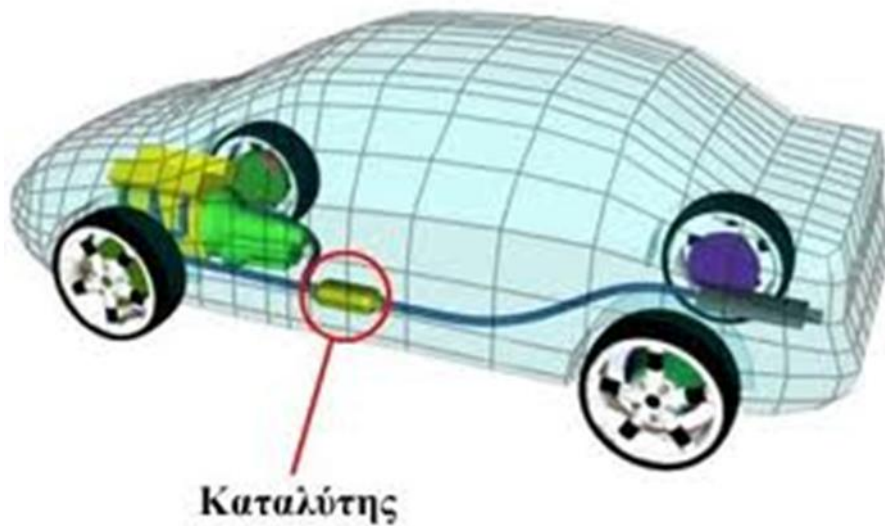




ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΡΥΠΩΝ ΤΩΝ
ΟΧΗΜΑΤΩΝ



Ομάδα φοιτητών:

Φωτίου Χρυσοβαλάντης

Τσιριγώτης θόδωρος

Χανδρινός Ανδρέας

Επιβλέπον:

Ματζινός Παναγιώτης

Ημερομηνία εκτέλεσης: 29/05/2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ –ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	σελ. 6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ ΚΑΙ ΡΥΠΟΙ	σελ. 9
2.1. Πρωτογενείς & Δευτερογενείς ρύποι	σελ. 10
2.1.1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	σελ. 13
2.1.2. Υδρογονάνθρακες (HC).....	σελ.15
2.1.3. Οξειδία του αζώτου (NOx).....	σελ. 17
2.1.4. Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂).....	σελ. 18
2.1.5. Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	σελ. 21
2.1.6. Ο μόλυβδος και η επίδραση του στον κύκλο της ζωής	σελ. 23
2.1.7. Δευτερογενείς ρυπαντές – Όζον	σελ. 27
2.1.8. Ψυκτικά μέσα - Ψυκτικό φρέον (CFC).....	σελ. 28
2.1.9. Στερεά σωματίδια (Particulate Matter - PM).....	σελ. 34
2.1.10. Συμμετοχή πηγών στις ετήσιες εκπομπές ρύπων.....	σελ. 40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	σελ. 42
3.1. Τεχνολογικές Λύσεις	σελ. 42
3.2. Μη τεχνολογικές προτεινόμενες λύσεις	σελ. 43
3.3. Ειδικά συστήματα	σελ. 43
3.4. Αρχές σχεδιασμού καταλυτικού μετατροπέα καυσαερίων	σελ. 44
3.5. Συστήματα ελέγχου εκπομπών βενζινοκινητήρα	σελ. 46
3.6. Αντλία παροχής πρόσθετου αέρα στην εξαγωγή (air pump, thermal reactors).....	σελ. 46
3.7. Σύστημα ανακύκλωσης των καυσαερίων EGR (Exhaust gas recirculation)	σελ. 47
3.8. Σύστημα περιορισμού των εκπομπών HC από το κάρτερ PCV (Positive crankcase ventilation)	σελ. 48
3.9. Συστήματα περιορισμού των εκπομπών HC από τον εξαεριωτή και το δοχείο καυσίμου.....	σελ. 49

3.10. Θερμοστατικό φίλτρο αέρα	σελ. 50
3.11. Συστήματα μετατροπής του χρόνου έναυσης	σελ. 50
3.12. Καταλυτικά συστήματα ελέγχου εκπομπών	σελ. 51
3.12.1. Αισθητήρας οξυγόνου ή λήπτης λάμδα (λ – sensor)	σελ. 51
3.12.2. Λειτουργία του αισθητήρα ζirkονίου	σελ. 52
3.12.3. Αισθητήρας λ με άλμα αντίστασης	σελ. 53
3.12.4. Σύστημα δευτερεύοντος αέρα.....	σελ. 53
3.12. 5. Κλειστά και ανοικτά συστήματα ρύθμισης	σελ. 53
3.12.6. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU).....	σελ. 54
3.12.7. Διαγνωστικός έλεγχος επί του οχήματος (On board)	σελ. 55
3.12.8. Επιτήρηση καταλύτη	σελ. 55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ - ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ.....	σελ. 56
4.1. Πώς λειτουργεί ο καταλύτης ;	σελ. 57
4.2. Πόσα είδη καταλυτών υπάρχουν ;	σελ. 57
4.3. Τι είναι ο « λ » ;	σελ. 58
4.4. Ποια είναι η διάρκεια ζωής ενός καταλύτη και από τι καταστρέφεται ;	σελ. 59
4.5. Ο καταλύτης, χρησιμοποιημένος ή μη, είναι επικίνδυνος για τη Δημόσια Υγεία ;	σελ. 60
4.6. Τι γίνονται οι κατεστραμμένοι καταλύτες ;	σελ. 61
4.7. Τι πρέπει να κάνουμε σε ένα καταλυτικό αυτοκίνητο ;	σελ. 61
4.8. Τι δεν πρέπει να κάνουμε σε ένα καταλυτικό αυτοκίνητο ;	σελ. 61
4.9. Στοιχειομετρική αναλογία	σελ. 62
4.10. Καταλύτης οξυγόνωσης	σελ. 64
4.11. Συστήματα εξάτμισης ντηζελομηχανών (100% καθαρό ντήζελ)	σελ. 64
4.12. Λύσεις πολλαπλών εφαρμογών	σελ. 65
4.13. Κουσαέρια	σελ. 66
4.14. Μηχανισμός μετατροπής των ρύπων στον καταλυτικό μετατροπέα.....	σελ. 69
4.15. Συστήματα κατάλυσης.....	σελ. 71
4.15.1. Αναγωγικός καταλυτικός μετατροπέας	σελ. 71
4.15.2. Οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας (διοδικός).....	σελ. 72
4.15.3. Καταλύτης διπλής κλίνης (dual bed)	σελ. 73
4.15.4. Τριοδικός καταλύτης	σελ. 73

4.15.5. Μη ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης.....	σελ. 75
4.15.6. Ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης	σελ. 76
4.15.7. Αισθητήρας “λάμδα” (lamda sensor)	σελ. 77
4.15.8. Μη προθερμαινόμενος αισθητήρας “λάμδα”	σελ. 78
4.15.9. Θερμαινόμενος αισθητήρας “λάμδα”	σελ. 78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΗ..... σελ. 79

5.1. Είδη καταλυτών ανάλογα με τη κατασκευή τους.....	σελ. 80
5.2. Τα ευγενή μέταλλα που χρησιμοποιούνται στους καταλυτικούς μετατροπείς.....	σελ. 82
5.3. Κατασκευαστική δομή του καταλυτικού μετατροπέα	σελ. 84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ- ΒΛΑΒΕΣ

ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ	σελ. 85
6.1. Μείωση απόδοσης των τριοδικών καταλυτικών μετατροπέων (TWC).....	σελ. 85
6.2. Αιτίες βλαβών καταλύτη	σελ. 88
6.2.1. Δηλητηρίαση από μόλυβδο.....	σελ. 88
6.2.2. Βούλωμα	σελ. 89
6.2.3. Σπάσιμο λόγω πρόσκρουσης	σελ. 89
6.2.4. Λιώσιμο του μονόλιθου	σελ.89
6.3. Επισημάνσεις για τη σωστή λειτουργία των καταλυτών μετατροπέων.....	σελ. 90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ. 93
--------------------	---------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 94
--------------------	---------

ΠΕΡΙΛΗΨΗ –ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.) αποτελούν την κύρια κατηγορία θερμικών μηχανών. Με τις θερμικές μηχανές επιδιώκεται η παραγωγή μηχανικού έργου, αξιοποιώντας την αποταμιευμένη στα καύσιμα χημική ενέργεια, με εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας που εκλύεται κατά το φαινόμενο της καύσης. Η λειτουργία όμως των Μ.Ε.Κ., προκαλεί τα γνωστά προβλήματα ρύπανσης του ατμοσφαιρικού- και όχι μόνο- περιβάλλοντος, ο τρόπος αντιμετώπισης των οποίων είναι και το αντικείμενο της παρούσης εργασίας.

Η εργασία αυτή είναι δομημένη ως εξής :

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια ιστορική αναδρομή του όλου θέματος.

Στο κεφάλαιο 2, περιγράφονται αναλυτικά οι αέριοι ρύποι που υπάρχουν στα καυσαέρια.

Στο κεφάλαιο 3, περιγράφονται οι μέθοδοι ελέγχου των καυσαερίων.

Στο κεφάλαιο 4, περιγράφονται οι μηχανισμοί της καταλυτικής δράσης και οι καταλύτες που χρησιμοποιούνται στα οχήματα.

Στ κεφάλαιο 5, περιγράφονται τα υλικά, από τα οποία κατασκευάζονται οι καταλύτες.

Στο κεφάλαιο 6, αναλύονται θέματα όπως, η μείωση της καταλυτικής απόδοσης, η συντήρηση και οι βλάβες των καταλυτών.

Στο κεφάλαιο 7, περιγράφονται οι διαδικασίες ανακύκλωσης των καταλυτών.

Τέλος, δίνονται τα συμπεράσματα και η σχετική βιβλιογραφία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Πριν ξεκινήσουμε οποιαδήποτε ανάλυση γύρω από τους καταλύτες και την λειτουργία τους, είναι σκόπιμο να έχουμε μερικές εγκυκλοπαιδικές γνώσεις που θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε την χρησιμότητά τους. Η βασική διαφορά της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας από τους άλλους πλανήτες είναι η ύπαρξη οξυγόνου ως συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα.

Η σύσταση της ατμόσφαιρας είναι : 78% άζωτο, 0, 95% αργό και 20 ,9% οξυγόνο. Το οξυγόνο δημιουργήθηκε στην γήινη ατμόσφαιρα πριν από δύο δισεκατομμύρια χρόνια περίπου. Στην αρχή τα ποσοστά του οξυγόνου στον αέρα ήταν μικρά (περίπου 2-5%). Στην συνέχεια και βαθμιαία δημιουργήθηκε το γνωστό ποσοστό 20 ,9%.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όμως έχουν σαν αποτέλεσμα την βαθμιαία μείωση των ποσοστών του οξυγόνου.

Το οξυγόνο που καταναλώνεται από την βιομηχανία, τα αυτοκίνητα και τις πυρκαγιές ίσως αποδειχθεί αναντικατάστατο για τις επόμενες γενιές. Στη θέση του οξυγόνου, πάντοτε, δημιουργείται κάποιο άλλο αέριο, συνήθως **επιβλαβές** για το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Η συνειδητοποίηση του προβλήματος αυτού από τους « ειδικούς» δημιούργησε την ανάγκη για έρευνες γύρω από την καλύτερη αντιμετώπισή του. Αντιλαμβανόμενοι λοιπόν κατά την έρευνα ότι το αυτοκίνητο είναι ένας από τους δημιουργούς του προβλήματος, κινήθηκαν προς την κατεύθυνση αυτή. Και η λύση βρέθηκε!!! Το όνομα αυτής «καταλύτης» ή αλλιώς αυτοκίνητα «νέας τεχνολογίας» ή αλλιώς «καθαρά» αυτοκίνητα.

Μόνο που υπήρχε ένα πρόβλημα. Η λύση ήρθε πολύ γρήγορα και έτσι δεν τους δόθηκε χρόνος να ενημερώσουν τον πολύ κόσμο. Και τότε άρχισαν τα «παρατρέγουδα»! Ο κάθε αμαθής ή ημιμαθής ή αν θέλετε απλά άσχετος άρχισε να αναλύει την δική του θεωρία γύρω από το θέμα.

Αποτέλεσμα αυτής της παραπληροφόρησης στην χώρα μας, ήταν ο πανικός και η τρομοκρατία του κόσμου σε πολλές περιπτώσεις. Όταν όμως αυτή η φουρτούνα «κόπασε», άρχισε η σωστή πληροφόρηση γύρω από το θέμα. Ξεκινώντας λοιπόν σας λέμε ότι οι περιορισμοί για την εκπομπή βλαβερών καυσαερίων εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά στην γη το 1961.

Αυτό έγινε στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ όπου δια νόμου, περιορίστηκαν οι εκπομπές των καυσαερίων, από το κάλυμμα του στροφάλου. Δια νόμου λοιπόν καθιερώθηκε, ότι αυτά τα λεγόμενα αέρια «**Blow- By**» θα έπρεπε να επιστραφούν στο σύστημα αναρρόφησης (εισαγωγή) του κινητήρα, με ισχύ του νόμου από 1/1/1964.

Ήδη όμως από το '56, οι αμερικάνοι τεχνικοί ανέπτυξαν ένα πρόγραμμα ελέγχου για την εκπομπή καυσαερίων, το ονομαζόμενο «ELEVEN TEST MODE», από το οποίο προήλθε το πλέον παγκοσμίως γνωστό «SEVEN TEST MODE», και δεν επέτρεπαν την κυκλοφορία κανενός αυτοκινήτου, το οποίο δεν πληρούσε τις προδιαγραφές του τεστ των επτά αερίων-όπως λέγεται στα ελληνικά- από το 1966.

Στην συνέχεια στις προδιαγραφές αυτές προσαρμόστηκαν και οι Ευρωπαίοι κατασκευαστές, για τα αυτοκίνητα που εξήγαν προς τις Η.Π.Α. Όμως και η **Ε.Ο.Κ** θέσπισε από τις αρχές του 1970 τα δικά της όρια εκπομπής καυσαερίων. Αρχικά, καθιέρωσαν ρυθμίσεις μόνο για τον περιορισμό των άκαυστων υδρογονανθράκων και του μονοξειδίου του άνθρακα.

Με βάση το έτος 1971 συστήθηκε μείωση για όλα τα καινούργια αυτοκίνητα, μέχρι το 1975, της τάξης του 20% για το CO (μονοξείδιο του άνθρακα) και 15% για τους HC (άκαυστους υδρογονάνθρακες). Το 1979 έγινε μία ακόμη μείωση των ορίων εκπομπής των καυσαερίων για το CO κατά 35% και για τους HC κατά 25% έναντι των τιμών του '71. Το 1977 περιορίστηκαν, δια νόμου, και οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου (NO_x), και από το 1982 αναφέρονται συνολικά μαζί με τις εκπομπές των HC και του CO.

Η μείωση που επιτεύχθηκε στα ποσοστά των NO_x, τότε, ήταν της τάξης του 40%. Αυτά, σε ότι αφορά την ιστορία του καταλύτη. Πριν περάσουμε όμως στην ουσία του θέματός μας, τους καταλύτες, καλό είναι να δούμε πρώτα ποια είναι αυτά τα βλαβερά για τον άνθρωπο αέρια που εκπέμπονται από το αυτοκίνητο, και σε τι ποσοστό είναι βλαβερά. Η ύπαρξη των βλαβερών για τον άνθρωπο αερίων, οφείλεται στην ατελή καύση των υδρογονανθράκων του καυσίμου (βενζίνη). Τα βλαβερά αυτά αέρια λοιπόν είναι :

A) Άκαυστοι υδρογονάνθρακες, (HC) (βενζίνη).

B) Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το οποίο είναι εξαιρετικά δηλητηριώδες για τον άνθρωπο.

Γ) Διάφορα οξείδια του αζώτου (NO_x).

Να σημειωθεί εδώ ότι τα βλαβερά αυτά αέρια αποτελούν **μόνο** το 2% των καυσαερίων του αυτοκινήτου, ενώ το υπόλοιπο 98% είναι ακίνδυνο. Για παράδειγμα, αν καεί 1 (ένα) κιλό βενζίνης, τότε εκπέμπονται 15 (δεκαπέντε) κιλά καυσαερίων. Απ' αυτά μπορούν να θεωρηθούν σαν άκρως βλαβερά μόνο τα 300gr καυσαερίων. Το μεγαλύτερο μερίδιο αυτών των βλαβερών ουσιών έχει το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) με περίπου 70% συμμετοχή. Το αέριο αυτό δημιουργείται κάτω από συνθήκες μη πλήρους καύσης δηλ. κάτω από έλλειψη οξυγόνου.

Στην περίπτωση αυτή, ο άνθρακας δεν βρίσκει αρκετό οξυγόνο για να μπορεί να καεί πλήρως και να μετατραπεί σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το οποίο δεν είναι βλαβερό για τον άνθρωπο. Χρήσιμο είναι να πούμε ότι το μονοξείδιο του άνθρακα έχει την ιδιότητα να

μην οξειδώνεται κάτω από μία συγκεκριμένη θερμοκρασία, έτσι ώστε να μετατραπεί σε διοξείδιο.

Ακόμη πρέπει να ξέρετε ότι το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άοσμο και ιδιαίτερα δηλητηριώδες για τον άνθρωπο. Αντιδρά δε 200 έως 300 φορές πιο εύκολα με την κόκκινη χρωστική ουσία του αίματος παρά το οξυγόνο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το να μεταφέρεται μέσω του αίματος, λιγότερο οξυγόνο και να επηρεάζεται σημαντικά η λειτουργία του εγκεφάλου. Η δεύτερη βλαβερή ουσία που εκπέμπεται μέσω των καυσαερίων είναι οι άκαυτοι υδρογονάνθρακες (HC), οι οποίοι κατά κύριο λόγο, αποτελούνται από μόρια βενζίνης, που λόγω κακής καύσης εξάγονται από την εξάτμιση, ή ακόμη από τον εξερισμό του καρμπυλατέρ.

Οι εκπομπές των HC μ' αυτούς τους τρόπους, συμβάλλουν σημαντικά στην δημιουργία του νέφους και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για την υγεία μας σε μεγάλη πυκνότητα. Τέλος τα οξείδια του αζώτου (NO_x) αντιπροσωπεύουν το 18% των βλαβερών ουσιών, και χωρίζονται σε μονοξείδια και διοξείδια. Τα μονοξείδια δημιουργούνται μέσα στον χώρο καύσης, και τα διοξείδια δημιουργούνται όταν τα καυσαέρια έρχονται σ' επαφή με την ατμόσφαιρα. Αυτοί είναι κυρίως οι λόγοι που επέβαλλαν την ανάγκη της τοποθέτησης του καταλύτη στα αυτοκίνητα σήμερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ ΚΑΙ ΡΥΠΟΙ

Γενικά

Σήμερα, κυκλοφορούν περισσότερα από 200 εκατομμύρια αυτοκίνητα στους δρόμους της Ευρώπης, προσφέροντας ελευθερία κίνησης σε πολλές κατηγορίες επιβατών. Ταυτόχρονα όμως, τα αυτοκίνητα θεωρούνται ως επιβλαβή για τα οικοσυστήματα του πλανήτη, με επιπτώσεις από την παγκόσμια υπερθέρμανση και τα αέρια του θερμοκηπίου, μέχρι τη φωτοχημική ρύπανση, το θόρυβο και την ρύπανση του εδάφους.

Τα τελευταία χρόνια, οι αυτοκινητοβιομηχανίες καταβάλλουν συνεχώς μεγάλη προσπάθεια για τη μείωση του περιβαλλοντικού φορτίου από τα οχήματα, νιώθοντας την πίεση από τους πολίτες, βλέποντας σαν μια καλή κίνηση μάρκετινγκ την ενασχόλησή τους με την προστασία του περιβάλλοντος και στα τέλη κυκλοφορίας, λόγω του αγώνα δρόμου που προκαλεί ο ανταγωνισμός για να καλύψουν το μεγαλύτερο κομμάτι της αγοράς και σε αυτό τον τομέα, δηλαδή των αυτοκινήτων φιλικών στο περιβάλλον.

Πως επηρεάζουν, όμως, τα αυτοκίνητα το περιβάλλον;

Στη κατασκευή των αυτοκινήτων καταναλώνονται πρώτες ύλες και ενέργεια, ενώ τα αυτοκίνητα παράγουν καυσαέρια κατά τη χρήση και πρέπει να τα διαχειριστούμε όταν φτάσουν στο τέλος της ζωής τους κατά φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Η μείωση των επιπτώσεων σε κάθε μια από τις φάσεις αυτές είναι μια βασική πρόκληση για όλους.

Τα οχήματα επενεργούν στο περιβάλλον σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους – από τον αρχικό σχεδιασμό και την κατασκευή τους, μέχρι τη χρήση τους στο δρόμο και την τελική τους διάθεση όταν φτάσουν στο τέλος της ζωής τους.

Κατά την λειτουργία τους, οι κινητήρες των οχημάτων εκλύουν στην ατμόσφαιρα καυσαέρια, τα οποία επηρεάζουν την χημική σύσταση της ατμόσφαιρας που αναπνέουμε και έμμεσα επιδρούν και στο κλίμα του πλανήτη.

Η πρόκληση είναι: Πως μπορούν να μειωθούν αυτά τα καυσαέρια ακόμα περισσότερο;

Μια δεύτερη περιβαλλοντική επίπτωση ξεκινά από το γεγονός ότι τα οχήματα κατασκευάζονται από μέταλλα, πλαστικά και άλλα συνθετικά υλικά. Μπορούν τα αυτοκίνητα να σχεδιαστούν ώστε να ανακυκλώνονται ευκολότερα και πιο ολοκληρωμένα;

Επίσης τα εργοστάσια αυτοκινήτων χρησιμοποιούν ενέργεια και υλικά κατά την κατασκευή και παράγουν απόβλητα ως παραπροϊόντα της διαδικασίας παραγωγής. Πως μπορούμε να σχεδιάσουμε τα εργοστάσια ώστε να ανταποκρίνονται αποτελεσματικότερα στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις;

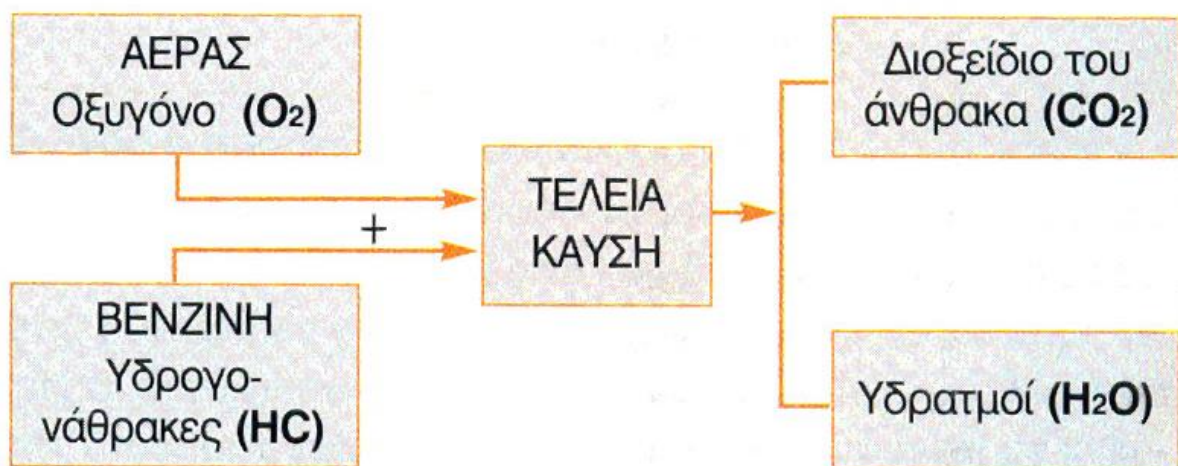
2.1. Πρωτογενείς & Δευτερογενείς ρύποι

Οι πρωτογενείς εκπομπές είναι προϊόντα που περιέχονται στα καυσαέρια και εκπέμπονται απ' ευθείας από την εξάτμιση του αυτοκινήτου.

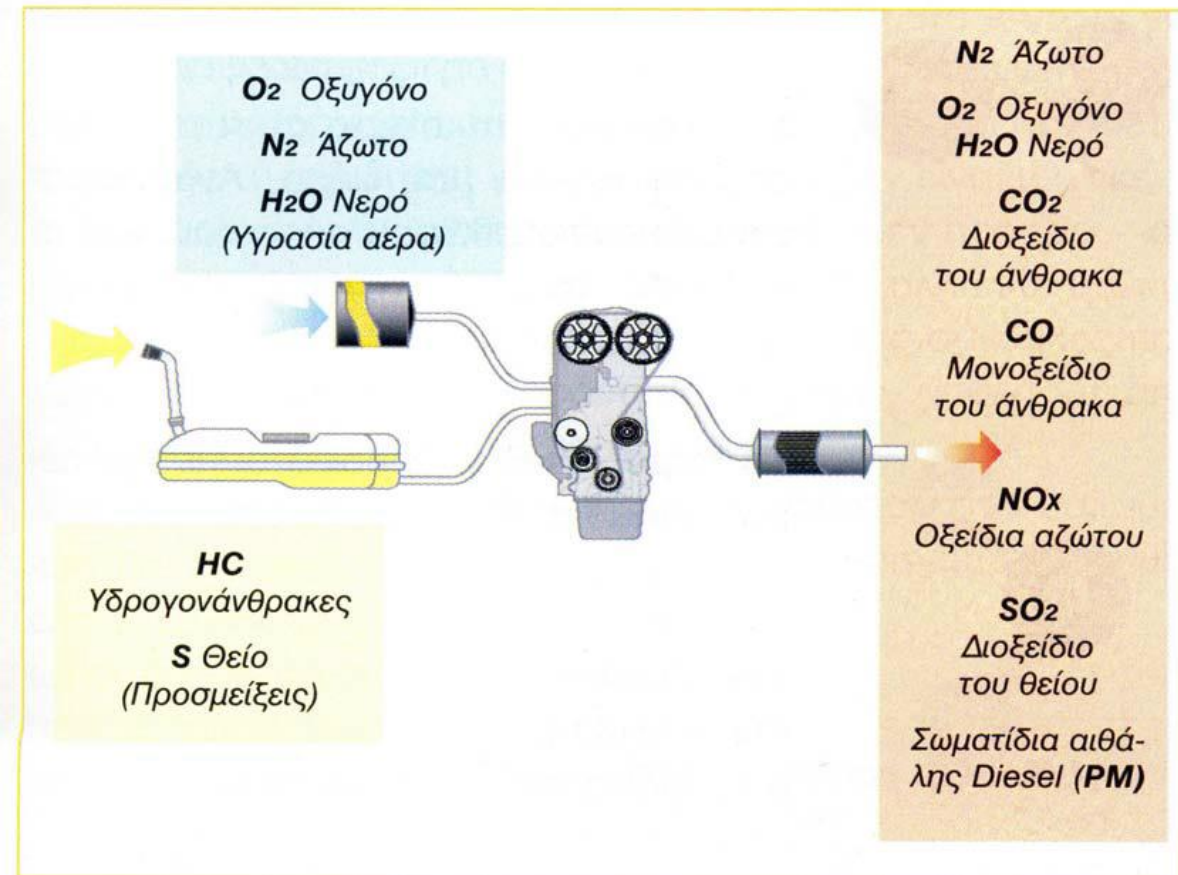
Αντίθετα, οι δευτερογενείς εκπομπές είναι προϊόντα που προκύπτουν από την αλληλοεπίδραση ή το μετασχηματισμό των πρωτογενών εκπομπών και δεν εκπέμπονται από την εξάτμιση του αυτοκινήτου.

Πρωτογενείς εκπομπές, λοιπόν, είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το διοξείδιο του θείου (SO₂), ο μόλυβδος (Pb) και οι υδρατμοί (H₂O). Στις πρωτογενείς εκπομπές οι ρυπαντές CO, HC και NO_x ενδιαφέρουν περισσότερο.

Στο παρακάτω σχήμα 2.1, φαίνεται μια σχηματική παράσταση των αερίων εισαγωγής και εξαγωγής κατά την καύση στον κινητήρα, ενώ στο σχήμα 2.2, παρουσιάζονται οι ρύποι που προέρχονται από μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.).



Σχήμα 2.1. Θεωρητική (τέλεια) καύση βενζίνης με αέρα [5]



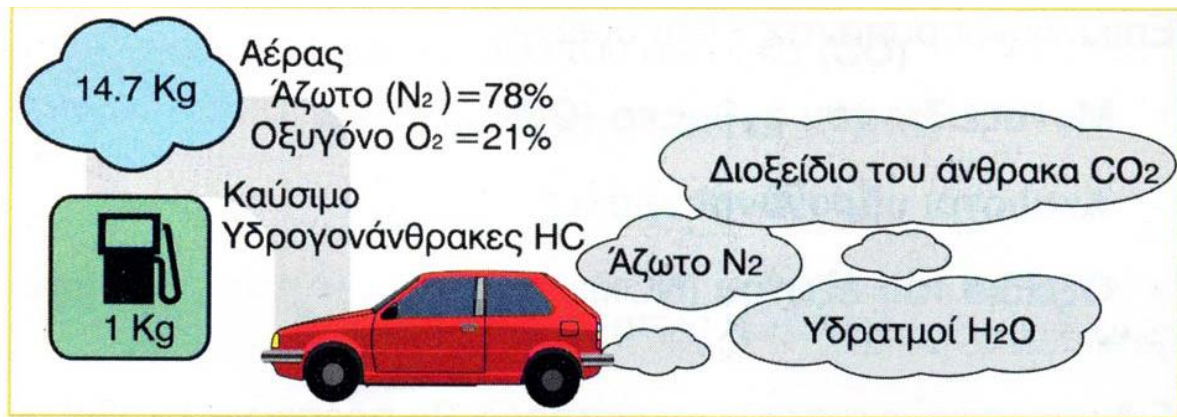
Σχήμα 2.2. Αέριοι ρύποι που προκύπτουν από τη λειτουργία των ΜΕΚ. [5]

Το Άζωτο (N_2), είναι ένα άκαυστο, άχρωμο, άοσμο και μη δηλητηριώδες αέριο. Είναι το κύριο συστατικό του ατμοσφαιρικού μας αέρα ($N_2=78\%$, $O_2=21\%$, άλλα αέρια= 1%) και παρέχεται στον κινητήρα με τον αέρα εισαγωγής.

Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου εξέρχεται σε καθαρή μορφή πάλι με τα καυσαέρια. Ένα μικρό μέρος ενώνεται με το οξυγόνο και σχηματίζει τα οξείδια του αζώτου NO_x (NO , NO_2 και NO_3).

Το Οξυγόνο (O_2) είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο, μη δηλητηριώδες αέριο. Είναι το σημαντικότερο συστατικό του ατμοσφαιρικού μας αέρα. Αναρροφάται μέσω του φίλτρου αέρα και είναι απολύτως απαραίτητο για την καύση στον κινητήρα.

Το Νερό (H_2O) αναρροφάται με τον αέρα (υγρασία του αέρα) μέσω του φίλτρου του αέρα. Εκτός αυτού δημιουργείται κατά την καύση και αποβάλλεται από την εξάτμιση ως σταγόνες νερού λόγω συμπύκνωσης κατά την κρύα καύση στην φάση της προθέρμανσης. Αποτελεί ακίνδυνο συστατικό των καυσαερίων (σχήμα 2.3).

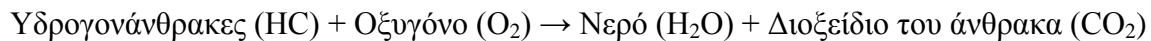


Σχήμα 2.3. Μεγάλο μέρος του αέρα και του καυσίμου εξέρχεται στα καυσαέρια, χωρίς να παίρνει μέρος στην καύση (αναλλοίωτο). [5].

Επικίνδυνοι ρυπαντές είναι οι εξής:

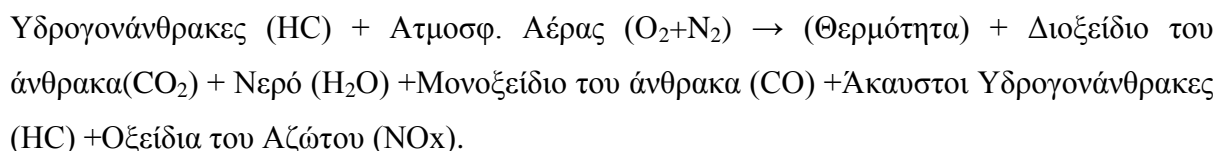
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) και Οξείδια του αζώτου (NO_x).

