

ο Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εκπομπής ρύπων στις Βενζινομηχανές είναι:

1. Σύστημα ελέγχου αναθυμιάσεων από το ρεζερβουάρ
2. Σύστημα Ανακυκλοφορίας καυσαερίων για μείωση των NOx
3. Σύστημα θετικού εξαερισμού του Στροφαλοθαλάμου
4. Ο Καταλύτης

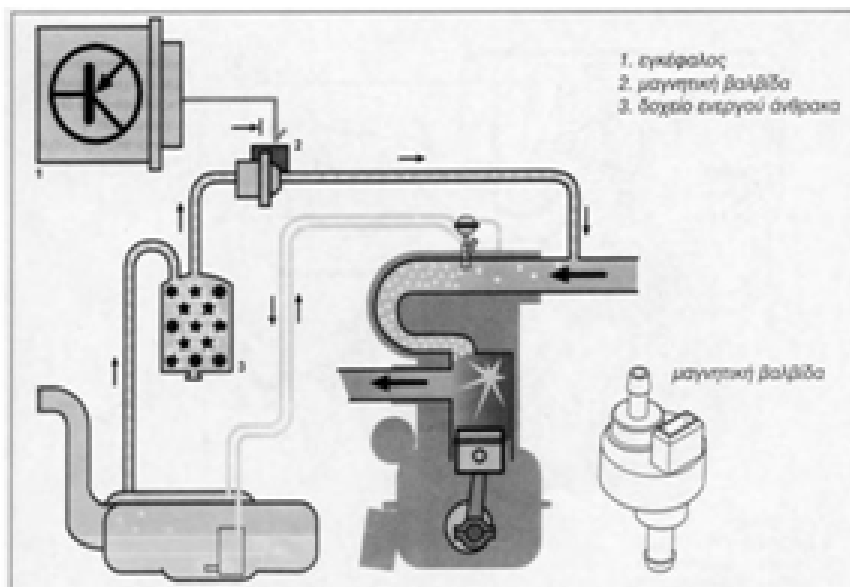


### 1. Σύστημα ελέγχου αναθυμιάσεων από το ρεζερβουάρ

- Σκοπός του είναι να οδηγήσει τις αναθυμιάσεις βενζίνης από το ρεζερβουάρ στον κινητήρα για να καούν , έτσι ώστε να μην απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα.
- Το σύστημα αποτελείται από :
  1. Το δοχείο ενεργού άνθρακα στο οποίο οδηγούνται αρχικά οι αναθυμιάσεις.
  2. Την βαλβίδα εξαερισμού που ανοίγει για να οδηγηθούν οι αναθυμιάσεις από το δοχείο ενεργού άνθρακα στην πολλαπλή εισαγωγής
  3. Τις σωληνώσεις που συνδέουν το ρεζερβουάρ , το δοχείο ενεργού άνθρακα και την πολλαπλή εισαγωγής

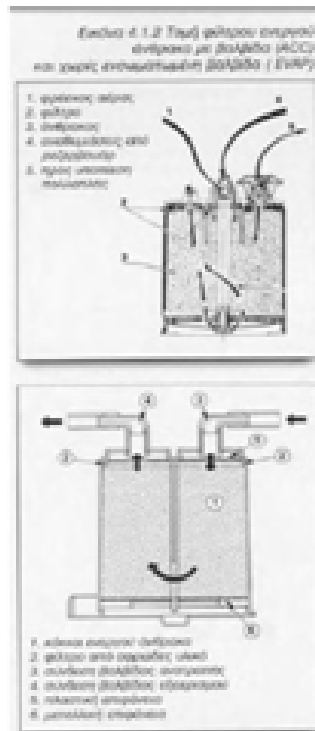


### Δομή Συστήματος Ελέγχου Αναθυμιάσεων



- Το Δοχείο Ενεργού Άνθρακα : Περιέχει ενεργό άνθρακα σε μορφή κόκκων. Συναντάμε 2 τύπους:

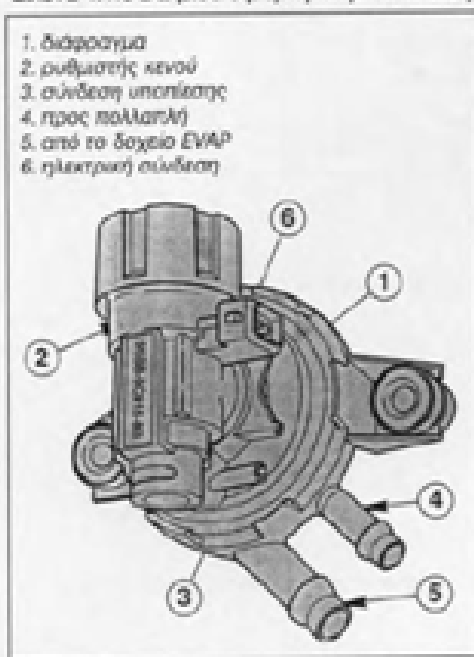
1. Δοχείο με ενσωματωμένη βαλβίδα εξαερισμού (ACC)
2. Δοχείο χωρίς ενσωματωμένη βαλβίδα εξαερισμού (EVAP)



