

Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΙΤΛΟΣ: ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
ΔΗΜΗΤΡΗΣ Ι. ΜΠΑΚΟΣ
Δρ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2001

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	3139
----------------------	------

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της πτυχιακής μας εργασίας Δρ. κ. Δημήτριο Μπάκο για την καθοδήγηση και την βοήθεια του στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους φίλους και συναδέλφους, Θεοδώρα και Λάμπρο Παπακώστα, Βασίλη Γκιουλέ και Νικόλαο Λάζαρη, για την ψυχολογική τους υποστήριξη.

Τέλος, τις οικογένειές μας για την υλική και ηθική τους υποστήριξη.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εφαρμογή της καταλυτικής τεχνολογίας αποτέλεσε έναν από τους σταθμούς της αυτοκίνησης, καθώς απέδειξε ότι μπορεί να υπάρξουν «καθαρά» και φιλικά προς το περιβάλλον αυτοκίνητα. Η μαζική τους παραγωγή επέτρεψε στις εταιρίες να τους εξελίξουν και να μειώσουν τις παρενέργειες και τα ελαττώματα που παρουσίαζαν από την αρχή της εφαρμογής τους. Τον τελευταίο καιρό οι καταλυτικοί μετατροπείς προσελκύουν το ενδιαφέρον όλων, αφού από το 2002 θα χρησιμοποιείται αποκλειστικά αμόλυβδη βενζίνη, η χρήση της οποίας αποτελεί κύρια προϋπόθεση για την λειτουργία των καταλυτικών αυτοκινήτων. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι λόγοι εφαρμογής των καταλυτών, τα είδη και ο τρόπος λειτουργίας τους, τα μειονεκτήματα, τα πλεονεκτήματα καθώς και το αποτέλεσμα που προέκυψε. Το αν δηλαδή οι καταλύτες, σήμερα αποτελούν μια αξιόπιστη και αποτελεσματική λύση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από τα αυτοκίνητα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 ΡΥΠΑΝΣΗ	6
1.2 ΚΑΥΣΙΜΟ ΒΕΝΖΙΝΗ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	6
1.2.1 ΑΝΤΙΚΡΟΥΣΤΙΚΟΤΗΤΑ Ή ΑΝΤΙΚΡΟΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	7
1.2.2 ΜΟΛΥΒΔΟΣ ΚΑΙ ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	11
1.2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΜΟΛΥΒΔΗΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ	12
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	13
1.3.1 ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ	13
1.3.2 ΝΕΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	13
1.4 ΛΟΓΟΣ ΛΑΜΔΑ	15
1.4.1 ΚΑΥΣΗ	16
1.4.2 ΚΑΥΣΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ	18
1.5 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ Ή ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ	18
1.5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ	19
1.5.2 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	20
1.5.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΛΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ	20
1.5.4 ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ	21
1.6 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΥΣΗΣ (ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ - ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΑΝΤΕΣ)	22
1.6.1 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)	23
1.6.2 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC)	25
1.6.3 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO _x)	27
1.6.4 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ Ή ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ	31
2.1 ΚΑΤΑΛΥΣΗ – ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ	31
2.1.1 ΟΜΟΓΕΝΗΣ ΚΑΙ ΕΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΚΑΤΑΛΥΣΗ	34
2.1.2 ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ	34
2.1.3 ΕΝΖΥΜΑ	34
2.1.4 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ	35
2.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ	36
2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	37
2.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	38
2.5 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ	39
2.6 ΕΥΓΕΝΗ ΜΕΤΑΛΛΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	42
2.7 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ	44

2.8	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ (ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ)	45
2.8.1	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ (OXIDATION CATALYST)	46
2.8.2	ΑΝΑΓΩΓΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ (REDUCING CATALYST)	47
2.8.3	ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΛΙΝΗΣ (DUAL BED CATALYST)	49
2.8.4	ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ (THREE WAY CATALYST)	51
2.8.4.1	ΜΗ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ	52
2.8.4.2	ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ	52
2.9	ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ (ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥΣ)	53
2.9.1	ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΑΘΙΣΤΩΜΕΝΑ ΣΦΑΙΡΙΔΙΑ (ΠΕΛΛΕΤΕΣ)	54
2.9.2	ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΜΕ ΚΕΡΑΜΙΚΟ ΜΟΝΟΛΙΘΟ	56
2.9.2.1	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΚΕΡΑΜΙΚΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	56
2.9.3	ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΜΟΝΟΛΙΘΟ	62
2.9.3.1	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΜΟΝΟΛΙΘΟΣ Ή ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ	62
2.9.4	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ - ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ.....	63
2.10	ΆΛΛΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ	66
2.11	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	68
2.12	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	69
2.12.1	ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ	69
2.12.2	ΔΗΛΗΤΗΡΙΑΣΗ	71
2.12.2.1	ΜΟΛΥΒΔΟΣ	72
2.12.2.2	ΛΙΠΑΝΤΙΚΟ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	73
2.12.2.3	ΚΑΠΝΙΑ	74
2.12.2.4	ΑΝΤΙΨΥΚΤΙΚΟ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	74
2.12.2.5	ΑΚΑΥΣΤΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	75
2.12.2.6	ΘΕΙΟ	75
2.13	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ)	75
2.14	ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	77
2.15	ΑΙΤΙΕΣ – ΒΛΑΒΕΣ – ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	78
2.16	ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΗ	80
2.17	ΕΚ ΤΩΝ ΥΣΤΕΡΩΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ (RETROFIT)	81
2.18	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ	82
2.19	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ	83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	85
-----------------------------------	----

3.1	ΧΟΡΗΓΗΘΕΙΣΕΣ ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ	85
3.2	ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ	86
3.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ	94
3.4	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	95
3.5	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	99

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100
--------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΡΥΠΑΝΣΗ

Η αστυφιλία και η συγκέντρωση όλων των δημόσιων υπηρεσιών στα κέντρα των μεγαλουπόλεων, σε συνάρτηση με την ανάπτυξη βιομηχανικών μονάδων, περιφερειακά αυτών, έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία του φαινομένου της ρύπανσης. Η ρύπανση που δημιουργείται από τα εκπεμπόμενα καυσαέρια καταπονεί ιδιαίτερα την υγεία των κατοίκων των μεγάλων πόλεων. Εμφανίζεται με τη μορφή του γνωστού μας " νέφους " και δημιουργεί αποπνικτική ατμόσφαιρα.

Με τον όρο **ρύπανση** της ατμόσφαιρας εννοούμε την ύπαρξη ανεπιθύμητων ουσιών στα κατώτερα στρώματα αυτής. Οι ουσίες αυτές μπορεί να είναι μικροσωματίδια ή αέρια τα οποία αναφέρουμε ως **ρύπους**. Η βασική πηγή δημιουργίας των ρύπων είναι η **καύση**. Καύση όμως λαμβάνει χώρα στους λέβητες της κεντρικής θέρμανσης, στις βιομηχανίες, αλλά και στους κινητήρες των αυτοκινήτων και των βαρέων οχημάτων.

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα αυτοκίνητα, τη βιομηχανία και τις άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, έχει φθάσει σήμερα σε ανησυχητικά επίπεδα. Η τεχνολογική αυτή πρόοδος δεν περιορίστηκε μόνο στον τομέα της μείωσης των ρύπων που εκλύουν οι κινητήρες των αυτοκινήτων, αλλά επεκτάθηκε στον τομέα της αεροδυναμικής (καλύτερη αεροδυναμική σημαίνει χαμηλότερη κατανάλωση, άρα εκπομπή λιγότερων ρύπων), στο τομέα του σχεδιασμού του θαλάμου καύσης και στην έρευνα για χρήση εναλλακτικών καυσίμων, όπως το υδρογόνο, το υγραέριο και τις αλκοόλες (αιθανόλη, μεθανόλη). Τα ηλεκτρικά, τα ηλιακά και τα υβριδικά αυτοκίνητα, η νέα ώθηση που δόθηκε στην έρευνα για τους κινητήρες ντίζελ, οι κεραμικοί κινητήρες και η νέα γενιά των δίχρονων κινητήρων, είναι άμεση συνέπεια των οικολογικών ανησυχιών και της έντονης αναζήτησης για εναλλακτικά καύσιμα και κινητήρες.

Ο πρώτος συναγερμός για το πρόβλημα της ρύπανσης δόθηκε στις Η.Π.Α, όπου υπάρχουν αναλογικά και τα περισσότερα αυτοκίνητα. Στο Λος Άντζελες, που βρίσκεται στην πολιτεία της Καλιφόρνιας, η ομίχλη και η κάπνα είχαν κάνει την ατμόσφαιρα αφόρητη. Γι' αυτόν τον λόγο το 1961 θεσπίστηκαν νόμοι που καθόριζαν τη μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα άκαυτων υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα από τους κινητήρες. Η ισχύς των νόμων αυτών επεκτάθηκε στις 20/10/65 σε όλη την αμερικάνικη επικράτεια. Από τότε, οι νόμοι αυτοί γίνονται όλο και πιο αυστηροί και «αντιγράφονται» απ' όλες σχεδόν τις χώρες του κόσμου.

1.2 ΚΑΥΣΙΜΟ BENZINΗ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το καύσιμο των αυτοκινήτων παράγεται σχεδόν αποκλειστικά από το πετρέλαιο, δηλαδή παράγεται στα διυλιστήρια με την κλασική απόσταξή του, σε θερμοκρασίες από 40°C μέχρι 150°C. Το ειδικό βάρος της βενζίνης κυμαίνεται μεταξύ 0,72 και 0,78 Kg/ lt.

Η χρήση της βενζίνης στους βενζινοκινητήρες, έχει σκοπό να παράγει έργο για την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα.

Η παραγωγή έργου δημιουργείται από την καύση της βενζίνης μέσα στον κύλινδρο. Σ' αυτόν, αναπτύσσονται υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες από τα αέρια

της καύσης. Τα αέρια αυτά μετατοπίζουν το έμβολο προς τα κάτω με αποτέλεσμα η μετατόπιση αυτή με τη βοήθεια του διωστήρα (μπιέλα), να μεταφέρεται στο στροφαλοφόρο άξονα. Αυτό με τη σειρά του μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της βενζίνης είναι:

- Η πτητικότητα. Πτητικότητα ονομάζεται η τάση που έχουν τα ελαφρά υγρά καύσιμα (π.χ. βενζίνη), να εξατμίζονται και εξαρτάται από τη θερμοκρασία εξατμίσεώς τους. Η ιδιότητα αυτή της βενζίνης είναι σημαντική για την καλή ανάμιξή της με τον ατμοσφαιρικό αέρα και το σχηματισμό του κατάλληλου καύσιμου μίγματος.
- Η περιεκτικότητα σε θείο (θειάφι). Η περιεκτικότητα της βενζίνης σε θείο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,25% , εξαιτίας της διαβρωτικής επίδρασής του στα μέταλλα, αλλά και στον καταλύτη όπως θα δούμε παρακάτω.
- Η περιεκτικότητα σε νερό. Η υγραποίηση των υδρατμών που εισέρχονται στη δεξαμενή της βενζίνης, είναι η βασική αιτία της ύπαρξης νερού στη βενζίνη. Οι υδρατμοί αυτοί με την πτώση της θερμοκρασίας (ειδικά τη νύχτα), υγραποιούνται και συγκεντρώνονται στον πυθμένα του δοχείου βενζίνης.

1.2.1 ΑΝΤΙΚΡΟΥΣΤΙΚΟΤΗΤΑ Ή ΑΝΤΙΚΡΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Αντικρουστικότητα ή αντικροτικότητα ονομάζεται η ιδιότητα της βενζίνης να καίγεται ομαλά μέσα στον κύλινδρο, χωρίς να προκαλείται το φαινόμενο της αυτανάφλεξης που θα εξετάσουμε παρακάτω.

Όπως γνωρίζουμε ένας κινητήρας έχει καλύτερη απόδοση όταν έχει μεγαλύτερη σχέση συμπίεσης. Σχέση συμπίεσης σ' ένα βενζινοκινητήρα, ονομάζεται το πηλίκο του συνολικού όγκου ($V_a + V_h$), που δημιουργείται μέσα στον κύλινδρο όταν το έμβολο (πιστόνι) είναι στο κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ), προς τον όγκο (V_a) που δημιουργείται στον κύλινδρο, όταν το έμβολο είναι στο άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ).

Η σχέση συμπίεσης που ονομάζεται και βαθμός συμπίεσης, είναι σύμφωνα με τα παρακάτω:

$$\beta = \frac{V_a + V_h}{V_a} = 1 + \frac{V_h}{V_a}$$

όπου β = σχέση ή βαθμός συμπίεσης, V_a = όγκος χώρου καύσης και V_h = λοιπός όγκος κυλίνδρου.

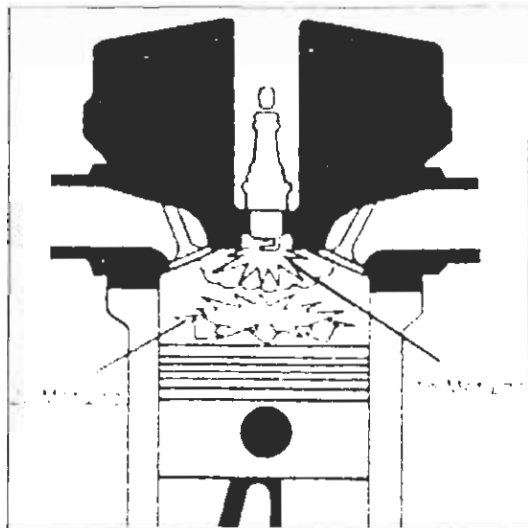
Η σχέση αυτή αποτελεί σημαντικό στοιχείο για το χαρακτηρισμό των ικανοτήτων του κινητήρα, την ποιότητα βενζίνης που μπορεί να χρησιμοποιείται στον κινητήρα και την απόδοσή του. Είναι γνωστό ότι κάθε βενζινοκινητήρας είναι κατασκευασμένος να εργάζεται με βενζίνη ορισμένων προδιαγραφών, ώστε να μην εμφανίζεται το φαινόμενο της αυτανάφλεξης. Γι' αυτό, υπάρχει βενζίνη απλή και σούπερ, που διαφέρουν μόνο ως προς το βαθμό οκτανίου. Ο αριθμός οκτανίων δείχνει ότι η βενζίνη είναι τόσο ανθεκτική στο "κτύπημα". Επειδή έχει καθορισθεί στο ισοοκτανίο ο αριθμός οκτανίων 100 και στο κανονικό επτάνιο ο αριθμός οκτανίων 0, π.χ. βενζίνη αριθμού οκτανίων 80 σημαίνει ότι η βενζίνη είναι τόσο ανθεκτική στο χτύπημα όσο και ένα συγκριτικό μίγμα 80% κατ' όγκο ισοοκτανίου και 20% κατ' όγκο κανονικού επτανίου. Η βαθμολόγηση των διαφόρων τύπων βενζίνης και ο προσδιορισμός του βαθμού οκτανίου τους, γίνεται σε σύγκριση με πρότυπα μίγματα καυσίμων (υδρογονανθράκων), που έχουν ακραία συμπεριφορά

στην αυτανάφλεξη. Έτσι, χρησιμοποιούνται το κανονικό επτάνιο, που έχει πολύ μικρή αντίσταση στην αυτανάφλεξη και το ισοοκτάνιο που έχει πολύ μεγάλη αντίσταση στην αυτανάφλεξη.

Έχει διαπιστωθεί ότι όσο μεγαλύτερο βαθμό οκτανίου έχει μια βενζίνη, τόσο καλύτερης ποιότητας είναι. Για να αυξηθεί ο βαθμός οκτανίου μιας βενζίνης, χρησιμοποιούνται, τα πρόσθετα (π.χ. τετρααιθυλιούχος μόλυβδος). Αυτά αναμιγνύονται μέσα στη βενζίνη σε πολύ μικρές αναλογίες. Σ' όλη την Ελλάδα το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο είναι 0,40 γραμ. μόλυβδου ανά λίτρο βενζίνης και 0,15 γραμ. μόλυβδου ανά λίτρο βενζίνης για την περιοχή του Λεκανοπεδίου Αθηνών.

Η σχέση όμως συμπίεσης δεν μπορεί να αυξηθεί απεριόριστα, γιατί πάνω από μια ορισμένη τιμή θα έχουμε για συγκεκριμένο τύπο βενζίνης κρουστική καύση (κτυπήματα ή πειράκια). Το φαινόμενο της αυτανάφλεξης μπορεί να εξηγηθεί ως εξής:

Με την πρώτη ανάφλεξη που προκαλεί ο σπινθήρας, αναπτύσσεται μια πρώτη πίεση. Αυτή συμπιέζει το υπόλοιπο μίγμα προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου. Το μίγμα αυταναφλέγεται, όταν η ποιότητα τη βενζίνης δεν αντέχει στην υψηλότερη συμπίεση και την αντίστοιχη θερμοκρασία. Έτσι δημιουργείται ένα δεύτερο κύμα καύσης (μέτωπο φλόγας), που προχωρεί αντίθετα από τα τοιχώματα του κυλίνδρου προς το κέντρο. Τα δυο αυτά μέτωπα της φλόγας συγκρούονται και προκαλούν την ακαριαία έκρηξη του υπολοίπου καυσίμου, που γίνεται αντιληπτή με τους κτύπους (πειράκια).



Σχ. 1: Κρουστική καύση

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Καυσαέρια – Καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "

Το φαινόμενο της αυτανάφλεξης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι κυριότεροι απ' αυτούς είναι:

- Η αύξηση του αριθμού των στροφών και του αριθμού των μπουζί ανά κύλινδρο.
- Η καλή ψύξη μέσα στο θάλαμο καύσης, που ελαττώνει τον κίνδυνο εμφάνισης αυτανάφλεξης.

Εκρηκτικότητα της βενζίνης είναι η τάση της ν' αυταναφλέγεται πρόωρα και να εκδηλώνεται με το φαινόμενο της αυτανάφλεξης ή της κρουστικής καύσης.

Αντίθετα, **αντικρηκτικότητα** είναι η αντοχή της βενζίνης, δηλ. η αντίσταση που παρουσιάζει στη συμπίεση και την αυτανάφλεξη, προσδιορίζεται δε με το βαθμό οκτανίου.

Για να αυξήσουμε την ικανότητα της βενζίνης να καίγεται χωρίς να δημιουργείται μέσα στον κύλινδρο κρουστική καύση, θα πρέπει να αυξήσουμε τα οκτάνια της, δηλαδή να βελτιώσουμε την ποιότητά της. Ο πιο εύκολος και φτηνός τρόπος για να αυξήσουμε τα οκτάνια μιας ορισμένης σύνθεσης βενζίνης είναι η πρόσθεση ενώσεων μολύβδου.

Με τον τρόπο αυτό βελτιώθηκαν και οι επιδόσεις των αυτοκινήτων (π.χ. η επιτάχυνση, η τελική ταχύτητα), αλλά και καλύφθηκαν οι απαιτήσεις του αγοραστικού κοινού για " γρήγορο " οδήγημα μια και τα όρια ταχύτητας είναι αρκετά υψηλά στις περισσότερες χώρες της Δυτικής Ευρώπης.

Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το 75% της βενζίνης που καταναλώνεται σήμερα στη Δ. Ευρώπη να είναι η βενζίνη σούπερ 96-98 οκτανίων και μόνο το 25% βενζίνη απλή 90-92 οκτανίων.

Στην Ελλάδα κυκλοφορούν τρεις τύποι βενζίνης : Η απλή, η σούπερ και η αμόλυβδη. Η απλή και η σούπερ περιέχουν ποσότητες τετρααιθυλιούχου μολύβδου. Ο τετρααιθυλιούχος μολύβδος είναι ένα χημικό πρόσθετο που δίνει στη βενζίνη αντικρουστικές ιδιότητες. Η αμόλυβδη βενζίνη δεν περιέχει το παραπάνω πρόσθετο και χρησιμοποιείται μόνο στα αυτοκίνητα που έχουν καταλυτικό μετατροπέα ή καταλύτη.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συστατικά της σούπερ και της αμόλυβδης, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σήμερα.

ΣΟΥΠΕΡ		
A/A	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
1)	ΜΟΛΥΒΔΟΣ	0,11 – 0,15 gr/l
2)	ΚΟΜΜΙΩΔΕΙΣ ΟΥΣΙΕΣ (ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ)	3 mg/100ml
3)	ΒΕΝΖΟΛΙΟ	1 % κ.ό
4)	ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ	16 % κ.ό
5)	ΤΟΛΟΥΟΛΙΟ	5 % κ.ό
6)	ΞΥΛΟΛΙΟ	6 % κ.ό
7)	ΟΛΕΦΙΝΕΣ	32 % κ.ό
8)	ΘΕΙΑΦΙ	0,036 % κ.ό

Σχ. 2: Συστατικά μολυβδομένης βενζίνης

Πηγή: Ελληνικά Διυλιστήρια

ΑΜΟΛΥΒΔΗ		
A/A	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
1)	ΜΟΛΥΒΔΟΣ	0,002 gr/lt
2)	ΚΟΜΜΙΩΔΕΙΣ ΟΥΣΙΕΣ (ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ)	2,8 mg/100ml
3)	ΒΕΝΖΟΛΙΟ	0,9 % κ.ό
4)	ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ	33 % κ.ό
5)	ΤΟΛΟΥΟΛΙΟ	7 % κ.ό
6)	ΞΥΛΟΛΙΟ	12 % κ.ό
7)	ΟΛΕΦΙΝΕΣ	8 % κ.ό
8)	ΘΕΙΑΦΙ	0,009 % κ.β
9)	ΜΤΒΕ (ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΕΝΩΣΗ)	5 % κ.ό
10)	ΚΙΝΙΖΑΡΙΝΗ	3 mg/lt

Σχ. 3: Συστατικά αμόλυβδης βενζίνης

Πηγή: Ελληνικά Διυλιστήρια

	ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΑΔΑ	ΟΡΙΑ		ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ
			Απλή	Premium	
1.	Πυκνότητα στους 15 C	Kg/m ³	725-780	790 max	ASTM D 4052 ASTM D 1298 ISO 3675
2.	Απόσταξη:				ASTM D 86 ISO 3405
	Συμπύκνωμα στους 70°C (E70)	% v/v	15-45	10 min	
	Συμπύκνωμα στους 100°C (E100)	% v/v	40-65	35 min	
	Συμπύκνωμα στους 180°C (E180)	% v/v, min	85		
	Τελικό σημείο βρασμού	°C, max	215		
	Υπόλειμμα διύλισης	%v/v, max	2		
3.	Πίεση ατμών (RVP) στους 37,8°C	kPA			ASTM D 323 ή EN 12
	α. Από 1 Απριλίου έως 31 Οκτωβρίου		35	70	
	β. Από 1 Νοεμβρίου έως 31 Μαρτίου		45	80	
4.	Περιεκτικότητα θείου	% m/m, max	0,05		ASTM D 4294 EN 24260 ISO 8754
5.	Περιεκτικότητα μολύβδου	g/lt, max	0,013		ASTM D 3237 (EN 237)
6.	Αριθμός οκτανίων RON	min	95	98	ASTM D 2699/86 (ISO 5163/90)
7.	Διάβρωση χαλκού, 3 h, στους 50°C	ASTM No, max	1		ASTM D 130 (ISO 2160)
8.	Κομμυώδη κατάλοιπα	Mg/100	5		ASTM D

		Ml, max		D 381, (EN5)	
9.	Οξειδωτική σταθερότητα	ώρες, min	6	ASTM D 525 ISO 7536	
10.	Περιεκτικότητα βενζολίου	% v/v, max	4	ASTM D 2267 (EN 238)	
11.	Χρώμα		Ληρωμη		
12.	Ιχθυετής Κινζαρίνη	Mg/l	6	0	G.G.G. 403/B/92
13.	Οξυγονούχες οργανικές ενώσεις		2,5		ASTM 4815
	I. Συνολικό οξυγόνο	% m/m, max	3		<dt style="margin-left: 0cm; margin right
	II. Συστατικά	% m/m, max	5		

Σχ. 4: Προδιαγραφές αμόλυβδης βενζίνης

Πηγή: Ελληνικά Διυλιστήρια

Για την αύξηση του αριθμού οκτανίων της αμόλυβδης βενζίνης χρησιμοποιούμε την οργανική ένωση MTBE, ενώ παράλληλα αυξάνουμε την περιεκτικότητά της σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Μία από τις λύσεις που έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται για το πρόβλημα αυτό είναι η προσθήκη αλκοολών (ποσοστό οινοπνεύματος έως 3% αυξάνει την αντοχή σε κτύπο) κάτι που περιορίζει την αύξηση των αρωματικών υδρογονανθράκων, οι οποίοι είναι βλαβεροί για την ανθρώπινη υγεία, όπως θα δούμε παρακάτω.

1.2.2 ΜΟΛΥΒΔΟΣ ΚΑΙ ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ

Ο μόλυβδος χρησιμοποιείται εδώ και 50 χρόνια σαν το πλέον κατάλληλο πρόσθετο στη βενζίνη των μηχανών εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ).

Τα τελευταία χρόνια όμως υπάρχει η τάση να μειωθεί όσο γίνεται περισσότερο η περιεκτικότητα του μολύβδου στις ευρωπαϊκές βενζίνες. Αυτό έγινε μετά από πιέσεις διαφόρων ενώσεων οικολογικών οργανώσεων, που ισχυρίζονται ότι ο μόλυβδος πρέπει να μειωθεί όσο γίνεται περισσότερο για λόγους προστασίας της υγείας των κατοίκων των πόλεων.

Το χαμηλότερο όριο σε ενώσεις μολύβδου που χρησιμοποιείται σήμερα σε μολυβδομένες βενζίνες, είναι 0,15 γραμμ. ανά λίτρο βενζίνης (g/l).

Σύμφωνα και με τη σχετική οδηγία της Ε.Ο.Κ "βενζίνη με μόλυβδο" θεωρείται η βενζίνη που η μέγιστη περιεκτικότητά της σε μόλυβδο δεν είναι ανώτερη των 0,4 g/l ούτε κατώτερη των 0,15 g/l. Η προσθήκη αυτή εξυπηρετεί την αύξηση της αντοχής στο κτύπημα και συγχρόνως λιπαίνει κάποια μέρη της κυλινδροκεφαλής και του θαλάμου καύσης, κυρίως όμως τις βαλβίδες και τις έδρες. Σαν αντικροτικά μέσα χρησιμοποιούνται ο τετραμεθυλιούχος μόλυβδος ($Pb(CH_3)_4$) και ο τετρααιθυλιούχος μόλυβδος ($Pb(C_2H_5)_4$). Και οι δυο ενώσεις μολύβδου είναι πολύ δηλητηριώδεις. Η επενέργειά τους βασίζεται στο ότι, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας διασπώνται πριν τη καύση και η εμφανιζόμενη σκόνη μολύβδου παρεμποδίζει μια πρόωρη αυτανάφλεξη. Για την παρεμπόδιση του σχηματισμού των οξειδίων του μολύβδου κατά την καύση που θα προκαλούσε αύξηση της φθοράς του κυλίνδρου, προστίθεται στις βενζίνες ενώσεις χλωρίου ή βρωμίου. Ο μόλυβδος καίγεται, παράγοντας βρωμιούχο- ή χλωριούχο- μόλυβδο. Αυτές οι πολύ δηλητηριώδεις ενώσεις του μολύβδου στους 800°C περίπου είναι σε αέρια κατάσταση και εκπέμπονται με τα καυσαέρια από τον κινητήρα. Έτσι συμπεριλαμβάνονται στις επιβλαβείς ουσίες των καυσαερίων και συνεισφέρουν στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Οι κρατικές νομοθεσίες μείωσαν τα όρια των πρόσθετων του μολύβδου στην βενζίνη και

μελλοντικά η βενζίνη με πρόσθετα μολύβδου θα αντικατασταθεί πλήρως από την αμόλυβδη.

"Αμόλυβδη βενζίνη" θεωρείται η βενζίνη της οποίας η περιεκτικότητα σε μόλυβδο δεν υπερβαίνει τα 0,013 g/l. Το κάτω όριο των 0,15 g/l με τις βενζίνες με μόλυβδο έχει καθοριστεί, ώστε οι χρησιμοποιούμενοι σήμερα κινητήρες των οχημάτων να λειτουργούν αποδοτικά χωρίς προβλήματα. Η ποιότητα αυτής της βενζίνης με 0,15 g/l χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες και στην Ελλάδα.

1.2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΜΟΛΥΒΔΗΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης είναι:

- Σημαντικός περιορισμός της βλαβερής επίδρασης των ενώσεων του μολύβδου, λόγω της τοξικότητάς του στον ανθρώπινο οργανισμό και ειδικότερα στα παιδιά.
- Μείωση του κόστους συντήρησης του κινητήρα εφόσον ο μόλυβδος που περιέχει η αμόλυβδη βενζίνη, λιπαίνει τα διάφορα μέρη του κινητήρα (π.χ. έδρες βαλβίδων) με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διάρκεια ζωής του.

Πέρα όμως από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χρήση της αμόλυβδης βενζίνης υπάρχουν και τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Αυξημένο κόστος παραγωγής αμόλυβδης βενζίνης σε σχέση με τη μολυβδομένη. Υπολογίζεται ότι το κόστος της αμόλυβδης βενζίνης αυξάνει περίπου κατά 20 δολάρια τον τόνο, σε σχέση με τη μολυβδομένη βενζίνη.

UNLEADED RECIPE							
% VOL.	FCC	REFORMATE	BOYTANIO	MTBE	ISOMERATE		
	34	33	5	3	25	100	
MARGINAL VALUE, \$/T	249,4	303,6	191,0	476,6	334,5	292,4	TOTAL COST

LEADED RECIPE							
% VOL.	FCC	REFORMATE	BOYTANIO	MTBE	ISOMERATE		
	86	0	4	0	10	100	
MARGINAL VALUE, \$/T	249,4	303,6	191,0	476,6	334,5	255,6	TOTAL COST

NOTES: MARGINAL VALUES ARE OF JUNE 2001

Σχ. 5: Κόστος αμόλυβδης και μολυβδομένης βενζίνης

Πηγή: Ελληνικά Διυλιστήρια

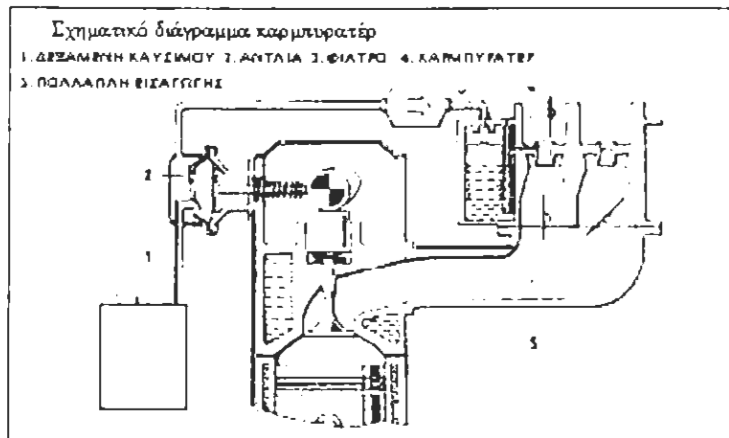
- Αυξημένο κόστος αυτοκινήτου που χρησιμοποιεί αμόλυβδη βενζίνη κατά 2% έως 10% , ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα και του καταλύτη, που χρησιμοποιείται.
- Λήψη ειδικών μέτρων για την αποφυγή χρήσης μολυβδομένης βενζίνης για αυτοκίνητα που έχουν καταλύτες, όπως ειδικό στόμιο πλήρωσης ρεζερβουάρ, ειδικό χρώμα αμόλυβδης, καθώς και να υπάρχει μικρή διαφορά στις τιμές μολυβδομένης και αμόλυβδης, για να αποφευχθεί και η σκόπιμη χρήση μολυβδομένης βενζίνης σε αυτοκίνητα με καταλύτες.

1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

1.3.1 ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ

Το βασικό σύστημα τροφοδοσίας κάθε βενζινοκινητήρα που για χρόνια επικράτησε, ήταν αυτό με το καρμπυρατέρ. Το καρμπυρατέρ ή εξαερωτής ήταν το εξάρτημα αυτό που εξαέρωνε τη βενζίνη (από υγρή κατάσταση στην αέρια) και προετοίμαζε την αναλογία του μίγματος αέρα – βενζίνης. Το καρμπυρατέρ σ' όλες τις παραλλαγές που εμφανίστηκε κατά καιρούς, μέχρι και σήμερα αποτελεί συμβατικό σύστημα τροφοδοσίας και κατ' επέκταση τα αυτοκίνητα που έχουν καρμπυρατέρ, ονομάζονται συμβατικά αυτοκίνητα.

Το σύστημα τροφοδοσίας αποτελείται από τη δεξαμενή καυσίμου (ρεζερβουάρ), την αντλία βενζίνης, η οποία είναι συνήθως μηχανική και η οποία παίρνει κίνηση από τον κινητήρα, το φίλτρο καυσίμου, το καρμπυρατέρ και την πολλαπλή εισαγωγής. Η αντλία βενζίνης η οποία συνδέεται μέσω σωληνώσεων με την δεξαμενή και το καρμπυρατέρ, μεταφέρει καύσιμο στο σύστημα του πλωτήρα του καρμπυρατέρ. Η ανάμιξη της βενζίνης με τον αέρα και η εξαέρωσή της είναι κάτι που επιτυγχάνει το καρμπυρατέρ (εξαερωτής).



Σχ. 6: Μέρη του καρμπυρατέρ

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

Από ένα καρμπυρατέρ έχουμε τις παρακάτω απαιτήσεις, γρήγορο και ασφαλές ξεκίνημα, χαμηλή εν κενώ λειτουργία (ρελαντί), οικονομικότερη κατανάλωση μερικής ισχύος, ταχύτερη ανταπόκριση κάτω από συνθήκες επιτάχυνσης και πιο πλούσιο μίγμα για υψηλότερη απόδοση στην λειτουργία μέγιστης ισχύος. Με το καρμπυρατέρ πρέπει να επιτυγχάνεται σωστή και σταθερή αναλογία μίγματος αέρα – καυσίμου, σε όλες τις οδικές καταστάσεις που βρίσκεται το αυτοκίνητο έτσι ώστε να μην υπερβαίνουν οι επιβλαβείς ουσίες (ρύποι) στα καυσαέρια τις επιτρεπόμενες τιμές.

1.3.2 ΝΕΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Έρευνες έδειξαν ότι για να κατασκευαστούν αξιόπιστα και καθαρά αυτοκίνητα απαιτούνται κινητήρες εφοδιασμένοι με συστήματα αυτόματης επιλογής λόγου αέρα, καθώς ούτε ο εισαγόμενος στους κυλίνδρους αέρας δεν είναι σταθερής σύστασης ούτε η σύσταση των καυσαερίων είναι σταθερή. Δυο λύσεις στο παραπάνω πρόβλημα είναι τα ηλεκτρονικώς ελεγχόμενα καρμπυρατέρ και τα ηλεκτρονικά

συστήματα τροφοδοσίας με ψεκασμό. Τα αυτοκίνητα με τα νέα συστήματα τροφοδοσίας, ονομάζονται αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας. Απ' αυτά όσα έχουν στον εξοπλισμό τους και μηχανισμούς αντιρρύπανσης π.χ. καταλύτη ονομάζονται αντιρρυπαντικά αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας. Τα νέα αυτά συστήματα τροφοδοσίας είναι τα παρακάτω:

α) Σύστημα ηλεκτρονικά ελεγχόμενου καρμπυρατέρ ή καρμπυρατέρ με ανατροφοδότηση.

Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος αυτού, στηρίζονται στο κυρίως μέρος του καρμπυρατέρ. Το καρμπυρατέρ προετοιμάζει το ίδιο σταθερά μίγμα, για διαφορετικά σημεία στροφών του κινητήρα και ισχύος, διαμέσου των διαφόρων συστημάτων (ρελαντί ισχύος κλπ). Οι ρυθμίσεις των συστημάτων αυτών είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να βρίσκονται πλησίον της περιοχής φτωχού ή πλούσιου μίγματος με τον έλεγχο του τσοκ.

β) Ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού.

Τα συστήματα αυτά τα διακρίνουμε ανάλογα με την κατασκευή και τον τρόπο λειτουργίας τους σε:

- Μηχανικό – Υδραυλικό σύστημα ψεκασμού (K-Jetronic).
- Μηχανικό – Υδραυλικό σύστημα ψεκασμού με ηλεκτρονικό έλεγχο (KE-Jetronic).
- Ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού (L-Jetronic, LE, LU, LH-Jetronic).
- Συνδυασμένα συστήματα ανάφλεξης και ψεκασμού (Motronic, Multec).

Μια άλλη κατάταξη ανάλογα με τα σημεία ψεκασμού είναι:

- Κεντρικός ψεκασμός (Mono-Jetronic).
- Πολλαπλός ψεκασμός (Motronic).

Στον κεντρικό ψεκασμό έχουμε ένα μπεκ ψεκασμού πάνω στο σώμα της μονάδας του injection, ενώ στον πολλαπλό ψεκασμό σε κάθε κύλινδρο αντιστοιχεί ένα μπεκ, το οποίο ψεκάζει μπροστά από την ανοικτή βαλβίδα εισαγωγής κάθε φορά.

Μια τρίτη κατάταξη που μπορούμε να κάνουμε, είναι ανάλογη του τρόπου με τον οποίο ψεκάζουν τα συστήματα:

- Σύστημα συνεχούς ψεκασμού
- Σύστημα διακοπτόμενου ψεκασμού.

Ένα κλασικό παράδειγμα συνεχούς ψεκασμού είναι το K-Jetronic που κατά τα άλλα είναι ένα μηχανικό – υδραυλικό σύστημα πολλαπλού ψεκασμού με διανομέα και το οποίο ψεκάζει συνεχώς καύσιμο. Παραλλαγή του βασικού συστήματος είναι το KE-Jetronic, στο οποίο έχει προστεθεί μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και έχουν γίνει κάποιες βελτιώσεις. Δεν παύει όμως και αυτό να είναι ένα σύστημα συνεχούς ψεκασμού.

Το αντιπροσωπευτικότερο σύστημα διακοπτόμενου ψεκασμού είναι το L-Jetronic. Στο διακοπτόμενο ψεκασμό έχουν αντικατασταθεί τα παλιότερα μπεκ τα οποία ανοίγουν με την πίεση καυσίμου (περίπου 3,5 bar) από άλλα ηλεκτρομαγνητικά μπεκ με μετρητικό σύστημα, το οποίο ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

Ένα απλό σύστημα ψεκασμού αποτελείται από τα εξής μέρη:

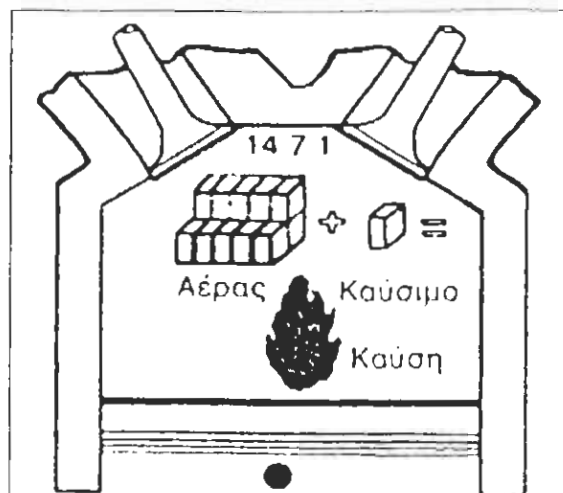
1. Έναν αισθητήρα λόγου αέρα (Lambda sensor)
2. Έναν αισθητήρα θέσης του εμβόλου ανά κύλινδρο του κινητήρα
3. Μια ή πολλές βαλβίδες έγχυσης ανά κύλινδρο
4. Μια αντλία καυσίμου εφοδιασμένη με ρυθμιστή πίεσης
5. Έναν αισθητήρα ροής του αέρα
6. Έναν αισθητήρα των στροφών της μηχανής
7. Έναν αισθητήρα της θερμοκρασίας της μηχανής
8. Έναν αισθητήρα της θερμοκρασίας του εισαγόμενου αέρα
9. Ένα μικροϋπολογιστή

Η λειτουργία του συστήματος είναι αρκετά απλή αν αξιοποιηθούν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει οι αισθητήρες και γίνουν οι κατάλληλοι υπολογισμοί από τον μικροϋπολογιστή. Ο μικροϋπολογιστής πρέπει να υπολογίσει την ποσότητα του καυσίμου που θα αναμιχθεί με την κατάλληλη ποσότητα αέρα και να την εγχύσει την κατάλληλη στιγμή στους κυλίνδρους. Η πληροφορία της θέσης του εμβόλου κάθε κυλίνδρου είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της κατάλληλης χρονικής στιγμής κατά την οποία θα εγχυθεί το μίγμα από κάθε βαλβίδα έγχυσης. Η πληροφορία της μέτρησης της ροής του αέρα είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της κατάλληλης χρονικής περιόδου κατά την οποία θα ανοίξει η βαλβίδα έγχυσης ώστε να εγχυθεί η κατάλληλη ποσότητα καυσίμου, η οποία με την ήδη εισαχθείσα ποσότητα αέρα επιτυγχάνει τον επιθυμητό λόγο αέρα. Η μέτρηση αυτή στα περισσότερα συστήματα είναι μέτρηση όγκου παρά μάζας καυσίμου και η μάζα του αέρα προκύπτει σαν ενδιάμεσο αποτέλεσμα από το μικροεπεξεργαστή αφού αξιοποιηθούν οι πληροφορίες των θερμοκρασιών του περιβάλλοντος και της μηχανής. Ο αισθητήρας του λόγου αέρα τοποθετείται στην εξαγωγή των καυσαερίων και ανιχνεύει τις ποσότητες οξυγόνου που περιέχονται στα καυσαέρια και πληροφορεί τον μικροϋπολογιστή ο οποίος δίνει εντολή για αυξομείωση της ποσότητας του εγχυόμενου καυσίμου. Η πληροφορία της θέσης του πεντάλ του γκαζιού αξιοποιείται με τον κατάλληλο πολλαπλασιασμό της ποσότητας του καυσίμου που υπολογίζεται απ' όλα τα προηγούμενα συστήματα κάθε κυλίνδρου έτσι ώστε να εκτελεστεί η επιλογή του οδηγού, να αυξηθούν οι στροφές του κινητήρα και να επιταχύνει τελικά το αυτοκίνητο.

