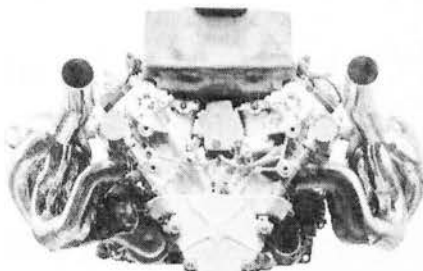


ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΗΧ
618

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



“ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ FORMULA 1”

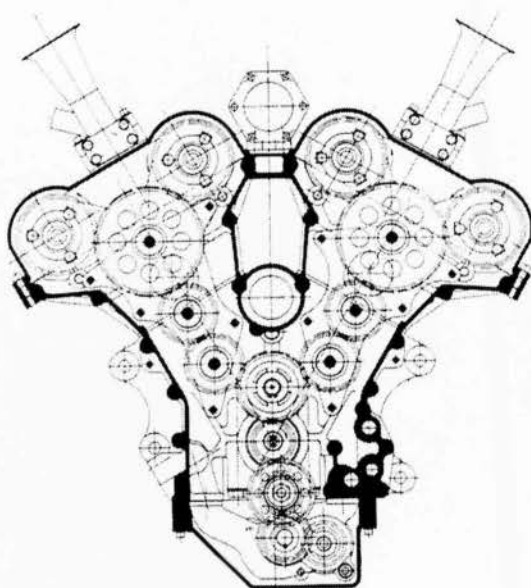
Υπεύθυνος Καθηγητής:

Θεοδωρακάκος Ανδρέας

Στοιχεία φοιτητή:

Μπαξόπουλος Αυγουστίνος

A.M :28004



2011-12

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ
3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
4. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ V8 (2006-ΣΗΜΕΡΑ)
6. ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΥΘΙΣΜΑΤΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ
7. ΛΙΠΑΝΣΗ
8. ΥΠΕΡΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ
9. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ KERS
10. ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ
11. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΣΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ F1
12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

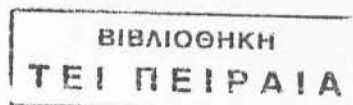
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κίνητρο για την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας στάθηκε το ερευνητικό ενδιαφέρον για τον μηχανοκίνητο αθλητισμό, αλλά και για την επιστήμη της μηχανολογίας γενικότερα. Είναι γεγονός ότι η Formula 1 αποτελεί το ανώτερο επίπεδο μηχανολογικής μελέτης και εξέλιξης που μπορεί να φτάσει ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης. Με δεδομένο αυτό, μια εργασία που αναλύει τον κινητήρα ενός μονοθεσίου F1, καθώς και την σύζευξη του με ένα κιβώτιο ταχυτήτων αποτελεί έναν τομέα εντός των ερευνητικών μου ενδιαφερόντων.

Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση όλων των διαφορετικών διατάξεων ενός κινητήρα F1 μέσα στο πέρασμα των χρόνων αλλά και η ανάλυση συγκεκριμένων τεχνολογικών καινοτομιών που υπήρξαν πολύ σημαντικές για την πορεία του θεσμού της F1.

Η δομή της εργασίας είναι η εξής:

1. Ιστορική εξέλιξη: αναφορά σε κομβικά σημεία της ιστορίας των κινητήρων F1.
2. Παρουσίαση διατάξεων: ανάλυση όλων των διαφορετικών τύπων κινητήρα που έχουν κάνει την εμφάνιση τους στα μονοθέσια.
3. Προδιαγραφές και κανονισμοί: ό,τι προβλέπεται για τους κινητήρες βάσει θεσμοθέτησης της FIA.
4. Ανάλυση κινητήρα V8: ανάλυση του σύγχρονου κινητήρα F1 ο οποίος καθιερώθηκε από την FIA το 2006 και χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα.



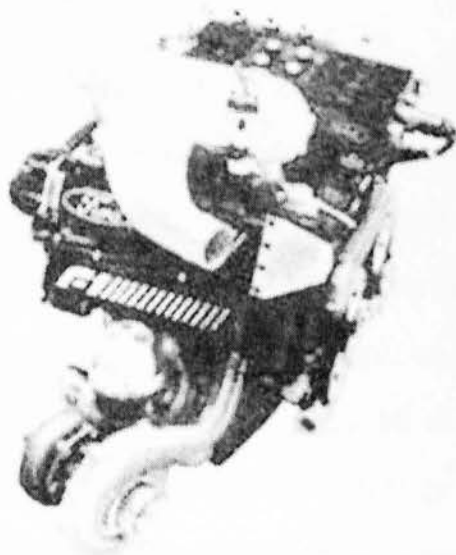
5. Πνευματικό σύστημα βυθίσματος βαλβίδων: ανάλυση ενός καινοτόμου συστήματος που κατάφερε να καθιερωθεί και να συμβάλει τα μέγιστα στην ευστροφία των κινητήρων F1.
6. Λίπανση: μελέτη μιας πολύ κρίσιμης διεργασίας για την αξιοπιστία και την απόδοση ενός κινητήρα F1.
7. Υπερτροφοδότηση: ανάλυση μιας τεχνολογίας που εφαρμόστηκε λίγα χρόνια αλλά σίγουρα άφησε εποχή.
8. Συστήματα Kers: περιγραφή ενός συστήματος που εισήχθη στην F1 το 2009 και όπως φαίνεται θα μείνει για πολλά χρόνια.
9. Κιβώτια ταχυτήτων: ανάλυση ενός από τα πιο σημαντικά μέρη του μονοθεσίου, χωρίς το οποίο όλη η προηγμένη τεχνολογία του κινητήρα δεν θα έφτανε ποτέ στους τροχούς.
10. Το μέλλον στους κινητήρες F1: αναφορά στις μελλοντικές τάσεις και αλλαγές που προβλέπονται από την FIA.

Από την παρούσα πτυχιακή εργασία εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα τεχνολογικά επιτεύγματα της F1 που προκύπτουν μέσα από διαρκή έρευνα και εξέλιξη, έχουν σημαντικά οφέλη στην παγκόσμια αυτοκινητοβιομηχανία. Τα οφέλη αυτά, βέβαια, δεν είναι άμεσα εφαρμόσιμα, αλλά απαιτείται κάποιο χρονικό διάστημα για να υιοθετηθούν από τα αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Οι κινητήριες μονάδες που έχουν υπάρξει στην ιστορία της F1 ποικίλουν τόσο σε σχέση με την διάταξη και τον αριθμό των κυλίνδρων, όσο και με τον κυλινδρισμό τους.

Σήμερα στην F1 χρησιμοποιούνται ατμοσφαιρικοί, 4-χρονοι, V8 κινητήρες με ειδική απόδοση 304 PS ανά λίτρο, τιμή πολύ υψηλότερη από οποιονδήποτε κινητήρα εσωτερικής καύσης. Αυτή η ισχύς παράγεται από μια μονάδα υψηλής περιστροφής (18,000 RPM), τη στιγμή που ένας κινητήρας δρόμου παρόμοιου μεγέθους φτάνει το πολύ τις 7,000 RPM. Η ροπή ωστόσο δεν είναι πολύ μεγαλύτερη από έναν συμβατικό κινητήρα. Για παράδειγμα η μονάδα V8 RVX-06 της TOYOTA για το 2006 παρήγαγε ισχύ 751 PS στις 19,000 RPM και 274 Nm ροπής, δίνοντας στον κινητήρα μια μέση ενεργή πίεση 14,3 bar (1,43 MPa). Αυτή η τιμή είναι ίδια με την αντίστοιχη του κινητήρα της BMW M3 CSL ενώ ορισμένα αυτοκίνητα πολύ υψηλών επιδόσεων έχουν 24-28 bar.

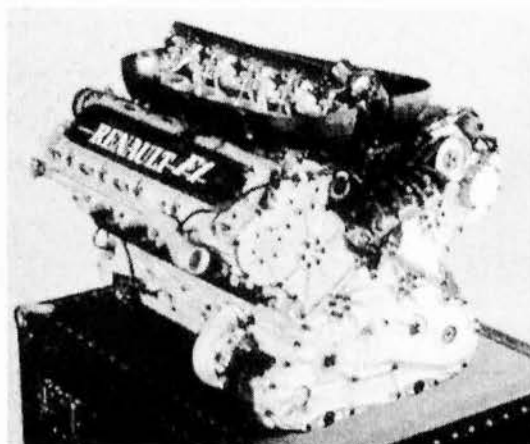


ΚΟΣΜΩΡΚΗ ΤΕΣ ΥΕ ΤΗΜΒΟ

Είναι γνωστό ότι όσο πιο πολύστροφος είναι ένας κινητήρας τόσο πιο μεγάλη ισχύ αποδίδει. Αυτός είναι ένας στόχος που επιδιώκεται από τότε που άρχισε η έρευνα και η εξέλιξη στους κινητήρες υψηλής απόδοσης. Η βασική διαμόρφωση ενός ατμοσφαιρικού κινητήρα F1 δεν

έχει τροποποιηθεί πολύ σε σχέση με τον θρυλικό COSWORTH DFV V8 του 1967 και η μέση ενεργή πίεση έχει παραμείνει κοντά στα 14 bar.

Έως τα μέσα της δεκαετίας του '80 το όριο περιστροφής των κινητήρων ήταν περιορισμένο κοντά στις 12,000 RPM εξαιτίας των μεταλλικών ελατηρίων των βαλβίδων, τα οποία είχαν φτάσει στο όριο της εξέλιξης τους και δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν



RENAULT V10 I5T

στις υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής που απαιτούνταν.

Τεράστια ώθηση στο κρίσιμο θέμα της ταχύτητας περιστροφής, έδωσε το πνευματικό σύστημα βαλβίδων που παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από την RENAULT στα μέσα της δεκαετίας του 80. Η σημασία της ιδέας αυτής φαίνεται από το γεγονός ότι από το 1990 και μετά, όλοι οι κατασκευαστές κινητήρων υιοθέτησαν το σύστημα αυτό με αποτέλεσμα να έχουμε δει ταχύτητες περιστροφής πολύ κοντά στις 20,000 RPM.

Μέχρι και το 2005 οι κανονισμοί της FIA όριζαν ότι οι κινητήρες πρέπει να είναι ατμοσφαιρικοί (χωρίς κανένα είδος υπερτροφοδότησης), να έχουν μέγιστη χωρητικότητα 3,000 cc , να λειτουργούν με απλή βενζίνη (χωρίς εξωτικά μείγματα βασισμένα σε τολουόλη για επιπλέον ισχύ, τα οποία ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένα στα 80's) και τέλος να έχουν 10 κυλίνδρους. Από το 2006 οι κανονισμοί όριζαν κινητήρες V8 2,400 cc και σε ειδικές περιπτώσεις V10 με περιοριστικό στόμιο στην εισαγωγή του κινητήρα (αυτή η εξαίρεση

αφορούσε στην ουσία τις μικρές οικονομικά ομάδες που δεν μπορούσαν να εξελίξουν άμεσα τους νέους V8).

Το 1966 όταν οι κινητήρες 1,500 cc αντικαταστάθηκαν για πρώτη φορά από τον κλασικό 3-λίτρο ,κατά κύριο λόγο υπήρχαν 4-κύλινδροι σε σειρά, 6-κύλινδροι, boxer και V8 με μοναδική εξαίρεση την HONDA η οποία εξέλιξε έναν ιδιοφυή V12. Εκείνη τη

χρονιά οι σχεδιαστές κινητήρων εξερευνούσαν πολλές διαφορετικές λύσεις για να πετύχουν υψηλά νούμερα ισχύος και ροπής. Ενώ η REPCO και η FORD είχαν επιλέξει V8 η HONDA, MASERATI, FERRARI, WESLAKE

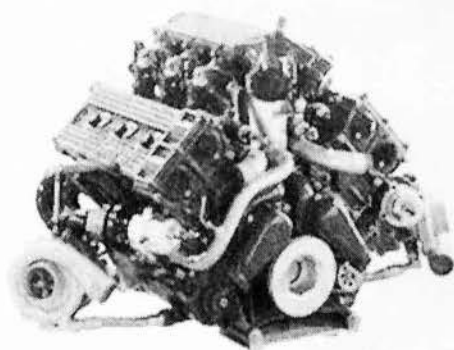
και MATRA είχαν επιλέξει V12. Η BRM τους ακολούθησε ύστερα από την ανεπιτυχή όπως αποδείχθηκε προσκόλληση με έναν 16-κύλινδρο κινητήρα.

Ο συγκεκριμένος κινητήρας προέκυψε από την μετατροπή 2 παλιών V8 1,500cc και ζύγιζε 626 kg.

Άνοιξαν την γωνία ανάμεσα στους κυλίνδρους στις 180° και στην ουσία έφτιαξαν 2 νέους BOXER, τοποθετώντας τον έναν πάνω στον άλλον.



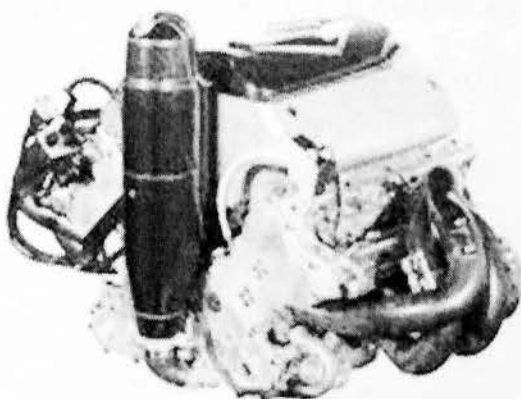
RENAULT V6 TURBO



FERRARI TIPO 033 D

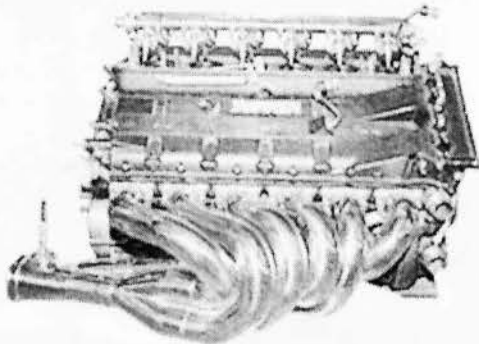
Στη δεκαετία των 70's η RENAULT εκμεταλλεύτηκε τον κανονισμό που επέτρεπε υπερτροφοδότηση σε κινητήρες 1,500 cc είτε με την χρήση υπερσυμπιεστή καυσαερίων (turbocharger) είτε με τη χρήση ενός συμπιεστή ο οποίος παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο

άξονα (supercharger). Αυτοί οι κινητήρες έγιναν ο κανόνας έως το 1989 όπου αντικατεστάθηκαν τελικά από ατμοσφαιρικούς 3,500 cc. Με σκοπό την μείωση των υπερβολικών ταχυτήτων μετά τον θάνατο του Ronald Ratzenberger και του Ayrton Senna το 1994, η FIA καθιέρωσε το 1995 κινητήρες 3,000 cc οι οποίοι έμειναν μέχρι και το 2005. Μέχρι το 1995 οι V10 κυριαρχούσαν και μόνο η FERRARI ήταν πιστή στους V12.



RENAULT RS27

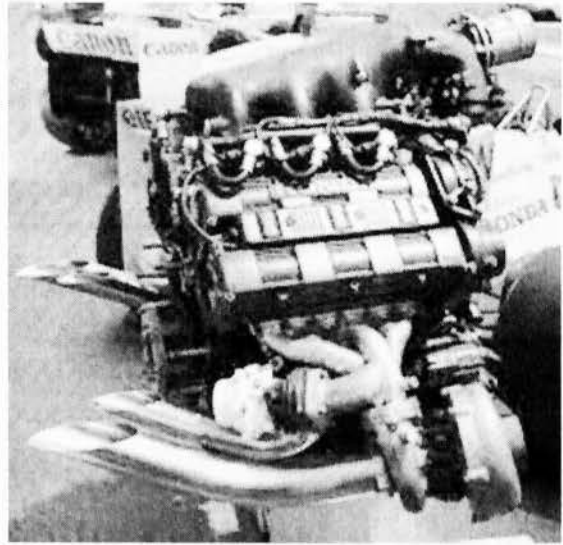
στροφαλοθάλαμος ήταν τόσο μακρύς που ουσιαστικά δεν έφτανε τη βέλτιστη αντοχή που απαιτούνταν για να ανταπεξέλθει στα στρεπτικά φορτία που τον καταπονούσαν.