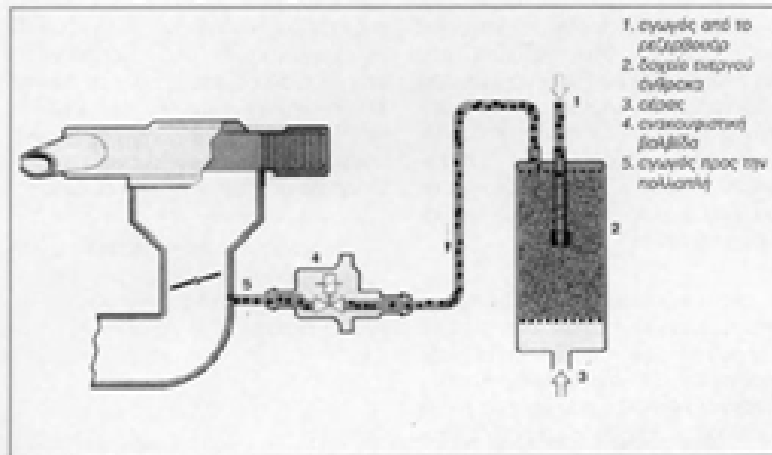
- Η βαλβίδα εξαερισμού : Ανοίγει για να οδηγηθούν οι αναθυμιάσεις από το δοχείο ενεργού άνθρακα στην πολλαπλή εισαγωγής και στην συνέχεια να καούν. Υπάρχουν 2 τύποι:

1. Βαλβίδα εξαερισμού που ανοίγει με την υποπίεση της πολλαπλής εισαγωγής.

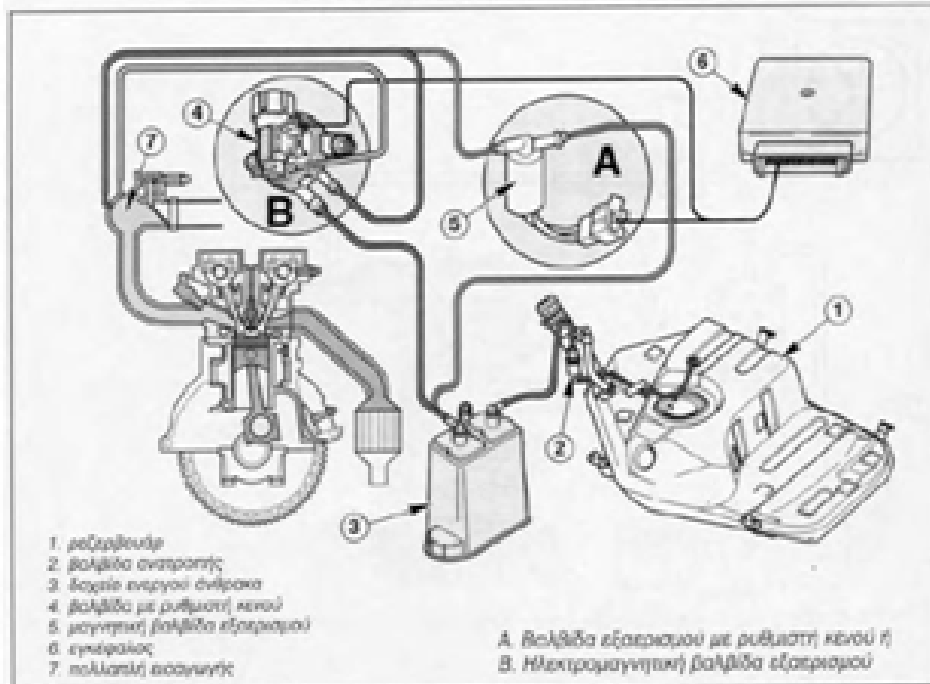
Εικόνα 4.1.6 Βαλβίδα εξαερισμού με υποπίεση



2. Ηλεκτρομαγνητική Βαλβίδα εξαερισμού (PCSV)  
 που ελέγχεται από τον εγκέφαλο, ο οποίος την  
 ανοίγει αφού θερμανθεί ο κινητήρας και όταν  
 λειτουργεί σε μεσαίες στροφές και σε μεσαίο  
 φορτίο. Το μίγμα εμπλουτίζεται από τις  
 αναθυμιάσεις γι αυτό ο εγκέφαλος μειώνει την  
 ποσότητα ψεκασμού



Εικόνα 4.1.5 Είδη βαλβίδων εξαερισμού και η σύνδεσμοσολογία τους

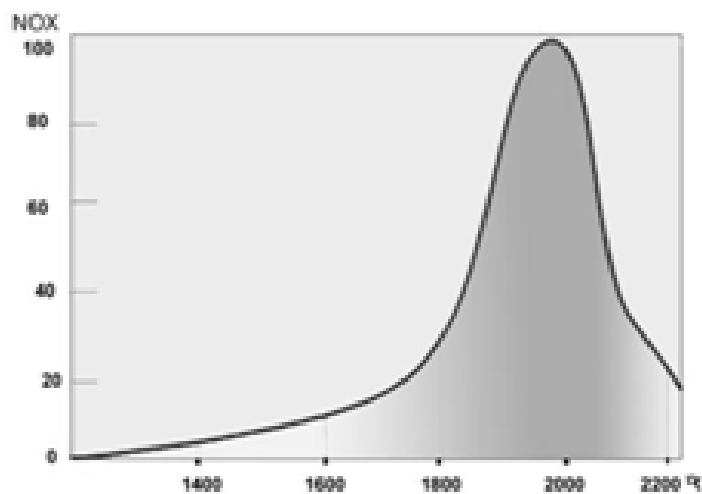


## 2. Σύστημα Ανακυκλοφορίας Καυσαερίων EGR

- ο Σκοπός του συστήματος αυτού είναι η μείωση των εκπομπών NOx (οξειδίων του Αζώτου) που είναι οι ρύποι που ευθύνονται κυρίως για το φωτοχημικό νέφος.



