



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ

Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΔΡΙΜΙΣΚΙΑΝΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΑΜ: 5206

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΔΟΥΜΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2014

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας και έπειτα εφόσον θα έχω ολοκληρώσει όλες μου τις υποχρεώσεις στο τμήμα μηχανολογίας του εκπαιδευτικού ιδρύματος Κρήτης , θα έχω πραγματοποιήσει ένα μεγάλο βήμα στην ζωή μου αλλά και στην καριέρα μου.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου Κ Κουδουμά Γεώργιο για την ανάθεση και καθοδήγηση και επίβλεψη της εκπόνησης αυτής της πτυχιακής και για όλες τις γνώσεις τις οποίες μας μετέδωσε όλα τα προηγούμενα χρόνια.

Επίσης σε όλους τους καθηγητές που με συνόδευαν όλα αυτά τα χρόνια , για τις γνώσεις και τις εμπειρίες που μου μετέδωσαν καθώς και τους συμφοιτητές μου για την ανοχή και τη βοήθειά τους.

Ακόμα θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου αλλά και σε αυτούς που με στήριξαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Ευχαριστώ βαθύτατα,

Δριμισκιανάκης Μιχάλης

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες	2
Εισαγωγή	5
Καυσαέρια γενικά	6
Τί είναι Καύση	6
Τι είναι διάγνωση.....	8
Γενικά	8
Η Έννοια της μέτρησης.....	8
Η έννοια της Διάγνωσης	9
Μεθοδολογία ελέγχου και διάγνωσης.....	10
Ο λόγος αέρα καυσίμου ο λόγος (λ)	15
Ποιότητα καυσίμου.....	15
Λόγος (λ)	16
Καύση.....	16
Καυσαέρια	18
Ερμηνεία του λόγου λάμδα	18
Λύσεις στο πρόβλημα της ρύπανσης και λύσεις που σχετίζονται με το σχεδιασμό της μηχανής στην μέτρησης καυσίμου	19
Αισθητήρας οξυγόνου ή αισθητήρας λάμδα (λ).....	21
Γενικά ο αισθητήρας οξυγόνου (λ)	21
Κατασκευή του αισθητήρα (λ)	24
Εφαρμογές στην αυτοκίνηση-Λειτουργία.....	25
Ανοικτά συστήματα ρύθμισης	26
Κλειστά συστήματα ρύθμισης	26
Λειτουργία του αισθητήρα σε φτωχό μείγμα καυσίμου	27
Λειτουργία του αισθητήρα σε πλούσιο μείγμα	27
Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας	28
Θερμοκρασία λειτουργίας	28
Τοποθέτηση.....	29
Συνδεσμολογία	29
Αιτίες βλαβών του αισθητήρα (λ).....	29
Καταλύτες.....	31
Καταλύτες γενικά	31
Καταλύτες αναλυτικά.....	37

Αρχή λειτουργίας καταλύτη.....	38
Είδη καταλυτικών επιφανειών	41
Διασπορά ενεργού φάσης.....	41
Ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενη σύνθεση καυσαερίων	42
Σωστή θέση τοποθέτησης του αισθητήρα «λ».....	43
Διάρκεια ζωής καταλύτη.....	43
Κατεστραμμένοι καταλύτες	44
Χαρακτηριστικά καυσαερίων-Αντιδράσεις	47
Κατασκευαστική τοποθέτηση καταλύτη.....	49
Χαρακτηριστικά μέρη ενός καταλύτη.....	50
Απαραίτητες ενέργειες ομαλής λειτουργίας	51
Ρυθμιζόμενοι τριοδικοί καταλύτες λειτουργία.....	52
Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα σωστή λειτουργία	54
Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα και περιπτώσεις βλαβών.	55
Αναλυτής καυσαερίων	58
Δομή και Λειτουργία του αναλυτή καυσαερίων	59
Διάγνωση βλαβών με αναλυτή καυσαερίων	61
Μέθοδοι και τεχνικές ποσοτικής μέτρησης των εκπομπών.	64
Ρύποι.....	64
Σταθμοί και όργανα μέτρησης.....	65
Μερικά είδη αναλυτών και βοηθητικά όργανα μέτρησης.....	67
Έλεγχοι - Κ.Ε.Κ(κάρτα έλεγχου καυσαερίων).....	70
Πρότυπα ελέγχου απόδοσης και εκπομπών οχημάτων σε Ευρωπαϊκή Ένωση, ΗΠΑ, Ιαπωνία	72
Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών ρύπων	72
Όρια εκπομπών και υποχρεώσεις στην Ελλάδα	73
Όρια εκπομπής καυσαερίων βενζινοκίνητων οχημάτων	75
Διάγνωση μετρήσεων με καυσαναλητή-Πειραματικές μετρήσεις.....	77
Ο καυσαναλυτής.....	77
Μοντέλα αυτοκίνητων μηχανής και συστημάτων ψεκασμού.....	78
Πρώτες μετρήσεις με υψηλό οξυγόνο	79
Γενικό συμπέρασμα διάγνωση.....	83
Μετρήσεις με κανονικές ενδείξεις οξυγόνου	85
Μετρήσεις με αποσυνδέσεις αισθητήρων οξυγόνου (λ).....	86

Εισαγωγή

Γενικά στην πτυχιακή αυτή θα δούμε πως γίνεται διάγνωση μέσω της ανάλυσης καυσαερίων σε ένα βενζινοκινητήρα με σύστημα ηλεκτρονικού ψεκασμού και τι συμπεραίνουμε από την όλη διαδικασία.

Θα γίνει ανάλυση για την λειτουργία των καυσαερίων πως επιδρούν σε μια διάγνωση και τι εξασφαλίζεται για την σωστή λειτουργία ενός κινητήρα βενζίνης και του συστήματος ψεκασμού το οποίο υπάρχει στον κινητήρα αυτό.

Παρακάτω θα γίνει παρουσίαση για το τι συστήματα υπάρχουν για τον έλεγχο ανάλυσης καυσαερίων ,τι είναι τα καυσαέρια, τι είναι μίγμα βενζίνης τι ισχύ για την αναλογία του με τον αέρα, τι συστήματα υπάρχουν για τον έλεγχο αυτό σε ένα αυτοκίνητο με βενζινοκινητήρα και όχι μόνο και πως βλέπουμε αν ένα κινητήρας λειτουργεί σωστά .

Επιπρόσθετα θα δούμε τι ισχύει για τους ρύπους που εκπέμπονται και τι κανονισμοί εφαρμόζονται σε ένα όχημα βενζίνης και τι μέτρα έχουν πραγματοποιηθεί για την αντιμετώπιση των φαινομένων αυτών.

Ακόμα θα δούμε κατηγορίες προβλημάτων τα οποία υπάρχουν και ανιχνεύονται μέσω της διάγνωσης αυτής και πειραματικά θα δούμε διάγνωση μέσω αναλυτή καυσαερίων και πειράματα σε αυτοκίνητο που σκοπό έχουν την εξήγηση όλων των προαναφερόμενων.

Καυσαέρια γενικά

Τί είναι Καύση

Καύση μπορούμε να ονομάσουμε κάθε εξώθερμη χημική αντίδραση ενός υλικού καυσίμου με οξυγόνο (ή αέρα), που συντελείται με αρκετά μεγάλο βαθμό απόδοσης θερμότητας, έτσι ώστε **η εκπεμπόμενη ενέργεια υπό μορφή θερμότητας να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη**. Ελάχιστη προϋπόθεση είναι η εκπεμπόμενη θερμότητα να είναι τόση ώστε να μπορεί να διατηρηθεί η αντίδραση.

ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ → ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΚΑΥΣΗΣ → ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Μέσω της αντίδρασης της καύσης, η χημική ενέργεια η οποία βρίσκεται αποθηκευμένη στο **καύσιμο**, με τη βοήθεια του **οξειδωτικού** μετατρέπεται σε θερμότητα.

Η ταχεία χημική αντίδραση καυσίμου και οξειδωτικού δημιουργεί οξείδια τα οποία με τη σειρά τους απαρτίζουν τα καυσαέρια.

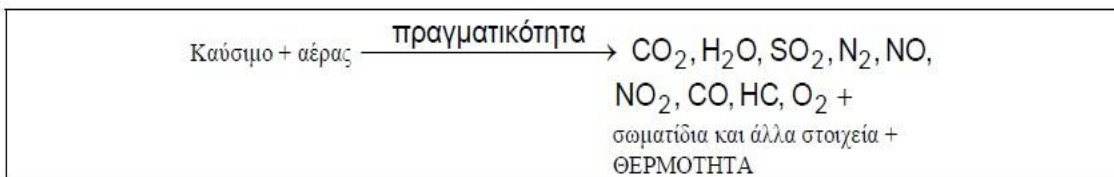
Κατά την οξείδωση, π.χ. μετάλλων, η αντίδραση είναι βραδεία, η αποδιδόμενη θερμότητα είναι χαμηλή και οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες δεν είναι τόσο υψηλές ώστε να επιτρέψουν την εμφάνιση φλόγας.

ΤΕΛΕΙΑ-ΑΤΕΛΗΣ ΚΑΥΣΗ

Κάτω από ιδανικές συνθήκες η καύση είναι τέλεια, δηλαδή τα προϊόντα είναι οι πιο σταθερές ενώσεις των C, H, N, O, S.

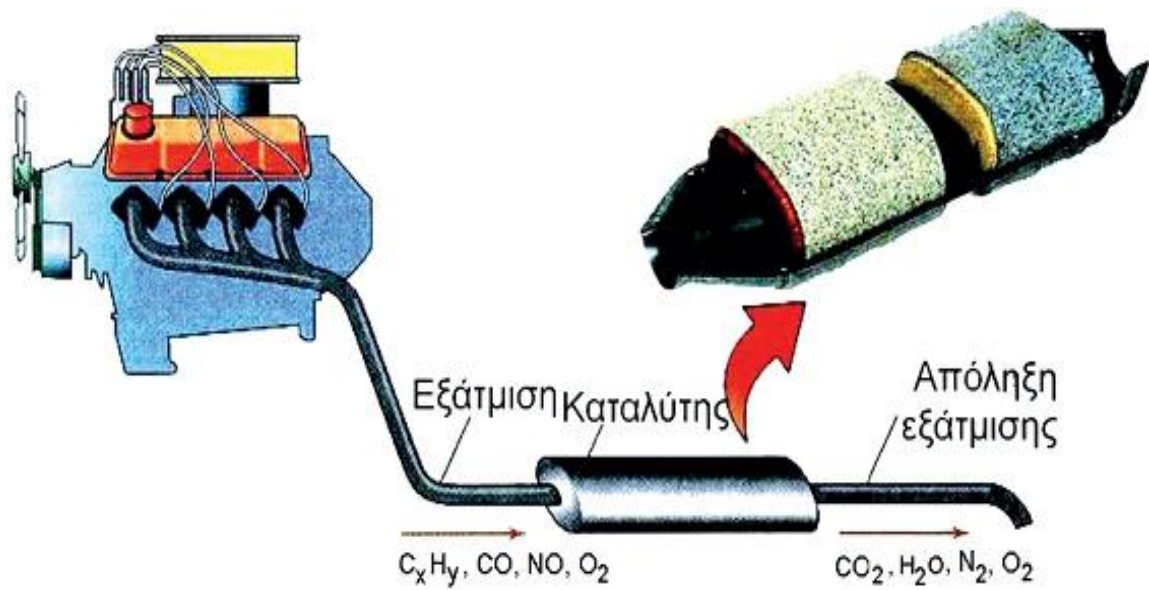


- Από πλευράς προστασίας περιβάλλοντος η τέλεια καύση δεν είναι πάντα επιθυμητή λόγω του δημιουργούμενου υψηλού ποσοστού και αιθάλης.
- Στην πραγματικότητα η καύση είναι ατελής:



Στα καυσαέρια τα οποία εκπέμπονται κατά την λειτουργία ενός βενζινοκινητήρα περιλαμβάνονται το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι

άκαυστοι υδρογονάνθρακες(HC), τα οξείδια του αζώτου(NO_x), το διοξείδιο του άνθρακα(CO_2), ατμοί νερού(H_2O), διοξείδιο του θείου(SO_2), σωματίδια αζώτου(N_2) και μόλυβδος (Pb).



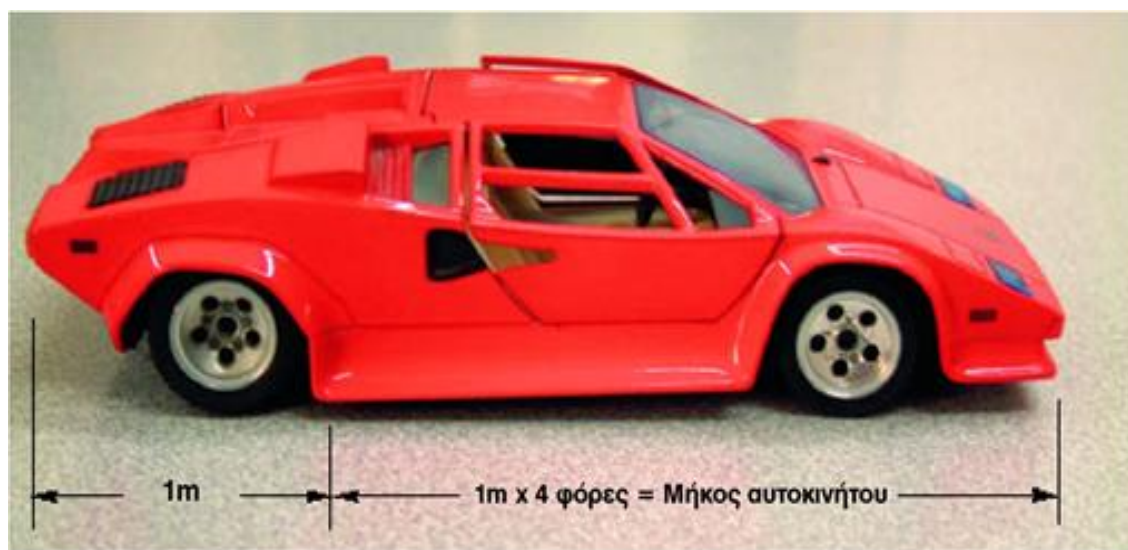
Τι είναι διάγνωση

Γενικά

Ο άνθρωπος στην προσπάθεια δημιουργίας τεχνολογικού πολιτισμού, από την πρώτη στιγμή αντιλήφθηκε την ανάγκη της έννοιας της "μέτρησης". Έπρεπε να μετρήσει με κάποιο τρόπο π.χ το χρόνο, τον όγκο, το μήκος, το βάρος κ.ο.κ., και μέχρι σήμερα επινοεί και κατασκευάζει μεθόδους και όργανα μέτρησης διαφόρων μεγεθών φυσικών ή τεχνικών για ακριβέστερη μέτρηση.

Η Έννοια της μέτρησης

Με τον όρο "μέτρηση", εννοείται η σύγκριση ενός μεγέθους ή μιας κατάστασης με ένα άλλο ομοειδές μέγεθος ή κατάσταση, το οποίο θεωρείται σταθερό, αμετάβλητο ή πιο απλά "σωστό". Το αποτέλεσμα αυτής της μέτρησης δίνεται με έναν αριθμό και μία μονάδα. Ο αριθμός δηλώνει εκφράζει πόσες μονάδες περιέχονται στο μετρούμενο μέγεθος. Π.χ. το μήκος ενός αυτοκινήτου είναι 4 μέτρα. Ο αριθμός 4 δηλώνει ότι η μονάδα μήκους που είναι το "μέτρο" "χωράει" 4 φορές στο μήκος του συγκεκριμένου αυτοκινήτου ή απλώς χρειάζονται 4 "μέτρα" για να καλύψουν το μήκος ενός αυτοκινήτου.



Μέτρηση μήκους αυτοκινήτου

Πολλές φορές, η ακριβής αριθμητική τιμή ενός μεγέθους δεν είναι μόνο αυτή καθ' εαυτή που είναι απαραίτητη για να κριθεί ένα μέγεθος "σωστό" και να βοηθά στην καλύτερη λειτουργία του συστήματος. Υπάρχουν και περιπτώσεις που απαιτείται το μετρούμενο μέγεθος να βρίσκεται μεταξύ κάποιων ορίων, δηλαδή ενός μέγιστου και ενός ελάχιστου ορίου που θεωρούνται "σωστά" ή "αναγκαία", προκειμένου να λειτουργεί σωστά ένας μηχανισμός ή ένα

σύστημα, χωρίς να υπάρξει καταστροφή του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συνεχή μέτρηση συγκεκριμένων μεγεθών και η διαδικασία αυτή ονομάζεται έλεγχος.

Π.χ. Ο αριθμός στροφών (στροφαλοφόρου) ενός τετράχρονου κινητήρα, εκτός του ότι χρειάζεται και η ακριβής μέτρησή του το κάθε λεπτό, προκειμένου να υπάρχει η μέγιστη απόδοση του, πρέπει συνήθως να κυμαίνεται μεταξύ 900 στροφών το λεπτό το ελάχιστο και 9000 στροφών το μέγιστο. Έξω από αυτά τα όρια ή δεν λειτουργεί ο κινητήρας (κάτω από τις στροφές ρελαντί) ή καταστρέφεται (πάνω από το όριο στροφών).

Επίσης ένα άλλο παράδειγμα η τάση λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος ενός αυτοκινήτου. Η τάση λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος ενός αυτοκινήτου, κυμαίνεται μεταξύ 11.5 V και 14.5 V. Μικρότερη τάση σημαίνει ότι δεν μπορούν να λειτουργήσουν τα ηλεκτρικά συστήματα του αυτοκινήτου και μεγαλύτερη τάση σημαίνει καταστροφή των ηλεκτρικών εξαρτημάτων.

Σκοπός λοιπόν του ελέγχου, εκτός από τη δυνατότητα διάγνωσης και την αποκατάσταση της βλάβης, σε περίπτωση που κάποια μέτρηση είναι εκτός ορίων, είναι και η δυνατότητα πρόληψης και προστασίας.

Η έννοια της Διάγνωσης

Η σωστή λειτουργία ενός συστήματος εξαρτάται από το αν όλα τα επί μέρους συστήματα λειτουργούν και συνεργάζονται μεταξύ τους σωστά . Όσο πιο σύνθετο είναι ένα σύστημα, τόσο πιο δύσκολα μπορεί να εντοπισθεί μια βλάβη. Ο εντοπισμός μιας βλάβης ξεκινά από τη στιγμή που κάποιο σύμπτωμα π.χ κάποιος θόρυβος, ή κάποια ηλεκτρική ασφάλεια καίγεται ή κάποια διαγνωστική λυχνία ανάβει και με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή θα πρέπει να γίνουν κάποιες συγκεκριμένες μετρήσεις και συγκεκριμένοι έλεγχοι. Από τη διαδικασία των μετρήσεων και ελέγχου προκύπτει και η αιτία που προκάλεσε τη συγκεκριμένη βλάβη.

Ο εντοπισμός μιας βλάβης μέσα από κάποια διαδικασία μετρήσεων και ελέγχων ή και ακόμα μέσα από την εμπειρία του χρήστη ή του επισκευαστή - για κάθε βλάβη υπάρχουν συνήθως και συγκεκριμένα συμπτώματα - λέγεται διάγνωση.

Η τεχνολογική εξέλιξη μπορεί να έδωσε λύσεις για τον καλύτερο έλεγχο και την ακριβέστερη λειτουργία των συστημάτων, αλλά όσον αφορά στη διάγνωση ακόμα και σήμερα που υπάρχει και η δυνατότητα της αυτοδιάγνωσης των συστημάτων η σωστή διάγνωση θεωρείται το δυσκολότερο πρόβλημα για τους επισκευαστές. Παλαιότερα π.χ. στο αυτοκίνητο για την αποκατάσταση μιας βλάβης ίσχυε ένα ποσοστό 30% σε χρόνο για τον εντοπισμό μιας βλάβης και 70% για την επισκευή και διόρθωσή της.

Σήμερα αυτό το ποσοστό έχει αντιστραφεί. Χρειάζεται ένα ποσοστό χρόνου 70% για τον εντοπισμό μιας βλάβης και 30% για επισκευή, που συνήθως σήμερα "επισκευή" σημαίνει "αντικατάσταση" του ελαττωματικού εξαρτήματος. Δηλαδή, σήμερα για τον εντοπισμό ενός ελαττωματικού αισθητήρα, χρειάζονται 7 λεπτά για να "βρούμε" ποιος αισθητήρας δεν λειτουργεί σωστά και 3 λεπτά για να γίνει η αντικατάστασή του.

Μεθοδολογία ελέγχου και διάγνωσης

Για την επιτυχή διάγνωση, συνήθως οι κατασκευαστές για κάθε σύμπτωμα δίνουν και μια συγκεκριμένη μεθοδολογία που περιλαμβάνει συγκεκριμένες μετρήσεις με μια "λογική" σειρά, ώστε να εντοπισθεί γρήγορα και σωστά η αιτία που προκάλεσε τη βλάβη.

Η διαδικασία της διάγνωσης ξεκινά από την εμφάνιση κάποιου συμπτώματος ή κάποιας ένδειξης (οπτικής ή ηχητικής), ότι κάτι δεν λειτουργεί σωστά. Το επόμενο βήμα είναι να πραγματοποιηθούν συγκεκριμένες μετρήσεις, με προκαθορισμένη σειρά, στα εξαρτήματα του συστήματος από όπου είναι πιθανόν να προέρχεται η βλάβη και να εντοπισθεί η αιτία της. Κατόπιν πραγματοποιείται η επισκευή της βλάβης και τέλος η δοκιμή ή η επιβεβαίωση ότι σταμάτησαν τα συμπτώματα της διασκευασθείσας βλάβης και όλα λειτουργούν σωστά. Αναφέρεται πιο κάτω η περιγραφείσα μέθοδος διάγνωσης σε δύο διαφορετικά συμπτώματα και ο τρόπος με τον οποίο πρέπει να γίνουν οι έλεγχοι ώστε να εντοπισθεί η βλάβη.

Σύμπτωμα

Ο κινητήρας ενός αυτοκινήτου γυρίζει (μιζάρει) κανονικά αλλά δεν λειτουργεί (δεν παίρνει εμπρός.)

Πιθανή αιτία

- Βλάβη στην ανάφλεξη.
- Δεν εισέρχεται καύσιμο μείγμα στους κυλίνδρους.

Έλεγχοι - Μετρήσεις

Για την πρώτη πιθανή αιτία θα πρέπει να γίνει έλεγχος για δύο περιπτώσεις.

A' περίπτωση: Δεν δημιουργείται σπινθήρας στα μπουζοκαλώδια.

B' περίπτωση: Δημιουργείται σπινθήρας στα μπουζοκαλώδια.

Το ίδιο ισχύει και για τη δεύτερη πιθανή αιτία. Θα πρέπει να γίνει έλεγχος για δυο περιπτώσεις.

A περίπτωση: Δεν ψεκάζουν τα μπεκ ή για παλαιότερα συστήματα δεν φθάνει βενζίνη στο καρμπυρατέρ.

B' περίπτωση: Ψεκάζουν τα μπεκ ή φθάνει βενζίνη στο καρμπυρατέρ.

Για κάθε μια από τις παραπάνω αιτίες θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι και μετρήσεις ώστε να εντοπισθεί η συγκεκριμένη βλάβη και να γίνει η επισκευή. Αν για παράδειγμα θεωρηθεί ότι η αιτία που ο κινητήρας δεν λειτουργεί (δεν παίρνει εμπρός) ενώ η μίζα τον περιστρέφει κανονικά δηλαδή ότι η βλάβη είναι στην ανάφλεξη (έλλειψη ηλεκτρικού σπινθήρα), υπάρχουν δύο - όπως έχει αναφερθεί - περιπτώσεις. Έστω ότι ισχύει η πρώτη περίπτωση, δηλαδή ότι δεν δημιουργείται σπινθήρας στα μπουζοκαλώδια.

Αυτή η περίπτωση, παραπέμπει σε ελέγχους καθαρά στο κύκλωμα ανάφλεξης και μέσα από συγκεκριμένους ελέγχους στα εξαρτήματα που αποτελούν το κύκλωμα ανάφλεξης πρέπει να εντοπισθεί η βλάβη.

Ο εντοπισμός της βλάβης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια ενός διαγράμματος ροής εντοπισμού βλάβης, το οποίο διάγραμμα ροής εντοπισμού βλάβης περιλαμβάνει όλα τα εξαρτήματα του υπό έλεγχο συστήματος και την ερώτηση αν λειτουργεί ή όχι το αντίστοιχο εξάρτημα.

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα το διάγραμμα ροής εντοπισμού βλάβης που προκύπτει είναι αυτό που φαίνεται στο σχήμα.

Από το διάγραμμα ροής εντοπισμού βλάβης προκύπτει ότι:

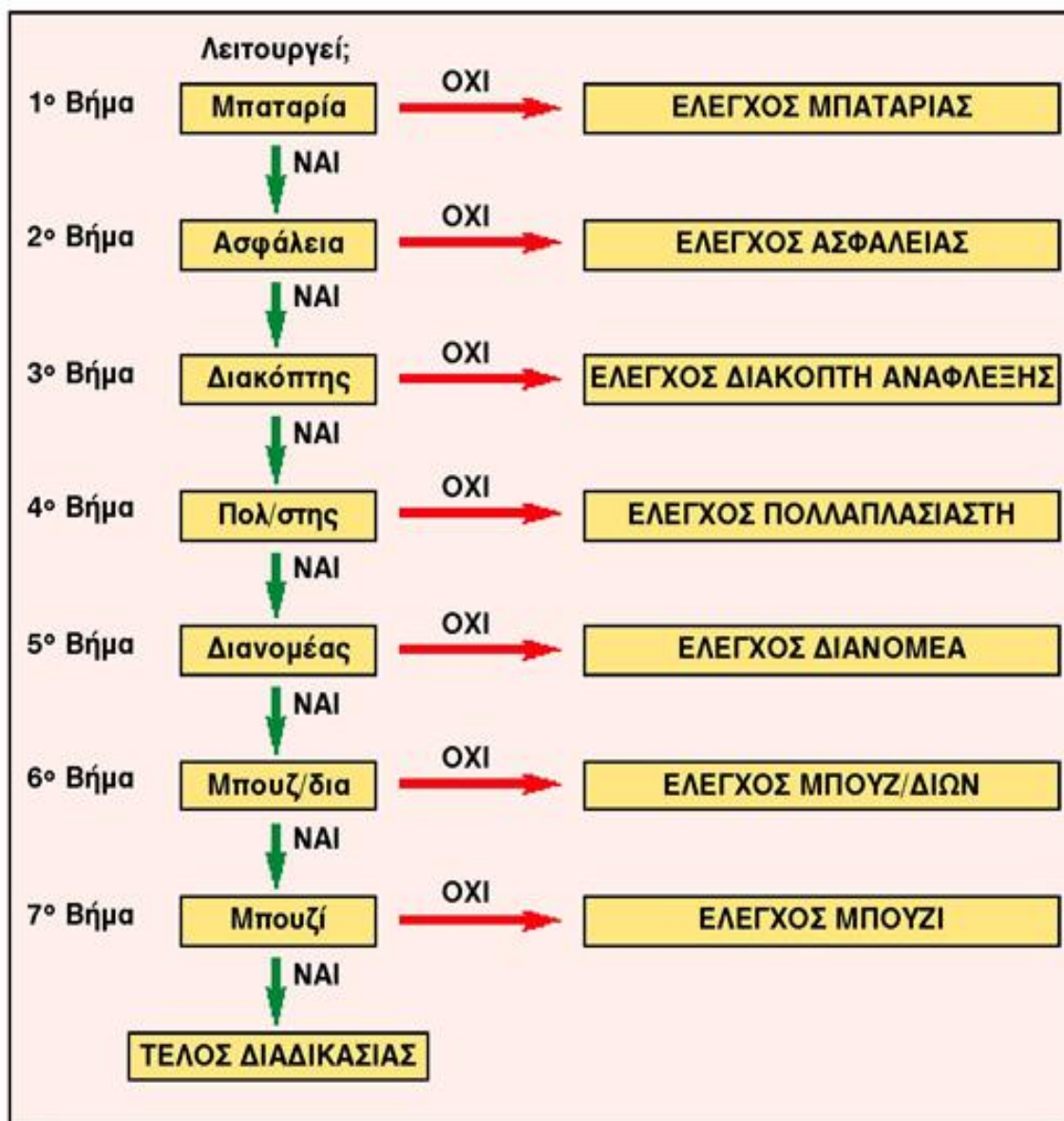
Όλα τα εξαρτήματα, που αποτελούν το σύστημα, ελέγχονται με τη σειρά που συμμετέχουν στη λειτουργία του συστήματος.

Στην ερώτηση αν λειτουργεί το εξάρτημα π.χ Μπαταρία, θα πρέπει να γνωρίζετε:

Άρα θα πρέπει να είναι γνωστό από ποια εξαρτήματα αποτελείται το υπό έλεγχο σύστημα και με ποια "σειρά" το κάθε εξάρτημα συμμετέχει λειτουργικά στην όλη διαδικασία.

A) Ποια είναι η Λειτουργία του εν λόγω εξαρτήματος.

Π.χ. Η λειτουργία (δουλειά) της μπαταρίας, είναι να παρέχει στις ηλεκτρικές καταναλώσεις του αυτοκινήτου σταθερή τάση 12 V και την αντίστοιχη ένταση (Αμπέρ) την οποία αυτές χρειάζονται για να λειτουργήσουν.



Διάγραμμα ροής εντοπισμού βλάβης.

Β) Με ποιο όργανο, ή συσκευή-ες και τρόπους ελέγχου ελέγχεται το συγκεκριμένο εξάρτημα.

Π.χ. Η μπαταρία ελέγχεται είτε με βολτόμετρο ταχείας εκφόρτωσης είτε με πυκνόμετρο, και βολτόμετρο δείξει τάση κάτω από 10,5 V (συγκριτική τιμή), σημαίνει ότι η μπαταρία "δεν λειτουργεί", ενώ αν δείξει τάση πάνω από τα 11,5 V, σημαίνει ότι η μπαταρία είναι σε καλή κατάσταση, δηλαδή "λειτουργεί".

Γ) Τη συγκριτική τιμή (αποτέλεσμα μέτρησης που "κρίνει" τελικά αν λειτουργεί ή δε λειτουργεί το εξάρτημα).

