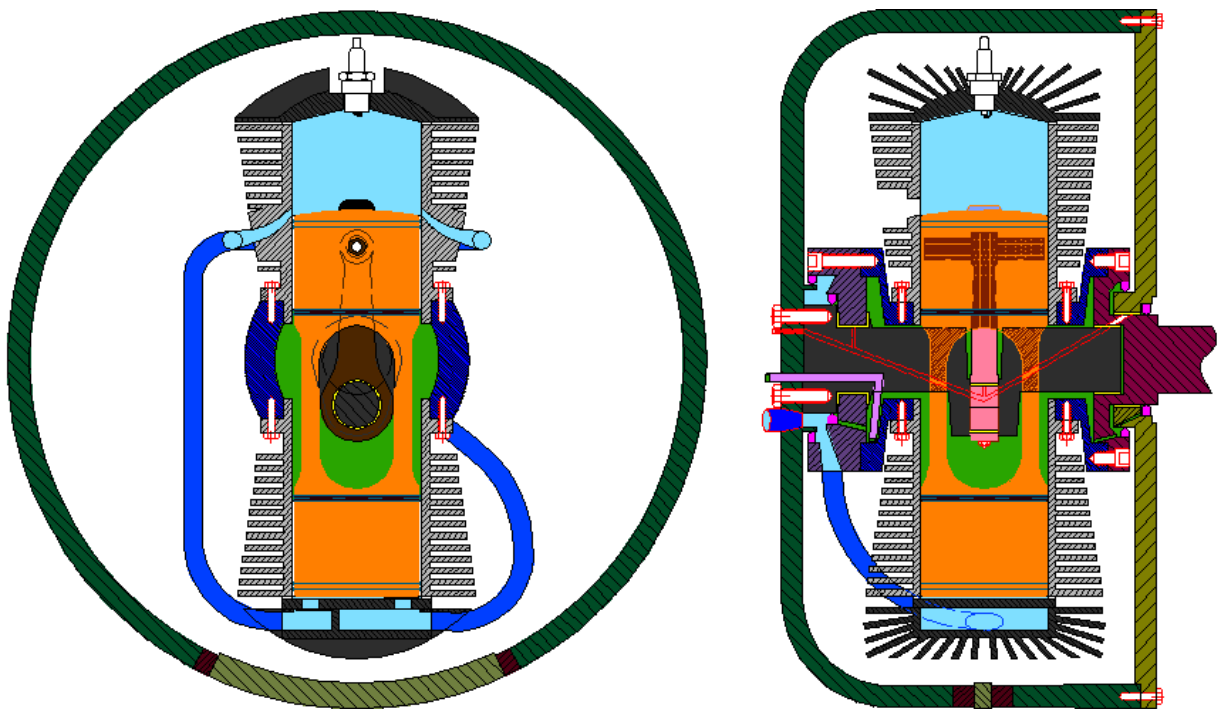




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΥΛΙΝΔΡΟ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΟΥΜΤΖΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ (Α.Μ. 5211)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΘΥΜΙΟΥ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην ανάλυση λειτουργίας και στην σχεδίαση ενός περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα εσωτερικής καύσης με συμπιεστή τροφοδοσίας για κάθε κύλινδρο. Ο κινητήρας αυτός έχει αναγνωρισθεί με το υπ' αριθμόν 1004306/2002 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας όπου αναφέρονται και κατοχυρώνονται οι καινοτομίες του. Ο κινητήρας αυτός, σε θεωρητικό επίπεδο, ενσωματώνει όλα τα πλεονεκτήματα των μέχρι σήμερα γνωστών δίχρονων βενζινοκινητήρων καθώς και των περιστροφικών, χωρίς να έχει κανένα από τα μειονεκτήματά τους.

Στην αρχή της εργασίας αυτής γίνεται μία σύντομη περιγραφή των κινητήρων εσωτερικής καύσης που γνωρίζουμε μέχρι σήμερα. Στην συνέχεια γίνεται μία εκτενέστερη αναφορά στους δίχρονους και στους περιστροφικούς βενζινοκινητήρες λόγω της φύσης του συγκεκριμένου κινητήρα. Επίσης αναφέρονται οι λόγοι που οδήγησαν στον σχεδιασμό και στην κατασκευή του κινητήρα αυτού, και αναλύεται η λειτουργία του καθώς και ο τρόπος με τον οποίο ο κινητήρας αυτός κατασκευάστηκε. Τέλος, σχεδιάστηκαν τα κομμάτια που απαρτίζουν τον κατασκευασμένο περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα εσωτερικής καύσης με το σχεδιαστικό ηλεκτρονικό πρόγραμμα AutoCAD Mechanical 2011.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ευθυμίου Ανδρέα για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Μουμτζής Στυλιανός
Σεπτέμβριος 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στην ανάλυση λειτουργίας και στην σχεδίαση ενός περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα εσωτερικής καύσης με συμπιεστή τροφοδοσίας για κάθε κύλινδρο.

Η ανάπτυξη του θέματος πραγματοποιείται σε έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται εν συντομία οι κινητήρες εσωτερικής καύσης που γνωρίζουμε μέχρι σήμερα καθώς και η εξέλιξή τους μέσα από μία ιστορική αναδρομή. Επίσης γίνεται μία αναφορά στην προσπάθεια που πραγματοποιείται τα τελευταία χρόνια για την μείωση των ρύπων των κινητήρων για περιβαλλοντικούς λόγους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο υπάρχει μία εκτενέστερη αναφορά στους δίχρονους και στους περιστροφικούς κινητήρες. Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην εξέλιξη των δίχρονων κινητήρων καθώς και στις επεμβάσεις που μπορούν να δεχτούν με σκοπό να επανέλθουν στην αγορά με αρκετά μειωμένους ρύπους. Επίσης αναφέρονται αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τόσο των δίχρονων όσο και των περιστροφικών βενζινοκινητήρων. Αυτό συμβαίνει διότι ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας είναι μεν περιστροφικός, αλλά η λειτουργία του βασίζεται στους δίχρονους βενζινοκινητήρες.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα σημεία που μειονεκτούν οι παλινδρομικοί κινητήρες έναντι των περιστροφικών καθώς και τα σημεία που μειονεκτούν οι περιστροφικοί έναντι των παλινδρομικών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας ενός νέου κινητήρα, με σκοπό την αντιμετώπιση των παραπάνω μειονεκτημάτων. Επίσης παρουσιάζεται ένας τρόπος λειτουργίας του δίχρονου βενζινοκινητήρα με σκοπό την εξάλειψη των αυξημένων ρύπων που προέρχονται από την καύση του λιπαντικού μαζί με το καύσιμο μίγμα κατά τη λειτουργία του. Τέλος, αφού έχουν αντιμετωπιστεί τα παραπάνω προβλήματα παρουσιάζεται ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας εσωτερικής καύσης με συμπιεστή τροφοδοσίας για κάθε κύλινδρο ο οποίος είναι απαλλαγμένος από όλα τα παραπάνω. Το κεφάλαιο λοιπόν αυτό αποτελεί τους λόγους που οδήγησαν στην επινοήση και σχεδίαση του κινητήρα αυτού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται με αναλυτικό τρόπο ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας. Παρουσιάζονται όλα τα μέρη που τον απαρτίζουν σχεδιασμένα στο σχεδιαστικό ηλεκτρονικό πρόγραμμα AutoCAD Mechanical 2011 με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατανοητά από τον οποιοδήποτε. Επίσης περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί αυτός καθώς και τα επιμέρους συστήματα που τον απαρτίζουν (σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, σύστημα λίπανσης κινητήρα, σύστημα ψύξης κινητήρα, σύστημα έναυσης κινητήρα, σύστημα απαγωγής καυσαερίων κινητήρα). Τέλος, γίνεται μία αναφορά για κάποιες παραλλαγές λειτουργίας που μπορεί να δεχθεί ο κινητήρας αυτός, ώστε να χρησιμοποιούνται και οι δύο κύλινδροι που φέρει σαν κύλινδροι καύσης, καθώς επίσης να είναι συμβατός και με άλλα καύσιμα εκτός της βενζίνης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάστηκε ο πρώτος περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας εσωτερικής καύσης με συμπιεστή τροφοδοσίας για κάθε κύλινδρο. Αναφέρονται οι λόγοι που ο κινητήρας αυτός, οπτικά απέχει από τον κινητήρα ο οποίος είχε σχεδιαστεί αρχικά αλλά επισημαίνεται ότι η αρχή λειτουργίας και η όλη φιλοσοφία παρέμεινε ίδια. Παρουσιάζονται τα μέρη τα οποία τον απαρτίζουν καθώς και ο τρόπος με τον οποίο πολλά από αυτά διαφοροποιήθηκαν ώστε να εξυπηρετούν την κατασκευή που έπρεπε να πραγματοποιηθεί.

Το έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνει αποκλειστικά τα μηχανολογικά σχέδια που εκπονήθηκαν με το σχεδιαστικό ηλεκτρονικό πρόγραμμα AutoCAD Mechanical 2011. Αυτά τα σχέδια αφορούν τον κατασκευασμένο περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα και περιλαμβάνουν τα μέρη από τα οποία αποτελείται.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΟΙ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

1.1 Τύποι Κινητήρων	1
1.1.1 Γενικά	1
1.1.2 Βενζινοκινητήρες	2
1.1.3 Κινητήρας τεσσάρων χρόνων	2
1.1.4 Κινητήρας δύο χρόνων	3
1.1.5 Κινητήρας Wankel	4
1.1.6 Τριδύναμος περιστροφικός κινητήρας	5
1.1.7 Αεροστρόβιλος	6
1.2 Στοιχεία Που Απαρτίζουν Έναν Κινητήρα	6
1.2.1 Διάταξη κυλίνδρων	6
1.2.2 Στροφαλοφόρος άξονας και Διωστήρας	7
1.2.3 Έμβολα	7
1.2.4 Θάλαμος καύσης	8
1.2.5 Βαλβίδες	8
1.2.6 Εκκεντροφόρος άξονας	9
1.2.7 Επιφάνειες Τριβής	10
1.2.8 Σφόνδυλος	10
1.2.9 Σπινθηριστής	11
1.2.10 Εξαεριωτής	12
1.2.11 Ψεκασμός καυσίμου	12
1.2.12 Υπερτροφοδότηση	13
1.2.13 Λίπανση κινητήρα	14
1.2.14 Ψύξη κινητήρα	14
1.2.15 Εξαγωγή καπναερίων	15
1.3 Πεδία Εφαρμογών	15
1.4 Σύγχρονες Ανάγκες	16
1.4.1 Η εξέλιξη σήμερα	16
1.4.2 Βιοκαύσιμα	16
1.4.3 Υβριδική τεχνολογία	17
1.4.4 Το υδρογόνο σαν καύσιμο	18

2. ΔΙΧΡΟΝΟΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

2.1 Δίχρονοι Κινητήρες	19
2.1.1 Γενικά	19
2.1.2 Πλεονεκτήματα	19

2.1.3 Εφαρμογή και λειτουργία.....	19
2.1.4 Βήματα Εξέλιξης.....	20
2.1.4.1 Βαλβίδες REED.....	20
2.1.4.2 Περιστροφική βαλβίδα εισαγωγής.....	20
2.1.4.3 Έμβολα.....	21
2.1.4.4 Θάλαμος εξαγωγής καυσαερίων.....	21
2.1.5 Οι δίχρονοι κινητήρες big-bang.....	22
2.1.6 Προοπτικές εξέλιξης δίχρονων κινητήρων.....	23
2.1.7 Οι δίχρονοι κινητήρες ξανά στην παραγωγή.....	25
2.2. Κινητήρας Wankel.....	26
2.2.1 Ιστορική αναδρομή.....	26
2.2.2 Παρουσίαση κινητήρα.....	26
2.2.3 Τα μέρη του Wankel.....	27
2.2.3.2 Το κέλυφος (ή Στάτης) του Wankel.....	27
2.2.3.1 Ο Ρότορας του Wankel.....	27
2.2.3.3 Ο άξονας του Wankel.....	28
2.2.4 Ανάλυση λειτουργίας.....	29
2.2.4.1 Εισαγωγή.....	29
2.2.4.2 Συμπίεση.....	29
2.2.4.3 Ανάφλεξη – Εκτόνωση.....	30
2.2.4.4 Εξαγωγή.....	30
2.2.5 Διαφορές μεταξύ κινητήρα Wankel και συμβατικών κινητήρων.....	31
2.2.5.1 Πλεονεκτήματα κινητήρα Wankel.....	31
2.2.5.2 Μειονεκτήματα κινητήρα Wankel.....	31
2.3. Κινητήρας RADMAX.....	32
2.3.1 Γενικά.....	32
2.3.2 Τρόπος λειτουργίας.....	33

3. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ

3.1 Γενικά.....	35
3.2 Μειονεκτήματα των κινητήρων που γνωρίζουμε σήμερα.....	35
3.3 Αντιμετώπιση των δυνάμεων αδράνειας.....	37
3.4 Αντιμετώπιση προβλήματος αυξημένων ρύπων.....	39
3.5 Συνδυασμός των καινοτομιών.....	40

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΥΛΙΝΔΡΟ

4.1 Γενικά.....	45
4.2 Παρουσίαση περιστροφικού κινητήρα.....	46
4.3 Τα βασικά μέρη ενός περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα.....	47
4.3.1 Το κέλυφος (Στάτης).....	47
4.3.2 Ο εξωτερικός ρότορας.....	48
4.3.3 Ο εσωτερικός ρότορας.....	49
4.4 Λειτουργία περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα.....	50
4.4.1 Εισαγωγή μίγματος στον κύλινδρο τροφοδοσίας και παράλληλα συμπίεση στον κύλινδρο καύσης.....	52
4.4.2 Εξαγωγή μίγματος από τον κύλινδρο τροφοδοσίας και παράλληλα καύση-εκτόνωση, εξαγωγή καυσαερίων και εισαγωγή μίγματος στον κύλινδρο καύσης.....	52
4.4.3 Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου.....	54

4.4.4 Σύστημα λίπανσης κινητήρα.....	55
4.4.5 Σύστημα ψύξης κινητήρα.....	56
4.4.6 Σύστημα έναυσης κινητήρα	57
4.4.7 Σύστημα απαγωγής καυσαερίων κινητήρα.....	58
4.5 Παραλλαγές λειτουργίας περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα	58
5. Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
5.1 Γενικά	60
5.2 Κατασκευή εξωτερικού ρότορα	61
5.3 Κατασκευή εσωτερικού ρότορα	62
5.4 Κατασκευή συστήματος λίπανσης	64
5.5 Κατασκευή συστήματος τροφοδοσίας.....	65
5.5.1 Τοποθέτηση κυλινδροκεφαλής κυλίνδρου τροφοδοσίας	65
5.5.2 Κατασκευή αγωγών και περιστροφικού συνδέσμου μίγματος	66
5.6 Κατασκευή κυλινδροκεφαλής καύσης.....	67
5.7 Κατασκευή συστήματος απαγωγής καυσαερίων	67
5.8 Διαδικασία της ζυγοστάθμισης του ρότορα.....	68
5.9 Κατασκευή του κελύφους του κινητήρα	68
6.ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
6.1 Γενικά	70
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

1.1:	Λειτουργία τετράχρονου κινητήρα	2
1.2:	Λειτουργία δίχρονου κινητήρα	3
1.3:	Βασικά μέρη του κινητήρα Wankel	5
1.4:	Διάταξη κυλίνδρων V.....	6
1.5:	Έμβολο και ελατήρια	7
1.6:	Διάταξη βαλβίδων	9
1.7:	Εκκεντροφόροι άξονες	10
1.8:	Σφόνδυλος	11
1.9:	Διάταξη συστήματος ψεκασμού.....	13
1.10:	Σύστημα υπερτροφοδότησης	13
1.11:	Υβριδικό μοντέλο μεγάλης αυτοκινητοβιομηχανίας	17
2.1:	Βαλβίδες Reed	20
2.2:	Περιστροφική βαλβίδα εισαγωγής	21
2.3:	Θάλαμος εξαγωγής καυσαερίων για δίχρονο κινητήρα	22
2.4:	Ο κινητήρας του Honda NSR 500	23
2.5:	Συγκριτικό Διάγραμμα	25
2.6:	Στάτης και ρότορας κινητήρα Wankel.....	27
2.7:	Ρότορας κινητήρα Wankel.....	28
2.8:	Άξονας κινητήρα Wankel.....	28
2.9:	Χρόνος εισαγωγής κινητήρα Wankel.....	29
2.10:	Χρόνος συμπίεσης κινητήρα Wankel.....	29
2.11:	Χρόνος ανάφλεξης-εκτόνωσης κινητήρα Wankel	30
2.12:	Χρόνος εξαγωγής κινητήρα Wankel.....	30
2.13:	Κινητήρας RadMax.....	32
2.14:	Λειτουργία κινητήρα RadMax	33
3.1:	Λειτουργία δίχρονου κινητήρα καθώς περιστρέφεται ο στροφαλοφόρος άξονας.....	37
3.2:	Μετατροπή παλινδρομικού κινητήρα σε περιστροφικό καθώς μένει σταθερός ο στροφαλοφόρος άξονας και περιστρέφεται το σώμα του κινητήρα.....	38
3.3:	Αναλυτικά η ομαλή κυκλική πορεία που ακολουθούν τα κινούμενα μέρη του κινητήρα με σταθερό το στροφαλοφόρο άξονα.....	38
3.4:	Δίχρονος κινητήρας με τροφοδοσία καυσίμου μέσω δεύτερου κυλίνδρου και λίπανση με πίεση λαδιού.....	40
3.5:	Περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας με κύλινδρο τροφοδοσίας σε πρόοψη και πλάγια όψη.....	41
4.1:	Εμφάνιση της εσωτερικής (πράσινο χρώμα) και εξωτερικής (κόκκινο χρώμα) κυκλικής πορείας που ακολουθούν οι δύο ρότορες.....	46
4.2:	Κέλυφος (Στάτης).....	47

4.3: Το κέντρο του εξωτερικού ρότορα.....	48
4.4: Εξωτερικός ρότορας του κινητήρα.....	49
4.5: Εσωτερικός ρότορας κινητήρα.....	50
4.6: Αυξομείωση του χώρου καύσης καθώς ο κινητήρας περιστρέφεται.....	51
4.7: Εισαγωγή στον κύλινδρο τροφοδοσίας και συμπίεση στον κύλινδρο καύσης....	52
4.8: Καύση-εκτόνωση και εξαγωγή στον κύλινδρο καύσης και προώθηση μίγματος από τον κύλινδρο τροφοδοσίας στον κύλινδρο καύσης.....	53
4.9: Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου.....	54
4.10: Σύστημα λίπανσης κινητήρα.....	56
4.11: Σύστημα έναυσης κινητήρα.....	57
4.12: Περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας με δύο κυλίνδρους καύσης που τροφοδοτείται από εξωτερική αντλία σάρωσης.....	59
5.1: Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας κατασκευασμένος.....	60
5.2: Ο εξωτερικός ρότορας του κινητήρα.....	62
5.3: Έμβολο πετρελαιομηχανής Perkins παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε.....	63
5.4: Αποτύπωση πραγματικής διάταξης των διωστήρων του κατασκευασμένου περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα.....	64
5.5: Η αντλία λαδιού που χρησιμοποιήθηκε.....	65
5.6: Κυλινδροκεφαλή κυλίνδρου τροφοδοσίας.....	65
5.7: Ο εξαεριωτής τοποθετημένος στο κέλυφος του κινητήρα.....	66
5.8: Η κυλινδροκεφαλή κυλίνδρου καύσης τοποθετημένη.....	67
5.9: Η “εξάτμιση” του κινητήρα τοποθετημένη.....	68

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Από το 1876 (κινητήρας Otto) και το 1892 (κινητήρας Diesel) ξεκινάει η εξέλιξη και η ανάπτυξη των μηχανών εσωτερικής καύσης. Καθώς λοιπόν με τα χρόνια πολλαπλασιάζονται οι γνώσεις και οι ανάγκες όσον αφορά τη λειτουργία τους, εξελίσσονται διαρκώς και αυξάνεται η ζήτηση για νέους τύπους κινητήρων. Σε αυτό έχουν συμβάλει αρκετά και οι αυστηροί περιβαλλοντικοί περιορισμοί, οι διαδοχικές πετρελαϊκές κρίσεις των τελευταίων δεκαετιών και ο εντονότερος ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών μηχανών εσωτερικής καύσης. Οι βιομηχανίες που σχεδιάζουν, κατασκευάζουν και συντηρούν τις μηχανές εσωτερικής καύσης παίζουν καθοριστικό ρόλο στο πεδίο των μεταφορών και της παραγωγής ενέργειας.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ιστορία των μηχανών εσωτερικής καύσης, αρχίζει μόλις το 1860, τη χρονιά δηλαδή που ο Jean Etienne Lenoir, ένας Βέλγος εφευρέτης, κατασκεύασε τον πρώτο πρακτικά χρησιμοποιήσιμο κινητήρα, από τον οποίο προέρχονται όλοι οι άλλοι κινητήρες εσωτερικής καύσεως. Εντούτοις η αποδιδόμενη ισχύς ήταν πολύ μικρή, σε αυτόν τον πρώτο κινητήρα, αφού το προς καύση μείγμα γκαζιού-αέρα συμπιεζόταν ελάχιστα πριν την ανάφλεξη.

Ο επόμενος σημαντικός σταθμός ήταν στο 1876 όταν ο Γερμανός κόμης και μηχανικός Nicolas Otto, εφάρμοσε στην πράξη, με επιτυχία για πρώτη φορά την αρχή του τετράχρονου κύκλου που είχε προτείνει ο Γάλλος Bo De Rosa. Με τον τετράχρονο κύκλο το μείγμα συμπιεζόταν, πράγμα που βελτίωσε σημαντικά την αποδιδόμενη ισχύ. Την ίδια περίπου εποχή άρχισε να χρησιμοποιείται αντί για το γκάζι η βενζίνη (ένα κλασματικό απόσταγμα του πετρελαίου που αρχικά ονομαζόταν γκαζολίνη).

Κατά την διάρκεια του 1880 η μεγαλύτερη πρόοδος σημειώθηκε στη Γερμανία από τους Gottlieb Daimler και Karl Friedrich Benz. Ο Daimler που δούλευε μαζί με τον Wilhelm Maybach, κατασκεύασε τον πρώτο κινητήρα του το 1883, προκαλώντας αίσθηση, μια και ο κινητήρας του περιστρεφόταν τέσσερις φορές γρηγορότερα από τους κινητήρες Otto – με 900 στροφές το λεπτό. Ο Benz από την άλλη μεριά, είχε σαν αντικειμενικό του σκοπό την κατασκευή ενός δικού του αυτοκινούμενου οχήματος και το 1885 τοποθέτησε τον πρώτο κινητήρα σε ένα τρίκυκλο. Μέσα σε ένα χρόνο περίπου και οι δύο κατασκεύαζαν αυτοκίνητα προς πώληση.

Τότε εμφανίστηκαν στο προσκήνιο οι Γάλλοι μηχανικοί Renée Panar και Emile Levasor που άρχισαν το 1890 να κατασκευάζουν στη Γαλλία κινητήρες Daimler, αφού πήραν τα δικαιώματα. Το πρώτο τους αυτοκίνητο είχε τον κινητήρα

τοποθετημένο στο κέντρο, αλλά το επόμενο, το 1891 έβαλε τα θεμέλια για τις επερχόμενες γενιές έχοντας τον κινητήρα τοποθετημένο μπροστά, προστατευμένο από την σκόνη και της λάσπες των δρόμων εκείνου του καιρού.

Ο Levasor έκανε ένα ακόμα αποφασιστικό βήμα, θεωρώντας το αυτοκίνητο ένα αυτόνομο μηχανικό κατασκεύασμα και όχι μια άμαξα χωρίς άλογα, ή ένα τρίκυκλο με μηχανή. Η θέση του στην ιστορία εξασφαλίστηκε με τις πρακτικές εφαρμογές του όπως την αντικατάσταση της κίνησης με ιμάντες από τον συμπλέκτη και το κιβώτιο ταχυτήτων, ένα τύπο μεταδόσεως που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα. Με την αλλαγή του αιώνα, οι μηχανικοί προσπαθώντας να βελτιώσουν την ισχύ άρχισαν να αυξάνουν τον αριθμό των κυλίνδρων. Πειραματικοί εξακύλινδροι σε σειρά κινητήρες άρχισαν να εμφανίζονται το 1902, ενώ η αγγλική Napier άρχισε την κανονική παραγωγή τους τον επόμενο χρόνο.

3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Οι μηχανές οι οποίες παράγουν μηχανικό έργο εκμεταλεύοντας τη θερμότητα που παράγεται από την χημική ενέργεια της καύσης ονομάζονται θερμικές μηχανές ή θερμοκινητήρες. Αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που πραγματοποιούν την καύση:

- Στις μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.).
- Στις μηχανές εξωτερικής καύσης.

Κινητήρας εσωτερικής καύσης ονομάζεται η μηχανή στην οποία το καύσιμο, για την παραγωγή της θερμικής ενέργειας, καίγεται μέσα στην ίδια τη μηχανή και έρχεται σε άμεση ή απευθείας επαφή με την εργαζόμενη ουσία. π.χ. εμβολοφόρος κινητήρας αυτοκινήτου.

Κινητήρας εξωτερικής καύσης ονομάζεται η μηχανή στην οποία το καύσιμο, για την παραγωγή της θερμικής ενέργειας καίγεται σε άλλη συσκευή έξω από τη μηχανή, χωρίς να έρχεται σε άμεση επαφή με την εργαζόμενη ουσία, π.χ. νερό. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι ατμοστρόβιλοι και οι ατμομηχανές.

Οι θερμικές μηχανές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που μετατρέπουν την θερμική ενέργεια σε μηχανικό έργο:

- Σε εμβολοφόρους ή παλινδρομικές.
- Σε περιστροφικές ή στροβίλους.

Ειδικότερα στις εμβολοφόρους - παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσεως η έναυση στον κύλινδρο μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους:

- Με τη βοήθεια εξωτερικού μέσου π.χ. σπινθήρα, σε αυτή περίπτωση υπάγονται οι "κινητήρες Otto".
- Αυτόματα, λόγω μεγάλης θέρμανσης του καυσίμου λόγω υψηλής συμπίεσης, περίπτωση όπου υπάγονται οι μηχανές Diesel ή πετρελαιομηχανές.

1. ΟΙ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

1.1 ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

1.1.1 Γενικά

Η ταξινόμηση και η κατάταξη σε κατηγορίες στις ΜΕΚ γίνεται σύμφωνα με τις ομοιότητες και τις διαφορές τους. Οι σπουδαιότερες ταξινομήσεις αναφέρονται στην τελική εφαρμογή, στο είδος του καυσίμου και στον τρόπο εισαγωγής του, στην ανάφλεξη, στη χρήση εμβόλων ή περιστροφέα, στη διάταξη των κυλίνδρων, στους χρόνους λειτουργίας, στο σύστημα ψύξης και τέλος στον τύπο και στη θέση των βαλβίδων. Οι ταξινομήσεις αυτές εξετάζονται αναλυτικότερα στην περιγραφή των διαφόρων τύπων κινητήρων.

Οι βαλβίδες χρησιμοποιούνται για την είσοδο και την έξοδο του μίγματος και των καπναερίων αντίστοιχα. Αυτές μπορεί να βρίσκονται είτε στην κεφαλή, είτε στη μία πλευρά, είτε στις απέναντι πλευρές του κυλίνδρου κ.ο.κ. Είναι οι λεγόμενες μκητοειδείς βαλβίδες. Ορισμένοι κινητήρες χρησιμοποιούν ολισθαίνουσες βαλβίδες τύπου δακτυλίου, που κινούνται στη εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου.

Ορισμένες μηχανές ισχύος χρησιμοποιούν την ίδια αρχή όσον αφορά την καύση, αλλά αξιοποιούν την πίεση από αυτήν σε διαφορετικά μηχανικά στοιχεία. Υπάρχουν, λ.χ. αεροστρόβιλοι στους οποίους τα καυσαέρια οδηγούνται μέσα από ακροφύσια προς τα πτερύγια του στροβίλου, κάνοντάς τον να περιστρέφεται. Στους κινητήρες αεριωθουμένων, εξάλλου, τα καυσαέρια ρέουν μέσα από ακροφύσιο, ενώ η δύναμη της αντίδρασης τείνει να κινήσει το ακροφύσιο προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στους κινητήρες Wankel και τους τριδύναμους κινητήρες το καύσιμο καίγεται μέσα στον κινητήρα. Οι κινητήρες αυτοί είναι περιστροφικοί, χωρίς κυλίνδρους και έμβολα. Η πίεση των αερίων δρα πάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένες επιφάνειες.

Ο βενζινοκινητήρας μπορεί να οριστεί ως κινητήρας σχεδιασμένος να καίει πτητικό υγρό καύσιμο με ανάφλεξη που προκαλείται με ηλεκτρικό σπινθήρα. Σύγκρισή του με άλλους τύπους αποκαλύπτει αρκετές ομοιότητες και διαφορές, καθώς επίσης και ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο πετρελαιοκινητήρας και ο κινητήρας υγραερίου έχουν αρκετά κοινά σημεία με τον βενζινοκινητήρα.

Επειδή ο πετρελαιοκινητήρας δεν διαθέτει αθόρυβη και στρωτή λειτουργία ή ευελιξία όπως ο βενζινοκινητήρας, βρήκε μικρή εφαρμογή στα επιβατικά αυτοκίνητα. Αντίθετα, στα βαρέα οχήματα αντικατέστησε σχεδόν πλήρως τον βενζινοκινητήρα.

Ο αεροκινητήρας έχει πολλά κοινά σημεία με τον βενζινοκινητήρα, και σε ορισμένες περιπτώσεις οι διαφορές είναι πολύ μικρές. Από πλευράς δομής, η διαφορά έγκειται κυρίως στην αντικατάσταση της βαλβίδας ανάμιξης του αερίου από τον εξαερωτήρα (καρμπυρατέρ). Σε γενικές γραμμές, τα αέρια χαρακτηρίζονται από καλύτερες αντικροτικές ιδιότητες, επιτρέποντας ελαφρώς υψηλότερους λόγους συμπίεσης, χωρίς προβλήματα ή άλλες δυσκολίες σχετικές με την καύση.

Ο αεροκινητήρας με φυσικό αέριο, φωταέριο ή άλλο σχετικό καύσιμο σε αέρια μορφή, περιορίζεται κυρίως σε σταθμούς παραγωγής ισχύος, αφού πρέπει να είναι συνδεδεμένος με τον σχετικό αγωγό. Αν όμως το καύσιμο είναι υγραέριο, η διακίνησή του μπορεί να γίνεται με ειδικές φιάλες.

1.1.2 Βενζινοκινητήρες

Ο βενζινοκινητήρας είναι μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) στην οποία η ισχύς παράγεται με την καύση του μίγματος βενζίνης και αέρα.

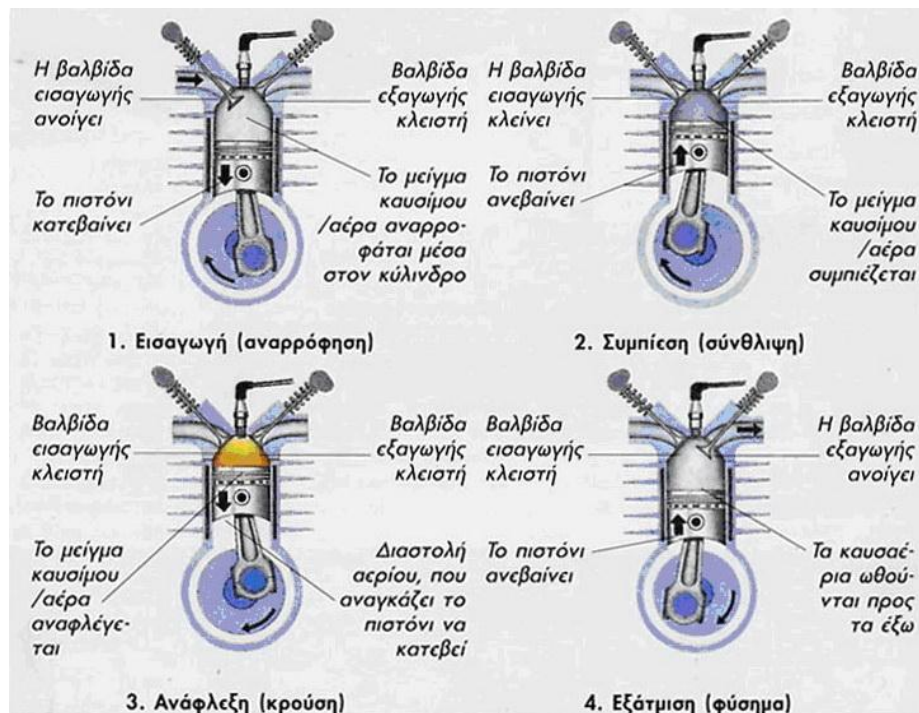
Οι περισσότεροι βενζινοκινητήρες ανήκουν στην κατηγορία των παλινδρομικών μηχανών. Οι πρόσφατες όμως τεχνολογικές εξελίξεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο τύπος στρεφόμενου εμβόλου υπερέχει λειτουργικά κάτω από ορισμένες απόψεις. Μερικές από αυτές είναι η απουσία αδρανειακών δυνάμεων από τα μέρη που παλινδρομούν, η αθόρυβη λειτουργία του καθώς και το χαμηλό κόστος κατασκευής.

Οι βενζινοκινητήρες είναι οι πιο διαδεδομένες μηχανές εσωτερικής καύσης. Το μέγεθος και η ισχύς τους ποικίλλουν από λιγότερο από έναν ίππο για χρήση σε μικρές φορητές συσκευές, μέχρι 35.000 ίππους. Μολονότι οι περισσότεροι βενζινοκινητήρες χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα, αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το μισό του συνολικού αριθμού που είναι σε χρήση, σε παγκόσμια κλίμακα.

1.1.3 Κινητήρας τεσσάρων χρόνων

Η πιο σημαντική τεχνική για την παραγωγή ισχύος από καύση ήταν αυτή του τετράχρονου κύκλου.

Στον τετράχρονο κύκλο η λειτουργία του κινητήρα αποτελείται από 4 στάδια.



Εικόνα 1.1: Λειτουργία τετράχρονου κινητήρα.

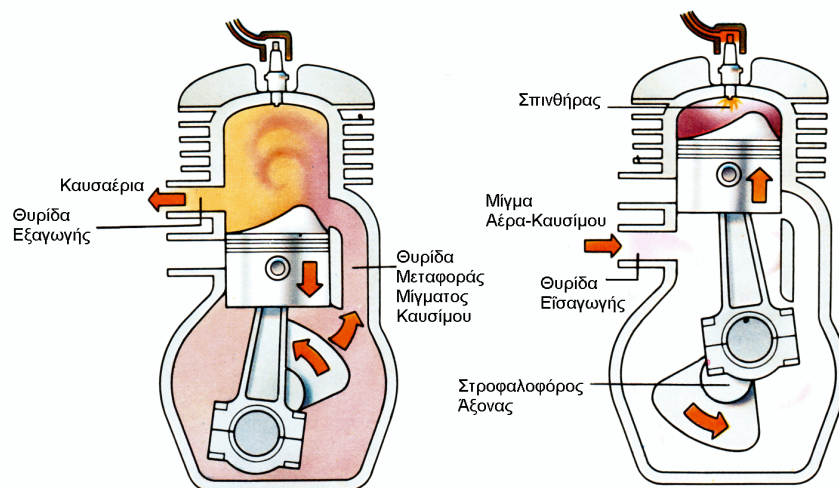
1. Με ανοιχτή την βαλβίδα εισόδου το έμβολο κατέρχεται, κατά τον χρόνο εισαγωγής. Το κενό που δημιουργείται προκαλεί αναρρόφηση μίγματος ατμών βενζίνης και αέρα.
2. Το μίγμα συμπιέζεται καθώς το έμβολο ανέρχεται κατά τον χρόνο συμπίεσης με κλειστές βαλβίδες. Με το τέλος του χρόνου αυτού, το μίγμα αναφλέγεται με τη βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα.
3. Κατά τον χρόνο ισχύος οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές ενώ η πίεση από την καύση πιέζει την κεφαλή του εμβόλου.
4. Κατά τον χρόνο εξαγωγής, το ανερχόμενο έμβολο αναγκάζει τα προϊόντα της καύσης να εξέλθουν από την ανοιχτή βαλβίδα εξόδου.

1.1.4 Κινητήρας δύο χρόνων

Ο δίχρονος κύκλος αναπτύχθηκε το 1878. Σε αυτόν οι χρόνοι εισαγωγής, συμπίεσης, ισχύος και εξαγωγής συντελούνται μόνο σε μία περιστροφή του στροφαλοφόρου. Στον δίχρονο κινητήρα το μίγμα οδηγείται στον κύλινδρο μέσα από περιμετρικές θυρίδες με τη βοήθεια περιστροφικού φουσητήρα. Τα καυσαέρια περνούν μέσα από μυκητοειδείς βαλβίδες που βρίσκονται πάνω στην κεφαλή του κυλίνδρου.

Το 1891 παρουσιάστηκε μια απλουστευμένη παραλλαγή του δίχρονου κινητήρα, με προσυμπύεση στον στροφαλοθάλαμο για την προώθηση του νωπού μίγματος στον κύλινδρο.

Στον δίχρονο κύκλο η λειτουργία του κινητήρα αποτελείται από 2 στάδια.



Εικόνα 1.2: Λειτουργία δίχρονου κινητήρα.

1. Καθώς το έμβολο ανέρχεται προς το άνω νεκρό σημείο (Α.Ν.Σ.), στον στροφαλοθάλαμο δημιουργείται υποπίεση. Έτσι εισέρχεται εκεί καύσιμο μίγμα (βενζίνη, αέρας, λάδι) μέσω μίας ανεπίστροφης βαλβίδας από τον εξαεριοτή. Παράλληλα, στον θάλαμο καύσης, η ανοδική πορεία του εμβόλου συμπιέζει το καύσιμο μίγμα που είχε εισαχθεί στον κύλινδρο κατά τον προηγούμενο χρόνο με σκοπό να γίνει η καύση του.
2. Αφού πραγματοποιηθεί η καύση, το έμβολο κατέρχεται προς το κάτω νεκρό σημείο (Κ.Ν.Σ.). Μόλις το έμβολο αποκαλύψει τη θυρίδα εξαγωγής, τα καυσαέρια εξέρχονται του κυλίνδρου διότι σε αυτόν υπάρχει αυξημένη πίεση. Το έμβολο στη συνέχεια αποκαλύπτει και την θυρίδα εισαγωγής. Καθώς λοιπόν η καθοδική πορεία του εμβόλου έχει συμπιέσει το καύσιμο μίγμα που βρίσκεται στον στροφαλοθάλαμο, μόλις αποκαλυφθεί η θυρίδα εισαγωγής, αυτό βρίσκει διέξοδο από τη θυρίδα αυτή και εισέρχεται στον κύλινδρο καύσης.