Ειδικά για τους πετρελαιοκινητήρες, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η εκπομπή αιθάλης (καπνός). Τα CO₂ και H₂O δεν θεωρούνται ρυπαντές και είναι προϊόντα τέλειας καύσης, όπως προκύπτει από την παρακάτω χημική αντίδραση :



Η παραπάνω τέλεια αυτή χημική αντίδραση, θα έπρεπε να πραγματοποιείται στο χώρο καύσης κάθε βενζινοκινητήρα, όμως στην πραγματικότητα **η καύση δεν είναι σχεδόν ποτέ τέλεια**. Αυτό συμβαίνει γιατί οι συνθήκες δεν είναι ιδανικές, ο δε εισερχόμενος ατμοσφαιρικός αέρας δεν περιέχει - όπως είναι γνωστό - μόνο οξυγόνο (O₂) 21%, αλλά και άζωτο (N₂) σε ποσοστό 78% περίπου, το οποίο στις συνθήκες περιβάλλοντος παραμένει ουδέτερο στοιχείο, χωρίς να δημιουργεί χημική ένωση με το οξυγόνο.

Τι γίνεται όμως με την εισαγωγή του αζώτου στο θάλαμο καύσης και πώς διαμορφώνεται τώρα η προηγούμενη χημική αντίδραση;



Η παραπάνω αντίδραση είναι η χημική αντίδραση ατελούς καύσης.

Στο παρακάτω σχήμα 2.4, φαίνονται τα προϊόντα της ατελούς (πραγματικής) καύσης.



Σχήμα 2.4. Η πραγματική (ατελής) καύση και προϊόντα της [5].

Οι ρυπαντές που δημιουργούνται είναι CO, HC και NO_x, και είναι οι τρεις βασικοί ρυπαντές.

2.1.1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το CO είναι πρωτογενής ρυπαντής και παράγεται από ατελή καύση καυσίμου, λόγω έλλειψης οξυγόνου στο θάλαμο καύσης.

Θεωρητικά, δεν πρέπει να παράγεται CO, αν υπάρχει περισσότερο οξυγόνο απ' αυτό που απαιτείται στη σχέση αέρα - καυσίμου (π.χ. αν το μίγμα είναι πολύ φτωχό). Στην πραγματικότητα όμως παράγεται CO και στην περίπτωση αυτή γιατί υπεισέρχονται και άλλοι λόγοι. Τρεις είναι οι κυριότεροι λόγοι:

- Το CO μετατρέπεται σε CO₂ με περαιτέρω οξείδωση, αλλά ο διαθέσιμος χρόνος αντίδρασης είναι συγκριτικά μικρός και δεν μπορεί να μετατρέψει όλο το υπόλοιπο CO σε CO₂.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) + Οξυγόνο (O₂) → Διοξείδιο του άνθρακα (2 CO₂)

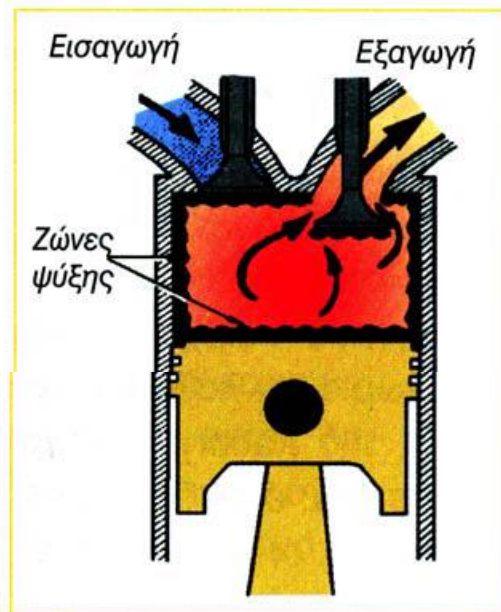
- Γι' αυτό το λόγο το CO παράγεται ακόμα και όταν το μίγμα αέρα — καυσίμου είναι πολύ φτωχό.
- Λόγω της δεδομένης ανομοιογενούς διανομής του καυσίμου στο θάλαμο καύσης, πραγματοποιείται ανομοιόμορφη καύση του μίγματος αέρα — καυσίμου. Οι θερμοκρασίες γύρω από τα τοιχώματα των κυλίνδρων είναι χαμηλές, οδηγώντας σε ψύξη, που σημαίνει ότι η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για να πραγματοποιηθεί καύση.

Η θερμοκρασία της φλόγας ξαφνικά πέφτει τόσο χαμηλά σε αυτές τις περιοχές ή ζώνες, ώστε η φλόγα σβήνει (ψύχεται), λόγω διασποράς της θερμότητας, μόλις φθάσει τα τοιχώματα.

Γι' αυτό οι περιοχές αυτές ονομάζονται **ζώνες ψύξης**.

Η καύση διακόπτεται σε αυτές τις ζώνες ψύξης και δημιουργείται CO. Η συγκέντρωση (ογκομετρική σχέση) του CO στην εξαγωγή προσδιορίζεται γενικά από τη σχέση αέρα — καυσίμου και αυξομειώνεται ανάλογα με τις μεταβολές της σχέσης αυτής.

Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο σχήμα 2.5.

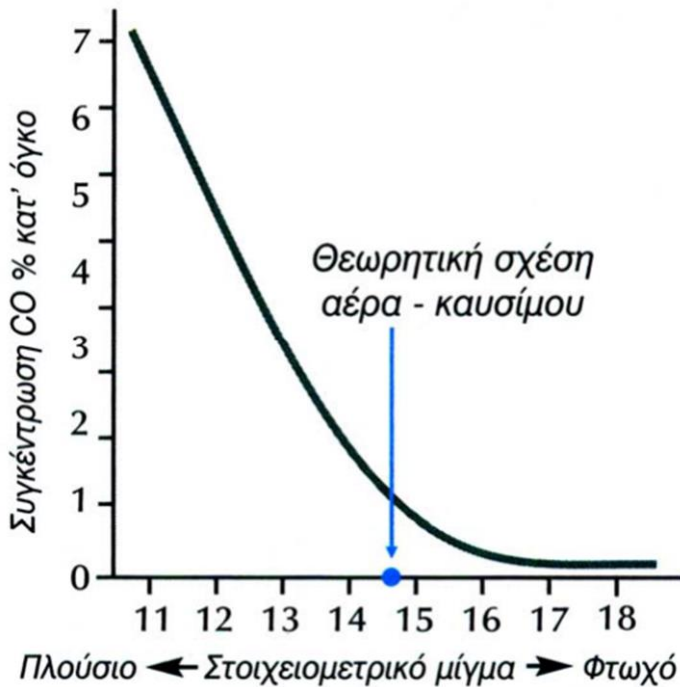


Το καύσιμο φεύγει άκαυστο από τις ζώνες ψύξης.

Σχήμα 2.5. Διαδικασία καύσης στις ζώνες ψύξης. [5]

Στο σχεδιάγραμμα παρακάτω (2.1), φαίνεται πως η συγκέντρωση του CO στα καυσαέρια ενός βενζινοκινητήρα πέφτει, καθώς η σχέση αέρα — καυσίμου μεγαλώνει (π.χ. καθώς το μίγμα αρχίζει να γίνεται φτωχότερο).

Απ' ότι φαίνεται ο καλύτερος τρόπος για να μειωθεί η συγκέντρωση του CO στα καυσαέρια, είναι να επιτευχθεί η *τέλεια* καύση, κάνοντας τη σχέση αέρα -καυσίμου τόσο υψηλή (φτωχό μίγμα), όσο αυτό είναι πρακτικά δυνατό χωρίς να δημιουργηθούν μη αναφλέξιμα μίγματα.



Διάγραμμα 2.1. Διακύμανση της συγκέντρωσης του CO στα καυσαέρια σαν συνάρτηση της σχέσης αέρα — καυσίμου [5].

2.1.2. Υδρογονάνθρακες (HC)

Ένας άλλος πρωτογενής ρυπαντής είναι οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC), οι οποίοι στην πράξη είναι άκαυστη βενζίνη που εξέρχεται από την εξάτμιση χωρίς να λάβει μέρος στη διαδικασία της καύσης. Όπως προαναφέρθηκε και στο CO, αν η βενζίνη καεί πλήρως στο θάλαμο καύσης, οι HC δεν εκπέμπονται ως καυσαέρια. Στην πραγματικότητα όμως ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, εξέρχονται συχνά άκαυστοι HC. Οι HC προέρχονται από τις παρακάτω περιπτώσεις:

➤ Παλάντζο βαλβίδων

Κατά τη διάρκεια που οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι ταυτοχρόνως ανοικτές, κάποια ποσότητα HC βγαίνει έξω από το θάλαμο καύσης διαμέσου της βαλβίδας εξαγωγής, χωρίς να καεί.

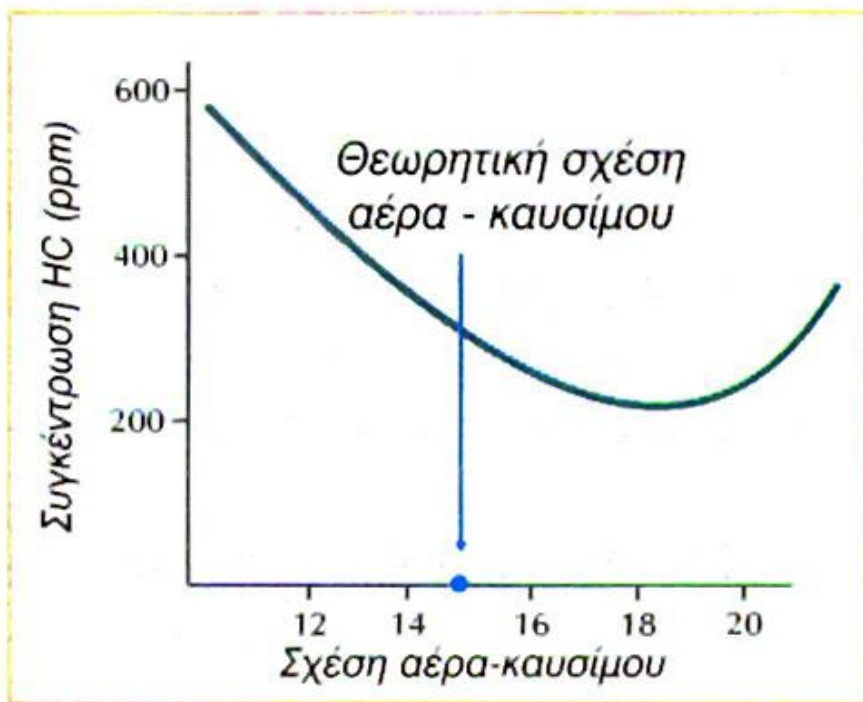
➤ Κακή ανάφλεξη

Άκαυστα αέρια μπορεί να παραμείνουν μέσα στο θάλαμο καύσης μετά από κακή ανάφλεξη, όταν το αυτοκίνητο ρολλάρει ή όταν ο κινητήρας φρενάρει, οπότε η πεταλούδα γκαζιού είναι κλειστή.

Αυτό γίνεται γιατί δεν διοχετεύεται καθόλου αέρας μέσα στους κυλίνδρους, αν και υπάρχει κάποιο καύσιμο που παρέχεται, όταν το αυτοκίνητο είναι στο ρελαντί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα χαμηλή συμπίεση και συγκριτικά πλούσιο μίγμα. Χαμηλή συμπίεση και έλλειψη οξυγόνου προκαλεί όμως ατελή καύση του καυσίμου, που έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή HC από την εξάτμιση.

➤ Λανθασμένη αναλογία μίγματος αέρα - καυσίμου

Όταν το μίγμα αέρα - καυσίμου γίνεται πλουσιότερο, η ποσότητα των HC στα καυσαέρια αυξάνει πέρα από ένα ορισμένο σημείο. Αυτό προκαλείται λόγω ατελούς καύσης (έλλειψης οξυγόνου), Αν το μίγμα είναι πολύ φτωχό, η συγκέντρωση των HC θ' αρχίσει να αυξάνεται πάλι αντί να μειώνεται, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα 2.2.



Διάγραμμα 2.2. Διακύμανση της συγκέντρωσης των υδρογονανθράκων (HC) στα καυσαέρια σαν συνάρτηση της σχέσης αέρα — καυσίμου [5].

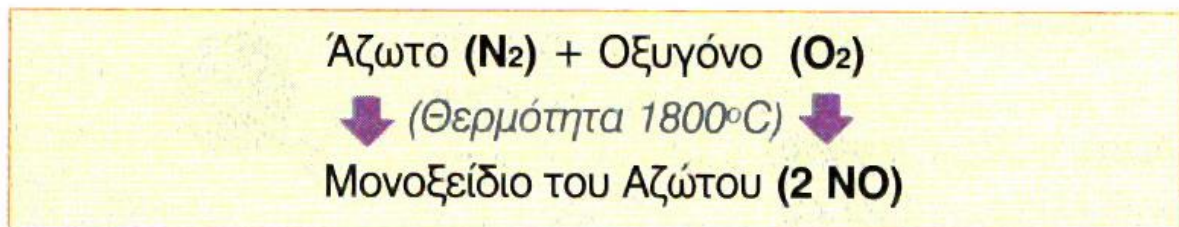
Αυτό γίνεται επειδή η έλλειψη καυσίμου προκαλεί μικρή διάδοση της φλόγας, με αποτέλεσμα το καύσιμο να εξέρχεται από το θάλαμο καύσης πριν αυτό καεί πλήρως. Μια άλλη αιτία είναι η κακή ανάφλεξη και η χαμηλή θερμοκρασία της φλόγας, η οποία πέφτει κοντά στις προαναφερθείσες ζώνες ψύξης και εμποδίζει το μίγμα αέρα - καυσίμου ν' αναφλέγει σε αυτές τις περιοχές.

2.1.3. Οξειδία του αζώτου (NO_x)

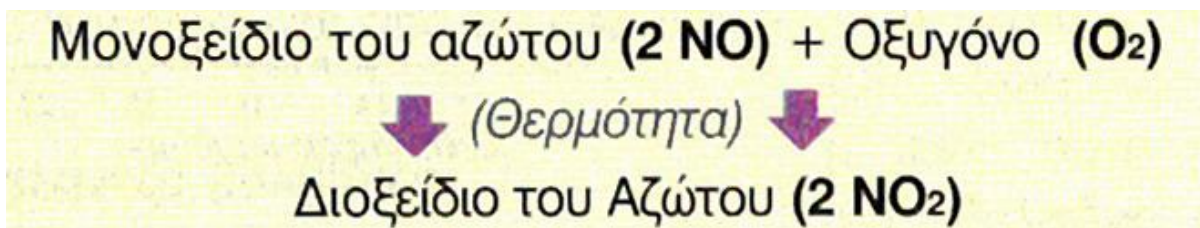
Το άζωτο (N₂), αν και αδρανές, κάτω από τις υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της καύσης, σχηματίζει χημικές ενώσεις με το οξυγόνο O₂ δημιουργώντας οξειδία αζώτου (NO_x). Υπάρχουν διάφορες χημικές ενώσεις του αζώτου (N₂) με το οξυγόνο (O₂), όπως NO, NO₂, NO₃, κλπ.

Όλα αυτά ονομάζονται χάρη ευκολίας **οξειδία του αζώτου** και εκφράζονται ως NO_x. Πιο συγκεκριμένα, τα οξειδία του αζώτου αποτελούν χημική ένωση του αζώτου με το οξυγόνο του μίγματος, όταν η θερμοκρασία μέσα στο θάλαμο καύσης ξεπεράσει τους 1800 °C.

Για να συμβεί αυτό, απαιτείται υψηλή θερμοκρασία, καθώς και μεγάλη συγκέντρωση οξυγόνου. Συνεπώς τα NO_x σχηματίζονται σε φτωχά κυρίως μίγματα κατά τη διάρκεια πλήρους και όχι ατελούς καύσης.



Το μονοξείδιο του αζώτου οξειδώνεται γρήγορα από το ήδη υπάρχον οξυγόνο και σχηματίζει το διοξείδιο του αζώτου, έναν από τους πιο επιβλαβείς ρυπαντές, αφού συμμετέχει σημαντικά στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους.



Οι παράγοντες που επιδρούν περισσότερο για τη συγκέντρωση των σχηματιζόμενων NO_x κατά την καύση είναι:

- Η μέγιστη θερμοκρασία που δημιουργείται στο θάλαμο καύσης και
- Η σχέση αέρα - καυσίμου.

Ο καλύτερος τρόπος για να μειωθεί η ποσότητα των εξερχόμενων NO_x είναι:

- Να εμποδιστεί η ανύψωση της θερμοκρασίας μέσα στο θάλαμο καύσης πάνω από τους 1800 °C.

- Να μειωθεί ο χρόνος κατά τον οποίο επιτυγχάνονται υψηλές θερμοκρασίες με κατάλληλη ρύθμιση του χρονισμού ανάφλεξης.
- Να μειωθεί η ποσότητα συγκέντρωσης οξυγόνου με ρύθμιση της σχέσης αέρα - καυσίμου.

Η μικρότερη συγκέντρωση των NOx παρατηρείται σε μία σχέση αέρα - καυσίμου 16:1 περίπου (περιοχή φτωχού μίγματος). Ο λόγος για τον οποίο μειώνεται η συγκέντρωση των NOx, είναι ότι η καύση είναι αργή και εμποδίζει τη θερμοκρασία της φλόγας στο θάλαμο καύσης ν' ανεβεί στο μέγιστο επίπεδο.

2.1.4. Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Είναι ένα άχρωμο, άκαυστο και μη δηλητηριώδες αέριο. Προκαλείται από την καύση διαφόρων στοιχείων που περιέχουν άνθρακα (π.χ. βενζίνη, πετρέλαιο). Κατά την καύση ενώνεται ο άνθρακας με το οξυγόνο. Με την συζήτηση σχετικά με την αλλαγή του κλίματος από την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας (φαινόμενο θερμοκηπίου) το πρόβλημα της εκπομπής του CO₂ εδραιώθηκε περισσότερο στην συνείδηση του κοινού.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι το προϊόν της πλήρους καύσης του άνθρακα, δηλαδή της ταχείας ένωσης αυτού με το οξυγόνο.

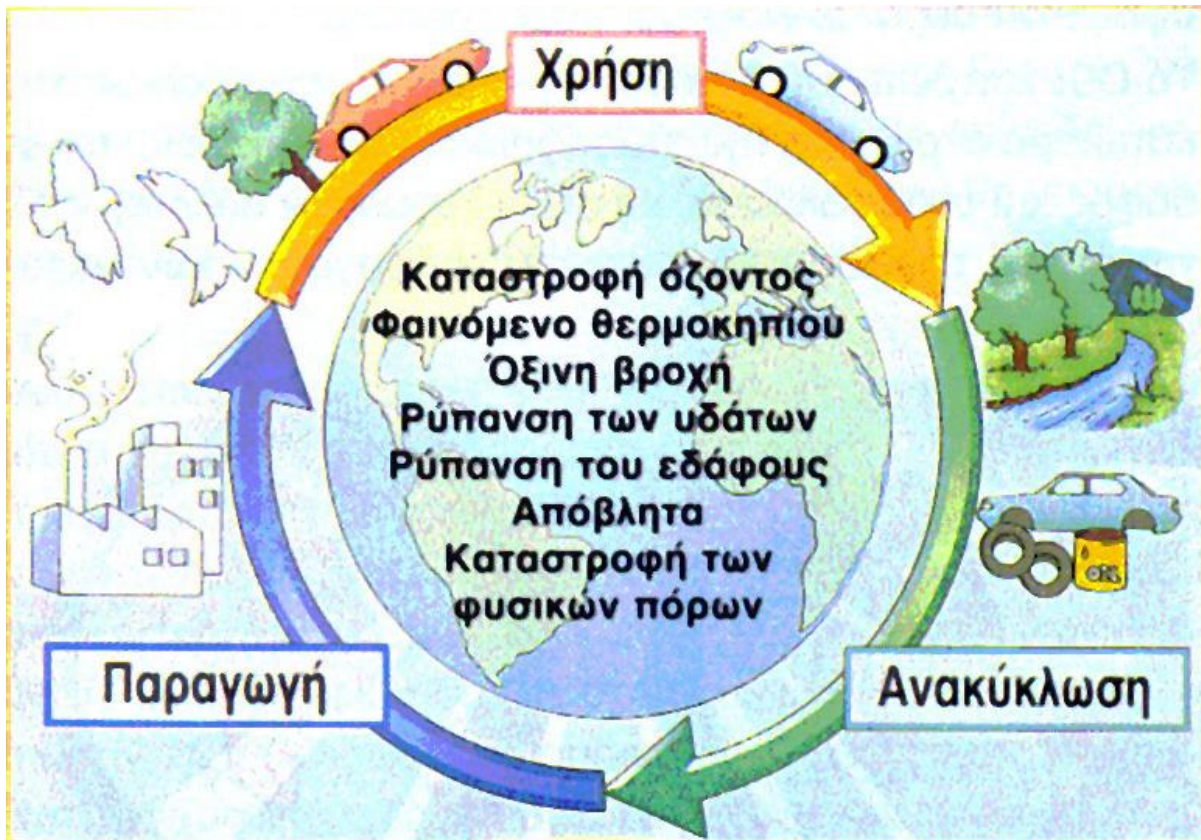
Αν και το CO₂ δεν θεωρείται ρυπαντής, γιατί βρίσκεται στην ατμόσφαιρα από φυσικές πηγές, παρ' όλα αυτά όταν σε κλειστό χώρο αυξηθεί πολύ, η περιεκτικότητα του οξυγόνου μειώνεται και εμφανίζονται φαινόμενα ασφυξίας.

Η περιεκτικότητα του στα καυσαέρια μαζί με την περιεκτικότητα του οξυγόνου, προσδιορίζουν τη σωστή λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας του καυσίμου και γενικότερα τη σωστή καύση στους κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Το CO₂ εκτός από τις φυσικές πηγές παραγωγής του (π.χ. ηφαίστεια), παράγεται σε μεγάλες ποσότητες από τις δραστηριότητες του ανθρώπου.

Οι θερμικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι παντός είδους καύσεις στις βιομηχανίες, στις κεντρικές θερμάνσεις των κατοικιών και των γραφείων, η λειτουργία διαφόρων φούρνων, κλιβάνων και ανοιχτών εστιών καύσης, οι πυρκαγιές δασών και χορτολιβαδικών εκτάσεων, η καύση πετρελαίου, βενζίνης και υγραερίου στις μεταφορές (οχήματα, πλοία, τρένα, αεροπλάνα) η χρήση φυσικού αερίου στη βιομηχανία και στις κατοικίες και πολλοί ακόμη παράγοντες, συμβάλλουν στην έκλυση τεραστίων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα από δραστηριότητες του ανθρώπου. Βέβαια ένα μεγάλο ποσοστό του CO₂ που παράγεται, απορροφάται από τα φυτά, τα οποία με τα φύλλα τους και τη βοήθεια

του ηλιακού φωτός δεσμεύουν και αποθηκεύουν τον άνθρακα (C) υπό μορφή κυτταρίνης στους κορμούς, στις ρίζες και στους βλαστούς τους (βλ. παρακάτω σχήμα 2.6).



Σχήμα 2.6. Τα παγκόσμια περιβαλλοντικά θέματα, όπως η καταστροφή του στρώματος του όζοντος, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η όξινη βροχή, επηρεάζουν σημαντικά τα στάδια παραγωγής, χρήσης και ανακύκλωσης τα αυτοκίνητα [5].

Ένα ακόμη μεγαλύτερο ποσοστό δεσμεύεται στους ωκεανούς για την παραγωγή τεραστίων ποσοτήτων μικροοργανισμών και κοραλλιών. Λόγω όμως των συνεχώς αυξημένων ποσοτήτων που παράγονται από τις παραπάνω δραστηριότητες των ανθρώπων, η περιεκτικότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα συνεχώς αυξάνεται και αυτό σύμφωνα με τους επιστήμονες θα προκαλέσει, σε σύντομο χρονικό διάστημα, σοβαρά δυσμενή φαινόμενα στον πλανήτη μας.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Όπως είναι γνωστό, στα θερμοκήπια, που είναι καλυμμένα με ένα διαφανές υλικό, (κυρίως γυαλί), μπορεί να εισέλθει η ηλιακή ακτινοβολία, να θερμανθεί το έδαφος και ο εσωτερικός αέρας. Το βράδυ, μετά την δύση του ηλίου, η κάλυψη του θερμοκηπίου (δηλαδή το γυαλί) θα εμποδίσει την απαγωγή της θερμότητας, (λόγω μεταφοράς και δημιουργίας ρευμάτων αέρα) και έτσι να διατηρηθεί η θερμότητα που αποκτήθηκε.

Παρόμοιο φαινόμενο, σε ότι αφορά τον εγκλωβισμό της θερμότητας, ισχυρίζονται οι επιστήμονες ότι μπορεί να συμβεί με τη συνεχή αύξηση της περιεκτικότητας του ατμοσφαιρικού αέρα σε διοξείδιο στον άνθρακα. Το CO₂ επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και επομένως στο έδαφος και στην θάλασσα, με αποτέλεσμα την αύξηση κατά την ημέρα της θερμοκρασίας του εδάφους και των ωκεανών.

Κατά την νύχτα το CO₂ εμποδίζει την ακτινοβολία της αποκτηθείσας κατά την ημέρα θερμότητας από το έδαφος, τα νερά και τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας προς το διάστημα. Δηλαδή τα μόρια του CO₂ ενεργούν όπως το γυαλί στο θερμοκήπιο σε ότι αφορά την μετάδοση της θερμότητας. Όσο μάλιστα αυξάνεται η συγκέντρωση του CO₂, τόσο αυτό το ισοζύγιο εισαγωγής - απαγωγής θερμότητας θα είναι θετικό προς την πλευρά της εισαγωγής της θερμότητας, με αποτέλεσμα τη σταδιακή μέση αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους και των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας του πλανήτη.

Αποτέλεσμα του παραπάνω φαινομένου του θερμοκηπίου θα είναι η δραστική αλλαγή μετεωρολογικών και κλιματολογικών συνθηκών σε σχέση με τις συνθήκες που γνωρίζουμε. Πολλοί επιστήμονες αναφέρουν απαισιόδοξες προβλέψεις, όπως την αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της γης. Επισημαίνουν λιώσιμο των πάγων στους πόλους και αύξηση της στάθμης των ωκεανών, με αποτέλεσμα να πλημμυρίσουν πολλές παράκτιες χώρες, να εξαφανιστούν νησιά, να επέλθει σε πολλές εύκρατες περιοχές ξηρασία, να δημιουργηθούν οικονομικές αναταραχές σε επίπεδο χωρών, να γίνουν ακαλλιέργητα πολλά εδάφη ενώ θα μπορούν να καλλιεργηθούν σε βρειότερες περιοχές.

Άλλοι πάλι επιστήμονες είναι πιο αισιόδοξοι και πιστεύουν ότι ο πλανήτης θα *αντιδράσει* σε αυτή τη μη φυσιολογική αλλαγή και οι επιπτώσεις θα είναι πιο ήπιες και για πολλές περιοχές ακόμη και ευεργετικές. Πάντως οι χώρες όλου του πλανήτη σε παγκόσμιες διασκέψεις για το περιβάλλον (Ρίο-Κιότο κλπ.) συμφώνησαν σε σταδιακή μείωση των επιπέδων παραγωγής CO₂, ώστε να αποφευχθεί ή τουλάχιστον να μετατεθεί χρονικά η δημιουργία των δυσμενών συνθηκών από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αυτό όμως είναι πολύ δύσκολο, λόγω κυρίως των μεγάλων και διαφορετικών οικονομικών συμφερόντων μεταξύ ανεπτυγμένων και υπανάπτυκτων χωρών.

2.1.5. Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Είναι ένα άχρωμο, καυστικής οσμής, άκαυστο αέριο. Προκαλεί παθήσεις της αναπνευστικής οδού. Εμφανίζεται σε μικρές ποσότητες στα καυσαέρια αν χρησιμοποιείται καύσιμο με περιεκτικότητα θείου (συνήθως πετρέλαιο). Μειώνοντας το ποσοστό θείου στο καύσιμο μπορεί να μειωθεί αντίστοιχα η εκπομπή οξειδίων του θείου στα καυσαέρια. Έχει σημαντική ευθύνη στη δημιουργία του νέφους.

Το *Νέφος* παρουσιάζεται με δύο μορφές:

Νέφος αιθαλομίχλης που σχηματίζεται όταν υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ρυπαντών, όπως το διοξείδιο του θείου και αιρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία.

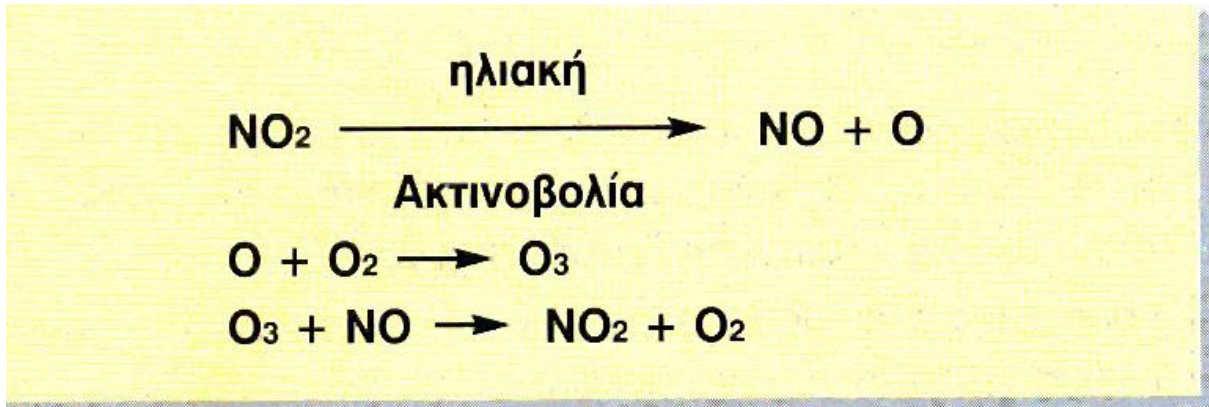
Το Φωτοχημικό Νέφος που παρουσιάζεται όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια, μικρή σχετική υγρασία και υψηλή συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων, μονοξειδίου του άνθρακα και δευτερογενών προϊόντων τους.

Για να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το πρόβλημα του νέφους πρέπει να γνωρίζουμε, πως δημιουργείται, από τι αποτελείται, τι επιδράσεις δημιουργεί στο περιβάλλον, και τι μπορούν να κάνουν Πολιτεία και το κοινωνικό σύνολο για την καταπολέμηση του.

α) Το γνωστό νέφος της Αθήνας που ονομάζεται και φωτοχημική ομίχλη προέρχεται από το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) που παράγεται από την οξείδωση του ατμοσφαιρικού αζώτου κατά την καύση σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις.

Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) διασπάται στην ατμόσφαιρα από την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας της ηλιακής ενέργειας σε μονοξείδιο του αζώτου (NO) και ενεργό οξυγόνο (O). Η ένωση του μονοατομικού οξυγόνου (O) με το διατομικό οξυγόνο (O₂) του ατμοσφαιρικού αέρα δημιουργεί το όζον (O₃). Η επίδραση του όζοντος στο μονοξείδιο του αζώτου (NO) δημιουργεί και πάλι διοξείδιο του αζώτου (NO₂).

Έτσι γίνονται οι αντιδράσεις:



Επειδή η ταχύτητα των δύο τελευταίων αντιδράσεων είναι της ίδιας τάξης με τη ταχύτητα της πρώτης αντίδρασης έχουμε μια διαρκή διάσπαση και ανασύνθεση του NO_2 στην ατμόσφαιρα και δημιουργία του φωτολυτικού κύκλου του NO_2 . Η συσσώρευση NO_2 , O_3 και HC και η διαρκής αύξηση τους λόγω αλυσιδωτών χημικών αντιδράσεων, κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας σχηματίζει το γνωστό νέφος της φωτοχημικής ομίχλης ή φωτοχημικό νέφος.

β) Θερμοκρασιακή αναστροφή. Περίπτωση νέφους όμως παρουσιάζεται ακόμη και με απουσία ηλιακού φωτός. Τα SO_2 (διοξείδιο του θείου), NO_x , CO , CO_2 , η αιθάλη και οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) είναι ουσίες βαρύτερες από τον αέρα και συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του εδάφους. Οι ρυπαντές NO_x και HC παράγονται κυρίως από τα οχήματα. Υπάρχει ένα φυσικό - θερμικό αίτιο που προκαλεί την ανάμιξη αυτών των ρύπων με την ατμόσφαιρα.



Σχήμα 2.7. Η γεωγραφική θέση της κάθε πόλης παίζει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους (π.χ. Θεσσαλονίκη) [5].

Λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας τους από τον αέρα, οι ρυπαντές ανέρχονται στην ατμόσφαιρα. Οι ρυπαντές είναι θερμότεροι από τα υπερκείμενα στρώματα αέρα οπότε σιγά - σιγά ανυψώνονται, ψύχονται λόγω συμπίεσης του αέρα, και διαχέονται ομοιόμορφα στην ατμόσφαιρα.

