημέρας που σχηματίζουν ημικύκλια μέσα στον προφυλακτήρα. Στο πίσω μέρος συναντάμε ιδίου σχήματος φωτιστικά που αυτή την φορά εξυπηρετούν σαν φώτα ομίχλης. Νέες είναι και οι ζάντες των 15 in που πρώτη φορά είδαμε το 2009 στο e-up! concept. Τέλος, το μοντέλο έχει δεχθεί βελτιώσεις στον αεροδυναμικό τομέα εμπρός, πίσω και στο πλάι.

Στο εσωτερικό, το e-up! έχει μοναδικές ανοιχτόχρωμες γκρι επενδύσεις. Στο δερμάτινο τιμόνι, λεβιέ και χειρόφρενο συναντάμε μπλε ραφές, που συνδυάζονται με την μπλε οθόνη στο πάνω μέρος της κονσόλας.

Ως εξτρά η VW θα προσφέρει το Συνδυασμένο Σύστημα Φόρτισης CCS (Combined Charging System) που υποστηρίζει φόρτιση DC αλλά και AC, δίνοντας την δυνατότητα στον κάτοχο να φορτίσει το e-up! σχεδόν παντού.

Είναι προφανές πως το μέλλον στα αυτοκίνητα θα περιλαμβάνει πολύ ηλεκτρισμό. Ειδικά το group VW δείχνει τον τελευταίο καιρό μια στροφή προς αυτόν τον τομέα. Σας θυμίζουμε πως στην έκθεση της Γενεύης παρουσιάστηκε ηλεκτρικό Audi A3 και υβριδικό Golf.

Με λίγα λόγια

- Ιδανικός συνδυασμός μεγέθους-αυτονομίας
- Η στροφή του group VW προς την ηλεκτροκίνηση σημαίνει πολλά

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την «αιολόσφαιρα του Ήρωνα» μέχρι να κατασκευαστεί η πρώτη ατμομηχανή για πρακτικές εφαρμογές, χρειάστηκε να περάσουν πάρα πολλά χρόνια

Στη συνέχεια όμως οι ατμομηχανές συνέχισαν να βελτιώνονται και να εξελίσσονται συνεχώς, παίζοντας το βασικότερο ρόλο στην πραγματοποίηση της Βιομηχανικής επανάστασης και επομένως τη μετάβαση από τον χειρωνακτικό τρόπο εργασίας και παραγωγής στον μηχανοποιημένο. Η εφεύρεση της ατμομηχανής και στη συνέχεια η διάδοση της χρήσης της είχε ως αποτέλεσμα βαθιές αλλαγές στη ζωή των ανθρώπων και στις κοινωνικές δομές

Επίσης, έπαιξαν σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη της ναυσιπλοΐας και της ναυτιλίας, με την εμφάνιση του ατμόπλοιου, που δεν εξαρτιόταν από τον άνεμο για την κίνησή του, όπως τα ιστιοφόρα, και την καθιέρωση του σιδηροδρόμου ως κύριου τρόπου χερσαίων μεταφορών στις ανεπτυγμένες χώρες

Μαζί με τις ηλεκτρογεννήτριες που εφευρέθηκαν μετά από αρκετές δεκαετίες, αποτέλεσαν τα πρώτα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, με τα οποία τροφοδοτήθηκαν με ηλεκτρική ενέργεια οι πόλεις και οι βιομηχανίες. Όλες αυτές οι καινοτομίες και άλλες δευτερεύουσες στον περίγυρο της ατμομηχανής άλλαξαν την οικονομία και την κοινωνία καταρχήν της Ευρώπης και στη συνέχεια του υπόλοιπου κόσμου και θεμελίωσαν κατά τις επόμενες δεκαετίες τη *βιομηχανική κοινωνία*

Ένα άλλο, αφανές μεν αλλά εξ ίσου σημαντικό όφελος από την εφεύρεση της ατμομηχανής ήταν η μελέτη των επί μέρους φάσεων της λειτουργίας της, με αποτέλεσμα να προκύψει ο επιστημονικός τομέας της *Θερμοδυναμικής* (N.L. Carnot). Το 19^ο αιώνα διατυπώθηκαν τα θερμοδυναμικά αξιώματα και οι νόμοι αυτού του σημαντικού τομέα της Φυσικής και της Τεχνικής. Αυτά τα αξιώματα επέφεραν και φιλοσοφικές αλλαγές στην αντίληψη, όσον αφορά την εξέλιξη των γεγονότων στο χρόνο. Ενώ με την κλασική μηχανιστική αντίληψη όλα τα γεγονότα είναι αντιστρεπτά και έτσι θα μπορούσε ο χρόνος να εξελιχθεί «ανάποδα», με τη θερμοδυναμική αντίληψη διαπιστώνουμε ότι ο χρόνος εξελίσσεται πάντα θετικά! Δηλαδή, τα φυσικά φαινόμενα δεν είναι δυνατόν να εξελιχθούν στην αντίθετη κατεύθυνση, γιατί σχετίζονται πάντα με *μη αντιστρεπτές* θερμικές διεργασίες

Τον εικοστό αιώνα, οι ατμομηχανές εκτοπίστηκαν σε μεγάλο βαθμό από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης (Otto, Diesel), τους ηλεκτροκινητήρες και άλλα είδη κινητήρων εσωτερικής καύσης, μια και αυτοί ήταν οι τρόποι παραγωγής ενέργειας που έκαναν την εμφάνισή τους στο προσκήνιο εκείνη την εποχή (19ος αιώνας)