FERRARI TIPO 044-1

Παρά το γεγονός ότι ήταν πιο δυνατός, ήταν επίσης πιο μεγάλος σε μήκος και πιο βαρύς. Είχε πιο μεγάλη κατανάλωση καυσίμου και ο

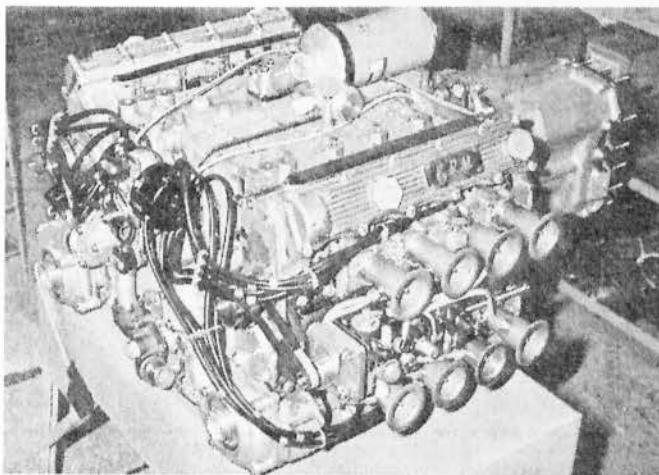
Λόγω των 12 κυλίνδρων του κινητήρα που συνεπάγονται μεγάλες πολλαπλές εξαγωγής, υπήρχε σοβαρό χωροταξικό πρόβλημα. Αυτό σε συνδυασμό με την μειωμένη ικανότητα του κινητήρα να απάγει αποτελεσματικά την θερμότητα και λόγω των αυξημένων τριβών



HONDA V6 TWIN-TURBO

στο εσωτερικό του, έκανε επιτακτική την ανάγκη για μεγαλύτερα ψυγεία. Το αποτέλεσμα ήταν να υπάρχει αεροδυναμικό πρόβλημα αφού παρουσίαζαν αρκετά μεγαλύτερη αντίσταση σε σχέση με τον ανταγωνισμό.

Τελικά η FERRARI αντιλήφθηκε ότι τα μειονεκτήματα ήταν αρκετά σε σχέση με το μοναδικό πλεονέκτημα της ελάχιστα μεγαλύτερης υποδύναμης. Το 1999 όλες οι ομάδες συμφώνησαν στο να απαγορεύσει η FIA κινητήρες με πάνω από 10 κυλίνδρους.

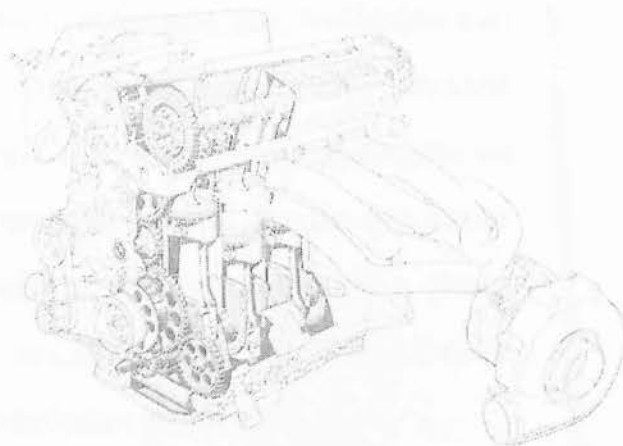


B.R.M P75-F16

3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

Οι διατάξεις των κινητήρων στην F1 εφόσον αναφερόμαστε σε παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης και όχι περιστροφικές (WANKEL), ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες.

- **Σε σειρά.** Πρόκειται για κινητήρες όπου τα έμβολα είναι τοποθετημένα το ένα πίσω από το άλλο με τον αριθμό των κυλίνδρων να ποικίλει από 4 έως 6.



BMW M17-13

Παρά το γεγονός ότι είναι μικροί κινητήρες, είναι μεγάλοι σε μήκος οπότε χρειάζονται μεγάλο και βαρύ στροφαλοφόρο άξονα. Εξακύλινδροι σε σειρά έχουν πάψει να χρησιμοποιούνται από τη δεκαετία του 1960.

- **Επίπεδοι κινητήρες με αντικριστά έμβολα.** (BOXER) Αυτές οι διατάξεις αποτελούν από τις καλύτερες λύσεις μηχανολογικά αφού είναι τέλεια ζυγισμένες, δεν έχουν κραδασμούς, έχουν χαμηλό κέντρο βάρους το οποίο είναι εξαιρετικά σημαντικό



FERRARI TIPO 001

στην δυναμική συμπεριφορά του μονοθεσίου. Επίσης λόγω της συμμετρίας των αξονικών δυνάμεων που παράγονται από τα έμβολα, δεν απαιτούνται αντίβαρα στον στροφαλοφόρο με προφανή οφέλη στην ευστροφία του κινητήρα. Δυστυχώς οι τεράστιες δυνάμεις που δέχεται στις αλλαγές κατεύθυνσης ένα μονοθέσιο και κατ' επέκταση κάθε εξάρτημα του, ανέδειξαν ένα σημαντικό μειονέκτημα. Ο κινητήρας λόγω της μεγάλης επιφάνειας του, δεν είχε την καλύτερη δυνατή ακαμψία ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στα στρεπτικά κυρίως φορτία στα οποία υποβαλλόταν. Πιστή στη διάταξη αυτή ήταν η FERRARI η οποία χρησιμοποίησε BOXER από το 1970 έως το 1980. Έπειτα στράφηκε σε V διάταξη με περιεχόμενη γωνία 120° .

- **Κινητήρες σε διάταξη V.** Το

V στην ουσία αναφέρεται στη γωνία που σχηματίζουν οι δύο σειρές των κυλίνδρων με γεωμετρική αρχή της γωνίας τον στροφαλοφόρο άξονα. Προφανώς στις διατάξεις αυτές είναι πολύ σημαντικό

το μέγεθος της γωνίας V και

καθορίζει αρκετά την απόδοση του μονοθεσίου μέσα στην πίστα.

Έχουμε δει κινητήρες V με περιεχόμενη γωνία 60° , 72° , 80° , 90° , 110° . Όσο πιο στενή είναι η γωνία του V τόσο πιο εύκολο είναι για



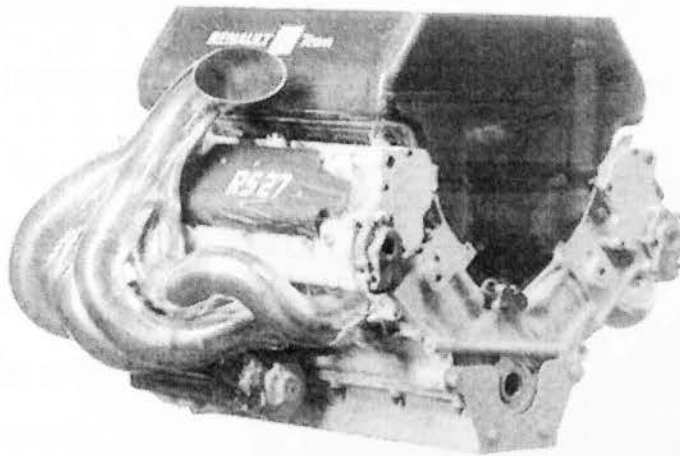
τον σχεδιαστή να τον τοποθετήσει στο πλαίσιο μαζί με όλα τα παρελκόμενα του κινητήρα (πολλαπλές εξαγωγής, ψυγεία και σωληνώσεις), αλλά έχει υψηλό κέντρο βάρους. Αντίθετα όσο πιο μεγάλη είναι η γωνία του V τόσο χαμηλότερα είναι το κέντρο βάρους αλλά υπάρχουν προβλήματα κραδασμών και χωροταξικά εμπόδια. Επίσης ο υπολογισμός της γωνίας του V είναι πολύ σημαντικός για τον καθορισμό της αλληλουχίας της ανάφλεξης των κυλίνδρων. Αν πολλαπλασιάζοντας την γωνία V με τον αριθμό των κυλίνδρων παίρνουμε 720° τότε σημαίνει ότι θεωρητικά τουλάχιστον έχουμε ίσα χρονικά διαστήματα ανάφλεξης και πολύ καλή ισορροπία. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι οι ιδανική γωνία για V12 είναι 60° , για V10 είναι 72° , και για V8 90° . Βέβαια η ύπαρξη και άλλων γωνιών για αντίστοιχα V, δεν σημαίνει ότι δεν λειτουργούν σωστά. Απλά οι κατασκευαστές λαμβάνουν και άλλους παράγοντες



FERRARI TIPO 021 V6 TURBO

υπόψιν ή θέλουν να εστιάσουν την εξέλιξη στην αεροδυναμική ή στα δυναμικά χαρακτηριστικά του μονοθεσίου.

Κλασικό παράδειγμα αποτελεί ο RS24 του 2004 της RENAULT ο οποίος είχε την επαναστατική διάταξη V10 110° . Αυτός ο κινητήρας αποτελούσε εξέλιξη από τον RS21 στον RS23 και είχε εξαιρετικά χαμηλό κέντρο βάρους για διάταξη V. Παρά το πλεονέκτημα αυτό, ο κινητήρας τελικά εγκαταλείφτηκε γιατί η



RENAULT V8 RS27

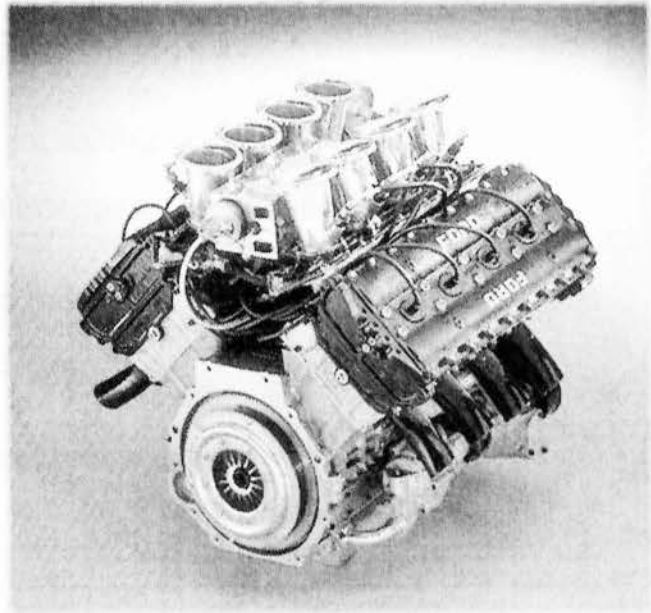
επαναστατική αλλά και ασυνήθιστη γωνία των 110° είχε άριστη αλληλουχία ανάφλεξης. Αυτό το χαρακτηριστικό προκαλούσε ανεπιθύμητες δονήσεις στον κινητήρα με αποτέλεσμα να μην φτάνει σε τόσο υψηλές στροφές όσο ο ανταγωνισμός. Το 2005 η RENAULT αντικατέστησε τον RS24 με τον RS25-V10 72° όταν όλοι οι άλλοι κατασκευαστές είχαν V10 90° . Η απόδοση των κινητήρων V10 90° δεν έφτανε αυτή του RS25 γιατί είχαν περίεργη αλληλουχία ανάφλεξης και αποκλίνοντες πείρους στροφαλοφόρου σε σχέση με την αξονική γραμμή του.

Σήμερα χρησιμοποιούνται από όλες τις ομάδες V8 90° όχι μόνο γιατί ορίζεται από τους κανονισμούς της FIA, αλλά και επειδή είναι η ιδανική γωνία για V8 και πληροί τις απαιτήσεις μεγέθους που έχουν θέσει οι αεροδυναμιστές.

Από το 1967 και έπειτα με αρχή τον κινητήρα DFV της COSWORTH, όλοι οι κινητήρες αποτελούν δομικό εξάρτημα του πλαισίου έχοντας ενεργό ρόλο στη δυναμική συμπεριφορά του μονοθεσίου. Μέχρι τότε το πλαίσιο ήταν σωληνωτό με τον κινητήρα να τοποθετείται στο τέλος. Στη σύγχρονη F1 ο κινητήρας

είναι πακτωμένος ανάμεσα στο πίσω μέρος του αυτοφερόμενου πλαισίου (monocoque) και το μπροστινό μέρος του κιβωτίου.

Με το πέρασμα του χρόνου οι κινητήρες τύπου V εκτόπισαν κάθε άλλη διάταξη γιατί είναι πολύ συμπαγείς και μπορούν να έχουν εκ κατασκευής πολύ μεγάλη ακαμψία χωρίς να απαιτούνται πρόσθετες ενισχύσεις στο πλαίσιο για να εξασφαλισθεί η ζητούμενη αντοχή.



COSWORTH VR6 F1V

4. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα:

Επιτρέπονται μόνο 4-χρονοι κινητήρες.

Ο κυβισμός του κινητήρα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2400 cc.

Η περιστροφική ταχύτητα του στροφαλοφόρου άξονα δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 18.000 rpm.

Η υπερτροφοδότηση απαγορεύεται.

Όλοι οι κινητήρες πρέπει να έχουν 8 κυλίνδρους σε διάταξη V με περιεχόμενη γωνία 90°.

Οι κινητήρες πρέπει να έχουν δύο βαλβίδες εισαγωγής και δύο βαλβίδες εξαγωγής ανά κύλινδρο.

Επιτρέπονται μόνο παλινδρομικές βαλβίδες.

Η επιφάνεια μόνωσης ανάμεσα στο κινούμενο μέρος της βαλβίδας και το στατικό μέρος του κινητήρα, πρέπει να είναι κυκλικού τύπου.

Απαγορεύονται άλλα μέσα πρόωσης.

Απαγορεύεται η χρήση οποιασδήποτε συσκευής, εκτός από τον κινητήρα και την μονάδα KERS ως μέσο πρόσδωσης ισχύος.

Με την εξαίρεση ενός πλήρους φορτισμένου KERS, το συνολικό ποσό ανακτώμενης ενέργειας που αποθηκεύεται στο μονοθέσιο δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 300kJ.

Η μέγιστη ισχύς, που αποθηκεύεται και προσδίδεται από κάθε σύστημα KERS δεν πρέπει να υπερβαίνει 60 kW (81 PS). Η ενέργεια που προσδίδεται από το KERS δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 400kJ σε κάθε γύρο ενός αγώνα.

Οι μετρήσεις θα λαμβάνονται από μια διάταξη κίνησης στους πίσω τροχούς.

Το ποσό της αποθηκευμένης ενέργειας σε κάθε σύστημα KERS δεν πρέπει να αυξάνεται, όσο το αυτοκίνητο είναι σταματημένο κατά τη διάρκεια ενός pit-stop.

Η πρόσδοση ισχύος από ένα σύστημα KERS πρέπει να γίνεται υπό τον πλήρη έλεγχο του οδηγού κατά την διάρκεια που το μονοθέσιο βρίσκεται σε αγώνα.

Τα αυτοκίνητα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με πιστοποιημένους αισθητήρες οι οποίοι θα παρέχουν όλα τα απαραίτητα σήματα, προκειμένου να επαληθεύεται ότι όλες οι παραπάνω απαιτήσεις εφαρμόζονται.