1.4 ΛΟΓΟΣ ΛΑΜΔΑ

Ο λόγος λάμδα που συμβολίζεται διεθνώς με το ελληνικό γράμμα " λ " και προέρχεται από την ελληνική λέξη " λόγος " , είναι το αποτέλεσμα του κλάσματος: **προσδιδόμενος αέρας προς θεωρητικά απαιτούμενος**. Όταν αυτός είναι ίσος ή περίπου ίσος με τη μονάδα, η αναλογία μίγματος αέρα – καυσίμου είναι η στοιχειομετρική.

$$\text{Λόγος λάμδα "λ"} \approx \frac{\text{προσδιδόμενος αέρας}}{\text{θεωρητικά απαιτούμενος}} \approx 1$$



Σχ. 7: Θεωρητική σχέση αέρα – καυσίμου 14,7:1

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

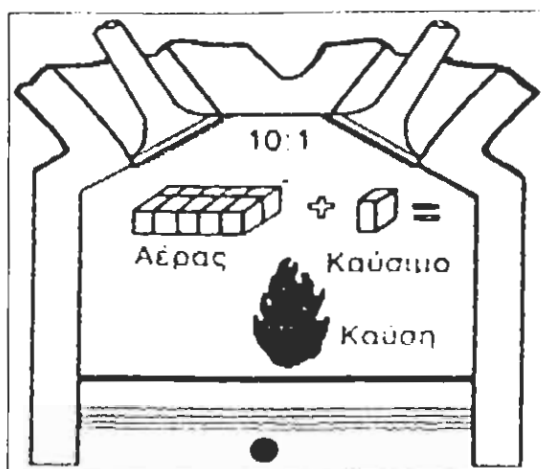
1.4.1 ΚΑΥΣΗ

Για να πραγματοποιηθεί η καύση της βενζίνης, πρέπει αυτή να αεροποιηθεί και να αναμιχθεί ομοιομερώς με τον αέρα, ώστε να σχηματιστεί το μίγμα βενζίνης – αέρα. Το μίγμα αυτό στη συνηθισμένη του (κατά βάρος) σύνθεση, για να έχουμε τέλεια καύση του μίγματος, αποτελείται από ένα μέρος βενζίνης και 14,7 μέρη αέρα. Η αναλογία αυτή του μίγματος μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Σε ειδικές περιπτώσεις (π.χ. κατά την εκκίνηση ή επιτάχυνση), το μίγμα γίνεται πλουσιότερο σε βενζίνη, με αποτέλεσμα ο κινητήρας να μπορεί να αποδώσει για λίγο την πρόσθετη ισχύ που απαιτείται. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, το μίγμα δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ πλούσιο, ούτε πολύ φτωχό, αλλά αυτό που απαιτείται ώστε να έχουμε τη σωστή αναλογία αέρα καυσίμου για την τέλεια καύση της βενζίνης.

Η παραπάνω αναλογία AFR (Air Fuel Ratio) ονομάζεται στοιχειομετρική αναλογία μίγματος και ισούται με 14,7 : 1 ή 14,7 Kg βενζίνης (σε βάρος) ή 10.000 λίτρα αέρα προς 1 λίτρο βενζίνης (σε όγκο).

Αναλογία	AFR=14,7 : 1	(Kg αέρα : βενζίνη) κατά βάρος
Αέρα-καυσίμου	AFR=10.000 : 1	(Λίτρα αέρα : βενζίνη) κατά όγκο

Πλούσιο μίγμα καυσίμου ($\lambda < 1$) ονομάζεται το μίγμα που περιέχει μεγαλύτερη αναλογία βενζίνης προς αέρα, από αυτή που χρειάζεται για την πλήρη καύση. (π.χ.)

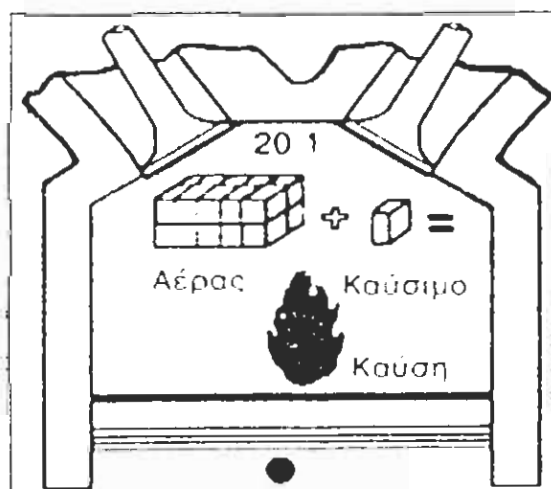


Σχ. 8: Πλούσιο μίγμα (10:1, $\lambda=0,68$)

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

$$\lambda \approx \frac{13,1\text{Kg}}{14,7\text{Kg}} \approx 0,89$$

Φτωχό μίγμα καυσίμου ($\lambda > 1$) ονομάζεται το μίγμα που περιέχει μικρότερη αναλογία βενζίνης προς αέρα, από αυτή που απαιτείται για την πλήρη καύση. (π.χ.)



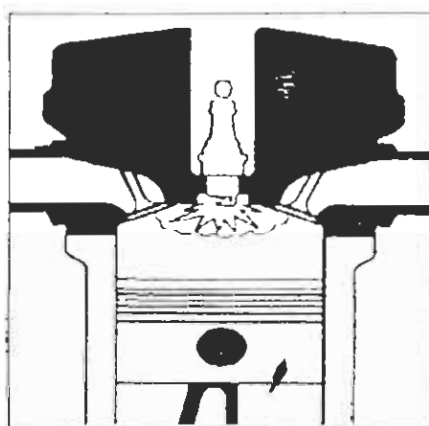
Σχ. 9: Φτωχό μίγμα

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

$$\lambda \approx \frac{16,3\text{Kg}}{14,7\text{Kg}} \approx 1,10$$

1.4.2 ΚΑΥΣΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

Το καύσιμο μίγμα συμπιέζεται στο θάλαμο καύσης με πίεση 8-15 bar. Η τελική θερμοκρασία κατά τη συμπίεση του μίγματος φτάνει τους 400°C – 600°C. Το μέτωπο φλόγας ξεκινά, με σχετικά μικρή ταχύτητα, από το μπουζί με τη δημιουργία του σπινθήρα και φτάνει στη μέγιστη τιμή, όταν σε αυτό αναπτυχθεί τοπικά η μέγιστη πίεση 30 – 40 bar και η μέγιστη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία αυτή που φτάνει μέχρι 2.000°C, ονομάζεται θερμοκρασία καύσης. Στη συνέχεια, το μέτωπο της φλόγας εξασθενεί με τη μείωση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη οξυγόνου, αλλά και στην επαφή με τα σχετικά ψυχρότερα τοιχώματα του κυλίνδρου.



Σχ. 10: Ομαλή καύση μίγματος μέσα στον κύλινδρο

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

Οι παράμετροι που επιδρούν στην ποιότητα της καύσης είναι:

- α) Το καύσιμο (η ποιότητα καυσίμου)
- β) Οι συνθήκες λειτουργίας (στροφές, θερμοκρασία, φορτίο, περίσσεια ή έλλειψη αέρα).
- γ) Ο σχεδιασμός του κινητήρα (βαθμός συμπίεσης, μέγεθος κυλίνδρου, σχήμα και υλικό του θαλάμου καύσης).

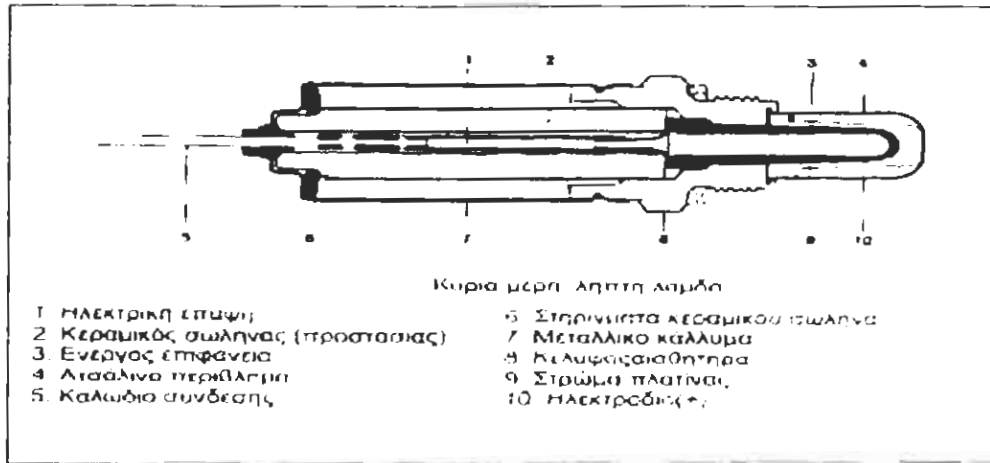
1.5 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ Ή ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΒΔΑ

Ο αισθητήρας οξυγόνου ή λήπτης λάμδα μοιάζει περισσότερο με μπουζί και τοποθετείται στην πολλαπλή εξαγωγής. Ο λήπτης λάμδα " λ " προορίζεται να ανιχνεύει την συγκέντρωση οξυγόνου στα καυσαέρια, με εξαιρετική ακρίβεια. Η εφαρμογή αυτού του αισθητήρα ξεκίνησε το 1970, με κατασκευαστή την BOSCH. Σήμερα βρισκόμαστε στην τρίτη γενιά λήπτη λάμδα, που είναι ο τύπος του θερμαινόμενου λήπτη λάμδα.

Ο λήπτης λάμδα είναι το βασικό εξάρτημα των κλειστών συστημάτων ρύθμισης. Γι' αυτό και έχουν την ονομασία " LAMBDA CLOSED – LOOP CONTROL ". Αυτός παρέχει τις πληροφορίες ανατροφοδότησης σ' ένα ηλεκτρονικό

υπολογιστή του συστήματος έγχυσης (ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο καρμυρατέρ ή ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο σύστημα έγχυσης – INJECTION) και σε συνδυασμό με τον καταλύτη πετυχαίνει μείωση των εκπομπών καυσαερίων.

Ο λήπτης λάμδα τοποθετείται και πάνω στον καταλύτη πριν την είσοδο των καυσαερίων στον κεραμικό μονόλιθο (όπως θα δούμε στην παράγραφο 2.9.2).



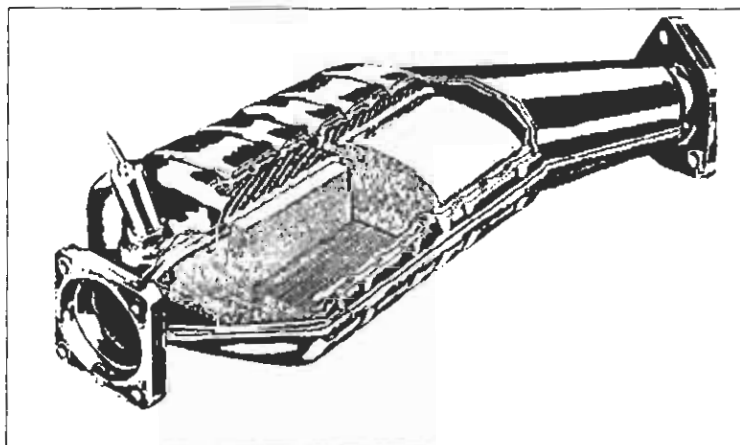
Σχ. 11: Μέρη του λήπτη λάμδα

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

1.5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ

Ο λήπτης λάμδα έχει ένα στερεάς κατάστασης ηλεκτρολύτη, ο οποίος αποτελείται από ένα αεροστεγές κεραμικό σώμα, κλειστό στο ένα άκρο του. Είναι κατασκευασμένο από διοξείδιο του Ζιρκονίου (ZrO_2) και σταθεροποιημένο οξείδιο του Υτρίου (Y_2O_3). Οι επιφάνειες έχουν ηλεκτρόδια και στις δυο πλευρές, φτιαγμένα από ένα λεπτό πορώδες στρώμα πλατίνας.

Το ηλεκτρόδιο της πλατίνας εξωτερικά ενεργεί σαν ένας μικρός καταλύτης δηλαδή, το καυσαέριο εκεί υφίσταται καταλυτική επεξεργασία. Στην εκτεθειμένη στα καυσαέρια πλευρά, υπάρχει ένα πορώδες κεραμικό στρώμα, το οποίο εξυπηρετεί σαν προστασία κατά της κάθε "μόλυνσης". Ένας μεταλλικός σωλήνας με έναν αριθμό αυλακώσεων προστατεύει το κεραμικό σώμα του λήπτη λάμδα από τις μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις (σωματίδια στα καυσαέρια κλπ).

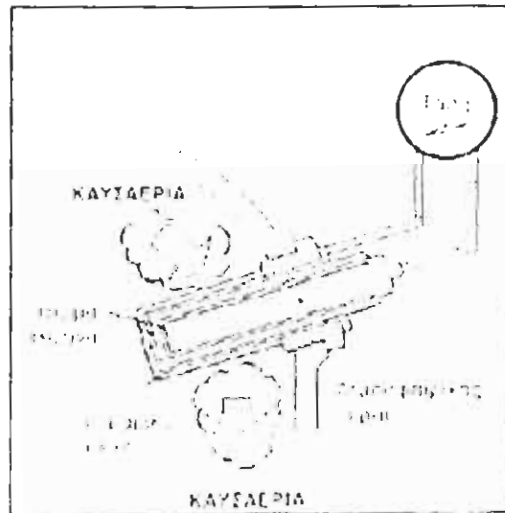


Σχ. 12: Λήπτης λάμδα

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

1.5.2 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Το κεραμικό υλικό που χρησιμοποιείται για τον αισθητήρα ή λήπτη λάμδα αρχίζει να γίνεται αγωγίμο για τα ιόντα οξυγόνου περίπου στους 300°C. Όταν η διαφορά περιεκτικότητας του οξυγόνου στις δυο πλευρές είναι μεγάλη δημιουργείται στις δυο επιφάνειες μία ηλεκτρική τάση. Αυτό εξυπηρετεί σαν μέτρηση της διαφοράς στη συγκέντρωση του οξυγόνου στις δυο πλευρές του λήπτη. Το περιεχόμενο οξυγόνο που παρέμεινε στα καυσαέρια της εξαγωγής, εξαρτάται κυρίως από την αναλογία μίγματος αέρα – καυσίμου.



Σχ. 13: Η διαδρομή της συγκέντρωσης οξυγόνου στα καυσαέρια και στην ατμόσφαιρα παράγει τάση στο λήπτη λάμδα

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια – καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

Ακόμα και στην περίπτωση περίσσειας καυσίμου στο μίγμα, υπάρχει κάποια ποσότητα οξυγόνου (που δεν χρησιμοποιήθηκε) στα καυσαέρια. Για παράδειγμα όταν το $\lambda=0,95$, υπάρχει ακόμα μία ποσότητα 0,2 - 0,3% κατ' όγκο οξυγόνο. Η σχέση αυτή δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η συγκέντρωση του οξυγόνου στα καυσαέρια σαν μία μέτρηση της αναλογίας μίγματος αέρα – καυσίμου (όπως θα δούμε παρακάτω). Στην περίπτωση αυτή ο λήπτης θα δώσει ένα σήμα (τάση).

Ο λήπτης "λ" μετράει το περιεχόμενο στα καυσαέρια οξυγόνο με μεγάλη ακρίβεια, πάνω και κάτω από το "στοιχειομετρικό σημείο" (είναι το σημείο στο οποίο έχουμε τέλεια καύση της βενζίνης). Ο λήπτης παράγει ένα σήμα στην έξοδό του, το οποίο μεταφέρεται στον εγκέφαλο του συστήματος τροφοδοσίας. Ο εγκέφαλος στη συνέχεια στέλνει ένα μήνυμα στα μπεκ ψεκασμού διορθώνοντας την ψεκαζόμενη ποσότητα. Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται όταν η περιεκτικότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια αυξομειώνεται σε ένα επιθυμητό επίπεδο.

1.5.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΛΗΠΤΗ ΛΑΜΔΑ

Εκτός της συγκέντρωσης οξυγόνου στα καυσαέρια, η θερμοκρασία του κεραμικού σώματος παίζει αποφασιστικό ρόλο, αφού αυτή επηρεάζει την αγωγιμότητα των ιόντων οξυγόνου. Έτσι ο χρόνος απόκρισης για θερμοκρασίες του

κεραμικού κάτω των 300°C μπορεί να έχει στέρηση ως προς την απόκριση ακόμα και δευτερόλεπτα, ενώ σε φυσιολογικές θερμοκρασίες λειτουργίας 600°C περίπου, ο λήπτης αντιδρά σε χρόνο μικρότερο των 50 ms.

Γι' αυτούς τους λόγους τα κλειστά συστήματα ρύθμισης με λάμδα δε λειτουργούν κάτω από μία ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας, 300°C περίπου.

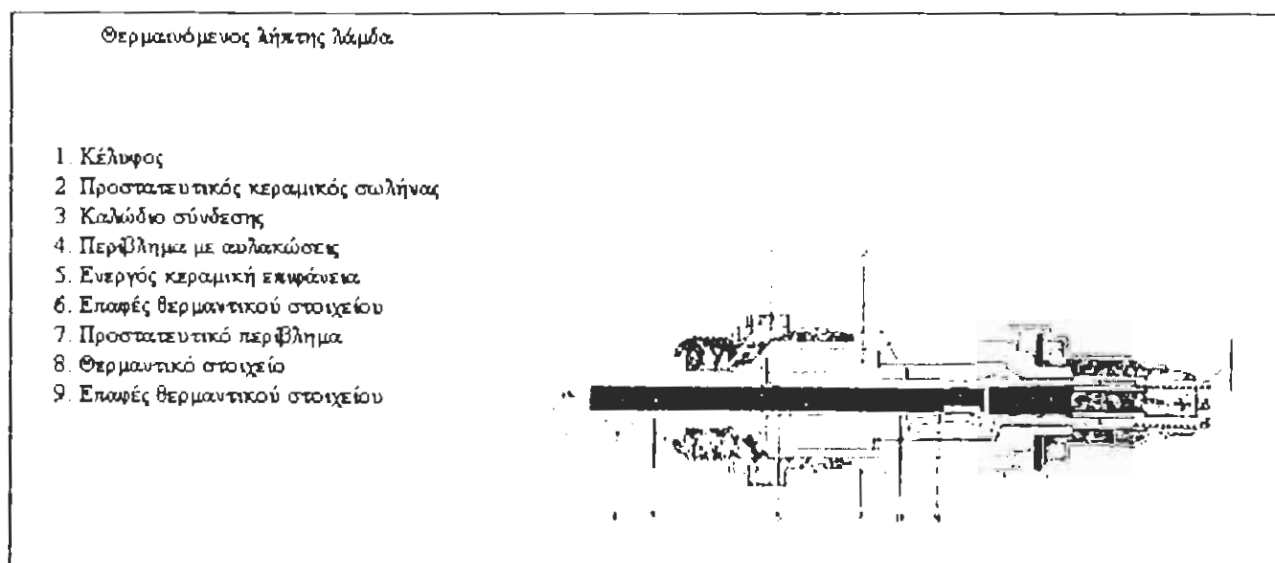
Μέχρι το σημείο αυτό ο κινητήρας συμπεριφέρεται σαν ανοικτό σύστημα ρύθμισης. Βέβαια οι θερμοκρασίες μικραίνουν τη διάρκεια ζωής του λήπτη. Γι' αυτό πρέπει να τοποθετείται σε τέτοιο σημείο, ώστε η θερμοκρασία να μην υπερβαίνει τους 850°C κατά τη λειτουργία του κινητήρα σε παρατεταμένο πλήρες φορτίο. Μέχρι τους 930°C περίπου, είναι θερμοκρασία που μπορεί να λειτουργήσει ο λήπτης λάμδα αλλά για πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

1.5.4 ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΛΗΠΤΗΣ ΛΑΜΔΑ

Στον τύπο του θερμαινόμενου λήπτη λάμδα, η θερμοκρασία του κεραμικού υλικού καθορίζεται από ένα ηλεκτρικό στοιχείο (αντίσταση), που εξυπηρετεί τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα με μικρό φορτίο (αποτέλεσμα: χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων).

Ο θερμαινόμενος λήπτης λάμδα μπορεί να τοποθετηθεί σε απόσταση μεγαλύτερη από τον κινητήρα, ο οποίος μπορεί πλέον να δουλέψει και σε πλήρες φορτίο για μεγάλο χρονικό διάστημα απροβλημάτιστα. Αυτή η εσωτερική θερμότητα σημαίνει ότι ο λήπτης θερμαίνεται πολύ γρήγορα, έτσι ώστε μέσα σε 20-30 δευτερόλεπτα μετά το ξεκίνημα του κινητήρα να έχει επιτευχθεί η θερμοκρασία λειτουργίας του και να ενεργοποιείται το κλειστό σύστημα ρύθμισης.

Οι θερμαινόμενοι λήπτες λάμδα, όταν τοποθετηθούν σωστά ξεπερνούν τα 100.000 Km διάρκεια ζωής. Από την έξοδό τους ξεκινούν 3 καλώδια αντί 1, αφού τα δύο χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία με τάση 12 volts της αντίστασης.



Σχ. 14: Θερμαινόμενος λήπτης λάμδα

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

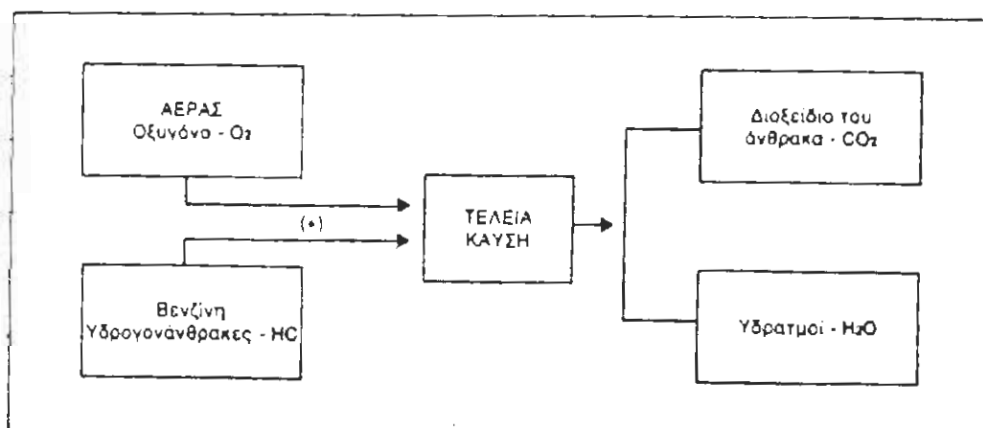
1.6 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΥΣΗΣ (ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ – ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΑΝΤΕΣ)

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 απευθείας 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 υδατμοί (H₂O). Στις πρωτογενείς εκπομπές τρεις είναι βασικά οι ρυπαντές και φυσικά αυτοί που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αυτοί είναι οι εξής:

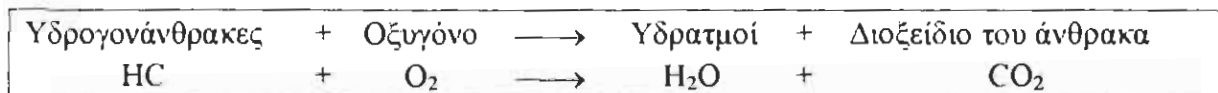
- 1) Μονοξείδιο του άνθρακα (CO),
- 2) Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) και
- 3) Οξείδια του αζώτου (NO_x).

Τα CO₂ και H₂O δεν θεωρούνται ρυπαντές, αφού το καθένα ξεχωριστά είναι προϊόν τέλει καύσης, όπως προκύπτει από την παρακάτω απλή χημική αντίδραση.



Σχ. 15: Θεωρητική τέλεια καύση βενζίνης και αέρα

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων



Σχ. 16: Δημιουργία του διοξειδίου του άνθρακα από HC

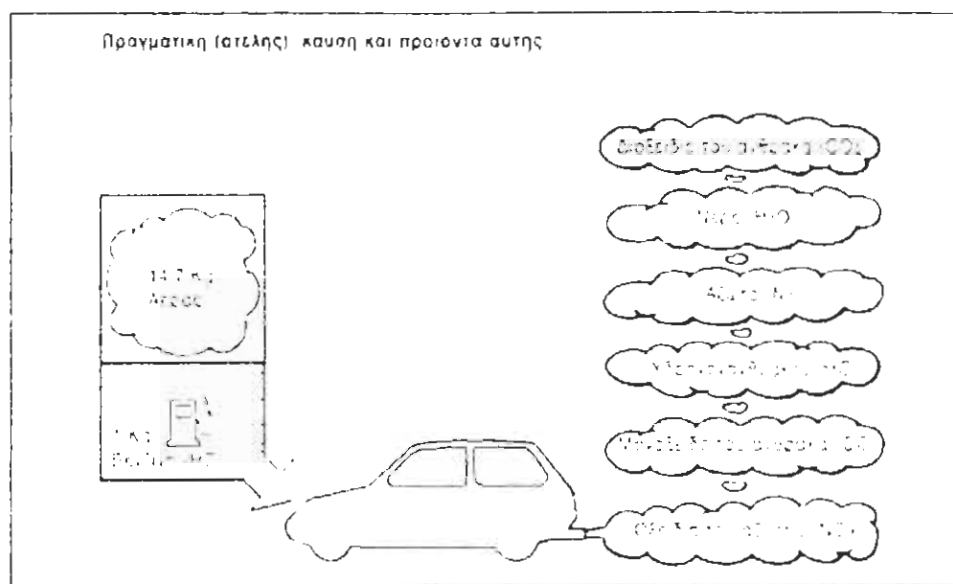
Η παραπάνω αυτή χημική αντίδραση, πρέπει να πραγματοποιείται στο χώρο καύσης κάθε βενζινοκινητήρα, πλην όμως στην πραγματικότητα η καύση δεν είναι σχεδόν ποτέ τέλεια.

Αυτό συμβαίνει γιατί οι συνθήκες δεν είναι ιδανικές, ο δε εισερχόμενος ατμοσφαιρικός αέρας δεν περιέχει 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.

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

Υδρογονάνθρακες	+	Ατμοσφ. αέρας	Θερμοτ. \longrightarrow	Διοξείδιο του άνθρακα	+	Υδατμοί	+	Μονοξείδιο του άνθρακα	+	Άκαυστοι Υδρογονάνθρακες	+	Οξειδία του Αζώτου
HC	+	(O ₂ +N ₂)	\longrightarrow	CO ₂	+	H ₂ O	+	CO	+	HC	+	NO _x

Σχ. 17: Προϊόντα της αντίδρασης υδρογονανθράκων – ατμοσφαιρικού αέρα



Σχ. 18: Προϊόντα ατελής καύσης της βενζίνης

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

1.6.1 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)

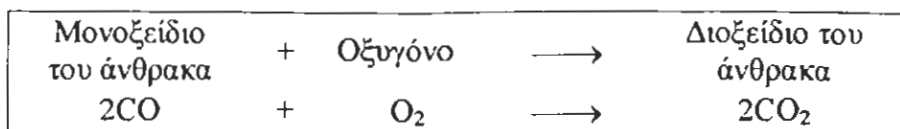
Το CO είναι πρωτογενής ρυπαντής και παράγεται από ατελή καύση καυσίμου, λόγω έλλειψης οξυγόνου στο θάλαμο καύσης. Θεωρητικά, δεν πρέπει να παράγεται CO, αν υπάρχει περισσότερο οξυγόνο απ' αυτό που απαιτείται στη σχέση αέρα – καυσίμου (π.χ. αν το μίγμα είναι πολύ φτωχό). Στην πραγματικότητα όμως παράγεται CO και στην περίπτωση αυτή.

Τρεις είναι οι κυριότεροι λόγοι:

- Λόγω της δεδομένης ανομοιογενούς διανομής αλλά και κατανομής 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 ", τοπικά κάποιο ποσό μίγματος που σημαίνει ότι η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για να πραγματοποιηθεί καύση σε αυτή την τιμή.

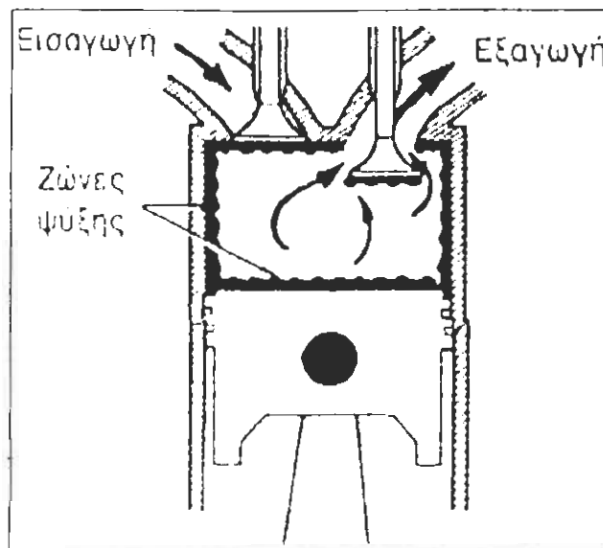
Η θερμοκρασία της φλόγας ξαφνικά πέφτει τόσο χαμηλά σε αυτές τις περιοχές ή ζώνες, ώστε η φλόγα σβήνει (ψύχεται), λόγω διασποράς της θερμότητας, πριν φθάσει τα τοιχώματα. Γι' αυτό οι περιοχές αυτές ονομάζονται " ζώνες ψύξης ". Το καύσιμο φεύγει άκαυστο από αυτές τις ζώνες ψύξης και στη συνέχεια αποβάλλεται από τον κύλινδρο καθώς το έμβολο ανεβαίνει για να εκτελέσει το χρόνο της εξαγωγής.

- Το CO μετατρέπεται σε CO₂ με περαιτέρω οξείδωση, αλλά επειδή αυτή η ποσότητα του οξυγόνου που χρησιμοποιείται είναι συγκριτικά μικρή σε σχέση με το CO δεν μπορεί να μετατρέψει όλο το υπόλοιπο CO σε CO₂.



Σχ. 19: Δημιουργία του διοξειδίου του άνθρακα από CO

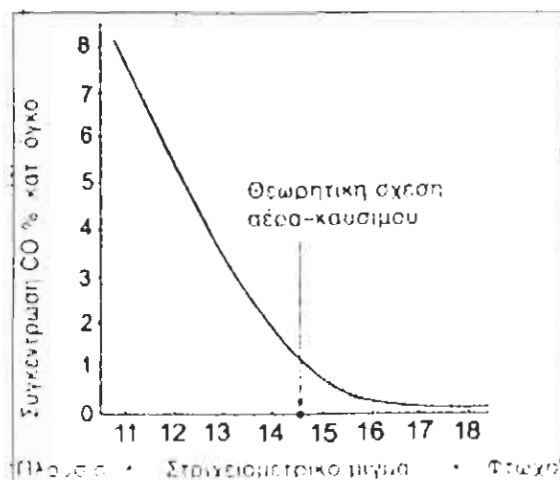
Γι' αυτό το λόγο το CO παράγεται ακόμα και όταν το μίγμα αέρα - καυσίμου είναι πολύ φτωχό.



Σχ. 20: Διαφυγή του άκαυστου καυσίμου από τις ζώνες ψύξης

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

Η συγκέντρωση (ογκομετρική σχέση) του CO στην εξαγωγή προσδιορίζεται γενικά από τη σχέση αέρα - καυσίμου και αυξομειώνεται ανάλογα με τις μεταβολές στη σχέση αέρα - καυσίμου. Στο σχεδιάγραμμα παρακάτω 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). Στην περιοχή πλούσιου μίγματος (έλλειψη αέρα) η εκπομπή CO είναι γραμμική συνάρτηση της σχέσης αέρα - καυσίμου. Στην περιοχή φτωχού μίγματος (περίσσεια αέρα) η εκπομπή CO είναι πολύ χαμηλή.



Σχ. 21: Σχέση μεταξύ λόγου αέρα – καυσίμου και συγκέντρωσης του CO στα καυσαέρια

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "

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), προσεγγίζοντας κατά το δυνατό τη στοιχειομετρική αναλογία.

Το CO είναι ένα εύκαυστο, άχρωμο και χωρίς μυρωδιά τοξικό αέριο. Δεν γίνεται αντιληπτό από τις αισθήσεις και γι' αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο. Έχει μια μεγάλη συγγένεια προς την αιμοσφαιρίνη του αίματος ως οξύ με την οποία αντιδρά 200 φορές πιο εύκολα από ότι με το οξυγόνο. Αντιδρώντας με την αιμοσφαιρίνη σχηματίζει την ανθρακυλαιμοσφαιρίνη (HbCO). Η επλεκτική δέσμευση του μονοξειδίου από την αιμοσφαιρίνη ελαττώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στον εγκέφαλο, στα διάφορα όργανα και τους ιστούς. Τα πρώτα συμπτώματα είναι μέθη, έντονες ζαλάδες στη συνέχεια κώμα και θάνατος. Σε συγκεντρώσεις μέχρι 5% δεν εμφανίζεται κανένα σύμπτωμα. Κάτω από 20% παρουσιάζονται ζαλάδες, πονοκέφαλοι, ίλιγγος, βλέπουμε διπλά τα αντικείμενα γύρω μας, βουίζουν τα αυτιά, κοκκινίζει το πρόσωπο, παρουσιάζεται μυϊκή αδυναμία, δυσκολία στην ομιλία και λήθαργος. Σε συγκεντρώσεις πάνω από 40% HbCO επέρχεται κώμα, σπασμοί και θάνατος από αναπνευστική ανεπάρκεια. Το CO είναι όμως ασταθής ένωση και μόλις βρεθεί στον ελεύθερο αέρα μετατρέπεται αρκετά γρήγορα σε αβλαβές διοξείδιο του άνθρακα και γι' αυτό και έχει μόνο τοπική επίδραση.

1.6.2 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC)

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

- **Κακή ρύθμιση βαλβίδων**

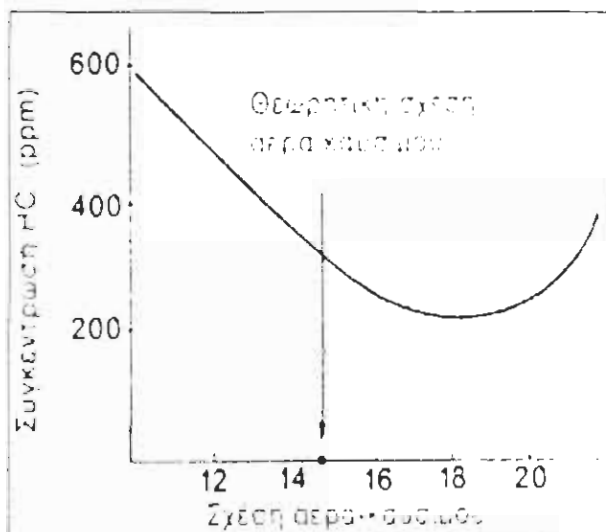
Κατά τη διάρκεια που οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι ανοικτές, κάποια ποσότητα HC βγαίνει έξω από το θάλαμο καύσης διαμέσου της βαλβίδας εξαγωγής, πριν προλάβει να καεί.

- **Κακή ανάφλεξη**

Ακαυστα αέρια μπορεί να παραμείνουν μέσα στο θάλαμο καύσης μετά από κακή ανάφλεξη, όταν το αυτοκίνητο ρολλάρει ή όταν ο κινητήρας φρενάρει. 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 κακή (ατελή) καύση του καυσίμου, που έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή HC από την εξάτμιση.

- **Λανθασμένη αναλογία μίγματος αέρα – καυσίμου**

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



Σχ. 22: Σχέση μεταξύ λόγου αέρα – καυσίμου και συγκέντρωσης του HC στα καυσαέρια σε ppm

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "

Αυτό γίνεται επειδή η περίσσεια καυσίμου προκαλεί μικρή διάδοση της φλόγας, με αποτέλεσμα το καύσιμο να εξέρχεται από το θάλαμο καύσης πριν αυτό καεί πλήρως και φυσικά να πραγματοποιείται κακή ανάφλεξη. Η θερμοκρασία της φλόγας, η οποία πέφτει ξαφνικά στις προαναφερθείσες " ζώνες ψύξης ", εμποδίζει το μίγμα αέρα – καυσίμου ν' αναφλεγεί σε αυτές τις περιοχές.

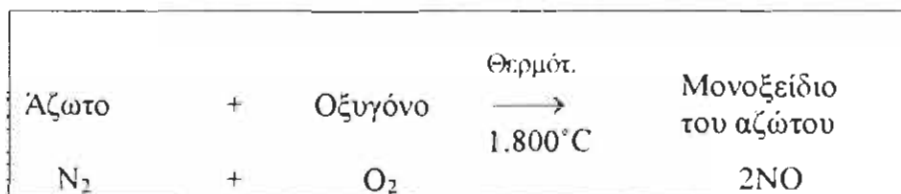
Στα καυσαέρια υπάρχουν υδρογονάνθρακες εντελώς διαφορετικοί με διαφορετικές ιδιότητες.

- Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες (Ασετιλίνη): έχουν αδύνατη γλυκιά μυρωδιά που ερεθίζει το δέρμα. Με την ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί ερεθισμό του δέρματος και σχηματισμό του όζοντος.
- Αρωματικοί υδρογονάνθρακες: έχουν μια χαρακτηριστική μυρωδιά, ενεργούν σαν ναρκωτικά στο νευρικό σύστημα, ερεθίζουν δυνατά τα μάτια και τη μύτη και αποτελούν αιτία εμφάνισης καρκίνου.

Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 500 ppm, στο χώρο, προκαλούν ναυτία, εμετό, και πνευμονικό οίδημα με αίμα στα πτύελα. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ακόμα, μπορεί να προκληθούν σπασμοί, απώλεια των αισθήσεων, ταχεία αναπνοή και καρδιακή αρρυθμία. Εργαστηριακές έρευνες απέδειξαν ότι οι ενώσεις αυτές αντιδρούν παρουσία υπερϊόδους ακτινοβολίας και ερεθίζουν τα ανθρώπινα μάτια, μολύνουν την ατμόσφαιρα και προκαλούν ζημιές στη βλάστηση. Είναι ακόμα υπεύθυνες για την φωτοχημική καπνομίχλη και ορισμένες απ' αυτές (ιδιαίτερα το βενζόλιο) είναι καρκινογόνες.

1.6.3 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)

Το άζωτο (N₂), αν και αδρανές, σε συνήθειες συνθήκες ατμόσφαιρας, κάτω από τις υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της καύσης, διασπάται και 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, N₂O₃, 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 εκτός της υψηλής θερμοκρασίας και μεγάλη συγκέντρωση οξυγόνου. Συνεπώς τα NO_x σχηματίζονται κατά τη διάρκεια πλήρους και όχι ατελούς καύσης.

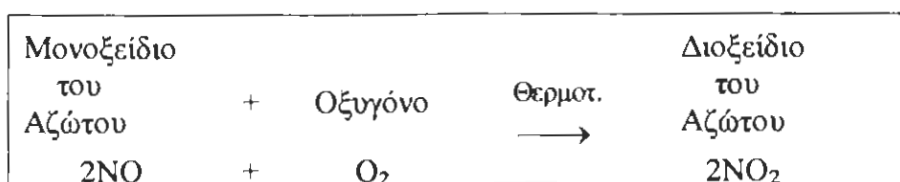


Σχ. 23: Δημιουργία του μονοξειδίου του αζώτου

Η εισπνοή των οξειδίων του αζώτου προκαλεί έντονο ερεθισμό στο αναπνευστικό μας σύστημα. Τα συμπτώματα δεν εμφανίζονται αμέσως με την εισπνοή αλλά μετά από μερικές ώρες. Σε μικρές συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου στο χώρο, τα συμπτώματα είναι βήχας, κόπωση, αναπνευστική δυσχέρεια, σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις δύσπνοια, κυάνωση και τέλος θάνατος μέσα σε μερικές ώρες από οξύ πνευμονικό οίδημα.

Το μονοξείδιο του αζώτου είναι ένα άχρωμο αέριο, γνωστό σαν ένα βαρύ δηλητήριο που όταν ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη του αίματος δημιουργεί γρήγορη κεντρική παράλυση. Το NO οξειδώνεται γρήγορα από το ήδη υπάρχον οξυγόνο και σχηματίζει το διοξείδιο του αζώτου. Το NO₂ είναι ένα καφέ - κόκκινο αέριο με ισχυρή διγερτική μυρωδιά που ερεθίζει τα πνευμόνια ενώ ταυτόχρονα αποτελεί έναν από τους πιο επιβλαβείς ρυπαντές, αφού συμμετέχει σημαντικά στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους.

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.



Σχ. 24: Δημιουργία του διοξειδίου του αζώτου

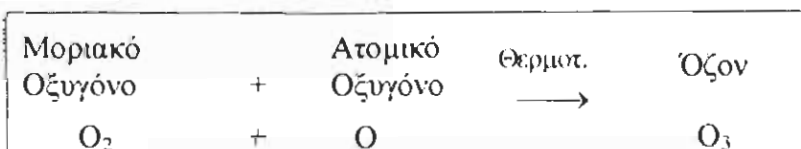
Οι παράγοντες που επιδρούν περισσότερο για τη συγκέντρωση των σχηματιζόμενων NO_x κατά την καύση είναι:

- α) Η μέγιστη θερμοκρασία** που δημιουργείται στο θάλαμο καύσης και
β) Η σχέση αέρα – καυσίμου.

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

1. Να εμποδιστεί η ανύψωση της θερμοκρασίας μέσα στο θάλαμο καύσης πάνω από τους 1800°C .
2. Να μειωθεί ο χρόνος, κατά τον οποίο επιτυγχάνονται υψηλές θερμοκρασίες, με κατάλληλη ρύθμιση του χρονισμού ανάφλεξης.
3. Να μειωθεί η ποσότητα συγκέντρωσης οξυγόνου, με ρύθμιση της σχέσης αέρα – καυσίμου.

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).



Σχ. 25: Δημιουργία του όζοντος

Είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες δημιουργίας του "νέφους" στην ατμόσφαιρα και σαν κύρια πηγή προέλευσής του θεωρείται το αυτοκίνητο.

Το φωτοχημικό νέφος δημιουργείται από τους HC και τα NO_x που εξέρχονται στην ατμόσφαιρα και έρχονται σ' επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία. Τότε πραγματοποιείται μία φωτοχημική αντίδραση, η οποία παράγει διάφορους τύπους χημικών ενώσεων και οξειδώσεων (κυρίως όζον O_3 το οποίο έχει ισχυρή οξειδωτική συμπεριφορά) και καταλήγει στο φαινόμενο, που είναι γνωστό σαν " νέφος ". Το φωτοχημικό νέφος εμποδίζει τη διαύγεια της όρασης και ερεθίζει τα μάτια και την αναπνοή (πνεύμονες, κλπ.).