Ο έλεγχος π.χ. της κατάστασης μιας μπαταρίας μπορεί να μετρηθεί με ένα βολτόμετρο ταχείας εκφόρτωσης (όργανο), το οποίο συνδέεται παράλληλα με τους πόλους της μπαταρίας για **10 δευτερόλεπτα (10')** (τρόπος), και αν το βολτόμετρο δείξει τάση κάτω από 10,5 V (συγκριτική τιμή), σημαίνει ότι η

μπαταρία "**δεν λειτουργεί**", ενώ αν δείξει τάση πάνω από τα 11,5 V, σημαίνει ότι η μπαταρία είναι σε καλή κατάσταση, δηλαδή "**λειτουργεί**".

- Στην απάντηση **ΟΧΙ (δεν λειτουργεί)**, σημαίνει ότι η βλάβη εντοπίζεται στο συγκεκριμένο εξάρτημα και πρέπει να "αφαιρείται" από το υπόλοιπο σύστημα, να αποσυναρμολογείται στα μέρη που το αποτελούν, (δεν είναι πάντοτε αυτό τεχνικά εφικτό, π.χ η μπαταρία δεν αποσυναρμολογείται) και να γίνεται επισκευή ή αντικατάσταση είτε των επί μέρους ελαττωματικών εξαρτημάτων είτε - όπως συνήθως σήμερα συμβαίνει - αντικατάσταση ολοκλήρου του εξαρτήματος, για λόγους συνήθως οικονομικούς.
- Στην απάντηση **ΝΑΙ (λειτουργεί)**, ο έλεγχος θα πρέπει να προχωρά στο αμέσως επόμενο εξάρτημα που λειτουργικά συμμετέχει στο κύκλωμα π.χ. στο συγκεκριμένο παράδειγμα, στις ασφάλειες του συστήματος και να επαναλαμβάνεται η διαδικασία της διάγνωσης με τον τρόπο που αναφέρθηκε .

Π.χ. Λειτουργεί;

- Όχι. Ο έλεγχος εντοπίζεται στο συγκεκριμένο εξάρτημα.
- Ναι. Ο έλεγχος προχωρά στο επόμενο εξάρτημα (βήμα).
- Ο έλεγχος ολοκληρώνεται μόνον όταν εντοπισθεί η βλάβη.
- Η "επισκευή" της βλάβης θα πρέπει να λύνει το πρόβλημα, να "εξαφανίζονται" τα συμπτώματα (θόρυβοι, να σβήνουν ενδεικτικές λυχνίες) και το σύστημα να λειτουργεί κανονικά, διαφορετικά δεν έχει γίνει σωστή διάγνωση ή σωστή επισκευή.
- Η λάθος διάγνωση σημαίνει σπατάλη χρόνου και χρήματος.

Αυτή η μέθοδος της διάγνωσης στα παλαιότερα συστήματα ήταν σχετικά απλή, γρήγορη και ασφαλής και μπορούσε να πραγματοποιηθεί και με απλές συσκευές ελέγχου. Σήμερα όμως που τα όλα τα συστήματα του αυτοκινήτου έχουν γίνει σύνθετα, πολύπλοκα και κυρίως ηλεκτρονικά ελεγχόμενα, αυτή η μέθοδος αν και υπάρχει στα βασικά της στάδια (γίνεται αυτόματα ως αυτοέλεγχος), δεν επαρκεί και συμπληρώνεται και με άλλες διαδικασίες διάγνωσης και με αντίστοιχες συσκευές διάγνωσης. Κατ' αρχάς όλα τα σύγχρονα συστήματα έχουν τη δυνατότητα του αυτοελέγχου ή της αυτοδιάγνωσης κάτι που με τα παλαιότερα συστήματα ήταν αδύνατον. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού της βλάβης από το ίδιο το σύστημα ή καταγραφή της συγκεκριμένης βλάβης, και επί πλέον αν ο κατασκευαστής "κρίνει" ότι η καταγραφείσα βλάβη είναι "επικίνδυνη", ενημερώνει τον οδηγό του αυτοκινήτου μέσω ειδικής ενδεικτικής λυχνίας και αυτός είναι υποχρεωμένος να πάει το αυτοκίνητο για επισκευή. Σε αυτή την περίπτωση, η διαδικασία διάγνωσης γίνεται με τον παρακάτω τρόπο.

Το αυτοκίνητο συγκεκριμένα η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ο εγκέφαλος) του συστήματος συνδέεται μέσω ειδικής υποδοχής από τον επισκευαστή με μια διαγνωστική συσκευή (αποκωδικοποιητή βλαβών ή τσέκερ). Με αυτή τη συσκευή ο επισκευαστής μπορεί να ενεργοποιήσει την αυτοδιάγνωση του συστήματος και να "διαβάσει" τους κωδικούς βλαβών (συνήθως είναι συνδυασμός 2 έως και 5 αριθμών ή ακόμα συνδυασμός αριθμών και γραμμάτων, π.χ κωδικός 12 ή 16487 ή κωδικός P0104), που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες βλάβες (εξαρτήματα) και που είναι αποθηκευμένοι στη μνήμη του εγκεφάλου. Αφού αποκωδικοποιήσει τις βλάβες, επιβεβαιώνει ότι πραγματικά είναι ελαττωματικό το εξάρτημα που ο κωδικός του είχε καταγραφεί ως βλάβη στη μνήμη του εγκεφάλου και αντικαθιστά τα χαλασμένα εξαρτήματα. Κατόπιν, μηδενίζει (σβήνει) τις βλάβες από την μνήμη του εγκεφάλου και δοκιμάζει το αυτοκίνητο στο δρόμο. Επαναλαμβάνει τη διαδικασία εμφάνισης των κωδικών βλαβών με τη βοήθεια της διαγνωστικής συσκευής. Πρέπει να μην έχει καταγραφεί κανένας κωδικός βλάβης, διαφορετικά επαναλαμβάνει τη διαδικασία ελέγχου και επιβεβαίωσης της βλάβης, μέχρις ότου δεν θα καταγράφεται κανένας κωδικός βλάβης

Βέβαια ακόμα και σήμερα δεν είναι εφικτό να εντοπίζονται όλες οι βλάβες μέσω της αυτοδιάγνωσης ούτε επίσης μπορούν όλες να καταγραφούν. Ο εντοπισμός της βλάβης σε αυτή την περίπτωση είναι μια πάρα πολύ δύσκολη διαδικασία και συνήθως αντιμετωπίζεται με την εμπειρία και την πολύ καλή γνώση της λειτουργίας αυτών των συστημάτων.

Βοηθά όμως πάρα πολύ σε αυτές τις περιπτώσεις αν:

1. Υπάρχει ένα ερωτηματολόγιο στο οποίο φαίνεται το ιστορικό της βλάβης. Δηλαδή:
 - πότε εμφανίστηκε η βλάβη. (Ημερομηνία , Συχνότητα εμφάνισης)
 - κάτω από ποιες συνθήκες (Πώς). (Συνθήκες λειτουργίας κινητήρα, συνθήκες οδήγησης, Καιρός)
 - Πού εμφανίστηκε το πρόβλημα. (Ποιότητα δρόμου, σύστημα)
2. Μπορεί να γίνει εξομοίωση συμπτωμάτων της βλάβης. Δηλαδή κάνοντας μια διαδικασία, παρουσιάζεται η βλάβη. Π.χ. Κινώντας τα καλώδια μιας πλεξούδας, εμφανίζεται η βλάβη (σβήνει ο κινητήρας)
3. Μπορεί να γίνει επιβεβαίωση της βλάβης. Δηλαδή αντικαθιστώντας ή επισκευάζοντας το ελαττωματικό εξάρτημα η βλάβη δεν εμφανίζεται ή παραμένει.

Ο λόγος αέρα καυσίμου ο λόγος (λ)

Ποιότητα καυσίμου

Για την παραγωγή έργου (κίνησης) από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη, κατά κύριο λόγο, οι υδρογονάνθρακες (HC). Υπάρχουν διάφοροι τύποι υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα, αλλά η βενζίνη είναι ο τύπος εκείνος του υδρογονάνθρακα, που χρησιμοποιείται ευρύτερα στους βενζινοκινητήρες. Η βενζίνη είναι μίγμα εκατό περίπου τύπων υδρογονανθράκων. Επιπλέον, η βενζίνη που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα διαφοροποιείται σε σούπερ, αμόλυβδη και σούπερ αμόλυβδη. Η σούπερ περιέχει ποσότητες τετρααιθυλιούχου μολύβδου, ο οποίος είναι χημικό πρόσθετο, χρησιμοποιείται μόνο στα αυτοκίνητα χωρίς καταλύτη, και σκοπό έχει να περιορίζει την κρουστική καύση (αυτανάφλεξη) του καυσίμου στις υψηλές σχέσεις συμπίεσης.

Για να πραγματοποιηθεί τέλεια ή πλήρης καύση της βενζίνης, αυτή πρέπει να αεριοποιηθεί και να αναμιχθεί με μία ελάχιστη ποσότητα αέρα, σχηματίζοντας το κατάλληλο καύσιμο μίγμα (αέρα - βενζίνης). Το μίγμα αυτό, στην κατά βάρος σύνθεσή του, αποτελείται από 1 μέρος βενζίνη και 14,7 μέρη αέρα, που ονομάζεται στοιχειομετρική αναλογία. Η τυπική αυτή αναλογία του μίγματος μεταβάλλεται, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως, για παράδειγμα, κατά την εκκίνηση ή την επιτάχυνση του οχήματος, το μίγμα γίνεται πλουσιότερο σε βενζίνη, ώστε ο κινητήρας να μπορεί να αποδώσει στη δεδομένη στιγμή την πρόσθετη ισχύ που χρειάζεται. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, όμως, το μίγμα πρέπει να έχει τη στοιχειομετρική αναλογία, χωρίς να είναι ούτε πολύ πλούσιο, ούτε πολύ φτωχό. Έτσι λοιπόν:

- Στοιχειομετρικό μίγμα, είναι το μίγμα στο οποίο η αναλογία αέρα-καυσίμου ισούται με 14,7:1, κατά βάρος, δηλαδή 14,7 kg αέρα προς 1 kg βενζίνης ή κατ' όγκο 10.000 λίτρα αέρα προς 1 λίτρο βενζίνης.
- Πλούσιο μίγμα, είναι το μίγμα που περιέχει περισσότερη βενζίνη από τη στοιχειομετρική αναλογία.
- Φτωχό μίγμα, είναι το μίγμα με αναλογία βενζίνης προς αέρα, μικρότερη από τη στοιχειομετρική αναλογία.

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να γίνει ο διαχωρισμός:

- της τέλει ή πλήρους καύσης, όπου καίγεται όλο το καύσιμο, ανεξάρτητα του τι γίνεται με την ποσότητα του αέρα που μετέχει στη διαδικασία της καύσης, και

- της στοιχειομετρικής καύσης, όπου καίγεται όλο το καύσιμο και όλος ο αέρας που μετέχει στη διαδικασία της καύσης, δηλαδή δεν περισσεύει καθόλου αέρας.

Στην περίπτωση που η καύση γίνεται με πλούσιο μίγμα, παρουσιάζεται αυξημένη κατανάλωση καυσίμου, λόγω της ατελούς καύσης. Στην περίπτωση του φτωχού μίγματος, έχει μετρηθεί ότι για ελαφρά φτωχό μίγμα η κατανάλωση είναι μικρότερη από εκείνη του στοιχειομετρικού μίγματος. Αντίθετα, όταν το μίγμα συνεχίσει να γίνεται φτωχότερο, παρουσιάζεται και πάλι αυξημένη κατανάλωση καυσίμου, λόγω αδυναμίας, πλέον, ανάφλεξης του μίγματος.

Λόγος (λ)

Ο λόγος «λάμδα», που συμβολίζεται διεθνώς με το ελληνικό γράμμα λ, και προέρχεται από την ελληνική λέξη «λόγος», είναι το κλάσμα (λόγος, αναλογία) του προσδιδόμενου αέρα προς τον θεωρητικά απαιτούμενο για τη στοιχειομετρική αναλογία του μίγματος αέρα-βενζίνης. Όταν, λοιπόν, ο λόγος λ είναι ίσος ή περίπου ίσος με τη μονάδα, η αναλογία του μίγματος είναι η στοιχειομετρική:

$$\lambda = \frac{(\text{προσδιδόμενος αέρας})}{(\text{απαιτούμενος αέρας})} = 1$$

Όταν το μίγμα είναι πλούσιο, τότε ο προσδιδόμενος αέρας είναι λιγότερος από τον στοιχειομετρικό και, κατά συνέπεια, θα είναι:

πλούσιο μίγμα: $\lambda < 1$

ενώ στο φτωχό μίγμα έχουμε το αντίθετο:

φτωχό μίγμα: $\lambda > 1$

Καύση

Το καύσιμο μίγμα συμπιέζεται από το έμβολο στο θάλαμο καύσης. Μετά την ολοκλήρωση της συμπίεσης, η πίεση φθάνει τα 8 έως 15 bar (ατμόσφαιρες) και η θερμοκρασία τους 400 με 600 °C. Το μέτωπο της φλόγας ξεκινά με σχετικά μικρή ταχύτητα από τον αναφλεκτήρα (μπουζί) μετά τη δημιουργία του σπινθήρα και φθάνει στη μέγιστη τιμή, όταν σε αυτό αναπτυχθεί, τοπικά, η μέγιστη πίεση των 30 με 40 bar και η μέγιστη θερμοκρασία. Η μέγιστη αυτή θερμοκρασία, που φθάνει μέχρι τους 2.000 °C, ονομάζεται θερμοκρασία

καύσης. Στη συνέχεια, με τη μείωση της θερμοκρασίας και της πίεσης, το μέτωπο της φλόγας εξασθενεί. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη οξυγόνου, αλλά και στην επαφή με τα, σχετικά, ψυχρά τοιχώματα του κυλίνδρου.

Τα χαρακτηριστικά της όλης διαδικασίας και η ποιότητα της καύσης εξαρτώνται από τον τρόπο διάδοσης του μετώπου της φλόγας, ο οποίος τρόπος διαμορφώνεται από το διάστημα που πρέπει η φλόγα να διανύσει και από το χρόνο μέσα στον οποίο πρέπει αυτή να διανύσει το διάστημα αυτό. Η θερμική ενέργεια που χρειάζεται για να αναφλεγεί το συμπιεσμένο μίγμα μέσα στον κύλινδρο, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- ο λόγος αέρα - καυσίμου,
- ο βαθμός συμπίεσης,
- η θερμοκρασία, και
- η σχεδίαση του θαλάμου καύσης

Από πειράματα που έχουν γίνει, έχει μετρηθεί ότι η ελάχιστη ενέργεια που θα αρκούσε να δώσει ο σπινθήρας για να γίνει η ανάφλεξη του μίγματος είναι 0,005 Joule, ενώ η ενέργεια που παράγει, στην πράξη, ένας σωστός σπινθήρας είναι 0,04 Joule. Έχουμε, δηλαδή, ενέργεια σπινθήρα σχεδόν δεκαπλάσια από την θεωρητικά απαιτούμενη. Παρ' όλα αυτά, όμως, πολλές φορές διαπιστώνονται βλάβες από «αδύνατο» σπινθήρα. Στις περιπτώσεις αυτές δεν είναι χαμηλή η ενέργεια του σπινθήρα, αλλά η τάση στα άκρα του ηλεκτροδίου του αναφλεκτήρα (μπουζί). Όπως θα δούμε και στην περιγραφή του συστήματος ανάφλεξης, αυτό μπορεί να συμβεί όταν οι αναφλεκτήρες δεν είναι καθαροί, οπότε μειώνεται η αντίσταση της μόνωσής τους, με αποτέλεσμα η ενέργεια του σπινθήρα να μην επαρκεί για ανάφλεξη και ο κινητήρας να παρουσιάζει διακοπές κατά τη λειτουργία του.

Οι παράμετροι που επιδρούν στην ποιότητα της καύσης είναι:

- το καύσιμο,
- οι λειτουργικές συνθήκες του κινητήρα (στροφές, θερμοκρασία, φορτίο, περίσσεια ή έλλειψη αέρα), και
- η σχεδίαση του κινητήρα (σχέση συμπίεσης, διαστάσεις και μέγεθος κυλίνδρου, σχήμα του θαλάμου καύσης)

Η καύση είναι αποδοτική, όταν η απόσταση διάδοσης του μετώπου της φλόγας είναι μικρή. Η ανάφλεξη του μίγματος γίνεται στο πιο ζεστό σημείο του θαλάμου καύσης, ενώ το μέτωπο της φλόγας προχωρά προς τα ψυχρότερα τοιχώματα του κυλίνδρου, χωρίς να σχηματίζεται ενδιάμεσα άλλο μέτωπο φλόγας.

Τη στιγμή της σπινθηροδότησης, αρχικά αναφλέγονται τα πρώτα μόρια του μίγματος που περιβάλλουν τον αναφλεκτήρα (μπουζί). Με την καύση τους αναπτύσσεται υψηλή θερμοκρασία, που προκαλεί τη διαδοχική ανάφλεξη των

μορίων των επόμενων στρωμάτων του μίγματος. Έτσι, η καύση επεκτείνεται προς όλες τις κατευθύνσεις με πολύ γρήγορο ρυθμό από το σπινθηριστή μέχρι τα τοιχώματα του θαλάμου καύσης. Ο ρυθμός με τον οποίο προχωρά η καύση, λέγεται ταχύτητα καύσης και μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, m/sec. Η τιμή της αυξάνεται με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα και μπορεί να φθάσει από 10 μέχρι 20 μέτρα το δευτερόλεπτο. Έτσι, η κανονική καύση γίνεται πολύ γρήγορα και μοιάζει με έκρηξη, χωρίς, ωστόσο, να πάρει ποτέ τη μορφή μιας πραγματικής έκρηξης.

Καυσαέρια

Από την καύση του μίγματος αέρα-βενζίνης παράγονται ορισμένα προϊόντα που συνθέτουν τα καυσαέρια. Η καύση είναι μια χημική διεργασία, και αν τη δούμε από τη σκοπιά αυτή, τότε λέμε ότι έχουμε την "ταχεία οξειδωση της βενζίνης με την παρουσία αέρα και την παραγωγή θερμότητας και νέων χημικών ενώσεων", το σύνολο των οποίων αποτελούν τα καυσαέρια. Εάν η καύση είναι τέλεια (πλήρης), τότε ολόκληρη η ποσότητα του άνθρακα και του υδρογόνου του υδρογονάνθρακα (βενζίνης) ενώνεται με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (H₂O) υπό μορφή υδρατμών, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας. Για να γίνει πλήρης καύση, η βενζίνη και ο αέρας πρέπει να βρίσκονται, τουλάχιστον με τη στοιχειομετρική αναλογία 14,7:1, όπως είδαμε σε προηγούμενη παράγραφο, ή να υπάρχει περισσότερος αέρας. Ο αέρας, όμως, που μετέχει στην καύση, εκτός από το οξυγόνο, περιέχει, όπως είναι γνωστό, και άλλα χημικά στοιχεία, με κυριότερο το άζωτο, η παρουσία του οποίου στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι 75,5% κατά βάρος (ή 78% κατ' όγκο). Κατά τη διαδικασία της καύσης, το άζωτο ενώνεται με το οξυγόνο, δημιουργώντας ενώσεις (οξειδία) του αζώτου, οι οποίες απομακρύνονται με τα καυσαέρια.

Ερμηνεία του λόγου λάμδα

Προκειμένου να επιτύχουμε την τελειότερη δυνατή λύση θα ήταν ιδανικό να διατηρούμε λόγο λάμδα ίσο με ένα. Αυτή η τιμή δεν είναι η καλύτερη για όλες τις καταστάσεις λειτουργίας της μηχανής.

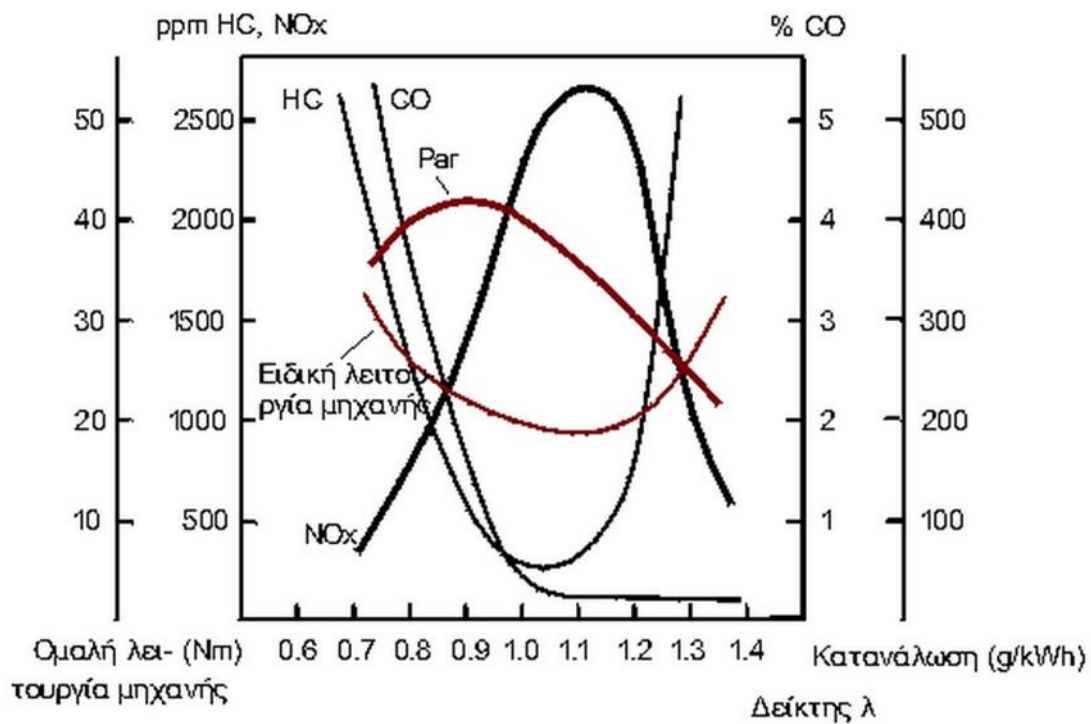
Μίγμα	Λάμδα	Ερμηνεία
ΠΛΟΥΣΙΟ	λιγότερο από 0.75	Η μηχανή θα πλημμυρίσει από καύσιμο. Το μίγμα δεν είναι πολύ εύφλεκτο. Αν ήταν πλουσιότερο, το όχημα θα σταματούσε εξαιτίας υπερβολικής ποσότητας καυσίμων.
	μεταξύ 0.75 & 0.85	Πολύ πλούσιο μίγμα. Αυτός ο λόγος λάμδα θα αυξήσει την ιπποδύναμη, αλλά μόνο για πολύ σύντομα διαστήματα. Κατά την επιτάχυνση το μίγμα εμπλουτίζεται για ένα σύντομο χρονικό διάστημα ώστε να επιτευχθεί αυτή η αύξηση της ισχύος.
	μεταξύ 0.85 & 0.95	Πλούσιο μίγμα. Σε αυτό το επίπεδο του λόγου λάμδα η μηχανή επιτυγχάνει μέγιστη ιπποδύναμη και μάλιστα με διάρκεια, αλλά αυτό το είδος μίγματος έχει παρενέργειες και πρέπει να χρησιμοποιείται στην κανονική οδήγηση.
ΚΑΝΟΝΙΚΟ	μεταξύ 0.95 & 1.05	Σωστό μίγμα. Η μηχανή λειτουργεί με αυτό το λόγο λάμδα εξίσου ομαλά είτε σε στάση είτε με σταθερή ταχύτητα.
	μεταξύ 1.05 & 1.15	Φτωχό μίγμα. Η μηχανή χάνει ισχύ αλλά η κατανάλωση μειώνεται στο ελάχιστο.
ΦΤΩΧΟ	μεταξύ 1.15 & 1.30	Πολύ φτωχό μίγμα. Η μηχανή χάνει πολύ ισχύ και η κατανάλωση αυξάνεται. Αυτό προκαλεί προβλήματα στην αυτοανάφλεξη και δυσλειτουργία της εξάτμισης.
	περισσότερο από 1.30	Το μίγμα δεν είναι πλέον αναφλέξιμο. Η μηχανή δεν θα λειτουργήσει.

Για να επιτύχουμε μέγιστη ιπποδύναμη από μια μηχανή βενζίνης χρησιμοποιούμε ελαφρώς πλούσιο μίγμα, ενώ για ελάχιστη κατανάλωση η μηχανή πρέπει να λειτουργεί με λίγο φτωχότερο μίγμα.

[Λύσεις στο πρόβλημα της ρύπανσης και λύσεις που σχετίζονται με το σχεδιασμό της μηχανής στην μέτρησης καυσίμου](#)

Πολλές διαφορετικές λύσεις έχουν υιοθετηθεί από τους κατασκευαστές, οι οποίες επηρεάζουν άμεσα το σχεδιασμό της μηχανής. Θα αναφέρουμε τις πιο σημαντικές.

Ο λόγος λάμδα λειτουργίας της μηχανής, έχει άμεση επίδραση στη σύνθεση των καυσαερίων. Καθώς οι μηχανές συνήθως φτάνουν τα υψηλότερα επίπεδά τους, όταν οι τιμές του λάμδα είναι περίπου 0.9, το μίγμα αέρα/καυσίμου σε πλήρες φορτίο κυμαίνεται γύρω από αυτό το σημείο. Από την άλλη, λόγος λάμδα περίπου 1.1 είναι ο καλύτερος για μια οικονομική κατανάλωση. Στο ίδιο σημείο επιτυγχάνονται οι χαμηλότερες εκπομπές HC και CO₂, αλλά και οι υψηλότερες εκπομπές NO_x. Όταν το όχημα είναι σταματημένο με τη μηχανή αναμμένη, η αναλογία αέρα/καυσίμου κυμαίνεται γύρω από ένα λόγο λάμδα που πλησιάζει το 1, γιατί αν το μίγμα είναι φτωχό, οι εκπομπές HC θα αυξηθούν.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

Επίδραση του λόγου λάμδα στις εκπομπές ρύπων και στη λειτουργία και κατανάλωση της μηχανής

Από τα παραπάνω είναι φανερό, ότι η αναλογία αέρα/καυσίμου κατά τη λειτουργία της μηχανής, πρέπει να ελέγχεται αυστηρά προκειμένου να επιτευχθεί, όσο το δυνατόν μικρότερη ρύπανση από τα καυσαέρια. Έχοντας αυτό υπόψη τους, οι κατασκευαστές έχουν βελτιώσει τα συστήματα δημιουργίας του μίγματος με το να ελέγχουν το μεταβαλλόμενο λόγο λάμδα όσο το δυνατόν ακριβέστερα και αξιόπιστα, καταφεύγοντας κατά κύριο λόγο στον ηλεκτρονικό έλεγχο του μίγματος. Μια άλλη μέθοδος μείωσης των ρύπων που χρησιμοποιείται, είναι η διακοπή της παροχής καυσίμου όταν η μηχανή επιβραδύνει, και μέχρι να φτάσει στο ρελαντί.

Αισθητήρας οξυγόνου ή αισθητήρας λάμδα (λ)

Γενικά ο αισθητήρας οξυγόνου (λ)

(Ο αισθητήρας λ (ή αισθητήρας οξυγόνου) είναι ηλεκτρονική διάταξη που προσδιορίζει την περιεκτικότητα σε οξυγόνο ενός αερίου ή υγρού σε εξέταση. Η εφαρμογή του αισθητήρα λ ξεκίνησε το 1970 με κατασκευάστρια εταιρία την Bosch. Σήμερα βρίσκεται τεχνολογικά στην 3^η γενιά, που είναι η γενιά του θερμαινόμενου λήπτη λ. Εφαρμογές του συναντώνται στην αυτοκίνηση, για τον προσδιορισμό των ρύπων στα καυσαέρια και την αποστολή ανάλογων πληροφοριών στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ψεκασμού, για διόρθωση της αναλογίας του καυσίμου μείγματος στη στοιχειομετρική.

Οι κατασκευαστές των σύγχρονων αυτοκινήτων έχουν προχωρήσει στον έλεγχο σχεδόν όλων των λειτουργιών του αυτοκινήτου από τους μικροϋπολογιστές, για να πετύχουν οικονομία καυσίμου με παράλληλη διατήρηση της ισχύος κίνησης, την ασφάλεια, τις ανέσεις και την αξιοπιστία στην οδήγηση, χωρίς να ξεχνούν βέβαια και την προστασία του περιβάλλοντος από τα επικίνδυνα καυσαέρια. Για το σκοπό αυτό έχουν κατασκευάσει ειδικούς τύπους αισθητήρων, που είναι απαραίτητοι για την αποκλειστική λειτουργία των συστημάτων αυτών.

Τέτοιοι τύποι αισθητήρων είναι: ο αισθητήρας οξυγόνου στα καυσαέρια ή αισθητήρας λάμδα (λ.)

Όπως κάθε χημική αντίδραση, έτσι και η τέλεια καύση του μείγματος καυσίμου-αέρα απαιτεί απόλυτα σταθερές αναλογίες καυσίμου και αέρα. Η κατά βάρος αναλογία του μείγματος καύσης ως προς την ιδανική ή όπως λέγεται στοιχειομετρική αναλογία, καθορίζεται από το λόγο λάμδα (λ) .

Η ανίχνευση οξυγόνου στα καυσαέρια αποτελεί κριτήριο για τη σύσταση του μείγματος και τη σωστή καύση του στους κυλίνδρους, αφού ύπαρξη οξυγόνου στα καυσαέρια σημαίνει φτωχό μείγμα (περισσότερος αέρας και οξυγόνο και λιγότερο καύσιμο), ενώ πλήρης απουσία οξυγόνου σημαίνει πλούσιο μείγμα (περισσότερο καύσιμο και λιγότερος αέρας).

Γίνεται λοιπόν ένας διαρκής αγώνας για τη διατήρηση της ιδανικής αναλογίας του καυσίμου μείγματος. Ο ρόλος του αισθητήρα οξυγόνου στον αγώνα αυτό είναι να μετρά συνεχώς την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο, με σκοπό να διορθώνεται από το μικροϋπολογιστή κάθε φορά η αναλογία του μείγματος, στοχεύοντας τη στοιχειομετρική αναλογία.

ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗ Ή ΙΔΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ :
1Kg καυσίμου απαιτεί 14,7 Kg αέρα

$\lambda = \frac{\text{Προσδιδόμενος αέρας}}{\text{Θεωρητικά απαιτούμενος}} = 1$

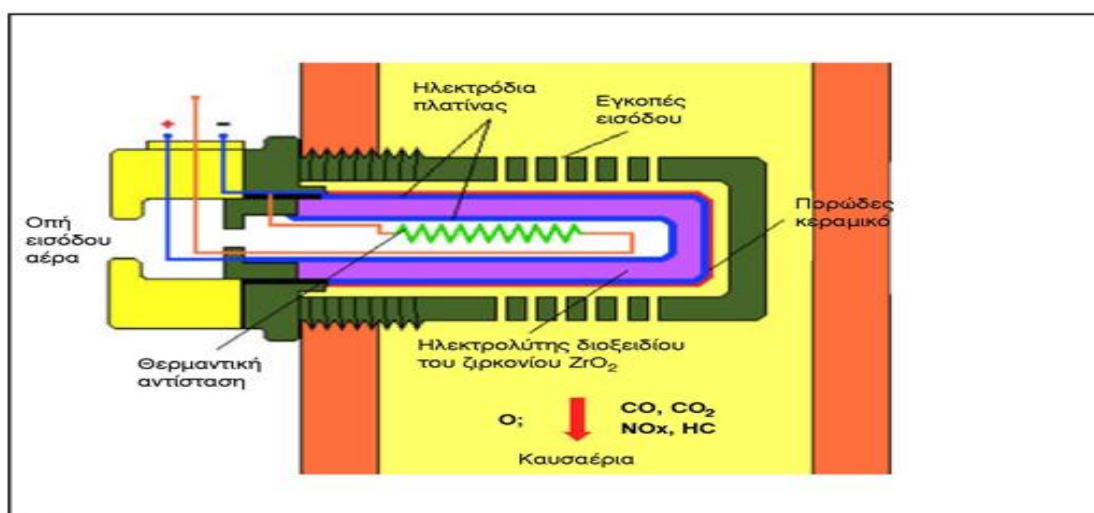
Παραδείγματα μειγμάτων :

$\lambda = \frac{16,3}{14,7} = 1,1 > 1$	ΦΤΩΧΟ ΜΙΓΜΑ
$\lambda = \frac{14,7}{14,7} = 1$	ΙΔΑΝΙΚΟ ΜΙΓΜΑ
$\lambda = \frac{13,2}{14,7} = 0,9 < 1$	ΠΛΟΥΣΙΟ ΜΙΓΜΑ

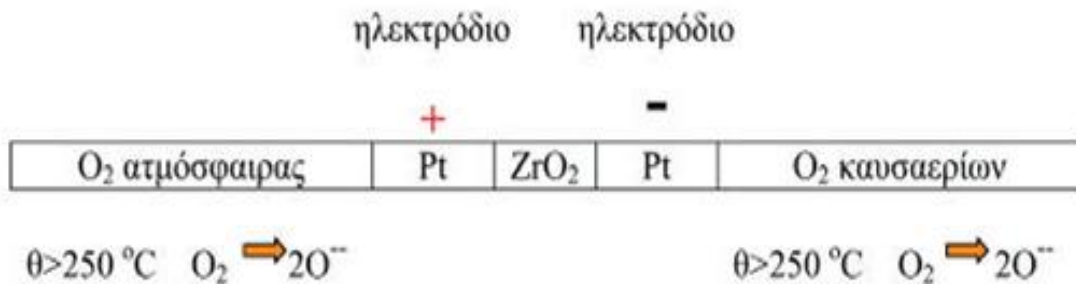
Η **αρχή λειτουργίας** του αισθητήρα οξυγόνου είναι ίδια με την αρχή λειτουργίας των συσσωρευτών, δηλαδή οφείλεται στην **πόλωση** κάποιων ηλεκτροδίων. Έτσι ο αισθητήρας λάμδα που φαίνεται λειτουργεί, όπως μια μικρή ιδιόμορφη μπαταρία.

Αποτελείται από δυο ηλεκτρόδια σπογγώδους πλατίνας (Pt) και έχει σα στερεό (ξηρό) ηλεκτρολύτη ένα στρώμα διοξειδίου του ζirkονίου (ZrO_2). Το εξωτερικό ηλεκτρόδιο, που έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια διαμέσου εγκοπών του καλύμματος, προστατεύεται μηχανικά και με ένα στρώμα πορώδους κεραμικού. Το εσωτερικό ηλεκτρόδιο έρχεται πάντα σε επαφή με τον καθαρό ατμοσφαιρικό αέρα.

Έτσι δημιουργείται η εξής σειρά από αγωγούς :



ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ - ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ (λ)



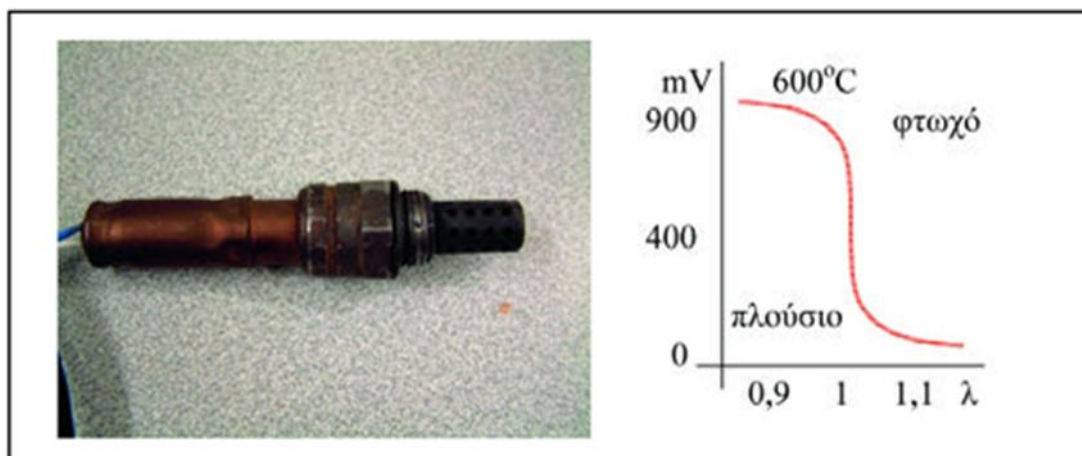
Όταν η πλατίνα θερμανθεί σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 250 °C, δρα σαν καταλύτης και μετατρέπει το οξυγόνο O₂ σε ιόντα οξυγόνου 2O⁻. Αν το μείγμα είναι φτωχό, τότε υπάρχει οξυγόνο στα καυσαέρια και η σειρά αγωγών είναι συμμετρική, οπότε δεν υπάρχει πόλωση των ηλεκτροδίων και η τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι μικρή, της τάξης των 50 mV. Όταν όμως το μείγμα είναι πλούσιο, δεν υπάρχει οξυγόνο στα καυσαέρια και η σειρά αγωγών γίνεται ασύμμετρη, οπότε υπάρχει πόλωση των ηλεκτροδίων και η τάση μεταξύ τους είναι μεγάλη, της τάξης των 900 mV.

Επομένως ο αισθητήρας οξυγόνου είναι ένας ηλεκτροχημικός αλλά μη ενεργός αισθητήρας επαφής με ψηφιακή έξοδο τάσης, όπως φαίνεται παρακάτω.

Για τη λειτουργία του αισθητήρα λάμδα πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής:

- ο αισθητήρας τοποθετείται συνήθως στην πολλαπλή εξαγωγή πριν από τον καταλύτη του συστήματος εξόδου των καυσαερίων.
- ο χρόνος φόρτισης και εκφόρτισης του είναι της τάξης των 30 ms, έτσι ο αισθητήρας αυτός είναι κατάλληλος για ανάδραση σε ένα σύστημα κλειστού βρόγχου, προκειμένου να γίνουν άμεσα όλες οι διορθωτικές ενέργειες, που απαιτούνται.
- Μέχρι τη θερμοκρασία των 250 °C, η πλατίνα δεν έχει καταλυτική δράση. Έτσι ο αισθητήρας δεν λειτουργεί στον κρύο κινητήρα. Το πρόβλημα αυτό βελτιώνεται με την προσωρινή χρήση μιας θερμαντικής αντίστασης, που μειώνει το χρόνο ενεργοποίησης του αισθητήρα στα 20 sec περίπου. Αν το αυτοκίνητο διαθέτει και σύστημα ενίσχυσης της ισχύος (turbo), ο αισθητήρας (λ) θερμαίνεται συνέχεια.
- Ο μικροϋπολογιστής συγκρίνει την έξοδο τάσης του αισθητήρα με μια μέση τάση αναφοράς 400 mV και αποφασίζει αν το μείγμα είναι φτωχό ή πλούσιο, ως εξής: (πλούσιο) νπ > 400 mV > νφ (φτωχό).
- Ο αισθητήρας μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά για περισσότερα από 100.000 Km, αν δεν υπερθερμαίνεται πάνω από 850 °C και εφόσον καταναλώνουμε μόνο αμόλυβδη βενζίνη. Η πλατίνα, όπως ακριβώς και ο καταλύτης, καταστρέφεται από το μόλυβδο. Ακόμη ο αισθητήρας δεν λειτουργεί, αν η είσοδος του αέρα βουλώσει από λάσπη κλπ. Έτσι ο αισθητήρας δεν λειτουργεί στον κρύο κινητήρα. Το πρόβλημα αυτό βελτιώνεται με την προσωρινή χρήση μιας θερμαντικής

αντίστασης, που μειώνει το χρόνο ενεργοποίησης του αισθητήρα στα 20 sec περίπου. Αν το αυτοκίνητο διαθέτει και σύστημα ενίσχυσης της ισχύος (turbo), ο αισθητήρας (λ) θερμαίνεται συνέχεια.



Αισθητήρας λάμδα και καμπύλη τάσης εξόδου του.

- Ο μικροϋπολογιστής συγκρίνει την έξοδο τάσης του αισθητήρα με μια μέση τάση αναφοράς 400 mV και αποφασίζει αν το μείγμα είναι φτωχό ή πλούσιο, ως εξής: (πλούσιο) $v_{\pi} > 400 \text{ mV} > v_{\phi}$ (φτωχό).
- Ο αισθητήρας μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά για περισσότερα από 100000 Km, αν δεν υπερθερμαίνεται πάνω από 850 °C και εφόσον καταναλώνουμε μόνο αμόλυβδη βενζίνη. Η πλατίνα, όπως ακριβώς και ο καταλύτης, καταστρέφεται από το μόλυβδο. Ακόμη ο αισθητήρας δεν λειτουργεί, αν η είσοδος του αέρα βουλώσει από λάσπη κλπ.

Κατασκευή του αισθητήρα (λ)

Ο αισθητήρας λ είναι ένας ηλεκτρολύτης σε στερεά μορφή και αποτελείται από ένα κεραμικό αεροστεγές σώμα, το οποίο είναι κλειστό στο ένα άκρο του. Το υλικό κατασκευής του σώματος του ηλεκτρολύτη είναι **το οξείδιο του Ζιρκονίου (ZrO_2)**, το οποίο στερεώνεται (σταθεροποιείται) με τη βοήθεια ενός υλικού από **οξείδιο του Υτρίου (Y_2O_2)**. Το σώμα του αισθητήρα λ καλύπτεται και στις δύο πλευρές του (εσωτερικά και εξωτερικά) από ηλεκτρόδια, κατασκευασμένα από σπογγώδη πλατίνα (λευκόχρυσο). Η πλευρά της πλατίνας που εκτίθεται στα καυσαέρια καλύπτεται από ένα πορώδες κεραμικό στρώμα από οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3). Το υλικό αυτό τοποθετείται για την προστασία της πλατίνας από τις φθορές που προκαλούν οι επικαθίσεις των καυσαερίων. Στο εξωτερικό μέρος του τμήματος του αισθητήρα που είναι εκτεθειμένο στα καυσαέρια υπάρχει ένας ασάλινος σωλήνας, για την προστασία του αισθητήρα από μηχανικές καταπονήσεις, τις οποίες προκαλούν τα σωματίδια που υπάρχουν στα καυσαέρια. Ο σωλήνας αυτός

φέρει αυλακώσεις, μέσα από τις οποίες εισέρχονται τα καυσαέρια και οδηγούνται προς το ηλεκτρόδιο (-) της εξωτερικής πλευράς. Στο τμήμα του αισθητήρα που είναι εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα υπάρχει μια οπή (τρύπα). Από αυτήν οπή εισέρχεται ο αέρας στο εσωτερικό του αισθητήρα και έρχεται σε επαφή με το ηλεκτρόδιο (+) της εσωτερικής πλευράς του. Το ηλεκτρόδιο (-) γειώνεται μέσω μιας επαφής στο σωλήνα της εξάτμισης, ενώ το ηλεκτρόδιο (+) συνδέεται με τον ακροδέκτη του αισθητήρα, μέσω ενός ηλεκτροδίου σύνδεσης. Μοιάζει εξωτερικά με ένα μπουζί και τοποθετείται στην πολλαπλή εξαγωγή ή και πάνω στον καταλύτη. Πάνω στον καταλύτη τοποθετείται πριν την είσοδο των καυσαερίων στον κεραμικό μονόλιθο. Ο αισθητήρας λ είναι το βασικό εξάρτημα των κλειστών συστημάτων ρύθμισης. Γι' αυτό και τα κλειστά συστήματα ρύθμισης έχουν την ονομασία LAMBDA – CLOSED – LOOP – CONTROL.

Εφαρμογές στην αυτοκίνηση-Λειτουργία

Ο αισθητήρας λ (μαζί με καταλυτικό μετατροπέα) φροντίζει, ώστε τα ποσοστά των ρύπων στα καυσαέρια να παραμένουν κάτω από τα επιτρεπτά όρια τιμών. Επειδή τοποθετείται στο σύστημα της εξάτμισης του αυτοκινήτου είναι διαρκώς εκτεθειμένος σε υψηλές θερμοκρασίες, σε χημικές επιδράσεις και σε μηχανικές καταπονήσεις (δονήσεις). Γι' αυτό το λόγο φθείρεται εύκολα και πρέπει να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Αν ο αισθητήρας λ δε λειτουργεί σωστά, τότε οι τιμές των ρύπων θα ξεπεράσουν κατά πολύ τις επιτρεπτές τιμές. Ο λήπτης λ παρέχει τις πληροφορίες ανατροφοδότησης στον εγκέφαλο του συστήματος τροφοδοσίας (ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο καρμπυρατέρ ή ηλεκτρονικό σύστημα ψεκασμού – injection) και σε συνδυασμό με τον καταλύτη επιτυγχάνει μείωση των εκπομπών καυσαερίων.

Η κυριότερη προϋπόθεση για τον περιορισμό των ρύπων στα καυσαέρια, σε κινητήρα που είναι εφοδιασμένος με τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα είναι να λειτουργεί ο κινητήρας στη στοιχειομετρική αναλογία ($\lambda = 1$) ή με πολύ μικρή (μικρότερη του 1%) απόκλιση από αυτή. Αυτό δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί ακόμα και σε κινητήρα, ο οποίος διαθέτει το πλέον σύγχρονο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου μείγματος, αν δεν υπάρχει ένα κλειστό σύστημα το οποίο να ρυθμίζει συνέχεια το μείγμα αέρα-καυσίμου, ανάλογα με τις τιμές των ρύπων στα καυσαέρια. Ο προσδιορισμός των τιμών των ρύπων στα καυσαέρια από τον αισθητήρα λ γίνεται με έμμεσο τρόπο. Δηλαδή, δε μετράει απευθείας τις τιμές τους, αλλά τις προσδιορίζει μετρώντας τη συγκέντρωση των μορίων του οξυγόνου, που περιέχονται στα καυσαέρια. Έτσι αν ανιχνεύσει μεγάλη ποσότητα οξυγόνου, αυτό σημαίνει ότι το μείγμα που κάηκε ήταν «φτωχό» ($\lambda > 1$), ενώ αν ανιχνεύσει ελάχιστη ως μηδενική ποσότητα οξυγόνου, αυτό σημαίνει ότι το μείγμα που κάηκε ήταν «πλούσιο» ($\lambda < 1$). Επειδή λοιπόν, ο αισθητήρας λ μετράει την ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια λέγεται και αισθητήρας οξυγόνου. Αρχικά μάλιστα λεγόταν αισθητήρας οξυγόνου αερίων εξαγωγής (Exhaust Gas Oxygen Sensor – EGO sensor)

Η ποσότητα του οξυγόνου που περιέχεται στα καυσαέρια είναι ανάλογη με τη σύσταση του καυσίμου μείγματος, το οποίο έχει εισαχθεί στον κινητήρα και έχει καεί. Άρα, ο αισθητήρας λ μετρά εκ των υστέρων και με έμμεσο τρόπο τη σύσταση του μείγματος u_{945} αέρα-βενζίνης. Στις υψηλές θερμοκρασίες, όταν τα μόρια του οξυγόνου έλθουν σε επαφή με την πλατίνα, τότε ιονίζονται. Αν οι συγκεντρώσεις των μορίων του οξυγόνου στα ηλεκτρόδια είναι διαφορετικές, τότε εμφανίζεται μια τάση (διαφορά δυναμικού) μεταξύ τους. Τότε μέσα από το κεραμικό σώμα του αισθητήρα, το οποίο στις υψηλές θερμοκρασίες γίνεται αγωγίμο διέρχονται ιόντα οξυγόνου, δηλαδή συμπεριφέρεται σαν ηλεκτρολύτης. Αν λοιπόν το καύσιμο μείγμα που κάηκε ήταν πλούσιο, τότε δεν θα υπάρχουν μόρια του οξυγόνου στα καυσαέρια, ενώ, αν το μείγμα ήταν φτωχό θα είναι αρκετά. Και στις δυο περιπτώσεις πάντως, τα μόρια του οξυγόνου θα είναι λιγότερα από αυτά του ατμοσφαιρικού αέρα, επομένως θα εμφανίζεται μια τάση μεγαλύτερης ή μικρότερης τιμής ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Σε κάθε περίπτωση, η τάση αυτή μεταφέρεται ως πληροφορία (σήμα) της κατάστασης του καυσίμου μείγματος στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία με τη σειρά της δίνει εντολή στο σύστημα τροφοδοσίας για διόρθωση της σύστασης του στη στοιχειομετρική ($\lambda = 1$)

Η εφαρμογή της ηλεκτρονικής τεχνολογίας στο αυτοκίνητο έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης των συστημάτων, μέσω των οποίων γίνεται αυτόματα ο έλεγχος των τιμών των ρύπων που περιέχονται στα καυσαέρια και η ρύθμιση της αναλογίας του καυσίμου μείγματος.

Ανοικτά συστήματα ρύθμισης

Ανοικτά συστήματα ρύθμισης είναι αυτά στα οποία η ποσότητα έγχυσης του καυσίμου είναι ανεξάρτητη από την περιεκτικότητα των ρύπων στα καυσαέρια. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ανοικτού συστήματος ρύθμισης είναι αυτό με μη ρυθμιζόμενο καταλυτικό μετατροπέα, δηλαδή χωρίς αισθητήρα λ σε αυτοκίνητο αντιρρυπαντικής τεχνολογίας. Ακόμα και όταν το σύστημα τροφοδοσίας είναι ελεγχόμενο από ηλεκτρονική μονάδα (εγκέφαλο), επειδή δεν υπάρχει αισθητήρας λ δεν είναι δυνατή η πληροφόρηση για την κατάσταση των καυσαερίων, προκειμένου να γίνονται ρυθμίσεις της σύστασης του καυσίμου μείγματος. Σ' αυτά τα συστήματα η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, προκειμένου να προβεί σε ρυθμίσεις της αναλογίας του καυσίμου μείγματος παίρνει πληροφορίες από άλλους αισθητήρες.

Κλειστά συστήματα ρύθμισης

Σε ένα κλειστό σύστημα ρύθμισης, ο αισθητήρας λ είναι βασικό εξάρτημα του βρόχου ανατροφοδότησης. Σ' αυτά τα συστήματα η ρύθμιση της ποσότητας έγχυσης του καυσίμου γίνεται με βάση (εκτός των άλλων παραμέτρων) και τις πληροφορίες που στέλνει στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ο αισθητήρας λ , σχετικά με την περιεκτικότητα μορίων οξυγόνου στα καυσαέρια (πλούσιο-φτωχό μείγμα). Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ακριβής ρύθμιση του καυσίμου μείγματος, με αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης του καταλυτικού

μετατροπέα να υπερβαίνει το 90%. Τα κλειστά συστήματα ρύθμισης, στην αρχή της λειτουργίας τους συμπεριφέρονται σαν ανοιχτά, επειδή ο αισθητήρας λ δεν έχει φτάσει ακόμα στη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας του.

Λειτουργία του αισθητήρα σε φτωχό μείγμα καυσίμου

Ας υποθέσουμε ότι το μείγμα καυσίμου που κάηκε ήταν φτωχό, που σημαίνει ότι στα καυσαέρια υπάρχει μεγάλη ποσότητα μορίων οξυγόνου. Τότε και στα δυο ηλεκτρόδια από πορώδη πλατίνα u952 θα εισέρχεται μεγάλος αριθμός μορίων οξυγόνου. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που επικρατεί στο χώρο της εξαγωγής των καυσαερίων, η πλατίνα ιονίζει τα μόρια οξυγόνου τόσο του ατμοσφαιρικού αέρα, όσο και των καυσαερίων. Επομένως και στο ηλεκτρόδιο (+) που έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα θα υπάρχουν λίγο περισσότερα ιόντα, σε σχέση με το ηλεκτρόδιο (-) που είναι σε επαφή με τα καυσαέρια. Αποτέλεσμα αυτού είναι να αναπτύσσεται μια τάση πολύ μικρής τιμής (της τάξης των 100 mV) μεταξύ των ηλεκτροδίων και μέσω του πορώδους σώματος του αισθητήρα, το οποίο στις υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 350 οC) γίνεται αγωγίμο, να διέρχονται ελάχιστα φορτία. Η τάση (αναλογικό σήμα) των 100mV μεταφέρεται από τον αισθητήρα, μέσω του θετικού ηλεκτροδίου, στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος τροφοδοσίας, η οποία «μεταφράζει» την πληροφορία αυτή ως καύση φτωχού μείγματος. Τότε η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, προκειμένου να διορθώσει την αναλογία αέρα καυσίμου στη στοιχειομετρική, στέλνει ένα παλμό (ψηφιακό σήμα) μεγαλύτερου πλάτους, σε σχέση με τον προηγούμενο, στους ηλεκτρομαγνητικούς εγχυτήρες (μπεκ), αυξάνοντας τη διάρκεια ψεκασμού του καυσίμου. Η αύξηση της διάρκειας του παλμού (τάσης ελέγχου) προς τους εγχυτήρες (μπεκ) από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου έχει ως αποτέλεσμα την έγχυση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου μείγματος.

Λειτουργία του αισθητήρα σε πλούσιο μείγμα

Στο πλούσιο μείγμα η ποσότητα της βενζίνης είναι περισσότερη απ' ότι στη στοιχειομετρική αναλογία. Έτσι, στους κυλίνδρους του κινητήρα θα καεί ολόκληρη σχεδόν η ποσότητα του οξυγόνου. Στο ηλεκτρόδιο του αισθητήρα λ, που έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια (εξωτερικό ηλεκτρόδιο) δημιουργούνται ελάχιστα ιόντα οξυγόνου, αφού υπάρχουν πολύ λίγα μόρια οξυγόνου για να ιονιστούν. Αντίθετα στο ηλεκτρόδιο που έρχεται σε επαφή με το ατμοσφαιρικό αέρα (εσωτερικό ηλεκτρόδιο) υπάρχει πλήθος ιόντων οξυγόνου (όπως και στην περίπτωση του φτωχού μείγματος). Λόγω αυτής της μεγάλης διαφοράς συγκέντρωσης ηλεκτρικών φορτίων στα δυο ηλεκτρόδια αναπτύσσεται μια ηλεκτρική τάση 800mV περίπου (από 750 έως 900mV). Τότε, παρατηρείται μεγάλη κίνηση ιόντων από εσωτερικό ηλεκτρόδιο (+), μέσω του πορώδους στρώματος του αισθητήρα, προς το εξωτερικό ηλεκτρόδιο (-). Η τάση των 800mV μεταφέρεται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ως πληροφορία πλούσιου μείγματος. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου αφού επεξεργαστεί αυτό το σήμα στέλνει στους ηλεκτρομαγνητικούς εγχυτήρες (μπεκ) ένα παλμό ελέγχου μικρού πλάτους, προκειμένου να

μειωθεί ο χρόνος έγχυσης του καυσίμου και το καύσιμο μείγμα να οδηγηθεί στη στοιχειομετρική αναλογία.

Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας

Το σήμα (τάση) εξόδου του αισθητήρα λ είναι συνάρτηση της τιμής του λόγου λ και εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία καυσαερίων. Σε θερμοκρασία περίπου 600°C, αν το μείγμα είναι φτωχό ($\lambda > 1$), ο αισθητήρας παράγει ένα σήμα (τάση) 100 mV περίπου, ενώ αν το μείγμα είναι πλούσιο, τότε παράγει ένα σήμα 800 mV περίπου. Στη στοιχειομετρική αναλογία ($\lambda = 1$) του καυσίμου μείγματος ή σε τιμές πάρα πολύ κοντά σε αυτή ($\lambda = 1$), ο αισθητήρας λ στέλνει ένα σήμα 400 mV, το οποίο αναγνωρίζει η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ως σήμα στοιχειομετρικής αναλογίας του καυσίμου μείγματος.

Θερμοκρασία λειτουργίας

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του αισθητήρα λ είναι καθοριστικής σημασίας για τη σωστή λειτουργία του, αφού επηρεάζει τόσο την ικανότητα ιονισμού των μορίων του οξυγόνου από τα ηλεκτρόδια πορώδους πλατίνας, όσο και την αγωγιμότητα του κεραμικού σώματος (ZrO_2). Σε θερμοκρασίες κάτω των 300 °C, ο χρόνος απόκρισης του (μη θερμαινόμενου) αισθητήρα είναι περίπου 3 λεπτά της ώρας, ενώ u963 σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας (π.χ. 600 °C) ο χρόνος αυτός περιορίζεται σε τιμές κάτω των 50 δευτερολέπτων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα κλειστά συστήματα ρύθμισης λειτουργούν σαν ανοιχτά στις χαμηλές θερμοκρασίες. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 850 °C, το κεραμικό σώμα του αισθητήρα καταστρέφεται ή στην καλύτερη περίπτωση μειώνεται ο χρόνος απόκρισης του. Μπορεί όμως για πολύ μικρό χρονικό διάστημα να λειτουργήσει μέχρι τους 950 °C. Για να φτάνει γρήγορα ο αισθητήρας στη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας του, έχει προστεθεί σ' αυτόν μια ηλεκτρική αντίσταση (θερμαντικό στοιχείο). Έτσι στην περίπτωση κρύας εκκίνησης ή όταν ο κινητήρας λειτουργεί με μικρό φορτίο όπου η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι χαμηλή, η ηλεκτρική αντίσταση βοηθάει τον αισθητήρα να αποκτήσει την απαιτούμενη θερμοκρασία σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Ο χρόνος απόκρισης του θερμαινόμενου αισθητήρα περιορίζεται στα 30 έως 40 δευτερόλεπτα κατά την κρύα εκκίνηση του κινητήρα. Ο θερμαινόμενος αισθητήρας λειτουργεί κανονικά τουλάχιστον για 100.000 Km κίνησης αυτοκινήτου. Από την έξοδο του αναχωρούν τρεις αγωγοί (ή τέσσερις με τον αγωγό γείωσης). Ο ένας αγωγός μεταφέρει το σήμα εξόδου του αισθητήρα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και οι υπόλοιποι δυο χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία της ηλεκτρικής αντίστασης με τάση 12 V. Έλεγχος λειτουργίας Ο έλεγχος του αισθητήρα λ μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα ευαίσθητο ψηφιακό βολτόμετρο υψηλής ακρίβειας (mV) και μικρού σφάλματος ή με ειδικές φορητές συσκευές ελέγχου ή με την διαγνωστική μονάδα (εγκέφαλος) που χρησιμοποιείται στα συνεργεία, όταν βέβαια υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου του αισθητήρα λ .

Τοποθέτηση

Η θέση τοποθέτησης του αισθητήρα λ καθορίζεται από τις θερμοκρασίες, στις οποίες πρέπει να λειτουργεί και από την αντοχή του στις υψηλές θερμοκρασίες. Όπως αναφέραμε στις προηγούμενες ενότητες, ο αισθητήρας λ στις χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω των 300 οC) δεν παρουσιάζει την απαιτούμενη ταχύτητα απόκρισης, ενώ στις πολύ υψηλές (πάνω από 850 οC) υπάρχει πολύ μεγάλος κίνδυνος καταστροφής του. Στην περίπτωση τοποθέτησης μακριά από την πολλαπλή εξαγωγής (π.χ. στην είσοδο του καταλυτικού μετατροπέα), σε κρύο ξεκίνημα του κινητήρα, όπου η θερμοκρασία στη θέση αυτή είναι χαμηλή για κάποια λεπτά της ώρας, ο αισθητήρας θα καθυστερεί να λειτουργεί κανονικά (ως κλειστό σύστημα ρύθμισης), δηλαδή δεν θα παρουσιάζει την απαιτούμενη ταχύτητα απόκρισης. Επάνω στην πολλαπλή εξαγωγής, ο αισθητήρας θερμαίνεται πολύ γρήγορα και παρουσιάζει μεγάλη ταχύτητα απόκρισης. Αυτό οφείλεται στο ότι ακόμα και στο κρύο ξεκίνημα του κινητήρα, η θερμοκρασία των καυσαερίων στην πολλαπλή εξαγωγή είναι πολύ υψηλή (υπέρθερμα καυσαέρια). Οι θερμοκρασίες όμως στην πολλαπλή εξαγωγής κάποια στιγμή θα υπερβούν την οριακή για τον αισθητήρα τιμή των 850 οC, οπότε αυτός θα καταστραφεί. Η θέση κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής είναι μια ενδιάμεση λύση, αφού δεν κινδυνεύει να καταστραφεί από υπερθέρμανση και χρόνος απόκρισης του είναι ικανοποιητικός. Η τοποθέτηση ηλεκτρικής αντίστασης (θερμαντικού στοιχείου) στον αισθητήρα έλυσε το πρόβλημα της καθυστερημένης απόκρισης του. Έτσι η θέση τοποθέτησης του πλέον εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του κινητήρα (π.χ. κυβισμός, ιπποδύναμη κ.λ.π.). Γενικά, η επιλογή του σημείου τοποθέτησης του αισθητήρα λ γίνεται μετά από ανάλογη έρευνα, που κάνει κάθε κατασκευαστής.