Όταν η ατμόσφαιρα δεν εξελίσσεται θερμοκρασιακά ομαλά, με μείωση της θερμοκρασίας του αέρα προς τα πάνω, (αλλά σε κάποιο ύψος διατηρεί στρώμα αέρα σε θερμοκρασία ανώτερη από τα κατώτερα στρώματα), τότε οι ρυπαντές δεν ανυψώνονται και δεν διασπείρονται ομοιόμορφα. Έτσι οι ρυπαντές εγκλωβίζονται μεταξύ του εδάφους και του στρώματος της ατμόσφαιρας όπου δημιουργείται η θερμοκρασιακή αναστροφή. Το φαινόμενο αυτό είναι το γνωστό νέφος με όλες τις δυσμενείς επιδράσεις του στην υγεία του ανθρώπου και στην ποιότητα ζωής του.

γ) Επιδράσεις του νέφους. Οι επιδράσεις του νέφους στην υγεία των ανθρώπων είναι πολλές: αναπνευστικές διαταραχές, αιματολογικές, διαταραχές του νευρικού ιστού, καρκινοπάθειες. Αυτές είναι μερικές από τις άμεσες επιδράσεις. Το νέφος όμως προκαλεί βλάβες και στα φυτά, λόγω του όζοντος, που είναι πόροι Οξυγόνου για τον άνθρωπο. Προκαλεί επίσης φθορές στα μνημεία, λόγω SO₂, στα ελαστικά στα χρώματα των σωμάτων, λόγω όζοντος. Ομάδες υψηλού κινδύνου λόγω νέφους, είναι οι πνευμονοπαθείς, οι καρδιοπαθείς, τα παιδιά.

2.1.6. Ο μόλυβδος και η επίδραση του στον κύκλο της ζωής

Ο μόλυβδος είναι μέταλλο. Δεν επηρεάζεται από συγκεκριμένα οξέα, όπως π.χ. το θειικό οξύ, το υδροχλωρικό οξύ και από υδροφθορικό οξύ ενώ προσβάλλεται από το χλώριο.

Είναι διαλυτός στο απεσταγμένο νερό μόνο, ενώ στο συνηθισμένο νερό που περιέχει άλατα δεν διαλύεται. Για τον λόγο αυτόν χρησιμοποιούνταν παλαιότερα μολυβδένιοι σωλήνες και για την ύδρευση, επικίνδυνοι όμως για την υγεία αν σε αυτούς διοχετεύονταν βρόχινο νερό. Η επιφάνεια του είναι θαμπή από ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα ανθρακικού μολύβδου ή υποξειδίου του μολύβδου, που προστατεύει το μέταλλο που βρίσκεται κάτω από αυτό.

Ο μόλυβδος χρησιμεύει στην κατασκευή συσσωρευτών, ως θωράκιση επειδή προστατεύει από ραδιενεργές ακτινοβολίες, και ως κράμα με τον κασσίτερο, το αργίλιο και το χάλυβα. Διάφορες ενώσεις του χρησιμοποιούνται επίσης ως αντισκωριακό υλικό (πχ. μίνιο). Ο μόλυβδος και οι ενώσεις του μολύβδου είναι τοξικές και απαιτείται προσοχή κατά τη χρήση και την επεξεργασία τους. Στους κινητήρες των οχημάτων χρησιμοποιείται ο

τετρααιθυλιούχος μόλυβδος $Pb(C_2H_5)_4$ ως πρόσθετο στη βενζίνη για την αύξηση του αριθμού οκτανίων (γνωστές αντικρουστικές ιδιότητες).

Στους νέας τεχνολογίας κινητήρες που είναι εφοδιασμένοι με καταλυτικούς μετατροπείς, ο τετρααιθυλιούχος μόλυβδος επικάθεται στο καταλυτικό υλικό και το απενεργοποιεί. Γι' αυτό πρέπει να αντικατασταθεί με άλλες καταλληλότερες προσμίξεις (βενζόλιο).

Ο μόλυβδος έχει τις εξής χαρακτηριστικές ιδιότητες:

- λιώνει στους 330 °C,
- εκπέμπει ατμούς και αναθυμιάσεις στους 450 - 470 °C,
- βράζει στους 1500 - 1600 °C.

Οι κυριότερες πηγές επαγγελματικής έκθεσης στον μόλυβδο και τις ενώσεις του είναι:

- οι εργασίες εξόρυξης, χύτευσης και τήξης του μετάλλου,
- η παραγωγή και χρήση μολυβδούχων χρωμάτων και βερνικιών.
- η παραγωγή και χρήση σμάλτων για την κεραμική, η παραγωγή και συντήρηση συσσωρευτών (μπαταριών αυτοκινήτων).
- η παραγωγή και χρήση μολυβδούχων ηλεκτροδίων για συγκολλήσεις.
- η παραγωγή κρυστάλλων και υαλικών.
- η παραγωγή μολυβδούχων κραμάτων για σφαίρες και σκάγια.
- οι τυπογραφικές εργασίες με μολυβδόχα στοιχεία, οι εργασίες φανοποιείας και επιδιόρθωσης μηχανών αυτοκινήτου.
- η χρήση του μολύβδου σαν σταθεροποιητικό στην βιομηχανία πλαστικών,
- η παραγωγή ηλεκτρικών καλωδίων.

Υπάρχει επίσης επαγγελματική έκθεση και στις διάφορες φάσεις ανάκτησης και ανακύκλωσης του μετάλλου στα χυτήρια, όπου οι κίνδυνοι εντοπίζονται κυρίως:

- στην διαδικασία καταστροφής των συσσωρευτών (σκόνη Pb).
- στην μεταφορά των μολυβδούχων θραυσμάτων και στον εφοδιασμό (γέμισμα) των φούρνων (σκόνη Pb).
- στην χύτευση και τήξη των μολυβδούχων μεταλλικών καταλοίπων (καπνοί και ατμοί Pb).
- στον καθαρισμό των φούρνων (σκόνη Pb).

Επίσης υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης και για το εξωτερικό περιβάλλον, όταν:

- οι καπνοί από τα φουγάρα των φούρνων απελευθερώνονται στο ευρύτερο περιβάλλον, χωρίς να υπάρχει σύστημα κατακράτησης (φιλτραρίσματος) των ρύπων.
- ο αέρας σηκώνει τη σκόνη από τις υπαίθριες αποθήκες.

- η βροχή μεταφέρει τη μολυβδούχο σκόνη στον υδροφόρο ορίζοντα.

Επιπτώσεις του μολύβδου και οι ενώσεις του στον ανθρώπινο οργανισμό

Ο μολύβδος και οι ενώσεις του είναι τοξικές ουσίες για τον ανθρώπινο οργανισμό, καθώς ευθύνονται για μια σειρά από συμπτώματα και επαγγελματικές ασθένειες που μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να οδηγήσουν και στον θάνατο.

Η χρόνια δηλητηρίαση από τον μολύβδο ονομάζεται μολυβδίαση και είναι ιστορικά η πρώτη επαγγελματική ασθένεια που καταγράφηκε και αναγνωρίστηκε. Η ασθένεια αυτή εμφανίζει σταδιακά μια σειρά από ενοχλήματα και συμπτώματα που επηρεάζουν τα παρακάτω συστήματα:

- γαστρεντερικό σύστημα,
- καρδιαγγειακό σύστημα,
- αιματοποιητικό σύστημα,
- ουροποιητικό (νεφροί),
- νευρικό σύστημα,
- σύστημα αναπαραγωγής.

Δηλητηρίαση από επαγγελματική έκθεση στον μολύβδο

Η δηλητηρίαση από μολύβδο πραγματοποιείται βασικά με δύο τρόπους:

Εισπνοή μολυβδούχων ατμών, καπνών ή και σκόνης. Οι καπνοί απελευθερώνονται κυρίως στην φάση της χύτευσης και τήξης του μετάλλου.

Κατάποση σκόνης μολύβδου. Οι σκόνες δημιουργούνται στις φάσεις της καταστροφής των συσσωρευτών ή και άλλων μολυβδούχων αντικειμένων.

Επαφή με το δέρμα: Μια μικρή ποσότητα μολύβδου που εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό δια μέσου της δερματικής απορρόφησης.

Μεταφορά του μολύβδου στο ανθρώπινο σώμα. Μετά την απορρόφηση του ο μολύβδος θα φθάσει στο αίμα, και θα μεταφερθεί με τα ερυθρά αιμοσφαίρια σε όλο το ανθρώπινο σώμα.

Ο μολύβδος απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από διάφορες πηγές ή εστίες.

Όργανα του ανθρώπινου σώματος που συγκεντρώνεται ο μολύβδος.

Ο μολύβδος συγκεντρώνεται στα οστά, αλλά και στο ήπαρ (συκώτι) και στους νεφρούς.

Τρόποι αποβολής από τον οργανισμό

Η αποβολή του μολύβδου από τον οργανισμό γίνεται κυρίως:

- από τα νεφρά, δια μέσου των ούρων.
- από το ήπαρ (συκώτι), δια μέσου της χολής και των κοπράνων.
- από τον ιδρώτα και το γάλα (έγκυες γυναίκες), αγγελάδες (ζώα).

Μέτρα πρόληψης.

Μέτρηση του μολύβδου στον αέρα του χώρου εργασίας (έλεγχος του εργασιακού περιβάλλοντος).

Οι μετρήσεις της έκθεσης των εργαζόμενων σε αερομεταφερόμενο μόλυβδο για να είναι αντιπροσωπευτικές πρέπει να διενεργούνται με ατομικούς δειγματολήπτες και η ανάλυση των σωματιδίων που έχουν επικαθίσει πάνω στο φίλτρο, για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του μεταλλικού μολύβδου στο δείγμα του αέρα, πρέπει να γίνεται με φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης.

Αν οι μετρήσεις του μολύβδου στον αέρα υπερβαίνουν το όριο δράσης των $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, που υπολογίζεται σαν μέση χρονικά σταθμισμένη τιμή για οκτάωρη ημερήσια εργασία, οι εργοδότες έχουν την υποχρέωση να εφαρμόσουν τα παρακάτω:

- Τακτικό έλεγχο του εργασιακού περιβάλλοντος (τουλάχιστον μια φορά κάθε τρεις μήνες).
- Επίβλεψη της υγείας των εργαζόμενων (τουλάχιστον μια φορά στους έξι μήνες).
- Ειδικά μέτρα πρόληψης.
- Ειδική ενημέρωση στους εργαζόμενους που περιλαμβάνει και πληροφορίες σχετικές με τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μολύβδου στον εργασιακό αέρα, τα στατιστικά (όχι ονομαστικά) αποτελέσματα των βιολογικών εξετάσεων και την σημασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και των ιατρικών εξετάσεων, καθώς επίσης και πληροφορίες σχετικές με τους κινδύνους για την υγεία τους από την έκθεση στον μόλυβδο και ιδιαίτερα τους έμμεσους κινδύνους για τα έμβρυα και τα βρέφη που τρέφονται με μητρικό γάλα.
- Τήρηση αρχείου στοιχείων ελέγχου περιβάλλοντος και ιατρικών φακέλων.

Σε περίπτωση σημαντικής αύξησης της τιμής έκθεσης οι εργαζόμενοι απομακρύνονται αμέσως από τον εργασιακό χώρο που έχει προσβληθεί.

Εντοπίζονται τα αίτια της υπέρβασης και λαμβάνονται τα απαραίτητα τεχνικά ή άλλα επανορθωτικά μέτρα, ώστε η συγκέντρωση μολύβδου στον αέρα να μειωθεί το ταχύτερο δυνατό και η έκθεση των εργαζόμενων να περιοριστεί σε τιμές κάτω από τα ανώτερα επιτρεπτά όρια.

Στο παρακάτω σχήμα 2.8, δείχνονται τα μέρη μίας μπαταρίας μολύβδου, ο μολύβδος της οποίας προέρχεται από ανακυκλωμένες μπαταρίες.



Σχήμα 2.8. Μπαταρία μολύβδου [5].

2.1.7. Δευτερογενείς ρυπαντές – Όζον

Δευτερογενείς ρυπαντές ονομάζονται οι ρυπαντές που δεν εκπέμπονται απευθείας από την πηγή ρύπανσης, αλλά είναι προϊόντα αλληλεπίδρασης μεταξύ των πρωτογενών ρυπαντών.

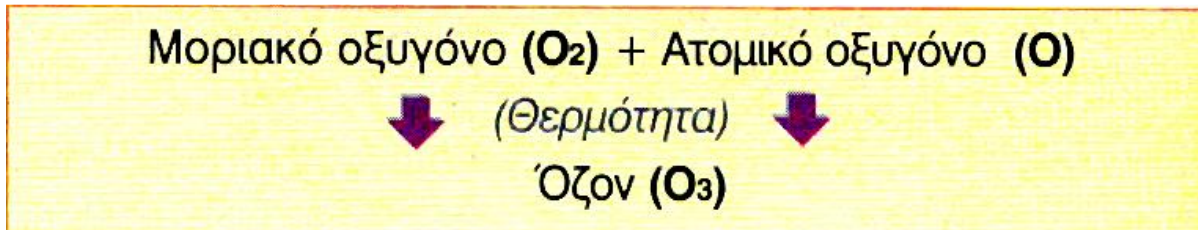
Τέτοιοι δευτερογενείς ρυπαντές που οφείλονται και στην κυκλοφορία των οχημάτων είναι το όζον (O_3) και το PAN μια οργανική ένωση του αζώτου.

Η καταστροφή του όζοντος στη στρατόσφαιρα επιτρέπει να περνά η υπεριώδης ακτινοβολία στη γη.

Στους δευτερογενείς ρυπαντές περιλαμβάνεται το όζον (O_3), που αποτελεί διάσπαση του διατομικού οξυγόνου υπό την επίδραση υψηλής θερμοκρασίας. Στην περίπτωση αυτή, το διατομικό οξυγόνο ενώνεται με ένα άτομο οξυγόνου και σχηματίζει το όζον (O_3).

Ειδικά το όζον (O_3) αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου και είναι αέριο πολύ οξειδωτικό. Η οξειδωτική του δράση οφείλεται στο ότι το οξυγόνο στη φυσική του μορφή είναι διατομικό (O_2).

Το όζον έχει επομένως ένα επιπλέον άτομο οξυγόνου, εφόσον είναι τριατομικό και διασπάται εύκολα σε διατομικό οξυγόνο και μονοατομικό οξυγόνο. Το μονοατομικό οξυγόνο είναι ο οξειδωτικός παράγοντας του όζοντος, επειδή ενώνεται πολύ εύκολα με πλήθος ουσιών τις οποίες οξειδώνει γιατί δεν μπορεί να παραμείνει μόνο του σε φυσική κατάσταση.



Το όζον που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας δημιουργεί ένα προστατευτικό στρώμα, το οποίο απορροφά τις βλαβερές υπεριώδεις ακτινοβολίες που προέρχονται από τον ήλιο και έτσι φιλτράρει την ηλιακή ακτινοβολία, αφήνοντας να περάσουν μόνο οι ευεργετικές ορατές ακτινοβολίες του ηλίου.

Φαίνεται λοιπόν ότι το όζον, το οποίο βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, είναι ευεργετικό για τη ζωή και την υγεία των ανθρώπων και των ζώων. Όταν το στρώμα του όζοντος περιορίζεται από άλλα αέρια όλο και περισσότερη επιβλαβής υπεριώδης ακτινοβολία φτάνει στη γη.

Η ολική καταστροφή του στρώματος του όζοντος σε συγκεκριμένες περιοχές της Γης αποτελεί τη λεγόμενη **τρύπα του όζοντος**. Αντίθετα όμως, όταν το όζον βρίσκεται σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις πλησίον του εδάφους, τότε λόγω της οξειδωτικής του δράσης ενεργεί ως δευτερογενής ρυπαντής και όπως αναφέρθηκε προηγουμένα προκαλεί τσούξιμο στο λαιμό και στα μάτια και παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος.

2.1.8. Ψυκτικά μέσα - Ψυκτικό φρέον (CFC)

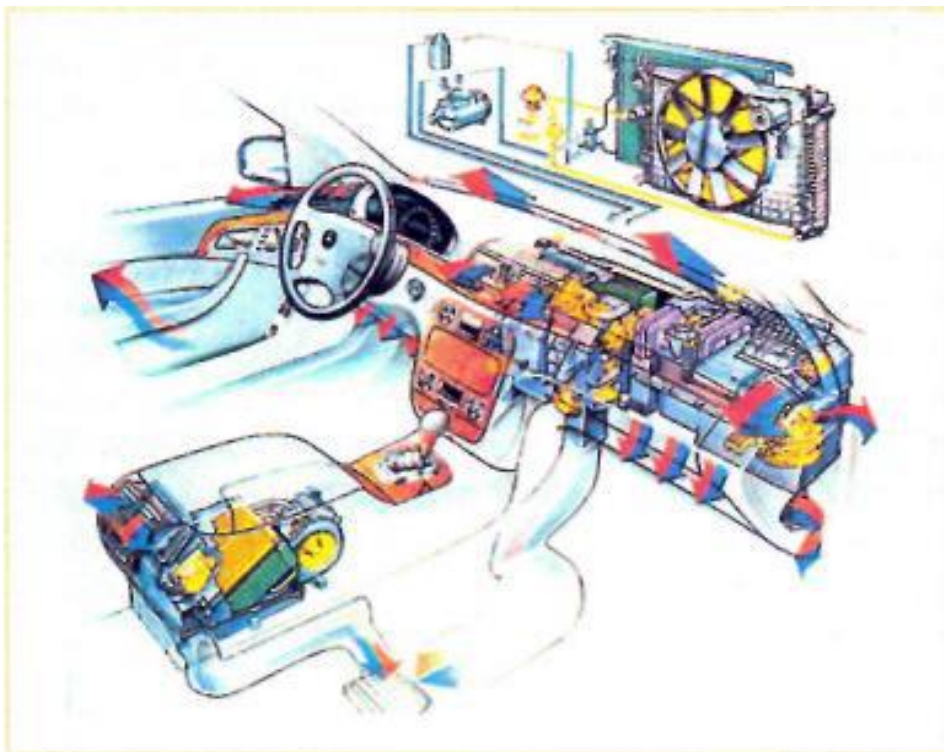
Η αύξηση των απαιτήσεων των κατοίκων των πλούσιων περιοχών της Γης, αλλά και η αύξηση του μέσου όρου της θερμοκρασίας στην Γη και τα ακραία καιρικά φαινόμενα έκαναν τα συστήματα ψύξης και κλιματισμού να αποτελούν πλέον έναν βασικό εξοπλισμό στο κλειστό περιβάλλον του ανθρώπου.

Τα συστήματα αυτά όμως έχουν ένα σοβαρό μειονέκτημα που προέρχεται από τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούν, πολλά από τα οποία προσδιορίστηκαν από τους επιστήμονες σαν βασική αιτία καταστροφής του στρώματος του όζοντος στην στρατόσφαιρα.

Τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται στις συσκευές κλιματισμού προέρχονται από υδρογονάνθρακες (ενώσεις του άνθρακα με υδρογόνο), στους οποίους κάποια άτομα του υδρογόνου έχουν αντικατασταθεί με άτομα του χλωρίου (Cl) ή του φθορίου (F).

Οι ενώσεις αυτές λέγονται αλλιώς αλογονομένοι υδρογονάνθρακες. ανάλογα με τη χημική τους σύσταση οι αλογονομένοι υδρογονάνθρακες διακρίνονται στους χλωροφθοράνθρακες CFC, στους υδρογονοχλωροφθοράνθρακες HCFC, στους υδρογονοφθοράνθρακες HFC κ.ά.

Στο παρακάτω σχήμα (2.9) δείχνεται το σύστημα κλιματισμού ενός αυτοκινήτου.



Σχήμα 2.9. Σύστημα κλιματισμού ενός αυτοκινήτου [5].

Ο μηχανισμός δράσης των χλωροφθορανθράκων ήταν γνωστός από τη δεκαετία του 70, χάρη στους P. Crutzen, M.Molina και S.Rowland (Νόμπελ Χημείας 1995). Μετά την ψήφιση του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ το 1987, οι εταιρείες υποχρεώθηκαν να αλλάξουν το μονωτικό και ψυκτικό υλικό στα ψυγεία, αντικαθιστώντας το φρέον (χλωροφθοράνθρακες - CFC) που ευθύνεται για μεγάλες καταστροφές στο στρώμα του όζοντος.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές χρησιμοποιούν σήμερα πεντάνιο (C_5H_{12}) για τη μόνωση και υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) και υδροφθοράνθρακες (HFC) για την ψύξη, κυρίως

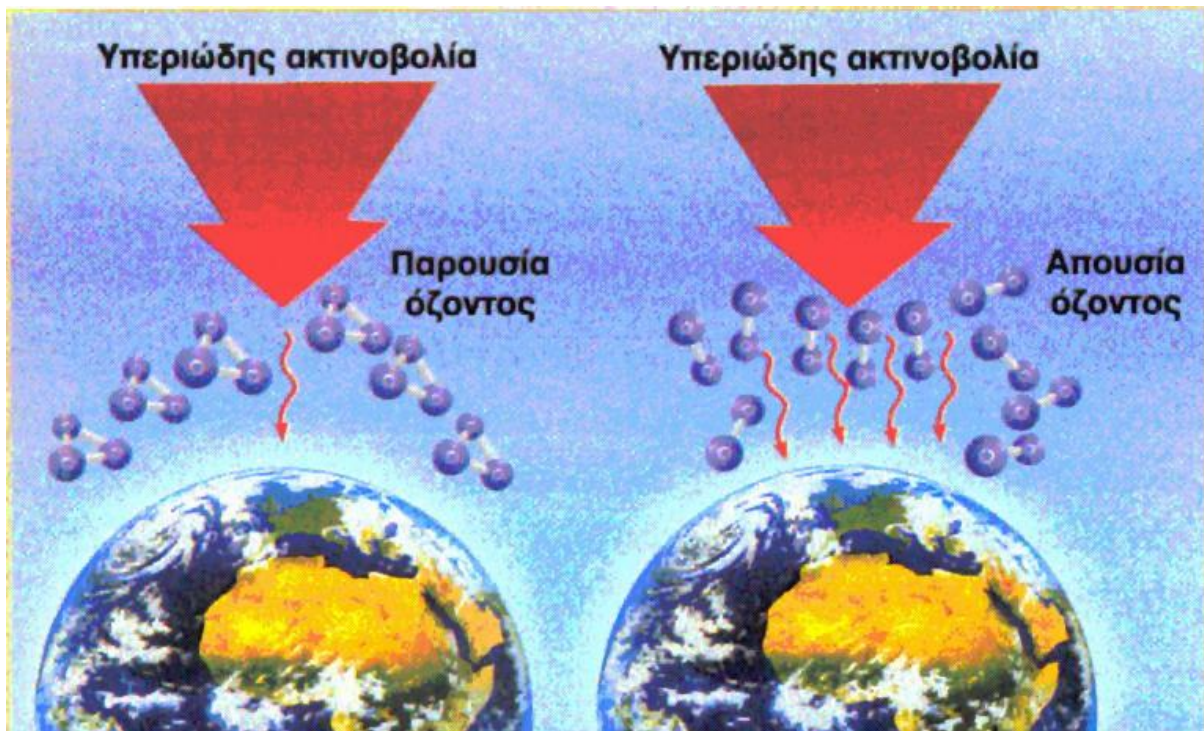
τετραφθορο-αιθάνιο (HFC -134a), διφθορο-χλωρο-μεθάνιο (HCFC-22) και φθορο-διχλωρο-αιθάνιο (HCFC-141b).

Αυτές οι ενώσεις διασπώνται στην τροπόσφαιρα, πριν φτάσουν στο στρώμα του όζοντος. Το πεντάνιο μάλιστα παρέχει τη δυνατότητα κατασκευής ψυγείων με 30% λεπτότερα τοιχώματα. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι πολλές χώρες δεν υπέγραψαν το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ διαγωνίζοντας το πρόβλημα.

Η τρύπα του όζοντος

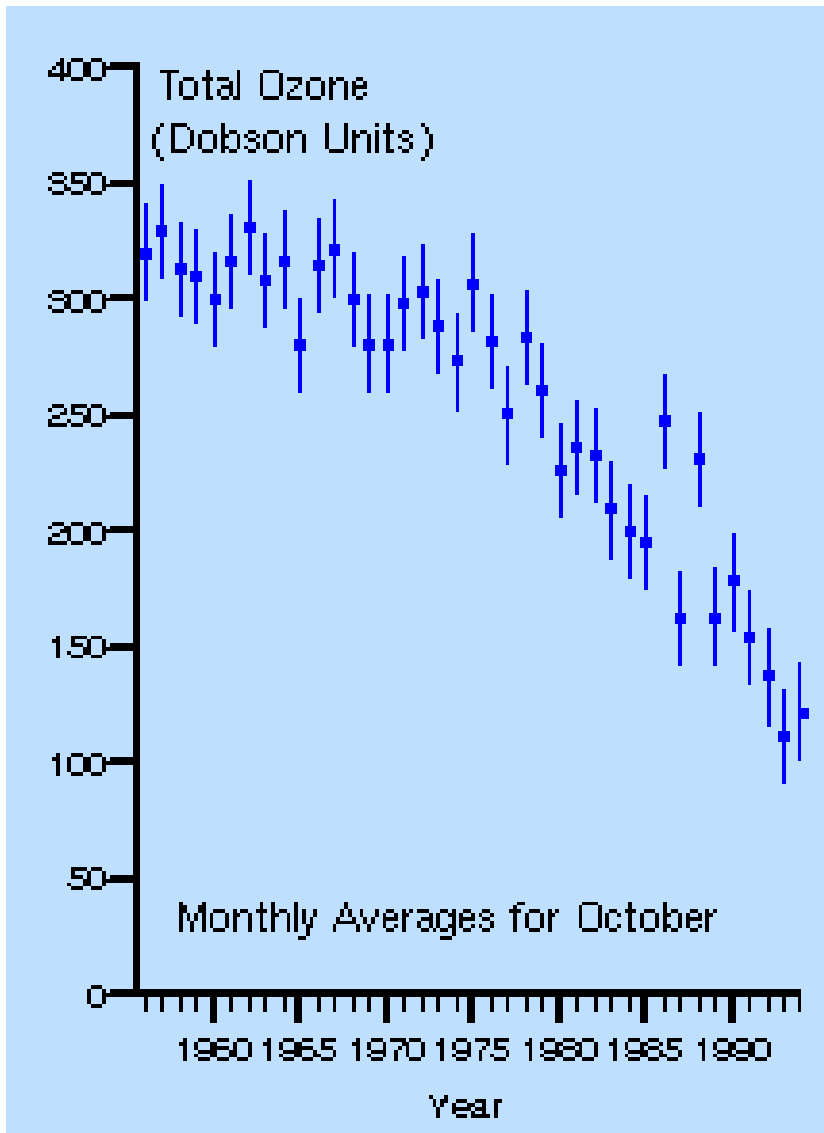
Το όζον το οποίο έγινε γνωστό τα τελευταία χρόνια από την σχέση αλληλεπίδρασης με τα προωθητικά υλικά των διαφόρων σπρέι και την γνωστή **τρύπα του όζοντος** αποτελεί την ασπίδα της ανθρώπινης ζωής αλλά και του ίδιου του πλανήτη αφού φιλτράρει το μεγαλύτερο μέρος της καταστροφικής υπεριώδους ακτινοβολίας του Ήλιου.

Στο παρακάτω σχήμα 2.10 φαίνονται τα παραπάνω.



Σχήμα 2.10. Το όζον **απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία**, αποτελώντας έτσι μία αποτελεσματική ασπίδα για τη γη. Το όζον **δεξιά απουσιάζει** και περισσότερη υψηλής ενέργειας υπεριώδη ακτινοβολία, διαπερνώντας την ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια της γης όπου είναι επιβλαβής για τους ζώντες οργανισμούς [6].

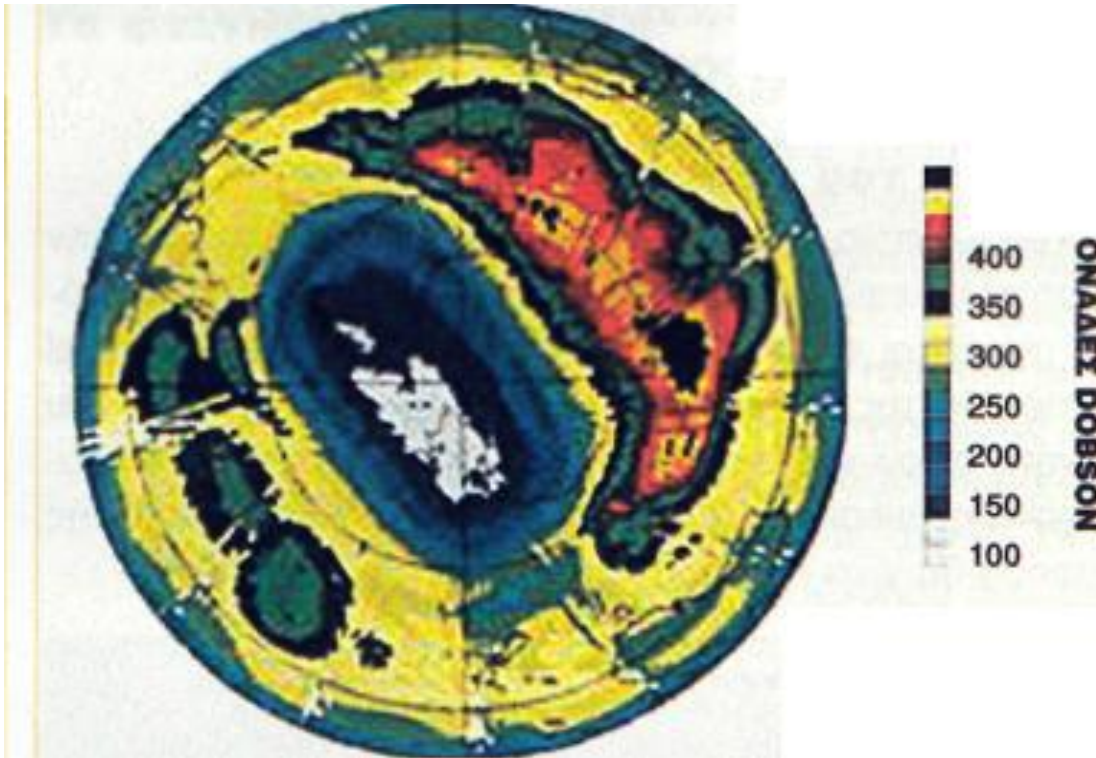
Στο παρακάτω διάγραμμα (2.3) παρουσιάζεται σχηματικά η δράση του στρώματος του όζοντος.



Διάγραμμα 2.3. Σχηματική παράσταση δράσης του στρώματος του όζοντος [6].

Η αλυσιδωτή αντίδραση καταστροφής του όζοντος από τα ψυκτικά υγρά κλιματιστικών τύπου Φρέον Β-12 (χρώμα Λευκό) οδήγησε τους κατασκευαστές παγκόσμια στην εξεύρεση καινούργιων ψυκτικών υγρών χωρίς χλωροφθοράνθρακες (CFC's).

Οι κλιματολογικές αλλαγές είναι αναμφισβήτητες και δυστυχώς πολύ δύσκολα αναστρέφονται. Ακόμα κι αν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου περιοριστούν στα σημερινά επίπεδα, η θερμοκρασία θα συνεχίσει να αυξάνεται εκτιμούν οι επιστήμονες.



Σχήμα 2.11. Οι περιοχές που καλύπτονται από το βυσσινί καθώς και το σκούρο μωβ στο κέντρο της τρύπας απεικονίζουν το χαμηλότερο ποσό του όζοντος που μετρήθηκε. Μια δορυφορική φωτογραφία επεξεργασμένη ψηφιακά αποκαλύπτει το μέγεθος της ζημιάς στο στρώμα του όζοντος [6].

Οι μέσες θερμοκρασίες που καταγράφονται στον πλανήτη είναι οι υψηλότερες των τελευταίων 2.000 ετών, σύμφωνα με τα συμπεράσματα της πιο ολοκληρωμένης μελέτης που έχει γίνει μέχρι σήμερα βασισμένη στην κλιματολογική ιστορία της Γης.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη και κυρίως η αύξηση της θερμοκρασίας τον 20ό αιώνα αποτελεί συνέπεια της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα των αερίων που ευθύνονται για την καταστροφή του στρώματος του όζοντος, ενισχύοντας τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε πρόσφατα η διακυβερνητική επιτροπή του ΟΗΕ για την κλιματολογική μεταβολή.

Οι ερευνητές προσπάθησαν να αναπλάσουν τις κλιματολογικές συνθήκες των τελευταίων δύο χιλιάδων ετών και, επειδή δεν διέθεταν μετρήσεις θερμοκρασιών, βασίστηκαν σε δείκτες, όπως είναι οι κορμοί των δέντρων και στους οποίους απεικονίζεται με ακρίβεια το τοπικό κλίμα.

Οι επιστήμονες μελέτησαν τις τομές κορμών δέντρων ηλικίας εκατοντάδων ή χιλιάδων ετών από διαφορετικές περιοχές, καθώς και τεμάχια πάγου που είχαν αφαιρεθεί από τους παγετώνες της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι σε

καμία περίοδο των τελευταίων 2.000 χρόνων το κλίμα δεν ήταν θερμότερο από τώρα, ενώ πιστεύεται ότι η θερμότερη περίοδος στον πλανήτη ήταν από το 1980 μέχρι και σήμερα.