1.1.5 Κινητήρας Wankel

Ο περιστροφικός κινητήρας Wankel είναι ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης με περιστροφικό έμβολο που αναπτύχθηκε στη Γερμανία. Είναι διαφορετικός σε δομή από τους συμβατικούς κινητήρες με παλινδρομικά έμβολα. Ο κινητήρας επινοήθηκε από τον Felix Wankel και η κατασκευή του άρχισε το 1956.

Τη θέση των εμβόλων ο κινητήρας Wankel την δίνει σε έναν τροχιακό ρότορα, ισόπλευρο και περίπου τριγωνικό, που περιστρέφεται μέσα σ' έναν κλειστό θάλαμο, ενώ εφάπτονται οι τρεις κορυφές του συνεχώς πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του κελύφους.

Μεταξύ του ρότορα και του κελύφους σχηματίζονται τρεις ημισεληνοειδείς θάλαμοι, ο όγκος των οποίων μεταβάλλεται με την κίνηση του ρότορα. Ο όγκος αυτός μεγιστοποιείται όταν η πλευρά του ρότορα που σχηματίζει τον θάλαμο είναι παράλληλη προς τη δευτερεύουσα διάμετρο του κελύφους, ενώ ελαχιστοποιείται όταν η ίδια πλευρά του ρότορα καθορίζει το σχήμα των θαλάμων καύσης και τον λόγο συμπίεσης.

Το καύσιμο μίγμα, προερχόμενο από έναν εξαεριοτήρα, εισέρχεται στους θαλάμους καύσης από μια θυρίδα εισαγωγής σε μία από τις ακραίες πλάκες του κελύφους. Σε μία από τις επίπεδες πλευρές του κελύφους σχηματίζεται μια θυρίδα εξαγωγής. Ο σπινθηριστής βρίσκεται σε εσοχή που επικοινωνεί με τους θαλάμους μέσα από ένα στένωμα, στην απέναντι πλευρά του κελύφους. Βασικό πρόβλημα στο σχεδιασμό είναι η στεγανοποίηση στις κορυφές και τις παρειές του ρότορα.



Εικόνα 1.3: Βασικά μέρη του κινητήρα Wankel.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του κινητήρα Wankel είναι ο μικρός χώρος και το μικρό βάρος ανά μονάδα ισχύος, η στρωτή, χωρίς κραδασμούς αθόρυβη λειτουργία του καθώς και το χαμηλό κόστος κατασκευής του, αποτέλεσμα της μηχανικής του απλότητας. Η απουσία αδρανειακών δυνάμεων από τα μέρη που παλινδρομούν και η κατάργηση των μκητοειδών βαλβίδων επιτρέπουν λειτουργία σε πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες από ό,τι στους παλινδρομικούς κινητήρες. Η εισαγωγή νωπού μίγματος καυσίμων και η εξαγωγή των καυσαερίων είναι αποτελεσματικότερες, γιατί οι θυρίδες του ανοιγοκλείνουν ταχύτερα από ότι με μκητοειδείς βαλβίδες, ενώ η ροή μέσα από αυτές είναι σχεδόν συνεχής.

Η οικονομία σε καύσιμο είναι εφάμιλλη με εκείνη στις συμβατικές μηχανές, επιτρέποντας αθόρυβη καύση και μεγαλύτερη ποικιλία καυσίμων. Η μικρότερη μάζα και η χαμηλότερη θέση του κέντρου βάρους καθιστούν τον κινητήρα αυτόν ασφαλέστερο για αυτοκίνητα. Τα κινούμενα μέρη ενός κινητήρα Wankel ανέρχονται στο ένα τρίτο περίπου από αυτά σε έναν τυπικό εξακύλινδρο κινητήρα.

1.1.6 Τριδύναμος περιστροφικός κινητήρας

Ο τριδύναμος περιστροφικός κινητήρας είναι βρετανικής επινόησης και αποτελείται από τρεις ρότορες ο καθένας από τους οποίους υπάρχει για διαφορετικό σκοπό. Ο πρώτος για την ισχύ, ο δεύτερος για την καύση και ένας που λειτουργεί ως βαλβίδα φραγής. Ο πρώτος στρέφεται αντίστροφα από τον ρότορα της καύσης και τη βαλβίδα φραγής. Έχει τρεις λοβούς που εφαρμόζουν στους δύο άλλους ρότορες και σε συγκεκριμένα, αντίστοιχα κοιλώματα της περιφέρειάς τους.

Οι θάλαμοι καύσης σχηματίζονται από τα κοιλώματα του ρότορα. Οι ρότορες αλληλεπιδρούν έτσι ώστε να συνδέουν διαδοχικά τα κοιλώματα αυτά με τους σωλήνες εισαγωγής και εξαγωγής και να τα απομονώνουν κατά τη καύση, δεν αγγίζουν όμως ο ένας τον άλλο. Η απόλυτη στεγανοποίηση των κοιλωμάτων δεν είναι απαραίτητη λόγω της μεγάλης ταχύτητας λειτουργίας. Δύο σπινθηριστές είναι προσαρμοσμένοι πάνω στο κέλυφος σε τέτοια θέση ώστε να επικοινωνούν με τα κοιλώματα του ρότορα καύσης τη στιγμή του σπινθήρα. Το πλεονέκτημα του κινητήρα αυτού σε σχέση με τον κινητήρα Wankel έγκειται στο ότι δεν χρειάζεται τη στεγανοποίηση που απαιτεί ο τελευταίος και η οποία περιορίζει την ταχύτητα λειτουργίας και δυσχεραίνει τη λίπανση.

1.1.7 Αεροστρόβιλος

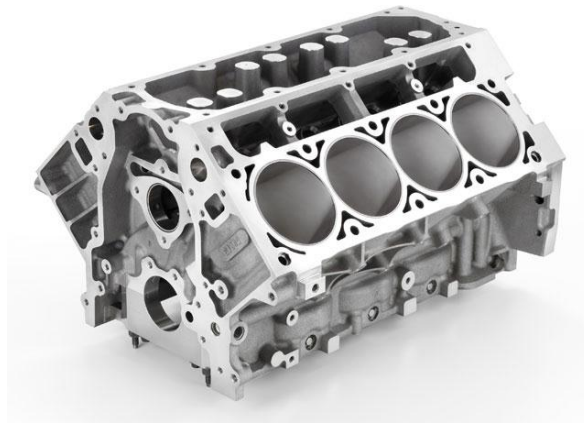
Πολλές από τις ατέλειες του παλινδρομικού κινητήρα οφείλονται στην ασυνεχή κίνηση και την περιοδική καύση. Η βασική αρχή του αεροστρόβιλου ήταν γνωστή από πολύ παλιά. Ουσιαστική όμως εξέλιξη του αεροστρόβιλου έγινε μόλις τον 20ο αιώνα.

Ο αεροστρόβιλος είναι μια απλή μονάδα παραγωγής ισχύος. Ένας συμπιεστής τροφοδοτεί συνεχώς με αέρα σε πίεση τριπλάσια και εξαπλάσια περίπου της ατμοσφαιρικής, έναν θάλαμο καύσης μέσα στον οποίο ψεκάζεται καύσιμο. Τα καυσαέρια εκτονώνονται, στη συνέχεια κινώντας τον κατάλληλο στρόβιλο. Οι ρότορες του συμπιεστή και του στρόβιλου μπορεί να βρίσκονται πάνω στον ίδιο άξονα. Η ισχύς που αναπτύσσεται πέρα από εκείνη για την κίνησή του συμπιεστή είναι ωφέλιμη ισχύς του κινητήρα.

1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΕΝΑΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

1.2.1 Διάταξη κυλίνδρων

Το σώμα των κυλίνδρων είναι κατασκευασμένο συνήθως από χυτοσίδηρο και είναι το κύριο δομικό στοιχείο των κινητήρων. Κάτω από το μέρος του σώματος αυτού έχουμε τον στροφαλοθάλαμο ο οποίος περικλείεται από το κάτω μέρος του κινητήρα που χρησιμοποιείται σαν δεξαμενή λιπαντικού μέσου του κινητήρα.



Εικόνα 1.4: Διάταξη κυλίνδρων V.

Στους εμβολοφόρους παλινδρομικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι δυνατόν να συναντήσουμε πολλές διαφορετικές διατάξεις κυλίνδρων όπως είναι η διάταξη σχήματος V, η ευθύγραμμη, η διάταξη μπόξερ και η αστεροειδής διάταξη. Στην ευθύγραμμη διάταξη έχουμε μία σειρά κυλίνδρων τοποθετημένη και ευθυγραμμισμένη κατακόρυφα με τους τριβείς του στροφαλοφόρου άξονα. Στη διάταξη σχήματος V έχουμε δύο σειρές κυλίνδρων τοποθετημένες σε γωνία 45°, 60°, 90° κλπ.

1.2.2 Στροφαλοφόρος άξονας και Διωστήρας

Υπεύθυνη για την μεταφορά της κινητικής ενέργειας από το έμβολο στον στροφαλοφόρο άξονα είναι ο διωστήρας ή αλλιώς η ευρέως γνωστή μπιέλα. Η τελευταία συνδέεται με το έμβολο με έναν πείρο ενώ στο κάτω μέρος “αγκαλιάζει” τον στροφαλοφόρο άξονα ώστε να μετατραπεί σε περιστροφική, η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου. Η αντοχή του διωστήρα θα πρέπει να είναι αρκετά υψηλή καθότι αναπτύσσονται υψηλές τάσεις ιδίως κατά τον χρόνο κατά τον οποίο αναφλέγεται το καύσιμο μίγμα. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου ο διωστήρας φορτίζεται με αρκετά υψηλές τάσεις χρησιμοποιούνται σφυρήλατοι διωστήρες. Αυτό συμβαίνει κατά κύριο λόγο σε υπερτοφοδοτούμενους κινητήρες

Η θέση κάθε διωστήρα κατά μήκος του στροφαλοφόρου άξονα εξαρτάται από τη σειρά ανάφλεξης των κυλίνδρων. Η σειρά ανάφλεξης υπαγορεύεται από την ανάγκη κατανομής των ώσεων έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κραδασμοί. Η τυπική σειρά ανάφλεξης κατά τον τετρακύλινδρο κινητήρα είναι 1-3-4-2 και για τον εξακύλινδρο 1-5-3-6-2-4, όπου φαίνεται η εναλλαγή διαδοχικών ώσεων. Η ευστάθεια του στροφαλοφόρου βελτιώνεται με την προσθήκη αντίβαρων.

Ο σχεδιασμός του στροφαλοφόρου καθορίζει και το μήκος διαδρομής του εμβόλου. Ο λόγος της διαδρομής του εμβόλου προς τη διάμετρο του κυλίνδρου αποτελεί σημαντική παράμετρο σχεδιασμού. Στα πρώτα χρόνια του αυτοκινήτου, οι κατασκευαστές χρησιμοποιούσαν τιμές μεταξύ 1 και 1.5. Καθώς όμως οι ταχύτητες αύξαναν και έγινε αντιληπτό ότι οι απώλειες λόγω τριβών μεγάλωναν με την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων, παρά με την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου, η διαδρομή του εμβόλου μίκραινε και σε ορισμένες περιπτώσεις έφθασε να γίνει κατά 20% μικρότερη της διαμέτρου του.

1.2.3 Έμβολα

Τα έμβολα ενός θερμικού κινητήρα κατασκευάζονται από κράμα αλουμινίου υψηλής αντοχής διότι είναι αυτά που αναλαμβάνουν την μετάδοση της πίεσης που ασκούν τα καυσαέρια ως δύναμη προς το στροφαλοφόρο άξονα. Στην περιφέρεια τους είναι τοποθετημένα ομοαξονικά ελατήρια ώστε να εξασφαλισθεί η ικανοποιητική στεγανοποίηση μεταξύ του θαλάμου καύσης και του στροφαλοθάλαμου.



Εικόνα 1.5: Έμβολο και ελατήρια.

Στην όψη τους τα έμβολα μπορεί να φαίνονται κυλινδρικά, ωστόσο στις λεπτομέρειες τους αποτελούν πολύπλοκες κατασκευές με πολλές μη αντιληπτές κλίσεις και καμπυλότητες ανάλογα με τις προδιαγραφές τους. Στους τελευταίας γενιάς κινητήρες άμεσου ψεκασμού καθώς και σε αρκετούς diesel τεχνολογίας common rail οι επιφάνειά τους διαθέτει εξογκώματα ή καμπυλότητες οι οποίες εξυπηρετούν στην κατευθυνόμενη στρωματοποίηση και το στροβιλισμό του μίγματος κατά την είσοδο του στο θάλαμο καύσης.

1.2.4 Θάλαμος καύσης

Η βενζίνη και ο αέρας αφού εισέλθουν στο θάλαμο καύσης στο επάνω μέρος κάθε κυλίνδρου, τα έμβολα (πιστόνια) στο εσωτερικό των κυλίνδρων, συμπιέζουν το μείγμα το οποίο στη συνέχεια αναφλέγεται από τους σπινθηριστές (μπουζί). Η διαστολή του μίγματος κατά την καύση του, ωθεί το έμβολο αναγκάζοντας το να κινηθεί προς τα κάτω αποδίδοντας έργο.

Ο σημαντικότερος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η θεωρητική απόδοση του κινητήρα είναι ο λόγος συμπίεσης. Αυτός υπολογίζεται με τον εξής τρόπο: ο λόγος του μεγαλύτερου δυνατού όγκου του κυλίνδρου (έμβολο στο κάτω νεκρό σημείο) προς τον μικρότερο δυνατό όγκο (έμβολο στο άνω νεκρό σημείο).

1.2.5 Βαλβίδες

Όλοι οι κινητήρες εσωτερικής καύσης πρέπει να τροφοδοτούνται με φρέσκο αέρα, ενώ το καυσαέριο που παράγεται, πρέπει να απάγεται. Σε έναν τετράχρονο κινητήρα χαρακτηρίζεται από πολλούς η αναρρόφηση φρέσκου αέρα και η εξαγωγή καυσαερίων ως εναλλαγή φορτίου. Κατά τη διάρκεια λοιπόν των εναλλαγών φορτίου ανοίγουν και κλείνουν περιοδικά τα όργανα φραγής (οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής). Τα όργανα φραγής εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες.

Πρέπει:

- Να παρέχουν μία όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διατομή ανοίγματος.
- Να εκτελούν γρήγορα τις διαδικασίες ανοίγματος και κλεισίματος.
- Να έχουν αεροδυναμική μορφή, για να διατηρούν την απώλεια πίεσης που προκύπτει σε χαμηλά επίπεδα.
- Σε κλειστή κατάσταση να έχουν καλό βαθμό στεγανοποίησης και υψηλή ανθεκτικότητα.



Εικόνα 1.6: Διάταξη βαλβίδων.

Κατά τον χρόνο εισαγωγής, όταν το έμβολο κατέρχεται και πλησιάζει το κάτω νεκρό σημείο, η βαλβίδα εισαγωγής πρέπει να είναι ανοιχτή και κατά τον χρόνο εξαγωγής, όταν το έμβολο ανέρχεται και πλησιάζει το άνω νεκρό σημείο, η βαλβίδα εξαγωγής να είναι ανοιχτή. Θα φαινόταν φυσικό επομένως το “ανοιγοκλείσιμο” να γίνεται στα κατάλληλα άνω και κάτω νεκρά σημεία. Ο χρόνος όμως για το “ανοιγοκλείσιμο” των βαλβίδων καθώς και η υψηλή ταχύτητα στην έναρξη και τη λήξη της ροής των αερίων απαιτούν οι διαδικασίες του ανοίγματος να προηγούνται ελαφρώς του άνω νεκρού σημείου, ενώ οι αντίστοιχες του κλεισίματος να έπονται του κάτω νεκρού σημείου. Έτσι, οι φάσεις ανοίγματος γίνονται νωρίτερα και οι αντίστοιχες του κλεισίματος καθυστερούν λίγο, ώστε με κατάλληλη διαμόρφωση το έκκεντρο να επιτρέπει προοδευτικό αρχικό άνοιγμα και το τελικό κλείσιμο. Άλλος λόγος που επιβάλλει το πρόωρο άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων είναι η αρτιότερη πλήρωση και εκκένωση των κυλίνδρων.

1.2.6 Εκκεντροφόρος άξονας

Ο εκκεντροφόρος άξονας είναι ένας άξονας που φέρει ένα σύνολο έκκεντρων κατά το μήκος του. Καθώς ο εκκεντροφόρος περιστρέφεται τα έκκεντρα ωθούν τα ωστήρια των βαλβίδων αναγκάζοντάς αυτές να ανοίγουν και να κλείνουν. Ανάλογα με την διάταξη και την κατασκευή του κινητήρα μπορεί να υπάρξει ένας ή και περισσότεροι εκκεντροφόροι. Τα περισσότερα σύγχρονα μοτέρ εξοπλίζονται με δύο εκκεντροφόρους που βρίσκονται στο επάνω μέρος της κυλινδροκεφαλής (επικεφαλής εκκεντροφόροι) και λαμβάνουν την κίνησή τους από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω ιμάντα, οδοντωτών τροχών ή αλυσίδας (καδένα). Ο εκκεντροφόρος άξονας πάντα περιστρέφεται με τις μισές στροφές από ότι ο στροφαλοφόρος.



Εικόνα 1.7: Εκκεντροφόροι άξονες.

Κάποιοι προγενέστεροι κινητήρες έφεραν τον εκκεντροφόρο άξονα στο κάτω μέρος του κινητήρα δίπλα δηλαδή από στροφαλοφόρο άξονα και η κίνηση των βαλβίδων επιτυγχάνονταν μέσω ωστικών ζύγωθρων τα γνωστά «κοκοράκια». Οι σύγχρονοι κινητήρες είναι σχεδιασμένοι και κατασκευασμένοι ώστε να χρησιμοποιούν «επικεφαλής εκκεντροφόρους» ενσωματωμένους στην κυλινδροκεφαλή και πάνω από τις βαλβίδες. Ολόκληρος ο μηχανισμός γίνεται πιο συμπαγής σε διαστάσεις και βρίσκεται κοντύτερα στις βαλβίδες. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε το επιπλέον βάρος των εξαρτημάτων καθώς και τις απώλειες ενέργειας που έχουμε λόγω των τριβών των τελευταίων. Οι βαλβίδες μπορούν να ανοιγοκλείνουν πιο γρήγορα και συνεπώς ο κινητήρας να είναι πιο εύστροφος και πιο ελαστικός στην λειτουργία του. Στους κινητήρες που διαθέτουν έναν επικεφαλή εκκεντροφόρο (SOHC) ο ίδιος εκκεντροφόρος κινεί όλες τις βαλβίδες ενώ στους κινητήρες με δύο επικεφαλής εκκεντροφόρους (DOHC) ο ένας κινεί τις βαλβίδες εισαγωγής και ο άλλος τις βαλβίδες εξαγωγής.

1.2.7 Επιφάνειες Τριβής

Σε κάθε πείρο του στροφαλοφόρου άξονα καθώς και στα έδρανά του υπάρχουν επιφάνειες τριβής. Οι μεγάλες δυνάμεις που ασκούνται από τα έμβολα κατά την παραγωγή έργου αλλά και η μάζα του σφονδύλου καθώς και του στροφαλοφόρου άξονα φορτίζουν τα έδρανα αυτά με μεγάλες δυνάμεις. Ανάμεσα στις επιφάνειες τριβής υπάρχει ένα λεπτό φιλμ λιπαντικού ελαίου.

1.2.8 Σφόνδυλος

Στους παλινδρομικούς κινητήρες η ροπή (δύναμη περιστροφής) εξασκείται διακοπτόμενα κάθε φορά που γίνεται καύση του μίγματος καυσίμου-αέρα σε κάποιον κύλινδρο. Κατά τα προηγούμενα διαστήματα ή τα διαστήματα που έπονται της καύσης, το έμβολο ανερχόμενο κατά τη συμπίεση και η αντίσταση του φορτίου ασκούν αντίθετη ροπή. Η εναλλάξ επιτάχυνση από τις ώσεις ισχύος και στη συνέχεια η επιβράδυνση που οφείλεται στη συμπίεση, έχουν ως αποτέλεσμα ανομοιομορφη περιστροφή. Ο ρόλος του σφονδύλου, που είναι προσαρμοσμένος στο άκρο του στροφαλοφόρου άξονα, είναι να εξουδετερώνει την ανομοιομορφία της κίνησης.



Εικόνα 1.8: Σφόνδυλος.

Δηλαδή η κατά περίπτωση αποταμίευση και εκταμίευση δυναμικής ενέργειας στον σφόνδυλο έχει σαν αποτέλεσμα ο ρυθμός περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα να μην επηρεάζεται άμεσα από την εκτόνωση των καυσαερίων στους θαλάμους καύσης. Επίσης σκοπός του είναι να περιστρέφεται κατά την λειτουργία του μεταφέροντας μέσω του συμπλέκτη τη ροπή στρέψης στο σύστημα μετάδοσης κίνησης. Περιλαμβάνει περιφερειακά μετωπική οδόντωση στην οποία συμπλέκεται η μίζα κατά την εκκίνηση του κινητήρα. Ο σφόνδυλος είναι ένας βαρύς χυτοσίδηρος τροχός. Η μάζα του έχει αρκετή αδρανειακή ορμή, ώστε να ανθίσταται στις μεταβολές της ταχύτητας περιστροφής του, αναγκάζοντας έτσι τον στροφαλοφόρο να στρέφεται με σταθερή ταχύτητα.

1.2.9 Σπινθηριστής

Τα ηλεκτρικά συστήματα ανάφλεξης είναι είτε μαγνητικά είτε συστήματα πηνίου και συσσωρευτή. Σε αντίθεση με το μαγνητικό σύστημα που είναι αυτοδύναμο, το σύστημα πηνίου και συσσωρευτή χρειάζεται πολλά επιπλέον εξαρτήματα. Το κύκλωμα περιλαμβάνει τον συσσωρευτή, ένας πόλος του οποίου γειώνεται, ενώ ο άλλος οδηγεί μέσω διακόπτη στην πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου και σε έναν αυτόματο διακόπτη.

Το ευρέως γνωστό μπουζί είναι το εξάρτημα που δημιουργεί σπινθήρα στον θάλαμο καύσης ώστε να αναφλεχθεί το μίγμα και συναντάται αποκλειστικά στους βενζινοκινητήρες καθώς στους diesel είναι γνωστό πως το μίγμα αυταναφλέγεται. Το μπουζί βιδώνεται πάνω στην κυλινδροκεφαλή και τροφοδοτείται με ρεύμα που περνά, πρώτα από τον πολλαπλασιαστή ώστε η τάση από τα 12V να αυξηθεί στα 15.000-20.000Volt, και εν συνεχεία από το ντιστριμπιτέρ (διανομέα).

Σε μερικές περιπτώσεις όπως στα συστήματα άμεσης ανάφλεξης η διανομή του ρεύματος γίνεται απευθείας σε κάθε μπουζί. Το άνω μέρος του αποτελείται από κεραμικό και μεταλλικό περίβλημα ενώ το κάτω από δύο ακίδες (ηλεκτρόδια) τα οποία χωρίζει ένα διάκενο συνήθως της τάξης 0,4-1mm. Η συγκεκριμένη απόσταση καθορίζεται από την ισχύτητα του σπινθήρα ενώ τα τελευταία χρόνια έχει υιοθετηθεί η λύση των πολυακίδων μπουζί (όπως τα τριάκτιδα και τα τετράκτιδα) τα οποία, εκτός από τον δυνατό σπινθήρα, προσφέρουν και καλύτερη εξάπλωση στον θάλαμο καύσης.

1.2.10 Εξαεριωτής

Ο εξαεριωτής του καυσίμου (καρμπουρατέρ) είναι μία συσκευή που εισάγει καύσιμο σε ρεύμα αέρα, καθώς αυτός εισρέει στον κινητήρα. Στο εσωτερικό του εξαεριωτή διατηρείται πάντα μία σταθερή στάθμη καυσίμου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός πλωτήρα ο οποίος, ανάλογα με τη στάθμη του καυσίμου ανοίγει και κλείνει τη βαλβίδα παροχής καυσίμου. Καθώς λοιπόν εισρέει αέρας από την πεταλούδα προς τους κυλίνδρους, περνάει από μία διάταξη βεντούρι η οποία τον αναγκάζει να επιταχύνει δημιουργώντας υποπίεση και σαν αποτέλεσμα έχουμε την έγχυση καυσίμου.

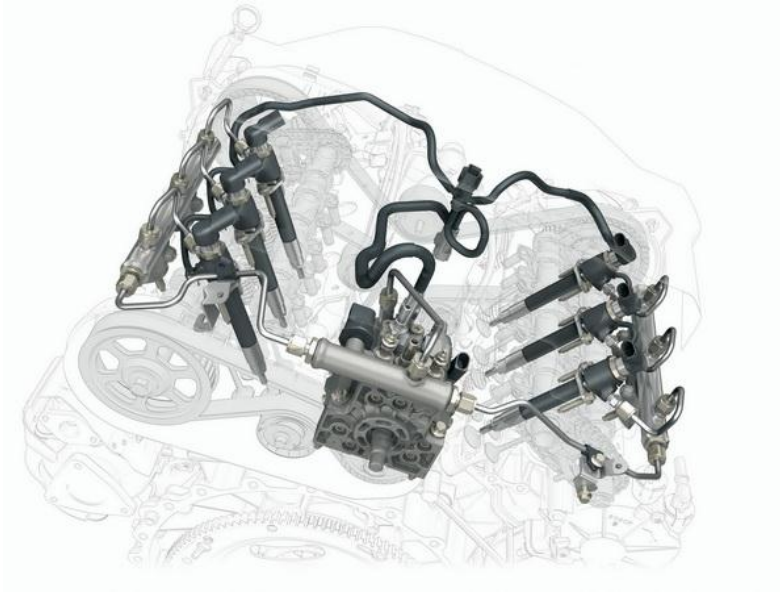
1.2.11 Ψεκασμός καυσίμου

Η παροχή καυσίμου με τη μέθοδο του ψεκασμού είχε πρωτοχρησιμοποιηθεί σε μηχανές αεροπλάνων πριν από τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο. Οι κινητήρες αυτοί εμφάνιζαν εξαιρετικά αυξημένη απόδοση σχετικά με τους συμβατικούς κινητήρες εκείνης της εποχής. Το κόστος κατασκευής τους όμως για την εποχή ήταν απαγορευτικό σε σχέση με έναν κινητήρα εξοπλισμένο με εξαεριωτή πράγμα που περιόρισε τη διάδοσή τους.

Η διάρκεια καθώς και η ποσότητα που κάθε φορά οι εγχυτήρες (μπεκ) ψεκάζουν καύσιμο στον θάλαμο καύσης καθορίζεται από την διασταύρωση διαφόρων δεδομένων, όπως αυτά του αισθητήρα λάμδα, των συνθηκών φορτίου, τη θερμοκρασία του αέρα κ.α., τα οποία επεξεργάζεται ο εγκέφαλος του κινητήρα.

Οι πρώτοι κινητήρες ήταν εξοπλισμένοι με σύστημα ψεκασμού μονού σημείου το οποίο σύντομα αντικατέστησε το σύστημα ψεκασμού πολλαπλών σημείων. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ένα σύστημα ψεκασμού το οποίο ενεργεί κατευθείαν στον θάλαμο της καύσης. Το μπεκ είναι τοποθετημένο σχεδόν στο πλάι της κυλινδροκεφαλής και ψεκάζει το καύσιμο κατά διαστήματα που διαρκούν λιγότερο από χιλιοστά του δευτερολέπτου και υπό πίεση που ξεπερνά τα 110bar, δηλαδή περίπου 32 φορές μεγαλύτερη από αυτήν των συστημάτων πολλαπλών σημείων. Το όφελος αφορά στην αυξημένη ισχύ, στην ελαφρώς μειωμένη κατανάλωση, στην καλύτερη απόκριση στο γκάζι και στους μειωμένους ρύπους. Ένα σύγχρονο σύστημα ψεκασμού μπορεί να αποτελείται από μια απλή αντλία με ανάλογο σύστημα διανομής ή από πολλαπλές αντλίες.

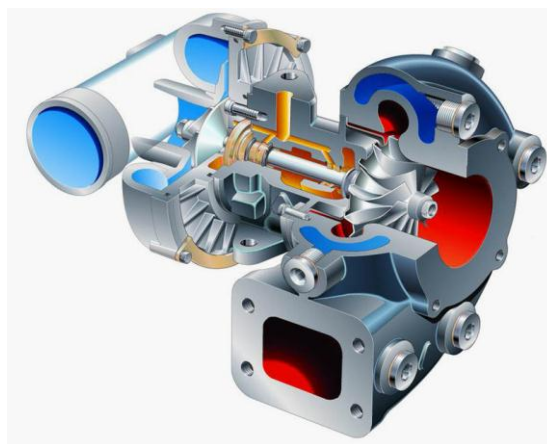
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα ψεκασμού της βενζίνης είναι: οικονομία καυσίμου λόγω ακριβέστερης αναλογίας καυσίμου προς αέρα, περισσότερη ισχύς λόγω της μη θέρμανσης του μίγματος, αποφυγή τυχόν στερεών αποθέσεων και, τέλος, πιο ομοιόμορφη και άμεση τροφοδοσία καυσίμου μίγματος στους κυλίνδρους.



Εικόνα 1.9: Διάταξη συστήματος ψεκασμού.

1.2.12 Υπερτροφοδότηση

Η πρώτη εμφάνιση του υπερσυμπιεστή καυσαερίων έγινε το 1909 και κατασκευάστηκε από τον Ελβετό Dr Alfred Buci. Ο τελευταίος ήταν αρχιμηχανικός στην εταιρεία των αδελφών Sultzer και μαζί τους παρουσίασε το 1915 επίσημα την πατέντα του, εφαρμοσμένη σε έναν πετρελαιοκινητήρα. Παρόλα αυτά η αποδοχή της κατασκευής από τη βιομηχανία δεν ήταν αναμενόμενη. Αυτό όμως άλλαξε όταν η General Electric ξεκίνησε να κατασκευάζει επίσημα υπερσυμπιεστές, οι οποίοι αρχικά βρήκαν πεδίο εφαρμογής σε πολεμικά αεροσκάφη. Το 1954 όμως, όταν ο γνωστός κύριος Garret εξέλιξε περαιτέρω την τεχνολογία των υπερσυμπιεστών και την εφάρμοσε στο Chevrolet Corvaire Monza το 1962 άρχισε να διευρύνεται η χρήση τους.



Εικόνα 1.10: Σύστημα υπερτροφοδότησης.

Ο υπερσυμπιεστής καυσαερίων λειτουργεί με τον εξής τρόπο: Τα καυσαέρια οδηγούνται σε μία φτερωτή, προκαλώντας την περιστροφή της. Η περιστροφική κίνηση αυτής μεταφέρεται με ένα άξονα σε μία άλλη έλικα η οποία ωθεί ατμοσφαιρικό αέρα στο σύστημα εισαγωγής του κινητήρα. Σαν αποτέλεσμα έχουμε περισσότερο αέρα στον κύλινδρο και αναλογικά περισσότερο καύσιμο.

1.2.13 Λίπανση κινητήρα

Ο σκοπός του συστήματος λίπανσης σ' έναν κινητήρα είναι:

- Η λίπανση των εξαρτημάτων του κινητήρα, για τη μείωση της τριβής και της απώλειας ισχύος.
- Η ψύξη των εξαρτημάτων στο εσωτερικό του κινητήρα, για προστασία από τις υψηλές θερμοκρασίες.
- Η στεγανοποίηση μεταξύ του θαλάμου καύσης και των κυλίνδρων (κάτω από τη ζώνη των ελατηρίων του εμβόλου).
- το φιλτράρισμα από τα κατάλοιπα της καύσης ή τυχόν ακαθαρσίες.
- η προστασία των μετάλλων του κινητήρα από τη διάβρωση.

Η ελαιολεκάνη, που βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο του κινητήρα, τροφοδοτεί το σύστημα λίπανσης με λιπαντικό έλαιο. Το τελευταίο με τη βοήθεια της αντλίας τροφοδοτείται στα διάφορα σημεία του κινητήρα που χρειάζονται λίπανση.

Ο στροφαλοφόρος άξονας και οι τριβείς του λιπαίνονται από έλαιο υπό πίεση. Σε κάθε πείρο του στροφαλοφόρου άξονα φθάνει το έλαιο από ειδικές οπές. Οι πείροι των διωστήρων, τα έμβολα, τα έκκεντρα και τα τοιχώματα των κυλίνδρων λιπαίνονται καθώς εκτινάσσεται έλαιο από τις οπές του στροφαλοφόρου άξονα. Επίσης, στην περίπτωση που υπάρχουν υδραυλικοί μηχανισμοί ανύψωσης των ωστηρίων λιπαίνονται από ανοίγματα στα έκκεντρα του εκκεντροφόρου άξονα. Τέλος με τη βοήθεια κάποιων ρυθμιστικών βαλβίδων διατηρείται η επιθυμητή πίεση ελαίου.

1.2.14 Ψύξη κινητήρα

Το σύστημα ψύξης έχει σκοπό την ψύξη του κινητήρα και τη διατήρηση της θερμοκρασίας λειτουργίας, σε σταθερά και προβλεπόμενα επίπεδα. Με την ψύξη επιτυγχάνεται η αποφυγή της υπερθέρμανσης του κινητήρα, ενώ βελτιώνεται η απόδοσή του. Ανάλογα με τον τρόπο ψύξης, οι κινητήρες χωρίζονται σε υδρόψυκτους και αερόψυκτους. Σήμερα, οι περισσότεροι κινητήρες είναι υδρόψυκτοι.

Το σύστημα ψύξης ενός υδρόψυκτου κινητήρα αποτελείται από το ψυγείο του ψυκτικού υγρού, την αντλία (που κινείται από το στροφαλοφόρο άξονα), το θερμοστάτη, το δίκτυο σωληνώσεων και το δοχείο διαστολής. Το σύστημα ψύξης ενός αερόψυκτου κινητήρα αποτελείται από τον ανεμιστήρα και τα μεταλλικά διαφράγματα οδήγησης του αέρα.

Όταν λοιπόν ο θερμοστάτης είναι κλειστός, η κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού γίνεται στο εσωτερικό των υδροχιτωνίων, ενώ όταν είναι ανοικτός η αντλία αναρροφά το

ψυκτικό υγρό από τον κάτω υδροθάλαμο του ψυγείου, το στέλνει στα υδροχιτώνια των κυλίνδρων και στη συνέχεια, μέσω του θερμοστάτη, στον πάνω υδροθάλαμο του ψυγείου.

1.2.15 Εξαγωγή καπναερίων

Το σύστημα εξαγωγής καυσαερίων ενός κινητήρα απαρτίζεται από μεταλλικά μέρη, δηλαδή σωληνώσεις και λοιπά εξαρτήματα και κύριο μέλημά του είναι η διαχείριση των καυσαερίων του κινητήρα. Εισάγοντας τον όρο "διαχείριση καυσαερίων" βλέπουμε πως το σύστημα εξαγωγής έχει να επιτελέσει κάμποσες βασικές λειτουργίες. Αν τις πιάσουμε κατά σειρά εμφάνισης, στην ιστορική πορεία των κινητήρων εσωτερικής καύσης, τότε η εποπτική μας λίστα έχει ως εξής:

- Να απομακρίνει τα καυσαέρια από τον κινητήρα.
- Να περιορίζει το θόρυβο εξαγωγής του κινητήρα.
- Να φιλοξενεί τους αισθητήρες του συστήματος διαχείρισης κινητήρα που άπτονται των λειτουργιών προετοιμασίας καυσίμου μίγματος (δηλαδή τους αισθητήρες λάμδα και, ενίοτε, ένα ή περισσότερα πυρόμετρα).
- Να ενσωματώνει τις διατάξεις καθαρισμού των καυσαερίων (καταλύτες, φίλτρα κατακράτησης σωματιδίων κ.λπ.).

Οι ηχητικές ταλαντώσεις των καυσαερίων περιορίζονται καθώς αυτά περνούν μέσα από τον σιγαστήρα. Ο τελευταίος είναι υπεύθυνος για τον περιορισμό του θορύβου αποσβένοντας αυτές τις ταλαντώσεις. Οι χώροι διέλευσης των καυσαερίων με κάποιους θαλάμους συντονισμού. Η διάσταση των θαλάμων αυτών είναι αυτό που καθορίζει τη συχνότητα της ταλάντωσης. Έτσι λοιπόν οι ταλαντώσεις των ρευμάτων των καυσαερίων εξουδετερώνονται από αυτές τις ταλαντώσεις. Για την αποφυγή της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα και ακαύστων υδρογονανθράκων χρησιμοποιούνται κάποιοι καταλύτες μέσα στους σιγαστήρες.

1.3 ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Θεωρητικά οι κινητήρες εσωτερικής καύσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλύπτοντας οποιαδήποτε ανάγκη σε ισχύ. Σε μερικές όμως ιδιάζουσες περιπτώσεις άλλου τύπου κινητήρες (ηλεκτροκινητήρες) παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα. Τα σημαντικότερα πεδία εφαρμογών των κινητήρων εσωτερικής καύσης είναι η παντός είδους μετακίνηση σε ξηρά, θάλασσα ή αέρα. Μεγάλες διαφορές μπορεί να συναντήσει κανείς στους κινητήρες των αυτοκινήτων. Από μοτέρ μικρού κυβισμού μέχρι και αρκετά μεγαλύτερου.

1.4 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

1.4.1 Η εξέλιξη σήμερα

Το γεγονός ότι ο κινητήρας εσωτερικής καύσης εδώ και έναν αιώνα περίπου αποτελεί μονόδρομο όσον αφορά το αυτοκίνητο και όχι μόνο, το οφείλει στα πολλά πλεονεκτήματά του. Πολλοί όμως είναι οι παράγοντες που μας απασχολούν τα τελευταία χρόνια, ενώ παλιότερα δεν ενδιαφερόταν κανείς για αυτούς. Σήμερα λοιπόν όταν μιλάμε για έναν κινητήρα, περισσότερο μας ενδιαφέρει η ποσότητα του καυσίμου που καταναλώνει καθώς και η ποσότητα και ποιότητα των καυσαερίων που σκορπάει στο πέρασμά του.