Συνδεσμολογία

Ο αισθητήρας λ, όπως αναφέραμε σε προηγούμενες ενότητες, αποτελεί βασικό εξάρτημα του βρόχου ανατροφοδότησης για τη ρύθμιση της αναλογίας του καυσίμου μείγματος. Συνδέεται μέσω ενός αγωγού με την ηλεκτρονική u956 μονάδα ελέγχου και την πληροφορεί, στέλνοντας ένα αναλογικό σήμα (τάση), το οποίο είναι ανάλογο της σύστασης του μείγματος που κάηκε. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, αφού επεξεργαστεί το σήμα αυτό (δηλαδή το μετατρέψει σε ψηφιακό) το συγκρίνει με ένα σήμα σταθερής τιμής (συνήθως 400), το οποίο είναι καταχωρημένο στη μνήμη της. Στη συνέχεια στέλνει σήμα (παλμό) προς τους ηλεκτρομαγνητικούς εγχυτήρες (μπεκ) για αύξηση ή μείωση του χρόνου έγχυσης του καυσίμου, προκειμένου να διορθωθεί η αναλογία του στη στοιχειομετρική ($\lambda = 1$).

Αιτίες βλαβών του αισθητήρα (λ)

Οι κυριότερες αιτίες κακής λειτουργίας του αισθητήρα λ είναι αυτές που οφείλονται σε :

- Υπερθέρμανση, επειδή ο αισθητήρας λειτουργούσε για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 950 οC.

- Χημική γήρανση, που είναι αποτέλεσμα των πολλών και μικρής διάρκειας χημικών διεργασιών.
 - Λανθασμένη εισαγωγή αέρα, επειδή ο αισθητήρας δεν ήταν τοποθετημένος σωστά.
 - Κακή γείωση, λόγω οξείδωσης της εξάτμισης.
 - Κακές επαφές, λόγω οξείδωσης του φινιρίσματος.
 - Καταστροφή του κεραμικού σώματος, λόγω τήξης.
 - Δηλητηρίαση από μόλυβδο, η οποία προήλθε από χρήση βενζίνης με μόλυβδο.
1. Διάφορες επικαθήσεις στο προστατευτικό κάλυμμα, οι οποίες προέρχονται από : Πολλή σκουριά στο κέλυφος, η οποία περιορίζει την ταχύτητα απόκρισης του αισθητήρα.
 2. Μόλυβδο (γυαλιστερές επικαθήσεις), λόγω χρήσης βενζίνης με μόλυβδο.
 3. Καμένα λάδια ή πρόσθετα βενζίνης (ανοιχτόχρωμες επικαθήσεις).

Καταλύτες

Καταλύτες γενικά

Όπως είναι γνωστό από τη Χημεία, καταλύτης είναι ένα στοιχείο που με την παρουσία του βοηθά στην πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης, χωρίς ο ίδιος να συμμετέχει σε αυτή.

Στα αυτοκίνητα, επικράτησε ο όρος «καταλύτης» να προσδιορίζει όλο το εξάρτημα του καταλυτικού μετατροπέα των καυσαερίων, αντί του χημικού όρου, όπως προαναφέρθηκε. Έτσι, λοιπόν, καταλύτη ονομάζουμε τη συσκευή εκείνη που τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων των βενζινοκινητήρων, αλλά και των πετρελαιοκινητήρων των αυτοκινήτων, με στόχο τη μετατροπή των εκπεμπόμενων ρυπαντών σε αβλαβή, για την ατμόσφαιρα, αέρια. Η τοποθέτηση του καταλύτη γίνεται στο σωλήνα της εξάτμισης, κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής των καυσαερίων και πριν τον σιγαστήρα (σιλανσιέ).

Η μετατροπή των ρυπαντών σε αβλαβή αέρια πραγματοποιείται μέσα από χημικές αντιδράσεις που γίνονται στο εσωτερικό του καταλύτη. Στις αντιδράσεις αυτές:

- Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) μετατρέπεται σε διοξείδιο CO₂.
- Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και υδρατμούς (H₂O).
- Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) μετατρέπονται σε ατμοσφαιρικό άζωτο (N₂) και οξυγόνο (O₂).

Είδη καταλυτών. Οι καταλύτες, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Τους διοδικούς ή οξειδωτικούς καταλύτες, και
- Τους τριοδικούς καταλύτες

Οι **διοδικοί ή οξειδωτικοί καταλύτες** ονομάζονται έτσι, επειδή οξειδώνουν δύο μόνο ρυπαντές (γι' αυτό ονομάζονται και διοδικοί), το **μονοξείδιο του άνθρακα (CO)** και τους **άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC)**.

Οι **τριοδικοί καταλύτες** φέρουν αυτή την ονομασία, επειδή μετατρέπουν σε μη ρυπαίνουσες ουσίες τρεις ρυπαντές, δηλαδή τους ίδιους που οξειδώνουν και οι διοδικοί και επιπλέον τα **οξείδια του αζώτου (NO_x)**.

Επίσης, οι καταλύτες, είτε διοδικοί είτε τριοδικοί, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής

τους, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Τους καταλύτες με αντικαθιστώμενα σφαιρίδια (πελλέτες) Τους κεραμικούς καταλύτες ή καταλύτες με κεραμικό μονόλιθο, και
- Τους μεταλλικούς καταλύτες ή καταλύτες με μεταλλικό μονόλιθο

Τα ευρύτερα χρησιμοποιούμενα καταλυτικά υλικά είναι ορισμένα ευγενή μέταλλα, όπως το ρόδιο (Rh), το παλλάδιο (Pd) και ο λευκόχρυσος (πλατίνα) (Pt).

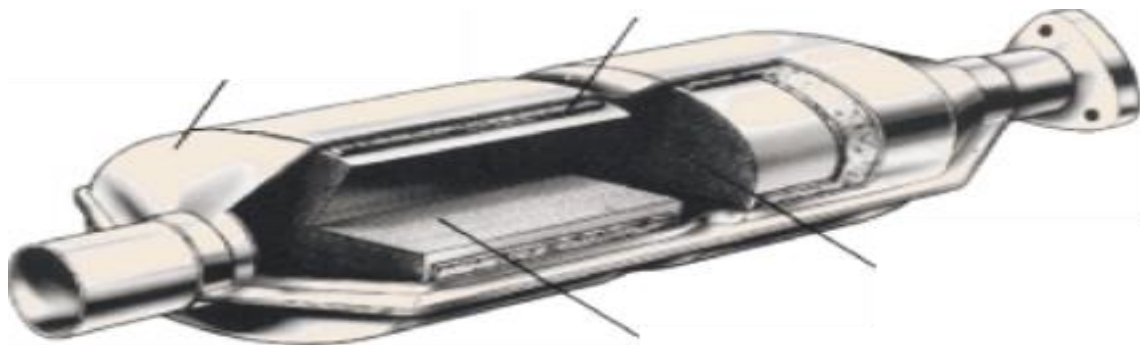


Καταλύτης με αντικαθιστώμενα σφαιρίδια.

Προστατευτική ψάθα (προστατεύει τον μονόλιθο)

Εξωτερικό κάλυμμα από ανοξείδωτο

Χάλυβα (περικλείει το μονόλιθο)



Μονόλιθος

Πολύ μικρά κανάλια (Εδώ

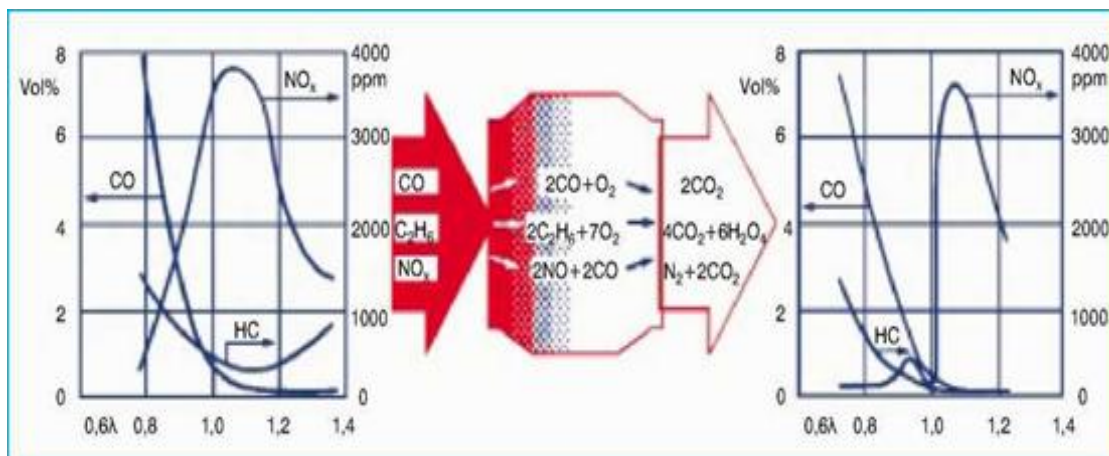
γίνονται οι αντιδράσεις)

Με ενδιάμεση επίστρωση και ευγενή μέταλλα πλατίνα (Pt), παλλάδιο (Pd), Ρόδιο (Rh).

Καταλύτης με μονόλιθο (κεραμικό ή μεταλλικό).

Λειτουργία του τριοδικού καταλύτη. Προορισμός του καταλύτη, όπως προαναφέρθηκε, είναι να μετατρέπει -μέσω χημικών αντιδράσεων- τους ρυπαντές των καυσαερίων (CO, HC και NOx) σε μη ρυπαίνουσες ουσίες. Πιο

συγκεκριμένα, το CO και οι HC οξειδώνονται. με την παρουσία του O₂, σε CO₂ και H₂O, ενώ τα NO_x ανάγονται σε στοιχειακό N₂ και ελεύθερο οξυγόνο, που μαζί με το οξυγόνο του αέρα, κάνει τις οξειδώσεις των CO και HC

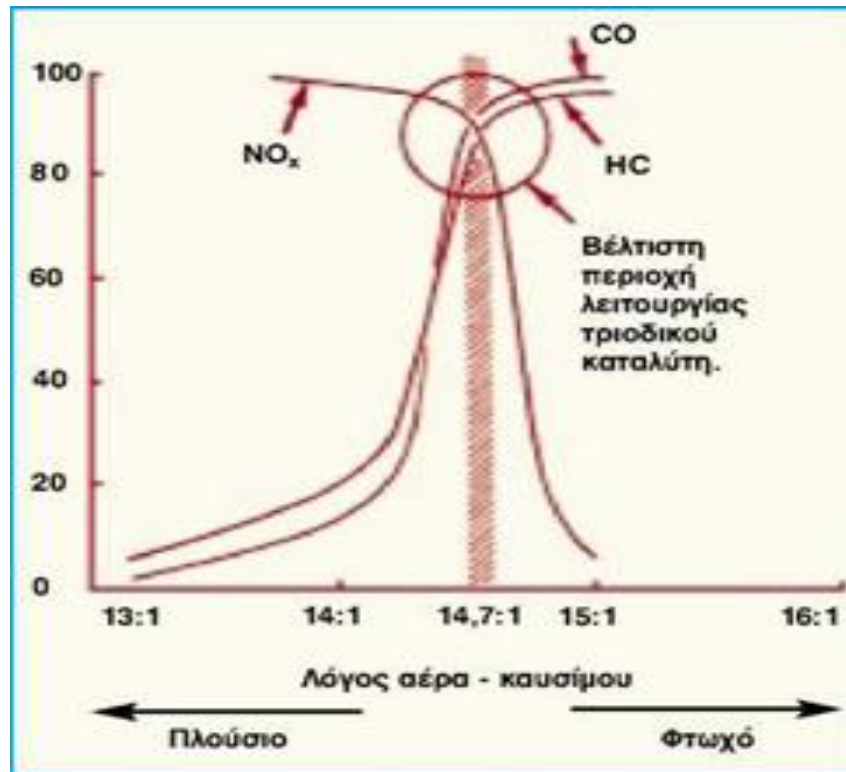


Μετατροπή των ρυπαντών των καυσαερίων στον καταλύτη σε μη ρυπαίνουσες ουσίες. Η τιμή του λόγου αέρα-καυσίμου επιδρά στην ποσότητα των ρυπαντών που εκπέμπονται.

Για να πραγματοποιηθούν, όμως, οι αντιδράσεις αυτές, θα πρέπει:

- Η θερμοκρασία του καταλύτη να μην είναι μικρότερη από 250 °C.
- Να μην υπάρχει πολύ οξυγόνο στην εξάτμιση, δηλαδή κατά την καύση του μίγματος στους κυλίνδρους, ο λόγος λάμδα (λ) να μη βρίσκεται πάνω από τη στοιχειομετρική αναλογία. Αυτό σημαίνει ότι ο κινητήρας δεν πρέπει να λειτουργεί στην περιοχή του φτωχού μίγματος. Όταν συμβαίνει αυτό, δηλαδή όταν λ>1, τότε δεν ανάγονται όλα τα NO_x, με συνέπεια την αυξημένη παρουσία τους στα καυσαέρια.
- Το μίγμα των αερίων CO, HC και NO_x θα πρέπει να είναι σε επαρκή ποσότητα για την πραγματοποίηση των αντιδράσεων αναγωγής. Για να εξασφαλίζεται αυτό, ο κινητήρας θα πρέπει να λειτουργεί με πλούσιο μίγμα, να έχουμε δηλαδή λ<1.
- Το είδος του καταλύτη να είναι το κατάλληλο, ώστε σε συνδυασμό με τη σωστή θερμοκρασία λειτουργίας του, να δημιουργούνται οι προϋποθέσεις αποφυγής δημιουργίας δευτερογενών ρυπαντών, όπως είναι η αμμωνία (NH₃).

Από τα παραπάνω, λοιπόν, προκύπτει, ότι για να έχουμε το σύνολο των ρυπαντών των καυσαερίων στον επιθυμητό συνδυασμό ποσοτήτων, οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα είναι στην περιοχή του λ=1



Διάγραμμα μεταβολής ρυπαντών και απόδοσης του καταλύτη σε σχέση με το λόγο αέρα-καυσίμου.

Καταλήγουμε έτσι στο συμπέρασμα, ότι όλοι οι παράγοντες που σχετίζονται με την αποδοτική λειτουργία του καταλύτη και τη μειωμένη εκπομπή ρυπαντών με τα καυσαέρια, έχουν άμεση σχέση με το σύστημα τροφοδοσίας και την καλή ρύθμιση του κινητήρα. Είδαμε, όμως, στην περιγραφή των συστημάτων τροφοδοσίας, ότι οι συνθήκες αυτές επιτυγχάνονται καλύτερα με τα συστήματα έγχυσης (ψεκασμού). Ως εκ τούτου, οι αυστηροί κανονισμοί για τους εκπεμπόμενους ρυπαντές από τις εξαμίσεις των αυτοκινήτων και η υποχρεωτική χρήση καταλυτικών μετατροπέων, οδήγησαν τις αυτοκινητοβιομηχανίες -μετά τη δεκαετία του '80- στην υιοθέτηση των συστημάτων ψεκασμού, με όλα τα άλλα πλεονεκτήματά τους, παρ' όλο το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης που απαιτούν. Ο τριοδικός καταλύτης, μάλιστα, είναι σήμερα το επικρατέστερο σύστημα καταλύτη, συνδυαζόμενος άριστα με τον ηλεκτρονικό έλεγχο προετοιμασίας του καύσιμου μίγματος και τη συνεχή διόρθωση της περιεκτικότητας σε αέρα κοντά στη στοιχειομετρική αναλογία του λάμδα ($\lambda = 1$). Η διαδικασία αυτή γίνεται με τον αισθητήρα οξυγόνου ή λήπτη λάμδα (λ).

Ο αισθητήρας οξυγόνου ή λήπτης λάμδα (λ) μετρά την ποσότητα οξυγόνου στα καυσαέρια και στέλνει την πληροφορία στη μονάδα ελέγχου του συστήματος τροφοδοσίας. Έτσι, η μονάδα ελέγχου αναγνωρίζει εάν το μίγμα είναι πλούσιο ή φτωχό και κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις. Εξωτερικά, ο λήπτης λάμδα μοιάζει με ένα μπουζί και τοποθετείται στην πολλαπλή εξαγωγής ή επάνω στον καταλύτη.

Δηλητηρίαση - καταστροφή του καταλύτη. Δηλητηρίαση του καταλύτη είναι η σταδιακή μείωση της απόδοσής του, όσον αφορά στην ικανότητα μετατροπής των ρυπαντών των καυσαερίων σε αβλαβείς ουσίες. Η δηλητηρίαση οφείλεται στην εναπόθεση επάνω στην ενεργή επιφάνεια του καταλύτη, ξένων στοιχείων, όπως είναι ο μόλυβδος, το θείο και ο φώσφορος. Τα στοιχεία αυτά εμπεριέχονται στα λιπαντικά και σε ορισμένα είδη ή ποιότητες καυσίμων. Έτσι:

- Η κατανάλωση λαδιού του κινητήρα προκαλεί «βούλωμα» του καταλύτη. Το λιπαντικό επικάθεται στη μετωπική επιφάνεια του καταλύτη, αυξάνει την αντίληψη των καυσαερίων και μειώνει την ενεργή επιφάνειά του.
- Η εισαγωγή άκαυστης βενζίνης στον καταλύτη δημιουργεί σοβαρά προβλήματα που οδηγούν στην καταστροφή του. Έχει διαπιστωθεί δε, ότι η λειτουργία του καταλύτη με ένα βραχυκυκλωμένο αναφλεκτήρα (μπουζί) επί 5 λεπτά, είναι αρκετή για να καταστραφεί πλήρως ο καταλύτης.

Μέτρα προστασίας του καταλύτη.

Προκειμένου να αποφευχθούν ορισμένες ανεπανόρθωτες βλάβες του καταλύτη, οι κατασκευαστές προτείνουν κάποια μέτρα προστασίας του, τόσο από τους οδηγούς, όσο και από τους μηχανικούς συντήρησης, όπως:

- Να μην χρησιμοποιείται άλλη βενζίνη εκτός από αμόλυβδη.
- Αν για οποιαδήποτε αιτία το αυτοκίνητο δεν παίρνει εμπρός, να μην επιχειρηθεί να ξεκινήσει ο κινητήρας με τη χρήση της μίζας περισσότερο από τρεις φορές.
- Να μην πιέζεται ο επιταχυντής (γκάζι) κατά την προθέρμανση του κινητήρα σε κρύο ξεκίνημα (σταματημένο αυτοκίνητο).
- Αν μετά το πλύσιμο το αυτοκίνητο δεν παίρνει εμπρός, το πιθανότερο είναι να έχουν βραχεί κάποιες συνδέσεις του ηλεκτρικού ή ηλεκτρονικού κυκλώματος ή το καπάκι του διανομέα με τα καλώδια των σπινθηριστών (μπουζοκαλώδια). Αφαιρέστε τις φίσες και φυσήξτε τους ακροδέκτες της ηλεκτρονικής ανάφλεξης ή αφήστε τους να στεγνώσουν.
- Μη σπρώχνετε ή ρυμουλκείτε το αυτοκίνητο για να πάρει εμπρός.
- Μη σβήνετε με το κλειδί τον κινητήρα, όταν αυτός λειτουργεί σε υψηλές στροφές.
- Μη χρησιμοποιείτε πρόσθετα καυσίμου (additives), αν δεν προτείνονται από τον κατασκευαστή του αυτοκινήτου.
- Μην οδηγείτε το αυτοκίνητο, αν καίει λάδι.
- Μην ελέγχετε την ύπαρξη σπινθήρα, αφαιρώντας από κάποιο κύλινδρο το μπουζοκαλώδιο.

- Αποφεύγετε παρατεταμένες μετρήσεις συμπίεσης του κινητήρα.
- Μη λειτουργείτε τον κινητήρα, όταν η δεξαμενή καυσίμου (ρεζερβουάρ) είναι σχεδόν άδειο. Αυτό μπορεί να προκαλέσει στον κινητήρα κακή ανάφλεξη και να δημιουργήσει ένα επιπλέον φορτίο στον καταλύτη.
- Αποφεύγετε να παρκάρετε το αυτοκίνητο επάνω από ξερά χόρτα, γιατί υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς από τον υπέρθερμο καταλύτη.

Διαδικασία περισυλλογής, αποθήκευσης και ανακύκλωσης των καταλυτών.

Για οικολογικούς λόγους, γίνονται προσπάθειες περισυλλογής και αποθήκευσης των καταλυτών, ενώ για οικονομικούς λόγους γίνεται προσπάθεια ανακύκλωσής τους με ανάκτηση των ευγενών μετάλλων, που περιέχονται στους μεταλλικούς καταλύτες.

Η υποχρέωση αντικατάστασης των παλαιών καταλυτών με νέους, μετά το πέρας διάρκειας της ζωής τους (που είναι από 100.000 μέχρι 150.000 χιλιόμετρα), οδηγεί στη θέσπιση και εφαρμογή ειδικών προγραμμάτων ανακύκλωσής τους. Σύμφωνα με ένα τέτοιο πρόγραμμα, μπορεί να δίνονται κίνητρα στους κατόχους αυτοκινήτων (φορολογικά, οικονομικά, διευκολύνσεις στην κυκλοφορία, κ.λπ.), ώστε όταν οι καταλύτες γίνουν ανενεργοί, να αντικαθίστανται.

Οι παλιοί καταλύτες θα συγκεντρώνονται από τα συνεργεία και θα παραδίνονται σε ειδικό φορέα, ο οποίος, αρχικά θα τους αποθηκεύει σε ειδικούς χώρους και, στη συνέχεια, θα τους προωθεί σε μεγάλες ποσότητες σε εργοστάσια ανακύκλωσης. Σε ένα τέτοιο εργοστάσιο διαχωρίζονται τα ευγενή μέταλλα που περιέχονται σ' αυτούς (πλατίνα, παλλάδιο, ρόδιο, κ.λπ.), ενώ τα υπόλοιπα τμήματά τους αδρανοποιούνται, ακολουθώντας μεθόδους αδρανοποίησης τοξικών αποβλήτων. Τα ευγενή μέταλλα μπορούν να πουληθούν σε εργοστάσια κατασκευής καταλυτικών συστημάτων για να επαναχρησιμοποιηθούν.

Καταλύτες αναλυτικά



Η ατμόσφαιρά μας αποτελείται από 78% άζωτο, 20,9% οξυγόνο, 0,95% αργό και 0,15% άλλα στοιχεία. Η βαθμιαία μείωση των ποσοστών του οξυγόνου λόγω της βιομηχανίας, των πυρκαγιών και φυσικά του αυτοκινήτου δημιούργησε την ανάγκη για έρευνες γύρω από την αντιμετώπιση του προβλήματος. Και η λύση όσον αφορά το αυτοκίνητο βρέθηκε μέσω του καταλύτη και των αυτοκινήτων «νέας αντιρρυπαντικής τεχνολογίας».

Καταλύτης ονομάζεται μία χημική ουσία που αλλάζει τη ταχύτητα μιας χημικής αντίδρασης χωρίς όμως να μεταβάλλεται η ίδια. Στην περίπτωση του αυτοκινήτου η χημική αντίδραση είναι η ένωση του οξυγόνου με τα προϊόντα της καύσης που γίνεται στην μηχανή του αυτοκινήτου. Οι καταλύτες που παράγουν οι ζωντανοί οργανισμοί είναι πρωτεΐνες και ονομάζονται ένζυμα. Ο καταλύτης τώρα σαν εξάρτημα του αυτοκινήτου, έχει διαστάσεις λίγο μεγαλύτερες από ένα σιλανσιέ εξάτμισης και τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων (εξάτμιση) και αφαιρεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό τις βλαβερές για τον άνθρωπο ουσίες που υπάρχουν στα καυσαέρια του αυτοκινήτου. Μέσα στον καταλύτη υπάρχει ένα πορώδες κεραμικό υλικό με πολύ μεγάλη επιφάνεια από την οποία περνάνε τα καυσαέρια και ενώνονται με το οξυγόνο. Με άλλα λόγια οξειδώνονται ή αν θέλετε «καίγονται».

Το σύστημα εξάτμισης πολλών νέου τύπου αυτοκινήτων είναι εφοδιασμένο με καταλύτη. Εν προκειμένω ο καταλύτης αυτός επιταχύνει χημική αντίδραση κατά την οποία επικίνδυνα αέρια μετατρέπονται σε λιγότερο επικίνδυνα.

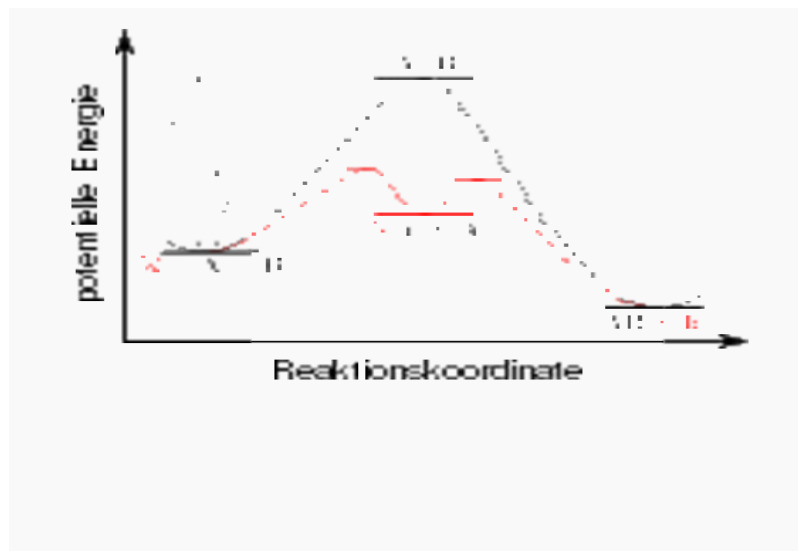
- Η αλλαγή ταχύτητας χημικής αντίδρασης με χρησιμοποίηση καταλύτη ονομάζεται χημική κατάλυση. Επίσης η ουσία που μπορεί να βελτιώσει ένα καταλύτη ονομάζεται προωθητής καταλύτου ή προωθητής καταλύτης.

Η κατάλυση είναι ζωτικής σημασίας στις βιοχημικές και βιομηχανικές διαδικασίες, γιατί μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα του χημικού συστήματος ίσως μέχρι εκατό φορές.

- Πως προέκυψε η ανάγκη για την δημιουργία των καταλυτών;

- Ποια είναι αυτά τα αέρια που εκπέμπονται από το αυτοκίνητο και σε τι βαθμό είναι βλαβερά για τον άνθρωπο;
Θα εξετάσουμε ορισμένα πράγματα όσο πιο απλά γίνεται στις επόμενες ενότητες.

Αρχή λειτουργίας καταλύτη



Η ενέργεια υποθετικού χημικού συστήματος συναρτήσει της εξέλιξης της αντίδρασης.

Η χημική αντίδραση είναι η $A+B \rightarrow AB$ και K ο καταλύτης.

Παρατηρείστε τα δύο ενεργειακά μέγιστα

Κάθε χημική αντίδραση είναι απλή ή σύνθετη.

- I. Στην απλή χημική αντίδραση συμμετέχουν μόνο τα προϊόντα και αντιδρώντα της αντίδρασης, ενώ
- II. στη σύνθετη συμμετέχουν και άλλες ουσίες.

Μια σύνθετη χημική αντίδραση μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους διαδοχικές απλές αντιδράσεις. Κάθε απλή αντίδραση χαρακτηρίζεται υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες από μία ταχύτητα. Η ταχύτητα μιας σύνθετης αντίδρασης ισούται πρακτικά με την ταχύτητα της πιο αργής απλής αντίδρασης που συμμετέχει, όπως η ταχύτητα μιας σκυταλοδρομίας ισούται με την ταχύτητα του πιο αργού σκυταλοδρόμου.

Ο καταλύτης αντικαθιστά τις απλές αντιδράσεις που συμμετέχουν σε μια σύνθετη αντίδραση με άλλες απλές αντιδράσεις, επηρεάζοντας την ταχύτητά τους. Ο χημικός δρόμος που θα ακολουθηθεί από τα αντιδρώντα (αυτός με τον καταλύτη και αυτός χωρίς τον καταλύτη) εξαρτάται από την διαφορά ενθαλπίας στις απλές αντιδράσεις, ενώ ο δρόμος που χαρακτηρίζεται από το χαμηλότερο ενεργειακό μέγιστο είναι αυτός που ακολουθείται αυθόρμητα. Με

άλλα λόγια, ο καταλύτης επιτρέπει να διεξαχθεί η σύνθετη αντίδραση με λιγότερη απορρόφηση ενέργειας από το περιβάλλον. Συνήθως ο καταλύτης επιταχύνει την αντίδραση.

Στους καταλύτες περιέχονται διάφορα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου και κυρίως τα ακόλουθα τρία:

- Λευκόχρυσος (Pt),
- Παλλάδιο (Pd)
- Ρόδιο (Rh).

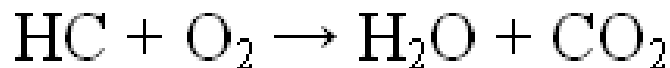
Και τα τρία είναι ακριβά μέταλλα, με τιμές (€) που παρουσιάζουν μεγάλη άνοδο.