Την ίδια ώρα τους φόβους των επιστημόνων έρχεται να ενισχύσει ακόμα μια μελέτη για τις κλιματικές αλλαγές στην Αρκτική, που διήρκεσε τρία χρόνια και χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Ορισμένα στοιχεία που ενισχύουν τα παραπάνω είναι:

- Η μείωση του όζοντος κατά 15% τα τελευταία 100 χρόνια.
- Η μείωση των παγετώνων της Ασίας και του Καυκάσου κατά 85% τα τελευταία 40 χρόνια.
- Η αύξηση κατά 13 εκατοστά της θαλάσσιας στάθμης τα τελευταία 50 χρόνια.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας σε μεγάλα βάθη τα τελευταία 30 χρόνια κατά 0,12 βαθμούς αν και οι θερμοκρασίες στα βάθη αυτά δύσκολα μεταβάλλονται.
- Τα υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα που φθάνουν τα 380 ppm και είναι τα υψηλότερα εδώ και 160.000 χρόνια.
- Τη δεκαετία του 1990-2000 οι καύσωνες εμφανίστηκαν σε τριπλάσιο αριθμό από ό,τι ίσχυε μέχρι τότε.

Παρόλα αυτά εκτιμάται ότι μικρές αλλαγές θα μπορούσαν να βελτιώσουν μακροπρόθεσμα τα πράγματα, όπως η αλλαγή της τεχνολογίας των επαγγελματικών ψυγείων και η χρησιμοποίηση των υδρογονανθράκων σαν ψυκτικό αέριο. Τα ψυκτικά αέρια που υπήρχαν στα ψυγεία, γνωστά με την ονομασία φρέον, προκάλεσαν τεράστια βλάβη στο στρώμα του όζοντος.

Οι υδροφθοράνθρακες που τα αντικατέστησαν, δεν βλάπτουν τη στοιβάδα του όζοντος. Δυστυχώς ένα μόριο αυτών των ουσιών είναι περίπου 1.300 φορές ισχυρότερο αέριο του θερμοκηπίου από τον πιο διάσημο ένοχο της ομάδας, το διοξείδιο του άνθρακα.

Αντίθετα οι υδρογονάνθρακες, που χρησιμοποιούνται σαν ψυκτικό αέριο στο 60% των οικιακών ψυγείων που κυκλοφορούν, είναι ασφαλείς για το περιβάλλον.

Οι οικολογικές οργανώσεις πιστεύουν ότι το πρόβλημα θα λυθεί μόνο όταν συμπεριληφθούν στους καταλόγους των απαγορευμένων ουσιών και νέα χημικά, που περιλαμβάνονται σε ποικίλα προϊόντα, από πυροσβεστήρες μέχρι καθαριστικά υγρά. Η NASA εξετάζοντας δορυφορικές λήψεις και έχει καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η κατάσταση του όζοντος σταθεροποιείται σταδιακά. Ωστόσο, φαίνεται ότι τα χημικά που καταστρέφουν το όζον, οι χλωροφθοράνθρακες, έχουν μεν μειωθεί στην κατώτερη ατμόσφαιρα, λόγω μείωσης των εκπομπών, όχι όμως και στην ανώτερη.

Ένα νέο νομοθετικό πλαίσιο θεσπίζεται από την Ε.Ε. για την μείωση των εκπομπών υδροφθορανθράκων (HFC), υπερφθορανθράκων (PFC) και εξαφθοριούχου θείου (SFC).

Πρόκειται για ισχυρά αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου, που καλύπτονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο, εξάλλου, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δεσμευθεί να μειώσει τις εκπομπές της κατά 8% στο χρονικό αυτό διάστημα, που σημαίνει συνολική μείωση κατά 336 εκατ. τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα

Οι HFC χρησιμοποιούνται κυρίως ως ψυκτικά μέσα, διαλύτες καθαρισμού και διογκωτικά αφρωδών πλαστικών. Οι PFC χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ημιαγωγών και ως διαλύτες καθαρισμού ενώ το SFC χρησιμοποιείται στον εξοπλισμό μεταγωγής υψηλής τάσης και στην παραγωγή μαγνησίου.

Αν δεν ληφθούν πρόσθετα μέτρα, οι εκπομπές φθοριούχων αερίων θα αυξηθούν έως το 2010 σε 98 εκατ. τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα, από 65 που ήταν το 1995. Έτσι, οι εκπομπές αυτές θα καλύπτουν το 2% - 4% του συνόλου των αναμενόμενων εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με σχετικές μελέτες, το κόστος παραγωγής, π.χ., του κλιματιστικού εξοπλισμού επιβατικών αυτοκινήτων και ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων θα αυξηθεί περίπου κατά 15-40 ευρώ ανά όχημα (ανάλογα με την τεχνική λύση που θα επιλεγεί από 30 - 50 ευρώ αν χρησιμοποιηθούν υδρογονάνθρακες και από 40 -150 ευρώ αν χρησιμοποιηθεί διοξείδιο του άνθρακα ως εναλλακτικό ψυκτικό μέσο. Γενικά, το κόστος παραγωγής των συστημάτων εξοπλισμού υπολογίζεται να αυξηθεί κατά 15 -150 ευρώ.

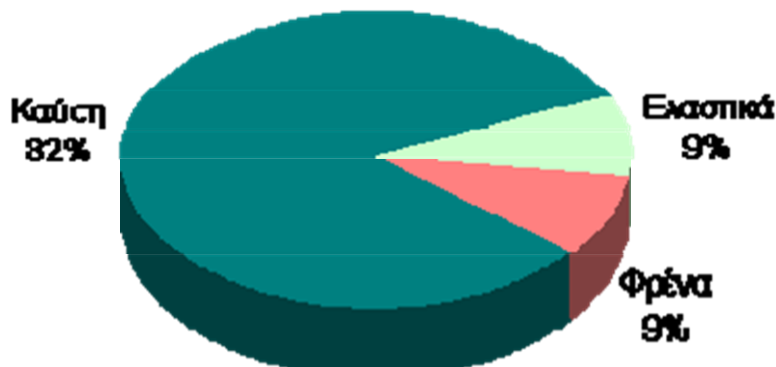
2.1.9. Στερεά σωματίδια (Particulate Matter - PM)

Περιλαμβάνεται κάθε υλικό, το οποίο υπό κανονικές συνθήκες περιέχεται στα καυσαέρια σε μορφή στερεού (στάχτη, αιθάλη) ή υγρού σώματος. Αρνητικές επιπτώσεις της αιθάλης στον ανθρώπινο οργανισμό δεν έχουν μέχρι στιγμής επιβεβαιωθεί.

Τα αιωρούμενα σωματίδια, είναι από τους σημαντικότερους ρύπους που εκπέμπονται από τα πάσης φύσης τροχοφόρα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια δεν εκπέμπονται μόνο από τη μηχανή, αλλά και από άλλα μέρη του αυτοκινήτου, κυρίως ελαστικά και φρένα.

Στο παρακάτω σχήμα 2.12, φαίνονται τα % ποσοστά των πηγών από τα μέρη του αυτοκινήτου που εκπέμπουν αιωρούμενα σωματίδια.



Σχήμα 2.12. Προέλευση εκπομπών σωματιδίων (PM) ανά πηγή ρύπανσης [6].

Τα σωματίδια, υλικά σε στερεά ή υγρή μορφή μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα μικροσκοπικά αυτά σωματίδια επηρεάζουν την αναπνοή, προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό και στους πνεύμονες ακόμα και πρόωρο θάνατο. Προκαλούν επίσης φθορές στις βαφές, τα εδάφη, τα υφάσματα, και μειώνουν την ορατότητα. Οι επιδράσεις τους γενικά εξαρτώνται τόσο από το μέγεθος τους (όσο μικρότερα είναι τόσο πιο επικίνδυνα), αλλά και από τη χημική τους σύσταση. Τα σωματίδια είναι στερεά υλικά που αιωρούνται στον αέρα. Εκείνα που είναι τα πλέον επικίνδυνα είναι τα πολύ μικρά που δεν μπορεί κανείς να τα δει με γυμνό μάτι και αιωρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα στους χώρους εργασίας.

Τέτοιου είδους σωματίδια μπορεί να είναι:

- α) Οι σκόνες που σχηματίζονται από τη διάσπαση των στερεών υλικών κατά το τρόχισμα ή το τρίψιμο με γυαλόχαρτο, τα στερεοποιημένα σταγονίδια με τη μορφή σπρέι και οι καπνοί της συγκόλλησης που είναι μικροσκοπικά ρινίσματα μετάλλων.
- β) Οι ατμοί και τα καυσαέρια είναι ρυπαντές που σχηματίζονται λόγω της εξάτμισης των υλικών, και κατά την λειτουργία των κινητήρων.

Εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα, αναμειγνύονται με αυτήν και προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα. Ωστόσο η έλλειψη επαρκούς οξυγόνου και οι ακραίες θερμοκρασίες δημιουργούν σημαντικά επιβλαβείς καταστάσεις για την ανθρώπινη υγεία.

Έλλειψη οξυγόνου είναι η κατάσταση εκείνη όπου το οξυγόνο της ατμόσφαιρας στο περιβάλλον εργασίας μειώνεται σε επίπεδα μικρότερα από 18%. Αυτό παρουσιάζεται σε κλειστούς χώρους όπου ο αερισμός είναι ανεπαρκής.

Τα πτητικά σωματίδια που δημιουργούνται από την εκτέλεση διαφόρων εργασιών τα εισπνέει ο τεχνίτης. Αυτά ανάλογα με το μέγεθος τους εισέρχονται στους πνεύμονες και κατακάθονται στις πιο μικρές κυψελίδες των πνευμόνων. Στη περίπτωση αυτή μιλάμε για πνευμονοδιαπερατά σωματίδια.

Η άχνα και τα μικροσωματίδια του χρώματος έχουν μεγέθη 0.01 - 1 μm, έτσι μπορούν να περάσουν στις κυψελίδες των πνευμόνων εκεί όπου το οξυγόνο (O_2) της ατμόσφαιρας ανταλλάσσεται με το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) του ανθρώπινου οργανισμού και να επηρεάσουν τη διαδικασία της αναπνοής. Τα σωματίδια μπορεί να προκαλέσουν βραχυχρόνια ή μακροχρόνια προβλήματα στους πνεύμονες ή μπορεί ακόμα να απορροφηθούν από το αίμα.



Σχήμα 2.13. Πτητικά σωματίδια όπως ο αμίαντος ή χημικές ενώσεις αρωματικών υδρογονανθράκων (βενζόλιο) μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο. Επίσης παρατεταμένη έκθεση και εισπνοή CO οδηγεί σε οξεία δηλητηρίαση ή ακόμη και σε θάνατο [6].

Εκτός από τους πλέον γνωστούς αέριους ρυπαντές που είναι το διοξείδιο του θείου (SO_2), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το όζον (O_3), ο μόλυβδος (Pb) και οι υδρογονάνθρακες (HC), σημαντική συμμετοχή στην ρύπανση έχουν και εκπεμπόμενα προς το περιβάλλον σωματίδια (TSP).

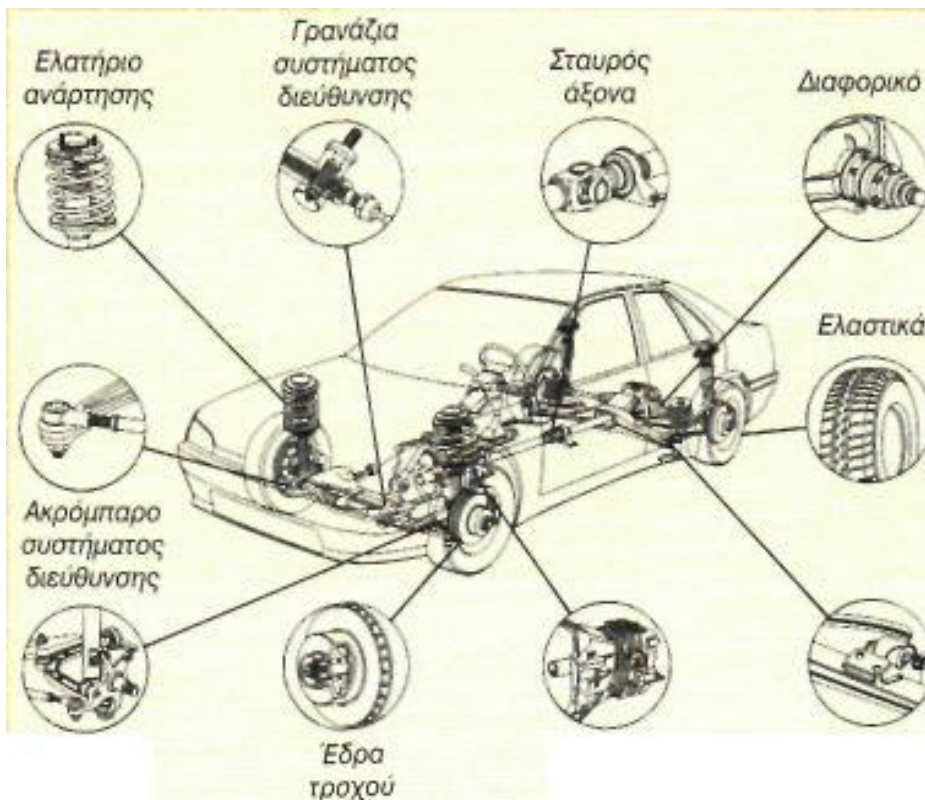
Στον παρακάτω πίνακα (2.1) δείχνονται τα στερεά απόβλητα που παράγονται από τα τροχοφόρα .

Πίνακας 2.1. Στερεά σωματίδια που εκπέμπονται από τα οχήματα.

ΣΤΕΡΕΑ	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΕΝΩΣΕΙΣ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
1. Αμίαντος	Προέρχεται από την τριβή των υλικών που περιέχουν αμίαντο μαζί με άλλα στοιχεία. Υπάρχει στα φρένα - φλάντζες - μονωτικά υλικά.
1. Άσβεστος	Προέρχεται από τα υλικά τριβής των φρένων και του συμπλέκτη. Με σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει αντικαταστήσει τον αμίαντο.
1. Λάστιχο	Προέρχεται από τα ελαστικά των τροχών, τα ελαστικά στήριξης των αναρτήσεων και των βάσεων και το αμάξωμα.
1. Πλαστικά υλικά, (θερμοπλαστικά και θερμοσκληρυνόμενα) Νάιλον 2. Βινύλιο 3. Πολυεστέρας 4. Χρώμα 5. Πίσσα	Είναι υλικά που σχεδόν στο σύνολο τους, προέρχονται από το αμάξωμα του αυτοκινήτου και είναι εξ ολοκλήρου σχεδόν ανακυκλώσιμα.
1. Ατσάλι 2. Αλουμίνιο 3. Χαλκός	Προέρχονται από τα μεταλλικά τμήματα του αυτοκινήτου, αμάξωμα, κινητήρας και είναι όλα ανακυκλώσιμα.
1. Μόλυβδος	Προέρχεται από την μπαταρία του αυτοκινήτου.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Πλατίνα 2. Παλλάδιο 3. Ρόδιο 4. Μαγνήσιο 	<p>Προέρχονται από τον καταλυτικό μετατροπέα.</p>
--	---

Στο παρακάτω σχήμα 2.14 φαίνονται σχηματικά τα διάφορα είδη στερεών αποβλήτων που εκπέμπονται από τα διάφορα μέρη ενός τροχοφόρου.



Σχήμα 2.14. Στερεά υλικά - σωματίδια που εκπέμπονται στο περιβάλλον από το αυτοκίνητο, Τεφλόν, Λάστιχο, Ατσάλι, Χαλκός, Πλαστικό, Γράσο, Λιπαντικά, είναι τοποθετημένα στα διάφορα συστήματα του αυτοκινήτου [6].

Στον παρακάτω πίνακα 2.2, παρουσιάζονται τα υγρά απόβλητα, ενώ στον πίνακα 2.3, τα αέρια απόβλητα που παράγονται από τα τροχοφόρα.

Πίνακας 2.2. Υγρά απόβλητα από τα οχήματα

ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΕΝΩΣΕΙΣ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
1. Υδρογονάνθρακες 2. Θειούχες ενώσεις	Από το καύσιμο των κινητήρων (βενζινοκινητήρες)
1. Προπάνιο (C3H8)	Υγραέριο (LPG) - καύσιμο βενζινοκινητήρων
1. Αλκοόλη	Αντιψυκτικό υγρό κινητήρων
1. Υγρά φρένων -συμπλέκτη 1. Φωσφόρος	Από το υδραυλικό κύκλωμα των φρένων και του Λιπαντικά κινητήρων κιβωτίων ταχυτήτων κ.λ.π.
1. Θειικό οξύ (H2SO4)	Ηλεκτρολύτης μπαταρίας
1. Φρέον	Σύστημα κλιματισμού A/C

Πίνακας 2.3. Αέρια απόβλητα από τα οχήματα

ΑΕΡΙΑ	
Αέρια που προέρχονται άμεσα από την εξάτμιση των ίδιων των ενώσεων	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΕΝΩΣΕΙΣ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
1. Υδρογονάνθρακες 2. Βενζόλιο 3. Τετρααιθυλιούχος μόλυβδος - Παραφίνες 4. Οκτάνιο 5. Προπάνιο	Εξάτμιση καυσίμων (βενζίνη - πετρέλαιο - υγραέριο) λιπαντικών - ψυκτικών υγρών

Αέρια που προέρχονται έμμεσα από την καύση των στοιχείων ή την φθορά τους	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΕΝΩΣΕΙΣ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
1. Υδρογονάνθρακες 2. Μονοξείδιο του άνθρακα 3. Διοξείδιο του άνθρακα 4. Οξείδια του Αζώτου 5. Όζον	Είναι προϊόντα που προέρχονται από την καύση των καυσίμων και εν μέρει του λιπαντικού των κινητήρων.
1. Αμίαντος (σκόνη)	Προέρχεται από την τριβή των υλικών που περιέχουν αμίαντο φρένα - φλάντζες - μονωτικά υλικά.
1. Λάστιχο (σκόνη)	Προέρχεται από την τριβή των ελαστικών των τροχών, των ελαστικών στήριξης των αναρτήσεων

Τα αέρια υλικά είναι κυρίως προϊόντα προερχόμενα από:

- την καύση των καυσίμων σε ποσοστό 60%,
- την εξάτμιση του λιπαντικού των στροφαλοθαλάμων σε ποσοστό 20%
- την εξάτμιση του καυσίμου από το σύστημα τροφοδοσίας σε ποσοστό 20%

2.1.10. Συμμετοχή πηγών στις ετήσιες εκπομπές ρύπων

Οι ρυπαντές προέρχονται όμως, εκτός από κινητές πηγές και από σταθερές πηγές (βιομηχανία, οικιακές δραστηριότητες, γεωργία κλπ). Η συμμετοχή της κάθε πηγής εξαρτάται από το είδος του ρυπαντή, την τοπογραφία και μετεωρολογία της περιοχής και τις γενικότερες κλιματικές συνθήκες.

Στον παρακάτω πίνακα 2.4, παρουσιάζεται η % συμμετοχή των διαφόρων πηγών στις ετήσιες εκπομπές των κυριωτέρων ρύπων.

Πίνακας 2.4. Η συμμετοχή των διαφόρων πηγών στις ετήσιες εκπομπές των κυριωτέρων ρύπων.

ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΠΗΓΩΝ ΣΤΙΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ (%)						
	ΚΑΠΝΟΣ	CO	HC	NO_x	SO₂	ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ
Ε.Ι.Χ.	-	80	46	48	-	-
ΤΑΞΙ	19	1	5	5	5	-
ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	16	10	1	6	4	-
ΦΟΡΤΗΓΑ	30	2	3	16	6	-
ΜΟΤΟΣΙΚΛΕΤΕΣ	3	7	20	2	-	-
ΣΥΝΟΛΟ	68	100	75	77	15	-
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	15	-	25	17	45	100
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	17	-	-	6	40	-
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	100	100	100	100	100	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Γενικά

Οι εκπομπές αερίων από τα τροχοφόρα και κατ' επέκταση το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι ένα μείζον θέμα το οποίο μας απασχολεί πολύ έντονα την τελευταία δεκαετία.

Γι' αυτό όμως που τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγαλύτερη προσπάθεια είναι η επίλυση του ή τουλάχιστον η μείωσή του με κάθε ορθολογικά εφικτό τρόπο.

Οι λύσεις οι οποίες θα μπορούσαν κατά ένα μεγάλο ποσοστό να βοηθήσουν στη μείωση των εκπομπών, είναι οι λύσεις που αφορούν το τεχνικό κομμάτι και την τεχνική βελτίωση των τροχοφόρων.

Από την άλλη πλευρά όμως υπάρχουν και οι λύσεις που αφορούν το φορολογία των καυσίμων, το εμπόριο των ρύπων καθώς επίσης και τα υβριδικά συστήματα.

3.1. Τεχνολογικές Λύσεις

Η μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, μπορεί κυρίως να γίνει μέσα από την τεχνική βελτίωση των τροχοφόρων και ενδεχομένως την βελτιστοποίηση της λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).

Από διάφορους διεθνείς οργανισμούς έχουν προταθεί κάποιες τεχνολογικά πραγματοποιήσιμες λύσεις.

Μερικές απάντες είναι οι εξής :

- Βελτιστοποίηση σχεδιασμού κινητήρων στις ΜΕΚ
- Ηλεκτρονική διαχείριση τροφοδοσίας καυσίμου
- Υψηλής πίεσης έγχυση (injection) καυσίμου
- Σχεδιασμός υβριδικών συστημάτων μηχανοκίνησης.
- Σχεδιασμός βελτιστοποίησης καταλυτικών συστημάτων.

Εδώ καθίσταται πλέον απαραίτητο να τεθούν κάποια κριτήρια για το ποια θα είναι τα Minimum που ένα μη-τεχνικό σχέδιο μείωσης των εκπομπών θα πρέπει να εξασφαλίζει.

- Θα πρέπει να πετυχαίνει τους στόχους εκπομπών με το ελάχιστο κόστος.
- Θα πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτο ώστε να μπορεί μελλοντικά να τροποποιηθεί εύκολα.
- Θα πρέπει να είναι νομικά τεκμηριωμένο και να μην προσκρούει στο διεθνές δίκαιο.

- Θα πρέπει να είναι εφικτό και σχετικά άμεσα εφαρμόσιμο .

3.2. Μη τεχνολογικές προτεινόμενες λύσεις

Ο αποδοτικότερος ενεργειακά και αποτελεσματικότερος οικονομικά τρόπος για να μειωθούν οι εκπομπές SO_x και NO_x από τα τροχοφόρα θα ήταν η χρήση καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, το οποίο θα παράγεται από τα διυλιστήρια.

3.3. Ειδικά συστήματα

Για να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον, εκτός από τους καταλύτες έχουν αναπτυχθεί τα παρακάτω συστήματα αντιρρύπανσης:

- Σύστημα ελέγχου των αναθυμιάσεων του συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου
- Το σύστημα ανακυκλοφορίας καυσαερίων για την μείωση των οξειδίων του αζώτου
- Το σύστημα θετικού εξαερισμού του στροφαλοθαλάμου

Οι αναθυμιάσεις συγκεντρώνονται σε ένα δοχείο ενεργού άνθρακα και διοχετεύονται μέσα από το σύστημα εισαγωγής στους κυλίνδρους για καύση κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.

Κατά την καύση σε υψηλές θερμοκρασίες του κινητήρα και όταν υπάρχει περίσσεια οξυγόνου δημιουργούνται οξείδια του αζώτου.

Για να μειωθεί αυτή η παραγωγή οξειδίων πρέπει να μειωθεί η θερμοκρασία. Η μείωση της θερμοκρασίας γίνεται με την ανακύκλωση μιας μικρής ποσότητας καυσαερίων.

Τα καυσαέρια διοχετεύονται από την βαλβίδα πολλαπλής εξαγωγής μέσα από ένα σωλήνα στο σύστημα εισαγωγής.

3.4. Αρχές σχεδιασμού καταλυτικού μετατροπέα καυσαερίων

Οι απαιτήσεις που τίθενται για την αποτελεσματική λειτουργία του καταλύτη καυσαερίων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

1. Η ελάττωση των ρύπων να υπερβαίνει το 90%.
2. Οι διαστάσεις του πρέπει να είναι αρκετά μικρές, ώστε να τοποθετείται εύκολα στο αυτοκίνητο.
3. Η πτώση πίεσης πρέπει να είναι πολύ μικρή, γιατί διαφορετικά η ισχύς του κινητήρα μειώνεται αισθητά.
4. Πρέπει να έχει μεγάλη θερμική αλλά και μηχανική αντοχή. Οι συνεχείς συστολές - διαστολές καταστρέφουν την απόθεση του καταλυτικού υλικού.
5. Το κόστος του είναι καλό να είναι σχετικά χαμηλό.
6. Η συντήρηση και η αντικατάστασή του πρέπει να γίνονται εύκολα.
7. Η διάρκεια ζωής πρέπει να υπερβαίνει τουλάχιστον τα 50.000 km.
8. Δεν πρέπει να δηλητηριάζεται εύκολα.
9. Καλό είναι να θερμαίνεται σχετικά γρήγορα, ώστε κατά την κρύα εκκίνηση του κινητήρα η κατάλυση να ξεκινά σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ταυτόχρονα πρέπει να εμφανίζει και σχετική αδράνεια στις θερμικές μεταβολές, κατά τη μεταβολή των συνθηκών λειτουργίας φορτίου και στροφών του κινητήρα.

Οι λειτουργικές παράμετροι του καταλύτη είναι :

1. Η παροχή του μίγματος των καυσαερίων, που εξαρτάτε από τον κυβισμό και τις στροφές του κινητήρα. Ο κυβισμός και οι μέγιστες στροφές του συγκεκριμένου κινητήρα καθορίζουν και τη μέγιστη παροχή των καυσαερίων.
2. Η θερμοκρασία εισόδου των καυσαερίων στον καταλύτη, που εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, τον τύπο του κινητήρα και τη θέση του καταλύτη (συνήθως 1.5 m μετά την πολλαπλή εξαγωγή).
3. Η αρχική συγκέντρωση CO στα καυσαέρια, που εξαρτώνται από τις συνθήκες καύσης και τον τύπο του κινητήρα. Για τη μετατροπή απαιτείται, δηλαδή, μια ελάχιστη αρχική συγκέντρωση (κατώφλι) έναρξης χημικής αντίδρασης.

Οι κατασκευαστικές παράμετροι του καταλύτη είναι:

1. Το υλικό του μονόλιθου και του υποστρώματος, το οποίο συνήθως είναι κορδιερίτης (γ - αλουμίνα)
2. Το καταλυτικό υλικό Pt, Pd, Rh.
3. Το γεωμετρικό σχήμα των καναλιών και η διάταξη τους.
4. Το εξωτερικό σχήμα του καταλύτη (και η διάμετρος του).
5. Το μήκος του μονόλιθου.
6. Η συνολική ποσότητα του καταλυτικού μετάλλου και η κατανομή του κατά μήκος του άξονα του μονόλιθου.

Τα κριτήρια σχεδιασμού του καταλύτη είναι:

1. Η ελαχιστοποίηση του κόστους του μετατροπέα που εξαρτάται κυρίως από τις ποσότητες του καταλυτικού υλικού.
2. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων στην έξοδο του καταλύτη πρέπει να πληρούν τις νομοθετημένες οριακές προδιαγραφές.
3. Η πτώση πίεσης πρέπει να είναι μικρή, ώστε η ισχύς του κινητήρα να μην μειώνεται ουσιαστικά (ως 100 cm H₂O ή 0.1 at).

Ως τελικά συμπεράσματα μπορούν να αναφερθούν τα ακόλουθα:

- α. Ο μονόλιθος πλεονεκτεί έναντι της κλίνης σωματιδίων ως προς την απόδοση της μετατροπής, την γρήγορη έναρξη της κατάλυσης και τη μικρότερη πτώση πίεσης.
- β. Η κατανομή του υλικού κατά μήκος του άξονα του μονόλιθου βελτιώνει την απόδοση του μετατροπέα και ελαττώνει την απαιτούμενη ποσότητα πολύτιμων μετάλλων.
- γ. Οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας και μάζας ασκούν σημαντική επίδραση στην απόδοση του μετατροπέα.

3.5. Συστήματα ελέγχου εκπομπών βενζινοκινητήρα

Οι ρύποι της εξάτμισης αποτελούν μόνον το 60% των συνολικά εκπεμπόμενων αερίων ρύπων, ενώ το 40% προέρχεται από:

Τον σωλήνα αναθυμιάσεων του στροφαλοθάλαμου – κάρτερ που ρυπαίνει κατά 20%, εάν δεν υπάρχει η στοιχειώδης ανακύκλωση.

Τις αναθυμιάσεις από το δοχείο της βενζίνης κατά 10% (ιδίως το καλοκαίρι).

Τις αναθυμιάσεις της βενζίνης από τον εξαεριοτή, επίσης κατά 10%.

Έτσι, λόγω της συνεχούς μείωσης των ορίων εκπομπών, επινοήθηκαν και τοποθετήθηκαν κατά περιόδους διάφορα συστήματα περιορισμού των ρύπων αυτών, όπως αντλία αέρα, ανακύκλωση των καυσαερίων, εξαερισμός του στροφαλοθάλαμου, περιορισμός εκπομπών του ρεζερβουάρ, θερμοστατικό φίλτρο, μείωση του χρονισμού έναυσης στο ρελαντί και στην επιτάχυνση και, τέλος, καταλυτικά συστήματα.

3.6. Αντλία παροχής πρόσθετου αέρα στην εξαγωγή (air pump, thermal reactors)

Με το σύστημα αυτό, παρέχεται αέρας σε κάθε βαλβίδα εξαγωγής, ώστε να επιτυγχάνεται η μείωση των εκπομπών CO και HC.

Τα οξείδια του αζώτου δεν μειώνονται, ενώ μπορεί και να αυξηθούν, αν στην εξαγωγή αναπτυχθούν πολλή υψηλές θερμοκρασίες από την καύση των CO και HC, ή αν ο αέρας της αντλίας εισέλθει στον κύλινδρο, κατά τη διάρκεια της γωνίας επικάλυψης των βαλβίδων, οπότε το καύσιμο μίγμα δημιουργείται φτωχότερο.

Η πλήρης οξείδωση των CO, HC απαιτεί υψηλή θερμοκρασία στην εξαγωγή, σημαντική ποσότητα οξυγόνου και αρκετό χρόνο παραμονής των καυσαερίων στην εξαγωγή. Μετά την έναρξή της οξείδωσης, η θερμότητα που παράγεται συντηρεί την αντίδραση. Το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής προέρχεται από την καύση του CO.

Οι εκπομπές CO και HC ως συνάρτηση της αναλογίας αέρα – καυσίμου με παράμετρο την αναλογία του ψεκαζόμενου αέρα, που παριστάνεται ως επί τοις εκατό αναλογία του αέρα του μίγματος. Συμπεραίνεται ότι:

Η ελάχιστη συγκέντρωση HC εμφανίζεται σε πλούσια μίγματα.

Η συγκέντρωση CO είναι χαμηλή για τα περισσότερα πλούσια μίγματα.

Μικρή αύξηση CO παρατηρείται για λίγο πλουσιότερο μίγμα από το στοιχειομετρικό.

Στα στοιχειομετρικά και φτωχά μίγματα το CO είναι πολύ χαμηλό.

Όταν η ποσότητα του ψεκαζόμενου αέρα είναι υπερβολική και το μίγμα φτωχό, οι HC αυξάνονται περισσότερο από τη εκπομπή χωρίς αντλία παροχής αέρα, επειδή η πολλαπλή εξαγωγή ψύχεται υπερβολικά.

Για κάθε αναλογία αέρα – καυσίμου αντιστοιχεί μια ελάχιστη παροχή πρόσθετου αέρα, που δημιουργεί την μέγιστη μείωση εκπομπών HC και CO. Η ελαχιστοποίηση αυτή της παροχής είναι επιθυμητή, επειδή μειώνεται αντίστοιχα και η ισχύς της αντλίας, το μέγεθος και το κόστος της.

Η επίδραση του διατιθέμενου για την αντίδραση όγκου της εξαγωγής στο ποσοστό των HC που δεν οξειδώνονται με παράμετρο τη θερμοκρασία, όταν η συγκέντρωση οξυγόνου είναι 3%. Αύξηση βέβαια του όγκου του συστήματος εξαγωγής συνεπάγεται αντίστοιχη αύξηση του χρόνου οξείδωσης.

Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να μειώσουμε την παροχή αέρα και να βελτιώνουμε την αποτελεσματικότητα της μεθόδου και για πλούσια αλλά και για φτωχά μίγματα.