Ο μεγαλύτερος καταναλωτής προϊόντων που παράγονται από το πετρέλαιο θεωρείται από πολλούς ότι είναι ο κινητήρας εσωτερικής καύσης, λόγω του ότι είναι πάρα πολύ διαδεδομένος και χρησιμοποιείται καθημερινά για να ικανοποιήσει τις ανάγκες εκατομμυρίων ανθρώπων. Είναι λοιπόν λογικό επακόλουθο να αποτελεί τομέα έρευνας και ανάπτυξης η εξέλιξη του όσον αφορά την οικονομία καυσίμου και την ελαχιστοποίηση των ρύπων του.

Ο τύπος του κινητήρα που δεν έπαψε ποτέ να εξελίσσεται είναι ο κλασικός τετράχρονος εμβολοφόρος κινητήρας. Όταν πρωτοεμφανίστηκε οι μηχανικοί είχαν στόχο να αυξάνουν συνεχώς την ισχύ του και να βελτιώνουν την αξιοπιστία του. Μετά από τόσα βήματα εξέλιξης δεν τίθεται πια θέμα αξιοπιστίας και όσον αφορά την ισχύ, υπάρχουν πολλοί τρόποι να αυξηθεί.

Φτάνοντας στο σήμερα, βλέπουμε ότι οι σοβαρότερες αυτοκινητοβιομηχανίες, έχοντας δαπανήσει πολύ χρόνο και χρήμα στην εξέλιξη των κινητήρων αυτών, χρησιμοποιούν στους κινητήρες τους συστήματα άμεσου ψεκασμού πράγμα που εκτός από την αυξημένη απόδοση του κινητήρα συμβάλλει σημαντικά στο να έχουμε χαμηλά επίπεδα εκπομπής ρύπων.

1.4.2 Βιοκαύσιμα

Στη σύγχρονη εποχή, αυτό που ζητάμε είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς το ενεργειακό πρόβλημα είναι μείζον θέμα στις μέρες μας. Η χρήση λοιπόν των βιοκαυσίμων στα Μ.Ε.Κ. θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν μία λύση. Το Sun Fuel είναι ένα δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμο και παράγεται από κυτταρική αιθανόλη και βιομάζα. Ύστερα από έρευνες βρέθηκε ότι η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που χρειάζονται τα φυτά ώστε να έχουμε παραγωγή βιομάζας, η οποία είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή του Sun Fuel, ισούται με την μέση ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στο περιβάλλον κατά την καύση του.

Οι ερευνητές λοιπόν δηλώνουν ότι κάνοντας μία μικρή τροποποίηση στο σύστημα ψεκασμού των πετρελαιοκινητήρων είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το Sun Fuel σε αυτούς. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε μείωση κατά 30% στα οξείδια του αζώτου και στα εκπεμπόμενα σωματίδια.

Το επόμενο βήμα στον τομέα των βιοκαυσίμων είναι η ανάπτυξη ειδικών κινητήρων εσωτερικής καύσης CCS (Combined Combustion System) για βιοκαύσιμα, συνδυάζοντας την οικονομία των σημερινών πετρελαιοκινητήρων με την ποιότητα καυσαερίων των κινητήρων βενζίνης.

1.4.3 Υβριδική τεχνολογία

Η παραγωγή και η κυκλοφορία οχημάτων που κινούνται με υβριδική τεχνολογία ή με ηλεκτρισμό είναι κάτι νέο και επαναστατικό. Πολλοί θεωρούν ότι σε λίγα χρόνια από τώρα οι μετακινήσεις θα βασίζονται στις δύο αυτές τεχνολογίες και από άλλους χαρακτηρίζεται σαν μία αποτυχημένη προσπάθεια αντικατάστασης των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Το σίγουρο όμως είναι ότι είναι ένα σημαντικό βήμα για την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα αυτοκίνητα.

Η υβριδική τεχνολογία στα σημερινά οχήματα λειτουργεί ως εξής:

- Η συστοιχία των συσσωρευτών τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα ο οποίος κινεί με τη σειρά του τους τροχούς.
- Σε περίπτωση που ο οδηγός επιταχύνει συμβάλει στην κίνηση και ο βενζινοκινητήρας κινώντας όχι αποκλειστικά τους τροχούς αλλά και τον ηλεκτροκινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε αρκετά καλή κατανάλωση αλλά και μειωμένους ρύπους.
- Σε περίπτωση που έχουμε μεγαλύτερη ανάγκη σε επιτάχυνση ο ηλεκτροκινητήρας αποδίδει το μέγιστο της ισχύς του αντλώντας ενέργεια από τις μπαταρίες.
- Καθώς το όχημα επιβραδύνει και δεν υπάρχει ανάγκη για τροφοδοσία ενέργειας στους τροχούς, λειτουργώντας σαν γεννήτρια, ο ηλεκτροκινητήρας επαναφορτίζει τις μπαταρίες.
- Σε περίπτωση που οι μπαταρίες εξαντληθούν, την κίνηση του οχήματος αναλαμβάνει αποκλειστικά ο βενζινοκινητήρας.

Πλέον οι αυτοκινητοβιομηχανίες παράγουν αυτοκίνητα εξοπλισμένα με υβριδική τεχνολογία, τα οποία αν και μειωμένους, παράγουν κάποιους ρύπους. Αντίθετα τα αυτοκίνητα που κινούνται αποκλειστικά με ηλεκτρική ενέργεια δεν παράγουν ρύπους. Είναι όμως δύσκολο να βγουν στην παραγωγή λόγω της μειωμένης αυτονομίας και του βάρους των μπαταριών.



Εικόνα 1.11: Υβριδικό μοντέλο μεγάλης αυτοκινητοβιομηχανίας.

1.4.4 Το υδρογόνο σαν καύσιμο

Τα παραπάνω προβλήματα φαίνεται να τα λύνει το υδρογόνο αν χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο. Το υδρογόνο αποθηκεύεται σε δεξαμενές στο εσωτερικό του αυτοκινήτου, τις λεγόμενες fuel cells. Υπάρχουν δύο είδη κυψελών καυσίμου, οι υψηλής θερμοκρασίας και οι χαμηλής θερμοκρασίας. Οι ερευνητές λοιπόν έχοντας στρέψει το ενδιαφέρον τους σε αυτήν την τεχνολογία έχουν προβεί στα ακόλουθα συμπεράσματα.

Οι κυψέλες καυσίμου υψηλής θερμοκρασίας υπερτερούν σε σχέση με αυτές της χαμηλής θερμοκρασίας στα εξής σημεία:

- ▶ Χαμηλότερο βάρος του οχήματος.
- ▶ Αυξημένη ιπποδύναμη.
- ▶ Μικρότερη κατανάλωση.

Οχήματα εξοπλισμένα με την παραπάνω τεχνολογία έχουν κατασκευασθεί αλλά βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο. Οι ερευνητές όμως είναι αρκετά αισιόδοξοι και κάνουν λόγο για μαζική παραγωγή οχήματος με αυτήν την τεχνολογία κοντά στο 2020. Μάλιστα η General Motors έχει παρουσιάσει ένα τέτοιο μοντέλο σε έκθεση αυτοκινήτων. Σύμφωνα με εκτιμήσεις η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου υψηλής θερμοκρασίας αναμένεται να περάσει στην παραγωγή περί το έτος 2020. Πρωτότυπα "fuel cell" οχήματα έχουν κατασκευαστεί αρκετά μέχρι σήμερα. Στη περσινή όμως έκθεση αυτοκινήτου στο Παρίσι αποκαλύφθηκε το πρώτο, σύμφωνα με την General Motors, αυτοκίνητο που θα μπορούσε να μπει σε ευρεία παραγωγή και να κυκλοφορήσει στους δρόμους.

2. ΔΙΧΡΟΝΟΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

2.1 ΔΙΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

2.1.1 Γενικά

Η απλότητα είναι κάτι που χαρακτηρίζει απόλυτα έναν δίχρονο κινητήρα. Η εισαγωγή μείγματος αέρα-καυσίμου και η εξαγωγή καυσαερίων συνδυάζονται με την έναρξη της συμπίεσης και με την αποτόνωση αντίστοιχα. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε την υλοποίηση ενός πλήρη θερμοδυναμικού κύκλου σε δύο παλινδρομικές κινήσεις του εμβόλου. Με τις ανάλογες τροποποιήσεις και διατάξεις βαλβίδων και σπινθηριστή είναι δυνατόν κινητήρες δύο χρόνων να υλοποιούν κύκλο Otto ή Diesel ενώ μπορεί να γίνει το ίδιο και με κινητήρες τεσσάρων χρόνων. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ισχυρή ροπή στρέψης αξιοπιστία και όχι υψηλοί ρυθμοί περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα έχουν επικρατήσει και χρησιμοποιούνται κατά κόρων δίχρονοι Diesel κινητήρες. Αυτούς συνήθως τους συναντάμε σε πλοία και στη βιομηχανία.

2.1.2 Πλεονεκτήματα

Η απλότητα της κατασκευής ενός δίχρονου κινητήρα αποτελεί το κύριο πλεονέκτημά του έναντι σε έναν αντίστοιχο τετράχρονο κινητήρα. Το γεγονός ότι απουσιάζουν πολλά από τα κινούμενα μέρη που συναντάμε σε έναν τετράχρονο κινητήρα όπως βαλβίδες, εκκεντροφόροι, καδένες εκκεντροφόρων, καπελότα γρανάζια κίνησης προδίδει ότι έχουμε πολύ λίγες απώλειες. Επιπροσθέτως σε μία πλήρη περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα έχουμε έκρηξη, δηλαδή παραγωγή έργου, κάτι για το οποίο ο τετράχρονος κινητήρας χρειάζεται δύο περιστροφές. Αντιλαμβάνεται κανείς λοιπόν ότι αν ένας τετράχρονος κινητήρας χρειαστεί στον ίδιο χρόνο να παράγει την ίδια ισχύ με έναν δίχρονο θα πρέπει θεωρητικά ο στροφαλοφόρος άξονάς του να έχει τις διπλάσιες στροφές από αυτές του δίχρονου.

2.1.3 Εφαρμογή και λειτουργία

Αν και το φάσμα εφαρμογής των δίχρονων κινητήρων είναι πραγματικά πολύ μεγάλο, αν επικεντρωθεί κανείς στους δίχρονους κινητήρες μικρής ισχύος που έχουν εφαρμογή σε μικρά οχήματα μεταφοράς αντιλαμβάνεται τα παρακάτω για τη λειτουργία τους.

Οι κινητήρες αυτοί στον θάλαμο καύσης, ενώ είναι εξοπλισμένοι με σπινθηριστή (αν έχουμε να κάνουμε με Otto) απουσιάζουν από αυτούς οι βαλβίδες και την θέση τους παίρνουν δύο ή περισσότερες θυρίδες με υψομετρική διαφορά μεταξύ τους.

Αυτές ανοίγουν ή κλείνουν ανάλογα με τη θέση του εμβόλου που κινείται παλινδρομικά μέσα στον θάλαμο καύσης και εφάπτεται περιμετρικά. Στον στροφαλοθάλαμο εισρέει μίγμα αέρα καυσίμου και ελαίου καθώς υπάρχει υποπίεση την οποία δημιουργεί το έμβολο καθώς ανεβαίνει. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε λίπανση στα ελατήρια του εμβόλου και στα τοιχώματά του καθώς και στα σημεία έδρασης του στροφαλοφόρου άξονα και στα σημεία έδρασης των διωστήρων.

Επειδή όμως οι διαδικασίες (εισαγωγή, συμπίεση-έκρηξη, εκτόνωση, εξαγωγή) γίνονται αρκετά γρήγορα και σε συνδυασμό με υψηλές στροφές, δεν γίνονται απόλυτα σωστά. Έχουμε λοιπόν αρκετές φορές καύσιμο να επιστρέφει από την εισαγωγή στο καρμπυρατέρ ή να δραπετεύει άκαυστο προς την εξαγωγή. Επίσης μπορεί να παρατηρηθεί ανακύκλωση των καυσαερίων εντός του κυλίνδρου καύσης το οποίο συντελεί στη μη αποδοτική καύση. Το κυριότερο όμως είναι η μη σωστή λίπανση του κινητήρα καθώς τα κυριότερα σημεία που καταπονούνται, λιπαίνονται με ένα αέριο μίγμα καυσίμου, ελαίου, αέρα που δεν αποτελεί τον σωστότερο τρόπο λίπανσης.

2.1.4 Βήματα Εξέλιξης

2.1.4.1 Βαλβίδες REED:

Αυτές είναι βαλβίδες αντεπιστροφής και είναι κατασκευασμένες από φύλλα μετάλλου ή πλαστικού. Επιτρέπουν δηλαδή στο ρευστό να ρέει προς μία και μόνο κατεύθυνση. Τοποθετούνται ανάμεσα στο καρμπυρατέρ και στην εισαγωγή και δεν επιτρέπουν στο μίγμα να επιστρέψει από τον χώρο του στροφαλοθαλάμου στο καρμπυρατέρ. Με την προσθήκη βαλβίδων Reed άρχισαν να χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα διαμετρήματα οπών εισαγωγής. Η αγορά τις έχει αποδεχθεί και χαρακτηρίζονται αρκετά αξιόπιστες.

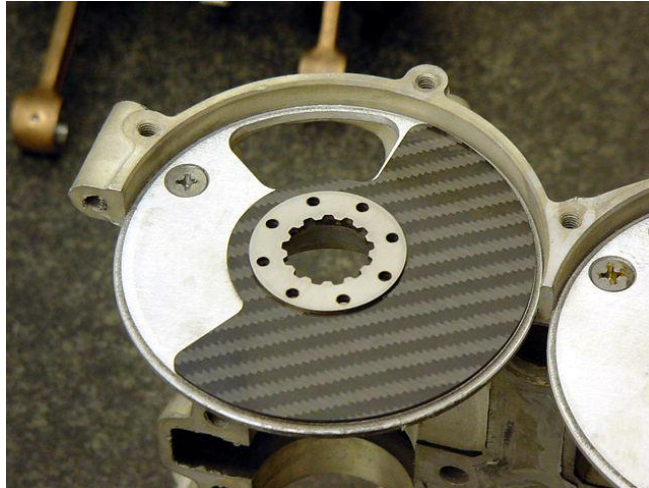


Εικόνα 2.1: Βαλβίδες Reed.

2.1.4.2 Περιστροφική βαλβίδα εισαγωγής

Κατασκευάστηκαν και προωθήθηκαν με σκοπό να αντικαταστήσουν τις βαλβίδες Reed. Το πλεονέκτημά της είναι ότι δεν φέρουν κάποια αντίσταση στο μίγμα καθώς αυτό εισρέει στον στροφαλοθάλαμο πράγμα το οποίο δεν μπορεί να αποφευχθεί στις Reed. Η περιστροφική βαλβίδα εισαγωγής παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο

άξονα πράγμα που διασφαλίζει την ακριβή κίνησή της, εγκλωβίζοντας το μίγμα στον στροφαλοθάλαμο. Ανάλογα λοιπόν με τις μοίρες στις οποίες βρίσκεται τα μέρη της καλύπτονται και αποκαλύπτονται τις θυρίδες. Τα μέρη της αυτά θυμίζουν μισοφέγγαρο. Οι βαλβίδες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως σε πολυκύλινδρους κινητήρες.



Εικόνα 2.2: Περιστροφική βαλβίδα εισαγωγής.

Τα πνευματικά δικαιώματα της κατασκευής αυτής ανήκουν στην Rotax η οποία θεωρείται από πολλούς ότι θα αποτελέσει σημαντικό παράγοντα στην επιστροφή των δίχρονων κινητήρων στην αγορά. Να σημειωθεί ότι και η Kawasaki έχει υλοποιήσει δίχρονους κινητήρες με περιστροφική βαλβίδα.

2.1.4.3 Έμβολα

Το γεωμετρικό σχήμα των εμβόλων δίχρονων κινητήρων παίζει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία τους. Ανάλογα λοιπόν με τον τρόπο που θέλουμε να εισάγεται στον κινητήρα το μίγμα της καύσης και τη γωνία της θυρίδας εισαγωγής σχεδιάζεται ένα κατάλληλο έμβολο ώστε να πετυχαίνουμε την παγίδευσή του στον κύλινδρο καύσης. Ένας άλλος παράγοντας στη σχεδίαση του σχήματος του εμβόλου είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη απόπλυση μετά την έκρηξη.

Τα υλικά με τα οποία κατασκευάζονται τα έμβολα είναι συνήθως ελαφριά κράματα αλουμινίου ώστε να έχουμε ευστροφία στον κινητήρα με κορυφαία τα σφυρήλατα έμβολα.

2.1.4.4 Θάλαμος εξαγωγής καυσαερίων

Ο θάλαμος εξαγωγής καυσαερίων έχει απασχολήσει αρκετά τους κατασκευαστές δίχρονων κινητήρων. Στον θάλαμο εξαγωγής έχουμε το φαινόμενο της κυματικής υπερσυμπίεσης. Χρησιμοποιείται δηλαδή η εξάτμιση σαν υπερσυμπιεστής κατά κάποιον τρόπο, αναγκάζοντας περισσότερο άκαυτο μίγμα βενζίνης/αέρα να συμπιεστεί στον κύλινδρο από τον υπολογισμένο όγκο του. Το καμπυλωτό σχήμα των εξατμίσεων έχει σκοπό να εκμεταλλεύεται τα κύματα πίεσης που γεννιούνται στην θυρίδα εξαγωγής ώστε να “αναπνέει” καλύτερα ο κινητήρας. Σχεδιάζεται λοιπόν ο θάλαμος εξαγωγής έτσι ώστε αρνητικά και θετικά κύματα να ανακλώνται ακαριαία

στη φούσκα της εξάτμισης ανάλογα με το απαιτούμενο φορτίο. Τα καυσαέρια αναγκάζονται από τα αρνητικά κύματα να εξέλθουν του κυλίνδρου ενώ το άκαυστο μίγμα αναγκάζεται να επιστρέψει στον θάλαμο καύσης. Λόγω όμως της υψηλής ταχύτητας των κυμάτων αυτών είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο τέλειος συγχρονισμός τους και να έχουμε τα παραπάνω αποτελέσματα, αφού πρέπει απαραίτητα κατά την επιστροφή τους η θυρίδα εξαγωγής να είναι ανοιχτή.

Τα προαναφερόμενα κύματα εξαρτώνται κυρίως από τις στροφές του κινητήρα και σε ένα μικρό ποσοστό από τη θερμοκρασία του θαλάμου καυσαερίων. Σύμφωνα με το παραπάνω αντιλαμβάνεται κανείς ότι μία εξάτμιση συγκεκριμένης γεωμετρίας δεν θα αποδίδει το ίδιο σε όλο το φάσμα των στροφών του στροφαλοφόρου άξονα. Με την εναλλαγή των στροφών από ιδανικές σε μη ιδανικές, τα κύματα αντανάκλασης δεν θα πετυχαίνουν το σκοπό τους, την υπερπλήρωση δηλαδή του θαλάμου καύσης. Αυτός λοιπόν ακριβώς, είναι ο λόγος που παρουσιάζονται έντονα ξεσπάσματα απόδοσης κατά τη λειτουργία των δίχρονων κινητήρων σε συγκεκριμένες στροφές του στροφάλου. Τις στροφές αυτές τις ορίζει ο κατασκευαστής σχεδιάζοντας ανάλογα τον θάλαμο εξαγωγής καυσαερίων.

Οι κατασκευαστές προσπαθώντας να διευρύνουν το φάσμα των στροφών κατά το οποίο θα συντονιστούν τα αρνητικά και θετικά κύματα εφάρμοσαν λύσεις μεταβλητής διατομής της εξαγωγής σε συνδυασμό με διαφορετικά μήκη και διατομές στον θάλαμο εξαγωγής καυσαερίων. Συγκεκριμένα η Honda με το σύστημα V-TACS-PFM και η Kawasaki με το KIPS κατάφεραν να μεταβάλλουν τον όγκο της εξάτμισης με την βοήθεια φυγοκεντρικών βαλβίδων. Παρόμοια τέτοια συστήματα έχουν χρησιμοποιήσει και άλλοι κατασκευαστές όπως το Power Valve της Yamaha, το RC της KTM και το AETC της Suzuki.



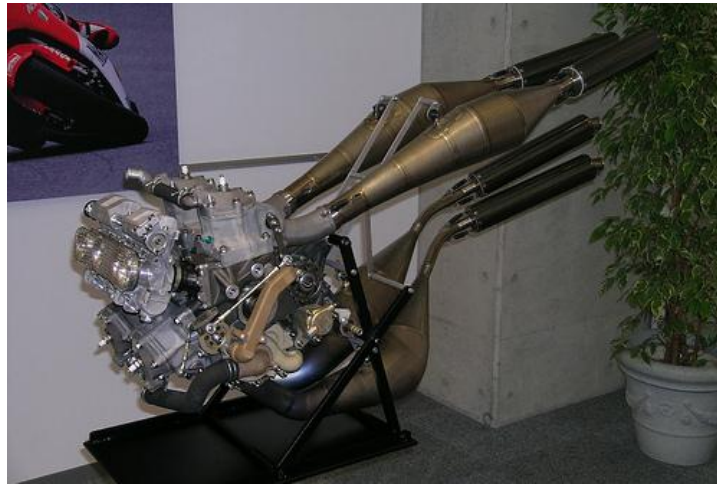
Εικόνα 2.3: Θάλαμος εξαγωγής καυσαερίων για δίχρονο κινητήρα.

2.1.5 Οι δίχρονοι κινητήρες Big-Bang

Οι κινητήρες δύο χρόνων ήταν οι πρώτοι που φιλοξένησαν την τεχνολογία της ανισόχρονης έναυσης. Σε έναν πολυκύλινδρο κινητήρα με κατάλληλα διαμορφωμένο στροφαλοφόρο άξονα είναι δυνατόν να γίνεται παραγωγή έργου ταυτόχρονα από δύο ή και περισσότερους κυλίνδρους ανάλογα τις εκάστοτε απαιτήσεις.

Κλασικό παράδειγμα αυτής της τεχνολογίας αποτελεί ο screamer, ο κινητήρας πεντακοσίων κυβικών εκατοστών, με τον οποίο ήταν εξοπλισμένο το NSR της Honda του 1990. Μέχρι τότε, ένας συνηθισμένος τετρακύλινδρος κινητήρας σχήματος V είχε

διαστήματα έναυσης μεταξύ των εμβόλων του 90° . Ο πρώτος κινητήρας τεχνολογίας big-bang είχε ταυτόχρονη έναυση δύο κυλίνδρων κάθε 180° περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα. Με τον τρόπο αυτό παραγόταν διπλάσια ποσότητα έργου ανά διπλάσιες μοίρες συγκριτικά με τους κλασικούς κινητήρες. Σαν αποτέλεσμα είχαμε ισχυρότερη ροπή, ομαλότερη συμπεριφορά του κινητήρα αλλά λίγο χαμηλότερη ιπποδύναμη. Η επόμενη εξέλιξη της λειτουργίας αυτής ήρθε το 1992 όπου είχαμε έναυση ζεύγους εμβόλων ανά 68° και 292° . Επιπλέον η διάταξη V των 112° είχε σαν χαρακτηριστικό να αποσβένονται αρκετά οι δονήσεις των κυλίνδρων με αποτέλεσμα χαρακτηριστική ευστροφία και ομαλότητα λειτουργίας. Τα χρόνια εκείνα, ο μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών λόγω των αγώνων ταχύτητας τους ανάγκασε να εξελίξουν αρκετά τους δίχρονους κινητήρες.



Εικόνα 2.4: Ο κινητήρας του Honda NSR 500.

Ο Mick Doohan αυστραλιανής καταγωγής ήταν κυρίαρχος για πολλά χρόνια στα παγκόσμια πρωταθλήματα στην κατηγορία των πεντακοσίων κυβικών με το Honda NSR 500. Αυτό οφείλεται στο αρχιμηχανικό Burgess ο οποίος δεν ήταν οπαδός της ανεξέλεγκτης δύναμης αλλά πίστευε ότι πρέπει να γίνεται ομαλά η μεταφορά αυτής στην πίστα αλλά και η επιτάχυνση να είναι γραμμική χωρίς να ξαφνιάζει τον οδηγό. Επίσης έδινε μεγάλη σημασία στην όλη γεωμετρία της μοτοσυκλέτας καθώς και στο βάρος της. Αυτό λοιπόν που θέλουμε από έναν δίχρονο κινητήρα είναι να είναι γραμμικός. Η ομαλά δηλαδή αποδιδόμενη ισχύς από τις χαμηλότερες μέχρι και τις υψηλότερες στροφές του στροφαλοφόρου άξονα καθώς και όσο το δυνατόν σταθερότερη καμπύλη ροπής στρέψης σε αυτό το διάστημα των στροφών.

2.1.6 Προοπτικές εξέλιξης δίχρονων κινητήρων

Ισχυρισμοί της KTM αφήνουν να εννοηθεί ότι οι κινητήρες δύο χρόνων μπορούν να εξελιχθούν επ' άπειρο χωρίς αντίπαλο. Δίχρονοι κινητήρες, δίκυλινδροι, δοκιμάζονται αρκετά χρόνια τώρα από μία εταιρεία ονόματι Orbital. Η τελευταία δηλώνει ότι με τη σωστή μελέτη και εξέλιξη, οι δίχρονοι κινητήρες μπορούν να χαρακτηριστούν οικονομικότεροι και πιο αξιόπιστοι από τους αντίστοιχους τετράχρονους.

Το προφίλ της εταιρείας Orbital είναι άμεσα συνδεδεμένο με αρκετές ευρεσιτεχνίες και πατέντες που έχουν εφαρμογή σε μεγάλες βιομηχανίες όπως είναι η General Motors, η Fiat, και η Ford. Η Orbital, όσον αφορά τους δίχρονους κινητήρες, ουσιαστικά ενσωματώνει ένα σύστημα common rail άμεσου ψεκασμού σε κινητήρες δύο χρόνων. Αυτή η καινοτομία μετατρέπει τον δίχρονο κινητήρα σε έναν οικονομικό και μη ρυπογόνο κινητήρα και ουσιαστικά τον απαλλάσσει από τα μειονεκτήματά του.

Για λόγους που δεν έχουν διευκρινιστεί ακόμα, η Aprilia μία εταιρεία με μεγάλο όνομα στους δίχρονους κινητήρες, έχει σχεδιάσει αλλά δεν έχει βγάλει στην παραγωγή το RS250. Το μοντέλο αυτό έχει δίχρονο κινητήρα εξοπλισμένο με τεχνολογία άμεσου ψεκασμού βασιζόμενη στην τεχνολογία της Orbital.

Πολλοί είναι αυτοί λοιπόν που πιστεύουν ότι οι δίχρονοι κινητήρες δεν έχουν “πεθάνει” και ότι με τον σωστό τρόπο εξέλιξης μπορούν να εκθρονίσουν οριστικά τον τετράχρονο ανταγωνισμό

Τα μέρη που υστερεί ο κλασικός δίχρονος κινητήρας έχουν προαναφερθεί και είναι τα εξής:

- Έχει πρόβλημα στον έλεγχο του μίγματος εντός του θαλάμου καύσης.
- Καυσαέρια ανακυκλώνονται επ' άπειρο στον θάλαμο καύσης.
- Η εξάτμιση αποδίδει καλά σε μικρό εύρος στροφών του στροφαλοφόρου άξονα.
- Νωχελικές καμπύλες ισχύος και ροπής που καταλήγουν σε μεγάλα ύψη μέσα σε λίγες μόλις χιλιάδες στροφές του στροφαλοφόρου άξονα.
- Μεγάλη απώλεια άκαυστου μίγματος στην εξαγωγή.

Αν ψάξει κανείς τι γνώμη έχει ο αρχιμηχανικός Blundell της Lotus για τους δίχρονους κινητήρες θα δει ότι πιστεύει το εξής: Αν και οι περισσότεροι κινητήρες δύο χρόνων δεν μπορούν να περάσουν πλέον τις σύγχρονες προδιαγραφές ρύπων, με την ενσωμάτωση ενός συστήματος άμεσου ψεκασμού μπορεί να συμβεί. Η προκατάληψη όμως και η άγνοια των καταναλωτών, χαρακτηρίζοντας τους δίχρονους ρυπογόνους και υπερβολικά νευρικούς κινητήρες, ευνοεί αρκετά τους κατασκευαστές καθώς έχουν επενδύσει αρκετά χρήματα για την εξέλιξη των τετράχρονων κινητήρων.

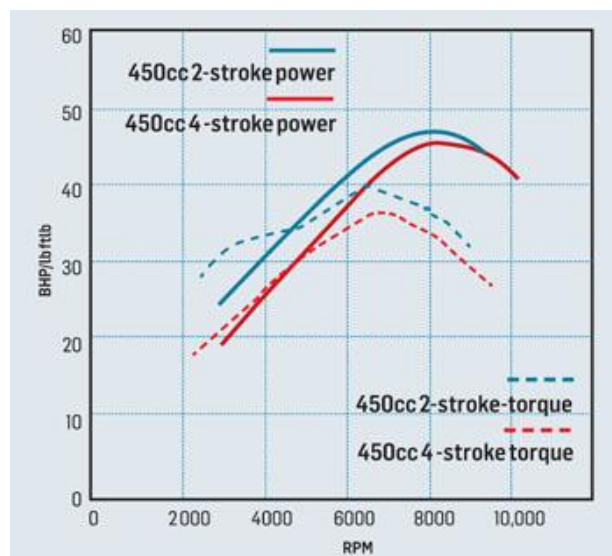
Ένα σύστημα ψεκασμού τοποθετημένο σε έναν δίχρονο κινητήρα λειτουργεί έτσι ώστε να αξιοποιείται η πίεση του αέρα για την άμεση έγχυση καυσίμου. Επίσης επιτυγχάνεται διαχωρισμός του λιπαντικού ελαίου από το καύσιμο οπότε έχουμε και σωστή λίπανση του κινητήρα. Επίσης αποφεύγεται το φαινόμενο κατά το οποίο διαφεύγει άκαυστο καύσιμο στην εξαγωγή καθώς ο ψεκασμός του μίγματος λαμβάνει χώρα μετά το κλείσιμο της θυρίδας εξαγωγής από το έμβολο και πριν την έναυση φυσικά. Το γεγονός ότι το σύστημα ψεκασμού φέρει μπεκ με αέρα σε πίεση, συμβάλει στη δημιουργία σταγονιδίων βενζίνης μέσα στον όγκο του αέρα. Η κατάσταση αυτή του μίγματος οδηγεί αναπόφευκτα σε αρκετά αποδοτική έκρηξη και τέλεια σχεδόν καύση. Επιπλέον, καθώς δεν έχουμε να κάνουμε με μηχανή Diesel όπου χρησιμοποιούνται μπεκ σχεδιασμένα να δέχονται χιλιάδες bar πίεσης, τα μπεκ σε έναν δίχρονο κινητήρα μπορούν να είναι αρκετά απλούστερα. Τέλος η κατανάλωση καυσίμου σε έναν δίχρονο κινητήρα άμεσου ψεκασμού μπορεί να

μειωθεί μέχρι και 80% σε σχέση με έναν παραδοσιακό δίχρονο κινητήρα. Παράλληλα όμως η καμπύλη ροπής στρέψης του κινητήρα αυτού αυξάνει σε όλο το φάσμα των στροφών ακόμα και σε ανώτερα επίπεδα από έναν αντίστοιχο τετράχρονο μοτέρ.

2.1.7 Οι δίχρονοι κινητήρες ξανά στην παραγωγή

Όταν στην Aprilia διεξάγονταν οι δοκιμές πάνω στο μοντέλο RS250 εξοπλισμένο με σύστημα άμεσου ψεκασμού, ο Mike Ambler που κατείχε τη θέση του αρχιμηχανικού δήλωσε ότι οι ρύποι που παρήγαγε ο συγκεκριμένος κινητήρας μπορούσαν να συγκριθούν με αυτούς ενός αντίστοιχου τετράχρονου κινητήρα με καρμπυρατέρ καθώς δουλεύει στο ρελαντί. Επίσης η KTM ετοιμάζει να βγάλει στην παραγωγή ένα μοντέλο 300cc εξοπλισμένο με σύστημα άμεσου ψεκασμού. Ο αρχιμηχανικός της εταιρείας ονόματι Batrol δηλώνει ότι οι κινητήρες δύο χρόνων πλέον μπορούν να έχουν μόνο πλεονεκτήματα αν αναλογιστεί κανείς το κόστος και την απλότητα κατασκευής τους, το βάρος τους και την ισχύ που αποδίδουν. Επιπλέον δηλώνει ότι η Honda έχοντας δαπανήσει μεγάλα χρηματικά ποσά για την εξέλιξη των τετράχρονων μοτέρ, βρίσκεται πίσω από το “θάψιμο” των δίχρονων κινητήρων.

Παρακάτω φαίνεται μία καμπύλη της ισχύος σε συνάρτηση με τις στροφές και συγκρίνονται ένας δίχρονος κινητήρας και ένας τετράχρονος των 450cc. Ο δίχρονος εδώ αποδεικνύεται ισχυρότερος και αρκετά πιο γραμμικός από ότι θα περίμενε κανείς.



Εικόνα 2.5: Συγκριτικό διάγραμμα.

Η επίσημη θέση της εταιρείας Orbital είναι ότι αν δεν ασκούσε τόσο μεγάλη επιρροή στους καταναλωτές η Honda, ο δίχρονος κινητήρας θα χρησιμοποιούνταν ευρέως σήμερα. Την παραπάνω θέση υιοθετεί και η Lotus αναγνωρίζοντας όμως ότι παλαιότερα η Honda ασχολούταν αρκετά με την εξέλιξη δίχρονων μοτέρ.

Η BRP που ελέγχει την Rotax και την Evinrude έχει βγάλει στην παραγωγή δίχρονους κινητήρες άμεσου ψεκασμού που υπερτερούν σε μεγάλο βαθμό έναντι του

τετράχρονου ανταγωνισμού σε όλα τα επίπεδα σε σημεία που ανάγκασε τη Yamaha να εξελίξει και αυτή δίχρονους πολυκύλινδρους κινητήρες άμεσου ψεκασμού για τις εξωλέμβιές της.

Η επιρροή της Honda όμως και των άλλων Ιαπώνων που εθελουφλούν είναι τόσο ισχυρή που ακόμα κάνουμε εικασίες. Τεράστια οικονομικά μεγέθη πίσω από αυτές τις στρατηγικές επιλογές στερούν στον άνθρωπο την απόλαυση της δίχρονης τεχνολογίας. Ο χρόνος θα δείξει ποιες τεχνολογίες θα επικρατήσουν και ποια συμφέροντα θα επιβληθούν έναντι άλλων.

2.2. ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ WANKEL

2.2.1 Ιστορική αναδρομή

Η πόλη Swabia της Γερμανίας είναι γενέτειρα ανθρώπων που τα ονόματά τους είναι συνώνυμα με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αυτοί είναι οι Daimler, Otto, Benz αλλά και ο Felix Henrich Wankel. Έτσι λοιπόν ο τελευταίος έχοντας δείξει μεγάλο πάθος από νεαρά ηλικία για την τεχνολογία, εν έτι 1925 ανοίγει το δικό του μηχανουργείο. Την ιδέα ενός περιστροφικού κινητήρα εσωτερικής καύσης την είχε αφού συνεργάστηκε με την εταιρεία NSU για την κατασκευή περιστροφικών κινητήρων τοποθετημένους σε μοτοσυκλέτες. Η πρώτη όμως πραγματική εφαρμογή του κινητήρα Wankel ήταν ο DKM που κατασκευάστηκε το 1957. Ο τελευταίος είχε την δυνατότητα να λειτουργεί επί δύο ώρες συνεχώς και απέδιδε ισχύ που έφτανε τους 21 ίππους.

2.2.2 Παρουσίαση κινητήρα

Δύο είναι τα βασικά τμήματα που απαρτίζουν έναν κινητήρα Wankel:

- Ο στάτης ο οποίος ουσιαστικά είναι το κέλυφος του κινητήρα.
- Ο ρότορας ο οποίος περιλαμβάνει τον άξονα και το έμβολο.

Παρότι λειτουργεί με διαφορετικό τρόπο από τους κοινούς κινητήρες εσωτερικής καύσης, θεωρείται και αυτός ένας από αυτούς.

Στους συμβατικούς εμβολοφόρους παλινδρομικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης οι χρόνοι λειτουργίας του κινητήρα (εισαγωγή, συμπίεση, καύση - εκτόνωση και εξαγωγή) πραγματοποιούνται σταδιακά σε κάθε κύλινδρο. Οι ίδιοι χρόνοι πραγματοποιούνται και στον Wankel μόνο που κάθε σημείο του κινητήρα είναι αφοσιωμένο σε μία και μόνο λειτουργία.

Στην ουσία δηλαδή οι χρόνοι λαμβάνουν χώρο σε συγκεκριμένες περιοχές του στάτη η κάθε μία, και καθώς ο ρότορας περιστρέφεται και περνάει από τις περιοχές αυτές εκτελούνται οι χρόνοι λειτουργίας του κινητήρα. Η όψη του κινητήρα Wankel φαίνεται παρακάτω καθώς και ο ρότορας και ο στάτης οι οποίοι παίζουν το ρόλο του εμβόλου και του κυλίνδρου αντίστοιχα.



Εικόνα 2.6: Στάτης και ρότορας κινητήρα Wankel.

Το έργο στον κινητήρα Wankel παράγεται όπως ακριβώς και στους συμβατικούς κινητήρες. Με την καύση δηλαδή μίγματος καυσίμου-αέρα. Η έκκεντρη περιστροφή του ρότορα αναγκάζει το εύφλεκτο μίγμα να συμπιεστεί. Έχουμε λοιπόν και εδώ συμπίεση όπως και στον παλινδρομικό κινητήρα. Αφού λοιπόν το μίγμα συμπιεστεί πραγματοποιείται έναυση του καυσίμου μίγματος με την βοήθεια του σπινθηριστή και έχουμε την εκτόνωση όπου παράγεται έργο.