Διαστάσεις κινητήρα :

Η διάμετρος του κυλίνδρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 98 χιλιοστά.

Η απόσταση ανάμεσα στους κυλίνδρους πρέπει να είναι 106,5 mm (+ / - 0.2mm).

Η κεντρική γραμμή του στροφαλοφόρου άξονα δεν πρέπει να απέχει λιγότερο από 58 mm από το επίπεδο αναφοράς.

Βάρος και το κέντρο βάρους:

Το συνολικό βάρος του κινητήρα πρέπει να είναι τουλάχιστον 95 κιλά.

Το κέντρο βάρους του κινητήρα δεν πρέπει να βρίσκεται λιγότερο από 165 mm πάνω από το επίπεδο αναφοράς.

Η διαμήκης και πλευρική θέση του κέντρου βάρους της μηχανής πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε μια περιοχή που είναι το γεωμετρικό κέντρο της μηχανής, +/- 50mm.

Το γεωμετρικό κέντρο της μηχανής υπό την πλευρική έννοια θα θεωρείται ότι βρίσκεται στο κέντρο του στροφαλοφόρου άξονα και κατά την διαμήκη έννοια στο μέσο σημείο ανάμεσα στα κέντρα των διαμέτρων του πρώτου και του τελευταίου κυλίνδρου.

Σύμφωνα με τους αθλητικούς κανονισμούς της F1, ο πιστοποιημένος κινητήρας θα περιλαμβάνει το σύστημα εισαγωγής αέρα, το φίλτρο αέρα, το δίκτυο του καυσίμου και τους εγχυτήρες, τις περιελίξεις της ανάφλεξης, τους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι πάνω στον κινητήρα και όλη την καλωδίωση, τον εναλλάκτη, τις αντλίες ψυκτικού υγρού και τις αντλίες λαδιού.

Σύμφωνα με τους αθλητικούς κανονισμούς της F1 ο πιστοποιημένος κινητήρας δεν θα περιλαμβάνει: τον συμπλέκτη και το σύστημα ενεργοποίησης του, τον σφόνδυλο, τις ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου ή οποιοσδήποτε σχετικές συσκευές που περιέχουν προγραμματίσιμους ημιαγωγούς, τον ρυθμιστή εναλλακτών, τα υγρά, τις πολλαπλές εξαγωγής, τις αντιθερμικές ασπίδες, τις δεξαμενές λαδιού, τις δεξαμενές συλλογής και οποιοδήποτε σύστημα αερισμού

που συνδέεται με αυτές, τα στηρίγματα που χρησιμοποιούνται για να τοποθετήσουν τον κινητήρα στο πλαίσιο ή το κιβώτιο ταχυτήτων, τους συσσωρευτές ύδατος, τους εναλλάκτες θερμότητας, το υδραυλικό σύστημα (π.χ. αντλίες, συσσωρευτές, πολλαπλές σερβο-βαλβίδες, σωληνοειδή, ενεργοποιητές) εκτός από την σερβο-βαλβίδα και τον ενεργοποιητή για τον έλεγχο του γκαζιού του κινητήρα, τις αντλίες βενζίνης ούτε οποιοδήποτε εξάρτημα το οποίο δεν τοποθετήθηκε στον κινητήρα κατά την εγκατάσταση του στο μονοθέσιο. Οποιοδήποτε βοηθητικό εξοπλισμό που σχετίζεται με το σύστημα βαλβίδων εισαγωγής του κινητήρα, όπως σωλήνες, ρυθμιστές, δεξαμενές και συμπιεστές.

Επιπλέον, οποιοδήποτε εξάρτημα που δεν είναι από την αρχή μέρος κομμάτι του κινητήρα δεν θα λαμβάνεται υπόψιν κατά τον αξιολόγηση του βάρους του. Τέτοια παραδείγματα θα μπορούσαν να είναι τα εξής: (χωρίς να είναι μόνο αυτά)

- Οι συνδέσεις των καλωδίων που έχουν μερική μόνο σχέση με ενεργοποιητές ή αισθητήρες του κινητήρα.
- Το κέλυφος που συνδέει το κιβώτιο με τον κινητήρα να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να είναι ακέραιο με τον στροφαλοθάλαμο.
- Οι στηρίξεις του κινητήρα που βρίσκονται στο πιο ψηλό σημείο να είναι σχεδιασμένες πιο ψηλά από το απαραίτητο και με ακέραιες δοκούς. Το κέντρο μονταρίσματος του κινητήρα, που είναι μέρος του καλύμματος των εκκεντροφόρων, δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 100mm πάνω από μια γραμμή μεταξύ των κέντρων των εκκεντροφόρων αξόνων. Οποιαδήποτε δοκός ακέραιη με το καπάκι των

εκκεντροφόρων, δεν πρέπει να εκτείνεται πιο πίσω από το κέντρο της διαμέτρου του δεύτερου κυλίνδρου.

- Έρμα. Αυτό επιτρέπεται στη κινητήρα αλλά οποιοδήποτε έρμα παραπάνω από 2kg θα αφαιρείται πριν μετρηθεί το βάρος του κινητήρα ή το κέντρο βάρους του.

Γκάζι (πεταλούδα) κινητήρα:

Τα μόνα μέσα με τα οποία ο οδηγός μπορεί να ελέγξει το γκάζι, είναι μέσω ενός πεντάλ που η σύνδεση του με το πλαίσιο γίνεται σε ένα μόνο σημείο.

Σχέδια για το πεντάλ του γκαζιού που επιτρέπουν στον οδηγό να αναγνωρίζει κάποια χαρακτηριστικά σημεία στη διαδρομή του πεντάλ που θα τον βοηθούσαν, απαγορεύονται.

Η ελάχιστη και η μέγιστη διαδρομή του πεντάλ του γκαζιού πρέπει να αντιστοιχεί στο ελάχιστο και το μέγιστο αντίστοιχα, άνοιγμα των πεταλούδων

Συστήματα εξαγωγής:

Τα συστήματα εξαγωγής δεν πρέπει να έχουν πάνω από δύο εξόδους.

Σχετικά με τα συστήματα μεταβλητής γεωμετρίας:

- Τα συστήματα μεταβλητής γεωμετρίας στην εισαγωγή δεν επιτρέπονται.

- Τα συστήματα μεταβλητής γεωμετρίας στην εξαγωγή δεν επιτρέπονται.

Απαγορεύονται τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού των βαλβίδων.

Συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου.

Η πίεση του καυσίμου που παρέχεται στους εγχυτήρες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 bar. Πρέπει να υπάρχουν εγκατεστημένοι αισθητήρες στα μπεκ που να μετρούν άμεσα την πίεση του παρεχόμενου καυσίμου. Τα σήματα που λαμβάνονται πρέπει να προσκομίζονται στην βάση δεδομένων της FIA.

Επιτρέπεται μόνο ένα μπεκ ανά κύλινδρο το οποίο πρέπει να εγχύει το καύσιμο άμεσα, είτε στα πλάγια είτε στην κορυφή της οπής εισαγωγής.

Ηλεκτρικά συστήματα.

Η ανάφλεξη επιτρέπεται μόνο μέσω μονής περιέληξης και μέσω ενός μόνο σπινθριστήρα ανά κύλινδρο. Η χρήση πλάσματος, λέιζερ ή άλλων τεχνικών ανάφλεξης υψηλής συχνότητας είναι απαγορευμένη.

Επιτρέπονται μόνο συμβατικοί σπινθριστήρες που λειτουργούν μέσω ηλεκτρικής εκκένωσης υψηλής τάσης ανάμεσα στο καθορισμένο διάκενο.

Τα μπεκ δεν υπόκεινται σε περιορισμούς υλικών.

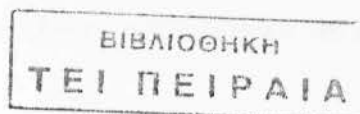
Εκτός από την τροφοδότηση των εξαρτημάτων του KERS, η αρχικά ρυθμισμένη τάση στο αυτοκίνητο δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 17 Volt DC. Αυτή η τάση ορίζεται ως η σταθερή έξοδος ρεύματος από το σύστημα φόρτισης που βρίσκεται πάνω στο μονοθέσιο.

Με εξαίρεση τα κυκλώματα του KERS ή κάποιου συσσωρευτή ή των περιελίξεων που χρησιμοποιούνται για την ανάφλεξη, οποιαδήποτε συσκευή με απαίτηση σε ρεύμα μεγαλύτερη από 50 mA ή με απαίτηση ισχύος μεγαλύτερη από 1 Watt ,μπορεί μόνο να παρασχεθεί υπο την καθορισμένη τάση των 17 V ή χαμηλότερα

Ενεργοποιητές κινητήρα.

Με τις ακόλουθες εξαιρέσεις οι υδραυλικοί, πνευματικοί και ηλεκτρονικοί ενεργοποιητές είναι απαγορευμένοι:

- a) Ηλεκτρονικά σωληνοειδή αποκλειστικά και μόνο για τον έλεγχο των υγρών του κινητήρα.
- b) Εξαρτήματα που παρέχουν τον ελεγχόμενο αέρα υπό πίεση για ένα πνευματικό σύστημα βαλβίδων.
- c) Ένας μονός ενεργοποιητής για τον χειρισμό του συστήματος πεταλούδων του γκαζιού.
- d) Εξαρτήματα που απαιτούνται ως τμήμα του KERS.



Βοηθητικά εξαρτήματα κινητήρα.

Με εξαίρεση τις ηλεκτρικές αντλίες βενζίνης τα βοηθητικά εξαρτήματα του κινητήρα πρέπει να λειτουργούν μηχανικά μέσω ενός λόγου μετάδοσης σε σχέση με τον στοφαλοφόρο άξονα.

Αέρας εισαγωγής κινητήρα.

Οποιαδήποτε συσκευή, διάταξη, σύστημα, διαδικασία, σχέδιο και κατασκευή που έχει σκοπό την μείωση της θερμοκρασίας του εισερχόμενου στον κινητήρα αέρα, απαγορεύεται.

Απαγορεύεται ο ψεκασμός οποιασδήποτε ουσίας στην εισαγωγή του κινητήρα

Υλικά και κατασκευή – Ορισμοί.

Κράμα βασισμένο στο Χ (π.χ. βασισμένο στο Νικέλιο) - το Χ πρέπει να είναι το αφθονότερο στοιχείο στο κράμα σε μια αναλογία %w/w. Το ελάχιστο δυνατό ποσοστό κατά βάρος του στοιχείου Χ πρέπει πάντα να είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο δυνατό του κάθε ενός από τα υπόλοιπα στοιχεία που είναι παρόντα στο κράμα.

Κράμα βασισμένο στο Χ-Υ (π.χ. βασισμένο στο Αλουμίνιο – Χαλκό) - το Χ πρέπει να είναι το αφθονότερο στοιχείο.

Επιπλέον το στοιχείο Υ πρέπει να είναι το δεύτερο σε σειρά υψηλότερο συστατικό (%w/w), μετά από το Χ στο κράμα. Το μέσο περιεχόμενο του Υ και όλων των άλλων κραματικών στοιχείων πρέπει

να χρησιμοποιείται για να καθορίσουν το δεύτερο σε σειρά υψηλότερο κραματικό στοιχείο.

- Μεσομεταλλικά υλικά (π.χ. TiAl, NiAl, FeAl, Cu₃Au, NiCo): αυτά είναι κάποια υλικά όπου το υλικό είναι βασισμένο στις μεσομεταλλικές φάσεις, δηλ. η μήτρα του υλικού αποτελείται από μεσομεταλλικές φάσεις σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50% v/v. Μια μεσομεταλλική φάση είναι ένα στερεό διάλυμα μεταξύ δύο ή περισσότερων μετάλλων παρουσιάζοντας είτε μερικώς ιοντικούς δεσμούς, είτε ομοιοπολικούς δεσμούς, είτε μεταλλικούς δεσμούς σε μακριά διάταξη, σε στενό εύρος σύνθεσης γύρω από την στοιχειομετρική αναλογία.
- Συνθετικά υλικά: Αυτά είναι υλικά όπου ένα υλικό μητρών, ενισχύεται είτε από μια συνεχή είτε από μια ασυνεχή φάση. Η μήτρα μπορεί να είναι μεταλλική, κεραμική, πολυμερής ή βασιζόμενη σε γυαλί. Η ενίσχυση μπορεί να είναι παρούσα ως μακριές ίνες (συνεχής ενίσχυση) ή κοντές ίνες και μόρια (ασυνεχής ενίσχυση)
- Συνθετικά υλικά μεταλλικών μητρών(MMC): αυτά είναι σύνθετα υλικά με μια μεταλλική μήτρα που περιέχει μια φάση μεγαλύτερη από 2% v/v που δεν είναι διαλυτή στην υγρή φάση της μεταλλικής μήτρας.
- Κεραμικά υλικά: (π.χ. Al₂O₃, SiC, B₄C, Ti₅Si₃, SiO₂, Si₃N₄) αυτά είναι ανόργανα, μη μεταλλικά στερεά.

Υλικά και κατασκευή – Εξαρτήματα.

Τα έμβολα πρέπει να κατασκευάζονται από κράμα αλουμινίου (Al-Si, Al-Cu, Al-Mg, Al-ZN).

Οι πείροι των εμβόλων πρέπει να κατασκευάζονται από ένα κράμα βασισμένο στο σίδηρο και να κατεργάζονται μηχανουργικά από ένα ενιαίο κομμάτι μετάλλου.

Οι διωστήρες πρέπει να κατασκευάζονται από κράμα βασισμένο είτε στο σίδηρο είτε στο τιτάνιο και πρέπει να κατεργάζονται μηχανουργικά από ένα ενιαίο κομμάτι μετάλλου χωρίς συγκολλητές ή αρθρωτές συναρμογές.

Ο στροφαλοφόρος άξονας πρέπει να κατασκευάζεται από κράμα βασισμένο στο σίδηρο.

Καμία συγκόλληση δεν επιτρέπεται μεταξύ των μπροστινών και οπίσθιων κύριων ρουλεμάν.

Κανένα υλικό με πυκνότητα που υπερβαίνει τα $19,000\text{kg/m}^3$ δεν πρέπει να βρίσκεται σε συναρμογή με τον στροφαλοφόρο άξονα.

Οι εκκεντροφόροι άξονες πρέπει να κατασκευάζονται από ένα κράμα βασισμένο στο σίδηρο.

Κάθε εκκεντροφόρος άξονας μαζί με τα έκκεντρα πρέπει να κατεργάζεται μηχανουργικά από ένα ενιαίο κομμάτι μετάλλου .

Καμία συγκόλληση δεν επιτρέπεται μεταξύ του μπροστινού και οπίσθιου ρουλεμάν κατά μήκος του άξονα.

Οι βαλβίδες πρέπει να κατασκευάζονται από κράματα βασισμένα στο σίδηρο, το νικέλιο, το κοβάλτιο ή το τιτάνιο.

Βαλβίδες με κούφια δομή που ψύχονται με νάτριο, λίθιο και άλλους παρόμοιους τρόπους επιτρέπονται.

Παλινδρομικά και περιστρεφόμενα εξαρτήματα.

a) Τα παλινδρομικά και περιστροφικά εξαρτήματα δεν πρέπει να κατασκευάζονται από μήτρα γραφίτη ή μεταλλική μήτρα συνθετικών ή κεραμικών υλικών. Αυτός ο περιορισμός δεν ισχύει για τον συμπλέκτη και οποιαδήποτε στεγανοποιητικά εξαρτήματα. Τα κεραμικά ρουλεμάν δεν επιτρέπονται στα βοηθητικά εξαρτήματα που συμπεριλαμβάνονται κατά την αξιολόγηση του βάρους της μηχανής, π.χ. εναλλάκτης, αντλίες ψυκτικού μέσου και αντλίες λαδιού.

b) Τα κυλιόμενα στοιχεία των ρουλεμάν πρέπει να κατασκευάζονται από κράμα βασισμένο στο σίδηρο.

c) Τα γρανάζια χρονισμού μεταξύ στροφαλοφόρου άξονα και εκκεντροφόρων αξόνων (συμπεριλαμβανομένων των πλημνών) πρέπει να κατασκευάζονται από ένα κράμα βασισμένο στο σίδηρο.