Στα συστήματα αυτά τοποθετείται και μια βαλβίδα εκτροπής (diverter valve) του αέρα στην ατμόσφαιρα κατά την επιβράδυνση, επειδή το μίγμα είναι τότε πλούσιο και η καύση συνεχίζεται πολλές φορές και στην εξαγωγή, οπότε η παροχή πρόσθετου αέρα προκαλεί μικρές εκρήξεις στην εξαγωγή. Ακόμη, τοποθετείται μια βαλβίδα ελέγχου (check valve) που εμποδίζει την κίνηση των καυσαερίων προς την αντλία αέρα.

Τα συστήματα αυτά είναι ογκωδέστερα των καταλυτών, η μείωση CO είναι μικρότερη, αλλά μπορεί να χρησιμοποιείται βενζίνη με μόλυβδο. Λειτουργούν με ή χωρίς έγχυση αέρα, ανάλογα με το λόγο αέρα – καυσίμου. Το σύστημα εξαγωγής πρέπει να είναι θερμικά μονωμένο και στεγανό. Η μείωση HC και CO ανέρχεται στο 85% και η διάρκεια ζωής του συστήματος είναι τουλάχιστον 150.000 km.

3.7. Σύστημα ανακύκλωσης των καυσαερίων EGR (Exhaust gas recirculation)

Το σύστημα αυτό σκοπεύει στην μείωση των NO_x, των οποίων η εκπομπή αυξάνεται πολύ στα στοιχειομετρικά και στα φτωχά μίγματα. Έτσι, ο μόνος τρόπος είναι να μειωθεί η μέγιστη θερμοκρασία καύσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με καθυστέρηση της έναυσης, με ψεκασμό ενός αδρανούς υγρού, όπως το νερό στη νέα γόμωση, ή και με ανακύκλωσης ενός μέρους των καυσαερίων.

Ο ψεκασμός νερού έχει αποδειχθεί αρκετά αποτελεσματικός, αρκεί να γίνεται σε υψηλά φορτία. Απαιτεί όμως, την ύπαρξη ενός ογκώδους δοχείου. Επίσης, η διάλυση του νερού στο

λάδι προκαλεί προβλήματα λίπανσης και σκουριάς. Για το λόγο αυτό, η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται.

Η ανακύκλωση των καυσαερίων είναι αποτελεσματική και διαδεδομένη, ιδίως στις Η.Π.Α. Το σύστημα λειτουργεί περισσότερο αποτελεσματικά, όταν η διανομή των καυσαερίων είναι ίδια για όλους τους κυλίνδρους. Το κύριο στοιχείο του συστήματος είναι η βαλβίδα, που καθορίζει το ποσοστό των καυσαερίων που ανακυκλώνονται. Η βαλβίδα λειτουργεί με την υποπίεση της εισαγωγής. Στο ρελαντί η υποπίεση που μεταβιβάζεται είναι μηδενική και η βαλβίδα παραμένει κλειστή.

Το EGR δεν πρέπει να λειτουργεί στο ρελαντί, επειδή το υπόλοιπο καυσαερίου στο τέλος της εξαγωγής είναι ήδη πολύ υψηλό. Επίσης, στο ρελαντί και σε πολύ χαμηλά φορτία η εκπομπή NO_x είναι χαμηλή. Ακόμη, όταν ο κινητήρας είναι κρύος και συνεπώς το μίγμα είναι πολύ πλούσιο, η εκπομπή NO_x είναι ελάχιστη.

Για το λόγο αυτό, διακόπτεται η επίδραση της υποπίεσης στην βαλβίδα EGR με έναν θερμοστατικό διακόπτη, κατά τη διάρκεια θέρμανσης (warm up) του κινητήρα.

Το ποσοστό ανακύκλωσης G/F είναι:

$$G/F = A/F + (EGR/100)(A/F + 1)$$

όπου A/F η αναλογία μάζας αέρα – καυσίμου.

Παρατηρούμε ότι είναι δυνατόν να επιτευχθεί σημαντική μείωση NO_x με ένα ελαφρό φτωχό μίγμα στην αρχή και με τη διατήρηση της εκπομπής HC και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου σε χαμηλά επίπεδα.

Πάντως, η χρησιμοποίηση του EGR μειώνει τις επιδόσεις του αυτοκινήτου.

3.8. Σύστημα περιορισμού των εκπομπών HC από το κάρτερ PCV (Positive crankcase ventilation)

Οι αναθυμιάσεις HC στο κάρτερ προέρχεται από τη διαφυγή μίγματος και καυσαερίων στα ελατήρια του εμβόλου που μαζί με ατμούς λαδιού διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα από τον αγωγό και το φίλτρο εξαερισμού του κάρτερ. Εκτιμάται ότι το σύνολο των HC που διαφεύγουν από το κάρτερ σε μη ελεγχόμενα αυτοκίνητα είναι περίπου 2.5 g/km, δηλαδή υψηλότερο από τα σημερινά όρια εκπομπών της εξάτμισης.

Το σύστημα PCV παρουσιάστηκε το 1963. Καταργήθηκε, δηλαδή, ο αγωγός εξαερισμού και οι αναθυμιάσεις του κάρτερ οδηγούνται στην πολλαπλή εισαγωγή και από εκεί στους κυλίνδρους, όπου καίγονται. Μια βαλβίδα που λειτουργεί με την υποπίεση της εισαγωγής εμποδίζει την ανακύκλωση των αναθυμιάσεων, κατά την λειτουργία του κινητήρα στο

ρελαντί και στα χαμηλά φορτία. Στο σύστημα δεύτερης γενιάς έχει σφραγιστεί εντελώς η αναπνοή του κάρτερ. Αυτό δημιουργεί πλούσια μίγματα. Έτσι, στα συστήματα τρίτης γενιάς το πάμα της αναπνοής συνδέθηκε με το φίλτρο αέρα (κλειστό σύστημα PCV). Στο σύστημα αυτό, όταν η ποσότητα των αναθυμιάσεων είναι μεγάλη και η πίεση στο κλειστό κύκλωμα υπερβεί κάποια τιμή, μια ειδική βαλβίδα (control valve) οδηγεί τις αναθυμιάσεις, μέσω του φίλτρου αέρα, στον εξαεριωτή και από εκεί στους κυλίνδρους.

Σήμερα, όλα τα αυτοκίνητα διαθέτουν κάποιο τύπο PCV.

3.9. Συστήματα περιορισμού των εκπομπών HC από τον εξαεριωτή και το δοχείο καυσίμου

Το ρεζερβουάρ καυσίμου « αναπνέει », καθώς η θερμοκρασία αλλάζει. Όταν το δοχείο θερμαίνεται, ο αέρας σε αυτό διαστέλλεται κι ένα τμήμα του, που περιέχει ατμούς HC εκτονώνεται στην ατμόσφαιρα μέσω του αγωγού εξαέρωσης ή μέσω της οπής εξαέρωσης της τάπας του ρεζερβουάρ. Κατά τη ψύξη του δοχείου, εισέρχεται αέρας από την ατμόσφαιρα στο δοχείο. Συνεπώς η ποσότητα των εκπομπών HC αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του δοχείου καυσίμου.

Όταν το αυτοκίνητο σταματήσει, η θερμότητα που μεταδίδεται από τον κινητήρα στη λεκάνη σταθερής στάθμης του εξαεριωτή προκαλεί την εξαέρωση ενός μέρους ή όλου και όλου του καυσίμου της λεκάνης και οι ατμοί HC διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα.

Για τον περιορισμό των δύο αυτών περιπτώσεων χρησιμοποιείται ένα μεταλλικό δοχείο (canister) που περιέχει ενεργό άνθρακα (activated charcoal). Οι ατμοί από τη λεκάνη του εξαεριωτή οδηγούνται στο δοχείο, όπου απορροφώνται από τον άνθρακα, μόλις το όχημα σταματήσει. Ταυτόχρονα, αέρας με ατμούς HC μεταφέρεται από το ρεζερβουάρ στο δοχείο με ένα ειδικό σύστημα σωληνώσεων.

Στο κάτω μέρος του δοχείου υπάρχει φίλτρο που ενεργοποιείται στη φάση καθαρισμού. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί, λόγω της υποπίεσης εισαγωγής, οι ατμοί HC μεταφέρονται από το δοχείο στον εξαεριωτή και από εκεί καίγονται στους κυλίνδρους.

Στο δοχείο με ενεργό άνθρακα η ροή των ατμών περιορίζεται με κατάλληλη βαλβίδα, κατά την λειτουργία ρελαντί, ώστε το μίγμα να μην γίνεται υπερβολικά πλούσιο.

Ο διαχωριστής ατμών έχει τρεις σωλήνες έρχονται από τα δύο άκρα και το κέντρο του ρεζερβουάρ, ώστε τουλάχιστον ένας να βρίσκεται πάντοτε πάνω από την επιφάνεια του καυσίμου, ανεξάρτητα από τη κλίση του αυτοκινήτου. Οι αγωγοί αυτοί είναι ανοικτοί στην κορυφή τους από όπου διαφεύγουν οι ατμοί και οδηγούνται με τον σωλήνα στο canister.

Στα σύγχρονα ρεζερβουάρ χρησιμοποιείται ειδικό πώμα με βαλβίδα που ανοίγει, όταν αναπτυχθεί υπερβολική πίεση στο δοχείο ή όταν υπάρχει υποπίεση για να εισέλθει αέρας.

Σε μερικούς εξαεριωτές τοποθετείται θερμομονωτική φλάντζα, για να μειώνεται η θερμοροή από τον κινητήρα προς τον εξαεριωτή. Επίσης, σε μερικά συστήματα οι ατμοί HC από το ρεζερβουάρ και των εξαεριωτή οδηγούνται στο κάρτερ και από εκεί στο σύστημα PCV.

Οι εκπομπές HC από το ρεζερβουάρ και τον εξαεριωτή υπολογίζονται σε 2g/km περίπου.

3.10. Θερμοστατικό φίλτρο αέρα

Πρόκειται για ένα σύστημα που παρέχει θερμό αέρα στον εξαεριωτή, κατά την διάρκεια που ο κινητήρας είναι ακόμα κρύος ή όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Με το σύστημα αυτό επιτυγχάνεται σταθερή θερμοκρασία μίγματος σε όλες τις καιρικές συνθήκες και κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης του κινητήρα, ώστε να ευνοείται η εξαερίωση του καυσίμου, χωρίς τη μείωση του βαθμού πλήρωσης. Επιπλέον, η αναλογία αέρα – καυσίμου διατηρείται σταθερή, χειμώνα και καλοκαίρι, χωρίς την ανάγκη ρυθμίσεων.

Γύρω από την πολλαπλή εισαγωγή υπάρχει ένας θάλαμος, όπου ο αέρας θερμαίνεται γρήγορα από το κινητήρα. Μια βαλβίδα που ενεργοποιείται από την υποπίεση της πολλαπλής εισαγωγής, κατευθύνει τον θερμό αέρα στο φίλτρο και στην συνέχεια στον εξαεριωτή. Η λειτουργία της βαλβίδας ελέγχεται με ένα θερμοστατικό διακόπτη.

3.11. Συστήματα μετατροπής του χρόνου έναυσης

Όταν η έναυση στο ρελαντί γίνεται στο ANΣ ή και μετά από αυτό (retard), η διάρκεια και η ποιότητα της καύσης αυξάνεται, ώστε οι εκπομπές CO και HC να μειώνονται. Αυτό επιτυγχάνεται με διανομέα που έχει διπλό διάφραγμα κενού.

Στο ρελαντί η πεταλούδα είναι σχεδόν κλειστή και η υποπίεση εμφανίζεται μόνο στην περιοχή του «άμεσου» κενού. Τότε η περιοχή 3 πιέζει το διάφραγμα προς την 4, με αποτέλεσμα το αξονάκι του διανομέα να στρέφει δεξιόστροφα την πλατινοφόρο πλάκα του διανομέα και, συνεπώς, να επιτυγχάνεται απομάκρυνση της κινητής πλατίνας από το έκκεντρο του άξονα, δηλαδή καθυστέρηση της έναυσης. Με το άνοιγμα της πεταλούδας, η υποπίεση μεταβιβάζεται στην περιοχή 1 του «έμμεσου» κενού βρίσκεται πλησιέστερα στον λαιμό του σραγαλισμού.

Έτσι τώρα επικρατεί η πίεση από τη πλευρά 4 του διαφράγματος επί της πλευράς 3, το αξονάκι κινείται αντίθετα και το αβάνς αυξάνεται. Όταν η πεταλούδα είναι τελείως ανοικτή, δεν αναπτύσσεται υποπίεση στο διάφραγμα και ο χρονισμός της έναυσης εξαρτάται μόνον από τις στροφές.

Κατά την καθυστέρηση έναυσης, ο κινητήρας υπερθερμαίνεται. Για την αποφυγή του φαινομένου αυτού, χρησιμοποιείται θερμοστατικός διακόπτης που εμποδίζει την υποπίεση από την περιοχή «άμεσου» κενού, όταν ο κινητήρας υπερθερμαίνεται. Επίσης, επειδή μειώνεται το ωφέλιμο έργο, οι στροφές του κινητήρα πέφτουν. Ο οδηγός, λοιπόν, αναγκάζεται να πατήσει γκάζι, ώστε να μην διακόπτεται η λειτουργία του κινητήρα αμέσως μετά τη διακοπή του ηλεκτρικού κυκλώματος. Για αυτό χρησιμοποιείται ένας ηλεκτρομαγνητικός διακόπτης, που κλείνει την πεταλούδα με το κλείσιμο του διακόπτη.

Τέλος, με ένα σύστημα ηλεκτρομαγνητικού διακόπτη μειώνεται η προπορεία έναυσης που δίνει ο ρυθμιστής κενού στις πρώτες σχέσεις μετάδοσης, όταν το αυτοκίνητο κινείται στην πόλη, ώστε να μειώνονται οι εκπομπές HC και CO. Ανάλογος αισθητή ταχύτητας μπορεί να τοποθετείται και στο κιβώτιο ταχυτήτων ή στο ταχύμετρο.

3.12. Καταλυτικά συστήματα ελέγχου εκπομπών

3.12.1. Αισθητήρας οξυγόνου ή λήπτης λάμδα (λ – sensor)

Αισθητήρας οξυγόνου τοποθετείται στην πολλαπλή εξαγωγή πριν τον καταλύτη. Αποστολή του είναι να ανιχνεύει τη συγκέντρωση οξυγόνου στα καυσαέρια με εξαιρετική ακρίβεια. Η εφαρμογή του ξεκίνησε το 1970 από την BOSCH. Σήμερα, έχει αναπτυχθεί η Τρίτη γενιά που είναι ο τύπος θερμαινόμενου λήπτη λάμδα. Αποτελεί το βασικό εξάρτημα των κλειστών συστημάτων ρύθμισης «Lambda closed loop control». Ο λήπτης παρέχει συνεχώς πληροφορίες για τη συγκέντρωση οξυγόνου στα καυσαέρια σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή του συστήματος τροφοδοσίας, ώστε το μίγμα να είναι πάντοτε στοιχειομετρικό.

Ο λήπτης λάμδα αποτελείται από ένα κεραμικό σώμα μη διαπερατό από τον αέρα. Το σώμα είναι κατασκευασμένο από διοξείδιο του ζirkονίου ZrO_2 που σταθεροποιείται από το οξείδιο του υτρίου Y_2O_3 . Εσωτερικά και εξωτερικά έχει επιχρισθεί με μια στρώση πλατίνας, διαπερατής από τα αέρια. Η εξωτερική στιβάδα της πλατίνας φέρει μία ακόμη στρώση για την προστασία της από τα κατάλοιπα της καύσης. Επιπλέον, προστατεύεται με διάτρητο μεταλλικό σωλήνα από μηχανικές καταπονήσεις. Η εξωτερική επιφάνεια του αισθητήρα τίθεται στη ροή του καυσαερίων και, μέσω της στρώσης με πλατίνα, συνδέεται, με το

κέλυφος (-) του αισθητήρα αρνητικό ηλεκτρόδιο. Η εσωτερική στρώση της πλατίνας αποτελεί το θετικό (+) ηλεκτρόδιο, βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα και ενεργεί ως ένας στοιχειώδης καταλύτης που εξασφαλίζει στοιχειομετρική αναλογία.

3.12.2. Λειτουργία του αισθητήρα ζιρκονίου

Το κεραμικό υλικό του αισθητήρα αρχίζει να γίνεται αγωγίμο για τα ιόντα οξυγόνου, περίπου στους 300 °C, αν η συγκέντρωση του οξυγόνου διαφέρει στις δύο πλευρές του. Στην περίπτωση αυτή, προκαλείται διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο επιφανειών, η οποία εκφράζει τη διαφορά της συγκέντρωσης του οξυγόνου στις δύο πλευρές του λήπτη.

Όταν το μίγμα είναι φτωχό ($\lambda > 1$), το ποσοστό του οξυγόνου στα καυσαέρια είναι υψηλό και προκαλείται ένα σήμα χαμηλής τάσης από τον λήπτη λάμδα, περίπου 100 mV. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με πλούσιο μίγμα ($\lambda < 1$), το οξυγόνο των καυσαερίων είναι χαμηλό και τότε προκαλείται ένα σήμα υψηλής τάσης 800 - 1000 mV. Η τιμή $\lambda = 1$ αντιστοιχεί στην τάση των 500 mV. Το σήμα αυτό της διακύμανσης της τάσης μεταφέρεται στην μονάδα ελέγχου του συστήματος τροφοδοσίας. Μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου παράγει παλμούς σταθερής συχνότητας, των οποίων το πλάτος εξαρτάται από την τιμή του σήματος διακύμανσης της τάσης στον αισθητήρα. Με τους παλμούς αυτούς καθοδηγούνται τα μπεκ ψεκασμού της βενζίνης, ώστε η ψεκαζόμενη ποσότητα καυσίμου να διορθώνεται συνεχώς και να διατηρείται η στοιχειομετρική αναλογία στο μίγμα. Εάν ο αισθητήρας υποστεί βλάβη κατά την λειτουργία του, τότε η μονάδα ελέγχου αποστέλλει σήμα, ώστε τα μπεκ να ανοιγοκλείνουν με κάποιο σταθερό και προκαθορισμένο εύρος.

Σε ό,τι αφορά της θερμοκρασιακές συνθήκες στα καυσαέρια και, άρα, και στο κεραμικό σώμα, είναι αδύνατη η λειτουργία της ρύθμισης, ώσπου ο αισθητήρας να αποκτήσει τη θερμοκρασία λειτουργίας. Στο διάστημα αυτό ως 300 °C, ο κινητήρας συμπεριφέρεται ως ανοικτό σύστημα ρύθμισης. Όταν ο αισθητήρας αποκτήσει τη θερμοκρασία λειτουργίας του 600 °C, ο χρόνος απόκρισης του λήπτη είναι μικρότερος από 50 ms. Η διάρκεια ζωής του λήπτη μειώνεται από τις υψηλές θερμοκρασίες. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να τοποθετείται σε τέτοιο σημείο, ώστε η θερμοκρασία να μην υπερβαίνει τους 850 °C, κατά τη λειτουργία του κινητήρα σε πλήρες φορτίου για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Η μέγιστη θερμοκρασία ασφαλούς λειτουργίας του λήπτη για πολύ μικρό χρονικό διάστημα είναι 930 °C.

Στον τύπο του θερμαινόμενου λήπτη λάμδα, η θερμοκρασία του κεραμικού υλικού καθορίζεται από μια ηλεκτρική αντίσταση, για όσο διάστημα η θερμοκρασία των καυσαερίων παραμένει χαμηλή .

3.12. 3. Αισθητήρας λ με άλμα αντίστασης

Στο αισθητήρα αυτό, το κεραμικό σώμα αποτελείται από διοξείδιο του τιτανίου. Όταν μεταβάλλεται η τιμή $\lambda = 1$, τότε μεταβάλλεται και η τιμή της αντίστασης με άλμα. Για να προκύπτουν σταθερές οι τιμές, ο αισθητήρας πρέπει να λειτουργεί σε μια περιοχή θερμοκρασιών μεταξύ 600 °C και 700 °C. Αυτό επιτυγχάνεται με ρυθμιζόμενη θέρμανση του αισθητήρα.

3.12.4. Σύστημα δευτερεύοντος αέρα

Μείωση των ρύπων CO και HC επιτυγχάνεται και με εμφύσηση δευτερεύοντα αέρα κατά τις φάσεις της εκκίνησης του κινητήρα, $\lambda < 1$, κατά τις οποίες ο τριοδικός καταλύτης δεν είναι έτοιμος για ακριβή λειτουργία. Ο δευτερεύων αέρας εισάγεται στην πολλαπλή εξάτμιση μπροστά από τον καταλύτη, μέσω ενός ηλεκτροκίνητου φυσητήρα και μιας κατάλληλης βαλβίδας ελέγχου. Έτσι ο καταλύτης αποκτά τη λειτουργική του ικανότητα γρηγορότερα και μπορεί να τοποθετηθεί σε μεγαλύτερη απόσταση από την πολλαπλή εξαγωγή, προκειμένου να αυξηθεί η διάρκεια ζωής του.

3.12. 5. Κλειστά και ανοικτά συστήματα ρύθμισης

Στα κλειστά συστήματα ρύθμισης, η ανατροφοδότηση μιας συγκεκριμένης πληροφορίας επιτρέπει τη διόρθωση ηλεκτρονικά της προετοιμασίας του μίγματος προς τη στοιχειομετρική περιοχή $\lambda = 1$. Το εύρος της λειτουργίας ρύθμισης είναι στη περίπτωση αυτή $0.97 < \lambda < 1.03$. Με τον τρόπο αυτό, η απόδοση του τριοδικού ρυθμιζόμενου καταλύτη ανέρχεται έως και 95%.

Στα ανοικτά συστήματα ρύθμισης, δεν είναι δυνατή η διόρθωση του μίγματος στο σύστημα τροφοδοσίας, ώστε να προσεγγίζει τη στοιχειομετρική αναλογία. Το συμβατικό αυτοκίνητο συμπεριφέρεται ως ανοικτό σύστημα, όπως και ένα αυτοκίνητο αντιρρυπαντικής μεν τεχνολογίας, χωρίς όμως ρυθμιζόμενο καταλύτη, δηλαδή χωρίς τον λήπτη λάμδα.

3.12.6. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU)

Ο έλεγχος της ECU των καταλυτικών συστημάτων πραγματοποιείται με κατάλληλες συσκευές «αυτοδιάγνωσης» ή τεστ. Οι συσκευές συνδέονται με την ECU με κατάλληλο πολύπριζο, 35 ή 25 ακίδων. Η διάγνωση εμφανίζεται σε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων ως κείμενο ή και με κωδικούς αριθμούς. Ο χρήστης καθοδηγείται από την ίδια την συσκευή. Έλεγχος μπορεί να γίνει και στο δρόμο, αφού οι περισσότεροι κατασκευαστές προβλέπουν κατάλληλη πρίζα πάνω στον κινητήρα. Οι πληροφορίες παραμένουν στο σύστημα, ακόμη και όταν ο κινητήρας είναι κλειστός. Η αποθήκευση των πληροφοριών γίνεται στο 8 – bits σύστημα. Η δυναμικότητα της μνήμης υπολογίζεται σε Ks. Ένα K ισοδυναμεί με 1024 bits. Συνεχώς, βέβαια, χρησιμοποιούνται νέα ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία αυξάνουν τη χωρητικότητα της μνήμης. Στα νέα αυτά κυκλώματα ενσωματώνονται βοηθητικά προγράμματα (SOS), ώστε, όταν χαλάσει κάποιος από τους αισθητήρες, ο κινητήρας να τροφοδοτείται μέσω του προγράμματος με τον μέσο όρο των τιμών που θα παρείχαν οι αισθητήρες υπό κανονική λειτουργία. Έτσι, το όχημα δεν ακινητοποιείται, ώσπου να οδηγηθεί στο συνεργείο για τον εντοπισμό της βλάβης.

Η ECU δέχεται τα συστήματα εισόδου από τους αισθητήρες στα διάφορα σημεία του κινητήρα και τα επεξεργάζεται σε σχέση και με τις αποθηκευμένες πληροφορίες της μνήμης του. Έτσι, λαμβάνει τις κατάλληλες αποφάσεις και παράγει το τελικό σήμα εξόδου – εντολή, βάσει του οποίου ρυθμίζεται η λειτουργία της μηχανής.

Η μνήμη της ECU μπορεί να είναι τύπου RAM ή ROM.

Η μνήμη RAM αποθηκεύει τις πληροφορίες και παρέχει και τα σήματα εξόδου. Στην περίπτωση αυτή, οι πληροφορίες χάνονται, όταν σβήσει η μηχανή. Έτσι, το σύστημα παρουσιάζει μια μικρή χρονική καθυστέρηση κατά την επανεκκίνηση του κινητήρα.

Στη μνήμη ROM, οι πληροφορίες είναι μόνιμα αποθηκευμένες και δεν μπορούν να τροποποιηθούν .

Οι πληροφορίες που αποθηκεύονται στην μνήμη για την πραγματοποίηση των λειτουργιών του κινητήρα σχετίζονται με:

Τον έλεγχο της προπορείας έναυσης

Τον έλεγχο της λειτουργίας ρελαντί

Την ανακύκλωση καυσαερίων EGR

Τον ψεκασμό βοηθητικού αέρα

Τα ενδεικτικά όργανα στο ταμπλό

Τις επιλογές σε αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων

Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών ABS
Ηλεκτρονικά συστήματα διεύθυνσης και ανάρτησης
Συστήματα εμφάνισής και διάγνωσης βλαβών

Τα κύρια μέρη του εγκεφάλου είναι:

Η μονάδα τροφοδοσίας
Το σύστημα εισόδου πληροφοριών
Η μονάδα CPU με την μνήμη RAM ή ROM
Το σύστημα εξόδου πληροφοριών
Βοηθητικό πρόγραμμα SOS

3.12.7. Διαγνωστικός έλεγχος επί του οχήματος (On board)

Ο έλεγχος αυτός περιλαμβάνει τα εξής συστήματα:

Επιτήρηση αισθητήρα λ
Επιτήρηση διακοπών ανάφλεξης
Επιτήρηση του συστήματος EGR
Επιτήρηση συστήματος δευτερεύοντα αέρα
Επιτήρηση συστήματος αερισμού ρεζερβουάρ
Ηλεκτρικός έλεγχος του ρυθμιστικού κυκλώματος λ σε κλειστό και ανοικτό σύστημα

3.12.8. Επιτήρηση καταλύτη

Η επιτήρηση του καταλύτη γίνεται με έναν δεύτερο αισθητήρα λ, που τοποθετείται μετά τον καταλύτη. Ο έλεγχος γίνεται με τη σύγκριση των σημάτων και των δύο αισθητήρων. Η ρύθμιση του μίγματος γίνεται με τον πρώτο αισθητήρα λ. Όταν ο καταλύτης έχει υψηλό βαθμό απόδοσης, η τάση του δεύτερου αισθητήρα κυμαίνεται γύρω από μια μέση τιμή. Όταν παλαιωθεί ο καταλύτης, χάνει την ικανότητα αποθήκευσης οξυγόνου, ενώ το οξυγόνο, πριν και μετά τον καταλύτη, είναι περίπου το ίδιο, όπως και το σήμα τάσης των δύο αισθητήρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ - ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

Γενικά

Πριν δώσουμε την περιγραφή και τον τρόπο λειτουργίας του καταλύτη καλό θα ήταν πρώτα να θυμηθούμε λίγο την ετυμολογία της λέξεως. Κάτι δηλ. που μάθαμε αρκετό καιρό πριν στο μάθημα της χημείας . Ο κανόνας λοιπόν λέει ότι : « **Καταλύτης είναι η ουσία που με την παρουσία της διευκολύνει μία χημική αντίδραση, χωρίς όμως να λαμβάνει μέρος στην συγκεκριμένη αντίδραση**».

Στην περίπτωση του αυτοκινήτου, που μας ενδιαφέρει άλλωστε, η χημική αντίδραση είναι η ένωση του οξυγόνου με τα προϊόντα της ατελούς καύσης που γίνεται στο θάλαμο καύσης της μηχανής του αυτοκινήτου. Ο καταλύτης τώρα σαν εξάρτημα του αυτοκινήτου, έχει διαστάσεις λίγο μεγαλύτερες από ένα σιλανσιέ εξάτμισης και τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων (εξάτμιση) και αφαιρεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό τις βλαβερές για τον άνθρωπο ουσίες που υπάρχουν στα καυσαέρια του αυτοκινήτου.

Μέσα στον καταλύτη υπάρχει ένα πορώδες κεραμικό υλικό με πολύ μεγάλη επιφάνεια από την οποία περνάνε τα καυσαέρια και ενώνονται με το οξυγόνο. Με άλλα λόγια οξειδώνονται ή αν θέλετε «καίγονται».

Όλα αυτά βέβαια γίνονται με την βοήθεια των «ευγενών» μετάλλων που περιέχουν οι καταλύτες (ρόδιο, παλάδιο, πλατίνα). Έτσι μπορούμε να εξηγήσουμε και το φαινόμενο των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται μέσα στον καταλύτη. Λόγω της καύσης (οξειδωση) των καυσαερίων που πραγματοποιείται μέσα στον καταλύτη, οι θερμοκρασίες ξεκινούν από τους 270 °C και φτάνουν τους 800 °C.

Αυτές είναι οι κανονικές θερμοκρασίες που εξασφαλίζουν και την ομαλή λειτουργία ενός καταλύτη. Εάν όμως οι θερμοκρασία υπερβεί του 800 βαθμούς και φτάσει τους 1200, τότε αυτό θα είναι καταστροφικό για τον καταλύτη.

Φτάνουν 5- 10 λεπτά λειτουργίας του σ' αυτήν την θερμοκρασία για λειώσουν το κεραμικό υλικό που υπάρχει μέσα του. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας συνήθως οφείλεται σε πρόβλημα στο σύστημα ανάφλεξης, όταν δηλαδή, η βενζίνη δεν καίγεται όλη και κάποια ποσότητα διαφεύγει μέσω της εξάτμισης και καταλήγει στον καταλύτη.

4.1. Πώς λειτουργεί ο καταλύτης ;

Μέσα στον καταλύτη, όπως προαναφέραμε, υπάρχει ένα πορώδες κεραμικό υλικό με πολύ μεγάλη επιφάνεια από την οποία περνάνε τα καυσαέρια και ενώνονται με το οξυγόνο. Με άλλα λόγια **οξειδώνονται** ή πιο απλά **καίγονται**. Έτσι εξηγούνται και οι μεγάλες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στους καταλύτες.

Όταν λέμε ότι η επιφάνεια του καταλύτη είναι μεγάλη, εννοούμε ότι οι πόροι του κεραμικού υλικού μέσα στον καταλύτη, από την οποία περνάνε τα αέρια, έχουν συνολικό εμβαδόν 22000 τετραγωνικά μέτρα (22 στρέμματα). Όσο περίπου 4 ποδοσφαιρικά γήπεδα.

Περνώντας λοιπόν τα καυσαέρια μέσα από τους πόρους του κεραμικού υλικού έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο (ενώνονται) και μεταμορφώνονται ως εξής :

Το μονοξείδιο του άνθρακα σε διοξείδιο που είναι ακίνδυνο ($\text{CO} + \text{O} = \text{CO}_2$), τους υδρογονάνθρακες σε νερό και διοξείδιο του άνθρακα ($\text{HC} + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ και CO_2) και τέλος το άζωτο σε μονοξείδια και διοξείδια ($\text{N} + \text{O}_2 = \text{NO}$ και NO_2).

Φυσικά μέσα στην βενζίνη υπάρχουν και άλλα συστατικά όπως προσμίξεις του θείου (S) οι οποίες όταν έρχονται σ' επαφή με το νερό (H_2O) εκτελείται μία χημική αντίδραση και δημιουργείται το υδρόθειο που έχει και αυτήν τη γνωστή δυσάρεστη οσμή. Όταν λοιπόν μυρίζει ο καταλύτης δεν σημαίνει ότι είναι χαλασμένος, αλλά ότι είναι εντελώς φυσιολογικό.

4.2. Πόσα είδη καταλυτών υπάρχουν ;

Τα είδη των καταλυτών είναι : α) ο οξειδωτικός καταλύτης β) ο αναγωγικός γ) ο δυοδικός και τέλος δ) ο τριοδικός καταλύτης που με την σειρά του χωρίζεται σε τριοδικό μη-ρυθμιζόμενο καταλύτη και σε τριοδικό ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο καταλύτη.

Οι πιο γνωστοί ωστόσο και με ευρεία χρήση είναι ο οξειδωτικός και οι τριοδικοί καταλύτες.

Ο οξειδωτικός καταλύτης μειώνει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα και άκαυστους υδρογονάνθρακες μόνο κατά 60% έως 80% περίπου.

Τα τελευταία χρόνια όμως δεν χρησιμοποιείται σχεδόν καθόλου, όπως άλλωστε και οι αναγωγικοί και δυαδικοί καταλύτες .

Αντίθετα οι τριοδικοί καταλύτες, μη-ρυθμιζόμενος και ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενος, είναι οι πλέον διαδεδομένοι στην κατασκευή των αυτοκινήτων.