Ο στάτης και ο ρότορας είναι έτσι σχεδιασμένοι και κατασκευασμένοι ώστε τα τοιχώματα του στάτη να είναι σε διαρκή επαφή με τις τρεις ακμές του ρότορα διασφαλίζοντας έτσι τον διαχωρισμό των τριών τμημάτων. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται τρεις διαφορετικοί χώροι τελείως αποκομμένοι μεταξύ τους. Καθώς λοιπόν περιστρέφεται το έμβολο, μέσα στον κύλινδρο, αυτοί οι ανεξάρτητοι χώροι αυξάνουν και μειώνουν σταδιακά τον όγκο τους, εκτελώντας με αυτόν τον τρόπο τις απαραίτητες διαδικασίες για τη λειτουργία του κινητήρα.

2.2.3 Τα μέρη του Wankel

2.2.3.1 Το κέλυφος (ή Στάτης) του Wankel

Ο ρότορας θα πρέπει να έχει μία διαρκή επαφή με το κέλυφος. Για τον λόγο αυτό το σχήμα του στάτη θα μπορούσε να το πει κανείς οβάλ. Στον στάτη λοιπόν βρίσκονται οι θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής καθώς κινούμενα μέρη όπως βαλβίδες δεν είναι απαραίτητα για την λειτουργία του κινητήρα. Οι θυρίδες αυτές ανοίγουν και κλείνουν σύμφωνα με την κίνηση του ρότορα. Επίσης στον στάτη φιλοξενούνται οι σπινθηριστές αλλά και το σύστημα ψύξης του κινητήρα.

2.2.3.2 Ο Ρότορας του Wankel

Ο ρότορας έχει τριγωνικό σχήμα και αποτελείται από τρεις κυρτές επιφάνειες. Αυτές εκτελούν τις λειτουργίες του εμβόλου. Ο θύλακας που βρίσκεται στην κάθε πλευρά του εξυπηρετεί στην αύξηση της χωρητικότητας του θαλάμου και στην

καλύτερη ανάμειξη του μίγματος. Στις κορυφές του ρότορα υπάρχουν κάποια στεγανοποιητικά ελάσματα για να διασφαλιστεί η στεγανότητα του θαλάμου.



Εικόνα 2.7: Ρότορας κινητήρα Wankel.

Συνολικά έχουμε τρία ελάσματα στις κορυφές και δύο σε κάθε μέτωπο του ρότορα. Εσωτερικά ένας οδοντωτός τροχός προσαρμοσμένος στο σταθερό κέλυφος του κινητήρα συνεργάζεται με μία οδοντωτή στεφάνη. Καθώς λοιπόν ο οδοντωτός αυτός τροχός περιστρέφεται, ο ρότορας κινείται έκκεντρα και περιστροφικά.

2.2.3.3 Ο άξονας του Wankel

Θα μπορούσε κανείς να πει ότι ο άξονας του περιστροφικού κινητήρα Wankel έχει ομοιότητες με τον στροφαλοφόρο άξονα των παλινδρομικών κινητήρων όσον αφορά το σχήμα αλλά και τη φιλοσοφία λειτουργίας τους. Αυτή η σύγκριση γίνεται αναπόφευκτα διότι και οι δύο αυτοί άξονες μεταφέρουν την κίνηση στο κιβώτιο ταχυτήτων και διαθέτουν έκκεντρα κομβία. Από αυτά τα έκκεντρα κομβία μεταφέρεται η κίνηση από τον ρότορα στον άξονα και πολλοί τα παρομοιάζουν με τους διωστήρες οι οποίοι έχουν τον ίδιο σκοπό. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένας άξονας περιστροφικού κινητήρα Wankel.



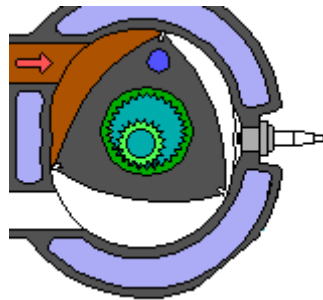
Εικόνα 2.8: Άξονας κινητήρα Wankel.

2.2.4 Ανάλυση λειτουργίας

Όπως έχει προαναφερθεί ο Wankel εκτελεί τους τέσσερις χρόνους λειτουργίας του κινητήρα Otto. Ο τρόπος όμως που εκτελούνται διαφέρει κατά πολύ από έναν συμβατικό κινητήρα. Κάθε πλευρά του ρότορα, που στον συγκεκριμένο κινητήρα αντιπροσωπεύει τα έμβολα, ανάλογα με την θέση του εκτελεί και μία διαφορετική λειτουργία. Παρακάτω αναλύονται οι χρόνοι αναλυτικά.

2.2.4.1 Εισαγωγή

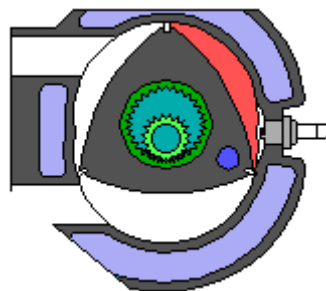
Καθώς ο ρότορας περιστρέφεται, μία από τις ακμές του ανοίγει τη θυρίδα εισαγωγής. Τη στιγμή εκείνη, ο όγκος του διαμερίσματος που σχηματίζεται από την συγκεκριμένη πλευρά του ρότορα και του κελύφους, είναι αρκετά μικρός. Με την περιστροφή όμως του ρότορα ο όγκος αυτός αυξάνεται και κατά συνέπεια δημιουργείται μία υποπίεση η οποία αναγκάζει το μίγμα να εισέλθει στο διαμέρισμα αυτό. Ο ρότορας όμως δεν σταματά να περιστρέφεται και έτσι έρχεται η επόμενη του ακμή να σφραγίσει τη θυρίδα εισαγωγής.



Εικόνα 2.9: Χρόνος εισαγωγής κινητήρα Wankel.

2.2.4.2 Συμπίεση

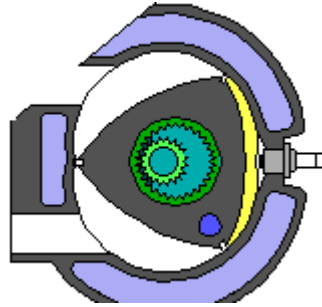
Στο διαμέρισμα λοιπόν που έχει απορροφηθεί το καύσιμο μίγμα, σε αυτή τη φάση της λειτουργίας του κινητήρα, λόγω της περιστροφής του ρότορα και της διαμόρφωσης του κελύφους, ο όγκος ελαττώνεται. Αυτό λοιπόν συνεπάγεται με συμπίεση του μίγματος.



Εικόνα 2.10: Χρόνος συμπίεσης κινητήρα Wankel.

2.2.4.3 Ανάφλεξη – Εκτόνωση

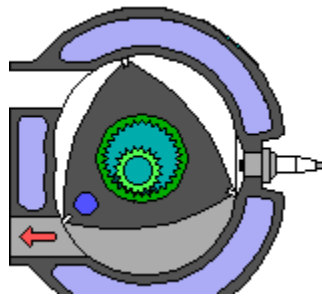
Με την περιστροφή του ρότορα, η πρώτη ακμή του διαμερίσματος αποκαλύπτει τους σπινθηριστές οι οποίοι συνήθως είναι δύο. Κατά τη στιγμή της ανάφλεξης λοιπόν έχουμε δημιουργία σπινθήρα από τα δυο μπουζί και ταχύτατη καύση του μίγματος. Η αύξηση της πίεσης των αερίων στο θάλαμο καύσης ωθεί το ρότορα να περιστραφεί προς την κατεύθυνση που μεγαλώνει ο όγκος του θαλάμου καύσης. Τα καυσαέρια συνεχίζουν να περιστρέφουν το ρότορα λόγω της πίεσής τους, έως ότου η ακμή του αποκαλύψει τη θυρίδα εξαγωγής.



Εικόνα 2.11: Χρόνος ανάφλεξης-εκτόνωσης κινητήρα Wankel.

2.2.4.4 Εξαγωγή

Η πρώτη ακμή του διαμερίσματος αποκαλύπτει τη θυρίδα εξαγωγής. Τα καυσαέρια λοιπόν που βρίσκονται υπό πίεση βρίσκουν διέξοδο προς την εξάτμιση από τη θυρίδα εξαγωγής. Στη σωστή απόπλυση του διαμερίσματος βοηθάει και η κίνηση του ρότορα που αναγκάζει τα απομείναντα καυσαέρια να εξέλθουν και αυτά.



Εικόνα 2.12: Χρόνος εξαγωγής κινητήρα Wankel.

2.2.5 Διαφορές μεταξύ κινητήρα Wankel και συμβατικών κινητήρων

2.2.5.1 Πλεονεκτήματα κινητήρα Wankel

Ένας τομέας όπου υπερτερεί ο περιστροφικός κινητήρας Wankel είναι το γεγονός ότι έχει πολύ λιγότερα κινούμενα μέρη από έναν συμβατικό παλινδρομικό κινητήρα τεσσάρων χρόνων. Ενδεικτικά ένας συμβατικός κινητήρας έχει παραπάνω από σαράντα βασικά κινούμενα μέρη συμπεριλαμβανομένων του στροφαλοφόρου άξονα, των εμβόλων, των βαλβίδων και του εκκεντροφόρου άξονα. Ένας συνηθισμένος κινητήρας Wankel όμως έχει μόνο τρία βασικά κινούμενα μέρη τα οποία είναι οι δύο ρότορες και ο άξονας του. Το γεγονός αυτό λοιπόν καθιστά τους Wankel αρκετά πιο ελαφριούς κινητήρες από του συμβατικούς παλινδρομικούς και επιπλέον συμβάλει στην μείωση των απωλειών λόγω τριβών.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα των περιστροφικών έναντι των παλινδρομικών είναι ότι στους πρώτους δεν εμφανίζεται το φαινόμενο όπου κάποιο κινούμενο μέρος αλλάζει απότομα κατεύθυνση κίνησης. Σε αυτή την περίπτωση, οι αδράνεις πρέπει να αποσβεστούν και να ανακτήσει πάλι το κινούμενο αυτό μέρος την ταχύτητά του. Ο λόγος φυσικά για το έμβολο το οποίο αν κανείς αναλογιστεί τους χρόνους του Otto ή του Diesel θα έλθει στο συμπέρασμα ότι για να παραχθεί μία φορά έργο από ένα έμβολο θα πρέπει να αλλάξει η κατεύθυνση της κίνησής του τρεις φορές. Για να γίνει αυτό εξοπλίζουμε τον κινητήρα με σφόνδυλο, το οποίο προσθέτει βάρος στον κινητήρα αλλά και απορροφά ένα ποσοστό της παραγόμενης ισχύς του που είναι απαραίτητο για την κίνησή του. Όλο αυτό μεταφράζεται σε απώλειες της παραγόμενης ισχύος αλλά δεν συμβαίνει στους περιστροφικούς κινητήρες.

Για τον παραπάνω λόγο καταλαβαίνει κανείς ότι οι στροφές του στροφαλοφόρου άξονα σε έναν συμβατικό κινητήρα δεν μπορούν να είναι ποτέ τόσοι όσοι σε έναν περιστροφικό. Αφού λοιπόν στον περιστροφικό κινητήρα ο ρότορας περιστρέφεται προς μία μόνο κατεύθυνση δεν υπάρχουν μεγάλα ποσά αδράνειας που χρειάζεται να υπερνικηθούν.

2.2.5.2 Μειονεκτήματα κινητήρα Wankel

Στον περιστροφικό κινητήρα Wankel παρουσιάζονται περισσότεροι ρύπτοι κατά τη λειτουργία του σε σχέση με έναν ανάλογο παλινδρομικό κινητήρα. Αυτό συμβαίνει διότι δεν υπάρχουν βαλβίδες στις θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής ώστε να διαχειρίζεται σωστά το μίγμα. Τελευταία όμως οι κατασκευαστές τοποθετώντας ειδικούς τύπους καταλυτών έχουν καταφέρει να ελαττώσουν κατά πολύ τους ρύπους του Wankel.

Επίσης το κόστος κατασκευής ενός περιστροφικού κινητήρα είναι αρκετά μεγαλύτερο από έναν συμβατικό παλινδρομικό κινητήρα. Παρά λοιπόν το γεγονός πως ο αριθμός των κινουμένων μερών του κινητήρα είναι μικρός, το κόστος κατασκευής παραμένει υψηλό, λόγω των ελάχιστων κινητήρων του τύπου που κατασκευάζονται συνολικά.

Η χαμηλότερη θερμοδυναμική απόδοση που παρουσιάζουν οι περιστροφικοί κινητήρες Wankel έναντι των παλινδρομικών είναι ένα επιπλέον μειονέκτημά τους και έχει άμεσο αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμου που είναι μεγαλύτερη. Η διαφορά αυτή στη θερμοδυναμική απόδοση των δυο κινητήρων οφείλεται κυρίως στο μεγάλο μήκος του θαλάμου καύσης του περιστροφικού κινητήρα. Το σχήμα εξάλλου του θαλάμου καύσης στους κινητήρες Wankel δεν είναι ιδανικό ως προς την εκμετάλλευση των προωστικών δυνάμεων των καυσαερίων.

Ένα ποσοστό δηλαδή της παραγόμενης ενέργειας χάνεται καθώς τα αέρια πιέζουν το έμβολο προς διάφορες κατευθύνσεις. Επίσης, η κατασκευή του περιστροφικού κινητήρα δεν επιτρέπει την επίτευξη υψηλών τιμών συμπίεσης, η οποία είναι ανάλογη της απόδοσης.

2.3. ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ RADMAX

2.3.1 Γενικά

Ύστερα από χρόνια εντατικών ερευνών και ανάπτυξης, η REGI U.S. (OTC BB: RGUS) είναι στα τελικά εξεταστικά στάδια πριν από την πραγματική κατασκευή και τη χορήγηση αδειών της επαναστατικής περιστροφικής μηχανής RadMax™ που στοχεύει σε μια σειρά σημαντικών τομέων της βιομηχανίας.

Η ιδιόκτητη περιστροφική τεχνολογία μηχανών της επιχείρησης αντιπροσωπεύει μια δραματική διαφοροποίηση από τα υπάρχοντα σχέδια κινητήρων που είναι σχεδόν αμετάβλητα απ' όταν εφευρέθηκε η μηχανή εμβόλων το 1876. Η REGI U.S., κατέχει τα δικαιώματα των ΗΠΑ για αυτήν την νέα και συναρπαστική τεχνολογία μηχανών που αυξάνει την απόδοση κατά περίπου 600%.

Αυτό που κάνει την περιστροφική μηχανή RadMax τόσο διαφορετική είναι το ελαφρύ της βάρος και το γεγονός ότι έχει μόνο δύο κινούμενα μέρη, ενώ αυτά τα δύο σε συνδυασμό την κάνουν εξαιρετικά αποδοτική και πολύ αθόρυβη.

Τα δύο μόνο κινούμενα μέρη της περιστροφικής μηχανής RadMax - τα πτερύγια (μέχρι 12) και ένας στροφέας - μπορούν να συγκριθούν με τα 40 και πλέον κινούμενα μέρη ενός τετράχρονου τετρακύλινδρου κινητήρα. Ο επαναστατικός σχεδιασμός καθιστά δυνατή την παραγωγή έργου από έναν περιστροφικό κινητήρα που λειτουργεί χωρίς κραδασμούς.

Επίσης ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας είναι, ότι σε μία εποχή που η ενέργεια κοστίζει ακριβά και το πετρέλαιο τείνει να εκλείψει, η μηχανή υψηλής αποδοτικότητας RadMax μπορεί να χρησιμοποιεί ουσιαστικά οποιοδήποτε είδος καυσίμου (βενζίνη, φυσικό αέριο, υδρογόνο, προπάνιο και Diesel).



Εικόνα 2.13: Κινητήρας RadMax.

«Πιστεύουμε ότι έχουμε μια θαυμάσια λύση στην ενεργειακή κρίση. Οι μηχανές μας μπορούν να παραγάγουν τρεις φορές την ιπποδύναμη που παράγει μια μηχανή που έχει το διπλάσιο βάρος από την RadMax», λέει η εταιρεία REGI U.S.. Ο Πρόεδρος της ονόματι John Robertson συμπληρώνει. «Ο σχεδιασμός της RadMax™ δεν την καθιστά μόνο οικονομικότερη στην κατανάλωση καυσίμου από τους σημερινούς κινητήρες, αλλά και οικονομικότερη στην κατασκευή και στην συντήρηση.»

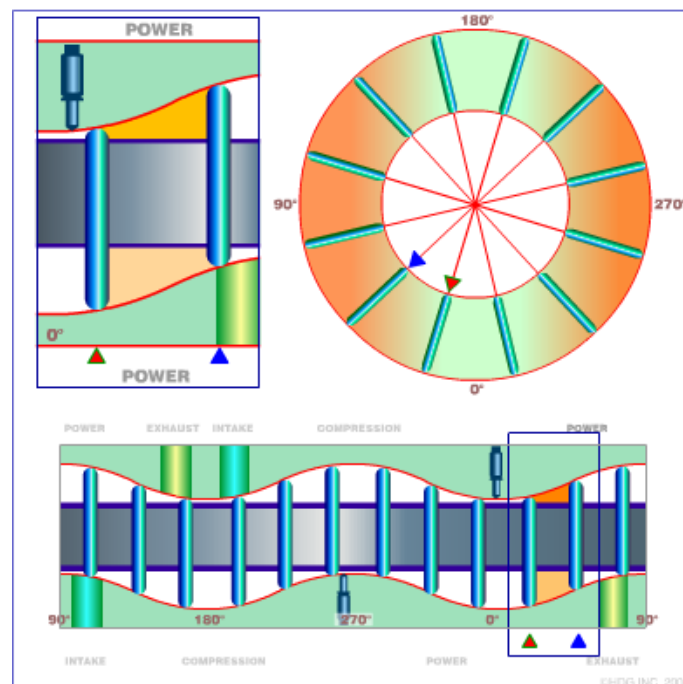
2.3.2 Τρόπος λειτουργίας

Εισαγωγή: Το μίγμα καυσίμου-αέρα εισέρχεται μέσω της θυρίδας εισαγωγής (intake) μέσα σε ένα «διαμέρισμα» που δημιουργείται μεταξύ δύο πτερυγίων, του στροφέα και των εξωτερικών τοίχων του στάτη. Καθώς λοιπόν το διαμέρισμα αυτό περνάει από την θυρίδα εισαγωγής, το έκκεντρο σημείο του στάτη προκαλεί αύξηση του όγκου του διαμερίσματος όπου προκαλείται υποπίεση. Η υποπίεση λοιπόν αυτή αναγκάζει το μίγμα να εισέλθει του διαμερίσματος

Συμπίεση: Καθώς το μίγμα καυσίμου-αέρα περνάει κατά μήκος των έκκεντρων του στάτη ο όγκος ανάμεσα στα δύο πτερύγια ελαττώνεται, προκαλώντας τη συμπίεση του μίγματος.

Εκτόνωση: Κάτω από την αρκετά υψηλή συμπίεση (Diesel) είτε από σπινθήρα (Otto), το συμπιεσμένο μίγμα αναφλέγεται. Μετά την έκρηξη τα καυσαέρια διαστέλλονται και αναγκάζουν τον ρότορα να κινηθεί.

Εξάτμιση: Τα καυσαέρια εξέρχονται του διαμερίσματος από την θυρίδα εξαγωγής. Για μία ακόμη φορά, το πέρασμα του ρότορα από ένα έκκεντρο σημείο του στάτη, προκαλεί μείωση του όγκου του διαμερίσματος όπου αυξάνεται η πίεση. Καθώς λοιπόν το διαμέρισμα περνάει από τη θυρίδα εξαγωγής τα καυσαέρια βρίσκουν διέξοδο από αυτήν.



Εικόνα 2.14: Λειτουργία κινητήρα RadMax.

Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται σε όλα τα διαμερίσματα και στις δύο πλευρές του στροφέα. Έχουμε δηλαδή εικοσιτέσσερις φορές παραγωγή έργου ανά μία περιστροφή του ρότορα. Αυτό επιτρέπει σε αυτόν τον περιστροφικό κινητήρα να παραγάγει 1 HP ανά 0,45kg, σε σύγκριση με το 1HP ανά 3kg ενός συμβατικού κινητήρα εσωτερικής καύσης. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι ο ρότορας και τα πτερύγια στη μηχανή RadMax αντικαθιστούν τα 40 κινούμενα μέρη σε έναν συμβατικό κινητήρα, συμπεριλαμβανομένων των εμβόλων, τους κυλίνδρους και τις βαλβίδες.

Πολλοί όμως είναι αυτοί που πιστεύουν ότι δεν υπάρχει τρόπος να λιπανθεί ο κινητήρας αυτός σωστά όπως επίσης και να διασφαλιστεί η στεγανότητα των επιμέρους διαμερισμάτων. Ο λόγος είναι ότι ο κινητήρας αυτός δεν υπάρχει ακόμα στην ευρεία αγορά ώστε να δοκιμαστεί σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

3. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΚΑΙ ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΟΔΗΓΗΣΑΝ ΣΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας σχεδιάστηκε για να επιλύσει προβλήματα και μειονεκτήματα των ήδη υπαρχόντων κινητήρων. Βασίζεται στην αρχή λειτουργίας του εμβολοφόρου παλινδρομικού κινητήρα αξιοποιώντας όλα τα πλεονεκτήματά του έναντι του περιστροφικού κινητήρα Wankel. Έχει όμως δύο βασικές καινοτομίες οι οποίες επιλύουν και όλα τα μειονεκτήματα του παλινδρομικού καθώς και του περιστροφικού κινητήρα Wankel. Ο κινητήρας αυτός έχει αναγνωρισθεί με το υπ' αριθμόν 1004306/2002 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας όπου αναφέρονται και κατοχυρώνονται οι καινοτομίες του. Αυτές είναι οι εξής:

- Μία ειδική μετατροπή του παλινδρομικού εμβολοφόρου κινητήρα σε περιστροφικό, ώστε να αποφευχθούν οι απώλειες λόγω των δυνάμεων αδρανείας που δημιουργούνται από την παλινδρομική κίνηση των εξαρτημάτων του.
- Μία ειδική μετατροπή του δίχρονου εμβολοφόρου βενζινοκινητήρα, ώστε το λιπαντικό να μην αναμιγνύεται με το καύσιμο μίγμα με αποτέλεσμα να καίγεται, παράγοντας αυξημένους ρύπους.

Οι καινοτομίες αυτές περιγράφονται και αναλύονται παρακάτω καθώς παρουσιάζονται οι επιλύσεις των προβλημάτων των κινητήρων που γνωρίζουμε και χρησιμοποιούμε μέχρι σήμερα.

3.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΟΥ ΓΝΩΡΙΖΟΥΜΕ ΣΗΜΕΡΑ

Παρατηρώντας τους περιστροφικούς κινητήρες και συγκρίνοντάς τους με τους εμβολοφόρους παλινδρομικούς κινητήρες διαπιστώνονται διάφορα πλεονεκτήματα καθώς και μειονεκτήματα.

- Τα βασικά μειονεκτήματα του περιστροφικού κινητήρα Wankel είναι:
 - Χαμηλότερη αξιοπιστία λειτουργίας λόγω της μη σωστής λίπανσης των τριβόμενων μερών του κινητήρα και ιδιαίτερα κοντά στα σημεία που γίνεται η καύση όπου υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες. Σε περιπτώσεις λοιπόν μεγάλων καταπονήσεων του κινητήρα συχνά παρουσιάζονται ζημιές.

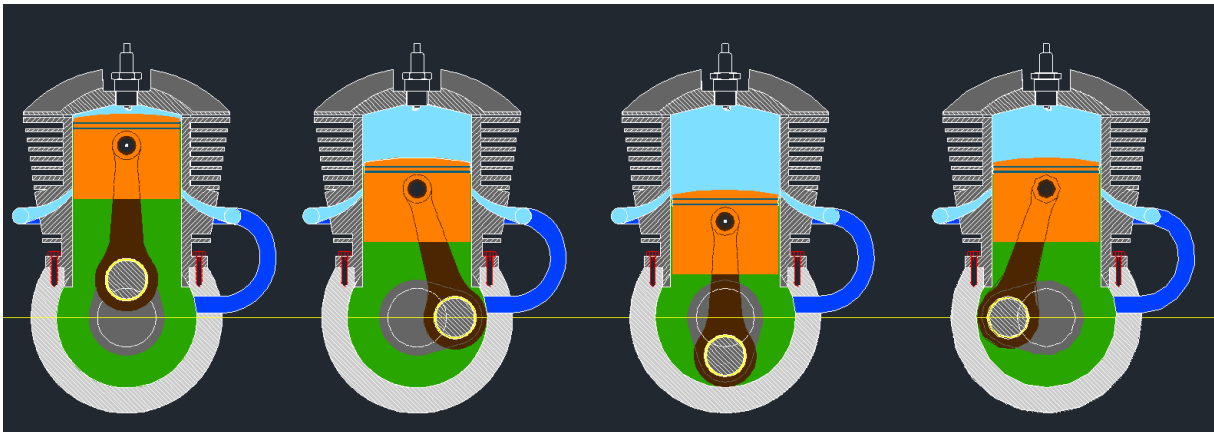
- Περισσότεροι ρύποι λόγω της κακής στεγανοποίησης του θαλάμου καύσεως και της κακής διαχείρισης του μίγματος.
 - Υψηλότερη κατανάλωση λόγω χαμηλής θερμοδυναμικής απόδοσης που οφείλεται στο μεγάλο μήκος του θαλάμου καύσης του περιστροφικού κινητήρα. Το σχήμα εξάλλου του θαλάμου καύσης στους κινητήρες Wankel δεν είναι ιδανικό ως προς την πλήρη εκμετάλλευση των προωστικών δυνάμεων των καυσαερίων.
 - Μικρότερη διάρκεια ζωής λόγω των πρόωρων φθορών που παρουσιάζονται από την κακή λίπανση σε ευαίσθητα σημεία του κινητήρα.
 - Υψηλότερο κόστος κατασκευής λόγω της ιδιομορφίας κατασκευής, της μεγάλης ακρίβειας που απαιτείται στη κατασκευή του και της μικρής γραμμής παραγωγής.
- Τα βασικά μειονεκτήματα του παλινδρομικού κινητήρα είναι:
 - Περισσότερα κινούμενα μέρη τα οποία λόγω τριβών καταναλώνουν ενέργεια με αποτέλεσμα να μειώνεται ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα.
 - Πολύπλοκη κατασκευή με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα βλάβης ενός εκ των εξαρτημάτων.
 - Μεγαλύτερο βάρος ανά μονάδα παραγόμενης ισχύος.
 - Το μεγαλύτερο όμως μειονέκτημα του εμβολοφόρου κινητήρα έναντι ενός περιστροφικού είναι ότι πολλά εξαρτήματα του κινητήρα κινούνται παλινδρομικά όπως βαλβίδες, ωστήρια, ζύγωθρα, ωστικοί ράβδοι κλπ. με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δυνάμεις αδρανείας στην απότομη αλλαγή κατεύθυνσης κίνησης και συνεπώς δαπανάται ενέργεια για την απόσβεση αυτών των δυνάμεων. Οι μεγαλύτερες όμως δυνάμεις αδρανείας δημιουργούνται κατά τη στιγμή που τα έμβολα βρίσκονται στο άνω και κάτω νεκρό σημείο όπου ακαριαία πρέπει να αλλάξει η κατεύθυνση του εμβόλου και μάλιστα να γίνει εντελώς αντίθετη. Αν σκεφτεί κανείς ότι στη κάθε στροφή του στροφαλοφόρου άξονα η αλλαγή κατεύθυνσης του κάθε εμβόλου γίνεται δύο φορές, στις μεσαίες στροφές ενός συνηθισμένου βενζινοκινητήρα (4000 rpm) η αλλαγή κατεύθυνσης του κάθε εμβόλου γίνεται 8000 φορές το λεπτό. Εάν λοιπόν ο κινητήρας είναι τετρακύλινδρος θα έχουμε 32.000 φορές το κάθε λεπτό αλλαγή κατεύθυνσης εμβόλου. Η ταχύτητα δε που αναπτύσσει το έμβολο στη κάθε κίνησή του σε έναν μέσο βενζινοκινητήρα που έχει διαδρομή εμβόλου 100 mm και λειτουργεί με 4000 rpm υπολογίζεται σε 48 km/h. Το εν λόγω έμβολο λοιπόν πρέπει, έχοντας αυτή την ταχύτητα να τη μηδενίσει ακαριαία και να την αναπτύξει ξανά δύο φορές στην κάθε στροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Για τον λόγο αυτόν γίνεται προσπάθεια από τους κατασκευαστές κινητήρων να χρησιμοποιούν για την κατασκευή του εμβόλου πολύ ελαφρά κράματα αλουμινίου, διάτρητο

πείρο και όσο γίνεται ελαφρότερο διωστήρα ώστε να μειωθεί όσο το δυνατόν η μάζα των εξαρτημάτων που κινούνται παλινδρομικά. Δεν είναι τυχαίο ότι οι πολύ μεγάλοι κινητήρες των πλοίων δεν μπορούν να αναπτύξουν περισσότερες από 100 στροφές ανά λεπτό.

Στην προσπάθεια να επινοηθεί ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης που να μην έχει τα μειονεκτήματα του περιστροφικού Wankel αλλά ούτε και του παλινδρομικού σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας.

3.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ

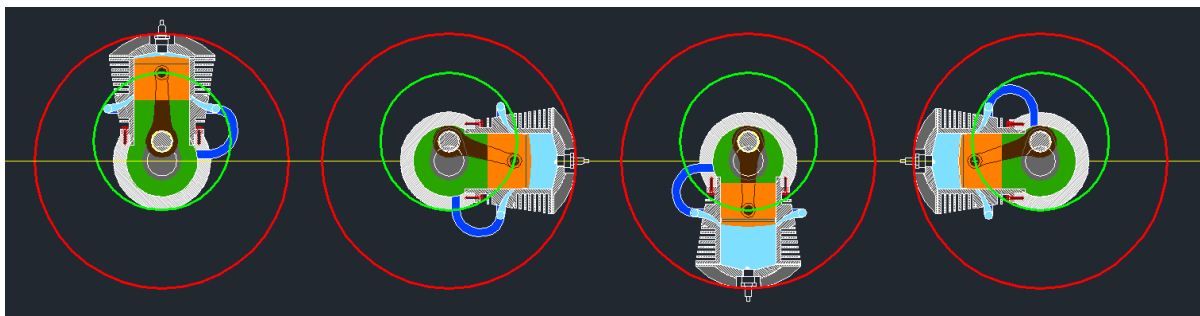
Έχοντας σαν βάση τη λειτουργία ενός κλασικού δίχρονου βενζινοκινητήρα ώστε να αποφεύγονται όλα τα μειονεκτήματα του τετράχρονου (πολλά κινούμενα μέρη, πολύπλοκη κατασκευή και βάρος) επήλθε η σχεδίαση του νέου περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα.



Εικόνα 3.1: Λειτουργία δίχρονου κινητήρα καθώς περιστρέφεται ο στροφαλοφόρος άξονας.

Στην λειτουργία του κλασικού κινητήρα παρατηρείται ότι η παλινδρομική κίνηση της μάζας του εμβόλου, των ελατηρίων, του πείρου και μέρους του διωστήρα δημιουργούν όλες αυτές τις τεράστιες δυνάμεις λόγω αδρανείας σε κάθε αλλαγή της κατεύθυνσης της κίνησής τους.

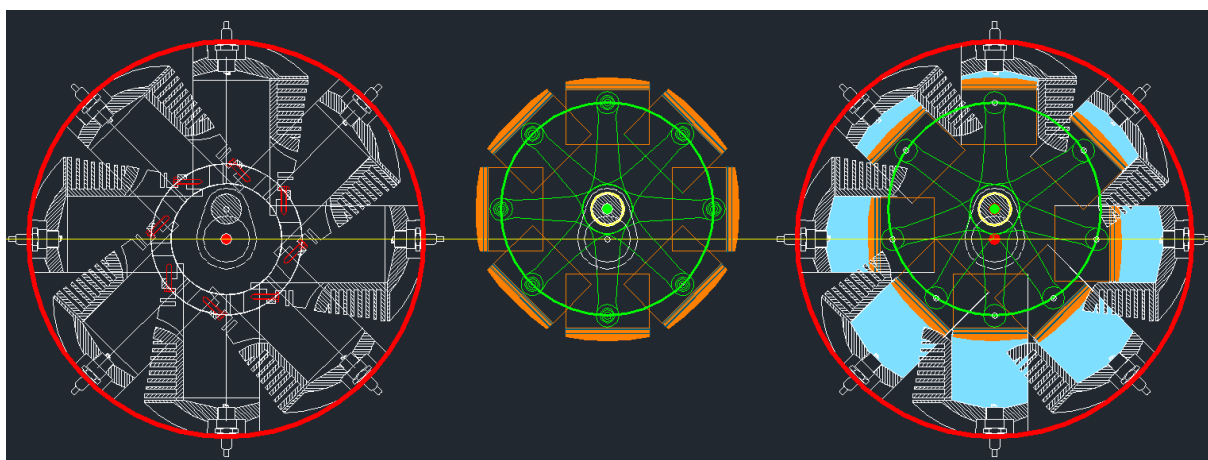
Επινοήθηκε λοιπόν ένας τρόπος λειτουργίας όπου αυξομειώνεται ο χώρος καύσεως, πράγμα απαραίτητο για τη λειτουργία του οπουδήποτε κινητήρα, χωρίς να παρουσιάζονται δυνάμεις αδρανείας διότι απλούστατα τα κινούμενα μέρη ακολουθούν ομαλή πορεία (κυκλική) χωρίς αλλαγή κατεύθυνσης. Αυτό επιτυγχάνεται εάν κρατηθεί σταθερός ο στροφαλοφόρος άξονας και περιστραφεί το μπλοκ του κινητήρα.



Εικόνα 3.2: Μετατροπή παλινδρομικού κινητήρα σε περιστροφικό καθώς μένει σταθερός ο στροφαλοφόρος άξονας και περιστρέφεται το σώμα του κινητήρα.

Στην εικόνα 3.3 λοιπόν απεικονίζεται:

- Αριστερά την ομαλή κυκλική πορεία του κυλίνδρου.
- Στο μέσον την ομαλή κυκλική πορεία του εμβόλου μαζί με τα ελατήρια, τον πείρο και τον διωστήρα.
- Δεξιά την ομαλή κυκλική πορεία του συνδυασμού των παραπάνω όπου φαίνεται και η αυξομείωση του χώρου καύσεως.



Εικόνα 3.3: Αναλυτικά η ομαλή κυκλική πορεία που ακολουθούν τα κινούμενα μέρη του κινητήρα με σταθερό το στροφαλοφόρο άξονα.

Συγκρίνοντας τον παραπάνω τρόπο λειτουργίας με αυτόν του περιστροφικού κινητήρα Wankel, επειδή βασίζεται στη λειτουργία του εμβολοφόρου, και υπολογίζοντας την εξέλιξη των δίχρονων κινητήρων που έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο παρατηρείται ότι:

- Επιτυγχάνεται χαμηλότερη κατανάλωση του κινητήρα αυτού από τον περιστροφικό Wankel λόγω μεγαλύτερης θερμοδυναμικής απόδοσης.

- Χαμηλότερο κόστος κατασκευής λόγω αξιοποίησης της ήδη υπάρχουσας τεχνολογίας πάνω στους συμβατικούς κινητήρες διότι η πλειοψηφία των εξαρτημάτων του νέου κινητήρα είναι παρόμοια.
- Επειδή βασίζεται στη λειτουργία του εμβολοφόρου, η στεγανοποίηση του θαλάμου καύσης γίνεται με τα ελατήρια του εμβόλου όπως στους παραδοσιακούς εμβολοφόρους κινητήρες και έτσι αποφεύγεται το φαινόμενο της κακής στεγανοποίησης που παρατηρείται στους κινητήρες Wankel.

Παρακάτω με την περιγραφή της λειτουργίας του νέου κινητήρα θα αποδειχθεί ότι ξεπερνάει όλα τα μειονεκτήματα τόσο των παλινδρομικών όσο και των περιστροφικών κινητήρων που είναι γνωστοί μέχρι σήμερα.

3.4 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΑΥΞΗΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ

Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχει αναφερθεί το βασικό μειονέκτημα των δίχρονων κινητήρων που είναι οι αυξημένοι ρύποι από την καύση του λιπαντικού. Αυτό συμβαίνει επειδή η τροφοδοσία μίγματος γίνεται μέσω του στροφαλοθαλάμου και αναγκαστικά το λιπαντικό που χρησιμοποιείται για τη λίπανση του κινητήρα διοχετεύεται μαζί με το μίγμα για να λιπάνει όλα τα τριβόμενα μέρη του κινητήρα.

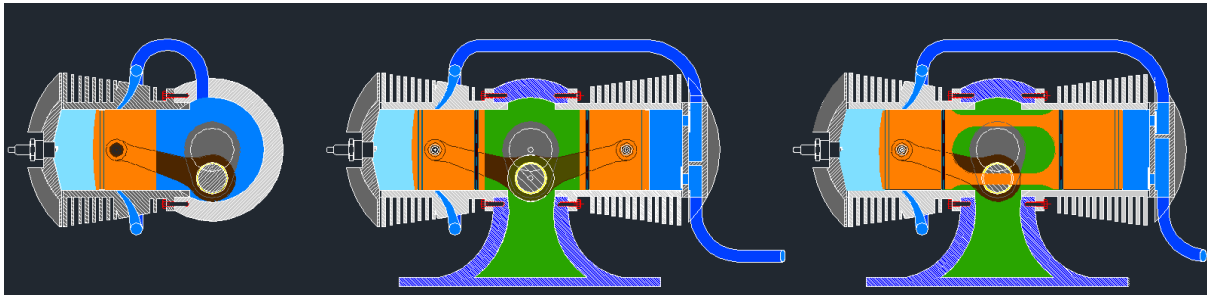
Στην προσπάθειά να ξεπερασθεί το φαινόμενο αυτό άλλαξε ο τρόπος τροφοδοσίας. Η τροφοδοσία μίγματος πλέον επιτυγχάνεται μέσω ενός άλλου κυλίνδρου, τοποθετημένου σε εκ διαμέτρου αντίθετη διάταξη του οποίου το έμβολο κινείται σε απόλυτο συγχρονισμό με το έμβολο του κυλίνδρου καύσης. Έτσι ο καινούριος κύλινδρος (τροφοδοσίας) λειτουργεί σαν αντλία αερίων (αεροσυμπιεστής) και παίρνει τον ρόλο που είχε ο στροφαλοθάλαμος στη διαδικασία της τροφοδοσίας στους δίχρονους βενζινοκινητήρες. Έτσι ο στροφαλοθάλαμος, απομονωμένος πλέον από την πορεία του μίγματος, χρησιμοποιείται κανονικά σαν ελαιολεκάνη. Η δε λίπανση των τριβόμενων μερών του κινητήρα γίνεται πλέον όπως στους κλασικούς τετράχρονους κινητήρες.