Μέσα στον καταλύτη όπως είπαμε και πριν υπάρχει ένα πορώδες κεραμικό υλικό μέσα από την επιφάνεια του οποίου περνάνε τα καυσαέρια και οξειδώνονται (ενώνονται με το οξυγόνο) σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:

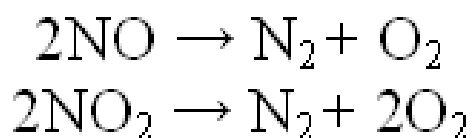
Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) σε διοξείδιο (CO₂) που είναι ακίνδυνο

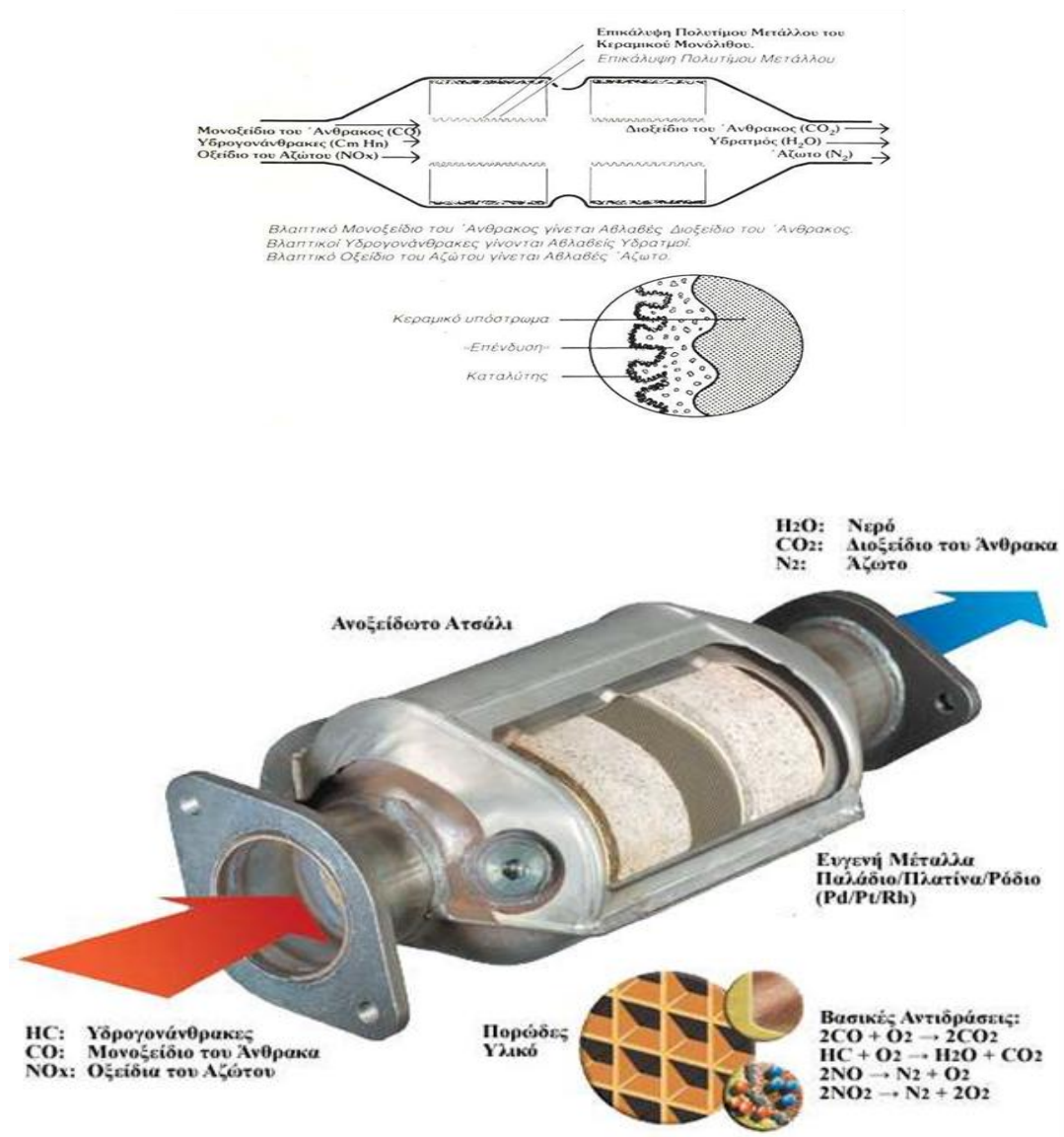


Οι υδρογονάνθρακες σε νερό και διοξείδιο του άνθρακα



Και οι δύο αυτές αντιδράσεις γίνονται με την βοήθεια του Παλλαδίου (Pd) και της Πλατίνας (Pt). Με την βοήθεια όμως του Ρόδιου (Rh) γίνονται δύο ακόμα αντιδράσεις διάσπασης των οξειδίων του αζώτου (NO_x) που είναι οι εξής:





Φυσικά μέσα στην βενζίνη υπάρχουν και άλλα συστατικά όπως προσμείξεις του θείου (S) οι οποίες όταν έρχονται σε επαφή με το νερό (H₂O) εκτελείται μια χημική αντίδραση και δημιουργείται το υδρόθειο στο οποίο οφείλεται και αυτή η γνωστή δυσάρεστη οσμή. Όταν λοιπόν μυρίζει ο καταλύτης δεν σημαίνει ότι είναι χαλασμένος, αλλά πρόκειται για κάτι εντελώς φυσιολογικό.

Είδη καταλύτη

Υπάρχουν τέσσερα είδη καταλυτών:

- Ο Οξειδωτικός καταλύτης
- Ο Μειωτικός
- Ο Δυοδικός
- Ο Τριοδικός (που χωρίζεται σε μη - ρυθμιζόμενο και ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο)

Εμείς θα εξετάσουμε μόνο τον τριοδικό ο οποίος είναι ο πλέον διαδεδομένος στην κατασκευή των αυτοκινήτων και συγκεκριμένα τον τριοδικό ηλεκτρονικά-ρυθμιζόμενο καταλύτη ο οποίος χρησιμοποιείται μόνο σε αυτοκίνητα που διαθέτουν ψεκασμό και ηλεκτρονικές αναφλέξεις. Ο λόγος είναι ότι σε αυτή την περίπτωση η σύνθεση των καυσαερίων που δέχεται προς επεξεργασία ο εγκέφαλος είναι ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενη. Αυτό το είδος του καταλύτη έχει το πλεονέκτημα να μειώνει τα τρία ανεπιθύμητα καυσαέρια κατά περίπου 90%!

Είδη καταλυτικών επιφανειών

Χαρακτηρίζοντας τις καταλυτικές επιφάνειες με βάση τη φυσική τους δομή είναι δυνατόν να κάνουμε τρεις διακρίσεις. Έτσι οι καταλυτικές επιφάνειες διακρίνονται σε:

- I. Μη πορώδη στερεά, όπως η επιφάνεια ενός μεταλλικού φύλλου.
- II. Πορώδη στερεά, στα οποία καταλυτικά συμμετέχει και η εσωτερική επιφάνεια των τοιχωμάτων και των πυθμένων των πόρων (internal surface) εκτός της εξωτερικής τους επιφάνειας (external surface ή geometrical surface). Παράδειγμα πορώδους καταλύτη είναι ο γαιάνθρακας. Εδώ θα ορίσουμε ακόμα ένα μέγεθος, την ειδική επιφάνεια (specific surface area) η οποία ισούται με τη συνολική επιφάνεια του καταλύτη ανά μονάδα βάρους καταλύτη. Καταλαβαίνουμε επομένως πως όσο πιο πορώδης είναι ένας καταλύτης τόσο μεγαλύτερη είναι η ειδική επιφάνεια του.
- III. Στερεά παρασκευαζόμενα με διασπορά μιας καταλυτικά ενεργού φάσης σε ένα πορώδες υλικό, το οποίο ονομάζεται υπόστρωμα (support) ή φορέας (carrier). Ο φορέας μπορεί να είναι καταλυτικά αδρανής μπορεί όμως και όχι. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση αυτό γίνεται προκειμένου το σύνολο του καταλύτη να επιδρά πάνω σε δύο διαφορετικά στάδια της αντίδρασης ταυτόχρονα.

Διασπορά ενεργού φάσης

Η διασπορά της ενεργού φάσης σε κάποιο φορέα είναι πολύ σημαντική αφού βελτιώνει τον καταλύτη κατά διάφορους τρόπους:

- I. Αυξάνει την επιφάνεια της ενεργού φάσης για τον ίδιο όγκο κάτι το οποίο επιδιώκεται με σκοπό τη μείωση του κατασκευαστικού κόστους του καταλύτη.
- II. Αυξάνει το χρόνο ζωής του καταλύτη καθώς αποφεύγεται η τοπική υπερθέρμανση ορισμένων σημείων της καταλυτικής επιφάνειας κι επομένως μειώνεται το φαινόμενο της συρρίκνωσης (shrinkage) και της σύντηξης (sintering). Και τα

δύο οδηγούν στην μείωση της ειδικής επιφάνειας του καταλύτη. Η πρώτη έγκειται στο μετασχηματισμό (κλείσιμο πόρων κλπ) που οδηγούν στη μείωση της ειδικής επιφάνειας ενώ η δεύτερη στη μετακίνηση σε υψηλή θερμοκρασία στερεού υλικού με συγκόλληση πολλών μικρών κόκκων ενεργού φάσης (συνήθως μεγέθους της τάξεως των λίγων nm) για τη δημιουργία μεγαλύτερων.

- III. Αυξάνει τη μηχανική αντοχή και τέλος την αντίσταση στα δηλητήρια καταλυτών.

Βάση των παραπάνω κατά την κατασκευή ενός καταλύτη χρησιμοποιούνται σε αρχικό στάδιο πολύ μικρά τεμάχια ίδιου μεγέθους (πρωτοταγής δομή, στην οποία και οφείλεται η μεγάλη ειδική επιφάνεια) τα οποία ομαδοποιούνται σε μεγαλύτερα συσσωματώματα ίδιου επίσης μεγέθους (δευτερογενής δομή, μέσα από την οποία γίνεται πολύ εύκολα η μεταφορά μάζας των αντιδρώντων ή των προϊόντων).

Επίσης, φορείς που χρησιμοποιούνται ευρύτατα είναι οι μονολιθικοί (monolithic supports) οι οποίοι αποτελούνται από ένα ελαφρά πορώδες υλικό υψηλής μηχανικής αντοχής (όπως το $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), το οποίο διαθέτει κανάλια καθορισμένης διαμόρφωσης με τα τοιχώματα τους να καλύπτονται από ένα στρώμα τεμαχιδίων φορέα, στα οποία έχει εναποτεθεί η ενεργός φάση.

Η κατανομή της ενεργού φάσης στα μικροτεμαχίδια ονομάζεται μικρό κατανομή (microdistribution ή repartition) ενώ η κατανομή της ενεργού φάσης στα τεμαχίδια τα οποία συντίθενται από μικροτεμαχίδια ονομάζεται μικροκατανομή (macrodistribution). Συνήθως, αυτές οι δύο κατανομές δεν είναι επιθυμητό να είναι ομοιόμορφες και καθορίζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις εκλεκτικότητας, την παρουσία δηλητηρίων κτλ.

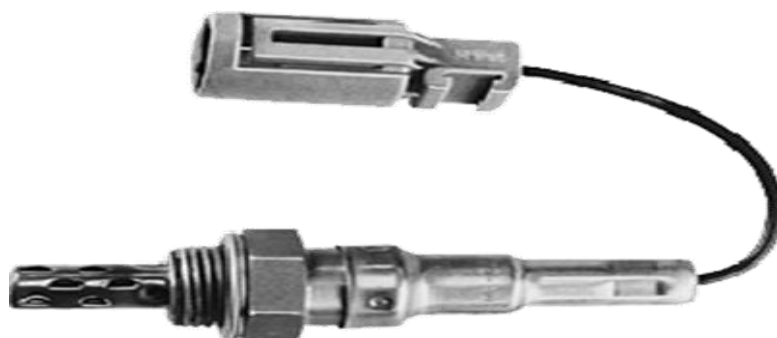
Ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενη σύνθεση καυσαερίων

Τα καυσαέρια κατά την έξοδο τους από την εξαγωγή (εξάτμιση) περνάνε από έναν ανιχνευτή οξυγόνου, τον γνωστό «αισθητήρα λάμδα» ο οποίος ανιχνεύει πόση είναι η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο. Δηλαδή εάν το μείγμα που εισάγεται μέσα στον χώρο καύσης είναι «φτωχό» ή «πλούσιο» σε οξυγόνο. Εν συνεχεία στέλνει την πληροφορία αυτή σε έναν μικροϋπολογιστή ο οποίος την επεξεργάζεται και εφ' όσων είναι συνδεδεμένος και με διάφορα άλλα εξαρτήματα της μηχανής (ψεκασμός, ανάφλεξη κτλ.) στέλνει τις κατάλληλες εντολές και έτσι «διορθώνει» το μείγμα που εισάγεται στον χώρο καύσης.

Με αυτό τον τρόπο καταφέρνουμε την πληρέστερη καύση και επομένως την χαμηλότερη εκπομπή καυσαερίων. Όλες αυτές οι διαδικασίες βέβαια γίνονται σε ελάχιστο χρόνο της τάξεως των κλασμάτων του δευτερολέπτου.

Σωστή θέση τοποθέτησης του αισθητήρα «λ»

Η παράμετρος της αναλογίας του μείγματος βενζίνη / αέρα ονομάστηκε λάμδα («λ»). Όπως είπαμε και πριν η δουλειά του «λ» είναι να πληροφορήσει σωστά τον εγκέφαλο για την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο.



Ο αισθητήρας αυτός για να κάνει σωστά την δουλειά του είναι τοποθετημένος συνήθως πάνω στο σύστημα εξαγωγής, δηλαδή την εξάτμιση, και μάλιστα πριν τον καταλύτη. Στέλνοντας τις πληροφορίες τις οποίες συλλέγει επιτρέπει στον εγκέφαλο να διορθώσει την αναλογία καυσίμου / αέρα. Όταν η τιμή του «λ» είναι ίση με 1 αυτό σημαίνει ότι όλα τα μόρια της βενζίνης οξειδώνονται (ενώνονται) με τα μόρια του ελεύθερου οξυγόνου και άρα υπάρχει τέλεια καύση και καθόλου εκπομπή καυσαερίων. Αυτό όμως συμβαίνει μόνο θεωρητικά, καθώς στην πράξη δεν υπάρχει ποτέ τέλεια καύση.

Διάρκεια ζωής καταλύτη

Οι κατασκευαστές των καταλυτών δίνουν διάρκεια ζωής από 70.000χμ. έως 100.000χμ. Αυτό όμως δεν είναι απόλυτο γιατί μπορεί να υπάρχει πρόωρη φθορά του ή και γήρανσή του από εξωγενείς παράγοντες. Μπορούμε όμως να βρούμε και καταλύτες οι οποίοι έχουν ξεπεράσει τα 100.000χμ. λειτουργίας και παρ' όλα αυτά να λειτουργούν κανονικά. Ουσιαστικά λοιπόν όσο ο καταλύτης εκτελεί σωστά τα καθήκοντά του και καθαρίζει τα καυσαέρια δεν υπάρχει λόγος αλλαγής του. Αυτός είναι και ο λόγος που καθιερώθηκε η υποχρεωτική έκδοση της «Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων» μια φορά το χρόνο. Ο μεγαλύτερος εχθρός του καταλύτη είναι η βενζίνη με μόλυβδο (Super) και αυτό γιατί ο μόλυβδος επικάθεται στους εσωτερικούς πόρους και τους «φρακάρει» με αποτέλεσμα να μην περνάνε τα καυσαέρια από μέσα και να μην οξειδώνονται.

Κατεστραμμένοι καταλύτες

Οι καταλύτες κανονικά συλλέγονται και στέλνονται για ανακύκλωση σε μεγάλες υφικαμίους ώστε ορισμένο μέρος των «ευγενών» μετάλλων που εμπεριέχονται να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στην κατασκευή νέων καταλυτών. Δυστυχώς όμως τέτοιες εταιρίες ανακύκλωσης υπάρχουν μόνο στο εξωτερικό

Η χώρα μας δεν διαθέτει ούτε τα μέσα περισυλλογής αλλά ούτε και τα μέσα ανακύκλωσης με αποτέλεσμα οι χρησιμοποιημένοι και κατεστραμμένοι καταλύτες να καταλήγουν στα σκουπίδια!

Στη συνέχεια υπάρχουν δείγματα κατεστραμμένων καταλυτών από διάφορους παράγοντες.

Βλάβη καταλύτη από καμένο πολλαπλασιαστή.



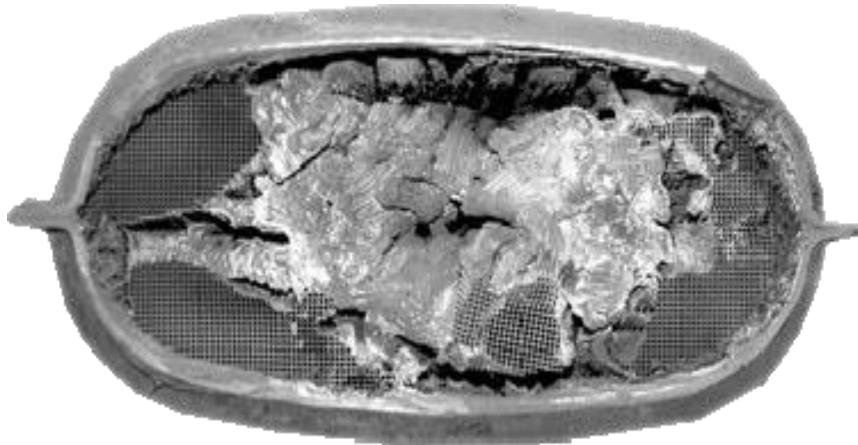
Βλάβη καταλύτη από νοθευμένο καύσιμο.



Βλάβη καταλύτη από μπουζοκαλώδιο.



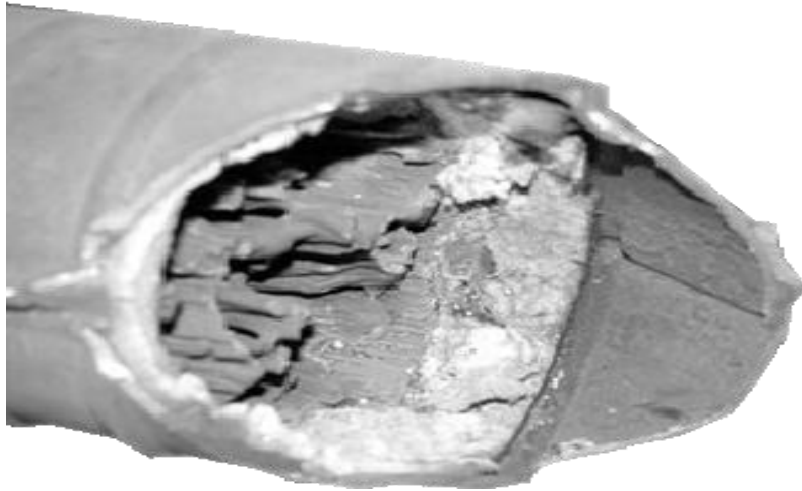
Βλάβη καταλύτη από νοθεμένο καύσιμο.



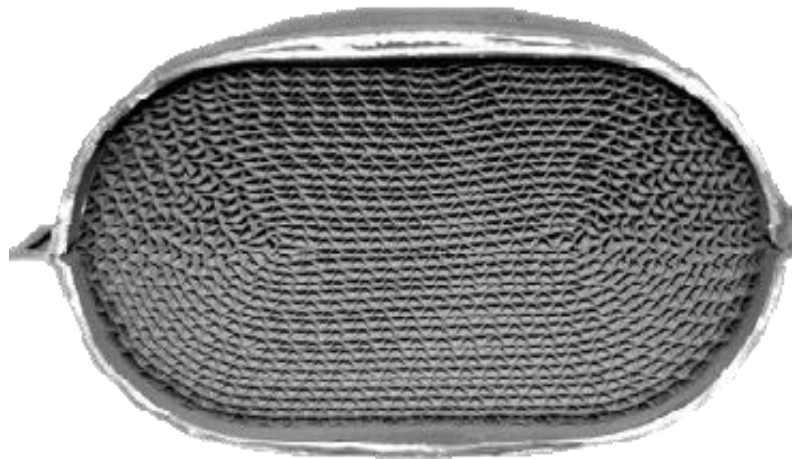
Βλάβη καταλύτη από μεγάλη θερμότητα καυσίμου.



Βλάβη καταλύτη από πλούσιο μίγμα βενζίνης.



Ατυχής μετατροπή από συνεργείο. Αφαιρέθηκε το φίλτρο αέρος.



Για τη διαχείριση των χρησιμοποιημένων καταλυτών υπάρχουν δύο επιλογές:

- 1) Ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων. Τα μέταλλα προωθούνται για την παραγωγή νέων καταλυτών ή για άλλες χρήσεις
- 2) Αναγέννηση των καταλυτών και εκ νέου χρησιμοποίησή τους. Η αναγέννηση πολλές φορές δεν επιλέγεται, καθώς κρίνεται οικονομικά ασύμφορη.

Φυσικά, τα παραπάνω δεν είναι εύκολο να γίνουν. Απαιτείται υψηλού επιπέδου τεχνογνωσία και προσοχή, γιατί οι χρησιμοποιημένοι καταλύτες περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών υλικών, που είναι επικίνδυνα για τους ανθρώπους, αλλά και γιατί είναι εύκολο να συμβούν μηχανικά ατυχήματα, δηλητηριάσεις από την εισπνοή τοξικών αναθυμιάσεων, ανάφλεξη εύφλεκτων αερίων, που έχουν απορροφηθεί από τον καταλύτη και ανεξέλεγκτες αντιδράσεις κατά τη διάρκεια αφαίρεσης του καταλύτη από το αυτοκίνητο

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει κάποια μονάδα συλλογής-ανακύκλωσης καταλυτών, αν και θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένα οργανωμένο δίκτυο συγκέντρωσης των απενεργοποιημένων καταλυτών, καθώς ο Οργανισμός Διαχείρισης Δημόσιου Υλικού διαθέτει κάποιες από αυτές και εφόσον υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι ασφαλείας με εξοπλισμό διακίνησης-μεταφοράς υλικών.

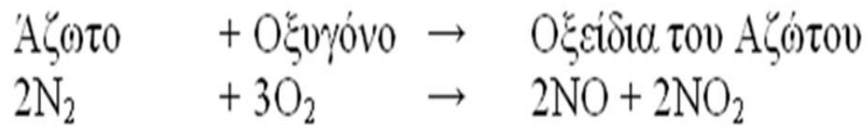
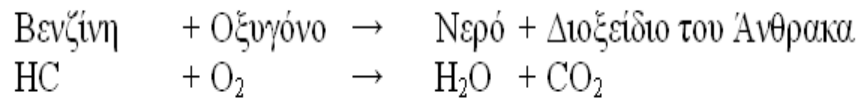
Το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο επιτρέπει την αποκλειστική διαχείριση άχρηστων υλικών του ευρύτερου δημόσιου τομέα γενικότερα. Υπάρχει σχετική εμπειρία σε διαδικασίες εκποίησης υλικών και σε μηχανισμούς απόσυρσης αυτοκινήτων.

Για να κατασκευαστεί βέβαια μια μονάδα ανάκτησης των στοιχείων των καταλυτών θα πρέπει να είναι βιώσιμη και οικονομικά συμφέρουσα. Από προηγούμενες μελέτες και με βάση τον ετήσιο διαθέσιμο αριθμό ανενεργών καταλυτών στον ελλαδικό χώρο, η δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας δεν φαίνεται συμφέρουσα. Το συμπέρασμα αυτό δεν σημαίνει πως θα πρέπει να ανασταλεί η προσπάθεια ανάκτησης των πολύτιμων μετάλλων.

Ακόμη μια ανεξερεύνητη λοιπόν «περιοχή» απλώνεται γύρω από τους παλιούς καταλύτες, η οποία κρύβει κέρδη που δεν είναι απλώς περιβαλλοντολογικά, αλλά και οικονομικά.

Χαρακτηριστικά καυσαερίων-Αντιδράσεις

Η ύπαρξη των βλαβερών για τον άνθρωπο αερίων οφείλεται στην ατελή (μη πλήρη) καύση των υδρογονανθράκων του καυσίμου (βενζίνη). Δύο κυρίως αντιδράσεις γίνονται μέσα στον κινητήρα:



Τα αέρια που εκλύονται λόγω του ότι όλη η βενζίνη δεν «καίγεται» είναι τα εξής:

- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) το οποίο είναι εξαιρετικά δηλητηριώδες για τον άνθρωπο.

Εξίσου βλαβερά είναι και τα διάφορα οξειδία του αζώτου (NO και NO₂). Θα πρέπει να πούμε ότι τα βλαβερά αυτά αέρια αποτελούν μόνο το 2% των καυσαερίων του αυτοκινήτου, ενώ το υπόλοιπο 98% είναι ακίνδυνο.

Από τα βλαβερά αέρια το μεγαλύτερο μέρος (70%) είναι μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το οποίο δημιουργείται γιατί κατά την καύση ο άνθρακας (C) δεν βρίσκει αρκετό οξυγόνο για να καεί πλήρως και να μετατραπεί σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το οποίο δεν είναι επιβλαβές για τον άνθρωπο. Πληροφοριακά το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) αντιδρά 200 με 300 φορές

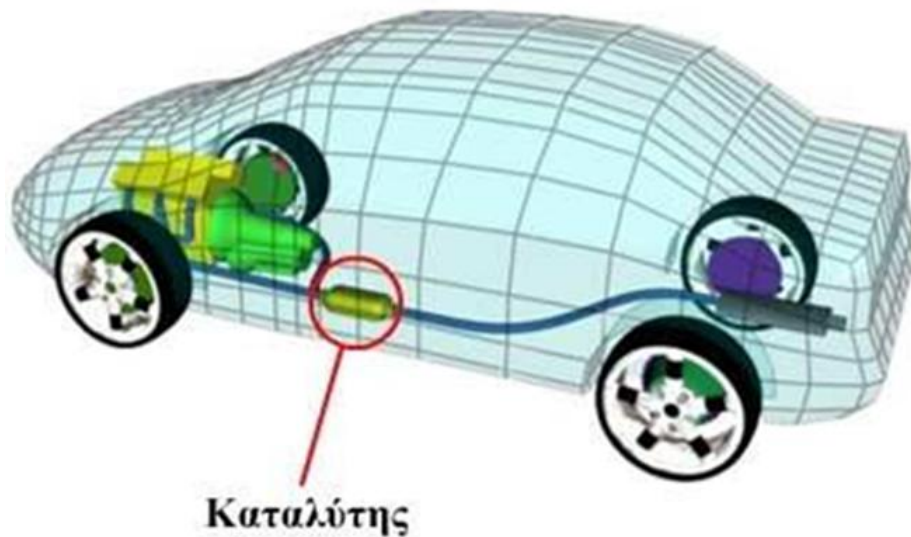
πιο εύκολα με την κόκκινη χρωστική ουσία του αίματός μας από ότι το οξυγόνο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μεταφέρεται λιγότερο οξυγόνο μέσω του αίματος στον εγκέφαλο και τα άλλα όργανα και να επηρεάζεται σημαντικά η λειτουργία τους.

Η άλλη βλαβερή ουσία που εκπέμπεται είναι οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) οι οποίοι κατά κύριο λόγο αποτελούνται από μόρια βενζίνης που λόγω κακής καύσης εξάγονται από την εξάτμιση και συμβάλουν σημαντικά στην δημιουργία του γνωστού μας «νέφους».

Τέλος τα οξειδία του αζώτου (NO_x) αντιπροσωπεύουν το 18% των βλαβερών ουσιών και χωρίζονται σε μονοξείδια (NO) και σε διοξείδια (NO₂).

Κατασκευαστική τοποθέτηση καταλύτη

Ο καταλύτης σαν εξάρτημα τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων (εξάτμιση) και αφαιρεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό τις βλαβερές για τον άνθρωπο ουσίες που υπάρχουν στα καυσαέρια του αυτοκινήτου



Μέσα στον καταλύτη υπάρχει ένα πορώδες κεραμικό υλικό από την επιφάνεια του οποίου περνάνε τα καυσαέρια και ενώνονται με το οξυγόνο. Δηλαδή οξειδώνονται ή απλά «καίγονται», με την βοήθεια ορισμένων «ευγενών μετάλλων» (ρόδιο, παλλάδιο και πλατίνα) τα οποία περιέχονται στον καταλύτη. Λόγω αυτής της καύσης οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στον καταλύτη είναι της τάξεως των 270°C - 800°C. Εάν η θερμοκρασία αυξηθεί πάνω από 1200°C τότε 5-10 λεπτά λειτουργίας του καταλύτη σε αυτές τις συνθήκες είναι αρκετά για να λειώσει το κεραμικό υλικό που υπάρχει μέσα του και να καταστραφεί.

Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας συνήθως οφείλεται σε πρόβλημα στο σύστημα ανάφλεξης όταν δηλαδή η βενζίνη διαφεύγει άκαυτη μέσω της εξάτμισης και καταλήγει στον καταλύτη.

Χαρακτηριστικά μέρη ενός καταλύτη



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

Ο κεραμικός μονόλιθος

Ο κεραμικός μονόλιθος είναι το πιο βασικό συστατικό του. Ο φυσιολογικά στρόγγυλος κεραμικός μονόλιθος έχει ένα μέσο όρο 60 διαβάσεων ανά τετραγωνικό εκατοστό.

60 «κυψέλες» σαν δίαυλοι ανά cm^2 οι οποίες διατρέχουν (τον μονόλιθο) κατά μήκος της ροής του αερίου. Το πάχος των τοιχωμάτων μεταξύ τούτων των διαύλων είναι περίπου 0,3mm.

Επένδυση

Η επένδυση εφαρμόζεται στο νέο κεραμικό υπόστρωμα σαν φορέας για τον καταλύτη του πολυτίμου μετάλλου. Έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνει την ήδη μεγάλη επιφάνεια του σώματος πολλαπλά, έτσι παρέχοντας μία τεράστια περιοχή για την καταλυτική επίστρωση (που συγκρίνεται μόνον με την έκταση ενός γηπέδου ποδοσφαίρου).

Ένας διαστελλόμενος τάπητας χρησιμοποιείται για να εφαρμόσει το κεραμικό υπόστρωμα. Αυτός ο τάπητας κατασκευασμένος από κεραμικές ίνες και ρητίνη είναι έτσι σχεδιασμένος ώστε να διαστέλλεται σε θερμοκρασία περίπου 300°C , έτσι ώστε να προστατεύει το υπόστρωμα από μηχανική ξαφνική

δόνηση, όπως επίσης και ενεργεί ως προστατευτική ασπίδα μεταξύ του υποστρώματος και του ανοξειδωτου ατσάλινου κελύφους.