Ο τριοδικός μη-ρυθμιζόμενος καταλύτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτοκίνητα που διαθέτουν είτε καρμπυλατέρ ή σύστημα ψεκασμού, γιατί εκτελεί ένα απλό μηχανικό έργο.

Ο τριοδικός ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενος καταλύτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε

αυτοκίνητα που διαθέτουν ψεκασμό και ηλεκτρονικές αναφλέξεις, γιατί σ' αυτήν την περίπτωση η σύνθεση των καυσαερίων που δέχεται προς επεξεργασία ο εγκέφαλος είναι ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενη.

Πιο συγκεκριμένα ο τριοδικός ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενος καταλύτης ονομάζεται έτσι γιατί μπορεί να μετατρέψει και τα τρία βλαβερά για τον άνθρωπο αέρια (HC, CO, NO_x) σε μη βλαβερά, σε μία μόνο φάση. Αυτό το είδος του καταλύτη έχει το πλεονέκτημα να μειώνει τα τρία ανεπιθύμητα καυσαέρια κατά 90% περίπου.

Η λειτουργία αυτού του καταλύτη είναι βασισμένη στην χρήση της πληροφορικής και της ηλεκτρονικής τεχνολογίας που τα τελευταία χρόνια εισέβαλε και στον χώρο του αυτοκινήτου. Πιο απλά, τα καυσαέρια, κατά την έξοδό τους από την εξαγωγή (εξάτμιση) περνάνε από έναν ανιχνευτή οξυγόνου, που αλλιώς ονομάζεται «λ» (λάμδα), ο οποίος με την σειρά του ανιχνεύει πόση είναι η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο .

Δηλ. αν το μίγμα που εισάγεται μέσα στον χώρο καύσης είναι φτωχό ή πλούσιο σε οξυγόνο. Κατόπιν στέλνει την πληροφορία αυτή σ' έναν μικροϋπολογιστή και εκείνος με την σειρά του επεξεργάζεται την πληροφορία, και εφόσον είναι συνδεδεμένος και με διάφορα άλλα εξαρτήματα της μηχανής (ψεκασμός, ανάφλεξη, κλπ), στέλνει τις κατάλληλες εντολές και έτσι διορθώνει το μίγμα που εισάγεται στον χώρο καύσης. Όλα αυτά βέβαια γίνονται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (κλάσματα του δευτερολέπτου). Με αυτόν τον τρόπο καταφέρνουμε την πληρέστερη καύση και επομένως την χαμηλότερη εκπομπή καυσαερίων .

4.3. Τι είναι ο « λ » ;

Η παράμετρος της αναλογίας του μίγματος βενζίνης – αέρα ονομάστηκε **λάμδα («λ»)**, και συμβολίζεται διεθνώς με το ελληνικό γράμμα λ. Όπως ήδη προαναφέραμε, η αποστολή του «λ» είναι η πληροφόρηση του εγκεφάλου για την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο. Ο αισθητήρας αυτός λοιπόν για να κάνει σωστά την δουλειά του, είναι τοποθετημένος συνήθως πάνω στο σύστημα της εξαγωγής των καυσαερίων δηλαδή στην εξάτμιση, πριν τον καταλύτη.

Στέλνοντας λοιπόν τις πληροφορίες που συλλέγει από τα καυσαέρια (οξυγόνο), δίνει την δυνατότητα στον εγκέφαλο να διορθώσει την αναλογία του καυσίμου-αέρα (1:14).

Όταν η τιμή του «λ» είναι ίση με 1(ένα) τότε αυτό σημαίνει ότι οξειδώνονται όλα τα μόρια της βενζίνης με τα ελεύθερα μόρια του οξυγόνου και άρα υπάρχει τέλεια καύση και καθόλου εκπομπή καυσαερίων. Αυτό όμως είναι **μόνο** θεωρητικά δυνατό, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για

έναν κινητήρα και δεν είναι δυνατόν ο κινητήρας **πάντα** να λειτουργεί με «λ» = 1, γιατί θ' αντιμετωπίζαμε προβλήματα κατά την εκκίνησή του σε κρύα κατάσταση.

Γι' αυτό άλλωστε στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μέχρι να θερμανθεί ο κινητήρας, ο «λ» δεν λειτουργεί. Τα τελευταία όμως χρόνια έχουν βρει λύση και γι' αυτό το πρόβλημα. Πρόσθεσαν μία ηλεκτρική αντίσταση στον «λ» και έτσι τον θερμαίνουν γρηγορότερα με αποτέλεσμα να έχουμε μείωση των καυσαερίων ακόμη και σε κρύα κατάσταση του κινητήρα.

Αυτοί οι αισθητήρες ξεχωρίζουν εύκολα γιατί βγάζουν περισσότερα από ένα καλώδια (2-4). Το ένα είναι ρεύμα (+ κόκκινο), το άλλο σώμα (- μαύρο) και το τρίτο είναι αυτό που στέλνει τους παλμούς (πληροφορίες) στον εγκέφαλο.

Οι τιμές του «λ» μπορούν να μετρηθούν με πολλούς τρόπους : α) με τον απλό αναλυτή καυσαερίων στην έξοδο του καταλύτη, β) με ένα MULTI USE TESTER που συνήθως συνδέεται παράλληλα στον εγκέφαλο και γ) μ' ένα απλό πολύμετρο, όπου μπορούμε να πάρουμε τιμές κατευθείαν από τον «λ» συνδέοντάς το παράλληλα με το καλώδιο που στέλνει πληροφορίες στον εγκέφαλο. Εκεί οι τιμές που παίρνουμε είναι mvolt και κυμαίνονται από 400 mv έως 600 mv.

4.4. Ποια είναι η διάρκεια ζωής ενός καταλύτη και από τι καταστρέφεται ;

Οι κατασκευαστές των καταλυτών δίνουν διάρκεια ζωής στους καταλύτες από 70.000 km έως τα 100.000 km. Αυτό όμως δεν είναι απόλυτο γιατί μπορεί να υπάρχει πρόωρη φθορά του ή ακόμη γήρανσή του από παράγοντες εξωγενείς.

Ωστόσο μπορεί να βρούμε και καταλύτες που να έχουν ξεπεράσει τα 100.000 km και παρ' όλα αυτά να λειτουργούν άψογα. Ουσιαστικά λοιπόν δεν υπάρχει όριο ζωής του καταλύτη. Ο νόμος είναι σαφής στο θέμα αυτό.

Όσο ο καταλύτης εκτελεί σωστά τα καθήκοντά του και καθαρίζει τα καυσαέρια καλύπτοντας τα όρια εκπομπής τους χαμηλά, τότε ο καταλύτης θεωρείται εντάξει. Από την στιγμή που δεν καλύπτει τα όρια απαιτείται η άμεση αντικατάστασή του.

Τα όρια αυτά αναγνωρίζονται εύκολα πλέον και στην χώρα μας με την ισχύ της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων, που εδώ και δύο περίπου χρόνια είναι υποχρεωτική και έχει ισχύ ένα (1) χρόνο από την ημερομηνία έκδοσής τους.

Οι μεγάλοι εχθροί του καταλύτη είναι συνήθως η βενζίνη με μόλυβδο, η κακή τροφοδοσία, η κακή ανάφλεξη και η γήρανσή του.

Ο μόλυβδος ουσιαστικά «δηλητηριάζει» τον καταλύτη γιατί επικάθεται στους πόρους του με αποτέλεσμα να τον «φρακάρει» και να μην περνάνε τα καυσαέρια μέσα από αυτούς (πόρους), να μην λειτουργεί η οξειδωση και επομένως να μην πληρεί τον σκοπό του .

Τα προβλήματα τώρα στην τροφοδοσία και στην ανάφλεξη μπορεί να επιτρέψουν την εισροή μιας ποσότητας άκαυστης βενζίνης στους σωλήνες της εξάτμισης και του καταλύτη, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η θερμοκρασία του καταλύτη, λόγω ανάφλεξης της βενζίνης, από 800 περίπου βαθμούς Κελσίου σε 1200 βαθμούς όπου είναι και το σημείο τήξης του ροδίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να λειώσει το κεραμικό υλικό του καταλύτη και να μην λειτουργεί πια κανονικά .

Για τον ίδιο ακριβώς λόγο (εισροή άκαυστης βενζίνης στον καταλύτη) απαγορεύεται και να προσπαθούμε να βάλουμε μπροστά ένα καταλυτικό αυτοκίνητο σπρώχνοντας το.

Τέλος για το θέμα της γήρανσης του καταλύτη μπορούμε να πούμε μόνο , ότι επειδή ποτέ δεν βάζουμε βενζίνη στο αυτοκίνητό μας από ένα σταθερό βενζινάδικο, και ποτέ δεν είμαστε σίγουροι για την ποιότητα του καυσίμου που χρησιμοποιούμε, γι' αυτό λέμε ότι ο καταλύτης του αυτοκινήτου μας κάποτε γερνάει, κουράζεται. Αυτός είναι και ο λόγος που δίνουμε τα 100.000 km ως όριο ζωής του καταλύτη.

4.5. Ο καταλύτης, χρησιμοποιημένος ή μη, είναι επικίνδυνος για τη Δημόσια Υγεία ;

Δεν υπάρχει βασικά θέμα υγείας. Ο καταλύτης δεν είναι σε καμία περίπτωση φίλτρο ώστε να κατακρατεί βλαβερές ουσίες. Απλά μετατρέπει την σύνθεσή των καυσαερίων από βλαβερά σε μη βλαβερά στο μεγαλύτερο ποσοστό τους (90%). Οι καταλύτες αποτελούνται από ρόδιο, παλλάδιο και πλατίνα (λευκόχρυσο) συνήθως.

Πρόκειται λοιπόν για ευγενή και ακριβά μέταλλα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κοσμημάτων, στην ιατρική, στην φαρμακοβιομηχανία, στην ηλεκτρονική και σε πολλές ακόμη εφαρμογές. Σε ότι αφορά την πλατίνα πρέπει να πούμε ότι έχει βαθμό τήξης τους 1770 °C, πράγμα που την κάνει ν' αντιστέκεται σχεδόν σε όλες τις χημικές αντιδράσεις.

Η ετήσια παραγωγή είναι περίπου 80 τόνους και πολλές φορές ανευρίσκεται σε βάθος μόλις 1500 μέτρων.

4.6. Τι γίνονται οι κατεστραμμένοι καταλύτες ;

Αυτοί οι καταλύτες συλλέγονται και στέλνονται για ανακύκλωση σε μεγάλες υψικαμίνους ώστε η ποσότητα επανάκτησης των ευγενών μετάλλων να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή καινούριων καταλυτών. Συνήθως τέτοιες εταιρείες ανακύκλωσης υπάρχουν μόνο στο εξωτερικό. Δυστυχώς η χώρα μας δεν διαθέτει ούτε τα μέσα περισυλλογής τους ούτε τα μέσα της ανακύκλωσής τους.

4.7. Τι πρέπει να κάνουμε σε ένα καταλυτικό αυτοκίνητο ;

Πρέπει να ελέγχουμε τακτικά τα συστήματα ανάφλεξης κα τροφοδοσίας όπως επίσης και τα καυσαέρια ενός καταλυτικού αυτοκινήτου.

Πρέπει να χρησιμοποιούμε συνθετικά λιπαντικά στην λίπανση του κινητήρα.

Πρέπει να κάνουμε τακτικούς οπτικούς ελέγχους στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων και στον καταλύτη ιδιαίτερα, για τυχόν διαρροές ή κτυπήματά του.

Πρέπει μετά από ένα μεγάλο ταξίδι με το καταλυτικό όχημα να ξέρουμε ότι η θερμοκρασία του καταλύτη έχει ξεπεράσει τους 800 βαθμούς, και γι' αυτό καλό είναι ν' αφήσουμε το αυτοκίνητο να δουλέψει για λίγο στο ρελαντί ώστε να επανέλθει στην κανονική του θερμοκρασία.

Πρέπει να τηρούμε προσεκτικά και με θρησκευτική ευλάβεια τους κανόνες και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή στις ρυθμίσεις του κινητήρα..

4.8. Τι δεν πρέπει να κάνουμε σε ένα καταλυτικό αυτοκίνητο ;

Δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε σε **καμία περίπτωση** βενζίνη με μόλυβδο.

Δεν πρέπει να πατάμε γκάζι όταν βάζουμε σε λειτουργία τον κινητήρα

Δεν πρέπει να προσπαθούμε να βάλουμε μπροστά έναν καταλυτικό κινητήρα που είναι χαλασμένος , πάνω από 3 – 4 φορές. Καλό είναι να προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε και να επισκευάσουμε πρώτα την βλάβη και μετά να ξαναπροσπαθήσουμε.

Δεν επιτρέπεται να επαναλάβουμε τον έλεγχο που κάνουμε για να δούμε αν λειτουργούν όλοι οι κύλινδροι (τράβηγμα μπουζοκαλωδίων) πάνω από 2-3 φορές

Δεν βάζουμε μπροστά ποτέ ένα καταλυτικό αυτοκίνητο σπρώχνοντας.

4.9. Στοιχειομετρική αναλογία

Η ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος και η χρήση του τριοδικού καταλύτη δεν επιτρέπει πλέον την καύση «τυχαίων» μιγμάτων. Η αναλογία αέρα-βενζίνης θα πρέπει να διατηρείται μεταξύ αυστηρών ορίων κατά την λειτουργία του κινητήρα σε διάφορες συνθήκες.

Ο καταλύτης λειτουργεί σωστά όταν έχει να επεξεργαστεί μικρές, σχετικά, ποσότητες αερίων **HC**, **CO** και **NO_x**.

Αν κάποιο από αυτά τα τρία αέρια βρεθεί σε μεγάλες ποσότητες και για αρκετό χρονικό διάστημα στην εξαγωγή, τότε προκαλείται μόνιμη βλάβη του καταλύτη, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Η θεωρητική αναλογία (ή χημική αναλογία), του μίγματος αέρα-βενζίνης που απαιτείται για την πλήρη καύση είναι 14,7 gr αέρα προς 1 gr βενζίνης. Αυτή η αναλογία καλείται **στοιχειομετρική αναλογία** βάρους, (**stoichiometric ratio**). Είναι η αναλογία η «χημική» που εκφράζει την τέλεια καύση της βενζίνης.

Για να απλοποιήσουμε τις αναφορές στις διάφορες αναλογίες καύσιμου μίγματος, ονομάσαμε **λάμδα** «λ», το πηλίκο της αναλογίας του εκάστοτε εισερχομένου μίγματος προς την στοιχειομετρική αναλογία.

Για τιμές μικρότερες του 14,7 το μίγμα λέγεται **πλούσιο** (περίσσεια καυσίμου) ενώ αντίστοιχα για μεγαλύτερες λέγεται **φτωχό** (περίσσεια αέρα). Ο **λόγος λ** είναι ο λόγος της ποσότητας του αέρα που χρησιμοποίησε η μηχανή για την καύση προς την ποσότητα του αέρα που αντιστοιχεί στην τέλεια στοιχειομετρική καύση.

$\lambda = AFR / AFR_{ST}$ όπου $AFR =$ λόγος αέρα/καυσίμου που χρησιμοποιείται στη μηχανή και $AFR_{ST} = 14,7$.

Όταν $\lambda < 1$ πλούσιο μίγμα ενώ όταν το $\lambda > 1$ φτωχό μίγμα.

Στη συνέχεια ο υπολογιστής μπορεί να ελαττώσει ή να αυξήσει την ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια ρυθμίζοντας τον λόγο αέρα / καυσίμου.

Αυτό το σύστημα ελέγχου επιτρέπει στον υπολογιστή της μηχανής να εξασφαλίζει ότι η μηχανή λειτουργεί κοντά στην ιδανική τιμή του λόγου αέρα /καυσίμου και ότι υπάρχει αρκετό οξυγόνο στα καυσαέρια, ώστε να μπορέσει ο οξειδωτικός καταλύτης να ολοκληρώσει την καύση των CH και του CO.

Το $\lambda = 1.0$, όταν $A / F = 14.7 / 1$. **$14.7 / 1 = 1.0$, $\lambda = 1.0$**

Αν το μίγμα είναι **φτωχό**, αν δηλ. η ποσότητα του αέρα σε σχέση με την ποσότητα της βενζίνης είναι μεγαλύτερη από αυτήν της στοιχειομετρικής αναλογίας (περίσσεια αέρα), τότε μεταβάλλεται το κλάσμα και η τιμή του λ αυξάνεται. Αν αυξηθεί η ποσότητα του αέρα

στο μίγμα κατά **10%** δηλ. κατά **1.47** , τότε και η τιμή του λ αυξάνεται κατά **10%** και γίνεται
 $\dots \lambda = 1.1$

$$14.7 + 10\% = 14.7 + 1.47 = 16.17$$

$$1.0 + 10\% = 1.0 + 0.1 = 1.1$$

$$16.17 / 1 = 1.1 \lambda = 1.1$$

$$17.64 / 1 = 1.2 \lambda = 1.2$$

Αν το μίγμα είναι **πλούσιο**, αν δηλαδή η ποσότητα του αέρα σε σχέση με τη ποσότητα της βενζίνης είναι μικρότερη από αυτή της στοιχειομετρικής αναλογίας (περίσσεια καυσίμου), τότε αλλάζει το κλάσμα και η τιμή του λ αλλάζει. Αν μειωθεί η ποσότητα του αέρα στο μίγμα κατά **10%** δηλαδή κατά **1.47**, τότε και τιμή του λ μειώνεται κατά **10%** και γίνεται $\lambda = 0.9$.

$$14.7 - 10\% = 14.7 - 1.47 = 13.23$$

$$1.0 - 10\% = 1.0 - 0.1 = 0.9$$

$$13.23 / 1 = 0.9 \lambda = 0.9$$

$$11.76 / 1 = 0.8 \lambda = 0.8$$

Είναι αδύνατο να ελέγξουμε την αναλογία του μίγματος ή τις συνθήκες της καύσης πριν από την εξαγωγή των καυσαερίων. Μετά την εξαγωγή από τον κύλινδρο, η σύσταση των αερίων της καύσης μας πληροφορεί για την αναλογία του μίγματος αέρα-βενζίνης που εισήχθη στον κύλινδρο και για το εάν είχαμε πλήρη καύση.

Αν έχουμε έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα **CO** και υδρογονανθράκων **HC**, τότε συμπεραίνουμε ότι το μίγμα ήταν πλούσιο, ενώ αν έχουμε μειωμένη έκλυση των προηγούμενων αερίων, τότε το μίγμα ήταν φτωχό.

Γενικά μπορούμε να προβλέψουμε τη σύσταση των καυσαερίων αν γνωρίζουμε την αναλογία του μίγματος που εισάγεται στον κύλινδρο.

Σημειώσεις : Η στοιχειομετρική αναλογία που ανταποκρίνεται στην καύση της βενζίνης με καθαρό οξυγόνο είναι : **3gr O₂ / 1 gr βενζίνης** . Το οξυγόνο αποτελεί το **1/5** περίπου του αέρα.

A/F είναι η αναλογία αέρα(**Air**) / καυσίμου (**Fuel**). Σε κάθε καύσιμο αντιστοιχεί διαφορετική αναλογία **A/F**.

4.10. Καταλύτης οξυγόνωσης

Ο ήδη ευρισκόμενος σε παραγωγή καταλύτης οξυγόνωσης ντίζελ (DOC) αφαιρεί αποτελεσματικά μερικώς οξυγονωμένο άνθρακα (Μονοξειδίο του άνθρακα CO) και μη οξυγονωμένο υδρογονάνθρακα (CH) από το καυσαέριο. Η εκπεμπόμενη μάζα σωματιδίων μειώνεται επίσης μέσω οξυγόνωσης των συμπυκνωμένων υδρογονανθράκων (CH) στα σωματίδια αιθάλης. Οι καταλύτες οξυγόνωσης τοποθετούνται όσο γίνεται πιο κοντά στον κινητήρα, για να αναπτύξουν όσο πιο νωρίς γίνεται την απαιτούμενη για την αποτελεσματική τους λειτουργία θερμοκρασία. (light-off temperature).

Φέτος, περισσότερο από κάθε άλλη φορά, η έκθεση επαγγελματικών αυτοκινήτων στο Ανόβερο, ήταν επηρεασμένη από την παγκόσμια τάση προς τις φιλικές για το περιβάλλον τεχνολογίες. Επίσης, αρκετές και σημαντικές ήταν και οι αναφορές στην ασφάλεια των οδηγών και των επιβατών των επαγγελματικών αυτοκινήτων, που άλλωστε είναι ένας τομέας στον οποίο όλοι δείχνουν αρκετή ευαισθησία από την αρχή της εποχής των μεταφορών με οχήματα.

Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες τώρα, δικαιολογούνται απόλυτα να είναι διαρκώς διογκούμενες. Ίσως επειδή κάθε χρόνος που περνάει, το περιβάλλον είναι αυτό που σταθερά πλήττεται περισσότερο από οτιδήποτε άλλο, είτε γιατί εξαντλούνται οι φυσικοί του πόροι, είτε γιατί η υπάρχουσα τεχνολογία επιβαρύνει λίγο ή πολύ την ατμόσφαιρα και αργά αλλά σταθερά πηγαίνουμε σε ένα μεταβατικό στάδιο. Αυτό στο οποίο σημαντικότερες όλων θα είναι οι τεχνολογίες μηδενικών ρύπων.

4.11. Συστήματα εξάτμισης νηζελομηχανών (100% καθαρό ντήζελ)

Από αυτή την αρχή επηρεασμένη προφανώς η εταιρεία HJS, έχει αφιερώσει ένα ολόκληρο τμήμα στα DES (Diesel Exhaust Systems) που όπως λέει και το αρκτικόλεξο ασχολείται με τα συστήματα εξαγωγής καυσαερίων των ντίζελ κινητήρων, παρουσίασε ένα νέο όπλο κατά της ρύπανσης.

Με ένα καταλύτη από ειδικά επεξεργασμένο κράμα μετάλλων, η HJS έχει καταφέρει τη συγκράτηση κατά 100% των μικροσωματιδίων που απελευθερώνονται από τους κινητήρες ντίζελ στην ατμόσφαιρα και είναι ιδιαίτερα επιβαρυντικά για την υγεία. Εκτός αυτού και για το μέλλον που θα χρειάζεται η αποτελεσματικότερη παρακράτηση του μονοξειδίου του άνθρακα, η HJS έχει ήδη έτοιμη τη λύση.

Το σύστημα SCRT (Selective Catalytic Reduction Technology), έχει τη δυνατότητα να καθαρίζει κατά 100% τα καυσαέρια των επαγγελματικών αυτοκινήτων με τους ντίζελ κινητήρες από τα μικροσωματίδια, ενώ επιπλέον «κόβει» δραστικά και την εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αυτό που περιγράφεται από την HJS ως «Blue Two», είναι το σύνθετο αυτό σύστημα καθαρισμού των αέριων μαζών που μένουν ως κατάλοιπα από την καύση του ντίζελ κίνησης στους πετρελαιοκινητήρες.

Η σημαντικότερη λειτουργία που πετυχαίνει το σύστημα «Blue Two» και η οποία θα θέσει νέα δεδομένα στις εκπομπές καυσαερίων από τα βαριά οχήματα στο μέλλον, είναι η κατακράτηση μονοξειδίου του αζώτου (NO_x), των μικροσωματιδίων, των υδρογονανθράκων (HC) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO).

Η επιτυχία του συστήματος είναι ο συνδυασμός του φίλτρου σωματιδίων, του CRT (Continuously Regenerating Technology) και του SCR (Selective Catalytic Reduction). Σε σχέση δε με την προηγούμενη εφαρμοσμένη τεχνολογία, το SCRT εμφανίζει και κατά πολύ μεγαλύτερο όριο ζωής.

Με την θερμοκρασία λειτουργίας του να είναι μεταξύ 200 °C και 450 °C , το σύστημα εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία του οξειδωτικού καταλύτη που με τη σειρά του συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη λειτουργία έναντι του μονοξειδίου του αζώτου- που είναι το κύριο «συστατικό» για την παραγωγή της όξινης βροχής. Ένας ειδικός διαλύτης φροντίζει για την τελική διάσπαση των παρακρατούμενων ρύπων, σε άζωτο και νερό που επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα χωρίς να την επιβαρύνουν.

4.12. Λύσεις πολλαπλών εφαρμογών

Από το τμήμα DES της HJS, υπάρχουν έτοιμες εφαρμόσιμες λύσεις για την καλύτερη δυνατή αντιμετώπιση των αυξημένων εκπομπών ρύπων ανάλογα με τη χρήση. Για τους κινητήρες που έχουν σχετικά χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων, η HJS έχει έτοιμη λύση ενεργής παρακράτησης βλαβερών αερίων και μικροσωματιδίων.

Το σύστημα αυτό είναι το SMF-AR το οποίο συνδυάζει τον καταλύτη από ειδικά επεξεργασμένο κράμα μετάλλων, με ειδικά θερμαινόμενα στοιχεία που φέρουν την ιδανική θερμοκρασία μέσα στον καταλύτη και βοηθούν στην αποτελεσματικότερη λειτουργία του. Το σύστημα SMF- AR είναι σχεδιασμένο για χρήση σε επαγγελματικά οχήματα μικρών κατηγοριών (βαν, ημιφορτηγά, κλ.π.).

Μια παραλλαγή αυτού, το CCT, προτείνεται από την εταιρεία για χρήση σε κινητήρες μεγαλύτερης απόδοσης. Στο CCT (Catalytic Combustion Technology) υπάρχει ένα σύστημα

επαναπροώθησης των καυσαερίων στους κυλίνδρους, αφού αυτά εμπλουτιστούν από καύσιμο μίγμα.

Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η πληρέστερη και με περαιτέρω περιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων καύση του μίγματος, χωρίς να υπάρχουν σχετικές εκπτώσεις στην απόδοση του κινητήρα ή στη διάρκεια ζωής του.

Αντίστοιχα, για τους κινητήρες από τους οποίους προκύπτουν καυσαέρια με υψηλότερη θερμοκρασία, η HJS προτείνει το σύστημα CRT (Continuously Regenerating Technology) στο οποίο συνδυάζεται ένας οξειδωτικός καταλύτης για ντίζελ κινητήρες (DOC- Diesel Oxidation Catalytic- Converter), με ένα μεταλλικό ή κεραμικό φίλτρο κατακράτησης σωματιδίων.

Το διοξείδιο του αζώτου που προκύπτει από την συγκράτηση των σχετικών ρύπων στον καταλύτη, χρησιμεύει στη διαρκή ανανέωση του άνθρακα του φίλτρου, προσφέροντάς του κορυφαία αποτελεσματικότητα για όλο τον κύκλο της διάρκειας ζωής του. Κάπως έτσι προκύπτει και το ιδιαίτερα χαμηλό κόστος συντήρησης του συστήματος, που είναι ένα ακόμα πλεονέκτημα απέναντι στις συμβατικές μεθόδους φιλτραρίσματος των καυσαερίων.

4.13. Καυσαέρια

α. Μη τοξικά αέρια

1. Άζωτο (N₂)

Εκτός από το ότι είναι το κύριο συστατικό του αέρα που αναπνέουμε (79%), είναι επίσης χημικά αδρανές (δεν μπορεί να αντιδράσει με άλλα στοιχεία). Σε αυτήν την κατάσταση, βγαίνει από την εξάτμιση χωρίς να έχει υποστεί καμία απολύτως αλλαγή, εκτός από ένα μικρό ποσοστό το οποίο έχει μετατραπεί σε οξείδιο του αζώτου (NO_x), εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης που επικρατεί μέσα στο θάλαμο καύσεως.

2. Οξυγόνο (O₂)

Το αέριο αυτό είναι απολύτως απαραίτητο για να γίνει η καύση. Είναι το δεύτερο κύριο συστατικό του αέρα, σε ποσοστό περίπου 21%. Σε μια ιδανική αναλογία, δεν θα έμενε καθόλου οξυγόνο από την καύση, η οποία στην περίπτωση αυτή θα ήταν τέλεια. Καθώς αυτό δεν είναι δυνατόν, υπάρχει ένα υπόλοιπο οξυγόνου στα καυσαέρια, περίπου 0.6%.

Αν το μίγμα που χρησιμοποιείται είναι πολύ πλούσιο, τότε το επίπεδο του οξυγόνου μειώνεται, αλλά ποτέ δεν μηδενίζεται. Αντίθετα, εάν το μίγμα είναι φτωχό, η ποσότητα οξυγόνου στα καυσαέρια αυξάνεται σημαντικά.

3. Υδρατμοί (H₂O)

Όπως έχουμε ήδη σημειώσει, το νερό είναι ένα προϊόν της καύσης. Σε αυτό οφείλεται ο λευκός καπνός που βλέπουμε να βγαίνει από την εξάτμιση, ιδίως τις κρύες μέρες. Οι ατμοί του νερού συμπυκνώνονται (ψύχονται) κατά μήκος της εξάτμισης καθώς η θερμοκρασία των καυσαερίων μειώνεται και σχηματίζουν τα χαρακτηριστικά σταγονίδια νερού που βλέπουμε στην έξοδο των εξατμίσεων των αυτοκινήτων.

4. Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Όπως και οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα υπάρχει πάντοτε όταν γίνεται καύση. Αν και το αέριο αυτό δεν είναι τοξικό, είναι εμμέσως βλαβερό για την ατμόσφαιρα, όταν συναντάται σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες της κανονικής. Όταν η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα είναι μεγαλύτερη από εκείνη που πρέπει, τα φυτά δεν μπορούν να την απορροφήσουν και να την μετατρέψουν σε οξυγόνο. Τότε η ισορροπία της φύσης διαταράσσεται, οδηγώντας στο περίφημο “φαινόμενο του θερμοκηπίου” δηλαδή στην άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη και σε διάφορες απρόβλεπτες κλιματολογικές μεταβολές.

β. Τοξικά αέρια

Ο κατάλογος των βλαβερών ουσιών που υπάρχουν στα καυσαέρια είναι εξαιρετικά μακρύς, όπως είναι και η ποικιλία υδρογονανθράκων και πρόσθετων ουσιών που υπάρχουν στη βενζίνη. Υπάρχει επίσης μια ποικιλία σύνθετων (περίπλοκων) χημικών αντιδράσεων οι οποίες πραγματοποιούνται ταυτόχρονα με την καύση των υδρογονανθράκων.

1. Υδρογονάνθρακες που δεν καίγονται

- C_nH_m (παραφίνες, ολεφίνες, αρωματικοί υδρογονάνθρακες).

2. Ενώσεις που καίγονται μερικώς

- C_nH_mCHO (αλδεΐδες)
- C_nH_mCO (κετόνες)

- $C_nH_{2n}COOH$ (οξέα)
- CO (μονοξείδιο του άνθρακα)

3. Προϊόντα της θερμικής διάσπασης του πετρελαίου και λοιπά παράγωγα

- C_2H_2 (ακετυλένιο)
- C_2H_4 (αιθυλένιο)
- H_2 (υδρογόνο)

4. Προϊόντα καύσης

- από ατμοσφαιρικό άζωτο NO , NO_2 (οξειδία του αζώτου)
- από πρόσθετες ουσίες στα καύσιμα (οξειδία του μολύβδου κλπ.)
- από ακαθαρσίες στα καύσιμα (οξειδία του θείου)

Εκτός από αυτά, με την βοήθεια του ηλιακού φωτός παράγονται από τα καυσαέρια και τα ακόλουθα προϊόντα καύσης :

- οργανικά υπεροξειδία
- όζον κλπ.
- Υπεροξειδία, ακετυλικά παράγωγα, νιτρώδη

5. Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)

Σαν άκαυστους υδρογονάνθρακες, θα πρέπει επίσης να θεωρήσουμε και εκείνους τους υδρογονάνθρακες που καίγονται μερικώς, όπως τα παράγωγα από τη διαδικασία θερμικής διάσπασης. Κανονικά οι υδρογονάνθρακες έχουν τη δική τους ιδιαίτερη οσμή. Με την παρουσία οξειδίων του αζώτου και ηλιακού φωτός σχηματίζουν προϊόντα οξείδωσης τα οποία ενοχλούν τις βλεννώδεις μεμβράνες της μύτης. Κάποιοι από αυτούς τους υδρογονάνθρακες θεωρούνται καρκινογόνοι.

Οι υδρογονάνθρακες παράγονται κυρίως από το άκαυστο καύσιμο που κολλάει στα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως.

Το μίγμα αέρα/καυσίμου ψύχεται μερικά, εξαιτίας του μικρού διάκενου μεταξύ της κεφαλής του κυλίνδρου και του εμβόλου με αποτέλεσμα το μίγμα να μην είναι αρκετά θερμό, ώστε η φλόγα να φτάσει σε όλο το μίγμα και έτσι η καύση πραγματοποιείται μόνο μέχρι κάποια απόσταση από τις επιφάνειες του κυλίνδρου και του εμβόλου.

Η εκπομπή υδρογονανθράκων αυξάνεται εξίσου είτε όταν χρησιμοποιείται πλούσιο μίγμα, είτε φτωχό, γιατί η καύση δεν πραγματοποιείται υπό ιδανικές συνθήκες και στις δυο περιπτώσεις. Ελάχιστο ποσό εκπομπής υδρογονανθράκων επιτυγχάνεται όταν το μίγμα είναι ελαφρώς φτωχό, οπότε υπάρχει περίσσεια οξυγόνου και βρίσκεται σε αρκετά υψηλή

θερμοκρασία.

6. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο, άοσμο και αόρατο και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο εξαιτίας της υψηλής τοξικότητάς του. Μειώνει την ικανότητα του αίματος να απορροφά οξυγόνο και βέβαια την ποσότητα του οξυγόνου στην κυκλοφορία του αίματος. Συγκέντρωση μόνο 0.3% μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα που αναπνέουμε είναι αρκετή για να προκαλέσει θάνατο μέσα σε περίπου 30 λεπτά. Υψηλότερη συγκέντρωση θα προκαλέσει λιποθυμία σε λιγότερο από ένα λεπτό.

7. Στερεά σωματίδια

Η ατελής καύση δημιουργεί στερεά σωματίδια με τη μορφή στάχτης και καπνιάς (αιθάλης). Σε αυτοκίνητα με μηχανές βενζίνης οι εκπομπές τέτοιων σωματιδίων είναι ουσιαστικά αμελητέες, γι' αυτό και η σχετική νομοθεσία γι' αυτού του είδους τη ρύπανση περιορίζεται στις μηχανές ντίζελ.

Εάν, κατά τη διαδικασία της καύσης, δημιουργηθούν περιοχές πλούσιου μίγματος, όταν η θερμοκρασία και η πίεση είναι υψηλές και υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, η μοριακή αλυσίδα των υδρογονανθράκων μπορεί να σπάσει και να απελευθερώσει το υδρογόνο. Αυτό σημαίνει ότι θα δημιουργηθούν υπόλοιπα άκαυστου άνθρακα. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί στη ροή του καυσίμου που έρχεται από το μπεκ (στην περίπτωση των μηχανών ντίζελ) ή στα καύσιμα που εναποθέτονται στα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως. Ευτυχώς, τα περισσότερα από αυτά τα σωματίδια οξειδώνονται στη συνέχεια για να σχηματίσουν διοξείδιο του άνθρακα, και έτσι δεν εμφανίζονται στα καυσαέρια.

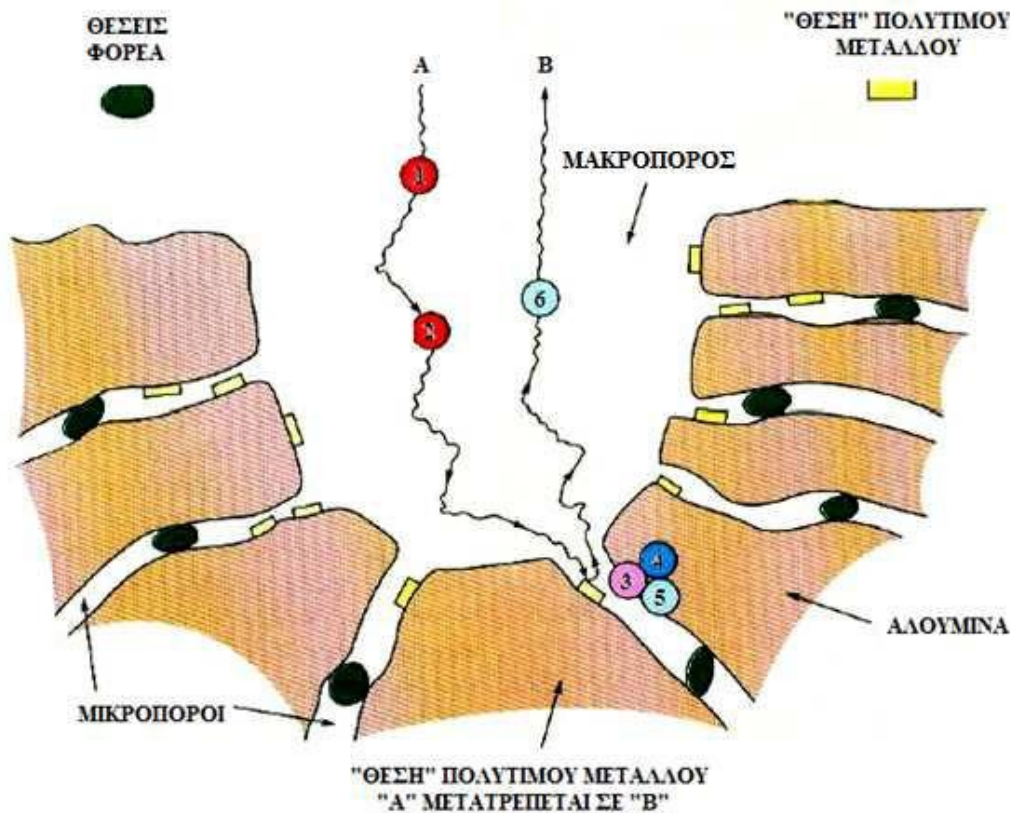
4.14. Μηχανισμός μετατροπής των ρύπων στον καταλυτικό μετατροπέα

Πριν γίνει αναφορά στα είδη των καταλυτών γίνεται μια σύντομη αναφορά στη διαδικασία των αντιδράσεων που πραγματοποιούνται μέσα στη δομή των αγωγών ροής ενός καταλύτη με κάποιο τυχαίο μόριο A το οποίο μπορεί να είναι μόριο οποιουδήποτε ρύπου.

Παρακάτω (Σχήμα 4.1) διακρίνεται η μετατροπή του μορίου A σε ένα άλλο διαφορετικής σύστασης, το οποίο αναφέρεται ως B, που μπορεί να είναι κάποιο παράγωγο του A.

Για παράδειγμα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το μόριο A είναι ένα μόριο NO_x το οποίο μετατρέπεται σε N₂.

Το Α, λοιπόν, κινείται στους μικροπόρους του ενδιάμεσου στρώματος και έρχεται σε επαφή με όλα τα στοιχεία που υπάρχουν πάνω στον φορέα, είτε αυτός είναι μεταλλικός, είτε κεραμικός.



Σχήμα 4.1. Μετατροπή ενός μορίου οποιουδήποτε ρύπου μέσα στους μικροπόρους του καταλυτικού μετατροπέα [5].

1. Το μόριο Α εισέρχεται στο μακροπόρο του υποστρώματος, εκεί πρέπει να διαχυθεί μέσα στην επιφάνεια του ενδιάμεσου στρώματος (αλουμίνα + δημήτριο).
2. Το μόριο Α αφού είναι αέριο διαχέεται μέσα στην αλουμίνα κάτω από τα ευγενή μέταλλα.
3. Απορροφάται από μια ενεργή και ελεύθερη θέση που αναφέρεται ως μικροπόρος ο οποίος βρίσκεται μέσα στη μάζα των ευγενών μετάλλων και του ενδιάμεσου στρώματος και αφού έχει διεισδύσει το μόριο μέσα στον μακροπόρο (Θα μπορούσαμε να το περιγράψουμε από αρχής σαν τη διείσδυση του μορίου μέσα στο στόμιο μιας σπηλιάς (μακροπόρος) και στη συνέχεια την πορεία του μέσα σε κάποια από τις σήραγγες της σπηλιάς (μικροπόρος) που είναι αδιέξοδος).
4. Αντιδρά στην υπάρχουσα υψηλή θερμοκρασία με όλα τα στοιχεία (δημήτριο κλπ.) που υπάρχουν κάτω από τα ευγενή μέταλλα και μετατρέπεται σε Β.

5. Το μόριο B απωθείται έξω από το μικροπόρο.
6. Ακολουθεί την πορεία της ροής προς την έξοδο του μακροπόρου.

4.15. Συστήματα κατάλυσης

4.15.1. Αναγωγικός καταλυτικός μετατροπέας

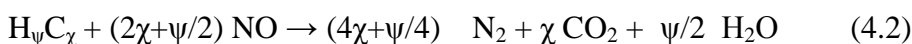
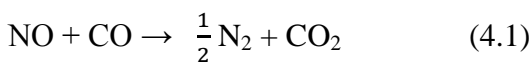
Ο αναγωγικός καταλυτικός μετατροπέας είναι ένας συνήθης φορέας κεραμικού μονόλιθου ή και μεταλλικού ελάσματος που σαν επίστρωση ευγενών μετάλλων φέρει μόνο Ρόδιο (Σχήμα 4.2).

Το είδος αυτού του καταλύτη επειδή δε χρησιμοποιείται σε καμία εφαρμογή μόνος του, δε διατίθεται σαν μονής κλίνης αναγωγικός μετατροπέας.

Αντιθέτως εγκαθίσταται πάντα σε συνδυασμό με έναν οξειδωτικό καταλύτη μέσα στο ίδιο περίβλημα. Έτσι σχηματίζεται ένας μετατροπέας διπλής κλίνης .

Αναγωγή στη χημεία είναι η αφαίρεση του οξυγόνου από το μόριο του οξειδίου του αζώτου. Έτσι η ονομασία του αναγωγικού καταλύτη είναι εύστοχη αφού γίνεται διαχωρισμός των δύο αυτών στοιχείων.

Οι αντιδράσεις που γίνονται για τη διάσπαση των οξειδίων του αζώτου είναι αυτές που παρατίθενται στη συνέχεια. Τα προϊόντα μετά τις αντιδράσεις (άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμοί) είναι αβλαβή.

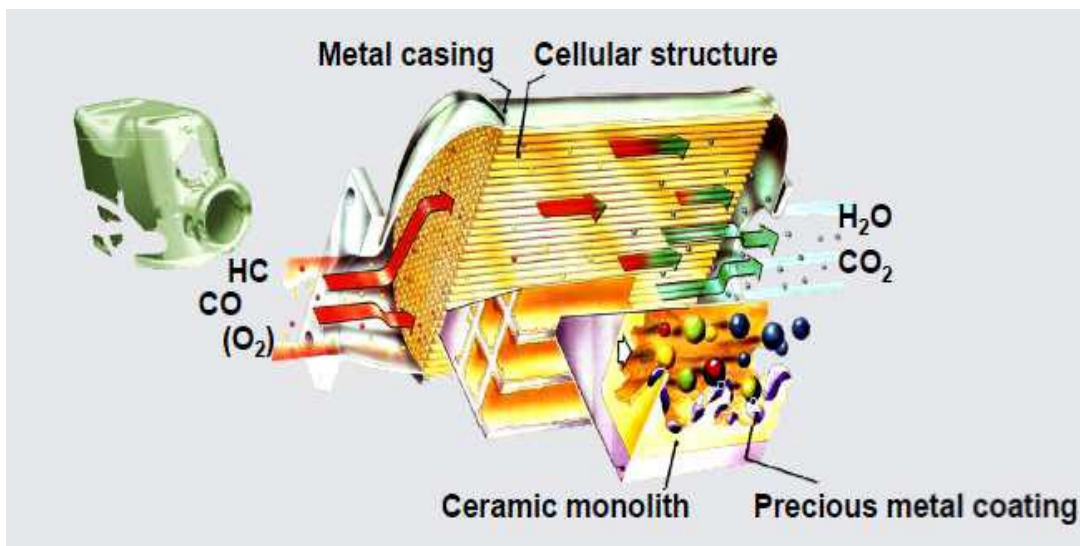
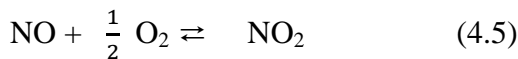
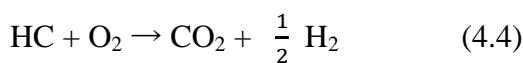
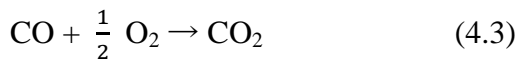


Σχήμα 4.2. Αντιδράσεις αναγωγικού καταλύτη [6].

4.15.2. Οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας (διοδικός)

Ο οξειδωτικός καταλύτης χρησιμοποιεί τον λευκόχρυσο ή το παλλάδιο για την οξείδωση του CO και των HC (σχήμα 4.3.). Λόγω του ότι με αυτό το είδος μετατροπέα επιτυγχάνεται η μετατροπή των δύο από τους τρεις πρωτογενείς ρύπους, ο οξειδωτικός καταλύτης αναφέρεται και ως διοδικός καταλύτης.

Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι :



Σχήμα 4.3. Λειτουργία διοδικού καταλύτη [6].

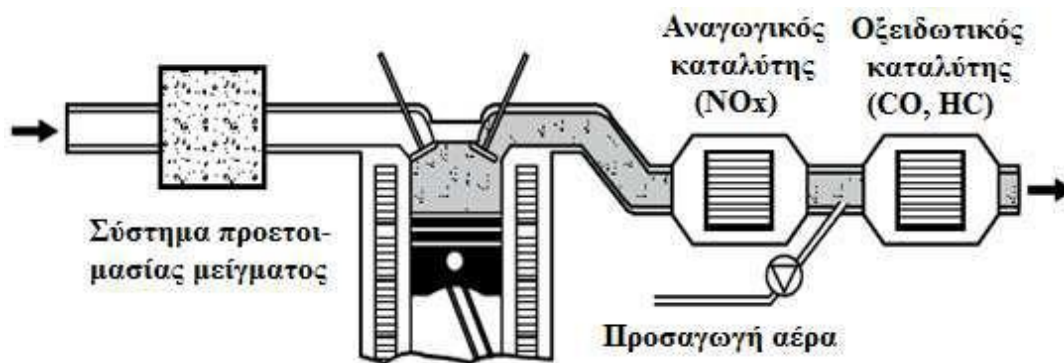
Αποτελούν εναλλακτική λύση, αντί των θερμικών μετατροπέων που εξουδετερώνουν το CO και τους HC. Επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση αυτών των ρυπαντών, αλλά οι υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες αυτές οι αντιδράσεις πραγματοποιούνται, αυξάνουν τις εκπομπές των NO_x.

Κανονικά, αυτοί οι καταλύτες χρησιμοποιούνται σε κινητήρες που λειτουργούν με φτωχό μείγμα, αφού οι εκπομπές HC και CO είναι χαμηλές, ενώ τα NO_x αντιμετωπίζονται με κάποια άλλη διαδικασία, π.χ. ανακύκλωση των καυσαερίων (EGR).

Αν χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες που λειτουργούν με πλούσιο μείγμα, για να επιτευχθεί χαμηλή παραγωγή NOx αρχικά, τότε πρέπει να εισαχθεί πρόσθετος αέρας με τη βοήθεια μιας αντλίας, έτσι ώστε να υπάρχει επάρκεια οξυγόνου στον καταλύτη για να πραγματοποιηθεί η οξείδωση.

4.15.3. Καταλύτης διπλής κλίνης (dual bed)

Ο καταλύτης διπλής κλίνης αποτελείται από δυο φορείς που ανάμεσα τους υπάρχει κενός χώρος και περιβάλλονται από το ίδιο εξωτερικό περίβλημα. Ο πρώτος φορέας είναι αναγωγικός καταλύτης και ο δεύτερος οξειδωτικός (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.4. Καταλύτης διπλής κλίνης [6].

4.15.4. Τριοδικός καταλύτης

Είναι ο καταλυτικός μετατροπέας ο οποίος έχει καθιερωθεί τα τελευταία χρόνια λόγω της καλής συμπεριφοράς του και της υψηλής απόδοσής του.

Έχει την ικανότητα να μειώνει συγχρόνως και τους τρεις βασικούς αέριους ρύπους, δηλαδή να οξειδώνει το CO και τους HC προς CO₂ και H₂O αντίστοιχα, με ταυτόχρονη ανάγωση προς N₂ του NO.

Είναι συνήθως μονής κλίνης και φέρει συνδυασμό ευγενών μετάλλων πάνω στο ενδιάμεσο στρώμα .

Το υπόστρωμα του καταλύτη πρέπει να ικανοποιεί κάποιες προϋποθέσεις.

Αυτές, γενικά, είναι:

- Αντίσταση στη διάβρωση και αντοχή σε μηχανική φθορά.
- Αντίσταση σε αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και αντοχή σε παρατεταμένη λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες.

Ο φορέας μπορεί να είναι μεταλλικός είτε κεραμικός. Τα ευγενή μέταλλα που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως δύο ή τρία. Το ένα από αυτά είναι το ρόδιο για τις αντιδράσεις αναγωγής. Οι κύριοι συνδυασμοί που γίνονται από τους κατασκευαστές είναι:

- Rh+Pt+Pd
- Rh+Pt
- Rh+ Pd

Ο τελευταίος συνδυασμός είναι και ο επικρατέστερος τα τελευταία χρόνια.

Συνήθως ο λευκόχρυσος (Pt) είναι το 0.15–0.2% του συνολικού βάρους ενός τριοδικού κεραμικού φορέα και το ρόδιο (Rh) είναι το 0.03–0.04% του συνολικού βάρους ενός τριοδικού κεραμικού φορέα.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η μάζα των πολύτιμων μετάλλων σε έναν τριοδικό κεραμικό καταλύτη είναι πολύ μικρή.

Η συνήθης αναλογία μαζών ευγενών μετάλλων που χρησιμοποιούνται στους τριοδικούς καταλυτικούς μετατροπείς Pt/Rh είναι 5/1, η συνολική μάζα των δυο μετάλλων ανά όγκο φορέα είναι 1412 gr/m³.

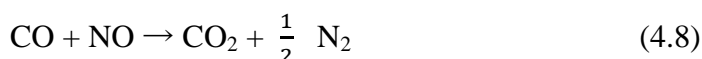
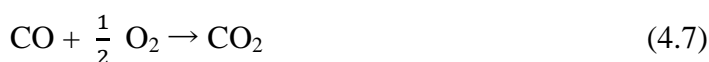
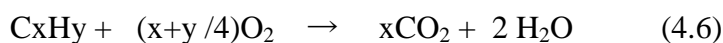
Τα στοιχεία αυτά, βέβαια, ποικίλουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

Σύμφωνα με το γερμανικό επιστημονικό περιοδικό MTZ η αναλογία μαζών Pd/Rh είναι 14/1.

Η συνολική μάζα των δυο αυτών μετάλλων ανά όγκο φορέα είναι 3531 gr/m³.

Το βάρος του κεραμικού μονόλιθου που φέρει ο φορέας κυμαίνεται από 400 gr– 4500 gr. Το μέσο βάρος ενός κεραμικού μονόλιθου που περιέχεται ανά καταλύτη ευρωπαϊκού αυτοκινήτου είναι περίπου 0.9 kg.

Οι κύριες χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα πάνω από τα ευγενή μέταλλα Rh+Pd ή Rh+Pt έχουν ως εξής:



Οι αντιδράσεις επηρεάζονται σημαντικά από τη θερμοκρασία λειτουργίας η οποία πρέπει να κυμαίνεται από 250 °C έως 400 °C για να επιτευχθεί μέγιστη απόδοση.

Αυξανόμενης της θερμοκρασίας πέρα από τους 400 °C δεν επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση αλλά θερμική γήρανση του καταλύτη.

Ανάλογα, λοιπόν, με τη θερμοκρασία λειτουργίας επιτυγχάνουμε και την αντίστοιχη απόδοση κατάλυσης.

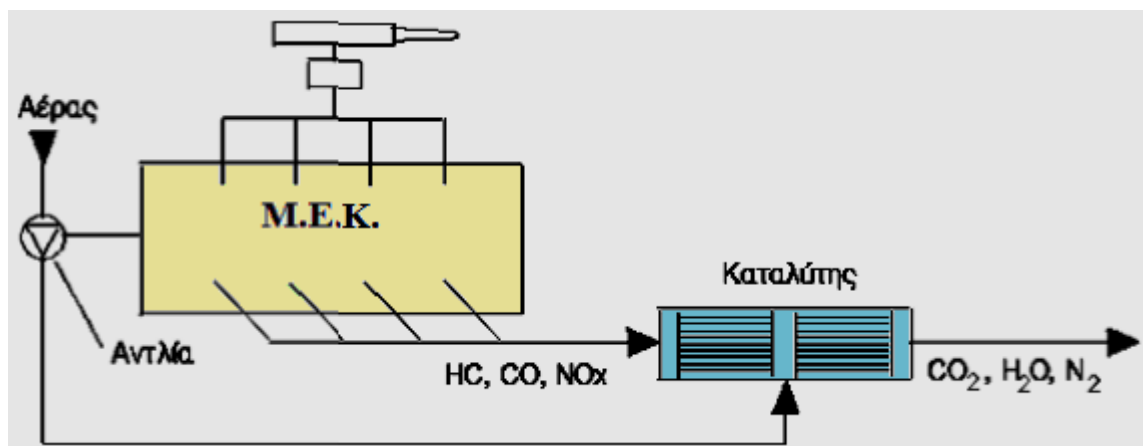
4.15.5. Μη ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης

Ονομάζεται συχνά και “τριοδικός καταλύτης ανοικτού συστήματος ρύθμισης”. Συνήθως δεν συναντάται στην Ευρώπη, διότι έχει χρησιμοποιηθεί κατά αποκλειστικότητα σε οχήματα αμερικανικής κατασκευής.

Αποτελείται από δύο κεραμικούς μονόλιθους τοποθετημένους ξεχωριστά μέσα στο ίδιο μεταλλικό κέλυφος.

Ανάμεσα στους δύο μονόλιθους υπάρχει ένας χαλύβδινος αγωγός, στον οποίο είναι συνδεδεμένο ένα σωληνάκι αντλίας που εισάγει τον αέρα από τον κινητήρα.

Ο πρώτος καταλύτης προκαλεί αναγωγικές αντιδράσεις, μετατρέποντας τα NO_x, ενώ στον δεύτερο οξειδώνονται τα CO, HC.



Σχήμα 4.5. Τριοδικός καταλύτης ανοικτού συστήματος ρύθμισης [6].

Για να πραγματοποιηθούν αποτελεσματικά οι αναγωγικές αντιδράσεις στον πρώτο μονόλιθο πρέπει να υπάρχει έλλειψη οξυγόνου στα καυσαέρια, άρα ο κινητήρας θα πρέπει να λειτουργεί με πλούσιο μείγμα.

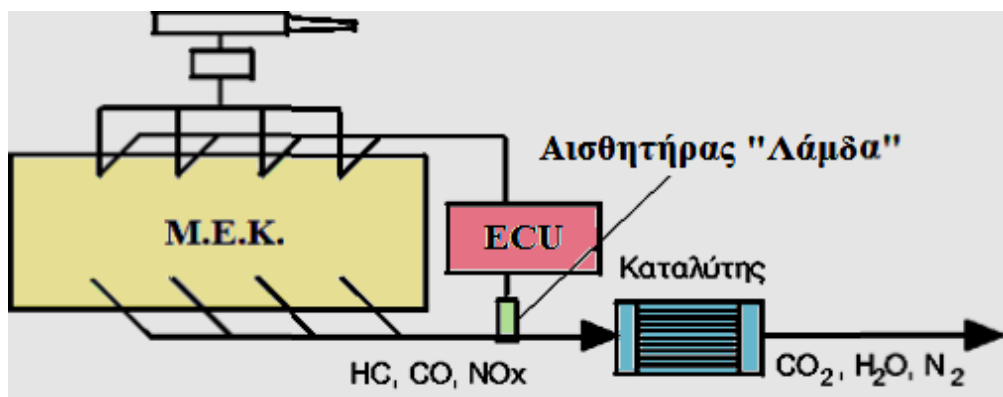
Από την άλλη, ο δεύτερος καταλύτης χρειάζεται οξυγόνο για να λειτουργήσει, γιαυτό πρέπει να τροφοδοτείται με πρόσθετο αέρα μέσω μιάς αντλίας αέρα (Σχήμα 4.5).

4.15.6. Ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης

Ονομάζονται επίσης «τριοδικοί καταλύτες κλειστού συστήματος ρύθμισης».

Αυτή η ονομασία αναφέρεται στην ύπαρξη ή μη αισθητήρα «λάμδα», που αντίστοιχα δημιουργεί κλειστό ή ανοικτό σύστημα ρύθμισης (Σχήμα 4.6).

Σε αντίθεση με τους αρρυθμιστους τριοδικούς που πραγματοποιούν πρώτα τις αναγωγικές και ύστερα τις οξειδωτικές αντιδράσεις, οι ρυθμιζόμενοι τριοδικοί πραγματοποιούν και τις τρεις αντιδράσεις ταυτόχρονα. Η οξείδωση των HC και του CO συμβαίνει συγχρόνως με την αναγωγή των NOx.



Σχήμα 4.6. Τριοδικός καταλύτης κλειστού συστήματος ρύθμισης [6].

Για να γίνουν επαρκώς οι αντιδράσεις, πρέπει το μείγμα αέρα-καυσίμου να βρίσκεται πολύ κοντά στη στοιχειομετρική αναλογία. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικού συστήματος έγχυσης καυσίμου ή ηλεκτρονικά ελεγχόμενου συστήματος τροφοδοσίας, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κλειστό σύστημα ρύθμισης.

4.15.7. Αισθητήρας “λάμδα” (lamda sensor)

Γενικά

Ο αισθητήρας “λάμδα” είναι ένας αισθητήρας οξυγόνου τοποθετούμενος στη σωλήνωση εξαγωγής προ του καταλύτη (Σχήμα 4.7), με σκοπό να ανιχνεύει εάν το μείγμα βρίσκεται στην πλούσια ή την πτωχή περιοχή, και να δίνει την κατάλληλη εντολή διόρθωσης στο σύστημα έγχυσης καυσίμου με τη βοήθεια ενός κλειστού συστήματος ελέγχου.



Σχήμα 4.7. Αισθητήρας «λάμδα» [6].

Το ένα ηλεκτρόδιο του αισθητήρα είναι εκτεθειμένο στον αέρα περιβάλλοντος, ενώ το άλλο από λευκόχρυσο (Pt) εκτίθεται στα καυσαέρια της σωλήνωσης εξαγωγής (πριν από το καταλυτικό μετατροπέα).

Η διάφορα των μερικών πιέσεων του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα (περίπου 0.2 atm) και στο καυσαέριο οδηγεί στην παραγωγή ροής ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό σήμα) σχετιζόμενης 2 προ την παραπάνω διαφορά πιέσεων.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι αισθητήρων “λάμδα”: ένας χωρίς προθερμαντική και ένας με προθερμαντική λειτουργία. Εξωτερικά δεν εμφανίζουν διαφορές, αλλά τοποθετούνται σε διαφορετικά σημεία στο σύστημα εξαγωγής.

4.15.8. Μη προθερμαινόμενος αισθητήρας “λάμδα”

Το είδος αυτό του αισθητήρα δεν έχει σύστημα εσωτερικής θέρμανσης και προκειμένου να λειτουργήσει απαιτείται θερμοκρασία 300 °C.

Βρίσκεται πάντοτε τοποθετημένος όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην πολλαπλή εξαγωγής, πάνω στη σωλήνωση εξαγωγής.

Έχει μόνο ένα καλώδιο σύνδεσης (συνήθως μαύρο), το οποίο είναι ο θετικός πόλος προς το δυναμικό που δημιουργείται από τον αισθητήρα.

Το αρνητικό του φορτίο το αποκτά από το έδαφος, μέσω της μηχανικής του σύνδεσης με τη σωλήνωση εξαγωγής.

4.15.9. Θερμαινόμενος αισθητήρας “λάμδα”

Αυτός ο τύπος αισθητήρα περιέχει μια ηλεκτρική αντίσταση που τροφοδοτείται από έναν ηλεκτρομαγνητικό διακόπτη (relay) ή από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα, οπότε προσεγγίζει τη θερμοκρασία λειτουργίας του μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα.

Έχει την ικανότητα να διατηρεί αυτή τη θερμοκρασία πάνω από τα όρια λειτουργίας ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία των καυσαερίων. Κατά συνέπεια, υπάρχει μεγαλύτερη ευχέρεια κατά την τοποθέτησή του στο σύστημα της εξαγωγής.

Συνήθως βρίσκεται μεταξύ της εξόδου της σωλήνωσης εξαγωγής και του κύριου καταλύτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Γενικά

Ο καταλύτης είναι μια συσκευή που τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων των βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων με στόχο τη μετατροπή των εκπεμπόμενων ρυπαντών σε αβλαβή για την ατμόσφαιρα καυσαέρια.

Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται με χημικές αντιδράσεις (π.χ. οξείδωση και αναγωγή), που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό του καταλύτη.

Στις αντιδράσεις αυτές:

- Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).
- Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) οξειδώνονται σε υδρατμούς (H₂O).
- Τα οξείδια του αζώτου NO_x ανάγονται σε ατμοσφαιρικό άζωτο (N₂).

Ο καταλύτης είναι ένα στοιχείο που σε συνθήκες μεγάλης θερμοκρασίας (πάνω από 250 °C) με την παρουσία του βοηθάει στην πραγματοποίηση μιας αντίδρασης, χωρίς ο ίδιος να λαμβάνει μέρος σε αυτή.

Η τοποθέτηση του καταλύτη γίνεται στη σωλήνωση εξαγωγής των καυσαερίων, κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής και πριν το σιγαστήρα (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1. Θέση του καταλύτη στο σύστημα εξαγωγής κινητήρα [6].

5.1. Είδη καταλυτών ανάλογα με τη κατασκευή τους

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής του καταλύτη (εσωτερικό υλικό) διακρίνουμε τα εξής τρία είδη:

1. Καταλύτες με μεταλλικά σφαιρίδια (pellets)

Οι καταλύτες αυτοί είναι γεμάτοι με σφαιρίδια, τα οποία είναι από αδρανές υλικό και έχουν μια λεπτή επικάλυψη από λευκόχρυσο (Pt).

Τα σφαιρίδια δημιουργούν μέσα στο δοχείο του καταλύτη μια πορώδη μάζα, διαμέσου της οποίας περνούν τα καυσαέρια (Σχήμα 5.2).

Αυξάνουν όμως τη πίεση αντίθλιψης και ενεργοποιούνται με καθυστέρηση.

Καθώς τα καυσαέρια διέρχονται διαμέσου των σφαιριδίων, εφάπτονται με το λευκόχρυσο και πραγματοποιούνται οι σχετικές αντιδράσεις.

Λόγω μεγάλης αντίστασης στη ροή των καυσαερίων (αντίθλιψη) που παρουσιάζουν, δεν χρησιμοποιούνται ευρέως.



Σχήμα 5.2. Καταλύτης με μεταλλικά σφαιρίδια [6].

2. Καταλύτες με κεραμικό μονόλιθο

Χρησιμοποιείται σήμερα από τους περισσότερους κατασκευαστές οχημάτων. Ο κεραμικός μονόλιθος που έχει εξωτερικά κυψελοειδή μορφή, είναι ένα υλικό ευαίσθητο σε κραδασμούς, δονήσεις και θερμοκρασιακές καταπονήσεις.

Εξωτερικά μοιάζει με το σιγαστήριο, και αποτελείται από τρία βασικά μέρη:

A) Εξωτερικό κέλυφος ή μεταλλικό κάλυμμα

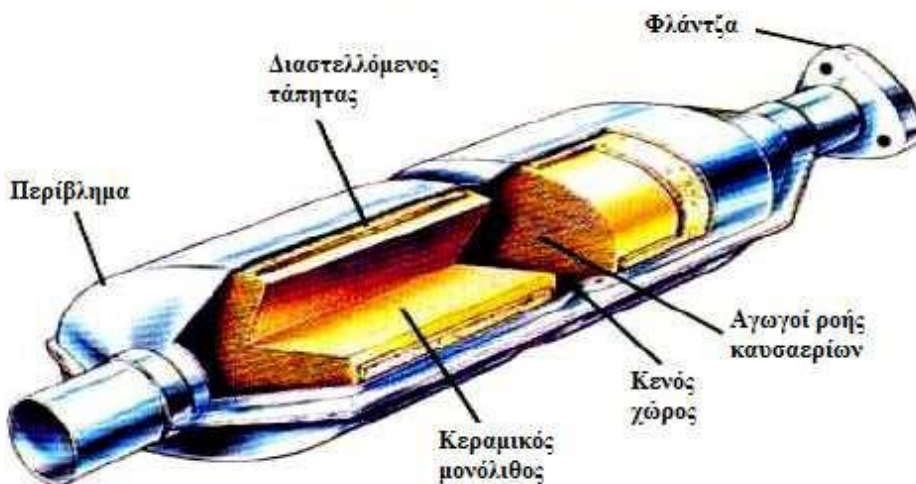
Το εξωτερικό κέλυφος ή μεταλλικό κάλυμμα, περικλείει τον κεραμικό μονόλιθο του καταλύτη και είναι κατασκευασμένο, συνήθως, από ανοξείδωτο χάλυβα.

B) Κεραμικός μονόλιθος ή κεραμικός φορέας

Το βασικό στοιχείο του καταλύτη είναι το κεραμικό υλικό, που ονομάζεται μονόλιθος και είναι συνήθως κυλινδρικής μορφής (Σχήμα 5.3).

Η κατασκευή του μονόλιθου είναι κυψελοειδούς μορφής με εκατοντάδες διαμήκη κανάλια (περάσματα) παράλληλα προς τη ροή των καυσαερίων.