- ο Η ποσότητα των NOx που παράγονται κατά την καύση μπορεί να μειωθεί με την μείωση της θερμοκρασίας



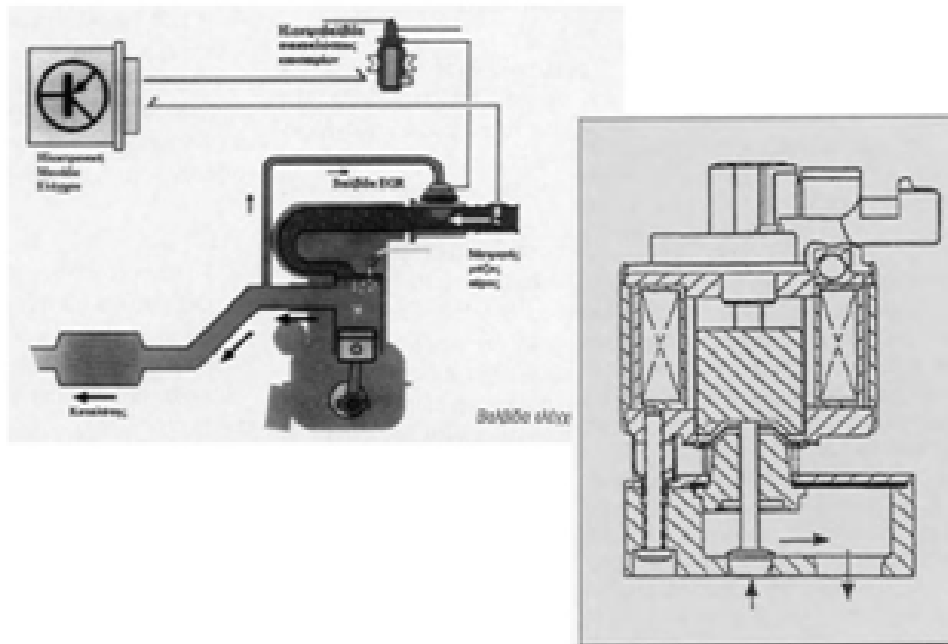
- Για να μειωθεί η θερμοκρασία στον θάλαμο καύσης το σύστημα ανακυκλοφορίας καυσαερίων EGR ανοίγει μια βαλβίδα που συνδέει την πολλαπλή εξαγωγής με την πολλαπλή εισαγωγής.
- Η σχετικά χαμηλή θερμοκρασία των καυσαερίων μειώνει την θερμοκρασία στον θάλαμο καύσης και την παραγωγή NOx.
- Η λειτουργία της βαλβίδας ελέγχου EGR ελέγχεται από την ΗΜΕ του συστήματος ψεκασμού, ανάλογα με τις παραμέτρους λειτουργίας του κινητήρα.



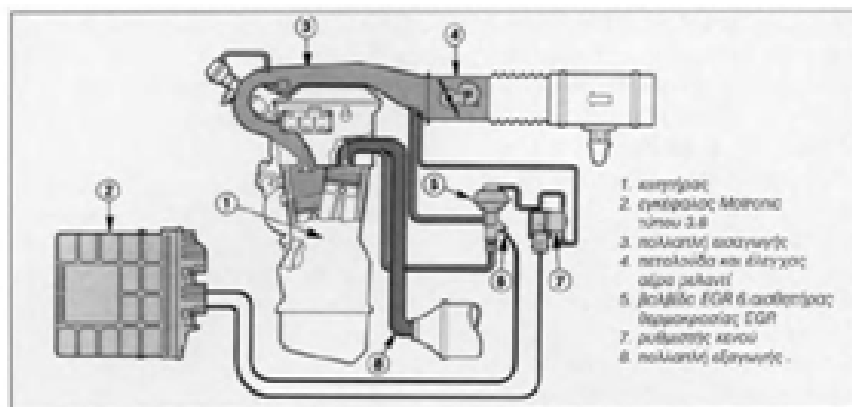
- Η Βαλβίδα ελέγχου EGR μπορεί να είναι
  1. Ηλεκτρομαγνητική
  2. Με υποπίεση και ρυθμιστή κενού.



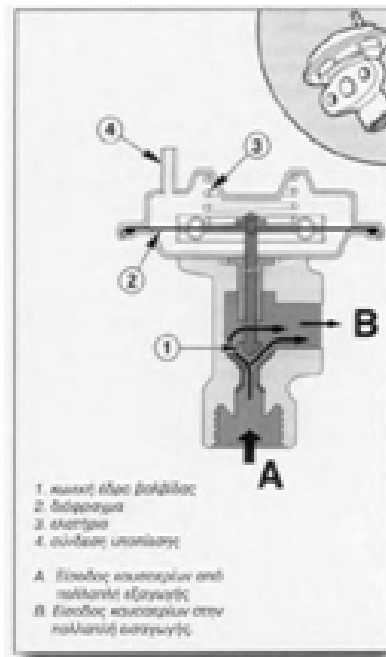
## ο Ηλεκτρομαγνητική Βαλβίδα EGR



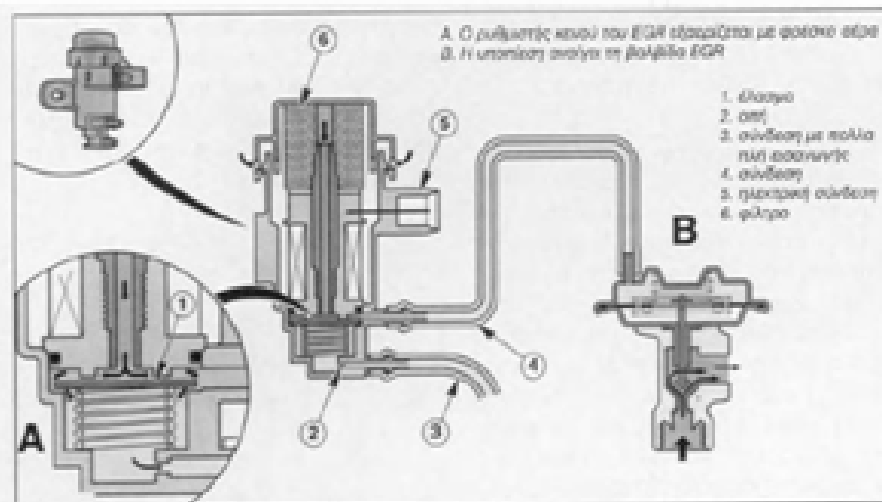
## ο Βαλβίδα EGR με υποπίεση και ρυθμιστή κενού



