

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

## **ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΟΤΤΟ-ΘΑΛΑΜΟΙ ΚΑΥΣΗΣ**

ΚΑΥΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΜΕΚ: Καθ. Δ. Θ. Χουντάλας

# ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕΙΓΜΑΤΩΝ

**Έχουμε εξωτερική ανάφλεξη μείγματος.**

Το μείγμα πρέπει να είναι αναφλέξιμο: Ούτε πολύ φτωχό ούτε πολύ πλούσιο.

Όρια Αναφλεξιμότητας: Επηρεάζονται από P, T. ύπαρξη αδρανών, ψυκτική δράση τοιχώματος.

- P ↑ δεν επηρεάζεται το φτωχό όριο
- P επηρεάζει προς τα άνω το πλούσιο όριο
- T ↑ όμοια επίδραση με P αλλά μικρότερη.
- Ύπαρξη αδρανών συρρικνώνει την αναφλέξιμη περιοχή
- Ψυκτική δράση τοιχωμάτων όμοια με την T

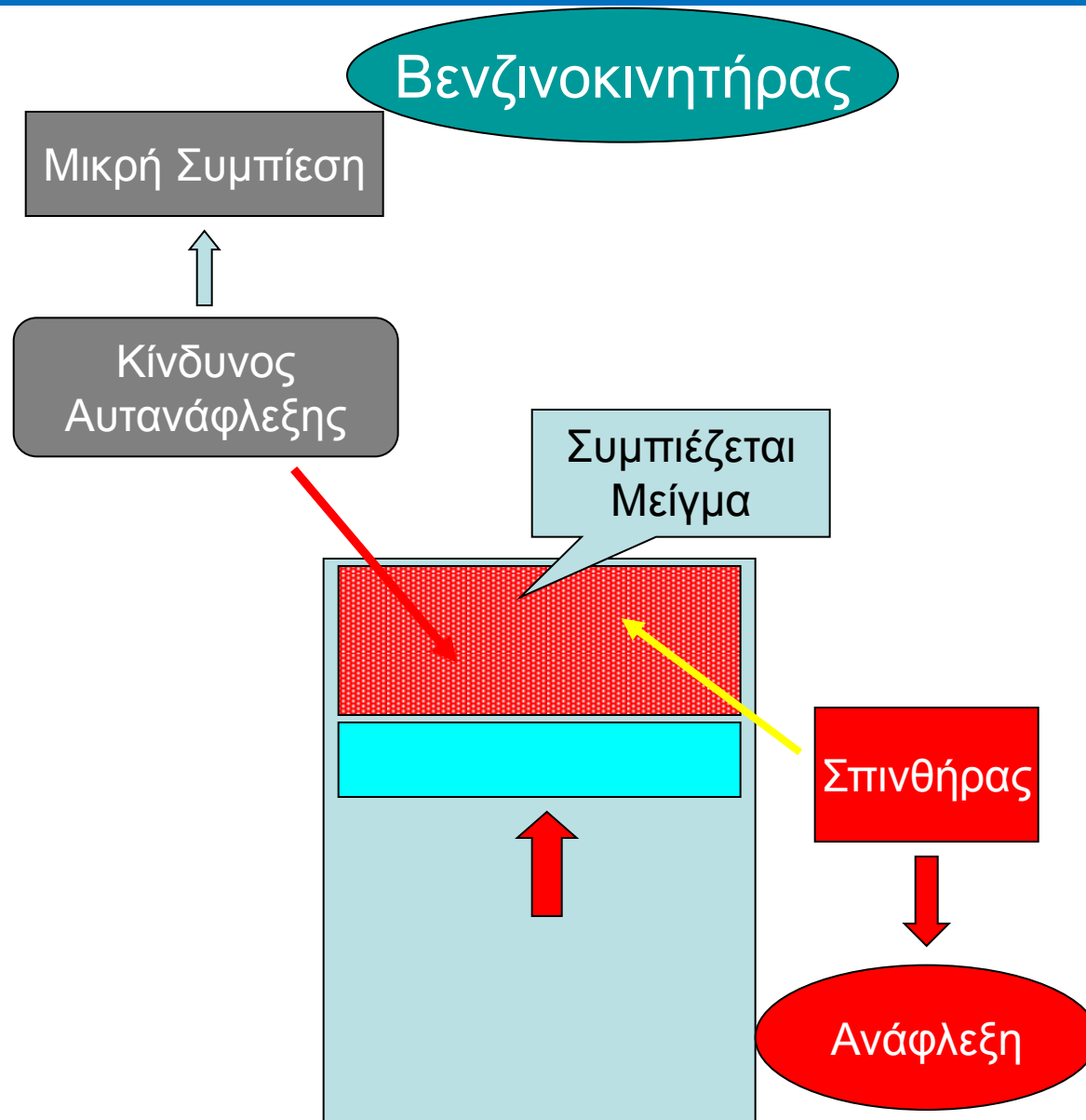
**Για υγρούς υδρογονάνθρακες  $0,4 < \lambda_{\alpha} < 1,5$**

Βενζινοκινητήρες:  $0,6 \leq \lambda_{\alpha} \leq 1,2$  (φτωχό όριο)

$\lambda_{\alpha} = 1,05 \div 1,15$  βέλτιστη απόδοση

$\lambda_{\alpha} = 0,8 \div 0,9$  μέγιστη ισχύ

# ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕΙΓΜΑΤΩΝ

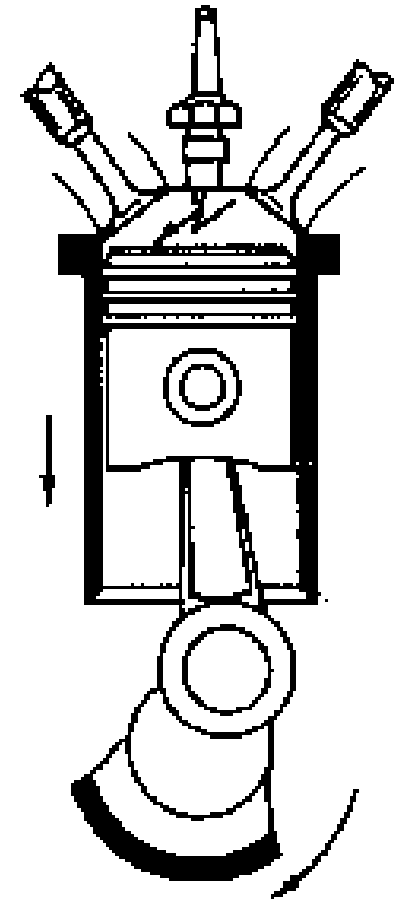
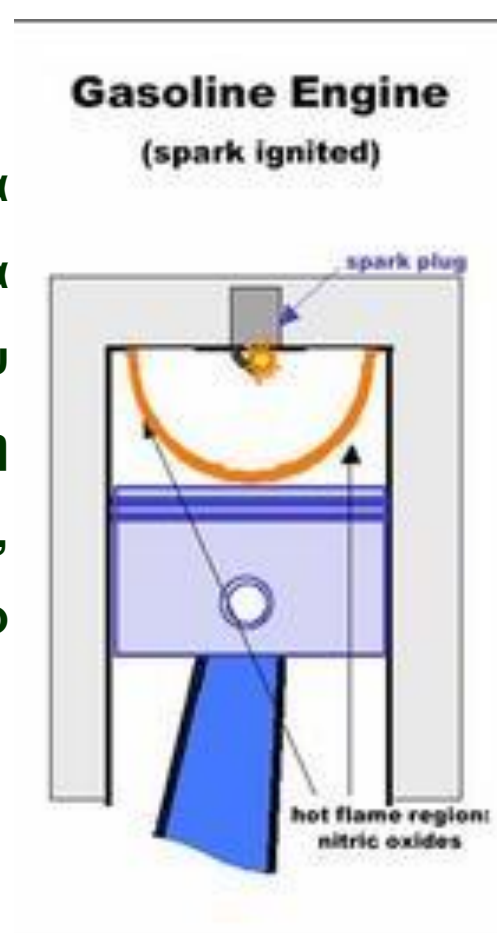


# ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕΙΓΜΑΤΩΝ

## Ανάφλεξη

- Έναυση με σπινθήρα (Spark ignition – Κινητήρας Σπινθηρισμού)

**Σπινθηρισμός** : Το καύσιμο μείγμα ατμών καυσίμου και αέρα αναφλέγεται μέσω σπινθήρα που δίνεται από κατάλληλη διάταξη (σπινθηριστής), εντός του κυλίνδρου, λίγο πριν το έμβολο «φθάσει» στο ΑΝΣ κατά την φάση της συμπίεσης.