Η διατομή των καναλιών ροής των καυσαερίων είναι συνήθως τετραγωνικής, εξαγωνικής ή κυκλικής μορφής. Στα τοιχώματα των καναλιών τοποθετείται η ενδιάμεση επίστρωση από αλουμίνα η οποία είναι μια βάση οξειδίου του αλουμινίου (Al_2O_3), εμποτισμένη στην επιφάνεια των καναλιών ροής καυσαερίων.



Σχήμα 5.3. Καταλύτης με κεραμικό μονόλιθο [6].

Γ) Επίστρωση ευγενούς μετάλλου (Pt, Pd, Rh)

Τοποθετείται στην ενδιάμεση επίστρωση όπου βρίσκεται ο κυρίως καταλύτης με τον οποίο έρχονται σε επαφή τα καυσαέρια του κινητήρα.

Ο κεραμικός μονόλιθος περιβάλλεται από μια προστατευτική ψάθα.

Υπάρχουν δύο ειδών προστατευτικές ψάθες:

- Τύπος συρμάτινου πλέγματος (από λεπτό ελαστικό σύρμα)
- Τύπος διαστελλόμενου τάπητα (από ένα θερμοανθεκτικό ελαστικό μονωτικό, από

κεραμικές ίνες και ρητίνη). Αυτός ο τύπος τάπητα αντέχει σε θερμοκρασίες άνω των 300 °C. Η προστατευτική ψάθα προστατεύει τον κεραμικό μονόλιθο από τους κραδασμούς και τις μεγάλες διαστολές –συστολές του μεταλλικού καλύμματος.

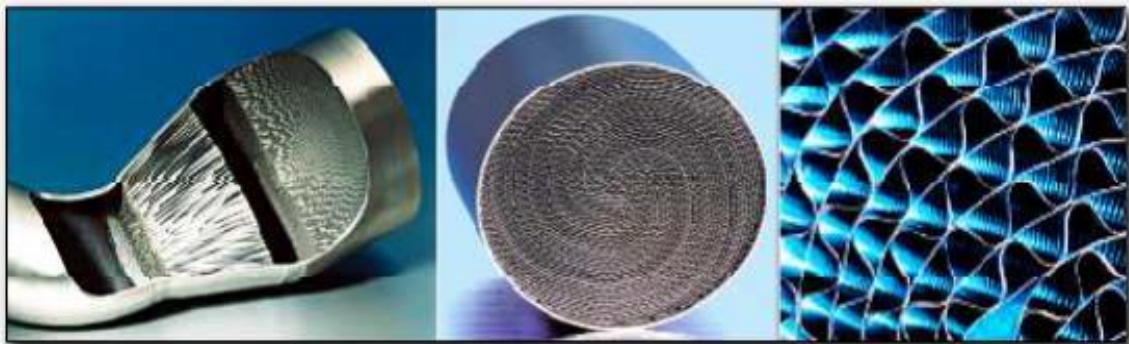
3. Καταλύτης με μεταλλικό μονόλιθο

Ο καταλύτης με μεταλλικό μονόλιθο αποτελεί τεχνολογική εξέλιξη των τελευταίων χρόνων (Σχήμα 5.4). Ο φορέας αποτελείται από ένα μεταλλικό πλέγμα με μεταβλητή πληθώρα κυψελών, διαφόρων σχημάτων.

Η συνηθέστερη μορφή του αποτελείται από δύο ελασμάτινα στρώματα (κυματοειδή ελάσματα), τοποθετημένα σε ένα άλλο ενδιάμεσο κυκλικό έλασμα.

Το πλεονεκτήματα του έναντι του καταλύτη με κεραμικό μονόλιθο είναι η μικρότερη αντίθλιψη που παρουσιάζει, η μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια, η μικρότερη και πιο συμπαγής κατασκευή του, η μεγαλύτερη θερμοαγωγιμότητα καθώς και η χαμηλή ειδική θερμοχωρητικότητα.

Ως μειονέκτημα μπορούμε να αναφέρουμε το σημαντικά μεγαλύτερο κόστος κατασκευής.



Σχήμα 5.4. Μεταλλικός καταλυτικός μετατροπέας [6].

5.2. Τα ευγενή μέταλλα που χρησιμοποιούνται στους καταλυτικούς μετατροπέες

Στο εσωτερικό του καταλυτικού μετατροπέα συναντάμε τα εξής ευγενή μέταλλα: λευκόχρυσο (πλατίνα, Pt), παλλάδιο (Pd), ρόδιο (Rh).

Η ομάδα του λευκόχρυσου (Platinum Group Elements, PGE, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στη χημεία), περιλαμβάνει δυο υποομάδες:

A) Η πρώτη αναφέρεται ως τριάδα ελαφρών μετάλλων και αποτελείται από:

- Το ρουθίνιο (Ru)
- Το ρόδιο (Rh)

- Το παλλάδιο (Pd)

B) Η δεύτερη υποομάδα αναφέρεται ως τριάδα των βαρέων μετάλλων και αποτελείται από:

- Το όσμιο (Os)
- Το ιρίδιο (Ir)
- Το λευκόχρυσο (πλατίνα) (Pt)

Τα μέταλλα και των δυο υποομάδων χαρακτηρίζονται ως ευγενή μέταλλα λόγω της ιδιότητας μόνο του λευκόχρυσου να μην οξειδώνεται από τα οξέα και το οξυγόνο. Τα υπόλοιπα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου παρότι αναφέρονται ως ευγενή, προσβάλλονται από τα οξέα και όταν θερμανθούν ελαφρά, προσβάλλονται και από το οξυγόνο.

Πολλές φορές η οξείδωση είναι μόνο επιφανειακή γιατί το στρώμα που σχηματίζεται προστατεύει την υπόλοιπη μάζα του μετάλλου.

Λευκόχρυσος (Pt): Ο Pt είναι έξοχος καταλύτης για την μετατροπή του CO και των υδρογονανθράκων (HC). Εμφανίζει ασήμαντη δραστικότητα και πολύ χαμηλή N_2 / N_2O εκλεκτικότητα για τις αντιδράσεις αναγωγής των NOx και είναι πολύ ανθεκτικότερος των άλλων δυο ευγενών μετάλλων σε δηλητηρίαση.

Παλλάδιο (Pd): Το Pd είναι ένας καλός καταλύτης οξείδωσης του CO και ακόμα καλύτερος για την οξείδωση των υδρογονανθράκων. Η αναγωγική του δράση δεν είναι τόσο χαμηλή όσο του λευκόχρυσου. Είναι το πιο φθηνό μέταλλο σε σχέση με τα άλλα μέταλλα.

Ρόδιο (Rh): Είναι το συστατικό κλειδί για την διάσπαση των οξειδίων του αζώτου, εφόσον έχει την ικανότητα της σχεδόν ολοκληρωτικής διασπαστικής προσρόφησης του NO.

Η N_2 / N_2O – εκλεκτικότητα προσεγγίζει το 100%. Είναι σπανιότερο (περίπου 1:15) των άλλων ευγενών μετάλλων (Pt, Pd) με αποτέλεσμα να είναι και σημαντικά ακριβότερο. Η μείωση της χρήσης του θα ήταν πολύ επιθυμητή, εφόσον θα αποφεύγαμε την επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος.

Ιρίδιο (Ir): Είναι πολύ καλός καταλύτης για την αναγωγή του NO σε N_2 ιδιαίτερα σε οξειδωτικά περιβάλλοντα. Η σπανιότητά του καθιστά δύσκολη τη χρήση του. Ένα σημαντικό μειονέκτημά του είναι ότι σχηματίζει με ευκολία πτητικά οξείδια.

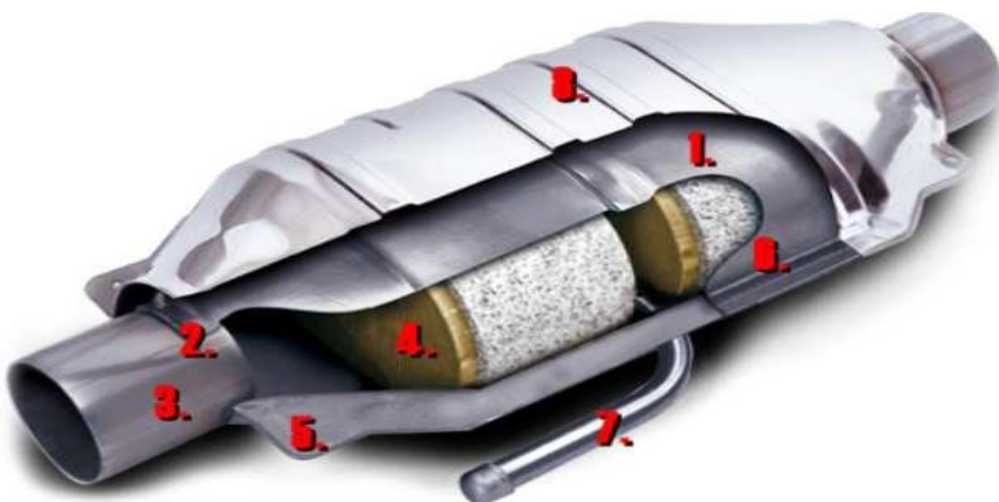
Ρουθίνιο (Ru): Είναι πολύ καλός καταλύτης αναγωγής του NO προς N₂, αλλά κυρίως σε αναγωγικά περιβάλλοντα που δεν είναι επιθυμητά σε ένα καταλυτικό μετατροπέα. Σχηματίζει πτητικά οξειδία του ρουθηνίου που κάνουν το χρόνο παραμονής του στον μετατροπέα σύντομο.

Όσμιο (Os): Είναι σπάνιο ασημόχρωμο μέταλλο με πολύ αμυδρή γαλαζωπή απόχρωση και έντονη μεταλλική λάμψη. Η εξόρυξή του είναι δύσκολη, γεγονός που το καθιστά ακριβό μέταλλο.

5.3. Κατασκευαστική δομή του καταλυτικού μετατροπέα

Σε αυτή την υποενότητα θα γίνει μια μικρή προσέγγιση της δομής ενός καταλύτη. Αρχίζοντας, λοιπόν, την ανάλυση εσωτερικά προς το εξωτερικό (Σχήμα 5.5) μπορούμε να αναφέρουμε ότι ένας καταλυτικός μετατροπέας αποτελείται από:

1. Εσωτερικό περίβλημα
2. Ανοξειδωτή πυρίμαχη συγκόλληση
3. Σωλήνα εισόδου καυσαερίων
4. Κεραμική κυψέλη (κεραμικός μονόλιθος)
5. Εξωτερική συγκόλληση σώματος
6. Εσωτερική ραφή σώματος
7. Είσοδο οξυγόνου
8. Εξωτερικό περίβλημα



Σχήμα 5.5. Επί μέρους τομή καταλύτη [6].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ- ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ**6.1. Μείωση απόδοσης των τριοδικών καταλυτικών μετατροπέων (TWC)**

Η συνεχής βελτιστοποίηση στο σχεδιασμό των καταλυτικών μετατροπέων αυτοκινήτων καθίσταται επιτακτική καθότι παρουσιάζουν προβλήματα τα οποία επιδρούν αρνητικά στο χρόνο ζωής, την απόδοση και την εκλεκτικότητά τους.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη λειτουργία ενός καταλυτικού μετατροπέα και οι οποίες μελετώνται με στόχο τη βελτιστοποίησή του είναι:

- Η σύνθεση του καυσίμου.
- Η ποσότητα και η διασπορά του ευγενούς μετάλλου στο φορέα.
- Τα φυσικά χαρακτηριστικά του καταλύτη (εμβαδόν επιφάνειας, μέγεθος και κατανομή πόρων, κρυσταλλική δομή).
- Η σταθερότητα του καταλυτικού συστήματος (θερμική σταθερότητα, αντίσταση σε δηλητήρια και σε μεταβολές των συνθηκών αντίδρασης).
- Οι μηχανικές ιδιότητες (αντίσταση σε φθορά από τριβή, σκληρότητα, αντοχή σε θλίψη).

Οι σημαντικότερες αιτίες μείωσης της απόδοσης ενός τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα είναι οι δομικές ή μορφολογικές αλλαγές τις οποίες υφίσταται λόγω αλληλεπίδρασης με διάφορες προσμίξεις ή παραπροϊόντα που βρίσκονται στο εισερχόμενο ρεύμα καυσαερίων (δηλητηρίαση, χημική απενεργοποίηση), ή λόγω της έκθεσής του σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας (θερμική απενεργοποίηση).

Η θερμική απενεργοποίηση (γήρανση) αποτελεί μία από τις βασικότερες αιτίες απενεργοποίησης των τριοδικών καταλυτικών μετατροπέων.

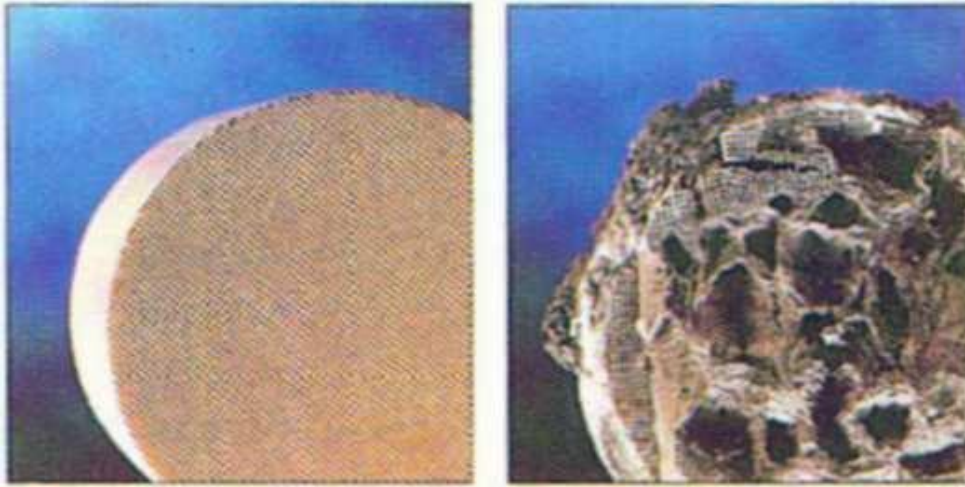
Επέρχεται λόγω της ανάπτυξης υψηλών θερμοκρασιών κατά τη λειτουργία του TWC εξαιτίας του ότι οι μετατροπείς τοποθετούνται πολύ κοντά στον κινητήρα για την εξασφάλιση ικανοποιητικής οξειδωσης των υδρογονανθράκων.

Θερμική γήρανση μπορεί να παρατηρηθεί και στους 800 – 900 °C ή ακόμα και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες ανάλογα με τα κατασκευαστικά υλικά του TWC.

Οι υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν την συσσωμάτωση των κρυσταλλιτών των ευγενών μετάλλων και έτσι την ελάττωση της ενεργής επιφάνειας του καταλύτη (Σχήμα 6.1).

Επίσης, με τις υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας του καταλύτη ευνοείται και μια κραματοποίηση του Rh με το Pd, όπου το προκύπτον κράμα εμφανίζει σημαντικά μειωμένη

δραστικότητα και εκλεκτικότητα στις σχετικές αντιδράσεις.



Σχήμα 6.1. Τήξη καταλυτικού φορέα λόγω θερμικής γήρανσης [6].

Γενικά, η συσσώρευση ρύπων στην καταλυτική επιφάνεια (χημική απενεργοποίηση) αποτρέπει την πρόσβαση των αντιδρώντων μορίων στα ενεργά καταλυτικά κέντρα, με αποτέλεσμα τη μείωση της δραστικότητας και της εκλεκτικότητας του καταλύτη.

Οι τριοδικοί καταλυτικοί μετατροπείς δηλητηριάζονται από προσμίξεις που απαντώνται στα καύσιμα και τα λιπαντικά ή αποκολλώνται υπό ισχυρά διαβρωτικές συνθήκες από τα κατασκευαστικά υλικά του κινητήρα και του συστήματος εξαγωγής των καυσαερίων.

Ο άνθρακας (C), ο μόλυβδος (Pb), το θείο (S), το μαγγάνιο (Mn) και το πυρίτιο (Si) αποτελούν ρύπους που προέρχονται από τα καύσιμα ή πρόσθετα αυτών.

Από τα λιπαντικά έλαια του κινητήρα μπορεί να προέλθουν οι ρύποι, φωσφόρος (P), ψευδάργυρος (Zn), ασβέστιο (Ca) και μαγνήσιο (Mg), ενώ από τα μεταλλικά μέρη της μηχανής και της εξάτμισης προκύπτουν οι ρύποι σίδηρος (Fe), χαλκός (Cu), χρώμιο (Cr), νικέλιο (Ni) και κάδμιο (Cd).

Ο φωσφόρος, ο μόλυβδος και το θείο αποτελούν τα πρώτα στοιχεία που διαπιστώθηκε ότι δηλητηριάζουν τους τριοδικούς καταλύτες. Η προκαλούμενη δηλητηρίαση αντιμετωπίστηκε με τη μείωση της περιεκτικότητας της βενζίνης σε θείο και μόλυβδο (χρήση αμόλυβδης βενζίνης) και την προσθήκη ασβεστίου στα λιπαντικά.

Το ασβέστιο έχει παρατηρηθεί ότι οδηγεί στο σχηματισμό φωσφορικού άλατος υπό μορφή σκόνης που απομακρύνεται με τα καυσαέρια. Εκτός από τη φυσική απενεργοποίηση (κλείσιμο μικροπόρων), η εναπόθεση ρύπων έχει θεωρηθεί ότι οδηγεί και σε χημική δηλητηρίαση του καταλύτη, εξαιτίας της προσρόφησης δηλητηρίων στα ενεργά κέντρα του

και σχηματισμού θεικών ή φωσφορικών ενώσεων με συστατικά του.

Άλλοι παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν τη μείωση της απόδοσης ενός καταλύτη είναι η απώλεια καταλυτικής μάζας λόγω μηχανικής καταπόνησης του.

Η μηχανική απενεργοποίηση ενός καταλυτικού μετατροπέα συνίσταται στο ράγισμα ή τη θραύση του κεραμικού μονόλιθου που προκαλείται από δονήσεις και εξωτερικές ζημιές στο χαλύβδινο περίβλημα (Σχήμα 6.2), οι οποίες μπορεί να προκληθούν κατά την οδήγηση.

Η απώλεια καταλυτικής μάζας εξαιτίας της τριβής, που ασκεί πάνω στο υπόστρωμα το αντιδρούν καυσαέριο, αποτελεί άλλη μία από τις αιτίες απενεργοποίησης εμπορικών TWCs. Το πρόβλημα αυτό είναι εντονότερο στους μονολιθικούς καταλυτικούς μετατροπείς μέσα από τους οποίους τα καυσαέρια ρέουν με πολύ υψηλές ταχύτητες, με αποτέλεσμα να συμβαίνουν γρήγορες αλλαγές τόσο στη σύσταση όσο και στη θερμοκρασία τους. Τα φαινόμενα αυτά επιταχύνουν την απώλεια μάζας από την επίστρωση και οδηγούν σε μη αντιστρεπτή απενεργοποίηση του καταλύτη. Για την αποφυγή των φαινομένων αυτών έχουν αναπτυχθεί ειδικές τεχνικές παρασκευής, όπου ο κεραμικός μονόλιθος υπόκειται σε ειδικές κατεργασίες ώστε να αυξηθεί η πρόσφυση της επίστρωσης.



Σχήμα 6.2. Εξωτερική ζημία σε τριοδικό καταλύτη [6].

6.2. Αιτίες βλαβών καταλύτη

Όταν ένας καταλύτης καταστρέφεται πρόωρα, είναι απολύτως απαραίτητο να βρεθεί η αιτία της βλάβης, αφού ο αντικαταστάτης του, μπορεί να επηρεαστεί από το ίδιο πρόβλημα μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Η κακή λειτουργία ενός καταλύτη, όταν τα χλμ. χρήσης του δεν δικαιολογούν τέλος της διάρκειας ζωής του είναι δυνατό να οφείλεται σε κάποια (ή περισσότερες) από τις παρακάτω αιτίες :

- Δηλητηρίαση από μόλυβδο
- Βούλωμα από εξωτερικά υλικά
- Σπάσιμο λόγω πρόσκρουσης
- Λιώσιμο (τήξη) του μονόλιθου

6.2.1. Δηλητηρίαση από μόλυβδο

Ο μόλυβδος που περιέχεται στη βενζίνη καθώς και σε μερικά πρόσθετα καύσιμα που χρησιμοποιούν οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων, καταστρέφει σημαντικά τον καταλυτικό μετατροπέα σε βαθμό, που να τον καθιστά εντελώς άχρηστο. Η δηλητηρίαση από το μόλυβδο είναι μια χημική αντίδραση.

Ο μόλυβδος αντιδρά με τα ευγενή μέταλλα μέσα στον καταλύτη εξουδετερώνοντας την ικανότητά τους να επιταχύνουν τις χημικές αντιδράσεις.

Η κατανάλωση ενός γεμάτου ρεζερβουάρ βενζίνης με μόλυβδο, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα του καταλύτη, χωρίς όμως η ζημιά να είναι ανεπανόρθωτη. Δύο ή τρία γεμάτα ρεζερβουάρ με μολυβδούχο βενζίνη θα προκαλέσουν μόνιμη καταστροφή.

Από τη στιγμή που ο καταλύτης δηλητηριαστεί από μόλυβδο, δεν θα εκτελεί τον σκοπό της λειτουργίας του δηλ. την αφαίρεση των ρυπαντών, αν και η απόδοση του αυτοκινήτου δεν θα επηρεαστεί αρχικά, εκτός εάν έχει καταστραφεί και ο λήπτης λάμδα - πράγμα πιθανό- καθώς κάποιοι λήπτες είναι ευαίσθητοι στο μόλυβδο.

Σε αυτήν την περίπτωση το αυτοκίνητο δεν θα λειτουργεί ομαλά και το ρελαντί δεν θα είναι σταθερό εξαιτίας της βλάβης στο σύστημα ρύθμισης του λήπτη λάμδα.

Ο μόλυβδος στην εξάτμιση μπορεί να ανιχνευθεί με την βοήθεια ενός χημικά επεξεργασμένου χαρτιού το οποίο ακουμπάμε στις αποθέσεις που σχηματίστηκαν είτε στο σύστημα εξάτμισης είτε στον καταλύτη. Αυτό το χαρτί, υποδεικνύει την παρουσία μόλυβδου

αλλάζοντας χρώμα.

6.2.2. Βούλωμα

Η έλλειψη επιτάχυνσης και η απώλεια ιπποδύναμης, μπορεί να αποτελούν ενδείξεις βουλώματος του συστήματος εξάτμισης, συνήθως στον καταλύτη.

Αυτό το είδος της βλάβης συνήθως προκαλείται από σωματίδια προερχόμενα από τη μηχανή λόγω κακής λειτουργίας, υπερβολική κατανάλωση λαδιού ή από σκουριά στο σωλήνα της πολλαπλής εξαγωγής. Ένας καταλύτης που δηλητηριάστηκε από μόλυβδο, μπορεί επίσης να βουλώσει, καθώς δεν είναι πλέον σε θέση να επεξεργαστεί τα μικρά σωματίδια άνθρακα που δημιουργεί η μηχανή και τα οποία ένας υγιής καταλύτης θα εξαφάνιζε σχεδόν εντελώς.

6.2.3. Σπάσιμο λόγω πρόσκρουσης

Ο κεραμικός μονόλιθος που σχηματίζει το εσωτερικό στρώμα του καταλύτη είναι εξαιρετικά ευαίσθητος σε χτυπήματα. Με δεδομένη τη θέση του στο όχημα, εκτίθεται σε κάθε είδους κακομεταχείριση.

Επίσης, οι δονήσεις από ένα χαλαρό σύστημα εξάτμισης λόγω κακής στερέωσης, μπορούν να προκαλέσουν σπασίματα του κεραμικού μονόλιθου.

Κανονικά οι καταλύτες προστατεύονται εξωτερικά από ένα μεταλλικό κέλυφος, που εμποδίζει πέτρες ή άλλα αντικείμενα, που μπορεί να βρεθούν στο δρόμο και να σπάσουν το μονόλιθο.

6.2.4. Λιώσιμο του μονόλιθου

Πολλά πράγματα που συμβαίνουν σε μια μηχανή μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση του καταλυτικού μετατροπέα, αλλά το μόνο που μπορεί να προκαλέσει τήξη του μονόλιθου είναι η είσοδος άκαυστου καυσίμου στον καταλύτη λόγω κακής λειτουργίας της μηχανής. Η ζημιά που προκαλείται κυμαίνεται από μικρή πτώση της αποτελεσματικότητας του καταλύτη έως και πλήρες λιώσιμο του μονόλιθου.

Προβλήματα στο σύστημα ανάφλεξης είναι συνήθως η αιτία της εισόδου άκαυστου καυσίμου στο σύστημα εξάτμισης. Μπουζί που δεν λειτουργούν κανονικά, ελαττωματική τροφοδοσία και σπασμένα μπουζοκαλώδια προκαλούν ατελή καύση και αυξάνουν σε υψηλά επίπεδα τους υδρογονάνθρακες στα καυσαέρια. Μόλις αυτοί οι υδρογονάνθρακες φτάσουν

στον καταλύτη, και με δεδομένη την υψηλή θερμοκρασία στην οποία λειτουργεί (περίπου 1000 °C), καίγονται μέσα σε αυτόν. Αυτό προκαλεί ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας, μέχρι το σημείο όπου ο κεραμικός μονόλιθος λιώνει (1400 °C). Χρειάζονται μόνο δύο δευτερόλεπτα χωρίς ανάφλεξη στον κύλινδρο, όταν η μηχανή λειτουργεί υπό χαμηλό φορτίο, για να λιώσει ο μονόλιθος εντελώς.

Μακρά διαστήματα λειτουργίας της μηχανής με μίγμα είτε πολύ πλούσιο είτε πολύ φτωχό μπορούν επίσης να προκαλέσουν αύξηση της θερμοκρασίας μέσα στον καταλύτη με συνέπεια και πάλι την τήξη του μονόλιθου.

6.3. Επιστημόσεις για τη σωστή λειτουργία των καταλυτών μετατροπέων

1. Ο καταλύτης ενεργοποιείται άνω των 250 °C. Πρέπει, λοιπόν, να αποφεύγονται συχνές σύντομες διαδρομές με κρύο κινητήρα, επειδή τότε ο καταλύτης δεν λειτουργεί.
2. Η χρήση βυτιοφόρων μεταφοράς αποκλειστικά αμόλυβδης βενζίνης δεν είναι υποχρεωτική. Έτσι σε μερικά πρατήρια η αμόλυβδη βενζίνη περιέχει και ποσότητες μολύβδου.
3. Η υπέρβαση των 900 °C προκαλεί τη θερμική γήρανση του καταλύτη. Για το λόγο αυτό, απαιτείται λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας και του συστήματος έναυσης. Ομαλός και σωστός τρόπος οδήγησης, ενώ πρέπει να αποφεύγεται η χρήση της μίζας πάνω από τρεις φορές, σε περίπτωση δυσκολίας εκκίνησης, το ξεκίνημα με σπρώξιμο ιδίως με ζεστό κινητήρα το σβήσιμο του κινητήρα στις υψηλές στροφές, ο έλεγχος του σπινθήρα με αφαίρεση των μπουζοκαλοδίων και το παρκάρισμα σε μέρη στα οποία υπάρχουν εύφλεκτα υλικά ή ξερά χόρτα.
4. Να χρησιμοποιούνται λιπαντικά απαλλαγμένα από φώσφορο.
5. Κατά την προθέρμανση ή σε μη ικανοποιητική λειτουργία, εκπέμπονται αυξημένοι αρωματικοί υδρογονάνθρακες.
6. Στις πολλή υψηλές στροφές μειώνεται η ιπποδύναμη του κινητήρα.
7. Επειδή ο κινητήρας λειτουργεί διαρκώς στην περιοχή $\lambda=1$, η κατανάλωση καυσίμου είναι αυξημένη.
8. Η ύπαρξη θείου στην βενζίνη δημιουργεί υδρόθειο με χαρακτηριστική μυρωδιά, ιδίως όταν δεν επιτυγχάνεται η αναλογία $\lambda=1$.
9. Υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του καταλύτη από ισχυρές μηχανικές καταπονήσεις.
10. Ο καταλύτης αντικαθίσταται στα 80 – 100 χιλιάδες χιλιόμετρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

Η διαδικασία της ανακύκλωσης καταλυτών περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια :

- Συλλογή
- Διαχωρισμός των εξωτερικών μερών
- Προεπεξεργασία (ταξινόμηση –θράυση μεταλλικού κελύφους- άλεση-δειγματοληψία)
- Ανάλυση για προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε πολύτιμα μέταλλα
- Εφαρμογή τεχνολογιών ανάκτησης πολύτιμων μετάλλων από απενεργοποιημένους καταλύτες

Ανάλογα με το στάδιο ανακύκλωσης των καταλυτών, μπορούν να εμπλακούν οι παρακάτω φορείς :

Για το πρώτο στάδιο : Συνεργεία αυτοκινήτων, επιχειρήσεις μεταχειρισμένων αυτοκινήτων/ανταλλακτικών, διαλυτήρια αυτοκινήτων.

Για το δεύτερο στάδιο : Ειδικοί φορείς συλλογής καταλυτών, έμποροι σιδηρικών.

Για το τρίτο, τέταρτο, πέμπτο στάδιο : Ειδικές εγκαταστάσεις ανάκτησης ευγενών μετάλλων.

Στο παρακάτω σχήμα 7.1. παρουσιάζεται ο κύκλος των καταλυτικών μετατροπέων αυτοκινήτων.



Σχήμα 7.1. Ο κύκλος των καταλυτικών μετατροπέων αυτοκινήτων [6].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όσα αναλύθηκαν στα διάφορα κεφάλαια της εργασίας αυτής προκύπτει το γενικό κατ' αρχήν συμπέρασμα πως η αντιμετώπιση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια των οχημάτων, δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση.

Η λειτουργία των καταλυτών, καλώς παρακολουθείται (όπως, π.χ. στα ΚΤΕΟ), για να γίνεται έγκαιρη επέμβαση των τεχνικών για την αντιμετώπιση τυχόν βλαβών τους.

Είναι επίσης σωστό να γίνεται με προσοχή και με σωστή τήρηση των αντίστοιχων κανόνων, η ανακύκλωση των καταλυτών, λόγω των προβλημάτων τοξικότητας που παρουσιάζουν (κυρίως βαρέα μέταλλα).

Σήμερα, η τεχνολογία, για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ελαχιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων με τα καυσαέρια, στρέφεται στους εξής άξονες :

- Μείωση της θερμοκρασίας καύσης στον κύλινδρο, μέσω διαφόρων μεθόδων, όπως π.χ. έγχυση υδρατμού, καθώς και άλλων που αφορούν στην βελτίωση της καύσης εντός του κυλίνδρου.
- Βελτίωση των ιδιοτήτων του καυσίμου, με εφαρμογή μεθόδων που μειώνουν την περιεκτικότητα σε θείο και σε αρωματικές ενώσεις.
- Μέτρα περιστολής στην εξαγωγή των καυσαερίων, μέσω ειδικών καταλυτικών συστημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ACEA (2007). *Reducing CO₂ emissions from cars – Towards an integrated approach*. European Automobile Manufacturers Association, Brussels. [online].
2. He, B.Q., Wang, J.X., Hao, J.M., Yan, X.G. and Xiao, J.H. (2003). A study on emission characteristics of an EFI engine with ethanol blended gasoline fuels. *Atmospheric Environment* 37: 949–957
3. Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill Book Co., U.S.A.
4. Τριανταφύλλης Ιωάννης (1998). *Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος Μ.Ε.Κ. ΙΙ. Τμήμα Οχημάτων, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης*.
5. Petruzella F. *Ηλεκτρικό ηλεκτρονικό σύστημα αυτοκίνητου*, εκδόσεις Τζιόλα, 1997.
6. Καπετανάκης Γ., Καραμπίλας Π., Κουντουράς Λ., Κουτσούκος Βλ. *Αυτοκίνητο και περιβάλλον*, Ι.Δ.Ε.Ε.Α., Αθήνα 2003.
7. BCS., *Προκαταρκτική μελέτη σχετικά με την ανακύκλωση καταλυτών αυτοκινήτων αντιρυπαντικής τεχνολογίας*, ΟΔΔ Υ, Δεκέμβριος 1994.
8. Κ. Δ. Ρακόπουλος (2000), «*Εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης ΙΙ.Εμβάθυνση στην κατασκευή και λειτουργία*», Εκδόσεις «Γρηγ. Φούντας», Αθήνα.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. http://www.acea.be/images/uploads/pub/CO2_Leaflet_ENG.pdf
2. <http://www.dieselnets.com> (DieselNet. Online information service on clean Diesel engines and emissions)
3. Δ/νση Περιβάλλοντος & Χωροταξίας-Δεδομένα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
<http://www.rcm.gr/draseis/erga/air/admin/index.asp>
4. Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ατμοσφαιρική ρύπανση
http://europa.eu.int/eur-lex/el/lif/reg/el_register_15102030.html
5. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC – Kyoto Protocol) <http://unfccc.int>