## ο Βαλβίδα με υποπίεση



## ο Λειτουργία ρυθμιστή κενού



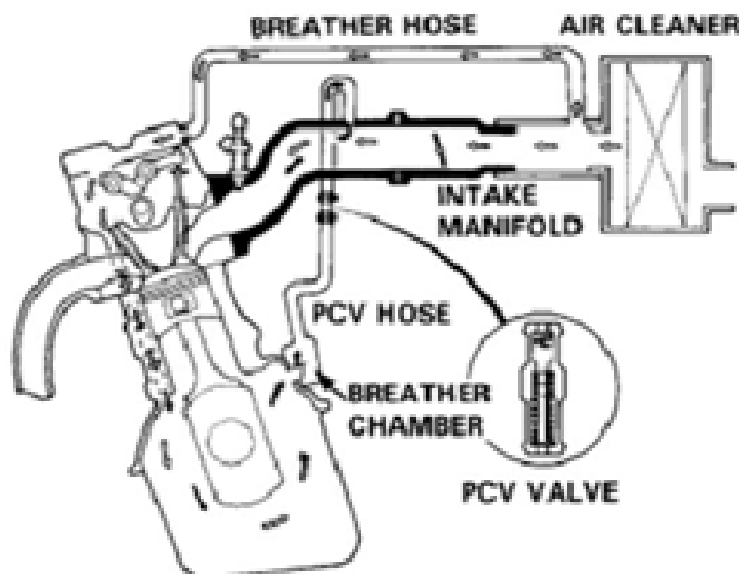


### 3. Σύστημα Θετικού Εξαερισμού Στροφαλοθαλάμου PCV

- Μια ποσότητα καυσαερίων διαφεύγει από τα ελατήρια του εμβόλου προς τον στροφαλοθάλαμο
- Στον στροφαλοθάλαμο υπάρχουν επίσης ατμοί λαδιού.
- Τα αέρια αυτά μπορεί να αυξήσουν την πίεση στον στροφαλοθάλαμο και τις απώλειες του κινητήρα.
- Τα αέρια αυτά πρέπει να οδηγηθούν στην πολλαπλή εισαγωγής για να καούν. Δεν πρέπει να ελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα γιατί περιέχουν ρύπους όπως π.χ άκαυστους υδρογονάνθρακες.



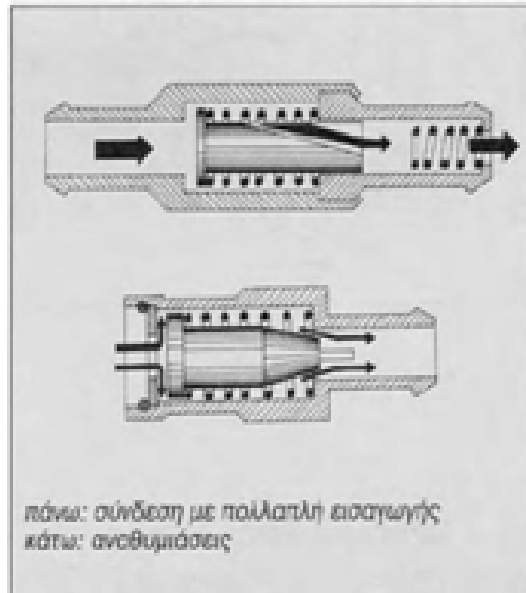
### Δομή Συστήματος Θετικού Εξαερισμού Στροφαλοθαλάμου



⇄ : FRESH AIR  
→ : BLOW-BY GAS

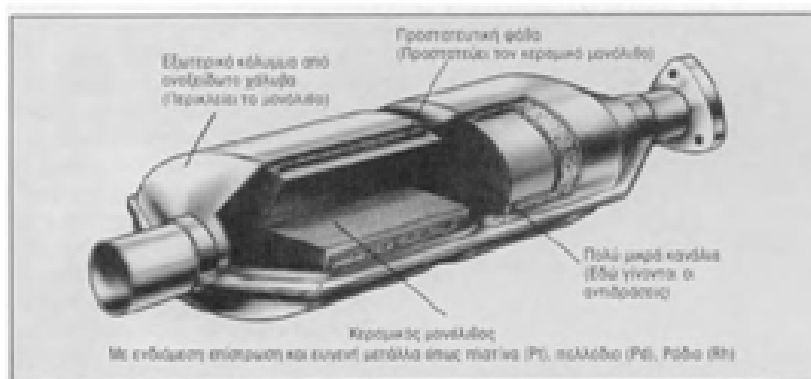


- Η Βαλβίδα PCV λόγω της πίεσης του στροφαλοθαλάμου και της υποπίεσης της πολλαπλής εισαγωγής και οδηγεί τα αέρια στην πολλαπλή εισαγωγής για να καούν.



#### **4. Καταλύτες Καυσαερίων**

Ο Καταλυτικός μετατροπέας, ή απλά καταλύτης τοποθετείται στην εξάτμιση και σκοπό έχει την μείωση των ρύπων που περιέχονται στα καυσαέρια



- Καταλύτη στην χημεία ονομάζουμε μια ουσία που βοηθάει στην πραγματοποίηση μιας αντίδρασης χωρίς όμως να συμμετέχει σε αυτήν.
- Έτσι η ουσία αυτή παραμένει αμετάβλητη στην μάζα και την σύστασή της.
- Στους καταλυτικούς μετατροπείς των αυτοκινήτων η ουσία αυτή είναι ένα ευγενές μέταλλο , όπως η πλατίνα ή λευκόχρυσος, το παλλάδιο και το ρόδιο.



