

*DENSO*

# ΜΠΟΥΖΙ

Ανακαλύψτε την τεχνολογία της  
DENSO



Driven by  
**Quality**

## Η DENSO Aftermarket Europe αποτελεί μέρος της DENSO Corporation, ενός από τους τρεις κορυφαίους κατασκευαστές προηγμένης τεχνολογίας, συστημάτων και εξαρτημάτων αυτοκινήτων σε όλο τον κόσμο.

Η DENSO ιδρύθηκε το 1949 και είναι πρωτοπόρος σε προϊόντα ποιότητας για την αυτοκινητοβιομηχανία, προμηθεύοντας ένα τεράστιο φάσμα γνήσιου εξοπλισμού σε όλους τους μεγάλους κατασκευαστές αυτοκινήτων στον κόσμο. Στην πραγματικότητα, θα βρείτε τα αρχικά εξαρτήματα της DENSO σε εννέα στα δέκα αυτοκίνητα στο δρόμο.

Είμαστε εξίσου υπερήφανοι γιατί φέρνουμε αυτή τη μοναδική εμπειρία στην ανεξάρτητη αγορά aftermarket. Οι τεχνολογικά προηγμένες σειρές προϊόντων επιλέγονται ειδικά για διανομείς και τελικούς χρήστες και διαθέτουν τις ίδιες προδιαγραφές με τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται από τους κατασκευαστές για τον εξοπλισμό πρώτης τοποθέτησης (OEM).

Τα μπουζί είναι ένα μία από τις βασικές εξειδικεύσεις της DENSO. Με τη συνεχή αφοσίωση στην έρευνα και την ανάπτυξη, έχουμε παράγει μερικές από τις σημαντικότερες καινοτομίες του κλάδου, συμπεριλαμβανομένης της τεχνολογίας U-groove, της μικρότερης ακίδας iridium στον κόσμο και των πρώτων προεξεχόντων ηλεκτροδίων γείωσης. Ως κύριος χορηγός και τεχνικός συνεργάτης της Toyota Gazoo WEC, της Volvo Cyan WTCC, της Toyota WRC, της Subaru WRT και άλλων ομάδων μηχανοκίνητων αθλημάτων, γνωρίζουμε επίσης την υψηλή απόδοση και χρησιμοποιούμε αυτήν την εμπειρία για να ανανεώσουμε τις σειρές μας iridium και αγωνιστικών μπουζί.

Για ένα μπουζί που ταιριάζει σε κάθε εφαρμογή και ανάγκη οδήγησης, μπορείτε να βασιστείτε στο DENSO.



### Συντάκτης

Wouter Knol – DENSO Aftermarket Application Engineer

### Συνεργάτες

Peter Coombes – Τεχνικός Συντάκτης

Gilbert Couvert – DENSO Aftermarket Product Manager

# Περιεχόμενα

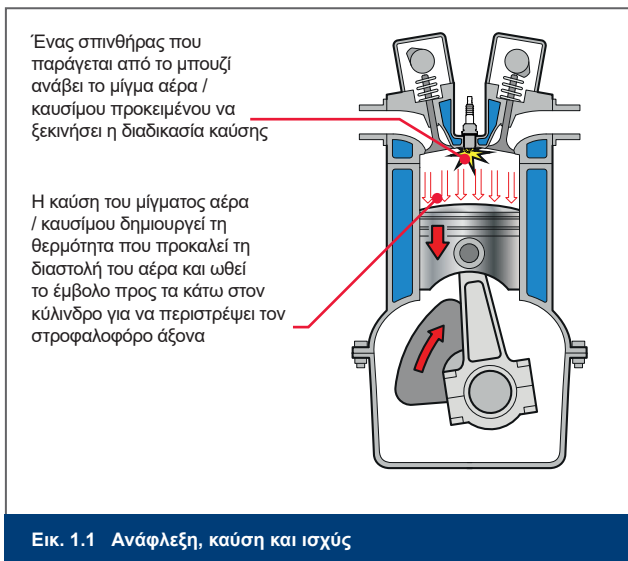
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΜΠΟΥΖΙ.....	2
1.1.	Μπουζί: ένα κρίσιμο εξάρτημα της διαδικασίας καύσης .....	2
1.2.	Απαιτήσεις λειτουργίας για τα σύγχρονα μπουζί .....	3
1.3.	Διαφορετικά μπουζί για διαφορετικούς κινητήρες.....	4
2.	4-ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ.....	6
2.1.	Ο 4-χρονος κύκλος: εισαγωγή, συμπίεση, έναυση, εξαγωγή .....	6
3.	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗ .....	8
3.1.	Σκοπός του συστήματος ανάφλεξης.....	8
3.2.	Η εισαγωγή του πολλαπλασιαστή .....	8
3.3.	Πολλαπλασιαστές: μετατροπή χαμηλής τάσης σε υψηλή τάση .....	9
3.4.	Χρόνος φόρτισης πηνίου και περίοδος αναμονής.....	11
3.5.	Χρονισμός ανάφλεξης: παροχή σπινθήρα τη σωστή στιγμή .....	12
4.	ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ.....	16
4.1.	Βασικό σύστημα μηχανικής ανάφλεξης .....	16
4.2.	Τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης .....	20
4.3.	Σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης.....	21
5.	Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΩΣ .....	24
5.1.	Η καύση καυσίμου και οξυγόνου .....	24
5.2.	Επίτευξη καλής καύσης.....	26
5.3.	Αιτίες και προβλήματα φτωχής καύσης .....	27
5.4.	Ρυπαντές και επιβλαβείς εκπομπές που δημιουργούνται κατά την καύση .....	29
5.5.	Μείωση των εκπομπών και βελτίωση της οικονομίας καυσίμου.....	30
6.	ΜΠΟΥΖΙ.....	32
6.1.	Το κλειδί για την καύση.....	32
6.2.	Απαιτήσεις απόδοσης .....	32
6.3.	Δομή μπουζί.....	33
6.4.	Ηλεκτρικός σπινθήρας και απαιτούμενη τάση σπινθήρα.....	35
6.5.	Συνθήκες λειτουργίας που επηρεάζουν την τάση του μπουζί.....	36
6.6.	Εύρος θερμότητας .....	39
6.7.	Σβήσιμο της φλόγας που επηρεάζει την παραγωγή και την αύξηση της ανάφλεξης .....	41
7.	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ DENSO: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΜΠΟΥΖΙ .....	42
7.1.	Ανάπτυξη DENSO .....	42
7.2.	Υλικά ηλεκτροδίων .....	43
7.3.	Υλικά πυρήνα .....	44
7.4.	Ηλεκτρόδιο γείωσης .....	45
7.5.	Άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα μπουζί DENSO.....	47
7.6.	Μελλοντικές τάσεις .....	48
8.	ΓΚΑΜΑ DENSO .....	50
8.1.	Άμεση εφαρμογή .....	50
8.2.	Twin Tip .....	52
8.3.	Iridium Power .....	53
8.4.	Iridium Racing .....	54
9.	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΤΕ ΤΑ ΜΠΟΥΖΙ ΣΑΣ .....	56
9.1.	Γιατί να αναβαθμίσετε τα μπουζί; .....	56
9.2.	Ισχύς εξόδου .....	57
9.3.	Οικονομία καυσίμων και εκπομπές .....	58
9.4.	Ομαλό ρελαντί, αστοχίες ανάφλεξης και εκκίνηση .....	59
9.5.	Αυτοκίνητα με CNG και LPG .....	60
9.6.	Συντονισμός και αγώνες.....	61
10.	ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....	62
10.1.	Συχνές ερωτήσεις.....	62
10.2.	Σωστή εγκατάσταση των μπουζί .....	64
10.3.	Αντιμετώπιση προβλημάτων .....	65

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΜΠΟΥΖΙ

## 1.1 Μπουζί: ένα κρίσιμο εξάρτημα της διαδικασίας καύσης

### Μηχανές εσωτερικής καύσης: δημιουργία θερμότητας για παραγωγή ενέργειας

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης παράγουν ενέργεια εξαντλώντας την ενέργεια που παράγεται όταν ο αέρας στους κυλίνδρους θερμαίνεται από την καύση του καυσίμου. Η θερμότητα προκαλεί την ταχεία διόγκωση του αέρα, ο οποίος αναγκάζει το έμβολο να κινηθεί κατά μήκος των κυλίνδρων και στη συνέχεια να περιστρέψει τον στροφαλοφόρο άξονα (Εικ. 1.1).



Συνεπώς, η διαδικασία καύσης είναι ένα από τα σημαντικότερα βήματα του κύκλου λειτουργίας του κινητήρα. Εάν η καύση δεν είναι αποτελεσματική, ο κινητήρας δεν παράγει την απαιτούμενη ισχύ. Εκτός αυτού, η ανεπαρκής καύση θα δημιουργήσει υψηλά επίπεδα ρύπων και θα οδηγήσει σε υπερβολική κατανάλωση καυσίμου.

Για να επιτευχθεί αποτελεσματική καύση, ο αέρας στον κύλινδρο πρέπει να αναμιχθεί με μια μικρή ποσότητα καυσίμου σε συγκεκριμένη αναλογία. Στη συνέχεια το μείγμα συμπιέζεται εντός του κυλίνδρου με την κίνηση του εμβόλου, το οποίο συμπιέζει το μείγμα σε ένα μικρό χώρο, που αναφέρεται ως θάλαμος καύσης (βλ. κεφάλαιο 2).

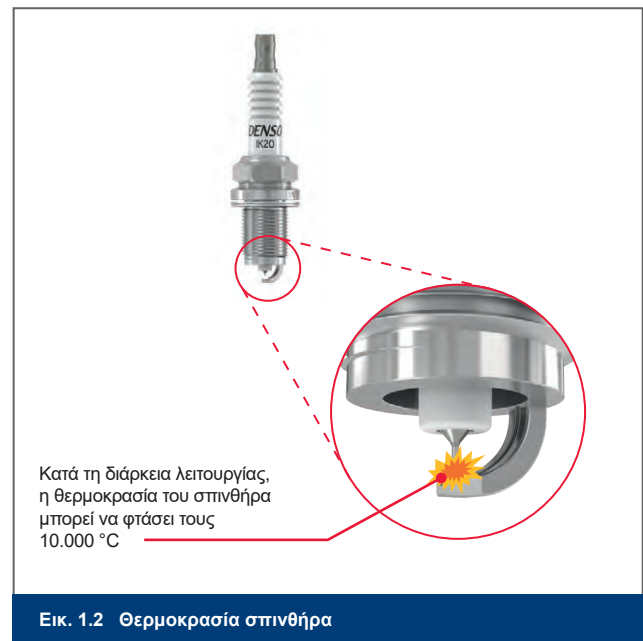
Η συμπίεση του μίγματος αέρα και καυσίμου δημιουργεί πράγματι θερμότητα αλλά αυτό δεν είναι αρκετό για την ανάφλεξη του μίγματος, επομένως χρειάζεται μια πρόσθετη πηγή θερμότητας για να ξεκινήσει η καύση. Η πρόσθετη θερμότητα παρέχεται με τη δημιουργία ενός σπινθήρα (ένα ζεστό ηλεκτρικό τόξο) χρησιμοποιώντας ένα μπουζί που βρίσκεται στην κατάλληλη θέση στον θάλαμο καύσης.

Ο αέρας στην ατμόσφαιρα (και επομένως στον κύλινδρο) αποτελείται από περίπου 78% άζωτο και περίπου 21% οξυγόνο μαζί με μικρά ποσοστά αργού, διοξειδίου του άνθρακα και ορισμένων άλλων αερίων.

Το καύσιμο (πετρέλαιο / βενζίνη) αποτελείται από υδρογόνο και άνθρακα. Κατά τη διαδικασία καύσης ή ανάφλεξης, η οποία απελευθερώνει την ενέργεια που αποθηκεύεται στο καύσιμο, πολλά από τα αέρια και τα στοιχεία στον αέρα και το καύσιμο αντιδρούν χημικά για να σχηματίσουν διαφορετικά αέρια. Συνεπώς, όταν αναφερόμαστε στην διαστολή του αέρα στον κύλινδρο, στην ουσία πρόκειται για επέκταση ενός μίγματος αερίων.

### Το μπουζί είναι το κρίσιμο εξάρτημα για τη διαδικασία καύσης

Μια συγκεκριμένη στιγμή, το σύστημα ανάφλεξης παράγει μια μικρή έκρηξη υψηλής τάσης στο μπουζί, που δημιουργεί τον σπινθήρα σε ένα μικρό κενό στο άκρο του μπουζί. Στο κέντρο ή τον πυρήνα (kernel) του σπινθήρα (Εικ. 1.2), η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει σύντομα ή ακόμα και να υπερβεί τους 10.000 °C, η οποία παρέχει επαρκή θερμότητα για να αναφλέξει ένα μικρό τμήμα του μίγματος που είναι δίπλα στο άκρο του μπουζί.



Αυτή η αρχική καύση παράγει τότε μια θερμή φλόγα που απλώνεται στο υπόλοιπο μίγμα δημιουργώντας έτσι καύση σε όλο το μίγμα πεπιεσμένου αέρα / καυσίμου στο θάλαμο καύσης.

Η θερμότητα που παράγεται από τη διαδικασία καύσης προκαλεί την εκτόνωση των συμπιεσμένων αερίων στον κύλινδρο και την ώθηση του εμβόλου κατά μήκος του κυλίνδρου. Ωστόσο, είναι το μπουζί που είναι το κρίσιμο εξάρτημα για τη δημιουργία της αρχικής υψηλής θερμοκρασίας που ξεκινά όλη τη διαδικασία καύσης.

1.1. Μπουζί: ένα κρίσιμο εξάρτημα της διαδικασίας καύσης	2
1.2. Απαιτήσεις λειτουργίας για τα σύγχρονα μπουζί	3
1.3. Διαφορετικά μπουζί για διαφορετικούς κινητήρες	4

## 1.2. Απαιτήσεις λειτουργίας για τα σύγχρονα μπουζί



### Θερμοκρασία

Αν και τα ηλεκτρόδια των μπουζί μπορεί αρχικά να εκτεθούν σε θερμοκρασίες μέχρι 10.000 °C, κατά τη διάρκεια της πολύ σύντομης περιόδου κατά την οποία παράγεται ο σπινθήρας, στην μεγαλύτερης διάρκειας διαδικασία καύσης, το περίβλημα του μπουζί και τα ηλεκτρόδια εκτίθενται σε θερμοκρασίες στην περιοχή των 3.000 °C. Υπάρχουν όμως και ταχείες μεταβολές στις θερμοκρασίες, όπως όταν μια ποσότητα φρέσκου αέρα εισέρχεται στον κύλινδρο κατά τη διάρκεια του βήματος εισαγωγής, η οποία έχει άμεση επίδραση ψύξης στο μπουζί που έχει μόλις εκτεθεί στις υψηλές θερμοκρασίες καύσης.

Εκτός από την πιθανότητα πρόκλησης ζημιάς στα ηλεκτρόδια και στο περίβλημα του μπουζί από τις υψηλές θερμοκρασίες, υπάρχει επίσης η πιθανότητα ένα τμήμα του μπουζί να παραμείνει τόσο καυτό ώστε να προκαλέσει προ-ανάφλεξη, ένα φαινόμενο που παρουσιάζεται όταν ένα καυτό σημείο στο μπουζί έχει ήδη αναφλέξει το μίγμα αέρα / καυσίμου πριν από την παραγωγή του σπινθήρα. Αυτή η πρόωρη ή προχωρημένη ανάφλεξη του μίγματος αέρα / καυσίμου δημιουργεί πρόωρη καύση, η οποία προκαλεί την άνοδο της πίεσης και την διόγκωση των αερίων πολύ σύντομα.

Η πρόωρη διόγκωση και η σχετική άνοδος της πίεσης θα προσπαθήσουν στη συνέχεια να ωθήσουν το έμβολο προς τα κάτω στον κύλινδρο πριν το έμβολο φτάσει στην κορυφή του βήματος συμπίεσης (βλ. κεφάλαιο 5.3).

### Αξιοπιστία και ανθεκτικότητα

Ανεξάρτητα από το σχεδιασμό του κινητήρα, η περιοχή εντός του κυλίνδρου, όπου λαμβάνει χώρα η καύση, δημιουργεί ένα πολύ «εχθρικό» περιβάλλον. Το μπουζί πρέπει να παρέχει έναν σπινθήρα υψηλής θερμοκρασίας για την ανάφλεξη του μείγματος αέρα / καυσίμου και πρέπει να είναι σε θέση να συνεχίσει να παρέχει ένα σπινθήρα για χιλιάδες χιλιόμετρα και πολλά εκατομμύρια κύκλους καύσης.

### Τάση και σπινθήρας

Ο πρωταρχικός σκοπός του μπουζί είναι να κάνει χρήση υψηλής τάσης για να παράγει έναν πολύ γρήγορο θερμό έντονο σπινθήρα. Οι τάσεις κυμαίνονται συνήθως από 10 χιλιάδες έως 40 χιλιάδες volt (10 kV έως 40 kV), ωστόσο σήμερα οι στόχοι προσβλέπουν σε τάσεις 45 kV και υψηλότερες. Συνεπώς, η κατασκευή του μπουζί πρέπει να περιλαμβάνει καλή μόνωση μεταξύ των διαφόρων εξαρτημάτων του, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η υψηλή τάση δεν θα διαφύγει ή θα βραχυκυκλωθεί σε άλλα εξαρτήματα.

**Πίεση**

Κατά την καύση μπορούν να δημιουργηθούν υψηλές πιέσεις γύρω στα 50 bar ή περισσότερο, αν και αυτές οι πιέσεις μπορεί να είναι πολύ υψηλότερες σε μερικούς κινητήρες υψηλής απόδοσης.

Συνεπώς, πρέπει να υπάρχει καλή μόνωση της πίεσης ανάμεσα στο περίβλημα του μπουζί και τον κινητήρα. Όμως, η κατασκευή του μπουζί πρέπει επίσης να περιλαμβάνει εσωτερική στεγανοποίηση για να εμποδίζεται η διέλευση των καυσαερίων και των αερίων υψηλής πίεσης μεταξύ των διαφόρων εξαρτημάτων του (Εικ. 1.4). Εκτός από την απώλεια πίεσης, εάν κάποια αέρια είναι ικανά να περάσουν από το συγκρότημα του μπουζί, αυτό θα προκαλέσει ζημιά στα εξαρτήματα του μπουζί.

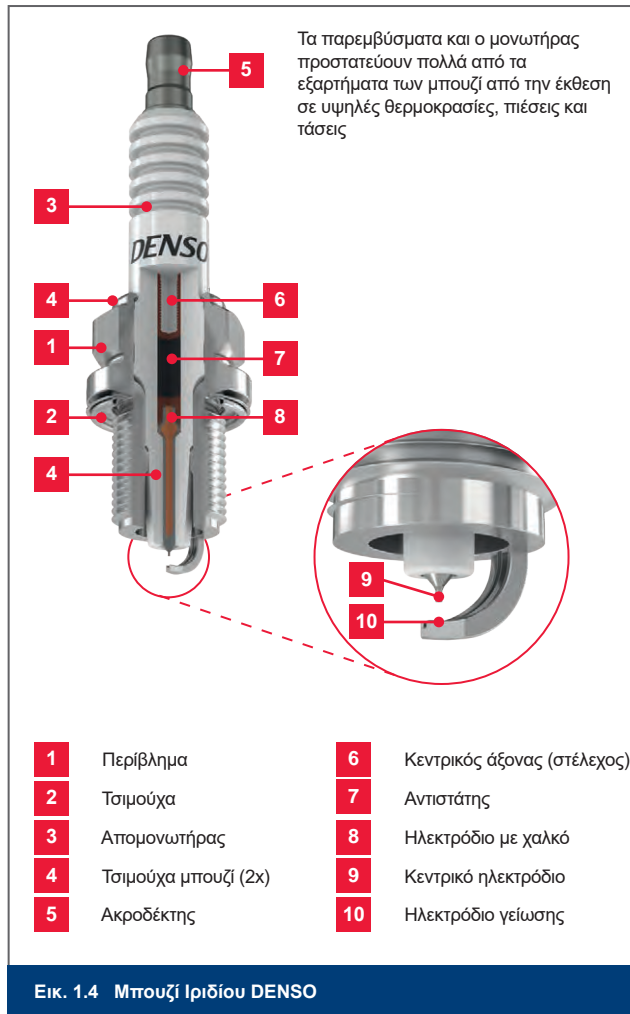
**Ρύπανση και απόθεση βρωμιάς**

Η διαδικασία καύσης παράγει πολλούς διαφορετικούς ρύπους, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων καύσης του καυσίμου και των αποθέσεων λαδιού που μπορεί να συγκεντρωθούν στο μπουζί και να επηρεάσουν την απόδοση. Επομένως, παρόλο που το μπουζί δεν πρέπει να είναι πολύ ζεστό, πρέπει να διατηρεί επαρκή θερμότητα για να καίει τους ρύπους και να αποτρέπει τη ρύπανση του μπουζί (βλ. Ενότητα 6.6).

**Συμπέρασμα**

Τα σημαντικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού των μπουζί είναι επομένως η ικανότητα να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και μεταβολές, μαζί με την ικανότητα να αντέχουν σε υψηλές πιέσεις. Ταυτόχρονα όμως το μπουζί πρέπει να λειτουργεί με υψηλές τάσεις για να παράγει ένα ζεστό σπινθήρα κάθε μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου για όλη τη διάρκεια ζωής του μπουζί.

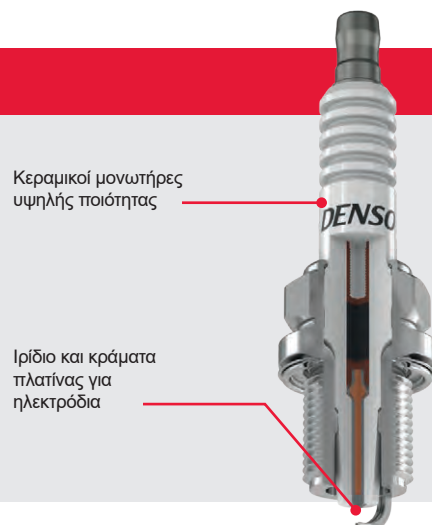
Για να αποφύγετε τις επιζήμιες επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών, το μπουζί πρέπει να μπορεί να διασκορπίσει ή να μεταφέρει τη θερμότητα μακριά από το μπουζί και μέσα από το περίβλημα του κινητήρα. Σημαντικό ωστόσο είναι το γεγονός ότι εάν περάσει ή διαχέεται πάρα πολύ θερμότητα από το μπουζί, αυτό μπορεί στη συνέχεια να μειώσει τη θερμοκρασία του σπινθήρα και να προκαλέσει κακή ανάφλεξη και καύση. Επιπλέον, εάν διαχυθεί υπερβολική ποσότητα θερμότητας, το μπουζί μπορεί να μην είναι σε θέση να κάψει τους ρύπους.



**DENSO HIGHLIGHT**

**Η χρήση πολύτιμων μετάλλων και ειδικών υλικών**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα μπουζί DENSO (όπως οι ειδικοί κεραμικοί μονωτήρες υψηλής ποιότητας και τα πολύτιμα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στα κράματα ιριδίου και πλατίνας για τα ηλεκτρόδια) μπορούν να αντέξουν τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες στον κινητήρα και στον θάλαμο καύσης, καθιστώντας τα μπουζί DENSO ένα από τα πιο ανθεκτικά στην αγορά.



**1.3. Διαφορετικά μπουζί για διαφορετικούς κινητήρες**

Οι διαφορετικές διαμορφώσεις του κινητήρα απαιτούν αναπόφευκτα διαφορετικά μεγέθη μπουζί που μπορεί να διαφέρουν και στις συνολικές διαστάσεις. Η τάση για στενά μπουζί για εφαρμογές μοτοσικλετών ξεκίνησε πριν από πολλά χρόνια, αλλά οι σύγχρονοι κινητήρες μειωμένων διαστάσεων των αυτοκινήτων είναι πλέον εξοπλισμένοι με αυτά τα στενά μπουζί που πρέπει να αντέξουν ακόμα και τις ίδιες «εξθρικές» συνθήκες λειτουργίας.

Υπάρχουν πολλά άλλα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά των μπουζί που μπορούν να επηρεαστούν από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας σε κινητήρες διαφορετικού σχεδίου. Οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις στο πλαίσιο των διαφορετικών σχεδιασμών του θαλάμου καύσης καθώς και η χρήση υψηλότερων τάσεων επηρεάζουν το σχεδιασμό ενός μπουζί. Με τη συνεχή εστίαση στη μείωση των εκπομπών, ο σχεδιασμός των μπουζί συνεχώς εξελίσσεται προκειμένου να ανταποκρίνεται στις αυστηρότερες απαιτήσεις που επιβάλλονται σε κάθε νέα γενιά κινητήρων.



Εικ. 1.5 Μπουζί Ιριδίου DENSO

Τα πολλά διαφορετικά σχέδια κινητήρων θα απαιτούσαν θεωρητικά πολλά διαφορετικά μπουζί με συγκεκριμένες απαιτήσεις και προδιαγραφές. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας προηγμένα χαρακτηριστικά σχεδίασης, η DENSO είναι σε θέση να παράγει μια σχετικά μικρή σειρά μπουζί που μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για πολλούς διαφορετικούς τύπους κινητήρων. Προηγμένα μπουζί με υψηλότερες προδιαγραφές μπορούν να αντικαταστήσουν πολλά μπουζί χαμηλότερων προδιαγραφών.

Ένα προηγμένο χαρακτηριστικό σχεδιασμού της DENSO είναι η χρήση του ιριδίου, το οποίο επιτρέπει την παραγωγή των μπουζί DENSO Iridium με εξαιρετικά λεπτά κεντρικά ηλεκτρόδια (διαμέτρου 0,4 mm) (Εικ. 1.5).

Τα ηλεκτρόδια ιριδίου επιτρέπουν μικρότερα διάκενα μπουζί και χαμηλότερες τάσεις σε σύγκριση με τη χρήση μπουζί με λιγότερο προηγμένη σχεδίαση. Εκτός από την υψηλότερη αντοχή και τη χαμηλή ηλεκτρική αντίσταση σε σύγκριση με τα πιο συμβατικά υλικά ηλεκτροδίων, το ιρίδιο μπορεί να αντέξει υψηλότερες θερμοκρασίες και συνεπώς είναι πιο ανθεκτικό.

Η χρήση ηλεκτροδίων ιριδίου καθώς και άλλων σχεδιαστικών χαρακτηριστικών των μπουζί καλύπτονται λεπτομερώς στα κεφάλαια 6, 7 και 8.

## DENSO HIGHLIGHT

### Ένα μπουζί DENSO για κάθε κινητήρα

#### Μοναδικά μπουζί για τον εξοπλισμό πρώτης τοποθέτησης (OEM)

Κατά την ανάπτυξη ενός κινητήρα, οι κατασκευαστές επιλέγουν για τον εξοπλισμό πρώτης τοποθέτησης (OEM) το μπουζί με βάση τις απαιτήσεις τους. Ωστόσο, με συγκεκριμένες απαιτήσεις για τον εν λόγω συγκεκριμένο κινητήρα, οι κατασκευαστές OEM έχουν διαφορετικές ανάγκες από ότι η αγορά aftermarket.

#### Για τους κατασκευαστές OEM, τα οφέλη ενός μοναδικού μπουζί περιλαμβάνουν:

- > Ένα μπουζί με απόδοση τουλάχιστον στις ελάχιστες απαιτήσεις
- > Ένα μπουζί που αποδίδει για ένα αποδεκτό διάστημα αντικατάστασης
- > Ένα μοναδικό μπουζί είναι συνήθως το αποτέλεσμα της επίτευξης ελάχιστων απαιτήσεων απόδοσης και ανθεκτικότητας με το χαμηλότερο κόστος.

Ένα μοναδικό μπουζί προϋποθέτει πρόσθετο κόστος ανάπτυξης, αλλά οι παραγόμενες ποσότητες είναι συχνά αρκετά μεγάλες για να αντισταθμίσουν αυτό το επιπλέον κόστος.

Στην Ανεξάρτητη Αγορά Aftermarket (IAM), ορισμένοι κατασκευαστές μπουζί χρησιμοποιούν αυτά τα οφέλη για να διαθέσουν στην αγορά τα δικά τους μοναδικά μπουζί ως μπουζί πρώτης τοποθέτησης. Για παράδειγμα, η DENSO παράγει μπουζί που έχουν ακριβώς τις ίδιες προδιαγραφές με το εργοστασιακό μπουζί.

Ωστόσο, για να προσφέρει μια πλήρη γκάμα που θα ταιριάζει σε κάθε αυτοκίνητο, θα χρειαζόταν 400+ μπουζί.

#### Η εναλλακτική λύση της DENSO

Για να μειωθεί αυτός ο αριθμός, η DENSO προσφέρει μια εναλλακτική λύση: παρέχοντας ένα μπουζί aftermarket που έχει υψηλότερη απόδοση από το εργοστασιακό, η DENSO μπορεί να αντικαταστήσει πολλούς διαφορετικούς τύπους μπουζί που συχνά έχουν μόνο μικρές διαφορές. Για παράδειγμα, η γκάμα μπουζί υψηλής απόδοσης τύπου «DENSO Twin Tip» απαιτεί μόνο 35 κωδικούς για να καλύψει το 90% των κυκλοφορούντων αυτοκινήτων. Για να επιτευχθεί αυτό, έχουν αναπτυχθεί μπουζί υψηλής απόδοσης με μοναδικά μικρής διαμέτρου και ανθεκτικά στη φθορά ηλεκτρόδια.

#### Συμπέρασμα

Η σειρά Twin Tip αναπτύσσεται από την οπτική γωνία της αγοράς aftermarket (IAM) και διαθέτει προηγμένη τεχνολογία που καλύπτει τις προδιαγραφές πολλών τύπων μπουζί. Είναι ισοδύναμο και συχνά υπερέχει των μπουζί OEM και επιτρέπει στην αγορά aftermarket (IAM) να εδραιώσει τη γκάμα των μπουζί.

Μπουζί Νικελίου



Μπουζί Platinum



Μπουζί Ιριδίου



Μπουζί SIP



Μπουζί Νικελίου TT



Μπουζί Ιριδίου TT



# 2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 4-ΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ

## 2.1. Ο 4-χρονος κύκλος: εισαγωγή, συμπίεση, ανάφλεξη, εξαγωγή

Αναπτύχθηκε από τον N. Otto το 1876, ο 4-χρονος κινητήρας, επίσης γνωστός ως κινητήρας Otto ή κινητήρας Spark Ignited (SI), βασίζεται στον κύκλο 4 διαδικασιών, όπως η εισαγωγή, η συμπίεση, η ανάφλεξη και η εξαγωγή.

### (1) Χρόνος εισαγωγής

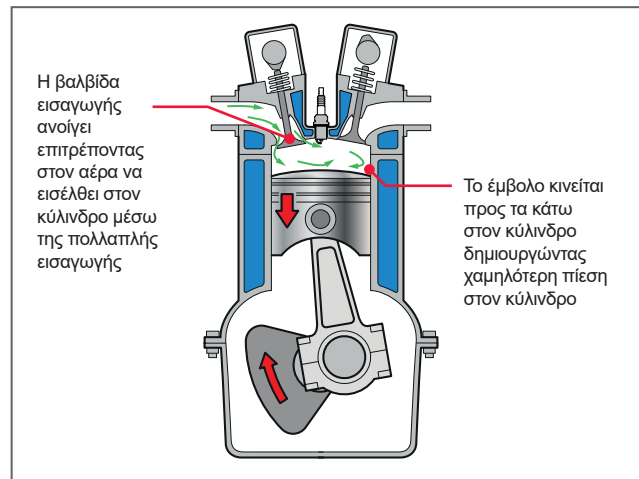
Κατά τη διάρκεια του πρώτου χρόνου, το έμβολο κινείται προς τα κάτω στον κύλινδρο (Εικ. 2.1), πράγμα που δημιουργεί πίεση χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική πίεση, και επειδή η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοιχτή, ο αέρας έξω από τον κύλινδρο (ο οποίος βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση) θα ρεύσει προς την κατώτερη πίεση στον κύλινδρο. Στην πραγματικότητα, η κίνηση του εμβόλου δημιουργεί μια αναρρόφηση (ή διαφορά πίεσης) που ρουφάει τον αέρα μέσα.

Όταν τοποθετούνται στροβιλοσυμπιεστές ή υπερσυμπιεστές, ο αέρας είναι συμπιεσμένος και ωθεί ακόμη περισσότερο αέρα μέσω της πολλαπλής εισαγωγής στον κύλινδρο.

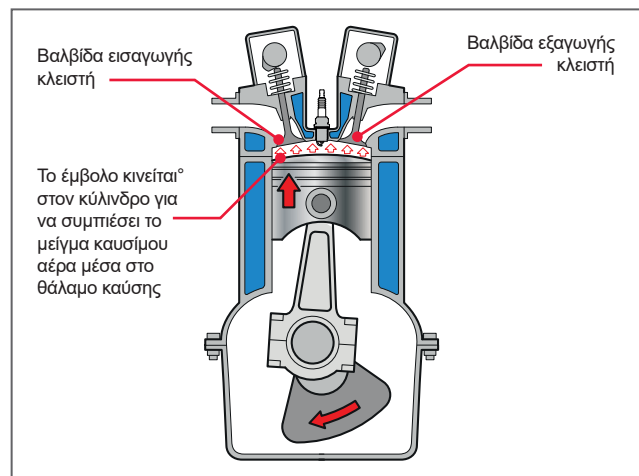
Για τους περισσότερους κινητήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα, η απαιτούμενη μικρή ποσότητα καυσίμου θα αναμιχθεί με τον αέρα με έγχυση του καυσίμου στην πολλαπλή εισαγωγής κατά τη διάρκεια ή, μερικές φορές, λίγο πριν την εισαγωγή. Ωστόσο, μερικοί σύγχρονοι κινητήρες διαθέτουν άμεση έγχυση καυσίμου, όπου το καύσιμο ψεκάζεται απευθείας στον κύλινδρο κατά τη διάρκεια του χρόνου εισαγωγής ή (κατά τη διάρκεια ορισμένων συνθηκών λειτουργίας του κινητήρα) το καύσιμο μπορεί να ψεκαστεί στα αρχικά στάδια του χρόνου συμπίεσης.

### (2) Χρόνος συμπίεσης

Κατά τη διάρκεια του 2ου χρόνου (Εικ. 2.2), η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει σφραγίζοντας έτσι τον κύλινδρο και αποτρέποντας τυχόν διαφυγή αέρα ή πίεσης. Το έμβολο ανεβαίνει στον κύλινδρο, ο οποίος συμπιέζει το μίγμα αέρα και καυσίμου στο 1/10 περίπου του αρχικού του όγκου (το μέγεθος της συμπίεσης εξαρτάται από τον σχεδιασμό του κινητήρα). Επομένως, η πίεση στον κύλινδρο θα είναι θεωρητικά κατά 10 φορές η ατμοσφαιρική πίεση (10 bar) ή υπό ορισμένες συνθήκες ακόμη περισσότερο, εάν ο κινητήρας είναι υπερσυμπιεσμένος ή υπερτροφοδοτούμενος.



Εικ. 2.1 Εισαγωγή



Εικ. 2.2 Χρόνος συμπίεσης



### (3) Χρόνος ανάφλεξης (χρόνος καύσης ή ισχύος)

Κατά τη διάρκεια του 3ου χρόνου (Εικ. 2.3), η καύση του μίγματος αέρα / καυσίμου δημιουργεί τη θερμότητα που προκαλεί τη διαστολή του αέρα και ωθεί το έμβολο προς τα κάτω στον κύλινδρο, πράγμα που παράγει αποτελεσματικά την ισχύ για την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Σε αντίθεση με τους κινητήρες ντίζελ που έχουν πολύ υψηλότερη σχέση συμπίεσης, ο χρόνος συμπίεσης θερμαίνει το μίγμα αέρα / καυσίμου, αλλά αυτό δεν είναι αρκετό για την ανάφλεξή του. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται ένα μπουζί για να δημιουργήσει έναν σπινθήρα που παρέχει την απαιτούμενη θερμότητα για να ξεκινήσει η διαδικασία καύσης.

Θεωρητικά, ο σπινθήρας πρέπει να δημιουργηθεί ακριβώς την στιγμή που το έμβολο φτάνει στην κορυφή του κυλίνδρου (Άνω Νεκρό Σημείο ή ΑΝΣ) όταν το έμβολο είναι έτοιμο να κινηθεί ξανά προς τα κάτω στον κύλινδρο. Αλλά επειδή το μίγμα μπορεί να χρειαστεί λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου για να αναφλεγεί και να καεί εντελώς (και στη συνέχεια να δημιουργήσει την υψηλή πίεση στον κύλινδρο), είναι απαραίτητο να αρχίσει η διαδικασία καύσης ελαφρώς νωρίτερα ή πιο πριν όταν στην ουσία απαιτείται η θερμότητα και η διαστολή. Συνεπώς, το μπουζί παρέχει συνήθως τον σπινθήρα για την έναρξη της καύσης ενώ το έμβολο πλησιάζει ακόμη στο ΑΝΣ στο τέλος του χρόνου συμπίεσης (βλ. Ενότητα 4.3).

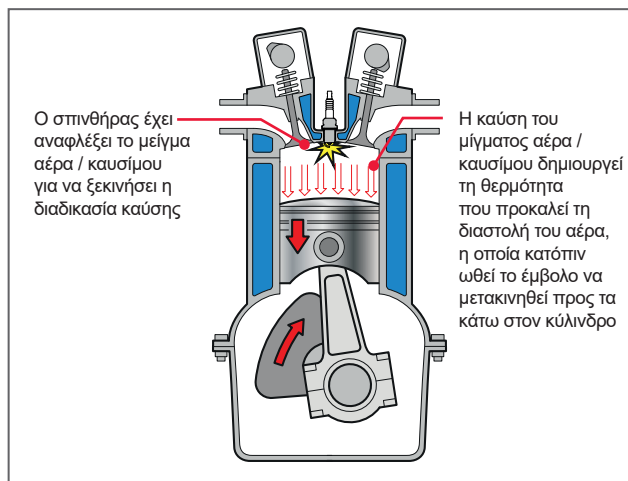
Αυτός ο χρόνος προπορείας για τον σπινθήρα και η έναρξη της καύσης επιτρέπει στη συνέχεια να λάβει χώρα η υπόλοιπη διαδικασία καύσης, βαθμιαία αλλά γρήγορα, και να παρέχει τη θερμότητα που απαιτείται για τη διαστολή των αερίων στον κύλινδρο.

Αν και συνήθως αναφερόμαστε σε αυτό το βήμα ως χρόνο ανάφλεξης, μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως χρόνος καύσης ή χρόνος ισχύος, επειδή κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου το μίγμα αέρα / καυσίμου καίγεται και παράγει την ισχύ που ωθεί τον κύλινδρο προς τα κάτω και παρέχεται η ισχύς στον κινητήρα.

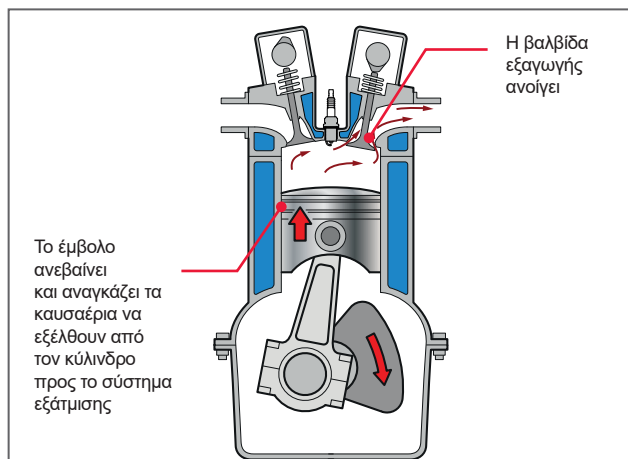
### (4) Χρόνος εξαγωγής

Κατά τη διάρκεια της 4ης διαδρομής (Σχήμα 2.4), η βαλβίδα εξαγωγής είναι ανοιχτή και η συνεχής περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα κινεί το έμβολο προς τα επάνω στον κύλινδρο, πράγμα που αναγκάζει τα καυσαέρια να κινηθούν από τον κύλινδρο προς το σύστημα εξαγωγής.

Μετά τον 4ο χρόνο, η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει και ο τετράχρονος κύκλος μπορεί να ξεκινήσει και πάλι με το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής και ένα νέο φορτίο αέρα και καυσίμου να εισέλθει στον κύλινδρο σε έναν καινούργιο χρόνο εισαγωγής.



Εικ. 2.3 Χρόνος ανάφλεξης / ισχύος



Εικ. 2.4 Χρόνος εξαγωγής

## Εναλλακτικοί κινητήρες εσωτερικής καύσης

Οι περισσότεροι κινητήρες αυτοκινήτων λειτουργούν με τον τετράχρονο κύκλο, αλλά μερικοί κινητήρες λειτουργούν με 2-χρονο κύκλο ή με περιστροφικό κύκλου τύπου Wankel. Παρόλο που υπάρχουν λειτουργικές διαφορές, όλοι βασίζονται στη συμπίεση ενός μίγματος αέρα / καυσίμου, το οποίο αναφλέγεται χρησιμοποιώντας ένα μπουζί και την αύξηση της πίεσης για την παραγωγή περιστροφικής ισχύος.

# 3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗ

## 3.1. Σκοπός του συστήματος ανάφλεξης

### Αξιοπιστία, μεγάλα διαστήματα συντήρησης, συμβολή στη μείωση των εκπομπών

Τα συστήματα ανάφλεξης έχουν εξελιχθεί όλα αυτά τα χρόνια από τα μάλλον βασικά μηχανικά συστήματα έως τα ηλεκτρονικά συστήματα υψηλής τεχνολογίας που μπορεί κανείς να βρει στα σύγχρονα αυτοκίνητα. Αν και οι σύγχρονοι κινητήρες λειτουργούν με υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις καύσης, με μειωμένα μείγματα αέρα / καυσίμου και υψηλότερες στροφές κινητήρα, οι βελτιώσεις στο σχεδιασμό του συστήματος ανάφλεξης αυξάνουν συνεχώς την αξιοπιστία, την οικονομία καυσίμου, τα διαστήματα συντήρησης και την απόδοση του κινητήρα. Ωστόσο, τα σύγχρονα συστήματα ανάφλεξης πρέπει επίσης να ανταποκρίνονται στην αυξημένη ζήτηση καθαρότερων εκπομπών.

### Δύο πρωταρχικοί στόχοι

Τα συστήματα ανάφλεξης πρέπει να έχουν δύο βασικούς στόχους:

- (1) Παραγωγή της υψηλής τάσης για έναν σπινθήρα
- (2) Την ακριβώς κατάλληλη στιγμή.

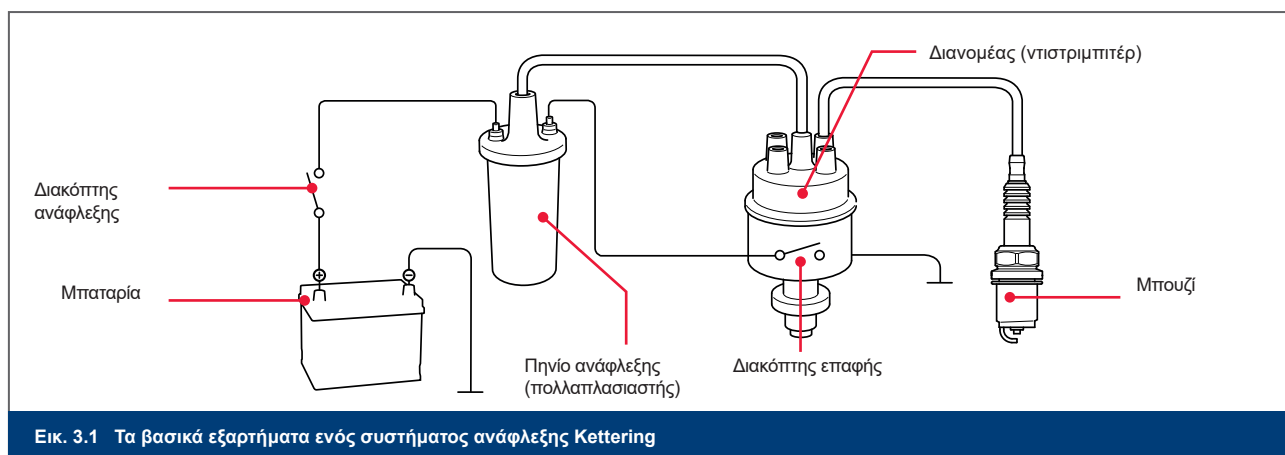
## 3.2. Η εισαγωγή του πολλαπλασιαστή

Με ελάχιστες εξαιρέσεις, τα συστήματα ανάφλεξης στους σύγχρονους βενζινοκινητήρες αυτοκινήτου και μοτοσικλέτας λειτουργούν με τη χρήση πολλαπλασιαστών για τη δημιουργία της υψηλής τάσης που απαιτείται για την παραγωγή σπινθήρων στο μπουζί. Από τη δεκαετία του '70, τα συστήματα ανάφλεξης έχουν αλλάξει σημαντικά λόγω της χρήσης ηλεκτρονικών μερών, αλλά ακόμη και τα σύγχρονα συστήματα ανάφλεξης με πολλαπλασιαστή αποτελούν σαφώς μια εξέλιξη των αρχικών συστημάτων ανάφλεξης με πολλαπλασιαστή που εισήχθησαν πριν από περισσότερα από 100 χρόνια.

Η εφεύρεση του συστήματος ανάφλεξης που βασίζεται σε πηνία οφείλεται στον Αμερικανό εφευρέτη Charles Kettering που ανέπτυξε ένα σύστημα ανάφλεξης με πολλαπλασιαστή που είχε αρχικά τοποθετηθεί στα οχήματα της Cadillac γύρω στο 1910/1911. Η χρήση ενός αποτελεσματικού συστήματος ανάφλεξης με πολλαπλασιαστή κατέστη δυνατή χάρη στη χρήση μιας μπαταρίας που επίσης παρείχε ηλεκτρική ισχύ σε ένα βηματικό μοτέρ (το οποίο στην πραγματικότητα αναπτύχθηκε επίσης από την Kettering για το Cadillac). Η μπαταρία, η γεννήτρια και ένα πληρέστερο ηλεκτρικό σύστημα του οχήματος παρείχαν σχετικά σταθερή τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος στον πολλαπλασιαστή.

Το σύστημα Kettering (Εικ. 3.1) χρησιμοποίησε ένα απλό πηνίο ανάφλεξης για να παράσχει την υψηλή τάση που στη συνέχεια μεταφερόταν στα μπουζί για όλους τους κυλίνδρους. Η υψηλή τάση από τον πολλαπλασιαστή πέρασε στο βραχίονα ενός ρότορα ο οποίος μετέδιδε αποτελεσματικά την υψηλή τάση σε μια σειρά ηλεκτρικών επαφών που βρισκόταν στο συγκρότημα διανομέα (ντιστριμπιτέρ) (μία επαφή για κάθε κύλινδρο). Αυτές οι επαφές συνδεόταν με καλώδια στα μπουζί σε μια ακολουθία που κατέστησε εφικτή τη διανομή της υψηλής τάσης στα μπουζί στη σωστή σειρά έναυσης των κυλίνδρων.

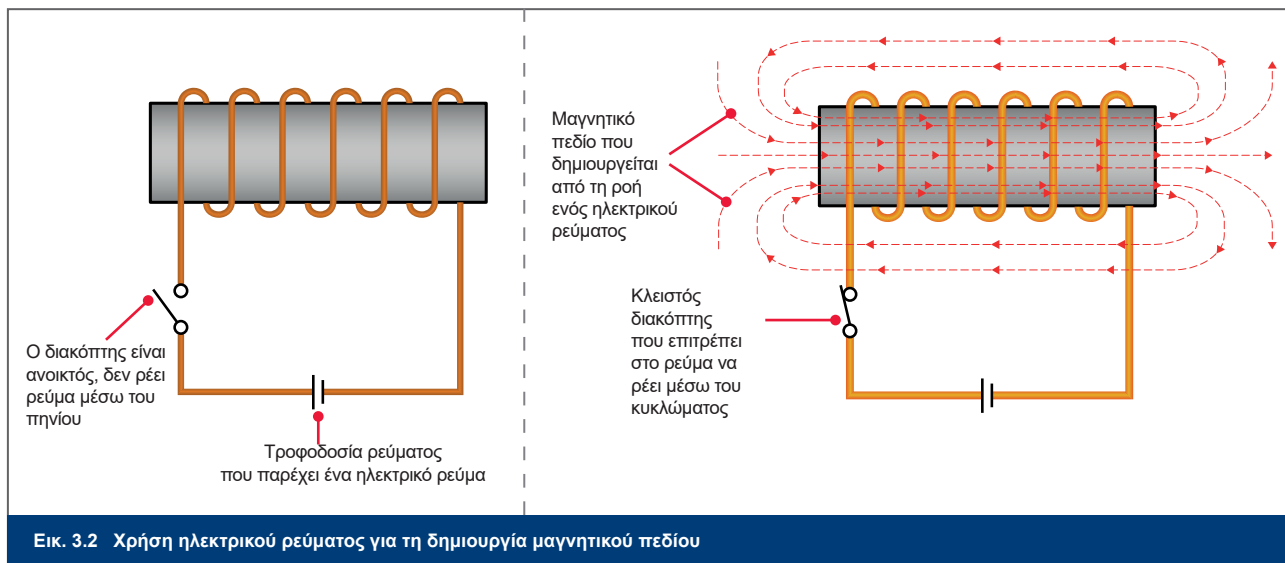
Το σύστημα ανάφλεξης Kettering προοδευτικά έγινε σχεδόν ο μοναδικός τύπος συστήματος ανάφλεξης που χρησιμοποιήθηκε για αυτοκίνητα ντίζελ / βενζίνης μαζικής παραγωγής έως ότου τα συστήματα ανάφλεξης με ηλεκτρονική μεταγωγή και έλεγχο άρχισαν να αντικαθιστούν τα μηχανικά συστήματα ανάφλεξης στη δεκαετία του '70 και του '80. (Βλ. Ενότητα 4.1).



Εικ. 3.1 Τα βασικά εξαρτήματα ενός συστήματος ανάφλεξης Kettering

3.1. Σκοπός του συστήματος ανάφλεξης	8
3.2. Η εισαγωγή του πηνίου ανάφλεξης	8
3.3. Πολλαπλασιαστές: μετατροπή χαμηλής τάσης σε υψηλή τάση	9
3.4. Χρόνος φόρτισης πηνίου και περίοδος αναμονής	11
3.5. Χρονισμός ανάφλεξης: παροχή σπινθήρα τη σωστή στιγμή	12

### 3.3. Πολλαπλασιαστές: μετατροπή χαμηλής τάσης σε υψηλή τάση



Εικ. 3.2 Χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου

Για να είναι σε θέση να παράγουν τις απαιτούμενες υψηλές τάσεις, τα πηνία ανάφλεξης κάνουν χρήση των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού.

#### Χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρικό ρεύμα για να δημιουργήσουν ένα μαγνητικό πεδίο

Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσω ενός ηλεκτρικού αγωγού όπως ένα πηνίο σύρματος, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από το πηνίο (Εικ. 3.2). Το μαγνητικό πεδίο (ή πιο συγκεκριμένα η μαγνητική ροή) αποτελεί στην ουσία μια «αποθήκη ενέργειας» που μπορεί στη συνέχεια να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια.

Όταν ενεργοποιείται αρχικά το ηλεκτρικό ρεύμα, η ροή ρεύματος προοδευτικά αλλά γρήγορα αυξάνεται στη μέγιστη τιμή του. Ταυτόχρονα, το μαγνητικό πεδίο ή η ροή θα αυξηθεί προοδευτικά στη μέγιστη ισχύ του και θα σταθεροποιηθεί όταν το ηλεκτρικό ρεύμα είναι σταθερό. Όταν σε αυτό το σημείο το ηλεκτρικό ρεύμα απενεργοποιείται, το μαγνητικό πεδίο θα συρρικνωθεί ξανά προς το σπείρωμα του σύρματος.

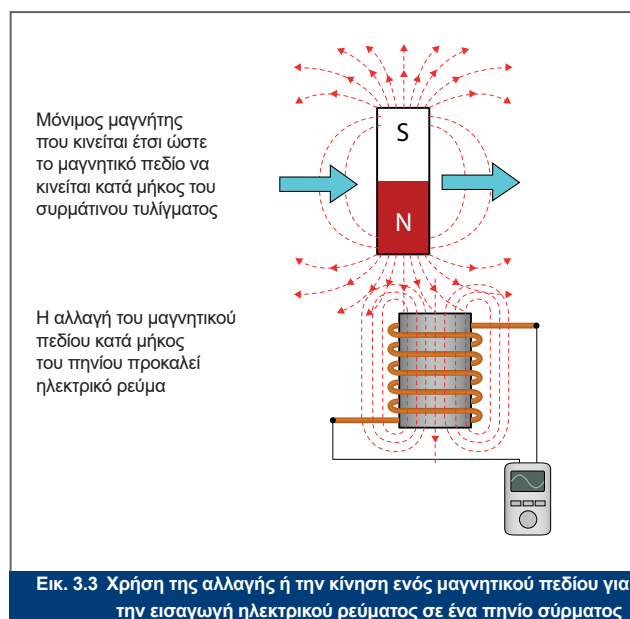
Υπάρχουν δύο βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ισχύ του μαγνητικού πεδίου:

- (1) Αυξάνοντας το ρεύμα στο πηνίο, αυξάνεται η ισχύς του μαγνητικού πεδίου.
- (2) Αυξάνοντας τον αριθμό των περιελίξεων στο πηνίο, αυξάνεται η ισχύς του μαγνητικού πεδίου.

#### Χρήση ενός μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου για την επαγωγή ηλεκτρικού ρεύματος

Εάν ένα πηνίο σύρματος εκτεθεί σε μαγνητικό πεδίο και το μαγνητικό πεδίο αλλάξει (ή κινείται), δημιουργεί ένα ηλεκτρικό ρεύμα στο συμμάτινο πηνίο. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως «επαγωγή».

Ένα απλό παράδειγμα αλλαγής μαγνητικού πεδίου γύρω από ένα πηνίο σύρματος είναι η μετακίνηση μόνιμου μαγνήτη κατά μήκος του πηνίου. Η κίνηση ή η αλλαγή στο μαγνητικό πεδίο, η μαγνητική ροή προκαλεί ένα ηλεκτρικό ρεύμα στο σύρμα πηνίου (Εικ. 3.3).