Το κέλυφος του καταλυτικού μετατροπέα είναι όμοιο με μορφή προς αυτό του αποσιωπητήρα (σιλανσιέ) σε ένα φυσιολογικό σύστημα εξατμίσεως. Αποτελείται από δύο ημι-κελύφη ανοξειδωτου ατσάλιου τα οποία έχουν συγκολληθεί υπό συνθήκες ελεγχόμενες με λεπτομερή ακρίβεια. Αυτό το εξάρτημα μπορεί πολύ εύκολα να ενσωματωθεί στο κανονικό σύστημα εξατμίσεως.

Απαραίτητες ενέργειες ομαλής λειτουργίας

Τι πρέπει να κάνουμε σε ένα καταλυτικό αυτοκίνητο.

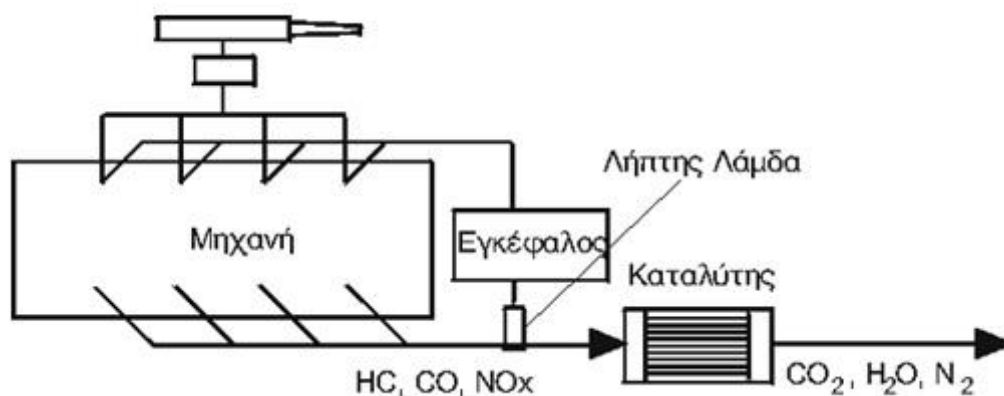
- Πρέπει να ελέγχουμε τακτικά τα συστήματα ανάφλεξης και τροφοδοσίας όπως επίσης και τα καυσαέρια ενός καταλυτικού αυτοκινήτου.
- Πρέπει να χρησιμοποιούμε συνθετικά λιπαντικά στην λίπανση του κινητήρα.
- Πρέπει να κάνουμε τακτικούς οπτικούς ελέγχους στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων και στον καταλύτη ιδιαίτερα, για τυχόν διαρροές ή κτυπήματά του.
- Πρέπει μετά από ένα μεγάλο ταξίδι με το καταλυτικό όχημα να ξέρουμε ότι η θερμοκρασία του καταλύτη έχει ξεπεράσει τους 800 βαθμούς , και γι' αυτό καλό είναι ν' αφήσουμε το αυτοκίνητο να δουλέψει για λίγο στο ρελαντί ώστε να επανέλθει στην κανονική του θερμοκρασία.
- Πρέπει να τηρούμε προσεκτικά και με θρησκευτική ευλάβεια τους κανόνες και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή στις ρυθμίσεις του κινητήρα.

Τι δεν πρέπει να κάνουμε σε ένα καταλυτικό αυτοκίνητο.

- Δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε σε καμία περίπτωση βενζίνη με μόλυβδο.
- Δεν πρέπει να πατάμε γκάζι όταν βάζουμε σε λειτουργία τον κινητήρα.
- Δεν πρέπει να προσπαθούμε να βάλουμε μπροστά έναν καταλυτικό κινητήρα που είναι χαλασμένος , πάνω από 3 - 4 φορές. Καλό είναι να προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε και να επισκευάσουμε πρώτα την βλάβη και μετά να ξαναπροσπαθήσουμε.
- Δεν επιτρέπεται να επαναλάβουμε τον έλεγχο που κάνουμε για να δούμε αν λειτουργούν όλοι οι κύλινδροι (τράβηγμα μπουζοκαλωδίων) πάνω από 2-3 φορές.
- Δεν βάζουμε μπροστά ποτέ ένα καταλυτικό αυτοκίνητο σπρώχνοντας.

Ρυθμιζόμενοι τριοδικοί καταλύτες λειτουργία.

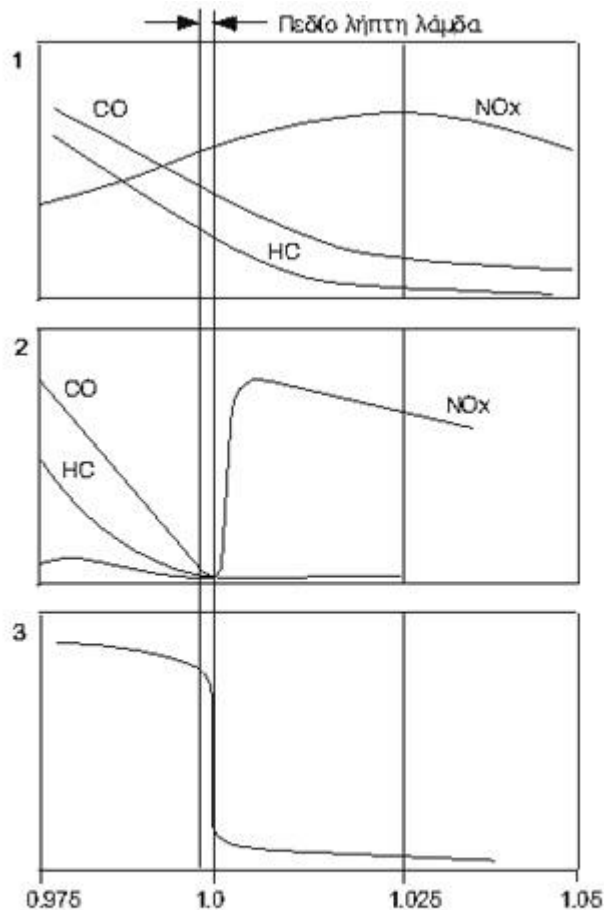
Ονομάζονται επίσης “τριοδικοί καταλύτες κλειστού συστήματος ρύθμισης”. Αυτή η ονομασία (όπως η αντίστοιχη “τριοδικός ανοικτού συστήματος ρύθμισης” για τους αρρυθμιστους τριοδικούς), αναφέρεται στην ύπαρξη ή μη λήπτη λάμδα, που αντιστοίχως δημιουργεί κλειστό ή ανοικτό σύστημα ρύθμισης. Σε αντίθεση με τους αρρυθμιστους τριοδικούς, που πραγματοποιούν πρώτα τις αναγωγικές και ύστερα τις οξειδωτικές αντιδράσεις, οι ρυθμιζόμενοι τριοδικοί πραγματοποιούν και τις τρεις αντιδράσεις ταυτόχρονα. Η οξείδωση των HC και του CO συμβαίνει συγχρόνως με την αναγωγή των NOx.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8

Τριοδικός καταλύτης κλειστού συστήματος ρύθμισης

Για να γίνουν επαρκώς οι αντιδράσεις πρέπει το μίγμα αέρα/καυσίμου να βρίσκεται πολύ κοντά στο τέλειο μίγμα, συνεπώς είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικού συστήματος ψεκασμού καυσίμων ή ηλεκτρονικά ελεγχόμενου συστήματος τροφοδοσίας, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κλειστό σύστημα ρύθμισης.



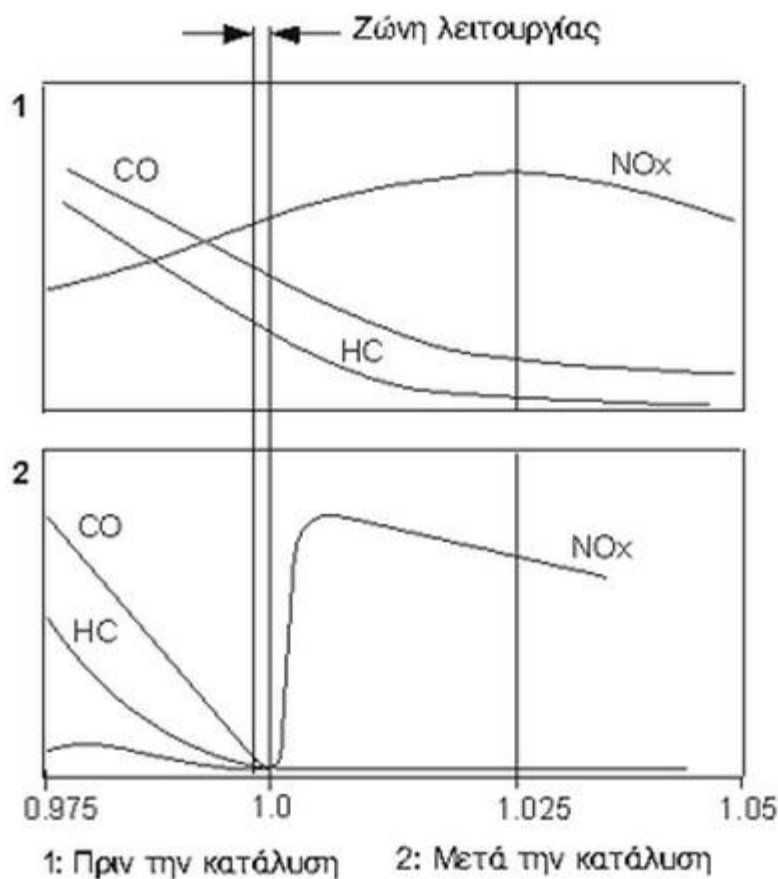
1: Εκπομπές πριν την κατάλυση
 2: Εκπομπές μετά την κατάλυση
 3: Μηδύματα λήπτη λάμδα

Η αποτελεσματικότητα του τριοδικού καταλύτη καθορίζεται από το λόγο λάμδα λειτουργίας της μηχανής. Η τέλεια καταλυτική αντίδραση είναι δυνατή μόνο μέσα στο "πεδίο λάμδα". Όταν ο λόγος λάμδα διατηρείται μέσα σε αυτά τα όρια, οι τρεις χημικές αντιδράσεις (οξειδωση του CO, οξειδωση των HC και αναγωγή των NOx) πραγματοποιούνται ταυτόχρονα και πολύ αποτελεσματικά.

Εάν το μίγμα γίνει φτωχότερο και ο λόγος λάμδα αυξηθεί σε βαθμό να ξεπεράσει τα όρια του "πεδίου λάμδα" της βέλτιστης περιοχής λειτουργίας του τριοδικού καταλύτη, η ποσότητα του οξυγόνου στα καυσαέρια θα εμποδίσει την πραγματοποίηση της αναγωγικής αντίδρασης και οι εκπομπές NOx θα αυξηθούν ραγδαία. Όμοια αν το μίγμα εμπλουτιστεί και ο λόγος λάμδα μειωθεί, η έλλειψη οξυγόνου θα δυσχεράνει τις οξειδωτικές αντιδράσεις, αυξάνοντας τις εκπομπές CO και HC.

Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα σωστή λειτουργία

Όπως είναι ήδη γνωστό, ο ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης πρέπει να λειτουργεί με μίγμα πολύ κοντά στο τέλειο, ώστε να εξουδετερώνει ταυτόχρονα και τους τρεις ρυπαντές (CO, HC και NOx).



Ρυθμιζόμενος τριοδικός καταλύτης που λειτουργεί σωστά

Επομένως ο λόγος λάμδα πρέπει να είναι κοντά στο 1 και δεν πρέπει να υπάρχει πρακτικά καθόλου υπόλοιπο οξυγόνου, αφού η καύση είναι σχεδόν τέλεια μετά την κατάλυση. Με τον ίδιο τρόπο, τα επίπεδα του CO και των HC θα είναι πολύ χαμηλά και το ποσοστό CO₂ υψηλότερο εκείνου μιας μηχανής χωρίς καταλύτη.

CO λιγότερο από 0.2 %

HC λιγότερο από 50 ppm

O₂ λιγότερο από 0.2 %

CO₂ περισσότερο από 13 %

λ μεταξύ 0.99 και 1.00

Στα τρία είδη καταλυτών που εξετάστηκαν, εάν κάποια από τις μετρήσεις υπερβεί τα διαγραφόμενα όρια, φανερώνει πρόβλημα του καταλύτη ή της μηχανής. Σε αυτήν την περίπτωση ένα εξωτερικό θερμομέτρο μπορεί να φανεί χρήσιμο :

- Εάν η θερμοκρασία του σωλήνα εξαγωγής από τον καταλύτη είναι τουλάχιστον 50° C υψηλότερη εκείνης του σωλήνα εισαγωγής, ο καταλυτικός μετατροπέας λειτουργεί, αφού οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό του παράγουν πολλή θερμότητα και τα αέρια που βγαίνουν από αυτόν είναι θερμότερα από εκείνα που μπαίνουν.
- Εάν η θερμοκρασία της εξαγωγής από τον καταλύτη είναι μικρότερη ή ίση με τη θερμοκρασία του σωλήνα εισαγωγής τότε ο καταλυτικός μετατροπέας δε λειτουργεί.

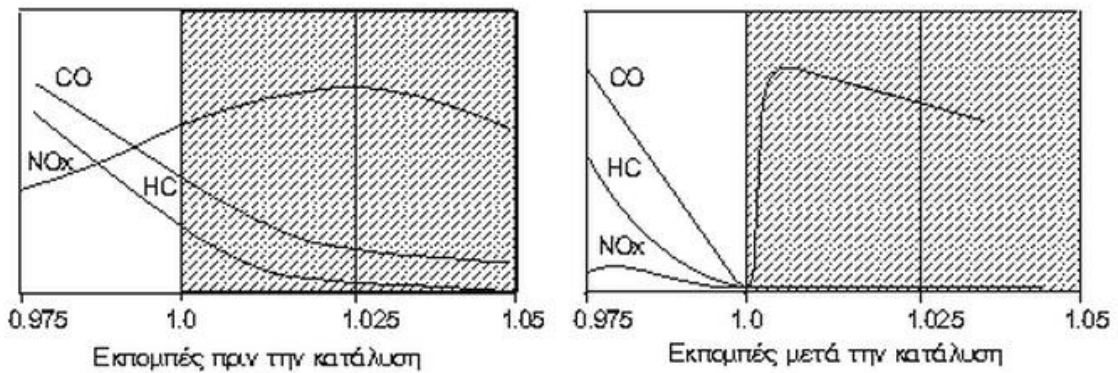
Αυτό το τεστ είναι απλώς ενδεικτικό, καθώς μας λέει αν πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις μέσα στον καταλυτικό μετατροπέα ή όχι, αλλά δεν δείχνει εάν είναι και οι σωστές αντιδράσεις, καθώς η μηχανή μπορεί να μην λειτουργεί σωστά.

Έλεγχος του καταλυτικού μετατροπέα και περιπτώσεις βλαβών.

	CO	HC	O ₂	λ
<u>1</u>	κάτω από 0.2%	κάτω από 50 ppm	πάνω από 0.2%	πάνω από 1.00
<u>2</u>	μεταξύ 0.2% και 0.3%	μεταξύ 50 και 100 ppm	πάνω από 0.2%	μεταξύ 0.99 και 1.00
<u>3</u>	μεταξύ 0.3% και 0.8%	μεταξύ 100 και 200 ppm	πάνω από 0.2%	μεταξύ 0.99 και 1.00
<u>4</u>	πάνω από 0.8%	πάνω από 200 ppm		κάτω από 0.99

1. Σωστός καταλύτης. Κακορυθμισμένη μηχανή με φτωχό μίγμα.

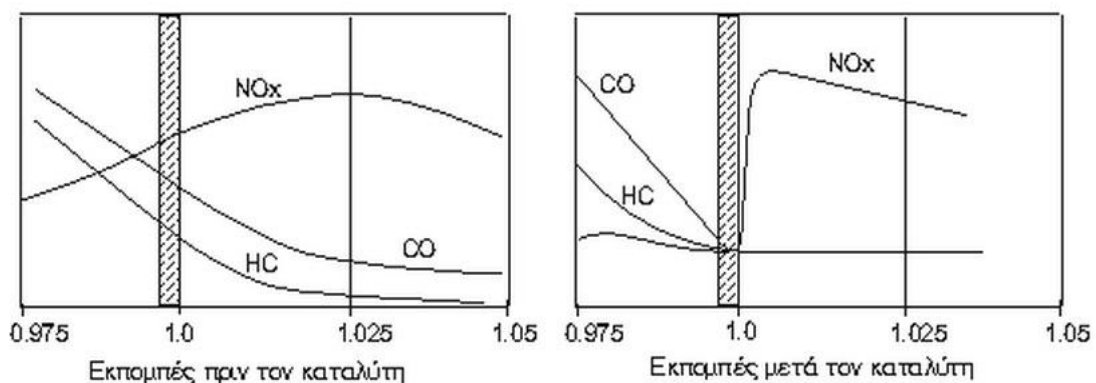
Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι εξαιρετικά χαμηλές. Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο καταλύτης είναι σε σωστή κατάσταση και λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά. Με δεδομένο ότι η συγκέντρωση O₂ και ο λόγος λάμδα είναι υψηλότερα από τα αυστηρώς απαραίτητα για σωστή λειτουργία, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το μίγμα είναι πολύ φτωχό και συνεπώς ο καταλύτης δε μπορεί να επηρεάσει τις χημικές αντιδράσεις της αναγωγής που χρειάζονται για να εξαφανιστούν τα NOx.



Σωστός καταλύτης. Μηχανή που δεν έχει ρυθμιστεί σωστά με φτωχό μίγμα

2. Καταλύτης που δε λειτουργεί αποτελεσματικά. Σωστή λειτουργία λάμδα

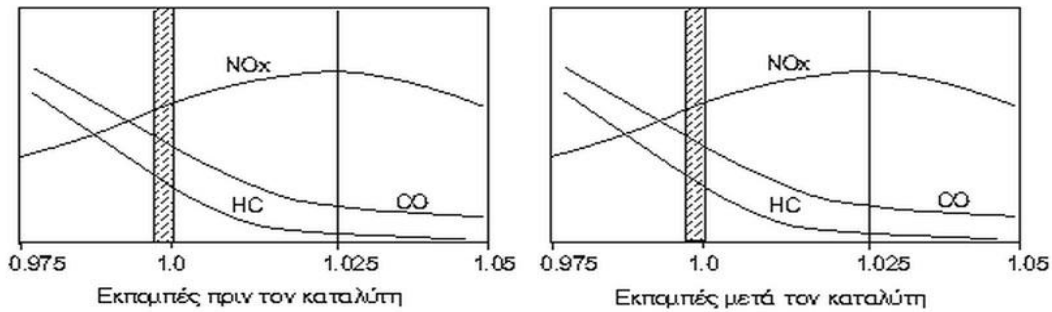
Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από εκείνες που θα έπρεπε όταν ο καταλύτης είναι σε καλή κατάσταση λειτουργίας, αλλά δεν είναι αρκετά υψηλές για να αποδείξουν, ότι ο καταλύτης έχει σταματήσει εντελώς τη λειτουργία του. Αυτές οι μη κανονικές εκπομπές μπορούν να αποδοθούν στον ίδιο καταλύτη, ή στο γεγονός ότι η μηχανή λειτουργεί με ένα κάπως πλούσιο μίγμα, αλλά καθώς η συγκέντρωση του O₂ είναι υψηλότερη από την κανονική και ο λόγος λάμδα είναι μέσα στα όρια που απαιτούνται για σωστή λειτουργία, ξέρουμε ότι η μηχανή δουλεύει κανονικά. Οι εκπομπές πρέπει να προκαλούνται από τη δυσλειτουργία του καταλύτη, ο οποίος μπορεί να έχει δηλητηριαστεί ή παλιώσει και γι' αυτό δε λειτουργεί αποτελεσματικά.



Μη αποτελεσματικός καταλύτης. Σωστή λειτουργία Λάμδα

3. Ελαττωματικός καταλύτης. Σωστή λειτουργία λάμδα.

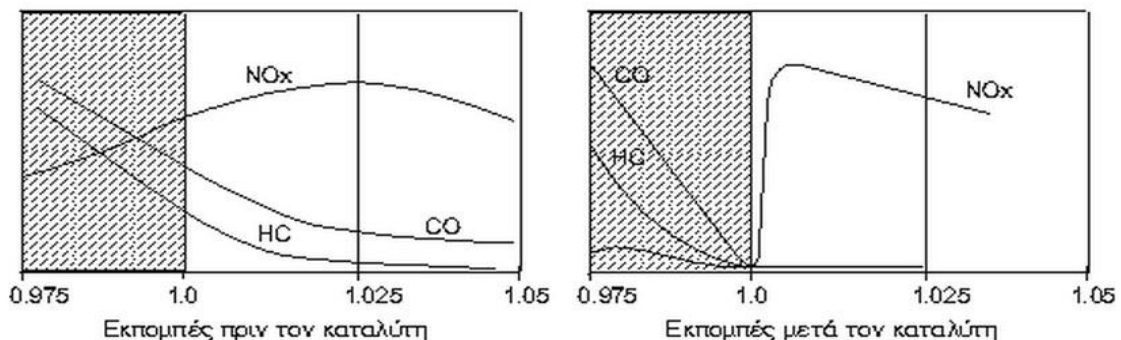
Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από τις αναμενόμενες αν ο καταλύτης λειτουργούσε κανονικά. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον ίδιο τον καταλύτη ή στη μηχανή που λειτουργεί με υπερβολικά πλούσιο μίγμα, αλλά καθώς η συγκέντρωση O₂ είναι μεγαλύτερη από την κανονική και ο λόγος λάμδα είναι μέσα στα απαραίτητα για τη ρύθμιση όρια, γνωρίζουμε ότι η μηχανή λειτουργεί κανονικά. Συμπεραίνουμε έτσι ότι οι εκπομπές οφείλονται σε βλάβη του καταλύτη.



Ελαττωματικός καταλύτης. Σωστή λειτουργία Λάμδα

4. Αγνώστη κατάσταση καταλύτη, μηχανή ρυθμισμένη προς ένα πλούσιο μίγμα.

Οι συγκεντρώσεις CO και HC είναι υψηλότερες από τις κανονικές, ακόμα κι αν δεν υπήρχε καταλυτικός μετατροπέας στο όχημα. Μπορούμε επίσης να δούμε ότι ο λόγος λάμδα είναι μικρότερος από εκείνον που θα έπρεπε για κανονική λειτουργία, συνεπώς μπορούμε να συμπεράνουμε, ότι η μηχανή λειτουργεί με πλούσιο μίγμα. Χωρίς έναν αναλυτή NO_x σε αυτή την περίπτωση δεν μπορούμε να διαπιστώσουμε την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο καταλύτης, αφού πραγματοποιεί μόνο οξειδωτικές αντιδράσεις όταν το μίγμα είναι πλούσιο.



Αγνώστη κατάσταση καταλύτη. Η μηχανή είναι ρυθμισμένη προς πλούσιο μίγμα

Αναλυτής καυσαερίων

Αν γινόταν πλήρης καύση των υδρογονανθράκων στους κινητήρες των αυτοκινήτων, τα υποπροϊόντα της καύσης θα ήταν: άζωτο (N_2), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O). Η ατελής όμως καύση, που συμβαίνει για διάφορους λόγους, σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία και την πίεση των θαλάμων καύσης προκαλεί παραγωγή ανεπιθύμητων ρύπων, όπως:

μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξειδία του αζώτου (N_2O , NO_2 , NO ή NO_x) και άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC).

Οι ρύποι αυτοί, αν συνδυαστούν με την υγρασία και το ηλιακό φως προκαλούν το γνωστό σε όλους μας φωτοχημικό νέφος. Ένας από τους στόχους του ελέγχου του κινητήρα με μικροϋπολογιστή είναι η ελάττωση των επικίνδυνων υποπροϊόντων της καύσης. Ο βαθμός ελάττωσης των ρυπογόνων ουσιών υπαγορεύεται από διεθνείς συμφωνίες και αντίστοιχη τοπική νομοθεσία, που επιβάλλει εναρμόνιση με τις συμφωνίες αυτές.

Οι προσπάθειες μείωσης των βλαβερών ρύπων είχαν ως αποτέλεσμα τη σχεδίαση και κατασκευή συστημάτων ελέγχου ρύπων, όπως:

- Οι καταλύτες, που είναι εξαρτήματα τα οποία βοηθούν ή επιταχύνουν μια χημική αντίδραση, χωρίς να αλλοιώνονται. Από τους καταλύτες, που χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς, επικρατέστερος είναι σήμερα ο τριοδικός καταλύτης, δηλαδή ο καταλύτης που μειώνει ταυτόχρονα και τους τρεις ελεγχόμενους ρύπους HC , CO , NO_x κατά 90 %, όπως αυτός, που φαίνεται.



Τριοδικός καταλύτης για τη μείωση HC , CO , NO_x .

- Το σύστημα ψεκασμού αέρα στην πολλαπλή εξαγωγή, με στόχο τη μείωση των άκαυστων υδρογονανθράκων HC .
- Το σύστημα επανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR), με στόχο τη μείωση των οξειδίων του αζώτου NO_x (δημιουργεί πιο πλούσιο μείγμα).

- Το σύστημα ελέγχου εξάτμισης του καυσίμου, με στόχο τη συλλογή και μείωση των άκαυστων υδρογονανθράκων HC.

Η νομοθεσία για τα επιτρεπόμενα όρια ρύπων γίνεται ολοένα και πιο αυστηρή. Ήδη στην Αμερική εφαρμόζεται από το 1996 το πρώτο σύστημα αυτοδιάγνωσης για ρύπους OBD II (On Board Diagnosis II). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό καταγράφονται σε μνήμη μικροϋπολογιστή όλες οι αποτυχίες των συστημάτων ελέγχου ρύπων. Μια ενδεικτική λυχνία στο ταμπλό ανάβει κάθε φορά, που οι ρύποι είναι 50 % υψηλότεροι από τα επιτρεπόμενα όρια. Έτσι ειδοποιείται ο οδηγός ότι το όχημά του ρυπαίνεται. Κατά τον τεχνικό έλεγχο του οχήματος (ΚΤΕΟ) θα ελέγχεται αυστηρά και το περιεχόμενο της μνήμης αυτής, άσχετα αν κατά τον τελευταίο έλεγχο το όχημα δεν εκπέμπει ρύπους.

Το αντίστοιχο Ευρωπαϊκό Σύστημα Αυτοδιάγνωσης για ρύπους EOBD εφαρμόζεται με τις ονομασίες EU III από το 2000 και EU IV από το 2005. Το πρότυπο αυτό σύστημα προβλέπει πολύ αυστηρά όρια ρύπων, που θα ελέγχονται για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων με ειδικές διαδικασίες.

Έτσι τα όρια για τους βενζινοκινητήρες στο σύστημα EU III είναι: για HC 0,2 g/Km, για CO 2,3 g/Km και για NOx 0,15 g/Km.

Δομή και Λειτουργία του αναλυτή καυσαερίων

Ο αναλυτής καυσαερίων είναι ένα όργανο ειδικά σχεδιασμένο για τη μέτρηση των συστατικών των καυσαερίων. Η αρχική του σχεδίαση είχε ως στόχο τον έλεγχο της ποσότητας των ρύπων, όμως η πράξη έχει αναδείξει τον αναλυτή καυσαερίων ως ένα βασικό εργαλείο διάγνωσης βλαβών, αφού ξέροντας τι βγαίνει από την εξάτμιση του αυτοκινήτου, ξέρουμε τι συμβαίνει στους θαλάμους καύσης και στα συστήματα ελέγχου ρύπων.

Οι συσκευές των αναλυτών καυσαερίων διακρίνονται σε φορητές και σε συγκροτήματα αναλυτών καυσαερίων. Φαίνονται δύο φορητές συσκευές αναλυτών καυσαερίων. Οι συσκευές αυτές συνήθως είναι πιο εύχρηστες, αλλά δεν έχουν την ακρίβεια των συγκροτημάτων.

Τα συγκροτήματα των αναλυτών καυσαερίων, όπως φαίνεται παρακάτω είναι μεγάλες επαγγελματικές συσκευές υψηλής πιστότητας με δυνατότητα σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή, εκτυπωτή κλπ



Συγκροτήματα αναλυτών καυσαερίων

Οι αναλυτές καυσαερίων συνήθως μετρούν τις ποσότητες των αερίων CO, CO₂, HC, O₂ και NO_x υπό φορτίο. Για το λόγο αυτό ονομάζονται αναλυτές πέντε αερίων. Ανάλογα υπάρχουν αναλυτές τεσσάρων, τριών ή δύο αερίων. Ιστορικά οι πρώτοι αναλυτές καυσαερίων είχαν ως αρχή της λειτουργίας τους την ηλεκτρική αγωγιμότητα των διαφόρων αναλογιών μειγμάτων αερίων. Μετά εμφανίστηκαν οι αναλυτές καυσαερίων, που λειτουργούσαν με βάση τη μεταβολή της θερμικής αγωγιμότητας των αερίων μειγμάτων. Οι αναλυτές αυτοί δεν μπορούσαν να κάνουν ακριβείς μετρήσεις, εύρισκαν μόνον την κατάσταση του καυσίμου μείγματος (φτωχό - πλούσιο).