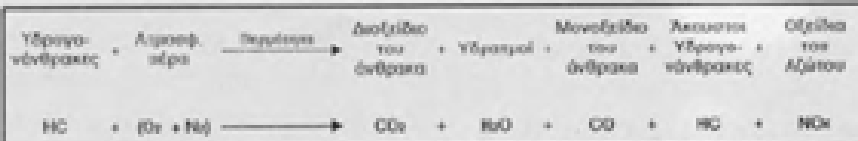
- Τα καύσιμα είναι υδρογονάνθρακες (HC) που καίγονται (δηλαδή ενώνονται με οξυγόνο) στον θάλαμο καύσης παράγοντας καυσαέρια και θερμότητα.
- Τα πιο «καθαρά» και ακίνδυνα καυσαέρια παράγονται κατά την τέλεια καύση και είναι το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και το νερό σε μορφή υδρατμών ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- Στην πραγματικότητα όμως η καύση δεν μπορεί να είναι τέλεια και έτσι παράγονται και άλλοι επικίνδυνοι ρύποι στα καυσαέρια τους οποίους θέλουμε να «καθαρίσουμε» με την βοήθεια του καταλύτη



## Τέλεια καύση



## Ατελής Καύση



Οι επικίνδυνοι ρύποι που θέλουμε να απομακρύνουμε είναι το μονοξείδιο του άνθρακα CO, οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες HC και τα οξείδια του αζώτου NOx.

ο Τα είδη των καταλυτών είναι 2

1. Οξειδωτικός Καταλύτης
2. Τριοδικός Καταλύτης

- **Οξειδωτικός Καταλύτης**
- Είναι η πρώτη γενιά καταλυτών και συναντάται σε παλιότερα αυτοκίνητα.
- Το μονοξείδιο του άνθρακα CO ενώνεται με οξυγόνο (οξειδώνεται) και γίνεται διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>.
- Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες HC οξειδώνονται και γίνονται CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O.
- Τον ρόλο του «καταλύτη» για τις αντιδράσεις αυτές παίζει η πλατίνα ή αλλιώς λευκόχρυσος (Pt). Σπανιότερα χρησιμοποιείται και το παλλάδιο(Pd)
- Χρειάζεται επίσης να διοχετεύσουμε οξυγόνο στην εξάτμιση.



### ○ Λειτουργία Οξειδωτικού Καταλύτη



ο Τα μειονεκτήματα του οξειδωτικού καταλύτη είναι:

1. Αφήνουν τα NOx να ελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα
2. Απαιτείται παροχή αέρα στον καταλύτη για να γίνει η οξείδωση του CO και των HC.



ο **Τριοδικός Καταλύτης**

ο Είναι η επόμενη γενιά καταλυτών και λέγονται έτσι γιατί επενεργούν και στις 3 βλαβερές ενώσεις των καυσαερίων: Το CO , τους HC και τα NOx.

ο Αυτό γίνεται με 2 τρόπους

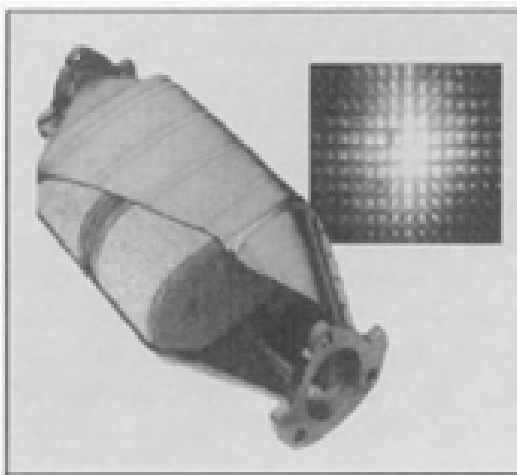
1. Την οξείδωση , με την βοήθεια της πλατίνας, του CO και των HC σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O (όπως και στον οξειδωτικό καταλύτη)
  2. Την αναγωγή (δηλαδή την αφαίρεση του οξυγόνου) με την βοήθεια το Ρόδιου , των NOx.
- ο Το οξυγόνο που ελευθερώνεται από τα NOx χρησιμοποιείται για την οξείδωση του CO και HC και έτσι δεν απαιτείται η παροχή πρόσθετου οξυγόνου στον καταλύτη.



- Στους πρώτους τριοδικούς καταλύτες τα καυσαέρια περνούσαν πρώτα από τον αναγωγικό καταλύτη με το Ρόδιο, όπου αφαιρούνταν το οξυγόνο από τα  $\text{NO}_x$ , και στη συνέχεια από τον οξειδωτικό, όπου το  $\text{CO}$  και οι  $\text{HC}$ , με την βοήθεια του αναγωγικού καταλύτη από πλατίνα και με την προσθήκη του οξυγόνου που αφαιρέθηκε από τα  $\text{NO}_x$ , μετατρέπονται σε  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ . Αυτοί οι καταλύτες λέγονται διπλής κλίνης
- Αργότερα προτιμήθηκε η λύση ενός καταλύτη όπου υπάρχουν μαζί η πλατίνα και το ρόδιο και συμβαίνει ταυτόχρονα η αναγωγή των  $\text{NO}_x$  και η οξείδωση του  $\text{CO}$  και  $\text{HC}$ . Αυτοί οι καταλύτες λέγονται μονής κλίνης