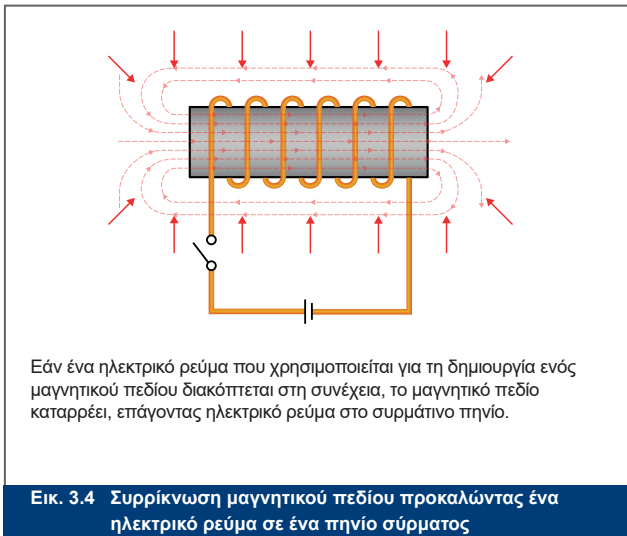
Εικ. 3.3 Χρήση της αλλαγής ή την κίνηση ενός μαγνητικού πεδίου για την εισαγωγή ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα πηνίο σύρματος

Υπάρχουν δύο κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν πόση τάση προκαλείται στο πηνίο:

- (1) Όσο ταχύτερη είναι η αλλαγή (ή η ταχύτητα κίνησης) του μαγνητικού πεδίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η μεταβολή της ισχύος του μαγνητικού πεδίου, συνεπώς μεγαλύτερη και η επαγόμενη τάση.
- (2) Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των περιελίξεων στο πηνίο, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επαγόμενη τάση.

#### Χρήση ενός μαγνητικού πεδίου που αλλάζει ή συρρικνώνεται για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος

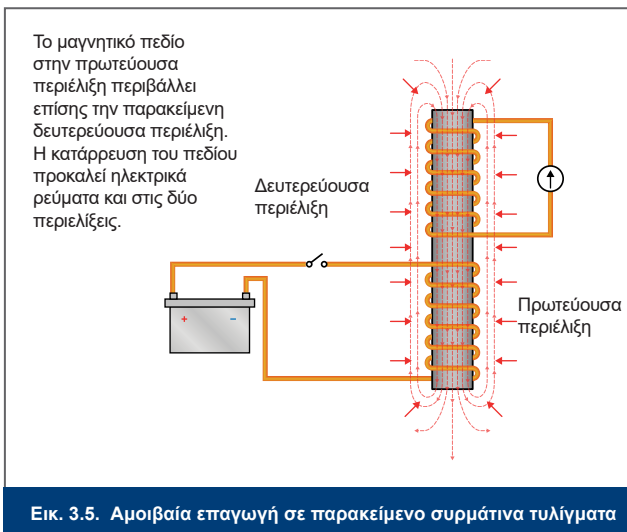
Όταν δημιουργηθεί ένα μαγνητικό πεδίο εφαρμόζοντας ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα πηνίο, οποιαδήποτε αλλαγή στο ηλεκτρικό ρεύμα (αύξηση ή μείωση της ροής ρεύματος) δημιουργεί τότε την ίδια αλλαγή στο μαγνητικό πεδίο. Αν το ηλεκτρικό ρεύμα διακοπεί, το μαγνητικό πεδίο θα αλλάξει γρήγορα, στην ουσία θα καταρρεύσει. Το καταρρέον μαγνητικό πεδίο τότε θα προκαλέσει ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο (Εικ. 3.4).



Με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο αυξάνεται η ταχύτητα κίνησης ενός μαγνητικού πεδίου κατά μήκος ενός συμμάτινου τυλίγματος, θα αυξηθεί η τάση που προκαλείται στο πηνίο. Εάν μπορεί να δημιουργηθεί μαγνητικό πεδίο που θα καταρρεύσει πιο γρήγορα, αυτό θα προκαλέσει υψηλότερη τάση. Επιπλέον, υψηλότερη τάση μπορεί να προκληθεί στο πηνίο αν αυξηθεί ο αριθμός περιελίξεων του πηνίου.

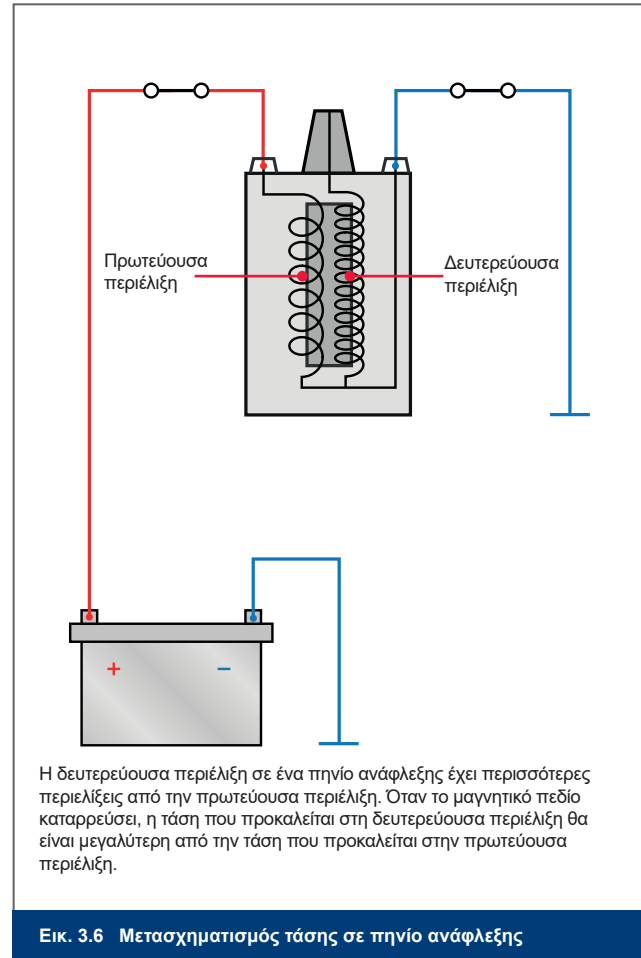
#### Αμοιβαία επαγωγή και δράση του μετασχηματιστή

Εάν δύο συμμάτινα πηνία τοποθετηθούν δίπλα ή το ένα γύρω από το άλλο και χρησιμοποιηθεί ηλεκτρικό ρεύμα για τη δημιουργία ενός μαγνητικού πεδίου γύρω από ένα πηνίο (το οποίο μπορούμε να ονομάσουμε πρωτεύουσα περιέλιξη), το μαγνητικό πεδίο θα περιβάλλει επίσης το δεύτερο πηνίο (ή δευτερεύουσα περιέλιξη). Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα είναι απενεργοποιημένο και το μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται ή καταρρέει, τότε αυτό προκαλεί τάση τόσο στην πρωτεύουσα όσο και στη δευτερεύουσα περιέλιξη, φαινόμενο που είναι γνωστό ως «αμοιβαία επαγωγή» (Εικ. 3.5).



Για πηνία ανάφλεξης (και πολλούς τύπους ηλεκτρικών μετασχηματιστών), η δευτερεύουσα περιέλιξη δημιουργείται με περισσότερες περιελίξεις από ότι η πρωτεύουσα περιέλιξη. Όταν το μαγνητικό πεδίο καταρρεύσει, θα προκαλέσει μια υψηλότερη τάση στη δευτερεύουσα περιέλιξη σε σύγκριση με την τάση που προκαλείται στην πρωτεύουσα περιέλιξη (Εικ. 3.6).

Η πρωτεύουσα περιέλιξη ενός πηνίου ανάφλεξης μπορεί τυπικά να περιέχει 150 έως 300 τυλίγματα σύρματος, αλλά η δευτερεύουσα περιέλιξη μπορεί τυπικά να περιέχει 15.000 έως 30.000 τυλίγματα σύρματος, περίπου 100 φορές μεγαλύτερη από την πρωτεύουσα περιέλιξη.



Το μαγνητικό πεδίο θα δημιουργηθεί αρχικά με την εφαρμογή περίπου 12 volt από το ηλεκτρικό σύστημα του οχήματος στην πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου ανάφλεξης. Όταν απαιτείται ένας σπινθήρας σε ένα μπουζί, το σύστημα ανάφλεξης θα απενεργοποιήσει τη ροή ρεύματος στην πρωτεύουσα περιέλιξη έτσι ώστε η ροή ρεύματος να σταματήσει απότομα, γεγονός που θα προκαλέσει την κατάρρευση του μαγνητικού πεδίου. Το συρρικνούμενο μαγνητικό πεδίο τότε θα προκαλέσει τάση στην πρωτεύουσα περιέλιξη στην περιοχή των 200 βολτ, αλλά η τάση που προκαλείται στη δευτερεύουσα περιέλιξη θα είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερη περίπου 20.000 βολτ.

Με τη χρήση των αποτελεσμάτων της αμοιβαίας επαγωγής και με τη χρήση δευτερεύουσας περιέλιξης που έχει 100 φορές περισσότερες περιελίξεις από την πρωτεύουσα περιέλιξη, είναι επομένως δυνατή η μετατροπή της αρχικής τροφοδοσίας 12 Volt σε πολύ υψηλή τάση, περίπου 20.000 Volt. Αυτή η διαδικασία μετατροπής της χαμηλής τάσης σε υψηλή τάση μπορεί να αναφέρεται ως «δράση μετασχηματιστή».

**Σε ένα πηνίο ανάφλεξης, οι κύριες και δευτερεύουσες περιελίξεις τυλίγονται γύρω από έναν πυρήνα σιδήρου, που συμβάλλει στη συγκέντρωση και ενίσχυση της ανοχής του μαγνητικού πεδίου και της ροής, καθιστώντας έτσι πιο αποτελεσματικό το πηνίο ανάφλεξης.**

### 3.4. Χρόνος φόρτισης πηνίου και περίοδος αναμονής

#### Χρόνος δημιουργίας ή φόρτισης του μαγνητικού πεδίου

Όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα εφαρμόζεται στην πρωτεύουσα περιέλιξη ενός πηνίου ανάφλεξης, θα χρειαστεί ένα σύντομο χρονικό διάστημα ώστε η ροή ρεύματος να φτάσει στο μέγιστο ρεύμα (ένταση). Αλλά επειδή η ισχύς του μαγνητικού πεδίου (ή της μαγνητικής ροής) που δημιουργείται γύρω από την περιέλιξη είναι άμεσα ανάλογη με την ροή ρεύματος, θα πάρει επίσης τον ίδιο χρόνο ώστε το μαγνητικό πεδίο να φτάσει στη μέγιστη ισχύ του. Όταν η ροή ρεύματος και το μαγνητικό πεδίο είναι στη μέγιστη τιμή τους, τότε το μαγνητικό πεδίο θα παραμείνει σταθερό.

Ο χρόνος που απαιτείται για την δημιουργία του μαγνητικού πεδίου στη μέγιστη ισχύ του αναφέρεται συχνά ως χρόνος φόρτισης για το πηνίο ανάφλεξης.

- (1) Εάν το ηλεκτρικό ρεύμα δεν εφαρμοστεί στην πρωτεύουσα περιέλιξη για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, το μαγνητικό πεδίο δεν θα φτάσει τη μέγιστη ισχύ του.
- (2) Αν το ρεύμα εφαρμόζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορεί να προκληθεί υπερθέρμανση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και της πρωτεύουσας περιέλιξης.

**Οι απαιτούμενοι χρόνοι φόρτισης ποικίλλουν ανάλογα με τους διαφορετικούς τύπους πηνίων ανάφλεξης, αλλά τυπικά κυμαίνονται από 4 χιλιοστά του δευτερολέπτου για πηνία ανάφλεξης παλαιότερων τύπων, έως περίπου 1,5 χιλιοστό του δευτερολέπτου για πολλούς σύγχρονους τύπους πηνίων.**

Η περίοδος κατά την οποία το σύστημα ανάφλεξης εφαρμόζει ηλεκτρικό ρεύμα στην πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου ανάφλεξης αναφέρεται συχνά ως «dwell period» (περίοδος παραμονής) ή «dwell time» (χρόνος παραμονής). Με σύγχρονα συστήματα ανάφλεξης, η περίοδος παραμονής ελέγχεται ηλεκτρονικά έτσι ώστε να υπάρχει πάντα αρκετός χρόνος για να φορτίσει πλήρως το πηνίο. Αλλά για τα παλαιότερα μηχανικά συστήματα ανάφλεξης, οι περιορισμοί του μηχανικού

διακόπτη επαφής που λειτουργούσε δημιούργησαν ένα πραγματικό χρόνο παραμονής, ο οποίος μειώθηκε καθώς οι στροφές του κινητήρα αυξήθηκαν. Επομένως στις υψηλότερες στροφές του κινητήρα, ο μειωμένος χρόνος παραμονής εμπόδιζε το μαγνητικό πεδίο να φτάσει σε πλήρη ισχύ.

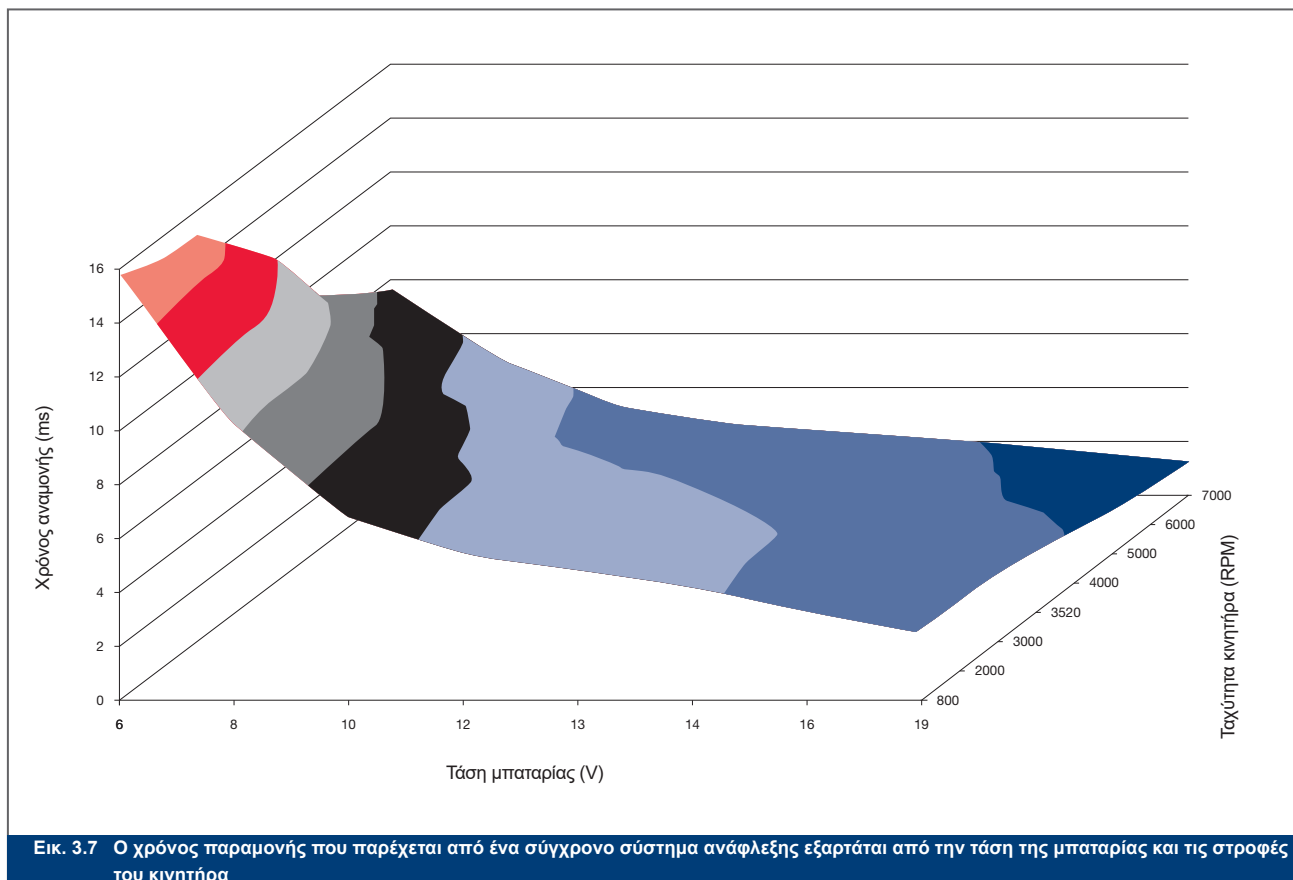
**Το πρόβλημα των μικρών χρόνων παραμονής για μηχανικά συστήματα ανάφλεξης εξηγείται στο κεφάλαιο 4.**

#### Αλλαγή τάσεων που επηρεάζουν τη φόρτιση του πηνίου και τον χρόνο παραμονής

Όπως συμβαίνει με οποιοδήποτε ηλεκτρικό κύκλωμα, η ροή ρεύματος θα αλλάξει με τυχόν αλλαγές στην τάση. Εάν αυξανόταν η τάση που παρέχεται από το ηλεκτρικό σύστημα του οχήματος στην πρωτεύουσα περιέλιξη, αυτό θα προκαλούσε την αύξηση της ροής του ρεύματος μέσω της πρωτεύουσας περιέλιξης. Μία αύξηση της ροής ρεύματος θα μειώσει τον απαιτούμενο χρόνο φόρτισης για το μαγνητικό πεδίο. Ωστόσο, η μείωση της ροής τάσης και ρεύματος θα αυξήσει τον απαιτούμενο χρόνο φόρτισης για να φτάσει το μαγνητικό πεδίο σε πλήρη ισχύ.

Μικρές αλλαγές τάσης στο ηλεκτρικό σύστημα του οχήματος παρατηρούνται τακτικά κατά την κανονική οδήγηση, αλλά μια σημαντική πτώση της τάσης μπορεί να παρουσιαστεί κατά την εκκίνηση του κινητήρα όταν η τάση της μπαταρίας μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Η χαμηλή τάση θα αυξήσει σημαντικά τον απαιτούμενο χρόνο φόρτισης του πηνίου, αλλά με τα σύγχρονα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα ανάφλεξης, ο χρόνος παραμονής μεταβάλλεται για να αντισταθμίσει τυχόν αυξήσεις ή μειώσεις της τάσης.

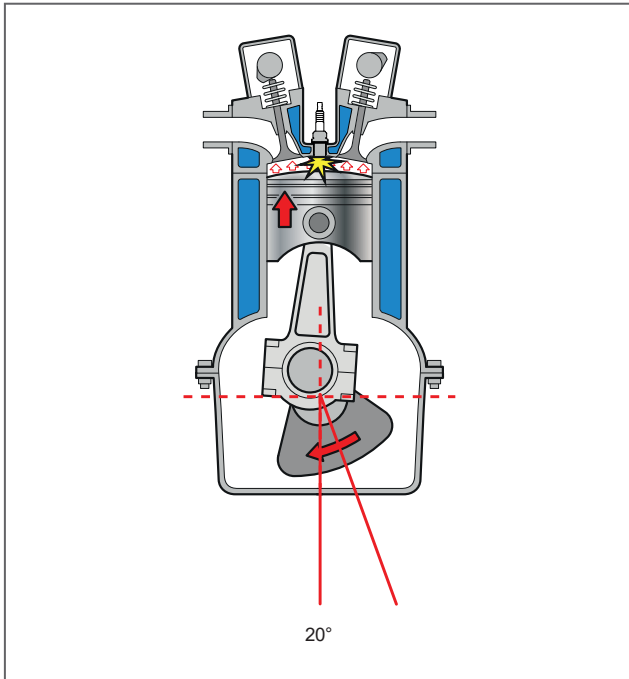
Η Εικ. 3.7 δείχνει τον τυπικό χρόνο παραμονής (σε χιλιοστά του δευτερολέπτου) που θα ήταν απαραίτητος με διαφορετικές τάσεις μπαταρίας και ταχύτητες κινητήρα για ένα σύγχρονο σύστημα ανάφλεξης.



Εικ. 3.7 Ο χρόνος παραμονής που παρέχεται από ένα σύγχρονο σύστημα ανάφλεξης εξαρτάται από την τάση της μπαταρίας και τις στροφές του κινητήρα

### 3.5. Χρονισμός ανάφλεξης: παροχή σπινθήρα τη σωστή στιγμή

Ο όρος «χρονισμός ανάφλεξης» χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει πότε παράγεται ο σπινθήρας στο μπουζί. Ο χρονισμός ανάφλεξης συνήθως αναφέρεται ως η γωνία περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα πριν το έμβολο φτάσει στην κορυφή του άνω νεκρού σημείου (ΑΝΣ) στο χρόνο συμπίεσης. Για παράδειγμα, η απεικόνιση στην Εικ. 3.8 δείχνει τη θέση του στροφαλοφόρου άξονα και του εμβόλου εάν ο χρονισμός ανάφλεξης εμφανίζεται σε 20° πριν από το TDC.



Εικ. 3.8 Χρονισμός ανάφλεξης που συμβαίνει στις 20° πριν από το Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ)

#### Παρέχοντας το χρόνο για (αβάνς) ανάφλεξη, καύση και αύξηση της πίεσης

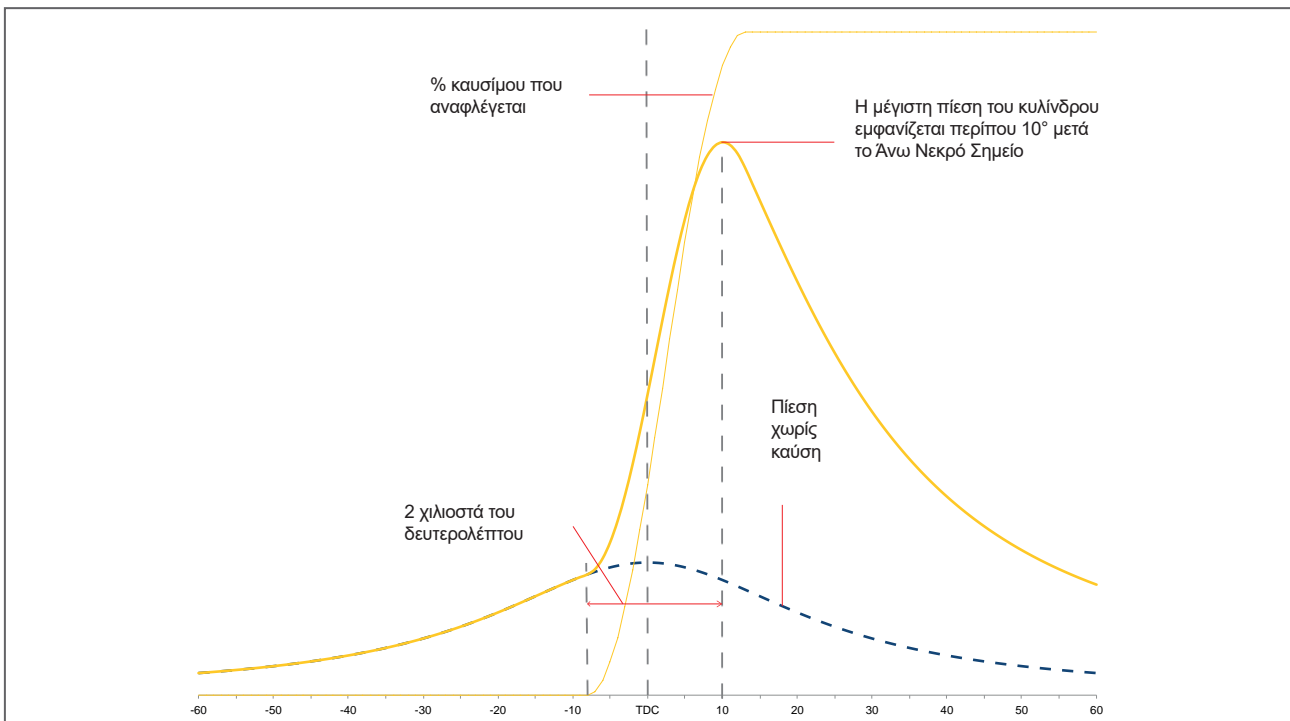
Ο κινητήρας γενικά απελευθερώνει τη μέγιστη ισχύ όταν η μέγιστη πίεση στον κύλινδρο εμφανίζεται περίπου 10° μετά το TDC (όταν το έμβολο έχει μόλις αρχίσει να κινείται προς τα κάτω στον κύλινδρο). Ωστόσο, ο χρόνος ανάφλεξης πρέπει να ρυθμιστεί εκ των προτέρων, όταν απαιτείται η μέγιστη πίεση, διότι υπάρχουν καθυστερήσεις μεταξύ της παραγωγής του σπινθήρα και της μέγιστης πίεσης του κυλίνδρου.

Η αρχική καθυστέρηση οφείλεται στην «προπορεία ανάφλεξης», η οποία είναι μια πολύ σύντομη περίοδος από τη στιγμή που παράγεται ο σπινθήρας μέχρι την έναρξη της καύσης του μίγματος αέρα / καυσίμου. Όμως, τότε χρειάζεται χρόνος για τη φλόγα που δημιουργείται στην αρχική καύση να εξαπλωθεί ή να διαδοθεί σε όλο το υπόλοιπο μίγμα, το οποίο στη συνέχεια θα καεί και θα παράγει τη θερμότητα για να διαστείλει τα αέρια.

Αυτές οι καθυστερήσεις μεταξύ της εμφάνισης του σπινθήρα και της μέγιστης πίεσης του κυλίνδρου μπορεί να κυμαίνονται στα 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Επομένως, ο σπινθήρας θα πρέπει να προκληθεί κατά προσέγγιση 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν την απαιτούμενη μέγιστη πίεση.

Ο ακριβής χρόνος ανάμεσα στην πρόκληση του σπινθήρα και τη μέγιστη πίεση του κυλίνδρου ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και τον σχεδιασμό του κινητήρα. Η αποδοτικότητα της καύσης είναι γενικά καλύτερη στις μεσαίες στροφές του κινητήρα, γεγονός που μειώνει τη συνολική περίοδο καθυστέρησης, αλλά οι μεταβολές στο φορτίο του κινητήρα και οι αναλογίες αέρα / καυσίμου καθώς και η χρήση της ανακυκλοφορίας καυσαερίων επηρεάζουν επίσης τις περιόδους καθυστέρησης.

Η Εικ. 3.9 δείχνει ένα παράδειγμα όπου η μέγιστη πίεση κυλίνδρου επιτυγχάνεται στους 10° μετά το TDC, αλλά λόγω των καθυστερήσεων για την προπορεία (αβάνς) ανάφλεξης και τη διάδοση της φλόγας, ο σπινθήρας παρέχεται εκ 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου νωρίτερα. Ο στροφαλοφόρος άξονας περιστρέφεται στις 1.500 στροφές ανά λεπτό, έτσι ώστε ο στροφαλοφόρος άξονας να περιστρέφεται κατά 18° κατά τη διάρκεια των 2 χιλιοστών. Συνεπώς, ο χρονισμός ανάφλεξης (σπινθήρας) ρυθμίζεται σε 8° πριν από το ΑΝΣ.

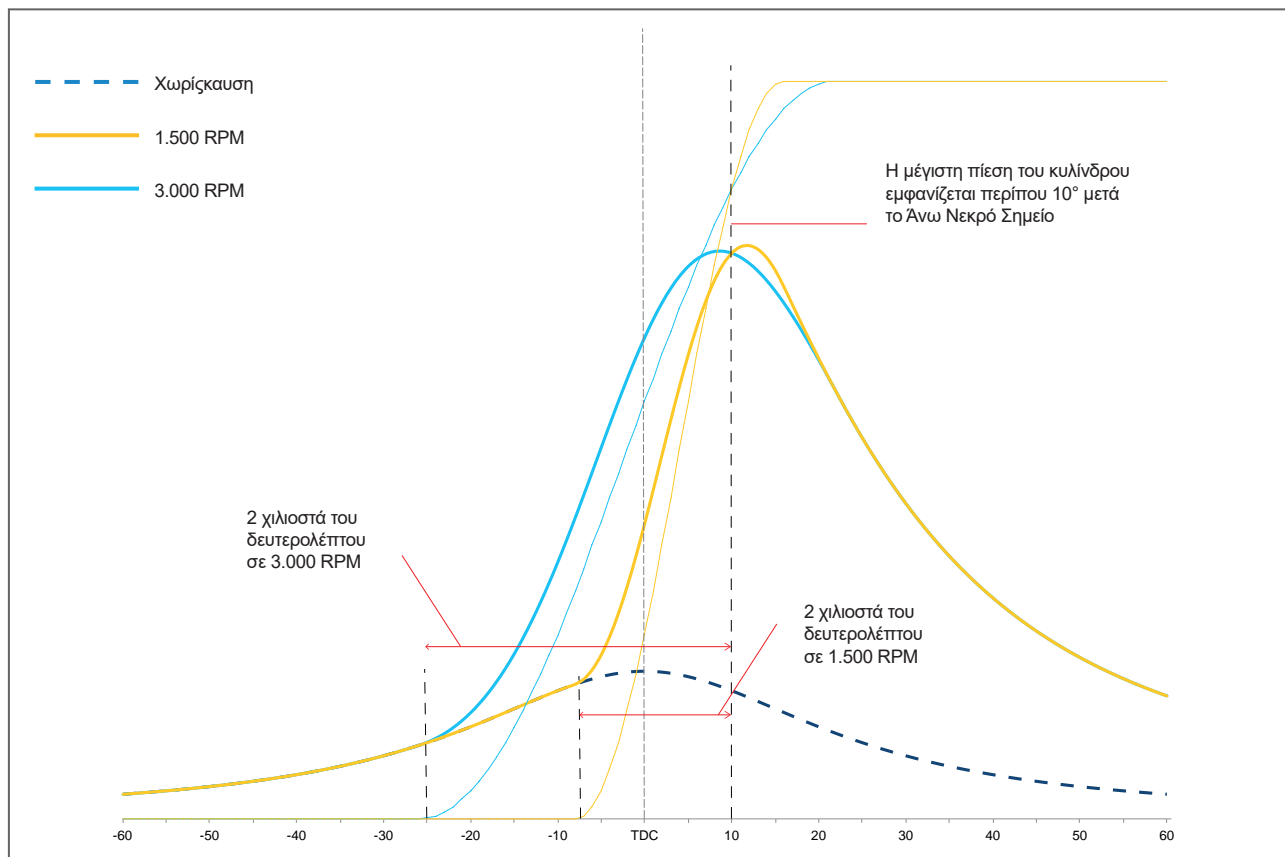


Εικ. 3.9 Ρύθμιση χρονισμού ανάφλεξης περίπου 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν από την απαιτούμενη μέγιστη πίεση κυλίνδρου

### Προώθηση του χρονισμού ανάφλεξης με αυξήσεις στις στροφές του κινητήρα

Εάν οι στροφές του κινητήρα αυξάνονται στη συνέχεια από 1.500 RPM στις 3.000 RPM (Εικ. 3.10), αν υποθεθεί ότι η περίοδος καθυστέρησης παραμένει σταθερή στα 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου, ο στροφαλοφόρος άξονας θα περιστραφεί τώρα κατά 36° σε 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου (σε σύγκριση με τα 18° στις 1.500 RPM). Επομένως, για να επιτευχθεί μέγιστη πίεση κυλίνδρου σε 10° μετά το ΑΝΣ, ο χρονισμός ανάφλεξης πρέπει τώρα να έχει προπορεία 26° πριν από την ΑΝΣ (σε σύγκριση με τις 8° στις 1500 RPM).

Θεωρητικά, ο χρονισμός ανάφλεξης θα προχωρούσε σε άμεση αναλογία με την αύξηση των στροφών του κινητήρα σε όλο το εύρος στροφών του κινητήρα. Αλλά επειδή η απόδοση του κινητήρα και της καύσης αλλάζει με τις μεταβολές στις στροφές του κινητήρα, η πρόοδος του χρονισμού ανάφλεξης γενικά φτάνει στο μέγιστο στις 3.000 έως 4.000 RPM για τους περισσότερους σύγχρονους κινητήρες μαζικής παραγωγής.



Εικ. 3.10 Πρόοδος χρονισμού ανάφλεξης στις 1.500 και 3.000 σ.α.λ.

## DENSO Highlight

### DENSO Μπουζί: μείωση των ασταθειών προπορείας ανάφλεξης

Ο χρόνος καθυστέρησης για την περίοδο προπορείας ανάφλεξης μπορεί να είναι ασταθής και μπορεί να ποικίλει από έναν κύκλο καύσης στο επόμενο. Αυτές οι αστάθειες θα συντομεύσουν ή θα επιμηκύνουν ολόκληρη τη διαδικασία καύσης, η οποία θα επιμηκύνει ή θα επιβραδύνει τον ακριβή χρόνο που θα λάβει χώρα η μέγιστη πίεση κυλίνδρου.

Συνεπώς, οι κατασκευαστές κινητήρων πρέπει να παρέχουν ένα περιθώριο ασφαλείας για τους υπολογισμούς του χρονισμού ανάφλεξης

ώστε να εξασφαλιστεί ότι ο χρόνος ανάφλεξης και η καύση δεν εμφανίζονται πολύ νωρίς.

Οι τεχνολογίες των μπουζί DENSO περιλαμβάνουν τη χρήση λεπτού ηλεκτροδίου (με πατενταρισμένη διάμετρο 0,4 mm) που συμβάλλουν στη μείωση των ασταθειών στην προπορεία (αβάνς) ανάφλεξης. Αυτό επιτρέπει στους κατασκευαστές κινητήρων να ενσωματώσουν μικρότερα περιθώρια ασφαλείας για τον χρονισμό ανάφλεξης, έτσι ώστε να μπορεί να είναι πιο κοντά στη βέλτιστη ρύθμιση, η οποία βελτιώνει την καύση και την απόδοση του κινητήρα.

#### Ο χρονισμός ανάφλεξης εξαρτάται από το φορτίο του κινητήρα

Αν και ο βέλτιστος χρόνος ανάφλεξης αρχικά εξαρτάται από την ταχύτητα του κινητήρα, ο χρονισμός μεταβάλλεται επίσης με τις αλλαγές στο φορτίο του κινητήρα.

Όταν ένας κινητήρας λειτουργεί σε συνθήκες ελαφρού φορτίου, πράγμα που συνήθως σημαίνει ότι το γκάζι είναι μόνο μερικώς ανοιχτό, θα υπάρχει μειωμένη μάζα αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο, συνεπώς οι πιέσεις του κυλίνδρου θα είναι χαμηλότερες από τις συνθήκες πλήρους φορτίου. Επιπλέον, για τους κινητήρες παλαιότερων τύπων και για μερικούς σύγχρονους κινητήρες, προκειμένου υπάρχει οικονομία και μείωση των εκπομπών, ο λόγος αέρα / καυσίμου μπορεί να είναι πιο φτωχός (λιγότερη βενζίνη / βενζίνη αναμειγμένη με τον αέρα). Οι κατώτερες πιέσεις κυλίνδρων και τα φτωχά μείγματα χρειάζονται περισσότερο χρόνο για καύση, πράγμα που σημαίνει ότι ο χρονισμός ανάφλεξης πρέπει να προχωρήσει περαιτέρω για να παρασχεθεί περισσότερος χρόνος για καύση και να εξασφαλιστεί ότι η μέγιστη πίεση του κυλίνδρου εξακολουθεί να εμφανίζεται περίπου στις 10° μετά το ΑΝΣ.

**Σε συνθήκες χαμηλού φορτίου, το σύστημα EGR (σύστημα ανακυκλοφορίας καυσαερίων) μπορεί να εκπέμψει σημαντικές ποσότητες αδρανών καυσαερίων στον κύλινδρο για να βοηθήσει στη μείωση των θερμοκρασιών καύσης και των επιβλαβών εκπομπών. Η χρήση του EGR (βλέπε ενότητα 5.5) επιβραδύνει τη διαδικασία καύσης, η οποία θα απαιτήσει και πάλι την προπορεία του χρονισμού ανάφλεξης.**

#### Άλλες συνθήκες λειτουργίας που επηρεάζουν τον χρονισμό ανάφλεξης

Για τα παλαιότερα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με μηχανικά συστήματα ανάφλεξης (βλ. Ενότητα 4.1), ο βέλτιστος χρονισμός εξαρτιόταν συνήθως από την ταχύτητα και το φορτίο του κινητήρα. Ωστόσο, τα σύγχρονα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα ανάφλεξης (που συνήθως αποτελούν μέρος των συστημάτων διαχείρισης κινητήρα) μεταβάλλουν τον χρονισμό ανάφλεξης ανάλογα με πολλές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα που περιλαμβάνουν: ταχύτητα κινητήρα, φορτίο κινητήρα, θερμοκρασία ψυκτικού μέσου, θερμοκρασία αέρα, ποιότητα του καυσίμου και ρυθμός EGR.

Οι διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας ανιχνεύονται από διάφορους αισθητήρες που διαβιβάζουν τις πληροφορίες λειτουργίας μέσω ηλεκτρονικών σημάτων στον υπολογιστή διαχείρισης κινητήρα. Ο υπολογιστής παρακολουθεί τα σήματα και παρέχει τον βελτιστοποιημένο χρονισμό ανάφλεξης με βάση τις πληροφορίες που παρέχουν οι αισθητήρες.

#### Ανίχνευση κτύπου καύσης (πειράκια)

Πολλοί σύγχρονοι κινητήρες είναι επίσης εξοπλισμένοι με έναν πρόσθετο αισθητήρα γνωστό ως «knock sensor» (αισθητήρας προανάφλεξης) ή άλλο εξοπλισμό ανίχνευσης προανάφλεξης. Μικρές αλλαγές μπορεί να συμβούν στις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα που δεν ανιχνεύονται αμέσως με τους άλλους αισθητήρες, αλλά αν ο αισθητήρας προανάφλεξης ανιχνεύσει οποιοδήποτε στιγμιαίο ή παρατεταμένο κτύπο καύσης, περνά αυτές τις πληροφορίες στη μονάδα διαχείρισης κινητήρα ECU. Η ECU μπορεί στη συνέχεια να επιβραδύνει ελαφρώς τον χρονισμό ανάφλεξης έως ότου ο κτύπος να παύσει να υπάρχει.

Για τους κινητήρες που δεν ήταν εξοπλισμένοι με όλους τους σύγχρονους αισθητήρες, ο υπολογιστής ανάφλεξης προγραμματίστηκε με έναν προκαθορισμένο χάρτη ανάφλεξης που θα μπορούσε να καλύπτει μόνο την ταχύτητα και το φορτίο του κινητήρα. Ωστόσο, για να διασφαλιστεί ότι ο χρονισμός ανάφλεξης δεν έχει υπερβεί ή καθυστερεί κατά τη διάρκεια κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας, θα περιλαμβάνεται ένα περιθώριο ασφαλείας στον προκαθορισμένο χρονισμό, ο οποίος μπορεί για παράδειγμα να επιβραδύνει πολύ λίγο τον χρόνο ανάφλεξης για να αποτρέψει την προανάφλεξη της καύσης.

#### Επιδράσεις προπορείας ή καθυστερημένου χρονισμού

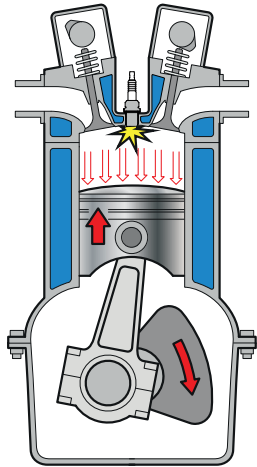
Για τους περισσότερους κινητήρες και τις συνθήκες λειτουργίας, η ανάφλεξη θα συμβεί σε μια περιοχή μόλις μερικών μοιρών πριν από το ΑΝΣ στις χαμηλές στροφές του κινητήρα και σε περίπου 30° ή περισσότερο πριν από το ΑΝΣ στις υψηλότερες στροφές του κινητήρα. Ωστόσο, με τους παλαιότερους κινητήρες που ήταν γενικά λιγότερο αποτελεσματικοί και είχαν λιγότερο αποδοτική σχεδίαση θαλάμου καύσης, ο χρονισμός μπορούσε συχνά να συμβεί έως και 45° πριν από το ΑΝΣ.

**Για ορισμένα σχέδια κινητήρων και σε κάποιες συνθήκες λειτουργίας (οι οποίες συνήθως σχετίζονται με τις εκπομπές), ο χρονισμός ανάφλεξης θα μπορούσε να είναι αμέσως μετά το ΑΝΣ.**

- (1) **Βέλτιστος χρονισμός ανάφλεξης.** Ο βέλτιστος χρόνος ανάφλεξης είναι απαραίτητος για την αποτελεσματική καύση, η οποία στη συνέχεια θα οδηγήσει σε καλή απόδοση κινητήρα, οικονομία και καθαρότερες εκπομπές.
- (2) **Προπορεία ανάφλεξης ή πρόωρη ανάφλεξη.** Αναφλέγοντας το μίγμα αέρα / καυσίμου πολύ νωρίς η πίεση και η θερμοκρασία του κυλίνδρου θα αυξηθούν πολύ σύντομα. Η πίεση και η θερμοκρασία μπορεί να γίνουν πολύ υψηλές και να προκαλέσουν χτύπημα του κινητήρα, ειδικά εάν ένα σημαντικό μέρος της αύξησης της πίεσης εμφανίζεται ενώ το έμβολο κινείται προς τα πάνω στον κύλινδρο κατά τη διαδρομή συμπίεσης (Εικ. 3.11).
- (3) **Επιβράδυνση ή καθυστέρηση ανάφλεξης.** Αναφλέξτε πολύ αργά και η αύξηση της πίεσης που προκαλείται από την καύση θα συμβεί πολύ αργά. Το έμβολο θα έχει ήδη μετακινηθεί προς τα κάτω στον κύλινδρο από ότι κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, συνεπώς η δύναμη ανόδου της πίεσης που ωθεί το έμβολο προς τα κάτω στον κύλινδρο θα μειωθεί και θα αναπτυχθεί λιγότερη ισχύς (Εικ. 3.12).

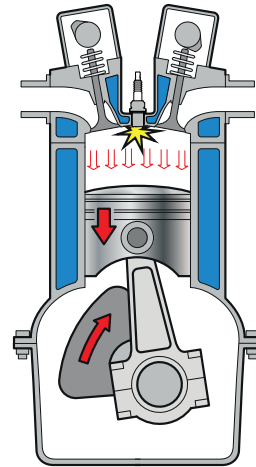
Η Εικ. 3.13 δείχνει μια σύγκριση των αποτελεσμάτων του επιβραδυνμένου, καθυστερημένου και βέλτιστου χρονισμού ανάφλεξης.





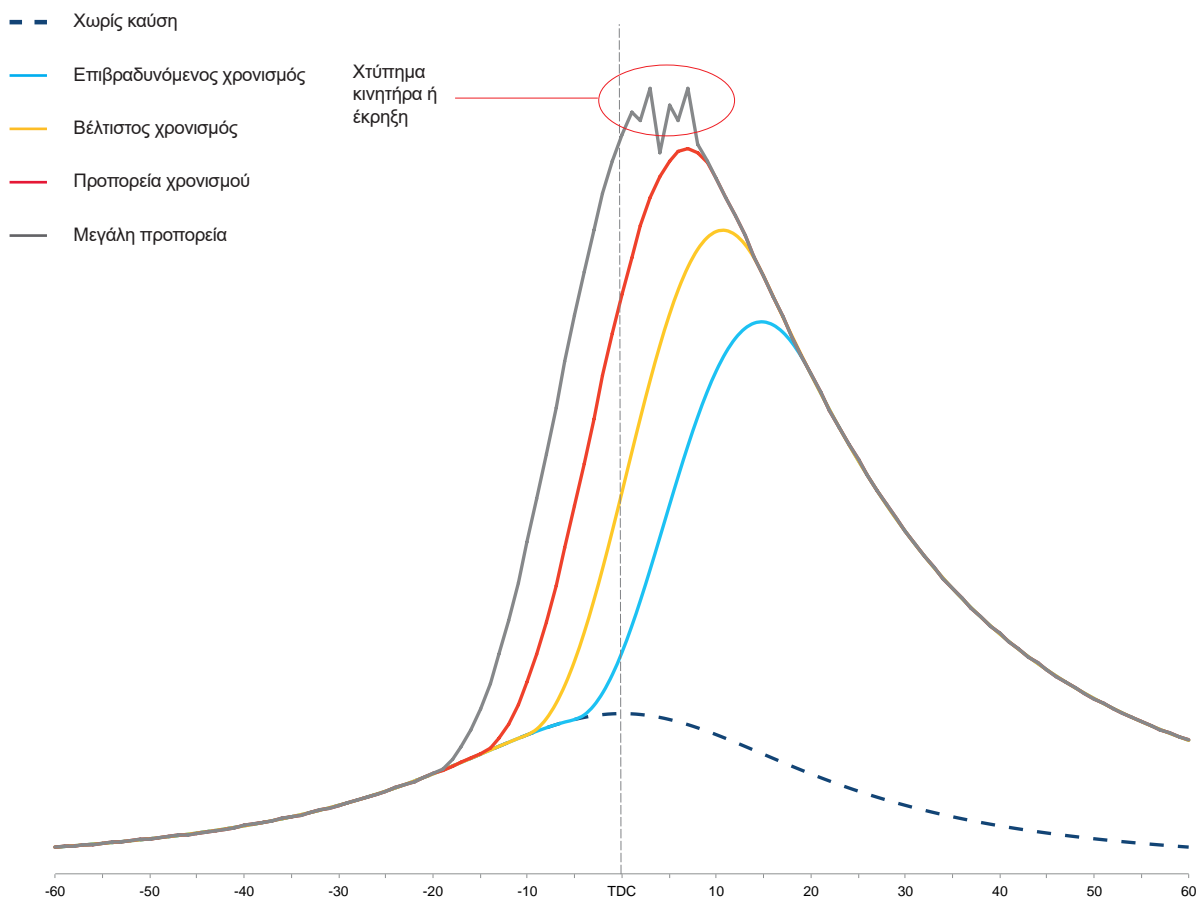
Αν ο σπινθήρας εμφανιστεί πολύ σύντομα (προπορεία ανάφλεξης), η πίεση του κυλίνδρου θα αυξηθεί πολύ νωρίς, ενώ το έμβολο εξακολουθεί να ανεβαίνει κατά τη διάρκεια της διαδρομής συμπίεσης. Η πρόωρη αύξηση της πίεσης στον κύλινδρο μπορεί να προκαλέσει χτύπημα του κινητήρα.

Εικ. 3.11 Χρονισμός με προπορεία ανάφλεξης



Αν ο σπινθήρας εμφανιστεί πολύ αργά (επιβραδυνόμενη ανάφλεξη), η άνοδος της πίεσης θα συμβεί επίσης πολύ αργά. Το έμβολο θα μπορούσε ήδη να μετακινηθεί προς τα κάτω στον κύλινδρο στην επόμενη διαδρομή και η αύξηση της πίεσης που προκαλείται από την καύση θα έχει συνεπώς πολύ μειωμένη επίδραση στην ώθηση του εμβόλου προς τ κάτω στον κύλινδρο.

Εικ. 3.12 Χρονισμός με επιβράδυνση ανάφλεξης



Εικ. 3.13 Σύγκριση προπορείας, επιβραδυνόμενου και βέλτιστου χρονισμού ανάφλεξης

# 4. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

## 4.1. Βασικό σύστημα μηχανικής ανάφλεξης

### Μηχανική μεταγωγή του πρωτεύοντος κυκλώματος

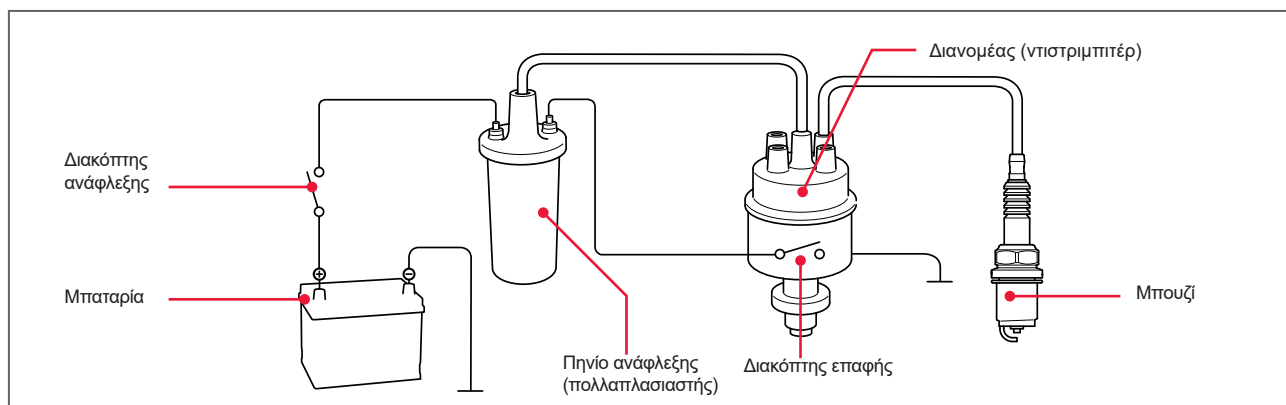
Η Εικ. 4.1 δείχνει τα κύρια συστατικά μέρη ενός μηχανικού συστήματος ανάφλεξης, το οποίο βασίζεται στις αρχές του συστήματος ανάφλεξης Kettering.

Η μπαταρία παρέχει τροφοδοσία ισχύος 12 volt στο πηνίο ανάφλεξης μέσω του διακόπτη ανάφλεξης. Η τροφοδοσία ρεύματος περνάει μέσα από την πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου και μέσα από τη γείωση μέσω ενός διακόπτη «διακόπτη επαφής».

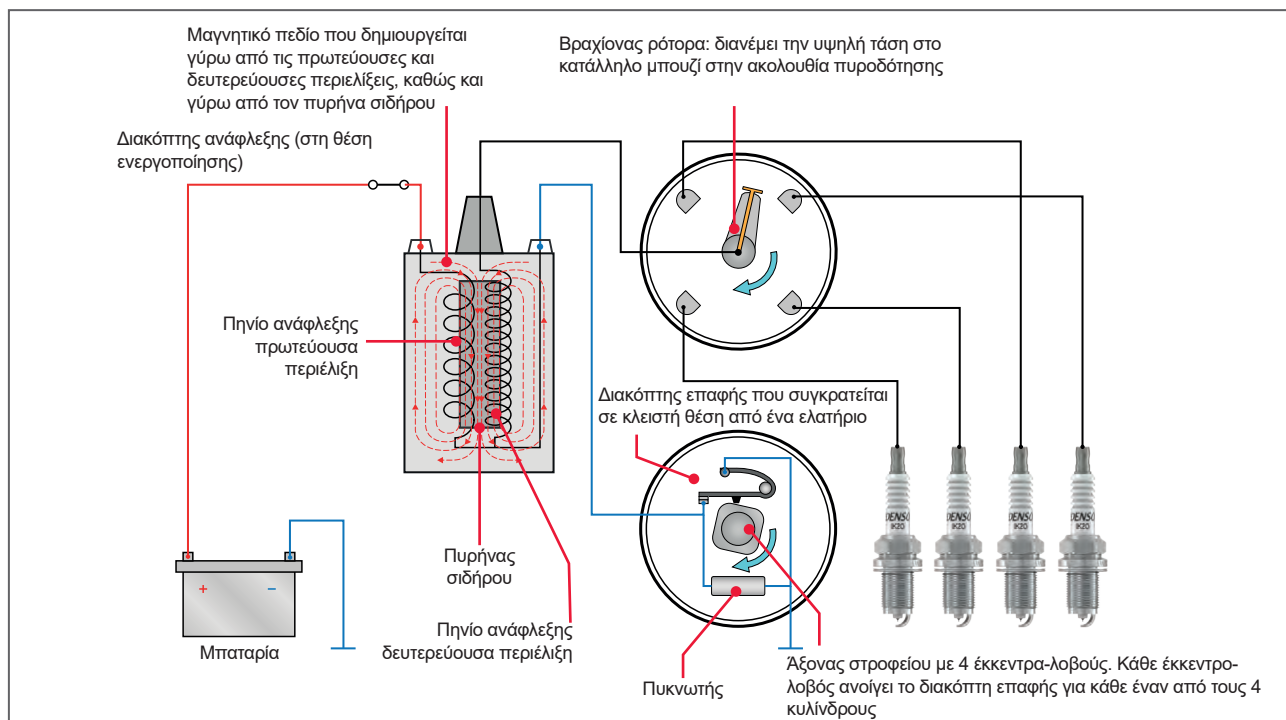
### Πρώτη φάση λειτουργίας: περίοδος φόρτισης / παραμονής τυλίγματος

Η Εικ. 4.2 δείχνει την πρώτη φάση λειτουργίας για το μηχανικό σύστημα.

Η μπαταρία παρέχει τροφοδοσία ρεύματος 12 volt στο πηνίο ανάφλεξης μέσω του διακόπτη ανάφλεξης. Το ρεύμα τροφοδοσίας περνάει από την πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου και από τη γείωση μέσω ενός διακόπτη «διακόπτη επαφής».



Σχ. 4.1 Κύρια κατασκευαστικά στοιχεία του μηχανικού συστήματος ανάφλεξης



Εικ. 4.2 Βασική λειτουργία μηχανικού συστήματος ανάφλεξης. Φάση-1 περίοδος παραμονής δημιουργώντας το μαγνητικό πεδίο

4.1. Βασικό σύστημα μηχανικής ανάφλεξης	16
4.2. Τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης	20
4.3. Σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης	21

Ένα ελατήριο το οποίο αποτελεί μέρος του διακόπτη επαφής διατηρεί τον διακόπτη στην κλειστή θέση, επιτρέποντας στο ηλεκτρικό ρεύμα να ρέει διαμέσου της πρωτεύουσας περιέλιξης του πηνίου. Η ροή ρεύματος δημιουργεί τότε ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από την πρωτεύουσα και τη δευτερεύουσα περιέλιξη.

Για ευκολία, η Εικ. 4.2 δείχνει την δευτερεύουσα περιέλιξη του πηνίου ανάφλεξης τοποθετημένη κοντά στην πρωτεύουσα περιέλιξη, αλλά στην πραγματικότητα, οι πρωτεύουσες και δευτερεύουσες περιελίξεις στα πηνία είναι τυλιγμένες και οι δύο γύρω από τον πυρήνα σιδήρου.