Στην εικόνα 3.4 απεικονίζεται:

- Αριστερά τη λειτουργία ενός κλασικού δίχρονου βενζινοκινητήρα όπου η τροφοδοσία του μίγματος γίνεται δια μέσου του στροφαλοθαλάμου ο οποίος λειτουργεί σαν αντλία καθώς αυξομειώνεται ο όγκος του. Εδώ αναγκαστικά η λίπανση γίνεται με την ανάμειξη του λιπαντικού στο μίγμα με αποτέλεσμα να καίγεται και να δημιουργεί πολλούς ρύπους.
- Στο μέσον ο νέος κινητήρας όπου αντί να χρησιμοποιείται ο στροφαλοθάλαμος ως αντλία, χρησιμοποιείται ο δεξιός κύλινδρος (τροφοδοσίας), ο οποίος τροφοδοτεί τον αριστερό κύλινδρο (καύσης), έχοντας πάρει πλέον τον ρόλο του στροφαλοθαλάμου. Αυτό επιτυγχάνεται διότι το έμβολο του κυλίνδρου τροφοδοσίας κινείται στην ίδια κατεύθυνση με το έμβολο του κυλίνδρου καύσης ώστε όταν ο όγκος του κυλίνδρου καύσεως μεγαλώνει, ο όγκος του κυλίνδρου τροφοδοσίας να μικραίνει και το αντίστροφο, όπως ακριβώς γινόταν με τον στροφαλοθάλαμο του κλασικού δίχρονου βενζινοκινητήρα. Εδώ παρατηρείται ότι ο στροφαλοθάλαμος, άσχετος πλέον με την τροφοδοσία

χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη λίπανση του κινητήρα όπως στους τετράχρονους κινητήρες. Εννοείται ότι θα χρησιμοποιείται πλέον αντλία λαδιού, φίλτρο λαδιού και στα έμβολα ελατήριο λαδιού. Έτσι το λιπαντικό επειδή δεν έρχεται σε επαφή με το μίγμα, δεν καίγεται με αποτέλεσμα να μειώνονται οι ρύποι.

- Δεξιά μία εξέλιξη του νέου κινητήρα όπου χρησιμοποιείται ένα διπλό έμβολο. Επειδή στον κύλινδρο τροφοδοσίας δεν γίνεται καύση και οι δυνάμεις που εξασκούνται σε αυτό το έμβολο είναι σχετικά μικρές, αποφεύγεται η τοποθέτηση δεύτερου διωστήρα για το έμβολο τροφοδοσίας. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται σημαντικά οι τριβές καθώς και το βάρος του κινητήρα.



Εικόνα 3.4: Δίχρονος κινητήρας με τροφοδοσία καυσίμου μέσω δεύτερου κυλίνδρου και λίπανση με πίεση λαδιού.

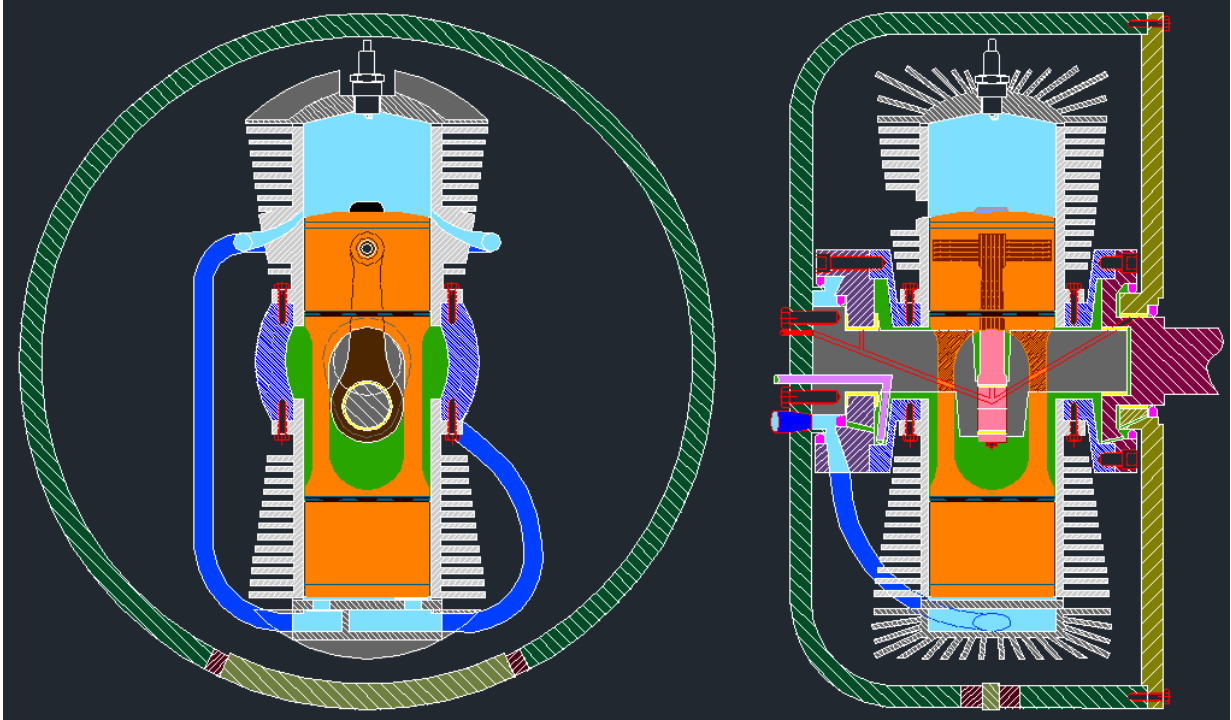
3.5 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΩΝ

Ο συνδυασμός των δύο καινοτομιών που προαναφέραμε αποτελεί στην πραγματικότητα τον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα που φαίνεται στην εικόνα 3.5.

Βγαίνει λοιπόν το συμπέρασμα ότι ο νέος κινητήρας είναι απαλλαγμένος πλέον από όλα τα μειονεκτήματα τόσο των περιστροφικών, όσο και των παλινδρομικών κινητήρων που γνωρίζαμε μέχρι σήμερα. Επιπλέον όμως ο νέος κινητήρας λόγω του σχήματός του και του τρόπου λειτουργίας του έχει ακόμη τα εξής πλεονεκτήματα:

- Πολύ ομαλή λειτουργία χωρίς κραδασμούς. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της ομαλής κυκλικής πορείας των εξαρτημάτων χωρίς δυνάμεις αδρανείας και ταλαντώσεις. Εννοείται βέβαια πως όλα τα κινούμενα εξαρτήματα είναι ζυγοσταθμισμένα.
- Εύκολη και με μικρό κόστος κατασκευή, λόγω της απλότητας και των λίγων εξαρτημάτων. Όπως έχουμε προαναφέρει, ο κινητήρας είναι βασισμένος στη λειτουργία του δίχρονου βενζινοκινητήρα ο οποίος από τη φύση του έχει το πλεονέκτημα του μικρού κόστους κατασκευής.
- Πολύ ελαφρύς κινητήρας κατασκευασμένος εξ ολοκλήρου από ελαφρά κράματα. Εάν εξαιρεθεί ο στροφαλοφόρος άξονας, οι διωστήρες και τα χιτώνια των κυλίνδρων, τα υπόλοιπα εξαρτήματα του κινητήρα (στροφαλοθάλαμος,

κύλινδροι, κυλινδροκεφαλές, έμβολα κλπ.) κατασκευάζονται από ελαφρά κράματα αλουμινίου. Επίσης δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη σφονδύλου διότι τον αντικαθιστά η μάζα του block των κυλίνδρων το οποίο περιστρέφεται. Έτσι επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του βάρους του κινητήρα και μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης ισχύος ανά μονάδα βάρους.



Εικόνα 3.5: Περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας με κύλινδρο τροφοδοσίας σε πρόοψη και πλάγια όψη.

- Μεγαλύτερη απόδοση για τους εξής λόγους:
 - Δεν υπάρχουν δυνάμεις αδρανείας, που μεταφράζονται σε απώλειες, διότι δεν υπάρχει πουθενά παλινδρομική κίνηση. Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη και εξαρτήματα, τα οποία προκαλούν αδράνειες και τριβές καθώς και αντιστάσεις, όπως π.χ. τα ελατήρια των βαλβίδων, τα ωστήρια κ.λπ.
 - Επιτυγχάνεται καλύτερη απόπλυση των καυσαερίων στο θάλαμο καύσης. Με την βοήθεια της φυγοκέντρου δύναμης έχουμε καλύτερη απόπλυση λόγω της διαφοράς του ειδικού βάρους μεταξύ των θερμών καυσαερίων και του ψυχρού μίγματος (βενζινοκινητήρας), ή του αέρα εισαγωγής (πετρελαιοκινητήρας). Την ώρα που τα θερμά καυσαέρια μετά την καύση βρίσκονται μέσα στον κύλινδρο, εκτοπίζονται από το εισερχόμενο μίγμα ή αέρα και προωθούνται προς το κέντρο του κύκλου που σχηματίζει η περιστροφή του κινητήρα. Αυτό συμβαίνει διότι λόγω

της υψηλής θερμοκρασίας τα μόρια των καυσαερίων είναι αραιότερα και κατά συνέπεια ελαφρύτερα από το εισερχόμενο ψυχρότερο μίγμα ή αέρα το οποίο καταλαμβάνει το εξωτερικό μέρος του κύκλου ωθούμενο από τη φυγόκεντρο δύναμη. Γίνεται δηλαδή διαχωρισμός, με αποτέλεσμα τα ζεστά καυσαέρια να πηγαίνουν προς το κέντρο του κύκλου (στο κάτω μέρος του κυλίνδρου), όπου ευρίσκεται η θυρίδα εξαγωγής, ενώ το κρύο μίγμα ή ο αέρας εισαγωγής συσσωρεύεται στο έξω μέρος του κύκλου (στο πάνω μέρος του κυλίνδρου, δηλαδή στον χώρο καύσης).

Με τον διαχωρισμό αυτόν επιτυγχάνεται η εξαγωγή μόνο των καυσαερίων που είναι θερμά και όχι του ψυχρού μίγματος το οποίο παραμένει μέσα στον κύλινδρο και μάλιστα στο χώρο καύσης σε επαφή με τον αναφλεκτήρα.

- Κινητήρας που μπορεί να αναπτύξει περισσότερες στροφές λόγω έλλειψης των δυνάμεων αδρανείας, αφού δεν υπάρχουν παλινδρομικές κινήσεις. Ιδιαίτερα όταν πρόκειται για πετρελαιοκινητήρα, όπου κατά κανόνα οι διαδρομές των εμβόλων απαιτείται να είναι μεγαλύτερες από αυτές ενός αντίστοιχου βενζινοκινητήρα. Αυτό συμβαίνει για να επιτυγχάνεται υψηλή συμπίεση για την αυτανάφλεξη του μίγματος. Κατά συνέπεια εάν οι δύο αυτοί κινητήρες λειτουργούν στις ίδιες στροφές ανά λεπτό, πρέπει στον ίδιο χρόνο το έμβολο του πετρελαιοκινητήρα να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση.

Συμπερασματικά η ταχύτητα των εμβόλων του πετρελαιοκινητήρα είναι πολύ μεγαλύτερη. Υπολογίζοντας ότι στον παλινδρομικό κινητήρα αυτή η ταχύτητα του εμβόλου πρέπει να μηδενίζεται στα νεκρά σημεία και να αναπτύσσεται ξανά χιλιάδες φορές ανά λεπτό καταλαβαίνουμε ότι δαπανώνται σημαντικά ποσά ενέργειας. Στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα όμως δεν παρουσιάζεται αυτό το πρόβλημα με αποτέλεσμα να έχουμε δυνατότητα να λειτουργήσει σε πολύ περισσότερες στροφές χωρίς τις απώλειες από τις δυνάμεις αδρανείας. Με την αύξηση των στροφών λειτουργίας όμως επιτυγχάνεται επιπλέον και αύξηση της παραγόμενης ισχύος διότι στον ίδιο χρόνο έχουμε περισσότερες εκρήξεις.

- Πολύ μικρότερη εκπομπή ρύπων που επιτυγχάνεται για τους εξής λόγους:
 - Ανωτέρω έγινε αναφορά στην καλύτερη απόπλυση των καυσαερίων στον κύλινδρο καύσης που συμβαίνει λόγω της διαφοράς του ειδικού βάρους μεταξύ των θερμών καυσαερίων και του ψυχρού μίγματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να έχουμε πολύ καλύτερη καύση και συνεπώς λιγότερους ρύπους.
 - Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω στον νέο κινητήρα ο στροφαλοθάλαμος δεν εμπλέκεται στη διαδικασία της τροφοδοσίας του κυλίνδρου καύσης και για αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιείται ένας επιπλέον κύλινδρος (τροφοδοσίας). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο στροφαλοθάλαμος να χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη λίπανση του κινητήρα. Το δε μίγμα, επειδή δεν περνάει πια από το στροφαλοθάλαμο, δεν έρχεται σε επαφή

με το λιπαντικό και έτσι έχουμε καύση μόνο του μίγματος αέρα-καυσίμου και όχι του λιπαντικού.

- Λόγω της μεγαλύτερης απόδοσης του συγκεκριμένου κινητήρα για λόγους που έχουν προαναφερθεί, για να πραγματοποιηθεί ένα συγκεκριμένο έργο, χρειάζεται να καταναλωθεί πολύ λιγότερο καύσιμο.
- Δυνατότητα αλλαγής της φοράς περιστροφής του κινητήρα. Όλοι οι δίχρονοι κινητήρες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν και σε αντίθετη φορά περιστροφής. Αυτό γίνεται διότι εάν παρατηρήσει κανείς ένα συμβατικό δίχρονο κινητήρα, η σειρά του κύκλου λειτουργίας δεν αλλάζει όταν περιστραφεί αντίθετα. Στον τετράχρονο κινητήρα αυτό δεν μπορεί να συμβεί διότι τη σειρά του κύκλου λειτουργίας την καθορίζει ο εκκεντροφόρος άξονας, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη σειρά με την οποία ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες.

Παρατηρείται δηλαδή ότι καθώς το έμβολο κατεβαίνει παραμένει ανοιχτή η βαλβίδα εισαγωγής ενώ αν περιστραφεί ανάποδα η βαλβίδα εισαγωγής θα παραμένει ανοιχτή καθώς το έμβολο θα ανεβαίνει. Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας όμως επειδή βασίζεται στη λειτουργία του δίχρονου κινητήρα, έχει τη δυνατότητα και το πλεονέκτημα να λειτουργεί δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα και να αλλάζει η φορά περιστροφής του κινητήρα όταν αυτό απαιτείται.
- Δυνατότητα κατασκευής αυτού του τύπου κινητήρα σε μεγάλη ποικιλία μεγέθους και αριθμού κυλίνδρων. Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας ανάλογα με τις ανάγκες και τη χρήση για την οποία προορίζεται είναι δυνατόν να κατασκευαστεί με πολλούς κυλίνδρους, πάντα όμως σε ζεύγη (κύλινδρος καύσης – κύλινδρος τροφοδοσίας). Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί σε αστεροειδή διάταξη καθώς και σε διάταξη τύπου boxer.
- Δυνατότητα εφαρμογής στο συγκεκριμένο κινητήρα όλων των καινοτομιών της νέας τεχνολογίας. Στην εποχή μας, με τη εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν γίνει πολλές καινοτομίες, τόσο στο σύστημα έναυσης (μανιατό, πλατίνες, ηλεκτρονική ανάφλεξη) όσο και στο σύστημα τροφοδοσίας (εξαεριωτής, σύστημα ψεκασμού, σύστημα άμεσου ψεκασμού). Στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα μπορούν να εφαρμοστούν όλες οι παραπάνω τεχνολογικές καινοτομίες που απαιτούνται πλέον και για περιβαλλοντικούς λόγους αλλά και για λόγους αύξησης της απόδοσης των κινητήρων με μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.
- Δυνατότητα λειτουργίας του κινητήρα σε οποιαδήποτε κλίση. Όπως είναι γνωστό, οι δίχρονοι κινητήρες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν σε οποιαδήποτε κλίση. Υπάρχουν αντίστοιχα παραδείγματα στα αλυσοπρίονα, στα χορτοκοπτικά μηχανήματα κλπ.. Τη δυνατότητα αυτή την έχουν οι δίχρονοι βενζινοκινητήρες λόγω του τρόπου λίπανσής τους.

Σε αυτούς τους κινητήρες δεν υπάρχει ελαιολεκάνη και το λιπαντικό αναμειγνύεται στο καύσιμο μίγμα για να λιπάνει έτσι τις τριβόμενες επιφάνειες και τελικά να καεί μαζί με το καύσιμο. Στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα όμως όπου η λίπανση γίνεται όπως στους τετράχρονους κινητήρες χρησιμοποιείται ο τρόπος αποχέτευσης του λιπαντικού με ξηρό κάρτερ.

Κινητήρες με ξηρό κάρτερ συναντάμε σε αγωνιστικά αυτοκίνητα, αστεροειδείς κινητήρες αεροσκαφών κλπ. Ο τρόπος αποχέτευσης του λιπαντικού με ξηρό κάρτερ στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα είναι απαραίτητος διότι ο στροφαλοθάλαμος περιστρέφεται και δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ελαιολεκάνη. Παρακάτω θα περιγραφεί πως ακριβώς επιτυγχάνεται η λειτουργία του ξηρού κάρτερ στον συγκεκριμένο κινητήρα.

4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΥΛΙΝΔΡΟ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκαν οι λόγοι για τους οποίους ήταν χρήσιμο να σχεδιαστεί ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας. Αναφέρθηκαν αναλυτικά τα πλεονεκτήματα του κινητήρα αυτού έναντι των ήδη γνωστών παλινδρομικών και περιστροφικών κινητήρων. Περιγράφηκε με ποιο τρόπο, έχοντας ως βάση την επιτυχή και επί χρόνια δοκιμασμένη λειτουργία του παλινδρομικού κινητήρα, μετατράπηκε η παλινδρομική λειτουργία σε περιστροφική. Έτσι έχοντας ως γνώμονα τα βασικά πλεονεκτήματα του εμβολοφόρου κινητήρα έναντι του Wankel (ιδιαίτερα όσον αφορά τη στεγανοποίηση του χώρου καύσεως και τη σωστή λίπανση), δημιουργήθηκε ένας κινητήρας ο οποίος ξεπερνάει τα μειονεκτήματα τόσο του παλινδρομικού όσο και του περιστροφικού Wankel. Επιπλέον, επειδή ο νέος κινητήρας βασίζεται στη λειτουργία του δίχρονου βενζινοκινητήρα, συγκεντρώνει όλα τα πλεονεκτήματά του έναντι του τετράχρονου. Με τη τροποποίηση του τρόπου διαχείρισεως του μίγματος και της λίπανσης του δίχρονου βενζινοκινητήρα που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, φαίνεται καθαρά πως ξεπεράστηκαν τα μειονεκτήματα του δίχρονου όσον αφορά τη σωστή λίπανσή του και τον περιορισμό των ρύπων από την καύση του λιπαντικού. Συμπερασματικά λοιπόν, ο νέος κινητήρας συγκεντρώνει όλα τα πλεονεκτήματα των ήδη γνωστών κινητήρων και είναι απαλλαγμένος από όλα τα μειονεκτήματά τους.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφθεί αναλυτικά ο τρόπος λειτουργίας ενός περιστροφικού εμβολοφόρου βενζινοκινητήρα καθώς και ο τρόπος λειτουργίας των επιμέρους συστημάτων του κινητήρα (σύστημα λίπανσης, σύστημα τροφοδοσίας, σύστημα ψύξης, σύστημα έναυσης, σύστημα απαγωγής καυσαερίων κλπ.).

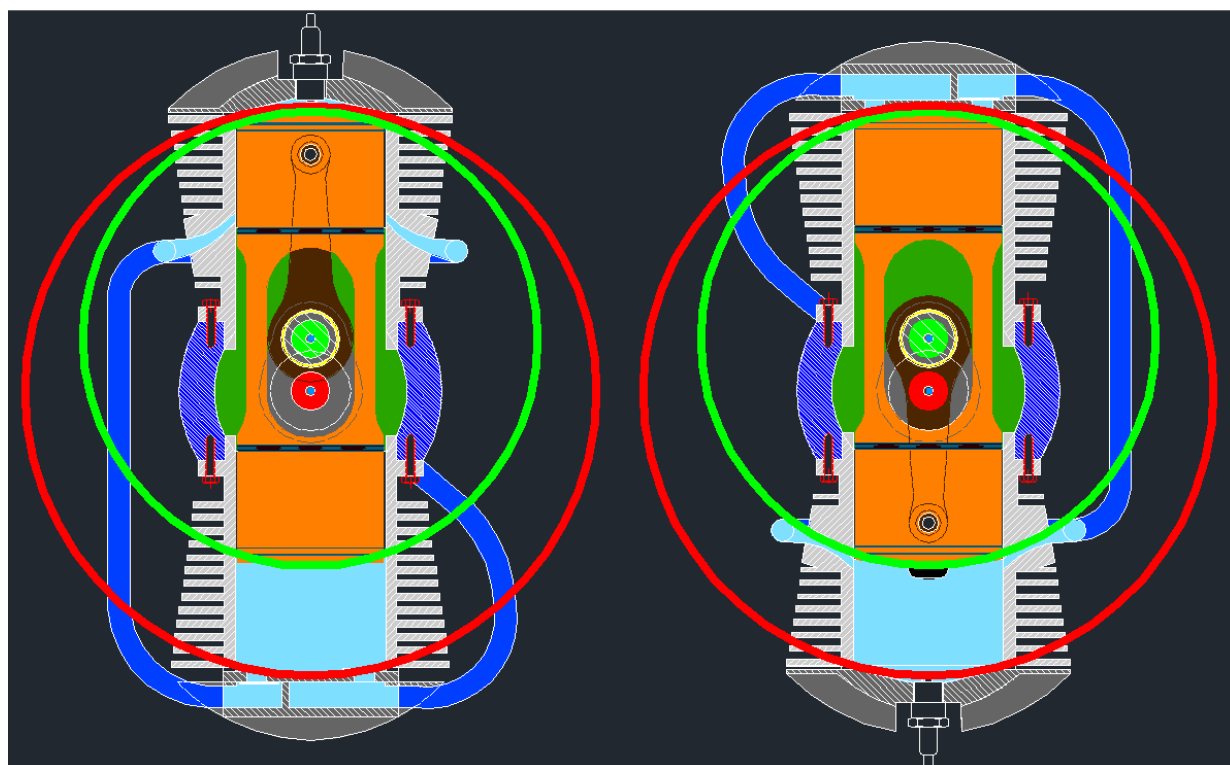
Μετάπειτα θα περιγραφθεί ο τρόπος που κατασκευάστηκε ο πρώτος περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας ο οποίος πραγματοποιήθηκε με κάποιες παραλλαγές. Αυτές έγιναν λόγω κατασκευαστικών δυσκολιών όπου με τα πενιχρά μέσα ενός απλού μηχανουργείου ήταν αδύνατον να κατασκευαστούν ειδικά εξαρτήματα που απαιτούντο, όπως για παράδειγμα ο διωστήρας, ο κεντρικός άξονας του κινητήρα, το ειδικό έμβολο κλπ. Έτσι η κατασκευή έγινε χρησιμοποιώντας διάφορα εξαρτήματα παλινδρομικών κινητήρων τα οποία τροποποιήθηκαν κατάλληλα και προσαρμόστηκαν για τις ανάγκες της κατασκευής του πρότυπου αυτού κινητήρα.

4.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Σε κάθε περιστροφικό κινητήρα δύο είναι τα βασικά μέρη που τον απαρτίζουν. Ο στάτης ο οποίος είναι σταθερός και φέρει τα εξαρτήματα του κινητήρα που δεν κινούνται και ο ρότορας ο οποίος απαρτίζεται από όλα τα περιστρεφόμενα μέρη του κινητήρα που κινούνται με κέντρο τον βασικό άξονα αυτού.

Στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα υπάρχει μεν ένας στάτης αλλά δύο ρότορες οι οποίοι περιστρέφονται με διαφορετικά κέντρα και ο ένας μέσα στον άλλον.

Στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα ο στάτης περιλαμβάνει ένα διάτρητο κέλυφος το οποίο εξωτερικά φέρει και τις βάσεις στήριξης του κινητήρα ενώ εσωτερικά εδράζεται ο κεντρικός άξονας του κινητήρα πάνω στον οποίο περιστρέφονται οι δύο ρότορες. Αυτοί περιλαμβάνουν όλα τα εξαρτήματα του κινητήρα τα οποία στην ουσία περιστρέφονται στηριζόμενα στον κεντρικό άξονα. Ο κεντρικός άξονας έχει τη μορφή στροφαλοφόρου άξονα κλασικού παλινδρομικού κινητήρα ο οποίος όμως δεν περιστρέφεται και φέρει τρία κομβία. Τα δύο κομβία έχουν σαν κέντρο την ίδια αξονική γραμμή και χρησιμοποιούνται για την έδραση του εξωτερικού ρότορα. Το τρίτο κομβίο δεν βρίσκεται στην ίδια αξονική γραμμή των δύο προηγούμενων και προσφέρει έδραση στον εσωτερικό ρότορα. Με αυτόν τον τρόπο ο εσωτερικός ρότορας περιστρέφεται με διαφορετικό κέντρο από τον εξωτερικό. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στις περιφέρειες των νοητών κύκλων που δημιουργούν οι δύο ρότορες, σε κάποιο σημείο να πλησιάζουν και σε κάποιο άλλο να έχουν την μέγιστη απόσταση που μπορούν να έχουν μεταξύ τους.



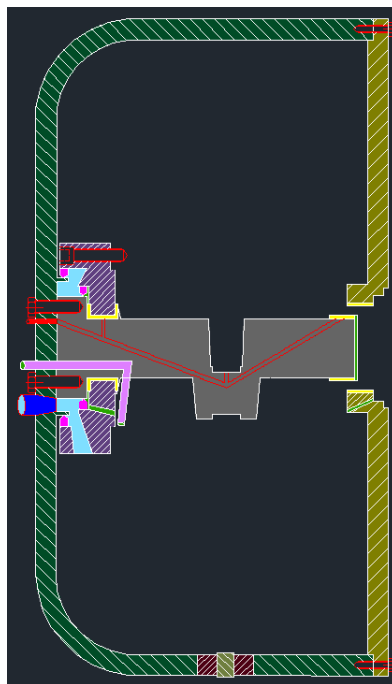
Εικόνα 4.1: Εμφάνιση της εσωτερικής (πράσινο χρώμα) και εξωτερικής (κόκκινο χρώμα) κυκλικής πορείας που ακολουθούν οι δύο ρότορες.

Στην εικόνα 4.1 φαίνεται καθαρά το κέντρο και ο νοητός κύκλος που σχηματίζει ο εσωτερικός ρότορας με πράσινο χρώμα, ενώ παράλληλα φαίνεται το κέντρο και ο νοητός κύκλος που σχηματίζει ο εξωτερικός ρότορας με κόκκινο χρώμα. Διακρίνεται επίσης πως οι περιφέρειες των δύο κύκλων στο επάνω μέρος πλησιάζουν ενώ στο κάτω μέρος έχουν τη μέγιστη απόσταση μεταξύ τους.

4.3 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

4.3.1 Το κέλυφος (Στάτης)

Το κέλυφος του περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα έχει σαν σκοπό να εδράζει σταθερά τον κεντρικό άξονα του κινητήρα και να καλύπτει τον ρότορα ώστε να του προσφέρει έναν χώρο ασφαλούς περιστροφής. Φέρει οπές για τον εξαερισμό και την ψύξη του εξωτερικού ρότορα ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι αερόψυκτος.



Εικόνα 4.2: Κέλυφος (Στάτης).

Στο κέλυφος επίσης στηρίζονται όλες οι σωληνώσεις της τροφοδοσίας του αέρα και του καυσίμου, της παροχής και αποχέτευσης του λιπαντικού, της εξάτμισης, καθώς και οι περιστροφικοί σύνδεσμοι που υπάρχουν για την σύνδεση των αγωγών από τον στάτη στον ρότορα. Επιπλέον αναρτώνται στον στάτη οι εξωτερικές μονάδες του κινητήρα όπως είναι το δυναμό, ο διανομέας της ανάφλεξης καθώς και άλλοι βοηθητικοί μηχανισμοί. Τέλος φιλοξενεί τις ελαστικές βάσεις στις οποίες στηρίζεται ολόκληρος ο κινητήρας.

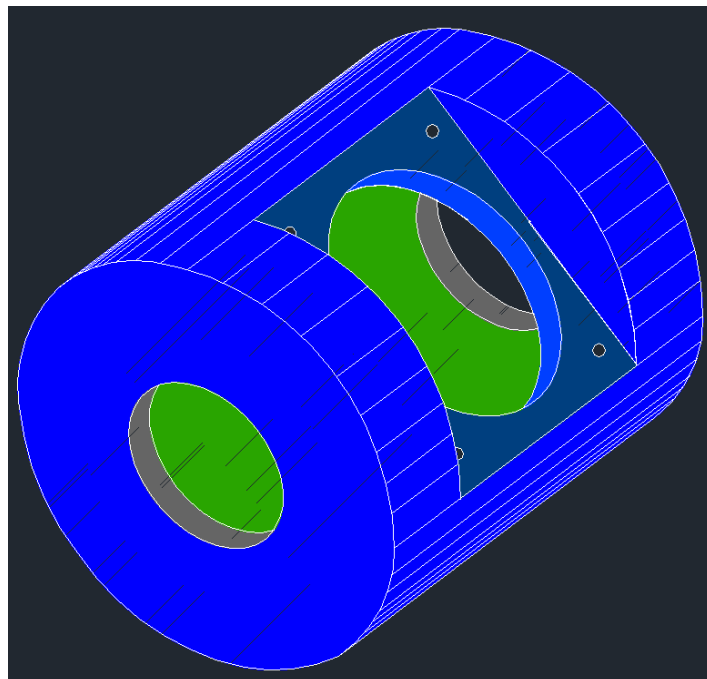
Στον στάτη επίσης ανήκει και ο κεντρικός άξονας του κινητήρα ο οποίος όπως προαναφέρθηκε έχει σχήμα στροφαλοφόρου άξονα. Αυτός είναι σταθερά προσαρμοσμένος στο εσωτερικό του κελύφους και δεν περιστρέφεται, προσφέροντας έτσι έδραση στους δύο ρότορες του κινητήρα. Ο κεντρικός αυτός άξονας φέρει αγωγό παροχής λιπαντικού ο οποίος καταλήγει στα κομβία έδρασης του εσωτερικού και εξωτερικού ρότορα.

Στην εικόνα 4.2 φαίνεται σε τομή το κέλυφος με προσαρμοσμένο επάνω του τον κεντρικό άξονα του κινητήρα καθώς επίσης και ο περιστροφικός σύνδεσμος τροφοδοσίας και άλλοι αγωγοί.

4.3.2 Ο εξωτερικός ρότορας

Ο εξωτερικός ρότορας έχει τη μορφή ενός δικύλινδρου παλινδρομικού κινητήρα με εκ διαμέτρου αντίθετη διάταξη κυλίνδρων. Ο ρότορας αυτός εδράζεται στον κεντρικό άξονα του κινητήρα και περιστρέφεται με κέντρο τον άξονα αυτόν. Το κέντρο του ρότορα το οποίο θυμίζει στροφαλοθάλαμο είναι κατασκευασμένο από κράμα αλουμινίου και έχει προσαρμοσμένους στις δύο πλευρές του και σε εκ διαμέτρου αντίθετη διάταξη δύο κυλίνδρους.

Ο ένας κύλινδρος χρησιμοποιείται αποκλειστικά για να γίνεται η καύση και έχει θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής όπως ο παλινδρομικός δίχρονος βενζινοκινητήρας. Φέρει επίσης κυλινδροκεφαλή με σπινθηριστή για την έναυση του μίγματος.



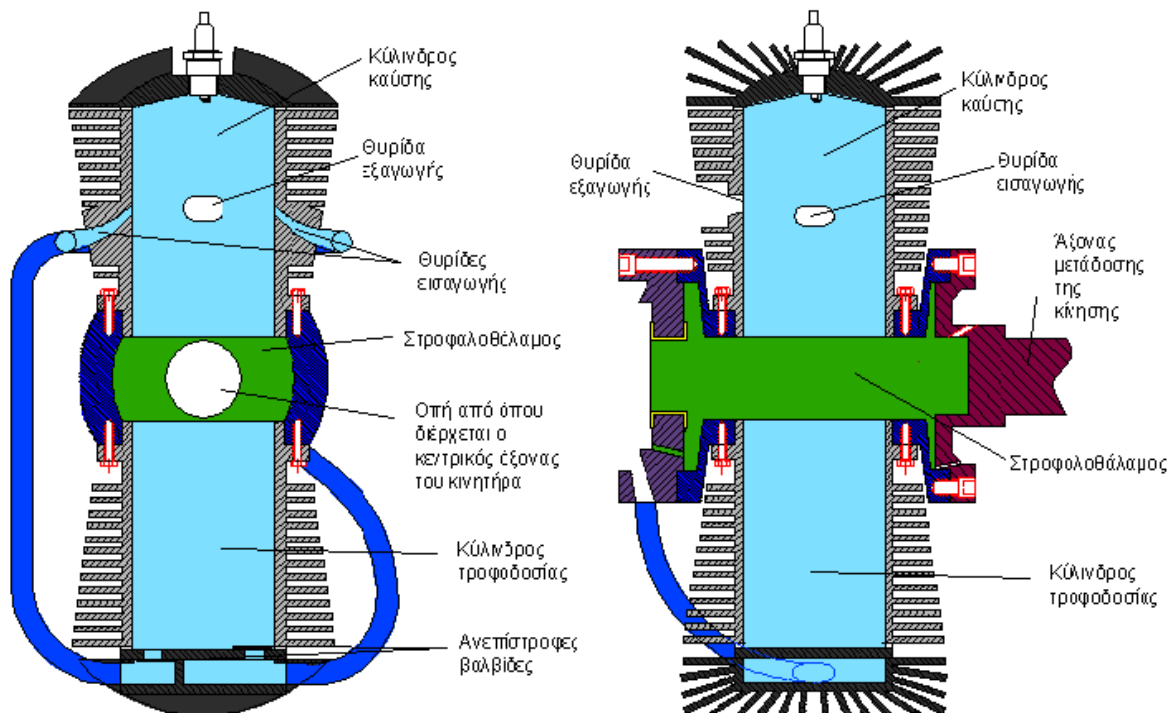
Εικόνα 4.3: Το κέντρο του εξωτερικού ρότορα.

Ο άλλος κύλινδρος λειτουργεί σαν αεροσυμπιεστής και χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του κυλίνδρου καύσης με μίγμα. Έχει κυλινδροκεφαλή με δύο βαλβίδες αντεπιστροφής (εισαγωγής και εξαγωγής) όπως ένας κλασικός αεροσυμπιεστής. Αυτός ο κύλινδρος αντικαθιστά τη λειτουργία του στροφαλοθαλάμου, που στους

κλασικούς δίχρονους βενζινοκινητήρες λειτουργεί σαν αεροσυμπιεστής και τροφοδοτεί τον κύλινδρο.

Ολόκληρος ο ρότορας μαζί με τους κυλίνδρους και τις κυλινδροκεφαλές κατασκευάζεται από κράμα αλουμινίου και φέρει χυτοσιδηρά χιτώνια.

Τέλος, μέρος του εξωτερικού ρότορα του κινητήρα είναι ο άξονας μετάδοσης της κίνησης. Ο άξονας αυτός είναι σταθερά προσαρμοσμένος πάνω στον εξωτερικό ρότορα και περιστρέφεται μαζί με αυτόν μεταφέροντας την κίνηση του ρότορα. Ο άξονας μετάδοσης της κίνησης παρέχει επίσης στήριξη στον εξωτερικό ρότορα καθώς εδράζεται στο κέλυφος του κινητήρα. Στο εσωτερικό του άξονα μετάδοσης της κίνησης εδράζεται ο κεντρικός άξονας του κινητήρα με έδρανο το οποίο παρέχει αντιστήριξη ώστε να ανταπεξέρχεται στα φορτία και στις καταπονήσεις που δέχεται από τις δυνάμεις των εκτονώσεων της καύσης.



Εικόνα 4.4: Εξωτερικός ρότορας του κινητήρα.

4.3.3 Ο εσωτερικός ρότορας

Ο εσωτερικός ρότορας αποτελείται από ένα διπλό έμβολο, έναν πείρο και έναν διωστήρα. Η όψη του εμβόλου του εσωτερικού ρότορα θυμίζει δύο έμβολα παλινδρομικού κινητήρα ενωμένα μεταξύ τους με τις κεφαλές τους σε αντίθετη κατεύθυνση. Το διπλό αυτό έμβολο φέρει, όπως και το έμβολο του παλινδρομικού κινητήρα, ελατήρια συμπίεσης και λαδιού και από τις δύο πλευρές του.

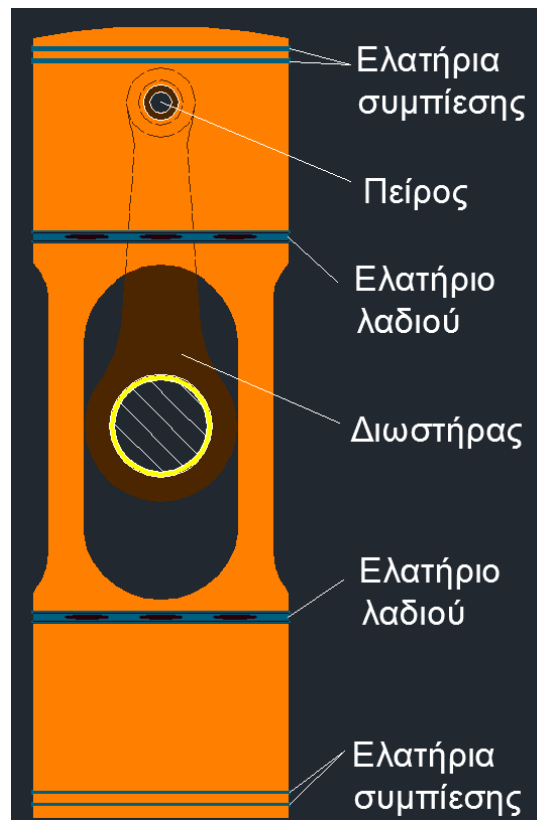
Η μία πλευρά του εμβόλου είναι τοποθετημένη στον κύλινδρο καύσης του εξωτερικού ρότορα και έχει υποδοχή για την τοποθέτηση του πείρου που τον συνδέει με τον διωστήρα.