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΝΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

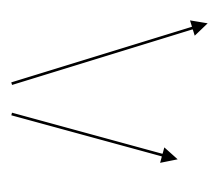
## Απαιτήσεις για το Σχηματισμό του Μείγματος

- Ομοιόμορφο δηλ σταθερό λ σε όλο το θάλαμο καύσης.
- Σύνθεση μείγματος σταθερή με τις συνθήκες λειτουργίας δηλ. στροφές, φορτίο κλπ

## Μέθοδοι Σχηματισμού Μείγματος

α) Εξαεριωτής: Λειτουργεί με την κινητική ενέργεια αναρροφούμενου αέρα

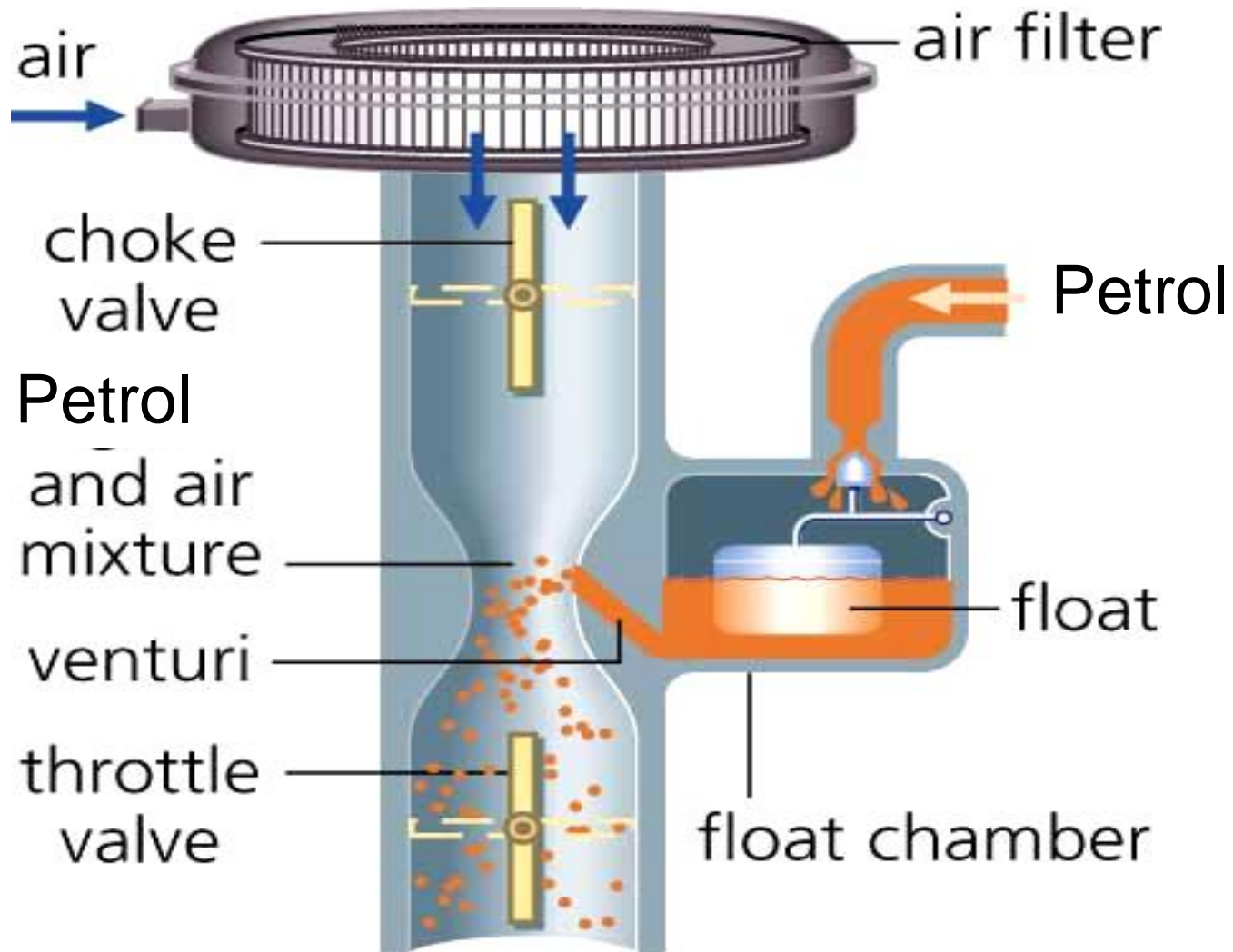
β) Συστήματα έγχυσης καυσίμου:



- α) Απλού σημείου
- β) Πολλαπλού σημείου

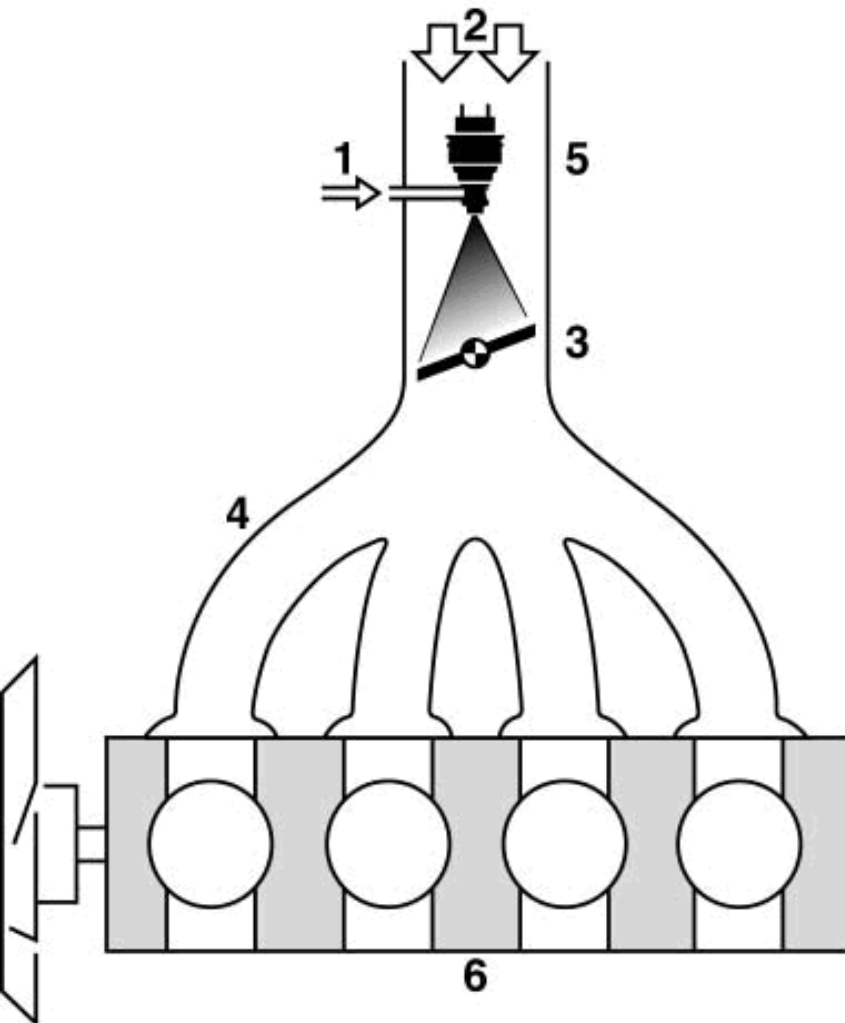
# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΝΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