Σήμερα επικρατούν οι αναλυτές καυσαερίων, που λειτουργούν με βάση τα απορροφητικά φάσματα στην υπέρυθη ακτινοβολία. Φάσμα είναι εκείνη η εικόνα που παίρνουμε, όταν διαχωριστούν οι ακτινοβολίες με διαφορετικό μήκος κύματος (λ) από τις σύνθετες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες. Ένα σώμα απορροφά τις ακτινοβολίες εκείνες τις οποίες, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, είναι δυνατόν να εκπέμψει.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ, ΟΡΙΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ		
CO	0,5 - 1 %	% = επί τοις εκατό σύσταση κατ' όγκο.
CO ₂	8 - 12 %	
O ₂	0,5 - 1,2 %	
HC	< 50 ppm	ppm = parts per million = μέρη στο εκατομμύριο.
NO _x	< 100 ppm (ρελαντί) < 1000 ppm (2500 rpm)	

Έτσι τα απορροφητικά φάσματα είναι μέσα όχι μόνο ποιοτικής αλλά και ποσοτικής ανάλυσης στοιχείων και μειγμάτων, όπως τα καυσαέρια. Η ποσοτική μέτρηση των στοιχείων ενός μείγματος με τη φασματογραφική αυτή μέθοδο δίνεται από την ένταση των γραμμών του φάσματος, η οποία μετριέται βέβαια με τη βοήθεια ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Για να γίνει μια σωστή μέτρηση με αναλυτή καυσαερίων απαιτείται προηγουμένως προθέρμανση της τάξης των πέντε λεπτών. Στη συνέχεια, γίνεται η εισαγωγή του κατάλληλου ακροδέκτη λήψης καυσαερίων που φαίνεται παρακάτω, στο πίσω μέρος της εξάτμισης. Οι σωλήνες σύνδεσης έχουν τα κατάλληλα φίλτρα με ένδειξη μικρής ροής για την αντικατάστασή τους. Η αναρρόφηση των καυσαερίων γίνεται με αντλία, ενώ απαιτείται και απομάκρυνση του νερού που σχηματίζεται. Οι μονάδες μέτρησης των συστατικών των καυσαερίων και τα όρια, που θεωρούνται σήμερα αποδεκτά, φαίνονται παρακάτω.



Ακροδέκτης λήψης καυσαερίων

Διάγνωση βλαβών με αναλυτή καυσαερίων

Πριν από τη μέτρηση με ένα αναλυτή καυσαερίων, είναι σκόπιμο να επιβεβαιώνεται η λειτουργία του καταλύτη.

Τα κριτήρια ελέγχου της λειτουργίας του καταλύτη είναι :η θερμοκρασία θ_2 εξόδου, που πρέπει να είναι κατά 10 % μεγαλύτερη της θερμοκρασίας εισόδου θ_1 και η ποσότητα των άκαυστων HC, που πρέπει να είναι το ένα δέκατο της ποσότητας εισόδου. Ο λόγος του ελέγχου της λειτουργίας του καταλύτη είναι ότι ο καταλύτης μετατρέπει μια σημαντική ποσότητα καυσαερίων, ενώ η μέτρηση γίνεται μετά την επεξεργασία των καυσαερίων από τον καταλύτη. Η μέτρηση των HC πριν από τον καταλύτη γίνεται από ειδικό στόμιο λήψης του σωλήνα εισόδου.



Έλεγχος λειτουργίας του τριοδικού καταλύτη πριν από τη μέτρηση με τον αναλυτή καυσαερίων

Η μελέτη της τελικής ποσότητας των συστατικών των καυσαερίων είναι ένα από τα σημαντικότερα διαγνωστικά εργαλεία των τεχνικών του αυτοκινήτου, όπως φαίνεται και από τα παρακάτω παραδείγματα.

- Μονοξείδιο του άνθρακα CO (όρια: 0,5 - 1 %): Το CO είναι ασταθές και δηλητηριώδες αέριο. Μεγάλη ποσότητα CO δείχνει πλούσιο μείγμα, δηλαδή πολύ καύσιμο, που οφείλεται σε πρόβλημα έγχυσης ή μεγάλης πίεσης καυσίμου ή βουλωμένα φίλτρα αέρα ή ακόμη ελαττωματικό αισθητήρα θερμοκρασίας (ο μικροϋπολογιστής θεωρεί κρύο κινητήρα).
- Διοξείδιο του άνθρακα CO₂ (όρια: 8 - 12 %): Το CO₂ δεν ελέγχεται από τη νομοθεσία, αφού παράγεται από πολλές πηγές (π.χ .βιομηχανία). Μεγάλη ποσότητα CO₂ δείχνει καλή απόδοση των θαλάμων καύσης αλλά

CO₂ παράγεται και στον καταλύτη. Αν όμως η ποσότητα CO₂ είναι χαμηλή με υψηλό CO σημαίνει διαρροή στο σωλήνα εξάτμισης.

- Οξυγόνο O₂ (όρια: 0,5 - 1,2 %): Η ποσότητα O₂ είναι αντιστρόφως ανάλογη του CO₂. Μεγάλη ποσότητα O₂ σημαίνει φτωχό μείγμα ή και διαρροή στο σωλήνα εξάτμισης. Τότε θα περιμένουμε και παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων οξειδίων του αζώτου NO_x.
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες HC (όρια: < 50 ppm): Η παρουσία των άκαυστων υδρογονανθράκων σημαίνει ότι δεν λειτουργεί ο καταλύτης ή δεν ρυθμίζεται σωστά η αναλογία καυσίμου - αέρα ή δεν γίνεται με σωστό τρόπο η καύση στους θαλάμους (π.χ. κακή ανάφλεξη) ή ακόμη μπορεί να είναι εκτός λειτουργίας ο ένας κύλινδρος του κινητήρα.
- Οξείδια του αζώτου NO_x (όρια: < 100 ppm στο ρελαντί): Κανονικά το άζωτο είναι αδρανές αέριο (δε δεσμεύεται). Η δημιουργία οξειδίων του αζώτου NO_x σημαίνει υψηλή θερμοκρασία (> 1300 0C) και πίεση στους θαλάμους καύσης με ύπαρξη ποσότητας O₂ (άρα φτωχό μείγμα). Αυτό οφείλεται σε μεγάλη προπορεία ανάφλεξης ή συγκέντρωση μιας ποσότητας άνθρακα στους θαλάμους καύσης ή βλάβη του συστήματος επανακυκλοφορίας καυσαερίων. Να σημειωθεί ότι το NO₂ είναι τοξικό.
- Ποσότητες HC + CO: Η ταυτόχρονη ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων HC και CO σημαίνει, ότι υπάρχει μηχανικό πρόβλημα στον κινητήρα (π.χ. καίει λάδια) ή κάποιο ηλεκτρονικό πρόβλημα (π.χ. κακός χρονισμός της ανάφλεξης ή βλάβη του συστήματος ελέγχου εξάτμισης καυσίμου).

Μέθοδοι και τεχνικές ποσοτικής μέτρησης των εκπομπών.



Ρύποι

Η μόλυνση του περιβάλλοντος αποτελεί από τα σημαντικότερα προβλήματα του σύγχρονου ανθρώπινου πολιτισμού. Με τον παραπάνω όρο εννοούμε τη μόλυνση του εδάφους, των υδάτων, της ατμόσφαιρας ως απόρροια των επεμβάσεων του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον.

Η μόλυνση της ατμόσφαιρας οφείλεται σε πολλές διαφορετικές πηγές.

Οι κυριότερες θα μπορούσαν να χωριστούν στις «σταθερές» όπως τα εργοστάσια, οι μονάδες παραγωγή ενέργειας, οι μονάδες επεξεργασίας μεταλλευμάτων (χυτήρια χαλκού) και στις «κινητές» όπου υπάγονται τα αυτοκίνητα, λεωφορεία, φορτηγά, αεροπλάνα, τραίνα. Σαν πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης θεωρούνται και φυσικά φαινόμενα ή καταστροφές όπως η έκρηξη των ηφαιστείων και οι πυρκαγιές.

Εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με τη ρύπανση που προκαλείτε από τα αυτοκίνητα και τους τρόπους με τους οποίους μετρούνται τα καυσαέρια τους.

Οι κυριότεροι και συνηθέστεροι ρύποι που συνιστούν τη μόλυνση της ατμόσφαιρας είναι έξι:

1. το μονοξείδιο του άνθρακα (CO),
2. ο μόλυβδος (Pb),
3. τα οξείδια του αζώτου(NOX),
4. το όζον(O3),
5. το διοξείδιο του θείου(SO2) και
6. τα αιωρούμενα σωματίδια

Η μονάδα μέτρησης των ρύπων είναι $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ με εξαίρεση το CO που μετριέται σε mgr/m^3 , οι μετρήσεις είναι ωριαίες με εξαίρεση 2, τον καπνό και το μόλυβδο που οι μετρήσεις τους είναι 24ωρες.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η παραγωγή κάποιων ρύπων πολλές φορές είναι και έμμεση ως αποτέλεσμα αντιδράσεων των ήδη υπαρχόντων ρύπων

μέσα στην ατμόσφαιρα σε ορισμένες συνθήκες (π.χ. υψηλή θερμοκρασίας, ηλιοφάνεια κλπ).

Σταθμοί και όργανα μέτρησης

Το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι τόσο σοβαρό που εδώ και χρόνια η πολιτεία έχει θεσπίσει όρια εκπομπής ρύπων για κάθε κατηγορία οχήματος που κυκλοφορεί και μάλιστα υποχρεώνει τον ιδιοκτήτη να ελέγχει εξαμηνιαίως ή ετησίως το όχημα του και να φέρει σε αυτό την Κάρτα Ελέγχου Καυσαερίων. Επίσης έχει εξουσιοδοτήσει φορείς όπως το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και τα Κ.Τ.Ε.Ο. να ελέγχουν τα οχήματα σε ότι αφορά τους εκπεμπόμενους ρύπους .

Οι κυριότεροι ρυπαντές που προκύπτουν από την καύση των υγρών καυσίμων των οχημάτων και ελέγχονται από τα Κ.Τ.Ε.Ο. είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οι υδρογονάνθρακες (HC) στα βενζινοκίνητα και υγραεριοκίνητα οχήματα και η αιθάλη (κάπνα) στα πετρελαιοκίνητα. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με τη βοήθεια του αναλυτή καυσαερίων για τα βενζινοκίνητα-υγραεριοκίνητα οχήματα και του αιθαλόμετρου για τα πετρελαιοκίνητα.



Ο αναλυτής καυσαερίων μετρά εκτός από το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τους υδρογονάνθρακες (HC), και το λόγο λ που δεν αποτελεί ρυπαντή, αλλά είναι μια ένδειξη της σωστής λειτουργίας του κινητήρα και του καταλύτη του αυτοκίνητου μας.

Το αιθαλόμετρο μετρά την ποσότητα αιθάλης που περιέχεται στα καυσαέρια και είναι υπεύθυνη για το σκουρόχρωμο καπνό που εκπέμπουν τα πετρελαιοκίνητα οχήματα.



Κατά τη διαδικασία της μέτρησης των καυσαερίων ενός οχήματος ο κινητήρας έρχεται σε κανονική θερμοκρασία λειτουργίας όπως επίσης και ο καταλύτης, αν πρόκειται για όχημα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας. Η εξάτμιση του οχήματος θα πρέπει να είναι στεγανή, χωρίς διαρροές.

Στα βενζινοκίνητα οχήματα ο νομοθέτης προβλέπει δύο μετρήσεις, μία στις 2500rpm και μία στο ρελαντί, ενώ στα πετρελαιοκίνητα δύο διαδοχικές μετρήσεις στο όριο των στροφών του κινητήρα (μόνον στην περίπτωση που με αυτές τις μετρήσεις δεν επιτυγχάνονται τα όρια του νομοθέτη, προβαίνουμε



σε άλλες τρεις μετρήσεις (σύνολο πέντε) από τις οποίες βγαίνει μια μέση τιμή για τα επίπεδα της θολερότητας στα καυσαέρια ενός πετρελαιοκίνητου οχήματος.

Μερικά είδη αναλυτών και βοηθητικά όργανα μέτρησης



Αναλυτής καυσαερίων Diesel-Αιθαλόμετρο,



Φορητός Αναλυτής Καυσαερίων.



Ανιχνευτής διαρροών αερίου με συναγερμό.



Ανιχνευτής διαρροών αερίου.



Θερμόμετρο Υπερύθρων με θερμοστοιχείο

Έλεγχοι - Κ.Ε.Κ(κάρτα έλεγχου καυσαερίων)



Η Κ.Ε.Κ. για τα επιβατηγά ΙΧ και τα μικρά φορτηγά με μεικτό βάρος μέχρι 3,5 τόνων ισχύει ένα έτος, ενώ για τα υπόλοιπα οχήματα 6 μήνες.

Διαδικασία καθ' οδόν ελέγχου των οχημάτων:

- Έλεγχος κατοχής ισχύουσας ΚΕΚ.
- Έλεγχος κατοχής Δελτίου Τεχνικού Ελέγχου.
- Έλεγχος εκπνεόμενων καυσαερίων του οχήματος σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.
- Έλεγχος παρουσίας εγκεκριμένου καταλυτικού μετατροπέα.

Στους παρακάτω πίνακες βλέπουμε τι ισχύει για συγκεκριμένους τύπους οχημάτων, για την έκδοση της κάρτας.

Οχήματα με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα		
Ρύπος	Ρελαντί	2.500+300 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)%	0,5	0,3
Υδρογονάνθρακες	120	100
Συντελεστής "λ"		0,97 - 1,03

Οχήματα με αρρυθμιστο τριοδικό ή οξειδωτικό καταλυτικό μετατροπέα		
Ρύπος	Ρελαντί	2.500+300 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)%	1,2	1
Υδρογονάνθρακες	220	200
Οχήματα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας πριν από 1/10/1986		
Ρύπος	Ρελαντί	2.500+300 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)%	4,5	4
Υδρογονάνθρακες	800	700
Συμβατικά οχήματα με έκδοση πρώτης άδειας κυκλοφορίας από 1/10/1986 και έπειτα		
Ρύπος	Ρελαντί	2.500+300 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)%	3,5	3
Υδρογονάνθρακες	500	400
ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟΝ ΚΑΘ' ΟΔΟΝ ΕΛΕΓΧΟ		
Οχήματα με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλύτη		
Ρύπος	Ρελαντί	2.500+300 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)%	0,6	0,4
Υδρογονάνθρακες	130	110
Συντελεστής "λ"		0,97 - 1,03
Οχήματα με αρρυθμιστο τριοδικό ή οξειδωτικό καταλύτη		
Ρύπος	Ρελαντί	2.500+300 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)%	1,2	1
Υδρογονάνθρακες (HC)ppm	220	200
Οχήματα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας πριν από την 1/10/1986		
Ρύπος	Ρελαντί	2.500+300 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)%	5	4,5
900	800	Υδρογονάνθρακες (HC)ppm
Συμβατικά οχήματα με πρώτη άδεια κυκλοφορίας μετά την 1/10/1986		
Ρύπος	Ρελαντί	2.500+300 σ.α.λ.
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)%	4	3,5
Υδρογονάνθρακες (HC)ppm	600	500

Πρότυπα ελέγχου απόδοσης και εκπομπών οχημάτων σε Ευρωπαϊκή Ένωση, ΗΠΑ, Ιαπωνία

Για τη μέτρηση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα έχουν καθιερωθεί πλέον από διάφορες χώρες τυποποιημένοι κύκλοι ελέγχου (test cycles), οι οποίοι ουσιαστικά ορίζουν μια προκαθορισμένη διαδικασία υπολογισμού των ρύπων. Η τυποποίηση αυτή είναι πολύ σημαντική και συμβάλει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στη μείωση των εκπομπών καθώς καθιστά δυνατή τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών οχημάτων που όμως επιτελούν το ίδιο έργο.

Ένας κύκλος ελέγχου ή κύκλος πόλης πρέπει ιδανικά να προσομοιώνει τη καθημερινή κίνηση ενός οχήματος με τις συχνές στάσεις και εκκινήσεις που το χαρακτηρίζουν, δηλαδή να αναπαριστά τη μεταβατική λειτουργία στην οποία το όχημα υπόκειται, ώστε οι μετρήσεις να μπορούν να θεωρηθούν ρεαλιστικές.

Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι οι αυτοκινητοβιομηχανίες προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν την εκπομπή ρύπων των οχημάτων τους στην περιοχή στην οποία ελέγχεται η συμμόρφωσή τους με τα πρότυπα, με αποτέλεσμα η πραγματική ρύπανση των οχημάτων να είναι μεγαλύτερη από το αναμενόμενο, υπονομεύοντας έτσι τα πρότυπα αλλά και τη δημόσια υγεία.

Οι «Κύκλοι Πόλης» (transient cycles) λοιπόν, έρχονται να καλύψουν αυτό το κενό στις διαδικασίες ελέγχου εισάγοντας νέες πιο αυστηρές διαδικασίες που προσομοιώνουν την πραγματική λειτουργία του οχήματος και συμβάλουν ουσιαδώς στην αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πρότυπα εκπομπών ρύπων αλλά και οι «Κύκλοι Πόλης» που έχουν υιοθετηθεί στην Ευρώπη.

Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών ρύπων

Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών είναι ένα σύνολο από απαιτήσεις, οι οποίες καθορίζουν τα αποδεκτά όρια των εκπεμπόμενων ρύπων των νέων οχημάτων που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα πρότυπα καθορίζονται σε μια σειρά από οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες κατευθύνονται στην σταδιακή επιβολή όλο και πιο αυστηρών προδιαγραφών. Εκπομπές NO_x, HC, CO και μικροσωματιδίων ρυθμίζονται σε διαφορετικά πρότυπα ανάλογα με τον τύπο του οχήματος ενώ ο έλεγχος της συμμόρφωσης με τις προδιαγραφές γίνεται με τυποποιημένους «Κύκλους Πόλης» που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οχήματα που δεν τηρούν τις προδιαγραφές δεν μπορούν να ταξινομηθούν στα κράτη μέλη της Ε.Ε. ενώ τα νέα πρότυπα δεν ισχύουν για οχήματα που βρίσκονται ήδη στη κυκλοφορία.

Πρότυπα εκπομπών Ε.Ε. για επιβατικά βενζινοκίνητα οχήματα (Κατηγορία M1*), g/km

Tier	Date	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Petrol (Gasoline)						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97(1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.3	0.2	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.1	-	0.08	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.1 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}
Euro 6	2014.09	1.0	0.1 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}
† Values in brackets are conformity of production (COP) limits						
* At the Euro 1..4 stages, passenger vehicles > 2,500 kg were type approved as Category N ₁ vehicles						
b - 2010.09 for vehicles > 2,500 kg						
c - and NMHC = 0.068 g/km						
d - applicable only to vehicles using DI engines						
e - proposed to be changed to 0.003 g/km using the PMP measurement procedure						

Όρια εκπομπών και υποχρεώσεις στην Ελλάδα

Εθνικές υποχρεώσεις περιορισμού των εκπομπών σύμφωνα με την Απόφαση 2002/358/ΕΚ .

Η τελευταία επίσημη εθνική απογραφή εκπομπών/απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου πριν την εκπόνηση του Εθνικού σχεδίου Κατανομής και την υποβολή του στην Ε. Επιτροπή, υποβλήθηκε τον Φεβρουάριο του 2006 στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και στη Γραμματεία της Σύμβασης - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (στο εξής η Σύμβαση) και καλύπτει την περίοδο 1990 – 2004.



Σύμφωνα με την απόφαση 2002/358/EK για την έγκριση εξ ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η Ελλάδα δεσμεύεται να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά τη περίοδο 2008-2012 στο 25% σε σχέση με τις εκπομπές του έτους βάσης.

Στη χώρα μας η αναλογία αυτοκινήτων ανά κάτοικο είναι χαμηλότερη από ότι στην υπόλοιπη Ευρώπη. Θα περίμενε κανείς και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τα οχήματα που βρίσκονται σε κυκλοφορία να είναι μικρότερη. Η συγκεκριμένη προσδοκία δεν συνάδει με την πραγματικότητα και ο λόγος είναι ο μικρός ρυθμός απόσυρσης.

Τα παλαιά οχήματα αποσύρονται από την κυκλοφορία με ρυθμό μόλις 1.5%. Το συγκεκριμένο γεγονός έχει ανεβάσει το μέσο όρο ηλικίας στα 10,5 έτη για τα επιβατικά, στα 13,2 έτη για τα ελαφρά φορτηγά και στα 17,6 έτη για τα φορτηγά. Επίσης παράγουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Τα αυτοκίνητα είναι υπεύθυνα για τα $\frac{3}{4}$ του CO₂ που εκλύονται στην ατμόσφαιρα.

Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε κανόνες ως προς τα επιτρεπτά όρια εκπομπής καυσαερίων των οχημάτων και οι αυτοκινητοβιομηχανίες οφείλουν να ακολουθούν τους συγκεκριμένους κανόνες. Πιο συγκεκριμένα οι προδιαγραφές που θεσπίστηκαν:

Τύπος	Ημερομηνία	CO	HC	NOx
Euro 1	Ιούλιος 1992	2.72		
Euro 2	Ιανουάριος 1996	2.2		
Euro 3	Ιανουάριος 2000	2.3	0.2	0.15
Euro 4	Ιανουάριος 2005	1.0	0.1	0.08
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	1.0	0.1	0.06

(* οι εκπομπές μετρώνται σε γραμμάρια ανά χιλιόμετρο)

Οι ελληνικές κυβερνήσεις μέχρι σήμερα για τη μείωση των ρύπων είχαν καταφύγει στο μέτρο της απόσυρσης. Η σημερινή κυβέρνηση αρχικά αύξησε τα τέλη για τα αυτοκίνητα παλαιάς τεχνολογίας και στην συνέχεια έχει ανακοινώσει ότι θα προσαρμόσει τα τέλη κυκλοφορίας για τα Ι.Χ. βάσει της αξίας και της χρήσης

Όρια εκπομπής καυσαερίων βενζινοκίνητων οχημάτων

Οχήματα χωρίς ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα που ταξινομήθηκαν ή τέθηκαν σε κυκλοφορία για πρώτη φορά πριν από την **1-10-1986**.

ΡΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
	ΒΡΑΔΥΠΟΡΙΑ (ΡΕΛΑΝΤΙ)	ΥΨΗΛΕΣ ΣΤΡΟΦΕΣ
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)%	≤ 4,5	-----
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC) ppm	≤ 800	≤ 700

Οχήματα χωρίς ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα που ταξινομήθηκαν ή τέθηκαν σε κυκλοφορία για πρώτη φορά μετά την **1-10-1986**

ΡΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
	ΒΡΑΔΥΠΟΡΙΑ (ΡΕΛΑΝΤΙ)	ΥΨΗΛΕΣ ΣΤΡΟΦΕΣ
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)%	≤ 3,5	-----
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC) ppm	≤ 500	≤ 400

Οχήματα με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα που ταξινομήθηκαν ή τέθηκαν σε κυκλοφορία για πρώτη φορά πριν από την **1-7-2002**

ΡΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
	ΒΡΑΔΥΠΟΡΙΑ (ΡΕΛΑΝΤΙ)	ΥΨΗΛΕΣ ΣΤΡΟΦΕΣ
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)%	≤ 0,5	≤ 0,3
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC) ppm	≤ 120	≤ 100
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ λ	-----	0,97 – 1,03 Ή ΟΠΩΣ ΠΡΟΒΛΕΠΕΙ Ο ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ

Οχήματα με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα που ταξινομήθηκαν ή τέθηκαν σε κυκλοφορία για πρώτη φορά μετά την **1-7-2002**

ΡΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
	ΒΡΑΔΥΠΟΡΙΑ (ΡΕΛΑΝΤΙ)	ΥΨΗΛΕΣ ΣΤΡΟΦΕΣ
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)%	≤ 0,3	≤ 0,2
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC) ppm	≤ 120	≤ 100
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ λ	-----	0,97 – 1,03 Ή ΟΠΩΣ ΠΡΟΒΛΕΠΕΙ Ο ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ

Διάγνωση μετρήσεων με καυσαναλητή-Πειραματικές μετρήσεις.

Ο καυσαναλυτής

Τώρα θα προχωρήσουμε σε πραγματικές μετρήσεις με καυσαναλητή ώστε να διαπιστώσουμε τυχόν πρόβλημα και αν η βοηθάει στην διάγνωση η όλη διαδικασία και σε πια συμπεράσματα μας οδηγούν οι μετρήσεις.

Έχοντας στην κατοχή μας ένα μοντέλο καυσαναλυτή της **TECNOMOTOR** στο οποίο έγιναν όλες μας οι μετρήσεις.



ΚΑΥΣΑΝΑΛΥΤΗ ΤΗΣ TECNOMOTOR

Μοντέλα αυτοκίνητων μηχανής και συστημάτων ψεκασμού

Τα αυτοκίνητα στα όποια έγιναν οι μετρήσεις των καυσαερίων φαίνονται στις παρακάτω φωτογραφίες είναι τα εξής:



Toyota Avensis μοντέλο 2008-2012 με κινητήρα 4AFE και σύστημα ψεκασμού Bosch Motronic MP5.3

Και ακόμα:



Peugeot 206 μοντέλο 2002-2013 με κινητήρα HFX και σύστημα ψεκασμού Marelli

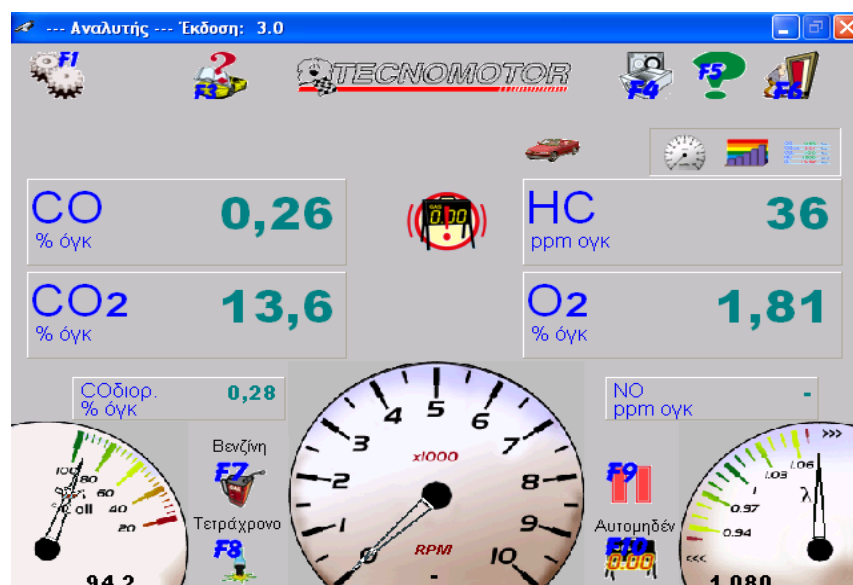
Πρώτες μετρήσεις με υψηλό οξυγόνο

Έπειτα θα προχωρήσουμε στην διαδικασία της ανάλυσης των καυσαερίων. Ο έλεγχος των καυσαερίων γίνεται σε δύο σημεία λειτουργίας των κινητήρων στα όποια μας δίνει τιμές ορίων ο κατασκευαστής και είναι γραμμένα στα τεχνικά εγχειρίδια. Μια στο ρελαντί και η δεύτερη στις 2500-3000 στροφές. Στις μετρήσεις δεν βάλουμε τον αισθητήρα στο φόν καθώς δεν μπορούσαμε να πάρουμε σήμα από τα μπουζοκαλώδια λόγω ενσωματωμένου πολλαπλασιαστή για να πάρουμε στροφές στις μετρήσεις μας στο πρόγραμμα μας.

TOYOTA AVENSIS

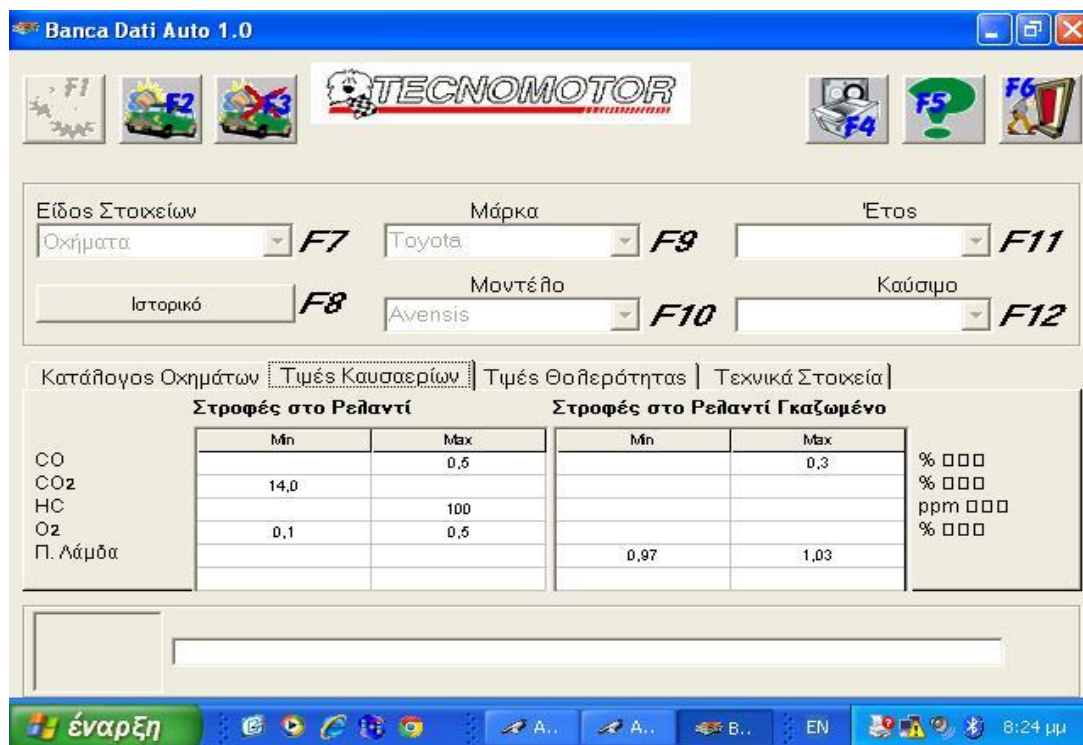


ρελαντί

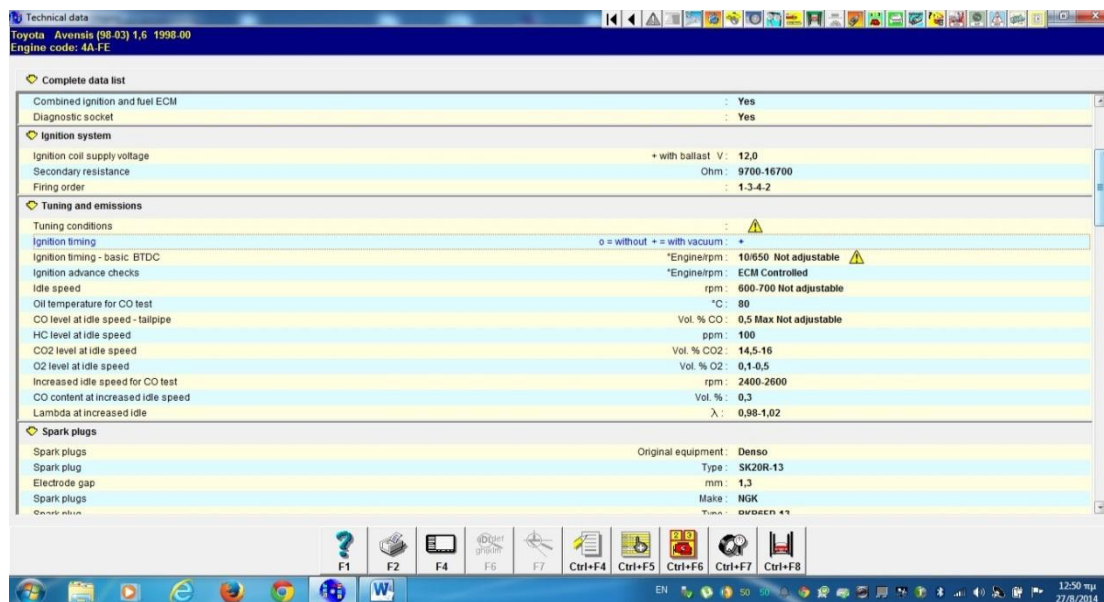


2500

Εδώ βλέπουμε και τα όρια που μας δίνουν τα προγράμματα.