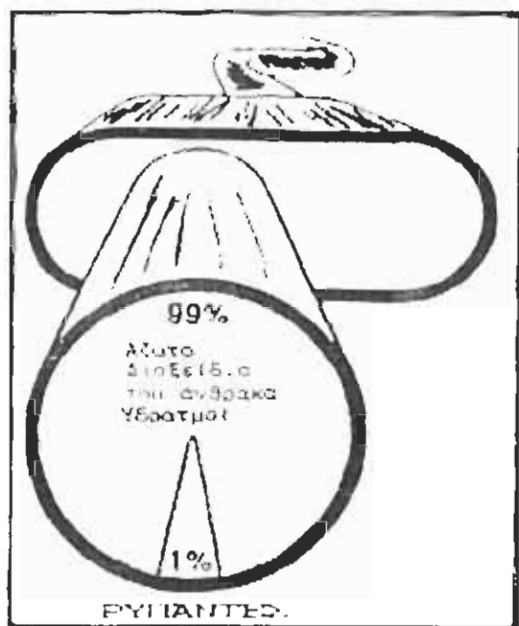
Η ΒΛΑΒΕΡΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ		
ΡΥΠΑΝΤΗΣ	ΚΥΡΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	ΚΥΡΙΕΣ ΒΛΑΒΕΡΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ
CO	1. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ Βενζινοκίνητα 98% Πετρελαιοκίνητα 2%	<ul style="list-style-type: none"> Εμποδίζει την εναλλαγή του οξυγόνου στο αίμα και προκαλεί δηλητηρίαση. Το ατμοσφαιρικό CO σε συγκεντρώσεις 30-40 PPM ναρκώνει το νευρικό σύστημα. Σε συγκεντρώσεις 500 PPM και πάνω, προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή και πονοκεφάλους όταν γίνονται κάποιες κινήσεις του σώματος. Σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει το θάνατο.
HC	1. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ 79%	<ul style="list-style-type: none"> Βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα. Βασικοί υπαίτιοι καρκινογένεσης (αρωματικοί υδρογονάνθρακες)
NO _x	2. ΔΙΪΔΙΣΤΗΡΙΑ ΠΕΤΡΕΛΛΙΟΥ, ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΛΥΤΙΚΩΝ κ.λ.π. 21%	<ul style="list-style-type: none"> Ερεθίζουν τα μάτια, τη μύτη και το φάρυγγα. Αν ο ερεθισμός είναι σοβαρός προκαλούνται πονοκέφαλοι και προβλήματα στους πνεύμονες. Ατμοσφαιρικό NO₂: Παράγει μια ερεθιστική μυρωδιά σε συγκεντρώσεις 3-5 PPM. Ερεθίζει τα μάτια και τη μύτη σε συγκεντρώσεις 10-30 PPM. Προκαλεί βήξιμο, πονοκεφάλους και ζαλάδα σε συγκεντρώσεις 30-50 PPM.
	1. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ 77%	
	2. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΠΙΟΣΤΑΣΙΑ, ΔΙΪΔΙΣΤΗΡΙΑ κ.λ.π. 21%	

Σχ. 26: Η βλαβερή επίδραση των ρυπαντών της ατμόσφαιρας
Πηγή Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ: Πακέτο μέτρων κατά του νέφους 1990

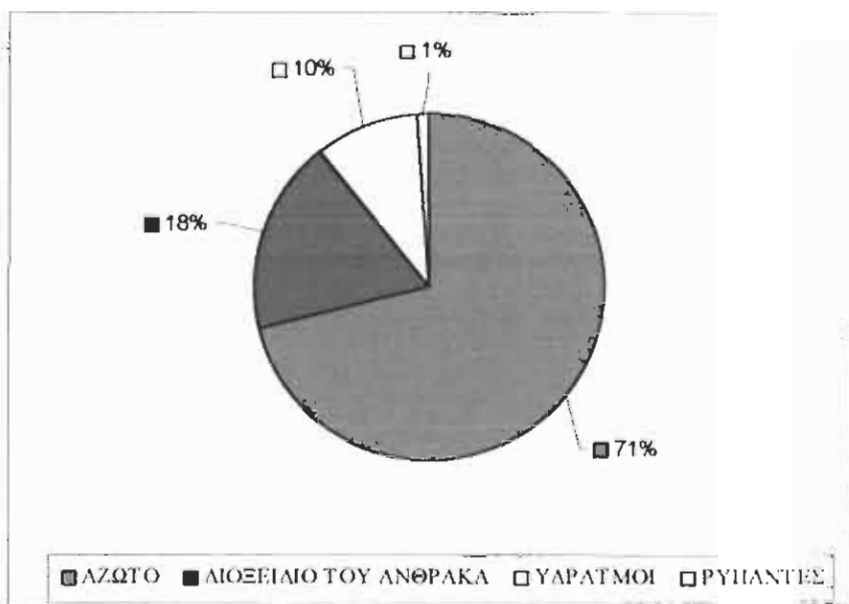
Το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο πολύπλοκο από μια περίεργη αντίφαση. Τα αυτοκίνητα παράγουν και μονοξείδιο του αζώτου, που οξειδώνεται στον αέρα και μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου. Το NO₂ μόνο μπορεί να πάρει μέρος στη δημιουργία του όζοντος αντιδρώντας με τους υδρογονάνθρακες. Αλλά το ίδιο το μονοξείδιο του αζώτου καταστρέφει το όζον. Παρατηρείται λοιπόν το περίεργο φαινόμενο, ότι παρόλο που τα αυτοκίνητα θεωρούνται υπεύθυνα για τη δημιουργία του μεγαλύτερου μέρους δημιουργίας του όζοντος, στο κέντρο των μεγάλων πόλεων τα επίπεδα του όζοντος μπορεί να είναι χαμηλά, και να είναι υψηλότερα στην περιφέρεια. Και αυτό γιατί στο κέντρο της πόλης, λόγω της πυκνής κυκλοφορίας, παράγονται μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του αζώτου, που καταστρέφουν το δημιουργούμενο όζον. Αντίθετα, στην περιφέρεια των πόλεων η κυκλοφορία είναι χαμηλή και έτσι παράγεται πολύ λίγο μονοξείδιο του αζώτου. Επομένως καθώς αέριες μάζες μεταφέρουν προς την περιφέρεια τους διάφορους ρύπους (που βέβαια δεν προέρχονται μόνο από τα αυτοκίνητα), δημιουργείται βαθμιαία όζον από την αντίδραση υδρογονανθράκων και διοξειδίου του αζώτου και επειδή δεν υπάρχει αρκετό μονοξείδιο για να το καταστρέψει, τα επίπεδα του όζοντος αυξάνονται.

1.6.4 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Όταν αναφερόμαστε στη σύνθεση καυσαερίων και στους εκπεμπόμενους (πρωτογενείς) ρυπαντές, όλοι μας νομίζουμε ότι αυτοί κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπομπών από την εξάτμιση. Αυτό όμως είναι λάθος. Οι εκπομπές καυσαερίων από ένα καλορυθμισμένο κινητήρα σε καλή μηχανική κατάσταση, ανέρχονται σε ποσοστό 99% και είναι το Αζωτο (N₂), Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και Υδρατμοί (H₂O). Οι άλλοι τρεις ρυπαντές Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) και Οξείδια του αζώτου (NO_x), όλοι μαζί αποτελούν το επιβλαβές 1% στα καυσαέρια.

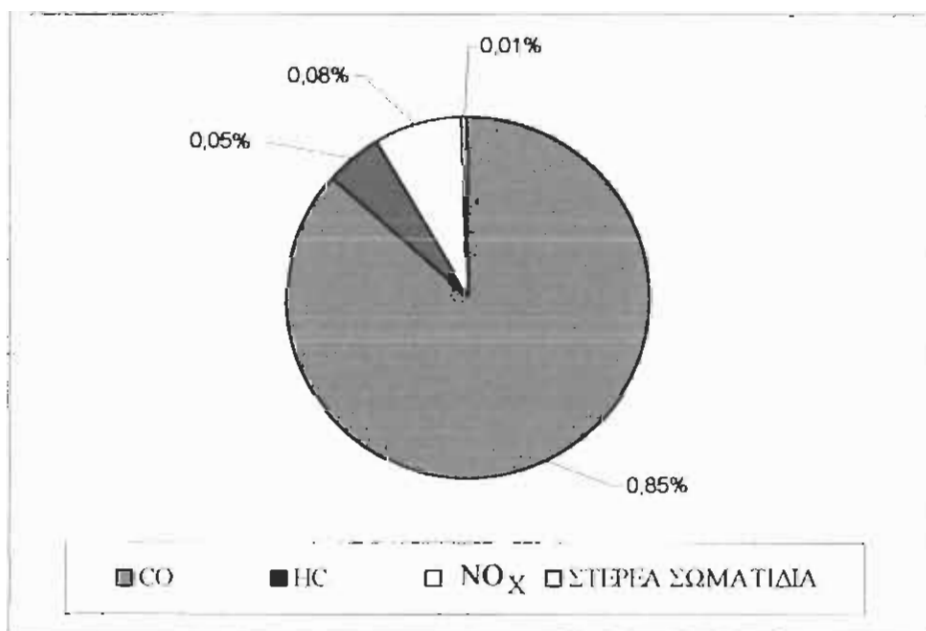


Σχ. 27: Σύνθεση των καυσαερίων Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων



Σχ. 28: Γράφημα της σύνθεσης των καυσαερίων

Η σύνθεση των ρυπαντών φαίνεται στο παρακάτω γράφημα:



Σχ. 29: Γράφημα της σύνθεσης των ρυπαντών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

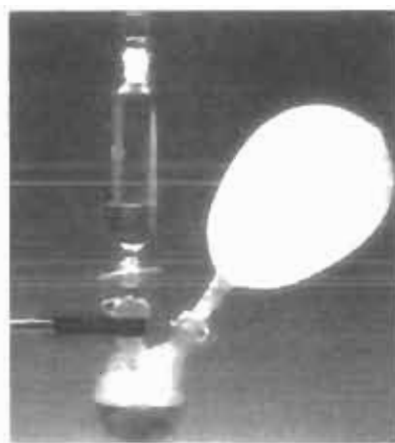
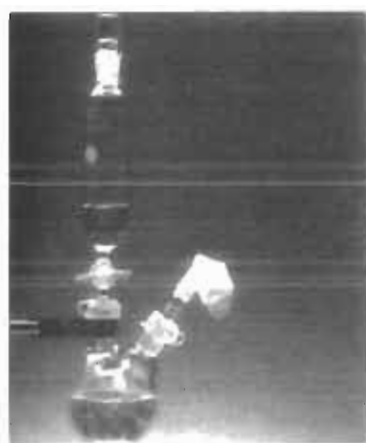
ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ Ή ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

2.1 ΚΑΤΑΛΥΣΗ - ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

Το φαινόμενο της αύξησης της ταχύτητας μιας αντίδρασης, που προκαλεί η παρουσία μικρών ποσοτήτων ορισμένων ουσιών, λέγεται **κατάλυση**, χωρίς οι ουσίες αυτές τελικά να αντιδρούν χημικά με κανένα από τα στοιχεία που συμμετέχουν.

Από πολύ νωρίς η κατάλυση προκάλεσε το ενδιαφέρον των χημικών, επειδή πολύ μικρή ποσότητα ουσιών, που λέγονται **καταλύτες**, επιταχύνει θεαματικά τις αντιδράσεις. Οι καταλύτες, στο τέλος της αντίδρασης, παραμένουν αναλλοίωτοι, ποιοτικά και ποσοτικά. Θα λέγαμε, πιο σωστά, ότι συμμετέχουν σε ενδιάμεσα στάδια της χημικής μεταβολής και στο τέλος αναγεννώνται.

Ο ρόλος του καταλύτη σε μια αντίδραση είναι ότι παρέχει μια εναλλακτική πορεία για τη μετάβαση από τα αντιδρώντα στα προϊόντα. Αυτή η νέα πορεία διακρίνεται από μεγαλύτερη ταχύτητα εξαιτίας της μείωσης της ενέργειας ενεργοποίησης E_a . Με τον όρο αυτό εννοούμε την ελάχιστη κινητική ενέργεια που πρέπει να έχουν τα συγκρουόμενα μόρια έτσι ώστε να είναι οι συγκρούσεις τους αποτελεσματικές. Τελικά, στην ίδια θερμοκρασία, πολύ μεγαλύτερος αριθμός μορίων των αντιδρώντων ξεπερνά το ενεργειακό φράγμα και μετατρέπεται σε προϊόντα. Για την εξήγηση του φαινομένου της κατάλυσης διατυπώθηκαν διάφορες θεωρίες.



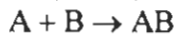
Μια μικρή ποσότητα καταλύτη, σ' αυτήν την περίπτωση NaI, επιταχύνει τη διάσπαση του H_2O_2 νερό και O_2 . Στο σχήμα (α) φαίνεται το αργό φούσκωμα του μπαλονιού, όταν η αντίδραση γίνεται χωρίς τον καταλύτη και στο σχήμα (β) το γρήγορο φούσκωμα του μπαλονιού, όταν ο καταλύτης είναι παρών.

Πηγή: Χημεία Β' ενιαίου Λυκείου θετικής κατεύθυνσης

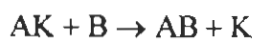
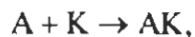
Σχήμα 30

Θεωρία του ενδιάμεσου συμπλόκου

Ο ρόλος του καταλύτη, K, σύμφωνα με τη θεωρία του ενδιάμεσου συμπλόκου, στην αντίδραση:



δηλαδή



Η μείωση της E_a οφείλεται στο σχηματισμό μιας ενδιάμεσης ένωσης στην οποία μετέχει ο καταλύτης και ονομάζεται **ενεργοποιημένο σύμπλοκο**.

Έστω, για παράδειγμα, η διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου H_2O_2 σε υδατικό διάλυμά του. Η αντίδραση αυτή εξελίσσεται αργά, χωρίς την παρουσία καταλύτη, με ενέργεια

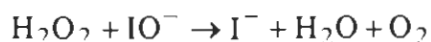
ενεργοποίησης $E_a=76$ kJ/mol. Αν προσθέσουμε μικρή ποσότητα ενός ιωδιούχου άλατος, δηλαδή ιόντα I^- , προκαλείται μείωση της ενέργειας ενεργοποίησης ($E_a=57$ kJ/mol), οπότε η αντίδραση γίνεται πολύ πιο γρήγορα.

Η αντίδραση γίνεται σε δύο στάδια, ως εξής:

1^ο στάδιο (βραδύ):



2^ο στάδιο (γρήγορο):

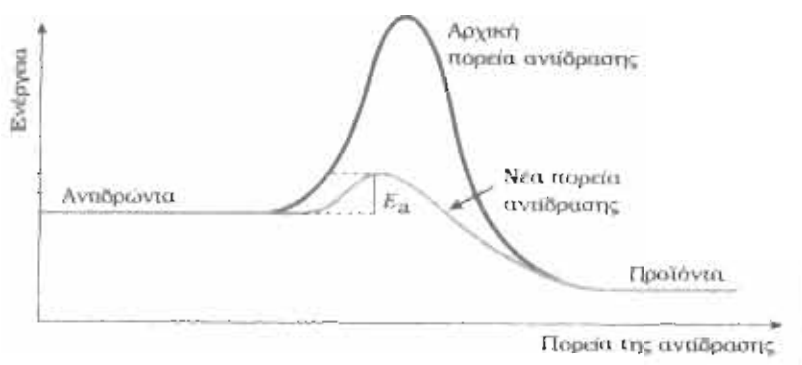
**Θεωρία της προσρόφησης**

Σημαντικό ρόλο στις καταλυτικές αντιδράσεις παίζει η προσρόφηση των αντιδρώντων στην επιφάνεια των καταλυτών. Το φαινόμενο είναι έντονο, όταν ο καταλύτης είναι στερεός (μέταλλο ή μεταλλικό οξείδιο) και σε λεπτό διαμερισμό, ενώ τα αντιδρώντα είναι στην υγρή ή κυρίως στην αέρια φάση. Τα μόρια των αερίων που αντιδρούν προσροφώνται στην επιφάνεια του καταλύτη, οπότε έρχονται πολύ κοντά το ένα με το άλλο και αποκτούν κατάλληλο προσανατολισμό. Έτσι, αυξάνεται η συγκέντρωση των αντιδρώντων στο χώρο γύρω από την επιφάνεια του καταλύτη, οπότε αυξάνονται οι ενεργές συγκρούσεις των μορίων ανά μονάδα χρόνου, άρα και η ταχύτητα της αντίδρασης.

Ο καταλυτικός ρόλος της επιφάνειας του καταλύτη περιλαμβάνει:

- την προσρόφηση των αντιδρώντων μορίων πάνω στην επιφάνεια
- τη διάχυση των αντιδρώντων μορίων πάνω στην επιφάνεια
- την αντίδραση μεταξύ των αντιδρώντων μορίων και το σχηματισμό των προϊόντων
- την εκρόφηση των προϊόντων

Ένα τυπικό ενεργειακό προφίλ μιας αντίδρασης μεταξύ αερίων που καταλύεται από την επιφάνεια στερεού καταλύτη, μαζί με το ενεργειακό προφίλ της αντίδρασης των αερίων απουσία του καταλύτη, δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



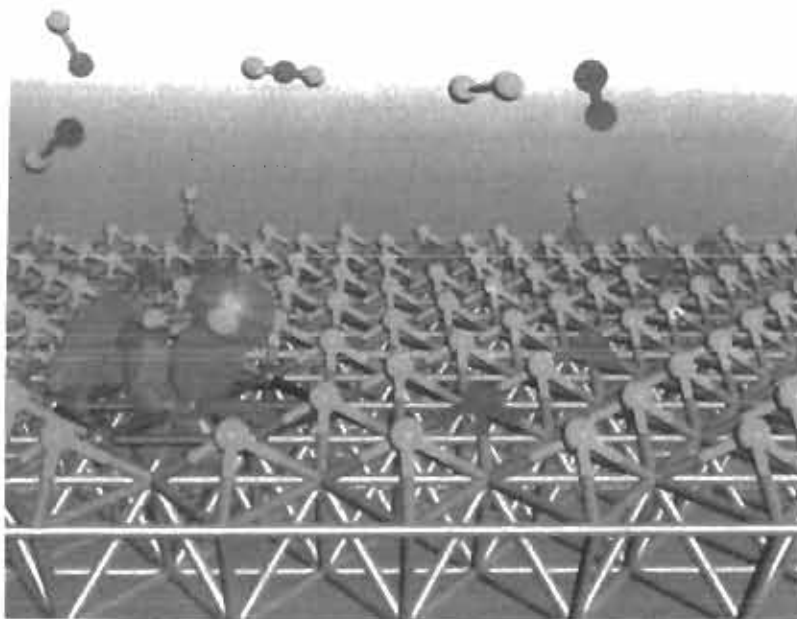
Ο καταλύτης μειώνει την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης, επιτρέποντας σε πολύ περισσότερα μόρια των αντιδρώντων να ξεπεράσουν το ενεργειακό φράγμα και να σχηματίσουν προϊόντα, απ' ό,τι στη μη καταλυτική αντίδραση.

Πηγή: Χημεία Β' ενιαίου Λυκείου θετικής κατεύθυνσης

Σχήμα 31

Θεωρία αλυσιδωτών αντιδράσεων

Σε ορισμένες περιπτώσεις ο ρόλος του καταλύτη είναι να δημιουργεί άτομα ή ρίζες, τα οποία είναι πολύ ενεργά σωματίδια, γι' αυτό προκαλούν μια σειρά αλυσιδωτών αντιδράσεων. Μια τέτοια αντίδραση συμβαίνει φωτοχημικά μεταξύ υδρογόνου και βρωμίου.



Διάσπαση του μονοξειδίου του αζότου, $\text{NO}_{(g)}$, σε επιφάνεια μεταλλικού χαλκού (Cu).

Πηγή: Χημεία Β' ενιαίου Λυκείου θετικής κατεύθυνσης

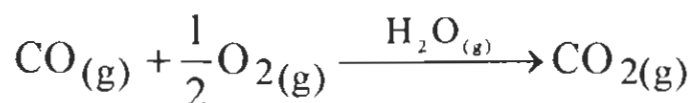
Σχήμα 32

2.1.1 ΟΜΟΓΕΝΗΣ ΚΑΙ ΕΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΚΑΤΑΛΥΣΗ

Η κατάλυση διακρίνεται σε ομογενή και ετερογενή.

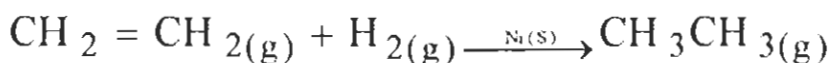
Ομογενής κατάλυση λέγεται η κατάλυση, στην οποία ο καταλύτης, τα αντιδρώντα και τα προϊόντα βρίσκονται στην ίδια φυσική κατάσταση (φάση).

Π.χ.



Ετερογενής κατάλυση λέγεται η κατάλυση, στην οποία τα αντιδρώντα, τα προϊόντα και ο καταλύτης βρίσκονται σε διαφορετική φυσική κατάσταση.

Π.χ.



2.1.2 ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

Οι καταλύτες διακρίνονται σε:

- ανόργανους και
- οργανικούς

Στους **ανόργανους καταλύτες** συμπεριλαμβάνονται τα μέταλλα σε λεπτότατο διαμερισμό, τα οξείδια των μετάλλων, το νερό, τα ιόντα H^+ και OH^- , καθώς και οι ενώσεις που εύκολα μπορούν να οξειδώνονται και να ανάγονται (οξειδοαναγωγικά ζεύγη).

Οι **οργανικοί καταλύτες** είναι κυρίως τα ένζυμα, δηλαδή μεγαλομοριακές οργανικές ενώσεις πρωτεϊνικής φύσης που καταλύουν οργανικές αντιδράσεις. Τα ένζυμα παρουσιάζουν μεγάλη εξειδίκευση, δηλαδή καταλύουν μια και μόνο οργανική αντίδραση και είναι ευπαθή σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 50°C.

2.1.3 ENZYMA

Τα ένζυμα ονομάστηκαν από τις ελληνικές λέξεις «εν ζύμη». Είναι πρωτεΐνες με ενεργές περιοχές, που μοιάζουν με εσοχές, πάνω στις οποίες λαμβάνει χώρα η αντίδραση. Το υπόστρωμα, το μόριο δηλαδή πάνω στο οποίο επιδρά το ένζυμο, αναγνωρίζεται από την ικανότητά του να ταιριάζει στην εσοχή, όπως ένα κλειδί στην κλειδαριά. Όταν το υπόστρωμα βρίσκεται στην εσοχή αντιδρά με το ένζυμο. Οι αντιδράσεις αυτές σε πολλές περιπτώσεις έχουν τη μορφή εξουδετέρωσης οξέος – βάσης, κατά την οποία αφαιρούνται ιόντα υδρογόνου από μια ουσία και προστίθενται σε μια άλλη. Το τροποποιημένο τώρα υπόστρωμα ελευθερώνεται και είναι έτοιμο να αντιδράσει σ'ένα επόμενο στάδιο της βιοχημικής διαδικασίας, το οποίο καταλύεται από άλλο ένζυμο. Έτσι, το ανθεκτικό μόριο του ενζύμου είναι ελεύθερο να δεχτεί το επόμενο υπόστρωμα κ.ο.κ.



Αυτό το έντομο χρησιμοποιεί την ενζυμική διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) ως αμυντικό μηχανισμό.

Πηγή: Χημεία Β' ενιαίου Λυκείου θετικής κατεύθυνσης

Σχήμα 33



Δράση ενζύμων:
κλειδί – κλειδαριά.

Πηγή: Χημεία Β' ενιαίου Λυκείου θετικής κατεύθυνσης

Σχήμα 34

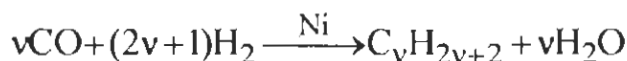
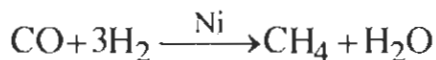
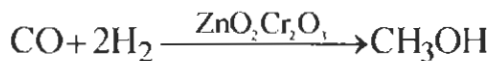
Η ικανότητα ενός ενζύμου καταστρέφεται αν ένα ξένο υπόστρωμα εφαρμοστεί σταθερά στην ενεργή περιοχή, γιατί η περιοχή αυτή μπλοκάρεται και καθίσταται μη διαθέσιμη για το σωστό υπόστρωμα. Το αποτέλεσμα είναι ότι η αλυσίδα των βιοχημικών αντιδράσεων σταματά τότε και το κύτταρο πεθαίνει.

Η δράση των νευροπαραλυτικών αερίων πιστεύεται ότι πηγάζει από την ικανότητά τους να μπλοκάρουν τις αντιδράσεις που εξαρτώνται από τα ένζυμα και οι οποίες επιτρέπουν στις νευρικές διεγέρσεις να ταξιδεύουν μέσα από τα νεύρα.

2.1.4 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

Οι καταλύτες είναι χρήσιμοι λόγω της ικανότητάς τους να επιταχύνουν μια αντίδραση και να μειώνουν την απαιτούμενη ενέργεια. Ακόμη, με την κατάλληλη επιλογή του καταλύτη μια αντίδραση μπορεί να οδηγηθεί προς το σχηματισμό

διαφορετικών προϊόντων. Έτσι, για παράδειγμα, από το μονοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο είναι δυνατό να παρασκευάσουμε, σε κατάλληλες συνθήκες, μεθανόλη, μεθάνιο ή ανώτερα αλκάνια, όπως δείχνουν οι παρακάτω χημικές εξισώσεις:



Γενικά, στη χημική βιομηχανία η χρήση των καταλυτών είναι απαραίτητη σε κάθε αντίδραση. Για παράδειγμα, η μετατροπή του αμύλου σε γλυκόζη γίνεται με την καταλυτική δράση αραιού διαλύματος θειικού οξέος, ενώ η γλυκόζη μετατρέπεται στη γλυκύτερη φρουκτόζη με το κατάλληλο ένζυμο.

Στην καθημερινή ζωή, καταλύτες χρησιμοποιούνται στα «καταλυτικά» αυτοκίνητα για την καλύτερη καύση της βενζίνης. Επίσης, οι σκόνες πλυντηρίων περιέχουν ένζυμα για πιο αποτελεσματική καταστροφή πρωτεϊνικών λεκέδων. Φαινόμενα, όπως η αλκοολική ζύμωση και η μετατροπή του κρασιού σε ξύδι ή του γάλακτος σε γιαούρτι, οφείλονται επίσης στην καταλυτική δράση των ενζύμων. Όλες οι βιοχημικές αντιδράσεις, εξάλλου, ελέγχονται από ένζυμα, τα οποία είναι σε θέση όχι μόνο να επιταχύνουν αλλά και να επιβραδύνουν μια αντίδραση. Οι περισσότερες αναλύσεις στην κλινική χημεία βασίζονται σε καταλυτικές ενζυμικές αντιδράσεις.



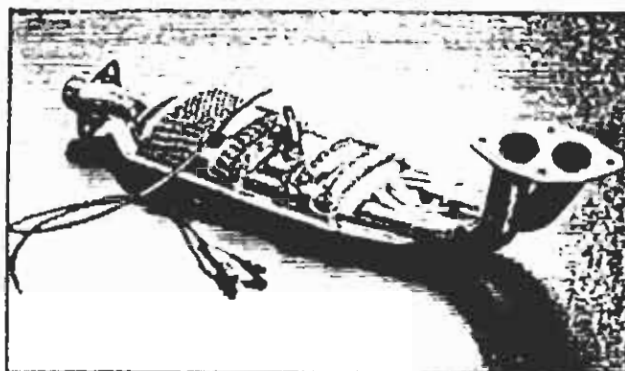
Πηγή: Χημεία Β΄ ενιαίου Λυκείου Θετικής κατεύθυνσης

Καταλυτικός μετατροπέας αυτοκινήτου. Οι κόκκοι περιέχουν ως καταλύτη μίγμα Pt/Pd/Rh.

Σχήμα 35

2.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

Από το 1981 οι καταλυτικοί μετατροπέες ή αλλιώς καταλύτες, άρχισαν να προσελκύουν το ενδιαφέρον όλων, αφού αποτελούν το μέσον με το οποίο τα αντιρρυπαντικά αυτοκίνητα δε ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα. Από την άλλη πλευρά όμως οι καταλύτες δημιούργησαν πολλά ερωτηματικά και αμφιβολίες, στα οποία η τεχνολογία προσπαθεί να δώσει λύση. Προς το παρόν οι καταλύτες αποτελούν τη μοναδική λύση αντιρρύπανσης.



Σχ. 36: Τομή καταλύτη με ενσωματωμένο λήπτη λάμδα
Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

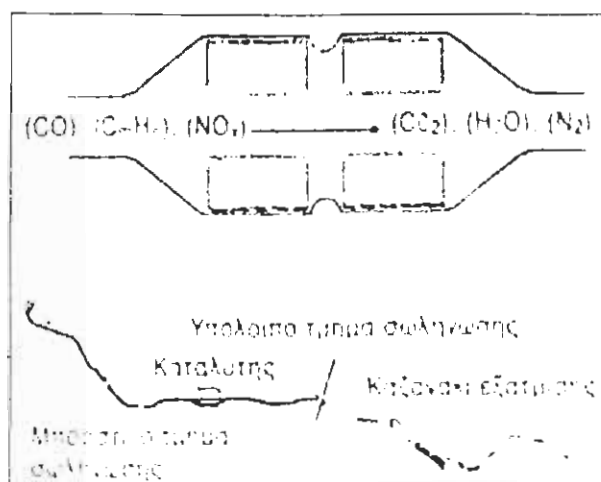
2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ιστορικά η εξέλιξη του καταλύτη θα πρέπει να συνδυαστεί με την εξέλιξη των συμβατικών συστημάτων τροφοδοσίας στα ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού (injection). Η πρώτη εμφάνιση καταλύτη έγινε στην Αμερική στις αρχές της δεκαετίας του '70. Παρουσιάστηκε με τη μορφή οξειδωτικού καταλύτη και συνδυάστηκε με τα συστήματα τροφοδοσίας της εποχής.

Ο συνδυασμός των συστημάτων ψεκασμού με τον καταλύτη δεν έγινε μόνο για να εξασφαλιστεί η καλύτερη απόδοση ή η αύξηση της ισχύος του κινητήρα, αλλά και επειδή οι εκπομπές επιβλαβών ρυπαντών προκάλεσαν το νομοθετικό ενδιαφέρον της Αμερικανικής κυβέρνησης. Ξεκινώντας από την πολιτεία της Καλιφόρνιας η οποία φημίζεται για τα πιο αυστηρά όρια εκπομπών αυτοκινήτων σε όλο τον κόσμο. Οι Αμερικανοί κολοσσοί G.M. CRYSLER και FORD άρχισαν από πολύ νωρίς την εφαρμογή των καταλυτών στην Αμερική.

Στην Ευρώπη η τεχνολογία εφαρμόστηκε με 10 χρόνια καθυστέρηση. Αυτό έγινε γιατί οι Ευρωπαϊκές Κυβερνήσεις θεώρησαν ότι έπρεπε να γίνει βαθμιαία η εφαρμογή των νομοθετικών μέτρων που στόχευαν στη μείωση των εκπομπών καυσαέριων των οχημάτων, ώστε αφενός να μην διαταραχθεί η ισορροπία στο χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας και αφετέρου να πεισθεί το κοινό για την ανάγκη χρησιμοποίησης των καταλυτών. Για παράδειγμα, η GILARDINI, μια θυγατρική εταιρεία του ιταλικού κολοσσού FIAT, άρχισε μόλις το 1984 να εμπλέκεται στην έρευνα και παραγωγή καταλυτικών μετατροπέων.

Στην Ελλάδα, οι καταλύτες πρωτοεμφανίστηκαν το 1987 και από τότε η παρουσία τους γίνεται ολοένα και πιο έντονη δεδομένου ότι από το 1990 όλα τα καινούργια αυτοκίνητα που πωλούνται στην Ελλάδα είναι καταλυτικά. Παρ' όλα αυτά τα συμβατικά αυτοκίνητα αποτελούν μια σημαντική μερίδα του στόλου των οχημάτων.



Σχ. 37: Μετατροπή των CO, HC και NO_x σε CO₂, N₂ και H₂O

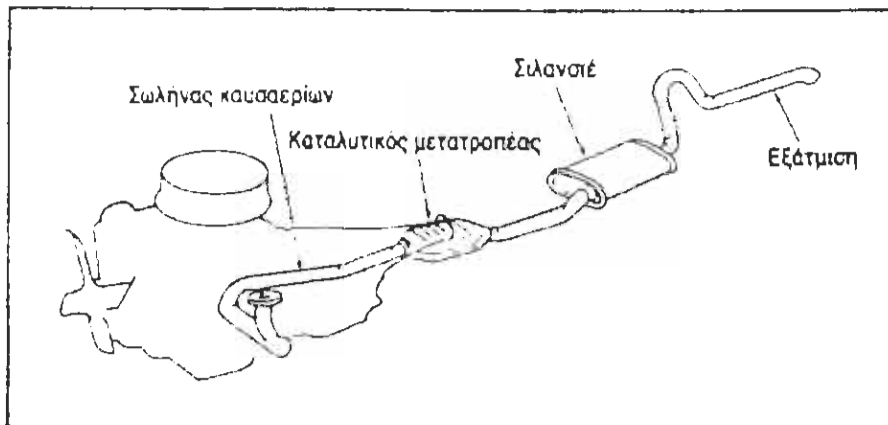
Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

2.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Ο καταλύτης είναι μια κατασκευή που τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων των βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων με στόχο την μετατροπή των εκπεμπόμενων ρυπαντών σε αβλαβή στην ατμόσφαιρα καυσαέρια. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται μέσω χημικών αντιδράσεων (π.χ. οξείδωση και αναγωγή), που γίνονται στο εσωτερικό του καταλύτη. Στις αντιδράσεις αυτές οξειδώνονται οι ρυπαντές 1) μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και 2) οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC - βενζίνη που δεν κάηκε στο χώρο καύσης του κινητήρα), σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και υδρατμούς (H₂O - νερό). Τα οξείδια του αζώτου (NO_x), ανάγονται σε ατμοσφαιρικό άζωτο (N₂). (Τα NO_x ανάγονται μόνο από τους τριτοδικούς καταλύτες).

Ο καταλύτης επομένως είναι το υλικό όπου με τη βοήθεια της υψηλής θερμοκρασίας των καυσαερίων και της ύπαρξης των ευγενών μετάλλων που υπάρχουν μέσα στο πλέγμα προκαλεί την ενίσχυση των χημικών αντιδράσεων, οι οποίες εξουδετερώνουν τους τρεις βασικούς ρύπους. Όπως είναι γνωστό από τη χημεία, ο καταλύτης είναι ένα στοιχείο, που σε συνθήκες μεγάλης θερμοκρασίας (πάνω από 250°C) με την παρουσία του βοηθάει στην πραγματοποίηση μιας αντίδρασης, χωρίς να λαμβάνει ο ίδιος μέρος σε αυτή.

Στο δάπεδο του αυτοκινήτου (πάτωμα) υπάρχει ειδική γι' αυτόν υποδοχή. Παράλληλα το δάπεδο προστατεύεται (700 έως 900°C περίπου) με ειδικές ασπίδες θερμότητας. Στην περίπτωση αυτή, η ακριβής έννοια του όρου " καταλύτης " καθορίζει μόνο το πολύ σημαντικό χημικό στοιχείο που επενεργεί στην κατάλυση, π.χ. πλατίνα, παλλάδιο, ρόδιο ή μίγματα πλατίνας - παλλαδίου και πλατίνας - ροδίου. Παρ' όλα αυτά ο χαρακτηρισμός του όρου " καταλύτης " επικράτησε να δηλώνει όλο το σύστημα " καθαρισμού " των καυσαερίων. Η τοποθέτηση του καταλύτη γίνεται στο σωλήνα της εξάτμισης, κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής και πριν το σιλανσιέ.



Σχ. 38: Θέση καταλύτη στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων

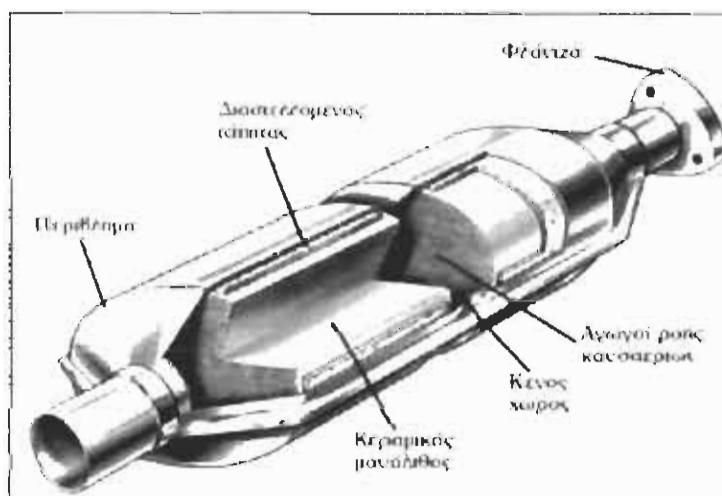
Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

2.5 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Η εσωτερική κατασκευή του καταλυτικού μετατροπέα εξαρτάται από τον τύπο και το είδος αυτού, Σχήματα 34 και 35. Η εξωτερική του μορφή όμως δέχεται επηρεασμούς από την εσωτερική δομή και από το χώρο που θα τοποθετηθεί.

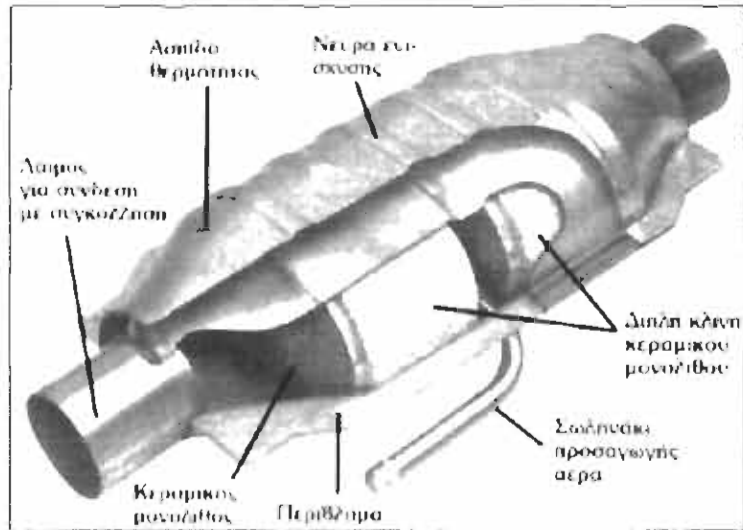
Αρχίζοντας λοιπόν την ανάλυση από τα έξω προς τα μέσα, μπορούμε να αναφέρουμε ότι ένας καταλυτικός μετατροπέας αποτελείται από:

1. Την ασπίδα θερμότητας
2. Το μεταλλικό προστατευτικό εξωτερικό περίβλημα
3. Τον τάπητα επικάλυψης του καταλυτικού φορέα
4. Τον καταλυτικό φορέα
5. Τους λαιμούς εισόδου – εξόδου των καυσαερίων
6. Την μεταλλική ετικέτα
7. Το σωλήνα προσαγωγής αέρα (αν υπάρχει)



Σχ. 39: Δομή του καταλύτη

Πηγή: Καταλύτες αυτοκινήτων



Σχ. 40: Δομή του καταλύτη
Πηγή: Καταλύτες αυτοκινήτων

Ασπίδες θερμότητας. Κατασκευάζονται συνήθως από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χαλυβδοέλασμα με ενισχύσεις που προσφέρουν πρόσθετη μηχανική αντοχή και διευκόλυνση στη διαστολή της ασπίδας λόγω υψηλών θερμοκρασιών. Οι ασπίδες θερμότητας τοποθετούνται συνήθως στο επάνω μέρος και εξωτερικά του μετατροπέα για να αποκόπτουν τη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία προς το δάπεδο του οχήματος. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στο περίβλημα του μετατροπέα υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης του δαπέδου του οχήματος και ανάφλεξης των υλικών που βρίσκονται εσωτερικά αυτού (μοκέτα), Σχήμα 35. Σε μερικές περιπτώσεις **μπορεί να συναντήσουμε ασπίδα και προς το οδόστρωμα**, η τοποθέτηση αυτής έχει σα σκοπό:

1. Να προστατεύει τον καταλυτικό μετατροπέα από μηχανικές καταπονήσεις (κτυπήματα από πέτρες).
2. Να προστατεύει τον καταλυτικό μετατροπέα ώστε να μην ψύχεται από τα νερά που πετάνονται από τους τροχούς των αυτοκινήτων όταν βρέχει ή όταν το όχημα κινείται σε βρεγμένο οδόστρωμα.
3. Να ελαττώνεται η πιθανότητα ανάφλεξης εύφλεκτων υλικών π.χ ξηρά χόρτα, σκουπίδια κ.α. όταν το αυτοκίνητο σταθμεύσει πάνω από αυτά.

Η ασπίδα θερμότητας τοποθετείται σε συγκεκριμένη απόσταση από το περίβλημα του καταλυτικού μετατροπέα. Μεταξύ της ασπίδας και του εξωτερικού περιβλήματος του μετατροπέα υπάρχει κενός χώρος – αέρας.

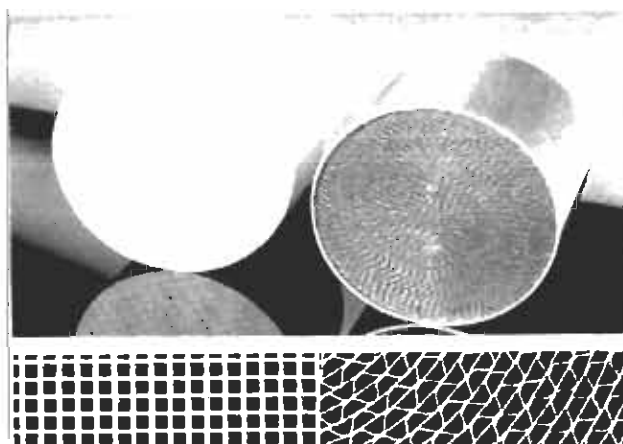
Περίβλημα. Ο καταλυτικός μετατροπέας φέρει προστατευτικό περίβλημα το οποίο είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί σχεδιασμοί της εξωτερικής μορφής του περιβλήματος του μετατροπέα. Το τμήμα μελετών και σχεδίασης των κατασκευαστριών εταιρειών μελετάει και σχεδιάζει τη μορφή του περιβλήματος. Στο σχεδιασμό αυτού λαμβάνονται διάφοροι παράγοντες υπ' όψη, όπως:

- 1) Η θέση που θα τοποθετηθεί ο μετατροπέας ανάλογα με το μοντέλο του οχήματος.
- 2) Η ροή των καυσαερίων (παροχή).
- 3) Το εσωτερικό του καταλυτικού μετατροπέα (τύπος και είδος).
- 4) Το είδος του οχήματος που θα τοποθετηθεί.

Θερμομονωτικό Υλικό. Το θερμομονωτικό υλικό βρίσκεται ενδιάμεσα στα δύο μεταλλικά περιβλήματα, έχει πάχος 15mm και μειώνει στο ελάχιστο την μετάδοση της θερμότητας προς το περιβάλλον. Για να λειτουργήσει σωστά ο καταλύτης θα πρέπει η θερμοκρασία του να φτάνει σε μια ελάχιστη θερμοκρασία από 250°C έως 300°C. Έτσι τα πρώτα λεπτά λειτουργίας, κατά την προθέρμανση του κινητήρα, εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα περισσότερο από το 80% των ρύπων. Έτσι με την "επικάλυψη" του καταλύτη με μονωτικό υλικό επιτυγχάνεται η άμεση θέρμανση του αλλά και η διατήρηση μιας σταθερής θερμοκρασίας μετά τη φάση της προθέρμανσης. Ο Αγγλικός όρος "light off" που χρησιμοποιείται εκτεταμένα στα τεχνικά χαρακτηριστικά αναφέρεται σε αυτόν ακριβώς τον χρόνο προθέρμανσης του μετατροπέα για να αρχίσει η διεργασία των αντιδράσεων μετατροπής των ρύπων.