Στατικά εξαρτήματα:

a) Ο στροφαλοθάλαμος και οι κυλινδροκεφαλές πρέπει να κατασκευάζονται από χυτό ή σφυρηλατημένο κράμα αλουμινίου.

Κανένα συνθετικό υλικό ή υλικό μεταλλικής μήτρας δεν επιτρέπεται για την κατασκευή ενός δομικού εξαρτήματος, είτε εξ' ολοκλήρου είτε τοπικά.

b) Οποιαδήποτε μεταλλική κατασκευή της οποίας πρωτεύων ή και δευτερεύων σκοπός είναι να διατηρείται το λιπαντικό ή και το ψυκτικό μέσο μέσα στον κινητήρα πρέπει να κατασκευάζεται από κράμα βασισμένο στο σίδηρο ή από κράμα αλουμινίου (Al-Si, Al-Cu, Al-Zn, Al-Mg)

Έναυση του κινητήρα.

Μια συμπληρωματική συσκευή που συνδέεται προσωρινά με το αυτοκίνητο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έναυση του κινητήρα και στη σειρά εκκίνησης και στα pit.

Συστήματα πρόληψης σβησίματος κινητήρα.

Εάν ένα μονοθέσιο είναι εξοπλισμένο με ένα σύστημα πρόληψης σβησίματος του κινητήρα, και προκειμένου να αποφευχθεί η πιθανότητα να εμπλακεί σε ατύχημα με τον κινητήρα να λειτουργεί, όλα αυτά τα συστήματα πρέπει να είναι ρυθμισμένα να σταματάτουν τον κινητήρα όχι παραπάνω από δέκα δευτερόλεπτα μετά την ενεργοποίησή τους.

Αντικατάσταση εξαρτημάτων κινητήρα.

Τα εξαρτήματα στις λίστες Α και Β μπορούν να αντικατασταθούν χωρίς να υπάρξουν πρόστιμα από ποινικές ρήτρες σύμφωνα με τους αθλητικούς κανονισμούς της F1. Εάν η αντικατάσταση οποιωνδήποτε από αυτά τα μέρη περιλαμβάνει το σπάσιμο μιας ειδικής σφραγίδας που τοποθετεί η FIA, αυτό μπορεί να γίνει μόνο υπό την επίβλεψη της FIA. Τα εξαρτήματα στην λίστα Β μπορούν να αντικατασταθούν μόνο από πανομοιότυπα τους, επικυρωμένα σύμφωνα με τους αθλητικούς κανονισμούς της F1.

➤ Λίστα Α

- Συμπλέκτης
- Διάταξη συγκράτησης συμπλεκτών
- Υδραυλικές αντλίες
- Ηλεκτρονικά κουτιά κινητήρα (ECU)
- Φίλτρα καυσίμου
- Αντλίες βενζίνης
- Φίλτρα λαδιού
- Συστήματα συγκέντρωσης λαδιού(κάρτερ)
- Δοχεία αέρα για πνευματικά συστήματα, ρυθμιστές, αντλίες και σωλήνες για την ενεργοποίηση βαλβίδων
- Συστήματα εξαγωγής

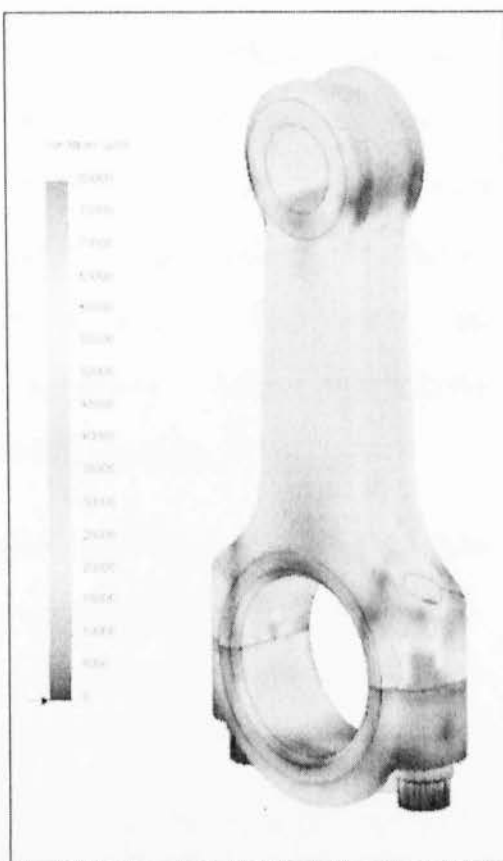
- Στηρίγματα και υποστηρίγματα που σχετίζονται με τα ανωτέρω εξαρτήματα .
- Βίδες, μπουλόνια, ροδέλες και μπουζόνια που σχετίζονται με τα ανωτέρω εξαρτήματα
- Καλώδια, σωληνώσεις ή δίοδοι που σχετίζονται με τα ανωτέρω εξαρτήματα.

➤ Λίστα Β

- Σύστημα γκαζιού (συμπεριλαμβάνεται το πεντάλ γκαζιού, οι σύνδεσμοι, οι ενεργοποιητές, και τα υδραυλικά, χωρίς να περιορίζεται μόνο σ' αυτά.)
- Σύστημα εξαγωγής εξωτερικά της κυλινδροκεφαλής (συμπεριλαμβάνονται οι αυλοί εισαγωγής, το φίλτρο αέρα, η δίοδος που καθοδηγεί τον αέρα στους αυλούς, χωρίς να περιορίζεται μόνο σ' αυτά)
- Πηνία ανάφλεξης
- Σύστημα ανάφλεξης
- Εναλλάκτες
- Αντλίες διαχωρισμού λαδιού
- Αντλίες εφοδιασμού λαδιού
- Διαχωριστές αέρα λαδιού
- Αντλίες νερού
- Ηλεκτρικοί και ηλεκτρονικοί αισθητήρες

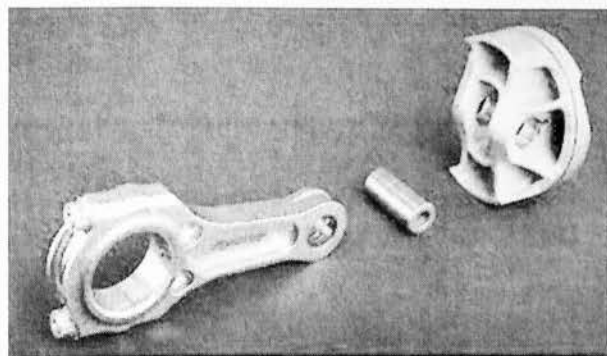
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ V8 (2006-ΣΗΜΕΡΑ)

Μετά την ανακοίνωση της FIA για την επικείμενη μετάβαση από τους V10 των 3.000 cc σε V8 των 2.400 cc, για το πρωτάθλημα του 2006, δεν υπήρχε χρονικό περιθώριο για θεμελιώδεις αλλαγές στη σχεδίαση των κινητήρων. Έτσι οι κατασκευαστές προσπάθησαν με διαφόρων ειδών τροποποιήσεις να εναρμονιστούν στους νέους κανονισμούς αλλά και ταυτόχρονα να διατηρήσουν όσο το δυνατόν τα επίπεδα ισχύος που είχαν οι V10 κινητήρες.



ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΠΟΡΗΣΙΣΤΩΝ ΣΕ ΔΙΣΤΗΡΑ F1

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι της TOYOTA η οποία διατήρησε τους κυλίνδρους των 300 cc, όπως επίσης την διάμετρο των



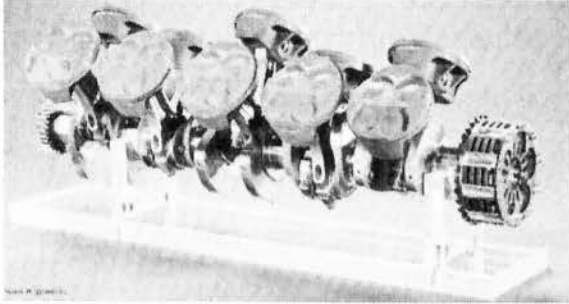
ΔΙΣΤΗΡΑΣ ΠΙΣΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟ ΑΠΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ F1

εμβόλων και τις διαστάσεις και γωνίες των βαλβίδων. Την ίδια τακτική ακολούθησαν και στη σχεδίαση του μπλόκ, της κυλινδροκεφαλής και του

κάρτερ με αποτέλεσμα ο νέος κινητήρας να είναι σχεδιαστικά ίδιος με

τον απερχόμενο V10 απλά με 2 κυλίνδρους λιγότερους και νέο στροφαλοφόρο άξονα.

Η συγκεκριμένη γενιά των V8 αλλά και γενικότερα οι κινητήρες



ΣΤΗΝ ΑΡΧΗ ΤΗ ΕΜΒΟΛΟΝ ΜΕ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟ ΑΞΟΝΑ ΚΑΙ ΣΥΝΔΙΟΛΟΓΗ (BMW 182-8)

της F1 αποτελούν δείγματα κατασκευαστικής τελειότητας. Οι δυνάμεις και τα φορτία που εμπλέκονται είναι τεράστια οπότε και οι συνέπειες που προκαλούν στα εξαρτήματα φαντάζουν αδιανόητες.

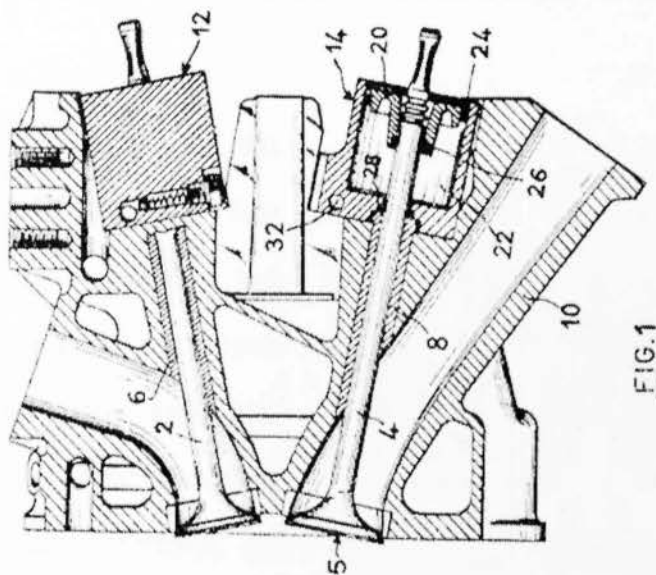
Παρακάτω παραθέτονται μερικά ενδεικτικά στοιχεία που καταδεικνύουν το μέγεθος των φορτίων. Το έμβολο στις 18.000 rpm κάνει την διαδρομή από το ΑΝΣ έως το ΚΝΣ σε λίγο παραπάνω από 3 ms έχοντας μέγιστη ταχύτητα 40 m/s (144 km/h). Για να μπορεί να φτάνει αυτή την ταχύτητα και να σταματά σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα υποβάλλεται σε επιτάχυνση 8.600 g. Αυτό σημαίνει ότι το έμβολο φτάνει τα 100 km/h από στάση σε 0,0005 s. Οι βαλβίδες έχουν μάζα μόλις 50 gr, επειδή όμως ανοιγοκλείνουν 150 φορές το λεπτό, δέχονται 10.000 g οπότε έχουν φαινόμενο βάρος 500 kg. Ο διωστήρας στις 18.000 rpm επιμηκύνεται κατά 0,3-0,4 mm επιβραδύνοντας το έμβολο, το οποίο δέχεται μέγιστη φόρτιση περίπου 6 τόνων.



ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ ΚΑΙ ΕΜΒΟΛΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ F1

6. ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΥΘΙΣΜΑΤΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Τα πνευματικά συστήματα παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά στον κινητήρα της Lotus-Renault το 1986 όταν στο χώρο της Formula 1 κυριαρχούσαν οι υπερτροφοδοτούμενοι V6 κινητήρες. Με το πέρασμα των χρόνων τα συστήματα αυτά έγιναν ο κανόνας στη Formula 1 λόγω της τεράστιας ώθησης που έδωσαν στην ευστροφία των κινητήρων.

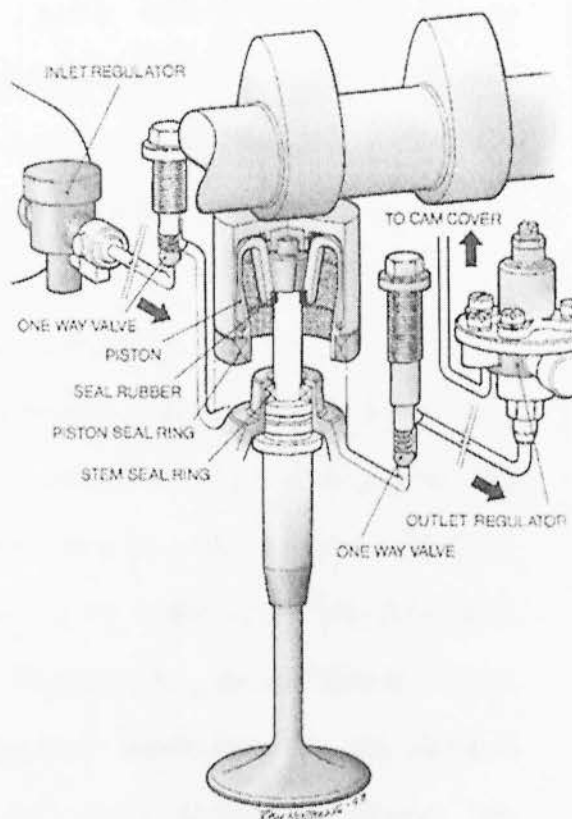


ΥΕΑΦΙΣΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Στην ουσία πρόκειται για εξέλιξη του συμβατικού συστήματος των βαλβίδων, το οποίο όμως καταργεί τη χρήση ελατηρίων για την επαναφορά τους. Οι πνευματικές βαλβίδες δουλεύουν με ένα κύκλωμα του οποίου η πίεση δίνει στη βαλβίδα την τάση και την ένταση να επανέλθει στην κλειστή της θέση, ακριβώς όπως και το ελατήριο. Το κύκλωμα χρησιμοποιεί άζωτο, το οποίο είναι αδρανές αέριο και τα χαρακτηριστικά του είναι όμοια με αυτά του αέρα ως μέσο πίεσης του

συστήματος. Για να λειτουργήσει, το σύστημα απαιτεί την ύπαρξη μίας εξωτερικής δεξαμενής συμπιεσμένου αερίου (συνήθως τοποθετημένη μέσα σε ένα από τα δύο πλευρικά καλύμματα ψυγείων του μονοθεσίου), ενός ρυθμιστή πίεσης του κυκλώματος, μονόδρομων βαλβίδων ροής, καθώς και συστήματος αφαίρεσης καταλοίπων λαδιού που μπορεί να εισχωρήσουν στο σύστημα κατά τη λειτουργία του και να δημιουργήσουν προβλήματα. Τα πνευματικά συστήματα χρησιμοποιούν συμβατικούς εκκεντροφόρους όπου μέσω καπελώτων χειρίζονται την λειτουργία της βαλβίδας. Το κύκλωμα λειτουργεί υπό σταθερή πίεση.