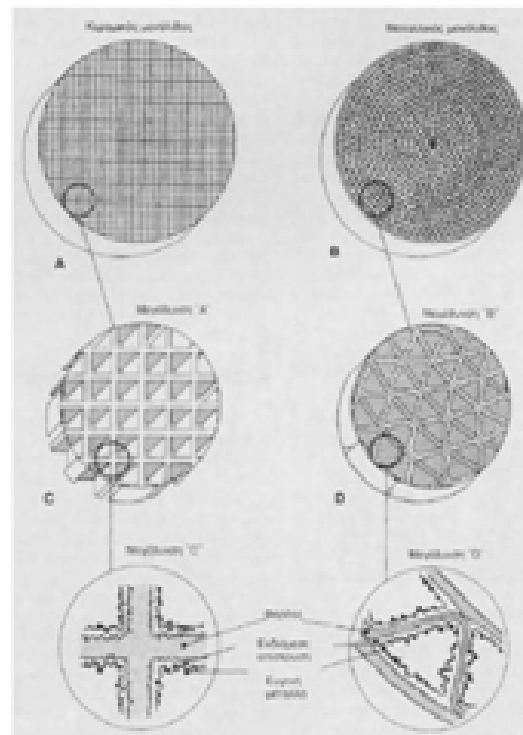
### ◦ Δομή Καταλυτών



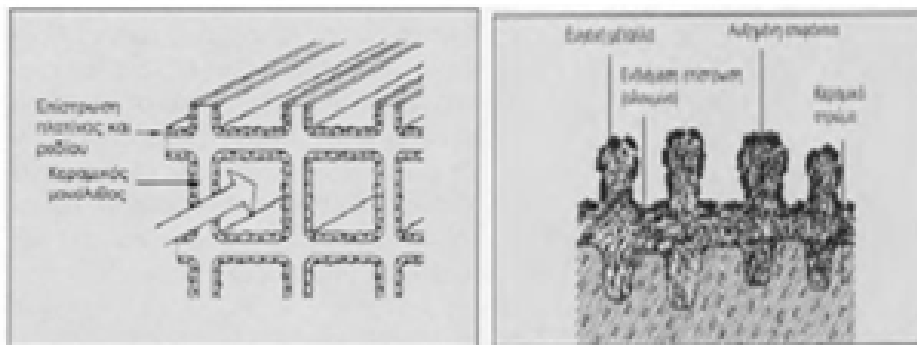
Καταλύτης Διπλής Κλίνης



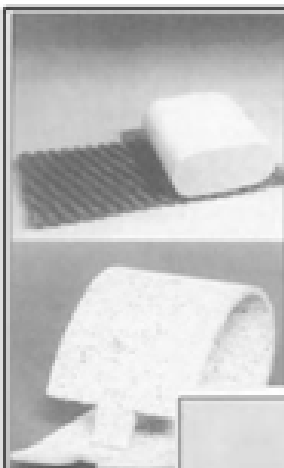
- Στο εσωτερικό του καταλυτικού μετατροπέα υπάρχει ένας κεραμικό ή μεταλλικό υλικό στο οποίο υπάρχουν περάσματα από τα οποία περνούν τα καυσάερια.



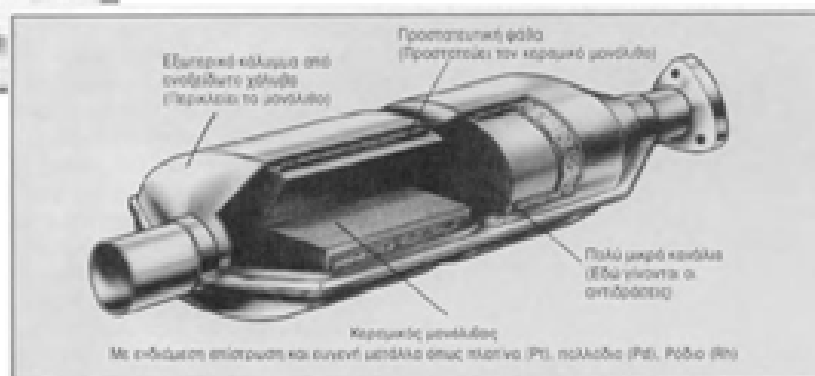
- Στα περάσματα αυτά πάνω στο κεραμικό ή μεταλλικό υλικό ψεκάζεται αλουμίνα και πάνω σε αυτήν ένα λεπτό στρώμα του μετάλλου του καταλύτη (πλατίνα ή παλλάδιο ή ρόδιο) .
- Η αλουμίνα έχει την ιδιότητα να «ζαρώνει» και έτσι να αυξάνει την ενεργό επιφάνεια και την αποδοτικότητα του καταλύτη.







- Οι κεραμικοί καταλύτες είναι ευαίσθητοι στα κτυπήματα. Για τον λόγο αυτό μεταξύ του κεραμικού μονόλιθου και του καλύρατος του καταλύτη τοποθετείται ένα προστατευτικό ελαστικό υλικό.



- Οι μεταλλικοί καταλύτες είναι ακριβότεροι από τους κεραμικούς γιατί είναι πιο ανθεκτικοί στα κτυπήματα, έχουν μικρότερο χρόνο προθέρμανσης και κρυώνουν γρηγορότερα από τους κεραμικούς.
- Επίσης οι μεταλλικοί έχουν πιο μικρό πάχος τοιχωμάτων (διάσταση 0.04 ως 0.07 mm έναντι 0.15mm των κεραμικών) ώστε να περιορισθεί η αντίθλιψη , η αντίσταση δηλαδή στην ροή των καυσαερίων.



○ **Θερμοκρασία Λειτουργίας Καταλύτη**

- Για να λειτουργεί σωστά ο καταλύτης πρέπει η θερμοκρασία του να είναι μεγαλύτερη από 250°C
- Για να μειωθεί ο χρόνος προθέρμανσης που χρειάζεται ώστε ο καταλύτης να φτάσει στην θερμοκρασία αυτή εφαρμόζονται οι εξής λύσεις



1. Προθέρμανση του καταλύτη με αντίσταση που ενεργοποιείται από την HME. Χρησιμοποιείται σε ακριβά μοντέλα. Μειονέκτημα το υψηλό κόστος.
2. Τοποθέτηση του καταλύτη κοντά στην πολλαπλή εξαγωγής ώστε τα καυσαέρια να φθάνουν πιο ζεστά σε αυτόν και να τον θερμαίνουν γρηγορότερα. Χρησιμοποιείται σε αυτοκίνητα μικρού κυβισμού . Μειονέκτημα η υπερθέρμανση του καταλύτη όταν το αυτοκίνητο κινείται για πολλή ώρα με υψηλή ταχύτητα.
3. Ρύθμιση του μίγματος από την HME σε αυτοκίνητα πολλαπλού ψεκασμού κατά την εκκίνηση (φτωχό μίγμα) ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία των καυσαερίων και να μειωθεί ο χρόνος προθέρμανσης.