**Μέθοδοι Σχηματισμού Μείγματος:** *(SI)* με εξαεριωτή

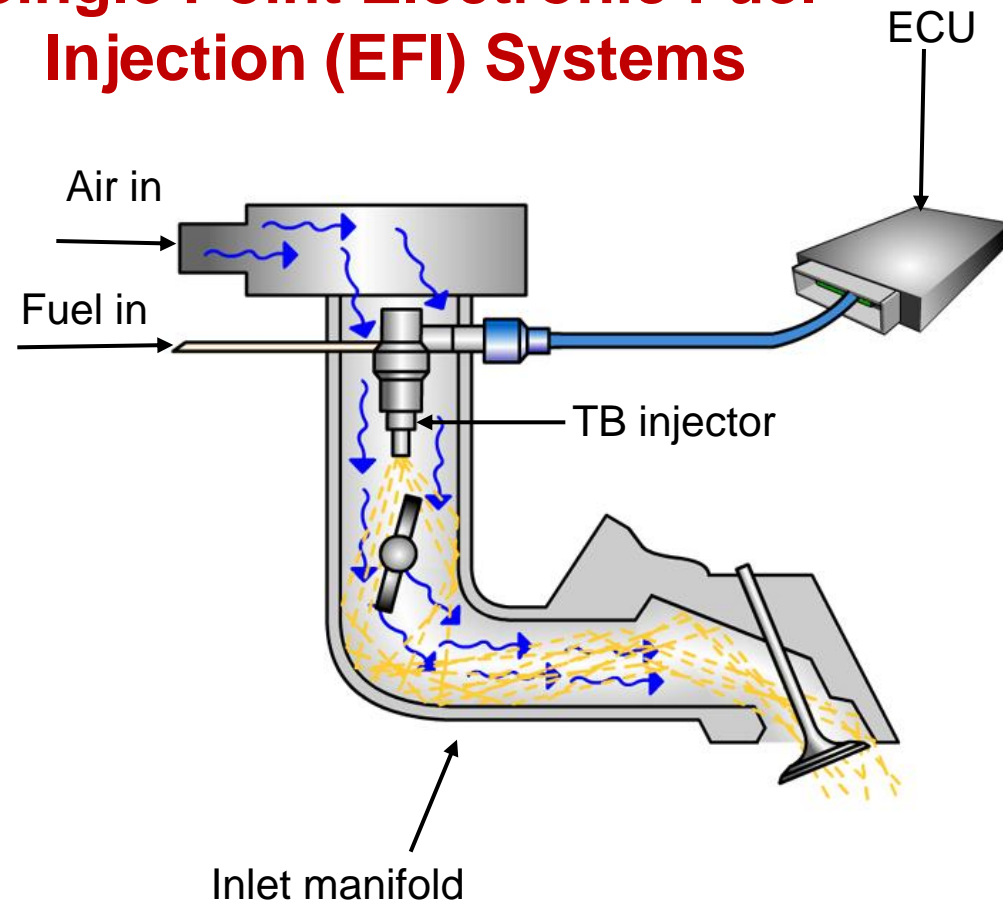


# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΝΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

*(SI) με ψεκασμό στον οχετό εισαγωγής (port injection).*



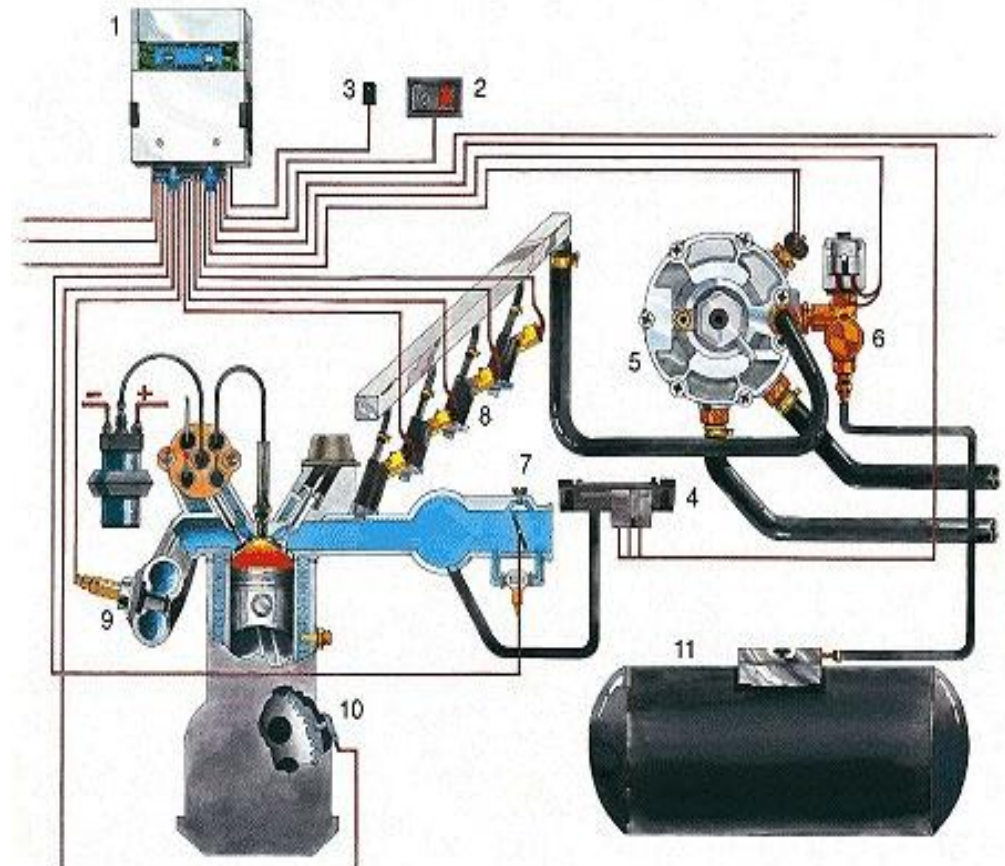
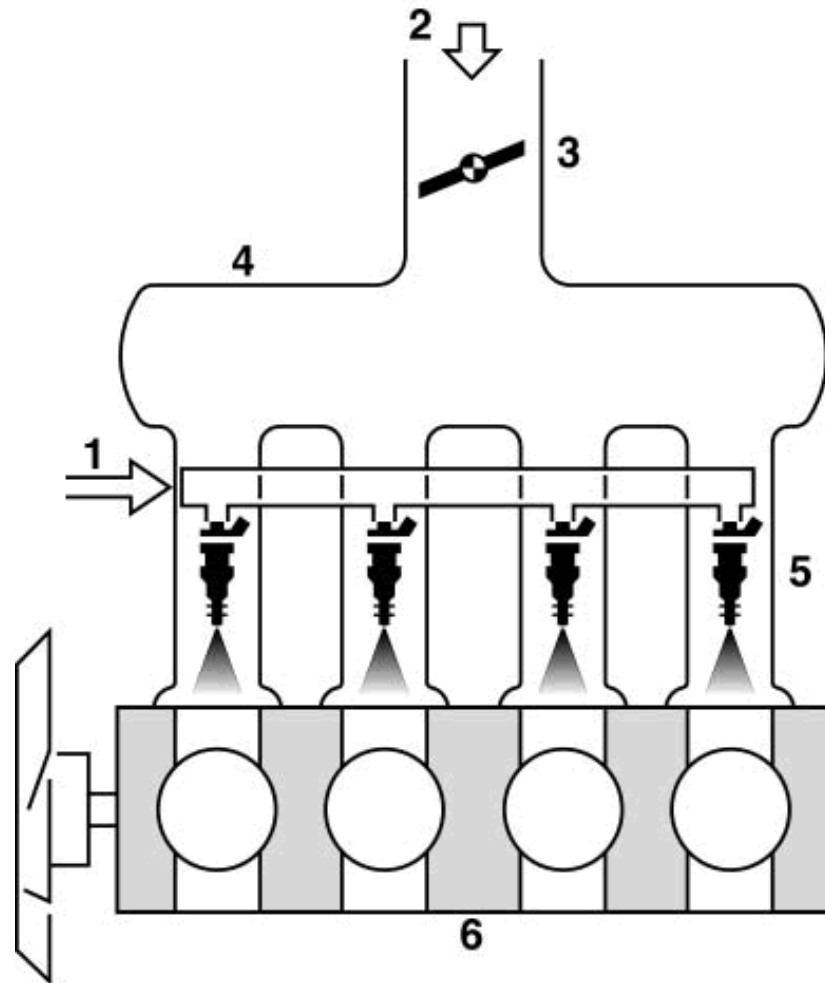
## Single Point Electronic Fuel Injection (EFI) Systems



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΝΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

(SI) με ψεκασμό στην εισαγωγή του κάθε κυλίνδρου (*multi point injection*).