Τα πλεονεκτήματα είναι ότι οι πνευματικές βαλβίδες δεν έχουν πρόβλημα πτώσης της απόδοσης ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας που έχουν καλύψει, κάτι που συμβαίνει στην απόδοση όλων των ελατηρίων. Επίσης, με την κατάργηση των ελατηρίων, αφαιρείται μέχρι και 1/3 του βάρους του συναρμολογημένου συνόλου κάθε βαλβίδας. Αυτό βέβαια οδηγεί στην αύξηση της τριβής ολίσθησης της βαλβίδας κατά τον άξονά της λόγω της παραπάνω στεγανότητας που απαιτείται, και για την επίτευξη αυτής οι μηχανικοί χρησιμοποιούν στεγανωτικά παρεμβύσματα που έχουν

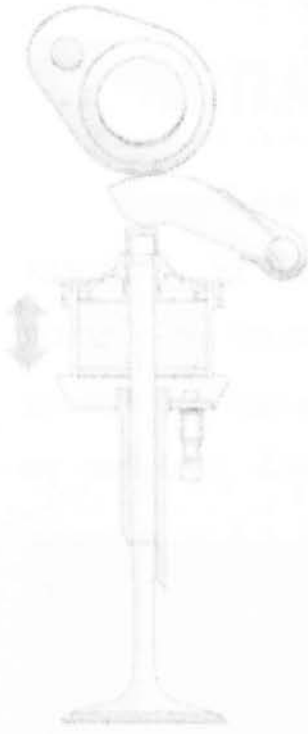


ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής ή και πιο μικρές ανοχές προκειμένου να εξασφαλίσουν τον απαιτούμενο βαθμό στεγανότητας.

Το μεγαλύτερο όμως πλεονέκτημα των πνευματικών βαλβίδων και ο κύριος λόγος που οι κατασκευαστές προχώρησαν στην εφαρμογή αυτής της λύσης, είναι ότι ο ρυθμός επαναφοράς της βαλβίδας στην κλειστή θέση δεν περιορίζεται από τα μέγιστα όρια έντασης και τάσης ενός ελατηρίου. Αυτό βοηθάει στην έγκαιρη επαναφορά της βαλβίδας στην κλειστή θέση σε ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς περιστροφής του κινητήρα χωρίς τον κίνδυνο καθυστερημένης επαναφοράς, κάτι που οδηγεί στην ανεπιθύμητη επαφή μεταξύ βαλβίδας και πιστονιού. Όταν πρωτοπαρουσιάστηκε το σύστημα αυτό από τη Renault, είχαν ισχυριστεί ότι το σύστημα των πνευματικών βαλβίδων καθιστά δυνατό το ταίριασμα των χαρακτηριστικών ανύψωσης της βαλβίδας από την τάση και την ένταση του συστήματος σε σχέση με την αδράνεια που εμφανίζεται στο συναρμολογημένο σύνολο της βαλβίδας. Το αποτέλεσμα είναι η δυνατότητα επίτευξης υψηλότερου ορίου περιστροφής του κινητήρα και κατά συνέπεια μεγαλύτερης απόδοσης.

Τα μειονεκτήματα και τυχόν ευπάθειες του συστήματος θα μπορούσαμε να πούμε ότι βασίζονται στην ίδια την αρχή λειτουργίας του. Από την στιγμή που η επαναφορά της κάθε βαλβίδας βασίζεται στην πίεση του πνευματικού αυτού κυκλώματος, οποιαδήποτε πτώση πίεσης λόγω βλάβης του συστήματος αποτελεί το μεγαλύτερο πρόβλημα. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω διαρροής πίεσης του κυκλώματος, με πιο ευπαθή σημεία τα στεγανωτικά παρεμβύσματα πάνω στην βαλβίδα και το σταθεροποιητή-ρυθμιστή πίεσης του κυκλώματος.

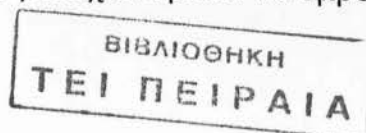


ΔΙΗΤΟΥΡΓΙΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ

Καταστροφικές συνέπειες μπορεί επίσης να έχει και η περίπτωση εισχώρησης λαδιού από τον κινητήρα μέσα στο κύκλωμα. Σε αυτή την περίπτωση, λόγω της ύπαρξης δύο διαφορετικών ρευστών στο κύκλωμα η πίεση του συστήματος θα αλλάξει δραματικά. Σε περίπτωση διάγνωσης πτώσης της πίεσης του κυκλώματος κατά την διάρκεια ενός αγώνα, το μονοθέσιο μπορεί να επιστρέψει στον χώρο ανεφοδιασμού για να υπερπληρωθεί με άζωτο η δεξαμενή του κυκλώματος, κάτι που θα επιτρέψει στο μονοθέσιο να καλύψει κάποιους ακόμα γύρους

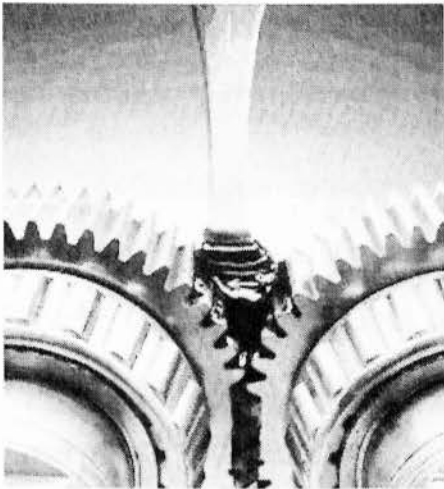
χωρίς τον κίνδυνο βλάβης του κινητήρα.

Ενδεικτικό παράδειγμα του μεγέθους των πιέσεων στα συστήματα αυτά αποτελεί ο RA122E/B της HONDA του 1992 όπου κατά την λειτουργία δούλευε μεταξύ 6 και 8 bar πίεσης, με την εξωτερική δεξαμενή πλήρωσης του συστήματος να έχει περίπου 150 bar πίεσης στην αρχή του αγώνα. Συχνά συμβαίνει να υπάρχει απώλεια πίεσης κατά την διάρκεια του αγώνα που οφείλεται σε διαρροές του συστήματος. Όταν συμβαίνει αυτό οι μηχανικοί επανατροφοδοτούν το πνευματικό κύκλωμα και έτσι αυξάνουν την πίεση. Αυτή η τακτική βέβαια σπάνια λειτουργεί για περισσότερο από μερικούς γύρους. Επίσης, όταν απαιτείται αντικατάσταση κινητήρα, πρέπει ο προς τοποθέτηση κινητήρας να συνδέεται με ένα φορητό κύλινδρο αζώτου προκειμένου να υπάρχει πίεση στο κύκλωμα και οι βαλβίδες να μην εισέλθουν μέσα στους κυλίνδρους και χτυπήσουν τα έμβολα.



7. ΛΙΠΑΝΣΗ

Οι τριβή και η θερμότητα αποτελούν έναν διαχρονικό εχθρό των κινητήρων F1 με τις εταιρίες λιπαντικών να προσπαθούν να εξελίσσονται ταυτόχρονα με την αύξηση της ιπποδύναμης. Μετά την χρυσή εποχή των turbo όπου οι ιπποδυνάμεις έφταναν τους 1.500 HP σε ρυθμίσεις δοκιμαστικών, τα τελευταία χρόνια βλέπουμε πάλι



νούμερα κοντά στους 1.000HP οπότε είναι εύλογο να συμπεραίνουμε ότι μεγάλο ρόλο στην εξέλιξη των κινητήρων F1 παίζουν τα λιπαντικά που είναι διαθέσιμα. Χωρίς αυτά δεν θα μπορούσαν να ανταπεξέλθουν στις άκρως αντίξοες συνθήκες λειτουργίας τους.

Η λειτουργία του λιπαντικού σε έναν κινητήρα είναι διπλή. Εκτός από την εναπόθεση ενός λεπτού στρώματος λαδιού ανάμεσα στις τριβόμενες μεταλλικές επιφάνειες, πρέπει να απάγει αποτελεσματικά την θερμότητα που αναπτύσσεται στον κινητήρα και ειδικά σε εξαρτήματα που φορτίζονται ιδιαίτερα.

Το λιπαντικό πρέπει να διατηρεί τις ιδιότητες του αέριες για μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος και ειδικά σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες να μην μειώνεται το ιξώδες του, πρέπει να μην εξατμίζεται πολύ σύντομα και να προστατεύει τις επιφάνειες από φαινόμενα φθοράς. Επίσης πρέπει να διασφαλίζεται ότι η παροχή λαδιού στα εξαρτήματα είναι αδιάλειπτη γιατί διαφορετικά με δεδομένο τις

δυνάμεις που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του κινητήρα, πολύ γρήγορα θα αστοχήσει.

Οι ομάδες που συμμετέχουν στην F1 έχουν συγκεκριμένους προμηθευτές (όπως η Castrol η Shell η Mobil και Elf) οι οποίοι παράγουν συνθετικά μίγματα λιπαντικών ειδικά για τους κινητήρες των ομάδων με τις οποίες συνεργάζονται. Η σύνθεση των λιπαντικών αυτών αποτελεί αυστηρά φυλασσόμενο μυστικό, όπως η σύνθεση της γόμας των ελαστικών και οι διαστάσεις της διαμέτρου και της διαδρομής (bore +stroke) του κινητήρα κάθε ομάδας.

Ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι ενώ θα περίμενε κανείς, λόγω των τεράστιων φορτίων και θερμοκρασιών, το λιπαντικό να έχει μεγάλο ιξώδες και να είναι σχετικά παχύρευστο, αντιθέτως είναι τόσο λεπτόρευστο που ρέει σαν νερό. Η εξήγηση έγκειται στο ότι το λιπαντικό επιβάλλεται να είναι λεπτόρευστο διαφορετικά θα προκαλούσε αντίσταση στην κίνηση των εξαρτημάτων με αποτέλεσμα την δραματική μείωση της ευστροφίας του κινητήρα. Με άλλα λόγια όσο πιο χαμηλό ιξώδες έχει το λιπαντικό, τόσο πιο γρήγορα και εύκολα κινούνται τα εξαρτήματα με άμεσα αποτελέσματα την μείωση των φορτίων που οφείλονται στην τριβή, την επίτευξη πολύ υψηλών στροφών και την μείωση της κατανάλωσης του καυσίμου.

Στο επίπεδο ανταγωνισμού της F1 ο κατάλληλος συνδυασμός απόδοσης και αξιοπιστίας είναι κάτι παραπάνω από επιβεβλημένος. Ένα λιπαντικό το οποίο είναι υπερβολικά λεπτόρευστο μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρες φθορές, κυρίως επειδή αδυνατεί να απομακρύνει την θερμότητα αποτελεσματικά. Ένα λιπαντικό το οποίο είναι αρκετά

παχύρευστο και βαρύ, όχι μόνο μειώνει κατά πολύ την ευστροφία του κινητήρα αλλά και συντελεί στην αύξηση του βάρους του.

Ένας κινητήρας F1 χρησιμοποιεί 10 λίτρα λιπαντικού εκ των οποίων τα 7 βρίσκονται στην περιοχή του στροφαλοθαλάμου και των κυλίνδρων. Γεγονός που καταδεικνύει την σημασία της σωστής λίπανσης των εν λόγω περιοχών του κινητήρα.

Κατά την διάρκεια της περιόδου των δοκιμών ενός μονοθεσίου, το λιπαντικό του κινητήρα ανανεώνεται σε καθημερινή βάση και λαμβάνονται συνεχώς δείγματα για εργαστηριακές αναλύσεις.

Η βέλτιστη σύνθεση ενός λιπαντικού καθορίζεται σε μεγάλο ποσοστό με την βοήθεια υπολογιστών αφού πρέπει να ληφθούν υπόψιν τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε πίστας και πώς πρέπει να αποδίδει ο κινητήρας σε κάθε μία ξεχωριστά. Για παράδειγμα σε πίστες πολύ στενές όπως το Gran Prix του Monte Carlo απαιτείται λιπαντικό με υψηλό ιξώδες. Ο λόγος είναι γιατί σε μια τέτοια πίστα ο κινητήρας βρίσκεται σε μια συνεχή εναλλαγή πλήρους επιτάχυνσης και δυνατής επιβράδυνσης με αποτέλεσμα την ανάπτυξη θερμοκρασιών πολύ πάνω από το κανονικά επίπεδα.

Η εύρεση του ιδανικού μίγματος είναι μια μακροσκελής διαδικασία. Πρέπει πρώτα να παραχθούν μικρές ποσότητες για δοκιμαστικούς σκοπούς και αν αυτές οι δοκιμές είναι επιτυχείς, τότε εξετάζονται περαιτέρω από την FIA για να ελεγχθεί αν συμμορφώνονται με τους κανονισμούς. Μόνο τότε μπορεί να παραχθεί σε μεγάλες ποσότητες. Από εκεί και έπειτα οι έλεγχοι καθαρότητας του λιπαντικού είναι συνεχείς. Αυτό επιτυγχάνεται με υπερσύγχρονα συστήματα

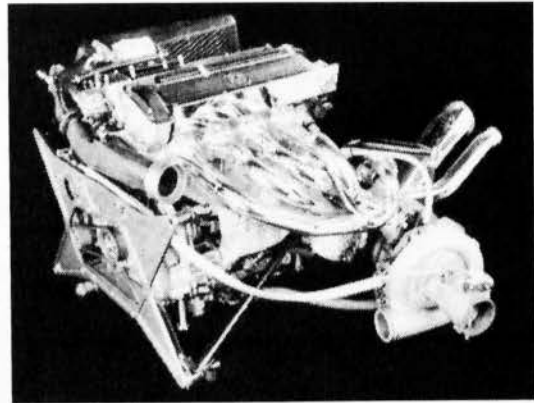
ακτίνων X με τα οποία μπορούν να εντοπιστούν οποιαδήποτε μεταλλικά κατάλοιπα ή ακόμα και μικρά κομμάτια που παρασύρθηκαν από το λιπαντικό λόγω κάποιας φθοράς ή χειρότερα κάποιας ζημιάς.

Αυτή η διαδικασία ελέγχου είναι τρομερά σημαντική γιατί με βάση το ποσοστό ύπαρξης μεταλλικών καταλοίπων στο λιπαντικό, οι μηχανικοί μπορούν να αποφασίσουν αν χρίζει άμεσης αντικατάστασης κάποιο εξάρτημα ή όχι.

Κατά την διάρκεια μιας αγωνιστικής περιόδου μια εταιρία λιπαντικών είναι σε θέση να παρέχει 30.000 λίτρα λιπαντικού. Σε κάθε αγώνα μια ομάδα έχει διαθέσιμα 200 λίτρα.

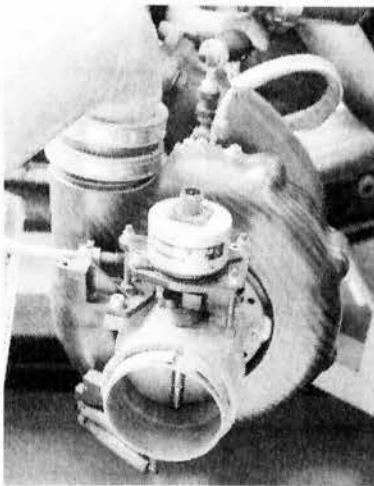
8. ΥΠΕΡΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ

Η πιο ακραία αλλά και η πιο συναρπαστική περίοδος στην F1 ήταν σίγουρα η περίοδος κυριαρχίας των turbo κινητήρων. Αν και βάσει κανονισμού η υπερτροφοδότηση επιτρεπόταν από το 1960 κανείς δεν είχε τολμήσει να ακολουθήσει την συγκεκριμένη οδό εξέλιξης. Ο συγκεκριμένος κανονισμός ήταν μια εναλλακτική πρόταση στο κατεστημένο των 3λιτρων ατμοσφαιρικών.