Διαστελλόμενος Τάπητας Επικάλυσης του Πυρήνα. Αρχικά με τον όρο "φορέας" αναφερόμαστε στην καρδιά του καταλύτη στο κεραμικό ή μεταλλικό υλικό που πάνω σε αυτό επιστρώνεται το ενδιάμεσο στρώμα (wash coat) και τα ευγενή μέταλλα. Ο τάπητας επικαλύπτει τον φορέα και προστατεύει αυτόν από τους κραδασμούς. Με τη βοήθεια του τάπητα στηρίζεται σταθερά μέσα στο περίβλημα και αποφεύγεται η μετατόπισή του από κραδασμούς. Το κεραμικό υλικό είναι εύθραυστο και στην περίπτωση που εκτεθεί σε κραδασμούς θα σπάσει με συνέπεια να εμποδίζεται η ροή των καυσαερίων.

Φορέας. Φορέας είναι το υλικό που προσφέρει σχετικά μεγάλη επιφάνεια στα καυσαέρια, (Σχήμα 36). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την περίπτωση είναι μεταλλικό λεπτό φύλλο κατάλληλα διαμορφωμένο ή κεραμικός μονόλιθος. Πάνω στον φορέα αυτόν επιστρώνεται κάποιο άλλο υλικό για την αύξηση της επιφάνειας του και αυτό αναφέρεται ως ενδιάμεσο στρώμα ή washcoat. Τέλος, πάνω από το washcoat επιστρώνονται τα ευγενή μέταλλα τα οποία παρέχουν καταλυτική δράση στη μετατροπή των ρύπων.

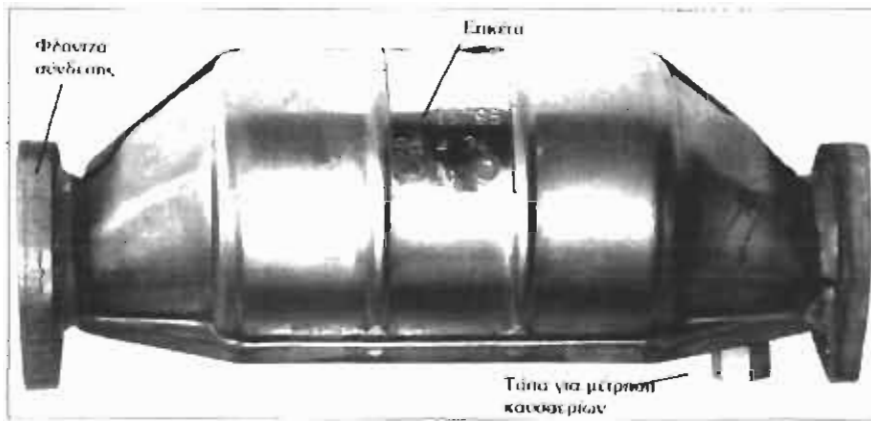


Σχ. 41: Φορείς κεραμικού (αριστερά) και μεταλλικού (δεξιά) καταλυτικών μετατροπέων

Πηγή: Καταλύτες αυτοκινήτων

Λαιμοί Εισόδου – Εξόδου των Καυσαερίων. Είναι τα σημεία που τυγχάνουν προσεκτικής μελέτης γιατί από αυτά εισέρχονται και εξέρχονται τα καυσαέρια στον καταλύτη, (Σχήμα 34).

Μεταλλική Ετικέτα. Η ετικέτα αυτή που φαίνεται στο (Σχήμα 37) αναφέρει τον αριθμό σειράς, τον τύπο του καταλύτη, την ημερομηνία κατασκευής και το μοντέλο αυτοκινήτου για το οποίο προορίζεται. Επίσης αναφέρουμε ότι πάνω στο περίβλημα του μετατροπέα υπάρχει βέλος που δείχνει τη ροή των καυσαερίων. Στην περίπτωση που τοποθετηθεί ανάποδα ο " καταλύτης " δεν υπάρχει καταλυτική δράση και δεν μειώνονται οι ρύποι.



Σχ. 42: Καταλυτικός μετατροπέας
Πηγή: Καταλύτες αυτοκινήτων

Σωλήνας Προσαγωγής Πρόσθετου Αέρα (αν υπάρχει). Ο σωλήνας αυτός υπάρχει προς το παρόν μόνο σε " καταλύτες " του εξωτερικού αφού η τεχνολογία προσαγωγής αέρα στον καταλύτη δεν έχει έρθει στην Ελλάδα ακόμη. Με τη βοήθεια μιας αντλίας πρόσθετου αέρα προσάγεται ατμοσφαιρικός αέρας στον καταλύτη και ελαττώνονται και άλλο τα επίπεδα των ρύπων.

2.6 ΕΥΓΕΝΗ ΜΕΤΑΛΛΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

Η ομάδα του λευκόχρυσου, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στη χημεία, περιλαμβάνει δύο υπο-ομάδες.

- 1) Η πρώτη αναφέρεται ως τριάδα ελαφρών μετάλλων και αποτελείται από:
 - το Ρουθίνιο (Ru)
 - το Ρόδιο (Rh)
 - το Παλλάδιο (Pd)
- 2) Η δεύτερη υποομάδα αναφέρεται σαν τριάδα των βαρέων μετάλλων και αποτελείται από:
 - το Όσμιο (Os)
 - το Ιρίδιο (Ir)
 - τον Λευκόχρυσο (πλατίνα) (Pt)

Τα μέταλλα αυτά και των δύο 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 **κακώς αναφέρονται σαν ευγενή** αφού 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. Ο όρος πολύτιμα υλικά εκφράζει απόλυτα τα μέταλλα αυτά όπως αναφέραμε προηγουμένως, οι τιμές τους είναι διπλάσιες από αυτήν του χρυσού.

Ο λευκόχρυσος (πλατίνα), το παλλάδιο και το ρόδιο βρίσκονται στη φύση ως αυτοφυή αλλά και με τη μορφή κραμάτων με άλλα μέταλλα. Μόνα τους θα τα συναντήσουμε στη Νότιο Αμερική, ενώ με τη μορφή κράματος στη Βόρειο Αμερική. Άλλα μέρη στα οποία υπάρχουν τέτοια πολύτιμα μέταλλα υπό μορφή κραμάτων είναι η Σοβιετική Ένωση, ο Καναδάς και η Νότια Αφρική. Από τη Νότια Αφρική παράγεται το 80% της παγκόσμιας παραγωγής των ευγενών μετάλλων που χρησιμοποιούνται στους καταλύτες. Στα κράματα αυτά μπορεί να συνυπάρχουν μόνα τους τα ευγενή μέταλλα αναμεμιγμένα μεταξύ τους αλλά και με τον χρυσό, τον χαλκό και το σίδηρο. Για παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε ότι στη φύση η συνήθης αναλογία μεταξύ Pt και Rh είναι 12:1. Ο διαχωρισμός των ευγενών μετάλλων που χρειαζόμαστε για την κατασκευή καταλυτικών μετατροπέων, γίνεται με πολύ μεγάλη δυσκολία και με μεθόδους που βασίζονται στη διαφορά της οξειδωτικότητας του σθένους κ.λ.π. Αυτό συμβαίνει επειδή τα τρία αυτά μέταλλα έχουν περίπου τις ίδιες χημικές ιδιότητες. Η μέθοδος διαχωρισμού μπορεί να έχει μεγάλο κόστος, αλλά είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμη αφού τα μέταλλα αυτά έχουν πολύ υψηλή τιμή εμπορευσιμότητας.

Θα αναφερθούμε, στη συνέχεια, στα τρία από αυτά που μας ενδιαφέρουν λόγω της χρήσης τους στους " καταλύτες των αυτοκινήτων ", την πλατίνα, το παλλάδιο, και το ρόδιο.

Λευκόχρυσος ή πλατίνα (Pt)

[Ατομικό βάρος 190 – Ατομικός αριθμός 76 – Ειδικό βάρος 21,4].

Έχει χρώμα με ζωηρή μεταλλική λάμψη και όπως έχουμε ήδη αναφέρει είναι ευγενές μέταλλο και δεν οξειδώνεται από τα οξέα. Λιώνει στους 1772°C και ατμοποιείται στους 3800°C περίπου. Με το οξυγόνο δεν ενώνεται σε οποιοσδήποτε συνθήκες.

Όταν ερυθρωπυρωθεί **προσβάλλεται από τον άνθρακα των υδρογονανθράκων και τον φώσφορο των λιπαντικών** με αποτέλεσμα να γίνεται εύθραυστος και να παρασύρεται από την ροή των καυσαερίων. Τα σύγχρονα λιπαντικά έχουν ασημαντες ποσότητες τέτοιων στοιχείων αφού η μελέτη έδειξε ότι με την πάροδο του χρόνου μειώνεται η απόδοση του καταλυτικού μετατροπέα. Γίνεται όμως προσπάθεια αντικατάστασης τους με άλλα στοιχεία που δεν θα επηρεάζουν μεν την δράση του καταλύτη και το περιβάλλον αλλά να διατηρούν όμως τις ιδιότητες που παρέχουν τα στοιχεία αυτά στα λιπαντικά.

Με το **μόλυβδο (περιείχε η βενζίνη)** ενώνεται πολύ εύκολα στις θερμοκρασίες λειτουργίας του καταλύτη και σχηματίζει εύτηκτα κράματα. Όταν ο λευκόχρυσος λιώσει έρχεται σε επαφή με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα και απορροφάει αρκετή ποσότητα από αυτό, το οποίο και αποδίδει τελικά με την πήξη του. Έτσι χρησιμοποιείται ως **καταλύτης για την επιτάχυνση των οξειδωτικών αντιδράσεων**. Ο λευκόχρυσος σε λεπτό διαμερισμό και σε υψηλές θερμοκρασίες έχει την ικανότητα απορρόφησης του υδρογόνου το οποίο ενώνει με το οξυγόνο προς σχηματισμό υδρατμών.

Παλλάδιο (Pd)

[Ατομικό βάρος 106 – Ατομικός αριθμός 46 – Ειδικό βάρος 12].

Είναι μέταλλο αργυρόλευκο, με πολύ μεγάλη σπλνότητα, αρκετά όλκιμο και ελατό. Λιώνει στους 1552°C και ατμοποιείται στους 3000°C περίπου. Το παλλάδιο, όταν θερμανθεί, σχηματίζει επιφανειακά ένα στρώμα οξειδίου του παλλαδίου που έχει χρώμα μπλε. Όπως ο λευκόχρυσος (πλατίνα) έτσι και το παλλάδιο σε υψηλές θερμοκρασίες και σε λεπτό διαμερισμό έχει την ικανότητα

απορρόφησης του υδρογόνου το οποίο ενώνεται με το οξυγόνο προς σχηματισμό υδρατμών.

Ρόδιο (Rh)

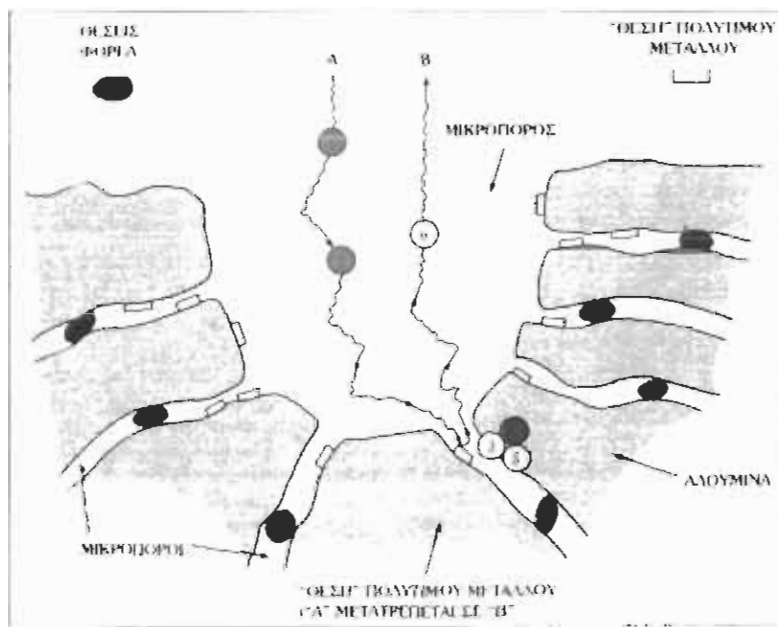
[Ατομικό βάρος 103 – Ατομικός αριθμός 45 – Ειδικό βάρος 12,4].

Είναι μέταλλο σκληρό, πολύ στιλπνό και το χρώμα του είναι αργυρόλευκο. Δεν προσβάλλεται από τα οξέα όταν είναι σε συμπαγή κατάσταση. Η επιφάνειά του μπορεί να καλυφθεί από ένα στρώμα οξειδίου χρώματος μπλε όταν θερμανθεί σε υψηλή σχετικά θερμοκρασία. Λιώνει στους 1965°C και ατμοποιείται στους 3700°C περίπου.

2.7 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Πριν αρχίσουμε την αναφορά μας στα είδη των καταλυτών κρίνουμε σκόπιμο να εξηγήσουμε τη διαδικασία των αντιδράσεων που συμβαίνουν μέσα στη δομή των αγωγών ροής με κάποιο τυχαίο μόριο A το οποίο μπορεί να είναι μόριο οποιουδήποτε ρύπου. Στο (σχήμα 38) φαίνεται η πορεία και η μετατροπή του μορίου A σε άλλο τελείως διαφορετικής σύστασης, που το αναφέρει σαν B και μπορεί να είναι κάποιο παράγωγο του A. Για παράδειγμα μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το A είναι το μόριο NO_x το οποίο μετατρέπεται σε N_2 . Το A λοιπόν κινείται μέσα στους μικροπόρους του ενδιάμεσου στρώματος και έρχεται σε επαφή με όλα τα στοιχεία που υπάρχουν πάνω στον φορέα είτε αυτός είναι κεραμικός είτε μεταλλικός.

Παρατηρήστε την πορεία που διαγράφει το μόριο A και τις διάφορες μεταβολές που συμβαίνουν σε αυτό καθώς έρχεται σε επαφή με την αλουμίνα, το δημήτριο και τα ευγενή μέταλλα.



1. Το μόριο Α εισέρχεται στο " μακροπόρο " του wash coat, εκεί πρέπει να διαχυθεί μέσα στην επιφάνεια του ενδιάμεσου στρώματος (αλουμίνα + δημήτριο).
2. Το μόριο Α λοιπόν αφού είναι αέριο διαχέεται μέσα στην αλουμίνα κάτω από τα ευγενή μέταλλα.
3. Απορροφάται από μια ενεργή και ελεύθερη θέση που αναφέρεται ως μακροπόρος, ο οποίος βρίσκεται μέσα στη μάζα των ευγενών μετάλλων και του ενδιάμεσου στρώματος και αφού έχει διεισδύσει το μόριο μέσα στον μακροπόρο. [Θα μπορούσαμε απλά 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 κ.λ.π.) που υπάρχουν κάτω από τα ευγενή μέταλλα και μετατρέπεται σε Β.
5. Το μόριο Β απωθείται έξω από τον μικροπόρο.
6. Ακολουθεί την πορεία της ροής προς την έξοδο του μακροπόρου.

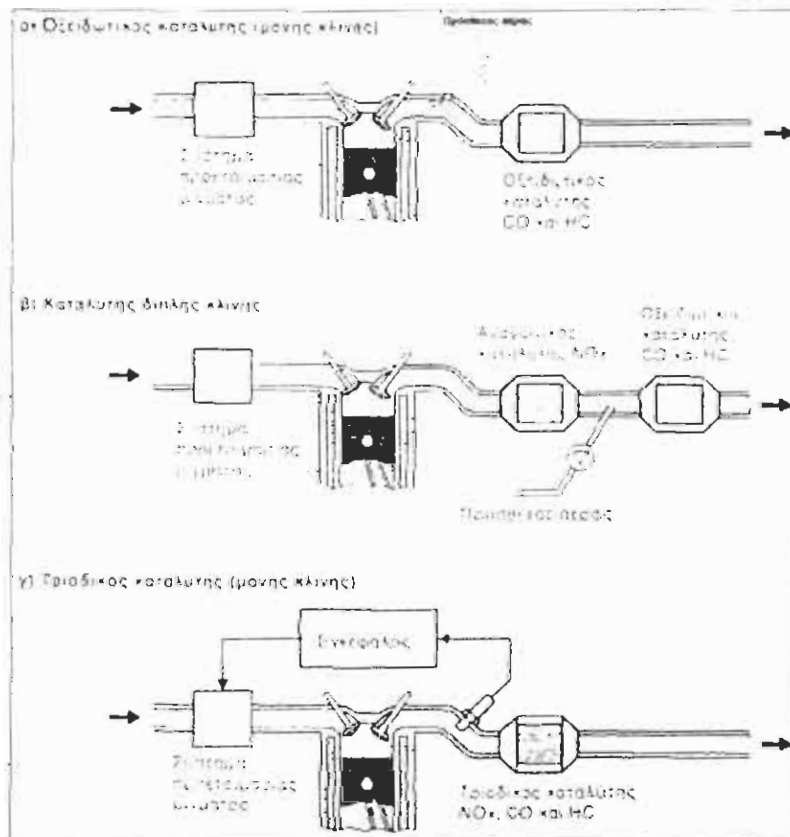
Σχ. 43: Μετατροπή ενός μορίου οποιουδήποτε τύπου μέσα στους μικροπόρους του μετατροπέα

Πηγή: Καταλύτες αυτοκινητών

2.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ (ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ)

Τέσσερα είναι τα κυριότερα συστήματα καταλυτών ανάλογα με τη λειτουργία τους:

1. Ο οξειδωτικός καταλύτης ή διοδικός καταλυτικός (μονής κλίνης)
2. Ο αναγωγικός καταλύτης
3. Ο καταλύτης διπλής κλίνης (αναγωγικός και οξειδωτικός, σε σειρά)
4. Ο τριοδικός καταλύτης (μονής κλίνης) ως μη ρυθμιζόμενος και ρυθμιζόμενος.



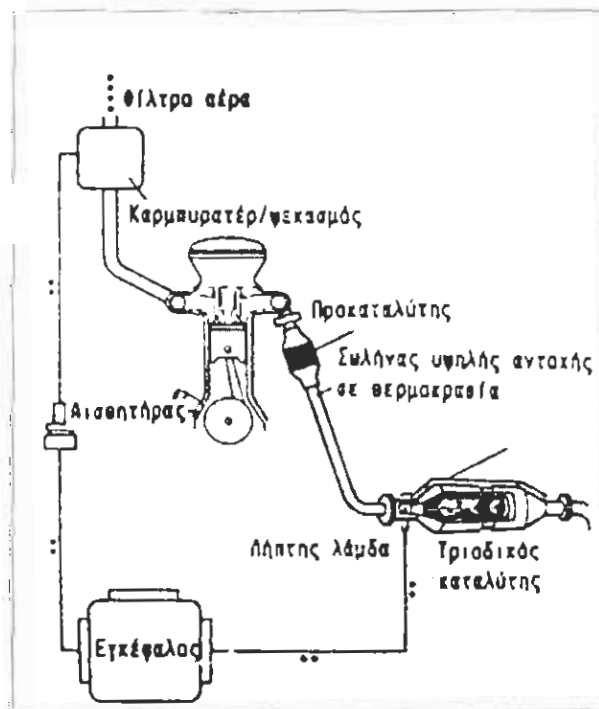
Σχ. 44: Συστήματα καταλυτών ανάλογα με τη λειτουργία τους

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

2.8.1 ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ (OXIDATION CATALYST)

Οξειδωτικός ή διοδικός καταλύτης, ήταν ο καταλύτης που αρχικά πρωτοεμφανίστηκε το 1973 στα αμερικάνικα αυτοκίνητα με αρκετή επιτυχία, αφού μείωνε (οξειδωνε) το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τους άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC) κατά 50% περίπου. Ο κινητήρας λειτουργούσε με περίσσεια αέρα, δηλ. φτωχό μίγμα, χωρίς λήπτη λάμδα, ενώ υπήρχε η δυνατότητα έγχυσης αέρα από πρόσθετο σύστημα παροχής αέρα πριν το καταλύτη. Το πρόβλημα όμως με αυτό τον τύπο του καταλύτη, ήταν ότι άφηνε ανεπηρέαστα τα οξείδια του αζώτου (NO_x). Έτσι γρήγορα οι έρευνες οδηγήθηκαν στον τριοδικό καταλύτη. (Εύλογη και η ονομασία του). Η κατανάλωση καυσίμου για τον οξειδωτικό καταλύτη δεν μεταβαλλόταν σημαντικά, ενώ η μικρή μείωση της υποδύναμης βρήκε γρήγορα λύση από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων με τη μικρή αύξηση του κυβισμού. Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις, η χρήση καταλύτη με μεταλλικό μονόλιθο δεν επηρεάζει σχεδόν καθόλου την υποδύναμη των αυτοκινήτων, όπως θα εξεταστεί παρακάτω.

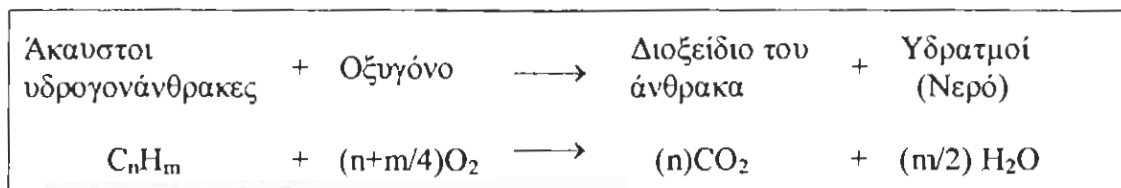
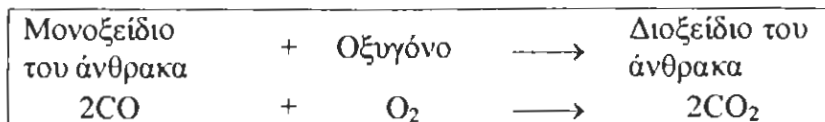
Σημείωση! Ο καταλύτης με μεταλλικό μονόλιθο αποτελεί τεχνολογική εξέλιξη του καταλύτη με κεραμικό μονόλιθο



Σχ. 45: Τριοδικός καταλύτης

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

Χημικές αντιδράσεις οξείδωσης



Αν παρατηρήσουμε τις αντιδράσεις που γίνονται στον οξειδωτικό καταλύτη θα διαπιστώσουμε ότι το δηλητηριώδες μονοξείδιο του άνθρακα μετατρέπεται σε διοξείδιο και οι επιβλαβείς υδρογονάνθρακες σε υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα. Στο παρελθόν είχε γίνει συνδυασμός οξειδωτικού καταλύτη με προσαγωγή φρέσκου αέρα από το περιβάλλον. Μια αντλία, ηλεκτρική ή μηχανική, έκανε προσαγωγή αέρα πριν τον οξειδωτικό καταλύτη και αυτό βοηθούσε σημαντικά στην περαιτέρω μείωση των ρύπων. Μετρήσεις έδειξαν αύξηση της απόδοσης κατά 45%.

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να διευκρινίσουμε ότι στον οξειδωτικό καταλύτη γίνεται άλλη μια αντίδραση με προϊόντα τα οποία αποδίδουν μια δυσάρεστη οσμή (κλούβιου αυγού). Η αντίδραση αυτή ενώνει τα ίχνη του θείου (S) που περιέχονται στην βενζίνη με το οξυγόνο και παράγονται οξείδια του θείου (SO_x). Αυτό που υπερέχει σε ποσότητα μεταξύ των άλλων οξειδίων του θείου είναι το διοξείδιο αυτού (SO₂). Αυτά αναδύουν την χαρακτηριστική οσμή που όλοι μας έχουμε γνωρίσει. Όμως το κακό με το διοξείδιο του θείου δεν σταματάει στη σχετικά δυσάρεστη οσμή. Υπάρχει και πιο δυσάρεστη συνέχεια, ενώνεται με τους υδρατμούς και σχηματίζονται μικροποσότητες θειικού οξέος. Το θειικό οξύ διαβρώνει το εσωτερικό της εξάτμισης, αν διαφύγει στην ατμόσφαιρα ενώνεται με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας προς σχηματισμό μικροποσοτήτων αραιωμένου θειικού οξέος μέσα στα σύννεφα. Αυτό πέφτει σαν όξινη βροχή και διαβρώνει τα πάντα με την πάροδο του χρόνου.

Στους οξειδωτικούς καταλύτες η πλατίνα (Pt) είναι το ευγενές μέταλλο που χρησιμοποιούσαν και χρησιμοποιούν ακόμη και σήμερα κάποιοι από τους κατασκευαστές. Άλλοι πάλι χρησιμοποιούν το παλλάδιο γιατί είναι φθηνότερο από την πλατίνα και υποστηρίζουν ότι έχει καλύτερα τεχνικά χαρακτηριστικά. Παρουσιάζει ικανοποιητική σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες και καλή απόδοση στην κρύα εκκίνηση. Όμως η δραματική αύξηση της ζήτησης παλλαδίου από τους κατασκευαστές καταλυτικών μετατροπέων είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής του. Τα τελευταία τρία χρόνια η τιμή του παλλαδίου έχει τριπλασιαστεί. Η μεγαλύτερη παραγωγή παλλαδίου γίνεται στη Ρωσία.

2.8.2 ΑΝΑΓΩΓΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ (REDUCING CATALYST)

Ο αναγωγικός καταλύτης δεν διατίθεται στην αγορά σαν καταλύτης από μόνος του. Πλην όμως αποτελεί το πρώτο τμήμα του καταλύτη διπλής κλίνης (ή δύο βαθμίδων) και του τριοδικού καταλύτη, όπως θα αναφερθεί παρακάτω. Φυσικά πραγματοποιούνται πειράματα σε διάφορα εργαστήρια και με διάφορα υλικά π.χ.

ιρίδιο, γαληδόνιο καθώς και μη ευγενή μέταλλα. Στην Ελλάδα γίνονται ερευνητικά πειράματα σε Πανεπιστημιακό επίπεδο, που σαν σκοπό έχουν την εξερεύνηση εναλλακτικών λύσεων, με μη ευγενή μέταλλα όπως π.χ. χαλκό. Ο πιο εφικτός πάντως τρόπος διάσπασης του μονοξειδίου του αζώτου είναι με αναγωγή του NO ένωση με τα CO, H₂ και HC. Για την επιτυχή πραγματοποίηση των παραπάνω αντιδράσεων, πρέπει να πληρούνται κάποιοι παράγοντες όπως :

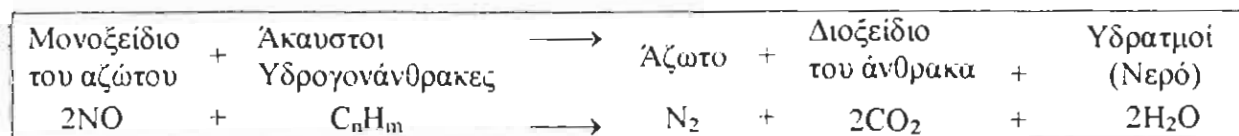
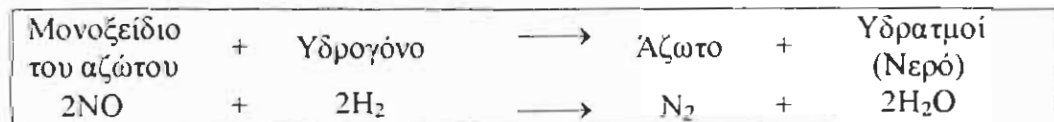
α) Να μην υπάρχει πολύ οξυγόνο στην εξάτμιση. Ο λόγος λάμδα δηλαδή θα πρέπει να βρίσκεται κάτω από τη στοιχειομετρική αναλογία και ο κινητήρας να δουλεύει στην περιοχή του πλούσιου μίγματος. Το οξυγόνο είναι εμπόδιο στις πιο πάνω αντιδράσεις, αφού χρησιμοποιείται από τους καταλύτες στην οξειδωση.

β) Το μίγμα αερίων, CO, H₂ και HC χρειάζεται να είναι σε επαρκή ποσότητα για την πραγματοποίηση των αντιδράσεων αναγωγής.

γ) Από την επιλογή του καταλύτη και σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία λειτουργίας εξαρτάται η δημιουργία δευτερογενών ρυπαντών, όπως είναι η αμμωνία (NH₃).

Φυσικά, όλοι οι παράγοντες που αναφέρθηκαν, έχουν σχέση με το σύστημα τροφοδοσίας και την καλή ρύθμιση του κινητήρα. Το ευρύτερα χρησιμοποιημένο καταλυτικό υλικό για την αναγωγή είναι το ρόδιο (Rh).

Χημικές αντιδράσεις αναγωγής



Τα προϊόντα μετά τις αντιδράσεις, (άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμοί) είναι αβλαβή για τον άνθρωπο σε σχέση με αυτά που υπήρχαν πριν τις χημικές αντιδράσεις. Οι χημικές αντιδράσεις αναγωγής δεν θα μπορούσαν να γίνουν αν το ρόδιο δεν είχε την ικανότητα να εγκλωβίζει με ευκολία το οξυγόνο κάτω από την επιφάνειά του. Το οξυγόνο αυτό δεσμεύεται από τα οξείδια του αζώτου και παρέχεται με ευκολία στο μονοξείδιο του άνθρακα που μετατρέπεται σε διοξείδιο. Σε έναν συνήθη καταλυτικό μετατροπέα, το υδρογόνο που απελευθερώνεται από τους υδρογονάνθρακες, ενώνεται με το οξυγόνο και σχηματίζονται υδρατμοί.

Πάνω από τους 600°C, το ρόδιο (Rh) μετατρέπεται σε Rh₂O₂ και χάνει σταδιακά την ικανότητα αναγωγής των οξειδίων του αζώτου. Αυτό αποτρέπεται από τους κατασκευαστές με την κατάλληλη διασπορά του μετάλλου πάνω στο ενδιάμεσο στρώμα αλλά και με κάποια άλλα πρόσθετα που αναμιγνύουν στη μάζα του ροδίου. Έτσι η διασπορά και η ποσότητα του ροδίου δεν γίνεται τυχαία αλλά κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.

Η ποσότητα του ροδίου που θα χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένο όγκο καταλύτη έχει καθοριστεί σύμφωνα με διεθνείς προδιαγραφές που έχουν βγει κατόπιν

μελετών για την καλύτερη δυνατή μετατροπή των ρύπων. Μια ενδεικτική τιμή, για την ποσότητα του ροδίου που μπορεί να περιέχεται σε ένα καταλύτη που έχει όγκο ένα κυβικό πόδι (28 λίτρα) είναι 14 γραμμάρια. Ο μετατροπέας αυτός του ενός κυβικού ποδιού είναι πολύ μεγάλος, αν σκεφτούμε ότι οι συνήθεις καταλύτες έχουν όγκο αρκετά μικρότερο του λίτρου. Όμως οι τιμές διεθνώς έχουν δοθεί ανά κυβικό πόδι, γι' αυτό είμαστε υποχρεωμένοι να αναφερθούμε στα 28 λίτρα που είναι ένα κυβικό πόδι. Αν κάνουμε μια αναγωγή θα παρατηρήσουμε ότι για ένα μεσαίου μεγέθους μετατροπέα αυτοκινήτου απαιτείται μια ποσότητα ροδίου λίγο μικρότερη του γραμμαρίου.

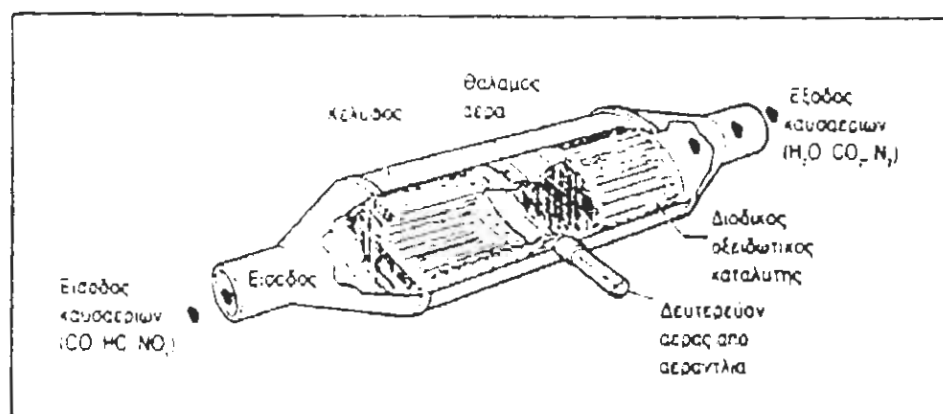
2.8.3 ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΛΙΝΗΣ (DUAL BED CATALYST)

Ο καταλύτης διπλής κλίνης ουσιαστικά αποτελείται από δύο καταλύτες τοποθετημένους σε σειρά. Έναν αναγωγικό καταλύτη για τα NO_x και έναν οξειδωτικό καταλύτη για τους HC και το CO (γι' αυτό και ονομάζεται διπλής κλίνης).

Στον καταλύτη διπλής κλίνης το μεταλλικό δοχείο έχει δύο ξεχωριστούς θαλάμους, μεταξύ των οποίων υπάρχει ένας ενδιάμεσος χώρος, όπου διασκορπίζεται πρόσθετος αέρας, με τη βοήθεια ενός συστήματος παροχής αέρα από μια αεροαντλία. Τα καυσαέρια περνούν πρώτα από την πρώτη κλίνη, όπου η αντλία αέρα (σύστημα έγχυσης αέρα) προσάγει ικανοποιητική ποσότητα αέρα για την τελική οξείδωση του CO και των HC . Ο αέρας αυτός ονομάζεται πρόσθετος ή δευτερεύον αέρας. Με το οξυγόνο του πρόσθετου αέρα οξειδώνονται τελικά ολόκληρες οι ποσότητες των HC και του CO . Η λειτουργία του κινητήρα γίνεται με πλούσιο μίγμα, δηλαδή ο λόγος "λ" βρίσκεται στη στοιχειομετρική αναλογία. Αυτό φυσικά σημαίνει αυξημένη κατανάλωση καυσίμου.

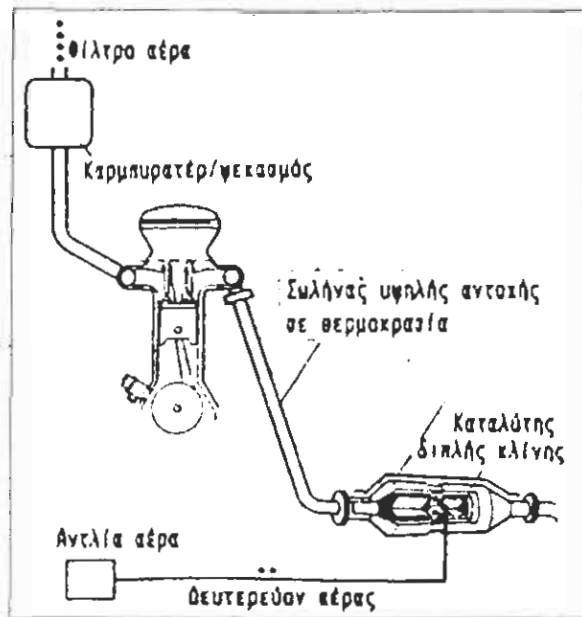
Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι η δημιουργία αμμωνίας NH_3 (κατά την αναγωγή των οξειδίων του αζώτου), η οποία μερικώς μόνο οξειδώνεται ξανά από την εν συνεχεία έγχυση του αέρα.

Πρακτικά, το σύστημα καταλύτη διπλής κλίνης δεν εφαρμόστηκε από τους αντίστοιχους κατασκευαστές αυτοκινήτων. Στην Αμερική όμως βρήκε εφαρμογή από τους αντίστοιχους κατασκευαστές αυτοκινήτων. Το σύστημα διπλής κλίνης συνδυάστηκε με συστήματα ψεκασμού και λήπτη λάμδα (κλειστά συστήματα ρύθμισης). Το μίγμα όμως σε αυτά τα αυτοκίνητα (λόγω του λήπτη λάμδα) ήταν στοιχειομετρικό και όχι πλούσιο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το σύστημα καταλύτη διπλής κλίνης, λόγω κατασκευής και λόγω λειτουργίας, γενικά ήταν χειρότερο από αυτό του τριοδικού καταλύτη και γι' αυτό δεν επικράτησε.

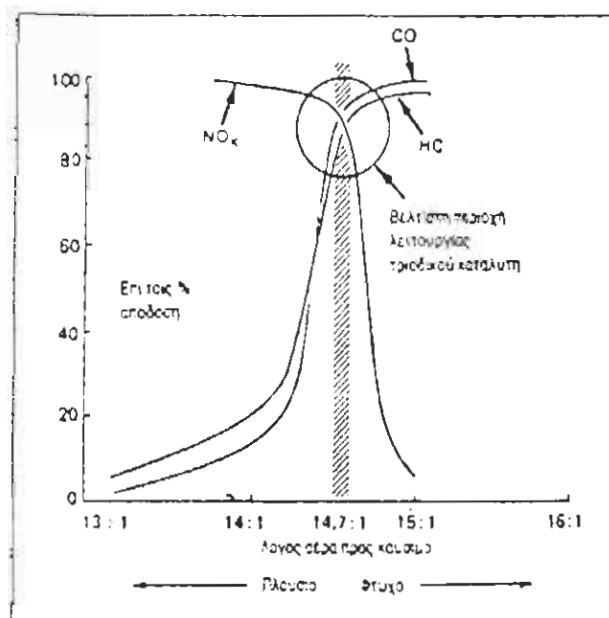


Σχ. 46: Τριοδικός καταλύτης διπλής κλίνης με κεραμικό μονόλιθο

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων



Σχ. 47: Καταλύτης διπλής κλίνης
 Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

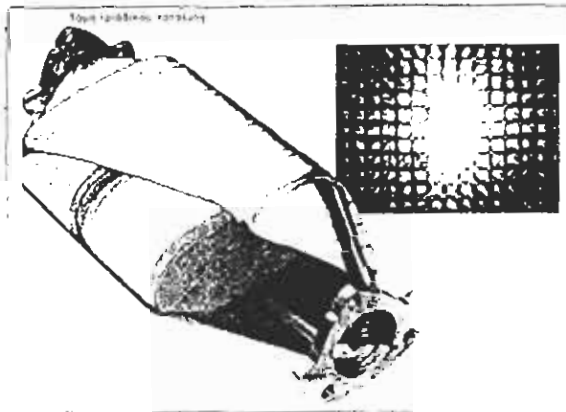


Σχ. 48: Διάγραμμα μεταβολής ρυπαντών CO, HC, NO_x και απόδοσης καταλύτη, σε συνάρτηση με το λόγο αέρα - καυσίμου

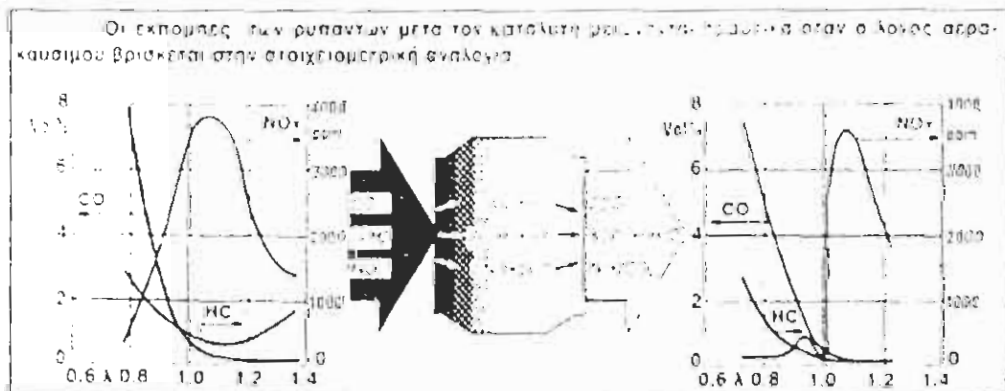
Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

2.8.4 ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ (THREE WAY CATALYST)

Ο τριοδικός καταλύτης είναι σήμερα το επικρατέστερο σύστημα καταλύτη, είτε αυτό εφαρμόζεται ως ρυθμιζόμενο, είτε ως μη ρυθμιζόμενο σύστημα. Έχει εφαρμοστεί ευρέως απ' όλους σχεδόν τους κατασκευαστές αυτοκινήτων και συνδυάζεται με τον ηλεκτρονικό έλεγχο προετοιμασίας του μίγματος, καθώς και τη συνεχή διόρθωση στα επιθυμητά όρια της περιοχής του $\lambda \approx 1$. Κλειδί στην όλη ρύθμιση, όπως προαναφέρθηκε, για ένα κλειστό σύστημα ρύθμισης είναι ο λήπτης λάμδα (ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης). Όμως, ακόμα και για τα ανοιχτά συστήματα ρύθμισης (χωρίς λήπτη λάμδα) ο τριοδικός μη ρυθμιζόμενος καταλύτης είναι η επικρατέστερη λύση.



Σχ. 49: Τομή τριοδικού καταλύτη
Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια – καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"



Σχ. 50: Σύγκριση των ρυπαντών πριν και μετά τον καταλύτη
Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

Ο τριοδικός καταλύτης μετατρέπει και τους τρεις ρύπους. Είναι συνήθως μονής κλίνης και φέρει συνδυασμό ευγενών μετάλλων πάνω στο ενδιαμέσο στρώμα. Ο φορέας μπορεί να είναι κεραμικός ή μεταλλικός. Τα ευγενή μέταλλα που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως δυο ή τρία. Το ένα από αυτά είναι το ρόδιο για τις αντιδράσεις αναγωγής. Οι συνδυασμοί που γίνονται από τους κατασκευαστές είναι:

- 1) Rh+Pt+Pd
- 2) Rh+Pd
- 3) Rh+Pt

Ο τελευταίος συνδυασμός είναι και ο επικρατέστερος τα τελευταία χρόνια. Η πλατίνα είναι το 0,15-0,2% του συνολικού βάρους ενός τριοδικού κεραμικού φορέα ενώ το ρόδιο είναι το 0,03-0,04% του συνολικού βάρους.