#### Δεύτερη φάση λειτουργίας: εκφόρτιση υψηλής τάσης

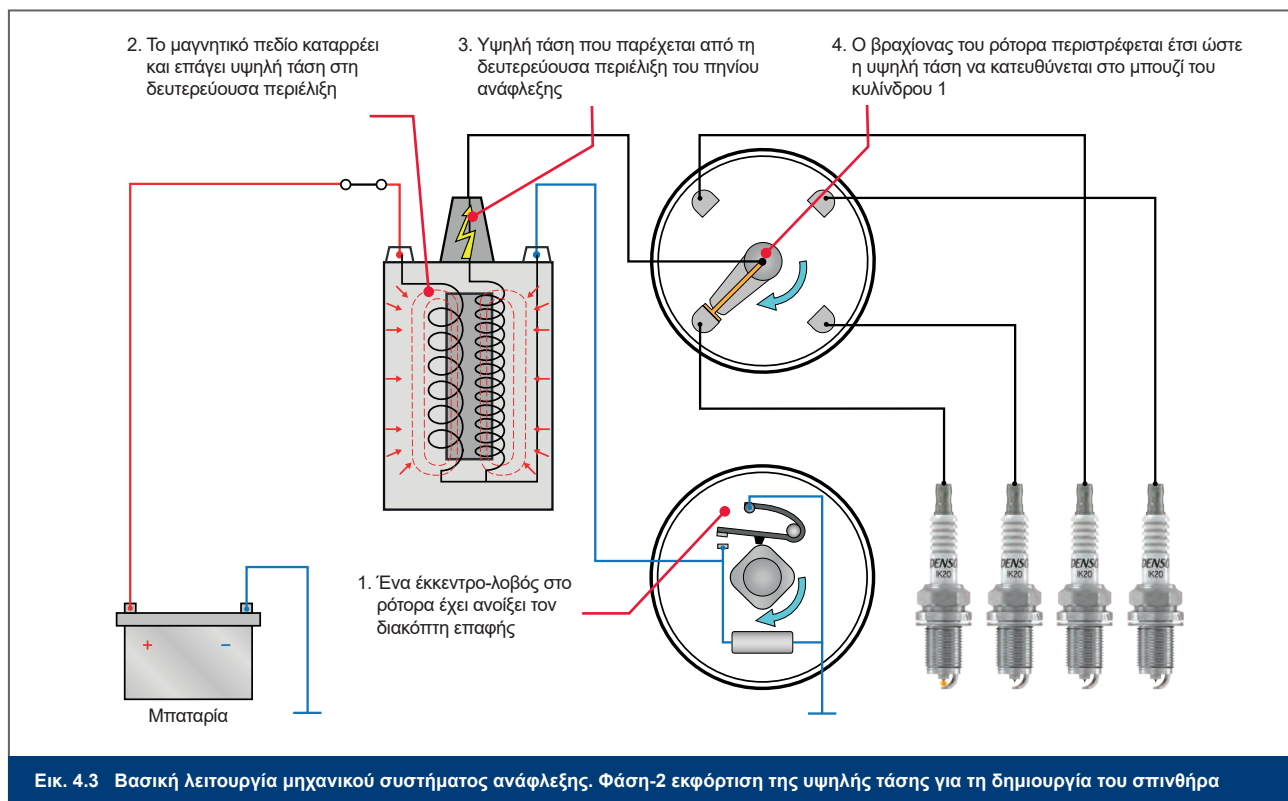
Μια σειρά από εκκεντρα-λοβοί (ένας για κάθε κύλινδρο) συνδέονται με έναν άξονα που βρίσκεται μέσα στο σώμα του διανομέα (Εικ. 4.3). Ο άξονας του ρότορα συνδέεται με τον εκκεντροφόρο, περιστρέφοντας στο ήμισυ της ταχύτητας του κινητήρα. Τα περιστρεφόμενα εκκεντρα ωθούν τον διακόπτη επαφής να ανοίξει στον κατάλληλο χρόνο, ο οποίος αμέσως διακόπτει τη ροή ρεύματος διαμέσου της πρωτεύουσας περιέλιξης του πηνίου. Το μαγνητικό πεδίο στη συνέχεια θα καταρρεύσει πολύ γρήγορα κατά μήκος τόσο της πρωτεύουσας όσο και της δευτερεύουσας περιέλιξης, επάγοντας υψηλή τάση στην δευτερεύουσα περιέλιξη.

Στη συνέχεια, η υψηλή τάση διέρχεται μέσω ενός μονωμένου σύρματος στον βραχίονα του ρότορα που βρίσκεται μέσα στο καπάκι του διανομέα. Επειδή ο βραχίονας του ρότορα περιστρέφεται επίσης πάνω στον άξονα του ρότορα, μπορεί να κατευθύνει την υψηλή τάση διαδοχικά στις τέσσερις επαφές στο καπάκι του διανομέα. Στη συνέχεια, η υψηλή τάση περνά στα μπουζί μέσω μονωμένων καλωδίων.

#### Πυκνωτής / συμπυκνωτής στο πρωτεύον κύκλωμα

Όταν ανοίγει ο διακόπτης επαφής, το καταρρέον μαγνητικό πεδίο μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρικό ρεύμα με τάση περίπου 150 έως 200 volt μέσα στην πρωτεύουσα περιέλιξη. Αυτό το ρεύμα θα προσπαθήσει να μεταπηδήσει διαμέσου του ανοιχτού διακόπτη επαφής και να δημιουργήσει ένα ηλεκτρικό τόξο που θα διαβρώσει γρήγορα τις επιφάνειες επαφής του διακόπτη. Αλλά αυτό το επαγόμενο ρεύμα θα είχε επίσης ως αποτέλεσμα τη διατήρηση του μαγνητικού πεδίου γύρω από την πρωτεύουσα και τη δευτερεύουσα περιέλιξη, εμποδίζοντας έτσι την ταχεία κατάρρευση του μαγνητικού πεδίου, πράγμα που θα εμποδίσει την επαγωγή υψηλής τάσης στη δευτερεύουσα περιέλιξη.

Ως εκ τούτου, ένας πυκνωτής συνδέεται με το πρωτεύον κύκλωμα έτσι ώστε η επαγόμενη τάση να απορροφάται αποτελεσματικά και να αποθηκεύεται εντός του πυκνωτή. Όταν ο διακόπτης επαφής κλείσει ξανά (για να επιτρέψει και πάλι να ρέει το ρεύμα μέσω της πρωτεύουσας περιέλιξης), ο πυκνωτής μπορεί στη συνέχεια να αποβάλει την αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια πίσω στο πρωτεύον κύκλωμα, πράγμα που βοηθά στη δημιουργία του επόμενου μαγνητικού πεδίου.

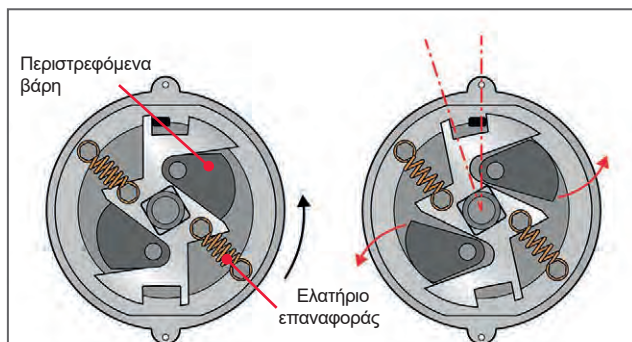


Εικ. 4.3 Βασική λειτουργία μηχανικού συστήματος ανάφλεξης. Φάση-2 εκφόρτιση της υψηλής τάσης για τη δημιουργία του σπινθήρα

**Μηχανισμοί χρονισμού με προπορεία / επιβράδυνση ανάφλεξης**

Στο κεφάλαιο 3 εξηγείται ότι ο χρονισμός ανάφλεξης πρέπει να αλλάξει με τις αλλαγές στις στροφές και το φορτίο του κινητήρα.

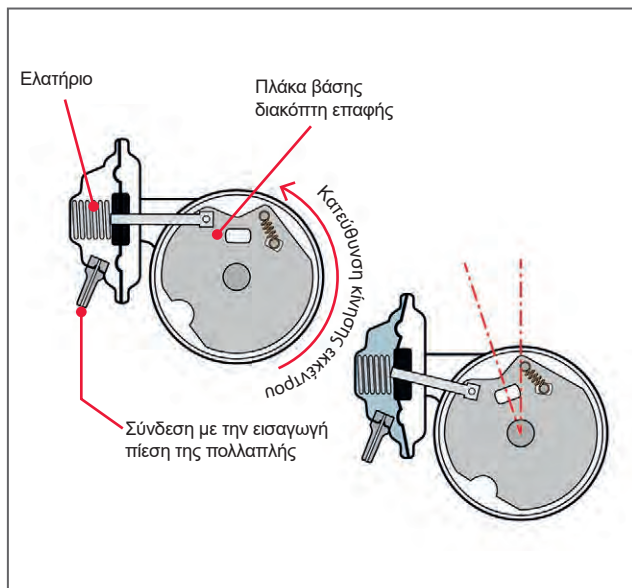
Για τα μηχανικά συστήματα ανάφλεξης, η πρόοδος του χρονισμού με αυξήσεις στις στροφές του κινητήρα επιτυγχάνεται με τη χρήση περιστρεφόμενων βαρών και ελατηρίων (Εικ. 4.4). Τα βάρη είναι τοποθετημένα σε μια πλάκα που συνδέεται με το συγκρότημα άξονα ρότορα. Συνεπώς τα βάρη και η πλάκα περιστρέφονται με τον άξονα. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του κινητήρα, οι επιπτώσεις της φυγόκεντρης δύναμης ωθούν τα βάρη προς τα έξω πάνω στην ένταση μικρών ελατηρίων. Η κίνηση των βαρών στη συνέχεια προωθεί την περιστροφή των εκκέντρων-λοβών στον άξονα του ρότορα, προκαλώντας το άνοιγμα του διακόπτη επαφής, προωθώντας έτσι τον χρονισμό ανάφλεξης.



**Εικ. 4.4** Μηχανισμός προώθησης μηχανικού χρονισμού που σχετίζεται με ταχύτητα

Ένας δεύτερος μηχανισμός χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να αλλάξει τον χρονισμό ανάφλεξης με τις αλλαγές στο φορτίο του κινητήρα (Εικ. 4.5). Ο διακόπτης επαφής είναι τοποθετημένος σε μια πλάκα βάσης που μπορεί να περιστραφεί ελαφρώς δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα. Στη συνέχεια, η πλάκα βάσης συνδέεται σε μια κάψουλα διαφράγματος που δέχεται την πίεση της πολλαπλής εισαγωγής μέσω ενός σωλήνα.

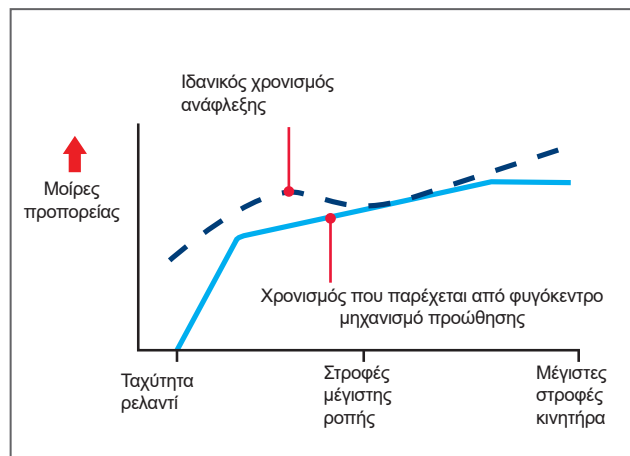
Όταν αλλάζει η πίεση της πολλαπλής εισαγωγής με τις αλλαγές στο φορτίο του κινητήρα, το διάφραγμα κινείται και προκαλεί ελαφριά περιστροφή της πλάκας βάσης και του διακόπτη επαφής. Η περιστροφή της πλάκας βάσης και του διακόπτη μεταβάλλει στο σημείο αυτό τον χρονισμό ανάφλεξης με βάση τις αλλαγές στο φορτίο του κινητήρα.



**Εικ. 4.5** Μηχανική προπορεία σχετιζόμενη με το φορτίο του κινητήρα

**Περιορισμοί των μηχανικών συστημάτων χρονισμού**

Η ακρίβεια του χρονισμού ανάφλεξης στα μηχανικά συστήματα ανάφλεξης περιορίζεται στις δυνατότητες του υλικού. Η μικρορύθμιση, οι προσαρμογές και οι αντικαταστάσεις εξαρτημάτων ήταν συχνή απαίτηση ως μέρος ενός προγράμματος συντήρησης ρουτίνας. Ως παράδειγμα των περιορισμών, η Εικ. 4.6 δείχνει ένα τυπικό γράφημα προπορείας χρονισμού σχετιζόμενο με τις στροφές του κινητήρα για ένα μηχανικό σύστημα ανάφλεξης σε σύγκριση με την ιδανική απαίτηση χρονισμού.



**Εικ. 4.6** Περιορισμοί του φυγόκεντρου μηχανισμού προώθησης

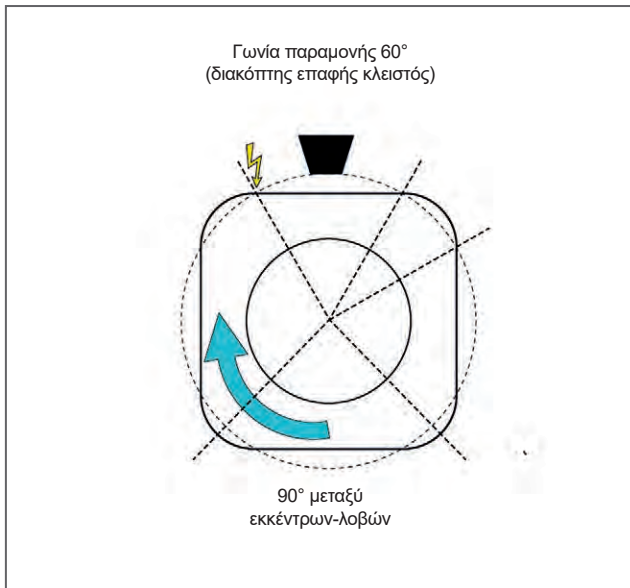
Λόγω της χρήσης ελατηρίων προοδευτικής επιστροφής (Εικ. 4.4), η προπορεία χρονισμού που παρέχεται από το φυγόκεντρικό σύστημα αυξάνεται σε δύο γραμμικά βήματα. Ωστόσο, η ιδανική προπορεία αλλάζει σε μια μη γραμμική εξέλιξη. Για να διασφαλιστεί ότι ο χρονισμός δεν είναι ποτέ υπερβολικός, ο φυγόκεντρικός χρονισμός πρέπει να ρυθμιστεί έτσι ώστε ο χρονισμός ανάφλεξης να είναι πάντα ελαφρώς καθυστερημένος από την ιδανική τιμή.

**Χρόνος παραμονής / γωνία παραμονής**

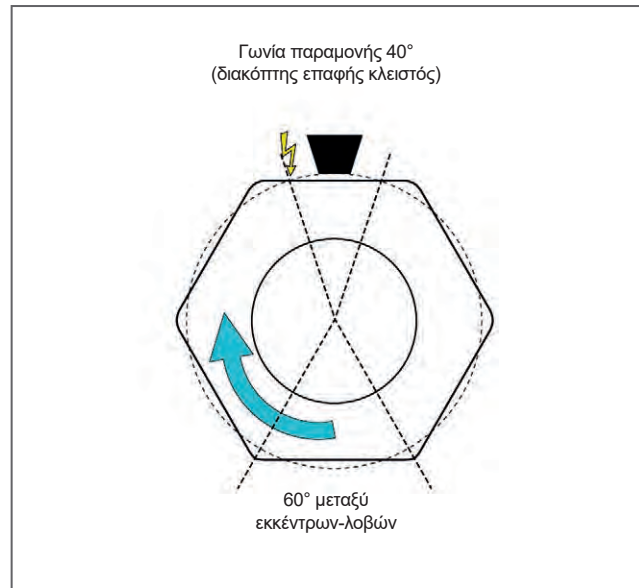
Σε ένα μηχανικό σύστημα ανάφλεξης ο χρόνος παραμονής ξεκινά όταν τα περιστρεφόμενα έκκεντρα-λοβοί επιτρέπουν στον διακόπτη επαφής να κλείσει έτσι ώστε το ρεύμα να ρέει στη μέσω της πρωτεύουσας περιέλιξης του πηνίου. Ο χρόνος παραμονής στη συνέχεια σταματά όταν ένα από τα έκκεντρα-λοβούς πιέζει τον διακόπτη επαφής για να ανοίξει ξανά, πράγμα που απενεργοποιεί τη ροή ρεύματος στην πρωτεύουσα περιέλιξη. Επομένως, ο χρόνος παραμονής μπορεί να οριστεί ως η γωνία περιστροφής των εκκέντρων, ενώ ο διακόπτης επαφής βρίσκεται σε κλειστή θέση.

Η Εικ. 4.7 δείχνει 4 έκκεντρα-λοβούς (για έναν 4-κύλινδρο κινητήρα), που σημαίνει ότι θα υπάρχουν 90° μεταξύ των ίδιων σημείων παρακείμενων έκκεντρων-λοβών. Το σχήμα των εκκέντρων-λοβών στο παράδειγμα επιτρέπει στον διακόπτη επαφής να παραμείνει κλειστός για περιστροφή 60°. Συνεπώς, υπάρχει μια γωνία παραμονής του διανομέα 60 μοιρών όταν ο διακόπτης επαφής είναι κλειστός και το ρεύμα ρέει μέσω της πρωτεύουσας περιέλιξης του πηνίου.

Εάν, για παράδειγμα, ένας στροφαλοφόρος άξονας περιστρέφεται στις 1.000 RPM, ο ρότορας διανομέα (ο οποίος περιστρέφεται με τις μισές στροφές του κινητήρα) περιστρέφεται στις 500 RPM. Με αυτή την ταχύτητα, θα χρειαστούν 20 χιλιοστά του δευτερολέπτου ώστε ο άξονας του διανομέα να περιστρέφεται στις 60° της γωνίας παραμονής, αλλά επειδή το πηνίο ανάφλεξης απαιτεί χρόνο φόρτισης μόνο περίπου 4 χιλιοστά του δευτερολέπτου, ο χρόνος παραμονής είναι περισσότερο από επαρκής για να δημιουργηθεί το μαγνητικό πεδίο στο πηνίο.



**Εικ. 4.7** Γωνία παραμονής που φαίνεται ως 60° της περιστροφής του άξονα διανομέα



**Εικ. 4.8** Γωνία παραμονής που φαίνεται ως 40° της περιστροφής του άξονα διανομέα ενός 6-κύλινδρου κινητήρα

Όταν ο κινητήρας περιστρέφεται στις 5000 RPM, η ίδια γωνία 60° περιστροφής του άξονα του διανομέα θα χρειαστεί μόνο 4 χιλιοστά του δευτερολέπτου, που είναι ακριβώς ο σωστός χρόνος για να φορτιστεί το πηνίο με μαγνητικό πεδίο μέγιστης ισχύος. Αλλά αν ο κινητήρας περιστρέφεται πιο γρήγορα, δεν θα υπάρχει επαρκής χρόνος για να φορτιστεί πλήρως το πηνίο ανάφλεξης, κάτι που θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ενέργειας στο μαγνητικό πεδίο και τη μείωση της τάσης που παρέχεται στα μπουζί.

Το πρόβλημα του μειωμένου χρόνου παραμονής, όταν αυξάνεται η ταχύτητα του κινητήρα, θα είναι πιο σημαντικό για κινητήρες με περισσότερους κυλίνδρους. Για παράδειγμα, σε 6-κύλινδρο κινητήρα, θα υπάρχουν 6 εκκέντρα-λοβοί, με μόνο 60° ανάμεσα σε κάθε λοβό (Εικ. 4.8) και μόνο 40° για τη γωνία παραμονής. Το αποτέλεσμα θα είναι ότι με ταχύτητα κινητήρα 5000 RPM, η γωνία παραμονής 40° θα διαρκέσει μόνο για 2,6 χιλιοστά του δευτερολέπτου.

Αν το πηνίο απαιτεί 4 χιλιοστά του δευτερολέπτου για πλήρη φόρτιση, ο χρόνος παραμονής θα είναι πολύ μικρός, γεγονός που θα έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη τάση και μπορεί να οδηγήσει σε αστοχίες ανάφλεξης.

Διαφορετικές λύσεις χρησιμοποιήθηκαν στα μηχανικά συστήματα ανάφλεξης για να ξεπεραστεί το πρόβλημα της μείωσης του χρόνου παραμονής.

Μια λύση ήταν να χρησιμοποιηθεί ένα πιο ισχυρό πηνίο ανάφλεξης. Μια άλλη ακραία λύση που χρησιμοποιήθηκε σε κινητήρες με υψηλές στροφές 8 ή 12 κυλίνδρων επρόκειτο να προσαρμόσει σε δύο ξεχωριστούς διανομείς αντίστοιχα το δικό τους πηνίο ανάφλεξης. Οι κινητήρες επομένως είχαν δύο ξεχωριστά συστήματα ανάφλεξης που παρήγαγαν την υψηλή τάση στα μπουζί για τους μισούς κυλίνδρους του κινητήρα.

## DENSO HIGHLIGHT

### Το μηχανικό σύστημα μας βοηθά να κατανοήσουμε την εξέλιξη των σημερινών ψηφιακών συστημάτων ανάφλεξης.

Ένα κρίσιμο μέρος του συστήματος ανάφλεξης που δεν έχει αντικατασταθεί ποτέ, και μάλλον ποτέ δεν θα αντικατασταθεί, είναι το μπουζί.

Είναι σημαντικό το μπουζί να παρέχει υψηλή απόδοση και ακριβή χρονισμό ανάφλεξης. Η DENSO κατανοεί ότι απαιτείται υψηλή ποιότητα για να ανταποκριθεί σε αυτές τις απαιτήσεις των κατασκευαστών κινητήρων. Για να επιτευχθεί αυτό, η DENSO συνδυάζει τα καλύτερα και δοκιμασμένα συστήματα ποιότητας με πολυετή πείρα.

### 4.2. Τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης

#### Ηλεκτρονική μεταγωγή για το ηλεκτρικό κύκλωμα πρωτεύουσας περιέλιξης

Οι πρώτες γενιές ηλεκτρονικών συστημάτων ανάφλεξης ήταν στην ουσία μια εξέλιξη των μηχανικών συστημάτων. Η Εικ. 4.8 δείχνει τα βασικά συστατικά μέρη ενός ηλεκτρονικού συστήματος πρώτης γενιάς που διατήρησε τους μηχανικά ελεγχόμενους μηχανισμούς προπορείας και επιβράδυνσης καθώς και τον βραχίονα του ρότορα που χρησιμοποιήθηκε σε πλήρως μηχανικά συστήματα. Ωστόσο, μια σημαντική αλλαγή για τα ηλεκτρονικά συστήματα ήταν η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της ροής ρεύματος μέσω της πρωτεύουσας περιέλιξης αντί για τη χρήση μηχανικού διακόπτη επαφής που ήταν ανακριβής και απαιτούσε τακτική συντήρηση.

Ένα τρανζίστορ λειτουργεί ως ο ηλεκτρονικός διακόπτης για το πρωτεύον κύκλωμα και αποτελεί μέρος ενός σχετικά απλού ενισχυτή, ο οποίος συχνά αναφέρεται ως «μονάδα ανάφλεξης» ή «αναφλεκτήρας». Οι αναφλεκτήρες ανταποκρίθηκαν σε ένα σήμα πυροδότησης ή χρονισμού που παρέχεται από έναν αισθητήρα χρονισμού ή μια γεννήτρια σημάτων που συνήθως βρίσκεται μέσα στο σώμα του διανομέα ανάφλεξης.

Υπήρχαν δύο βασικοί τύποι αισθητήρων χρονισμού γνωστοί ως επαγωγικοί αισθητήρες και αισθητήρες φαινομένου hall. Το παράδειγμα δείχνει έναν αισθητήρα επαγωγικού τύπου που χρησιμοποιούσε σημεία αναφοράς (ένα για κάθε κύλινδρο) που βρίσκονται στον άξονα του ρότορα του διανομέα. Όταν περιστρέφεται ο ρότορας, τα σημεία αναφοράς μετακινούνται πέρα από ένα μικρό πηνίο σύρματος που τυλίγεται γύρω από έναν μόνιμο μαγνήτη. Όταν κάθε κινούμενο σημείο αναφοράς περνάει πέρα από τον μαγνήτη και το πηνίο, το μαγνητικό πεδίο αλλάζει ή μεταβάλλεται, γεγονός που στη συνέχεια προκαλεί ένα μικρό ηλεκτρικό ρεύμα ή ηλεκτρικό παλμό στο συρμάτινο πηνίο. Οι ηλεκτρικοί παλμοί παρέχουν στη συνέχεια

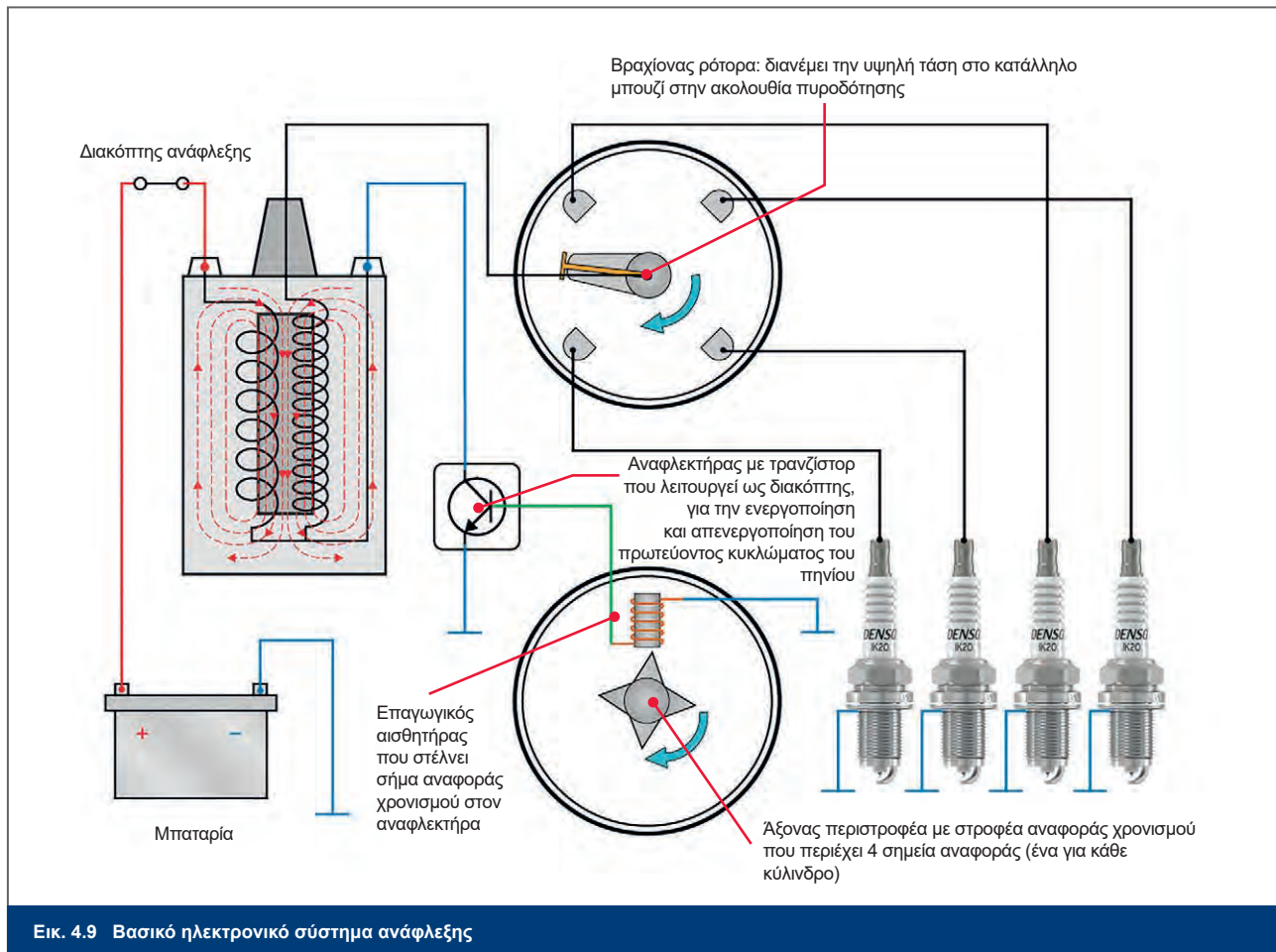
ένα σήμα αναφοράς χρονισμού για τον αναφλεκτήρα, ο οποίος στη συνέχεια απενεργοποιεί το ηλεκτρικό ρεύμα στην πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου ανάφλεξης.

#### Συνεχής χρόνος παραμονής και σταθερή ενέργεια

Παρόλο που υπήρχαν διάφορες παραλλαγές στα αρχικά συστήματα, σε περισσότερες από αυτές, ο αναφλεκτήρας ελέγχονταν επίσης όταν το ηλεκτρικό ρεύμα προς την πρωτεύουσα περιέλιξη ήταν ενεργοποιημένο καθώς και όταν ήταν απενεργοποιημένο. Στην ουσία, ο αναφλεκτήρας ελεγχόταν για το διάστημα που το ηλεκτρικό ρεύμα έρεε μέσα από την πρωτεύουσα περιέλιξη, που αποτελεί και τον χρόνο παραμονής.

Σε αντίθεση με τα μηχανικά συστήματα ανάφλεξης όπου ο χρόνος παραμονής μειώνεται με τις αυξήσεις στις στροφές του κινητήρα, ο χρόνος παραμονής στα ηλεκτρονικά συστήματα διατηρείται σε σχετικά σταθερή χρονική περίοδο, ανεξάρτητα από τις στροφές του κινητήρα. Επιπλέον, για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν πηνία ανάφλεξης υψηλής ισχύος που λειτουργούν με υψηλότερες ροές ρεύματος διαμέσου της πρωτεύουσας περιέλιξης, οι αναφλεκτήρες περιείχαν επίσης μία ηλεκτρονική συσκευή περιορισμού ρεύματος. Οι περιοριστές ρεύματος αρχικά επιτρέπουν να τη ροή υψηλού ρεύματος μέσω της πρωτεύουσας περιέλιξης, αλλά μόλις το ρεύμα φθάσει σε ένα καθορισμένο μέγιστο επίπεδο, τότε περιορίζεται για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του κυκλώματος.

Η χρήση ενός σχετικά σταθερού χρόνου παραμονής σε συνδυασμό με τον περιορισμό του ρεύματος επιτρέπει την ενέργεια του μαγνητικού πεδίου στο πηνίο ανάφλεξης να είναι σχεδόν σταθερή ανεξάρτητα από τις στροφές του κινητήρα και ανεξάρτητα από τις κανονικές αλλαγές στην τάση της μπαταρίας. Αυτά τα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης επομένως αναφερόταν ως συστήματα ανάφλεξης «σταθερής ενέργειας».



Εικ. 4.9 Βασικό ηλεκτρονικό σύστημα ανάφλεξης

### 4.3. Σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης

#### Ηλεκτρονικός έλεγχος χρονισμού

Παρόλο ότι τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης παρείχαν ηλεκτρονικό έλεγχο της κατάστασης και αξιόπιστη ηλεκτρονική μεταγωγή της ροής του ρεύματος μέσω της πρωτεύουσας περιέλιξης του πηνίου, εξακολουθούσαν να χρησιμοποιούνται μηχανικοί μηχανισμοί προπορείας και επιβράδυνσης χρονισμού. Αυτά τα συστήματα μηχανικού χρονισμού δεν θα μπορούσαν να παρέχουν το βέλτιστο χρονισμό ανάφλεξης σε όλες τις ταχύτητες και τα φορτία του κινητήρα (βλ. Ενότητα 4.1). Λόγω των όλο και πιο αυστηρών κανονισμών για τις εκπομπές, ήταν απαραίτητο να υπάρχει ακριβέστερος και πιο αξιόπιστος χρονισμός ανάφλεξης, κάτι που οδήγησε στην εισαγωγή του ηλεκτρονικού ελέγχου του χρονισμού, που θα μπορούσε να παράσχει σταθερά ένα βέλτιστο χρονισμό ανάφλεξης σε ένα ευρύτερο φάσμα συνθηκών λειτουργίας.

#### Διαχείριση κινητήρα: ενσωμάτωση με άλλα συστήματα κινητήρα

Τα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης εξελίχθηκαν σταδιακά κατά τη δεκαετία του '80 και του '90 με πρόσθετα χαρακτηριστικά και δυνατότητες. Τα πιο προηγμένα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης χρησιμοποίησαν εξελιγμένους υπολογιστές ή ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου (ECU), αλλά τα συστήματα ανάφλεξης, ψεκασμού καυσίμου, εκπομπών καθώς και τα συστήματα άλλων κινητήρων εξακολουθούν να λειτουργούν ως ξεχωριστά συστήματα. Επειδή αυτά τα ξεχωριστά συστήματα ήταν όλα ελεγχόμενα αποτελεσματικά από υπολογιστή και απαιτούσαν τις ίδιες ή παρόμοιες πληροφορίες λειτουργίας του κινητήρα, τα διάφορα συστήματα σύντομα ενσωματώθηκαν σε ένα μόνο σύστημα διαχείρισης κινητήρα που χρησιμοποίησε έναν υπολογιστή ή ECU για τον έλεγχο της λειτουργίας όλων των συστημάτων.

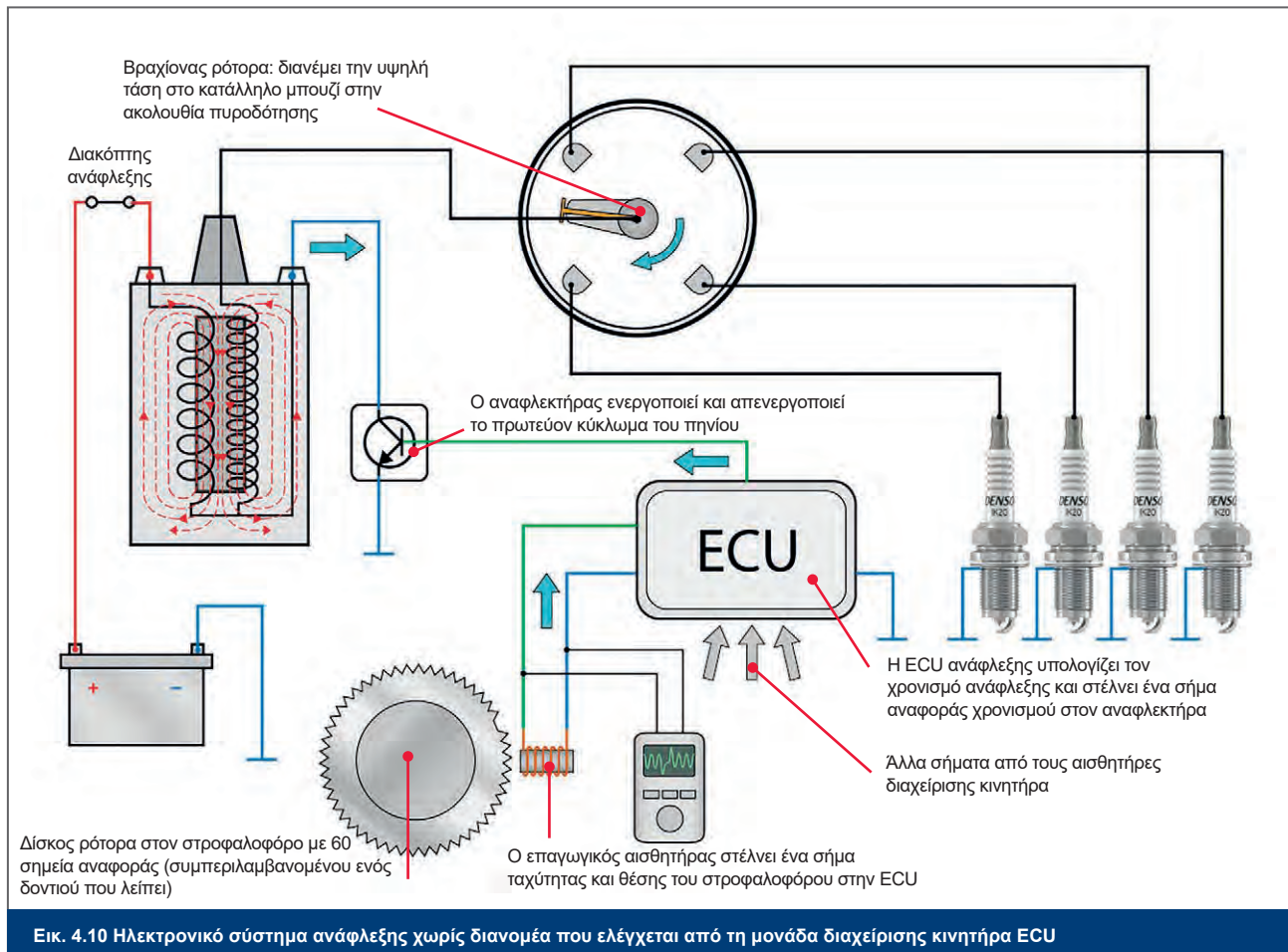
Η μονάδα ECU επιτρέπει τη χρήση πρόσθετων και ακριβέστερων πληροφοριών λειτουργίας κινητήρα που παρέχονται από διάφορους αισθητήρες (Εικ. 4.10). Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των συνθηκών λειτουργίας του κινητήρα, όπως η ταχύτητα και η θέση του στροφαλοφόρου άξονα, η θέση του εκκεντροφόρου, η

ροή της μάζας αέρα, η θέση του γκαζιού και η θερμοκρασία ψυκτικού. Οι πληροφορίες από τους αισθητήρες διαβιβάζονται στη συνέχεια σε μια μονάδα ECU η οποία υπολογίζει αποτελεσματικά το βέλτιστο χρονισμό ανάφλεξης με βάση έναν προγραμματισμένο χάρτη ανάφλεξης. Στη συνέχεια, η ECU περνάει ένα σήμα χρονισμού στον αναφλεκτήρα, ο οποίος ενεργοποιεί και απενεργοποιεί το ηλεκτρικό ρεύμα στην πρωτεύουσα περιέλιξη. Σημειώστε ότι για πολλά συστήματα ανάφλεξης ο αναφλεκτήρας είναι στην πραγματικότητα ενσωματωμένος στην ECU.

#### Αισθητήρες αναφοράς χρονισμού και στροφών κινητήρα

Το παράδειγμα συστήματος ανάφλεξης στην Εικ. 4.10 δείχνει ένα επαγωγικό αισθητήρα που είναι τοποθετημένος κοντά στον στροφαλοφόρο. Στο παράδειγμα, ένας δίσκος ρότορα προσαρτημένος στον στροφαλοφόρο άξονα έχει 60 σημεία αναφοράς που αντιπροσωπεύουν το καθένα 6° περιστροφής του στροφαλοφόρου. Όταν ο στροφαλοφόρος άξονας και ο δίσκος περιστρέφονται, κάθε ένα από τα σημεία αναφοράς θα κινηθεί μπροστά από τον επαγωγικό αισθητήρα, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση ενός μικρού ηλεκτρικού παλμού σε ένα συρμάτινο πηνίο που βρίσκεται στο σώμα του αισθητήρα. Η σειρά των παλμών αναφοράς περνάει στην ECU ανάφλεξης, η οποία έχει στη συνέχεια μια ένδειξη της ταχύτητας και της θέσης του στροφαλοφόρου άξονα. Το δόντι που λείπει στον δίσκο του ρότορα παρέχει έναν μοναδικό παλμό (όπως φαίνεται στον παλμογράφο της Εικ. 4.10) που παρέχει μια βασική αναφορά για τη θέση του στροφαλοφόρου άξονα η οποία υποδεικνύει μια συγκεκριμένη θέση του στροφαλοφόρου (συνήθως δείχνει το ΑΝΣ για τον κύλινδρο 1). Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες από τον αισθητήρα, η μονάδα ECU μπορεί στη συνέχεια να υπολογίσει την ακριβή γωνιακή θέση του στροφαλοφόρου άξονα και στη συνέχεια να παράσχει χρονισμό ανάφλεξης με εξαιρετική ακρίβεια.

Διαφορετικά συστήματα ανάφλεξης χρησιμοποιούν δίσκους ρότορα που συχνά αποτελούν μέρος της μπροστινής τροχαλίας ή του σφονδύλου του κινητήρα. Οι δίσκοι μπορούν να έχουν το λιγότερο 2 σημεία αναφοράς και έως και 360.



**Πηνία πολλαπλής ανάφλεξης / ανάφλεξη χωρίς διανομέα (DLI)**

Έχει επισημανθεί προηγουμένως ότι ένα σημαντικό μειονέκτημα της χρήσης ενός μόνο πηνίου ανάφλεξης είναι ότι στις υψηλές στροφές του κινητήρα, υπάρχει μειωμένος χρόνος παραμονής (dwell) για να δημιουργηθεί το μαγνητικό πεδίο σε πλήρη ισχύ στο πηνίο ανάφλεξης. Το πρόβλημα αυτό είναι εμφανές ιδιαίτερα στους πολύστροφους κινητήρες και τους κινητήρες με 6 ή περισσότερους κυλίνδρους, αλλά ο χρόνος παραμονής έχει καταστεί ακόμη πιο κρίσιμος επειδή απαιτούνται σύγχρονα πηνία ανάφλεξης για την παροχή ακόμη υψηλότερων τάσεων από ό,τι στο παρελθόν, προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση ανάφλεξης και η καύση.

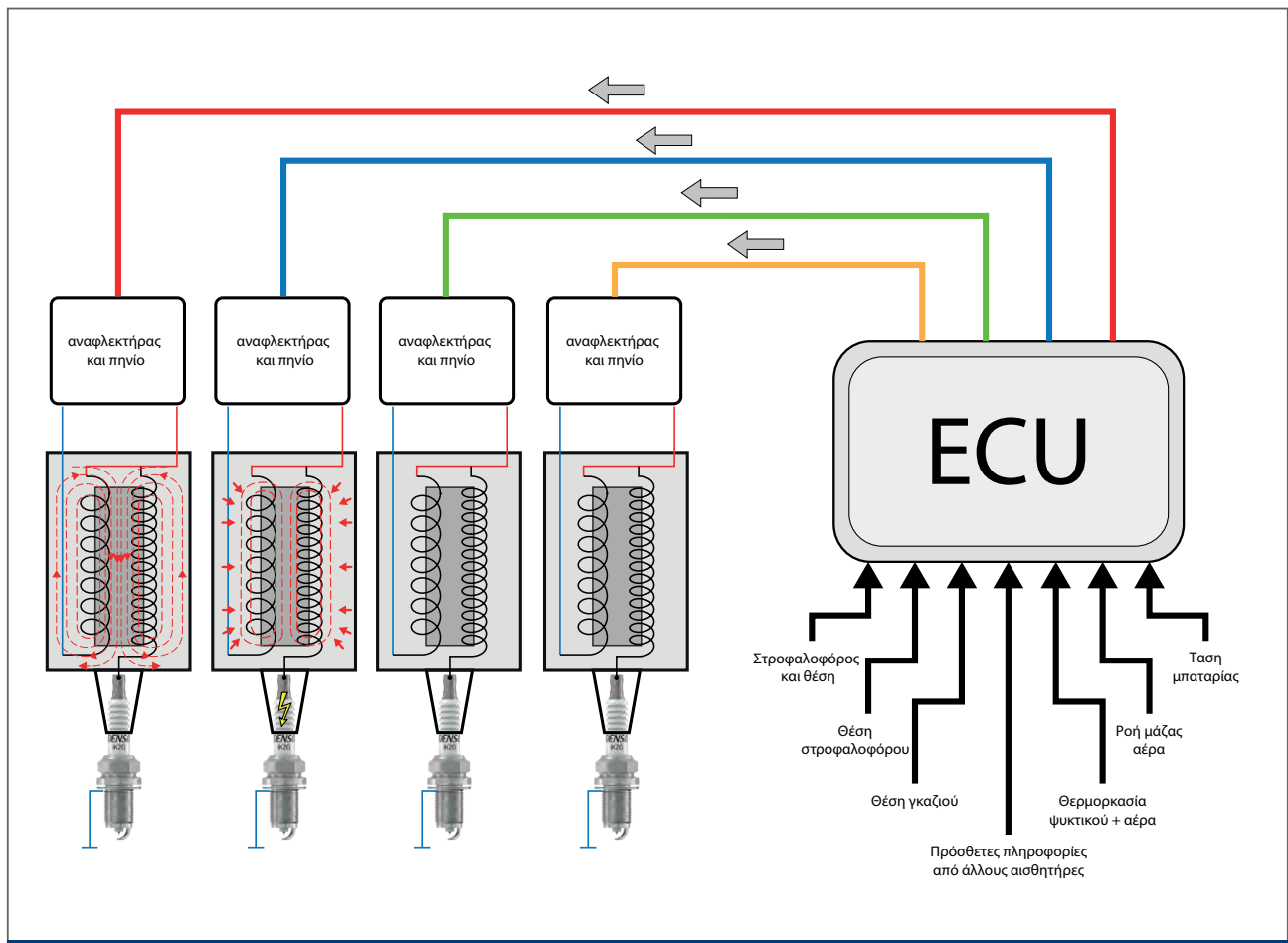
Μια προφανής λύση είναι η χρήση ενός μόνο πηνίου για κάθε μπουζί (όπως φαίνεται στην Εικ. 4.11), που σημαίνει ότι κάθε πηνίο χρειάζεται μόνο να φορτιστεί μία φορά κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου του κινητήρα. Συγκριτικά, σε έναν 12-κύλινδρο κινητήρα με ένα μόνο πηνίο, το πηνίο θα έπρεπε να φορτίζει έως 12 φορές για κάθε 2 περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα. Όταν χρησιμοποιείται ένα μεμονωμένο πηνίο για κάθε μπουζί, τότε θα χρειαστεί ένας μεμονωμένος αναφλεκτήρας για κάθε πηνίο. Οι μεμονωμένοι αναφλεκτήρες θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στην ECU διαχείρισης κινητήρα ή να τοποθετηθούν χωριστά. Εντούτοις, σήμερα χρησιμοποιούνται πηνία ανάφλεξης (όπως τα πηνία DENSO 'stick') με τον αναφλεκτήρα τοποθετημένο μέσα στο πηνίο.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης ξεχωριστών πηνίων ανάφλεξης είναι ότι δεν είναι πλέον απαραίτητος ο βραχίονας του ρότορα και το καπάκι του διανομέα (ντιστριμπιτέρ), εξαλείφοντας έτσι το ηλεκτρικό τόξο που μπορεί να παραχθεί από τις επαφές του καπακιού του διανομέα, γεγονός που μειώνει τις απαιτήσεις συντήρησης και βελτιώνει την αξιοπιστία.

Ορισμένοι τύποι συστημάτων ανάφλεξης χωρίς διανομέα συνδέουν ακόμα τα πηνία ανάφλεξης με τα μπουζί χρησιμοποιώντας μονωμένα σύρματα μπουζί. Ωστόσο, στα περισσότερα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης του κινητήρα, τα πηνία ανάφλεξης τοποθετούνται απευθείας πάνω στα μπουζί, γεγονός που εξαλείφει την ανάγκη για τα καλώδια των μπουζί.

Με τις σύγχρονες τεχνολογίες οι υπολογιστές έχουν γίνει πιο ισχυροί. Ένας υπολογιστής μπορεί να κάνει τη δουλειά που απαιτούσε παλαιότερα πολλούς υπολογιστές. Αυτό ισχύει και για την ECU διαχείρισης του κινητήρα. Σήμερα τα περισσότερα οχήματα διαθέτουν μία μόνο ECU διαχείρισης κινητήρα που ελέγχει την πλήρη λειτουργία του κινητήρα, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος ανάφλεξης, ψεκασμού καυσίμου, EGR και πολλά άλλα. Η ECU διαχείρισης κινητήρα τροφοδοτείται με πληροφορίες από διάφορους αισθητήρες (παρέχονται επίσης από την DENSO).

**Η δυνατότητα ελέγχου των ξεχωριστών πηνίων ανάφλεξης επιτρέπει στην ECU να απενεργοποιεί εντελώς τη λειτουργία οποιουδήποτε μεμονωμένου πηνίου (και του αντίστοιχου μπεκ καυσίμου) σε περίπτωση εμφάνισης αστοχίας ανάφλεξης σε έναν κύλινδρο. Οι αστοχίες ανάφλεξης αυξάνουν τις επιβλαβείς εκπομπές, αλλά το άκαυστο ή μερικώς καμένο καύσιμο και η περίσσεια οξυγόνου περνάνε μέσα από τον καταλυτικό μετατροπέα. Ο καταλυτικός μετατροπέας θα γίνει αναποτελεσματικός, αλλά η μακροχρόνια έκθεση στο πλεονάζον οξυγόνο και το άκαυστο καύσιμο (το οποίο στην πραγματικότητα μπορεί να αναφλεγεί στον καταλυτικό μετατροπέα) θα προκαλέσουν ζημία.**



Εικ. 4.11 Ηλεκτρικό σύστημα ανάφλεξης χωρίς διανομέα που ελέγχεται από τη μονάδα διαχείρισης κινητήρα ECU





## DENSO HIGHLIGHT

### Πηνία ανάφλεξης

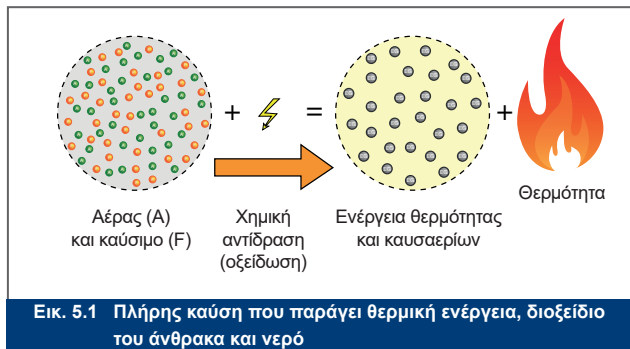
Εκτός από το γεγονός ότι είναι κορυφαίος κατασκευαστής μπουζί, η DENSO είναι μακράν ο ηγέτης στην τεχνολογία ανάφλεξης, σε στενή συνεργασία με τους κατασκευαστές οχημάτων σε όλο τον κόσμο. Αναπτύξαμε το πρώτο, συμπαγές, πηνίο ανάφλεξης τύπου stick για τη βιομηχανία αυτοκινήτου. Η DENSO πρωτοστάτησε επίσης σε μικρού μεγέθους κυκλώματα οδηγού και διαγώνιες επαγωγικές περιελίξεις για βελτιωμένη απόδοση σε μικρότερο χώρο. Αυτές τις καινοτομίες στο σχεδιασμό και άλλες διαθέτουν τα πηνία ανάφλεξης της DENSO για την αγορά aftermarket, εξασφαλίζοντας αξιόπιστη και αποδοτική απόδοση ανάφλεξης σε κάθε διαδρομή.

# 5. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΜΕ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ

## 5.1. Η καύση καυσίμου και οξυγόνου

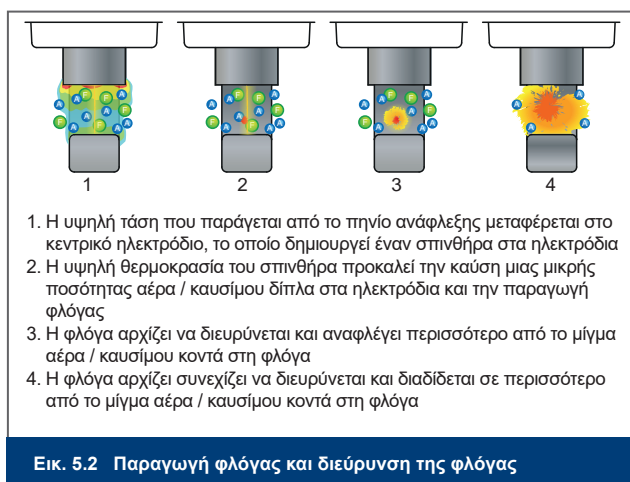
### Παραγωγή ενέργειας από χημικές αντιδράσεις

Η καύση είναι μια διαδικασία όπου λαμβάνουν χώρα χημικές αντιδράσεις μεταξύ καυσίμου και οξυγόνου. Αυτή η διαδικασία είναι επίσης γνωστή ως οξείδωση. Οι αντιδράσεις στη συνέχεια προκαλούν την απελευθέρωση της ενέργειας που αποθηκεύεται στο καύσιμο ως ενέργεια θερμότητας. Σε μια μηχανή καύσης, το καύσιμο αναμειγνύεται με τον αέρα που περιέχει το απαιτούμενο οξυγόνο. Απαιτείται πηγή υψηλής θερμοκρασίας για την έναρξη των χημικών αντιδράσεων του μίγματος αέρα και καυσίμου. Η μεγάλη ποσότητα θερμικής ενέργειας που παράγεται κατά τη διάρκεια της καύσης χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τη διαστολή των αερίων στον κύλινδρο.



Σε έναν κινητήρα πετρελαίου / βενζίνης, παράγεται θερμότητα κατά τη διάρκεια της φάσης συμπίεσης, αλλά αυτή η θερμότητα είναι ανεπαρκής για την ανάφλεξη του μίγματος αέρα / καυσίμου. Ως εκ τούτου, για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένα μπουζί για την χρονισμένη παροχή ενός σπινθήρα (έως 10.000 °C ή περισσότερο) που αυξάνει τη θερμοκρασία του καυσίμου πάνω από τη 'θερμοκρασία ανάφλεξης'.

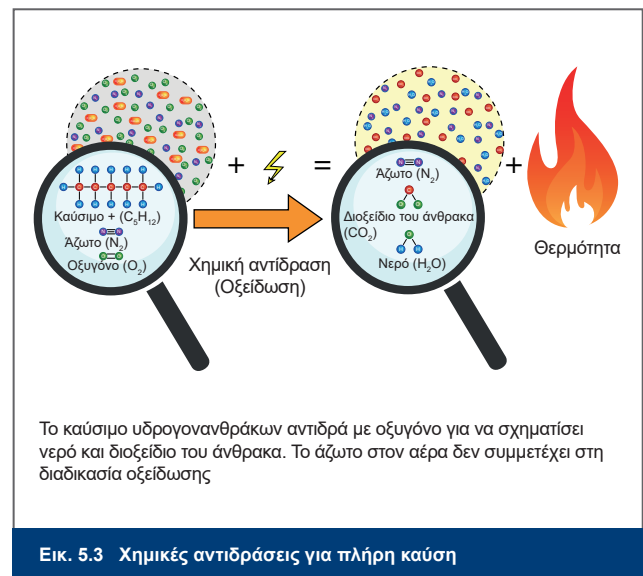
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο η θερμότητα που παράγεται από τη συμπίεση για την ανάφλεξη του καυσίμου, και έτσι λειτουργεί ο κινητήρας ντίζελ. Οι υψηλότερες σχέσεις συμπίεσης που χρησιμοποιούνται σε κινητήρα ντίζελ δημιουργούν υψηλότερες πιέσεις στον κύλινδρο και θερμοκρασίες. Έτσι, με την έγχυση του καυσίμου ντίζελ στον θερμαινόμενο πεπιεσμένο αέρα στο σωστό χρόνο, είναι δυνατόν να επιτευχθεί ακριβής χρονισμός ανάφλεξης και καύση.