BMW M12/23

Έπρεπε να φτάσει το 1977 για εμφανιστεί ο πρώτος turbo κινητήρας στην F1 και συγκεκριμένα κινητήρας με υπερτροφοδότηση εξάτμισης. Ήταν ο turbo V6 1.5L που κινούσε το μονοθέσιο RS01 της RENAULT. Ο συγκεκριμένος κινητήρας είχε τις ρίζες του σε έναν κινητήρα 2 λίτρων που προοριζόταν για αγώνες F2 το 1976 και απλά μειώθηκε η διαδρομή του εμβόλου για να εναρμονιστεί με τους κανονισμούς της F1.



Το πρώτο στο επίπεδο ανακρίβειας ή τεχνολογία της F1

Αν και ο συγκεκριμένος κινητήρας αρχικά ήταν πολύ αναξιόπιστος έφτανε σε πολύ υψηλά επίπεδα δύναμης. Την στιγμή που οι υποδυνάμεις ατμοσφαιρικών κινητήρων κυμαίνονταν από 390 hp έως 500 hp, τα υπερτροφοδοτούμενα σύνολα έφταναν

τους 900 hp με ρυθμίσεις αγώνα και τους 1.500 hp με ρυθμίσεις δοκιμαστικών.

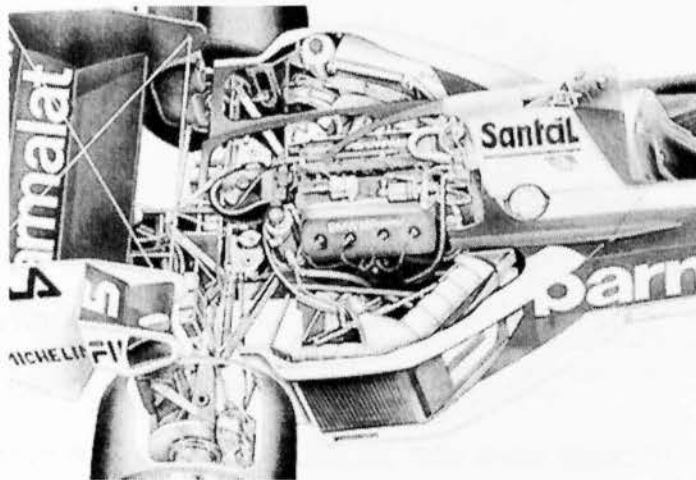


RENAULT EF13B

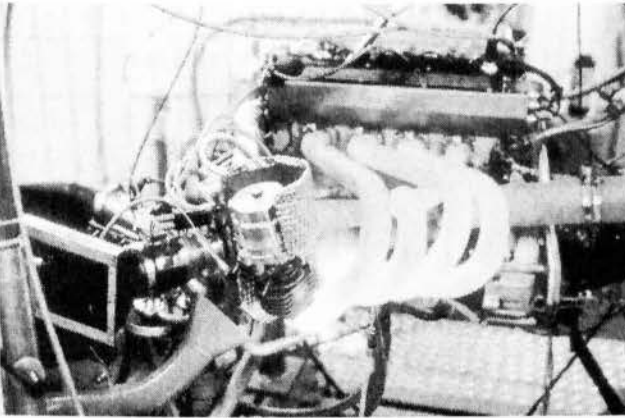
Οι εντυπωσιακές τιμές ιπποδύναμης των turbo κινητήρων ανάγκασαν όλους ακολουθήσουν το παράδειγμα της RENAULT. Το 1981 ήταν η χρονιά που η BMW και η FERRARI ενεπλάκησαν με την υπερτροφοδότηση και σιγά σιγά η εξέλιξη αυτών των κινητήρων άρχισε να τίθεται

εκτός ελέγχου. Το αποκορύφωμα αυτής της ραγδαίας εξέλιξης ήταν ο κινητήρας της BMW που τοποθετούνταν στο μονοθέσιο της BRABHAM BT52 του 1983. Ο συγκεκριμένος κινητήρας ήταν ο BMW M 12/13, ήταν τετρακύλινδρος σε σειρά, είχε κυβισμό 1.499 cc, 4 βαλβίδες ανά κύλινδρο, μια τουρμπίνα της KKK, διάμετρο κυλίνδρου και διαδρομή εμβόλου 89,2 mm και 60 mm αντίστοιχα και συμπίεση 6,7:1. Ζύγιζε 165 kg και απέδιδε 600 hp /9500 rpm και 450 Nm /8500 rpm.

Στην αρχή της καριέρας του ο BMW M 12/13 απέδιδε 560 hp στο δυναμόμετρο. Η BMW όμως στην προσπάθεια της εξασφαλίσει περισσότερους ίππους απευθύνθηκε στην εταιρία χημικών BASF ώστε να την προμηθεύσει με ένα διαφορετικό καύσιμο. Το καύσιμο τελικά που παραχώρησε η BASF είχε εξελιχθεί για



τα πολεμικά αεροσκάφη της Luftwaffe(Γερμανική πολεμική αεροπορία) στον Παγκόσμιο πόλεμο. Τα επίπεδα υποδύναμης που έφτασε η BMW με τη χρήση αυτού του καυσίμου ήταν πέρα από κάθε προσδοκία. Ο



ΔΥΝΑΜΟΣ ΜΕ ΤΡΙΠΛΗ ΣΤ. BMW M12/13

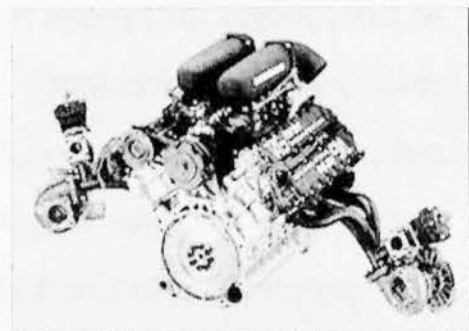
κινητήρας δούλευε με πίεση 5,6 bar και απέδιδε στις δοκιμές αρκετά πάνω από 1.400 hp. Ακριβές νούμερο δεν γνωρίζουμε γιατί τα δυναμόμετρα της εποχής μετρούσαν "μόνο" μέχρι

τους 1.400 hp. Σε συνθήκες αγώνα απέδιδε 1.000 hp οι οποίοι ήταν υπεραρκετοί σε σχέση με τον ανταγωνισμό και ικανοί να δώσουν τον τίτλο κατασκευαστών στην BRABHAM στο τέλος χρονιάς.

Οι 1.400 hp του BMW M 12/13 ήταν και η ανώτερη υποδύναμη που απέκτησαν ποτέ κινητήρες της F1,αφού απο το σημείο αυτό η FIA επέβαλε βαλβίδες εκτόνωσης που μείωναν την πίεση του turbo.Σαν αποτέλεσμα του μέτρου αυτού δεν είδαμε ποτέ τις υποδυναμεις να εκτινάσσονται πάνω από τους 1.500 hp.

Παρά το γεγονός ότι με την υπερτροφοδότηση οι μηχανικοί έφταναν τις αποδόσεις που ζητούσαν, υπήρχαν σοβαρά προβλήματα που έπρεπε να ξεπεραστούν. Προβλήματα χωροταξικά

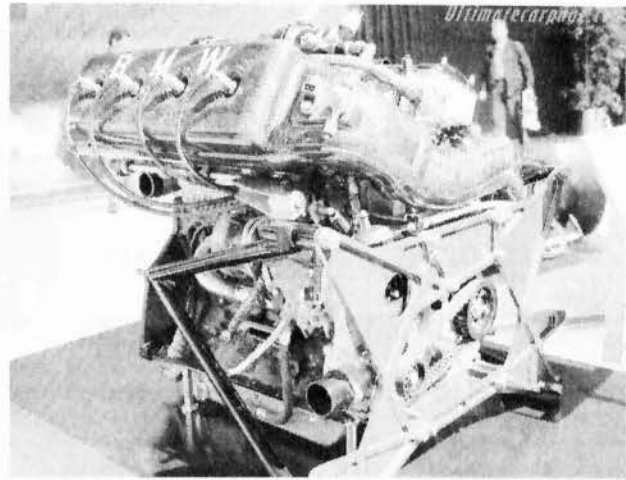
σχετικά με την τοποθέτηση των turbo, το βάρος που αυτά προσέθεταν και το πρόβλημα της αυξημένης κατανάλωσης καυσίμου.



PORSCHE-TAG V6 BI-TURBO

Επίσης έπρεπε να διαχειριστούν και τις τεράστιες θερμοκρασίες που αναπτύσσονταν στην φτερωτή και το κέλυφος του στροβίλου αφού εκεί διοχετεύονταν τα καυσαέρια του κινητήρα.

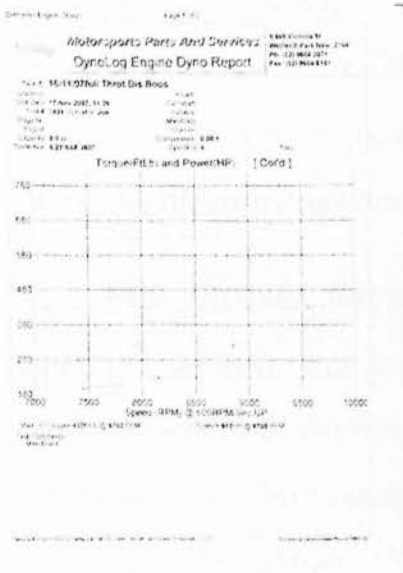
Ένα ακόμα πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί είναι στην ουσία μειονέκτημα που βασίζεται στην αρχή λειτουργίας ενός υπερτροφοδότη. Πρόκειται για την καθυστέρηση



BMW M12/13

απόκρισης ή υστέρηση περιστροφής της φτερωτής κάθε φορά που ο οδηγός πατά απότομα το γκάζι. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στην αδράνεια της μάζας που έχουν τα καυσαέρια και δεν τους επιτρέπει να

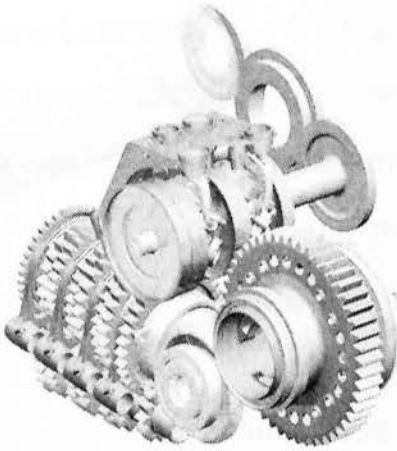
ακολουθούν ταχείες αλλαγές φορτίου. Αυτό το χαρακτηριστικό ταλαιπώρησε αρκετά τους πιλότους μονοθέσιων με turbo κινητήρα γιατί η παροχή της ισχύος μετά το turbo-lag, ήταν τρομερά απότομη και βάνουση καθιστώντας τα συγκεκριμένα μονοθέσια τρομερά δύσκολα στον έλεγχο τους και πολλές φορές και επικίνδυνα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΧΥΟΣ/ΡΟΠΗΣ ΒΜW Μ12/13

Τελικά η εποχή της υπερτροφοδότησης και των τεράστιων ιπποδυνάμεων τελείωσε το 1989 όταν η FIA απαγόρευσε τα turbo και επέβαλε ατμοσφαιρικούς κινητήρες 3.500 cc.

9. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ KERS



ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΜΕ KERS

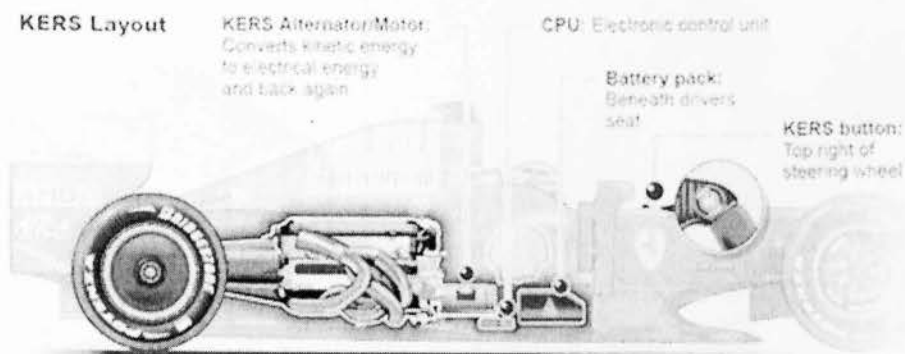
Τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας (KERS) εισήχθησαν στην F1 το 2009 με την χρήση τους να είναι προαιρετική για την συγκεκριμένη αγωνιστική περίοδο. Το 2010 δεν χρησιμοποιήθηκαν από καμία ομάδα και το 2011 η χρήση τους έγινε υποχρεωτική.

Οι λόγοι που οδήγησαν στην δημιουργία αυτών των συστημάτων είναι κυρίως εμπορικοί και οικονομικοί. Με τα συστήματα αυτά επιχειρήθηκε βασικά η ενίσχυση του οικολογικού προφίλ της F1 και η εμπορική σύνδεση της τεχνολογίας της F1 με την αυτοκινητοβιομηχανία. Όλα αυτά έχουν προφανή οικονομικά οφέλη σε συνδυασμό με την αυξημένη τηλεθέαση που υπόσχονται τα συστήματα μέσω της αύξησης των προσπεράσεων.

Από τεχνικής άποψης η λειτουργία του KERS είναι η εξής: η συσκευή ανακτά την κινητική ενέργεια που είναι παρούσα στην εκλυόμενη θερμότητα που παράγεται κατά το φρενάρισμα. Έπειτα αυτή η ενέργεια αποθηκεύεται και μετατρέπεται σε δύναμη η οποία είναι διαθέσιμη στον οδηγό.

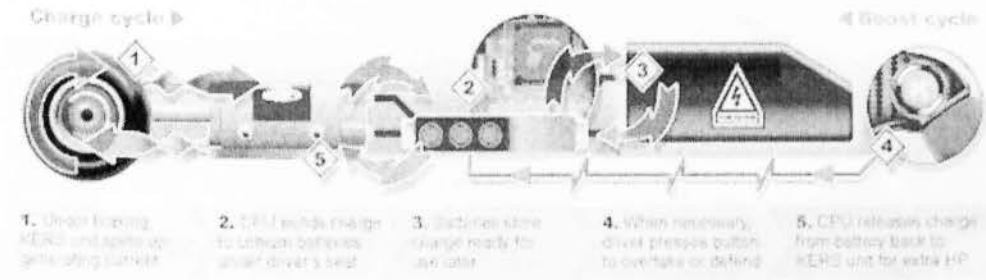
Υπάρχουν δύο βασικές παραλλαγές του συστήματος. Το ηλεκτρικό όπου μέσο αποθήκευσης είναι οι μπαταρίες και το μηχανικό όπου μέσο αποθήκευσης είναι ένας σφόνδυλος.

Το ηλεκτρικό σύστημα χρησιμοποιεί ένα μοτέρ-γεννήτρια ενσωματωμένο στο κιβώτιο το οποίο μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και αντίστροφα. Το μηχανικό σύστημα με την ενέργεια του φρεναρίσματος που ανακτά, θέτει σε κίνηση έναν μικρό σφόνδυλο ο οποίος είναι σε θέση να περιστρέφεται με 80.000 RPM και είναι συνδεδεμένος με τους πίσω τροχούς του μονοθεσίου. Η μέγιστη ροπή που προσδίδει το σύστημα είναι περίπου 130 Nm. Συγκριτικά το μηχανικό KERS είναι πιο αποδοτικό γιατί δεν αλλάζει ενεργειακή κατάσταση πχ. από μηχανική σε ηλεκτρική και αντίστροφα, κάτι το οποίο συμβαίνει στο ηλεκτρικό. Εκτός από τις δύο παραπάνω διατάξεις υπάρχει και μία ακόμα όχι τόσο διαδεδομένη Το υδραυλικό KERS. Το υδραυλικό KERS χρησιμοποιεί την ενέργεια του φρεναρίσματος για να αυξήσει την υδραυλική πίεση ενός κυκλώματος το οποίο μετατρέπει αυτή τη πίεση στην απαιτούμενη δύναμη που φτάνει στους κινητήριους τροχούς.