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΣ
 ΒΙΒΛΙΟΦΟΡΕΙΟΝ
 ΠΑΡΡΑΣ
 ΔΕΛΦΙΝΑΚΗ

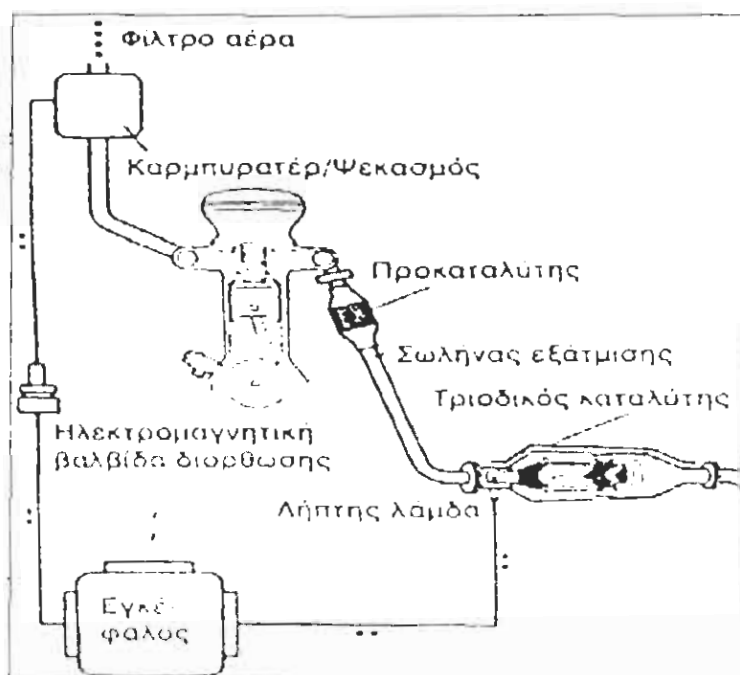
κεραμικού φορέα. Έτσι συμπεραίνουμε ότι η μάζα των περιεχόμενων πολύτιμων μετάλλων σε έναν τριοδικό κεραμικό καταλύτη είναι πάρα πολύ μικρή. Η συνήθης αναλογία μαζών των ευγενών μετάλλων που χρησιμοποιούνται στους τριοδικούς καταλύτες είναι $Pt/Rh = 5/1$, η συνολική μάζα των δυο μετάλλων ανά όγκο φορέα είναι 40 gr/ft^3 . Τα στοιχεία βέβαια αυτά ποικίλουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Η αναλογία μαζών Pd/Rh είναι $14/1$. Η συνολική μάζα των δυο αυτών μετάλλων ανά όγκο φορέα είναι 100 gr/ft^3 . Το βάρος κεραμικού μονόλιθου που φέρει ο φορέας κυμαίνεται από $400\text{gr} - 4500\text{gr}$ ανάλογα με το μοντέλο του αυτοκινήτου.

2.8.4.1 ΜΗ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

Ο τριοδικός καταλύτης μειώνει και τους τρεις ρυπαντές CO , HC και NO_x . Ο μη ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης δεν απαιτεί την ύπαρξη κλειστού ρυθμιστικού κυκλώματος με ανατροφοδότηση πληροφοριών από τον λήπτη λάμδα, για την προετοιμασία και ηλεκτρονική ρύθμιση του μίγματος αέρα-καυσίμου στο στοιχειομετρικό μίγμα $14,7:1$ (περιοχή του $\lambda \approx 1$). Οι μη ρυθμιζόμενοι καταλύτες λειτουργούν σε περιοχή κοντά στη σχέση $\lambda \approx 1$ (π.χ. $0,9 - 1,1$). Για το λόγο αυτό δεν έχουν τον ίδιο βαθμό απόδοσης μ' ένα ρυθμιζόμενο καταλύτη.

2.8.4.2 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

Ο ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μειώνει και τους τρεις ρυπαντές CO , HC και NO_x . Το ποσοστό μείωσης είναι εκπληκτικό, αφού κυμαίνεται γύρω στο $90 - 95\%$. Σ' ένα σύστημα τροφοδοσίας με ηλεκτρονικό καρμπυρατέρ ή ψεκασμό (μονό ή πολλαπλό) και καταλύτη, υπάρχει κλειστό σύστημα ρύθμισης. Το κλειστό αυτό σύστημα στηρίζει τη λειτουργία του στην ύπαρξη του αισθητήρα οξυγόνου ή λήπτη λάμδα. Αυτός με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού επεξεργαστή (όπως ήδη εξετάστηκε) στέλνει στην αντίστοιχη είσοδο πληροφορίες για την κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα και επεξεργάζεται ανάλογα τις πληροφορίες. Στη συνέχεια διορθώνει την αναλογία μίγματος αέρα - καυσίμου στην περιοχή $\lambda \approx 1$. Ο ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης (του οποίου ο όρος είναι λίγο παρερμηνευτικός), είναι ο καταλύτης που συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον επειδή επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό μείωσης των επιβλαβών ρυπαντών για το περιβάλλον. Η καταλυτική απόδοση του ρυθμιζόμενου τριοδικού μετατροπέα ξεπερνά το 94% . Η τοποθέτηση ρυθμιζόμενου τριοδικού καταλύτη, σ' ένα αυτοκίνητο συμβατικής τεχνολογίας είναι τεχνικά δυνατή, αλλά οικονομικά ανεφάρμοστη, με οποιοδήποτε τρόπο κι αν αυτή πραγματοποιηθεί.

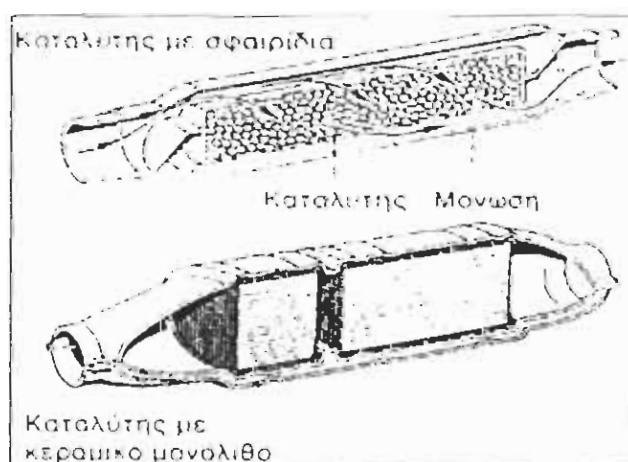


Σχ. 51: Λειτουργία ρυθμιζόμενου τριοδικού καταλύτη
 Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

2.9 ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ (ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥΣ)

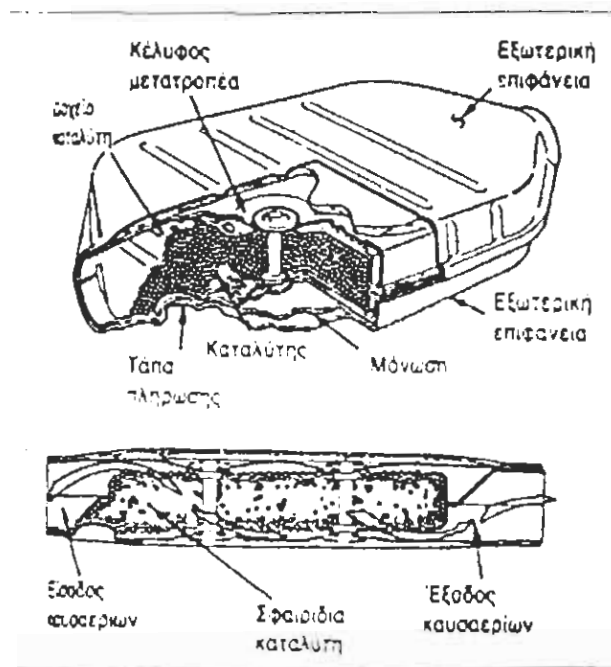
Τρεις είναι οι βασικοί τύποι καταλύτων ανάλογα με την κατασκευή τους (εσωτερικό υλικό καταλύτη):

- 1) Καταλύτης με αντικαθιστώμενα σφαιρίδια (πελλέτες)
- 2) Καταλύτης με κεραμικό μονόλιθο
- 3) Καταλύτης με μεταλλικό μονόλιθο



Σχ. 52: Τύποι καταλυτών ανάλογα με την κατασκευή τους

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

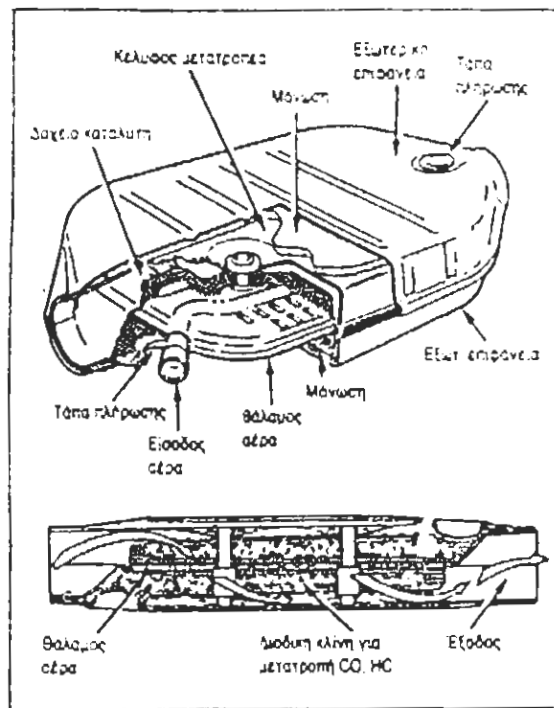


Σχ. 53: Δομή οξειδωτικού καταλύτη μονής κλίνης με αντικαθιστώμενα σφαιρίδια

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

2.9.1 ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΑΘΙΣΤΩΜΕΝΑ ΣΦΑΙΡΙΔΙΑ (ΠΕΛΛΕΤΕΣ)

Ο καταλύτης με αντικαθιστώμενα σφαιρίδια χρησιμοποιήθηκε αρχικά στην Αμερική και στην Ιαπωνία, αλλά αργότερα σταμάτησε η εφαρμογή του. Πρακτικά δεν χρησιμοποιήθηκε από τους Ευρωπαίους κατασκευαστές αυτοκινήτων, γι' αυτό δεν είναι και τόσο διαδεδομένος. Οι καταλύτες αυτοί είναι γεμάτοι με σφαιρίδια, τα οποία είναι από αδρανές υλικό και παρόμοιο καταλυτικό μέταλλο. Τα σφαιρίδια, τα οποία είναι επικαλυμμένα με ευγενή μέταλλα για να μετατρέπουν τους ρύπους σε καθαρότερα αέρια, δημιουργούν μέσα στο δοχείο του καταλύτη μια πορώδη μάζα, διαμέσου της οποίας περνούν τα καυσαέρια. Όπως τα καυσαέρια περνούν διαμέσου των σφαιριδίων, εφάπτονται με την πλατίνα και γίνονται οι σχετικές χημικές αντιδράσεις. Αν "δηλητηριαστεί" ο καταλύτης με σφαιρίδια, τότε αυτά μπορούν ν' αντικατασταθούν. Αν όμως αυτό συμβεί σε καταλύτη με κεραμικό μονόλιθο, τότε θα πρέπει να αντικατασταθεί ολόκληρος ο καταλύτης (όπως θα δούμε στην παράγραφο 2.9.2).



Σχ. 54: Καταλύτης διπλής κλίνης (τριοδικός) με αντικαθιστώμενα σφαιρίδια

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

Όμως σαν κατασκευή παρουσίασαν δυο βασικά μειονεκτήματα που ίσως δεν έχουν τεχνική λύση. Το σημαντικότερο ήταν η μεγάλη αντίθλιψη, δηλαδή τη μεγάλη διαφορά πίεσης στην είσοδο και στην έξοδο του μετατροπέα. Το δεύτερο ήταν η μεγάλη διαφορά στις διαστολές μεταξύ σφαιριδίων και περιβλήματος, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών.

Το περίβλημα έχει σχήμα επίπεδο (πλατύ) και οι διαστάσεις του ποικίλουν από 35 έως 50 cm και το μήκος του κυμαίνεται από 25 έως 35 cm. Το περίβλημα φέρει διπλά τοιχώματα και στον ενδιάμεσο χώρο υπάρχει θερμομονωτικό υλικό για τη μείωση των απωλειών θερμότητας.

Τα μεταλλικά σφαιρίδια τα οποία είναι κατασκευασμένα από χάλυβα με ανοξειδωτή προστασία φέρουν εξωτερικά τους πορώδη επιφάνεια κατασκευασμένη από οξείδιο του αλουμινίου - αλουμίνα (Al_2O_3). Προστίθεται Δημήτριο για την διευκόλυνση των αντιδράσεων αλλά και για την καλύτερη πρόσφυση του ενδιάμεσου στρώματος πάνω στη λεία επιφάνεια των σφαιριδίων. Η υψηλή πορώδης υφή επιτυγχάνεται με την προσεκτική καύση οργανικών προσθετών και την ατελή συμπύκνωση των προϊόντων της. Η πορώδης επιφάνεια είναι το ενδιάμεσο στρώμα που έχει αναφερθεί και σαν wash coat. Το κάθε σφαιρίδιο έχει διάμετρο 3mm. Η επιφάνεια του σφαιριδίου χωρίς το ενδιάμεσο στρώμα δεν ξεπερνά τα 10 τετραγωνικά χιλιοστά. Ένα λίτρο από τέτοια σφαιρίδια παρουσιάζει συνολική εξωτερική επιφάνεια 500.000 τετραγωνικών μέτρων. Τα μεταλλικά σφαιρίδια σαν φορέας έχουν μικρότερο κόστος από αυτό του κεραμικού μονόλιθου και είναι πιο φθηνά από το φορέα του μεταλλικού καταλύτη. Το πλήθος των σφαιριδίων κυμαίνεται από 100.000 έως 200.000 ανάλογα με το μέγεθος του μετατροπέα. Το δε μέγεθος του μετατροπέα εξαρτάται από τον κυβισμό της μηχανής.

Στους μετατροπείς με αντικαθιστώμενα σφαιρίδια τα ευγενή μέταλλα που χρησιμοποιούνται είναι η πλατίνα και το ρόδιο.

Τα σφαιρίδια είναι αντικαθιστώμενα και η διαδικασία αντικατάστασης είναι σχετικά απλή. Μια τάπα (πώμα) στον πυθμένα του μετατροπέα επιτρέπει με τη

βοήθεια των κατάλληλων εργαλείων την αφαίρεση των παλαιών και την προσθήκη νέων σφαιριδίων. Στη θέση της τάπας εφαρμόζεται ένα ειδικό εργαλείο που προκαλεί δονήσεις. Η διάταξη αυτή προκαλεί δονήσεις στο εσωτερικό του μετατροπέα και κινεί τα σφαιρίδια τα οποία με την βοήθεια μιας αντλίας συγκεντρώνονται σε ένα δοχείο, μέσα σε ειδικό αποθηκευτικό χώρο του δονητή.

Μετά την αφαίρεση των παλαιών σφαιριδίων, τοποθετούμε στο αποθηκευτικό δοχείο του δονητή τα καινούργια σφαιρίδια και πάλι με τη βοήθεια της αντλίας, με ανάστροφη λειτουργία όμως, τοποθετούνται τα σφαιρίδια στον καταλύτη.

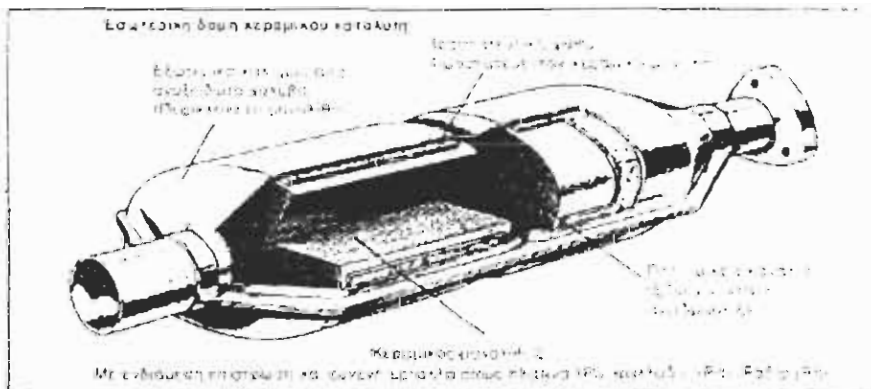
Στην περίπτωση που θα αρχίσουν να εξέρχονται σφαιρίδια από την εξάτμιση θα πρέπει να αντικατασταθεί ο καταλυτικός μετατροπέας. Η οξειδωση θα έχει διαβρώσει τα εσωτερικά τοιχώματά του με αποτέλεσμα να εξέρχονται από αυτόν τα σφαιρίδια.

2.9.2 ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΜΕ ΚΕΡΑΜΙΚΟ ΜΟΝΟΛΙΘΟ

Ο καταλύτης με κεραμικό μονόλιθο είναι αυτός που χρησιμοποιείται ευρέως από τους περισσότερους κατασκευαστές αυτοκινήτων. Ο κεραμικός μονόλιθος που έχει εξωτερικά κυψελοειδή μορφή, είναι ένα υλικό ευαίσθητο σε κραδασμούς, δονήσεις και θερμοκρασιακές καταπονήσεις. Η κατασκευαστική και εσωτερική δομή του καταλύτη θα εξεταστεί παρακάτω αναλυτικά.

2.9.2.1 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΚΕΡΑΜΙΚΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Η κατασκευή του καταλύτη εξωτερικά μοιάζει με αυτήν του "σιλανσιέ" (καζανάκι εξάτμισης). Στην πραγματικότητα όμως αποτελείται από τρία βασικά μέρη που περιγράφονται παρακάτω:



Σχ. 55: Εσωτερική δομή κεραμικού καταλύτη

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

A) Εξωτερικό κέλυφος ή μεταλλικό κάλυμμα

Το εξωτερικό κέλυφος ή μεταλλικό κάλυμμα, περικλείει τον κεραμικό μονόλιθο του καταλύτη και έχει σα σκοπό τη προστασία και τη συγκράτηση των ευαίσθητων υλικών που υπάρχουν στο εσωτερικό του. Κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα 409 του οποίου η σύσταση είναι: 45% σίδηρο (Fe), <36% νικέλιο (Ni) (μικρότερο ποσοστό από 36%), <27% χρώμιο (Cr) (μικρότερο ποσοστό από

27%). Λόγω των οξειδίων που δημιουργούνται από την καύση και την συμπύκνωση των υδρατμών που παράγονται από αυτήν και από τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του μετατροπέα, χρησιμοποιείται ο ανοξειδωτος χάλυβας για την κατασκευή του περιβλήματος. Έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αυτού. Αποτελείται από δυο ημικυλινδρικά μεταλλικά τμήματα, τα οποία συγκολλούνται μεταξύ τους κάτω από ακριβείς συνθήκες ενώ η μορφή του περιβλήματος (κυλινδρικό ή ωοειδές) εξαρτάται από το σχήμα του τεμαχίου του κεραμικού μονόλιθου που βρίσκεται στο εσωτερικό του.

Ανάλογα με την κατασκευάστρια εταιρία κατασκευάζονται περιβλήματα με πτυχώσεις - νεύρα που εξυπηρετούν τους παρακάτω λόγους:

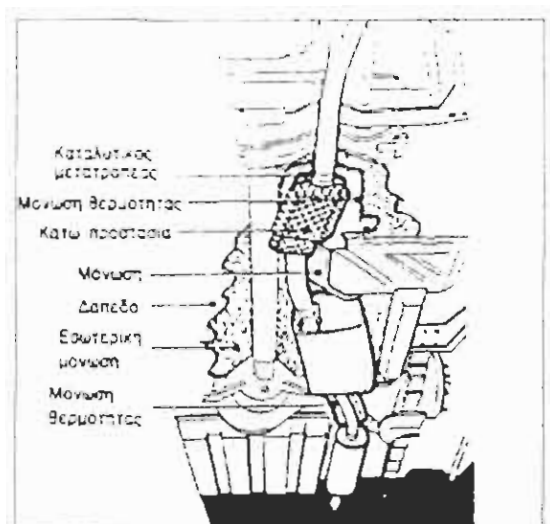
- 1) προσφέρουν μια ισχυρότερη κατασκευή στο περίβλημα
- 2) συγκρατούν σταθερά στη θέση του το κεραμικό μονόλιθο για να αποφεύγεται η μετατόπισή του από τις ανωμαλίες του οδοστρώματος
- 3) τα νεύρα αυτά δημιουργούν έναν ιδανικό χώρο για την τοποθέτηση του διαστελλόμενου τάπητα
- 4) με τον τάπητα τοποθετημένο μέσα σε αυτήν τη " φωλιά " δεν εμποδίζεται η ροή των καυσαερίων, αφού βρίσκεται έξω από αυτήν.

Σε κάποιες περιπτώσεις, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων απαιτούν από τους κατασκευαστές καταλυτικών μετατροπέων τη δυνατότητα παροχής πρόσθετου αέρα (δηλ οξυγόνου) στον καταλύτη, για ακόμα μεγαλύτερη οξείδωση των ρυπαντών, αλλά και για λειτουργία σε μικρότερες θερμοκρασίες. Οι καταλύτες αυτοί διαθέτουν σωλήνα παροχής για την εισαγωγή πρόσθετου αέρα.

Σε μερικούς καταλύτες (συνήθως αρρυθμιστους) υπάρχουν υποδοχές με τάπες για την εισαγωγή του δειγματοληπτικού στελέχους του αναλυτή καυσαερίων και τη μέτρηση των αέριων πριν απ' αυτόν.

Για την προστασία του καταλύτη από χτυπήματα, πέτρες κ.λ.π. στο δρόμο, τοποθετείται στο κάτω μέρος του μια προστατευτική σχάρα.

Στο πάνω μέρος τους οι σύγχρονοι καταλύτες φέρουν ενσωματωμένη και την ασπίδα θερμοκρασίας, εκτός από τη θερμομόνωση του δαπέδου, που τοποθετείται σε ειδικές υποδοχές του δαπέδου του αυτοκινήτου.

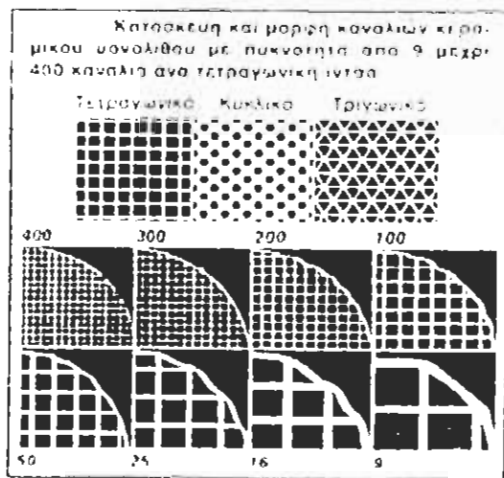


Σχ. 56: Προστασία υπερθέρμανσης δαπέδου

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπέες ή καταλύτες "

B) Κεραμικός μονόλιθος ή κεραμικός φορέας

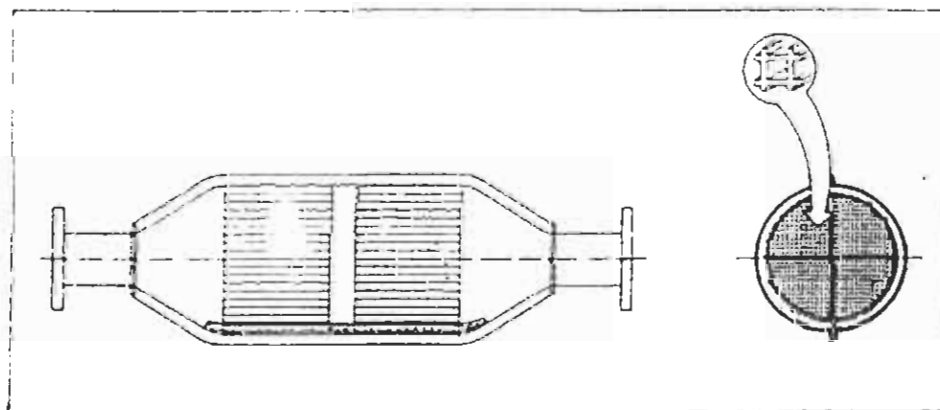
Το βασικό στοιχείο του καταλύτη είναι ο τεχνητός κεραμικός μονόλιθος (κορδιερίτης = $Mg_2Al_4Si_3O_{18}$) που είναι συνήθως κυλινδρικής μορφής και σαν κεραμικό υλικό έχει αρκετά υψηλό σημείο τήξεως ($1400^{\circ}C$) και πολύ μικρή θερμική διαστολή. Η κατασκευή του μονόλιθου είναι κυψελοειδούς μορφής με διαμήκη κανάλια (περάσματα), παράλληλα προς τη ροή των καυσαερίων. Ο αριθμός αυτών των καναλιών ανέρχεται σε μερικές εκατοντάδες, αφού σε μια τετραγωνική ίντσα υπολογίζεται ότι περιέχονται κατά μέσο όρο περίπου 240 τέτοια κανάλια ροής καυσαερίων. Αντιστοιχεί δηλ. 1 κανάλι περίπου σε κάθε ένα τετραγωνικό χιλιοστό



Σχ. 57: Μορφή των διαφόρων καναλιών του κεραμικού μονόλιθου

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "

κυλινδρικής τομής του κεραμικού μονόλιθου. Οι κεραμικοί μονόλιθοι κατασκευάζονται για διάφορες χρήσεις και με ποικίλο αριθμό καναλιών (από 9 μέχρι 400 κανάλια ανά τετραγωνική ίντσα).

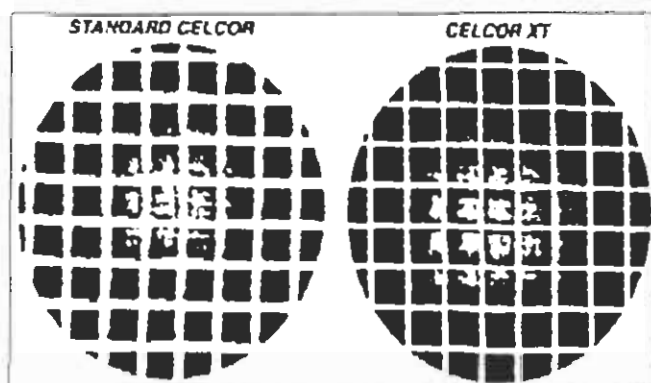


Σχ. 58: Σε κάθε τετραγωνική ίντσα αντιστοιχούν πάνω από 200 κανάλια ροής καυσαερίων

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

Το πάχος των τοιχωμάτων - που ας σημειωθεί, παλαιότερα είχαν τριγωνική μορφή - κυμαινόταν από 0,25 - 0,30 mm περίπου. Τα τοιχώματα των περισσότερων μονόλιθων έχουν τετραγωνική μορφή αν και υπάρχουν και με εξαγωνική ή κυκλική

μορφή. Το πάχος των τοιχωμάτων έχει μειωθεί από 0,25 - 0,30 mm σε 0,15 - 0,20 mm, για μικρότερη αντίθλιψη των καυσαερίων στον καταλύτη.



Σχ. 59: Τα νέα λεπτότερα τοιχώματα επιτρέπουν μείωση της αντίθλιψης και αύξηση της ισχύος

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "

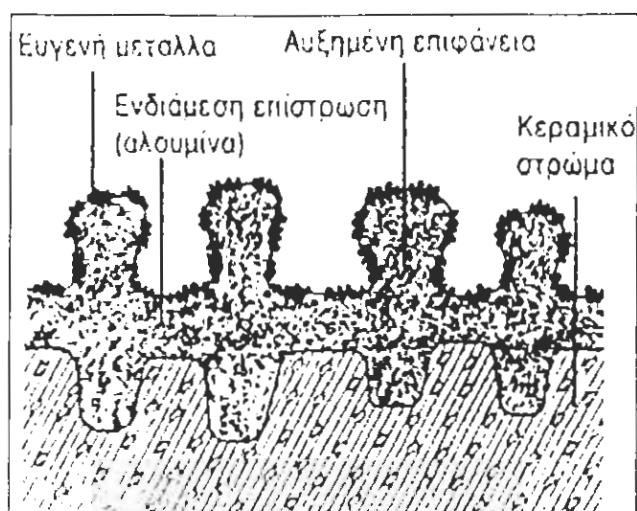
Ξοδεύονται πολλά χρήματα κάθε χρόνο από τις εταιρίες κατασκευής καταλυτικών μετατροπέων για να μειωθεί στο ελάχιστο η διαφορά πίεσης μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του καταλυτικού μετατροπέα. Αυτή η διαφορά πίεσης αναφέρεται σαν πίεση αντιστάθμισης ή αντίθλιψης. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίθλιψη τόσο μεγαλύτερη φραγή υπάρχει στη ροή των καυσαερίων από το σώμα του κεραμικού μονόλιθου.

Β1) Κύρια μέρη του κεραμικού μονόλιθου

Το τοίχωμα καναλιού του κεραμικού μονόλιθου, όπως φαίνεται στο σχετικό σχήμα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Κεραμικό στρώμα του μονόλιθου

- Ενδιάμεση επίστρωση-αλουμίνα (wash coat), είναι μία βάση οξειδίου του αλουμινίου (Al_2O_3) (γνωστή σαν γ-αλουμίνα που παράγεται και εξάγεται από την Ελλάδα) και τριοξείδιο του Δημητρίου (Ce_2O_3), τα οποία εμποτίζονται σε θερμοκρασία περίπου $450^{\circ}C$ στην επιφάνεια των καναλιών ροής των καυσαερίων. Η αλουμίνα χρησιμοποιείται για την καλύτερη πρόσφυση του υποστρώματος washcoat πάνω στον κορδιερίτη. Μετά την επίστρωση του ενδιάμεσου αυτού στρώματος των οξειδίων του αλουμινίου (washcoat) η επιφάνεια αυξάνεται εκπληκτικά λόγω των ανωμαλιών που προστίθενται. Η ενδιάμεση επίστρωση, λόγω της μεγάλης ειδικής επιφάνειας ($10-25 \text{ m}^2/\text{g}$), αυξάνει κατά πολύ την ενεργό επιφάνεια στην οποία γίνονται οι αντιδράσεις (10-25 φορές). Το πάχος της ενδιάμεσης επίστρωσης φθάνει στα 20 μ. στις εξωτερικές επιφάνειες και γωνίες και έως 150 μ. στις εσωτερικές γωνίες του κυψελωτού κεραμικού μονόλιθου (1 μ(μικρό) = υποδιαίρεση του mm).



Σχ. 60: Αύξηση της ενεργούς επιφάνειας με την ενδιάμεση επίστρωση και τα ευγενή μέταλλα

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

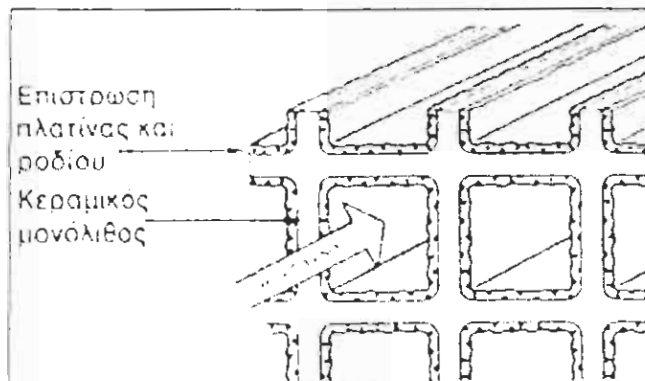


Σχ. 61: Επίστρώσεις στην επιφάνεια του κεραμικού μονόλιθου

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο ενδιάμεσο στρώμα υπάρχουν και άλλα ανόργανα υλικά σε πολύ μικρές ποσότητες. Μεταξύ αυτών μπορούμε να αναφέρουμε το θόριο, το πυρίτιο, το τιτάνιο, το βάριο και το ζirkόνιο. Η χρήση αυτών σταθεροποιεί το ενδιάμεσο στρώμα και αυξάνει το σημείο τήξεωσ αυτού σε επίπεδα πάνω από τους 1200°C. Επίσης να σημειωθεί ότι η τήξη του ενδιάμεσου στρώματος του καταλυτικού μετατροπέα εμφανίζεται στους 800°C.

• **Επίστρωση ευγενούς μετάλλου**, τοποθετείται στην ενδιάμεση επίστρωση που είναι ο κυρίως καταλύτης με τον οποίο έρχονται σ' επαφή τα καυσαέρια του κινητήρα. Τα ευγενή μέταλλα, που συνήθως χρησιμοποιούνται στην επίστρωση για τις αντιδράσεις της οξειδωσης, είναι πλατίνα (λευκόχρυσος) Ρt ή παλλάδιο Ρd και ρόδιο Rh για τις αντιδράσεις της αναγωγής. Η ιδανική σχέση επικάλυψης των ευγενών μετάλλων πλατίνας - ροδίου σ' έναν τριοδικό καταλύτη είναι 5:1. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της πραγματοποίησης των αντιδράσεων, οι αναλογίες μπορούν να διαφοροποιηθούν γιατί με την πλατίνα γίνονται οι οξειδωτικές αντιδράσεις, ενώ με το ρόδιο οι αναγωγικές.



Σχ. 62: Τριοδικός καταλύτης με τετραγωνικής μορφής κανάλια

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "

Σύμφωνα με δημοσιευμένα στοιχεία, έχουν πραγματοποιηθεί εργαστηριακές δοκιμές σε παραπάνω από 1.000 μίγματα. Η ποσότητα αυτών των ευγενών μετάλλων ανέρχεται σε μερικά μόνο γραμμάρια (1-3 gr) για τις πολύ μεγάλες επιφάνειες του καταλύτη, που ξεπερνάνε την επιφάνεια ενός ποδοσφαιρικού γηπέδου.

Συνήθως δίνεται η συνολική περιεκτικότητα των ευγενών μετάλλων σε γραμμάρια ανά κυβικό πόδι (gr/ft^3). Μια τέτοια περιεκτικότητα κυμαίνεται από 30-50 gr/ft^3 . Τα ευγενή μέταλλα χρησιμοποιούνται ως καταλύτες για να οξειδώνουν το CO και τους HC και να ανάγουν τα NO_x.

Γ) Προστατευτική ψάθα

Η προστατευτική ψάθα βρίσκεται στο εσωτερικό του περιβλήματος και καλύπτει τον κεραμικό φορέα εξασφαλίζοντας:

A) Την προστασία από θραύση του ευαίσθητου τεμαχίου του κεραμικού μονόλιθου λόγω των κραδασμών που προέρχονται από τις ανωμαλίες του οδοστρώματος.

B) Θερμομονώνει τον καταλύτη προκειμένου να επιτυγχάνεται η σωστή θερμοκρασία λειτουργίας συντομότερα.

Γ) Αναλαμβάνει να απορροφήσει τις διαστολές του τεμαχίου που βρίσκονται στο εσωτερικό του.

Δ) Τέλος ηχομονώνει από τους θορύβους που προκαλούνται από τη ροή των καυσαερίων.

Υπάρχουν δυο ειδών προστατευτικές ψάθες:

- Τύπος συρμάτινου πλέγματος
- Τύπος διαστελλόμενου τάπητα

Η προστατευτική ψάθα συρμάτινου πλέγματος είναι κατασκευασμένη από διογκωμένο μεταλλικό πλέγμα που προστατεύει σαν είδος «ανάρτησης», τον κεραμικό μονόλιθο αλλά δεν θερμομονώνει αυτόν. Το μεταλλικό πλέγμα δεν χρησιμεύει μόνο για τη σταθεροποίηση του κεραμικού μονόλιθου, αλλά και για την απορρόφηση της θερμικής διαστολής αυτού λόγω των υψηλών θερμοκρασιών λειτουργίας. Το μεταλλικό προστατευτικό πλέγμα κατασκευάζεται από κράμα ανοξείδωτου χάλυβα με χρώμιο και είναι σε δυο κομμάτια τα οποία συγκολλούνται προσεκτικά με ηλεκτροπόντα μετά την τοποθέτηση του κεραμικού μονόλιθου μέσα σε αυτά.

Η προστατευτική ψάθα τύπου διαστελλόμενου τάπητα είναι κατασκευασμένη από ένα θερμοανθεκτικό ελαστικό μονωτικό και χρησιμοποιείται για να καλύψει εξωτερικά το τεμάχιο του κεραμικού μονόλιθου. Εφαρμόζει πολύ καλά γύρω από αυτό για να το προστατέψει από τις μηχανικές καταπονήσεις (κρούσεις, κραδασμούς), λειτουργεί όμως και σαν θερμομόνωση. Κατασκευάζεται από κεραμικές ίνες για να έχει μεγάλη θερμική αντοχή και από ρητίνη για να διαθέτει ελαστικότητα (διαστέλλεται), από τη θερμοκρασία των 300°C και πάνω. Οι ίνες του τάπητα διατηρούν τις ελαστικές τους ιδιότητες και πέρα από τους 1000°C. Μια άλλη σημαντική προσφορά του τάπητα είναι η εξασφάλιση ηχομόνωσης της ροής των καυσαερίων μέσα από τους αγωγούς του κεραμικού υλικού. Μπορεί να υπάρχει και δεύτερο θερμομονωτικό υλικό για να θερμομονώνει καλύτερα τον μετατροπέα και να επιτυγχάνεται συντομότερα η θερμοκρασία λειτουργίας κατά την εκκίνηση του κρύου κινητήρα. Είναι γνωστό ήδη ότι όταν ο καταλύτης είναι κρύος δεν γίνεται καμιά αντίδραση μετατροπής των ρύπων, οπότε πρέπει να επιτευχθεί η θερμοκρασία λειτουργίας για να αρχίσει η διαδικασία μετατροπής αυτών. Αντέχει δε σε θερμοκρασίες άνω των 300°C.

2.9.3 ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΜΟΝΟΛΙΘΟ

Ο καταλύτης με μεταλλικό μονόλιθο αποτελεί τεχνολογική εξέλιξη των τελευταίων χρόνων. Θα μπορούσε μάλιστα να χαρακτηριστεί ο καλύτερος τύπος καταλύτη, αφού τα εργοστάσια κατασκευής αυτοκινήτων τον τοποθετούν στα κορυφαία τους μοντέλα. Αρχικά τοποθετήθηκε σε διάφορες θέσεις κοντά στον κινητήρα και λειτουργούσε σαν προκαταλύτης, συμπληρώνοντας έτσι τον κύριο καταλύτη. Η τοποθέτηση αυτή δεν ήταν καθόλου τυχαία, αφού οι κατασκευαστές αυτοκινήτων ήθελαν πιο γρήγορη καταλυτική διεργασία, κυρίως στα κρύα ξεκινήματα. Ο μεταλλικός μονόλιθος έχει επιπλέον την ιδιότητα να αντέχει περισσότερο στις θερμικές καταπονήσεις από τον κεραμικό.

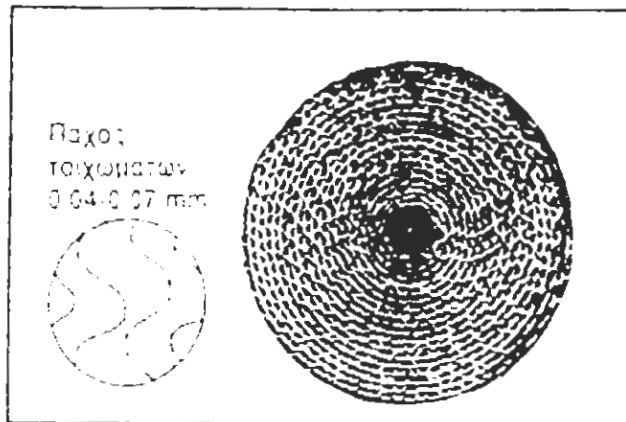
Επειδή όμως ο μεταλλικός καταλύτης συνδυάζει και μερικά άλλα πλεονεκτήματα, άρχισε η εφαρμογή του ως κύριου καταλύτη, ανεξάρτητα από το υψηλό κόστος.

Ο μεταλλικός καταλύτης, που είναι ακριβότερος από τον κεραμικό, φαίνεται ότι τελικά θα χρησιμοποιηθεί ευρύτερα, αν μειωθεί το κόστος κατασκευής του.

2.9.3.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΜΟΝΟΛΙΘΟΣ Ή ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

Το περίβλημα είναι ακριβώς το ίδιο που χρησιμοποιείται στους κεραμικούς καταλύτες. 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 σ' ένα άλλο ενδιάμεσο κυκλικό έλασμα.



Σχ. 63: Μεταλλικός μονόλιθος

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

Η όλη κατασκευή που θυμίζει σερπαντίνα, είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει στα κυματοειδή ελάσματα να περιτυλίγονται, να διαμορφώνονται σε επιστρώσεις και μέσω μιας σκληρής συγκόλλησης να αποτελούν το συμπαγές σώμα, του μεταλλικού μονόλιθου. Το υλικό που χρησιμοποιείται είναι χάλυβας υψηλής θερμότητας και ανθεκτικότητας στη διάβρωση, κατάλληλος για συγκόλληση και επίστρωση του " ευγενούς " καταλυτικού υλικού.

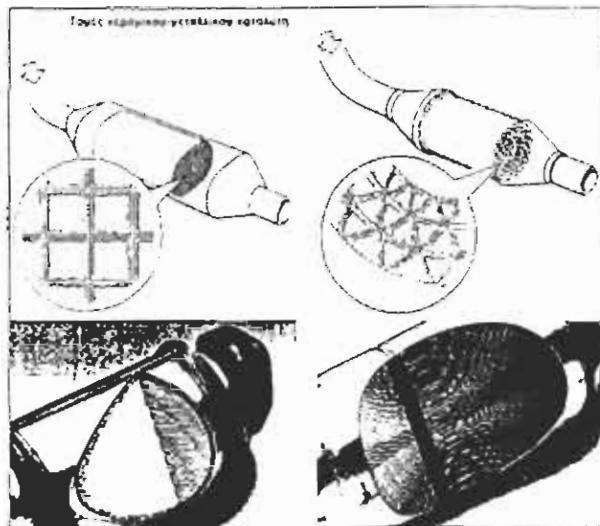
Το πάχος του κυμαίνεται από 0,04 - 0,07 mm. Η τοποθέτηση του μεταλλικού μονόλιθου στο κέλυφος είναι πιο απλή απ' ότι στον κεραμικό μονόλιθο. Ο λόγος είναι ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερη διαστολή μεταξύ μονόλιθου και κελύφους. Στον μεταλλικό καταλύτη δεν χρειάζεται το ενδιάμεσο εξισωτικό στοιχείο, ενώ στον κεραμικό καταλύτη είναι απαραίτητη η αντίστοιχη προστατευτική ψάθα.

Το ενδιάμεσο στρώμα wash-coat είναι το ίδιο ακριβώς με αυτό που χρησιμοποιείται στους κεραμικούς καταλύτες.