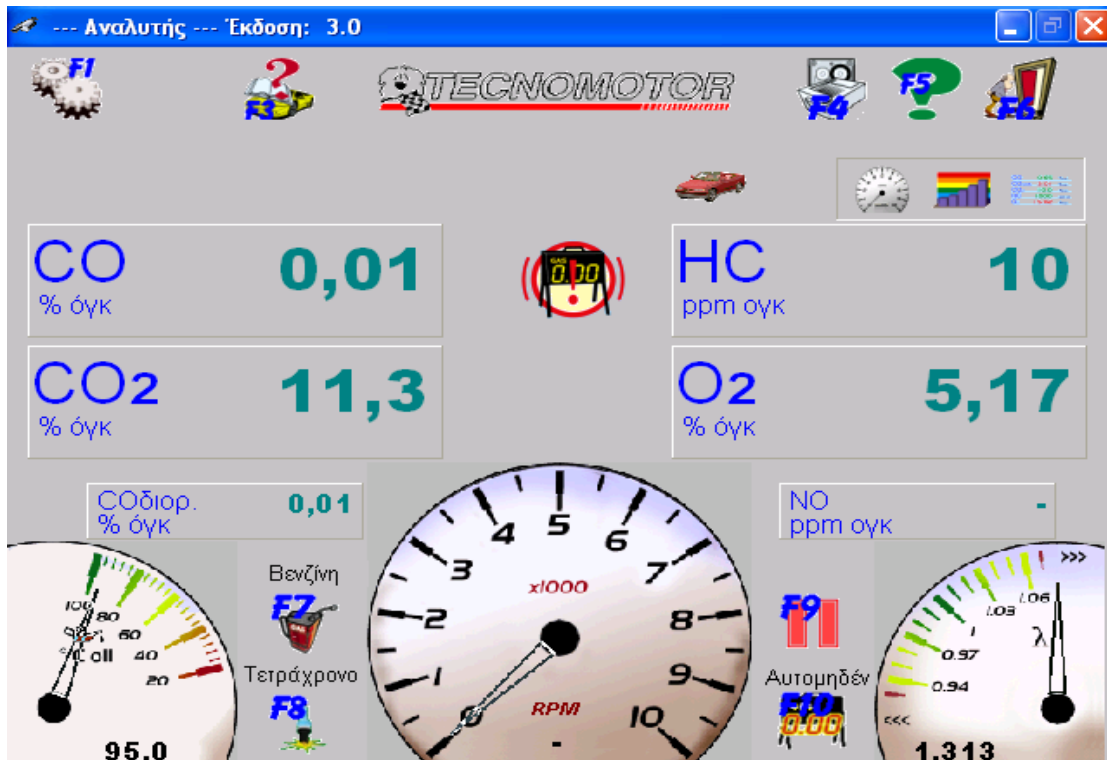
Tecnomotor



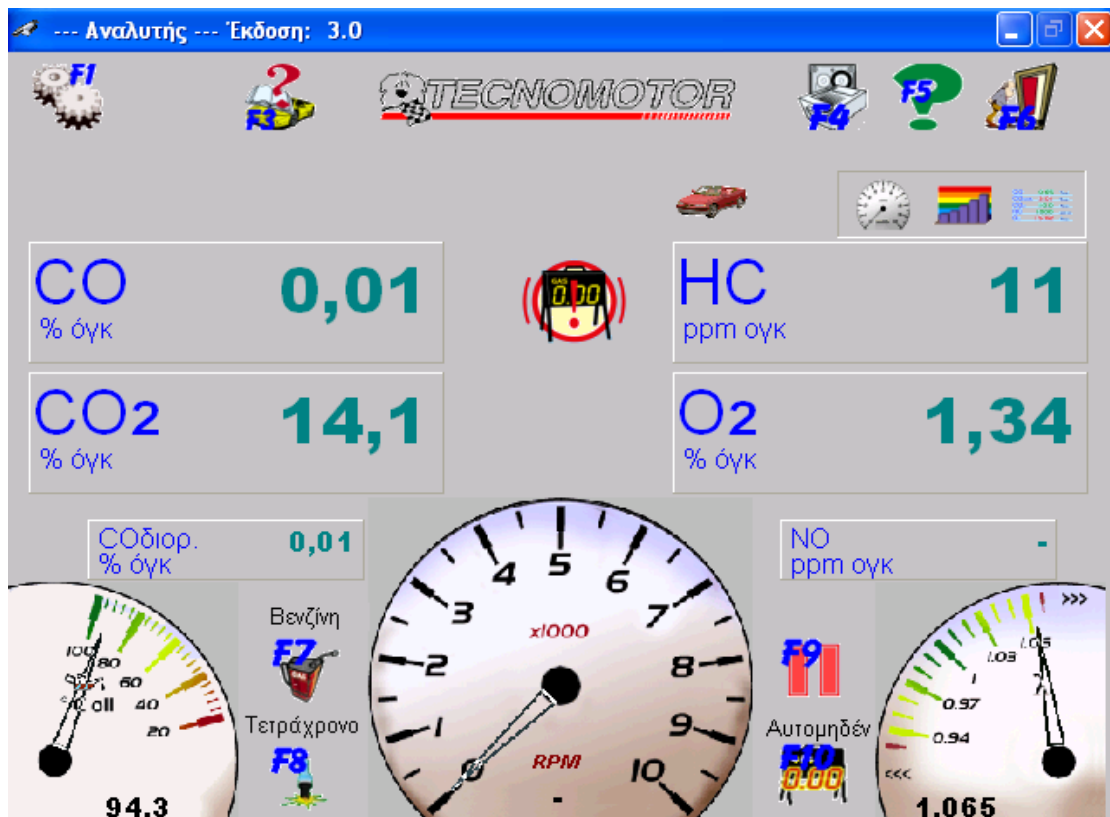
Autodata

Τα συμπεράσματα που βγάζουμε από αυτήν την διάγνωση είναι ότι το CO2 είναι στο όριο και στις δυο μας μετρήσεις καθώς και οι CO HC δεν περνούν τις καθορισμένες τιμές. Παράλληλα βλέπουμε υψηλό O₂ και να περνάει το όριο. Αυτό θα διαπιστώσουμε γιατί γίνεται παρακάτω. Στις επόμενες μέτρησης στο άλλο αυτοκίνητο.

PEUGEOT 206

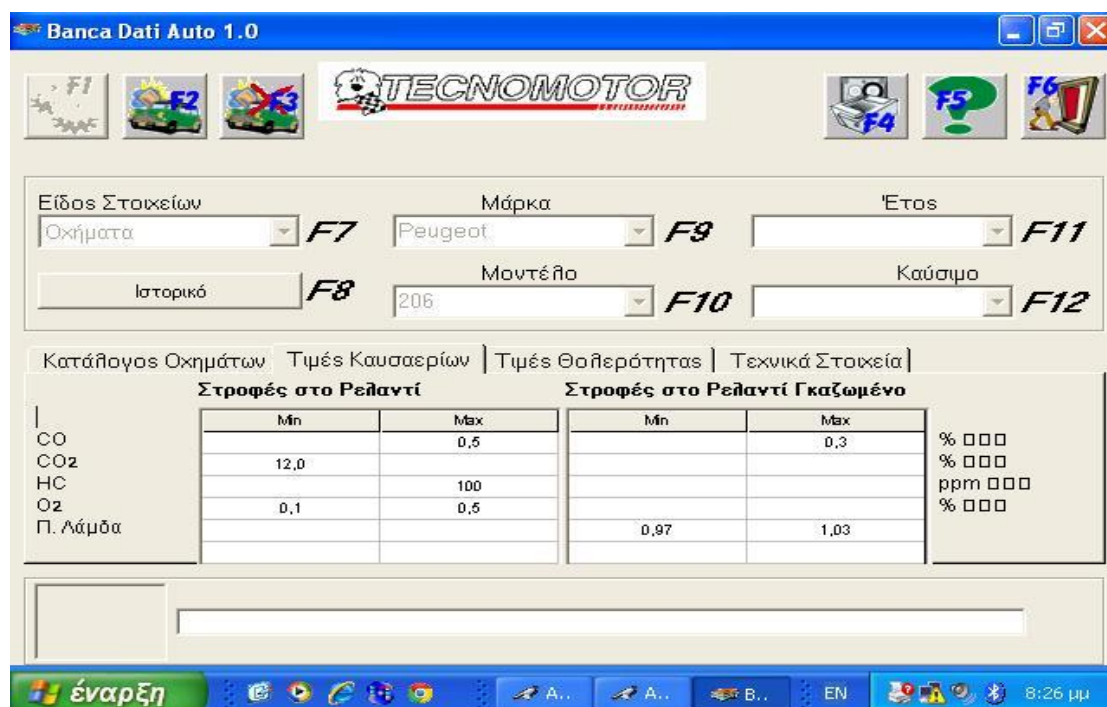


ρελαντί

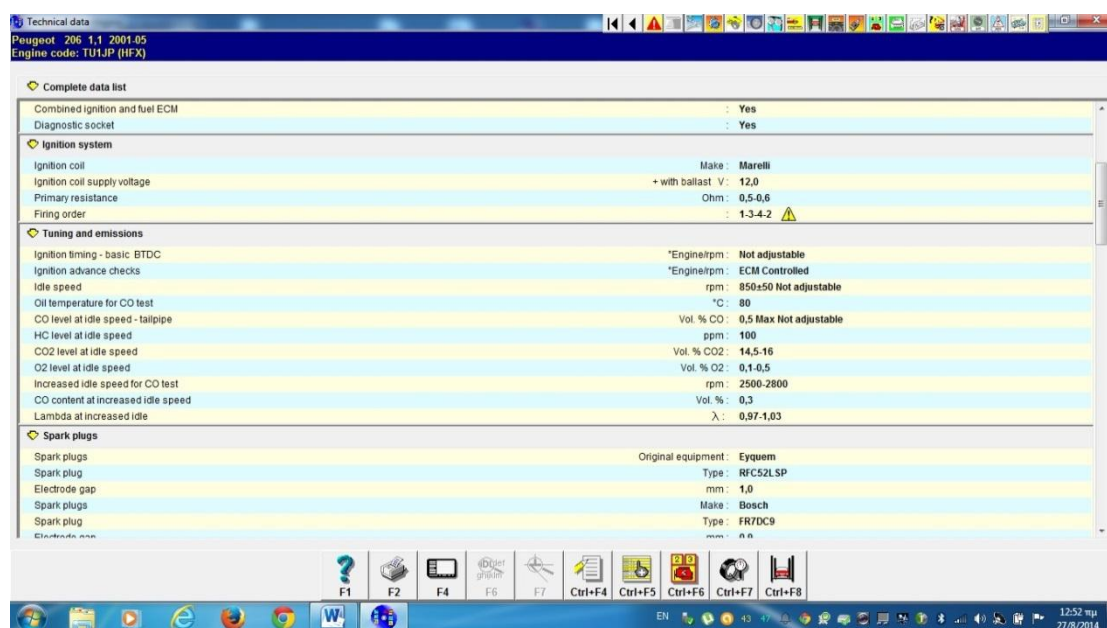


2500

Εδώ βλέπουμε πάλι τα όρια που μας δίνουν τα προγράμματα.



Tecnomotor



Autodata

Τα συμπεράσματα που βγάζουμε από αυτήν την διάγνωση είναι ότι το CO2 είναι στο όριο και στις δυο μας μετρήσεις καθώς οι CO και HC δεν περνούν τις καθορισμένες τιμές. Παράλληλα βλέπουμε υψηλό O₂ και να περνάει το όριο κατά πολύ ιδιαίτερα στην μέτρηση που έγινε στο ρελαντί.

Γενικό συμπέρασμα διάγνωση

Λόγο εμπειρίες και στην αναλύσεις έχουμε διαπιστώσει ότι έχουμε πολλές φορές από την είσοδο του στομίου τις εξόδους τις εξατμίσεις ιδιαίτερα στις μετρήσεις του ρελαντί όταν δεν είναι μεγάλη η ταχύτητα των καυσαερίων στην έξοδο του σωλήνα.

Ακόμα λόγω της παλαιότητας της κατάστασης του συστήματος της εξατμίσης χαλάει η στεγανότητα των συνδέσεων ή υπάρχουν ανοίγματα και τρύπες στα τοιχώματα της εξατμίσης

Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα να υπάρχει ένα ποσοστό O_2 στον θάλαμο και να το βλέπουμε στις ενδείξεις του οξυγόνου.

Παρατηρούμε ότι στις μετρήσεις του αυτοκινήτου Peugeot 206 κάτι δεν πάει καλά. Ταπώσαμε το στόμιο της εξατμίσης και διαπιστώσαμε διαρροή καυσαερίου και μετά από έλεγχο διαπιστώσαμε ότι υπάρχουν ανοίγματα στο καζανάκι.





Έπειτα τοποθετούσαμε λίγο στουπί στην εξάτμιση μας στο στόμιο κοντά στο ακροφύσιο του μετρητή για να εμποδίσουμε την εισροή αέρα δηλαδή οξυγόνου από τον ατμοσφαιρικό αέρα και να υπάρξει μεγαλύτερη πίεση στο εσωτερικό της εξάτμισης και να εμποδίσει την είσοδο αέρα.



Μετρήσεις με κανονικές ενδείξεις οξυγόνου

Εδώ θα δούμε αμέσως στις μετρήσεις την διάφορα που υπάρχει σε σχέση με πριν.

Οι αλλαγές έχουν να κάνουν μόνο στην μέτρηση του οξυγόνου ενώ για τα υπόλοιπα είναι σχεδόν ίδιες χωρίς μεγάλες μεταβολές. Έτσι με την σωστή μέτρηση βοηθάμε και το πρόγραμμα να μας δείξει και την σωστή αναλογία του λ στην κάτω μεριά δεξιά των εικόνων που πριν ήταν εσφαλμένη.



Ρελαντί με κλειστό στόμιο



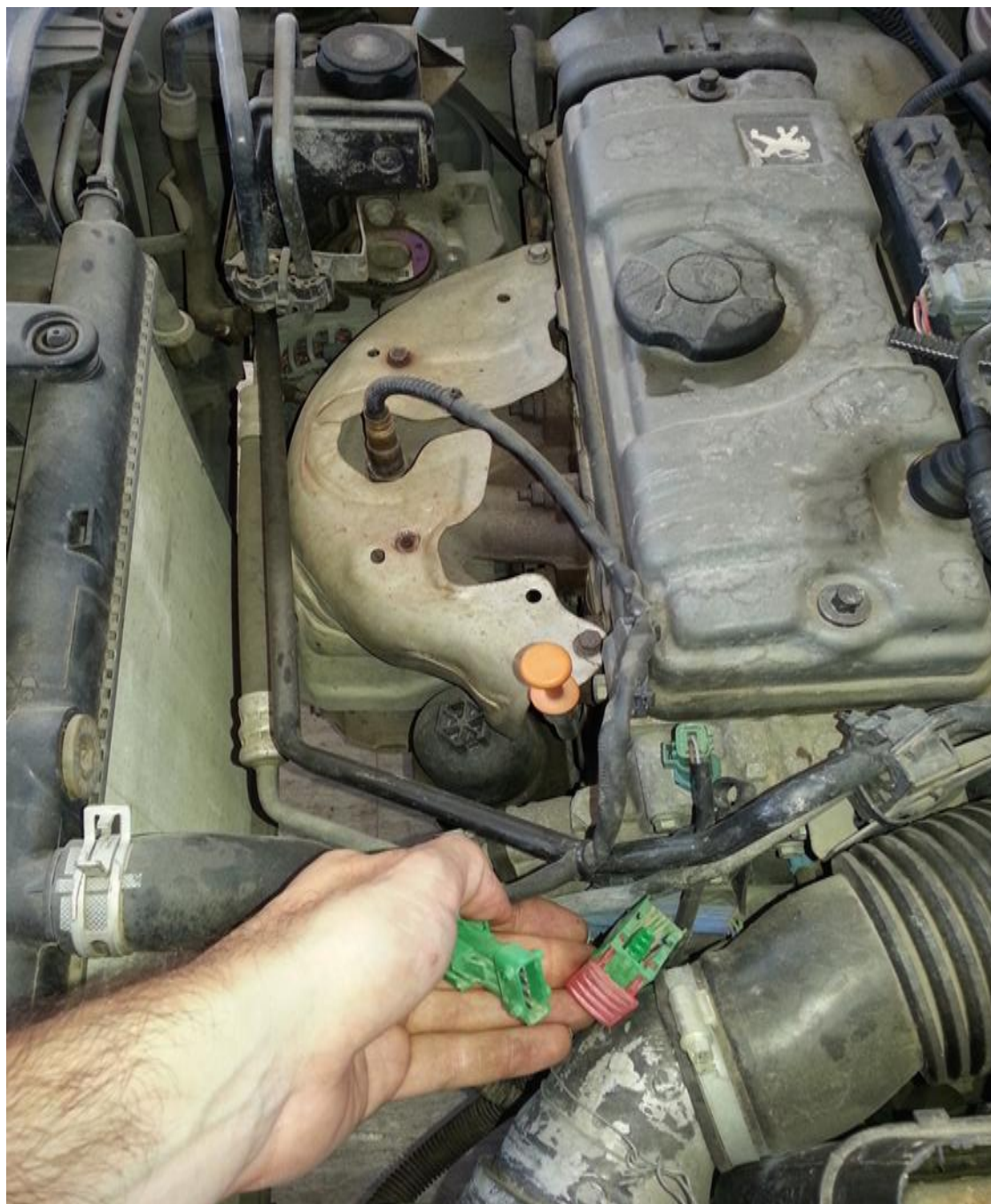
2500με κλειστό στόμιο

Ακόμα να αναφέρουμε ότι δεν συνδέσαμε την αισθητήρα στροφών και θερμοκρασία στις επόμενες μετρήσεις και ότι η θερμοκρασία λαδιού ήταν στην θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα όπως στις προηγούμενες μετρήσεις μας καθώς δεν μας επηρεάζει σε κάτι.

Μετρήσεις με αποσυνδέσεις αισθητήρων οξυγόνου (λ)

Στην συνέχεια δοκιμάσαμε να κάνουμε μετρήσεις με αποσυνδεμένους τους αισθητήρες οξυγόνου.

Αποσυνδέσαμε πρώτα τον πρώτο αισθητήρα οξυγόνου και βλέπουμε τα αποτελέσματα.



Αποσύνδεση πρώτου (λ)

Παράλληλα έχουμε κάνει και διάγνωση από την φύσα OBDII του αυτοκινητού μας.

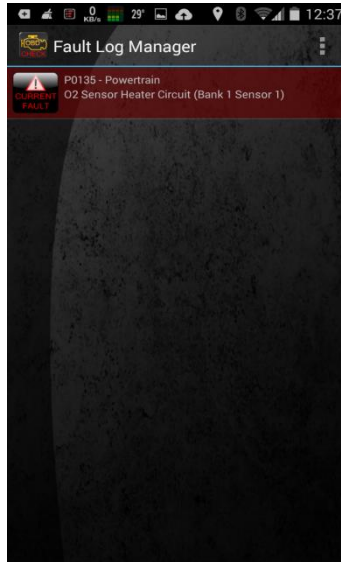
Για την διάγνωση χρησιμοποιήθηκε ένας αντάπτορας **Elm 327 Bluetooth** και το διαγνωστικό πρόγραμμα **TORQUE** συνδεδεμένο στο κινητό μας τηλέφωνο.



Elm 327 Bluetooth



TORQUE



Με το διαγνωστικό βλέπουμε την βλάβη που εμφανίζει στον πρώτο αισθητήρα.



Ενώ πριν δεν άναβε το check της μηχανής

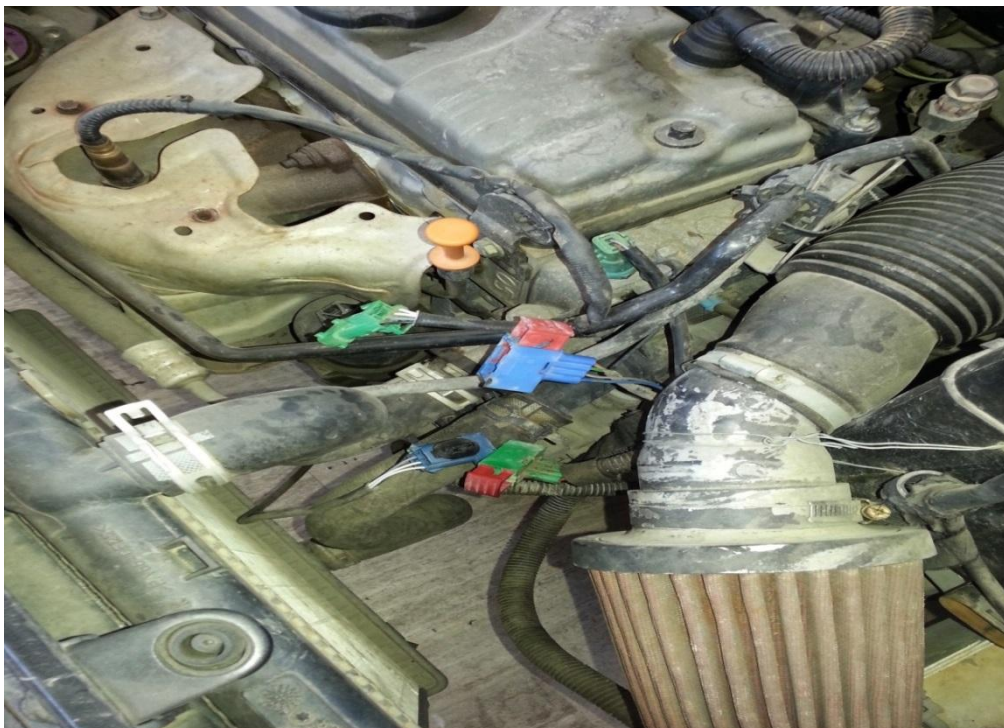


Τώρα έχουμε αναμμένο το check

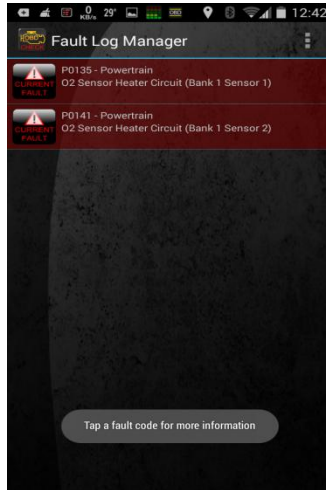


Παρατηρούμε ότι δεν έχουμε σπουδαίες αλλαγές στις μέτρησής μας μόνο λίγο αυξημένο το οξυγόνο καθώς υπάρχει και ο δεύτερος αισθητήρας λ που κανονίζει ακόμα για λίγο την διόρθωση του μίγματος.

Όταν όμως αποσυνδέσουμε και τον δεύτερο θα δούμε παρακάτω τι θα γίνει παρακάτω.



Αποσύνδεση και δεύτερου (λ)



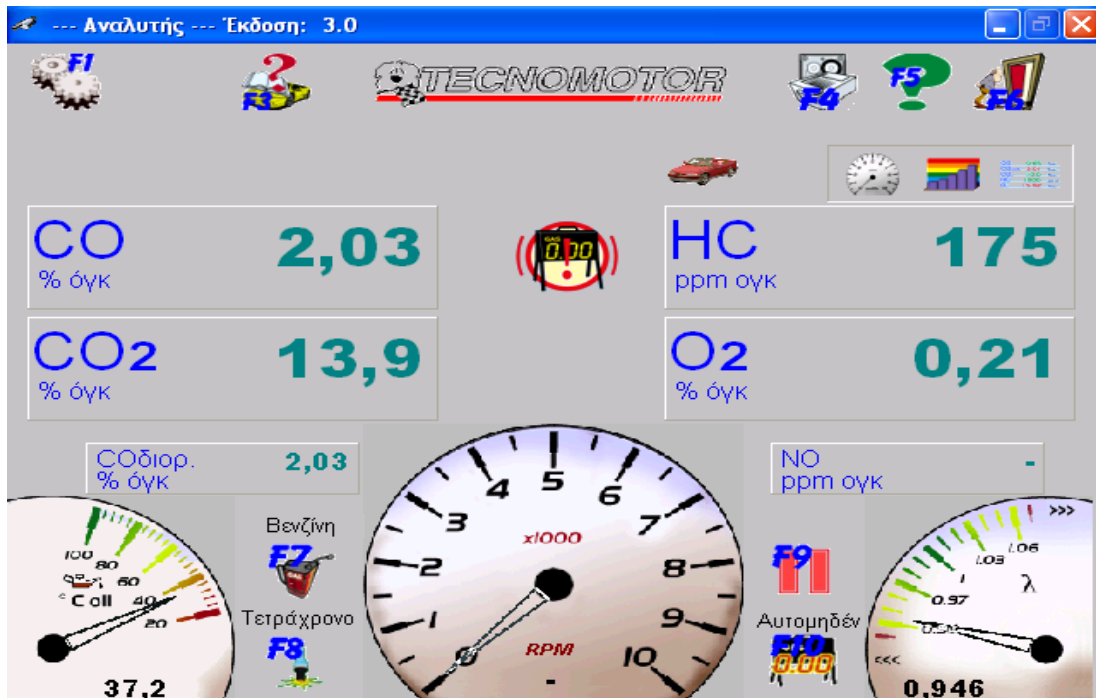
Με το διαγνωστικό βλέπουμε την βλάβη που εμφανίζει στον πρώτο αισθητήρα αλλά και στον δεύτερο.



Ενδείξεις Οξυγόνου πάνω αριστερά πριν με ασύνδετους αισθητήρες και δεν παίρνουν τιμές.



Ενδείξεις Οξυγόνου πάνω αριστερά πριν με συνδεδεμένους αισθητήρες παίρνουν τιμές.



ρελαντί



2500

Είδαμε ότι χωρίς αισθητήρες λάμδα ο εγκέφαλος παίρνει εσφαλμένες μετρήσεις με ασύνδετους του δύο αισθητήρες και δεν μπορεί να κανονίσει το μίγμα το οποίο θα συνεπάγει και την καταστροφή του καταλύτη μας.

Έτσι βλέπουμε ότι στο ρελαντί μας δίνει πιο πλούσιο μίγμα ενώ στις υψηλές μας δίνει φτωχό μίγμα και δεν μπορεί να το ρυθμίσει με κάποια ακρίβεια και να κάνει κάποιον έλεγχο η μονάδα ελέγχου μας.

Λοιπόν οδηγούμαστε στα εξής συμπεράσματα. Δεν πρέπει να αφήνουμε ποτέ το αυτοκίνητο μας με αναμμένο το τσεκ της μηχανής και πρέπει να ελέγχουμε

τακτικά το όχημα μας από καυσαέρια. Πρέπει πριν τις μετρήσεις μας να ελέγχουμε την κατάσταση της εξάτμισης και να επεμβαίνουμε με τις κατάλληλες επιδιορθώσεις.

Πάντα πριν από κάθε μέτρηση ελέγχουμε την στεγανότητα της εξάτμισης για να γνωρίζουμε την ύπαρξη οξυγόνου στα καυσαέρια.

Παράλληλα διαπιστώσαμε από την διάγνωση που κάναμε την πολύ καλή λειτουργία του καταλύτη στο αυτοκίνητο Peugeot 206 αλλά και στο Toyota Avensis καθώς δεν έχουμε σχεδόν καθόλου μονοξειδίο στα καυσαέρια τους και οι υπόλοιπες τιμές βρίσκονται και αυτές σε πολύ καλά επίπεδα και μέσα στα όρια των κατασκευαστών και των νομοθεσιών.

Βιβλιογραφία

[Βικιπαιδεία ή wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΕΩΝ Α ΤΕΥΧΟΣ ΑΘΗΝΑ 2001
ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ 2ΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ Α ΤΕΥΧΟΣ ΑΘΗΝΑ 2001 ΤΕΧΝΙΚΑ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ 1ΟΣ Β
ΤΑΞΗ ΚΥΚΛΟΣ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ II Α ΤΕΥΧΟΣ ΑΘΗΝΑ 2001 ΤΕΧΝΙΚΑ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ 2ΟΣ
ΚΥΚΛΟΣ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΤΛΟΣ: <<ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ-ΡΥΠΑΝΣΗ-ΚΑΥΣΙΜΟ>>
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΑΠΑΛΙΑΡΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

<http://www.Katalytes.gr>

<http://www.thalys.gr>

<http://www.hydrogen.gr>

Τεχνολογία αυτοκινήτου. Πέρα από το 2000 (ΙΔΕΕΑ)

Συστήματα Ψεκασμού & Καταλυτική Τεχνολογία (Εκδόσεις ΙΩΝ)

Ηλεκτρομηχανικά & Ηλεκτρονικά Συστήματα Αυτοκινήτου (ΤΕΕ)

<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B132/471/3118,12538/>

http://courseware.mech.ntua.gr/ml22058/pdfs/M1_INTRODUCTION_1.pdf

http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/FEK_B_790_18_05_2007.pdf