Με έναν κινητήρα πετρελαίου / βενζίνης, ο σπινθήρας ανάβει μόνο μια μικρή ποσότητα του μείγματος καυσίμου και αέρα που εκτίθεται άμεσα στον σπινθήρα. Ωστόσο, αυτή η τοπική καύση δημιουργεί μια φλόγα με θερμοκρασίες στην περιοχή των 3.000 °C στον πυρήνα της φλόγας. Η φλόγα μεγαλώνει σε μια αυτοσυντηρούμενη φλόγα και διαδίδεται σε όλο το συμπιεσμένο μίγμα μέχρις ότου, ιδανικά, όλο το καύσιμο και το οξυγόνο να καταναλωθούν με την καύση (βλ. Ενότητα 5.3, που αναφέρεται στην φτωχή καύση).

### Οι χημικές αντιδράσεις και ο ιδανικός λόγος αέρα / καυσίμου για την καύση

Το πετρέλαιο / η βενζίνη είναι καύσιμα υδρογονανθράκων (HC) με μόρια που περιέχουν άτομα υδρογόνου (H) και άτομα άνθρακα (C). Τα μόρια οξυγόνου περιέχουν δύο άτομα οξυγόνου (O<sub>2</sub>) και κατά την καύση, όταν επέρχεται η οξείδωση, το υδρογόνο και το οξυγόνο αντιδρούν σχηματίζοντας H<sub>2</sub>O (νερό), ενώ ο άνθρακας και το οξυγόνο αντιδρούν σχηματίζοντας CO<sub>2</sub> (διοξείδιο του άνθρακα). Αυτές είναι οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την καύση παράγοντας μεγάλη ποσότητα θερμότητας. Ωστόσο, για να έχουμε πλήρη καύση του καυσίμου και του οξυγόνου και να παραχθεί η μέγιστη θερμική ενέργεια, το καύσιμο πρέπει να μπορεί να αναμειγνύεται και να αντιδρά με ακριβώς τη σωστή ποσότητα οξυγόνου.



Το οξυγόνο που καταναλώνεται κατά την καύση προέρχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος περιέχει περίπου 21% οξυγόνο (O<sub>2</sub>) και περίπου 78% άζωτο (N<sub>2</sub>), με άλλα αέρια να αποτελούν το υπόλοιπο 1%. Το καύσιμο πρέπει να αναμειγνύεται ομοιόμορφα με τον αέρα στη σωστή αναλογία προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι ο λόγος καυσίμου και οξυγόνου είναι επίσης σωστός. Η σωστή αναλογία αέρα και καυσίμου επιτυγχάνεται όταν το βάρος του αέρα είναι 14,7 φορές μεγαλύτερο από το βάρος του καυσίμου (π.χ. 14,7 γραμμάρια αέρα για 1 γραμμάριο καυσίμου).

Η ομοιόμορφη ανάμιξη και διανομή του καυσίμου στον αέρα αναφέρεται ως «ομοιογένεια» και η ιδανική αναλογία αέρα και καυσίμου ως «στοιχειομετρική αναλογία».

5.1. Η καύση καυσίμου και οξυγόνου	24
5.2. Επίτευξη καλής καύσης	26
5.3. Αιτίες και προβλήματα φτωχής καύσης	27
5.4. Ρυπαντές και επιβλαβείς εκπομπές που δημιουργούνται κατά την καύση	29
5.5. Μείωση των εκπομπών και βελτίωση της οικονομίας καυσίμου	30

### Στοιχειομετρική και λάμδα

Στον κόσμο της αυτοκινητοβιομηχανίας, χρησιμοποιείται γενικά ο όρος λάμδα στη θέση του όρου στοιχειομετρική. Η τιμή λάμδα προσδιορίζεται με μέτρηση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο. Αισθητήρες οξυγόνου παρακολουθούν την περιεκτικότητα σε οξυγόνο των καυσαερίων, η οποία αρχικά εξαρτάται από την αναλογία αέρα / καυσίμου. Οι αισθητήρες, οι οποίοι είναι επίσης γνωστοί ως αισθητήρες O<sub>2</sub> ή αισθητήρες λάμδα (παρέχονται από την DENSO), παρέχουν ηλεκτρονικά σήματα στην ECU διαχείρισης κινητήρα, η οποία δίνει τη δυνατότητα στην ECU να ρυθμίσει την απαιτούμενη αναλογία αέρα / καυσίμου.

- (1) Ο λόγος αέρα / καυσίμου που είναι στοιχειομετρικός θεωρείται ότι είναι λάμδα 1.
- (2) Ένα φτωχό μίγμα αέρα / καυσίμου, που παράγει περίσσεια οξυγόνου έχει τιμή λάμδα μεγαλύτερη από 1.
- (3) Ένα πλούσιο μίγμα με έλλειψη οξυγόνου έχει τιμή λάμδα μικρότερη από 1.

Θεωρητικά, ένας κινητήρας πρέπει πάντα να λειτουργεί με τιμή λάμδα 1 (στοιχειομετρική αναλογία αέρα / καυσίμου), αλλά ακόμη και με ιδανικές συνθήκες είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί πλήρες μίγμα και ομοιόμορφη κατανομή του καυσίμου στον αέρα. Κατά συνέπεια, γίνονται συνεχώς μικρές ρυθμίσεις προκειμένου να εξασφαλιστεί η σωστή αναλογία αέρα / καυσίμου.

Για να μειωθούν ορισμένες από τις επιβλαβείς εκπομπές που παράγονται κατά την καύση, τα σύγχρονα οχήματα χρησιμοποιούν τους καταλυτικούς μετατροπείς που είναι τοποθετημένοι στο σύστημα εξάτμισης. Οι καταλυτικοί μετατροπείς χρησιμοποιούν χημικές αντιδράσεις που μετατρέπουν τους επιβλαβείς ρύπους σε λιγότερο επιβλαβείς ουσίες (βλ. Ενότητα 5.5).

### Ο λόγος αέρα / καυσίμου ή εύρος λάμδα

Ο πίνακας στην Εικ. 5.4 δείχνει το εύρος των αναλογιών αέρα / καυσίμου και τις αντίστοιχες τιμές λάμδα που χρησιμοποιούνται συνήθως στους σύγχρονες κινητήρες ντίζελ / βενζίνης.

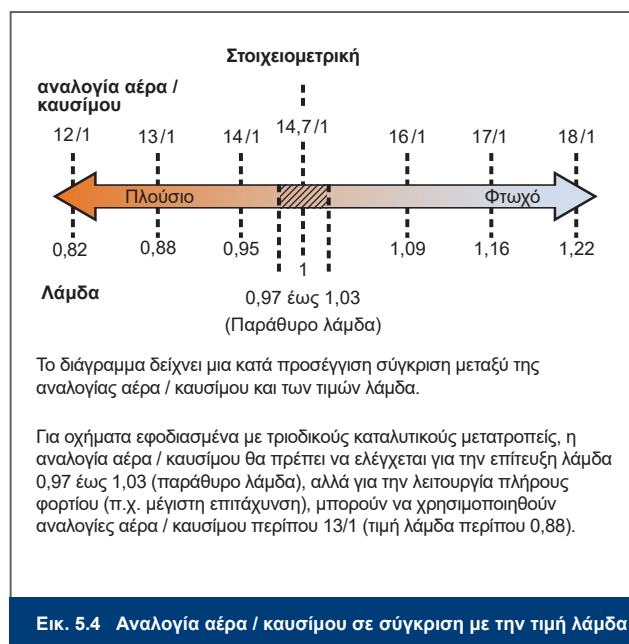
Το γράφημα δείχνει ένα σχετικά περιορισμένο εύρος για τα όρια του λόγου φτωχού και πλούσιου μίγματος αέρα / καυσίμου, το οποίο θα παρέχει την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου για την αποδοτική καύση και για την αποτελεσματική λειτουργία του καταλυτικού μετατροπέα. Όταν ο λόγος αέρα / καυσίμου και τα επίπεδα οξυγόνου είναι μέσα στο απαιτούμενο εύρος, οι τιμές λάμδα θα βρίσκονται σε μια περιοχή λάμδα περίπου 1,03 (φτωχό μίγμα ή υπερβολικό οξυγόνο) και λάμδα 0,97 (πλούσιο μίγμα ή πλεόνασμα καυσίμου), το οποίο αναφέρεται ως παράθυρο λάμδα.

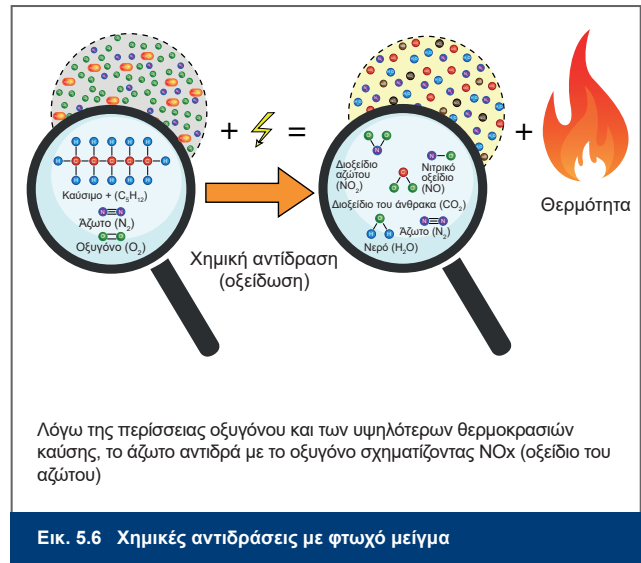
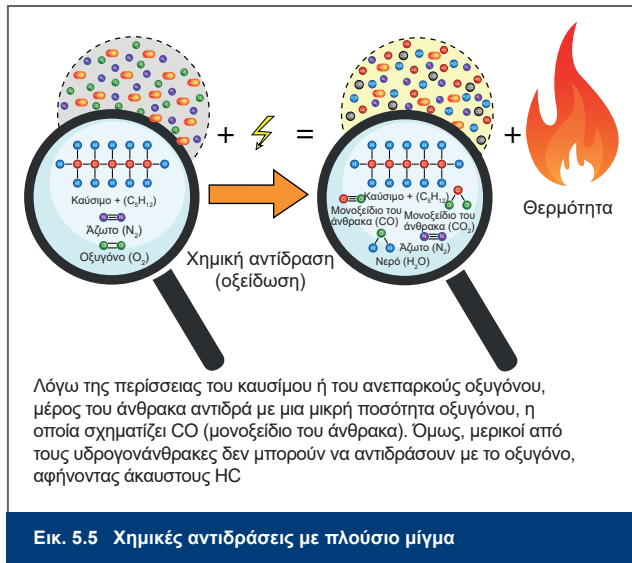
Η χρήση των αισθητήρων οξυγόνου (λάμδα) για την παρακολούθηση του οξυγόνου στα καυσαέρια δίνει τη δυνατότητα στη μονάδα ECU διαχείρισης κινητήρα να ελέγχει την αναλογία αέρα / καυσίμου και τα επίπεδα οξυγόνου εντός του παραθύρου λάμδα. Υπάρχουν ωστόσο κάποιες καταστάσεις οδήγησης (εξηγείται στις επόμενες ενότητες), όπου είναι απαραίτητο να παρέχεται σύντομα ένας λόγος αέρα / καυσίμου ή επίπεδο οξυγόνου που είναι εκτός του παραθύρου λάμδα.

### Πλούσια μείγματα που παράγουν ατελή καύση

Εάν το μίγμα είναι πλούσιο, θα υπάρχει πολύ καύσιμο για να αναμειχθεί με το οξυγόνο. Το υδρογόνο στο καύσιμο συνήθως εξακολουθεί να έχει τη δυνατότητα να αντιδράσει με την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου για να παράγει H<sub>2</sub>O (νερό), αλλά ένα μέρος του άνθρακα δεν μπορεί να αντιδράσει πλήρως με τη σωστή ποσότητα οξυγόνου. Στην πραγματικότητα, αυτό οδηγεί σε ατελή καύση όπου ένα μέρος του άνθρακα φτάνει μόνο εν μέρει σε καύση. Η χημική αντίδραση παράγει τότε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) αντί του λιγότερο ρυπογόνου διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Επιπλέον, μερικά από τα καύσιμα ενδέχεται να μην είναι σε θέση να αντιδράσουν καθόλου με το οξυγόνο, πράγμα που σημαίνει ότι το καύσιμο αυτό παραμένει εντελώς άκαυστο και περνάει στο σύστημα εξάτμισης ως άκαυστος υδρογονάνθρακας (HC).

Ως εκ τούτου, τα καυσαέρια που εκπέμπονται μετά από την καύση πλούσιου μίγματος θα περιέχουν μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και άκαυστο καύσιμο (HC). Το CO και το HC θεωρούνται και τα δύο ρύποι που επηρεάζουν την ατμόσφαιρα και την υγεία μας (βλέπε παράγραφο 5.4 για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους ρύπους).





Μια πλούσια αναλογία αέρα / καυσίμου χρησιμοποιείται συχνά για υψηλότερη ισχύ εξόδου με κόστος την απόδοση του καυσίμου. Περίπου 10% περίσσειας καυσίμου (λάμδα 0,9) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξασφαλιστεί ότι υπάρχει επαρκές καύσιμο για όλο το οξυγόνο, το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος κατά 2-3%.

Ένα πλεονέκτημα των πλούσιων μειγμάτων είναι ότι το υγρό καύσιμο έχει ένα αποτέλεσμα ψύξης στη θερμοκρασία καύσης. Κατά τις συνθήκες λειτουργίας υψηλού φορτίου αυξάνονται οι πιέσεις καύσης και οι θερμοκρασίες οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε προ-ανάφλεξη και κτύπους καύσης (πειράκια). Εάν χρησιμοποιείται πλούσιο μίγμα, η πρόσθετη θερμότητα που απορροφάται από την περίσσεια του καυσίμου βοηθάει να μειωθούν οι θερμοκρασίες καύσης, πράγμα που μειώνει τον κίνδυνο προ-ανάφλεξης και κτύπων καύσης επιτρέποντας έτσι στη διαδικασία καύσης να παράγει με ασφάλεια υψηλή ισχύ.

Ένα πλούσιο μίγμα απαιτείται επίσης κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά από ένα κρύο ξεκίνημα. Οι χαμηλές θερμοκρασίες καυσίμου καθώς και ο ψυχρός κύλινδρος και οι επιφάνειες καύσης μπορεί να εμποδίσουν την αεριοποίηση του καυσίμου και την ανάμιξή του με τον αέρα και το οξυγόνο, προκειμένου να εξασφαλιστεί η καύση.

**Φτωχά μείγματα που παράγουν ατελή καύση**

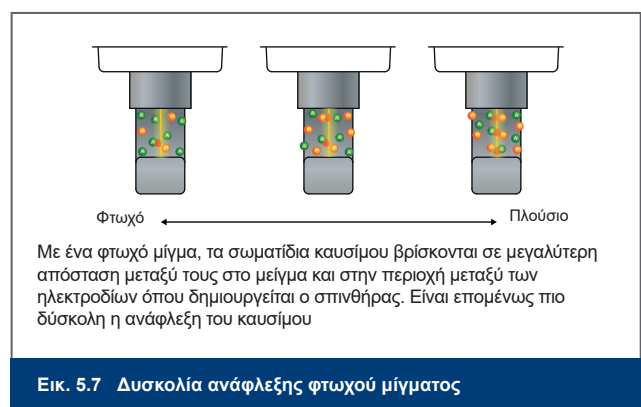
Σε ένα φτωχό μίγμα, θα υπάρχει περίσσεια οξυγόνου, η οποία επιτρέπει σε όλο το καύσιμο να αντιδράσει με το οξυγόνο. Η περίσσεια οξυγόνου μειώνει τον σχηματισμό και τις εκπομπές CO και HC. Η μειωμένη ποσότητα καυσίμου δεν απορροφά τόση θερμότητα όσο ένα πλούσιο μίγμα, έτσι οι θερμοκρασίες καύσης θα είναι υψηλότερες.

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες προκαλούν τότε την αντίδραση του αζώτου στον αέρα με την περίσσεια του διαθέσιμου οξυγόνου, σχηματίζοντας οξειδία του αζώτου (NOx). Τα οξειδία του αζώτου είναι ρύποι που είναι επιβλαβείς για την υγεία και για το περιβάλλον.

**5.2. Επίτευξη αποτελεσματικής καύσης**

**Σχεδιασμός του κινητήρα και του θαλάμου καύσης**

Μια προτεραιότητα για τα σύγχρονα σχέδια κινητήρων είναι η διαδικασία καύσης. Ένας κινητήρας πρέπει να παράγει την απαιτούμενη ισχύ με χαμηλές εκπομπές ρύπων και καλή οικονομία καυσίμου, κάτι που στο παρελθόν συχνά ήταν πολύ δύσκολο να επιτευχθεί. Οι σύγχρονοι κινητήρες επωφελοούνται από τη χρήση ηλεκτρονικά ελεγχόμενων συστημάτων, όπως συστήματα ανάφλεξης και καυσίμου, τα οποία επιτρέπουν τον ακριβέστερο έλεγχο λειτουργιών όπως ο χρόνος ανάφλεξης και ο ψεκασμός καυσίμου για τη βελτίωση της απόδοσης καύσης. Στη συνέχεια επιτρέπει να επιτευχθεί η μέγιστη ενέργεια κατά τη διάρκεια της καύσης χρησιμοποιώντας τη μικρότερη ποσότητα καυσίμων με τη χαμηλότερη δυνατή παραγωγή ρύπων.



Με ένα φτωχό μίγμα, τα σωματίδια καυσίμου βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση σε όλο τον όγκο του αέρα, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχουν λιγότερα σωματίδια καυσίμου που εκτίθενται στον σπινθήρα που δημιουργείται στο μπουζί. Κατά συνέπεια, αυτά τα ευρέως διαχωρισμένα σωματίδια καυσίμου καθιστούν δυσκολότερη την ανάφλεξη του μείγματος αέρα / καυσίμου. Είναι επίσης πιο δύσκολο για τη φλόγα να μεταβεί ή να διαδοθεί σε όλο το φτωχό μίγμα. Ως εκ τούτου, τα εξαιρετικά φτωχά μείγματα μπορούν να προκαλέσουν κακή ανάφλεξη και καύση, παράγοντας σφάλματα που προκαλούν αυξημένα επίπεδα άκαυστων υδρογονανθράκων (HC).

**Ορισμένοι κινητήρες έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν σε φτωχά μείγματα σε συνθήκες ελαφρού φορτίου, γεγονός που συμβάλλει στη βελτίωση της οικονομίας καυσίμου. Λόγω των δυσκολιών ανάφλεξης και καύσης των φτωχών μισμάτων, τα συστήματα ανάφλεξης υψηλότερης απόδοσης και τα μπουζί χρησιμοποιούνται για να παράσχουν έναν ισχυρότερο και μεγαλύτερης διάρκειας σπινθήρα. (Βλέπε ενότητες 5.5 και 7.6).**

Υπάρχουν, ωστόσο, πολλές άλλες πτυχές του σχεδιασμού του κινητήρα (ηλεκτρονικά και μηχανικά) που μπορούν να επηρεάσουν τη διαδικασία καύσης:

> **Μπουζί.** Τα μπουζί οδηγούν την υψηλή τάση στα ηλεκτρόδια για να δημιουργήσουν έναν θερμό σπινθήρα για την ανάφλεξη του μίγματος αέρα / καυσίμου. Το μπουζί πρέπει να διατηρεί τη σωστή θερμοκρασία για να αποφευχθεί η ρύπανση ή η προ-ανάφλεξη. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις απαιτήσεις των μπουζί καλύπτονται στο κεφάλαιο 6.

> **Σύστημα ανάφλεξης.** Τα συστήματα ανάφλεξης πρέπει να παρέχουν την απαιτούμενη τάση και ηλεκτρική ενέργεια στο μπουζί στη σωστή στιγμή για να επιτυγχάνεται σταθερή ανάφλεξη του μίγματος αέρα / καυσίμου.

- > **Αναλογία αέρα / καυσίμου.** Η αναλογία πρέπει να είναι σωστή για να εξασφαλίζεται ότι όσο το δυνατόν περισσότερο καύσιμο αναφλέγεται πλήρως και αποτελεσματικά.
- > **Χρονισμός ψεκασμού.** Για τους σύγχρονους κινητήρες (με θύρα ή άμεσο ψεκασμό), ο σωστός χρόνος ψεκασμού συμβάλλει στη βελτίωση της ομοιογενούς ανάμειξης του αέρα και του καυσίμου.
- > **Σχήμα θαλάμου καύσης.** Το σχήμα του θαλάμου καύσης μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία στροβιλισμού κατά τη διάρκεια της φάσης εισαγωγής, της συμπίεσης και της καύσης. Ο στροβιλισμός βοηθά τον αέρα και το καύσιμο να αναμειγνύεται πιο αποτελεσματικά και η φλόγα να διαδίδεται σε όλο τον θάλαμο καύσης.
- > **Θερμοκρασία λειτουργίας κινητήρα.** Οι επιφάνειες του θαλάμου καύσης (και τα τοιχώματα των κυλίνδρων) πρέπει να διατηρούν επαρκή θερμοκρασία ώστε να αποτρέπουν τις ψυχρές επιφάνειες να σβήνουν τη φλόγα καύσης, αλλά οι επιφάνειες αυτές δεν πρέπει να είναι τόσο ζεστές ώστε να προκαλούν προ-ανάφλεξη.

- > **Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων και ανύψωση.** Μεταβάλλοντας τον χρονισμό των βαλβίδων και την ανύψωση των βαλβίδων σε ορισμένα συστήματα, βοηθά στη βελτίωση της πλήρωσης του κυλίνδρου με αέρα και την απομάκρυνση των καυσαερίων σε ένα ευρύ φάσμα στροφών και φορτίων του κινητήρα.
- > **Επανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR).** Κατά τη διάρκεια των χαμηλών φορτίων, ο αέρας αναμειγνύεται με το καυσαέριο που εισέρχεται στη συνέχεια στον θάλαμο καύσης. Τα καυσαέρια δεν συμμετέχουν στην καύση, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία καύσης και τις εκπομπές NOx (βλ. Ενότητα 5.5).
- > **Υπερσυμπίεση (και υπερτροφοδότηση).** Αυξάνει τη μάζα του αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο και κατά συνέπεια και την πίεση / θερμοκρασία του κυλίνδρου, προκαλώντας την αύξηση της ροπής και της ισχύος του κινητήρα (βλ. ενότητα 5.5).

### 5.3. Αιτίες και προβλήματα φτωχής καύσης

Ο σχεδιασμός του κινητήρα έχει προφανώς άμεση επίδραση στην απόδοση της καύσης. Η επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης της καύσης συχνά σημαίνει λειτουργία κοντά στα όρια. Η υπέρβαση αυτών των ορίων μπορεί να οδηγήσει σε κακή καύση. Οι σύγχρονοι κινητήρες επωφελούνται από τη χρήση ηλεκτρονικού ελέγχου για τον ψεκασμό του καυσίμου, την ανάφλεξη και άλλα συστήματα που σχετίζονται με τον κινητήρα, μειώνοντας σημαντικά τον κίνδυνο κακής καύσης σε σύγκριση με τις προηγούμενες γενιές κινητήρων.

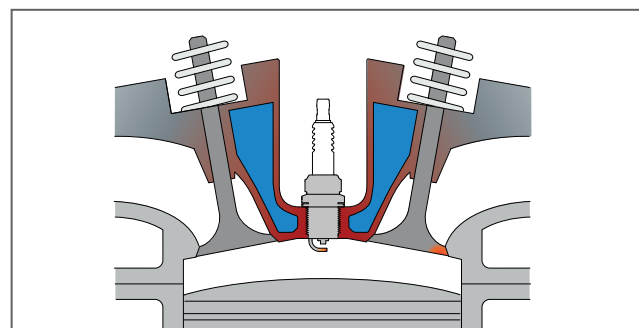
#### Προ-ανάφλεξη και κτύπος (πειράκια)

Η προ-ανάφλεξη και ο κτύπος είναι διαφορετικά συμπτώματα που μπορούν να προκληθούν εξαιτίας πολλών σφαλμάτων που επηρεάζουν τη διαδικασία καύσης.

Προ-ανάφλεξη έχουμε όταν ένα καυτό σημείο στον θάλαμο καύσης μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη του μίγματος αέρα / καυσίμου πριν το μπουζί παράξει τον σωστά χρονισμένο σπινθήρα (Εικ 5.8), έχει το ίδιο αποτέλεσμα με έναν χρονισμό ανάφλεξης με μεγάλο αβάνς (βλ. Ενότητα 3.5). Η πρόωρη καύση του καυσίμου θα προκαλέσει πρόωρη αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας στον κύλινδρο, πράγμα που μπορεί τελικά να οδηγήσει σε πιο επιζήμια εκτόνωση.

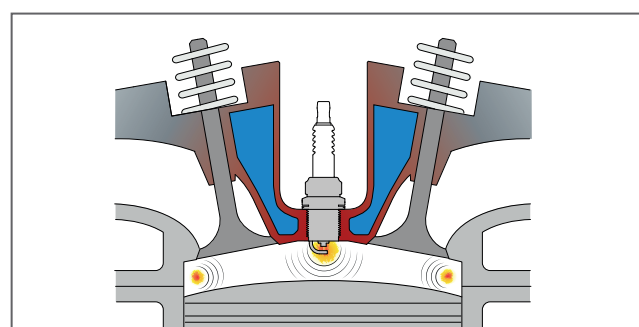
Η εκτόνωση προκαλείται εκεί όπου οι μικροί θύλακες του μίγματος αέρα / καυσίμου αναφλέγονται ανεξάρτητα εξαιτίας υψηλών πιέσεων μετά την έναρξη της καύσης (Εικ. 5.9). Κατά την κανονική καύση, καθώς η φλόγα αυξάνεται προοδευτικά και διαδίδεται σε όλο το θάλαμο καύσης, η πίεση και η θερμοκρασία σε άλλα μέρη του θαλάμου αυξάνεται. Κατά την εκτόνωση η πίεση και η θερμοκρασία σε τμήματα όπου η φλόγα δεν έχει διαδοθεί ακόμα, γίνεται πολύ υψηλές. Θύλακες μίγματος αέρα / καυσίμου εκτονώνονται (εκρήγνυνται) ανεξάρτητα από τη φλόγα. Η εκτόνωση αυτών των μικρών θυλάκων μίγματος μπορεί να προκαλέσει κύματα ταχείας πίεσης, η οποία δημιουργεί έναν ανιχνεύσιμο κτύπο ή θόρυβο ringing.

Η παρατεταμένη εκτόνωση μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στον κινητήρα, όπως τήξη των εμβόλων και των βαλβίδων εξαγωγής.



Προ-ανάφλεξη μπορεί να προκληθεί από «καυτά σημεία» όπως συσσώρευση άνθρακα στο μπουζί ή βαλβίδες γίνονται τόσο θερμές ώστε να αναφλέγουν το μίγμα αέρα / καυσίμου πριν παραχθεί ο σπινθήρας

Εικ. 5.8 Προ-ανάφλεξη



Το κύμα πίεσης που δημιουργείται από την προ-ανάφλεξη έχει ως αποτέλεσμα την εκτόνωση

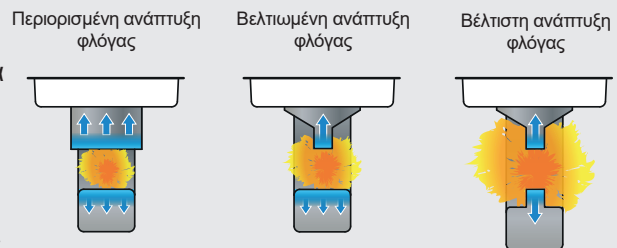
Fig 5.9 Κρουστική καύση κινητήρα

## DENSO HIGHLIGHT

### Σχήμα ηλεκτροδίου

Τα μεγαλύτερα ηλεκτρόδια εμποδίζουν περισσότερο την αύξηση της φλόγας, ενώ τα μικρότερα ηλεκτρόδια θα επιτρέψουν τη την αύξηση της ανάπτυξης 3D, όπως το πατενταρισμένο κεντρικό ηλεκτρόδιο 0.4 mm και η πατενταρισμένη τεχνολογία Twin Tip.

Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο η DENSO βελτιώνει την ανάφλεξη. Χρησιμοποιώντας μικρότερα ηλεκτρόδια βελτιωμένων επιδόσεων.



#### Βλάβες που προκαλούν κακή καύση

Υπάρχουν πολλά σφάλματα που σχετίζονται με το κινητήρα και μπορούν να προκαλέσουν κακή καύση. Η λίστα που ακολουθεί επισημαίνει μόνο τα κύρια προβλήματα που στις περισσότερες περιπτώσεις θα είναι εύκολο να διαγνωσθούν και να διορθωθούν.

> **Μπουζί.** Τα σφάλματα του μπουζί επηρεάζουν τόσο τους σύγχρονους όσο και τους παλαιότερους κινητήρες. Η ενότητα 10.3 παρέχει έναν λεπτομερή οδηγό εύρεσης σφαλμάτων για τον εντοπισμό σφαλμάτων που σχετίζονται με το μπουζί. Είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται το σωστό μπουζί.

**Το σωστό μπουζί μπορεί να εντοπιστεί στον ηλεκτρονικό κατάλογο της DENSO στη διεύθυνση [denso-am.eu/e-catalogue](http://denso-am.eu/e-catalogue).**

> **Χρονισμός ανάφλεξης.** Αν και ο ηλεκτρονικός έλεγχος των συστημάτων ανάφλεξης δεν πρέπει να επιτρέπει τη μεταβολή του χρονισμού ανάφλεξης από την προγραμματισμένη τιμή, ένα σφάλμα στο σύστημα διαχείρισης κινητήρα μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένο χρονισμό.

Για τα παλαιότερα οχήματα, ωστόσο, ειδικά με μηχανικά και τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα ανάφλεξης, η φθορά εξαρτημάτων και η λανθασμένη ρύθμιση του χρονισμού ανάφλεξης θα έχουν αξιοσημείωτη επίδραση στην αποτελεσματικότητα της καύσης και στην απόδοση του κινητήρα.

> **Πλούσιο μίγμα.** Παρόλο που ένα ελαφρώς πλούσιο μίγμα μπορεί να βοηθήσει στην παραγωγή καλής ισχύος και ροπής του κινητήρα, ένα πλούσιο μίγμα δεν θα είναι σε θέση να κάψει όλο το καύσιμο λόγω της έλλειψης οξυγόνου στο μίγμα. Η διαδικασία καύσης θα είναι λιγότερο αποτελεσματική με αποτέλεσμα τη μείωση της οικονομίας καυσίμου (βλ. Ενότητα 5.1).

Τα πλούσια μίγματα στα σύγχρονα οχήματα προκαλούνται γενικά από:

- > Διαρροή ή «δάκρυσμα» των εγχυτήρων καυσίμου
- > Υψηλές πιέσεις καυσίμου
- > Φίλτρα αέρος μπλοκαρισμένα ή περιορισμένα
- > Ελαττωματικοί αισθητήρες οξυγόνου (λάμδα)

> **Φτωχό μίγμα.** Όταν υπάρχει ένα πολύ φτωχό μίγμα, τα σωματίδια του καυσίμου βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση στον συνολικό όγκο αέρα, πράγμα που σημαίνει ότι είναι δύσκολο για τον σπινθήρα να αναφλέξει το μίγμα. Είναι επίσης δύσκολο για την φλόγα καύσης να αναπτυχθεί και να εξαπλωθεί μέσω του φτωχού μίγματος αέρα / καυσίμου. Η δυσκολία ανάφλεξης και η διατήρηση της καύσης του μίγματος μπορεί να οδηγήσει σε αστοχίες ανάφλεξης.

Τα φτωχά μίγματα στα σύγχρονα οχήματα προκαλούνται γενικά από:

- > Διαρροές αέρα στο σύστημα εισαγωγής
- > Χαμηλή πίεση καυσίμου
- > βρώμικα ή μπλοκαρισμένα μπεκ ψεκασμού
- > Ελαττωματικοί αισθητήρες οξυγόνου (λάμδα)

> **Σφάλματα ανακυκλοφορίας καυσαερίων.** Η επανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR), επανακυκλοφορεί ένα μέρος των καυσαερίων πίσω στο σύστημα εισαγωγής βοηθώντας στη μείωση ορισμένων βλαβερών εκπομπών. Ως εκ τούτου, είναι σημαντική η ποσότητα ανακυκλωμένων καυσαερίων να ελέγχεται προσεκτικά.

Ένα σφάλμα στο σύστημα EGR μπορεί να μειώσει την ποσότητα του καυσαερίου που επανακυκλοφορεί, οδηγώντας σε αυξημένες θερμοκρασίες καύσης που μπορεί να προκαλέσουν προ-ανάφλεξη ή ακόμα και εκτόνωση. Αν, ωστόσο, ένα σφάλμα επιτρέπει την επανακυκλοφορία υπερβολικής ποσότητας καυσαερίων, θα περιορίσει την ποσότητα φρέσκου αέρα και οξυγόνου που εισέρχεται στο θάλαμο καύσης και θα προκαλέσει κακή καύση και σφάλματα.

> **Θερμοκρασία του κινητήρα και του θαλάμου καύσης.** Η απώλεια ψυκτικού κινητήρα ή βλάβης του συστήματος ψύξης μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του κινητήρα και του θαλάμου καύσης. Επομένως, οι θερμοκρασίες καύσης θα αυξηθούν, πράγμα που μπορεί οδηγήσει σε προ-ανάφλεξη και εκτόνωση.

Αν όμως μια βλάβη του συστήματος ψύξης εμποδίσει τον κινητήρα να φτάσει στην κανονική θερμοκρασία λειτουργίας, τα τοιχώματα του κυλίνδρου και οι επιφάνειες του θαλάμου καύσης θα είναι πιο κρύες. Αυτό μπορεί να σβήσει τη φλόγα καύσης πριν το σύνολο του μίγματος αέρα / καυσίμου καταναλωθεί από την καύση. Συνεπώς, ένας κρύος κινητήρας σε λειτουργία μπορεί να οδηγήσει σε κακή απόδοση καυσίμου.

## 5.4. Ρυπαντές και επιβλαβείς εκπομπές που δημιουργούνται κατά την καύση

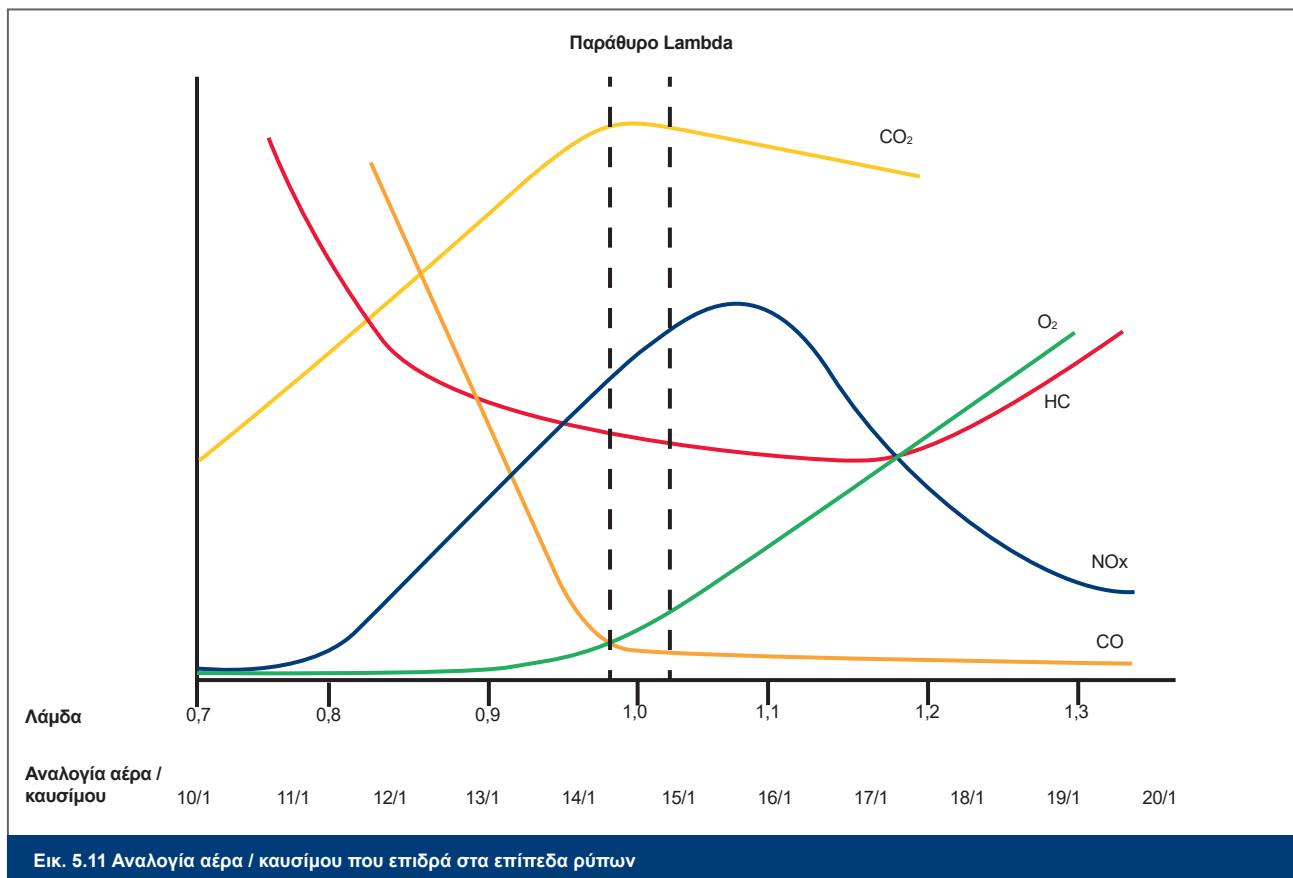
Από τη δεκαετία του '60 οι κανονισμοί για τις εκπομπές έχουν σταδιακά γίνει πιο αυστηροί, γεγονός που έχει επιφέρει βελτιώσεις στον σχεδιασμό του κινητήρα καθώς και σημαντικές βελτιώσεις και αλλαγές στα συστήματα ανάφλεξης καυσίμου. Οι κανονισμοί για τις εκπομπές εξακολουθούν να περιλαμβάνουν πολλούς διαφορετικούς ρύπους και παρόλο ότι ορισμένοι ρύποι, όπως οι ρύποι με βάση το θείο και το μόλυβδο, έχουν μειωθεί ή εξαλειφθεί σημαντικά, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καύσης του κινητήρα εξακολουθούν να παράγονται ρύποι. Οι βασικοί ρύποι που προκαλούν ανησυχία παρουσιάζονται στον πίνακα 5.10.

### Η αναλογία αέρα / καυσίμου και η επίδρασή του στους βασικούς ρύπους

Το γράφημα στην Εικ. 5.11 δείχνει τους βασικούς ρύπους και την περιεκτικότητα σε οξυγόνο στα καυσαέρια, παρουσιάζει πώς ακόμη και μικρές μεταβολές στην αναλογία αέρα / καυσίμου μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν αισθητά τα επίπεδα ρύπων. Όταν η αναλογία αέρα / καυσίμου ελέγχεται μέσα στο παράθυρο λάμδα, επιτυγχάνεται ένας λογικός συμβιβασμός μεταξύ των διαφόρων ρύπων, αλλά απαιτούνται πρόσθετες μέθοδοι για περαιτέρω μείωση των ρυπογόνων εκπομπών.

Ρύπος	Σύμβολο	Επίδρασεις	Αιτίες
Μονοξειδίο του άνθρακα	CO	Μερικώς καμμένο καύσιμο που μπορεί να εισέλθει στην κυκλοφορία του αίματος και να αντικαταστήσει το οξυγόνο, κάτι που περιορίζει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο μέσα από το σώμα	Πλούσιο μείγμα, κακή ανάφλεξη (βλάβη συστήματος μπουζί ή ανάφλεξης), κακή καύση, λανθασμένος χρονισμός ανάφλεξης
Υδρογονάνθρακες	HC	Το άκαυστο καύσιμο είναι καρκινογόνο (μπορεί να προκαλέσει καρκίνο) και να επηρεάσει την ανάπτυξη των κυττάρων στο σώμα. Μπορεί να αντιδράσει με άλλους ρύπους για να σχηματίσει όζον	Πλούσιο μείγμα, κακή ανάφλεξη (βλάβη συστήματος μπουζί ή ανάφλεξης), κακή καύση, λανθασμένος χρονισμός ανάφλεξης
Οξειδία του αζώτου	NOx (Οξείδιο του αζώτου-NO και διοξείδιο του αζώτου-NO <sub>2</sub> )	Μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό των ματιών και των πνευμόνων, και μπορεί να δημιουργήσει αναπνευστικά προβλήματα. Συμβάλλει στην αιθάλη και την όξινη βροχή, καθώς επίσης και στο όζον στο επίπεδο του εδάφους	Παράγεται κατά την καύση σε υψηλές θερμοκρασίες με φτωχά μείγματα, όπου το άζωτο στον αέρα αντιδρά με οξυγόνο
Διοξείδιο του άνθρακα	CO <sub>2</sub>	Ο λιγότερο επιβλαβής ρύπος αυτής της λίστας. Η συσσώρευση CO <sub>2</sub> στις παγίδες της ατμόσφαιρας τη θερμότητα και συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη	Προϊόν πλήρους καύσης του καυσίμου και του οξυγόνου

Σχήμα 5.10 Βασικοί ρύποι



Εικ. 5.11 Αναλογία αέρα / καυσίμου που επιδρά στα επίπεδα ρύπων

### 5.5. Μείωση των εκπομπών και βελτίωση της οικονομίας καυσίμου

Με τη βελτίωση του σχεδιασμού του κινητήρα και της διαδικασίας καύσης, έχουν επιτευχθεί σημαντικές μειώσεις των ρύπων. Καθώς οι κανονισμοί για τα μηχανοκίνητα οχήματα θα γίνουν αυστηρότεροι, ορισμένοι θα επικεντρωθούν στα συστήματα μετεπεξεργασίας των καυσαερίων. Ωστόσο, πρέπει να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες για την πρόληψη ή τη μείωση της δημιουργίας επιβλαβών εκπομπών. Μερικές από αυτές τις τεχνολογίες εξηγούνται παρακάτω.

#### Καταλυτικοί μετατροπείς και αισθητήρες λάμδα για τη μείωση των επιπέδων CO, HC και NOx

Οι τριοδικοί καταλυτικοί μετατροπείς εισήχθησαν κατά τη δεκαετία του '80 και τώρα τοποθετούνται σχεδόν σε όλα τα βενζινοκίνητα οχήματα μαζί με παραγωγή. Αυτοί οι τριοδικοί μετατροπείς παρέχουν μετεπεξεργασία των καυσαερίων για τη μείωση των ρύπων CO, HC και NOx που παράγονται κατά την καύση (Εικ. 5.12).

Στους καταλυτικούς μετατροπείς των αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται πολύτιμα μέταλλα όπως το παλλάδιο, το ρόδιο ή η πλάτινα ως καταλύτης για την προώθηση των χημικών αντιδράσεων, αλλά δεν συμμετέχουν οι ίδιοι.

Ένας καταλυτικός μετατροπέας απαιτεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά η θερμότητα.

Κατά την επεξεργασία του CO και του HC (το μερικώς καμμένο και άκαυστο καύσιμο), οι χημικές αντιδράσεις συνεχίζουν αποτελεσματικά εκείνες τις αντιδράσεις που δεν ολοκληρώθηκαν πλήρως κατά την καύση του κινητήρα. Μέσα στον μετατροπέα, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) αντιδρούν με το οξυγόνο με παρόμοιο τρόπο όπως και στις αντιδράσεις οξειδωσης που λαμβάνουν χώρα κατά την καύση. Παρέχεται ένας σχετικά φτωχός λόγος αέρα / καυσίμου για να εξασφαλιστεί ότι το οξυγόνο είναι διαθέσιμο για τις αντιδράσεις που στη συνέχεια μετατρέπουν αποτελεσματικά το CO και το HC σε CO<sub>2</sub> (διοξείδιο του άνθρακα) και H<sub>2</sub>O (νερό).

Η μείωση των οξειδίων του αζώτου (NOx) που σχηματίζονται κατά την καύση απαιτεί διαφορετική χημική αντίδραση που να διαχωρίζει αποτελεσματικά το οξυγόνο (O<sub>2</sub>) από το άζωτο (N). Η αντίδραση (γνωστή ως αναγωγή) απαιτεί ελαφρώς πλουσιότερο μίγμα με μειωμένη ποσότητα οξυγόνου για να καταστεί δυνατός ο διαχωρισμός του οξυγόνου από το άζωτο. Το ελεύθερο οξυγόνο μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να αντιδράσει με το CO και το HC που απομένουν στο καυσαέριο, παράγοντας και πάλι CO<sub>2</sub>.

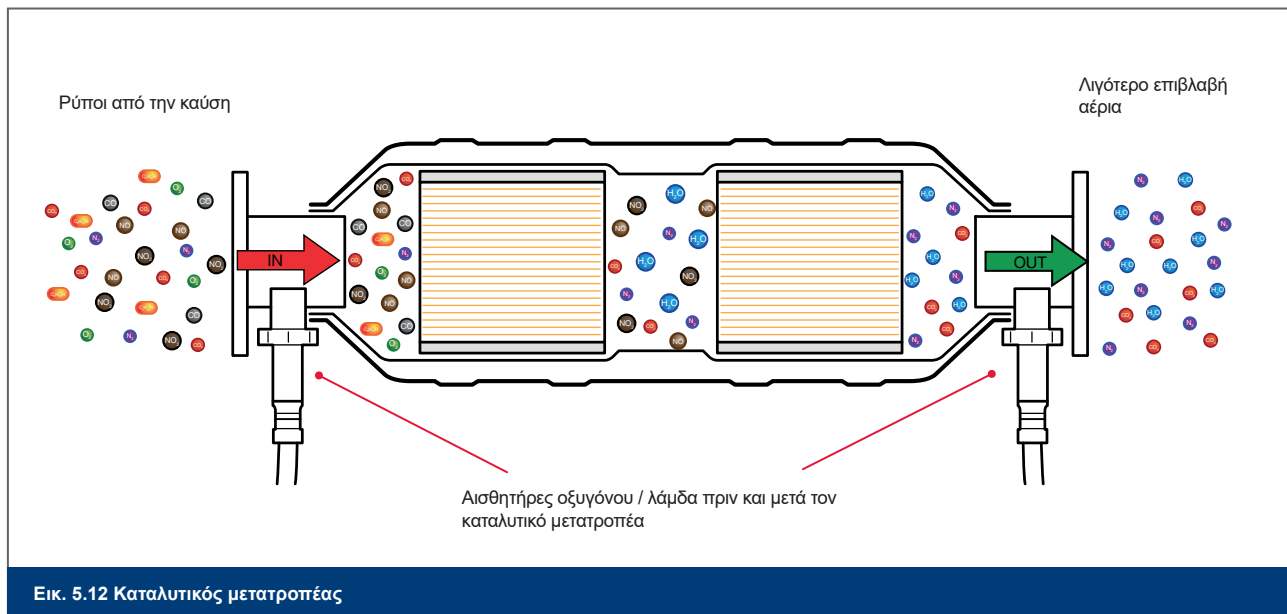
Καθώς μια χημική αντίδραση απαιτεί μια περίσσεια οξυγόνου και η άλλη αντίδραση απαιτεί μειωμένη ποσότητα οξυγόνου, η μονάδα ECU διαχείρισης κινητήρα μετατρέπει την αναλογία αέρα / καυσίμου μεταξύ των ορίων πλουσίου και φτωχού μίγματος στο παράθυρο λάμδα. Συνεπώς, η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο κυμαίνεται από περίπου λάμδα 0,97 έως περίπου 1,03, πράγμα που επιτρέπει στον καταλυτικό μετατροπέα να προάγει τις δύο διαφορετικές χημικές αντιδράσεις.

Για να μπορεί η μονάδα ECU να ελέγχει με ακρίβεια τον λόγο αέρα / καυσίμου και να παρέχει την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου, ένας αισθητήρας λάμδα πριν από τον καταλύτη παρέχει ένα ηλεκτρικό σήμα στην ECU το οποίο υποδεικνύει το περιεχόμενο οξυγόνου των καυσαερίων πριν από τον μετατροπέα (Εικ. 5.12). Ανάλογα με το σήμα που λαμβάνεται από τον αισθητήρα, η ECU προσαρμόζει την αναλογία αέρα / καυσίμου. Αυτή η συνεχής διαδικασία παρακολούθησης και διόρθωσης του περιεχομένου οξυγόνου είναι γνωστή ως έλεγχος κλειστού βρόχου. Ένας δεύτερος αισθητήρας λάμδα μετά τον καταλύτη παρακολουθεί την περιεκτικότητα οξυγόνου μετά από τον μετατροπέα προκειμένου να εξασφαλίσει ότι το οξυγόνο χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων, αυτός δεύτερος αισθητήρας είναι γνωστός ως διαγνωστικός αισθητήρας.

#### Downsizing και υπερτροφοδότηση

Εκτός από τη μείωση των ρύπων που έχουν ήδη εντοπιστεί, έχει πρόσφατα αυξηθεί η πίεση για μείωση του παραγόμενου CO<sub>2</sub> (διοξειδίου του άνθρακα) που προκαλείται από καύση των ορυκτών καυσίμων. Αυτό, από τα μέσα της δεκαετίας του 2000, οδήγησε σε μια τάση μείωσης των κυβικών των κινητήρων (downsizing). Η κατασκευή μικρότερων κινητήρων εξοικονομεί βάρος, πράγμα που μειώνει την απαίτηση ισχύος και μειώνει την κατανάλωση καυσίμου. Αλλά, για να διατηρηθεί η αναμενόμενη απόδοση του οχήματος, οι μικρότεροι κινητήρες πρέπει να παράγουν επαρκή ισχύ και ροπή που θα προσεγγίζουν τα μεγαλύτερα ισοδύναμά τους, πράγμα που απαιτεί αύξηση της ειδικής ισχύος του κινητήρα.

Ειδική ισχύς είναι η μέγιστη ισχύς εξόδου διαιρεμένη από τον όγκο του κινητήρα (χωρητικότητα κινητήρα). Μια αποτελεσματική μέθοδος αύξησης της συγκεκριμένης ισχύος είναι η υπερτροφοδότηση. Υπάρχει μια αυξανόμενη τάση στη χρήση των στροβιλοσυμπιεστών που αυξάνουν τη μάζα του αέρα που διέρχεται από τον κύλινδρο (εξαναγκασμένη επαγωγή). Η αυξημένη μάζα αέρα αυξάνει τις θερμοκρασίες και τις πιέσεις καύσης με αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος και της ροπής.



Εικ. 5.12 Καταλυτικός μετατροπέας



### Φτωχά μείγματα και άμεσος ψεκασμός

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που βοηθά στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> λειτουργεί τον κινητήρα με πιο φτωχά μείγματα κατά τη διάρκεια χαμηλού φορτίου του κινητήρα. Η χρήση φτωχών μειγμάτων, βοηθάει να εξασφαλιστεί ότι όλο το καύσιμο χρησιμοποιείται για την καύση και δεν σπαταλάται περνώντας στο σύστημα εξάτμισης.

Μία μέθοδος που επιτρέπει τη λειτουργία με καύση φτωχού μείγματος είναι η χρήση άμεσου ψεκασμού όπου, αντί του ψεκασμού ντίζελ / βενζίνης μέσα στους αυλούς εισαγωγής, ο ψεκασμός γίνεται απευθείας στο θάλαμο καύσης (Εικ. 5.13).

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας με χαμηλό φορτίο, το καύσιμο ψεκάζεται κατά τη φάση συμπίεσης και στη συνέχεια αναμιγνύεται με μια μικρή ποσότητα του συνολικού αέρα στον κύλινδρο. Αν και στη συνέχεια αναφλέγεται μόνο μια μικρή ποσότητα μίγματος, η διαδικασία καύσης εξακολουθεί να παράγει αρκετή θερμότητα για να διαστέλλει τα υπόλοιπα αέρια και να παράγει αρκετή ισχύ για συνθήκες χαμηλού φορτίου. Αυτή η αρχή της ανάφλεξης μίας μικρής ποσότητας μίγματος αναφέρεται ως «στρωματοποιημένη καύση».

Για συνθήκες υψηλότερου φορτίου, το καύσιμο ψεκάζεται κατά τη διάρκεια της φάσης εισαγωγής και στη συνέχεια του επιτρέπεται να αναμιχθεί με όλο τον αέρα στον κύλινδρο (ομοιογενές μίγμα) επιτρέποντας έτσι την καύση με κανονική αναλογία αέρα / καυσίμου για να παράγει περισσότερη ισχύ.

Κατά τη διάρκεια της στρωματοποιημένης καύσης, το φτωχό μίγμα προκαλεί υψηλές θερμοκρασίες καύσης. Ο συνδυασμός υψηλών θερμοκρασιών και περισσεύει οξυγόνου παράγει υψηλά επίπεδα NO<sub>x</sub>, τα οποία στη συνέχεια μειώνονται με τη χρήση υψηλότερων ποσοστών επανακυκλοφορίας καυσαερίων.

### Επανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR) για τη μείωση των επιπέδων NO<sub>x</sub>

Η επανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR) χρησιμοποιείται για την αποφυγή σχηματισμού NO<sub>x</sub> κατά την καύση. Τα επίπεδα των NO<sub>x</sub> αυξάνονται σημαντικά όταν υπάρχει περίσσεια οξυγόνου (φτωχό μίγμα) και οι θερμοκρασίες καύσης υπερβαίνουν τους 1.600 °C.

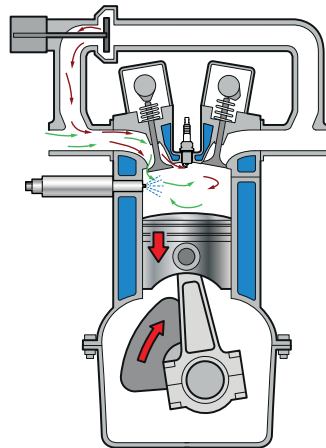
Με την επανακυκλοφορία μιας ελεγχόμενης ποσότητας καυσαερίων πίσω στο σύστημα εισαγωγής του κινητήρα όπου αναμιγνύεται με τον φρέσκο αέρα εισαγωγής (Εικ. 5.14), τα αδρανή (άκαυστα) καυσαέρια αντικαθιστούν ένα μέρος του αέρα και του οξυγόνου στον κύλινδρο. Αν και το επανακυκλοφορούμενο καυσαέριο είναι θερμό, είναι πιο δροσερό από τη θερμοκρασία καύσης, κάτι που επιτρέπει στα καυσαέρια να απορροφούν θερμότητα από τη διαδικασία καύσης. Οι μειωμένες θερμοκρασίες καύσης μειώνουν τον σχηματισμό NO<sub>x</sub> καθώς και τον κίνδυνο προανάφλεξης και εκτόνωσης.