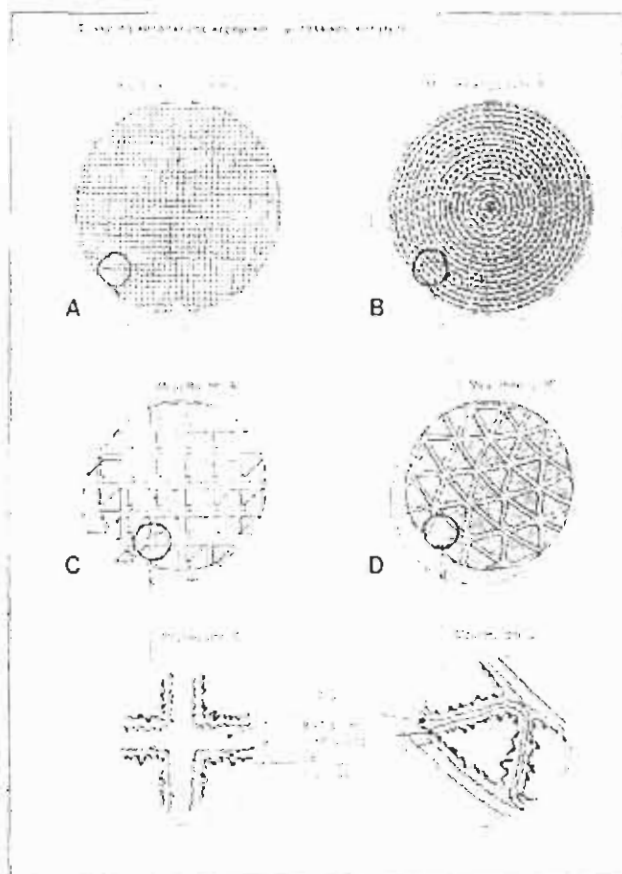
Όσον αφορά τα ευγενή μέταλλα δεν υπάρχει διαφορά με τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στους κεραμικούς μετατροπείς. Οι εταιρίες χρησιμοποιούν διαφορετικά τα ευγενή μέταλλα πάνω στο ενδιάμεσο στρώμα. Τα ευγενή μέταλλα που χρησιμοποιούνται συνήθως στους μεταλλικούς καταλυτικούς μετατροπείς είναι η πλατίνα (Pt) και το ρόδιο (Rh) με αναλογία ανάμιξης Pt/Rh=5\1. Η αναλογία αυτή όμως διαφοροποιείται ελαφρά από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Οι αναλογίες των ευγενών μετάλλων μεταξύ τους είναι σχετικά κρίσιμες αφού ο εγκλωβισμός του οξυγόνου και του υδρογόνου που κάνουν, είναι σημαντική παράμετρος για τη λειτουργία του μετατροπέα. Η ποσότητα των ευγενών μετάλλων για έναν φορέα μεταλλικού καταλύτη μήκους 74,5mm και διαμέτρου 127 είναι 40 g\ft³. Αυτό βέβαια εξαρτάται από την πυκνότητα των αγωγών ροής.

2.9.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ-ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

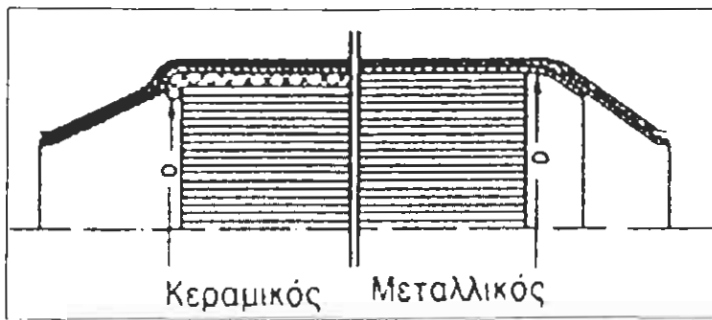
Μια σύγκριση των πλεονεκτημάτων - μειονεκτημάτων του μεταλλικού - κεραμικού καταλύτη, δίνει την παρακάτω εικόνα:



Σχ. 64: Τομές κεραμικού - μεταλλικού καταλύτη
 Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Κανσαίρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "



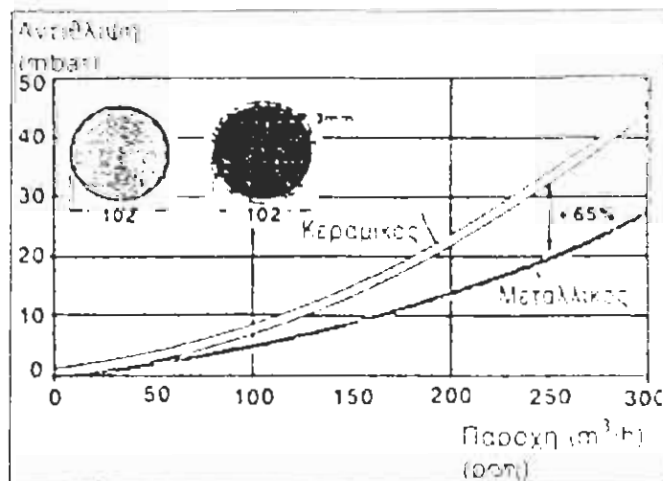
Σχ. 65: Σύγκριση κατασκευής κεραμικού - μεταλλικού
 καταλύτη
 Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Κανσαίρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "



Σχ. 66: Σύγκριση κεραμικού μεταλλικού καταλύτη με ίδιες εξωτερικές διαστάσεις

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

- Ο μεταλλικός καταλύτης παρουσιάζει μεγαλύτερη απόδοση ισχύος, για ισοδύναμη καταλυτική επενέργεια, λόγω κατασκευής.
- Τα τοιχώματά του είναι λεπτότερα (0,05 mm κατά μέσο όρο), απ' ότι στον κεραμικό καταλύτη (0,2 mm κατά μέσο όρο).
- Ο φόβος δημιουργίας τήξης (λιώσιμο) σε εμφάνιση "αιχμών θερμότητας" είναι μικρότερος, γιατί λόγω της 10πλάσιας θερμοαγωγιμότητας του μετάλλου αποβάλλεται ταχύτερα η θερμότητα στο περιβάλλον. Συνεπώς η περίπτωση βλάβης μειώνεται, ενώ αυξάνεται η διάρκεια ζωής.
- Για ίδια αντίθλιψη, αλλά μεγαλύτερο αριθμό κυψελών μπορεί να πραγματοποιηθεί ακόμη μεγαλύτερη καταλυτική επίδραση με αμετάβλητη την ισχύ του κινητήρα.
- Αντίστροφα, ο όγκος του καταλύτη μπορεί να μειωθεί κατά 30% περίπου σε σχέση με τον αντίστοιχο κεραμικό και να αποτελέσει μια πιο μικρή και "συμπαγή" κατασκευή, με αμετάβλητη την ισχύ του κινητήρα και την καταλυτική επίδραση.
- Η ενεργοποίηση στο μεταλλικό μονόλιθο γίνεται γρηγορότερα γιατί η ειδική θερμοχωρητικότητά του είναι περίπου η μισή απ' ότι στον κεραμικό μονόλιθο. Η θερμοκρασία λειτουργίας του καταλύτη επιτυγχάνεται συντομότερα, με αποτέλεσμα μετά την εκκίνηση να πραγματοποιείται μια καλύτερη καταλυτική επίδραση.



Σχ. 67: Διάγραμμα πτώσης πίεσης (αντίθλιψης) - παροχής καυσαερίων για καταλύτη με κεραμικό - μεταλλικό μονόλιθο

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ " Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες "

Πλεονεκτήματα του μεταλλικού μονόλιθου:

- Η μικρότερη αντίθλιψη.
- Η μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια.
- Η μικρότερη και πιο συμπαγής κατασκευή.
- Η μεγαλύτερη θερμοαγωγιμότητα (η ιδιότητα του υλικού να προσλαμβάνει ή να αποβάλλει θερμότητα).
- Η χαμηλή ειδική θερμοχωρητικότητα (η ιδιότητα που έχει το υλικό να συγκρατεί θερμότητα).

Μειονεκτήματα του μεταλλικού μονόλιθου:

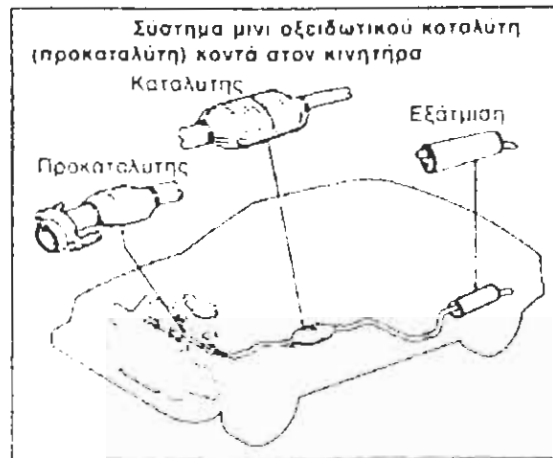
- Το υλικό κατασκευής του μεταλλικού μονόλιθου είναι ακριβότερο από αυτό του κεραμικού.
- Μετά τους 1100°C (θερμοκρασία που μπορεί να δημιουργηθεί από ελαττωματική λειτουργία του κινητήρα), δημιουργούνται προβλήματα, όπως αυτό της "θερμικής διάβρωσης".
- Η μηχανική αντοχή του μεταλλικού μονόλιθου είναι μικρότερη του κεραμικού μονόλιθου. Τα μεταλλικά ελασμάτινα στρώματα μπορεί να διαχωριστούν, κάτι που δεν υπάρχει στον κεραμικό μονόλιθο.
- Η μικρή θερμοχωρητικότητά του αν και συμβάλλει στη γρήγορη ενεργοποίηση του καταλύτη, επιδρά αρνητικά στην περίπτωση "κυκλοφοριακού προβλήματος", αφού ο μεταλλικός καταλύτης ψύχεται γρηγορότερα.
- Δεν υπάρχει προστατευτική ψάθα, αφού η στήριξή του γίνεται απ' ευθείας στο μεταλλικό εξωτερικό κέλυφος.

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες χρησιμοποιούν τριοδικούς καταλύτες με μεταλλικό μονόλιθο, στα κορυφαία μοντέλα τους. Συμπερασματικά, θα μπορούσε να προβλέψει κανείς ότι, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, η τεχνολογική ανάπτυξη του μεταλλικού καταλύτη θα είναι τέτοια που λαμβάνοντας υπόψη τη σχέση κόστος - απόδοση, ίσως να εκτοπίσει τον καταλύτη με κεραμικό μονόλιθο. Η μικρότερη και πιο συμπαγής κατασκευή του (μικρότερος όγκος) είναι μεγάλο πλεονέκτημα που έχει ήδη προσελκύσει ήδη το ενδιαφέρον των Ευρωπαίων κατασκευαστών αυτοκινήτων για το άμεσο μέλλον.

2.10 ΆΛΛΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

Άλλα κατασκευαστικά συστήματα καταλυτών που εφαρμόστηκαν - κυρίως στην Αμερική και λιγότερο στην Ευρώπη - είναι:

Ο *mini οξειδωτικός καταλύτης* ή *προκαταλύτης* είναι ένας μικρός καταλύτης που τοποθετείται πολύ κοντά στις βαλβίδες εξαγωγής στον κινητήρα, πριν το κύριο καταλυτικό μετατροπέα.

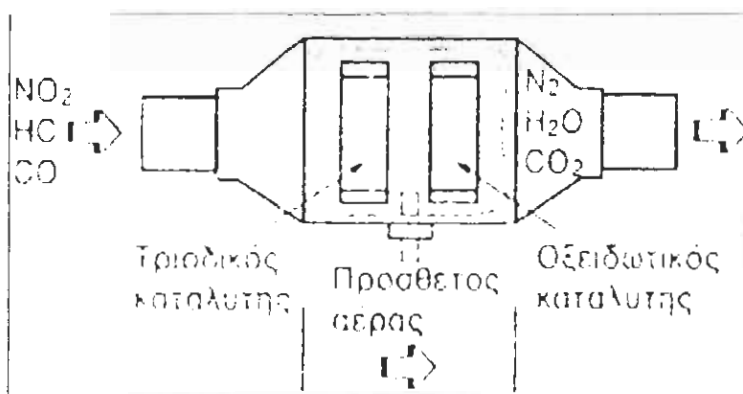


Σχ. 68: Τοποθέτηση του προκαταλύτη στον κινητήρα

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

Είναι κατασκευασμένος από κεραμικό μονόλιθο ή από μεταλλικό και χρησιμοποιεί τα ευγενή μέταλλα πλατίνα ή παλλάδιο σαν ενεργά υλικά. Επομένως πρόκειται για έναν απλό οξειδωτικό καταλύτη.

Κατά τη φάση της προθέρμανσης του κινητήρα και μέχρι να ζεσταθεί ο κυρίως καταλύτης, έχει επιτευχθεί η άμεση προθέρμανση του προκαταλύτη επειδή ακριβώς έχει πολύ μικρό όγκο και βρίσκεται πολύ κοντά στις βαλβίδες εξαγωγής. Έτσι έχουν αρχίσει σχεδόν ταυτόχρονα με την εκκίνηση του κινητήρα και οι αντιδράσεις μετατροπής των ρύπων. Όμως δεν περιμένουμε η μετατροπή των ρύπων να είναι ίδια με αυτή που θα συμβεί μετά την προθέρμανση του κυρίως καταλύτη. Ο μίνι οξειδωτικός καταλύτης οξειδώνει ένα μέρος των καυσαερίων, ενώ τα υπόλοιπα καυσαέρια τα οξειδώνει ο κυρίως οξειδωτικός καταλύτης. Ο συνδυασμός αυτός έχει σαν αποτέλεσμα την αυξημένη καταλυτική μετατροπή που είναι αναγκαία στα αμερικάνικα αυτοκίνητα μεγάλου κυβισμού.



Σχ. 69: Τριοδικός και οξειδωτικός καταλύτης με προσαγωγή αέρα για αυτοκίνητο μεγάλου κυβισμού

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο προκαταλύτης προθερμαίνει πολύ πιο γρήγορα τον κυρίως καταλύτη και ο χρόνος αναμονής προθέρμανσης αυτού ελαχιστοποιείται με την τοποθέτηση ενός οξειδωτικού καταλύτη πολύ κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής. Αυτό οφείλεται στο ότι τα καυσαέρια εξερχόμενα από τον προκαταλύτη έχουν ακόμη

μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτήν της εισόδου τους σε αυτόν. Επομένως διευκολύνει τον κυρίως καταλύτη στο έργο του και μάλιστα τον αναγκάζει να προθερμανθεί συντομότερα αφού τα καυσαέρια διαφεύγουν πιο θερμά από αυτόν κατά τη φάση της προθέρμανσης.

Παραλλαγή αυτού του συστήματος αποτέλεσε ο τριοδικός και οξειδωτικός καταλύτης – που ήταν ένας συνδυασμός ενός τριοδικού και ενός οξειδωτικού καταλύτη (μία μονάδα), σ' ένα κοινό κέλυφος και με έγχυση αέρα. Το σύστημα αυτό επικράτησε ιδιαίτερα στην Αμερική και χρησιμοποιείται σε κινητήρες με κυβισμό άνω των 5 lt. Θεωρείται ως η πιο κατάλληλη επιλογή, αφού ένας τριοδικός καταλύτης είναι επαρκής μέχρι 4,5 λίτρα.

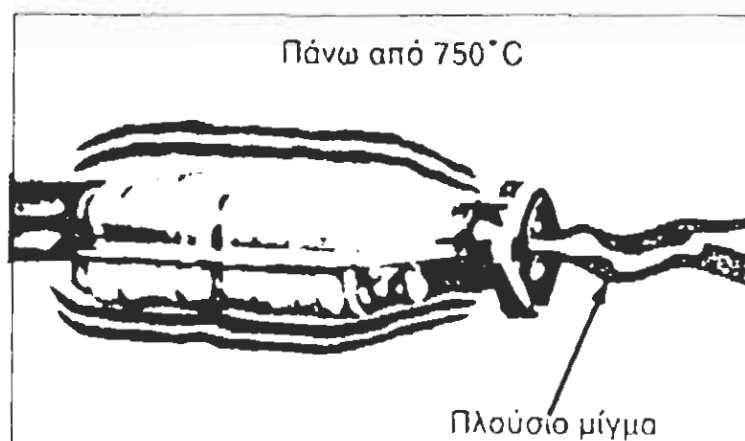
Προηγείται ο τριοδικός που βρίσκεται κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής και ακολουθεί ο οξειδωτικός. Αυτό γίνεται γιατί στο ενδιάμεσο κενό χώρο γίνεται προσαγωγή φρέσκου αέρα από το περιβάλλον. Έτσι μειώνονται περαιτέρω οι ρύποι, όμως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση του συστήματος. Αν τοποθετηθεί ανάποδα στη ροή των καυσαερίων, τότε θα καταστραφεί το τριοδικό τμήμα του καταλύτη.

Άλλη παραλλαγή του συστήματος λόγω των μεγάλων αναγκών καταλυτικής μετατροπής, είναι το "δίδυμο" σύστημα καταλυτικού μετατροπέα, στο οποίο χρησιμοποιούνται διπλοί καταλύτες με ένα κοινό ή δυο ανεξάρτητους λήπτες λάμδα. Τέλος, για την εξασφάλιση χώρου σε μικρού κυβισμού αυτοκίνητα παρουσιάστηκε συνδυασμός καταλύτη και εξάτμισης στο ίδιο καζανάκι.

2.11 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Οι κυριότερες δυσκολίες που πρέπει να ξεπεραστούν για την επιτυχή λειτουργία του καταλύτη και τη μείωση των επικίνδυνων για την υγεία και το περιβάλλον ρυπαντών είναι οι εξής :

- Η ελάχιστη θερμοκρασία που απαιτείται για τη μετατροπή των ρυπαντών είναι 300°C περίπου.
- Η πλατίνα ή και τα μίγματα αυτής, πλατίνα - παλλάδιο ή πλατίνα - ρόδιο, είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στον πρόσθετο μόλυβδο της βενζίνης, ο οποίος χρησιμοποιείται για την αύξηση του βαθμού αντικροτικότητας.
- Η διαδικασία αναγωγής των οξειδίων του αζώτου είναι αποτελεσματική μόνον όταν το μίγμα είναι το προβλεπόμενο (ρύθμιση στην περιοχή $\lambda \approx 1$). Μετά την αναγωγή, η θερμοκρασία διατηρείται σε υψηλά επίπεδα λόγω των χημικών αντιδράσεων που γίνονται στο εσωτερικό του καταλύτη. Μια μέση θερμοκρασία λειτουργίας, όταν το αυτοκίνητο κινείται εκτός της πόλης, είναι 430 - 480°C. Στην πόλη όμως, λόγω του ότι ο κινητήρας παρατεταμένα είναι στο ρελαντί, αναπτύσσεται μεγαλύτερη θερμοκρασία, που φθάνει στους 700°C ή και 800°C. Σε κάποιες μάλιστα περιπτώσεις κίνησης με τη μέγιστη ταχύτητα, μπορεί να ξεπεράσει τους 1.000°C, φθάνοντας οριακά στους 1.300°C ή 1.400°C.



Σχ. 70: Ο σημαντικότερος κίνδυνος είναι η υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας του καταλύτη

Πηγή: Διπλωματική ΚΤΕΟ "Καυσαέρια - καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες"

- Η μεγαλύτερη δυνατή μείωση του χρόνου προθέρμανσης του καταλύτη, που πρακτικά είναι λίγο μικρότερη από 5 λεπτά, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη βελτίωση της λειτουργίας του. Γι' αυτό ήδη εφαρμόζονται θερμαινόμενοι καταλύτες.
- Η επιλογή της θέσης του καταλύτη και η σχετική απομάκρυνσή του από την πολλαπλή εξαγωγής, είναι ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας για τη μη υπερθέρμανσή του σε συνθήκες "μποτιλιαρίσματος".

2.12 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Η Ευρωπαϊκή αλλά και η Αμερικανική νομοθεσία, απαιτούν εδώ και αρκετά χρόνια την εγγυημένη απόδοση του καταλύτη για 80.000 χλμ. τουλάχιστον. Οι κατασκευαστές καταλυτών αλλά και αυτοκινήτων υποστηρίζουν ότι η διάρκεια ζωής ενός καταλύτη είναι 100.000 km. (Αυτό τον νούμερο έχει αμφισβητηθεί από πολλούς φορείς, ακόμα και στην Ελλάδα).

Η διάρκεια ζωή ενός καταλύτη μπορεί να μειωθεί εξαιτίας τριών παραγόντων:

- 1) Θερμική καταπόνηση
- 2) Δηλητηρίαση
- 3) Μηχανική καταπόνηση

2.12.1 ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

Για να λειτουργήσει σωστά ένας καταλυτικός μετατροπέας, χρειάζεται: α) να εισέρχεται σε αυτόν το σωστό μίγμα καυσαερίων μετά από μια καλή καύση β) η θερμοκρασία λειτουργίας του θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 250°C και 350°C. Οι εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες, όπως ήδη αναφέρθηκε, μειώνουν σημαντικά τη ζωή του καταλύτη και των κεραμικών υλικών, προξενώντας γρήγορη θερμοκρασιακή γήρανση. Σε οριακές καταστάσεις οδηγούν στην πρόωρη καταστροφή του. Τα καρμπυρατέρ που δεν είναι ρυθμισμένα ορθά ή τα συστήματα ψεκασμού που δεν λειτουργούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή μπορεί να είναι η αιτία παρουσίας άκαυστης βενζίνης στα καυσαέρια και κατά συνέπεια στον καταλυτικό

μετατροπέα. Σε κάθε περίπτωση που ο κινητήρας λειτουργεί με πολύ φτωχό μίγμα και μάλιστα κάτω από συνθήκες φορτίου, παρουσιάζονται προβλήματα κακής ανάφλεξης στους κυλίνδρους και υψηλότερες θερμοκρασίες από τις φυσιολογικές, που φθάνουν μέχρι το κέλυφος του καταλύτη. Ο μετατροπέας λόγω των υψηλών θερμοκρασιών λειτουργίας θα παράσχει πρόσφορο πεδίο για την καύση των υδρογονανθράκων που κατάφεραν και έφτασαν σε αυτόν και έτσι θα προσπαθήσει να τους "κάψει". Αν αυτό συνεχιστεί για περισσότερο από 5 λεπτά, τότε θα αυξηθεί σημαντικά η θερμοκρασία στο εσωτερικό του και θα αρχίσει η τήξη των ευγενών μετάλλων του ενδιάμεσου στρώματος και του φορέα. Σε αυτήν την περίπτωση χρειάζεται αξιόπιστο σύστημα ανάφλεξης και φυσικά ρύθμιση του κινητήρα. Αν στον καταλύτη υπάρξει ένα πολύ πλούσιο μίγμα καυσίμου λόγω κακής λειτουργίας του κινητήρα, τότε ο καταλύτης αρχίζει να λειτουργεί σαν υψικάμινος, αφού σε αυτόν καίγεται το μίγμα. Για παράδειγμα, αν λόγω βραχυκυκλωμένων μπουζί δεν δοθεί σπινθήρας σ' έναν ή δύο κυλίνδρους για κάποιο χρονικό διάστημα, τότε η θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους 900°C ή 1.000°C. Αυτή η ασυνήθιστα υψηλή θερμοκρασία μπορεί να καταστρέψει τον καταλύτη. Κάτω από αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες είναι δυνατό να αλλάξει η σύσταση των ευγενών μετάλλων, ενώ σε ακόμα πιο υψηλές θερμοκρασίες οι πόροι της ενδιάμεσης επίστρωσης του κεραμικού υλικού κλείνουν λόγω θερμικής προσκόλλησης των μορίων του υλικού και δημιουργίας νέας παραμορφωμένης μοριακής δομής, με αποτέλεσμα το υλικό αυτό να καταστρέφεται. Στην περίπτωση αυτή, ο καταλύτης έχει γίνει ανενεργός και είναι απαραίτητη η αντικατάστασή του.

Γενικά, η καταλυτική μετατροπή δημιουργεί εξώθερμες αντιδράσεις (αντιδράσεις δηλ. που αποδίδουν θερμότητα). Ακόμα, η θερμοκρασία καυσαερίων στην έξοδο του καταλύτη είναι κατά 80 - 100°C, μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία στην είσοδο.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ				
Θ E P M	1400 -	Λιώσιμο του υλικού του μονόλιθου	Υπερθερμανση	
	1300 -	Μαλάκωση του υλικού του μονόλιθου Αλλαγή της δομής του υλικού του μονόλιθου		
	1200 -	Διάλυση της ενδιάμεσης επίστρωσης (στρώμα οξειδίου του αλουμινίου-Al ₂ O ₃)		
	1100 -	Θερμική προσκόλληση Pt/Rh		
O	°C	1000 -	Μεταβολή δομής από γ σε α-Al ₂ O ₃ (ενδιάμεσης επίστρωσης)	Μεταβατική περιοχή λειτουργίας
K		900 -	Κλείσιμο (βούλωμα) πόρων στο υλικό Θερμική προσκόλληση Pt/Pd	
P		800 -	Θερμική προσκόλληση γ σε α-Al ₂ O ₃	
A		Κατάλοιπα από λάδια και καύσιμα		Περιοχή λειτουργίας
Σ	700 -	Rh/Al ₂ O ₃ Αντίδραση		
	600 -	Ni/Al ₂ O ₃ Αντίδραση		
	500 -			
I	400 -			
	300 -			
A	200 -	Καμιά επίδραση στον καταλύτη		
	100 -			

Σχ. 71: Επίδραση της θερμοκρασίας

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

Μια άλλη αιτία για την δημιουργία πλούσιου καύσιμου μίγματος αποτελεί ο ελαττωματικός λήπτης λάμδα, ο οποίος δίνει λανθασμένες πληροφορίες για την ποσότητα του οξυγόνου που διέρχεται από τα καυσαέρια. Η βλάβη όμως του λήπτη λάμδα καταγράφεται από τη μονάδα ηλεκτρονικής επεξεργασίας και μάλιστα πληροφορεί τον χρήστη με ενδεικτική λυχνία στο ταμπλό των οργάνων.

Αν λοιπόν παρουσιαστεί " μετάκαυση " των άκαυστων υδρογονανθράκων μέσα στον μετατροπέα και βέβαια αν αυτή διαρκέσει περισσότερο από μερικά λεπτά, τότε θα αυξηθεί η θερμοκρασία του σημαντικά και θα αρχίσει να λιώνει το εσωτερικό του. Λεπτομερέστερα:

- 1) Στον καταλυτικό μετατροπέα με κεραμικό μονόλιθο θα λιώσει ο κεραμικός φορέας και στη συνέχεια θα φράξουν οι αγωγοί ροής των καυσαερίων. Εάν η άνοδος της θερμοκρασίας διαρκέσει περισσότερη ώρα, τότε ο καταλυτικός μετατροπέας θα παραμορφωθεί πλήρως και θα καταστεί πλήρως ανενεργός. Θα γίνει αντιληπτή η ζημιά αυτή από την πτώση της απόδοσης του κινητήρα λόγω της μεγάλης αντίθλιψης. Στους κεραμικούς καταλύτες η κανονική θερμοκρασία λειτουργίας κυμαίνεται από 250°C έως 350°C. στην περίπτωση που γίνεται καύση στον κινητήρα με ελαφρώς πλούσιο μίγμα, τότε η θερμοκρασία στο εσωτερικό του μετατροπέα αυξάνει και ξεπερνά τους 650°C. Αν όμως συνεχιστεί η καύση των υδρογονανθράκων περισσότερο χρόνο, τότε η θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους 1200°C. Η απενεργοποίηση του μονόλιθου γίνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (400 - 600°C). Η τήξη όμως του μονόλιθου αρχίζει πάνω από τους 1400°C.
- 2) Στον μεταλλικό καταλυτικό μετατροπέα το πεδίο κανονικών θερμοκρασιών λειτουργίας είναι και εδώ 250 - 350°C. Η άνοδος της θερμοκρασίας λειτουργίας πάνω από τους 1100°C θα προκαλέσει σοβαρά προβλήματα όπως αυτό της θερμικής διάβρωσης. Ο φορέας λόγω της θερμικής καταπόνησης διαβρώνεται και τρυπάει. έτσι φράζουν οι αγωγοί ροής, αυξάνοντας την αντίθλιψη και ελαττώνοντας την απόδοση του κινητήρα.

Θερμική Γήρανση

Η θερμική καταπόνηση που προκαλείται από την αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από τα επίπεδα κανονικής λειτουργίας έχει σαν αποτέλεσμα τη θερμική γήρανση του καταλύτη. Η θερμική γήρανση του μετατροπέα έρχεται μετά από μερικές αυξήσεις της θερμοκρασίας πάνω από τα κανονικά επίπεδα λειτουργίας και επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του καταλύτη. Η μέση θερμική γήρανση που επηρεάζει σημαντικά την απόδοση και λειτουργία του καταλύτη επέρχεται μεταξύ των θερμοκρασιών 600 - 800°C. Η γρήγορη θερμική γήρανση επέρχεται πάνω από τους 1000°C και αφήνει μόνιμα τα σημάδια της με την τήξη του μονόλιθου σε κάποια σημεία τα οποία λέγονται θερμικές οπές. Στη θερμοκρασία αυτή μειώνεται η επιφάνεια του ενδιάμεσου στρώματος και πέφτει η απόδοση των αντιδράσεων μετατροπής των ρύπων. Στους 1200°C αποκολλάται το wash-coat από το φορέα και φράζουν οι αγωγοί ροής. Στους 1400°C αρχίζει η τήξη του κεραμικού μονόλιθου και επέρχεται η πλήρης καταστροφή του μετατροπέα.

2.12.2 ΔΗΛΗΤΗΡΙΑΣΗ

Ανατρέχοντας στα πρότυπα ANSI-SAE (J1145a) ως ΔΗΛΗΤΗΡΙΑΣΗ του καταλύτη ορίζεται η σταδιακή μείωση της απόδοσής του (όσον αφορά την ικανότητα μετατροπής των καυσαερίων).

Η δηλητηρίαση οφείλεται στην εναπόθεση ξένων στοιχείων όπως είναι ο μόλυβδος (Pb), το λιπαντικό του κινητήρα (τα περιεχόμενα "Μεταλλικά στοιχεία", ο φώσφορος (P)), η καπνιά, το αντιψυκτικό του κινητήρα, η άκαυστη βενζίνη και το θείο (S), πάνω στην ενεργό επιφάνεια του καταλύτη, οπότε σχηματίζονται οι χημικές ενώσεις του δηλητηρίου (π.χ. μολύβδου με το μέταλλο του ίδιου του καταλύτη) ενώ παράλληλα έρχονται σε επαφή, με την επιφάνεια αυτή, οι ρυπαντές που βρίσκονται στα καυσαέρια με αποτέλεσμα να σταματά η καταλυτική δράση. Η δηλητηρίαση αρχίζει από την επιφάνεια και φτάνει σε βάθος 30 μ. Συγκριτικά, υπενθυμίζεται ότι το πάχος της ενδιάμεσης επίστρωσης (αλουμίνιας), κυμαίνεται από 20μ στις εξωτερικές επιφάνειες (γωνίες), μέχρι 150μ στις εσωτερικές γωνίες του κεραμικού μονόλιθου (1 μικρό=10⁻⁶mm).

Ένας άλλος τρόπος δηλητηρίασης του καταλύτη είναι η είσοδος του δηλητηρίου σε μικρές ποσότητες στους πόρους και έτσι φράσσονται, με αποτέλεσμα τη μη διόδο των καυσαερίων δια μέσου των στομιών του και επομένως την αδυναμία επαφής καταλυτικών καυσαερίων.

Τα δηλητήρια αυτά προέρχονται από πρόσθετα βελτιωτικά, τις βενζίνες αλλά και των λιπαντικών κυρίως από το περιεχόμενο στη βενζίνη μολύβδου.

2.12.2.1 ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Η πιο σημαντική προϋπόθεση για μεγάλη διάρκεια ζωής του καταλύτη, είναι η χρήση βενζίνης απαλλαγμένης από μόλυβδο ή πιο γνωστή σαν αμόλυβδη βενζίνη (UNLEADED GASOLINE). Ο μόλυβδος (Pb), ως πρόσθετο βενζίνης, ανεβάζει τον αριθμό οκτανίων και λιπαίνει κάποια μέρη της κυλινδροκεφαλής και του θαλάμου καύσης, κυρίως όμως τις βαλβίδες και τις έδρες.

Αυτός είναι και ο βασικότερος λόγος για τον οποίο προτείνεται η χρήση βενζίνης με μόλυβδο στους συμβατικούς κινητήρες παλαιάς τεχνολογίας (λίπανση εδρών - βαλβίδων). Οι κινητήρες που καίνε αμόλυβδη βενζίνη έχουν πρόσθετα σκληρυμένες έδρες βαλβίδων. Η χρήση αμόλυβδης βενζίνης σε συμβατικούς κινητήρες έχει ως αποτέλεσμα την πρόωρη φθορά των παραπάνω σημείων.

Για την προστασία του καταλύτη από λάθος χρήση βενζίνης, τόσο στην Αμερική όσο και στην Ευρώπη, τα καταλυτικά αυτοκίνητα εφοδιάζονται μ' έναν ειδικό σωλήνα (στόμιο) πλήρωσης του ρεζερβουάρ. Ο σωλήνας αυτός, είναι μικρότερης διαμέτρου από αυτόν που χρησιμοποιείται στα μη καταλυτικά αυτοκίνητα και επιτρέπει την είσοδο ενός νέου μικρότερου σωλήνα παροχής (μάνικα) από την αντλία αμόλυβδης βενζίνης. Ακόμα και στις περιπτώσεις εκ των υστέρων τοποθέτησης του καταλύτη, το προς πώληση σετ καταλύτη περιλαμβάνει έναν ειδικό περιοριστή, που τοποθετείται στο λαιμό του ρεζερβουάρ.

Επιπρόσθετα, στο σωλήνα πλήρωσης του ρεζερβουάρ τοποθετείται μια ελατηριωτή βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή μπορεί ν' ανοίξει μόνο από το μικρότερης διαμέτρου σωλήνα παροχής αμόλυβδης βενζίνης, εμποδίζοντας ταυτόχρονα κάθε προσπάθεια τροφοδοσίας καυσίμου από άλλο σωλήνα μεγαλύτερης διαμέτρου π.χ. μάνικα βενζίνης με μόλυβδο.

Τα οξειδία του μολύβδου που προκύπτουν από την καύση της βενζίνης με μόλυβδο σχηματίζουν ένα στρώμα επάνω στην επιφάνεια του καταλύτη με αποτέλεσμα να μην έρχονται σε επαφή τα καυσαέρια με τα πολύτιμα μέταλλα του καταλύτη. Έτσι παύει να επενεργεί αυτός. Επιπλέον αυξάνεται η αντίσταση στην ροή των καυσαερίων έχοντας σαν αποτέλεσμα την απόφραξη του καταλύτη και την καταστροφή του.

Επίσης ο μόλυβδος καταστρέφει τον αισθητήρα (λ) οξυγόνου. Αν υπάρχει μόλυβδος στην βενζίνη θα σχηματιστεί ένα στρώμα από αυτόν πάνω στο ηλεκτρόδιο

της πλατίνας και θα τον καταστρέψει. Αυτό σημαίνει ότι η κακή λειτουργία του αισθητήρα θα έχει άμεση επίπτωση στην απόδοση του καταλύτη.

2.12.2.2 ΛΙΠΑΝΤΙΚΟ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η δεύτερη αιτία απενεργοποίησης των ευγενών μετάλλων είναι το λάδι λιπανσης του κινητήρα. Όλοι οι κινητήρες καταναλώνουν λιπαντικό (καίνε λάδια) άλλοι λιγότερο άλλοι περισσότερο. Μικρό μέρος του λιπαντικού που τελικά φτάνει για να λιπάνει τα τοιχώματα των κυλίνδρων εκτίθεται στις υψηλές θερμοκρασίες του θαλάμου καύσης και καίγεται. Τα λιπαντικά περιέχουν υδρογονάνθρακες που θεωρούνται καύσιμο αλλά και άλλα πρόσθετα στοιχεία για τη βελτίωση των ιδιοτήτων τους. Το ερώτημα λοιπόν είναι, κατά πόσο οι ατμοί του καμένου λιπαντικού επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής του καταλυτικού μετατροπέα. Τόσο οι εταιρίες λιπαντικών όσο και οι κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν συνεργαστεί με ιδιαίτερη ευαισθησία και προσοχή για τη βελτίωση της σύνθεσης των λιπαντικών ώστε αυτά να μην επηρεάζουν τη λειτουργία και τη διάρκεια ζωής του καταλύτη.

Στα λιπαντικά δυο είναι οι περιοχές που μελετώνται για το πώς επηρεάζεται η διάρκεια ζωής του καταλύτη:

A) Τα περιεχόμενα "Μεταλλικά Στοιχεία".

Τα σύγχρονα λιπαντικά δεν περιέχουν μεταλλικά στοιχεία που μπορεί να απενεργοποιήσουν τα ευγενή μέταλλα που χρησιμοποιούνται σαν καταλυτική επιστρώση στους μετατροπείς των οχημάτων. Περιέχουν όμως σίδηρο, ψευδάργυρο και ασβέστιο τα οποία μπορεί να επικαθίσουν σαν τέφρα (καιγόμενα δημιουργούν ίχνη στάχτης) που συσσωρεύεται μέσα στο εσωτερικό του καταλυτικού μετατροπέα και έτσι να μειώσουν την απόδοση της κατάλυσης. Με την επικάλυψη του καταλύτη από την τέφρα των μετάλλων που περιέχονται στα λιπαντικά ελαχιστοποιείται η καταλυτική επιφάνεια και το αποτέλεσμα είναι η αύξηση των επιπέδων των εκπεμπόμενων ρύπων. Η καπνιά που δημιουργείται από την καύση του λιπαντικού στον κύλινδρο, μπορεί να μειωθεί σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα με τη χρήση πρόσθετων μέσα στα λιπαντικά. Τα πρόσθετα αυτά εξασφαλίζουν την ελάττωση της δημιουργίας τέφρας κατά την καύση αλλά και την αποφυγή στερεοποίησης τους στις θερμοκρασίες λειτουργίας του καταλυτικού μετατροπέα. Γίνεται προσπάθεια να αποβάλλονται σε αέρια μορφή, τουλάχιστον μέχρι και μετά τον καταλύτη.

B) Φώσφορος

Το κύριο στοιχείο που συναντάται στα περισσότερα λιπαντικά και που μπορεί να δηλητηριάσει τον καταλύτη είναι ο φώσφορος. Ο φώσφορος αποτελεί κύριο συστατικό - μαζί με το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg) και τον ψευδάργυρο (Zn), των αντιτριβικών ή άλλων πρόσθετων, που χρησιμοποιούνται στα λιπαντικά για τη μείωση των φθορών του κινητήρα.

Τα λιπαντικά προδιαγραφών API SF/SG ή CCMC G4/G5 περιέχουν το αντιτριβικό πρόσθετο ZDDP (Zinc Dialkyl Dithio Phosphate), σε διαφορετικό ποσοστό, ανάλογα με την εταιρεία παραγωγής. Κατά την καύση ποσότητας λιπαντικού στον κινητήρα, τα τελικά προϊόντα που δημιουργεί το ZDDP είναι κυρίως P₂O₅ (πεντοξείδιο του φωσφόρου), ZnO (οξειδίο του ψευδαργύρου) και SO₂ (διοξείδιο του θείου). Από αυτά το SO₂, που είναι αέριο, περνά από την εξάτμιση χωρίς συνήθως να προσβάλλει τον καταλύτη. Το P₂O₅ και το ZnO όμως διεισδύουν ή επικαθονται στην ενεργό επιφάνεια του καταλύτη, δηλητηριάζοντάς τον σταδιακά. Ο

τρόπος προσβολής της επικάλυψης του καταλύτη είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας λειτουργίας - κατά την εκκίνηση (250 - 350°C). Η προσβολή είναι κυρίως επιφανειακή (απόθεση μάζας), ενώ σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας (500 - 700°C) η προσβολή από τα ξένα στοιχεία πραγματοποιείται μέσω διάχυσης, διαπερνώντας την επικάλυψη και δηλητηριάζοντας τον καταλύτη σε βάθος.

Από τα λιπαντικά συμβατικής τεχνολογίας δεν δηλητηριάζεται μόνο ο καταλύτης αλλά και ο λήπτης λάμδα, του οποίου επέρχεται σταδιακή μείωση της απόδοσης. Για παράδειγμα, η μείωση της απόδοσης ενός λήπτη λάμδα που εργάστηκε επί 950 περίπου ώρες σε θερμοκρασίες 350 - 450°C, επιβεβαίωσε τη δυσμενή επίδραση του φωσφόρου (πηγή CASTOL).

Οι εταιρείες πετρελαιοειδών πρότειναν σαν λύση, καταλυτικά λιπαντικά νέας τεχνολογίας απαλλαγμένα από τον πρόσθετο φώσφορο, αντί της χρήσης των συμβατικών φωσφορούχων λιπαντικών.

2.12.2.3 ΚΑΠΝΙΑ

Η τρίτη αιτία απενεργοποίησης των ευγενών μετάλλων του καταλυτικού μετατροπέα είναι η καπνιά (επικαθίσεις άνθρακα). Η καπνιά αυτή επικαλύπτει τα ευγενή μέταλλα και φράζει τους πόρους μέσα από τους οποίους γίνονται οι χημικές αντιδράσεις. Η καπνιά αυτή είναι καμένος άνθρακας που προέρχεται από την κακή καύση του καυσίμου από καμένα λάδια μέσα στο θάλαμο καύσης ή και από την καύση του αντιψυκτικού υγρού. Οι επικαθίσεις αυτές εκτός από την επικάλυψη των ευγενών μετάλλων και την μόνωση αυτών από τα καυσαέρια δημιουργούν, με την πάροδο του χρόνου, άλλο ένα σοβαρό πρόβλημα. Φράζουν τους αγωγούς ροής αφού οι επικαθίσεις μέρα με τη μέρα λόγω του κακού καυσίμου μίγματος, του λιπαντικού ή του αντιψυκτικού καίγονται μέσα στον θάλαμο καύσης. Το φράξιμο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της αντίθλιψης και την πτώση της ισχύος (σαν αντίθλιψη έχουμε ορίσει τη διαφορά πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου του μετατροπέα). Άλλες αιτίες που μπορούν να δημιουργήσουν καπνιά στα καυσαέρια ενός βενζινοκινητήρα είναι: η κακή ρύθμιση των βαλβίδων, τα φθαρμένα ελατήρια του εμβόλου, η φθορά των κυλίνδρων - χιτωνίων, η καμένη φλάντζα κεφαλής, το νοθευμένο καύσιμο.

2.12.2.4 ΑΝΤΙΨΥΚΤΙΚΟ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η τέταρτη αιτία απενεργοποίησης των ευγενών μετάλλων του καταλυτικού μετατροπέα είναι το αντιψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται για την ψύξη του κινητήρα. Μακροπρόθεσμα το ψυκτικό υγρό λόγω της ηλεκτροχημικής διάβρωσης που παρουσιάζεται μέσα στα χιτώνια, μπορεί να γίνει ελαφρώς όξινο από τα διάφορα μόρια μετάλλων που αναμιγνύονται με αυτό. Όταν επομένως εμφανιστεί διαρροή του ψυκτικού υγρού στον κύλινδρο λόγω καμένης φλάντζας τα μόρια αυτά των μετάλλων καταλήγουν στον καταλυτικό μετατροπέα και επικάθονται πάνω στην πορώδη επιφάνεια των ευγενών μετάλλων. Τα μόρια αυτά είναι μόρια χυτοσιδήρου ή και αλουμινίου. Λόγω δε του ότι το αλουμίνιο είναι εύτηκτο η επίστρωση των ευγενών μετάλλων είναι εκτεταμένη. Με την πάροδο του χρόνου οι επικαθίσεις αυξάνουν μέσα στους αγωγούς ροής και σε αυτήν την περίπτωση έχουμε σημαντική αύξηση της αντίθλιψης και πτώσης της ισχύος του κινητήρα.