## Multi Point Electronic Fuel Injection (EFI) Systems





# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΝΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

*(SI) Με απευθείας έγχυση καυσίμου (GDI) εντός του κυλίνδρου.*



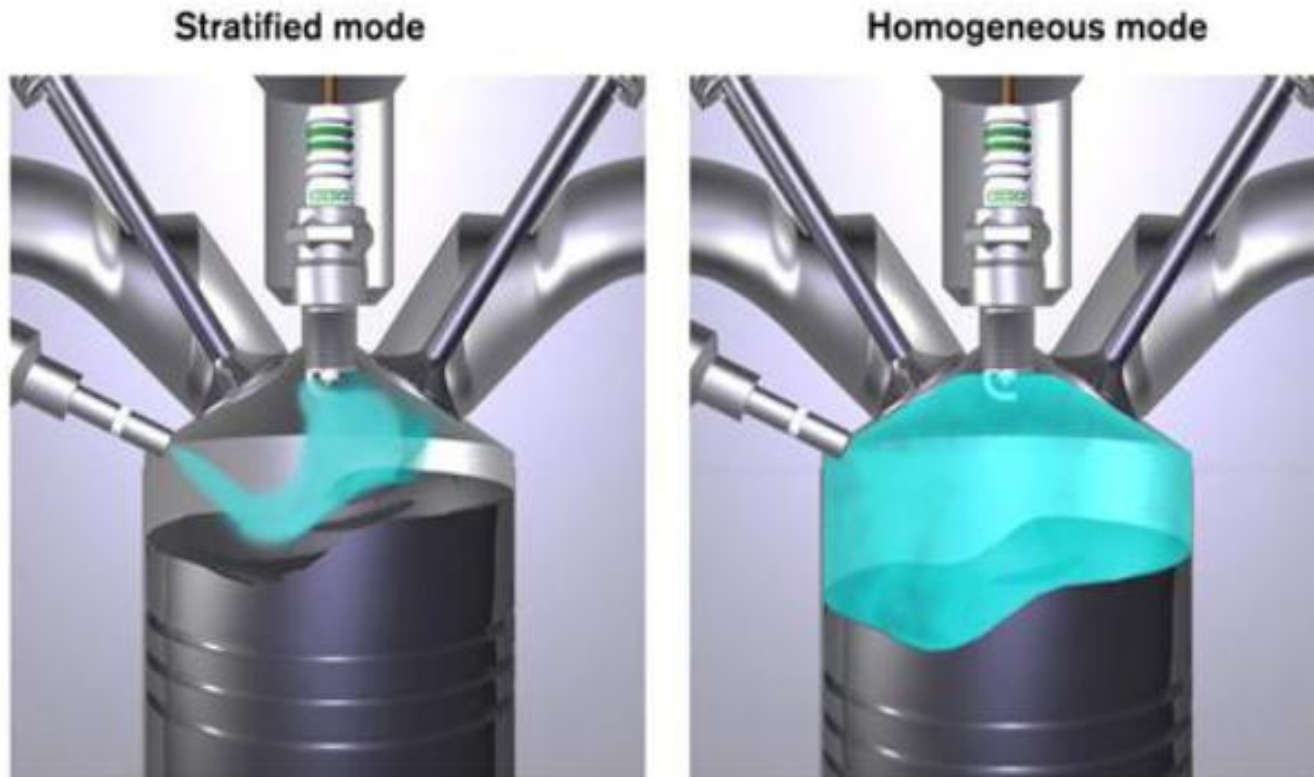
- ✓ *Δυνατότητα Χρήση φτωχού μείγματος.*
- ✓ *Αύξηση ογκομετρικού βαθμού απόδοσης.*
- ✓ *Πίεση έγχυσης 30-100 bar*

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΝΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

*(SI) Με απευθείας έγχυση (GDI).*

***Gasoline direction injection (GDI) :***

- ***Στρωματοποιημένη γόμωση (Fuel stratified injection - FSI)***
- ***Ομογενοποιημένη γόμωση (Homogeneous stratified engine – HSI)***



# ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΞΑΠΛΩΣΕΩΣ ΤΗΣ ΦΛΟΓΑΣ ΣΤΗΝ ΟΜΑΛΗ ΚΑΥΣΗ

Μεγάλη σημασία έχει η στιγμή της έναυσης

Προπορεία έναυσης  
Συνήθως αρκετές μοίρες  
προ του ΑΝΣ. Έξαρτάται  
από  $\lambda_\alpha$ ,  $\epsilon$ , και άλλους  
παράγοντες

## "Προπορεία Εναύσεως"

Η βέλτιστη τιμή εξαρτάται από:

- Τη ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.
- την σύνθεση του μείγματος (δηλ. το  $\lambda_\alpha$ )
- το "φορτίο" δηλ. την  $Pe$ .
- Τη σχέση συμπίεσης  $\epsilon$

# ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

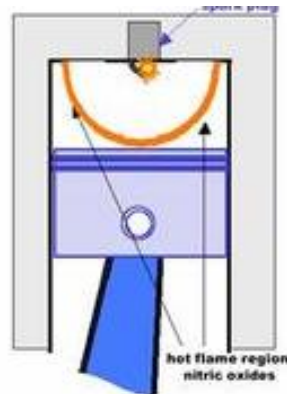
Διακρίνονται δύο διαδοχικά Στάδια της καύσης

a) Πρώτο στάδιο ενός Σχηματισμό ενός αυτοδιατιδόμενου Πυρήνα Φλόγας με όγκο περίπου 1‰ του  $V_c$ .

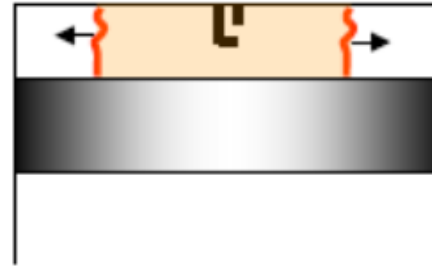
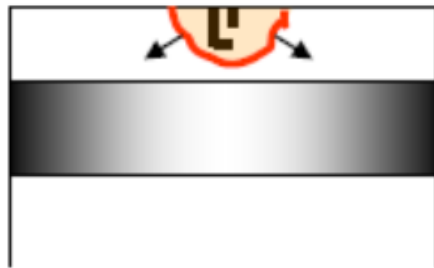
- ✓ Το πρώτο στάδιο αντιστοιχεί σε μία περίοδο Καθυστερήσεως Αναφλέξεως η οποία εξαρτάται από την πίεση, την θερμοκρασία, την σύνθεση του του μείγματος και την φύση του καυσίμου.
- ✓ Η χρονική διάρκεια του σταδίου (AB) είναι σταθερή (ίση περίπου με 0,5 ms).
- ✓ Άρα, σε διάστημα γωνίας στροφάλου, η διάρκεια αυτή αυξάνει αναλογικώς προς την ταχύτητα περιστροφής ( $\Delta\varphi = 6.n.\Delta t$ ).

b. Το δεύτερο στάδιο (BC) Διάδοση της Φλόγας προαναμείξεως

- ✓ Στο δεύτερο στάδιο διάδοσης της φλόγας σε κάθε στιγμή της εξελισσόμενης καύσης υφίσταται σαφής διαχωρισμός μεταξύ του καμένου και άκαυστου μέρους του μείγματος.



# ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

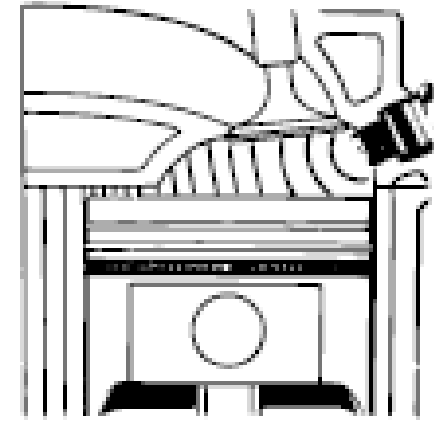
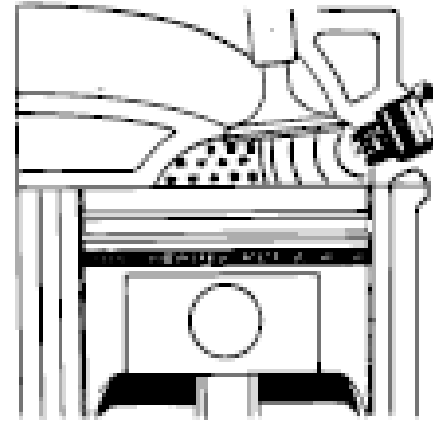
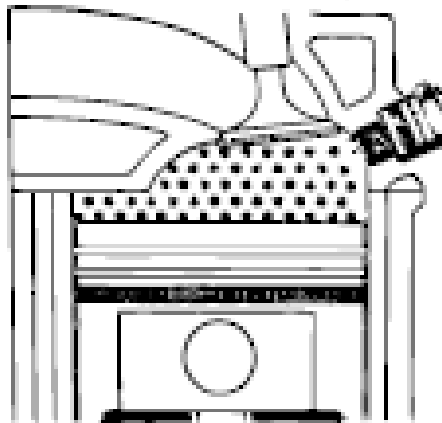


*Spark occurs.....*

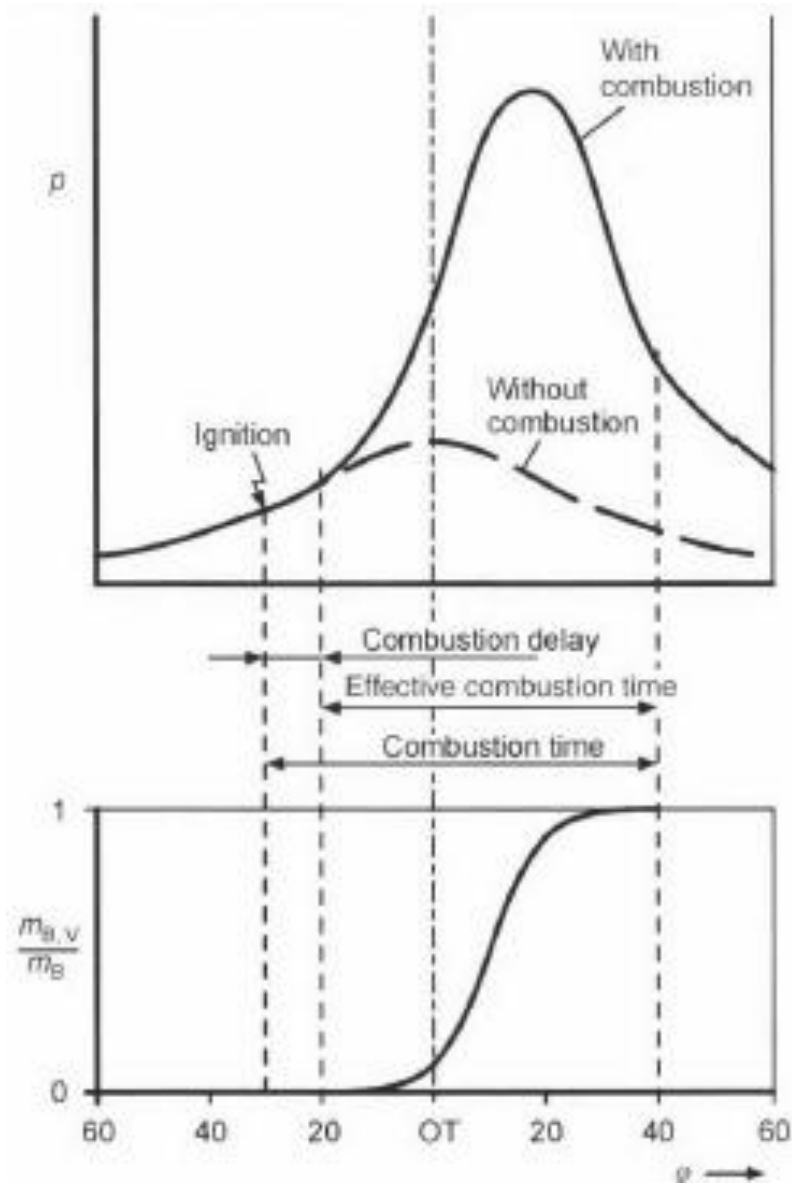
*... combustion begins ..*

*... continues rapidly ...*

*... and is completed*



# ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ



# ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ



-30°

-20°

-10°



TC

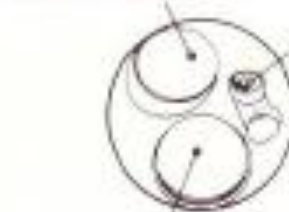
10°



20°

30°

Exhaust valve Spark plug



Inlet valve

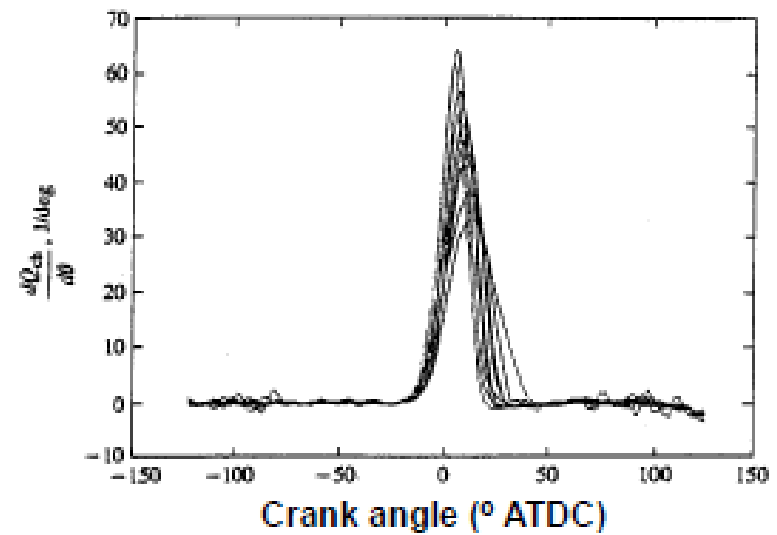
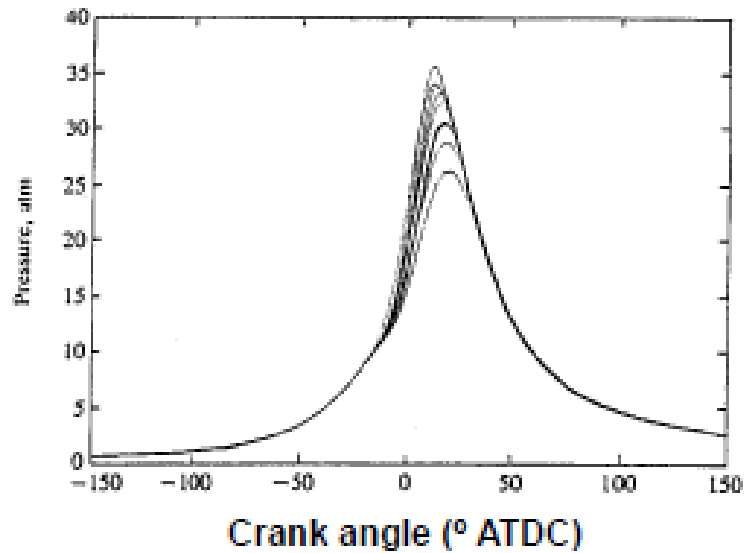


# ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΦΛΟΓΑΣ

- ✓ Η καύση μεταδίδεται με την λεγόμενη Ταχύτητα Εξαπλώσεως (Διαδόσεως) της Φλόγας  $w_f$ . Η καύση μεταδίδεται κυρίως με μεταφορά-τύρβη
- ✓ Η  $w_f$  μεταβάλλεται με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα περίπου αναλογικά σε αρκετά ευρύ πεδίο μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής.
- ✓ Λόγω αυτού στους κινητήρες Otto δεν έχουμε περιορισμό στην ταχύτητα περιστροφής από πλευράς της καύσεως.
- ✓ Μικρή υστέρηση της  $w_f$  σε πολύ υψηλές ταχύτητες περιστροφής μπορεί να αντιμετωπισθεί με αύξηση της προπορείας εναύσεως.
- ✓ Εκτός της ταχύτητας επηρεάζουν δευτερευόντως την  $w_f$ , βάσει των πιο τα ακόλουθα:
  - *Καύσιμο*
  - *Η σύνθεση του μείγματος:  $w_f$  μέγιστη σε  $\lambda_\alpha = 0,8 - 0,9$ ,*
  - *Η "τραχεία" λειτουργία του κινητήρα με πτωχό μείγμα ( $\lambda_\alpha > 1,15 - 1,25$ ), οφείλεται ακριβώς στην μείωση της  $w_f$ .*
  - *Η προπορεία εναύσεως: Επίδραση ομόσημη.*
  - *Ο βαθμός συμπίεσεως: Επίδραση ομόσημη.*
  - *Η πίεση  $p_\alpha$  κατά την έναρξη της συμπίεσεως: Επίδραση ομόσημη.*
  - *Η θερμοκρασία κατά την έναρξη της συμπίεσεως: Επίδραση ετερόσημη.*
  - *Η υγρασία του αέρα του περιβάλλοντος: Επίδραση ετερόσημη.*
  - *Η ύπαρξη παραμένοντος καυσαερίου: Επίδραση ετερόσημη.*



# ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ ΚΑΥΣΗΣ



# ΑΝΩΜΑΛΗ ΚΑΥΣΗ

## Πυρανάφλεξη

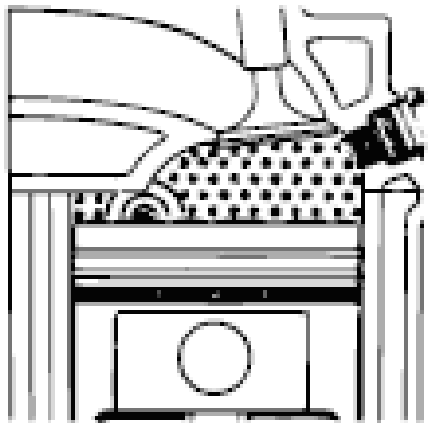
## Κρουστική Καύση

- Η αυτόματη, μη προγραμματισμένη, ανάφλεξη του μείγματος στον κύλινδρο.
- Προκαλείται από επικαθήσεις επί των τοιχωμάτων οι οποίες προέρχονται από το καύσιμο ή το λιπαντικό.
- ✓ Μπορεί να συμβεί πριν ή μετά την έναυση
  - "Προανάφλεξη" ή "Μετανάφλεξη".
  - Συνήθη Πυρανάφλεξη (Rumble),
- ✓ Προκαλείται έντονος ρυθμός καύσεως, με αποτέλεσμα ταχύτερη ανύψωση της πίεσεως και χαρακτηριστικό θόρυβο.
- ✓ Έχουμε αυξημένες απώλειες ψύξεως και επομένως μειωμένο έργο και βαθμό αποδόσεως.
- ✓ Μπορεί να έχουμε λειτουργία του κινητήρα μετά τη διακοπή της ηλεκτρικής εναύσεως οπότε υνεχιζόμενη Πυρανάφλεξη (Run-on).
- ✓ Ευνοείται από την υψηλή ταχύτητα περιστροφής και την αύξηση της σχέσης συμπίεσης

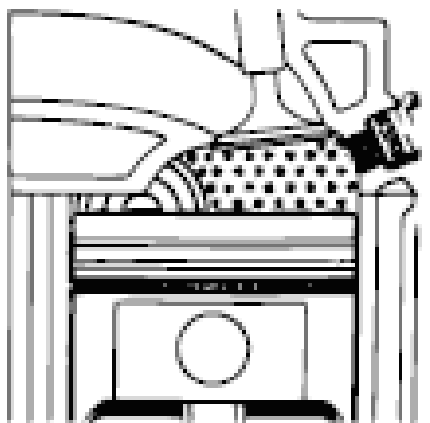
- Η ακαριαία καύση ολόκληρου του μέχρι της στιγμής εκείνης ακούστου μέρους του μείγματος.
- Αύξηση της μετάδοσης θερμότητας στα τοιχώματα και μείωση ισχύος έως 50%.
- Η καύση οδηγεί σε αύξηση της πίεσης P και αυτό οδηγεί σε συμπίεση του άκαυστου μείγματος και την αυτανάφλεξη του.
- Η κρουστική καύση εξαρτάται από το καύσιμο και τις συνθήκες.
- Ευνοείται η εμφάνιση της από τη χαμηλή ταχύτητα περιστροφής και την αύξηση της σχέσης συμπίεσης.
- Η πυρανάφλεξη, να οδηγήσει, υπό πολύ δυσμενείς συνθήκες σε κρουστική καύση, οπότε έχουμε την λεγόμενη Κρουστική Πυρανάφλεξη (Wild Ping).