Κατά τη λειτουργία πλήρους φορτίου, απαιτείται η μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα καθαρού αέρα για υψηλή ισχύ εξόδου. Συνεπώς, η EGR κανονικά δεν χρησιμοποιείται κατά τη λειτουργία πλήρους φορτίου.

Η μονάδα ECU διαχείρισης κινητήρα ρυθμίζει το άνοιγμα μιας βαλβίδας EGR (παρέχεται επίσης από την DENSO), έτσι ώστε περίπου το 5% έως 15% των καυσαερίων να μπορούν να επανέλθουν ξανά στο σύστημα εισαγωγής ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας.

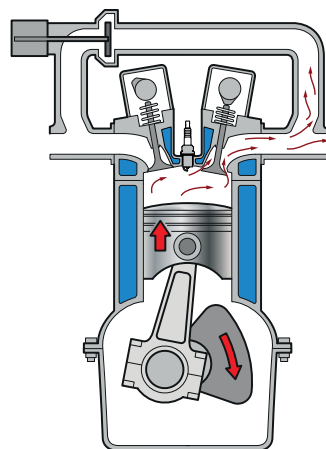
**Αυτές οι τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί για να μειώσουν τις εκπομπές, να βελτιώσουν τις επιδόσεις και την οικονομία καυσίμου.**

Έχουν ενισχυθεί περαιτέρω. Οι νέες τάσεις και η επίδρασή τους στο σύστημα ανάφλεξης περιγράφεται στην ενότητα 7.6

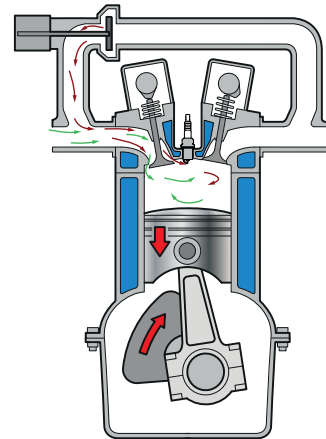


Το καύσιμο ψεκάζεται στον θάλαμο καύσης κατά τη διάρκεια της φάσης εισαγωγής, αλλά σε πολλούς τύπους συστημάτων άμεσου ψεκασμού, το καύσιμο μπορεί επίσης να ψεκαστεί κατά τη διάρκεια της φάσης συμπίεσης σε συνθήκες λειτουργίας ελαφρού φορτίου

Εικ. 5.13 Άμεσος ψεκασμός καυσίμου



Κατά τη διάρκεια της φάσης εξαγωγής, ορισμένα καυσαέρια μπορούν να περάσουν από τη βαλβίδα EGR



Κατά τη διάρκεια της φάσης εισαγωγής, η βαλβίδα EGR επιτρέπει μια βαθμονομημένη ποσότητα καυσαερίων να αναμιχθούν με τον αέρα εισαγωγής

Εικ. 5.14 Επανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR)

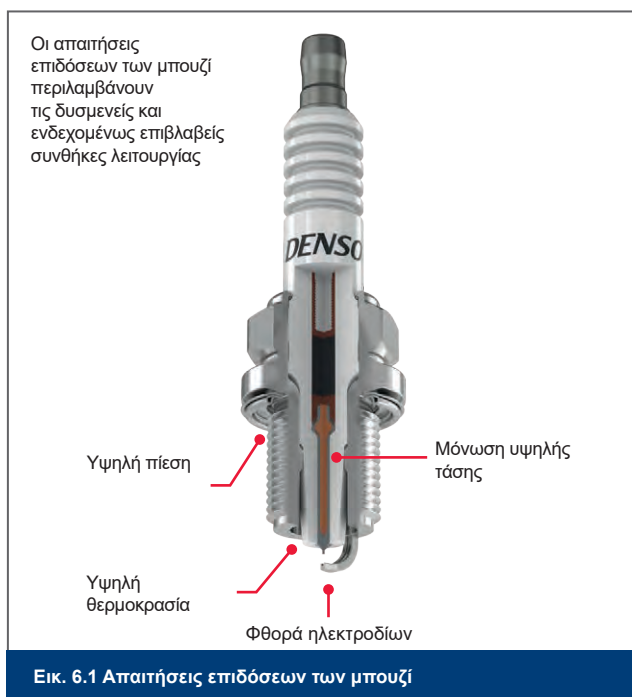
# 6. ΜΠΟΥΖΙ

## 6.1. Το κλειδί για την καύση

Τα μπουζί αποτελούν βασικό στοιχείο στη δημιουργία μιας αποτελεσματικής διαδικασίας ανάφλεξης και καύσης. Αν και ο σκοπός ενός μπουζί είναι να παράσχει τον σπινθήρα που ξεκινάει την καύση του μίγματος αέρα / καυσίμου, ο σχεδιασμός του μπουζί έχει μεγάλη επίδραση στη διαδικασία καύσης στα πρώτα της στάδια.

## 6.2. Απαιτήσεις απόδοσης

Εκτός από την παραγωγή του σπινθήρα, τα μπουζί πρέπει να πληρούν ορισμένες απαιτήσεις επιδόσεων, με τις βασικές απαιτήσεις να αναφέρονται παρακάτω (Εικ. 6.1).



### Αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και τις συνεχείς αλλαγές θερμοκρασίας

Οι επιφάνειες των μπουζί στο θάλαμο καύσης εκτίθενται συνεχώς σε θερμοκρασίες γύρω στους 3.000 °C κατά τη διάρκεια της καύσης του μίγματος αέρα / καυσίμου. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της φάσης εισαγωγής, το μπουζί υποβάλλεται σε ξαφνική ψύξη από τον φρέσκο αέρα εισαγωγής σε χαμηλή θερμοκρασία. Αυτή η ξαφνική διαδικασία θέρμανσης και ψύξης επαναλαμβάνεται σε κάθε 4-χρονο κύκλο όσο ο κινητήρας λειτουργεί. Εκτός από την αντοχή στη θερμότητα, το μπουζί πρέπει επίσης να διαχέει αρκετή θερμότητα για να αποφευχθεί η εμφάνιση καυτών σημείων στο μπουζί που θα μπορούσαν να προκαλέσουν προ-ανάφλεξη.

Υπάρχουν πολλά στοιχεία σχεδιασμού ενός μπουζί που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο το μπουζί αναφλέγει το μίγμα αέρα / καυσίμου. Ωστόσο, ο σπινθήρας πρέπει να είναι ικανός να αναφλέγει το μείγμα σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών λειτουργίας που περιλαμβάνουν μεταβολές της θερμοκρασίας, της πίεσης, του λόγου αέρα / καυσίμου, των στροφών του κινητήρα και των φορτίων του κινητήρα.

### Αντοχή στις σοβαρές αλλαγές πίεσης

Κατά τη διάρκεια της φάσης εισαγωγής, η πίεση είναι μικρότερη από 1 bar, αλλά κατά τη διάρκεια της φάσης καύσης η πίεση μπορεί να υπερβαίνει τα 50 bar. Συνεπώς, το μπουζί πρέπει να έχει τη μηχανική αντοχή και ανθεκτικότητα ώστε να αντέχει τις σοβαρές πιέσεις και τις αλλαγές πίεσης.

### Μόνωση υψηλής τάσης

Σε ένα περιβάλλον όπου η θερμοκρασία και η πίεση αλλάζουν δραστικά και συνεχώς, τα μπουζί πρέπει επίσης να κατασκευάζονται με εξαιρετική μόνωση για να συγκρατούν τις υψηλές τάσεις που υπερβαίνουν τα 40kV στα σύγχρονα συστήματα ανάφλεξης.

### Διατήρηση αεροστεγούς σφράγισης σε σκληρά περιβάλλοντα

Τα μπουζί πρέπει να διατηρούν μια αεροστεγή σφράγιση μεταξύ του περιβλήματος και του μονωτήρα υπό συνθήκες σοβαρών μεταβολών θερμοκρασίας, πίεσης και υψηλής τάσης. Ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται στεγανοποιητικά υψηλής ποιότητας μεταξύ του μονωτήρα και του περιβλήματος για να εμποδίζουν τα θερμά αέρια υψηλής πίεσης να διέρχονται από το μπουζί και να βλάπτουν τα διάφορα εξαρτήματά του.

### Ελαχιστοποίηση των υπολειμμάτων καύσης

Υπό δύσκολες συνθήκες χρήσης, η καύση του μίγματος αέρα / καυσίμου μπορεί να προκαλέσει ρύπανση και μόλυνση του περιβλήματος του μπουζί και των ηλεκτροδίων. Τα μπουζί πρέπει επομένως να είναι σε θέση να ελαχιστοποιούν τη ρύπανση των ηλεκτροδίων και να έχουν ιδιότητες αυτοκαθαρισμού όπου η θερμότητα θα καίει τις εναποθέσεις άνθρακα.

Το τμήμα του μονωτήρα κοντά στα ηλεκτρόδια πρέπει στην ιδανική περίπτωση να φτάσει σε θερμοκρασία αυτοκαθαρισμού (περίπου 500 °C). Έτσι, είναι θεμητό η θερμοκρασία του μπουζί να αυξάνεται γρήγορα ακόμη και όταν οι θερμοκρασίες καύσης είναι σχετικά χαμηλές (όπως κατά τη διάρκεια οδήγησης με χαμηλό φορτίο). Ορισμένα μπουζί έχουν σχεδιαστεί με πρόσθετα χαρακτηριστικά που ελαχιστοποιούν τη ρύπανση ή βελτιώνουν τον αυτοκαθαρισμό (βλ. Ενότητα 6.6).

### Ελαχιστοποίηση της φθοράς των ηλεκτροδίων

Τα ηλεκτρόδια του μπουζί είναι εκτεθειμένα σε υψηλές θερμοκρασίες καθώς και γρήγορες αλλαγές θερμοκρασίας. Παρ'όλα αυτά τα ηλεκτρόδια πρέπει να εκτελούν κατ'επανάληψη τη βασική τους λειτουργία παροχής του θερμού σπινθήρα που δημιουργείται όταν οι υψηλές τάσεις περνούν κατά μήκος των ηλεκτροδίων.

Συνεπώς, τα ηλεκτρόδια πρέπει να έχουν υψηλό επίπεδο αντοχής στη φθορά και στη διάβρωση που προκαλείται από τη διαδικασία σπινθηρισμού και από τις υψηλές θερμοκρασίες που προκύπτουν (βλ. Ενότητα 7.2).

6.1. Το κλειδί για την καύση	32
6.2. Απαιτήσεις απόδοσης	32
6.3. Δομή μπουζί	33
6.4. Ηλεκτρικός σπινθήρας και απαιτούμενη τάση σπινθήρα	35
6.5. Συνθήκες λειτουργίας που επηρεάζουν την τάση του μπουζί	36
6.6. Εύρος θερμότητας	39
6.7. Σβέση της φλόγας που επηρεάζει την παραγωγή φλόγας και την αύξηση της φλόγας	41

## DENSO HIGHLIGHT

Η DENSO παράγει μια ποικιλία μπουζί με ηλεκτρόδια που κατασκευάζονται με πολύτιμα μέταλλα τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της φθοράς των ηλεκτροδίων.

Η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών, όπως η DENSO Twin Tip, έχει ως αποτέλεσμα καλύτερη απόδοση σε μεγαλύτερη χρονική διάρκεια. Τα μπουζί DENSO Iridium long life μπορούν να παράγουν ακόμη και διάρκεια ζωής μέχρι 180.000 km.

### 6.3. Δομή του μπουζί

#### Βασικά μέρη ενός μπουζί

Για να μπορούν να λειτουργούν σε δύσκολες συνθήκες και να ταιριάζουν με τις απαιτήσεις απόδοσης, τα μπουζί κατασκευάζονται σε τρία βασικά μέρη:

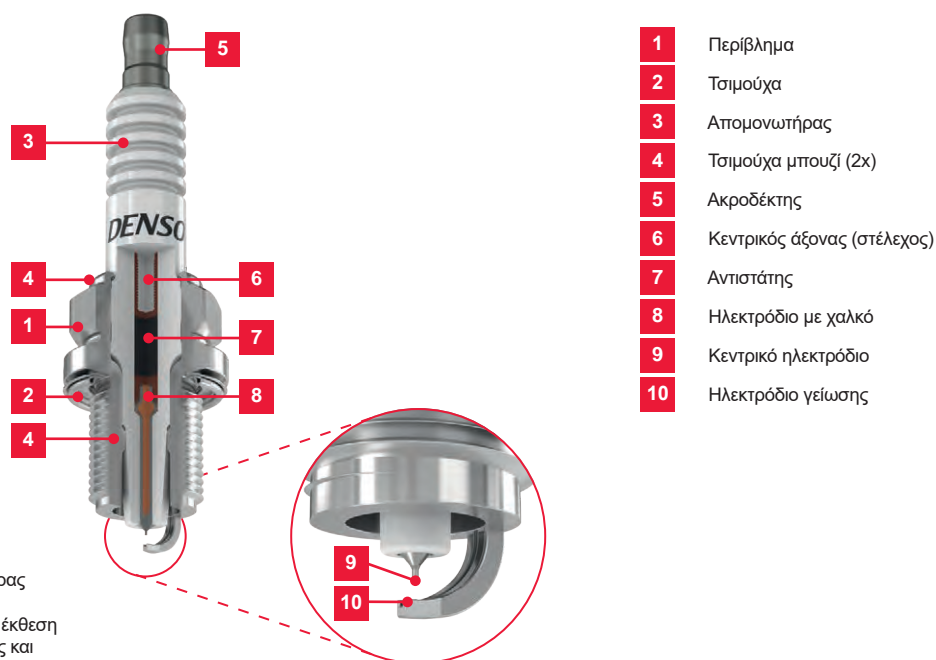
- (1) Το περίβλημα
- (2) Ο μονωτήρας
- (3) Τα ηλεκτρόδια

Αυτά τα βασικά μέρη περιέχουν τα μεμονωμένα εξαρτήματα του μπουζί που κατασκευάζονται από προσεκτικά επιλεγμένα υλικά. Το διάγραμμα (Εικ. 6.2) δείχνει τα βασικά μέρη και τα εξαρτήματα ενός μπουζί DENSO Iridium.

#### Περίβλημα

Το περίβλημα (στοιχείο 1) σχηματίζει ένα εξωτερικό κέλυφος που περιβάλλει και στηρίζει τον μονωτήρα και στερεώνει το μπουζί στον κινητήρα. Η ροδέλα ή η τσιμούχα (στοιχείο 2) παρέχει μόνωση ανάμεσα στο περίβλημα του μπουζί και τον κινητήρα για να αποφευχθεί η διαφυγή αερίων κατά τη συμπίεση και την καύση.

Το ηλεκτρόδιο γείωσης (στοιχείο 10) είναι τοποθετημένο στο κατώτερο τμήμα του περιβλήματος με σπείρωμα, το οποίο επιτρέπει την ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω του κινητήρα πίσω στην μπαταρία.



Τα παρεμβύσματα και ο μονωτήρας προστατεύουν πολλά από τα εξαρτήματα των μπουζί από την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, πιέσεις και τάσεις

Εικ. 6.2 Δομή του μπουζί

**Μονωτήρας**

Ο κεραμικός μονωτήρας (στοιχείο 3) παρέχει ηλεκτρική μόνωση μεταξύ του ακροδέκτη, του κεντρικού άξονα, του κεντρικού ηλεκτροδίου και το περιβλήμα.

Με τάσεις σπινθήρων σε ορισμένα σύγχρονα συστήματα ανάφλεξης άνω των 40kV, ο μονωτής πρέπει να έχει τις απαιτούμενες ιδιότητες μόνωσης, με πάχος μόνο μερικών χιλιοστών.

Η DENSO χρησιμοποιεί κεραμικό υλικό με αλουμίνα υψηλής καθαρότητας για την παροχή ανώτερων θερμικά ανθεκτικών χαρακτηριστικών, μηχανικής αντοχής και εξαιρετικής ηλεκτρικής μόνωσης.

Οι δακτυλιοειδείς φλάντζες (στοιχείο 4) παρέχουν ασφαλή και αεροστεγή στεγανοποίηση μεταξύ του περιβλήματος και του μονωτήρα.

**Ακροδέκτης**

Η υψηλή τάση παρέχεται μέσω του ακροδέκτη (στοιχείο 5) είτε απευθείας από τη βάση του πηνίου ανάφλεξης είτε με τη χρήση καλωδίου μπουζί που συνδέει τον ακροδέκτη με το πηνίο. Παράγονται διαφορετικοί τύποι ακροδεκτών, γεγονός που επιτρέπει τη σύνδεση σχεδόν όλων των συρμάτων/καλωδίων υψηλής τάσης ή του πηνίου ανάφλεξης με τον ακροδέκτη του μπουζί.

**Η DENSO προσφέρει 4 διαφορετικούς τύπους ακροδέκτη:**

- 1. Σπείρωμα** (χωρίς τελικό παξιμάδι, χρησιμοποιούνται για τις μοτοσικλέτες και για άλλους τύπους αυτοκινήτων)
- 2. Ακροδέκτη με παξιμάδι** (σπείρωμα με παξιμάδι που ξεβιδώνει εύκολα)
- 3. Crimped** (σπείρωμα με παξιμάδι για καλύτερη σύνδεση μεταξύ του παξιμαδιού και του σπειρώματος. Το παξιμάδι μπορεί να αφαιρεθεί αλλά είναι πιο δύσκολο)
- 4. Solid** (σταθερός ακροδέκτης για εφαρμογές σε αυτοκίνητα, δεν μπορεί να αφαιρεθεί)

**Κεντρικός άξονας / στέλεχος**

Ο κεντρικός άξονας από χάλυβα (στοιχείο 6) συνδέει τον ακροδέκτη και το κεντρικό ηλεκτρόδιο και επιτρέπει την ροή ρεύματος υψηλής τάσης από τον ακροδέκτη προς το κέντρο.

**Αντιστάτης**

Ο αντιστάτης (στοιχείο 7), ο οποίος επίσης αναφέρεται ως καταστολέας, μειώνει το ρεύμα αιχμής του σπινθήρα. Χωρίς αντιστάτη, το ρεύμα αιχμής θα δημιουργούσε ριπές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ή ραδιοφωνικού θορύβου, το οποίο μπορεί να επηρεάσει τον ηλεκτρικό εξοπλισμό του αυτοκινήτου. Οι αντιστάτες των μπουζί της DENSO είναι κατασκευασμένοι από ένα ειδικό μίγμα πούδρας από γυαλί και χαλκό.

**Κεντρικό ηλεκτρόδιο**

Το κεντρικό ηλεκτρόδιο (στοιχείο 9) είναι κατασκευασμένο από υλικά όπως κράματα νικελίου με αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες. Αυτά τα υλικά πρέπει επίσης να είναι εξαιρετικά σκληρά και ανθεκτικά ώστε να ελαχιστοποιείται η φθορά που προκαλείται από τη διάβρωση των σπινθήρων. Το κεντρικό τμήμα του ηλεκτροδίου (στοιχείο 8) συχνά περιέχει έναν πυρήνα χαλκού για τη βελτίωση της θερμικής αγωγιμότητας.

Για βελτιωμένες επιδόσεις και διάρκεια στο χρόνο, τα κεντρικά ηλεκτρόδια μπορούν να κατασκευαστούν με μια άκρη ηλεκτροδίου κατασκευασμένη από πολύτιμα μέταλλα, τα οποία είναι ακόμη πιο σκληρά από τα παραδοσιακά υλικά των ηλεκτροδίων. Αυτά τα ανθεκτικότερα στη φθορά υλικά μπορούν να λειτουργήσουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες με μειωμένη φθορά. Ένα άλλο σημαντικό όφελος σε αυτά τα σκληρότερα υλικά είναι ότι επιτρέπουν τη χρήση λεπτότερων ηλεκτροδίων, με αποτέλεσμα καλύτερη απόδοση ανάφλεξης.

**Τα μπουζί της DENSO διαθέτουν ένα πλήθος μοναδικών πατενταρισμένων υλικών:**

- 1.** Τυπικό κράμα νικελίου  $\varnothing$  2,5 mm.
- 2.** Νέο και μοναδικό κράμα νικελίου  $\varnothing$  1,5 mm (που χρησιμοποιείται σε μπουζί νικελίου TT\*) που μειώνει τη φθορά από τους σπινθήρες κατά 40% σε σύγκριση με το κανονικό νικέλιο.
- 3.** Πλατίνα, ένα πολύτιμο μέταλλο που μπορεί να αντέξει πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με ηλεκτρόδια  $\varnothing$  1,1 mm.
- 4.** Το κράμα ιριδίου υψηλής καθαρότητας είναι ανθεκτικό στις υψηλότερες θερμοκρασίες και είναι το σκληρότερο υλικό που χρησιμοποιήθηκε ποτέ σε ένα μπουζί. Τα άκρα ιριδίου με  $\varnothing$  0,4 mm\*, 0,55 mm ή 0,7 mm συγκολλούνται με λέιζερ στο κεντρικό ηλεκτρόδιο.

**Τα μικρότερα ηλεκτρόδια μειώνουν την απαιτούμενη τάση, εξασφαλίζουν έναν αξιόπιστο σπινθήρα καθώς και τη μείωση της επίδρασης σβέσης και βελτιώνουν την απόδοση ανάφλεξης.**

**Ηλεκτρόδιο γείωσης**

Το ηλεκτρόδιο γείωσης (στοιχείο 10) υπόκειται στις ακραίες αλλαγές θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης. Στα περισσότερα ηλεκτρόδια γείωσης χρησιμοποιείται κράμα αλουμινίου νικελίου, αλλά η πλατίνα μπορεί να προστεθεί στο ηλεκτρόδιο γείωσης για να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του ηλεκτροδίου. Ορισμένα μπουζί είναι εξοπλισμένα με ηλεκτρόδιο γείωσης με πυρήνα χαλκού για βελτιωμένη θερμική αγωγιμότητα.

**Η DENSO χρησιμοποιεί μερικές ειδικές διαστάσεις για το ηλεκτρόδιο γείωσης προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση ανάφλεξης:**

- 1.** Πατενταρισμένος αύλακας σχήματος U\* που αυξάνει τη διατομή της ακμής, επιτρέποντας την εύκολη εμφάνιση των σπινθήρων και την ταχύτερη ανάπτυξη της φλόγας.
- 2.** Ηλεκτρόδιο γείωσης με κωνικό άκρο, διαμορφωμένο για να μειώνει την επίδραση σβέσης και να βελτιώνει την ανάπτυξη της φλόγας.
- 3.** Τύπου βελόνας είτε με ηλεκτρόδιο νικελίου  $\varnothing$  1,5 mm\* (Νικελίου TT) είτε με ηλεκτρόδιο συγκολλημένης πλατίνας  $\varnothing$  0,7 mm (SIP και Iridium TT).

**Όπως και με το κεντρικό ηλεκτρόδιο, τα μικρότερα ηλεκτρόδια γείωσης τύπου βελόνας μειώνουν την απαιτούμενη τάση, εξασφαλίζουν αξιόπιστο σπινθήρα, μειώνουν την επίδραση σβέσης και βελτιώνουν την απόδοση ανάφλεξης.**

\* Πατενταρισμένη τεχνολογία DENSO

## 6.4. Ηλεκτρικός σπινθήρας και απαιτούμενη τάση σπινθήρα

Ο σπινθήρας που δημιουργείται στο διάκενο μεταξύ των ηλεκτροδίων του μπουζί παρέχει την απαραίτητη ενέργεια και θερμοκρασία για την ανάφλεξη του μίγματος αέρα / καυσίμου ακριβώς στην κατάλληλη στιγμή.

Αν όμως παράγεται από τον σπινθήρα ανεπαρκής θερμότητα, αυτό μπορεί να προκαλέσει αστοχίες ανάφλεξης.

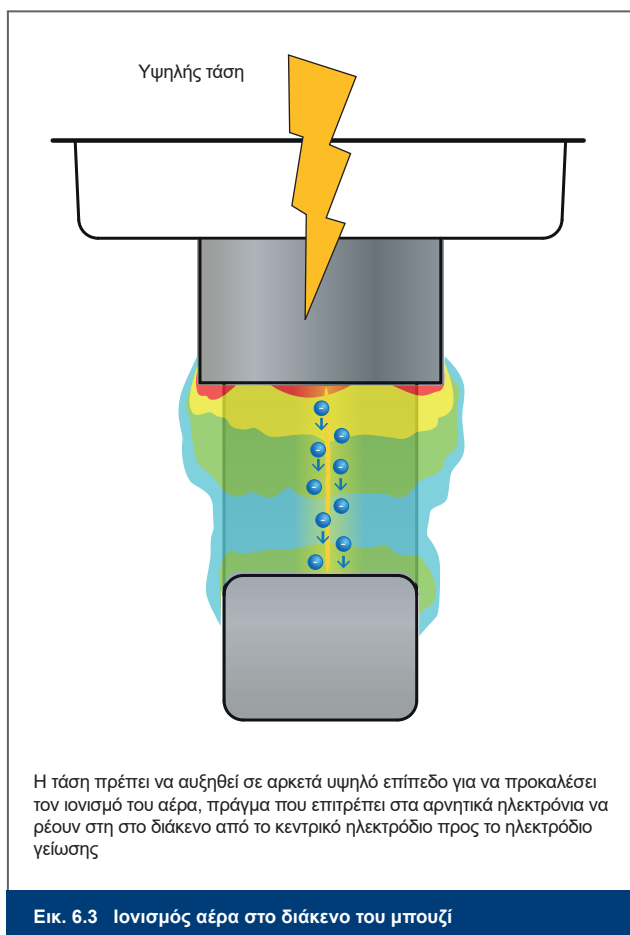
Όπως εξηγείται στο κεφάλαιο 3, η ενέργεια με τη μορφή μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιείται για την επαγωγή υψηλής τάσης στη δευτερεύουσα περιέλιξη του πηνίου ανάφλεξης. Η υψηλή τάση στη συνέχεια παρέχεται στο μπουζί για να δημιουργηθεί ο ηλεκτρικός σπινθήρας στο διάκενο μεταξύ των ηλεκτροδίων. Ο σπινθήρας αναφλέγει στη συνέχεια το μίγμα αέρα / καυσίμου που βρίσκεται ακριβώς μέσα στο διάκενο μπουζί. Είναι σημαντικό, ωστόσο, ο ηλεκτρικός σπινθήρας να μπορεί να δημιουργηθεί μόνο όταν υπάρχει επαρκής ηλεκτρική ενέργεια για να δημιουργηθεί ένα ιονισμένο, ηλεκτρικά αγώγιμο κανάλι ή διαδρομή μέσω του κανονικά μονωτικού μίγματος αέρα / καυσίμου.

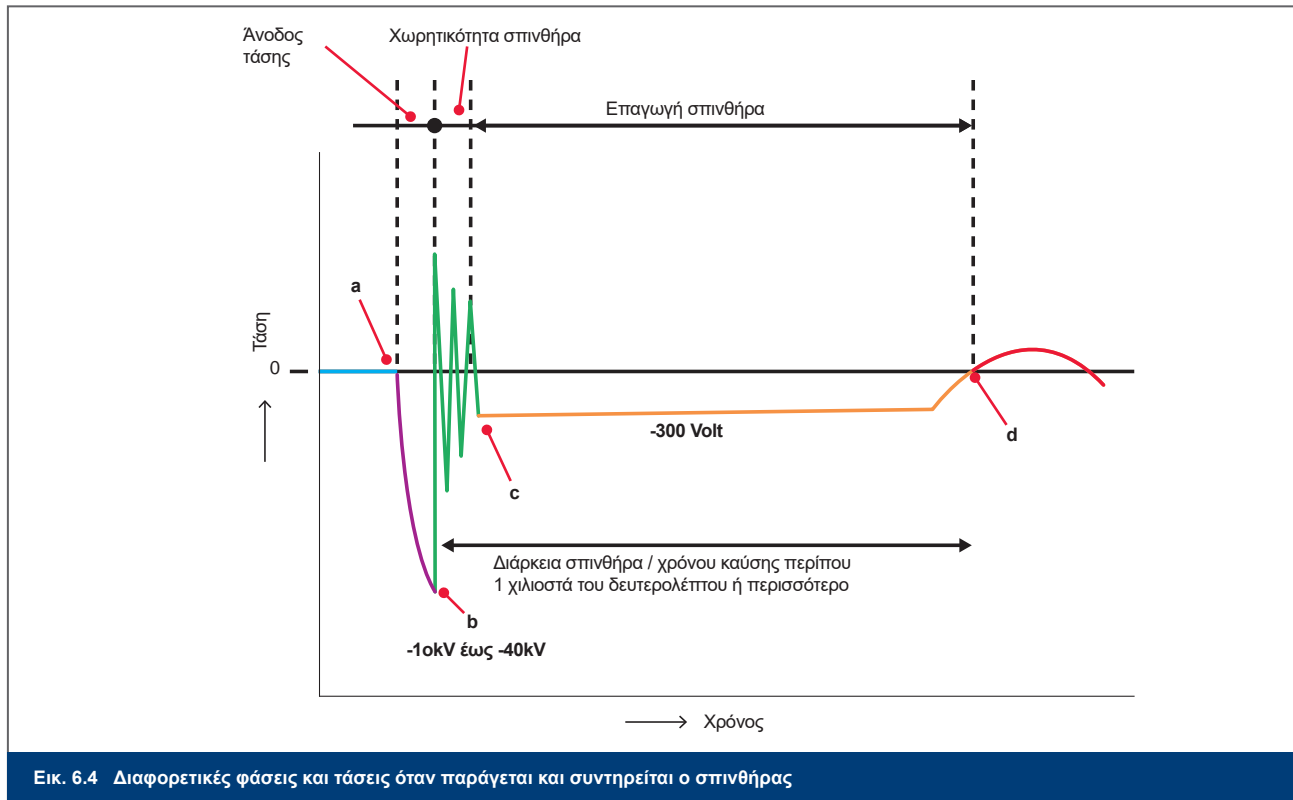
Ο ιονισμός είναι μια περίπλοκη διαδικασία όπου μπορεί μια ουσία να αλλάξει τις ηλεκτρικές ιδιότητες. Ο αέρας είναι μια από τις πολλές ουσίες που είναι φυσικοί ηλεκτρικοί μονωτήρες καθώς τα άτομα του είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, δεν παρέχουν μια διαδρομή για τη ροή του ηλεκτρισμού. Ωστόσο, με την εφαρμογή επαρκούς τάσης, η ηλεκτρική ενέργεια αναγκάζει τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια (ηλεκτρόνια) να μετακινούνται μεταξύ των ατόμων. Τα άτομα με ουδέτερο ηλεκτρικό φορτίο μετατρέπονται σε ηλεκτρικά φορτισμένα άτομα που είναι γνωστά ως 'ιόντα'. Επομένως, αυτή η διαδικασία μετατροπής είναι γνωστή ως «ιονισμός» (Εικ. 6.3).

Για την παροχή αρκετής ενέργειας για τον ιονισμό του αέρα, απαιτείται υψηλή τάση συνήθως 10kV έως 40kV, καθώς απαιτούνται μέχρι και 45kV για ορισμένες εφαρμογές του κινητήρα. Ο ιονισμός του αέρα δημιουργεί μια αγώγιμη διαδρομή για την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια παράγει τον σπινθήρα υψηλής θερμοκρασίας στο διάκενο των ηλεκτροδίων που ανάβει το μίγμα αέρα / καυσίμου.

Ο ίδιος ο σπινθήρας μπορεί να φτάσει σε θερμοκρασίες πάνω από 10.000 °C. Ωστόσο, η διάρκεια της εκφόρτισης μπορεί να είναι τόσο μικρή όσο 1 χιλιοστό του δευτερολέπτου. Κατά τη διάρκεια αυτής της σύντομης περιόδου εκφόρτισης, η δομή σπινθήρων είναι εξαιρετικά περίπλοκη και αποτελείται από διαφορετικές φάσεις και διαφορετικά επίπεδα τάσης που φαίνονται στην Εικ. 6.4.

Μια ροή ηλεκτρικού ρεύματος (ακόμη και σε ένα διάκενο μπουζί) είναι μια ροή των αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων. Η δημιουργία ροής ηλεκτρονίων είναι ευκολότερη σε μια θερμότερη επιφάνεια. Ο σπινθήρας δημιουργείται υποχρεώνοντας τα ηλεκτρόνια να ρέουν από το θερμότερο κεντρικό ηλεκτρόδιο έως το ψυχρότερο ηλεκτρόδιο γείωσης, πράγμα που σημαίνει ότι το σύστημα ανάφλεξης δημιουργεί σπινθήρα αρνητικής τάσης. Επομένως, η απαίτηση τάσης 10 kV έως 40 kV είναι αρνητική τάση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι τάσεις στα σημεία «b» και «c» στην Εικ. 6.4 είναι αρνητικές.





Εικ. 6.4 Διαφορετικές φάσεις και τάσεις όταν παράγεται και συντηρείται ο σπινθήρας

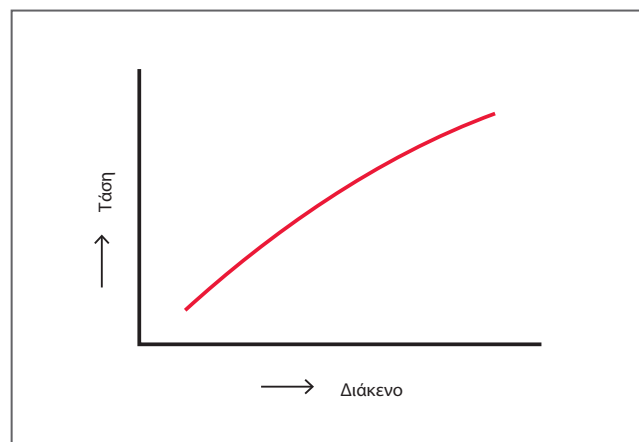
- Όταν το ρεύμα εφαρμόζεται στην πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου ανάφλεξης αποκοπεί (σημείο 'a'), μια αυξανόμενη (αρνητική) υψηλή τάση προκαλείται στη δευτερεύουσα περιέλιξη, που περνάει στο μπουζί.
- Στο σημείο 'b', η τάση αυξάνεται σε 10kV έως 40kV ή περισσότερο για να δημιουργηθεί ο σπινθήρας μεταξύ των ηλεκτροδίων, όταν ιονίζεται ο αέρας.
- Στην αρχή της εκκένωσης, μεταξύ των σημείων 'b' και 'c', ο σπινθήρας παράγεται αρχικά από την ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στο δευτερεύον κύκλωμα. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, γνωστή ως χωρητικότητα σπινθήρα, το ρεύμα είναι μεγάλο αλλά η διάρκεια είναι σύντομη.
- Μόλις δημιουργηθεί ο σπινθήρας, η φάση μεγαλύτερης διάρκειας του σπινθήρα εξέρχεται ανάμεσα στα σημεία 'c' και 'd' με μια τάση εκφόρτισης περίπου 300V. Αυτή η φάση του σπινθήρα (που αναφέρεται ως επαγωγή σπινθήρα) παράγεται από την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στο πηνίο, στο οποίο το ρεύμα μειώνεται σταδιακά καθώς η αποθηκευμένη ενέργεια απομακρύνεται. Ο σπινθήρας συνεχίζεται για περίπου 1 χιλιοστό του δευτερολέπτου στο σημείο 'd', όταν εκεί δεν υπάρχει επαρκής ενέργεια για να διατηρηθεί ο σπινθήρας και η εκφόρτιση τελειώνει.

## 6.5. Συνθήκες λειτουργίας που επηρεάζουν την τάση του μπουζί

Στην ενότητα 6.4 εξηγείται ότι η τάση που παρέχεται από το πηνίο ανάφλεξης θα αυξηθεί μέχρι να είναι σε θέση να ιονίσει τον αέρα κατά μήκος του διακένου. Οι δύο βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απαιτούμενη τάση είναι το μέγεθος του διακένου του μπουζί και το σχήμα και το μέγεθος του ηλεκτροδίου. Ωστόσο, οι διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας επηρεάζουν επίσης την απαίτηση τάσης. Ορισμένες από αυτές τις συνθήκες μπορούν να μεταβληθούν από το σχεδιασμό του μπουζί, ενώ άλλοι δεν μπορούν. Εάν απαιτείται η τάση μπορεί να μειωθεί, αυτό σημαίνει λιγότερη τάση για το πηνίο ανάφλεξης και, το σημαντικότερο, μικρότερη πιθανότητα αστοχίας ανάφλεξης.

### Διάκενο μπουζί

Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία του σπινθήρα αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση του διακένου του μπουζί (Εικ. 6.5). Μεγαλύτερο κενό σημαίνει ότι πρέπει να ιονισθεί περισσότερος αέρας, κάτι που απαιτεί υψηλότερη τάση.



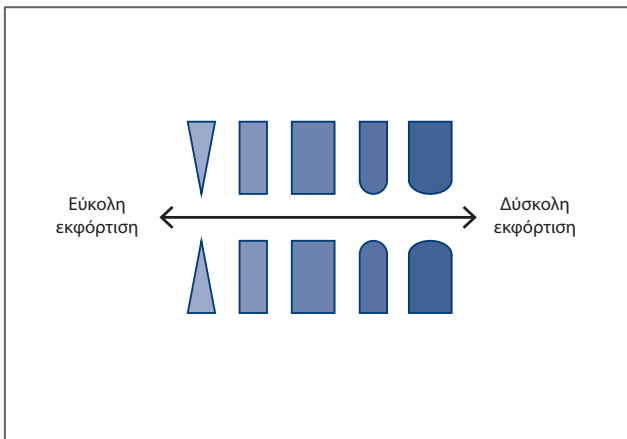
Εικ. 6.5 Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία ενός σπινθήρα αυξάνεται με ένα μεγαλύτερο διάκενο μπουζί

### Σχήμα και μέγεθος ηλεκτροδίου

Ο ιονισμός του αέρα στο διάκενο του μπουζί είναι ευκολότερος όταν ο ιονισμός είναι πιο συγκεντρωμένος. Υπάρχουν δύο βασικοί παράγοντες στον σχεδιασμό των ηλεκτροδίων που συμβάλλουν στη συγκέντρωση του ιονισμού, που είναι το σχήμα ηλεκτροδίου και το μέγεθος.

Ο μεγαλύτερος παράγοντας είναι το σχήμα του ηλεκτροδίου (Εικ. 6.6), καθώς η εκφόρτιση της ηλεκτρικής ενέργειας από ένα αιχμηρό άκρο δημιουργεί έναν πιο συγκεντρωμένο ιονισμό του αέρα. Όταν τα ηλεκτρόδια φθαρούν, οι άκρες στρογγυλεύουν, γεγονός που αυξάνει την απαιτούμενη τάση.

Τα μικρότερα ηλεκτρόδια έχουν μικρότερη επιφάνεια, η οποία και πάλι παράγει πιο συγκεντρωμένο ιονισμό του αέρα, μειώνοντας έτσι την απαιτούμενη τάση.



Εικ. 6.6 Σχήματα ηλεκτροδίων που παρέχουν ευκολότερη ή πιο δύσκολη ηλεκτρική εκκένωση

### Θερμοκρασία ηλεκτροδίου

Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία του σπινθήρα μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του ηλεκτροδίου (Εικ. 6.7). Επειδή η θερμοκρασία του ηλεκτροδίου αυξάνεται ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα, η απαίτηση τάσης μειώνεται.

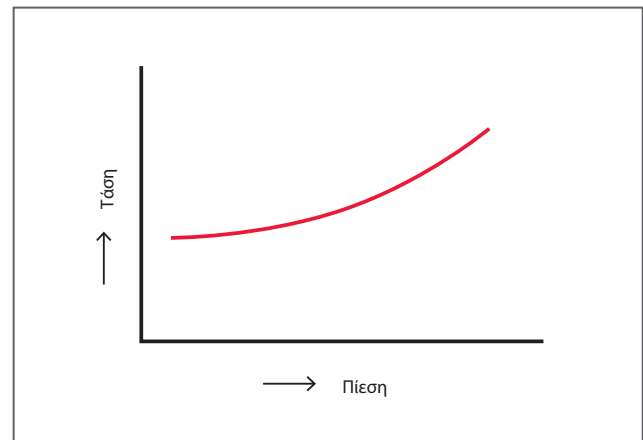


Εικ. 6.7 Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία σπινθήρα μειώνεται με μια αυξημένη θερμοκρασία ηλεκτροδίου

### Πίεση συμπίεσης

Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία του σπινθήρα αυξάνεται αναλογικά με την πίεση συμπίεσης (Εικ. 6.8). Με υψηλότερες πιέσεις, θα υπάρχουν περισσότερα μόρια αέρα / καυσίμου μέσα στο διάκενο των μπουζί που πρέπει να ιονιστούν, με αποτέλεσμα την απαίτηση υψηλότερης τάσης για την επίτευξη ιονισμού.

Σε υψηλότερα φορτία του κινητήρα, θα εισέλθει περισσότερο μίγμα αέρα / καυσίμου στο θάλαμο καύσης, με αποτέλεσμα υψηλότερη πίεση και απαίτηση υψηλότερης τάσης.



Εικ. 6.8 Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία ενός σπινθήρα είναι υψηλότερη με όταν αυξάνεται η πίεση συμπίεσης

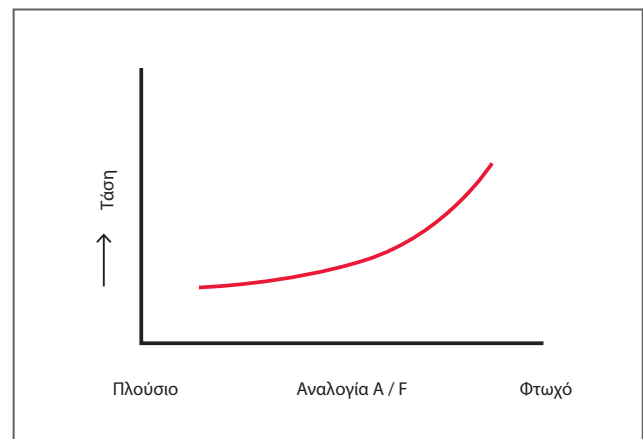
Οι υψηλές αναλογίες συμπίεσης και οι στροβιλοσυμπιεστές που γίνονται ολοένα και συχνότεροι στους σύγχρονους κινητήρες αυξάνουν επίσης την πίεση συμπίεσης, η οποία απαιτεί και πάλι υψηλότερη τάση ιονισμού.

### Αναλογία αέρα / καυσίμου

Το καύσιμο, ειδικά σε υγρή μορφή, ιονίζει ευκολότερα από ότι ο αέρας.

Συνεπώς, τα πλουσιότερα μείγματα αέρα / καυσίμου είναι ευκολότερο να ιονιστούν και να απαιτούν χαμηλότερη τάση από τα φτωχά μείγματα αέρα / καυσίμου.

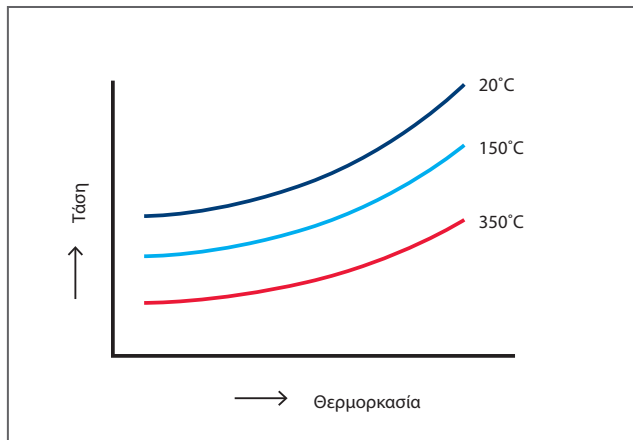
Ορισμένοι κινητήρες έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν σε φτωχά μείγματα κατά τις συνθήκες λειτουργίας με χαμηλό φορτίο. Επομένως το σύστημα ανάφλεξης πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει την υψηλότερη απαιτούμενη τάση.



Εικ. 6.9 Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία ενός σπινθήρα είναι υψηλότερη με φτωχότερα μείγματα αέρα / καυσίμου

**Θερμοκρασία μίγματος αέρα / καυσίμου**

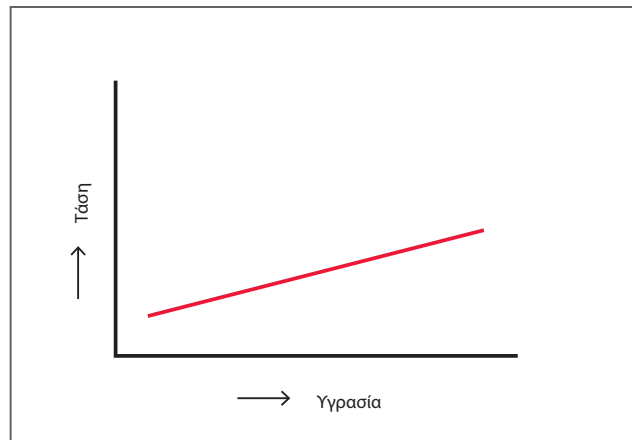
Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία του σπινθήρα μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του μίγματος αέρα / καυσίμου (Εικ. 6.10). Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, τα μόρια του αέρα γίνονται πιο «ζωντανά» καθιστώντας τον ιονισμό ευκολότερο και μειώνοντας την απαίτηση τάσης.



Εικ. 6.10 Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία ενός σπινθήρα μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του μίγματος αέρα / καυσίμου

**Υγρασία**

Καθώς αυξάνεται η υγρασία, η θερμοκρασία του ηλεκτροδίου μειώνεται, συνεπώς η απαιτούμενη τάση ιονισμού αυξάνεται και πάλι (Εικ. 6.11).



Εικ. 6.11 Η τάση που απαιτείται για τη δημιουργία ενός σπινθήρα είναι υψηλότερη με αυξημένη υγρασία

**DENSO HIGHLIGHT**

**Η λύση της DENSO**

Για να ξεπεραστούν τα προβλήματα των αυξανόμενων τάσεων που απαιτούνται για τη δημιουργία σπινθήρων, η DENSO παράγει μια σειρά μπουζί με μικρότερα ηλεκτρόδια που κατασκευάζονται με πολύτιμα μέταλλα όπως το ιρίδιο.

Μερικά μπουζί DENSO Iridium παράγονται με μικρά κεντρικά ηλεκτρόδια, όπως το πατενταρισμένο Iridium 0,4 mm, ενώ το εύρος του μπουζί SIP έχει επίσης μικρότερο ηλεκτρόδιο γείωσης.

Τα μικρότερα ηλεκτρόδια μειώνουν την απαίτηση τάσης και το ιρίδιο παρέχει μια επιφάνεια ανθεκτική σε υψηλές θερμοκρασίες και φθορά για τα ηλεκτρόδια.

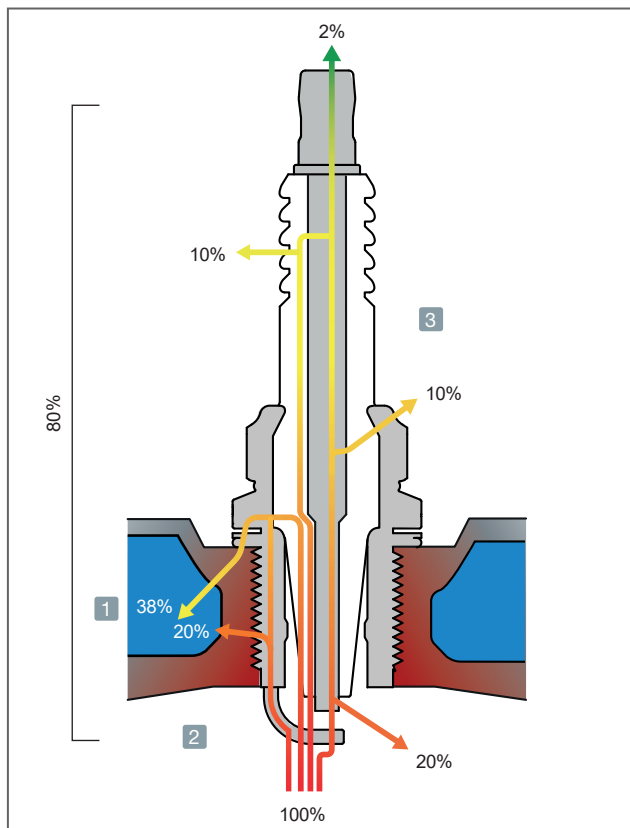
Η σειρά των μπουζί DENSO επιτρέπει την αναβάθμιση των μπουζί με τυπικές προδιαγραφές που είναι τοποθετημένα σε πολλά οχήματα, γεγονός που μειώνει την απαιτούμενη τάση ανάφλεξης και παρέχει ευκολότερη λειτουργία στο σύστημα ανάφλεξης ενώ βελτιώνει ακόμα περισσότερο την απόδοση των κινητήρων.





## 6.6. Εύρος θερμότητας

Το μπουζί εκτίθεται σε σημαντικές ποσότητες θερμότητας κατά τη διαδικασία καύσης καθώς και από τη θερμότητα που δημιουργείται από τον σπινθήρα στα ηλεκτρόδια. Είναι συνεπώς σημαντικό να διασκορπίζεται επαρκής θερμότητα έτσι ώστε να ψύχεται το μπουζί και να φτάνει σε μια αποδεκτή θερμοκρασία λειτουργίας. Ανεπαρκής ψύξη σημαίνει ότι ο μπουζί θα θερμανθεί πολύ και θα προκαλέσει προ-ανάφλεξη. Αντίθετα, η πολύ μεγάλη ψύξη εμποδίζει το μπουζί να φτάσει στην απαιτούμενη θερμοκρασία προκειμένου να κάψει τα υπολείμματα καύσης, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε επικάλυψη βρομιάς (μαύρισμα) στο μπουζί. Ο βαθμός στον οποίο ένα μπουζί διασκορπίζει τη θερμότητα, ή ψύχεται, ονομάζεται «εύρος θερμότητας».



Εικ. 6.12 Διασπορά θερμότητας από μπουζί

### Θερμική διασπορά ή ψύξη

Η απεικόνιση στην Εικ. 6.12 δείχνει πως η θερμότητα που απορροφάται από το μπουζί διασκορπίζεται κυρίως στο ψυκτικό μέσο του κινητήρα (1). Η υπόλοιπη θερμότητα διασκορπίζεται μέσα στο φρέσκο φορτίο του μίγματος αέρα / καυσίμου (2) καθώς και μέσω του περιβλήματος του μπουζί και μέσω του μονωτήρα στον περιβάλλοντα αέρα (3).

### Επιλέγοντας το σωστό εύρος θερμότητας

Υπάρχουν όρια στις θερμοκρασίες στις οποίες τα μπουζί μπορούν να λειτουργούν αξιόπιστα και αποτελεσματικά. Ένα μπουζί λειτουργεί κανονικά μόνο όταν η θερμοκρασία του ηλεκτροδίου στο κέντρο του είναι μεταξύ περίπου 500 °C και 950 °C.

### Θερμοκρασία αυτοκαθαρισμού

Κατά τη διάρκεια ορισμένων συνθηκών λειτουργίας, όπως οι ψυχρές εκκινήσεις, η ατελής καύση μπορεί να παραχθούν μικρά σωματίδια άνθρακα και να εναποτεθούν στη μύτη του μονωτήρα του μπουζί. Όταν έχει εγκατασταθεί το σωστό μπουζί, το κεντρικό ηλεκτρόδιο στη συνέχεια θα φτάσει σε θερμοκρασία πάνω από περίπου 500 °C, ώστε να κάψει τις εναποθέσεις και να μη σχηματιστούν νέες εναποθέσεις στον μονωτήρα. Αυτό το κατώτερο όριο θερμοκρασίας επομένως αναφέρεται ως «θερμοκρασία αυτοκαθαρισμού».

Εάν η θερμοκρασία του ηλεκτροδίου παραμείνει κάτω από τη θερμοκρασία αυτοκαθαρισμού, η συσσώρευση υπολειμμάτων άνθρακα μπορεί να παρέχει μια ηλεκτρική διαδρομή μεταξύ του μονωτήρα και του περιβλήματος του ηλεκτροδίου. Κάτι που θα περιορίσει ή θα αποτρέψει την εμφάνιση του σπινθήρα στα ηλεκτρόδια.

### Θερμοκρασία προ-ανάφλεξης

Όταν το κεντρικό ηλεκτρόδιο φτάσει τους 950 °C ή και περισσότερο, το ηλεκτρόδιο γίνεται τόσο ζεστό ώστε να προκαλέσει προ-ανάφλεξη (βλέπε παράγραφο 5.2).

### Μπουζί μικρού και μεγάλου εύρους θερμότητας

Οι όροι χαμηλό ή υψηλό εύρος θερμότητας αναφέρονται στις συνθήκες λειτουργίας και όχι στην πραγματική θερμοκρασία του μπουζί. Ένα μπουζί χαμηλού εύρους θερμότητας έχει μικρή διασκόρπιση θερμότητας και επομένως μπορεί να αναφέρεται ως ένα «θερμό μπουζί» που ταιριάζει περισσότερο στις συνθήκες λειτουργίας χαμηλής θερμοκρασίας. Ένα μπουζί υψηλού εύρους θερμότητας έχει αυξημένη διασκόρπιση θερμότητας και ως εκ τούτου αναφέρεται ως «ψυχρό μπουζί» και είναι καταλληλότερο για συνθήκες λειτουργίας με υψηλότερη θερμοκρασία.

Τα παραδείγματα στην Εικ. 6.13 δείχνουν τα διαφορετικά μήκη της μύτης του μονωτήρα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τριών διαφορετικών περιοχών θερμότητας (εύρος θερμότητας) του μπουζί.