2.12.2.5 ΑΚΑΥΣΤΗ ΒΕΝΖΙΝΗ

Η πέμπτη αιτία απενεργοποίησης των ευγενών μετάλλων του καταλυτικού μετατροπέα είναι η άκαυστη βενζίνη. Αν η βενζίνη καταλήξει υπό μορφή ατμών ή και υγρού στον καταλυτικό μετατροπέα τότε η ζημιά που προκαλεί είναι να διαβρώσει την πολύ λεπτή επίστρωση των ευγενών μετάλλων και να επέλθει η απενεργοποίηση αυτών.

2.12.2.6 ΘΕΙΟ

Το θείο που περιέχεται στη βενζίνη, δηλητηριάζει τους καταλύτες των αυτοκινήτων όταν αυτοί είναι κατασκευασμένοι από μη ευγενή μέταλλα. Το επιτρεπόμενο ποσοστό θείου στην αμόλυβδη βενζίνη στην Ευρώπη είναι 1.000 ppm. Στην Αμερική το αντίστοιχο ποσοστό είναι περίπου 5 φορές μικρότερο. Το θείο μαζί με τα υπόλοιπα αέρια στην εξάτμιση δημιουργεί ενώσεις θείου που είναι κυρίως το υδρόθειο (H_2S) και οξείδια του θείου (SO_x). Στο υδρόθειο οφείλεται και η άσχημη μυρωδιά που συχνά βγαίνει από προπορευόμενα αυτοκίνητα σε πορεία ή όταν αυτά σταματούν μετά από οδήγηση σε υψηλό φορτίο. Ο τρόπος με τον οποίο το θείο αντιδρά παρουσία των καταλυτών είναι αρκετά πολύπλοκος και το όλο θέμα αξίζει να αποτελέσει θέμα έρευνας.

Παρ' όλα αυτά μπορεί να θεωρηθεί ότι οι ενώσεις του θείου που επικαλύπτουν την ενεργό επιφάνεια του καταλύτη έχουν ως αποτέλεσμα τη δηλητηρίασή του.

2.13 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ)

Οι εξωτερικές ζημιές συμβαίνουν βασικά από την απροσεξία του οδηγού. Αν το όχημα κινηθεί με μεγάλες ταχύτητες σε εκτός δρόμου διαδρομές (χωμάτινες), τότε ο μετατροπέας σίγουρα θα κτυπηθεί από κάποια πέτρα ή σε κάποιο ανάχωμα. Το περίβλημα θα υποστεί τοπική παραμόρφωση που θα έχει σαν αποτέλεσμα το ράγισμα του κεραμικού μονόλιθου ή το σπάσιμο αυτού σε μικρά τεμάχια τα οποία στη συνέχεια θα φράξουν μέρος των αγωγών ροής του. Στο μεταλλικό καταλύτη από την στρέβλωση του περιβλήματος θα πιεστούν οι αγωγοί του φορέα και θα δημιουργηθεί το ίδιο πρόβλημα, αύξηση της αντίθλιψης.

Ο καταλύτης είναι πολύ ευαίσθητος από τις δονήσεις. Η κυματοειδής παροχή των καυσαερίων και οι δονήσεις του οχήματος είναι αφορμή για συνεχείς κρούσεις των σφαιριδίων του καταλύτη καταστρέφοντας σιγά-σιγά την κεραμική βάση του μειώνοντας επομένως την αποτελεσματικότητά του. Η προστατευτική ψάθα επικαλύπτει τον φορέα και συγκρατεί αυτόν σταθερά μέσα σε κατάλληλη θέση στο περίβλημα παρέχοντάς του ένα υπόστρωμα για να απορροφώνται οι κραδασμοί. Όμως αν κτυπηθεί το περίβλημα από πέτρα, τότε ο τάπητας επειδή ακριβώς είναι μαλακός δεν παρέχει προστασία απέναντι σε τέτοιου είδους καταπονήσεις.

Στην περίπτωση αυτή απαιτείται καλός σχεδιασμός του μεταλλικού περιβλήματος του καταλύτη και μπορεί να γίνεται και «προφθορά» του καταλύτη, δηλαδή δονούνται με τις συνθήκες λειτουργίας τα σφαιρίδια ώστε να φθάσουν σε μια πιο σταθερή μορφή στο εργοστάσιο. Κατόπιν απομακρύνονται τα μικρά κομματάκια που αποσπάστηκαν από τις κρούσεις και κατόπιν τοποθετείται ο καταλύτης στην κλίνη. Ακόμα εάν διαθέτει το προστατευτικό ελαστικό πλέγμα, η φθορά του είναι

ασήμαντη, καθώς το πλέγμα αυτό επηρεάζεται μόνο από τις υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες ούτως ή αλλιώς είναι καταστροφικός παράγοντας για τον καταλύτη.

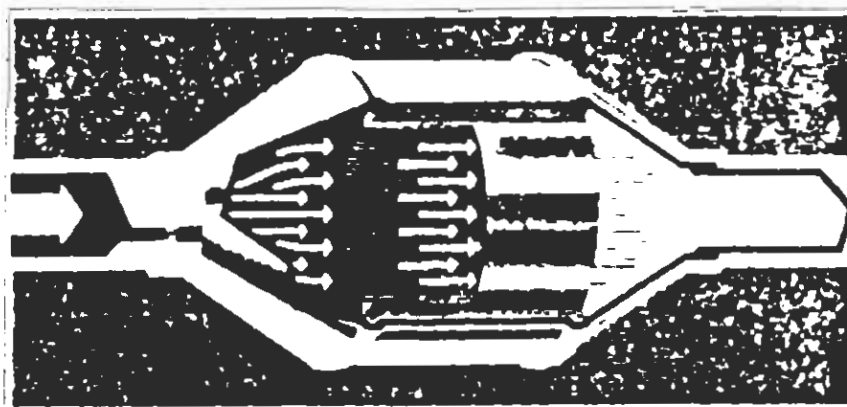
Όμως τα κτυπήματα του μετατροπέα σε ανωμαλίες του εδάφους μπορεί να έχουν και άλλα αποτελέσματα εκτός από το σπάσιμο του κεραμικού μονόλιθου:

- A) Το σπάσιμο των συγκολλητικών ραφών του περιβλήματος και διαρροή των καυσαερίων.
- B) Χαλάρωση των συνδέσεων των σωληνώσεων και διαρροή των καυσαερίων.
- Γ) Εξωτερική παραμόρφωση του κελύφους με απρόβλεπτες ζημιές στο εσωτερικό του καταλυτικού μετατροπέα.

Τα τμήματα έρευνας και ανάπτυξης των επωνύμων εργοστασίων κατασκευής, ελέγχουν τους καταλύτες πριν τη διάθεσή τους στη διεθνή αγορά. Πριν αρχίσει η μαζική παραγωγή ενός καταλύτη, αυτός έχει περάσει έναν αριθμό "σκληρών δοκιμασιών" και ελέγχων αντοχής σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, για να ελεγχθεί η αντοχή και η λειτουργικότητά του.

• Έλεγχος ροής καυσαερίων

Είναι γνωστό ότι ο καταλύτης από τη φύση του προβάλλει κάποια αντίσταση στη ροή των καυσαερίων. Αυτό προκαλεί μία απώλεια ιπποδύναμης του κινητήρα. Με τη βοήθεια του ελέγχου αντίθλιψης, το σύστημα μπορεί να τροποποιηθεί, έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση του κινητήρα.



Σχ. 72: Έλεγχος της ροής καυσαερίων

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

• Έλεγχος μηχανικής αντοχής

Οι μηχανικές δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων και στον καταλύτη σε κανονικές συνθήκες οδήγησης εξομοιώνονται σ' ένα εργαστήριο δοκιμών. Κατά τη διάρκεια αυτού του ελέγχου, οι συγκολλήσεις ελέγχονται ότι αντέχουν τουλάχιστον σε 1.000.000 κύκλους φορτίσεων. Παράλληλα γίνονται έλεγχοι στο μικροσκόπιο, σ' ένα σημαντικό αριθμό δειγμάτων.

• Έλεγχος θερμής δόνησης

Στον έλεγχο αυτό ο καταλύτης συνδέεται με την πολλαπλή εξαγωγής ενός κινητήρα που βρίσκεται σε λειτουργία. Στη συνέχεια ερυθροπυρώνεται και δονείται με φορτίο 35g (=35 φορές την επιτάχυνση της βαρύτητας) ή και περισσότερο. (Για

σύγκριση αναφέρεται ότι φορτίο 5g περίπου ασκείται στους αστροναύτες μέσα στο διαστημόπλοιο). Με τον τρόπο αυτό εξετάζεται η συμπεριφορά των διαφόρων στοιχείων του καταλύτη και ιδίως η ανθεκτικότητα του κεραμικού μονόλιθου.

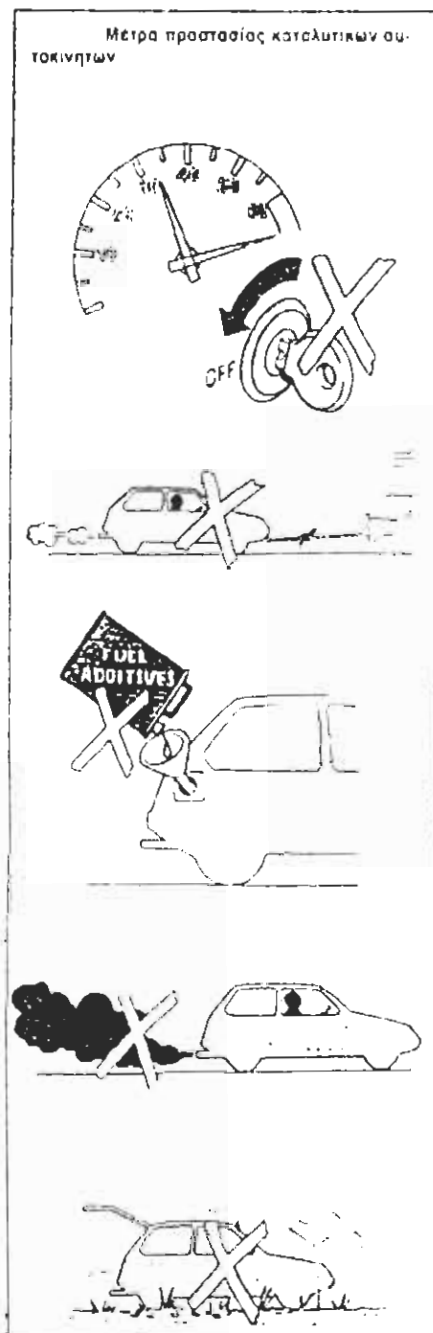
- **Έλεγχος με ψεκασμό νερού**

Κατά τη διάρκεια του ελέγχου αυτού, ο καταλύτης συνδέεται με την πολλαπλή εξαγωγής ενός κινητήρα, που τίθεται σε λειτουργία. Όταν η θερμοκρασία του καταλύτη φθάσει στην κανονική τιμή λειτουργίας, γίνεται ψεκασμός με κρύο νερό. Με τον έλεγχο αυτό προσομοιώνεται η ξαφνική αλλαγή θερμοκρασίας του καταλύτη, όταν το αυτοκίνητο περάσει σε βρεγμένο δρόμο. Με τον τρόπο αυτό αποκαλύπτονται οι τυχόν σχεδιαστικές ατέλειες.

2.14 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Προκειμένου να αποφευχθούν κάποιες ανεπανόρθωτες βλάβες στον καταλύτη, οι κατασκευαστές προτείνουν κάποια μέτρα προστασίας του, τόσο για τους οδηγούς, όσο και για τους μηχανικούς συντήρησης. Τα μέτρα αυτά είναι τα παρακάτω:

1. Χρησιμοποίηση μόνο αμόλυβδης βενζίνης. Διαφορετικά η χρήση οποιασδήποτε άλλης βενζίνης καταστρέφει τα πολύτιμα μέταλλα.
2. Αν για οποιοδήποτε λόγο το αυτοκίνητο δεν παίρνει εμπρός, δεν πρέπει να επιχειρηθεί να ξεκινήσει ο κινητήρας με τη μίζα, πάνω από τρεις φορές.
3. Κατά την προθέρμανση του κινητήρα σε κρύο ξεκίνημα (σταματημένο αυτοκίνητο) δεν πρέπει να χρησιμοποιείται το πεντάλ του γκαζιού.
4. Κλείσιμο του τσοκ του κινητήρα (αν αυτό είναι χειροκίνητο), μόλις ο κινητήρας αρχίσει να λειτουργεί ομαλά.
5. Αν μετά από πλύσιμο το αυτοκίνητο δεν παίρνει εμπρός, το πιθανότερο είναι να έχει βραχεί η ηλεκτρονική ανάφλεξη ή το καπάκι του διανομέα με τα μπουζοκαλώδια. Σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να αφαιρεθούν οι φίστες έτσι ώστε με κάποιο τρόπο οι ακροδέκτες της ηλεκτρονικής να στεγνώσουν.
6. Δεν πρέπει να σπρώχνεται ή ρυμουλκείται το αυτοκίνητο για να πάρει εμπρός γιατί τότε μπαίνει άκαυτο μίγμα στον καταλύτη και τον καταστρέφει.
7. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε υψηλές στροφές δεν πρέπει να σβήσει με το κλειδί.
8. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πρόσθετα καυσίμου, αν δεν προτείνονται από τον κατασκευαστή του αυτοκινήτου.
9. Αν το αυτοκίνητο καίει λάδι δεν πρέπει να οδηγείται. Και αυτό γιατί σε κάθε κινητήρα που έχει φθαρμένους οδηγούς βαλβίδων ή φθαρμένα ελατήρια εμβόλων το λάδι φτάνει στο χώρο καύσης οπότε πάει άκαυτο μίγμα στον καταλύτη.
10. Δεν πρέπει να γίνεται έλεγχος για την ύπαρξη σπινθήρα, αφαιρώντας από κάποιον κύλινδρο το μπουζοκαλώδιο.
11. Πρέπει να αποφεύγονται οι παρατεταμένες μετρήσεις συμπίεσης του κινητήρα.
12. Τους καλοκαιρινούς μήνες δεν πρέπει να σταθμεύει το αυτοκίνητο κάτω από ξερά κλαδιά και χόρτα που το ύψος τους φτάνει μέχρι τον καταλύτη, γιατί υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς.
13. Ο κινητήρας δεν πρέπει να τίθεται σε λειτουργία, όταν το ρεζερβουάρ είναι σχεδόν άδειο. Αυτό μπορεί να προκαλέσει στον κινητήρα κακή ανάφλεξη και να δημιουργήσει ένα επιπλέον φορτίο στον καταλύτη.



Σχ. 73: Μέτρα προστασίας καταλυτικών αυτοκινήτων

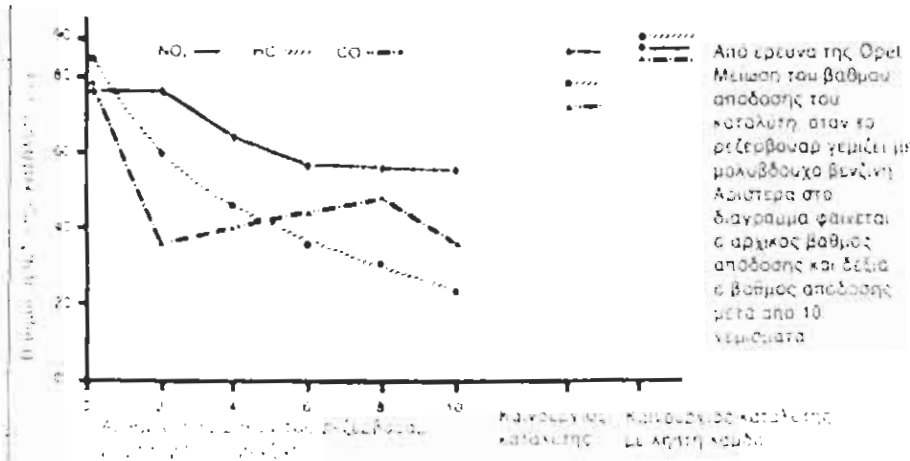
Πηγή: Κανσαέρια – καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες

2.15 ΑΙΤΙΕΣ – ΒΛΑΒΕΣ – ΦΘΟΡΕΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων εφαρμόζουν ένα χρυσό κανόνα στις οδηγίες συντήρησης. "Να υποπτεύεστε ένα καταλύτη, σαν το τελευταίο εξάρτημα του αυτοκινήτου που έχει πάθει ζημιά, και αφού κάθε άλλη πιθανή αιτία έχει αποκλειστεί".

Οι κυριότερες αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν δηλητηρίαση ή και καταστροφή του καταλύτη, με αποτέλεσμα να γίνει ανενεργός, είναι οι παρακάτω:

- Χρήση βενζίνης με μόλυβδο.
- Κακή ρύθμιση του συστήματος τροφοδοσίας του κινητήρα (εισαγωγή μεγάλης ποσότητας καυσίμου).
- Κακός χρονισμός (δημιουργία υπερθέρμανσης του κινητήρα – καταλύτη).
- Ελαττωματικό σύστημα ανάφλεξης (βραχυκύκλωμα ενός ή περισσοτέρων κυλίνδρων).
- Κατανάλωση λαδιού λόγω φθαρμένων οδηγών – βαλβίδων ή ελατηρίων εμβόλου.
- Υπερβολικές θερμοκρασίες λειτουργίας.

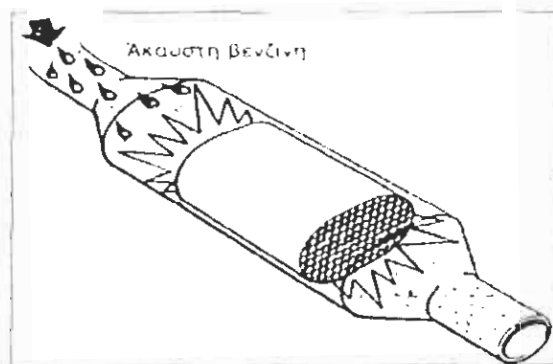


Σχ. 74: Μείωση του βαθμού απόδοσης του καταλύτη, όταν ο κινητήρας λειτουργεί με μολυβδόχο βενζίνη

Πηγή: Κουσαέρια – καταλυτικοί μετατροπείς ή καταλύτες

Οι κυριότερες βλάβες και φθορές, που μπορούν να συμβούν σ' ένα καταλύτη, είναι:

- Η επιφάνεια της ενδιάμεσης επίστρωσης (αλουμίνα) να γίνει ανενεργή με την εναπόθεση ακαθαρσιών ή καμένων λαδιών.
- Η δημιουργία υψηλών θερμοκρασιών στον κινητήρα λόγω κακού χρονισμού, κακορυθμισμένου συστήματος τροφοδοσίας, ελαττωματικού συστήματος ανάφλεξης, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας και στον καταλύτη.

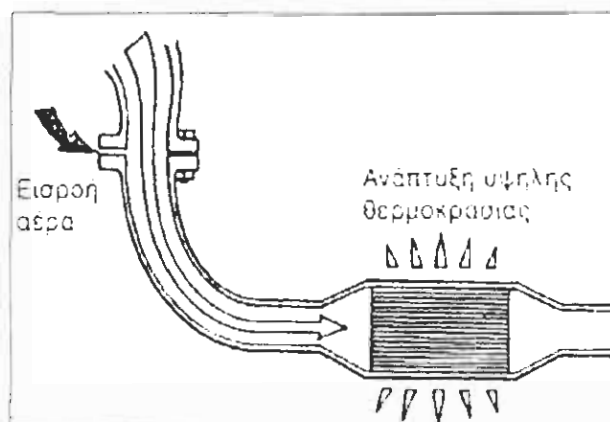


Σχ. 75: Εισαγωγή μεγάλης ποσότητας άκαυστης βενζίνης έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή του καταλύτη

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

Σε πρώτη φάση, ο καταλύτης γίνεται ανενεργός στις φυσιολογικές θερμοκρασίες 400 – 700°C και αρχίζει να επενεργεί στη μετατροπή καυσαερίων στις αντίστοιχα υψηλές θερμοκρασίες, στις οποίες υπερθερμάνθηκε. Ένας καταλύτης που " πάλωσε " γιατί υπερθερμάνθηκε δεν καταφέρνει να μετατρέψει μεγάλες ποσότητες ρυπαντών, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, παρά μονάχα όταν ο ίδιος υπερθερμανθεί ξανά.

Ο καταλύτης επηρεάζεται ακόμα και από σχετικά μικρές μεταβολές στο περιεχόμενο των καυσαερίων. Ακόμα και μία ελάχιστη διαρροή στην πολλαπλή εξαγωγής, μπορεί να εισαγάγει αρκετό ατμοσφαιρικό αέρα (οξυγόνο), ώστε να ανατραπεί η λειτουργία του, με πιθανό αποτέλεσμα να υπερθερμανθεί.



Σχ. 76: Υψηλή θερμοκρασία μπορεί να δημιουργηθεί στον καταλύτη λόγω εισροής ατμοσφαιρικού αέρα στο τμήμα της εξάτμισης πριν από αυτόν

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

2.16 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑΛΥΤΗ

Οι έλεγχοι που συνήθως πραγματοποιούνται για την καλή λειτουργία του καταλύτη είναι:

- Εξωτερικός οπτικός έλεγχος.
- Έλεγχος καταλύτη με αναλυτή καυσαερίων μετρώντας τους εκπεμπόμενους ρυπαντές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και υδρογονάνθρακες (HC) από τον σωλήνα εξαγωγής καυσαερίων.
- Έλεγχοι διαρροής καυσαερίων
- Έλεγχος ροής καυσαερίων του καταλύτη με υποπιεσόμετρο για πιθανή ένδειξη βουλώματος του συστήματος εξαγωγής (υποπίεση μικρότερη του κανονικού).
- Έλεγχος απόφραξης.

Όταν ο καταλύτης παρουσιάζει κάποιο βαθμό απόφραξης (βουλώματος) των καναλιών του τότε πιθανόν να παρουσιασθούν «σκασίματα» στην πολλαπλή εξαγωγής, δυσκολία στην εκκίνηση και απώλεια ισχύος. Σε περίπτωση ολικής απόφραξης ο κινητήρας δεν ξεκινά.

Από την μέχρι σήμερα εμπειρία ελέγχων των καταλυτικών αυτοκινήτων στο ΚΤΕΟ διαπιστώθηκε ότι πριν από την μέτρηση καυσαερίων θα πρέπει να ξεκαπνίζεται η πολλαπλή εξαγωγής ώστε να καθαρίζεται από τα υπολείμματα άνθρακα που επικάθονται στον σωλήνα εξαγωγής διότι αυξάνουν σημαντικά την τιμή

των υδρογονανθράκων (HC). Αυτό επιτυγχάνεται με την λειτουργία του κινητήρα σταθερά στις 2.500 – 3.000 στροφές για ένα έως δύο λεπτά.

2.17 ΕΚ ΤΩΝ ΥΣΤΕΡΩΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ (RETROFIT)

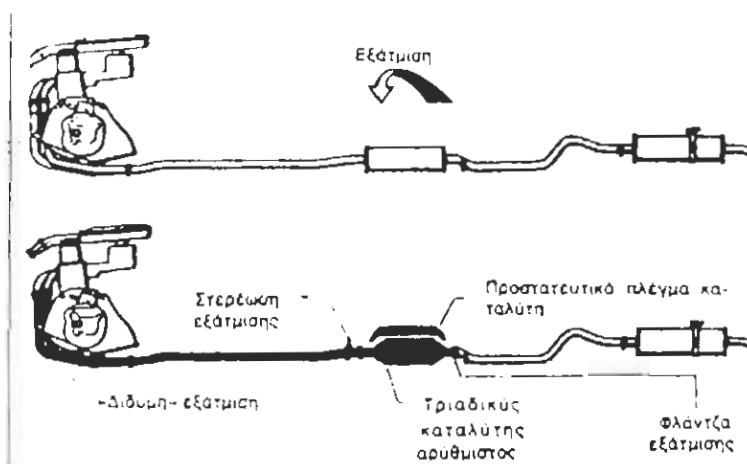
Η εκ των υστέρων τοποθέτηση καταλύτη (RETROFIT) σε αυτοκίνητα με κινητήρα συμβατικής τεχνολογίας θα μπορούσε να αποτελέσει λύση για τα αυτοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας, στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών καυσαερίων για την αντιμετώπιση του νέφους. Η προσπάθεια αυτή εφαρμόστηκε στη Γερμανία την περίοδο 1986 - 1988. Στην Ελλάδα παρότι υπάρχει σχετική πρόβλεψη από το νόμο, δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα, λόγω των δυσκολιών που χρειάζεται να ξεπεραστούν κατά την τοποθέτηση. Για το retrofit χρησιμοποιείται ένα κιτ μη ρυθμιζόμενου τριοδικού καταλύτη υπό ορισμένες προϋποθέσεις :

- Δυνατότητα χρησιμοποίησης ως καυσίμου της αμόλυβδης βενζίνης.
- Εξασφάλιση: α) καλής λειτουργίας ανεξάρτητα από τη σχέση συμπίεσης της αμόλυβδης βενζίνης, β) μικρής αύξησης της κατανάλωσης και γ) μικρής μείωσης της υποδύναμης, η οποία είναι φυσικό επακόλουθο της τοποθέτησης του καταλύτη.
- Εσωτερική θερμομόνωση του δαπέδου με κετσέ, στη θέση κάτω από τον καταλύτη.
- Εξωτερική θερμομόνωση του πατώματος με προστατευτικά καλύμματα αλουμινίου (ασπίδες), εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στον καταλύτη, καθώς και μεταλλικές σίτες προστασίας του καταλύτη.
- Ύπαρξη απαραίτητα ενός προπαρασκευαστικού χρονικού διαστήματος, όπου ο κινητήρας θα δουλέψει με αμόλυβδη βενζίνη (μέχρι και 5 γεμίσματα ρεζερβουάρ), πριν την τοποθέτηση του καταλύτη.
- Αντικατάσταση των μπουζί, μπουζοκαλωδίων και ρυθμίσεις του διακένου των μπουζί, των βαλβίδων, της προπορείας, των στροφών ρελαντί και τέλος των καυσαερίων.
- Συγκατάθεση και εγγύηση του εργοστασίου κατασκευής του αυτοκινήτου.

Η μετατροπή δεν είναι εύκολη υπόθεση, δεν είναι όμως και ακατόρθωτη. Το σύστημα τροφοδοσίας στην περίπτωση αυτή δεν είναι απαραίτητο να είναι με ψεκασμό ή ηλεκτρονικό καρμπυρατέρ, αλλά συμβατικό σύστημα με απλό μηχανικό καρμπυρατέρ. Μια τέτοια τοποθέτηση αρρυθμίστου τριοδικού ή οξειδωτικού καταλύτη, μειώνει τις εκπομπές καυσαερίων μέχρι και 50%. Η λύση αυτή, όπως προαναφέρθηκε αν και δοκιμάστηκε στη Δ. Γερμανία δεν προχώρησε για όλα τα συμβατικά αυτοκίνητα. Γενικά ο αριθμός των αυτοκινήτων που προχώρησε στη διαδικασία του RETROFIT ήταν μικρός. Η όλη μετατροπή πραγματοποιείται σε εξουσιοδοτημένα συνεργεία με οικονομική επιχορήγηση από το ίδιο το κράτος.

Οι Δυτικογερμανικές αυτοκινητοβιομηχανίες όμως γρήγορα πέρασαν στη μαζική παραγωγή αντιρρυπαντικών αυτοκινήτων, πιεζόμενες από τη σχετική Γερμανική νομοθεσία. Όπως ήταν αναμενόμενο, επεκράτησε μαζί με τα άλλα συστήματα μείωσης των εκπομπών του αυτοκινήτου, ο ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης.

Τα καινούργια αυτοκίνητα αν και δεν έχουν καταλύτη, έχουν όλες τις κατασκευαστικές προϋποθέσεις για αγορά και τοποθέτηση εκ των υστέρων.



Σχ. 77: Μετατροπή συμβατικού κινητήρα με καταλύτη και ανοξειδώτο σωλήνα εξάτμισης

Πηγή: Από τους καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων

2.18 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

Α) Στα μειονεκτήματα των καταλυτών από τεχνικής πλευράς σημειώνεται:

- Η ευπάθεια τους όσον αφορά τις συνθήκες καύσεως και συνθέσεων καυσαερίων.
- Η ευπάθεια τους στην μολυβδομένη βενζίνη.
- Οι εκ της αύξησεως της θερμοκρασίας του καταλύτη προερχόμενοι γι' αυτόν κίνδυνοι.
- Η ανάγκη προθερμάνσεως άνω των 250°C, θερμοκρασία που είναι απαραίτητη για να επενεργεί ο καταλύτης. Μέχρι τότε οι εκπομπές των καυσαερίων είναι αυξημένες και επιπλέον επικίνδυνες λόγω των αρωματικών υδρογονανθράκων.
- Η μείωση της ιπποδύναμης του κινητήρα κατά 5 – 10% και της μικρής αύξησης της κατανάλωσης.
- Η ανάγκη αύξησης του κυβισμού του κινητήρα για την αυτή οδική συμπεριφορά του οχήματος.
- Η παραγωγή ενοχλητικών οσμών από την ύπαρξη θείου στις ελληνικές βενζίνες.
- Η παραγωγή και εκπομπή ορισμένων ρύπων στην περίπτωση πλημμελούς λειτουργίας (βλάβης ή καταστροφής) του καταλύτη.
- Η μη ύπαρξη δυνατότητας φθηνού και σύντομου ελέγχου της καταστάσεως του καταλύτη.
- Οι προκαλούμενοι κίνδυνοι από υπερθέρμανση του καταλυτικού κιβωτίου σε περίπτωση βλάβης της μόνωσης του (ανάφλεξη ξηρών χόρτων κ.λ.π.).

Β) Από **οικονομικής πλευράς** σαν μειονεκτήματα αναφέρονται:

- Το υψηλότερο κόστος κατασκευής των αυτοκινήτων με τριοδικό καταλύτη με αποτέλεσμα σαφώς υψηλότερη τιμή πωλήσεων αυτών.
- Το υψηλότερο κόστος λειτουργίας λόγω μεγαλύτερης καταναλώσεως καυσίμου ως προς τα σύγχρονα αυτοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας.
- Το υψηλότερο κόστος συντηρήσεως λόγω της πολυπλοκότητας των συστημάτων του καταλυτικού αυτοκινήτου και της περιοδικής αντικατάστασης του καταλύτη.
- Το υψηλό κόστος παραγωγής και διάθεσης της αμόλυβδης βενζίνης.

2.19 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Μετά από έρευνες που έγιναν μάθαμε ότι οι ανενεργοί καταλύτες μαζεύονται από διάφορες εταιρίες, όπως είναι π.χ. η « ΜΟΝΟΛΙΘΟΣ Ε.Π.Ε » και τους στέλνουν στη Γαλλία. Μεγάλες εταιρίες αυτοκινήτων, όπως είναι η MERCEDES και η BMW μαζεύουν οι ίδιες τους καταλύτες των αυτοκινήτων τους και τους πηγαίνουν στα εργοστασιά τους. Το κόστος κατασκευής ενός εργοστασίου ανακύκλωσης καταλυτών κυμαίνεται γύρω στο 1 δις.

Η μέθοδος ανακύκλωσης των καταλυτών είναι η εξής: Το κόστος ανάκτησης των μετάλλων της ομάδας του Λευκόχρυσου (συντ. PGM) από ανενεργούς καταλύτες αυτοκινήτων είναι τώρα το μισό του κόστους της συμβατικής ανάκτησης με τήξη και χρήση οξέων, σύμφωνα με τη νέα μέθοδο που αναπτύχθηκε από το United States Bureau of Mines.

Σύμφωνα με τη προτεινόμενη διεργασία το 90% των PGM ανακτώνται επιλεκτικά με την έκπλυση του θρυμματισμένου καταλύτη με την βοήθεια διαλύματος κυανιούχου νατρίου σε θερμοκρασία 160°C και πίεση 75 psig. Τα στερεά (που προέρχονται κυρίως από το υπόστρωμα των καταλυτών που αποτελείται από αλουμίνιο) απομακρύνονται με διήθηση και στη συνέχεια το διάλυμα θερμαίνεται στους 250 - 275°C σε πίεση 400 – 900 psig (η πίεση εξαρτάται από τη θερμοκρασία).

Υπό τις συνθήκες αυτές, το κυανιούχο άλας διασπάται και έτσι σχηματίζονται σύμπλοκα άλατα με τα μέταλλα PGM, τα οποία κατακρημνίζονται ως σκόνη. Το κόστος επένδυσης και το λειτουργικό κόστος παραμένουν χαμηλά γιατί η διεργασία δεν προκαλεί διάβρωση και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί χάλυβας ως υλικό κατασκευής του εξοπλισμού καθώς επίσης και γιατί το χρησιμοποιούμενο διάλυμα (με ολική περιεκτικότητα κυανιούχων αλάτων 0,2 ppm, όπου 1ppm=ένα σωματίδιο ανιχνευόμενο σε ένα εκατομμύριο) είναι ευκολότερο να υποστεί κατεργασία για εξουδετέρωση, από τα διαλύματα οξέων που υπάρχουν στην συμβατική μέθοδο.

Ακόμη, η περιεκτικότητα της προκύπτουσας σκόνης σε Λευκόχρυσο – Παλλάδιο – Ράδιο είναι 70 – 80% ενώ στην συμβατική μέθοδο είναι γύρω στο 10%.

Στην Ελλάδα η ανακύκλωση των καταλυτών αναφέρεται στο άρθρο 3 του νόμου με υπ' αριθμό 2801 με αριθμό φύλλου 46 που δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα της κυβέρνησης στις 3/3/2000.

Αυτό το άρθρο έχει τίτλο « **Αλλαγή και διαχείριση καταλυτικών μετατροπέων** » και αναφέρει τα εξής:

1. Καθιερώνεται σύστημα ελέγχου, αλλαγής και διαχείρισης των απενεργοποιημένων καταλυτικών μετατροπέων (Κ.Μ.) των αυτοκινήτων.
2. Απενεργοποιημένος χαρακτηρίζεται ο καταλυτικός μετατροπέας ενός αυτοκινήτου, του οποίου τα λοιπά συστήματα του αυτοκινήτου λειτουργούν σωστά, όταν δεν μειώνει αποτελεσματικά τους εκπεμπόμενους ρύπους καυσαερίων, ώστε να βρίσκονται κάτω από τα όρια που προβλέπονται από τη νομοθεσία " Περί μέτρησης καυσαερίων " για την κατά περίπτωση κατηγορία αυτοκινήτου.
3. Αλλαγή του Κ.Μ. ενός αυτοκινήτου είναι η αντικατάστασή του με άλλον καινούργιο, του οποίου ο τύπος είναι εγκεκριμένος για το υπόψη αυτοκίνητο, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή τον Κανονισμό 103 της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη του Ο.Η.Ε., είτε ως ' αρχικός καταλυτικός μετατροπέας ' είτε ως ' καταλυτικός μετατροπέας αντικατάστασης '.
4. Η αλλαγή των απενεργοποιημένων Κ.Μ. των αυτοκινήτων αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, καθώς και η εκ των υστέρων τοποθέτηση Κ.Μ. ή φίλτρου ενεργού άνθρακα σε αυτοκίνητα μη αντιρρυπαντικής τεχνολογίας γίνονται μόνον από τα εξουσιοδοτημένα συνεργεία χορήγησης Κ.Ε.Κ. που έχουν πιστοποιηθεί για την εργασία αυτήν. Με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών καθορίζονται οι όροι, οι προϋποθέσεις και οι λοιπές λεπτομέρειες για τη χορήγηση της πιστοποίησης.

Με απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Μεταφορών και Επικοινωνιών καθορίζονται οι ποινές, οι οποίες επιβάλλονται στα πιο πάνω συνεργεία, όταν αντικαθιστούν Κ.Μ. με άλλους μη καινούργιους ή μη εγκεκριμένου τύπου, καθώς επίσης όταν παραβιάζουν εν γένει την ισχύουσα νομοθεσία.

5. Οι απενεργοποιημένοι Κ.Μ. χαρακτηρίζονται ως ειδικού τύπου στερεά απόβλητα και επιβάλλεται η συγκέντρωσή και η διαχείρισή τους.

Τους απενεργοποιημένους Κ.Μ. συγκεντρώνουν τα εξουσιοδοτημένα συνεργεία επισκευής αυτοκινήτων τα οποία προβαίνουν στην αντικατάστασή τους.

Οι συγκεντρωμένοι Κ.Μ. παραδίδονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, όχι μεγαλύτερα του έτους, σε εταιρίες συγκέντρωσης και διαχείρισης καταλυτικών μετατροπέων και σε δημόσιους φορείς που ορίζονται προς τούτο.

Τα συνεργεία αντικατάστασης Κ.Μ., οι εταιρίες συγκέντρωσης και διαχείρισης καταλυτικών μετατροπέων και οι δημόσιοι φορείς που ορίζονται για τη συγκέντρωση και διαχείρισή τους, τηρούν ειδικά βιβλία με σκοπό το ισοζύγιο των αντικαθιστάμενων και των νέων καταλυτικών μετατροπέων να μπορεί να ελέγχεται από τις αρμόδιες αρχές.

Με απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Υγείας και Πρόνοιας και Μεταφορών και Επικοινωνιών και του, κατά περίπτωση, αρμόδιου Υπουργού, ορίζονται οι δημόσιοι φορείς που θα αναλάβουν τη συγκέντρωση και διαχείριση των καταλυτικών μετατροπέων και καθορίζονται οι όροι, οι προϋποθέσεις και η διαδικασία ίδρυσης και λειτουργίας των εταιριών συγκέντρωσης και διαχείρισης των Κ.Μ. , ο τρόπος συγκέντρωσης, διαχείρισης και ελέγχου των Κ.Μ. και κάθε άλλη αναγκαία λεπτομέρεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ****3.1 ΧΟΡΗΓΗΘΕΙΣΕΣ ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ**

Στον πίνακα που ακολουθεί έχουμε τον αριθμό των πινακίδων που έχουν δοθεί από το Υπουργείο Συγκοινωνιών του Νομού Αχαΐας. Παρατηρούμε ότι έχουν δοθεί από το 1990 μέχρι 31/5/2001 55.260 πινακίδες (εκτός από δίκυκλα), ενώ ο αριθμός των πινακίδων των καταλυτικών αυτοκινήτων είναι μειωμένος κατά 10%, δηλαδή 49.734.

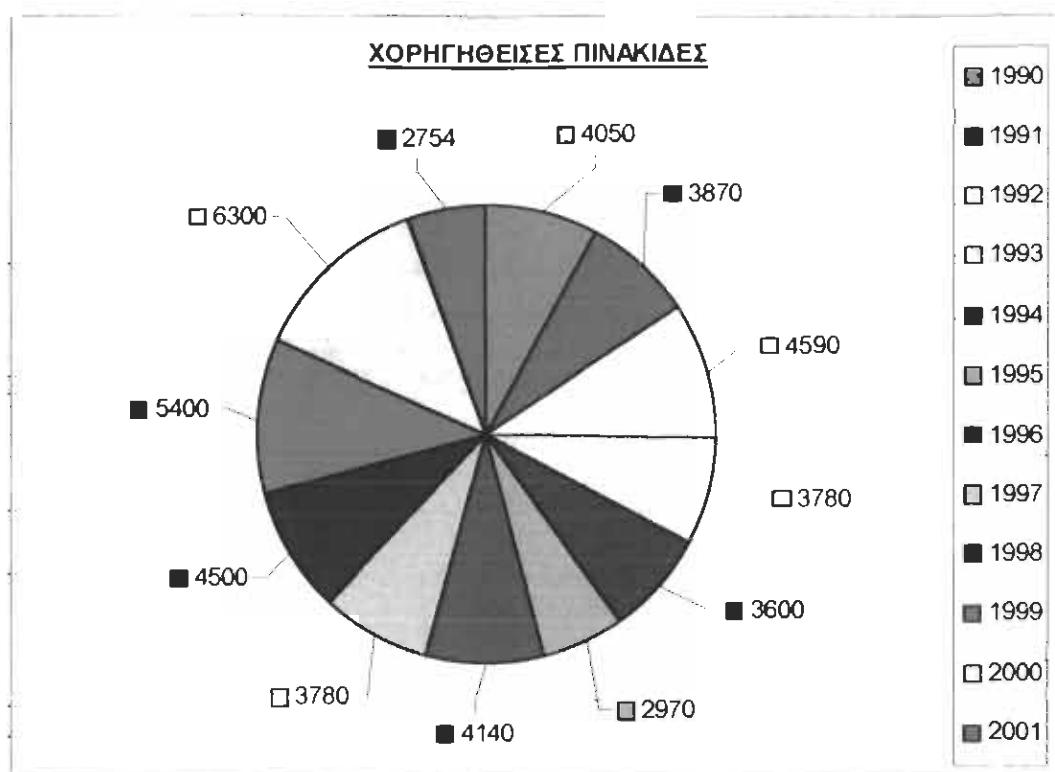
Από τον παρακάτω πίνακα διαπιστώνουμε ότι έχουμε μείωση των χορηγηθέντων πινακίδων των καταλυτικών αυτοκινήτων από το 1990 μέχρι το 1997 με εξαίρεση τα έτη 1992 και 1996. Ενώ από το 1997 και μετά παρουσιάζεται μια αύξηση κατά 900 πινακίδες ανά έτος.