Τα πλεονεκτήματά του κινητήρα εσωτερικής καύσης του έδωσαν τη δυνατότητα να εκτοπίσει τους άλλους τύπους κινητήρων και να αποτελέσει εδώ και έναν αιώνα τον κυρίαρχο τύπο Κινητήριας Θερμικής Μηχανής

Μπορεί το 1900 οι άνθρωποι να ενδιαφέρονταν πρώτα απ' όλα για το πώς θα εξασφαλίσουν ένα μεταφορικό μέσον και να μην ενδιαφέρονταν για την ποσότητα και την ποιότητα των καυσαερίων που σκορπούσε στο πέρασμά του π.χ. ένα αυτοκίνητο, όπως δεν ενδιαφέρονταν ιδιαίτερα ούτε και για την ποσότητα του καυσίμου που κατανάλωναν οι κινητήρες των αυτοκινήτων. Σήμερα όμως τα πράγματα έχουν αλλάξει. Τα γνωστά παγκόσμια αποθέματα σε πετρέλαιο αρκούν με βάση την τωρινή ετήσια κατανάλωση, για να καλύψουν τις ανάγκες της ανθρωπότητας για 44,4 χρόνια

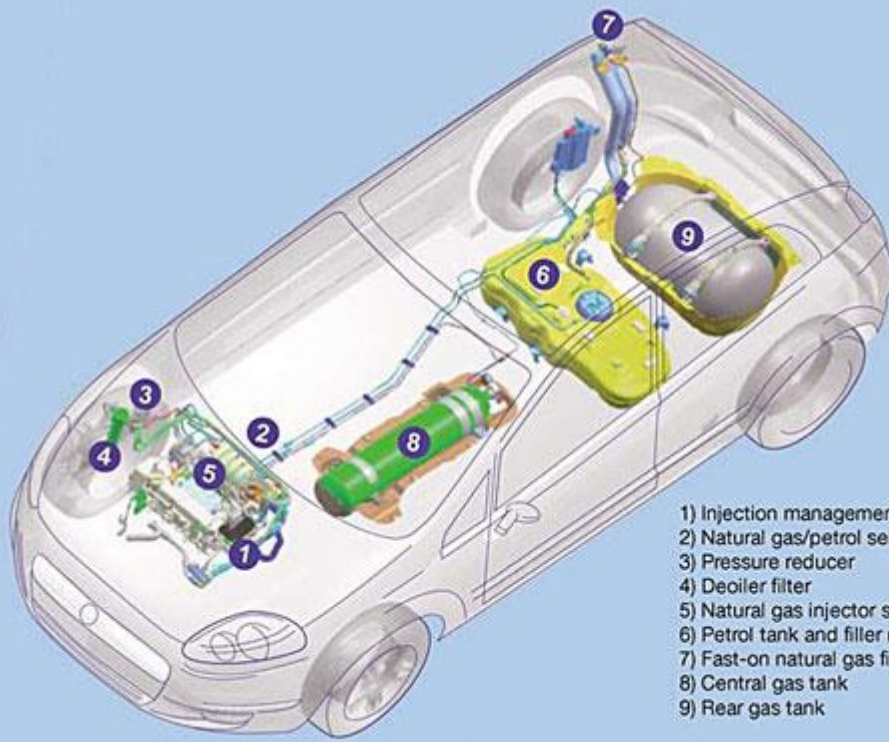
Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι ένας σημαντικότερος καταναλωτής των προϊόντων της κλασματικής απόσταξης του πετρελαίου, οπότε είναι απόλυτα φυσικό ένα μέρος των προσπαθειών εξοικονόμησης των υπαρχουσών και εξεύρεσης νέων πηγών ενέργειας, να αφορά τους κινητήρες αυτούς

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

Επειδή το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρησιμοποιούμε σήμερα σχετίζεται με τη χρήση των θερμικών μηχανών, είναι απαραίτητο να τεθούν νέοι στόχοι, νέες προτεραιότητες, με προοπτική και σεβασμό στο περιβάλλον

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Από την εμφάνισή του στη γη, ο άνθρωπος, δεν σταμάτησε ποτέ να ερευνά, να ανακαλύπτει, να εφαρμόζει και να χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα των προσπαθειών του με στόχο όχι μόνο την επιβίωση του αλλά και τη συνεχή βελτίωση του βιοτικού του επιπέδου. Η μεγάλη όμως αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, σε συνδυασμό με τη φθίνουσα πορεία των φυσικών πόρων του πλανήτη θα πρέπει να μας προβληματίσει ιδιαίτερα, να μας κάνει πιο προσεκτικούς, πιο ανθρώπινους, πιο ευρηματικούς και να μας οδηγήσει σε σκέψεις και πρακτικές που θα είναι περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον, το οποίο είναι προαπαιτούμενο για την επιβίωσή μας



- 1) Injection management ECU
- 2) Natural gas/petrol selector
- 3) Pressure reducer
- 4) Deoiler filter
- 5) Natural gas injector set
- 6) Petrol tank and filler neck
- 7) Fast-on natural gas fill valve
- 8) Central gas tank
- 9) Rear gas tank