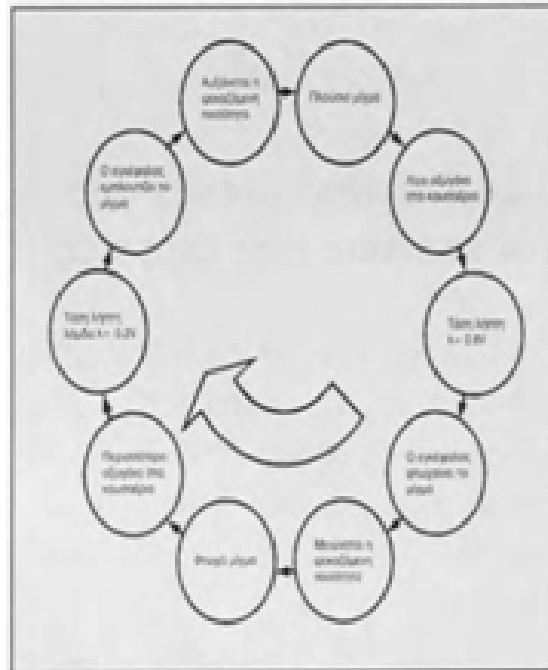
- Ρύθμιση στοιχειομετρικής αναλογίας
- Για να λειτουργεί σωστά ο τριοδικός καταλύτης πρέπει η αναλογία του μίγματος να είναι στοιχειομετρική, δηλαδή ο αέρας να είναι όσος χρειάζεται για να καεί τέλεια το καύσιμο
- Στην περίπτωση αυτή το οξυγόνο που απελευθερώνεται από τα NOx επαρκεί για την οξείδωση του CO και των HC.
- Η στοιχειομετρική αναλογία για την τέλεια καύση της βενζίνης, χωρίς να περισσέψει οξυγόνο, είναι 14,7 Kg αέρα για 1 Kg βενζίνης.
- Η πραγματική αναλογία αέρα –βενζίνης σε έναν κινητήρα (AFR) μπορεί να διαφέρει από την στοιχειομετρική.



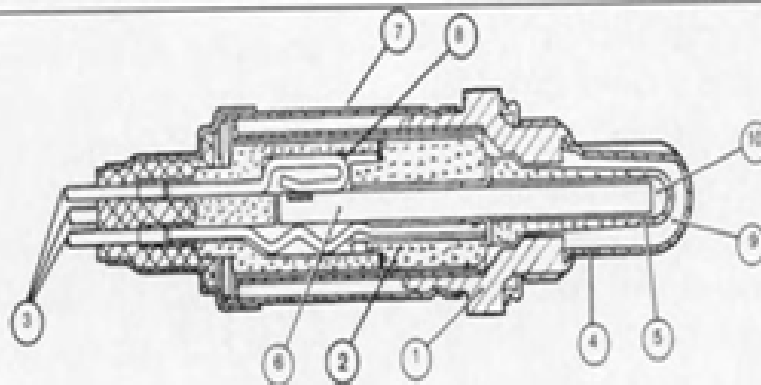
- Ονομάζουμε συντελεστή  $\lambda$  το πηλίκο της πραγματικής αναλογίας αέρα βενζίνης προς την στοιχειομετρική, αν π.χ το μίγμα σε έναν κινητήρα έχει αναλογία AFR= 15,43 τότε  $\lambda = 15,43/14,7 = 1,05$
- Η μέτρηση του  $\lambda$  κατά την λειτουργία του κινητήρα γίνεται με τον αισθητήρα  $\lambda$  (ή λήπτη  $\lambda$ ) ο οποίος βιδώνεται στην εξάτμιση, μετά την πολλαπλή εξαγωγής και πριν τον καταλύτη
- Ο αισθητήρας  $\lambda$  μετρά το οξυγόνο που περιέχεται στα καυσαέρια (πολύ οξυγόνο: φτωχό μείγμα ή  $\lambda > 1$ , λίγο οξυγόνο: πλούσιο μείγμα ή  $\lambda < 1$ ).