ΧΟΡΗΓΗΘΕΙΣΕΣ ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ		
ΕΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ
1990	4.500	4.050
1991	4.300	3.870
1992	5.100	4.590
1993	4.200	3.780
1994	4.000	3.600
1995	3.300	2.970
1996	4.600	4.140
1997	4.200	3.780
1998	5.000	4.500
1999	6.000	5.400
2000	7.000	6.300
2001 (έως 1/5)	3.060	2.754

Σχ. 78: Πίνακας χορηγηθεισάντων πινακίδων

Πηγή: Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών

Ένα γράφημα του παραπάνω πίνακα φαίνεται στη συνέχεια:



Σχ. 79: Διάγραμμα χορηγηθεισάντων πινακίδων

3.2 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ

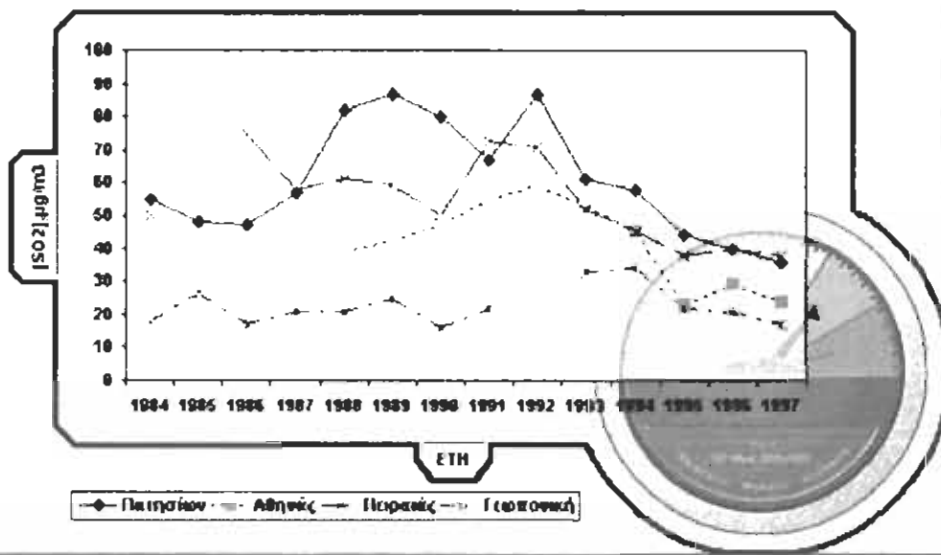
Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται οι διαχρονικές μεταβολές των μέσων ετησίων τιμών ρύπανσης απ' όλους τους ρύπους και για όλους τους σταθμούς μέτρησης, ενώ οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις, δίνονται στα επόμενα σχήματα. Από τα σχήματα αυτά διαπιστώνουμε ότι παρ' όλο που υπάρχουν στις διάφορες θέσεις αυξομειώσεις των μέσων ετησίων τιμών ρύπανσης από χρόνο σε χρόνο, η διαχρονική τάση εξέλιξης είναι γενικά πτωτική. Η πτωτική αυτή τάση θα πρέπει να αποδοθεί κυρίως στην αντικατάσταση του στόλου των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων με αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας, στην εφαρμογή του μέτρου της κάρτας ελέγχου καυσαερίων (Κ.Ε.Κ), στα μέτρα ελέγχου εκπομπής ρύπων από διάφορες τιμές, στη χρήση καυσίμων με καλύτερες τεχνικές προδιαγραφές, και γενικά στα μέτρα που έχουν ληφθεί στο πλαίσιο του προγράμματος αντιρρύπανσης ΑΤΤΙΚΗ SOS. Η πτωτική αυτή στάση έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι διαχρονικά υπάρχει αύξηση των ρυπογόνων δραστηριοτήτων της πόλης.

Ειδικά για κάθε ρύπο παρατηρούμε τα εξής:

- ♦ Για το διοξείδιο του θείου υπάρχει τάση μείωσης των τιμών που συνδέεται με τη μείωση της περιεκτικότητας του πετρελαίου ντίζελ σε θείο από 0,3% σε 0,2%.
- ♦ Για το διοξείδιο του αζώτου υπάρχει τάση σταθεροποίησης των τιμών τα τελευταία χρόνια. Ιδιαίτερα για την Πατησίων, θέση που επηρεάζεται άμεσα από τις εκπομπές των αυτοκινήτων, είναι σημαντικό ότι τα τρία τελευταία χρόνια (1995-97) η στατιστική παράμετρος 98% κυμάνθηκε στο επίπεδο του ορίου ποιότητας ατμόσφαιρας ($200\mu\text{g}/\text{m}^3$) σε αντίθεση με τα παλαιότερα χρόνια που υπήρχε σημαντική υπέρβαση του ορίου.
- ♦ Για το μονοξείδιο του αζώτου υπάρχει τάση σταθεροποίησης ή μείωσης των τιμών.

- ♦ Για το μονοξείδιο του άνθρακα, υπάρχει τάση μείωσης ή σταθεροποίησης των τιμών. Σημειώνεται ότι για το 1992 η τιμή του σταθμού Αθηνάς προέκυψε από το μικρό αριθμό μετρήσεων και δεν θεωρείται αντιπροσωπευτική.
- ♦ Για το όζον υπάρχει τάση σταθεροποίησης των τιμών.

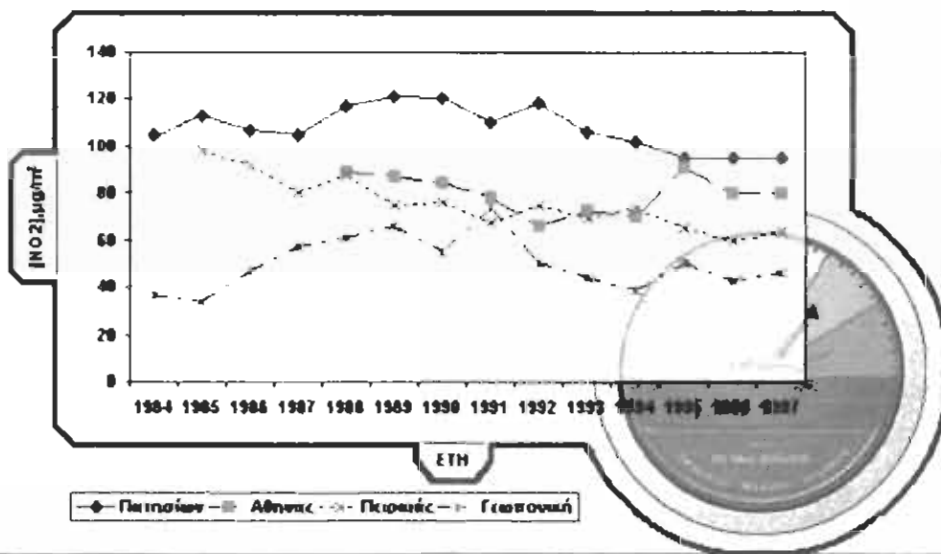
Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών SO₂, σε μg/m³



Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 80

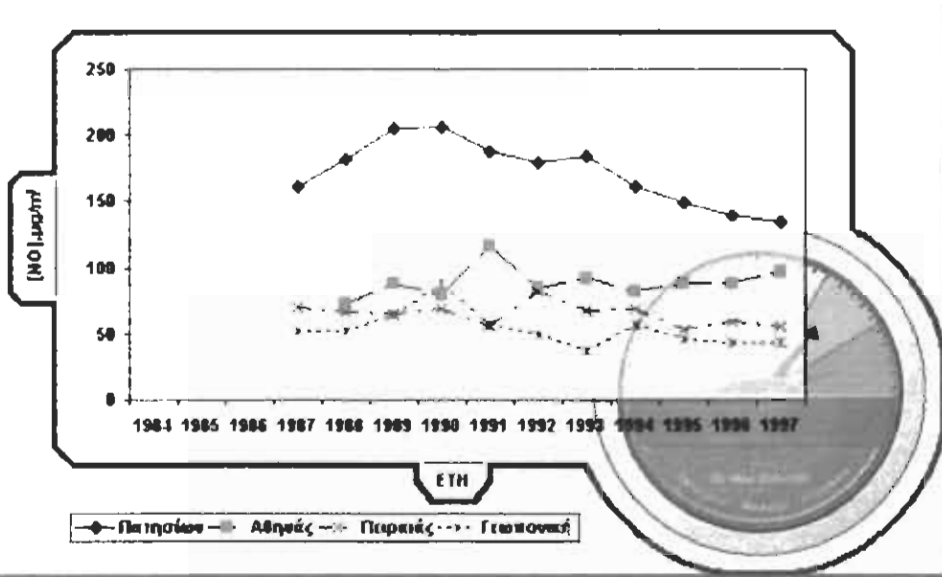
Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών NO₂, σε μg/m³



Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 81

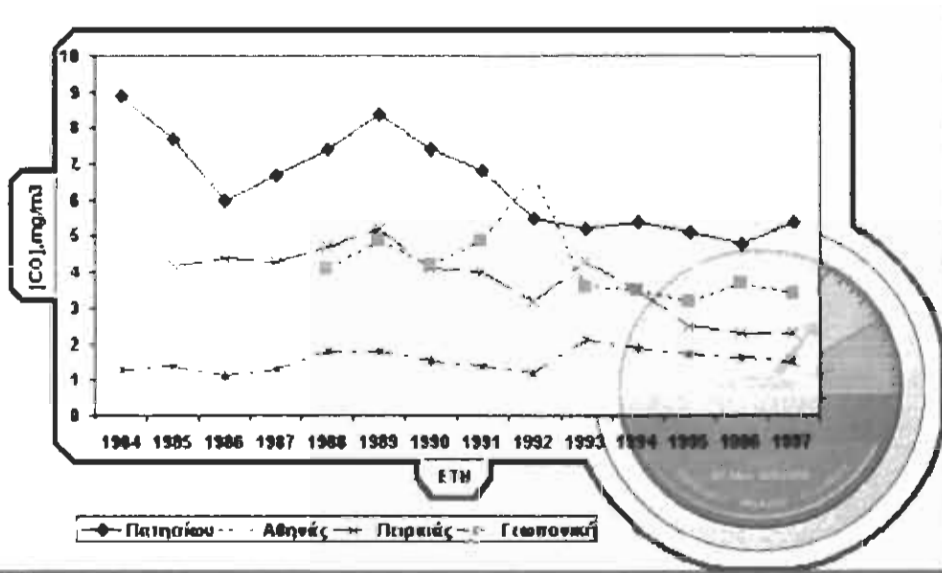
Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών NO, σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 82

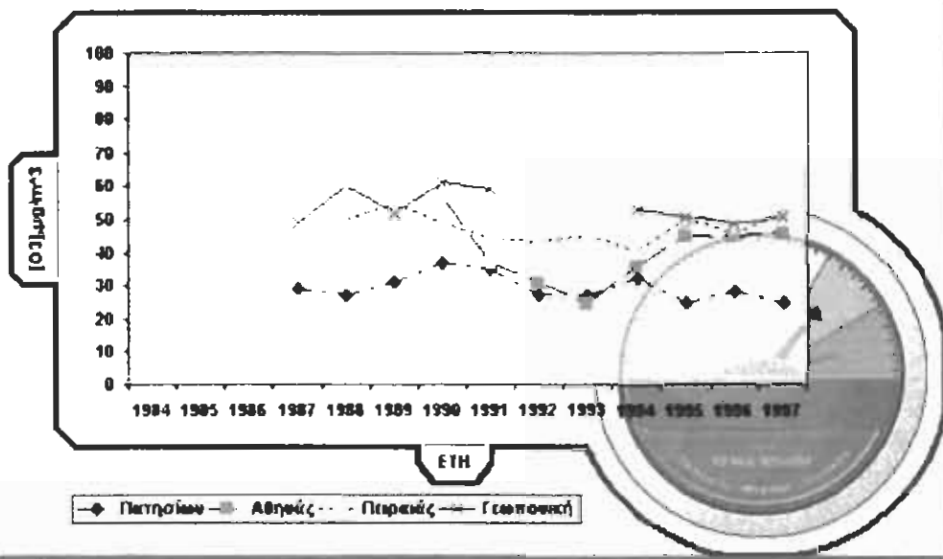
Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών CO, σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 83

Διαχρονική μεταβολή μέσω ετήσιων τιμών O₃, σε μg/m³



Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 84

Διοξείδιο του θείου (SO₂).
(τιμές σε 24ωρη βάση σε μg/m³ - 1997)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών <από	% τιμών > από 250 μg/m ³
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	147	35	31	101	0,0
ΑΘΗΝΑΣ	77	24	19	67	0,0
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	89	34	30	76	0,0
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	116	38	33	94	0,0
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	47	17	15	40	0,0
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	117	25	19	87	0,0
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	77	18	15	52	0,0
ΛΙΘΣΙΑ	123	18	10	96	0,0
ΜΑΡΟΥΣΙ	71	16	15	34	0,0

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 85

Διοξείδιο του θείου (SO₂).
(τιμές σε ωριαία βάση σε μg/m³ - 1997)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών <από	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	381	36	27	132	95,42
ΑΘΗΝΑΣ	209	24	17	89	99,77
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	215	34	28	106	62,02
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	420	38	27	148	99,19
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	177	17	12	70	98,21
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	327	26	16	6	98,36
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	250	19	11	86	92,80
ΛΙΟΣΙΑ	300	19	6	101	37,51
ΜΑΡΟΥΣΙ	220	16	13	53	83,62

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.

Σχήμα 86

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂).
(τιμές σε ωριαία βάση σε μg/m³ - 1997)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών <από	% τιμών >από 200 μg/m ³	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	440	95	90	206	2,30	98,42
ΑΘΗΝΑΣ	338	80	77	159	0,72	96,28
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	268	77	73	152	0,52	48,42
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	253	64	62	132	0,13	97,25
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	328	46	37	155	0,57	75,55
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	320	51	41	136	0,18	96,08
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	321	54	49	148	0,35	75,74
ΜΑΡΟΥΣΙ	351	34	25	117	0,11	41,40
ΛΙΟΣΙΑ	140	24	16	83	0	31,80
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	231	32	22	113	0,47	95,73

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.

Σχήμα 87

Μονοξείδιο του αζώτου (NO).
(τιμές σε ωριαία βάση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1997)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών < από	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	855	135	104	487	98,42
ΑΘΗΝΑΣ	729	97	53	581	96,28
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	963	62	30	385	48,42
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	625	56	33	275	97,25
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	690	44	10	318	75,55
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	722	35	10	302	96,08
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	481	35	14	176	75,74
ΜΑΡΟΥΣΙ	479	24	5	175	41,40
ΛΙΟΣΙΑ	347	19	6	101	31,80
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	517	19	4	184	95,73

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.

Σχήμα 88

Όζον (O₃).
(τιμές σε ωριαία βάση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1997)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών < από	% τιμών > από 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% τιμών > από 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	137	25	18	82	0,00	0,0	98,15
ΑΘΗΝΑΣ	229	46	40	124	0,15	0,0	92,18
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	220	52	47	131	0,21	0,0	96,54
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	256	51	46	135	0,30	0,0	99,76
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	252	59	51	149	0,51	0,0	96,51
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	242	49	47	117	0,18	0,0	87,34
ΛΙΟΣΙΑ							
ΜΑΡΟΥΣΙ	315	61	56	167	1,34	0,0	78,94

ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	383	45	40	134	0,78	0,28	95,09
-----------	-----	----	----	-----	------	------	-------

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 89

Οζον (O₃).
(τιμές σε 8ωρη κυλιόμενη βάση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1997)

Σταθμοί	Μέγιστη Τιμή	98% τιμών < από	% τιμών > από 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	109	72	0,0
ΑΘΗΝΑΣ	194	108	1,81
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	180	117	3,19
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	201	122	4,60
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	205	137	10,03
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	174	108	1,88
ΛΙΟΣΙΑ	131	101	
ΜΑΡΟΥΣΙ	252	147	8,13
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	243	121	2,96

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 90

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).
(τιμές σε ωριαία βάση mg/m^3 - 1997)

Σταθμοί	Μέγιστη Τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση Τιμή	98% τιμών < από	% τιμών > από 29,0 mg/m^3	% Πληρότητα
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	28,2	5,4	4,8	14,2	0,0	96,13
ΑΘΗΝΑΣ	23,6	3,4	2,7	11,6	0,0	99,49
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	22,2	2,1	1,6	8,6	0,0	62,30
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	15,0	2,3	1,8	7,6	0,0	99,24
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	13,6	1,5	1,0	6,5	0,0	97,06
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	17,1	1,7	1,3	7,3	0,0	98,39

ΜΑΡΟΥΣΙ	22,1	2,1	1,4	9,3	0,0	63,99
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	16,4	2,0	1,7	6,7	0,0	79,09
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	14,1	1,2	0,8	6,0	0,0	92,12

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 91

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).
(τιμές σε 8ωρη βάση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1997)

Σταθμοί	Μέγιστη τιμή	98% τιμών < από	% τιμών > από $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	% τιμών > από $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	20,0	12,8	6,97	0,53
ΑΘΗΝΑΣ	17,1	9,7	1,81	0,09
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	16,4	6,8	0,39	0,074
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	9,6	5,9	0,00	0,00
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	9,8	5,0	0,00	0,00
Ν.ΣΜΥΡΝΗ	11,7	5,7	0,15	0,00
ΜΑΡΟΥΣΙ	13,6	7,9	0,74	0,00
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	12,7	5,8	0,22	0,00
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	10,4	4,9	0,025	0,00

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 92

Μόλυβδος (Pb).
(τιμές σε 24ωρη βάση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -1997)

Σταθμοί	Μέγιστη Τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση τιμή	98% τιμών < από	Αριθμός μετρήσεων
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	0,92	0,32	0,28	0,69	49
ΡΕΝΤΗΣ	0,40	0,12	0,10	0,38	40

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Σχήμα 93

3.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ

Η περιοχή της Αθήνας όπως και όλες οι μεγαλουπόλεις στον κόσμο παρουσιάζει προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα προβλήματα αυτά επιδεινώνονται λόγω της κακής ρυμοτομίας της περιοχής και της υπερσυγκέντρωσης του πληθυσμού και δραστηριοτήτων. Επίσης επιβαρυντικοί παράγοντες για τη ρύπανση είναι η τοπογραφία της περιοχής (περικύκλωση της πόλης από βουνά) και η έντονη ηλιοφάνεια. Τα βασικά συμπεράσματα σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

1. Διαχρονικά η ατμοσφαιρική ρύπανση στην περιοχή της Αθήνας παρουσιάζει πτωτική τάση ή τάση σταθεροποίησης. Η τάση αυτή πρέπει να αποδοθεί στη λήψη ορισμένων μέτρων αντιρρύπανσης που αφορούν τις κινητές πηγές (σταδιακή αντικατάσταση του στόλου των αυτοκινήτων με αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας, εφαρμογή του θεσμού της Κ.Ε.Κ) ή τα καύσιμα (μείωση της περιεκτικότητας σε θείο) και γενικά στο σχέδιο αντιρρύπανσης που εφαρμόζεται από το 1994 με τον τίτλο ΑΤΤΙΚΗ SOS. Το 1997 η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα κυμάνθηκε σε ποσοστό 97% των ημερών του χρόνου από χαμηλά έως και μέτρια επίπεδα. Πρόβλημα εξακολουθεί να υπάρχει με το όζον. Ο ρύπος αυτός εμφανίζει μεγάλες τιμές λόγω της αυξημένης ηλιοφάνειας της περιοχής με αποτέλεσμα σε θέσεις απομακρυσμένες από πηγές ρύπανσης να εμφανίζονται σχετικά υψηλές τιμές. Οι τιμές της ρύπανσης από μόλυβδο παρουσιάζουν μείωση. Το SO₂ που τα τελευταία χρόνια έδειχνε τάσεις αύξησης, την τελευταία χρονιά παρουσιάζει τάσεις μείωσης στους κεντρικούς σταθμούς, ενώ στην περιφέρεια παρουσιάζει τάση σταθεροποίησης. Οι τιμές του NO₂ παρουσιάζουν τάση σταθεροποίησης. Για το CO τα τελευταία χρόνια παρουσιάζονται τάσεις μείωσης, κυρίως στους σταθμούς του κέντρου της πόλης.
2. Μεγαλύτερες τιμές SO₂, NO₂, CO παρουσιάζονται στο κέντρο της πόλης ενώ για το O₃ μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται στην περιφέρεια και κυρίως στα βόρεια προάστια. Επίσης υπάρχουν υπερβάσεις κυρίως στους σταθμούς προς τη βόρεια πλευρά της πόλης.
3. Για το διοξείδιο του θείου και μονοξείδιο του άνθρακα μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται τους χειμερινούς μήνες ενώ τους καλοκαιρινούς μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται για το διοξείδιο του αζώτου και το όζον.
4. Στη διάρκεια Σαββατοκύριακου, οι τιμές όλων των ρύπων εκτός του όζοντος παρουσιάζουν μείωση.
5. Στη διάρκεια του 24ώρου, οι αιχμές ρύπανσης παρουσιάζονται, για το διοξείδιο του θείου και το μονοξείδιο του άνθρακα το πρωί 8-10 και το βράδυ 9-11, για το διοξείδιο του αζώτου το πρωί 10-12 και για το όζον τις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες.
6. Μεγάλες τιμές ρύπανσης παρουσιάζονται με διεύθυνση ανέμου του νότιου και δυτικού τομέα, με ταχύτητα ανέμου μικρότερη από 5 m/s και όταν επικρατούν συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής.

3.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Από τα προηγούμενα στατιστικά στοιχεία που πήραμε μέσω των πινάκων και των διαγραμμάτων θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση, σε ορισμένες από τις περιοχές της Αθήνας με μεγάλη κυκλοφορία αυτοκινήτων, παρουσιάζει τάση πτώσης και περισσότερο τάση σταθεροποίησης. Αν ληφθεί υπόψη ότι στο νομό Αχαΐας και συγκεκριμένα στην πόλη της Πάτρας, ο αριθμός των καταλυτικών αυτοκινήτων είναι περίπου το 80% του συνόλου των αυτοκινήτων, για κάθε χρονιά από τότε που ξεκίνησε να ισχύει ο νόμος περί αυτοκινήτων νέας τεχνολογίας, τότε μπορεί να φανταστεί κανείς τον αριθμό των καταλυτικών αυτοκινήτων που αντιστοιχούν στην Αθήνα στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η περιοχή της Αθήνας λόγω του ότι συγκεντρώνει σχεδόν το 40% του πληθυσμού της Ελλάδας και λόγω της κακής ρυμοτομίας αντιμετωπίζει προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης όπως και οι περισσότερες μεγαλουπόλεις. Παρόλα αυτά οι στατιστικές μετρήσεις μας δείχνουν ότι την τελευταία δεκαετία έχουν ληφθεί μέτρα τα οποία οδήγησαν στην μείωση - σταθεροποίηση της ρύπανσης. Κυρίως η πτωτική αυτή τάση αποδίδεται στην σταδιακή αντικατάσταση των αυτοκινήτων συμβατικής τεχνολογίας με καταλυτικά, αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας. Το μέτρο αυτό ακολούθησε και μια άλλη σειρά μέτρων όπως η εφαρμογή του θεσμού της Κάρτας Ελέγχου Κουσαερίων, τα μέτρα ελέγχου εκπομπής ρύπων από διάφορες πηγές, στη χρήση καυσίμων με καλύτερες τεχνικές προδιαγραφές, και γενικά στα μέτρα που έχουν ληφθεί στο πλαίσιο του προγράμματος ΑΤΤΙΚΗ SOS.

Η προσπάθεια αντικατάστασης των αυτοκινήτων, συμβατικής τεχνολογίας με καταλυτικά στην Ελλάδα ξεκίνησε στις αρχές τις δεκαετίας του '90. Η κυβέρνηση για να επιτύχει στο σκοπό αυτό προέβαλλε μια σειρά από οικονομικά κίνητρα όπως η μείωση του ειδικού φόρου κατανάλωσης, απαλλαγή από τα τέλη κυκλοφορίας καθώς και άλλες φοροαπαλλαγές ώστε να προσελκύσει τους αυτοκινηστές στην απόσυρση των παλιών και στην αγορά καταλυτικών αυτοκινήτων. Επίσης διατυπώθηκαν και οικονομικά κίνητρα για την τοποθέτηση καταλυτών σε παλαιά αυτοκίνητα. Ωστόσο η περίπτωση αυτή της μετατροπής, τοποθετώντας καταλύτη, κρίθηκε αμφίβολη από τεχνικής άποψης και αποτελεσματικότητας αλλά ακόμα δεν είναι εφικτή για τα περισσότερα παλιά αυτοκίνητα γιατί δεν διαθέτουν χώρο για να δεχθούν τον καταλύτη, ούτε μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς πρόβλημα με το επιπλέον αυτό εξάρτημα και την αναγκαστική χρήση της αμιόλυβδης. Όμως δεν ήταν δυνατή η απότομη αντικατάσταση όλων των παλιών αυτοκινήτων. Γι' αυτό και η σταδιακή αντικατάσταση είχε σαν αποτέλεσμα την διαχρονική σταθεροποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Όλες οι προδιαγραφές, όχι μόνο στην Ευρώπη αλλά και στις ΗΠΑ, επιβάλλουν όρια εκπομπής ρύπων, αφήνοντας ελεύθερους τους κατασκευαστές να το πετύχουν με όποια τεχνολογία θέλουν. Επομένως η ευρωπαϊκή νομοθεσία δεν υποχρεώνει τους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν καταλύτες αλλά επιβάλλει κάποια όρια εκπομπής ρύπων που πρέπει να καλύπτονται από κάθε νέο αυτοκίνητο.

Η παρακολούθηση της λειτουργίας των οχημάτων πραγματοποιείται με το θεσμό της Κάρτας Ελέγχου Κουσαερίων ετήσιας διάρκειας με την οποία ελέγχονται οι εκπομπές ρύπων των οχημάτων. Όλα τα κυκλοφορούντα οχήματα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με κάρτα ελέγχου κουσαερίων (Κ.Ε.Κ.) με την οποία πιστοποιείται ότι κατόπιν ελέγχου πληρούνται οι προϋποθέσεις της χορηγήσεώς της. Βασικός φορέας έκδοσης της κάρτας είναι μεγάλος αριθμός εξουσιοδοτημένος συνεργείων που θα πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές για τον εξοπλισμό και την εκπαίδευση του προσωπικού τους. Τα συνεργεία αυτά ελέγχονται και τους αφαιρείται η άδεια όταν δεν κάνουν σωστά τη δουλειά τους.

Κάρτα Ελέγχου Καυσαερίων (ΚΕΚ) Οι επιτρεπόμενες εκπομπές ρύπων για την προμήθεια της ΚΕΚ Οχήματα με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα		
Ρύπος	Ρελαντί	2500 - 3000 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα	0,5	0,3
Υδρογονάνθρακες	120	100
Συντελεστής λ	0,97 - 1,03	2500 - 3000 σ.α.λ.
Οχήματα με μη ρυθμιζόμενο τριοδικό ή οξειδωτικό καταλυτικό μετατροπέα		
Ρύπος	Ρελαντί	2500 - 3000 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα	1,2	1
Υδρογονάνθρακες	220	200
Οχήματα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας πριν από την 1.10.86		
Ρύπος	Ρελαντί	2500 - 3000 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα	4,5	4
Υδρογονάνθρακες	800	700
Οχήματα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας από την 1.10.86 και έπειτα		
Ρύπος	Ρελαντί	2500 - 3000 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα	3,5	3
Υδρογονάνθρακες	500	400

Σχ. 94: Οι επιτρεπόμενες τιμές ρύπων για την προμήθεια κάρτας καυσαερίων

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Κάρτα Ελέγχου Καυσαερίων (ΚΕΚ) Οι επιτρεπόμενες εκπομπές ρύπων στον καθ' οδό έλεγχο Οχήματα με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα		
Ρύπος	Ρελαντί	2500 - 3000 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα	0,6	0,4
Υδρογονάνθρακες	130	120
Συντελεστής λ	0,97 - 1,03	2500 - 3000 σ.α.λ.
Οχήματα με μη ρυθμιζόμενο τριοδικό ή οξειδωτικό καταλυτικό μετατροπέα		
Ρύπος	Ρελαντί	2500 - 3000 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα	1,2	1
Υδρογονάνθρακες	220	200
Οχήματα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας πριν από την 1.10.86		
Ρύπος	Ρελαντί	2500 - 3000 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα	5	4,5
Υδρογονάνθρακες	900	800
Οχήματα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας από την 1.10.86 και έπειτα		
Ρύπος	Ρελαντί	2500 - 3000 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα	4	3,5
Υδρογονάνθρακες	600	500

Σχ. 95: Οι επιτρεπόμενες τιμές ρύπων στον καθ' οδό έλεγχο.

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Από τους παραπάνω πίνακες διαπιστώνουμε ότι οι εκπομπές ρύπων για την χορήγηση της κάρτας καυσαερίων, είναι μικρότερες απ' ό,τι στον καθ' οδό έλεγχο.

Είναι γνωστό ότι από το 2002 θα απαγορευτεί η κυκλοφορία της βενζίνης με μόλυβδο. Μέχρι τότε θα πρέπει τα αυτοκίνητα παλιάς τεχνολογίας να κάνουν «retrofit» ώστε να καίνε αμόλυβδη βενζίνη χωρίς να ρυπαίνουν. Σίγουρα δεν επιτρέπεται η χρήση αμόλυβδης βενζίνης σε κινητήρες παλιάς τεχνολογίας γιατί τότε δημιουργούνται σημαντικότερα προβλήματα ρύπανσης και ζημιάς του κινητήρα.

Έτσι ένα αυτοκίνητο για να εκπέμπει ρύπους, μέσα στις επιτρεπόμενες τιμές, θα πρέπει και ο καταλύτης να ικανοποιεί τις προϋποθέσεις αποδοτικής λειτουργίας του. Γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται πάντα αμόλυβδη βενζίνη, να λειτουργεί καλά ο κινητήρας καθώς και να είναι σωστά ρυθμισμένος, να μην καίει λάδια ο κινητήρας, να υπάρχει ηλεκτρονικός μικροεπεξεργαστής για την σωστή λειτουργία του καταλύτη με αισθητήρα οξυγόνου λήπτη λ, να υπάρχει αξιόπιστο σύστημα ανάφλεξης και να λειτουργεί χωρίς περιθώρια σφάλματος. Η διάρκεια ζωής ενός καταλύτη σύμφωνα με τους κατασκευαστές αυτοκινήτων αλλά και καταλυτών είναι κατά μέσον όρο για 100.000 έως 120.000 χιλιόμετρα κυκλοφορίας του οχήματος. Όλα αυτά όμως ισχύουν για ιδανικές συνθήκες λειτουργίας. Επειδή όμως δεν είναι εφικτές, η διάρκεια αυτή μπορεί να μειωθεί σημαντικά εξ αιτίας της θερμικής γήρανσης, της δηλητηρίασης, της μηχανικής καταπόνησης που υφίστανται οι καταλύτες. Για να παραταθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η διάρκεια ζωής, αλλά και για τη σωστή λειτουργία του καταλύτη, οι οδηγοί πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί με τη συντήρηση του αυτοκινήτου καθώς και με την εφαρμογή των προτεινόμενων, από τους κατασκευαστές, μέτρων προστασίας του καταλύτη, πράγμα που δεν συμβαίνει πάντοτε.

Όμως, παρόλο που οι καταλύτες χρησιμοποιούνται σαν το μοναδικό μέσο αντιμετώπισης της ρύπανσης στα αυτοκίνητα και έχουν δείξει ευνοϊκά αποτελέσματα στον σκοπό αυτό, έχουν μειονεκτήματα. Είναι ευπαθείς στις συνθήκες καύσεως, συνθέσεως των καυσαερίων και στη μολυβδομένη βενζίνη. Η ανάγκη προθερμάνσεως άνω των 250°C, θερμοκρασία που είναι απαραίτητη για να επενεργεί ο καταλύτης, οπότε μέχρι να συμβεί αυτό οι εκπομπές των καυσαερίων είναι αυξημένες και επιπλέον επικίνδυνες λόγω των αρωματικών υδρογονανθράκων. Η μείωση της υποδύναμης του κινητήρα κατά 5 - 10%, η ανάγκη αύξησης του κυβισμού του κινητήρα για την αυτή οδική συμπεριφορά του οχήματος και η μη ύπαρξη δυνατότητας φθηνού και σύντομου ελέγχου της καταστάσεως του καταλύτη. Οι προκαλούμενοι κίνδυνοι από υπερθέρμανση του καταλυτικού κιβωτίου σε περίπτωση βλάβης της μόνωσής του όπως η ανάφλεξη ξηρών χόρτων κ.λ.π. Σημαντικό μειονέκτημα επίσης αποτελεί το γεγονός της συνήθως μεγάλης περιεκτικότητας της αμόλυβδης βενζίνης σε βενζόλιο για την αύξηση της αντικροτικότητας. Είναι πάρα πολύ τοξικός υδρογονάνθρακας ο οποίος σε μεγάλες συγκεντρώσεις ευνοεί την ανάπτυξη καρκινογενέσεων.

Από οικονομικής πλευράς το κόστος κατασκευής των αυτοκινήτων με τριοδικό καταλύτη είναι υψηλό με αποτέλεσμα σαφώς υψηλότερη τιμή πωλήσεων αυτών, όπως και το κόστος παραγωγής της αμόλυβδης βενζίνης είναι υψηλό. Το κόστος λειτουργίας λόγω μεγαλύτερης καταναλώσεως καυσίμου ως προς τα σύγχρονα αυτοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας καθώς και το κόστος συντηρήσεως λόγω της πολυπλοκότητας των συστημάτων του καταλυτικού αυτοκινήτου και της περιοδικής αντικατάστασης του καταλύτη είναι πάρα πολύ υψηλό.

Τα περισσότερα καταλυτικά αυτοκίνητα που κυκλοφορούν έχουν υπερβεί το όριο διάρκειας ζωής του καταλύτη και λόγω της έλλειψης ουσιαστικού έλεγχου η αντικατάσταση των απενεργοποιημένων καταλυτών που φέρουν πολλά αυτοκίνητα δεν έχει λάβει τις προβλεπόμενες διαστάσεις. Πρόβλημα επίσης για το περιβάλλον αποτελούν οι προς απόσυρση απενεργοποιημένοι καταλύτες και αυτό, γιατί ιδιαίτερα στην Ελλάδα, δεν υπάρχει οργανωμένη διαχείριση στον τομέα της ανακύκλωσης ειδικών αποβλήτων. Αν και υπάρχει μέθοδος ανακύκλωσης των καταλυτών η οποία

εφαρμόζεται σε ορισμένες χώρες τις Ευρώπης, στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να δραστηριοποιούνται κάποιες εταιρείες, οι οποίες πάλι δεν αποκαλύπτουν τις μεθόδους τους.

Ένα άλλο θέμα που δεν είναι γνωστό στο ευρύ κοινό είναι ότι οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί για τον περιορισμό της ρύπανσης από το αυτοκίνητο δεν αφορούν όλους τους ρύπους, δηλαδή το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τους άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC) και τα οξειδία του αζώτου (NO_x). Κι' αυτό είναι ένα από τα σημεία στα οποία ασκείται έντονη κρητική από όσους αντιμετωπίζουν με σκεπτικισμό την επιβολή των νέων όρων, οι οποίοι επισημαίνουν ότι τα μέτρα που έχουν ληφθεί ως τώρα από την Ε.Ο.Κ αποφασίστηκαν με βιαστικό τρόπο και κάτω από πιέσεις, με αποτέλεσμα να μη ληφθεί υπ' όψη π.χ. το πρόβλημα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), το οποίο θεωρείται υπεύθυνο για το «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Έτσι η αυτοκινητοβιομηχανία υποχρεώθηκε να εφαρμόσει για την καταπολέμηση ορισμένων μόνο ρύπων μια «αντιρρυπαντική» τεχνολογία η οποία αποδείχθηκε ότι έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών CO₂, κάτι που τα τελευταία χρόνια συνειδητοποίησαν και άρχισαν να εξετάζουν οι αρμόδιοι. Μια λύση στο πρόβλημα αυτό θα ήταν ο κινητήρας ντίζελ (που καλύπτει τα νέα όρια για τους τρεις βασικούς ρύπους και εκπέμπει πολύ λιγότερο CO₂ από το βενζινοκινητήρα), για τη χρησιμοποίηση του οποίου όμως έχουν ήδη αρχίσει να δημιουργούν δυσκολίες με τη μορφή αντικινήτρων ορισμένες κυβερνήσεις, για λόγους υποτίθεται περιβαλλοντολογικούς.

Οι περιορισμοί που τέθηκαν στις αυτοκινητοβιομηχανίες είχαν σαν αποτέλεσμα την αλματώδη τεχνολογική πρόοδο. Η τεχνολογική αυτή πρόοδος δεν περιορίστηκε μόνο στον τομέα της μείωσης των ρύπων που εκλύουν οι κινητήρες των αυτοκινήτων, αλλά επεκτάθηκε στον τομέα της αεροδυναμικής, καλύτερη αεροδυναμική σημαίνει χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου άρα εκπομπή λιγότερων ρύπων, στον τομέα του σχεδιασμού του θαλάμου καύσης και στην έρευνα για χρήση εναλλακτικών καυσίμων, όπως το υδρογόνο, το υγραέριο, και τις αλκοόλες (αιθανόλη, μεθανόλη). Τα ηλεκτρικά, τα ηλιακά και τα υβριδικά αυτοκίνητα, η νέα ώθηση που δόθηκε στην έρευνα για τους κινητήρες ντίζελ, οι κεραμικοί κινητήρες και η νέα γενιά των δίχρονων κινητήρων, είναι άμεση συνέπεια των οικολογικών ανησυχιών και της έντονης αναζήτησης για εναλλακτικά καύσιμα και κινητήρες.

Είναι πάντως γεγονός ότι ο δρόμος που ακολουθήθηκε στην Ε.Ο.Κ, και κατά συνέπεια και στη χώρα μας, κάτω από την πίεση της κοινής γνώμης για μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος δεν είναι καθόλου σίγουρο ότι θα είναι μακροπρόθεσμα και ο πιο αποτελεσματικός. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων υποχρεώθηκαν έμμεσα να χρησιμοποιήσουν για την επίτευξη των νέων ορίων μια δεδομένη τεχνολογία, που έχει ήδη δοκιμαστεί σε άλλες χώρες αφήνοντας πολλά ερωτηματικά για τη μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητά της. Η σωστότερη λύση για την επίτευξη σταθερότερων αποτελεσμάτων θα ήταν να τους δοθεί η ευκαιρία να μελετήσουν και άλλες εναλλακτικές λύσεις, μέσω μιας πολιτικής βαθμιαίας και όχι απότομης μείωσης των ορίων εκπομπής ρύπων. Η καταλυτική τεχνολογία εξασφαλίζει βεβαίως σημαντικά μειωμένη εκπομπή ρύπων για ένα καινούργιο αυτοκίνητο που μόλις έχει βγει από τις γραμμές παραγωγής του εργοστασίου, αλλά δεν είναι καθόλου σίγουρο ότι εξακολουθεί να έχει τα ίδια αποτελέσματα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα κυκλοφορίας του. Κι' αυτό γιατί όπως είδαμε και από τα προηγούμενα, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε παράγοντες άσχετους με το σχεδιασμό και την κατασκευή του κινητήρα, όπως η συντήρηση του αυτοκινήτου, η ποιότητα των καυσίμων κ.λ.π.

3.5 ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από την μελέτη της παραπάνω εργασίας βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο τριοδικός καταλύτης αποτελεί το επικρατέστερο σύστημα καταλύτη. Αυτό συμβαίνει γιατί:

- Είναι το καταλυτικό σύστημα όπου χρησιμοποιείται ο λήπτης λάμδα ο οποίος παρέχει τις πληροφορίες ανατροφοδότησης σ' ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή του συστήματος έγχυσης και σε συνδυασμό με τον καταλύτη πετυχαίνει μείωση των εκπομπών καυσαερίων.
- Μειώνει και τους τρεις ρυπαντές CO, HC και NO_x. Το ποσοστό μείωσης είναι εκπληκτικό αφού κυμαίνεται γύρω στο 90-95 %.

Ο οξειδωτικός ή διοδικός καταλύτης οξειδώνει το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τους άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC) κατά 50% περίπου ενώ αφήνει ανεπηρέαστα τα οξείδια του αζώτου (NO_x). Επομένως δεν ήταν δυνατή η χρησιμοποίησή του.

Ο αναγωγικός καταλύτης δεν υφίσταται σαν αυτόνομο σύστημα αλλά αποτελεί μέρος του τριοδικού και του καταλύτη διπλής κλίνης.

Ο καταλύτης διπλής κλίνης αν και μετατρέπει και τους τρεις ρύπους (ο αναγωγικός NO_x και ο αναγωγικός για τους CO, HC) δεν επικράτησε γιατί:

- Η λειτουργία του κινητήρα γίνεται με πλούσιο μίγμα οπότε έχουμε αυξημένη κατανάλωση καυσίμου.
- Δημιουργείται αμμωνία (NH₃) κατά την αναγωγή των οξειδίων του αζώτου.

Από άποψη κατασκευής, χρησιμοποιούνται καταλύτες κυρίως με κεραμικό μονόλιθο. Μετά όμως από κάποιο χρονικό διάστημα, η τεχνολογική ανάπτυξη του μεταλλικού καταλύτη ίσως να είναι τέτοια ώστε λαμβάνοντας υπόψη τη σχέση κόστος - απόδοση να εκτοπίσει τον καταλύτη με κεραμικό μονόλιθο. Η μικρότερη και πιο συμπαγής κατασκευή του είναι μεγάλο πλεονέκτημα που έχει ήδη προσελκύσει το ενδιαφέρον των κατασκευαστών αυτοκινήτων. Καταλύτες με μεταλλικά σφαιρίδια έχουν πλέον σταματήσει να κατασκευάζονται γιατί παρουσίασαν προβλήματα που δεν μπόρεσαν να λυθούν όπως η μεγάλη αντίθλιψη και η μεγάλη διαφορά στις διαστολές μεταξύ σφαιριδίων και περιβλήματος.

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία παρατηρούμε ότι από το 1992 και μετά σημειώνεται μια αύξηση των αυτοκινήτων ανά χρόνο κατά 19% στον νομό της Αχαΐας. Το γεγονός αυτό θα έπρεπε να είχε σαν αποτέλεσμα και την αύξηση της ρύπανσης. Όμως από τους πίνακες και τα διαγράμματα για τους ρύπους στις περιοχές της Αττικής, όπου η ετήσια αύξηση των αυτοκινήτων λογικά θα ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη απ' αυτή της Αχαΐας, παρατηρείται μια σταθεροποίηση - μείωση της ρύπανσης. Επομένως σαν τελικό συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι η σταδιακή αντικατάσταση των συμβατικών αυτοκινήτων με αυτοκίνητα σύγχρονης τεχνολογίας, και συνεπώς η χρησιμοποίηση του καταλύτη βοήθησε στην αντιμετώπιση της ρύπανσης έχοντας σαν αποτέλεσμα την σταθεροποίηση - μείωση των πρωτογενών ρύπων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ

- «Από τους Καταλύτες και το λάμδα στους αναλυτές καυσαερίων»
Π. Καραμπίλα Τεχ/γού Μηχ/κού Αυτ/των
- «Οδηγώντας»
Κώστας Καρβαθάς, Εκδόσεις Τεχνικές Εκδόσεις
- Περιοδικό «4 ΤΡΟΧΟΙ»
- «Μ.Ε.Κ. και Νέες Τεχνολογικές Εξελίξεις»
Χ. Καραπάνος, Εκδόσεις ΙΩΝ
- «Σύγχρονο Αυτοκίνητο»
Ν.Φ. Φωτιάδη, Εκδόσεις ΙΩΝ
- «Καταλύτες Αυτοκινήτων»
Πολύδωρος Σταυρόπουλος, Θωμάς Μανίκας, Εκδόσεις ΙΩΝ
- «Καυσαέρια - Καταλυτικοί Μετατροπείς ή Καταλύτες»
Διπλωματική – Κ.Τ.Ε.Ο. ΠΑΤΡΑΣ
- «Αυτοκίνητο»
Ευάγγελου Βάου Μηχανολόγου Ηλεκτρολόγου Ε.Μ.Π.
Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου
- «Τεχνολογία Αυτοκινήτου»
Πασχάλη Ρετζέπη, Εκδόσεις ΙΩΝ
- «Ελληνικά Διυλιστήρια»
- «Υπουργείο Χωροταξίας – Περιβάλλοντος – Δημοσίων Έργων»