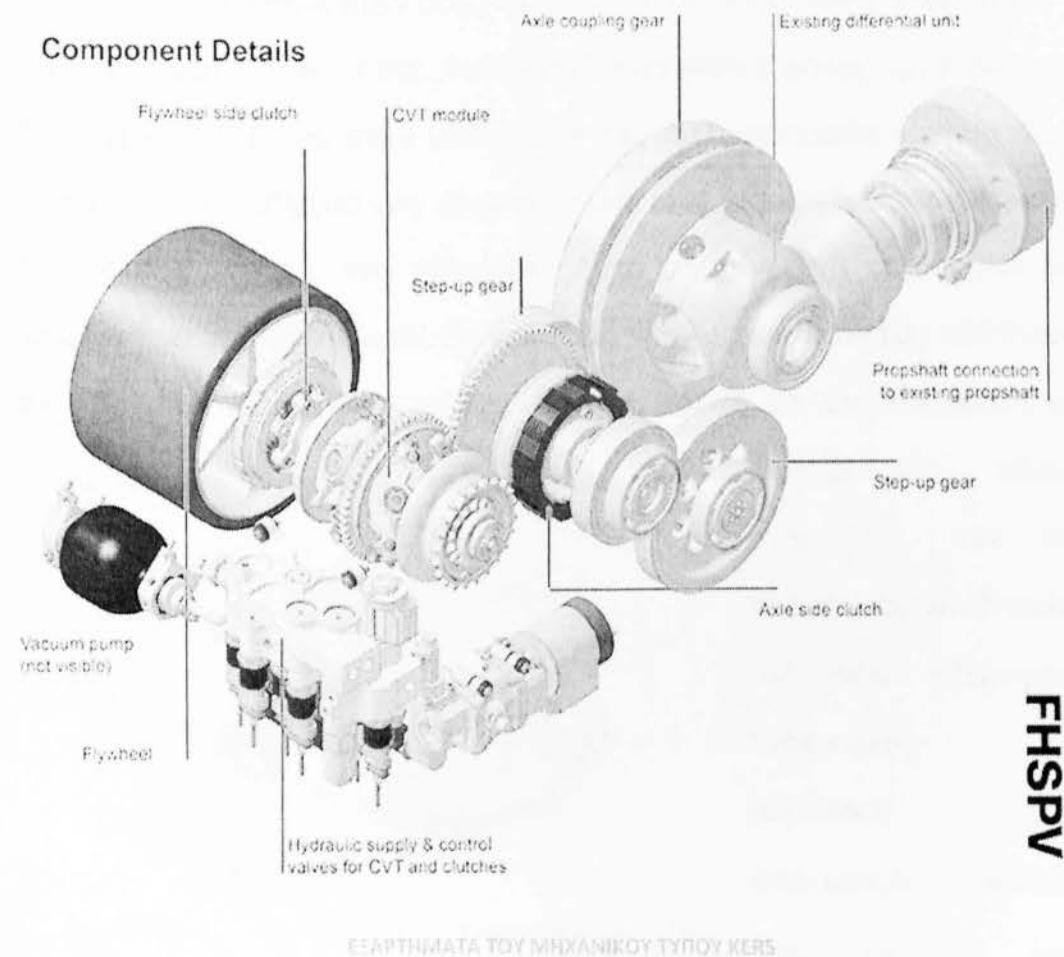


Μια συσκευή KERS ζυγίζει 35 kg αλλά δεν τίθεται κανένα θέμα επιβάρυνσης με πρόσθετο βάρος. Τα μονοθέσια βάσει κανονισμών πρέπει να ζυγίζουν τουλάχιστον 640 kg συμπεριλαμβανομένου του οδηγού, αλλά οι ομάδες τα κατασκευάζουν αρκετά ελαφρύτερα ώστε να μπορούν να τοποθετούν το 70 κιλών έρμα όπου είναι καλύτερο για την δυναμική συμπεριφορά του πλαισίου. Σε περίπτωση όπου ένα

μονοθέσιο είναι εφοδιασμένο με KERS τοποθετούν λιγότερο έρμα για να αντισταθμίσουν το βάρος της συσκευής, αλλά δεν έχουν μεγάλη ελευθερία σχετικά με την κατανομή του στο πλαίσιο.



Τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας μπήκαν πολύ δυναμικά στο χώρο της F1 και είναι σίγουρο ότι θα καθιερωθούν και θα εξελιχθούν σε πολύ μεγάλο βαθμό. Αυτό άλλωστε επιτρέπει η σύγχρονη εποχή όπου ένα δυνατό οικολογικό προφίλ είναι απαραίτητο.

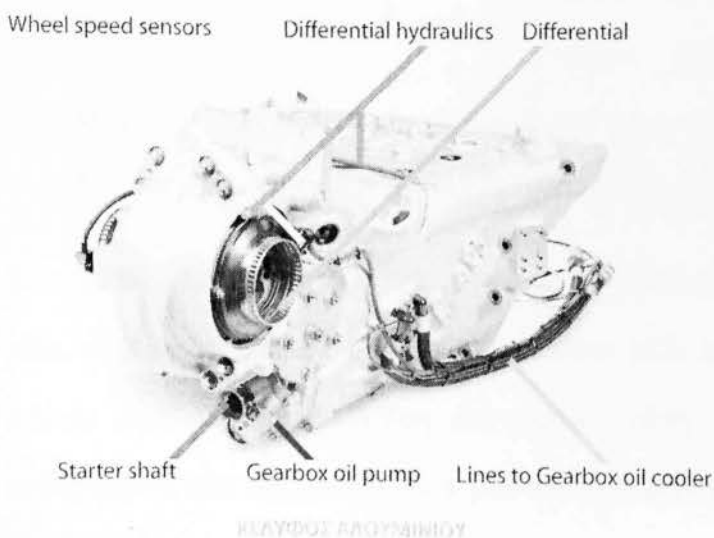


10. ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Η τεχνολογία αιχμής που χρησιμοποιείται στην εξέλιξη και κατασκευή των κινητήρων της F1 δεν θα είχε κανένα νόημα χωρίς τα κιβώτια ταχυτήτων. Ένα κιβώτιο πρέπει να είναι σε θέση να μεταδίδει άψογα την δύναμη του κινητήρα στους τροχούς.



Τις τελευταίες δύο δεκαετίες τα κιβώτια ταχυτήτων έχουν αποκτήσει πολύ σπουδαίο ρόλο σε ένα μονοθέσιο F1 και η εξέλιξη τους είναι πιο ραγδαία απο ποτέ. Αυτό συμβαίνει γιατί ο ρόλος των κιβωτίων δεν περιορίζεται πια στην μετατροπή της παλινδρομικής κίνησης των εμβλόλων σε ευθύγραμμη κίνηση, αλλά έχει επεκταθεί αποτελώντας πια δομικό στοιχείο του πλαισίου. Αυτό σημαίνει ότι εκτός από τα φορτία που παραλαμβάνει το κέλυφος λόγω των συνεχών αλλαγών σχέσεων που εκτελούνται σε έναν αγώνα, πρέπει να παραλαμβάνει τα



φορτία της πόσω ανάρτησης και τα αεροδυναμικά φορτία της πίσω πτέρυγας. Ενδεικτικό του μεγέθους των φορτίσεων αυτών είναι ότι σε μια

κλειστή πίστα με πολλές στροφές, οι αλλαγές σχέσεων μπορούν να φτάσουν τις 4.000 με τεράστιες καταπονήσεις στα γρανάζια και το κέλυφος που τα περιέχει. Δεν πρέπει να ξεχνάμε και τα φορτία απο την πίσω ανάρτηση τα οποία μπορούν να φτάσουν τα 5.000 Kg και τα αεροδυναμικά φορτία απο την πίσω πτέρυγα που μπορούν να φτάσουν τα 500 Kg. Αν σε όλες αυτές τις καταπονήσεις συνυπολογίσουμε και τις συνθήκες λειτουργίας όπως η θερμοκρασία που φτάνει τους 140 c και ότι πρέπει να μεταδίδει συνεχώς μια ροπή στρέψης της τάξης των 27,5 Kgm σε υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής, τότε αντιλαμβανόμαστε την τρομερή προσοχή και ακρίβεια που απαιτείται στην κατασκευή των εξαρτημάτων που το απαρτίζουν.

Τα σύγχρονα κιβώτια F1 είναι 7 σχέσεων τεχνολογίας seamless



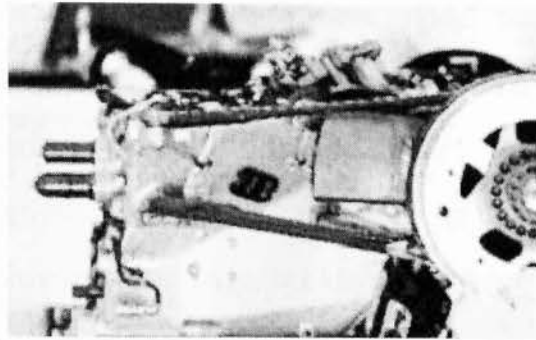
ΟΙ ΔΥΟ ΑΞΟΝΕΣ ΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΣΕ ΣΥΝΑΡΜΟΣΗ ΜΕ ΤΗ ΣΚΕΨΗ

shifting που σημαίνει ότι είναι ικανά να πραγματοποιούν αδιάλειπτες αλλαγές σχέσεων. Αδιάλειπτες αλλαγές σημαίνει πως δεν υπάρχει διακοπή στη μετάδοση της ροπής και αυτό επιτυγχάνεται με μηχανισμούς υψηλής ακρίβειας οι οποίοι εξασφαλίζουν ότι στα

ανεβάσματα ταχύτητας ,η εμπλοκή της νέας σχέσης πραγματοποιείται την ίδια ακριβώς στιγμή που απεμπλέκεται η προηγούμενη σχέση.

Στην ουσία όταν ο οδηγός επιλέγει αλλαγή σχέσης είτε ανέβασμα είτε κατέβασμα, στέλνει ένα σήμα στην ECU οποία γνωρίζοντας ποια σχέση είναι προεπιλεγμένη και ποια σχέση βρίσκεται σε εμπλοκή, στέλνει ένα ηλεκτρικό σήμα σε μια σερβοβαλβίδα τύπου Moog.

Οι βαλβίδες τύπου Moog είναι βασισμένες σε μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο όταν υπήρχε η ανάγκη για μετατροπή ηλεκτρικού σήματος σε

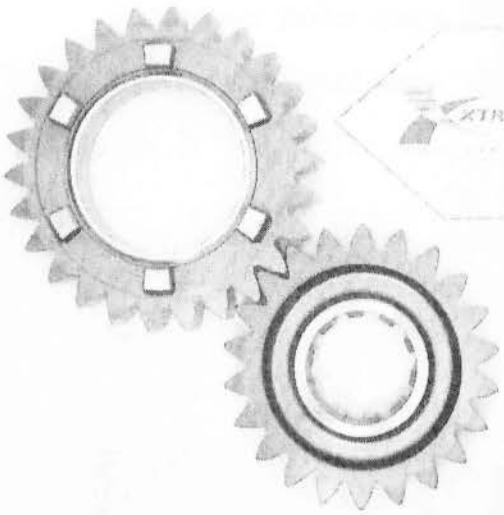


μια διαφορά πίεσης η οποία στη συνέχεια ενεργοποιούσε μια βαλβίδα τύπου Spool. Η βαλβίδα τύπου Moog ελέγχει την πίεση και την ταχύτητα της ροής σε έναν υδραυλικό ενεργοποιητή ή κύλινδρο. Είναι πολύ δημοφιλείς στην F1 γιατί λειτουργούν με τρομερά μεγάλη ακρίβεια και έχουν πολύ καλή απόκριση στο χειρισμό των συστημάτων που βασίζονται σε σερβοβαλβίδες.

Αυτή η βαλβίδα λοιπόν ελέγχει την υδραυλική πίεση στο μηχανισμό αλλαγής ώστε να επιλέξει την κατάλληλη σχέση. Η συνολική μετακίνηση του πολύσφηνου μετάδοσης από την ακινησία μέχρι να εμπλακεί χρειάζεται περίπου 0.007 sec.

Σε ένα κιβώτιο F1 περιέχονται πάνω από 1.500 εξαρτήματα. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να σχεδιαστούν αρκετοί διαφορετικοί αποστάτες ώστε όλες οι συναρμογές να έχουν πολύ μικρές ανοχές. Στο εσωτερικό του κιβωτίου υπάρχουν δύο άξονες τοποθετημένοι κατά τον διαμήκη άξονα του κιβωτίου. Ο άξονας εισόδου και ο άξονας εξόδου. Μπροστά από το κιβώτιο, στο τέλος του άξονα εισόδου υπάρχει ο συμπλέκτης. Στο πίσω μέρος του άξονα εξόδου υπάρχει ένα γρανάζι (πινιόν) το οποίο μεταδίδει την κίνηση στο διαφορικό. Όλα τα γρανάζια των σχέσεων έχουν ίσια οδόντωση με σκοπό την μείωση των απωλειών και την μεγιστοποίηση της ανθεκτικότητας σε μεγάλα φορτία. Σύμφωνα

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ



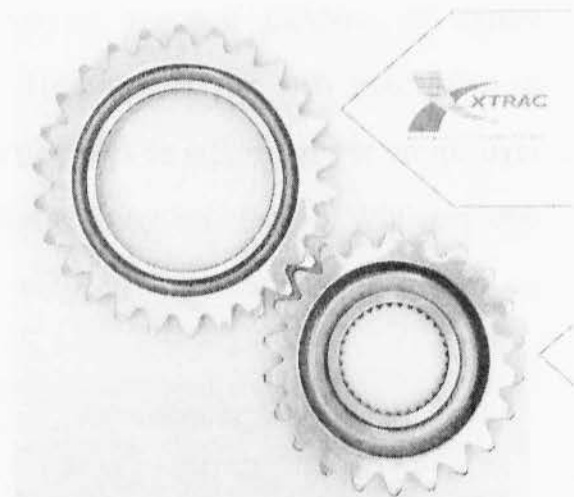
4 22:28 gear ratio set from the early 1990s, in carburised re-melted steel

ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕ ΛΟΓΙΟ ΜΕΤΑΛΛΩΣΗΣ 22:28 (1990)

με τον κανονισμό της FIA τα γρανάζια πρέπει να κατασκευάζονται απο ατσάλι, να έχουν ελάχιστο βάρος 600 gr το ζευγάρι και να έχουν ελάχιστο πάχος 12 mm το καθένα. Το πάχος καθορίστηκε στα 12 mm σε σχέση με τα 7 mm του παρελθόντος, με σκοπό την αύξηση της μακροζωίας του εξαρτήματος.

Ο κάθε άξονας, εισόδου και εξόδου, πρέπει να φέρει 7 σχέσεις προσεχτικά επιλεγμένες ώστε να δίνουν την κατάλληλη σχέση μετάδοσης. Τις σχέσεις αυτές τις επιλέγουν οι ομάδες απο 30 διαθέσιμα ζευγάρια και σύμφωνα με την FIA πρέπει να δηλώνονται πριν απο την έναρξη του πρωταθλήματος.

“Όλα τα μονοθέσια σύμφωνα με τον κανονισμό της FIA πρέπει να είναι εφοδιασμένα με μια σχέση όπισθεν, η οποία ενεργοποιείται με ένα κουμπί πάνω στο τιμόνι. Πατώντας το κουμπί αυτό εμπλέκεται ένα ενδιάμεσο γρανάζι που υπάρχει ανάμεσα στους δύο άξονες και στην ουσία αλλάζει την φορά περιστροφής του άξονα εξόδου.