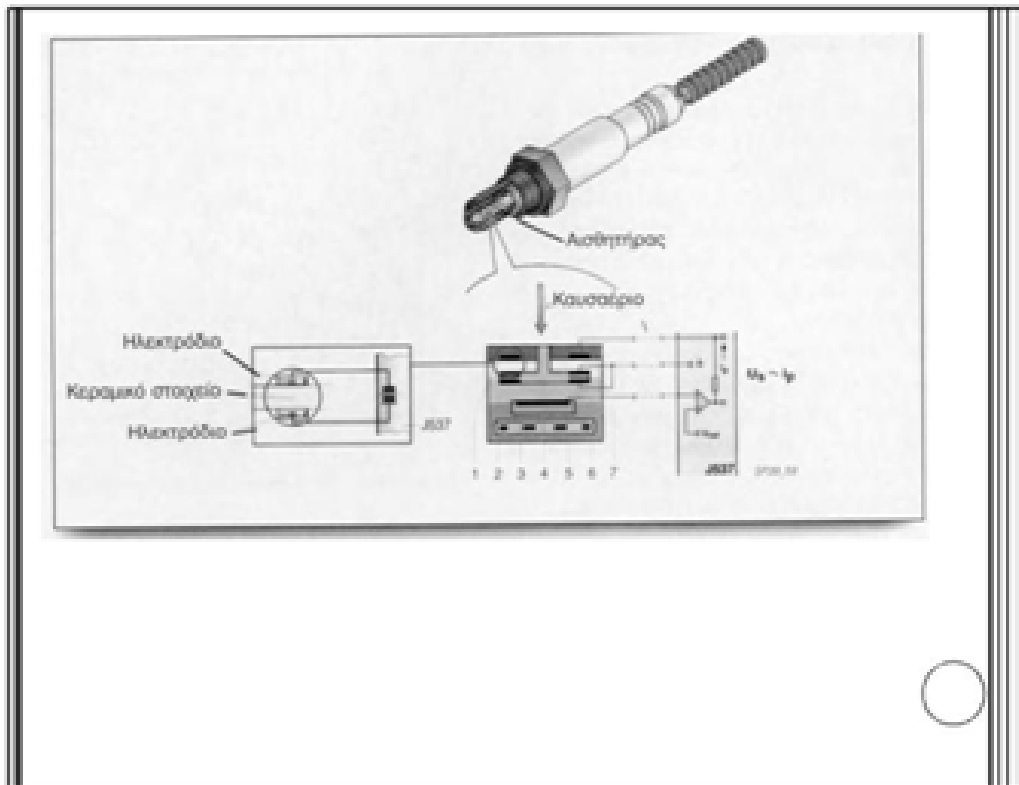
- Η μέτρηση του οξυγόνου στα καυσαέρια γίνεται συγκρίνοντας την περιεκτικότητα σε οξυγόνο των καυσαερίων σε σχέση με αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα . Την διαφορά αυτή μετατρέπει σε ηλεκτρική τάση ( 0 Volt φτωχό μίγμα , 1 Volt πλούσιο μίγμα) η οποία φτάνει στον εγκέφαλο ώστε αυτός να ρυθμίσει την αναλογία .



### •Δομή Αισθητήρα λ



- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. Κέλυφος - βάση αισθητήρα           | 6. Κεντρική ηλεκτρική επαφή  |
| 2. Προστατευτικός κεραμικός ανήλεκτος | 7. Προστατευτικό περίβλημα   |
| 3. Καλώδια σύνδεσης                   | 8. Επαφές θερμιακού στοιχείου  |
| 4. Προστατευτικό περίβλημα            | 9. Θάλαμος σόδου καυσαερίων  |
| 5. Ενεργός κεραμική σφόνδα            | 10. Θάλαμος με ατμοσφαιρικό οξυγόνο που χρησιμεύει σαν στοιχείο αναφοράς για σύγκριση. |



- Ο αισθητήρας λ λειτουργεί σωστά σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 250 °C.
- Για να μειωθεί ο χρόνος προθέρμανσης, κάποιοι αισθητήρες λ είναι θερμαινόμενοι με αντίσταση ή στην αρχή ο κινητήρας λειτουργεί με φτωχό μίγμα για να αυξηθεί η θερμοκρασία των καυσαερίων.

- Κίνδυνοι καταστροφής των καταλυτών
- Οι καταλύτες κινδυνεύουν από
  1. Τον μόλυβδο που περιέχεται στην βενζίνη super
  2. Το άκαυστο μίγμα αέρα καυσίμου
  
- Ο μόλυβδος επικάθεται πάνω στις καταλυτικές ουσίες και τις επικαλύπτει οπότε τις απενεργοποιεί. Σταδιακά καλύπτει τον καταλύτη μέχρι να τον απενεργοποιήσει εντελώς. Δυνατότητα απομάκρυνσης του μολύβδου δεν υπάρχει.



- Το άκαυστο μείγμα όταν φτάνει στον καταλύτη λόγω των υψηλών θερμοκρασιών αναφλέγεται και αυξάνει την θερμοκρασία στους 1100-1200 °C.
- Αποτέλεσμα είναι να λιώνει η αλουμίνα και να επιπεδώνεται μειώνοντας την επιφάνεια του καταλύτη. Στη συνέχεια λιώνει ο κεραμικός μονόλιθος ο οποίος αποβάλλεται σε κομμάτια από την εξάτμιση ή την φράσσει και σβήνει ο κινητήρας.
- Πιο επικίνδυνα είναι τα φτωχά μίγματα καθώς τότε η θερμοκρασία αυξάνεται περισσότερο και επίσης πολλές φορές δεν είναι αναφλέξιμα με αποτέλεσμα να φτάνει άκαυστο μίγμα στην εξάτμιση.



ο Επικίνδυνες καταστάσεις για τον καταλύτη είναι

1. Κακή ανάφλεξη (λόγω σπινθηριστή, μπουζοκαλωδίων κτλ, κίνδυνος το άκαυστο μίγμα που φτάνει στον καταλύτη)
2. Παρατεταμένη ρυμούλκηση του οχήματος
3. Χρήση μολυβδούχων καυσίμων
4. Εξωτερικά χτυπήματα από πέτρες κτλ στο κέλυφος του καταλύτη.



ο Ερωτήσεις

69. Ποιος είναι ο ρόλος του καταλυτικού μετατροπέα (καταλύτη); Ποια είναι η σημασία του σημείου τοποθέτησής του.
76. Γράψτε τις χημικές αντιδράσεις που συντελούνται μέσα σε ένα τριδικό καταλύτη και να αναφέρετε το είδη τους.
77. Ποια είναι τα μέτρα προστασίας που πρέπει να λαμβάνονται σε ένα καταλυτικό μετατροπέα, ώστε να αποφεύγονται ανεπιθύμητες βλάβες του;
135. Να συγκρίνετε έναν καταλύτη με κεραμικό μονόλιθο με έναν αντίστοιχο μεταλλικό.