# ΠΥΡΑΝΑΦΛΕΞΗ

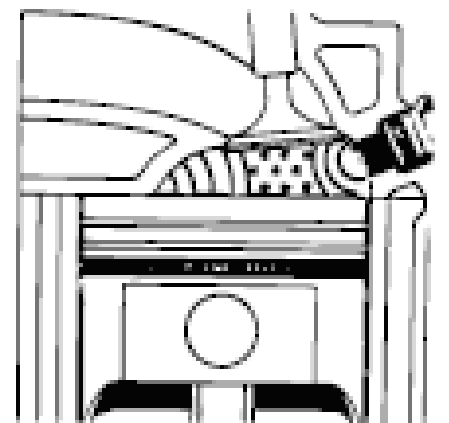
*Ignited by hot deposit.*



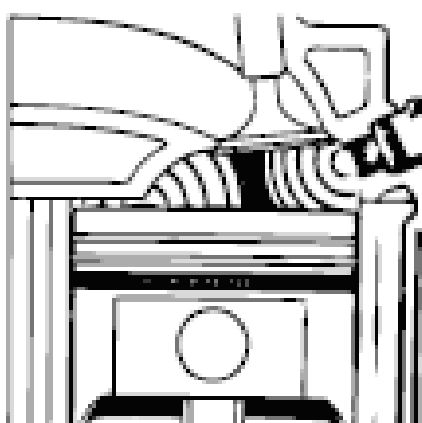
*regular ignition spark.*



*ignites remaining fuel.*

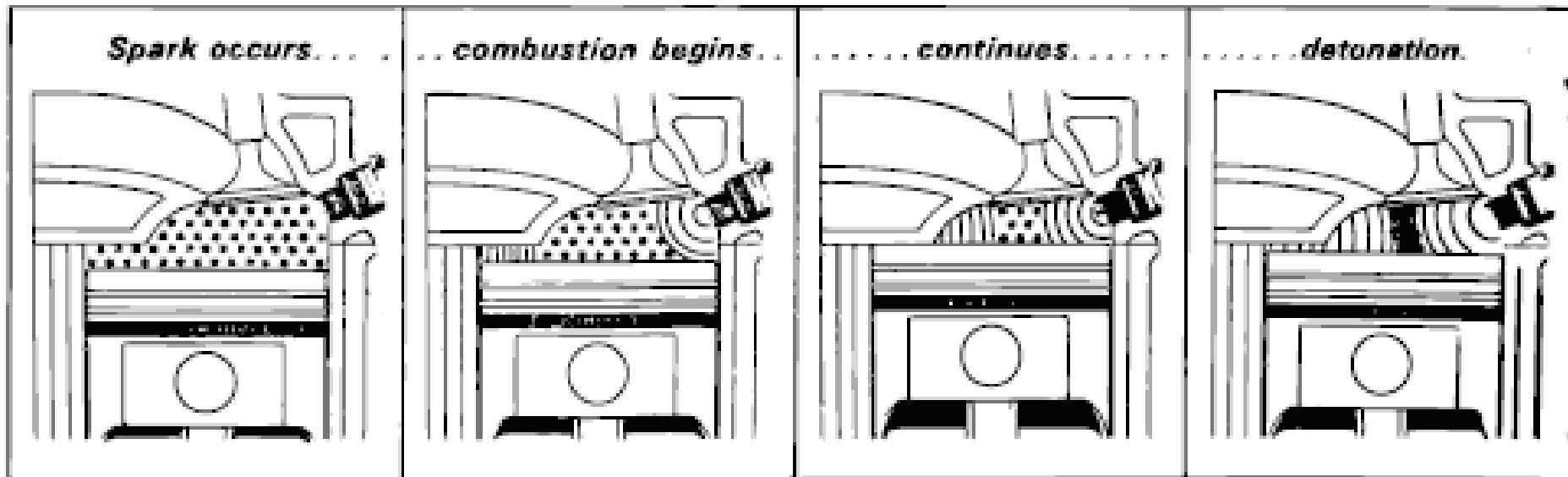


*flame fronts collide.*

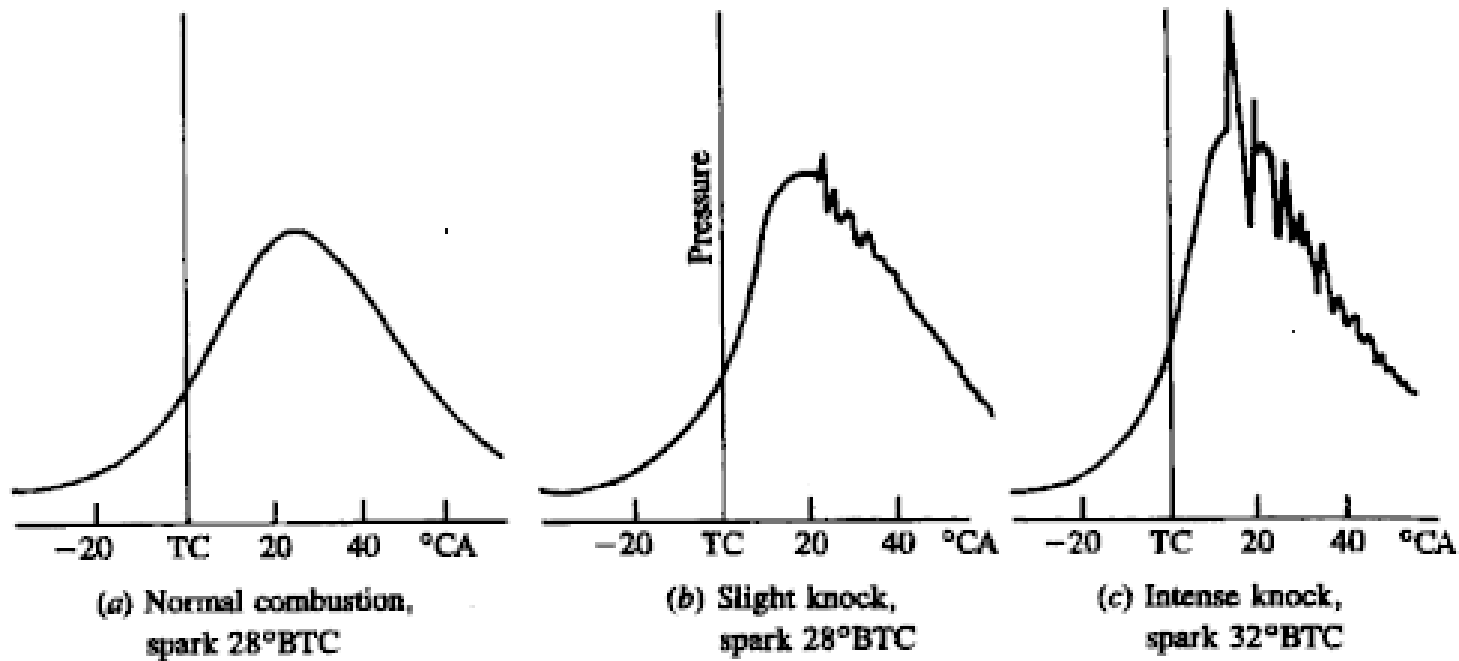


# ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΚΑΥΣΗ (Knocking)

- Μακριά από το σπινθήρα. Ενίοτε καίγεται όλο το μείγμα
- Μεγάλη ταχύτητα  $w_f$  1500÷2000m/s.
- Μεγάλη αύξηση  $p_{max}$  με κύματα κρούσης (ηχητικό αποτέλεσμα)



# ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΚΑΥΣΗ: ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΥΣΗΣ



## Βελτίωση της Κρουστικής Αντοχής των Καυσίμων

### Βελτίωση Ιδιοτήτων:

Ανάμειξη με αλκοόλες, αιθέρες και βενζόλιο (όμως έχουν την τάση πυρανόφλεξης) είτε με προσθήκη Αντικρουστικών που επιδρούν στις προαντιδράσεις επιβραδύνοντάς τες.

### Σημερινή Τάση:

Αντικατάσταση αυτών με αμόλυβδη βενζίνη  
Αύξηση αντικρουστικής αντοχής στο διυλιστήριο με επεξεργασία είτε με ανάμειξη με βενζόλιο ή Οξυγονούχες οργανικές ενώσεις  
π.χ. Μεθανόλη, Αιθανόλη

Περιορισμοί: Όρια διότι οι αρωματικές καρκινογόνοι οξυγονούχες είναι υγροσκοπικές.

## Αποτροπή

- Χαμηλή θερμοκρασία άναυστου μείγματος
- Ταχεία εξάπλωση φλόγας.

## Αυτό επιτυγχάνεται με:

- Περιορισμό σχέσης συμπίεσης  $\epsilon$
- Απλή και συγκεντρωτική μορφή θαλάμου. Σπινθηριστής σε κεντρική θέση.
- Μικρό μέγεθος θαλάμου (καλή ψύξη μικρή διαδρομή φλόγας)
- Μείωση φορτίου βοηθά (στραγγαλισμός)
- Καλή απόπλυση
- Καλή ψύξη
- Αύξηση ταχύτητας περιστροφής ( $w_f \uparrow$ )
- Μέγιστος κίνδυνος για  $\lambda=1$
- Μείωση προπορείας σπινθηρισμού
- Άμεσο ψεκασμό καυσίμου

# ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΚΑΥΣΗ: ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΚΤΑΝΙΟΥ

- ✓ Εκφράζει την αντικρουστική ικανότητα καυσίμων.
- ✓ ON ορισμός: % σε ισοοκάνιο πρότυπου μείγματος κανονικού επτανίου και ισοοκάνιο που έχει την ίδια αντικρουστική ικανότητα με το καύσιμο.
- ✓ Κανονισμός: CFR (Co-operative fuel research committee)
- ✓ CFR: Δύο μέθοδοι
  - RON (Research) ευνοϊκές συνθήκες .
  - MON (Motor) Δυσχερές συνθήκες
- ✓ Χρησιμοποιείται ο RON
- ✓ Η διαφορά RON – MON = ευαισθησία καυσίμου.
- ✓ Τυπικές τιμές 5÷10
- ✓ Εξέλιξη:  
ΗΠΑ απλή 55(1925) 92(1960) 93(1965)  
ΗΠΑ Σούπερ 70( » ) 92( » ) 100( » )
- ✓ Υγρά: Βενζόλιο MON=115, Μεθανόλη RON=106, Αιθανόλη RON=107
- ✓ Αέρια: Μεθάνιο RON=120, Προπάνιο=125, Υγραέριο>100
- ✓ Για υψηλές απαιτήσεις (π.χ. αεροπορικοί κινητήρες) Χρησιμοποιείται άλλη κλίμακα.
- ✓ Για κινητήρα: Octane Requirement.



## ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΘΑΛΑΜΟΥ ΚΑΥΣΗΣ

- a. Υψηλή Συγκέντρωση Ισχύος. (καλή πλήρωση)
- b. Εξάλειψη κινδύνου κρουστικής καύσης.
- c. Μικρή εκπομπή ρυπαντών.

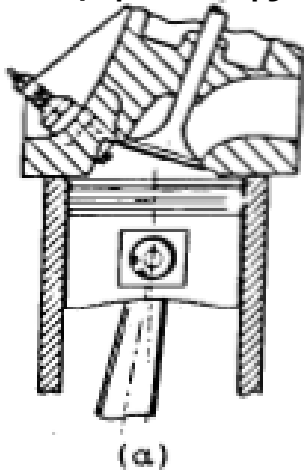
## Είδη Θαλάμων Κάυσης

### Συμβατικός θάλαμος

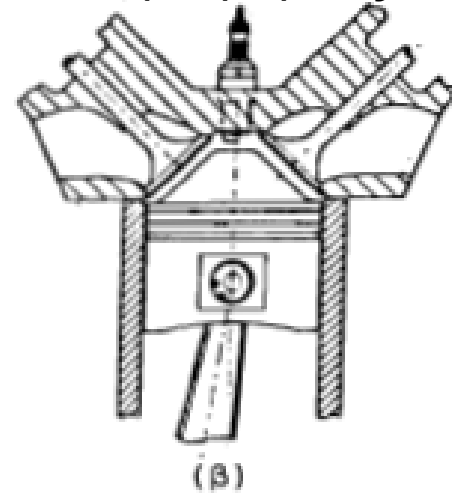
- Σφηνοειδής
- Ημισφαιρικός
- Θάλαμος καύσης στο έμβολο
- Θάλαμος καύσης στη κεφαλή

# ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΘΑΛΑΜΩΝ ΚΑΥΣΗΣ

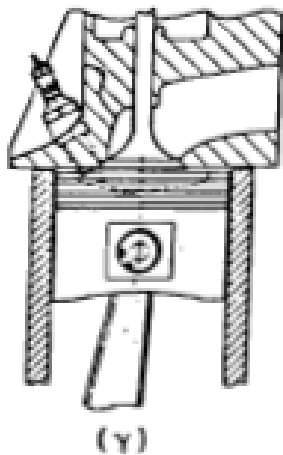
Σφηνοειδής



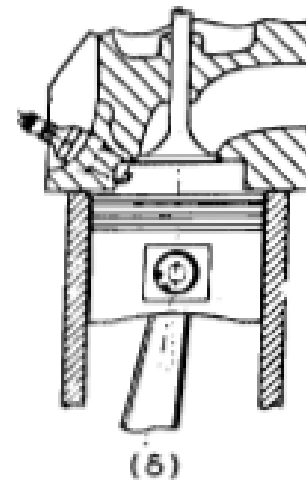
Ημισφαιρικός



Κοιλ. Εμβόλου



Κοιλ. Κεφαλής



## Σύγχρονη Τάση

- Θάλαμοι καύσεως με επικεφαλείς βαλβίδες.
- Ο σπινθηριστής τοποθετείται πλησίον της θερμής βαλβίδας εξαγωγής.
- Συμπαγής μορφή.
- Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στη σωστή πλήρωση του κυλίνδρου με αύξηση της διατομής της βαλβίδας εισαγωγής.

## ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΣΤΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΓΟΜΩΣΗΣ

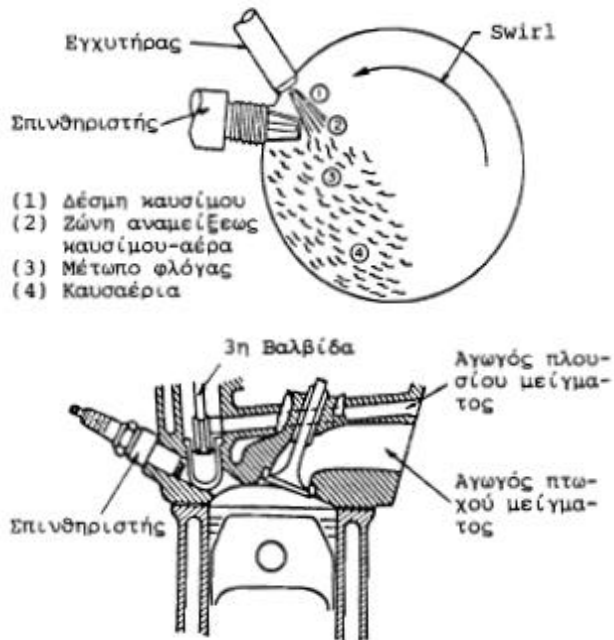
- ✓ Διαφέρουν σημαντικά από τους κλασσικούς otto.
- ✓ Μείγμα πλουσιότερο γύρω από τον σπινθηριστή ( για αρχική έναυση) και φτωχότερο μακριά απ' αυτού (λα~1,5)
- ✓ Ρύθμιση Ισχύος:
  - Ποιοτική κατά το πρότυπο των Diesel μόνο με ρύθμιση της παροχής καυσίμου.
  - Αποφυγή πεταλούδας και άρα των απωλειών ροής
- ✓ Τρόποι Δημιουργίας Στρωματικής Γόμωσης:
  - Άμεση έγχυση στο τέλος της συμπίεσης . TCCS Texaco
  - Είτε με έμμεση έγχυση: CVCC Honda με τη χρήση τρίτης βαλβίδας που ελέγχει την παροχή πλούσιου μείγματος ενώ η κύρια ελέγχει την παροχή φτωχού μείγματος.

# ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΘΑΛΑΜΩΝ ΚΑΥΣΗΣ

## Στρωματική Γόμωση

Κοντά στο σπινθηριστή  $\lambda \sim 1$

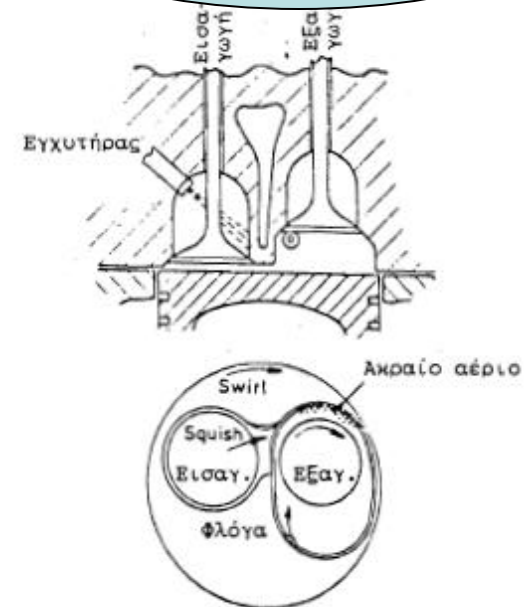
Μακριά από σπινθηριστή  $\lambda > 1$



## Φτωχού Μείγματος

$\lambda > 1$

Απαιτεί μεγάλη κίνηση μείγματος δηλ. υψηλή τύρβη



## Πλεονεκτήματα

- α) Χαμηλότερη εκπομπές ρύπων
- β) Καλλίτερος βαθμός απόδοσης, ιδίως στα χαμηλά φορτά

## Μειονεκτήματα

- α) Μείωση συγκέντρωσης ισχύος, ιδίως σε υψηλά φορτία και στροφές.
- β) Δαπανηρή κατασκευή.

Δεν γνώρισαν τόσο μεγάλη επιτυχία.