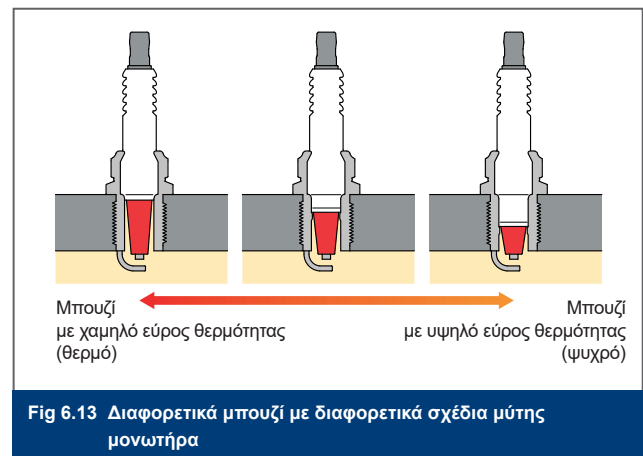


Fig 6.13 Διαφορετικά μπουζί με διαφορετικά σχέδια μύτης μονωτήρα

### Μπουζί χαμηλού εύρους θερμότητας (θερμό)

Τα μπουζί χαμηλού εύρους θερμότητας έχουν μονωτήρα με μακριά μύτη. Η μακριά μύτη παρέχει μια μεγάλη διαδρομή για τη διέλευση της θερμότητας ή τη διασπορά στο περιβλήμα του μπουζί μειώνοντας έτσι τη διασπορά της θερμότητας και προκαλώντας την εύκολη αύξηση της θερμοκρασίας στο κεντρικό ηλεκτρόδιο. Σε κινητήρες όπου η θερμότητα που παράγεται από την καύση είναι γενικά χαμηλότερη, ένα μπουζί χαμηλού εύρους θερμότητας θα συνεχίσει να θερμαίνεται και να φθάνει γρήγορα στη θερμοκρασία αυτοκαθαρισμού, εμποδίζοντας έτσι τη συσσώρευση άνθρακα στον μονωτήρα.

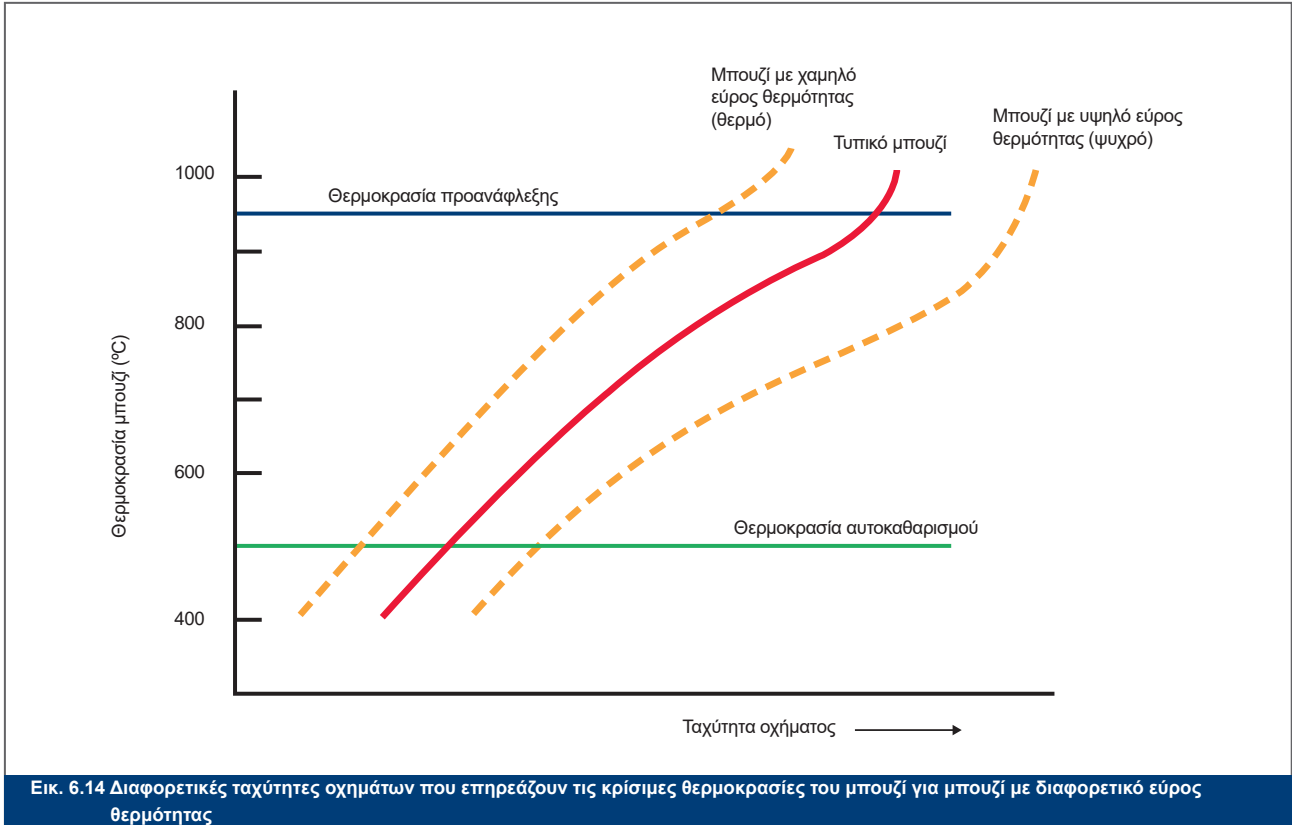
### Μπουζί με υψηλό εύρος θερμότητας (ψυχρό)

Σε σύγκριση με τα μπουζί χαμηλού εύρους θερμότητας, τα μπουζί με υψηλό εύρος θερμότητας έχουν μια μικρή μύτη μονωτήρα. Η μικρότερη μύτη παρέχει βραχύτερη διαδρομή της θερμότητας και διασπείρει τη θερμότητα πιο γρήγορα. Η θερμοκρασία του κεντρικού ηλεκτροδίου δεν αυξάνεται τόσο εύκολα. Όμως, επειδή τα μπουζί υψηλού εύρους θερμότητας τοποθετούνται σε κινητήρες όπου η θερμότητα που παράγεται από την καύση είναι γενικά υψηλότερη, η θερμότητα καύσης θα εξακολουθεί να οδηγεί τον μονωτήρα σε θερμοκρασία αυτοκαθαρισμού.

Τα μπουζί υψηλού εύρους θερμότητας είναι σχεδιασμένα για χρήση με κινητήρες υψηλής ταχύτητας και υψηλής απόδοσης. Όταν ένας κινητήρας τροποποιείται για να παρέχει υψηλότερη ισχύ εξόδου και βελτιωμένη απόδοση, μπορεί να χρειαστεί ένα μπουζί υψηλότερου εύρους θερμότητας (ψυχρότερο) για να διαχειριστεί τις σταθερά υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης (βλ. Ενότητα 9.6).

**Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τις απαιτήσεις εύρους θερμότητας**

Το εύρος θερμότητας του μπουζι επηρεάζεται άμεσα από τις θερμοκρασίες του θαλάμου καύσης, όπως και ο τρόπος οδήγησης του οχήματος καθώς το βάρος και το μέγεθος του οχήματος επηρεάζουν το φορτίο του κινητήρα και κατά συνέπεια και τις θερμοκρασίες καύσης. Οι γραφικές παραστάσεις στην Εικ. 6.14 δείχνουν τις σχέσεις μεταξύ της ταχύτητας του οχήματος και των κρίσιμων θερμοκρασιών (θερμοκρασίες αυτοκαθαρισμού και προανάφλεξης) με μπουζι χαμηλού και υψηλού εύρους θερμότητας.



Εικ. 6.14 Διαφορετικές ταχύτητες οχημάτων που επηρεάζουν τις κρίσιμες θερμοκρασίες του μπουζι για μπουζι με διαφορετικό εύρος θερμότητας

## 6.7. Η σβέση της φλόγας επηρεάζει την παραγωγή φλόγας και την αύξηση της φλόγας

### Παραγωγή και ανάπτυξη φλόγας

Όταν ο σπινθήρας δημιουργείται στα ηλεκτρόδια του μπουζί, η υψηλή θερμοκρασία του σπινθήρα δημιουργεί ένα μικρό πυρήνα φλόγας καύσης μίγματος αέρα / καυσίμου (βλ. Ενότητα 5.1). Η θερμότητα του πυρήνα φλόγας (περίπου 3.000 °C) ανάβει το επόμενο στρώμα μίγματος αέρα / καυσίμου.

Η φλόγα αρχικά αναπτύσσεται μέσα στο διάκενο μεταξύ των ηλεκτροδίων του μπουζί και στη συνέχεια επεκτείνεται πέρα από το διάκενο των μπουζί για να συνεχίσει ως αυτοσυντηρούμενη φλόγα σε όλο τον θάλαμο καύσης.

Το μέτωπο της φλόγας θα πρέπει ιδανικά να αναπτύσσεται με σταθερό και ομοιόμορφο ρυθμό έτσι ώστε όλο το μίγμα αέρα / καυσίμου να καίγεται σταδιακά αλλά γρήγορα. Η ομοιόμορφη ανάπτυξη της φλόγας εξαρτάται από το σχήμα του θαλάμου καύσης, τον στροβιλισμό και το μίγμα αέρα / καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσης.

Ωστόσο, είναι αδύνατο να δημιουργηθεί η τέλεια ομοιόμορφη φλόγα επειδή δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθεί το τέλει σχήμα για ένα θάλαμο καύσης που περιέχει ακόμα τις βαλβίδες, το μπουζί και, προαιρετικά, το μπτεκ ψεκασμού. Η ανάπτυξη της φλόγας μπορεί εν μέρει να διακόπτεται ή να περιορίζεται και η φλόγα μπορεί επίσης να σβήσει λόγω της διασποράς της θερμότητας μακριά από τη φλόγα σε μια ψυχρή επιφάνεια.

**Ο στροβιλισμός συμβάλλει στην έκθεση όλου του μίγματος στο μέτωπο της φλόγας, πράγμα που βοηθά στην καύση του συνόλου του διαθέσιμου μίγματος αέρα / καυσίμου σε όλο το θάλαμο καύσης.**

### Σβέση φλόγα και θερμοκρασία ηλεκτροδίου

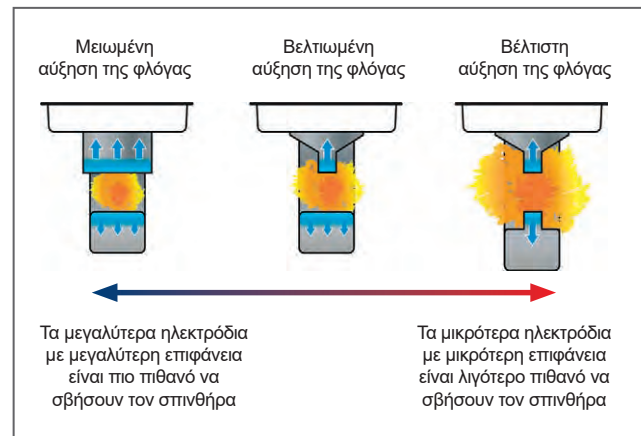
Πριν η φλόγα γίνει αυτοσυντηρούμενη, όταν δημιουργείται αρχικά ο πυρήνας της φλόγας, είναι πολύ κοντά στα ηλεκτρόδια που έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία από τη φλόγα. Αυτή η χαμηλότερη θερμοκρασία απομακρύνει τη θερμότητα από τον πυρήνα της φλόγας. Το φαινόμενο ψύξης μπορεί στην πραγματικότητα να προκαλέσει τη σβέση της φλόγας, φαινόμενο γνωστό ως επίδραση «σβέσης».

Επειδή τα κρύα ηλεκτρόδια θα απορροφήσουν περισσότερη θερμική ενέργεια από τη φλόγα από τα ζεστά ηλεκτρόδια, ο σχεδιασμός του μπουζί και των ηλεκτροδίων πρέπει να επιτρέπει στα ηλεκτρόδια να διατηρούν επαρκή θερμότητα για να μειώσουν την επίδραση σβέσης.

Η επίδραση σβέσης μπορεί να μειωθεί με τον σχεδιασμό του μπουζί. Το σχήμα του ηλεκτροδίου και το διάκενο των μπουζί έχουν σημαντική επίδραση στη σβέση της φλόγας.

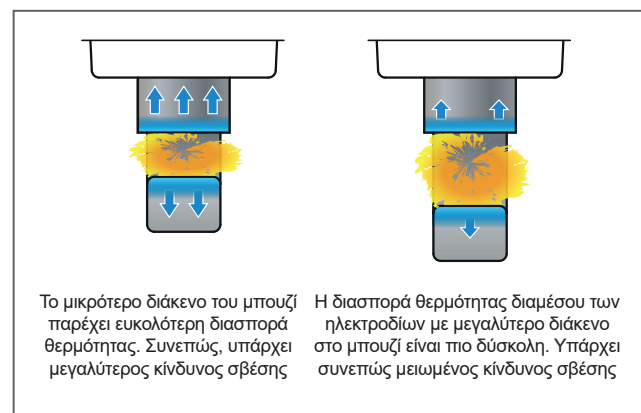
**Η σβέση της φλόγας μπορεί επίσης να συμβεί όταν το μέτωπο της αναπτυσσόμενης φλόγας είναι κοντά στα τοιχώματα του θαλάμου καύσης. Αν ο κινητήρας είναι κρύος (όπως μετά από ένα κρύο ξεκίνημα), οι επιφάνειες χαμηλής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κυλίνδρου μπορούν (μερικώς) να σβήσουν τη φλόγα (βλέπε κεφάλαιο 5.3).**

**Σχήμα ηλεκτροδίου.** Τα παραδείγματα που φαίνονται στην Εικ. 6.15 απεικονίζουν πώς ένα μεγαλύτερο ηλεκτρόδιο θα απορροφήσει περισσότερη θερμική ενέργεια από τον πυρήνα της φλόγας λόγω της μεγαλύτερης μάζας και της μεγαλύτερης επιφάνειας. Όταν χρησιμοποιείται μικρότερο κεντρικό ηλεκτρόδιο, το οποίο έχει μικρότερη μάζα και μικρότερο εμβαδόν επιφάνειας, θα απορροφήσει λιγότερη θερμότητα μακριά από τον πυρήνα της φλόγας, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα σβέσης της φλόγας. Ένα μικρότερο ηλεκτρόδιο γείωσης θα έχει και πάλι το ίδιο αποτέλεσμα μειώνοντας τη σβέση της φλόγας.



Εικ. 6.15 Αποτέλεσμα σβέσης που δημιουργείται από ηλεκτρόδια διαφορετικού μεγέθους

**Διάκενο μπουζί.** Με ένα μικρό διάκενο ηλεκτροδίων (Εικ. 6.16), τα ηλεκτρόδια είναι κοντά στον πυρήνα της φλόγας, γεγονός που καθιστά εύκολο για τη θερμότητα να διασκορπιστεί μακριά από τη φλόγα στα ηλεκτρόδια. Επομένως, το αποτέλεσμα σβέσης είναι μεγαλύτερο. Ένα μεγαλύτερο διάκενο μπουζί αυξάνει το χώρο, μειώνοντας την παρεμβολή στην παραγωγή φλόγας.



Εικ. 6.16 Αποτέλεσμα σβέσης που δημιουργείται από μικρά και μεγάλα διάκενα μπουζί

## DENSO HIGHLIGHT

Η DENSO παράγει μια ποικιλία μπουζί με διαφορετικά σχήματα ηλεκτροδίων και μεγέθη που συμβάλλουν στη μείωση της επίδρασης σβέσης για διαφορετικές εφαρμογές κινητήρων. Αυτά τα διαφορετικά σχέδια του μπουζί παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 7.

# 7. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ DENSO: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΜΠΟΥΖΙ

## 7.1. Ανάπτυξη DENSO

Η DENSO έχει μακρά ιστορία στην ανάπτυξη των μπουζί, με μερικές από τις εξελίξεις να παραμένουν μοναδικές για το DENSO, ενώ άλλες έχουν υιοθετηθεί σχεδόν παγκοσμίως στην αγορά μπουζί.

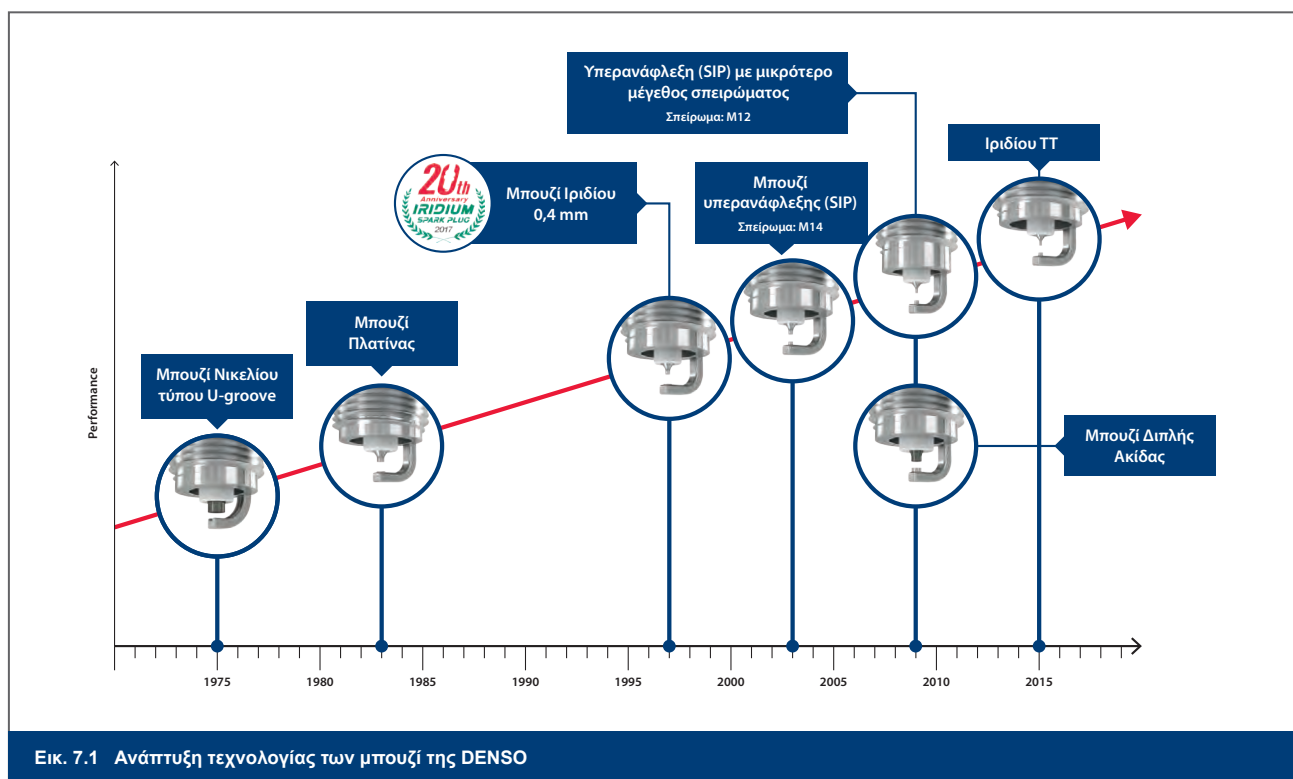
Το 1960, η DENSO άρχισε να παράγει μπουζί με πυρήνα χαλκού για δίτροχα και τετράτροχα οχήματα. Για βελτιωμένες επιδόσεις, το ηλεκτρόδιο γείωσης U-groove κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1972 και κυκλοφόρησε το 1975. Για να επεκταθεί η διάρκεια ζωής των μπουζί, τα μπουζί διπλής πλατίνας κυκλοφόρησαν το 1983. Στη συνέχεια, το 1997, η DENSO ξεκίνησε το Iridium Power με το μικρότερο ηλεκτρόδιο ιριδίου στον κόσμο μέχρι σήμερα.

Εμφανίζεται η ανάπτυξη του Super Ignition Plug (SIP) ως μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις προς την κατεύθυνση καλύτερης ανάφλεξης.

Η τεχνολογία SIP είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη του Nickel TT (2009) και Iridium TT (2015) που σχεδιάστηκαν ειδικά για την ανεξάρτητη αγορά aftermarket.

Η αυξανόμενη τάση για μείωση των κυβικών των κινητήρων (downsized) έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη μπουζί με ένα μακρύτερο αλλά στενότερο σπείρωμα, όπως τα 12 mm. Τα μπουζί με στενότερο σπείρωμα αφήνουν περισσότερο χώρο για τις διόδους ψυκτικού του κινητήρα καθώς και για μεγαλύτερες βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής.

Αυτά τα μικρότερα μπουζί, όπως αυτά που παράγει η DENSO, πρέπει να μπορούν ωστόσο να παρέχουν παρόμοια ή βελτιωμένη απόδοση σπινθήρα σε σύγκριση με τα μπουζί συμβατικού μεγέθους, αλλά με ένα πολύ μικρότερο και συμπαγές μπουζί.



## DENSO HIGHLIGHT

### Μηδενικά ελαττώματα

Η DENSO έχει υιοθετήσει το πρότυπο για την τεχνολογία των μπουζί από το 1959. Όλες οι σειρές μπουζί αναπτύσσονται εσωτερικά και κατασκευάζονται στα εργοστάσια μας που είναι πιστοποιημένα από την IATF 16949 σε όλο τον κόσμο - με «μηδενικά ελαττώματα» ως στάνταρ. Παρέχουμε επίσης την ίδια εξαιρετική ποιότητα τόσο στους ΚΑΕ όσο και στο aftermarket, εξασφαλίζοντας πάντα την βέλτιστη απόδοση του κινητήρα.

7.1. Ανάπτυξη DENSO	42
7.2. Υλικά ηλεκτροδίων	43
7.3. Υλικά πυρήνα	44
7.4. Ηλεκτρόδιο γείωσης	45
7.5. Άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα μπουζί DENSO	47
7.6. Μελλοντικές τάσεις	48

## 7.2. Υλικά ηλεκτροδίων

Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων του μπουζί στο θάλαμο καύσης τα εκθέτει σε ακραίες συνθήκες θερμότητας και πίεσης, καθώς και σε επαναλαμβανόμενες και γρήγορες αλλαγές θερμοκρασίας και πίεσης. Ωστόσο, ακόμα και υπό από αυτές τις δύσκολες συνθήκες λειτουργίας, τα ηλεκτρόδια πρέπει να συνεχίσουν να παρέχουν έναν αξιόπιστο σπινθήρα υψηλής ενέργειας για εκατομμύρια κύκλους καύσης και χιλιάδες χιλιόμετρα οδήγησης (έως και 180.000 χλμ. για ορισμένους τύπους μπουζί).

Ο πίνακας που φαίνεται στην Εικ. 7.2, επισημαίνει τις διαφορετικές ιδιότητες μερικών διαφορετικών υλικών, με το νικέλιο (συχνά κράματα νικελίου), την πλατίνα και το ιρίδιο να χρησιμοποιούνται ευρέως στην κατασκευή ηλεκτροδίων για τα μπουζί της DENSO.

Αν και ο πίνακας δείχνει ότι η πλατίνα έχει την υψηλότερη αντίσταση στην οξειδωση, από τα τρία βασικά υλικά των ηλεκτροδίων, το ιρίδιο παρέχει την καλύτερη συνολική απόδοση λόγω του πολύ υψηλού σημείου τήξης του, καθώς και της υψηλής αντοχής και σκληρότητάς του.

	Ιρίδιο (Ir)	Πλατίνα (Pt)	Νικέλιο (Ni)	Χρυσός (Au)	Ασήμι (Ag)
Σημείο τήξης (°C)	2454	1769	1453	1063	960
Δύναμη (kgf/mm <sup>2</sup> )	112	14	68	13	13
Ηλεκτρική αντίσταση (μΩ · cm)	5,3	10,6	6,8	2,3	1,6
Σκληρότητα (HV , 20 °C)	240	40	160	25	26
Αντοχή στην οξειδωση	+	++	+	++	++

Εικ. 7.2 Ανάπτυξη τεχνολογίας των μπουζί της DENSO

### Σημείο τήξης

Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και της θερμότητας που αναπτύσσονται κατά την καύση και κατά τη διάρκεια της ηλεκτρικής εκκένωσης, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα ηλεκτρόδια πρέπει να έχουν υψηλό σημείο τήξης για να αποφευχθεί η τήξη του υλικού των ηλεκτροδίων.

### Δύναμη

Ισχυρότερα υλικά παρέχουν σταθερή απόδοση σπινθήρων και βελτιωμένη μακροχρόνια ανθεκτικότητα, ειδικά για λειτουργία υπό συνθήκες υψηλού φορτίου που αυξάνουν τα φυσικά φορτία στα ηλεκτρόδια του μπουζί.

### Αντοχή στην οξειδωση

Η αντοχή στην οξειδωση, ειδικά σε υψηλές θερμοκρασίες, είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση της φθοράς των ηλεκτροδίων.

**Το ιρίδιο δεν έχει εξαιρετική αντοχή στην οξειδωση, αλλά με ανάμιξη ιριδίου με λίγο ρόδιο, δημιουργείται ένα κράμα που έχει παρόμοια αντοχή στην οξειδωση με αυτήν της πλατίνας.**

### Ηλεκτρική αντίσταση

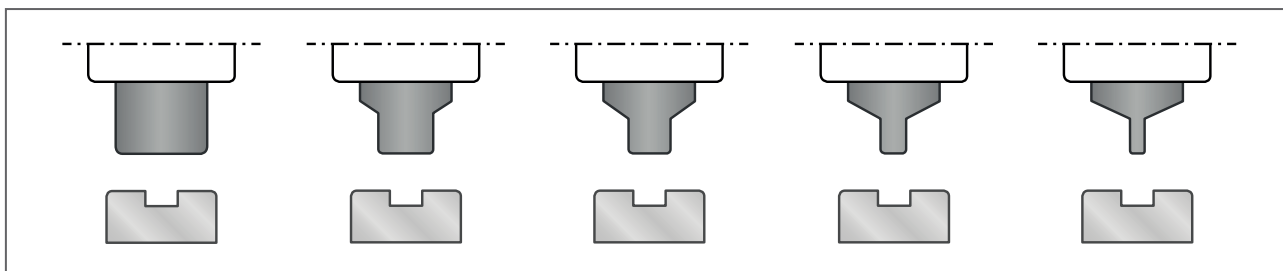
Τα μέταλλα γενικά έχουν πολύ χαμηλή ηλεκτρική αντίσταση που δεν επηρεάζει δυσμενώς το ρεύμα ή την τάση που δημιουργεί ο σπινθήρας. Όμως, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του μπουζί, τα υλικά των ηλεκτροδίων πρέπει να διατηρούν την πολύ χαμηλή ηλεκτρική τους αντίσταση ακόμα και όταν τα ηλεκτρόδια εκτίθενται σε δύσκολες συνθήκες λειτουργίας.

### 7.3. Υλικά πυρήνα

Η συνεχής ανάπτυξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης, ειδικά με απαιτήσεις για βελτιωμένη ισχύ, μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και μειωμένες εκπομπές, οδηγεί σε αυξημένες θερμοκρασίες καύσης και πίεση κυλίνδρων καθώς και σε γενικές βελτιώσεις στην αποτελεσματικότητα της καύσης. Για να βοηθήσει στην υποστήριξη αυτών των εξελίξεων του κινητήρα, έχουν εξελιχθεί και τα μπουζί DENSO προκειμένου να μπορούν να παρέχουν σπινθήρες υψηλότερης ενέργειας.

Οι βελτιωμένοι σχεδιασμοί του πυρήνα του ηλεκτροδίου περιλαμβάνουν μικρότερες διαμέτρους (Εικ. 7.3), οι οποίες καθίστανται δυνατές με τη χρήση περισσότερο ανθεκτικών μετάλλων που επιτρέπουν στη συνέχεια να χρησιμοποιούνται χαμηλότερες τάσεις για την παροχή παρόμοιων ή μεγαλύτερων επιπέδων ενέργειας.

Με μικρότερα ηλεκτρόδια στον πυρήνα (και ηλεκτρόδια γείωσης), μειώνεται το η εμπλοκή της φλόγας κατά την ανάφλεξη και την καύση. Ωστόσο, τα μικρότερα ηλεκτρόδια μειώνουν και τη μεταφορά θερμότητας μακριά από τη φλόγα μειώνοντας έτσι τη σβέση της φλόγας.



Εικ. 7.3 Παραδείγματα διαφορετικών τύπων και μεγεθών κεντρικών ηλεκτροδίων

#### Ηλεκτρόδιο με πυρήνα νικελίου

Για πολλά χρόνια τα μπουζί DENSO κατασκευάζονταν με ηλεκτρόδια νικελίου στον πυρήνα, τα οποία συνήθως έχουν πλάτος 2,5 mm (Εικ. 7.4). Τα τυπικά ηλεκτρόδια νικελίου είναι πολύ αξιόπιστα και προσπατά και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται και σήμερα.

#### Κεντρικό ηλεκτρόδιο πλατίνης

Η πλατίνα χρησιμοποιείται στα κεντρικά ηλεκτρόδια λόγω της αντοχής της σε υψηλές θερμοκρασίες. Μια μύτη πλατίνης συγκολλάται στο ηλεκτρόδιο και λόγω της υψηλής θερμοκρασιακής αντοχής της επιτρέπει τη μείωση της διαμέτρου του άκρου του ηλεκτροδίου στο 1,1 mm (Εικ. 7.5), ενώ παράλληλα παρέχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα μπουζί νικελίου. Τα ηλεκτρόδια με πυρήνα πλατίνης ήταν πολύ δημοφιλή στη δεκαετία του '80 και του '90 για την εξαιρετική τους απόδοση, αλλά από τότε έχουν σταδιακά αντικατασταθεί από τα ανώτερα ηλεκτρόδια με πυρήνα ιριδίου.



Εικ. 7.4 Ηλεκτρόδιο με πυρήνα νικελίου – διάμετρος 2,5 mm



Εικ. 7.5 Ηλεκτρόδιο με πυρήνα πλατίνης – διάμετρος 1,1 mm

## DENSO HIGHLIGHT

Τα μπουζί DENSO Iridium έχουν την υψηλότερη συγκέντρωση ιριδίου στην αγορά, με περίπου 90% ιρίδιο και 10% ρόδιο. Άλλοι κατασκευαστές μπουζί συχνά κυκλοφορούν τα μπουζί τους ως «iridium», αλλά είναι στην πραγματικότητα ένα κράμα κυρίως πλατίνης, με ένα μικρό μόνο ποσοστό ιριδίου. Αυτό το μίγμα δεν επιτρέπει τα ηλεκτρόδια να είναι το ίδιο μικρά και μπορεί να έχει μικρότερη διάρκεια ζωής.

#### Ηλεκτρόδιο με πυρήνα Ιριδίου

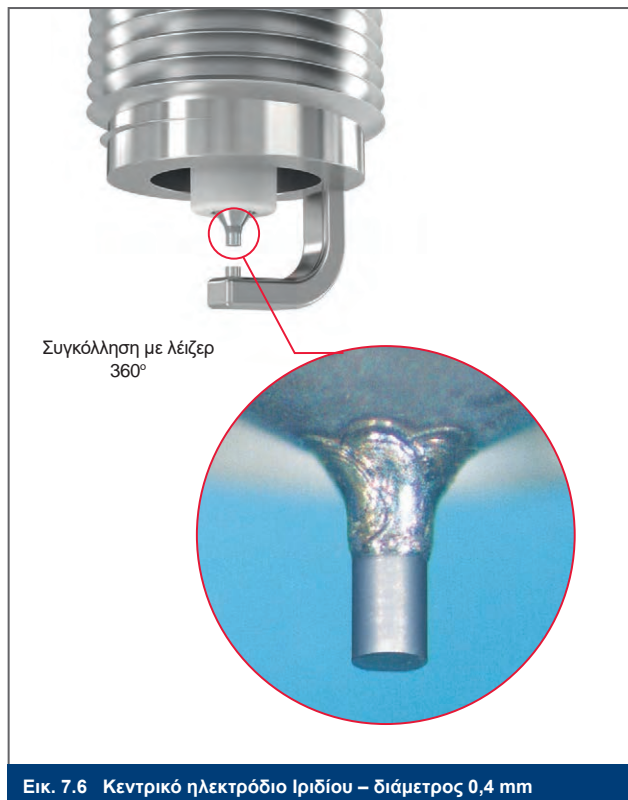
Τα ηλεκτρόδια DENSΟ με πυρήνα ιριδίου διαθέτουν ένα κράμα ιριδίου με τον υψηλότερο βαθμό ιριδίου στην αγορά. Λόγω των πατενταρισμένων τεχνολογιών παραγωγής της DENSΟ, η εταιρεία είναι σε θέση να παράγει κεντρικά ηλεκτρόδια με διάμετρο μικρότερη από 0,7 mm, 0,55 mm και το μοναδικό πατενταρισμένο ηλεκτρόδιο διαμέτρου 0,4 mm (Εικ. 7.6).

Το ιρίδιο είναι το σκληρότερο και το ανθεκτικότερο σε υψηλότερες θερμοκρασίες υλικό που χρησιμοποιείται σε ένα μπουζί, αλλά το καθαρό ιρίδιο για τα ηλεκτρόδια μπουζί δεν έχει επαρκή αντίσταση στην οξειδωση σε υψηλές θερμοκρασίες. Ως εκ τούτου, η DENSΟ έχει αναπτύξει ένα κράμα ιριδίου με ρόδιο για τη βελτίωση της αντοχής στην οξειδωση. Αυτό το νέο κράμα είναι ένα υλικό πατενταρισμένο από την DENSΟ.

Το ιρίδιο είναι ένα εξαιρετικά σκληρό υλικό. Στο παρελθόν, η πυροσυσσωμάτωση ήταν η μόνη διαθέσιμη διαδικασία κατασκευής του ιριδίου. Αυτός ο τύπος κατασκευής είναι δαπανηρός και επιβάλλει περιορισμούς στη μορφή και τις διαστάσεις, πράγμα που σημαίνει ότι δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή μπουζί. Ωστόσο, η DENSΟ έχει αναπτύξει μια νέα τεχνολογία πολύτιμων μετάλλων που επιτρέπει στο ιρίδιο να έλκεται ή να διαμορφώνεται ενώ βρίσκεται σε λειωμένη μορφή, επιτρέποντας την κατασκευή κεντρικών ηλεκτροδίων ιριδίου. Το ηλεκτρόδιο ιριδίου είναι ασφαλές γιατί χρησιμοποιεί μια πατενταρισμένη διαδικασία συγκόλλησης με λέιζερ 360°.

Με αυτές τις νέες τεχνολογίες, η DENSΟ ήταν η πρώτη που παρήγαγε μπουζί με ηλεκτρόδια ιριδίου.

Λόγω του υψηλού σημείου τήξης και της εξαιρετικής αντοχής στη διάβρωση, το ιρίδιο χρησιμοποιείται ευρέως σε πεδία που χρησιμοποιούν τεχνολογία αιχμής, όπως η αεροδιαστημική και η ιατρική αλλά και η κατασκευή κοσμημάτων.



## 7.4. Ηλεκτρόδιο γείωσης

Το ηλεκτρόδιο γείωσης προεξέχει μέσα στο θάλαμο καύσης και ως εκ τούτου πρέπει να αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες και ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Το ηλεκτρόδιο γείωσης έχει επίσης σημαντική επίδραση στην απόδοση του σπινθήρα καθώς και στην καύση και κατά συνέπεια στη συνολική απόδοση του κινητήρα. Όπως και με το κεντρικό ηλεκτρόδιο, το υλικό για το ηλεκτρόδιο γείωσης είναι το κλειδί για να εξασφαλιστεί μεγάλη διάρκεια ζωής του μπουζί. Ως εκ τούτου, η DENSΟ έχει αναπτύξει επίσης μια σειρά τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για το ηλεκτρόδιο γείωσης.

#### U-Groove

Το ηλεκτρόδιο U-Groove της DENSΟ (Εικ. 7.7) προσθέτει άκρα στο ηλεκτρόδιο γείωσης, μειώνοντας την απαιτούμενη τάση. Παρέχει επίσης χώρο για μεγαλύτερο όγκο μίγματος αέρα / καυσίμου κοντά στον σπινθήρα, ο οποίος βοηθάει στην ανάφλεξη ακόμη και φτωχών μιγμάτων. Η ενέργεια ανάφλεξης είναι μεγαλύτερη, μειώνοντας έτσι την ρύπανση από τα υπολείμματα άνθρακα και επιτυγχάνεται ομαλότερη επιτάχυνση.

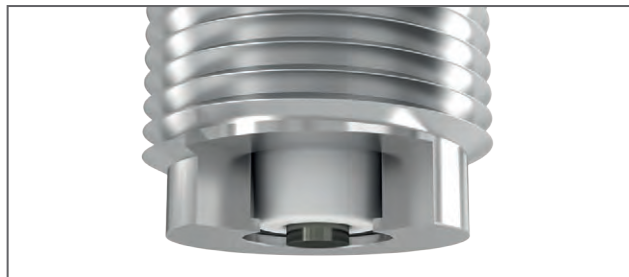
#### Ηλεκτρόδιο με κωνικό άκρο

Με ένα ηλεκτρόδιο γείωσης με κωνικό άκρο (Εικ. 7.8), το μέγεθος του άκρου του ηλεκτροδίου μειώνεται, πράγμα που μειώνει το αποτέλεσμα σβέσης και βελτιώνει την ανάφλεξη.



### Επιφανειακή εκφόρτιση για περιστροφικούς κινητήρες

Τα μπουζί (Εικ. 7.9) χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιστροφικούς κινητήρες όπου τα συμβατικά ηλεκτρόδια γείωσης δεν ταιριάζουν στο σχεδιασμό του θαλάμου καύσης. Ο σπινθήρας δημιουργείται μεταξύ του κεντρικού ηλεκτροδίου και της εσωτερικής ακμής του ηλεκτροδίου γείωσης.



Εικ. 7.9 Ηλεκτρόδιο γείωσης επιφανειακής εκκένωσης

### Πλευρικά ηλεκτρόδια

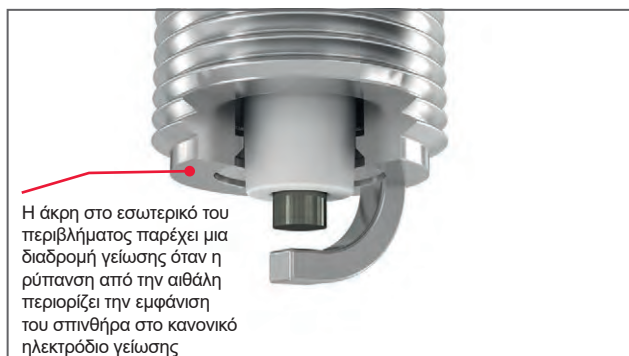
Αυτός ο σχεδιασμός του μπουζί (Εικ. 7.10) παρέχει βέλτιστη απόδοση για χρήση με κινητήρες άμεσου ψεκασμού, όπου το μίγμα αέρα / καυσίμου μπορεί να είναι αρκετά πλούσιο κοντά στο μπουζί, με αποτέλεσμα τη ρύπανση του μπουζί με υπολείμματα άνθρακα. Κατά την κανονική λειτουργία, ο σπινθήρας δημιουργείται μεταξύ του κύριου ηλεκτροδίου και του ηλεκτροδίου γείωσης. αλλά όταν προκαλείται ρύπανση, ο σπινθήρας περνά στα πλευρικά ηλεκτρόδια, καίγοντας την αιθάλη (βλ. Εικ. 10.3).



Εικ. 7.10 Πλευρικά ηλεκτρόδια

### Μπουζί τεχνολογίας Semi-surface

Η χρήση ενός μπουζί με τεχνολογία Semi-surface βελτιώνει την ανάφλεξη και την αντίσταση ρύπανσης από την αιθάλη (Εικ. 7.11). Η άκρη στο εσωτερικό του περιβλήματος λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με τα πλευρικά ηλεκτρόδια. Όταν η συσσώρευση αιθάλης εμποδίζει την εμφάνιση του σπινθήρα στο κανονικό ηλεκτρόδιο γείωσης, αυτή η ακμή παρέχει μια εναλλακτική διαδρομή γείωσης. Αυτή η εναλλακτική διαδρομή γείωσης επιτρέπει στον σπινθήρα να καίει την ρυπαίνουσα αιθάλη καθώς εμφανίζεται, επιτρέποντας στον σπινθήρα να περάσει και πάλι στη γείωση μέσω του κανονικού ηλεκτροδίου γείωσης.



Η άκρη στο εσωτερικό του περιβλήματος παρέχει μια διαδρομή γείωσης όταν η ρύπανση από την αιθάλη περιορίζει την εμφάνιση του σπινθήρα στο κανονικό ηλεκτρόδιο γείωσης

Εικ. 7.11 Ηλεκτρόδια τεχνολογίας Semi-surface

### Ηλεκτρόδιο πολλαπλής γείωσης

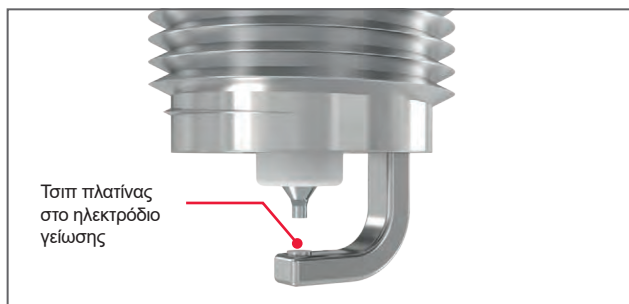
Για μπουζί νικελίου, η διάρκεια ζωής μπορεί εύκολα να αυξηθεί με την προσθήκη επιπλέον ηλεκτροδίων γείωσης. Αυτός ο τύπος μπουζί της DENSO είναι διαθέσιμος με ηλεκτρόδια διπλής ή τριπλής γείωσης που θεωρούνται ότι παρέχουν μια οικονομικά αποδοτική λύση για τη βελτίωση της διάρκειας ζωής ενός μπουζί (Εικ. 7.12). Ωστόσο, τα ηλεκτρόδια πολλαπλής γείωσης δεν έχουν θετική επίδραση στην απόδοση της καύσης. Η εφαρμογή ενός τσιπ πλατίνας στο ηλεκτρόδιο γείωσης είναι επομένως η ευρύτερα προτιμώμενη λύση για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.



Εικ. 7.12 Ηλεκτρόδια πολλαπλής γείωσης

### Ηλεκτρόδιο γείωσης με τσιπ από πλατίνα

Η πλατίνα είναι πολύ ανθεκτική στη διάβρωση και μπορεί να αντέξει τις ξαφνικές αλλαγές θερμοκρασίας. Αυξάνει τη διάρκεια ζωής του μπουζί, χωρίς να αντικαθιστά την απόδοση. Τα ηλεκτρόδια γείωσης με τσιπ πλατίνας συνδυάζονται πάντοτε με ένα ηλεκτρόδιο κεντρικής πλατίνας ή ιριδίου (Εικ. 7.13).



Τσιπ πλατίνας στο ηλεκτρόδιο γείωσης

Εικ. 7.13 Στρογγυλό ηλεκτρόδιο με τσιπ πλατίνας



### Μπουζί υπερανάφλεξης (SIP)

Παρουσιάστηκε από την DENSO το 2003, το ηλεκτρόδιο γείωσης αυτού του επαναστατικού μπουζί ιριδίου διαθέτει την ίδια τεχνολογία πλατίνης της DENSO και είναι διαμορφωμένο σε σχήμα βελόνας με διάμετρο 0,7-1,0 mm. Αυτό το ηλεκτρόδιο γείωσης μικρής διαμέτρου παρέχει ασύγκριτη μείωση στο αποτέλεσμα σβέσης και απεριόριστη αύξηση της φλόγας.

Αυτό το ηλεκτρόδιο γείωσης μικρής διαμέτρου συνδυάζεται πάντοτε με ένα κεντρικό ηλεκτρόδιο ιριδίου (Εικ. 7.14).



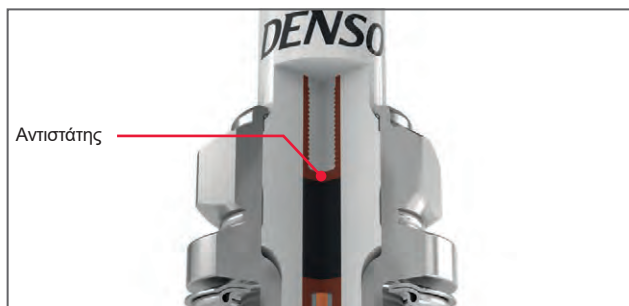
Εικ. 7.14 Μπουζί υπερανάφλεξης

## 7.5. Άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα μπουζί DENSO

### Μπουζί με αντιστάτη

Προσθέτοντας έναν αντιστάτη 5kΩ ανάμεσα στο τερματικό και το κεντρικό ηλεκτρόδιο, δημιουργήσαμε ένα μπουζί που παράγει λιγότερο ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο κατά τη διάρκεια της ανάφλεξης. Με τον αυξανόμενο αριθμό ηλεκτρονικών συσκευών στα οχήματα, όλα τα καινούργια αυτοκίνητα παρέχονται σήμερα με μπουζί με αντιστάτη ως στάνταρ (Εικ. 7.15).

Ο αντιστάτης δεν επηρεάζει την τάση και μειώνει μόνο το ρεύμα αιχμής μειώνοντας έτσι τον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο χωρίς να επηρεάζει την απόδοση του σπινθήρα.



Εικ. 7.15 Μπουζί με αντιστάτη

### Μπουζί με εκτεταμένο ή προβαλλόμενο ηλεκτρόδιο γείωσης

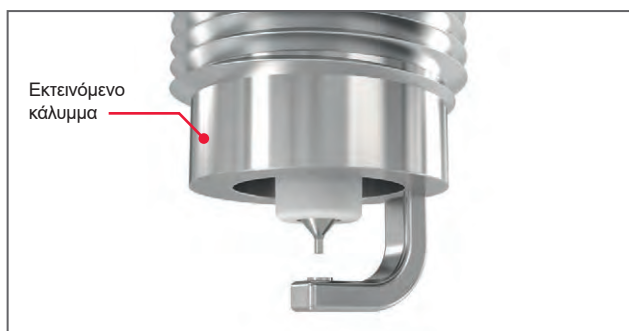
Με την επέκταση των ηλεκτροδίων (Εικ. 7.16), ο σπινθήρας είναι τοποθετημένος πιο κοντά στο κέντρο του θαλάμου καύσης. Η κεντρική τοποθέτηση του σπινθήρα μπορεί να έχει οφέλη για κινητήρες με δυσκολία ανάφλεξης, όπως οι κινητήρες χαμηλής ισχύος και χαμηλής συμπίεσης που τείνουν να λειτουργούν με χαμηλότερες θερμοκρασίες καύσης. Καθώς η διαδρομή από το ηλεκτρόδιο προς το περίβλημα είναι πολύ μεγαλύτερη, αυτός ο τύπος μπουζί είναι διαθέσιμος μόνο σε χαμηλό εύρος θερμότητας (θερμό).



Εικ. 7.16 Εκτεινόμενο ή προβαλλόμενο ηλεκτρόδιο

### Κάλυμμα

Το εκτεταμένο κάλυμμα επιτρέπει την επέκταση της θέσης του σπινθήρα (Εικ. 7.17). Όπως και τα προβαλλόμενα μπουζί, αυτό το μπουζί διεισδύει βαθύτερα μέσα στο θάλαμο καύσης. Με την προστασία του καλύμματος, μπορεί να διαχειριστεί καλύτερα τις υψηλότερες θερμοκρασίες και τις εξόδους ισχύος. Τα μπουζί με κάλυμμα είναι διαθέσιμα σε υψηλότερο εύρος θερμότητας από τα εκτεινόμενα ή τα προβαλλόμενα μπουζί.



Εικ. 7.17 Κάλυμμα

### Μπουζί με κωνική υποδοχή

Τα μπουζί με κωνική υποδοχή προορίζονται αποκλειστικά για μη ιαπωνικά οχήματα όπου το μπουζί δεν χρησιμοποιεί τσιμούχα (Εικ. 7.18). Είναι κατά κύριο λόγο μια προτίμηση του κατασκευαστή του κινητήρα να επιλέξει μπουζί με κωνική υποδοχή ή μπουζί με τσιμούχα.

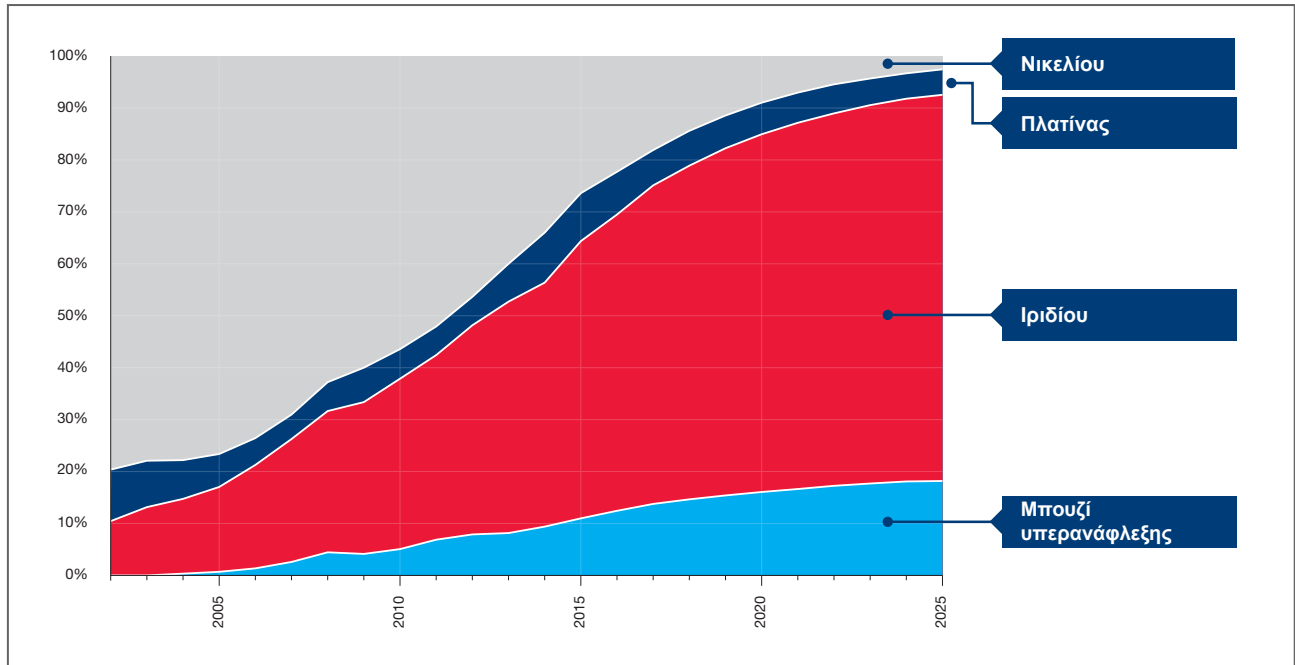


Εικ. 7.18 Μπουζί με κωνική υποδοχή

### 7.6. Μελλοντικές τάσεις

#### Επισκόπηση

Επί του παρόντος, πάνω από το 75% όλων των καινούργιων αυτοκινήτων ντίζελ / βενζινης που έχουν ταξινομηθεί χρησιμοποιούν μπουζί ιριδίου (Εικ. 7.19). Αναμένουμε ότι ο αριθμός αυτός θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο, καθώς οι νομοθεσίες για τις εκπομπές ρύπων θα καταστούν αυστηρότερες.

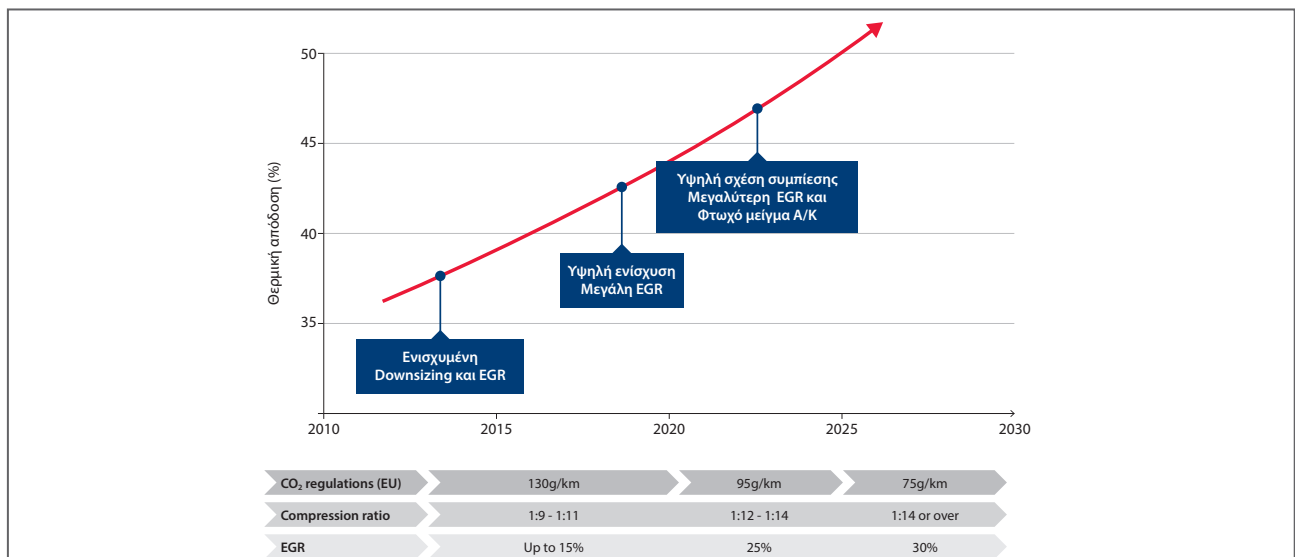


Εικ. 7.19 Μερίδιο αγοράς των διαφορετικών τύπων μπουζι (πρόβλεψη μέχρι το 2025)

Για να επιτευχθούν ακόμα αυστηρότεροι στόχοι για το CO2 οι κατασκευαστές αυτοκινήτων πρέπει να βρουν τρόπους για να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Στους κινητήρες ντίζελ / βενζινης, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή διάφορων τεχνολογιών όπως η μείωση του μεγέθους κινητήρα, η υψηλή επανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR) και τα φτωχά μείγματα. Παρόλο που αυτές οι εξελισσόμενες τεχνολογίες κινητήρων καλύπτονται στην ενότητα 5.5, αξίζει και πάλι να επισημάνουμε εν συντομία τα αποτελέσματα που έχουν στον σχεδιασμό των μπουζι, όπως η ικανότητα των μπουζι να αντέχουν ακόμα υψηλότερες τάσεις άνω των 45kV.

Στην Εικ. 7.20 παρουσιάζεται μια πρόχειρη πρόβλεψη για τις τάσεις των κινητήρων εσωτερικής καύσης που συμπεριλαμβάνουν τους κανονισμούς της ΕΕ για τις εκπομπές CO2 τους δείκτες συμπίεσης και τους ρυθμούς EGR μέχρι το 2025.

Ως κορυφαίος κατασκευαστής και εφευρέτης των τεχνολογιών του αυτοκινήτου, η DENSO θα παραμείνει στην πρωτοπορία του σχεδιασμού του κινητήρα εσωτερικής καύσης προκειμένου να διασφαλίσει ότι τα προϊόντα της θα συνεχίσουν να υποστηρίζουν τη ζήτηση για αυξημένη αποδοτικότητα κινητήρα, ισχύ εξόδου και μειωμένες εκπομπές ρύπων.