Η άλλη πλευρά του διπλού εμβόλου κινείται μέσα στον κύλινδρο τροφοδοσίας του εξωτερικού ρότορα και όπως προαναφέρθηκε έχει και από αυτή τη πλευρά

ελατήρια συμπίεσης και λαδιού. Το διπλό αυτό έμβολο είναι ειδικά διαμορφωμένο έτσι ώστε να περιστρέφεται γύρω από το έκκεντρο κομβίο του κεντρικού άξονα του κινητήρα, καθώς και να μπορεί να κινηθεί ενώ το διαπερνά κάθετα ο κεντρικός άξονας του κινητήρα.

Ο πείρος είναι όμοιος με αυτόν ενός παλινδρομικού κινητήρα και είναι τοποθετημένος στη πλευρά του διπλού εμβόλου όπου βρίσκεται η κεφαλή που χρησιμοποιείται για την καύση. Αυτός συνδέει, όπως και στον παλινδρομικό κινητήρα, το έμβολο με τον διωστήρα και είναι διάτρητος για τον περιορισμό του βάρους του.

Ο διωστήρας αποτελεί και αυτός μέρος του εσωτερικού ρότορα. Έχει τη μορφή ενός διωστήρα παλινδρομικού κινητήρα και συνδέει το έμβολο με τον κεντρικό άξονα του κινητήρα. Η λειτουργία του εδώ είναι διαφορετική από τη λειτουργία του στον παλινδρομικό κινητήρα όπου μετατρέπει την ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση σε περιστροφική. Στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα ο διωστήρας χρησιμοποιείται για την περιστροφή του διπλού εμβόλου γύρω από το έκκεντρο κομβίο του κεντρικού άξονα, εξασφαλίζοντάς του έτσι μία σταθερή τροχιά, ενώ του επιτρέπει παράλληλα να παίρνει διάφορες κλίσεις.



Εικόνα 4.5: Εσωτερικός ρότορας κινητήρα.

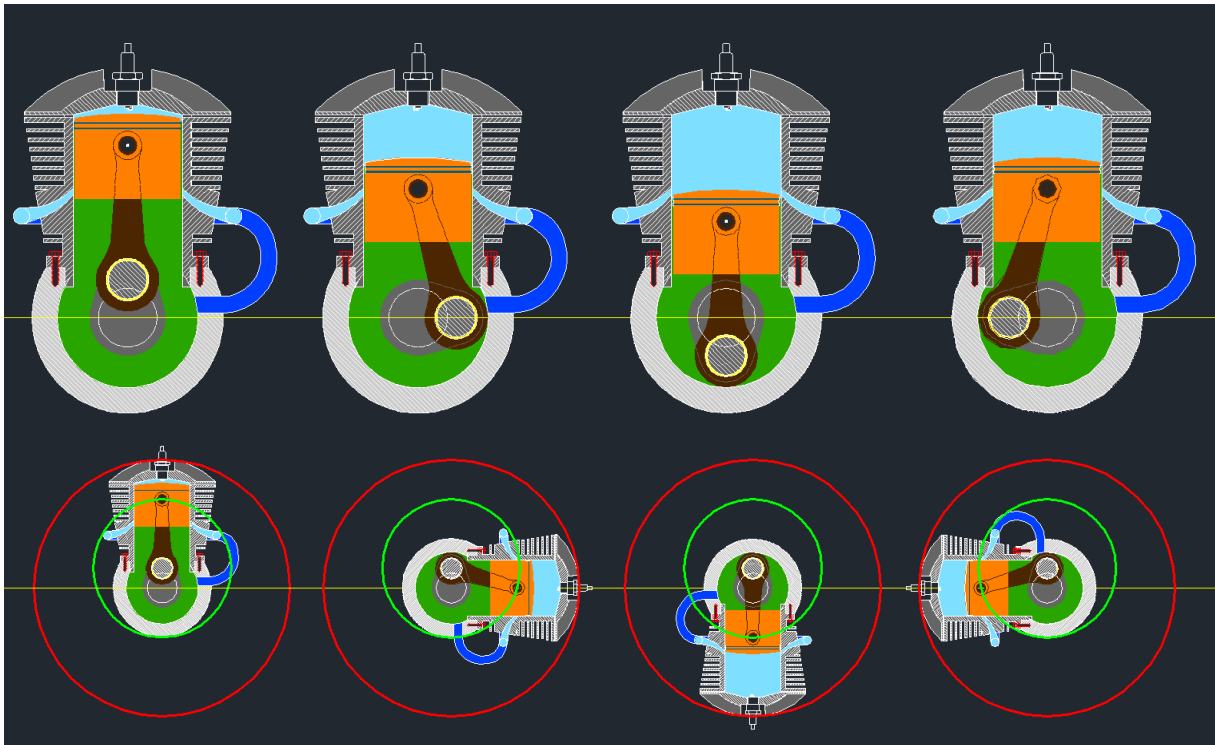
4.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας είναι ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης. Η λειτουργία του βασίζεται στον κύκλο του Otto όπως και ο παλινδρομικός κινητήρας. Για να λειτουργήσει λοιπόν είναι απαραίτητο γίνουν οι τέσσερις φάσεις

λειτουργίας (εισαγωγή, συμπίεση, καύση και εκτόνωση, και εξαγωγή). Για να επιτευχθούν αυτές οι φάσεις λειτουργίας είναι απαραίτητο, όπως και στον παλινδρομικό κινητήρα, να δημιουργείται μία αυξομείωση ενός χώρου με σκοπό να επιτευχθεί συμπίεση του μίγματος ώστε κατά την καύση να γίνει εκμετάλλευση της εκτόνωσης και με κατάλληλο μηχανισμό να παραχθεί έργο.

Ο κινητήρας αυτός, όπως έχει προαναφερθεί έχει και αυτός κύλινδρο και έμβολο όπως ο παλινδρομικός, αλλά επιτυγχάνει την αυξομείωση του χώρου καύσης όχι με παλινδρομική κίνηση αλλά περιστρέφοντας το κύλινδρο με κέντρο διαφορετικό από αυτό που περιστρέφει το έμβολο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα κατά τη διάρκεια της κυκλικής πορείας που ακολουθούν, να επιτυγχάνεται κίνηση του εμβόλου ως προς τον κύλινδρο παρόμοια με αυτή του παλινδρομικού κινητήρα. Το πλεονέκτημα όμως σε αυτή την περίπτωση είναι ότι δεν υπάρχει παλινδρομική κίνηση η οποία στις άκρες της διαδρομής δημιουργεί δυνάμεις αδρανείας οι οποίες μεταφράζονται ως απώλειες.

Στην εικόνα 4.6 φαίνεται ενδεικτικά η παρόμοια λειτουργία που δημιουργεί την αυξομείωση του χώρου καύσεως στον περιστροφικό κινητήρα σε σύγκριση με τον παλινδρομικό.



Εικόνα 4.6: Αυξομείωση του χώρου καύσης καθώς ο κινητήρας περιστρέφεται.

Επειδή στον συγκεκριμένο κινητήρα χρησιμοποιείται και βοηθητικός κύλινδρος τροφοδοσίας, βασιζόμενος εν μέρει στη λειτουργία του δίχρονου βενζινοκινητήρα, πραγματοποιούνται και εδώ οι τέσσερις φάσεις λειτουργίας σε δύο χρόνους (σε μία περιστροφή του κινητήρα), δηλαδή σε κάθε χρόνο έχουμε ταυτόχρονα δύο τουλάχιστον φάσεις λειτουργίας.

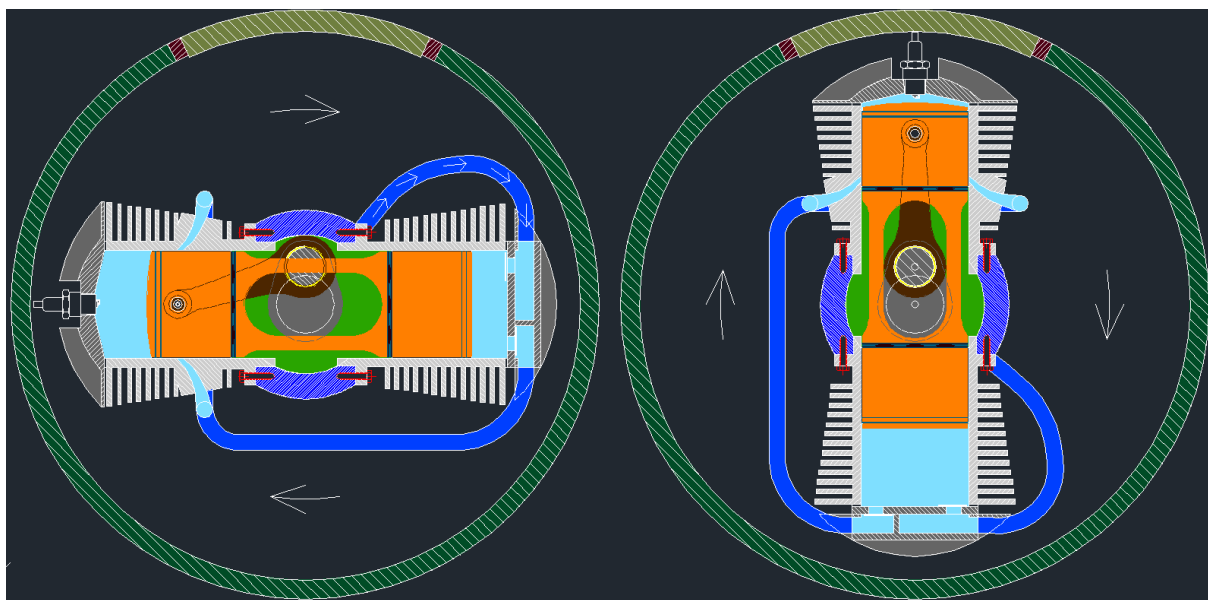
Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι φάσεις λειτουργίας του περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα.

4.4.1 Εισαγωγή μίγματος στον κύλινδρο τροφοδοσίας και παράλληλα συμπίεση στον κύλινδρο καύσης

Σε αυτό το χρόνο το έμβολο στον κύλινδρο τροφοδοσίας απομακρύνεται από την κυλινδροκεφαλή του, ενώ παράλληλα το έμβολο στον κύλινδρο καύσης πλησιάζει την κυλινδροκεφαλή του. Έχουμε δηλαδή αύξηση του χώρου στον κύλινδρο τροφοδοσίας ενώ παράλληλα έχουμε μείωση του χώρου στον κύλινδρο καύσης.

Η εισαγωγή του μίγματος πραγματοποιείται πρώτα στον κύλινδρο τροφοδοσίας ο οποίος λειτουργεί σαν αεροσυμπιεστής. Κατά την απομάκρυνση του εμβόλου από την κεφαλή του κυλίνδρου δημιουργείται υποπίεση και εισέρχεται το μίγμα από την εισαγωγή μέσω της ανεπίστροφης βαλβίδας εισαγωγής που βρίσκεται στην κεφαλή του κυλίνδρου τροφοδοσίας.

Παράλληλα παρατηρείται ότι στον κύλινδρο καύσης, όπου σε αυτόν τον χρόνο το έμβολο πλησιάζει την κεφαλή, πραγματοποιείται συγχρόνως συμπίεση του μίγματος που έχει τροφοδοτηθεί σε αυτόν από τον προηγούμενο χρόνο λειτουργίας.



Εικόνα 4.7: Εισαγωγή στον κύλινδρο τροφοδοσίας και συμπίεση στον κύλινδρο καύσης.

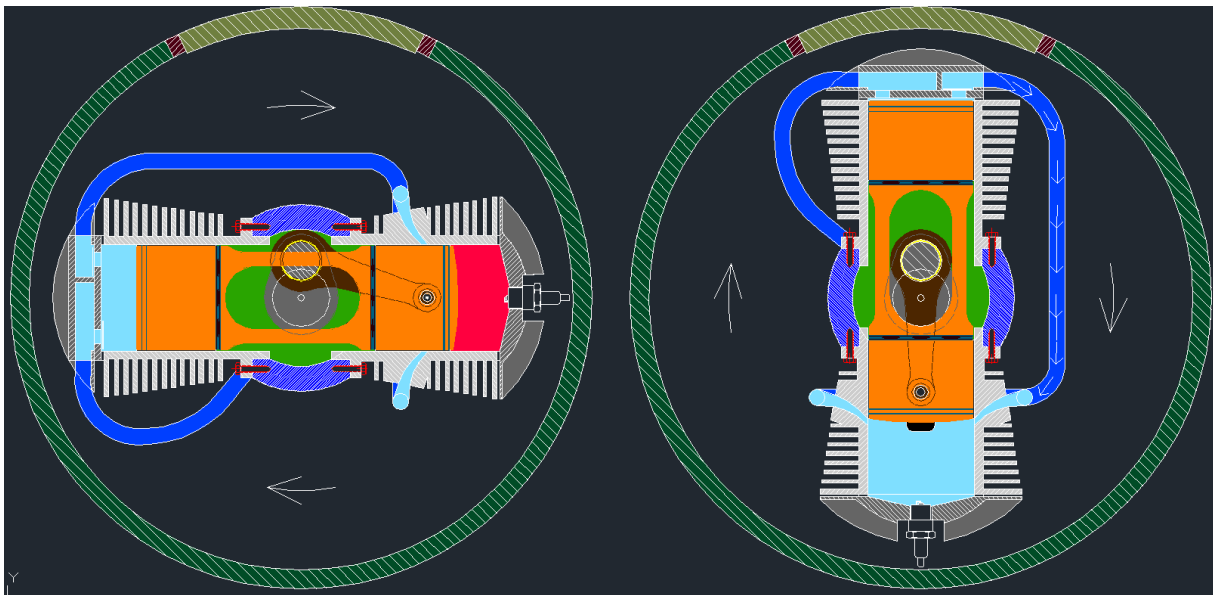
4.4.2 Εξαγωγή μίγματος από τον κύλινδρο τροφοδοσίας και παράλληλα καύση-εκτόνωση, εξαγωγή καυσαερίων και εισαγωγή μίγματος στον κύλινδρο καύσης

Σε αυτό το χρόνο το έμβολο στον κύλινδρο τροφοδοσίας πλησιάζει στην κυλινδροκεφαλή του, ενώ παράλληλα το έμβολο στον κύλινδρο καύσης απομακρύνεται από την κυλινδροκεφαλή του. Επιτυγχάνεται δηλαδή μείωση του χώρου στον κύλινδρο τροφοδοσίας ενώ παράλληλα αυξάνεται ο χώρος στον κύλινδρο καύσης.

Το μίγμα που έχει εισέλθει στον κύλινδρο τροφοδοσίας από τον προηγούμενο χρόνο τώρα συμπιέζεται έως ότου, κοντά στο τέλος της διαδρομής αυτού του

χρόνου, το έμβολο αποκαλύπτει τη θυρίδα εισαγωγής στον κύλινδρο καύσης για να πραγματοποιηθεί η εισαγωγή του μίγματος εκεί.

Παράλληλα στον κύλινδρο καύσης, στην αρχή του χρόνου αυτού, λαμβάνει χώρα η καύση του μίγματος και η εκτόνωση. Καθώς το έμβολο απομακρύνεται από την κυλινδροκεφαλή, μόλις αποκαλύπτει τη θυρίδα εξαγωγής, τα καυσαέρια αρχίζουν να εξέρχονται του κυλίνδρου λόγω της αυξημένης πίεσής τους. Αμέσως μετά αποκαλύπτεται και η θυρίδα εισαγωγής η οποία επικοινωνεί μέσω ενός αγωγού με τον κύλινδρο τροφοδοσίας όπου υπάρχει ήδη συμπιεσμένο μίγμα και αρχίζει να εισέρχεται με ορμή στον κύλινδρο καύσης. Κατά την εισαγωγή του μίγματος και ενώ αυτό καταλαμβάνει τον χώρο του κυλίνδρου καύσης, εκτοπίζονται τα καυσαέρια και εξέρχονται από την θυρίδα εξαγωγής η οποία εξακολουθεί να είναι ανοιχτή.



Εικόνα 4.8: Καύση-εκτόνωση και εξαγωγή στον κύλινδρο καύσης και προώθηση μίγματος από τον κύλινδρο τροφοδοσίας στον κύλινδρο καύσης.

Στον συγκεκριμένο κινητήρα, λόγω της περιστροφικής του κίνησης, δημιουργούνται μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις. Αυτές επιδρούν διαφορετικά σε κάθε σώμα, ανάλογα με το ειδικό του βάρος. Όπως είναι σε όλους γνωστό, ο όγκος των αερίων όπως και το ειδικό τους βάρος, επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τη θερμοκρασία που βρίσκονται. Σε αυτή τη φάση λειτουργίας, δηλαδή κατά την εισαγωγή του ψυχρού μίγματος στον κύλινδρο καύσης και την εκτόπιση των καυσαερίων, πραγματοποιείται διαχωρισμός λόγω διαφοράς ειδικού βάρους με τη βοήθεια της φυγόκεντρου δύναμης. Το ψυχρό μίγμα το οποίο σημειωτέον είναι εμπλουτισμένο με καύσιμο, έχει σημαντικά μεγαλύτερο ειδικό βάρος από τα πολύ θερμά καυσαέρια.

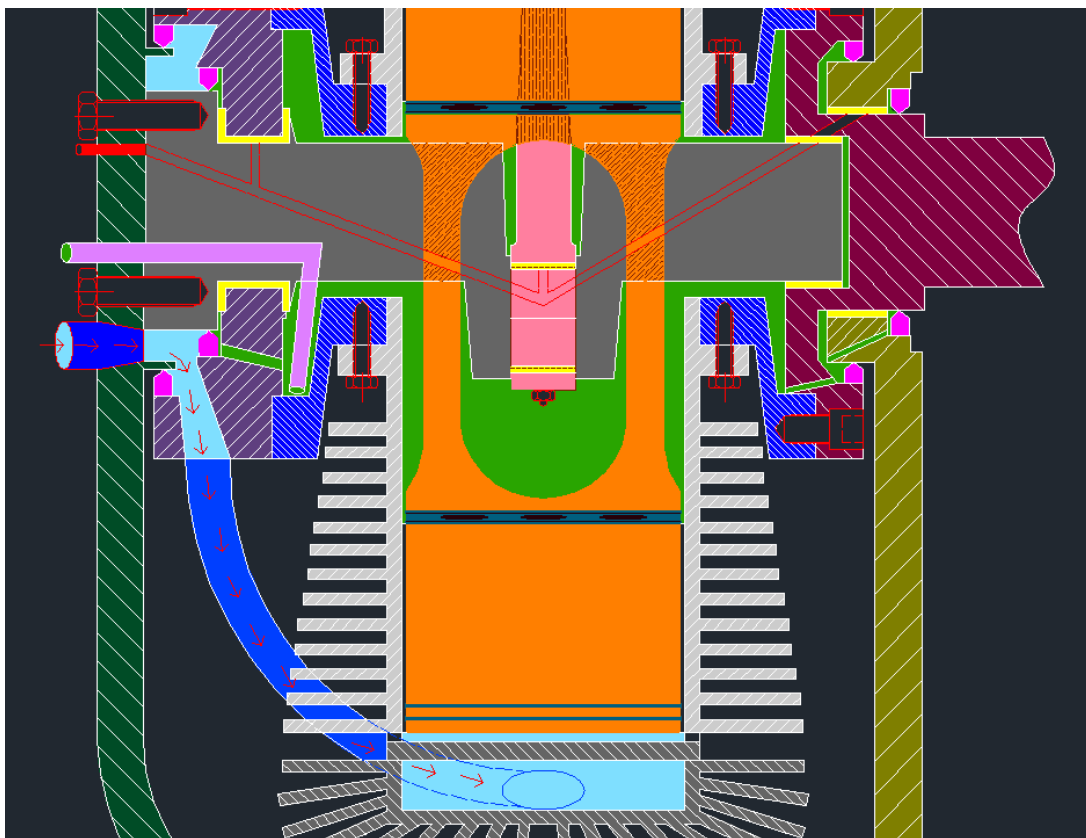
Είναι λοιπόν επόμενο το ψυχρό μίγμα να συγκεντρώνεται κοντά στην κυλινδροκεφαλή, εκτοπίζοντας τα καυσαέρια προς το κέντρο του κύκλου όπου βρίσκεται η θυρίδα εξαγωγής. Καθώς λοιπόν τα θερμά καυσαέρια εκτοπίζονται από το ψυχρό μίγμα, εξέρχονται του κυλίνδρου χωρίς να αναμιγνύονται με το μίγμα το οποίο καταλαμβάνει το χώρο του κυλίνδρου καύσης, και δεν εξέρχεται άκαυστο παρασυρόμενο από τα καυσαέρια. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα που έχει ο

περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας έναντι του δίχρονου παλινδρομικού βενζινοκινητήρα, με αποτέλεσμα να έχει καλύτερη ποιότητα καύσης, μικρότερη εκπομπή ρύπων και οικονομία στο καύσιμο.

4.4.3 Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου

Όπως έχει αναλυθεί και στην περιγραφή των χρόνων λειτουργίας του κινητήρα, το μίγμα εισέρχεται στον κύλινδρο καύσης με τη βοήθεια του κυλίνδρου τροφοδοσίας ο οποίος λειτουργεί σαν αεροσυμπιεστής. Στον συγκεκριμένο κινητήρα όμως, λόγω της περιστροφικής του λειτουργίας τόσο ο κύλινδρος τροφοδοσίας όσο και ο κύλινδρος καύσης βρίσκονται εντός του ρότορα και περιστρέφονται. Είναι λοιπόν απαραίτητο να εφαρμοστεί κάποιος τρόπος ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά του μίγματος από τον εξαεριωτή (καρμπυρατέρ), που είναι σταθερός στο κέλυφος του κινητήρα, στην εισαγωγή του κυλίνδρου τροφοδοσίας που περιστρέφεται.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας περιστροφικός σύνδεσμος, ειδικά διαμορφωμένος και τοποθετημένος περιμετρικά της βάσης του κεντρικού άξονα του κινητήρα. Κατά τα άλλα το σύστημα τροφοδοσίας εξακολουθεί να είναι ίδιο με τους παλινδρομικούς εμβολοφόρους κινητήρες.



Εικόνα 4.9: Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου.

Τέλος αν και η περιγραφή του συστήματος τροφοδοσίας αφορά τροφοδοσία με εξαεριωτή, ο κινητήρας αυτός μπορεί κάλλιστα να λειτουργεί με σύστημα ψεκασμού,

ακόμα και άμεσου ψεκασμού, όπως επίσης και με αέρια καύσιμα ή diesel με τις ανάλογες παραλλαγές κατασκευής που απαιτούνται.

4.4.4 Σύστημα λίπανσης κινητήρα

Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας είναι κατασκευασμένος και η λειτουργία του βασίζεται στα πρότυπα του δίχρονου βενζινοκινητήρα όσον αφορά τους χρόνους λειτουργίας του και εν μέρει τον τρόπο της τροφοδοσίας του μίγματος. Χαρακτηρίζεται όμως από μία ειδοποιό διαφορά η οποία είναι ότι λιπαίνεται με τον τρόπο που λιπαίνεται ένας τετράχρονος παλινδρομικός κινητήρας. Έχει δηλαδή μία δεξαμενή με λιπαντικό, αντλία λαδιού, φίλτρο λαδιού, ψυγείο λαδιού και αγωγούς που οδηγούν το λιπαντικό σε όλες τις τριβόμενες επιφάνειες.

Έτσι υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιούνται σε όλα τα έδρανα αντιτριβικά μέταλλα και δαχτυλίδια τα οποία λιπαίνονται μέσω των αγωγών λίπανσης, όπως στους τετράχρονους παλινδρομικούς κινητήρες, και όχι ρουλεμάν όπως είναι απαραίτητο λόγω ελλιπούς λίπανσης στους δίχρονους βενζινοκινητήρες. Είναι λοιπόν κατανοητό ότι λόγω αυτού του τύπου της λίπανσης είναι απαραίτητο το διπλό έμβολο να είναι εφοδιασμένο και στις δύο πλευρές του με ελατήριο λαδιού για τη λίπανση του χιτωνίου.

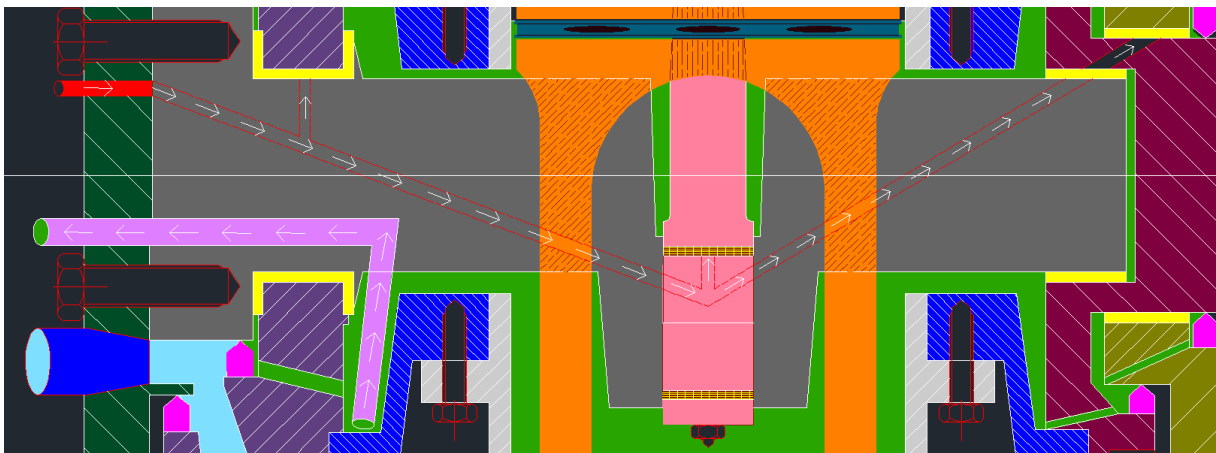
Η σημαντικότερη διαφορά είναι ότι το λιπαντικό δεν καίγεται μαζί με το μίγμα με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν εδώ οι αυξημένοι ρύποι που συναντώνται στους δίχρονους βενζινοκινητήρες. Επίσης, επειδή η λίπανση πραγματοποιείται με τον παραδοσιακό τρόπο των τετράχρονων κινητήρων, είναι απαραίτητο σε τακτά χρονικά διαστήματα ή σε ορισμένες ώρες λειτουργίας να γίνεται αντικατάσταση του λιπαντικού και του φίλτρου του.

Μία από τις ιδιαιτερότητες σε αυτόν τον κινητήρα είναι ότι οι κύλινδροι, τα έμβολα και ο στροφαλοθάλαμος αποτελούν τους ρότορες του κινητήρα και περιστρέφονται. Δεν είναι δηλαδή σε όρθια θέση όπως στους παλινδρομικούς κινητήρες, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να υπάρχει ελαιολεκάνη στο κάτω μέρος. Είναι λοιπόν απαραίτητο να χρησιμοποιείται η μέθοδος του ξηρού κάρτερ όπως συμβαίνει στους αστεροειδής εμβολοφόρους κινητήρες και στους κινητήρες κάποιων αγωνιστικών αυτοκινήτων. Έτσι υπάρχει μία δεξαμενή που βρίσκεται έξω από το κέλυφος του κινητήρα από όπου με μία αντλία λαδιού και με κατάλληλους αγωγούς και αφού περάσει από το φίλτρο και το ψυγείο λαδιού, οδηγείται το λιπαντικό με πίεση σε όλα τα τριβόμενα μέρη του κινητήρα. Παράλληλα το λιπαντικό που διαρρέει μετά τη λίπανση από όλα τα τριβόμενα μέρη αποχετεύεται με κατάλληλες σωληνώσεις και πάλι στην εξωτερική δεξαμενή.

Είναι λογικό να γεννάται το ερώτημα για το πώς συγκεντρώνεται το λάδι για να αποχετευτεί από το στροφαλοθάλαμο ο οποίος περιστρέφεται. Σε αυτό συμβάλει η φυγόκεντρος δύναμη η οποία δημιουργείται λόγω της περιστροφής, καθώς και το σχήμα του στροφαλοθαλάμου το οποίο είναι ελαφρώς κωνικό όπως φαίνεται στην εικόνα 4.3. Το λάδι λοιπόν συγκεντρώνεται περιφερειακά, στο σημείο που υπάρχει η μεγαλύτερη διάμετρος του κώνου σχηματίζοντας ένα κυκλικό δακτύλιο. Λόγω της ταχύτητας της περιστροφής, στην εξωτερική περιφέρεια του δακτυλίου που σχηματίζεται, αναπτύσσεται μεγάλη πίεση λόγω της φυγόκεντρος δύναμης. Σε αυτό ακριβώς το σημείο καταλήγει το στόμιο ενός σταθερού αγωγού, ο οποίος δεν περιστρέφεται και λόγω της μεγάλης πίεσης του λαδιού από τη φυγόκεντρο δύναμη, το λάδι διοχετεύεται στον αγωγό αυτόν και αποχετεύεται στην εξωτερική δεξαμενή

λαδιού. Αυτός ο τρόπος αποχέτευσης έχει εφαρμογή και σε έναν τύπο φυγοκεντρικής υδραντλίας.

Η ιδιαιτερότητα του τρόπου λίπανσης και αποχέτευσης του λαδιού σε αυτόν τον κινητήρα, του δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιείται και να λειτουργεί σε διάφορες κλίσεις καθώς και κατά τη λειτουργία του να μπορεί να αλλάξει κλίση, διότι η φυγόκεντρος δύναμη που αναπτύσσεται διατηρεί συνέχεια τις προϋποθέσεις για την αποχέτευση του λαδιού.



Εικόνα 4.10: Σύστημα λίπανσης κινητήρα.

4.4.5 Σύστημα ψύξης κινητήρα

Η περιγραφή του κινητήρα που έχει γίνει, καθώς και τα σχέδια αφορούν αερόψυκτο κινητήρα. Τα σημεία που πρέπει να ψύχονται είναι οι κύλινδροι και οι κυλινδροκεφαλές όπου γίνεται η καύση. Επειδή όμως αυτά βρίσκονται επάνω στον ρότορα και περιστρέφονται, είναι ευκολότερο να κατασκευαστούν με πτερύγια τα οποία αυξάνουν την επιφάνεια που εφάπτεται με τον αέρα. Έτσι με τη βοήθεια της περιστροφής τους απάγεται η θερμότητα από τον αέρα που διέρχεται από τις ειδικά διαμορφωμένες θυρίδες του κελύφους που περιβάλλει τον ρότορα.

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι και στους υδρόψυκτους κινητήρες ο τελικός αποδέκτης της απαγωγής της θερμότητας για την ψύξη του κινητήρα είναι πάλι ο αέρας. Αυτή είναι και η άποψη της εταιρείας Deutz μιας από τις μεγαλύτερες κατασκευάστριες εταιρείας κινητήρων της Γερμανίας η οποία κατά κύριο λόγο κατασκευάζει αερόψυκτους κινητήρες.

Το βασικό μειονέκτημα του αερόψυκτου συστήματος, συγκριτικά με το υδρόψυκτο, είναι ότι δεν μπορεί να διατηρηθεί σταθερή θερμοκρασία στον κινητήρα, όπως γίνεται στον υδρόψυκτο με την βοήθεια του θερμοστάτη. Αυτό συμβαίνει διότι στον κάθε κινητήρα, ανάλογα με τις συνθήκες που λειτουργεί την κάθε στιγμή (κλιματολογικές αλλά και ανάγκες απόδοσης), αλλάζει η ανάγκη απαγωγής της θερμότητας. Η σταθερή θερμοκρασία όμως είναι απαραίτητη για τη μέγιστη απόδοση του κινητήρα και βέβαια για την οικονομία στα καύσιμα.

Η αδυναμία του αερόψυκτου συστήματος όμως να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία στους κλασικούς κινητήρες οφείλεται στο ότι οι κύλινδροι, οι κυλινδροκεφαλές και γενικά όλα τα μέρη του κινητήρα που πρέπει να ψύχονται είναι εκτεθειμένα στο περιβάλλον, χωρίς να υπάρχει κάποιος τρόπος ελέγχου της ροής

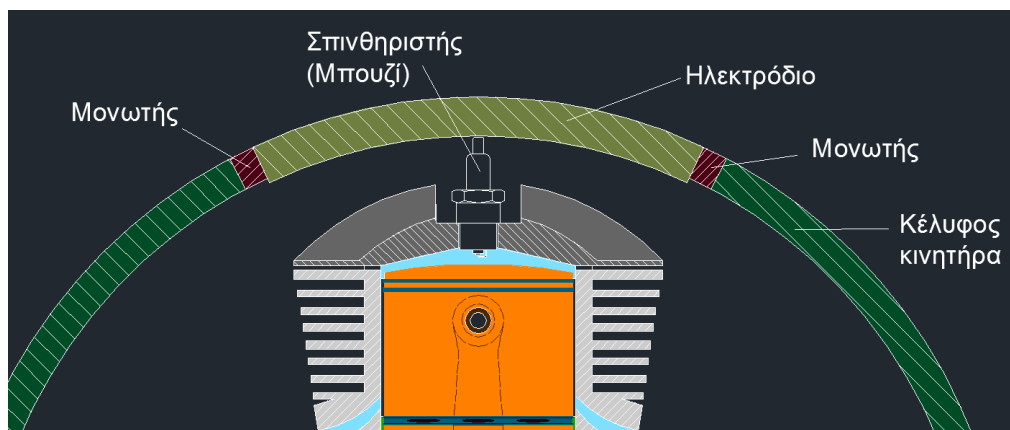
του αέρα ανάλογα με τη θερμοκρασία του και με τις απαιτούμενες ανάγκες ψύξης του κινητήρα.

Στον συγκεκριμένο όμως κινητήρα, τα σημεία που πρέπει να ψυχθούν βρίσκονται πάνω στον εξωτερικό ρότορα ο οποίος δεν είναι εκτεθειμένος στο περιβάλλον, αλλά περιβάλλεται από το κέλυφος. Δίνεται λοιπόν η δυνατότητα να ελέγχεται η ροή του αέρα που διέρχεται από τα σημεία που απαιτούν ψύξη με τη βοήθεια θερμοστάτη ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία του κινητήρα σταθερή.

Μέχρι στιγμής έχει κατασκευαστεί μόνο αερόψυκτος περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας. Είναι όμως δυνατόν να κατασκευαστεί και υδρόψυκτος εάν καλυφθούν οι κυλινδροκεφαλές και οι κύλινδροι με υδροθαλάμους. Εδώ μάλιστα δίνεται η δυνατότητα να κινείται το νερό με φυσική ροή (χωρίς αντλία νερού), λόγω της φυγόκεντρου δύναμης που δημιουργείται από την περιστροφή του ρότορα και επιβάλλει στο θερμότερο νερό που περιβάλλει την κυλινδροκεφαλή, λόγω διαφοράς ειδικού βάρους, να κινείται προς το κέντρο του κύκλου (στροφαλοθάλαμο) και να αντικαθίσταται με το νερό που έχει ήδη ψυχθεί. Η ροή βέβαια του νερού αυτού θα ελέγχεται από υφιστάμενο θερμοστάτη ώστε να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία του κινητήρα.

4.4.6 Σύστημα έναυσης κινητήρα

Το σύστημα έναυσης του περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα είναι παρόμοιο με τους κλασικούς βενζινοκινητήρες όπου χρησιμοποιείται πολλαπλασιαστής, πλατίνες ή ηλεκτρονική ανάφλεξη καθώς και σπινθηριστής (μπουζί).



Εικόνα 4.11: Σύστημα έναυσης κινητήρα.

Η διαφορά εδώ είναι ότι η κυλινδροκεφαλή στην οποία βρίσκεται τοποθετημένος ο σπινθηριστής είναι μέρος του ρότορα και περιστρέφεται. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης που πρέπει να έχει ο σπινθηριστής τη δεδομένη στιγμή της έναυσης στον κινητήρα αυτόν, γίνεται με υπερπήδηση των ηλεκτρονίων του ρεύματος. Για τον σκοπό αυτό στο κέλυφος του κινητήρα βρίσκεται τοποθετημένο κατάλληλα ένα ηλεκτρόδιο στο οποίο καταλήγει το καλώδιο υψηλής τάσης που έρχεται από τον πολλαπλασιαστή. Η θέση που είναι τοποθετημένο αυτό το ηλεκτρόδιο βρίσκεται στο σημείο όπου περνά το εξωτερικό άκρο του σπινθηριστή τη στιγμή κατά την οποία έχει γίνει συμπίεση του μίγματος και πρέπει να δοθεί ο

σπινθήρας. Δηλαδή, ορισμένες μοίρες πριν το έμβολο φτάσει στο πλησιέστερο σημείο της κυλινδροκεφαλής (Α.Ν.Σ.). Το μήκος δε του ηλεκτροδίου αυτού κατασκευάζεται όσο απαιτείται για να καλύπτει τις ανάγκες προπορείας του σπινθήρα ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα (δυναμική προπορεία).