Same ratio again, but 2004 - lighter, smaller and with a new surface finish

ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕ ΛΟΓΙΟ ΜΕΤΑΛΛΩΣΗΣ 22:28 (2004)

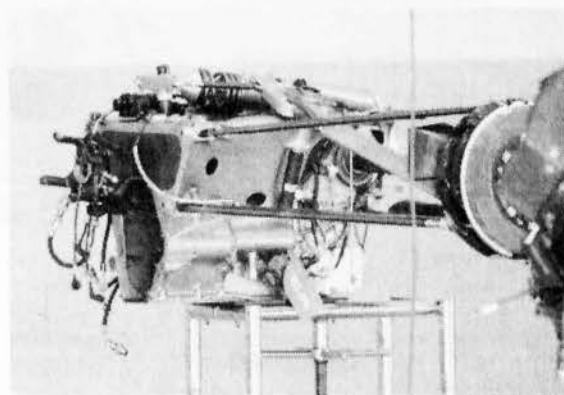
Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της τεχνολογίας των κιβωτίων διαδραμάτισε η σχεδίαση και τα χρησιμοποιούμενα υλικά του κελύφους.



Σχετικά με την σχεδίαση του κελύφους το ζητούμενο είναι να είναι όσο το δυνατόν πιο συμπαγές σε διαστάσεις για να μην επηρεάζει αρκετά την αεροδυναμική απόδοση στο πίσω μέρος του μονοθεσίου που είναι πολύ σημαντική για την ευστάθεια του. Η ύπαρξη αεροτομής

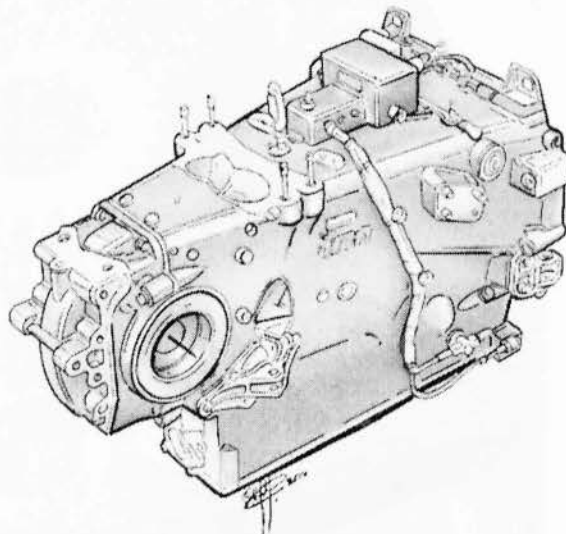
αλλά και διαχύτη στο πίσω μέρος κάθε μονοθεσίου έχει σαν αποτέλεσμα οι ομάδες να προσεγγίζουν διαφορετικά το πρόβλημα τοποθέτησης του κιβωτίου, ανάλογα με το που θέλουν να έχουν περισσότερη αεροδυναμική πίεση. Για παράδειγμα στο πρωτάθλημα του 2010 η Ferrari τοποθέτησε αρκετά ψηλά το κιβώτιο ώστε να πετύχει την βέλτιστη ροή αέρα προς το διπλό διαχύτη, ενώ η Williams στο πρωτάθλημα του 2011 χαμήλωσε πολύ το κορωνοπίνιο με σκοπό να έχει την καλύτερη ροή πάνω από το κιβώτιο.

Σχετικά με τα υλικά που χρησιμοποιούνται υπάρχουν και εδώ διαφορετικές προσεγγίσεις από τις ομάδες.



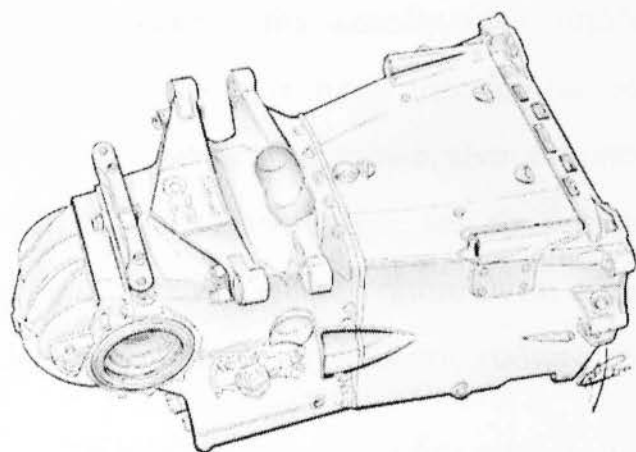
ΚΕΛΥΦΟΣ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑ

Στο πρωτάθλημα του 2011 η Ferrari, McLaren, Mercedes, Red Bull, Force India και Sauber χρησιμοποιούσαν ανθρακονημάτινο κέλυφος. Η Renault χρησιμοποίησε κέλυφος από τιτάνιο και η Williams, Lotus Racing, Hispania Racing, Virgin και Toro Rosso κέλυφος από αλουμίνιο. Η πρώτη ομάδα που επένδυσε στην κατασκευή και χρήση ανθρακονημάτινου κελύφους ήταν η Minardi το 1999.



ΚΕΛΥΦΟΣ ΑΠΟ ΜΑΓΝΗΣΙΟ

Εκτός από τα αλουμίνιο, το τιτάνιο και το ανθρακόνημα έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και το μαγνήσιο. Ο λόγος που αρκετές ομάδες έχουν εγκαταλείψει τη χρήση του μαγνησίου και του αλουμινίου είναι ότι τα μέταλλα αυτά δεν παρουσιάζουν καλές μηχανικές ιδιότητες και πιο συγκεκριμένα δεν έχουν καλή ακαμψία όταν υπάρχουν μεγάλες



ΚΕΛΥΦΟΣ ΑΠΟ ΤΙΤΑΝΙΟ

θερμοκρασίες. Σε αυτό ακριβώς βασίζεται και το πλεονέκτημα που παρουσιάζει το ανθρακόνημα σε σχέση με το μαγνήσιο. Έχει 6 φορές μεγαλύτερη

ακαμψία σε θερμοκρασία δωματίου

και ακόμα μεγαλύτερη σε συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας.

Τα οφέλη απο αυτήν την ιδιότητα του ανθρακονήματος είναι πολύ σημαντικά. Κατ'αρχήν απο τη στιγμή που το κιβώτιο αποτελεί δομικό εξάρτημα του πλαισίου, όσο πιο άκαμπτο είναι τόσο καλύτερα διαχειρίζεται τα φορτία που δέχεται απο την ανάρτηση, τον κινητήρα αλλά και τα αεροδυναμικά φορτία της πίσω



αεροτομής. Έπειτα το ανθρακόνημα σε συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας, όπως αυτές της λειτουργίας ενός κιβωτίου F1, δεν μεταβάλλει τις διαστάσεις του όπως το αλουμίνιο ή το μαγνήσιο με προφανή οφέλη στην αεροδυναμική απόδοση του μονοθεσίου. Ένα ακόμα πλεονέκτημα που παρουσιάζει το ανθρακόνημα και στην περίπτωση αυτή και το τιτάνιο, είναι ότι μπορούν να επισκευαστούν σε αντίθεση με το αλουμίνιο και το μαγνήσιο. Αυτό οφείλεται στις θερμικές κατεργασίες που απαιτούνται αρχικά για την κατασκευή ενός κελύφους απο αυτά τα υλικά που καθιστά αδύνατη την επισκευή τους.

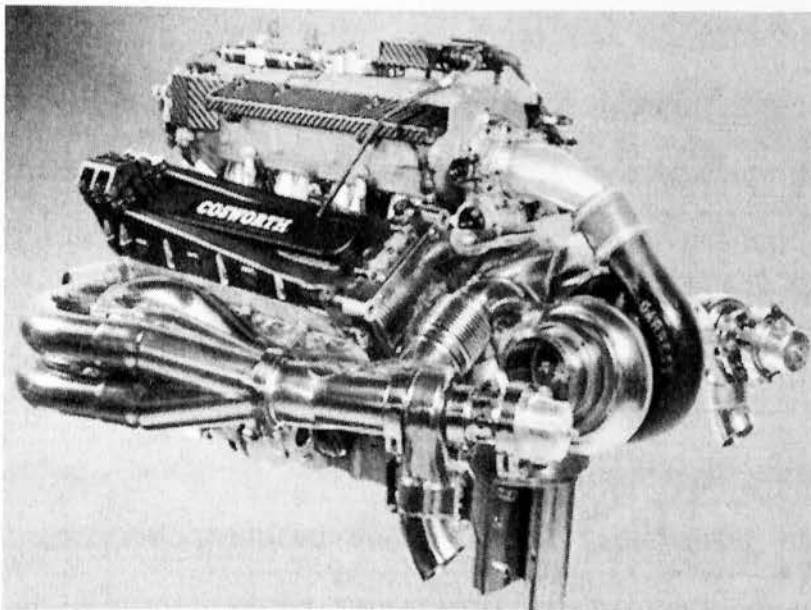
Τα κιβώτια ταχυτήτων δεν αποτελούν εξαίρεση όσον αφορά τα υπέρογκα κόστη εξέλιξης και κατασκευής που κυριαρχούν στον κόσμο της F1. Μια ομάδα F1 κατά την διάρκεια μιας αγωνιστικής περιόδου

δαπανά 3 εως 4 εκκατομύρια ευρώ για τα 8 κιβώτια που θα χρειαστεί. Αν χρειαστεί παραπάνω απο 8 κιβώτια θα χρειαστεί να δώσει 230.000 ευρώ για το καθένα. Ποσά πραγματικά τεράστια αλλά αν αναλογιστεί κανείς τα υλικά που χρησιμοποιούνται, τις μεθόδους κατεργασίας των υλικών αυτών, τις κατασκευαστικές μεθόδους που ακολουθούνται ώστε να επιτύχουν τις τόσο μικρές ανοχές που απαιτούνται, τους εξονυχιστικούς ποιοτικούς ελέγχους, τα κόστη των πολλαπλών δοκιμών που χρειάζονται αλλά και τα έξοδα για την έρευνα και την εξέλιξη των κιβωτίων, δεν φαίνονται και τόσο υπερβολικά.

11.ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΣΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ F1

Ανέκαθεν η F1 αποτελούσε πεδίο συνεχούς εφαρμογής αλλά και πειραματισμού για τα κορυφαία τεχνολογικά επιτεύγματα της κάθε εποχής. Συνεπώς θα μπορούσαμε να πούμε ότι η F1 βρίσκεται σε μια διαρκή φάση αλλαγής και εξέλιξης από την στιγμή της δημιουργίας έως και σήμερα αφού σε κάθε εποχή κυριαρχούσαν διαφορετικά δεδομένα ως προς την τεχνολογία, τα οικονομικά μεγέθη αλλά και την περιβαλλοντική συνείδηση.

Από την στιγμή που η F1 αποτελεί την επιτομή της τεχνολογίας των κινητήρων, η τεχνογνωσία που αποκτάται είναι εξαιρετικά σημαντική. Τα οφέλη βέβαια της τεχνογνωσίας αυτής είναι μακροπρόθεσμα και δύσκολα μεταφέρονται στην σύγχρονη αυτοκινητοβιομηχανία, πλην κάποιων εξαιρέσεων που ειδικεύονται στην κατασκευή ειδικών αυτοκινήτων (McLaren, Ferrari). Για τις



ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ COSWORTH ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΙΣ 2014

υπόλοιπες εταιρίες που εμπλέκονται στην F1 και δεν κατασκευάζουν αυτοκίνητα αυτής της κλάσης η

τεχνογνωσία μεταφέρεται πολύ αργά ή κάποιες φορές με την μορφή υποσυστημάτων (π.χ το σύστημα kers που τοποθετείται στην Mercedes S-Class).

Οι ισχύουσες τάσεις στη σύγχρονη F1 δεν έχουν αλλάξει σε σχέση με το παρελθόν. Όλα βασίζονται στην λεπτομέρεια και στην διαρκή εξέλιξη νέων καλύτερων εξαρτημάτων με σκοπό να είναι ένα μονοθέσιο καλύτερα και πιο έγκαιρα προετοιμασμένο από τον ανταγωνισμό.

Υπάρχει όμως και μια τάση άρρηκτα πια συνδεδεμένη με την F1 η οποία μάλιστα έχει πολύ μεγάλη επιρροή. Πρόκειται για την διαφήμιση και το marketing το οποίο έχει γιγαντωθεί προσφέροντας τεράστια ποσά στις ομάδες.

Ποσά τα οποία είναι απαραίτητα για την εξέλιξη νέων κινητήρων. Ένα στοιχείο ακόμα που έχει εισαχθεί στην F1 λόγω του marketing είναι η ολοένα και μεγαλύτερη συσχέτιση που επιδιώκεται ανάμεσα στις αυτοκινητοβιομηχανίες και την τεχνολογία της F1. Αυτή η συσχέτιση είναι εφικτή μόνο μέσω των κινητήρων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις τάσεις της εποχής που επιβάλουν οικολογική συνείδηση και μείωση της κατανάλωσης του καυσίμου, οδήγησαν στην τακτική του λεγόμενου downsizing. Την μείωση δηλαδή του κυβισμού αλλά ταυτόχρονα την διατήρηση των παλιών επιπέδων απόδοσης με την χρήση υπερτροφοδότησης και συστημάτων ανάκτησης ενέργειας .

Στο πλαίσιο αυτό η FIA ανακοίνωσε τις αλλαγές στους κινητήρες που θα χρησιμοποιούνται από το πρωτάθλημα του 2014. Με βάση αυτές λοιπόν τις αλλαγές ο V8 των 2,400 cc αντικαθίσταται από υπερτροφοδοτούμενο V6 1,600 cc . Η περιεχόμενη γωνία των 90⁰ στον νέο V6 παραμένει ως έχει ενώ το όριο περιστροφής μειώνεται από τις

18,000 rpm στις 15,000 rpm. Απαιτείται το turbo να βρίσκεται στο εσωτερικό τμήμα που σχηματίζει το V ενώ οι εξατμίσεις να βρίσκονται στο εξωτερικό. Σημαντικό βήμα όσον αφορά την οικονομία του καυσίμου και κατ' επέκταση την προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί η καθιέρωση ορίου ροής του καυσίμου. Το όριο αυτό θεσπίζεται στα 100 kg/h.

Εκτός από την επαναφορά της υπερτροφοδότησης στην F1 έπειτα από 25 χρόνια, θα χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα δύο διαφορετικά συστήματα ανάκτησης ενέργειας. Το γνωστό KERS που ανακτά την ενέργεια που χάνεται κατά το φρενάρισμα θα συμπληρώνεται από ένα σύστημα που θα ανακτά την ενέργεια που χάνεται με την μορφή θερμότητας των καυσαερίων της εξάτμισης.

Ακόμα είναι άγνωστα τα νούμερα ισχύος που θα προσφέρει το συγκεκριμένο σύστημα ενώ το για KERS ανακοινώθηκε ότι θα διπλασιαστεί η απόδοση του από τα 60 kw στα 120 kw (162 PS).

Με το πέρασμα του χρόνου σίγουρα θα ανακοινώνονται πιο πολλά και σαφή στοιχεία σχετικά με τον νέο κινητήρα. Γεγονός αποτελεί επίσης ότι πάντα στην F1 υπήρχε μια μυστικοπάθεια σχετικά με ανακοινωθείσες τεχνικές λεπτομέρειες.

12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. "The science of FORMULA 1 DESIGN" David Tremayne - HAYNES publishing
2. "RED BULL RACING F1 CAR, owner's workshop manual" Steve Rendle-HAYNES publishing
3. www.f1technical.net
4. www.formula1.com "The official F1 website."
5. www.motoiq.com
6. www.pureluckdesign.com
7. www.scarbsf1.com