Εικ. 7.20 Προβλέψεις τάσεων καύσης έως το 2025

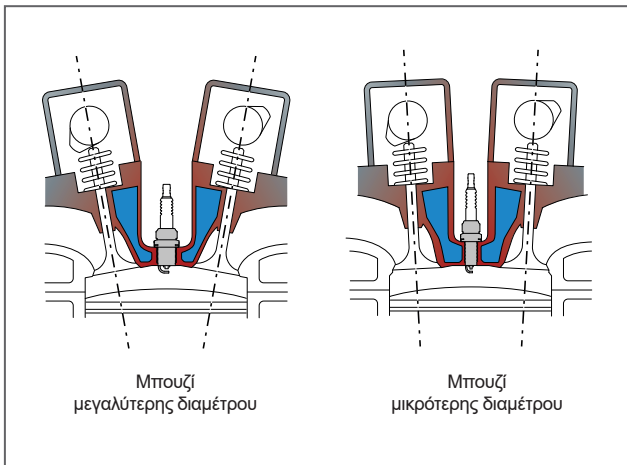
### Downsizing

Εδώ και αρκετό καιρό, οι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει κινητήρες με σχετικά μικρό εκτόπισμα, αλλά αυτό πρέπει να συνδυαστεί με υψηλή ισχύ που συχνά επιτυγχάνεται με τη χρήση της υπερτροφοδοσίας.

Ένας downsized κινητήρας έρχεται με μερικές μοναδικές προκλήσεις, όπως η συσκευασία (Εικ. 7.21). Σε μια μικρότερη κυλινδροκεφαλή, θα πρέπει να τοποθετηθούν 4 μεγάλες βαλβίδες για σωστή «αναπνοή» καθώς και ένα μπουζί και συχνά ένα μπεκ ψεκασμού καυσίμου, αλλά θα πρέπει επίσης να υπάρχει αρκετός χώρος για τα κανάλια του ψυκτικού μέσου ώστε να διατηρούνται όλα στην επιθυμητή θερμοκρασία. Μια λύση για τη βελτίωση της συσκευασίας είναι η χρήση στενών μπουζί με μακριά σπειρώματα που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για κάποιο χρονικό διάστημα σε μοτοσυκλέτες, αλλά τώρα χρησιμοποιούνται και στα αυτοκίνητα.

Το downsizing και η υψηλή ισχύς συμβαδίζουν με τις υψηλότερες πιέσεις στον κύλινδρο, είτε με αυξημένες πιέσεις υπερσυμπιεστή είτε με υψηλότερες αναλογίες συμπίεσης. Ωστόσο, οι αυξημένες πιέσεις καθιστούν πιο δύσκολο τον ιονισμό του αέρα και τη δημιουργία ενός σπινθήρα (βλ. κεφάλαιο 6.4 για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον ιονισμό).

Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, απαιτούνται υψηλότερες τάσεις σπινθηρισμού και αναμένεται ότι η απαιτούμενη τάση θα αυξηθεί περισσότερο από 45kV.



Εικ. 7.21 Πιο στενό μπουζί με μακρύτερο σπείρωμα που καταλαμβάνει λιγότερο χώρο στην κυλινδροκεφαλή

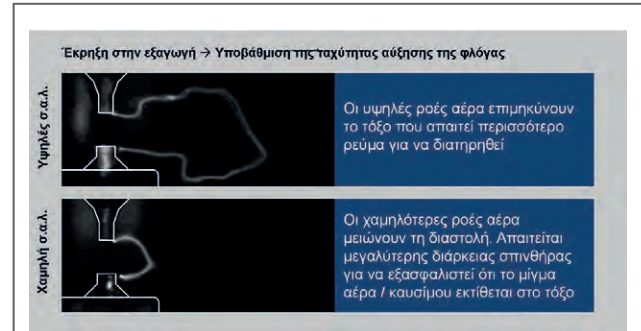
### Υψηλή EGR

Με την αύξηση της σχέσης συμπίεσης και των θερμοκρασιών καύσης αυξάνεται ο κίνδυνος εκτόνωσης ή κρουστικής ανάφλεξης. Για να αποτραπεί η κρουστική καύση του κινητήρα, αυξάνεται ο ρυθμός EGR, πράγμα που βοηθά στη μείωση των θερμοκρασιών καύσης. Άλλωστε, αυξάνεται και η ροή των αερίων στο θάλαμο καύσης με αποτέλεσμα την καλύτερη ανάμειξη του αέρα και του καυσίμου.

Αυτή η βελτιωμένη ροή, ειδικά στις υψηλότερες στροφές του κινητήρα, έχει την τάση να απομακρύνει τον σπινθήρα από τα ηλεκτρόδια, γεγονός που δημιουργεί ένα τεντωμένο ή μακρύτερο τόξο που εκτίθεται σε μεγαλύτερο μέρος του μίγματος αέρα / καυσίμου και συμβάλλει στη βελτίωση της ανάφλεξης (Εικ. 7.22). Αλλά για να αποφευχθεί η πλήρης απομάκρυνση, απαιτείται περισσότερο ρεύμα από το πηνίο ανάφλεξης για να διατηρηθεί το τόξο.

Παρ' όλα αυτά, με χαμηλότερες ροές αερίων, οι οποίες μπορούν να συμβούν σε χαμηλότερες στροφές του κινητήρα, το μίγμα αέρα, καυσίμου και καυσαερίων μπορεί να είναι πιο δύσκολο να αναφλεγεί. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, ο σπινθήρας πρέπει να διαρκεί περισσότερο για να επιμηκύνει την έκθεση στο μίγμα αέρα / καυσίμου και να βελτιώσει και πάλι τη δυνατότητα ανάφλεξης.

Επομένως, το πηνίο ανάφλεξης πρέπει να μπορεί να παρέχει υψηλότερη ενέργεια στο μπουζί για να διατηρήσει το φυσικό μακρύτερο τόξο και για μεγαλύτερη διάρκεια.



Εικ. 7.22 Ροή αέρα καύσης που επηρεάζει την απομάκρυνση του σπινθήρα

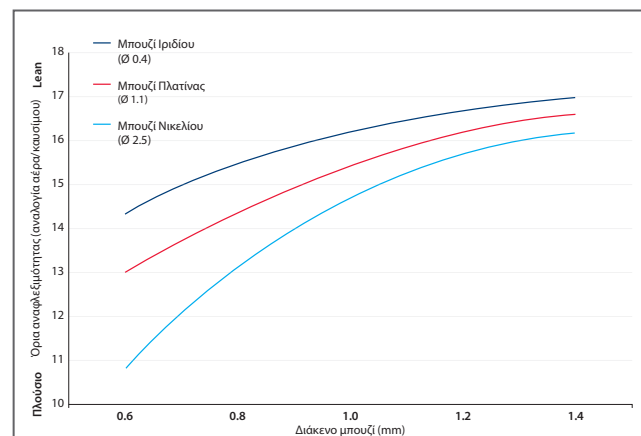
Η μονάδα μέτρησης για την ενέργεια είναι το joule (J). Η ενέργεια που παράγεται από ένα πηνίο ανάφλεξης βρίσκεται τυπικά στην περιοχή από 30 έως 80 mJ (millijoule, 1 mJ = 1/1000th J). Ωστόσο, για να είναι δυνατή η παροχή των απαιτούμενων υψηλότερων τάσεων, των υψηλότερων ρευμάτων και των μακρύτερων σπινθήρων, αναμένεται ότι η διαθέσιμη ενέργεια του πηνίου θα αυξηθεί σε πάνω από 200 mJ.

### Λόγος φτωχού μίγματος αέρα / καυσίμου

Αν και τα φτωχά μίγματα έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης, μπορούν στην πραγματικότητα να βελτιώσουν την απόδοση του κινητήρα. Τα φτωχά μίγματα αυξάνουν επίσης τις εκπομπές NOx που απαιτούν στη συνέχεια μετεπεξεργασία των καυσαερίων. Όπως και με τους υψηλούς ρυθμούς EGR, τα άπαχα φτωχά μίγματα απαιτούν επίσης πιο ισχυρό σπινθήρα ανάφλεξης. Με τις αναλογίες αέρα / καυσίμου που αναμένεται να φθάσουν στο λάμδα 2 (λόγος αέρα / καυσίμου περίπου 30 προς 1) ή υψηλότερο, η ανάπτυξη των μπουζί θα συνεχίσει να εξασφαλίζει τον καλύτερο δυνατό σπινθήρα που είναι διαθέσιμος υπό ακόμη σκληρότερες συνθήκες λειτουργίας.

Η Εικ. 7.23 δείχνει την ανάφλεξη του μίγματος αέρα / καυσίμου όταν χρησιμοποιούνται μπουζί νικελίου, πλατίνας και ιριδίου με διαφορετικά διάκενα μπουζί.

Τα μπουζί Ιριδίου παρέχουν τις καλύτερες επιδόσεις και για να εξασφαλιστεί η κατάλληλη ανάφλεξη, τα λεπτά ηλεκτρόδια ιριδίου, όπως αυτά που έχουν ήδη παραχθεί από την DENSO, θα γίνουν μια μέρα στάνταρ.



Φτωχότερα μίγματα είναι πιο δύσκολο να αναφλεγούν. Ως λύση, χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα διάκενα ή μικρότερα ηλεκτρόδια

Εικ. 7.23 Όρια ανάφλεξης των διαφορετικών τύπων μπουζί

# 8. ΓΚΑΜΑ DENSO

## 8.1. Άμεση εφαρμογή

Οι κορυφαίοι κατασκευαστές κινητήρων και οχημάτων επιλέγουν τα μπουζί DENSO για την αξιοπιστία και την απόδοσή τους. Τα μπουζί DENSO Direct Fit μπορούν να βρεθούν τόσο σε οχήματα high-end, όσο και σε οχήματα high-volume. Τα μπουζί Direct Fit της DENSO είναι ακριβώς τα ίδια μπουζί με τα πρωτότυπα ή είναι η άμεσα ισοδύναμη εναλλακτική λύση της DENSO.

Η σειρά προϊόντων Direct Fit περιλαμβάνει: μπουζί νικελίου, πλατίνας, ιριδίου και SIP και είναι διαθέσιμα για γενικές εφαρμογές στα αυτοκίνητα και τις μοτοσυκλέτες, καθώς και για κινητήρες θαλάσσης, γεωργικούς και μικρούς κινητήρες.

### Νικελίου

Τα μπουζί νικελίου της DENSO διαθέτουν το πατενταρισμένο ηλεκτρόδιο γείωσης U-Groove για βελτιωμένη απόδοση ανάφλεξης (Εικ. 8.1).

Η τεχνολογία U-groove επινοήθηκε από την DENSO και έγινε αντιληπτή στη δεκαετία του '70 ως η καλύτερη διαθέσιμη βελτίωση των μπουζί.

Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων που συνεργάζονται με τη DENSO για τα μπουζί πρώτης τοποθέτησης υιοθέτησαν αμέσως την τεχνολογία U-Groove για χρήση στα οχήματά τους.

Η τεχνολογία εύρους θερμότητας της DENSO για τα μπουζί νικελίου μπορεί να καλύψει ένα μεγαλύτερο εύρος θερμότητας σε σύγκριση με άλλους κατασκευαστές, πράγμα που επιτρέπει μια ενοποιημένη σειρά με λιγότερους κωδικούς και λιγότερο stock.

Η DENSO εξακολουθεί να χρησιμοποιεί την τεχνολογία U-Groove για τα περισσότερα μπουζί με ένα ηλεκτρόδιο γείωσης.



Όλοι οι διαθέσιμοι κωδικοί της DENSO είναι διαθέσιμοι στη διεύθυνση:

[denso-am.eu/e-catalogue](https://denso-am.eu/e-catalogue)

### Πλατίνας

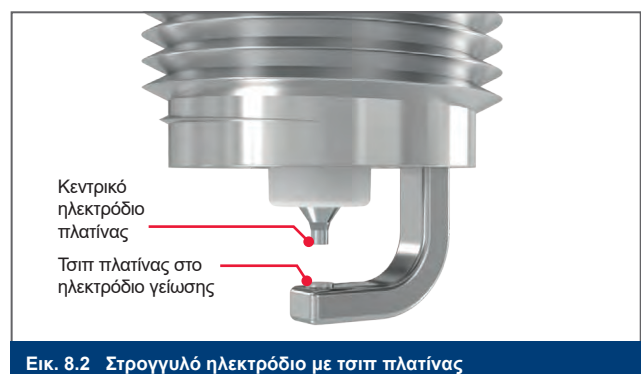
Τα μπουζί Platinum έγιναν δημοφιλή στη δεκαετία του '80 γιατί πρόσφεραν αυξημένη απόδοση του μπουζί και του κινητήρα. Με την αυξανόμενη ζήτηση για μείωση των εκπομπών, ήταν απαραίτητο να αντικατασταθεί η τεχνολογία νικελίου με ένα μπουζί υψηλότερων προδιαγραφών.

Τα μπουζί μακράς διάρκειας με πλατίνα διαθέτουν τόσο ένα κεντρικό ηλεκτρόδιο από πλατίνα, όσο και ένα τσιπ πλατίνας στο ηλεκτρόδιο γείωσης (βλ. Εικ. 8.2).

Η DENSO έχει πρόσφατα μετατοπίσει την προσοχή της από την ανάπτυξη μπουζί πλατίνας στα μπουζί ανώτερα μπουζί Ιριδίου. Ωστόσο, η πλατίνα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται στα ηλεκτρόδια γείωσης των περισσότερων σύγχρονων μπουζί λόγω της αντοχής στη διάβρωση.

Τα μπουζί νικελίου της DENSO μπορούν να βρεθούν στην τριάδα 2005 Toyota Aygo-Citroën C1-Peugeot 107 με κινητήρα 1,0 λίτρου 1KR-FE, αλλά και σε πολλά άλλα μεγάλα οχήματα.

Τα μπουζί Platinum της DENSO μπορούν να βρεθούν στο Supercar Lexus LFA του 2010 με κινητήρα V10.



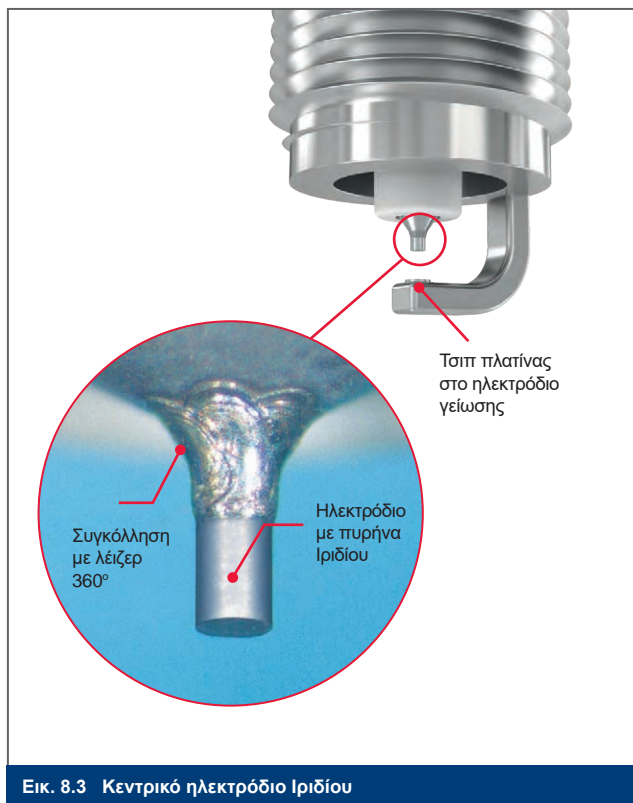
8.1. Άμεση εφαρμογή	50
8.2. Twin Tip	52
8.3. Iridium Power	53
8.4. Iridium Racing	54

### Ιριδίου

Η DENSO, ως πρωτοπόρος στην παραγωγή μπουζί ιριδίου, έχει πατεντάρει το πιο λεπτό διαθέσιμο κεντρικό ηλεκτρόδιο των 0,4 mm και τη μέθοδο στερέωσής του με συγκόλληση με λέιζερ 360° (Εικ. 8.3).

Το μπουζί Ιριδίου δεν είναι μόνο πιο αξιόπιστο, αλλά διαθέτει και μεγαλύτερη ακρίβεια. Θα αναφλέξει το μείγμα αέρα / καυσίμου ακριβώς στην κατάλληλη στιγμή όπως προβλέπεται από το σύστημα διαχείρισης του κινητήρα.

Όταν συνδυάζονται με ένα τσιπ πλατίνας στο ηλεκτρόδιο γείωσης (βλ. Εικ. 8.3), τα μπουζί ιριδίου μπορούν να διαρκέσουν μια ζωή, με χαμηλότερο κόστος συντήρησης.



Τα μπουζί Ιριδίου OEM της DENSO μπορούν να βρεθούν στον Volvo XC60 3.0 T6 AWD του 2015 και σε πολλούς άλλους κινητήρες της Volvo. Στη συνέχεια, η αγορά aftermarket προσφέρει μπουζί Iridium TT για άλλους νέους κινητήρες της Volvo, παρέχοντας την καλύτερη απόδοση και τα οποία παράγονται στις ίδιες γραμμές παραγωγής.

### Υπερανάφλεξη

Η τεχνολογία υπερανάφλεξης εισήχθη ως ένα μπουζί υψηλών προδιαγραφών για τη μείωση των εκπομπών καυσαερίων των οχημάτων high-end.

Προς το παρόν, είναι η καλύτερη διαθέσιμη τεχνολογία μπουζί. Κάνει χρήση ενός κεντρικού ηλεκτροδίου ιριδίου και ενός μοναδικού ηλεκτροδίου γείωσης τύπου βελόνας από πλατίνα. Το κέντρο έχει διάμετρο 0,55 mm ή 0,7 mm. Το ηλεκτρόδιο γείωσης είναι τύπου βελόνας από πλατίνας με διάμετρο 0,7 mm ή 1,0 mm.

Αυτό το μοναδικό ηλεκτρόδιο γείωσης τύπου βελόνας από πλατίνα κάνει κάτι περισσότερο από το να παρέχει εξαιρετική διάρκεια ζωής. Μειώνει την απαιτούμενη τάση και παρέχει περισσότερο χώρο για να αναπτυχθεί η φλόγα, ενώ ουσιαστικά εξαλείφει το αποτέλεσμα σβέσης.

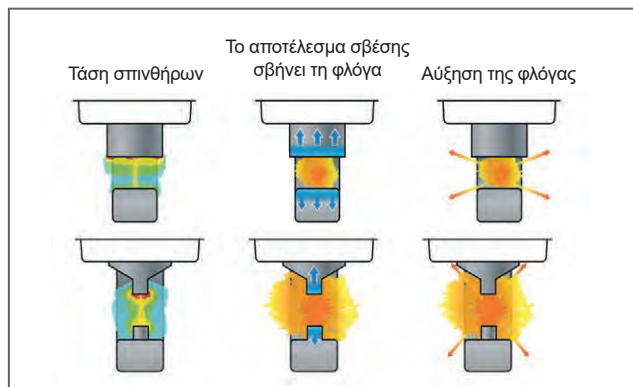
Τα μπουζί υπερανάφλεξης της DENSO FXE20HR11 μπορούν να βρεθούν στο 2007 Nissan Qashqai, ανάμεσα σε πολλά άλλα high-end οχήματα. Για αυτές τις εφαρμογές υπάρχει επίσης ένα ισοδύναμο Iridium TT που ικανοποιεί τις απαιτήσεις αυτού του κινητήρα, σε συνδυασμό με το πατενταρισμένο κεντρικό ηλεκτρόδιο 0,4 mm.



## 8.2. Twin Tip

Αναφέρεται στα προηγούμενα κεφάλαια ότι για σχεδόν όλα τα κριτήρια απόδοσης των μπουζί, εκτός από τη διάρκεια ζωής του μπουζί, τα μικρότερα ηλεκτρόδια μπουζί παρέχουν τις καλύτερες επιδόσεις.

Τα μικρότερα ηλεκτρόδια έχουν πιο συγκεντρωμένο ηλεκτρικό πεδίο μειώνοντας την απαιτούμενη τάση. Η μικρότερη επιφάνεια και μάζα, μειώνουν το αποτέλεσμα σβέσης και επιτρέπουν την απεριόριστη αύξηση της φλόγας.



Εικ. 8.5 Οφέλη μικρών ηλεκτροδίων

Η απλή μείωση του μεγέθους του ηλεκτροδίου θα μειώσει κανονικά τη διάρκεια ζωής του μπουζί. Η DENSO έχει αναπτύξει μοναδικά υλικά που επιτρέπουν μικρότερα ηλεκτρόδια, εξασφαλίζοντας παράλληλα ότι δεν επηρεάζεται η διάρκεια ζωής.

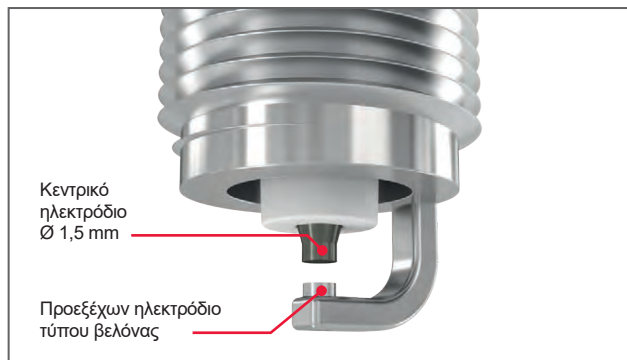
Μετά από την εμπειρία και την επιτυχία των μπουζί υπερανάφλεξης (SIP) με στενό κεντρικό ηλεκτρόδιο και ηλεκτρόδιο γείωσης, η DENSO έχει αναπτύξει δύο τύπους μπουζί Twin Tip που χρησιμοποιούν μικρά ηλεκτρόδια χωρίς να μειώνουν τη διάρκεια του μπουζί, στην πραγματικότητα, η διάρκεια ζωής συχνά επεκτείνεται. Αυτά τα μπουζί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική λύση για τα εργοστασιακά μπουζί ή ακόμα και ως αναβάθμιση. Η σειρά μπουζί υψηλής απόδοσης Twin Tip της DENSO διαθέτει μια μικρή σειρά κωδικών που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των οχημάτων.

### Νικελίου TT

Το νικέλιο είναι ένα σχετικά φθινό υλικό που χρησιμοποιείται για τα ηλεκτρόδια των μπουζί. Ωστόσο, λόγω της απαιτούμενης μεγάλης διάρκειας ζωής, το κεντρικό ηλεκτρόδιο έχει συνήθως διάμετρο 2,5 mm. Αν ο στόχος είναι ένα μικρότερο ηλεκτρόδιο γείωσης, θα πρέπει κανονικά να συγκολληθεί ένα πρόσθετο άκρο στο ηλεκτρόδιο γείωσης, πράγμα που θα αυξήσει σημαντικά το κόστος κατασκευής και θα μειώσει τη διάρκεια ζωής του μπουζί.

Το DENSO Nickel TT (Εικ. 8.6) χρησιμοποιεί ένα μοναδικό πατενταρισμένο κράμα που περιέχει νικέλιο, σιλίκιο, ύτριο και τάνιο (Ni-Si-Y-Ti).

Η ένωση έχει παρόμοιες ιδιότητες με το νικέλιο, αλλά είναι 80% πιο ανθεκτικό στην οξείδωση και 40% πιο ανθεκτικό στη φθορά που προκαλείται από τον σπινθήρα.



Εικ. 8.6 μπουζί Νικελίου TT της DENSO

Χρησιμοποιώντας αυτό το ειδικό κράμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν λεπτότερα ηλεκτρόδια διαμέτρου 1,5 mm που έχουν την ίδια διάρκεια ζωής με τα συμβατικά ηλεκτρόδια νικελίου διαμέτρου 2,5 mm. Επιπλέον, το νέο κράμα επιτρέπει στα μικρά ηλεκτρόδια γείωσης να τρυπηθούν από το υλικό αντί να χρησιμοποιηθούν πολύ δαπανηρές διαδικασίες παραγωγής. Το νέο κράμα νικελίου δεν είναι τόσο ακριβό όσο τα πολύτιμα μέταλλα όπως η πλατίνα ή το ιρίδιο, παρέχοντας έτσι μεγάλη αξία στον τελικό χρήστη.

Με δύο ηλεκτρόδια διαμέτρου 1,5 mm, τα μπουζί Νικελίου TT είναι σε θέση να προσφέρουν παρόμοια απόδοση με ένα μπουζί πλατίνας, στην τιμή ενός τυπικού μπουζί νικελίου.

Λόγω των μικρών ηλεκτροδίων του και της υψηλότερης απόδοσης σε σχέση με τα τυπικά μπουζί νικελίου, το μπουζί Nickel TT μπορεί να αντικαταστήσει πολλά άλλα μπουζί με το ίδιο σχήμα, βελτιώνοντας συχνά την απόδοση του κινητήρα. Με την εφαρμογή των προηγμένων τεχνολογιών, οι διαφορετικές προδιαγραφές πολλών διαφορετικών μπουζί μπορούν να επικαλυφθούν με πολύ μικρότερη σειρά κωδικών.

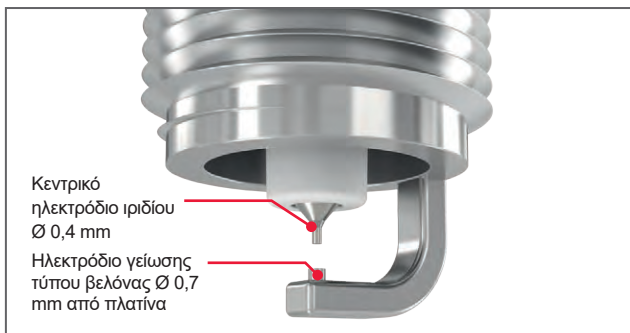
Το κράμα Ni-Si-Y-Ti και το προεξέχων ηλεκτρόδιο γείωσης, που χρησιμοποιούνται στα μπουζί Νικελίου TT, είναι πατενταρισμένα από την DENSO.

### Ιριδίου TT

Συνδυάζοντας τη βασική ιδέα του νικελίου TT και του μπουζί υπερανάφλεξης, η DENSO ανέπτυξε περαιτέρω την τεχνολογία των μπουζί για την παραγωγή του Iridium TT, το οποίο έγινε το σημείο αναφοράς για τα μπουζί Ιριδίου. Η τεχνολογία SIP σε συνδυασμό με το κεντρικό ηλεκτρόδιο Iridium 0,4 mm δημιουργεί ένα μοναδικό μπουζί που υπερέρχει όλων των άλλων τεχνολογιών στην αγορά.

Το νέο μπουζί Iridium TT (Εικ. 8.6) συνδυάζει την τεχνολογία SIP με το πατενταρισμένο κεντρικό ηλεκτρόδιο διαμέτρου 0,4 mm της DENSO και το ηλεκτρόδιο γείωσης πλατίνας τύπου βελόνας με διάμετρο 0,7 mm. Το Iridium TT είναι το καλύτερο μπουζί που διατίθεται στην αγορά και επιτυγχάνει πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής. Ταυτόχρονα, η απόδοση του Iridium TT μειώνει επίσης τις εκπομπές καυσαερίων και την κατανάλωση καυσίμου.



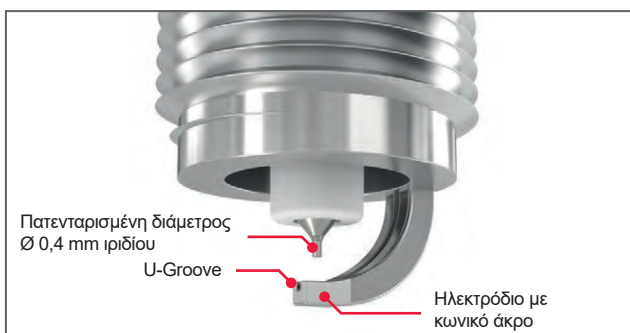


Σχήμα 8.7 Το μπουζί DENSO Iridium TT

Το κεντρικό ηλεκτρόδιο των 0,4 mm παράγεται χρησιμοποιώντας το πατενταρισμένο κράμα ιριδίου που έχει την υψηλότερη ποσότητα ιριδίου στην αγορά και ένα εξαιρετικά υψηλό σημείο τήξης. Αυτά τα χαρακτηριστικά επέτρεψαν τη σμίκρυνση του κεντρικού ηλεκτροδίου του Iridium TT, συμβάλλοντας στη μείωση της απαιτούμενης τάσης και στη βελτίωση της απόδοσης ανάφλεξης (βλ. Ενότητα 7.3 για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα κεντρικά ηλεκτρόδια του ιριδίου).

### 8.3. Iridium Power

Εκεί όπου το Iridium TT είναι η καλύτερη διαθέσιμη λύση για αυτοκίνητα, το Iridium Power είναι η καλύτερη λύση για τις μοτοσυκλέτες. Διαθέτοντας το ίδιο λεπτό κεντρικό ηλεκτρόδιο ιριδίου με διάμετρο 0,4 mm (Εικ. 8.7), το Iridium Power λειτουργεί καλύτερα από σχεδόν κάθε άλλο μπουζί στην αγορά. Είναι σε θέση να χειρίζεται υψηλές στροφές κινητήρα, καθιστώντας το Iridium Power το τέλειο μπουζί για μοτοσυκλέτες και αυτοκίνητα βελτιωμένα/ρυθμισμένα για υψηλές επιδόσεις.



Εικ. 8.8 μπουζί DENSO Iridium Power

Τα μπουζί Iridium Power διατίθενται σε μια ευρεία γκάμα εύρους θερμότητας, καθιστώντας τη γκάμα των μπουζί κατάλληλη για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Λόγω της ανώτερης απόδοσής του, το μπουζί Iridium TT μπορεί να αντικαταστήσει πολλούς διαφορετικούς τύπους μπουζί. Αυτό επιτρέπει μια πιο εννοποιημένη γκάμα που μπορεί να καλύψει σχεδόν κάθε όχημα. Η γκάμα Iridium TT περιλαμβάνει σήμερα 19 κωδικούς που προσφέρουν μια εναλλακτική λύση υψηλής απόδοσης για σχεδόν όλα τα μπουζί νικελίου, πλατίνας, ιριδίου και SIP.

Τα μπουζί Iridium Power είναι ιδανικά για κινητήρες μεγάλης ισχύος και υψηλής ταχύτητας, όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται σε μοτοσυκλέτες, αλλά και σε αυτοκίνητα υψηλών επιδόσεων, snowmobile και τζετ σκι.

**Εξαιρετικά λεπτό ηλεκτρόδιο ιριδίου διαμέτρου 0,4 mm**  
Χρησιμοποιώντας το πατενταρισμένο κεντρικό ηλεκτρόδιο κράματος ιριδίου 0,4 mm, μειώθηκε η απαιτούμενη τάση και βελτιώθηκε η απόδοση ανάφλεξης.

**Ηλεκτρόδιο γείωσης τύπου U-Groove και με κωνική υποδοχή**  
Τα ηλεκτρόδια γείωσης Iridium Power μπορούν να παραχθούν χρησιμοποιώντας μια αυλάκωση U στην εσωτερική πλευρά του ηλεκτροδίου γείωσης. Η αυλάκωση U παρέχει μεγάλο όγκο χώρου για το σχηματισμό της φλόγας και οι πρόσθετες ακμές μειώνουν περαιτέρω την απαιτούμενη τάση. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει εξαιρετική απόδοση ανάφλεξης χωρίς να αυξάνεται το διάκενο σπινθηρισμού.

Η άκρη του ηλεκτροδίου γείωσης έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε να σχηματίζει μια κωνικότητα, η οποία μειώνει την περιοχή που έρχεται σε επαφή με τη φλόγα. Το ηλεκτρόδιο γείωσης με το κωνικό άκρο έχει επίσης μειωμένη μάζα, η οποία μειώνει το φορτίο που προκαλείται από κραδασμούς και μειώνει το θερμικό φορτίο στο ηλεκτρόδιο. Συνεπώς, το μπουζί μπορεί να αντιμετωπίσει συνθήκες οδήγησης με πιο βαρύ φορτίο.

**Δεν είναι όλα τα μπουζί Iridium Power τύπου U-groove ή/και με λοζοτομή.**

**IRIDIUM POWER®**

## 8.4. Iridium Racing

Τα μπουζί Iridium Racing τα εμπιστεύονται οι οδηγοί και οι ομάδες αγώνων για την αξιοπιστία, την ανθεκτικότητα και την απόδοσή τους.

Τα μπουζί Iridium Racing (Εικ. 8.9) έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να ικανοποιούν τις πολύ απαιτητικές συνθήκες που επιβάλλονται από τους αγωνιστικούς κινητήρες υψηλής απόδοσης και τις σκληρές συνθήκες των αγώνων.

Το πλήρες άνοιγμα του γκαζιού σε υψηλές στροφές του κινητήρα παράγουν σταθερά υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις καύσης. Έτσι, ο σχεδιασμός των μπουζί Iridium Racing της DENSO επικεντρώνεται στην παραγωγή ενός σπινθήρα υψηλής ποιότητας που θα ανταποκριθεί σε αυτές τις ακραίες συνθήκες λειτουργίας.

Σε πολλές κατηγορίες αγώνων, η οικονομία καυσίμου και η λειτουργία με φτωχό μείγμα δεν αποτελεί τον πρωταρχικό τους στόχο. Για την παραγωγή ενέργειας, χρησιμοποιούνται πλουσιότερα μείγματα αέρα / καυσίμου που αυξάνουν το σχηματισμό αιθάλης στο μπουζί, ειδικά κατά τις περιστασιακές συνθήκες με μικρότερο φορτίο. Επομένως, τα μπουζί Iridium Racing πρέπει επίσης να είναι σε θέση να κάψουν γρήγορα τις εναποθέσεις αιθάλης για την αποφυγή της ρύπανσης.

Επιπλέον, τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται στα περισσότερα μπουζί οδικής κυκλοφορίας προεξέχουν στον θάλαμο καύσης. Αλλά, οι υψηλότερες πιέσεις και θερμοκρασίες που παράγονται από τους κινητήρες αγώνων υψηλής σχέσης συμπίεσης μπορούν να βλάψουν τα προεξέχοντα ηλεκτρόδια. Τα μπουζί Iridium Racing ετοιμμένας χρησιμοποιούν ηλεκτρόδια που είναι σχεδόν ομοιόμορφα με την κάτω επιφάνεια του περιβλήματος του μπουζί.

**Επειδή τα μπουζί Iridium Racing έχουν σχεδιαστεί αποκλειστικά για χρήση σε δύσκολες συνθήκες αγώνων, δεν έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν αποτελεσματικά με κανονικές, αργές ή χαμηλού φορτίου συνθήκες οδήγησης. Ακόμη και οι ήπια βελτιωμένοι/ρυθμισμένοι κινητήρες και οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται για περιστασιακές track days, ενδέχεται να μην παράγουν τις απαιτούμενες θερμοκρασίες, πιέσεις και άλλες συνθήκες που επιτρέπουν στα μπουζί Iridium Racing να λειτουργούν αποτελεσματικά. Για λιγότερο απαιτητικούς κινητήρες και απαιτήσεις οδήγησης (όπως αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στο δρόμο και track day), τα μπουζί Iridium Power θα αποτελέσουν την καλύτερη λύση.**

Τα ηλεκτρόδια που προβάλλουν ή προεξέχουν στο θάλαμο καύσης γενικά έχουν καλύτερη αναφλεξιμότητα και απόδοση. Ωστόσο, λόγω των υψηλών σχέσεων συμπίεσης, των πιέσεων και των θερμοκρασιών που συναντώνται στις αγωνιστικές μηχανές υψηλών επιδόσεων, υπάρχει λιγότερη ανάγκη για ένα μπουζί με προβαλλόμενο ηλεκτρόδιο. Επίσης, με την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες καύσης, ένα μακρύ ηλεκτρόδιο γείωσης δεν θα έχει επαρκή απορρόφηση θερμότητας και θερμαίνεται πολύ. Όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο ρύθμισης επιδόσεων για έναν κινητήρα, τόσο μικρότερη είναι η απαίτηση για προβαλλόμενο ηλεκτρόδιο.

**Ο Fernando Alonso στο υβριδικό αυτοκίνητο Toyota Gazoo Racing, νικητής του 24ου Le Mans 2018**



**Εξαιρετικά λεπτό ηλεκτρόδιο iridiumίου διαμέτρου 0,4 mm**  
Με ένα πατενταρισμένο εξαιρετικά λεπτό ηλεκτρόδιο iridiumίου διαμέτρου 0,4 mm, τα μπουζί Iridium Racing επιτυγχάνουν καταπληκτική απόδοση ανάφλεξης.

**Ηλεκτρόδιο γείωσης μόνο από πλατίνα 0,8 mm**  
Σε σύγκριση με το κράμα νικελίου που χρησιμοποιείται στα συμβατικά μπουζί, το υψηλό σημείο τήξης της πλατίνας μειώνει προβλήματα όπως η τήξη και η φθορά των ηλεκτροδίων γείωσης. Το άκρο πλατίνας συγκολλάται πάνω στο ηλεκτρόδιο και διαχωρίζεται χωρίς να κάμπτεται το ηλεκτρόδιο, μειώνοντας έτσι τις υπολειπόμενες καταπονήσεις που προκαλούνται από τις διεργασίες κατασκευής και συνεπώς αυξάνοντας την αντοχή και την αξιοπιστία.

### Μονωτήρας για αγώνες

Χρησιμοποιώντας ένα μοναδικό δοκιμασμένο μονωτικό υλικό, η αντοχή του μονωτήρα έχει αυξηθεί κατά περίπου 20%.

### Θύλακας καθαρισμού σπινθήρα

Επειδή η ρύπανση ή οι εναποθέσεις αιθάλης μπορούν να μειώσουν την απόδοση του μπουζί, έχει διαμορφωθεί ένας μικρός θύλακας γύρω από το άκρο ανάμεσα στο κεντρικό ηλεκτρόδιο και τον μονωτήρα. Αυτός ο θύλακας επιτρέπει στην ηλεκτρική εκκένωση να κάψει τον άνθρακα και άλλες εναποθέσεις διατηρώντας έτσι την απόδοση του μπουζί.

### Επικάλυψη σιλικόνης

Κατά την έναρξη του αγώνα, η αδυναμία εκκίνησης λόγω της ρύπανσης με αιθάλη μπορεί να είναι καθοριστική. Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση, ο μονωτήρας έχει επικαλυφθεί με μια εξαιρετικά υδατοαπωθητική σιλικόνη για την απομόνωση του μονωτήρα από οποιαδήποτε υγρασία και άνθρακα.

### Λοξοτομημένο άκρο περιβλήματος

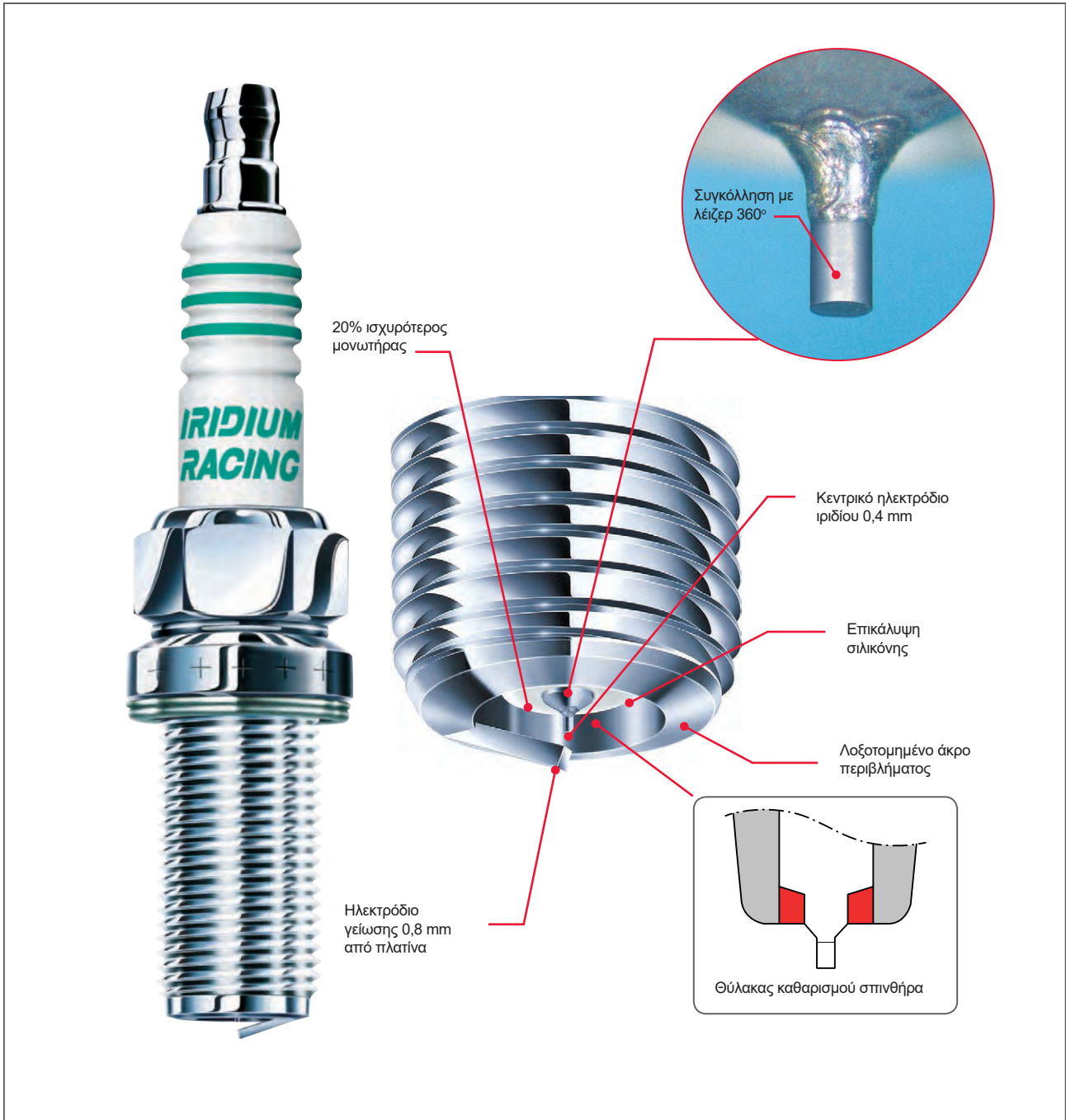
Για να βελτιωθεί η αντοχή έναντι των ακραίων συνθηκών καύσης, το λοξοτομημένο άκρο του περιβλήματος έχει διευρυνθεί. Τα αέρια των πλούσιων μιγμάτων αέρα / καυσίμων οδηγούνται μακριά από τον μονωτήρα, αποτρέποντας έτσι τη ρύπανση από την αιθάλη.

**IRIDIUM RACING®**

**DENSO Kobelco SARD RC F, 2016 Super GT 500 champion**







Εικ. 8.9 Μπουζί DENSO Iridium Racing

Polestar Cyan Racing, παγκόσμιος πρωταθλητής WTCC 2017



Subaru BRZ στη σειρά Super GT



# 9. ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΤΕ ΤΑ ΜΠΟΥΖΙ ΣΑΣ

## 9.1. Γιατί να αναβαθμίσετε τα μπουζί;

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την αναβάθμιση από ένα τυπικό μπουζί σε ένα μπουζί με υψηλότερη απόδοση που προσφέρει βελτιωμένη απόδοση ανάφλεξης. Μπορεί να αναζητάτε τη μέγιστη δυνατή ισχύ του κινητήρα για αγώνες, ίσως απλά θέλετε να βελτιώσετε την οικονομία καυσίμου για κανονική καθημερινή οδήγηση ή ίσως να θέλετε να λύσετε ένα δύσκολο πρόβλημα εκκίνησης ή του ρελαντί. Αλλά όποιο κι αν είναι οι λόγοι αναβάθμισης, η σειρά DENSO Spark Plug παρέχει την κατάλληλη αναβάθμιση για όλα σχεδόν τα οχήματα.

Ο ηλεκτρονικός κατάλογος της DENSO περιλαμβάνει πρότυπα και προδιαγραφές αναβάθμισης των μπουζί για τα περισσότερα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των μοτοσυκλετών. Ο ηλεκτρονικός κατάλογος είναι διαθέσιμος στη διεύθυνση:

[denso-am.eu/e-catalogue](https://denso-am.eu/e-catalogue)

### Τα κύρια οφέλη της αναβάθμισης

Τα κυριότερα οφέλη από την αναβάθμιση των μπουζί αναφέρονται στις ακόλουθες ενότητες, αλλά καθώς βελτιώνονται η ισχύς και η ροπή του κινητήρα, μπορεί να υπάρξουν σημαντικές βελτιώσεις στην ομαλότητα λειτουργίας του κινητήρα, την εκκίνηση, το κρύο και την εξοικονόμηση καυσίμου μαζί με τα κρυφά πλεονεκτήματα των μειωμένων εκπομπών. Επιπλέον, η αναβάθμιση με μπουζί υψηλότερων προδιαγραφών μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση περιστασιακών ή ακόμα και επίμονων προαναφλέξεων στο ρελαντί ή υπό φορτίο.

Για τα οχήματα που χρησιμοποιούν μπουζί νικελίου με τυπικές προδιαγραφές, η αναβάθμιση με μπουζί ιριδίου παρέχει καλύτερη απόδοση ανάφλεξης, η οποία επιτυγχάνεται συνήθως με χαμηλότερες τάσεις. Η χαμηλότερη αρχική απαίτηση τάσης μειώνει την τάση στο πηνίο ανάφλεξης και απομένει περισσότερη ενέργεια στο πηνίο, κάτι που επιτρέπει στο σύστημα ανάφλεξης να λειτουργεί καλύτερα σε πιο απαιτητικές συνθήκες λειτουργίας, όπως η επιτάχυνση με πλήρες φορτίο.

### LPG/CNG

Για τα οχήματα που έχουν μετατραπεί ώστε να λειτουργούν με LPG ή CNG, τα οφέλη της αναβάθμισης μπορούν να γίνουν ακόμη πιο αισθητά λόγω της αυξημένης δυσκολίας ανάφλεξης των αερίων καυσίμων, που απαιτεί υψηλότερη τάση ανάφλεξης (βλ. Ενότητα 9.5). Οι θερμοκρασίες καύσης για το LPG / CNG παρουσιάζουν μεγαλύτερη διακύμανση από ό,τι οι κινητήρες ντίζελ / βενζίνης, προκαλώντας έτσι μείωση της διάρκειας ζωής έως και 30%. Με την αναβάθμιση των μπουζί νικελίου με μπουζί Ιριδίου μεγαλύτερης διάρκειας ζωής με βελτιωμένη απόδοση ανάφλεξης, βελτιώνεται η απόδοση του κινητήρα και παρατείνονται τα διαστήματα αντικατάστασης των μπουζί.

### Τα πλεονεκτήματα της σύγχρονης τεχνολογίας των μπουζί

Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η βελτίωση της τεχνολογίας των μπουζί τα τελευταία χρόνια. Σε πολλά νεότερα οχήματα έχουν αρχικά τοποθετηθεί ως στάνταρ μπουζί ιριδίου που είναι πιο αποτελεσματικά σε σύγκριση με τα παλαιότερης σχεδίασης μπουζί. Αν και υπάρχουν ανταλλακτικά μπουζί με τις ίδιες προδιαγραφές, θα είναι ωφέλιμο να τοποθετήσετε ένα ανταλλακτικό μπουζί σύγχρονου σχεδιασμού (όπως το DENSO Iridium TT) που βελτιώνει την ανάφλεξη και την απόδοση του κινητήρα.

Το όφελος από την αναβάθμιση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον στάνταρ τύπο μπουζί. Κατά την αναβάθμιση από ένα μπουζί νικελίου σε ένα μπουζί ιριδίου, μπορεί να παρατηρήσετε αξιοσημείωτη διαφορά. Ωστόσο, κατά την αναβάθμιση από μπουζί ιριδίου σε ένα μπουζί SIP (όπως το DENSO Iridium TT), η διαφορά θα είναι μικρότερη.



Για να βρείτε το καλύτερο μπουζί Ιριδίου για την εφαρμογή LPG ή CNG, ελέγξτε τον ηλεκτρονικό κατάλογο της denso.

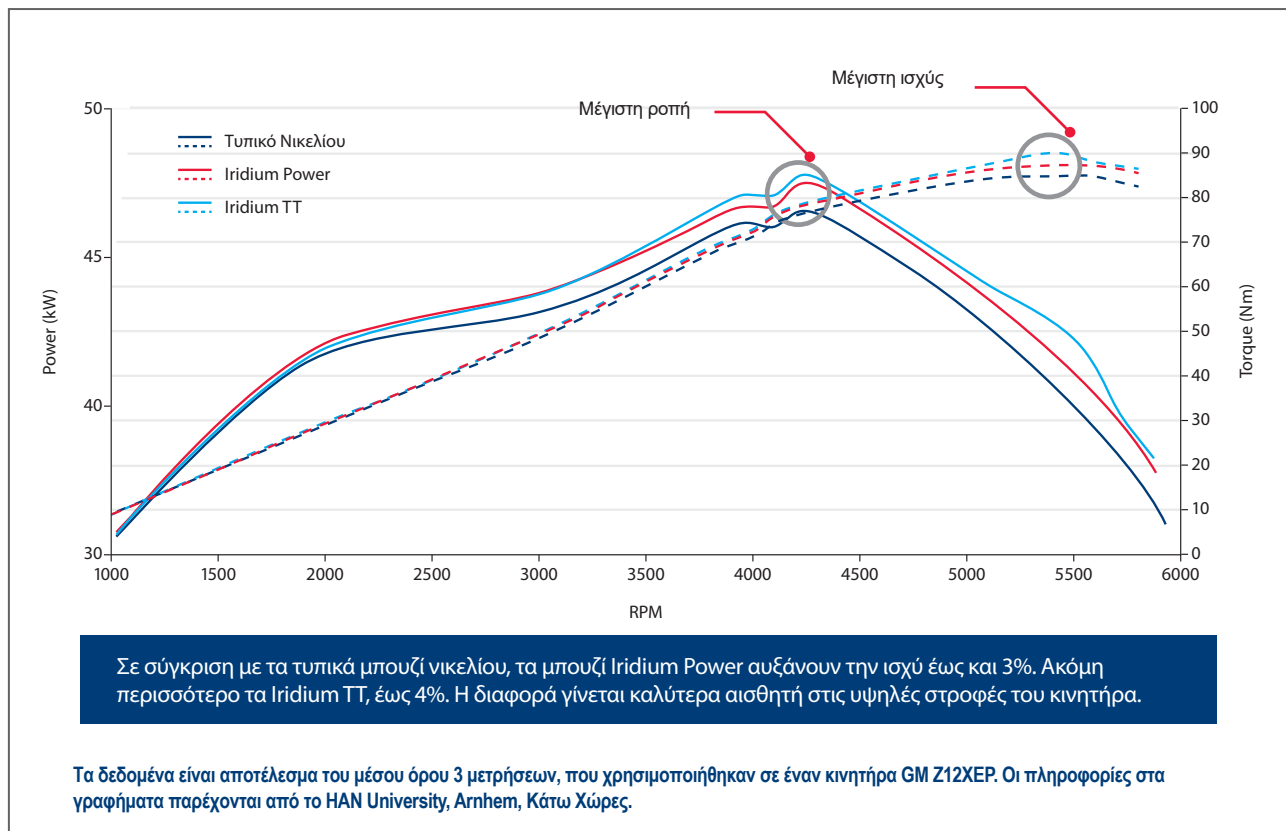
[denso-am.eu/e-catalogue](https://denso-am.eu/e-catalogue)

9.1. Γιατί να αναβαθμίσετε τα μπουζί;	56
9.2. Ισχύς εξόδου	57
9.3. Οικονομία καυσίμων και εκπομπές	58
9.4. Ομαλό ρελαντί, αστοχίες ανάφλεξης και εκκίνηση	59
9.5. Αυτοκίνητα με CNG και LPG	60
9.6. Συντονισμός και αγώνες	61

## 9.2. Έξοδος ισχύος

Η αναβάθμιση από τα μπουζί νικελίου στα μπουζί ιριδίου μπορεί να προσφέρει μετρήσιμες αυξήσεις στην ισχύ και τη ροπή του κινητήρα. Τα γραφήματα στην Εικ. 9.1 απεικονίζουν τις βελτιώσεις που μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση των μπουζί Iridium Power και Iridium TT σε σύγκριση με τα στάνταρ μπουζί τύπου νικελίου. Η χρήση των μπουζί Iridium Power οδήγησε σε αύξηση της ισχύος έως και 3%, με μπουζί Iridium TT παρουσιάζοντας αύξηση ισχύος έως 4%, η οποία είναι ιδιαίτερα αισθητή στις υψηλότερες στροφές του κινητήρα.

Τα μπουζί DENSO Iridium κάνουν χρήση λεπτότερων ηλεκτροδίων, με το Iridium TT να έχει ηλεκτρόδιο γείωσης διαμέτρου 0,7 mm και τα κεντρικά ηλεκτρόδια ακόμη πιο μικρά, στα 0,4 mm. Αυτά τα λεπτότερα ηλεκτρόδια παρέχουν μικρότερη κάλυψη στη φλόγα και έχουν σημαντικά μειωμένη επίδραση στη σβέση της φλόγας σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα ηλεκτρόδια νικελίου. Η φλόγα μπορεί επομένως να αναπτυχθεί πιο γρήγορα με μειωμένο κίνδυνο σβέσης, με αποτελεσματικότερη καύση περισσότερου καυσίμου, πιο αποδοτική καύση και περισσότερη ισχύ.

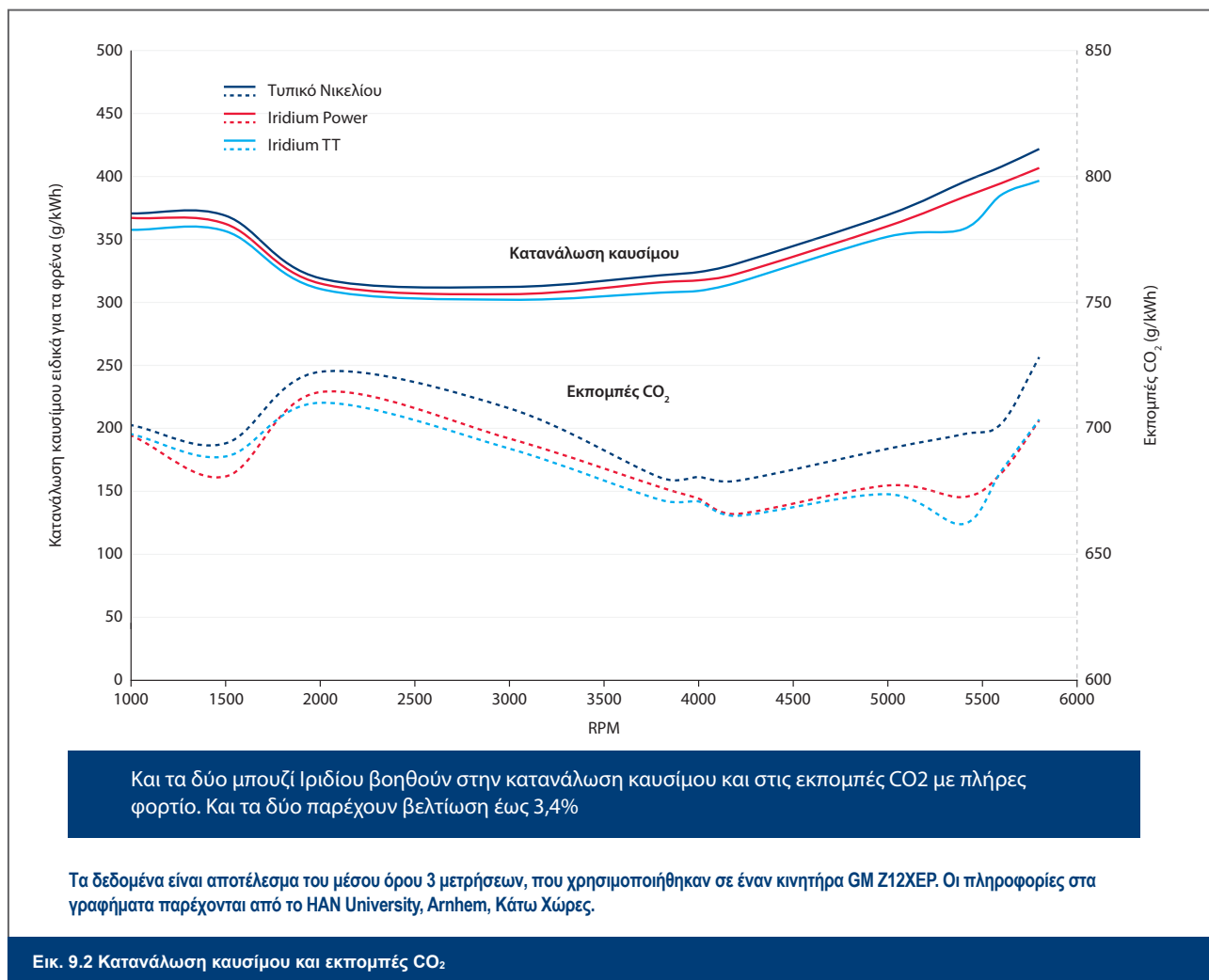


Εικ. 9.1 Ισχύς και ροπή

### 9.3. Οικονομία καυσίμου και εκπομπές ρύπων

Η αναβάθμιση από μπουζί νικελίου σε μπουζί ιριδίου μπορεί να επιτρέψει την αποτελεσματικότερη χρήση του καυσίμου κατά την επιτάχυνση και τις συνθήκες υψηλού φορτίου. Τα γραφήματα στην Εικόνα 9.2 συγκρίνουν και πάλι τα μπουζί Iridium Power και Iridium TT με τα μπουζί νικελίου. Τα γραφήματα δείχνουν τη βελτιωμένη κατανάλωση καυσίμου που επιτεύχθηκε για την ίδια ποσότητα ενέργειας που παράγεται από τον κινητήρα (kWh). Το αυτοκίνητο θα επιταχύνει πιο γρήγορα χρησιμοποιώντας την ίδια ποσότητα καυσίμου, επιτρέποντας την απελευθέρωση του γκαζιού λίγο νωρίτερα, εξοικονομώντας έτσι καύσιμα.

Αυτή η μειωμένη κατανάλωση καυσίμου που απαιτείται για την επίτευξη της ίδιας απόδοσης του οχήματος, έχει ως αποτέλεσμα μειωμένες εκπομπές CO<sub>2</sub>. Επειδή το καύσιμο καίγεται πιο αποτελεσματικά κατά τη διάρκεια της καύσης μέσα στον κινητήρα και όχι στα καυσαέρια, μειώνονται και άλλες επιβλαβείς εκπομπές.



## 9.4. Ομαλό ρελαντί, αστοχίες ανάφλεξης και εκκίνηση

### Προβλήματα στο ρελαντί

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν ισχύ. Ωστόσο, οι κινητήρες μπορούν να περάσουν μεγάλο χρονικό διάστημα στο ρελαντί και να μην αποδώσουν ισχύ στους τροχούς. Για να διατηρηθεί η οικονομία καυσίμου και οι χαμηλές εκπομπές κατά τη διάρκεια του ρελαντί, οι στροφές στο ρελαντί έχουν ρυθμιστεί σε χαμηλό επίπεδο. Αλλά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας στο ρελαντί, υπάρχει πολύ λίγος αέρας και καύσιμο μέσα στο θάλαμο καύσης και ο στροβιλισμός είναι επίσης χαμηλός. Η μικρή ποσότητα μίγματος αέρα / καυσίμου και ο χαμηλός στροβιλισμός καθιστούν δύσκολη την ανάφλεξη του μίγματος, γεγονός που συχνά προκαλεί αστοχίες ανάφλεξης, με αποτέλεσμα το ρελαντί του κινητήρα να μην είναι ομαλό.

**Ορισμένοι κατασκευαστές κινητήρων αποδέχονται ένα ποσοστό αστοχιών ανάφλεξης έως το 30% (ειδικά με 4 ή περισσότερους κυλίνδρους) κατά τη διάρκεια της λειτουργίας στο ρελαντί, εάν αυτό επέτρεπε χαμηλότερη ταχύτητα ρελαντί. Η χαμηλότερη ταχύτητα στο ρελαντί έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες εκπομπές σε σχέση το ταχύτερο ρελαντί χωρίς αστοχίες ανάφλεξης.**

Με την αναβάθμιση με ένα μπουζί υψηλότερης απόδοσης όπως το Iridium TT, η καλύτερη ανάφλεξη λόγω μικρότερων ηλεκτροδίων μειώνει την πιθανότητα αστοχιών ανάφλεξης, η οποία με τη σειρά της βοηθάει τον κινητήρα να λειτουργεί πιο ομαλά όταν λειτουργεί στο ρελαντί. Με λιγότερες αστοχίες ανάφλεξης και με πιο ομαλή λειτουργία του κινητήρα, σπαταλάται λιγότερο καύσιμο στην εξάτμιση, που σημαίνει ότι λιγότερα καύσιμα περνούν μέσα στα καυσάερα, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα. Ο κινητήρας που λειτουργεί με μεγαλύτερη ομαλότητα επιτρέπει επίσης τη μείωση των στροφών στο ρελαντί, μειώνοντας περαιτέρω την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων.

**Οι μεγάλες διαφορές στο βελτιωμένο ρελαντί μπορούν να παρατηρηθούν με κινητήρες με 1, 2 ή 3 κυλίνδρους, ειδικότερα μοτοσυκλέτες με ρύθμιση V2.**

### Προβλήματα εκκίνησης

Τα ίδια προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την διάρκεια λειτουργίας στο ρελαντί μπορεί επίσης να προκύψουν κατά την εκκίνηση του κινητήρα, λόγω της πολύ χαμηλής ταχύτητας εκκίνησης του κινητήρα. Υπάρχει ακόμη λιγότερο μίγμα αέρα / καυσίμου στο θάλαμο καύσης κατά την εκκίνηση, όλες οι επιφάνειες είναι ακόμα πολύ κρύες και υπάρχει πολύ χαμηλή ροή αέρα με περιορισμένο στροβιλισμό, γεγονός που καθιστά και πάλι δυσκολότερη την ανάφλεξη. Παρουσιάζεται όμως ένα πρόσθετο πρόβλημα επειδή η τάση της μπαταρίας πέφτει κατά τη διάρκεια της εκκίνησης, γεγονός που μπορεί να μειώσει την ικανότητα του πολλαπλασιαστή να παράγει την απαιτούμενη τάση ανάφλεξης και ενέργεια. Αυτό το πρόβλημα είναι πιο αισθητό σε παλαιότερου σχεδιασμού συστήματα ανάφλεξης που δεν μπορούν να αυξήσουν την περίοδο παραμονής για την αντιστάθμιση της μειωμένης τάσης της μπαταρίας. Αλλά ακόμα και σε σύγχρονα συστήματα ανάφλεξης, εάν ο κινητήρας είναι αργός για να ξεκινήσει και κατά συνέπεια συνεχίζει να μειώνει την τάση της μπαταρίας, ή εάν η τάση της μπαταρίας είναι ήδη χαμηλή πριν από την εκκίνηση, η ικανότητα του συστήματος ανάφλεξης να παράσχει έναν καλό σπινθήρα θα μειωθεί και αυτή.

Μερικά από τα μπουζί Iridium Power με κατώτατο εύρος θερμότητας παρέχονται με διάκενο 1,1 mm ως στάνταρ. Για ορισμένες μοτοσυκλέτες (ειδικά παλαιότερες), τα συστήματα ανάφλεξης ενδέχεται να μην είναι σε θέση να παρέχουν επαρκή τάση για να δημιουργήσουν σπινθήρα σε τόσο μεγάλο διάκενο (ειδικά κατά την εκκίνηση). Σε αυτές τις εξαιρετικές περιπτώσεις, το διάκενο μπορεί να μειωθεί στα 0,8 mm. Προσέξτε ιδιαίτερα όταν αλλάζετε το διάκενο στα μπουζί με ηλεκτρόδια ιριδίου, χρησιμοποιείτε πάντοτε τα κατάλληλα ειδικά εργαλεία για την αποφυγή βλάβης του λεπτού κεντρικού ηλεκτροδίου.

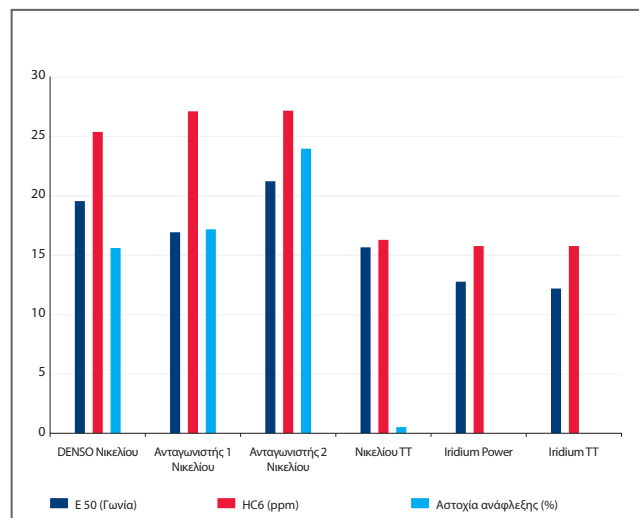
Η εκκίνηση μπορεί να βελτιωθεί με την τοποθέτηση ενός αναβαθμισμένου μπουζί όπως τα μπουζί DENSO Iridium που απαιτούν λιγότερη τάση και παρέχουν βελτιωμένη απόδοση ανάφλεξης.

**Η βελτιωμένη απόδοση ανάφλεξης στο ρελαντί** Εικ. 9.3 δείχνει τα αποτελέσματα των δοκιμών σε στροφές ρελαντί με σύγκριση των μπουζί νικελίου που παράγονται από την DENSO και δύο από τους ανταγωνιστές της, μαζί με μια σύγκριση με τα μπουζί DENSO Nickel TT, Iridium Power και Iridium TT.

Τα αποτελέσματα αρχικά δείχνουν τη γωνία μετά το ANΣ όταν έχει καεί το 50% του καυσίμου (γωνία E50). Για το μπουζί ενός ανταγωνιστή, 50% της καύσης του καυσίμου λαμβάνει χώρα περισσότερο από 20° μετά το ANΣ, πράγμα που σημαίνει ότι το έμβολο έχει ήδη διανύσει μια σημαντική απόσταση κάτω στον κύλινδρο. Συνεπώς, η διαστολή των αερίων και η αύξηση της πίεσης που προκαλείται από την καύση δεν δημιουργούν το μέγιστο αποτέλεσμα στο έμβολο.

Ωστόσο, με το μπουζί DENSO Iridium TT, το 50% της καύσης του καυσίμου επιτυγχάνεται σε περίπου 12° μετά το ANΣ, πράγμα που σημαίνει ότι το έμβολο είναι πιο κοντά στο ANΣ και η αύξηση της πίεσης έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στην ώθηση του εμβόλου στον κύλινδρο. Στην πραγματικότητα, η χρήση ενός μπουζί Iridium TT καθιστά δυνατή την αποτελεσματικότερη χρήση της καύσης, βελτιώνοντας έτσι την ομαλότητα του ρελαντί και εξασφαλίζοντας πολύ πιο βελτιωμένη εκκίνηση.

Οι πίνακες δείχνουν επίσης μείωση των εκπομπών υδρογονανθράκων (HC) που παράγονται κατά την καύση (HC6) όταν χρησιμοποιείται το μπουζί DENSO Nickel TT. Αλλά τα επίπεδα HC μειώνονται ακόμη περισσότερο όταν χρησιμοποιούνται μπουζί DENSO Iridium. Αυτή η μείωση της εκπομπής HC επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό εξαιτίας της μείωσης του ποσοστού των αστοχιών ανάφλεξης (επί τοις % αστοχίες ανάφλεξης) που μειώνονται από σχεδόν 25% για ένα μπουζί του ανταγωνισμού σχεδόν στο μηδέν όταν χρησιμοποιούνται τα μπουζί DENSO Nickel TT. Όταν όμως χρησιμοποιούνται τα μπουζί Iridium Power ή Iridium TT, οι αστοχίες ανάφλεξης εξαλείφονται εντελώς.



**Τα δεδομένα είναι αποτέλεσμα του μέσου όρου 3 μετρήσεων, που χρησιμοποιήθηκαν σε έναν κινητήρα GM Z12XEP. Οι πληροφορίες στα γραφήματα παρέχονται από το HAN University, Arnhem, Κάτω Χώρες.**

Εικ. 9.3 Απόδοση μπουζί στο ρελαντί

### 9.5. Αυτοκίνητα μετατροπής για λειτουργία με LPG και CNG

Η ανάφλεξη του μείγματος αέρα / καυσίμου στο υγραέριο (LPG) και το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) είναι ακόμη πιο δύσκολη από ό,τι στους κινητήρες που λειτουργούν με ντίζελ / βενζίνη. Η αυξημένη δυσκολία οφείλεται στο γεγονός ότι το LPG και το CNG ψεκάζονται ως αέρια ενώ το ντίζελ / βενζίνη ψεκάζονται σε υγρή μορφή. Τα αέρια απαιτούν υψηλότερη τάση ιονισμού για να δημιουργήσουν στον σπινθήρα από ότι τα υγρά. Το αέριο καταλαμβάνει επίσης περισσότερο χώρο από ένα υγρό, οπότε υπάρχει λιγότερος χώρος για καθαρό αέρα μέσα στο θάλαμο καύσης. Αυτό μειώνει την ποσότητα μορίων αέρα / καυσίμου γύρω από τα ηλεκτρόδια. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα αστοχιών ανάφλεξης.

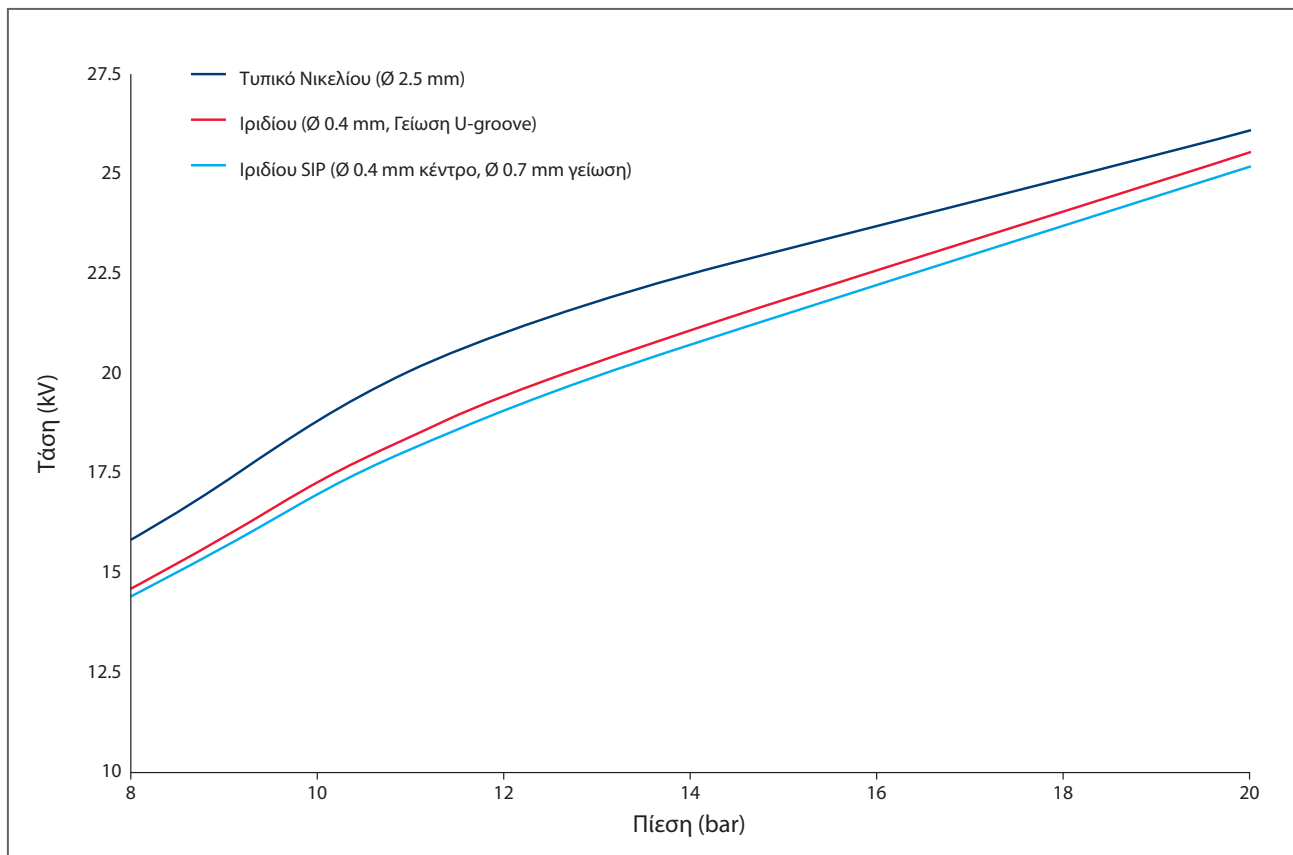
Η απαίτηση υψηλότερης τάσης για ανάφλεξη του LPG / CNG απαιτεί υψηλότερο φορτίο στο πηνίο ανάφλεξης και στο μπουζί. Επομένως, σε πολλές περιπτώσεις, επιλέγεται ένα μπουζί με μικρότερο διάκενο για να μειωθεί η απαίτηση τάσης, αλλά το μικρότερο διάκενο στη συνέχεια μειώνει την απόδοση ανάφλεξης. Μια εναλλακτική μέθοδος μείωσης των φορτίων στα πηνία και τα μπουζί είναι η χρήση μπουζί με λεπτά ηλεκτρόδια όπως η σειρά DENSO των μπουζί ιριδίου που απαιτούν χαμηλότερες τάσεις και συνεπώς επιτρέπουν τη διατήρηση μεγαλύτερων διακενών.

**Σε ορισμένες εφαρμογές, όπως οι υπερτροφοδοτούμενοι κινητήρες, μπορεί να χρειαστεί να μειωθεί το διάκενο στα 0,8 mm.**

Το LPG και το CNG καίγονται σε υψηλότερη θερμοκρασία από το ντίζελ / βενζίνη, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες αλλαγές στη θερμοκρασία των ηλεκτροδίων κατά τη διάρκεια των διαφόρων κύκλων του κινητήρα. Αυτές οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις θερμοκρασίας μειώνουν τη διάρκεια ζωής ενός μπουζί κατά περίπου 20-30%. Η αναβάθμιση των μπουζί για μακράς διάρκειας μπουζί ιριδίου θα βελτιώσει τη διάρκεια ζωής του μπουζί, μειώνοντας έτσι το συνολικό κόστος.

Για να βρείτε το καλύτερο μπουζί Iridium για το LPG ή CNG, ελέγξτε τον ηλεκτρονικό κατάλογο της DENSO.

[denso-am.eu/e-catalogue](https://denso-am.eu/e-catalogue)



Εικ. 9.4 Απαιτούμενη τάση ανά τύπο μπουζί

## 9.6. Συντονισμός και αγώνες

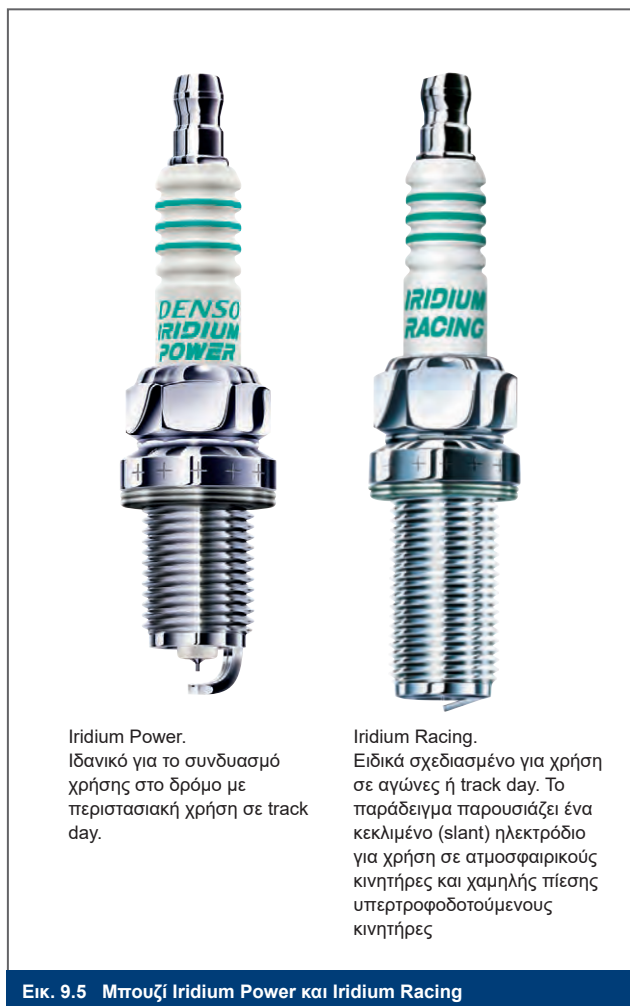
Όταν ένας κινητήρας βελτιώνεται/ρυθμίζεται για να παράγει την καλύτερη δυνατή ισχύ, θα θέλετε ένα μπουζί που ταιριάζει με την απόδοση του κινητήρα (βλ. Ενότητες 8.3 και 8.4). Για την επιλογή του σωστού μπουζί, πρέπει να εξεταστούν ορισμένοι τομείς.

Ως σημείο εκκίνησης, οι μετρήσεις του μπουζί πρέπει να ταιριάζουν με την κυλινδροκεφαλή και στις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς το εργοστασιακό μπουζί του κινητήρα.

### Τύπος μπουζί

Τα αναβαθμισμένα μπουζί, όπως τα DENSO Iridium Power, παρέχουν πολύ καλή απόδοση σε όλες τις περιπτώσεις. Αυξάνουν την αναφλεξιμότητα και παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιούνται σε οποιαδήποτε εφαρμογή. Στις περισσότερες περιπτώσεις το DENSO Iridium Power είναι το ιδανικό μπουζί, ειδικά όταν ένα αυτοκίνητο ή μοτοσυκλέτα χρησιμοποιείται στο δρόμο ή έχει χρησιμοποιηθεί για μια περιστασιακή track day.

Όταν ένας κινητήρας είναι εξαιρετικά βελτιωμένος/ρυθμισμένος για χρήση μόνο στην πίστα, ειδικά αγωνιστικά μπουζί όπως το DENSO Iridium Racing μπορούν να αποτελέσουν καλύτερη λύση. Τα μπουζί Racing είναι κατασκευασμένα από ακόμα πιο σκληρά υλικά, αντέχουν τις αιχμές υψηλής πίεσης στο εσωτερικό του κινητήρα. Είναι εξοπλισμένα με κεντρικό ηλεκτρόδιο ιριδίου και ηλεκτρόδια γείωσης πλατινίας για την πιο αξιόπιστη ανάφλεξη στην αγορά.



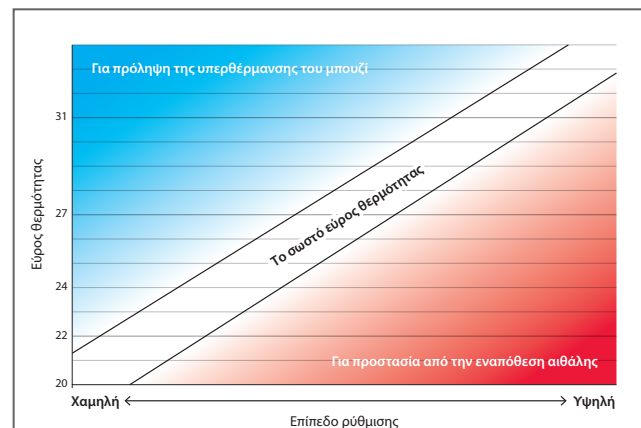
Εικ. 9.5 Μπουζί Iridium Power και Iridium Racing

Τα μπουζί Iridium Racing παρέχονται σε δύο τύπους: τύπου «slant» με ηλεκτρόδιο με κλίση και επίπεδα (Εικ. 9.5). Ο τύπος μπουζί «slant» έχει ένα κεκλιμένο ηλεκτρόδιο γείωσης, το οποίο χρησιμοποιείται σε ατμοσφαιρικούς κινητήρες και υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες με πιέσεις ώθησης μέχρι 1,3 bar (19 psi).

Το αγωνιστικό μπουζί επιπέδου τύπου, με επίπεδο ηλεκτρόδιο γείωσης, έχει σχεδιαστεί για χρήση σε ακόμη υψηλότερες πιέσεις ώθησης και για κινητήρες εφοδιασμένους με σύστημα αξειδίου του αζώτου.

### Εύρος θερμότητας

Ένας κινητήρας με μεγαλύτερη έξοδο ισχύος σημαίνει στη συνέχεια υψηλότερες θερμοκρασίες μέσα στον θάλαμο καύσης. Ως αποτέλεσμα, πρέπει να γίνει η ανάλογη επιλογή του εύρους θερμότητας, επειδή οι κινητήρες υψηλότερης ισχύος απαιτούν υψηλότερο εύρος θερμότητας (Εικ. 9.6). Ο τρόπος με τον οποίο οδηγείται ένα όχημα είναι επίσης σημαντικός επειδή οι κινητήρες στα οχήματα που κυκλοφορούν στο δρόμο δεν φθάνουν στις ίδιες θερμοκρασίες με τα οχήματα που χρησιμοποιούνται στην πίστα. Συνεπώς, για τη χρήση στο οδικό δίκτυο, ένας κινητήρας μπορεί να απαιτεί χαμηλότερο εύρος θερμότητας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα ελαφρώς χαμηλότερο εύρος θερμότητας μπορεί να είναι απαραίτητο κατά τη διάρκεια του χειμώνα για καλύτερες ψυχρές εκκινήσεις.



Εικ. 9.6 Απαιτήσεις εύρους θερμότητας

Εάν χρειάζεστε βοήθεια για την επιλογή των σωστών μπουζί για ένα συγκεκριμένο όχημα, οι μηχανικοί της DENSO θα χαρούν να σας βοηθήσουν. Θα βρείτε περισσότερες πληροφορίες στην ιστοσελίδα: [denso-am.eu/products/automotive-aftermarket/ignition/spark-plugs](https://denso-am.eu/products/automotive-aftermarket/ignition/spark-plugs)

Ή επικοινωνήστε με τους μηχανικούς της DENSO χρησιμοποιώντας την ακόλουθη διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου: [marketing@denso.nl](mailto:marketing@denso.nl)



# 10. ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ, ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

## 10.1. Συχνές ερωτήσεις

### Πώς μπορώ να επιλέξω το σωστό μπουζί;

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως οι διαστάσεις, η προεξοχή και το εύρος θερμότητας. Ο ευκολότερος τρόπος για την επιλογή του σωστού μπουζί είναι μέσω του ηλεκτρονικού καταλόγου της DENSO, (Εικ. 10.1 και 10.2). Εδώ μπορείτε να βρείτε τα εξαρτήματα της DENSO με βάση τη μάρκα και το μοντέλο ή με παραπομπές.

### Ποιο μπουζί πρέπει να χρησιμοποιήσω για το LPG;

Οι κινητήρες LPG και CNG απαιτούν υψηλότερη απόδοση από τα μπουζί σε σχέση με τους κινητήρες νίζελ. Η σειρά TT προσφέρει μια αναβάθμιση προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του LPG/CNG. Για περισσότερες πληροφορίες, ανατρέξτε στο κεφάλαιο 9 ενότητα 9.4.

### Πρέπει να αλλάξω το διάκενο του ηλεκτροδίου;

Τα μπουζί της DENSO κατασκευάζονται με ένα προκαθορισμένο διάκενο.

Με τα μπουζί νικελίου, ειδικά όταν πρόκειται για μοτοσυκλέτες, το διάκενο μπορεί να χρειαστεί ρύθμιση. Χρησιμοποιείτε πάντα ένα ειδικό εργαλείο διάνωσης του μπουζί για να αλλάξετε το διάκενο. Μην αλλάζετε το διάκενο στα μπουζί με πλατίνα, ιρίδιο ή τα μπουζί διπλής ακίδας, καθώς τα λεπτά ηλεκτρόδια ενδέχεται να υποστούν ζημιά.

### Τι είναι η προ-ανάφλεξη;

Η προ-ανάφλεξη, ή αυτανάφλεξη, συμβαίνει όταν το μίγμα αέρα / καυσίμου αναφλέγεται πριν εμφανιστεί ο χρονισμένος σπινθήρας. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω μιας θερμής επιφάνειας στο θάλαμο καύσης. Προ-ανάφλεξη μπορεί να προκληθεί από:

- (1) Υπερθέρμανση του άκρου του μπουζί (είναι επιλεγμένο λανθασμένο εύρος θερμότητας).
- (2) Τη βαλβίδα εξαγωγής, εάν δεν ψύχεται επαρκώς.
- (3) Εναποθέσεις άνθρακα (αιθάλη) που αναφλέγονται από προηγούμενο κύκλο καύσης.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την προ-ανάφλεξη, ανατρέξτε στην ενότητα 5.3.

### Τι είναι η κρουστική καύση του κινητήρα (εκτόνωση);

Η κρουστική καύση του κινητήρα είναι συχνά αποτέλεσμα προ-ανάφλεξης. Αντί της βαθμιαίας καύσης, το μίγμα αέρα / καυσίμου εκρήγνυται ανεξέλεγκτα. Ο κτύπος (πειράκια) του κινητήρα μπορεί να είναι καθοριστικός για το μπουζί και μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στον κινητήρα.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την κρουστική καύση του κινητήρα, ανατρέξτε στην ενότητα 5.3.



Για να βρείτε το καλύτερο μπουζί για το αυτοκίνητό σας, χρησιμοποιήστε τον ηλεκτρονικό κατάλογο της DENSO (Εικ. 10.1 και 10.2) στη διεύθυνση:

[denso-am.eu/e-catalogue](https://denso-am.eu/e-catalogue)

The screenshot shows the DENSO website's search interface. At the top, there are navigation menus for PRODUCTS, SERVICES, E-CATALOGUE, WHERE TO BUY, NEWS & EVENTS, ABOUT US, and SITEMAP. A search bar is present with a magnifying glass icon and a dropdown menu for the country (UK). Below the navigation, there are three main search options: 'SELECT VEHICLE TYPE' with icons for car, van, and motorcycle; 'SEARCH BY VEHICLE' with a 'REG NUMBER' field and a 'Search' button; and 'FIND YOUR PRODUCT' with an 'Article number' field and a 'Search' button. Below these, there are two 'or' options: 'Find your vehicle' with dropdowns for 'Select a make', 'Select a model', and 'Select a year'; and 'Search by product' with dropdowns for 'Spark Plugs', 'TOYOTA', 'AYGO (05-)', '1.0 (KGB10\_)', and '2009'. To the right, a silver car is displayed.

Εικ. 10.1 Επιλογή οχημάτων ηλεκτρονικού καταλόγου DENSO

### Spark Plugs

kW	Engine Codes	Notes	Application years	Part number	TT	Iridium LPG/CNG	Qty of Fit
50	1KR-FE		07/05-05/11	+ K16HR-U11	+ KH16TT	+ IKH16TT	3

Εικ. 10.2 Αποτελέσματα αναζήτησης ηλεκτρονικού καταλόγου DENSO για μπουζί



**Πόσο συχνά πρέπει να αλλάζω τα μπουζί;**

Συνήθως, το διάστημα αντικατάστασης δηλώνεται από τον κατασκευαστή του οχήματος. Τα μπουζί DENSO ακολουθούν τα ίδια διαστήματα.

Όταν αναβαθμίζονται τα μπουζί, το διάστημα μπορεί να αλλάξει.

Η οδήγηση με LPG ή CNG θα μειώσει τη διάρκεια ζωής ενός μπουζί κατά 25-30%. Συνιστάται να ελέγχετε συχνά την κατάσταση των μπουζί και να τα αλλάζετε αν λερώνονται με αιθάλη.

**Πρέπει να βάλω γράσο στο σπείρωμα του μπουζί;**

Αν ένα λιπαντικό σπείρωματος όπως το γράσο επικαλύψει το σπείρωμα, η σύσφιξη του μπουζί αυξάνεται όταν εφαρμόζεται η ίδια ροπή σύσφιξης, αυτό μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο μπουζί. Στη συνέχεια, οι κραδασμοί ενδέχεται να προκαλέσουν χαλάρωση του μπουζί. Εξαιτίας αυτού, η DENSO συνιστά να μην γίνεται χρήση λιπαντικού σπείρωματος.

Μόνο σε μερικές εξαιρετικές περιπτώσεις (όπως με ορισμένα περονοφόρα ανυψωτικά οχήματα με LPG) μπορεί να απαιτείται μικρή ποσότητα γράσου. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το παρεχόμενο μπουζί διαθέτει ήδη λιπαντικό (βλ. Ενότητα 10.2).

**Ποια είναι η διαφορά μεταξύ πλευρικών ηλεκτροδίων και ηλεκτροδίων πολλαπλής γείωσης;**

Με τους κινητήρες άμεσου ψεκασμού, το μείγμα αέρα/ καυσίμου κοντά στο μπουζί μπορεί να είναι τοπικά πολύ πλούσιο, πράγμα που μπορεί να προκαλέσει ρύπανση από άνθρακα στην κεραμική μόνωση. Ο άνθρακας μπορεί να μεταφέρει την ενέργεια από τον σπινθήρα κατά μήκος του μονωτήρα στο περίβλημα (Εικ. 10.3α), με αποτέλεσμα να προκληθεί αστοχία ανάφλεξης.

Με την προσθήκη πλευρικών ηλεκτροδίων (Εικ. 10.3β), ο σπινθήρας οδηγείται μακριά από τον μονωτήρα πάνω στο πλαϊνό ηλεκτρόδιο, αποτρέποντας την αστοχία ανάφλεξης. Όταν η καύση ξεκινά κοντά στα πλευρικά ηλεκτρόδια, η θερμότητα που παράγεται καίει τα υπολείμματα άνθρακα (αιθάλη). Κατά τη διάρκεια του επόμενου κύκλου, ο μονωτήρας είναι καθαρός και ο σπινθήρας θα σχηματιστεί ανάμεσα στο κεντρικό και το κεντρικό ηλεκτρόδιο γείωσης.

**Πόση αύξηση της απόδοσης μπορώ να αναμένω μετά την αναβάθμιση των μπουζί μου;**

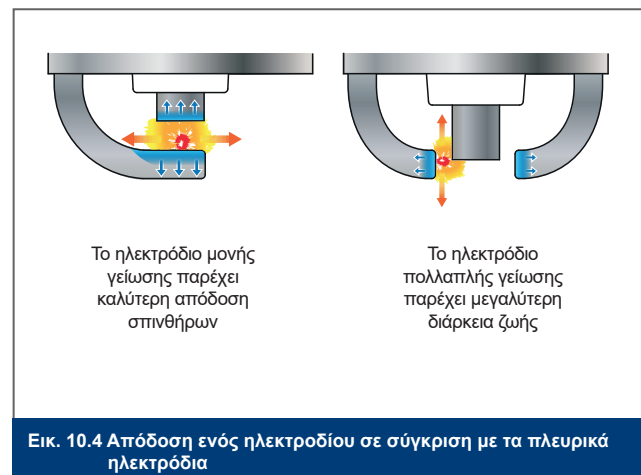
Κατά την αναβάθμιση με μπουζί Ιριδίου TT ή Ιριδίου Power, μετρήθηκαν βελτιώσεις εξόδου ισχύος έως και 5%. Ωστόσο, αυτό εξαρτάται από τον κινητήρα. Οι σύγχρονοι κινητήρες είναι συχνά εξοπλισμένοι με μπουζί υψηλής απόδοσης, οπότε η διαφορά δεν είναι τόσο μεγάλη. Οι βασικές βελτιώσεις της απόδοσης είναι γενικά η καλύτερη εκκίνηση και η ομαλότερη λειτουργία του κινητήρα. Δείτε το κεφάλαιο 9 για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την αναβάθμιση του μπουζί.

**Μπορώ να αντικαταστήσω ένα μπουζί πολλαπλής γείωσης με μπουζί με μονή γείωση;**

Ένα ηλεκτρόδιο πολλαπλής γείωσης προτιμάται από ορισμένους κατασκευαστές κινητήρων και οχημάτων λόγω της παρατεταμένης διάρκειας ζωής των επιπρόσθετων ηλεκτροδίων γείωσης (Εικ. 10.4). Είναι μια πολύ αποδοτική λύση για επέκταση του διαστήματος αντικατάστασης του μπουζί χωρίς χρήση πολυτίμων μετάλλων.

Οι μπουζί πολλαπλής γείωσης έχουν βελτιστοποιηθεί για μεγάλη διάρκεια ζωής παρά για απόδοση. Η αντικατάσταση ενός μπουζί πολλαπλής γείωσης με ένα μπουζί με ένα μόνο ηλεκτρόδιο γείωσης θα βελτιώσει την απόδοση, αρκεί να λάβετε υπόψη τη μικρότερη διάρκεια ζωής του μπουζί με μονό ηλεκτρόδιο γείωσης.

Εάν αναβαθμίσετε ένα μπουζί με πολλαπλή γείωση σε ένα μπουζί ιριδίου μεγάλης διάρκειας ζωής, όπως το DENSO Iridium TT, η διάρκεια ζωής θα είναι ακόμη μεγαλύτερη από τον μπουζί πολλαπλής γείωσης. Ταυτόχρονα, θα έχει ως αποτέλεσμα βελτιωμένη απόδοση.



## 10.2. Σωστή εγκατάσταση των μπουζι

### Αφαίρεση των παλιών μπουζι

Για τα συστήματα ανάφλεξης που διαθέτουν μπουζοκαλώδια που συνδέονται με τα μπουζι, τα καλώδια πρέπει καλύτερα να αποσυνδεθούν από το μπουζι τραβώντας το μονωτικό (μπουζόπιπτα) που καλύπτει το άκρο του μπουζι αντί να τραβήξετε το λεπτότερο τμήμα του καλωδίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπου το μπουζι είναι βυθισμένο μέσα στην κυλινδροκεφαλή μπορεί να απαιτείται ένα εργαλείο αφαίρεσης του μπουζι. Ελέγξτε επίσης την κατάσταση των μπουζοκαλωδίων για ρωγμές, σπασίματα ή ρύπανση που θα μπορούσαν να προκαλέσουν διαρροή υψηλής τάσης από το μπουζι και αντικαταστήστε τα αν δεν είναι σε καλή κατάσταση.

Εάν οι πολλαπλασιαστές βρίσκονται απευθείας πάνω στο μπουζι, ανατρέξτε σε τυχόν ειδικές οδηγίες αφαίρεσης που ενδέχεται να εφαρμόζονται για το συγκεκριμένο όχημα.

Πριν αφαιρέσετε το παλιό μπουζι, βεβαιωθείτε ότι έχει αφαιρεθεί το λάδι, η άμμος και οποιοσδήποτε άλλος ρύπος από το εξωτερικό του μπουζι, ώστε να μην μπορεί να εισέλθει στο εσωτερικό του κινητήρα όταν αφαιρεθεί το μπουζι. Αφαιρέστε το παλιό μπουζι χρησιμοποιώντας ένα μπουζόκλειδο ή ένα καρυδάκι στο σωστό μέγεθος για το μπουζι.

### Εγκατάσταση, ροπή σύσφιξης ή γωνία

Τα περισσότερα μπουζι για τους σύγχρονους κινητήρες παρέχονται με ήδη ρυθμισμένο διάκενο. Ωστόσο, εάν απαιτείται ρύθμιση του διακένου, χρησιμοποιήστε ένα ειδικό εργαλείο ρύθμισης διακένου μπουζι. Να είστε ιδιαίτερα προσεκτικοί κατά τη διάνοιξη του διακένου των μπουζι πλατίνας ή του ιριδίου, τα ηλεκτρόδια καταστρέφονται εύκολα.

Βεβαιωθείτε ότι το νέο μπουζι είναι σωστά ευθυγραμμισμένο με την οπή όπου υπάρχει το σπείρωμα και σφίξτε με το χέρι μέχρι να εφαρμόσει πλήρως.

Στην ιδανική περίπτωση, χρησιμοποιήστε ένα ροπόκλειδο και το σωστό καρυδάκι για να σφίξετε το μπουζι με τη συνιστώμενη ροπή (όπως υποδεικνύεται στον πίνακα ροπής στην Εικ. 10.5). Εάν δεν είναι διαθέσιμο ένα ροπόκλειδο, χρησιμοποιήστε τη συνιστώμενη γωνία σύσφιξης.

Είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιήσετε τη σωστή ροπή σύσφιξης κατά την εγκατάσταση των μπουζι. Σε περίπτωση ανεπαρκούς ροπής, μπορεί να παρουσιαστούν διαρροές προκαλώντας απώλεια πίεσης από το θάλαμο καύσης, ειδικά κατά τις φάσεις συμπίεσης και ανάφλεξης / καύσης. Εάν εφαρμοστεί υπερβολική ροπή, το περιβλήμα θα τεντωθεί, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τη διάχυση της θερμότητας ή τη μηχανική καταπόνηση στο εσωτερικό του μπουζι και μπορεί ακόμη και να προκαλέσει σπάσιμο του κεραμικού μονωτήρα.

Ένας κατεστραμμένος ή σπασμένος μονωτήρας θα έχει ως αποτέλεσμα τη διαρροή του σπινθήρα ή θα επηρεαστούν οι θερμικές ιδιότητες του μπουζι, κάτι που μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση, προ-ανάφλεξη και σε ορισμένες περιπτώσεις βλάβη στον κινητήρα.

Επανασυνδέστε τους πολλαπλασιαστές ή τα μπουζοκαλώδια, διασφαλίζοντας ότι τοποθετούνται σωστά.

Το DENSO δεν συνιστά τη χρήση οποιουδήποτε τύπου λιπαντικού σπειρώματος. Αν το σπείρωμα επικαλυφθεί με ένα λιπαντικό γράσο, η σύσφιξη με τη συνιστώμενη ροπή στρέψης μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική σύσφιξη και μπορεί να προκαλέσει διαρροή από την τσιμούχα. Μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις είναι απαραίτητο το λιπαντικό, σε αυτές τις περιπτώσεις το μπουζι DENSO θα έχει προβλέψει να υπάρχει λιπαντικό στο κουτί, έτοιμο για χρήση.

Η εγγύηση του μπουζι είναι άκυρη όταν εφαρμόζεται λανθασμένη ροπή σύσφιξης.

Μέγεθος σπειρώματος	Τύποι εφαρμογών	Συνιστώμενη ροπή σύσφιξης	Συνιστώμενη γωνία	
			Καινούργιο μπουζι	Χρησιμοποιημένο μπουζι
M8	Όλοι οι τύποι	8 – 10 Nm	1 στροφή	1/12 στροφής
M10	Διαφορετικοί τύποι από τους παρακάτω	10 – 15 Nm	1/3 στροφής	1/12 στροφής
M10	UFE, IUH, VUH, VNH	10 – 15 Nm	2/3 στροφής	1/12 στροφής
M10	Ανοξειδωτη φλάντζα (άκρο σχήματος «S»)	10 – 15 Nm	3/4 στροφής	1/12 στροφής
M12	Όλοι οι τύποι	15 – 20 Nm	1/3 στροφής	1/12 στροφής
M14	Όλοι οι τύποι διαφορετικοί από τους παρακάτω	20 – 30 Nm	1/2 στροφής	1/12 στροφής
M14	Ανοξειδωτη φλάντζα (άκρο σχήματος «S» ή «G»)	20 – 30 Nm	2/3 στροφής	1/12 στροφής
M14	Όλοι οι τύποι με κωνική υποδοχή	20 – 30 Nm	1/16 στροφής	1/16 στροφής
M18	Όλοι οι τύποι	30 – 40 Nm	1/4 στροφής	1/12 στροφής

Εικ. 10.5 Ροπή και γωνίες σύσφιξης μπουζι

**ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ απαγορευμένη χρήση**

- > Ποτέ μην χρησιμοποιείτε μπουζι DENSO στους κινητήρες οποιουδήποτε αεροσκάφους, συμπεριλαμβανομένων των αεροπλάνων, των ελικοπτερίων, των ανεμόπτερων και των αεροσκαφών. Τα μπουζι DENSO που πωλούνται δεν σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για κανένα αεροσκάφος: η χρήση μπορεί να οδηγήσει σε αεροπορικό δυστύχημα ή άλλα ατυχήματα λόγω δυσλειτουργίας του κινητήρα.
- > Ποτέ μην χρησιμοποιείτε τα μπουζι DENSO, που αναφέρονται στον κατάλογο αυτό, στους κινητήρες για γεννήτριες και σύστημα κλιματισμού με αντλία θερμότητας. Τα μπουζι DENSO που πωλούνται από εμάς δεν σχεδιάζονται ούτε κατασκευάζονται για τέτοια χρήση. Μια τέτοια χρήση μπορεί να οδηγήσει σε ατυχήματα, συμπεριλαμβανομένης της διακοπής της παραγωγής ενέργειας ή της διακοπής παραγωγής θερμότητας. Διατίθεται ένας ξεχωριστός κατάλογος για τα μπουζι DENSO που είναι ειδικά σχεδιασμένα για γεννήτριες (κινητήρες αερίου). Για περισσότερες πληροφορίες, επικοινωνήστε με τον αντιπρόσωπο της DENSO.
- > Μη χρησιμοποιείτε ποτέ μπουζι DENSO για ανάφλεξη καυστήρα αερίου. Τα μπουζι DENSO που πωλούνται από εμάς δεν σχεδιάζονται ούτε κατασκευάζονται για τέτοια χρήση. Μια τέτοια χρήση μπορεί να προκαλέσει αποτυχία ανάφλεξης ή ζημιά στον εξοπλισμό λόγω υπερθέρμανσης.

### 10.3. Αντιμετώπιση προβλημάτων

Υπάρχουν διάφορα συμπτώματα που σχετίζονται με την ανάφλεξη, τα οποία ενδέχεται να εμφανιστούν αρχικά ως σφάλματα σχετιζόμενα με το μπουζί. Ωστόσο, πολλά από αυτά τα συμπτώματα μπορεί να προκληθούν από άλλα σφάλματα των συστημάτων του οχήματος ή άλλα προβλήματα που επηρεάζουν τη λειτουργία του μπουζί.

Όταν προκύψουν προβλήματα, αρχικά βεβαιωθείτε ότι τα μπουζί που χρησιμοποιούνται είναι ο σωστός τύπος για τον κινητήρα και ότι το τα μπουζί εξακολουθούν να βρίσκονται εντός της συνιστώμενης ωφέλιμης διάρκειας ζωής τους. Ελέγξτε την κατάσταση των ηλεκτροδίων και ελέγξτε αν υπάρχουν ρωγμές ή ζημιά στον μονωτήρα.

Η παρακάτω λίστα επισημαίνει μερικά από προβλήματα που εντοπίζονται πιο εύκολα τα οποία σχετίζονται με την ανάφλεξη και μπορούν να διαγνωσθούν εξετάζοντας προσεκτικά τα ηλεκτρόδια, το άκρο του μονωτήρα και το περίβλημα του μπουζί, διαδικασία που συχνά αναφέρεται ως «ανάγνωση» του μπουζί.

#### Κανονική λειτουργία

**Εμφάνιση:** Ανοιχτές γκρι ή καφέ εναποθέσεις και ελαφριά διάβρωση ηλεκτροδίων.

#### Ρύπανση άνθρακα

**Εμφάνιση:** Ξηρός, μαλακός μαύρος άνθρακας στον μονωτήρα και στα ηλεκτρόδια.

**Αποτελέσματα:** Κακή εκκίνηση, αποτυχία ανάφλεξης ειδικά κατά την επιτάχυνση και σε συνθήκες υψηλού φορτίου.

**Πιθανές αιτίες:** Υπερβολικά πλούσια μείγματα αέρα / καυσίμου, προβληματικά καλώδια ανάφλεξης, πολύ χαμηλό εύρος θερμότητας. Για τα παλαιότερα οχήματα ή τα οχήματα με ρυθμιζόμενο χρονισμό και καύση, τα συμπτώματα μπορεί να προκληθούν από καθυστέρηση / επιβράδυνση του χρονισμού ανάφλεξης και βλάβες στο καρμπυρατέρ, όπως ένα ελαττωματικό σύστημα ψυχρής εκκίνησης / τσοκ.

#### Ρύπανση από μόλυβδο

**Εμφάνιση:** Κίτρινες ή μαύρες εναποθέσεις τύπου σκωρίας ή γυαλιστερή επίστρωση στον μονωτήρα.

**Αποτελέσματα:** Αποτυχημένη ανάφλεξη υπό συνθήκες αιφνίδιας επιτάχυνσης ή μεγάλου φορτίου αλλά χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

**Πιθανές αιτίες:** Χρήση βενζίνης με υψηλή περιεκτικότητα σε μόλυβδο.

#### Υπερθέρμανση

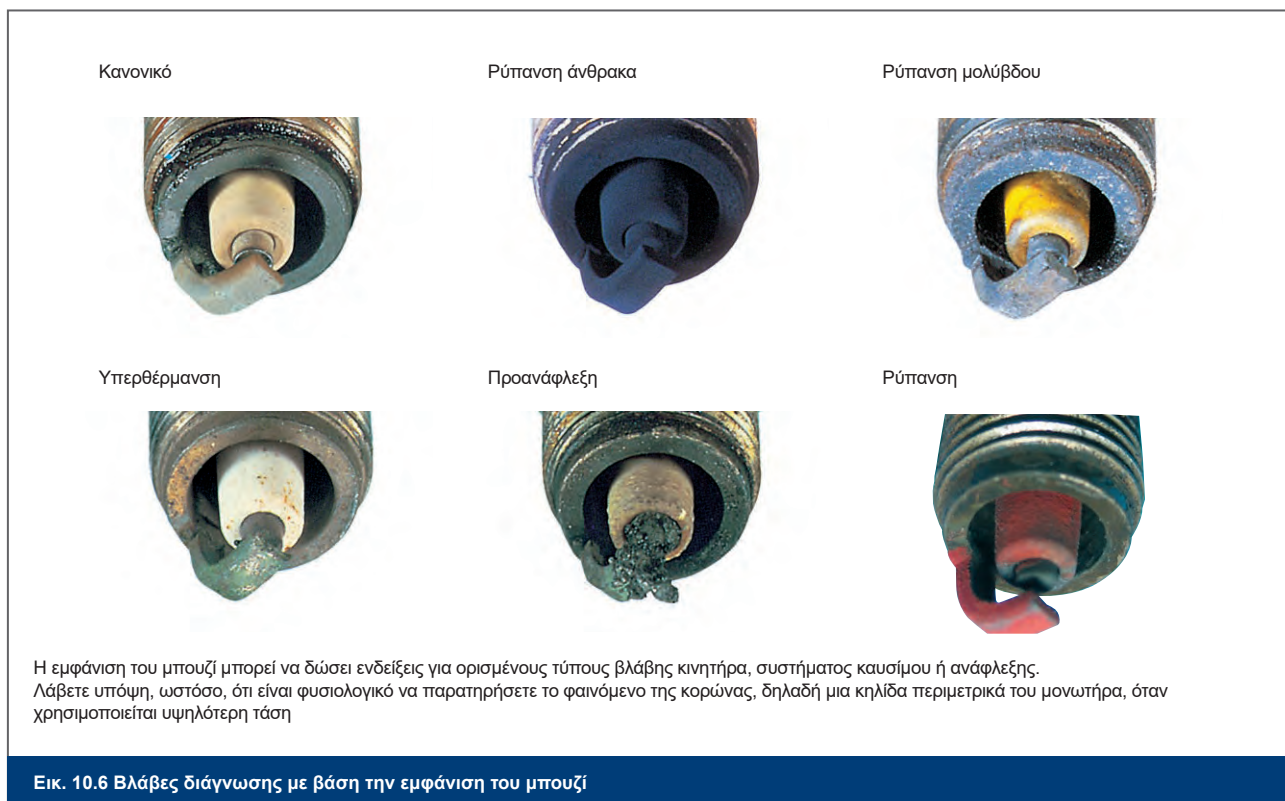
**Εμφάνιση:** Ένας εξαιρετικά λευκός μονωτήρας με μικρές μαύρες εναποθέσεις και πρόωρη διάβρωση ή τήξη του ηλεκτροδίου.

**Αποτελέσματα:** Απώλεια ισχύος ειδικά σε υψηλές ταχύτητες / βαρύ φορτίο.

**Πιθανές αιτίες:** Ανεπαρκής σύσφιξη του μπουζί, ανεπαρκής ψύξη του κινητήρα, πολύ υψηλό εύρος θερμότητας του μπουζί, υπάρχει σοβαρή εκτόνωση. Για παλαιότερα οχήματα ή οχήματα με ρυθμιζόμενο χρονισμό, ο χρονισμός ανάφλεξης μπορεί να έχει μεγάλη προπορεία.

#### Προανάφλεξη

**Εμφάνιση:** Ένα τετηγμένο ή καμμένο κέντρο ή / και ηλεκτρόδιο γείωσης, με διογκώσεις



**DENSO Europe B.V.**

Hogeweyselaan 165, 1382 JL Weesp  
The Netherlands

Tηλ.: +31 294 493 493 | Fax: +31 294 417 122  
marketing@denso.nl

[www.denso-am.eu](http://www.denso-am.eu)