4.4.7 Σύστημα απαγωγής καυσαερίων κινητήρα

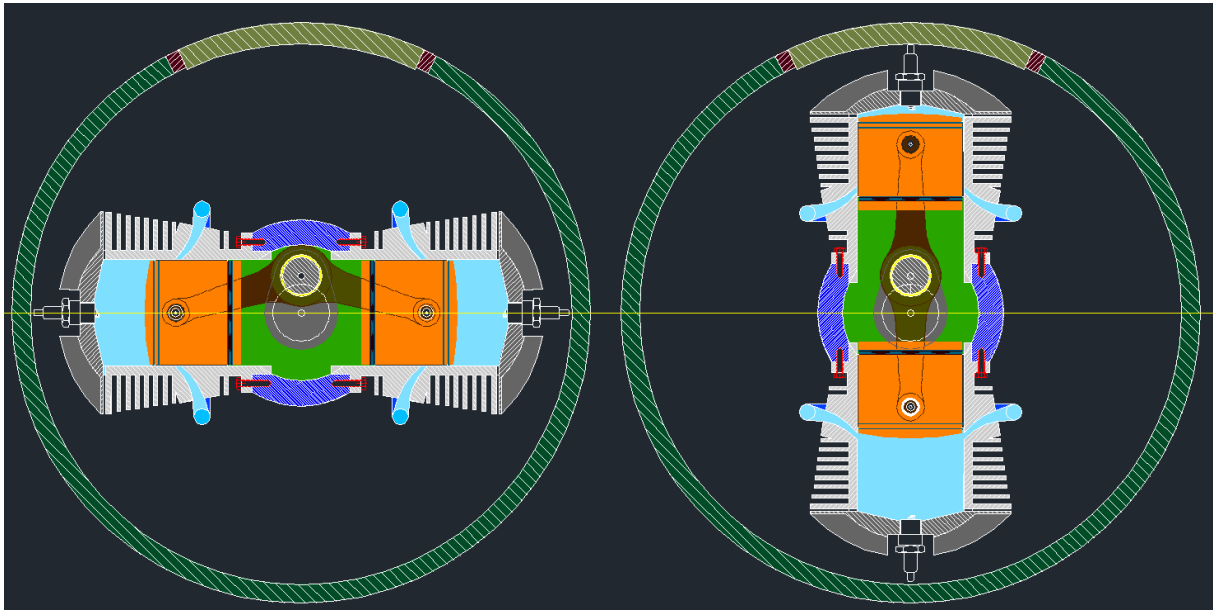
Στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα ο κύλινδρος όπου πραγματοποιείται η καύση, είναι μέρος του ρότορα και περιστρέφεται. Ο αγωγός της εξάτμισης λοιπόν ο οποίος ξεκινά από τη θυρίδα εξαγωγής του κυλίνδρου, καταλήγει σε έναν περιστροφικό σύνδεσμο. Ο περιστροφικός αυτός σύνδεσμος βρίσκεται περιφερειακά τοποθετημένος στο κέλυφος του κινητήρα και σε απόσταση από τον περιστροφικό σύνδεσμο της εισαγωγής του μίγματος. Εκεί συγκεντρώνονται τα καυσαέρια τα οποία μέσω σωληνώσεως απομακρύνονται από τον κινητήρα.

4.5 ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας το σύστημα τροφοδοσίας όλων των κινητήρων έχει βελτιωθεί ώστε να έχουμε πιο σωστή αναλογία μίγματος την κάθε στιγμή ανάλογα με τις συνθήκες (θερμοκρασία κινητήρα, θερμοκρασία εισερχόμενου αέρα) καθώς και τις ανάγκες επιτάχυνσης των στροφών. Τα σύγχρονα συστήματα τροφοδοσίας, για να επιτύχουν τα παραπάνω, χρησιμοποιούν υπολογιστή (εγκέφαλος), ο οποίος παίρνοντας πληροφορίες από διάφορους αισθητήρες, δίνει εντολή στους ψεκαστήρες καυσίμου (μπεκ) να ψεκάσουν την ανάλογη ποσότητα καυσίμου.

Στον περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα, μπορούν κάλλιστα να εφαρμοσθούν όλα τα συστήματα σύγχρονης τεχνολογίας (συστήματα ψεκασμού και άμεσου ψεκασμού). Στην περίπτωση αυτή βέβαια δεν θα υπάρχει εξαεριωτής και στη θέση του θα βρίσκεται το σύστημα εισαγωγής και μέτρησης αέρα με την πεταλούδα. Θα είναι δε τοποθετημένος στην είσοδο της θυρίδας εισαγωγής του κυλίνδρου καύσης ένας ψεκαστήρας (μπεκ) για την τροφοδοσία του καυσίμου. Αντίστοιχα θα μπορούσε να εφαρμοσθεί και σύστημα άμεσου ψεκασμού το οποίο ήδη χρησιμοποιείται στους δίχρονους κινητήρες.

Σε περίπτωση εφαρμογής τροφοδοσίας με σύστημα ψεκασμού, στον συγκεκριμένο κινητήρα τη λειτουργία του κυλίνδρου τροφοδοσίας μπορεί να την κάνει μία εξωτερική αντλία σάρωσης και τη θέση του κυλίνδρου τροφοδοσίας να πάρει ένας άλλος κύλινδρος καύσης. Στην εικόνα 4.11 φαίνεται η διάταξη των δύο κυλίνδρων καύσεως οι οποίοι κάθε φορά που περνούν από την όρθια θέση όπου βρίσκεται το ηλεκτρόδιο έναυσης, εκτελούν τη φάση της καύσης.



Εικόνα 4.12: Περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας με δύο κυλίνδρους καύσης που τροφοδοτείται από εξωτερική αντλία σάρωσης.

Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας μπορεί να λειτουργήσει με ανάλογο τρόπο χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το πετρέλαιο Diesel. Σε αυτή την περίπτωση βέβαια θα απουσιάζουν οι σπινθηριστές και τη θέση τους θα πάρουν οι ψεκαστήρες (μπεκ). Στην περίπτωση του πετρελαιοκινητήρα μπορεί να καταργηθεί ο περιστροφικός σύνδεσμος τροφοδοσίας διότι ο αέρας εισαγωγής στον πετρελαιοκινητήρα δεν ελέγχεται από πεταλούδα.

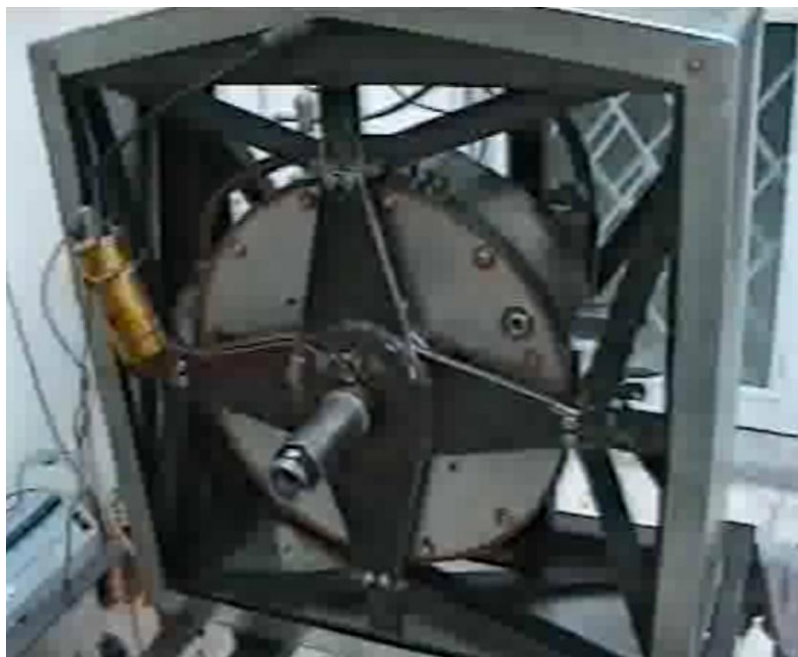
Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας επίσης μπορεί να χρησιμοποιήσει σαν καύσιμο το υγραέριο και το φυσικό αέριο, με τις ανάλογες βέβαια διαφοροποιήσεις στον τρόπο τροφοδοσίας, χρησιμοποιώντας ρυθμιστή πίεσης παροχής αερίου καυσίμου αντί για εξαεριωτή.

5. Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μετά την επινόνηση και τον σχεδιασμό σε θεωρητική βάση του περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα, παρότι δεν απαιτείτο για την έκδοση του διπλώματος ευρεσιτεχνίας, επιχειρήθηκε και η κατασκευή του πρώτου κινητήρα τέτοιου τύπου, περισσότερο για λόγους ηθικής ικανοποίησης που προκύπτουν από την υλοποίηση μίας επινόνησης.

Για την κατασκευή ενός κινητήρα χρειάζονται εξαρτήματα ειδικά διαμορφωμένα, με μεγάλη αντοχή και με ειδική επεξεργασία, τα οποία ήταν αδύνατον να κατασκευαστούν σε ένα απλό μηχανουργείο. Επίσης, τα χρήματα που μπορούσαν να διατεθούν ήταν περιορισμένα. Συγκεντρώθηκαν λοιπόν διάφορα εξαρτήματα εμβολοφόρων παλινδρομικών κινητήρων στα οποία προσαρμόστηκε η κατασκευή του κινητήρα αυτού. Τα εξαρτήματα που κατάφεραν να συγκεντρωθούν όμως επέβαλαν την τροποποίηση των σχεδίων ακόμα και τον τρόπο λειτουργίας σε κάποια συστήματα όπως στο σύστημα λίπανσης. Η πραγματική λοιπόν κατασκευή που έγινε, οπτικά, απέχει αρκετά από τα αρχικά σχέδια αλλά η αρχή λειτουργίας και η όλη φιλοσοφία παρέμεινε ίδια.



Εικόνα 5.1: Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας κατασκευασμένος.

5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΡΟΤΟΡΑ

Το πρώτο εξάρτημα που έπρεπε να κατασκευαστεί και μάλιστα σε διαστάσεις που επέβαλαν τα συγκεντρωμένα εξαρτήματα από άλλους κινητήρες, ήταν ο εξωτερικός ρότορας ο οποίος είναι και το πιο πολύπλοκο εξάρτημα του κινητήρα. Στην προκειμένη περίπτωση, επειδή δεν μπόρεσαν να βρεθούν αερόψυκτοι κύλινδροι και κυλινδροκεφαλές που να μπορούν να συνεργαστούν με τα έμβολα που βρέθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν χιτώνια από πετρελαιοκινητήρα Perkins καθώς και ανάλογα έμβολα. Για να χρησιμοποιηθούν όμως τα χιτώνια αυτά έπρεπε να εφαρμοστούν εσωτερικά του ρότορα. Έπρεπε λοιπόν να κατασκευαστεί ένας ρότορας από ντουραλουμίνιο στον οποίο να εφαρμοστούν τα χιτώνια αυτά. Το ντουραλουμίνιο είναι κράμα που περιέχει 95% αλουμίνιο, 3-4% χαλκό και κάτω από 1% μαγνήσιο και μαγγάνιο. Παρασκευάστηκε το 1906 από το Γερμανό χημικό Alfred Vilm. Το ειδικό του βάρος είναι χαμηλό και χρησιμοποιείται σε θερμικές μηχανές, γιατί δεν επηρεάζεται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Σε θερμοκρασία 550 βαθμών Κελσίου και με ταχύτατη ψύξη αποκτά ακόμα καλύτερες μηχανικές ιδιότητες. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στην κατασκευή τμημάτων των αεροπλάνων (φτερά, κινητήρες), σιδηροδρομικών βαγονιών, ανελκυστήρων, αυτοκινήτων κ.α., επειδή είναι ελαφρύ μέταλλο και έχει αρκετά μεγάλη αντοχή.

Κατασκευάστηκε λοιπόν ένα ξύλινο καλούπι στο σχήμα του ρότορα που έπρεπε να κατασκευαστεί, αλλά σε λίγο μεγαλύτερες διαστάσεις, υπολογίζοντας το συντελεστή διαστολής του αλουμινίου ώστε όταν ψυχτεί το υλικό να έρθει στις επιθυμητές διαστάσεις. Το καλούπι αυτό δόθηκε σε χυτήριο όπου έγινε η χύτευση του ρότορα. Στη συνέχεια ακολούθησε η επεξεργασία του ρότορα στο μηχανουργείο όπου ύστερα από διαμορφώσεις που υπέστη σε τόρνο, boring, φρέζα καθώς και άνοιγμα σπειρωμάτων και οπών πήρε την τελική του μορφή. Ακολούθησε η εφαρμογή των χιτωνίων εντός του ρότορα στο ένα εκ των οποίων προηγουμένως είχαν ανοιχτεί οπές για την δημιουργία θυρίδων εισαγωγής και εξαγωγής.

Έτσι ολοκληρώθηκε η κατασκευή του κυρίως σώματος του ρότορα, ο οποίος σε σύγκριση με τον αρχικά σχεδιασμένο κινητήρα, είχε μεγάλες διαφορές. Αυτό συνέβαινε διότι περιελάμβανε τον στροφαλοθάλαμο μαζί με τους κυλίνδρους και είχε μεγάλο χώρο εσωτερικά ώστε να τοποθετηθεί η αντλία λαδιού και όλο το λάδι λίπανσης του κινητήρα. Η αντλία λαδιού που χρησιμοποιήθηκε προήλθε από κινητήρα Ford Sierra. Το φίλτρο λαδιού ήταν φίλτρο από αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων τύπου General Motors. Έτσι αυτός ο κινητήρας δεν λειτουργεί με τη μέθοδο του ξηρού κάρτερ διότι το λιπαντικό βρίσκεται μέσα στον στροφαλοθάλαμο. Με τη φυγόκεντρο δύναμη που δημιουργείται κατά την περιστροφή, το λάδι μοιράζεται και προσκολλάται στη περιφέρεια του ρότορα. Μια άλλη επίσης διαφορά είναι ότι χρησιμοποιήθηκαν ρουλεμάν για την περιστροφή του ρότορα παρά τον αρχικό σχεδιασμό που ήταν με κουζινέτα όπως στους τετράχρονους κινητήρες. Αυτό έγινε διότι ήταν δύσκολο να κατασκευαστεί κεντρικός άξονας στις διαστάσεις που απαιτείτο και έτσι χρησιμοποιήθηκε ένα κομμάτι από έναν παλιό στροφαλοφόρο άξονα από κινητήρα Ford Escort.

Στην εικόνα 5.2 φαίνεται ο εξωτερικός ρότορας του κινητήρα χωρίς το κάλυμμά του ώστε να διακρίνεται το εσωτερικό του.



Εικόνα 5.2: Ο εξωτερικός ρότορας του κινητήρα.

5.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΡΟΤΟΡΑ

Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν τα εξαρτήματα που αποτελούν τον εσωτερικό ρότορα. Και εδώ υπάρχουν διαφορές από τον αρχικό σχεδιασμό, δεδομένου ότι το κύριο εξάρτημα του εσωτερικού ρότορα είναι το διπλό έμβολο για το οποίο έπρεπε να γίνει ειδική κατασκευή. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν δύο έμβολα από πετρελαιοκινητήρα Perkins τα οποία ταίριαζαν στα χιτώνια. Η επιλογή των εμβόλων αυτών έγινε διότι αυτά ήταν εξοπλισμένα με δύο ελατήρια λαδιού, το ένα κοντά στα ελατήρια συμπίεσεως και το άλλο χαμηλά κάτω στην ποδιά. Να σημειωθεί εδώ ότι το ελατήριο λαδιού που βρίσκεται κοντά στα ελατήρια συμπίεσεως, έχει αφαιρεθεί και οι οπές διέλευσης του λιπαντικού που υπάρχουν στη συγκεκριμένη υποδοχή του ελατηρίου έχουν σφραγισθεί.

Η μετατροπή αυτή και η χρήση τέτοιου εμβόλου ήταν επιβεβλημένη διότι δεν επιτρέπεται κατά την διαδρομή του εμβόλου, το ελατήριο λαδιού να περνά από τη θυρίδα εισαγωγής ή τη θυρίδα εξαγωγής. Πιο συγκεκριμένα, σε περίπτωση που το ελατήριο λαδιού πέρανε από την θυρίδα εξαγωγής το λάδι θα διέφευγε έξω από τη θυρίδα μαζί με τα καυσαέρια ενώ σε περίπτωση που το ελατήριο λαδιού πέρανε από τη θυρίδα εισαγωγής, το λάδι θα διέφευγε προς τη θυρίδα και όταν το έμβολο την απεκάλυπτε, παρασυρόμενο από το μίγμα θα εισερχόταν στο χώρο καύσης. Όλα αυτά συμβαίνουν διότι στον συγκεκριμένο κινητήρα, ο οποίος είναι δίχρονος, γίνεται λίπανση με ελατήρια λαδιού όπως στους τετράχρονους. Άλλη μία επέμβαση που έγινε επίσης στο συγκεκριμένο έμβολο είναι η τοποθέτηση πείρων στις υποδοχές των ελατηρίων συμπίεσεως ώστε αυτά να διατηρούνται σε συγκεκριμένη θέση, όπως γίνεται στους δίχρονους βενζινοκινητήρες, ώστε να μην εμπλακεί η άκρη του ελατηρίου σε κάποια θυρίδα από όπου περνάει.

Στην εικόνα 5.3 φαίνεται ο τύπος του εμβόλου που χρησιμοποιήθηκε καθώς και οι οπές οι οποίες σφραγίστηκαν στην υποδοχή του επάνω ελατηρίου λαδιού.

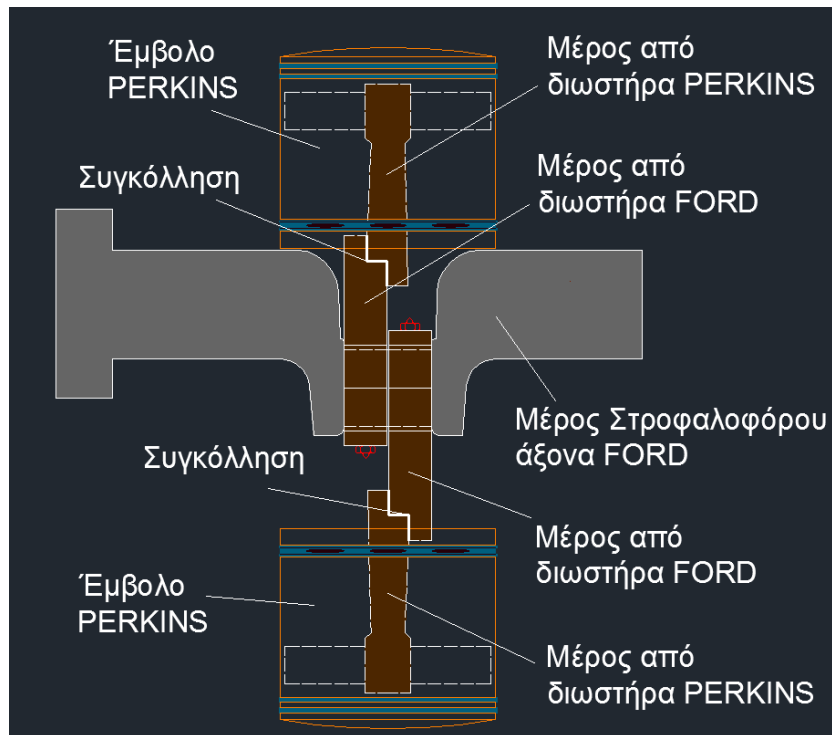


Εικόνα 5.3: Έμβολο πετρελαιομηχανής Perkins παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε.

Το επόμενο βήμα ήταν η κατασκευή των διωστήρων οι οποίοι έπρεπε αφενός μεν να ταιριάζουν στη διάμετρο του κομβίου του κεντρικού σταθερού άξονα και συγχρόνως στη διάμετρο του πείρου του εμβόλου, αφετέρου δε έπρεπε να έχουν ορισμένο μήκος. Σημειωτέον, στην προκειμένη περίπτωση ο κεντρικός σταθερός άξονας ήταν κομμάτι στροφαλοφόρου άξονα με συγκεκριμένη διάμετρο και μήκος κομβίου. Επιπλέον, το μεγαλύτερο πρόβλημα ήταν ότι έπρεπε να τοποθετηθούν δύο διωστήρες σε ένα μόνο κομβίο του στροφάλου αυτού αλλά και τα σημεία των διωστήρων που προσαρμόζονται στους πείρους των εμβόλων να βρίσκονται στην ίδια αξονική γραμμή.

Επειδή λοιπόν ήταν αδύνατον να κατασκευαστούν εξ ολοκλήρου διωστήρες στο μέγεθος αλλά και στο σχήμα που απαιτείτο, έγινε συγκόλληση κομματιών διωστήρων. Χρησιμοποιήθηκαν λοιπόν για το πάνω μέρος των νέων διωστήρων κομμάτια από διωστήρες Perkins για να ταιριάζουν στα έμβολα, ενώ για το κάτω μέρος κομμάτια από διωστήρες Ford για να ταιριάζουν στη διάμετρο του κομβίου του κεντρικού σταθερού άξονα που προέρχεται από στροφαλοφόρο άξονα ενός κινητήρα Ford. Αυτά συγκολλήθηκαν μεταξύ τους αφού ρυθμίστηκε το κατάλληλο μήκος αλλά και ύστερα από υπολογισμό της απόκλισης του κάτω μέρους του διωστήρα από τη αξονική γραμμή των κυλίνδρων. Εννοείται βέβαια ότι το κάτω μέρος των διωστήρων επεξεργάστηκε στη πλάνη ώστε να μειωθεί κατά το ήμισυ το πάχος τους με σκοπό να χωρέσουν δύο διωστήρες στο κομβίο που προηγουμένως έμπαινε μόνο ένας. Ανάλογη τροποποίηση έγινε και στα αντιτριβικά μέταλλα των διωστήρων.

Στην εικόνα 5.1 διακρίνεται ο τρόπος ένωσης των δύο διωστήρων καθώς και η ανάγκη που επέβαλε την κατασκευή των διωστήρων με αυτόν τον τρόπο.



Εικόνα 5.4: Αποτύπωση πραγματικής διάταξης των διωστήρων του κατασκευασμένου περιστροφικού εμβολοφόρου κινητήρα.

5.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

Ακολούθως τοποθετήθηκε η αντλία λαδιού μέσα στο χώρο του ρότορα. Έπρεπε να υπολογιστεί με ακρίβεια η απόστασή της από το κέντρο του ρότορα ώστε να επιτυγχάνεται επακριβώς η εμπλοκή των οδόντων του γραναζιού που προσαρμόζεται στον άξονα της αντλίας, με τα δόντια του γραναζιού που τοποθετήθηκε σταθερά στον κεντρικό σταθερό άξονα. Εδώ παρατηρείται η ιδιομορφία ότι, ενώ το γρανάζι που μας δίνει την κίνηση είναι σταθερό (δεν περιστρέφεται), επιτυγχάνεται η λειτουργία της αντλίας καθώς αυτή περιστρέφεται δορυφορικά γύρω από τον κεντρικό σταθερό άξονα.

Για την κίνηση της αντλίας επελέγη σχέση μετάδοσης 1:2 ώστε να επιτευχθεί μικρότερη ταχύτητα περιστροφής, δεδομένου ότι η παροχή της αντλίας αυτής είναι πολύ μεγάλη, υπολογισμένη να καλύψει τη λίπανση ενός τετρακύλινδρου κινητήρα. Στη συγκεκριμένη κατασκευή έπρεπε να καλύψει την ανάγκη λίπανσης των κομβίων των δύο διωστήρων μόνο. Παράλληλα επειδή δεν ήταν απαραίτητο να έχουμε μεγάλη πίεση λαδιού, για να είναι και μικρότερα τα φορτία που δεχόταν η βάση στήριξης της αντλίας, κατασκευάστηκε ανακουφιστική βαλβίδα για την πίεση του λαδιού ώστε να τη διατηρεί στο 1,5 bar.

Η διαφορά αυτού του κινητήρα που κατασκευάστηκε συγκριτικά με τα αρχικά σχέδια, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, είναι ότι δεν έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του ξηρού κάρτερ. Έτσι το λιπαντικό βρίσκεται μέσα στον στροφαλοθάλαμο και κατά την περιστροφή του κινητήρα μοιράζεται και προσκολλάται στη περιφέρεια του ρότορα. Για τον λόγο αυτόν επάνω στην περιφέρεια του ρότορα έχει τοποθετηθεί το φίλτρο

λαδιού που χρησιμοποιείται για να φιλτράρει το λάδι που εισέρχεται στην αντλία λαδιού.



Εικόνα 5.5: Η αντλία λαδιού που χρησιμοποιήθηκε.

5.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

5.5.1 Τοποθέτηση κυλινδροκεφαλής κυλίνδρου τροφοδοσίας

Ακολούθως τοποθετήθηκε η κεφαλή του κυλίνδρου τροφοδοσίας η οποία προέρχεται από κοινό αεροσυμπιεστή. Αυτή περιλαμβάνει τις ανεπίστροφες βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής και κάνει τον κύλινδρο τροφοδοσίας να λειτουργεί σαν κλασικός αεροσυμπιεστής, μόνο που στην προκειμένη περίπτωση, αντί να αντλεί αέρα αντλεί μίγμα που το τροφοδοτεί στον κύλινδρο καύσης.



Εικόνα 5.6: Κυλινδροκεφαλή κυλίνδρου τροφοδοσίας.

5.5.2 Κατασκευή αγωγών και περιστροφικού συνδέσμου μίγματος

Η κεφαλή του κυλίνδρου τροφοδοσίας έχει μία είσοδο και μία έξοδο. Έπρεπε λοιπόν να συνδεθεί η κεφαλή αυτή αφενός μεν με τη θυρίδα εισαγωγής του κυλίνδρου καύσης, αφετέρου δε με τον εξαεριωτή.

Τοποθετήθηκε λοιπόν ένας χάλκινος αγωγός ο οποίος σύνδεσε την έξοδο της κυλινδροκεφαλής του κυλίνδρου τροφοδοσίας με τη θυρίδα εισαγωγής του κυλίνδρου καύσης.

Για τη σύνδεση όμως της εισαγωγής της κυλινδροκεφαλής του κυλίνδρου τροφοδοσίας με τον εξαεριωτή δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί απλώς ένας χαλκοσωλήνας. Αυτό διότι η κυλινδροκεφαλή αυτή περιστρέφεται μαζί με τον ρότορα, ενώ δεν μπορεί να περιστρέφεται μαζί και ο εξαεριωτής ο οποίος λειτουργεί μόνο σε όρθια θέση έχοντας πλωτήρα στάθμης καυσίμου. Έτσι λοιπόν ήταν επιβεβλημένο να χρησιμοποιηθεί ένας περιστροφικός σύνδεσμος ο οποίος θα συνέδεε τον εξαεριωτή, ο οποίος δεν περιστρέφεται, με τον αγωγό που καταλήγει στην εισαγωγή του κυλίνδρου τροφοδοσίας και περιστρέφεται μαζί με τον ρότορα.

Για την κατασκευή του περιστροφικού συνδέσμου χρησιμοποιήθηκαν δύο μεταλλικοί δακτύλιοι διαφορετικής διαμέτρου και δύο τσιμούχες για την εξασφάλιση της στεγανοποίησης. Ο δακτύλιος μικρότερης διαμέτρου, στον οποίο καταλήγει ο αγωγός που έρχεται από τον εξαεριωτή, τοποθετήθηκε σταθερά στη μέσα πλευρά του κελύφους και περιφερειακά του κέντρου του. Ο δακτύλιος μεγαλύτερης διαμέτρου, στον οποίο καταλήγει και ο αγωγός που συνδέεται στον κύλινδρο τροφοδοσίας, είναι στερεωμένος επάνω στον ρότορα. Ο δακτύλιος αυτός, περιστρέφεται μαζί με τον ρότορα και φέρει δύο τσιμούχες οι οποίες εφαρμόζουν στον μικρότερο σταθερό δακτύλιο επιτυγχάνοντας τη στεγανοποίηση του χώρου που σχηματίζεται μεταξύ τους.

Έτσι ο εξαεριωτής παραμένει στερεωμένος στο κέλυφος του κινητήρα, συνδεδεμένος σε έναν μαστό που καταλήγει στο σταθερό μέρος του περιστροφικού συνδέσμου. Για την τροφοδοσία του συγκεκριμένου κινητήρα χρησιμοποιήθηκε εξαεριωτής που προέρχεται από κινητήρα δικύκλου τύπου Honda C50.



Εικόνα 5.7: Ο εξαεριωτής τοποθετημένος στο κέλυφος του κινητήρα.

5.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Στη συνέχεια κατασκευάστηκε η κυλινδροκεφαλή καύσης και αυτή από ντουραλουμίνιο. Επειδή ο κινητήρας είναι δίχρονος η κεφαλή είναι από τις πιο απλές κατασκευές που έγιναν. Στην εσωτερική πλευρά της έχει μία εσοχή κωνικού σχήματος, όπου δημιουργείται ο θάλαμος καύσης. Για το μέγεθος του θαλάμου καύσης υπολογίστηκε η διάμετρος και η διαδρομή του εμβόλου και σχηματίστηκε θάλαμος καύσης τέτοιου μεγέθους ώστε να επιτευχθεί σχέση συμπίεσεως 9:1. Στο κέντρο του θαλάμου καύσης δημιουργήθηκε μία οπή με κατάλληλο σπείρωμα για την τοποθέτηση του αναφλεκτήρα. Η κυλινδροκεφαλή αυτή τοποθετήθηκε στον εξωτερικό ρότορα και στην κορυφή του κυλίνδρου καύσης με την βοήθεια τεσσάρων κοχλιών διαμέτρου M10.



Εικόνα 5.8: Η κυλινδροκεφαλή κυλίνδρου καύσης τοποθετημένη.

5.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Στην συνέχεια έπρεπε να κατασκευαστεί ένας σιγαστήρας για τον περιορισμό του θορύβου των καυσαερίων καθώς αυτά εξέρχονται από τον κύλινδρο. Στα αρχικά σχέδια για την εξαγωγή των καυσαερίων είχε προβλεφθεί να δημιουργηθεί ένας περιστροφικός σύνδεσμος για την απαγωγή των καυσαερίων από τον περιστρεφόμενο ρότορα. Για λόγους οικονομίας και επειδή δεν ήταν απαραίτητο για την λειτουργία του κινητήρα να κατασκευαστεί αυτή η δαπανηρή κατασκευή, επιλέχθηκε ένας άλλος τρόπος. Έτσι κατασκευάστηκε ένας πολύ μικρός σιγαστήρας ο οποίος προσαρμόστηκε στην εξαγωγή του κυλίνδρου καύσης επάνω στον ρότορα και περιστρέφεται μαζί του μειώνοντας τον θόρυβο της εξαγωγής των καυσαερίων.



Εικόνα 5.9: Η “εξάτμιση” του κινητήρα τοποθετημένη.

5.8 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΡΟΤΟΡΑ

Αφού λοιπόν τοποθετήθηκαν όλα τα παραπάνω εξαρτήματα επάνω στον περιστρεφόμενο ρότορα, έπρεπε να γίνει ζυγοστάθμιση ώστε κατά την περιστροφή του ρότορα να μη δημιουργούνται ταλαντώσεις και κραδασμοί. Κανονικά και για τη σωστή λειτουργία του κινητήρα αυτού έπρεπε να γίνει δυναμική ζυγοστάθμιση. Ο κινητήρας όμως αυτός δεν είναι κατασκευασμένος ώστε να λειτουργεί σε πραγματικές συνθήκες λόγω πρόχειρης κατασκευής πολλών εξαρτημάτων του. Για τον λόγο αυτό και επειδή δεν είναι απαραίτητο να λειτουργήσει σε πολλές στροφές επιλέχτηκε να γίνει στατική ζυγοστάθμιση. Έτσι η λειτουργία του κινητήρα δεν είναι απόλυτα σταθερή και σε κάποιο εύρος στροφών δημιουργεί μια ταλάντωση.

5.9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Ο κεντρικός σταθερός άξονας, που πάνω του εδράζονται και περιστρέφονται οι δύο ρότορες του κινητήρα, έπρεπε να στερεωθεί σε μία στιβαρή κατασκευή η οποία θα αποτελούσε το κέλυφος του κινητήρα. Για την ακρίβεια κατασκευάστηκε ένας κλωβός όπου χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικοί ράβδοι με διατομή σχήματος γωνίας και με διαστάσεις 40x40x4. Πάνω σε αυτόν στηρίχθηκε ένας μεταλλικός δίσκος κατασκευασμένος σε τόρνο, στον οποίο στηρίχθηκε ο κεντρικός σταθερός άξονας. Στην απέναντι πλευρά του κλωβού κατασκευάστηκε και τοποθετήθηκε έδρανο στο οποίο, με τη βοήθεια ρουλεμάν, εδράζεται και περιστρέφεται ο άξονας μετάδοσης κίνησης, ο οποίος όπως έχει προαναφερθεί βρίσκεται σταθερά προσαρμοσμένος στον εξωτερικό ρότορα και περιστρέφεται με αυτόν.

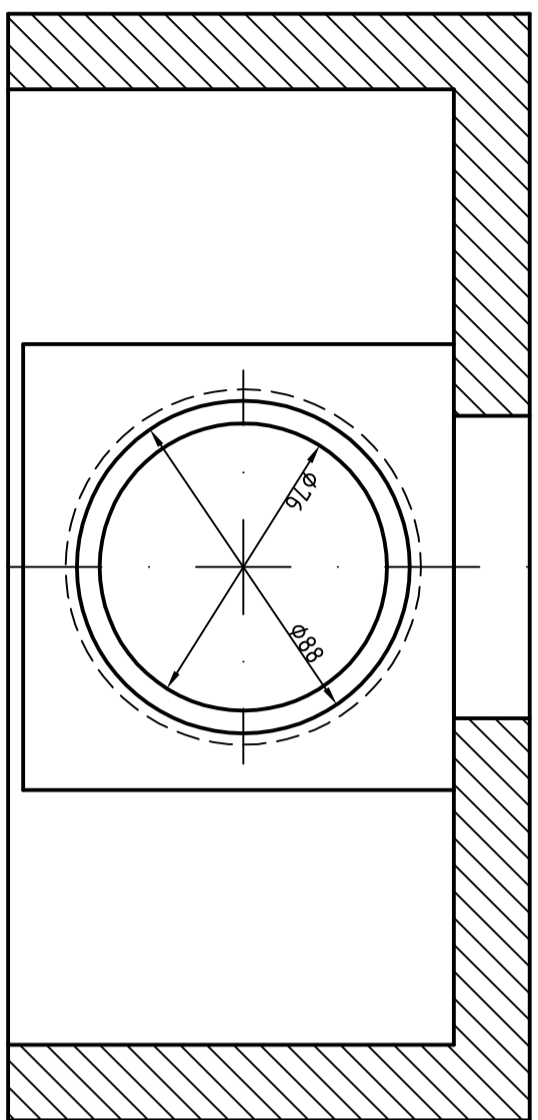
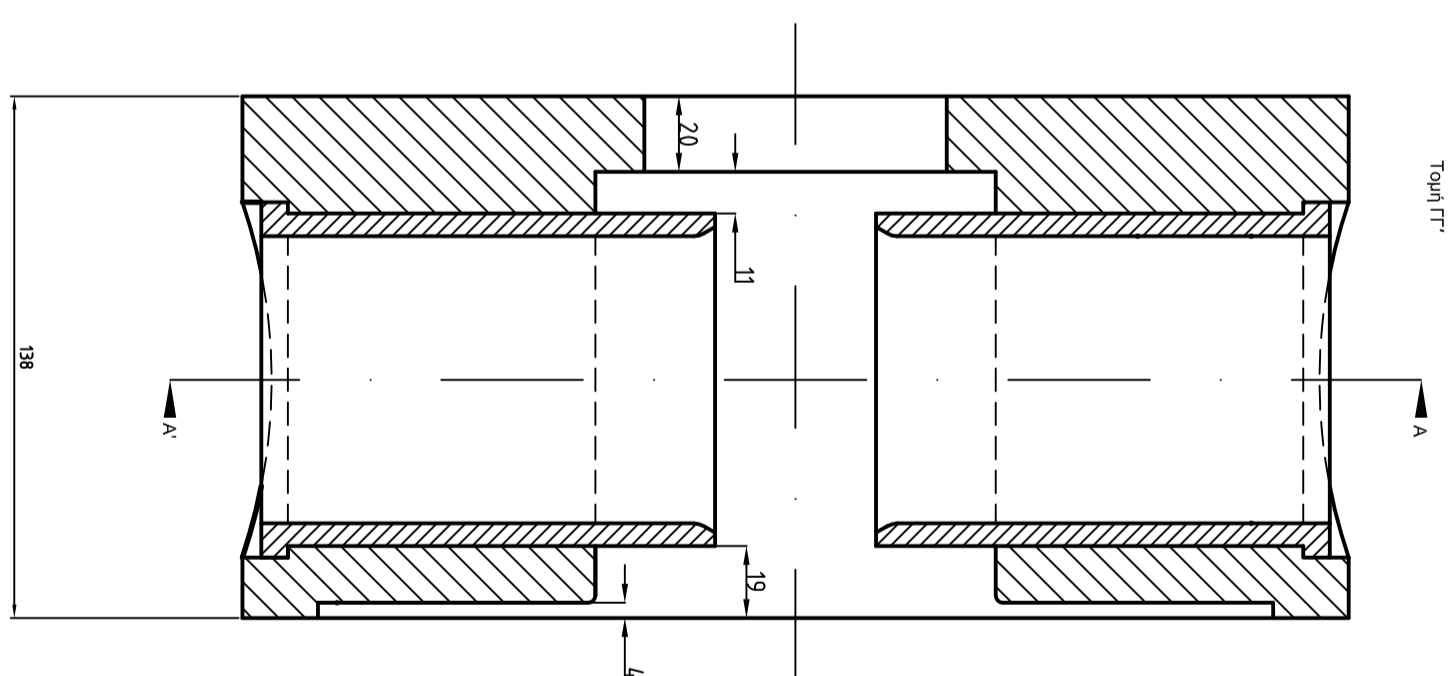
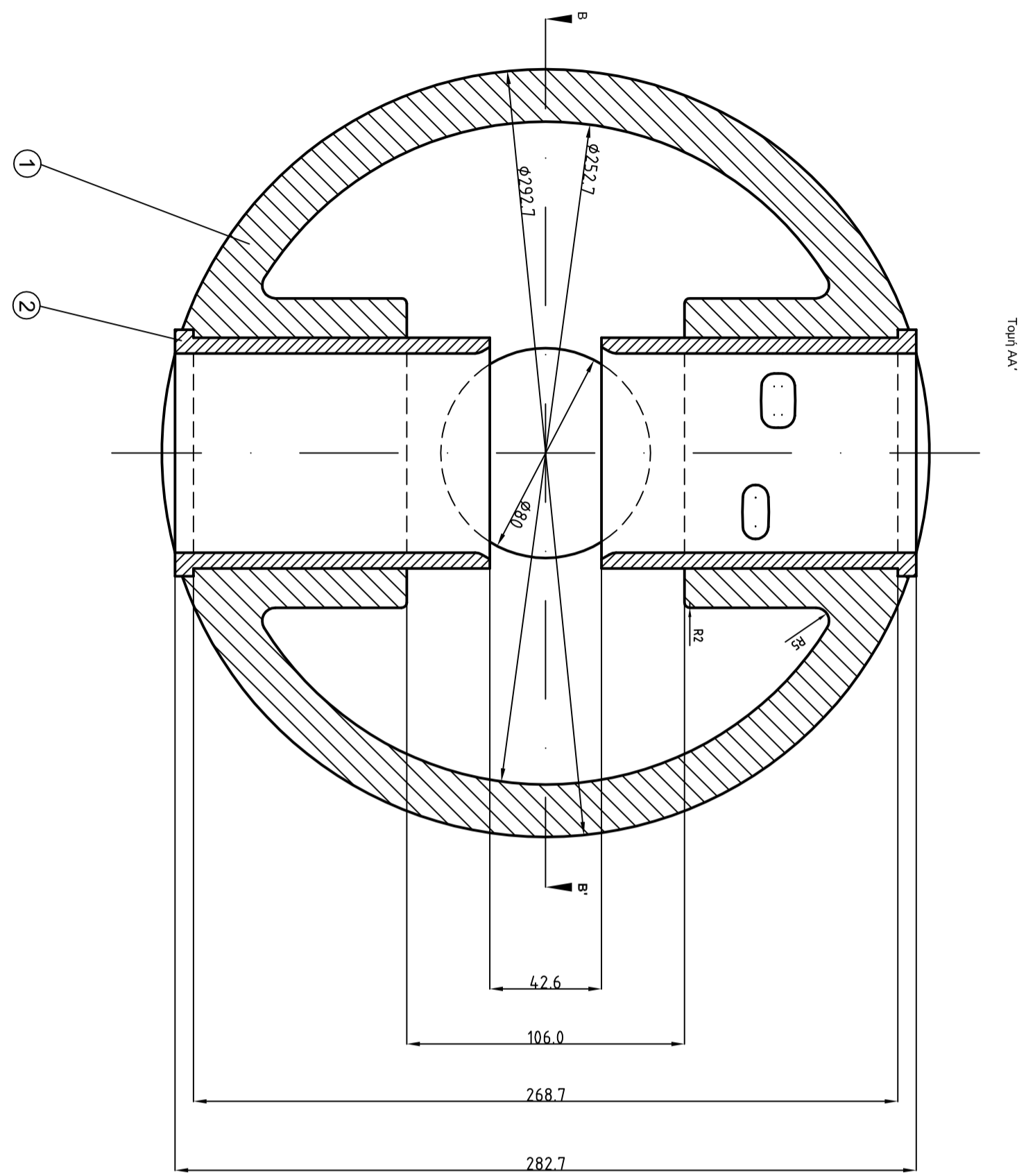
Έξω από το κέλυφος του κινητήρα τοποθετήθηκαν οι πλατίνες τις οποίες διαχειρίζεται και “ανοιγοκλείνει” ένα έκκεντρο που τοποθετήθηκε στον άξονα μετάδοσης κίνησης. Το έκκεντρο αυτό έχει τοποθετηθεί και χρονιστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ανοίγει τις επαφές των πλατινών για να δίνεται ο σπινθήρας 10^0 πριν το σημείο που έχουμε τη ελάχιστη απόσταση μεταξύ του εμβόλου και της κυλινδροκεφαλής (Α.Ν.Σ.). Στη συνέχεια, στο εξωτερικό μέρος του κελύφους αναρτήθηκαν διάφορα άλλα εξαρτήματα όπως ο πυκνωτής, ο πολλαπλασιαστής κλπ. καθώς τοποθετήθηκαν και οι ελαστικές βάσεις που στηρίζουν το κινητήρα και

αποσβένουν τους κραδασμούς που προέρχονται από τη λειτουργία του. Στο επάνω μέρος του κλωβού από την μέσα πλευρά, τοποθετήθηκε ένα ηλεκτρόδιο κατασκευασμένο από χαλκό. Η τοποθέτησή του ηλεκτροδίου αυτού έγινε έτσι ώστε να διατηρείται σταθερή απόσταση μεταξύ του ηλεκτροδίου και του έξω άκρου του σπινθηριστή 0,5 mm για διάστημα 10^0 πριν το Α.Ν.Σ..

6. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

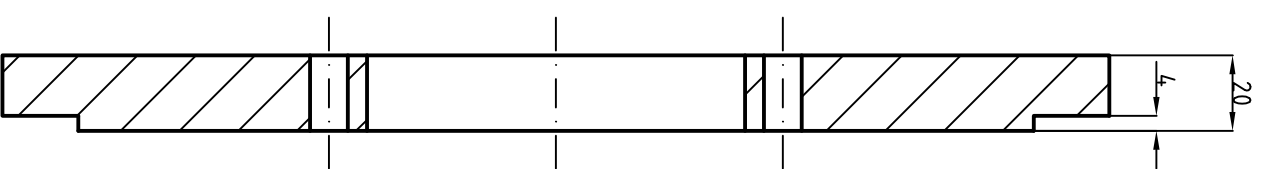
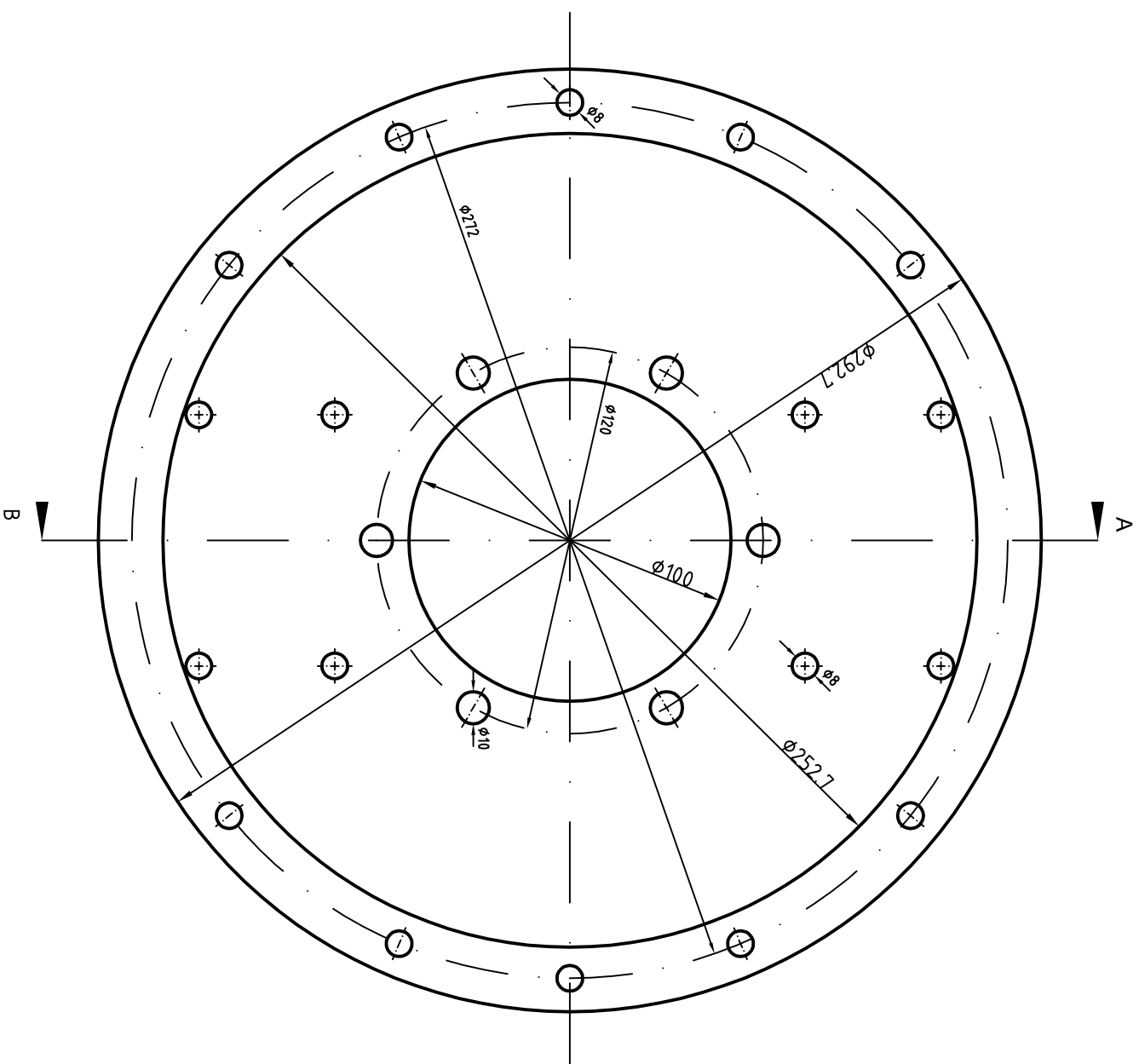
Στο κεφάλαιο αυτό ανήκουν αποκλειστικά τα μηχανολογικά σχέδια που εκπονήθηκαν. Αυτά αφορούν τον πρώτο κατασκευασμένο περιστροφικό εμβολοφόρο κινητήρα ο οποίος παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Εδώ παρουσιάζονται τα απαραίτητα σχέδια για τη βέλτιστη κατανόηση των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στη κατασκευή του κινητήρα.

Σημειώνεται ότι για την εκπόνηση των μηχανολογικών αυτών σχεδίων χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρονικό πρόγραμμα AutoCAD Mechanical 2011.



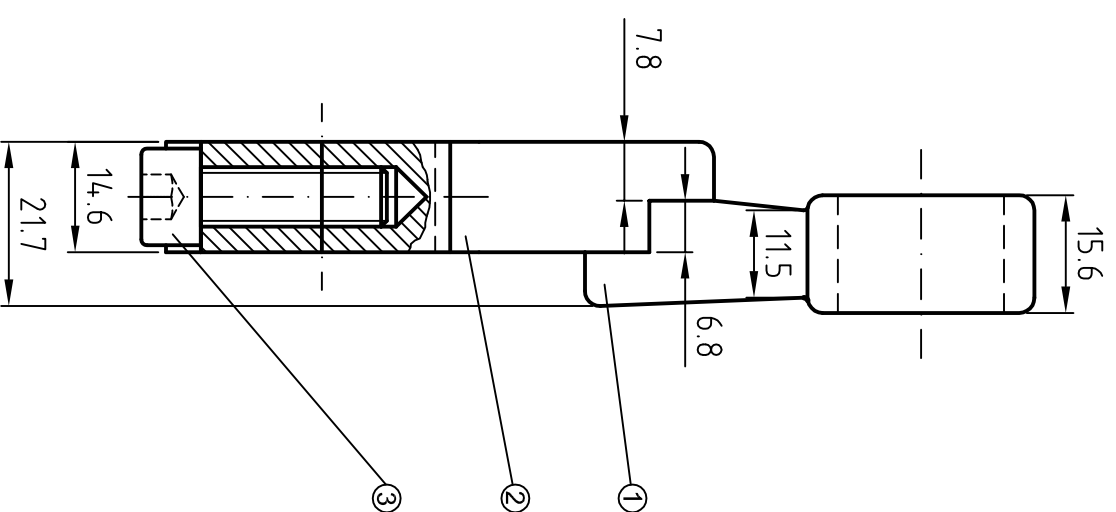
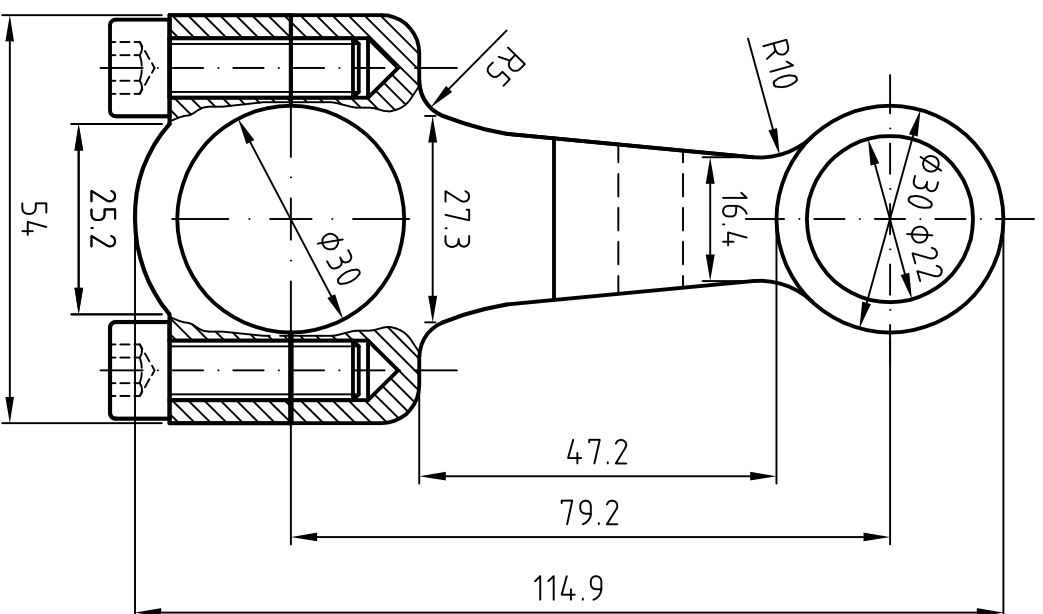
2	Χρσίωμο	EN124	2		
1	Σύμμεττ πόττοπα	A2024	1		
A/A	Όνομαστία	Υλκκό	Τυττοποίηση	Τετμ.	Διδφορες Πληροφορες
	Σχεδιδόσττηκε	Ημερ.	Υττογραφή		Μουμττζής ΣΤυλιδανός
	Ελέγγχθηκε	10/7/2011			
	Καλιπακα	1/9/2011			ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
	Αρ. σχεδιδου	1:2			
	1				

Ρόττοπας



Τομή ΑΒ

Σχεδιάστηκε Ελέγχθηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Μουμτζής Στυλιανός	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
	10 / 7 / 2011			
Κλίμακα	1 / 9 / 2011	Κάλυμμα πότορα		
Αρ. σχεδίου	2			

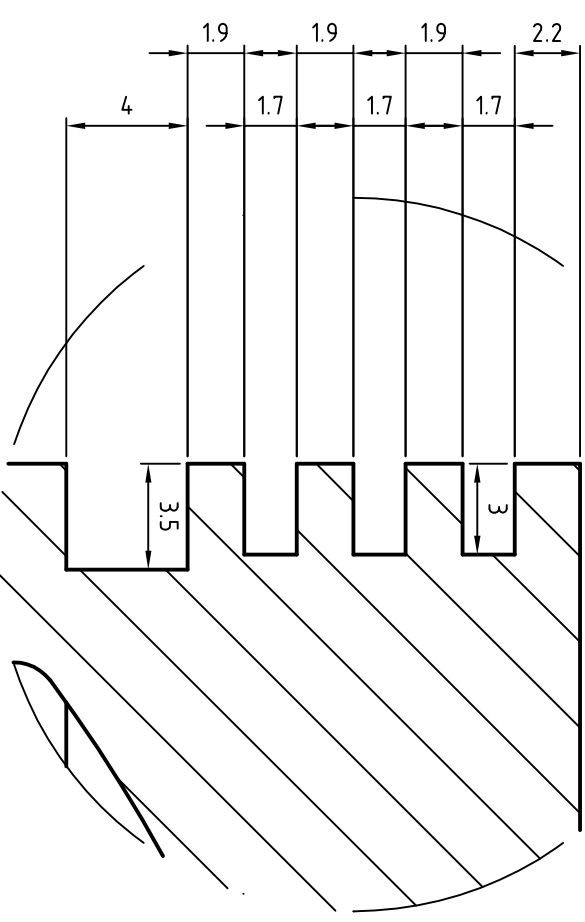
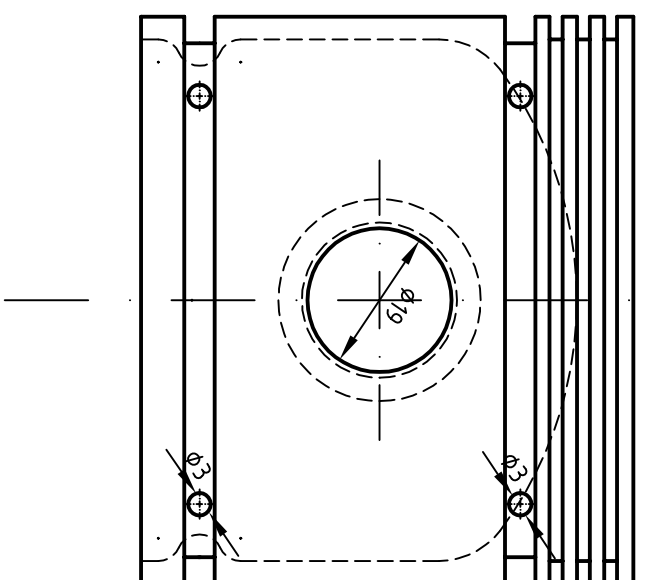
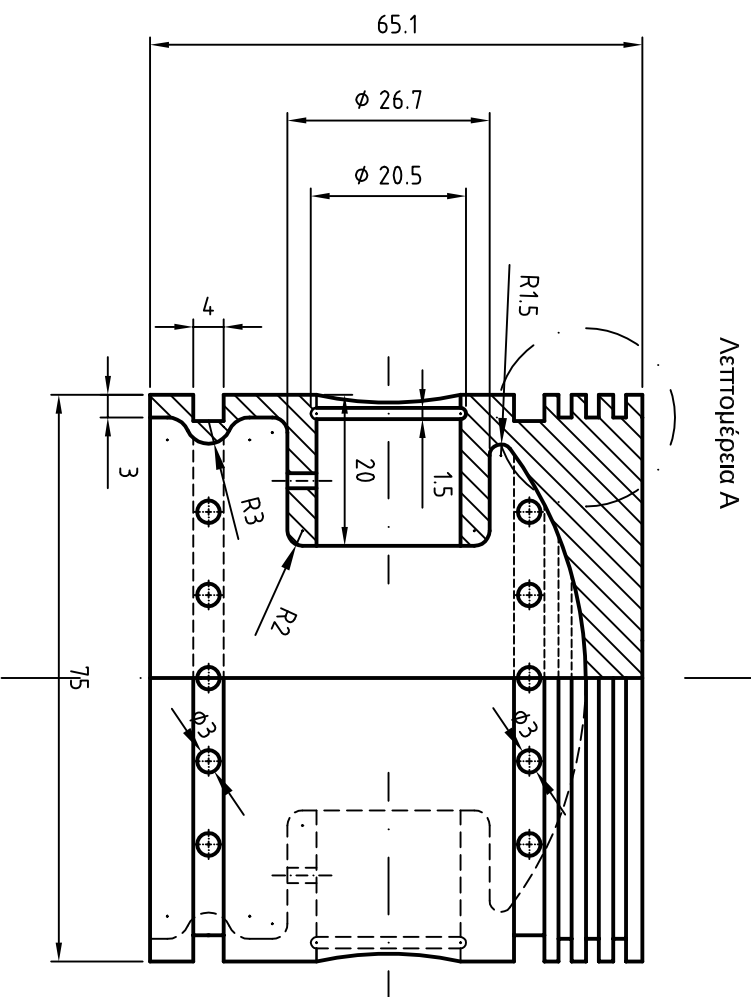


3	Κοχλίας M8 x 25		DIN 912	2	
2	Κάτω μέρος διωστήρα	GG 24		1	
1	Άνω μέρος διωστήρα	GG 24		1	
A/A	Όνομασία	Υλικό	Τυποποίηση	Τεμ.	Διάφορες Πληροφορίες

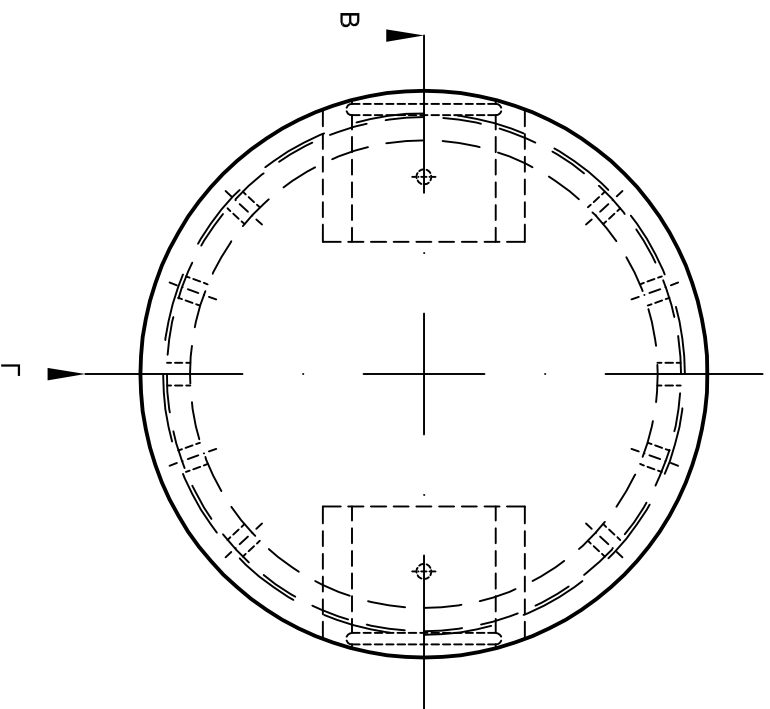
Σχεδιάστηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Μουμτζής Στυλιανός	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
	10/7/2011			
Ελέγχθηκε	1/9/2011			

Κλίμακα	1:1	Διωστήρας
Αρ. σχεδίου	4	

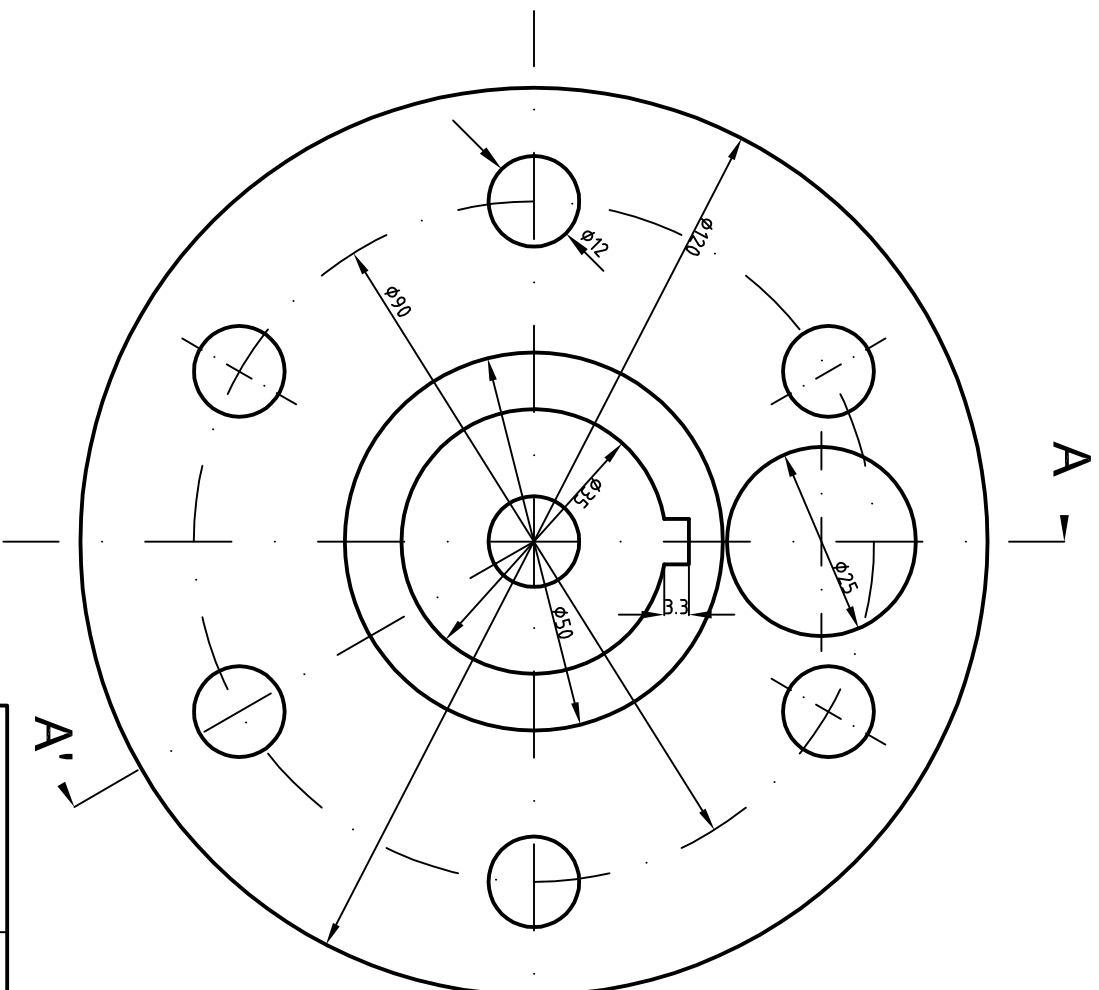
ΗΜΙΤΟΜΗ ΒΓ



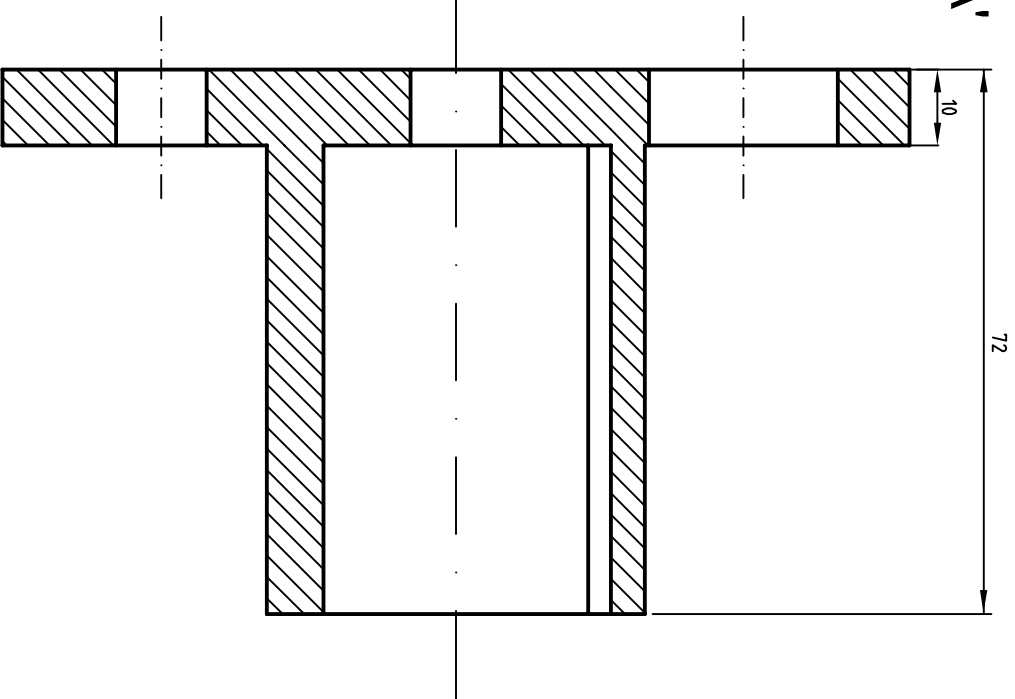
Αετομέρεια Α
κλίμακα 10:1



Σχεδίασε/Ελέγξε Κλίμακα 1:1 Αρ. σχεδίου 5	Σχεδίασε/Ελέγξε	10/7/2011	Μουτζής Στυλιανός	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
	Ελέγξε	1/9/2011		
Αρ. σχεδίου 5		ΕΜΒΟΛΟ		

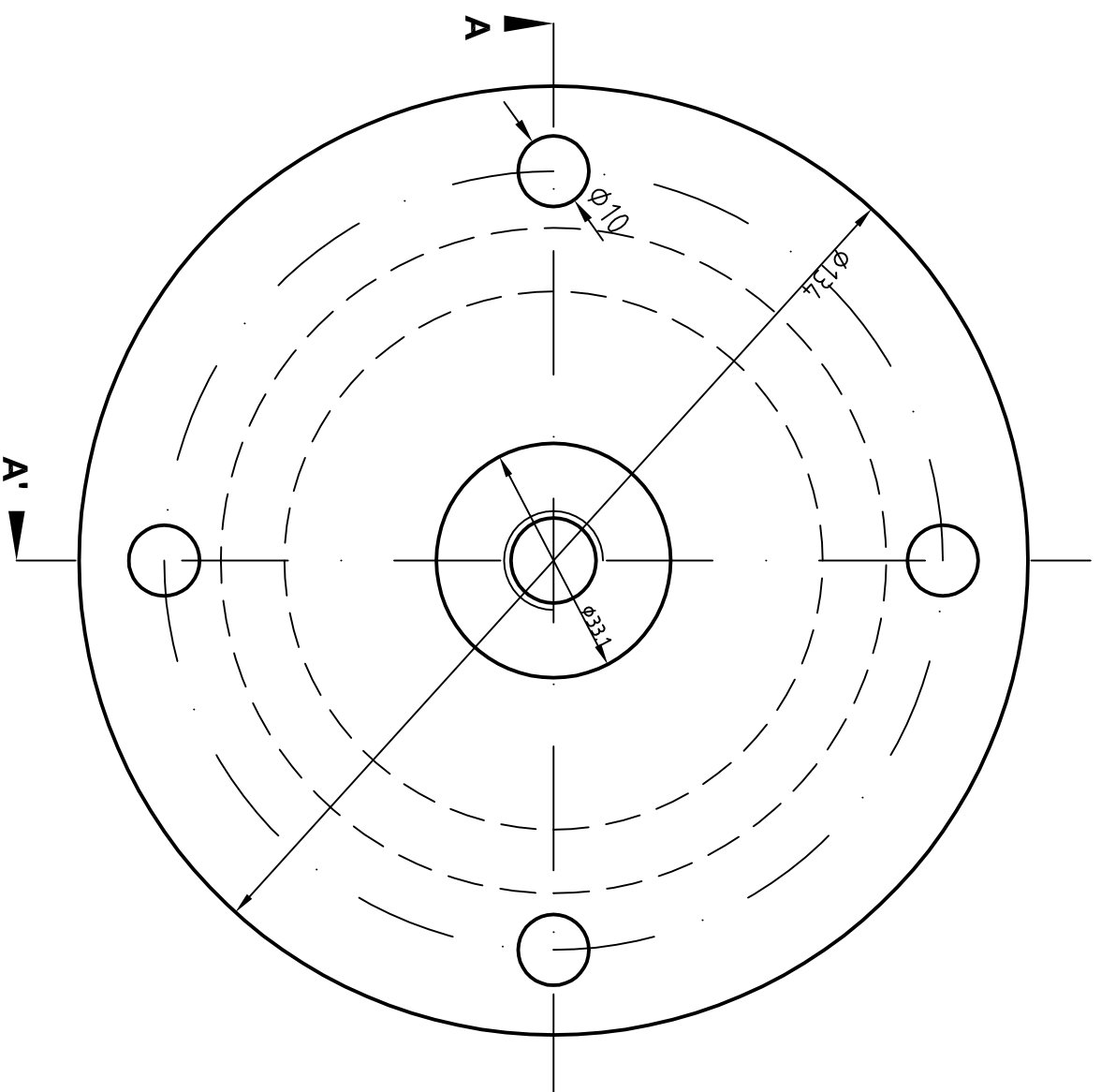
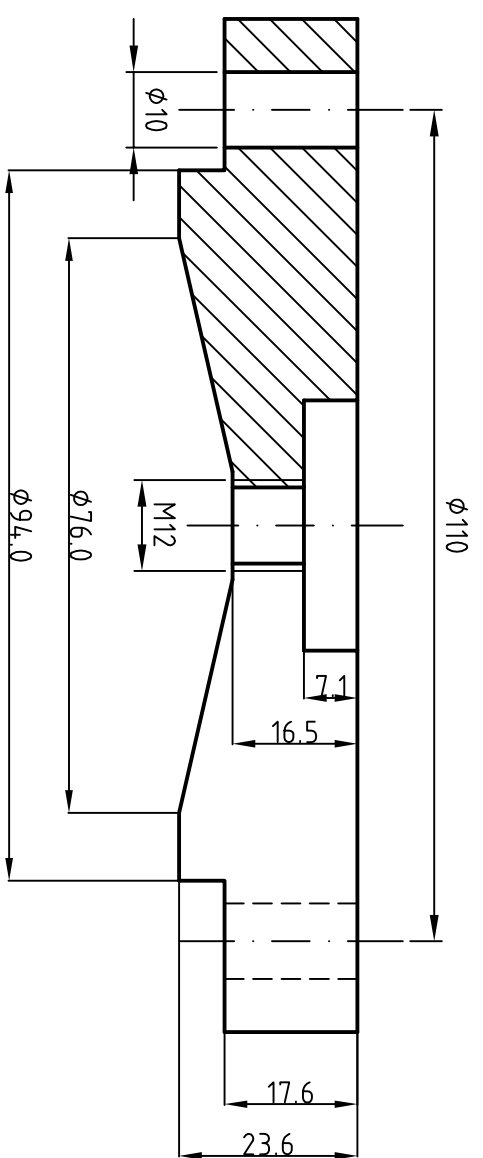


Τομή ΑΑ'



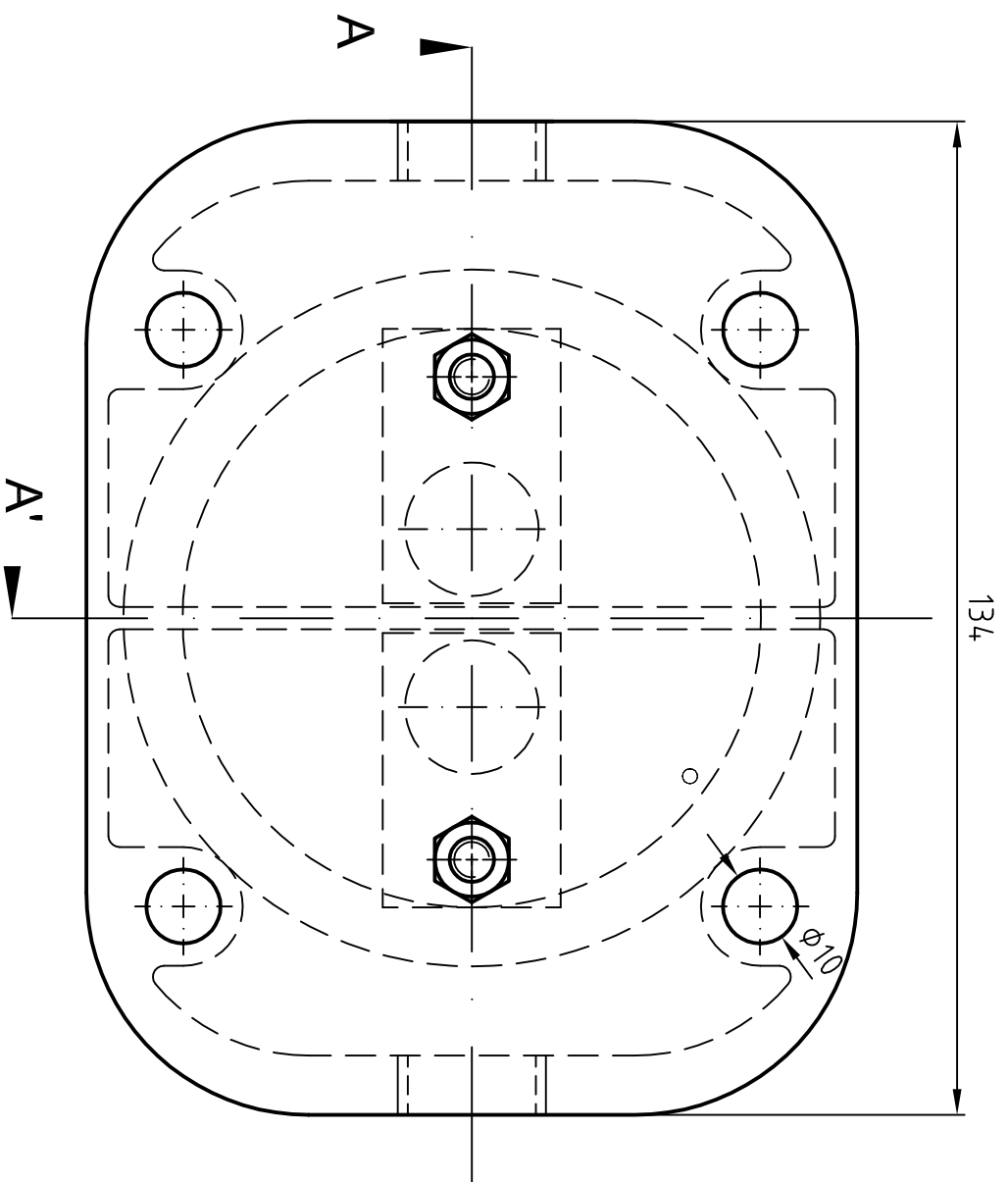
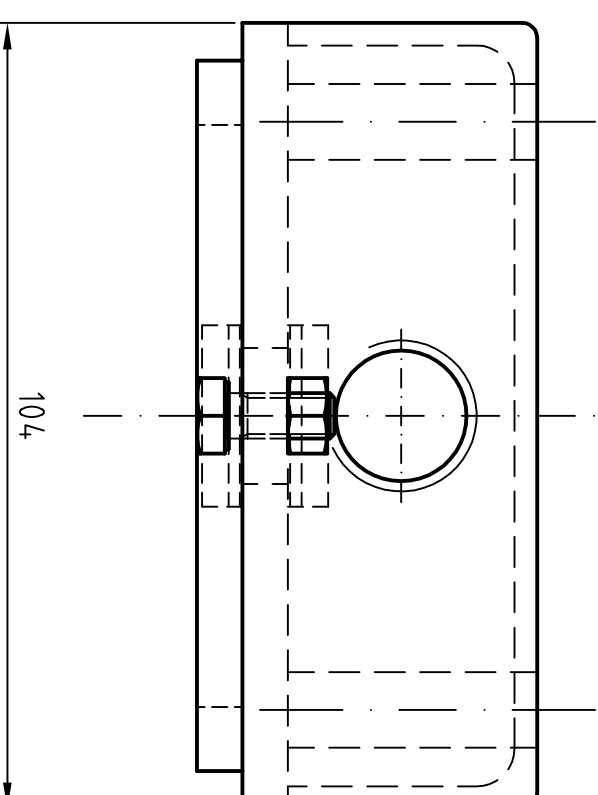
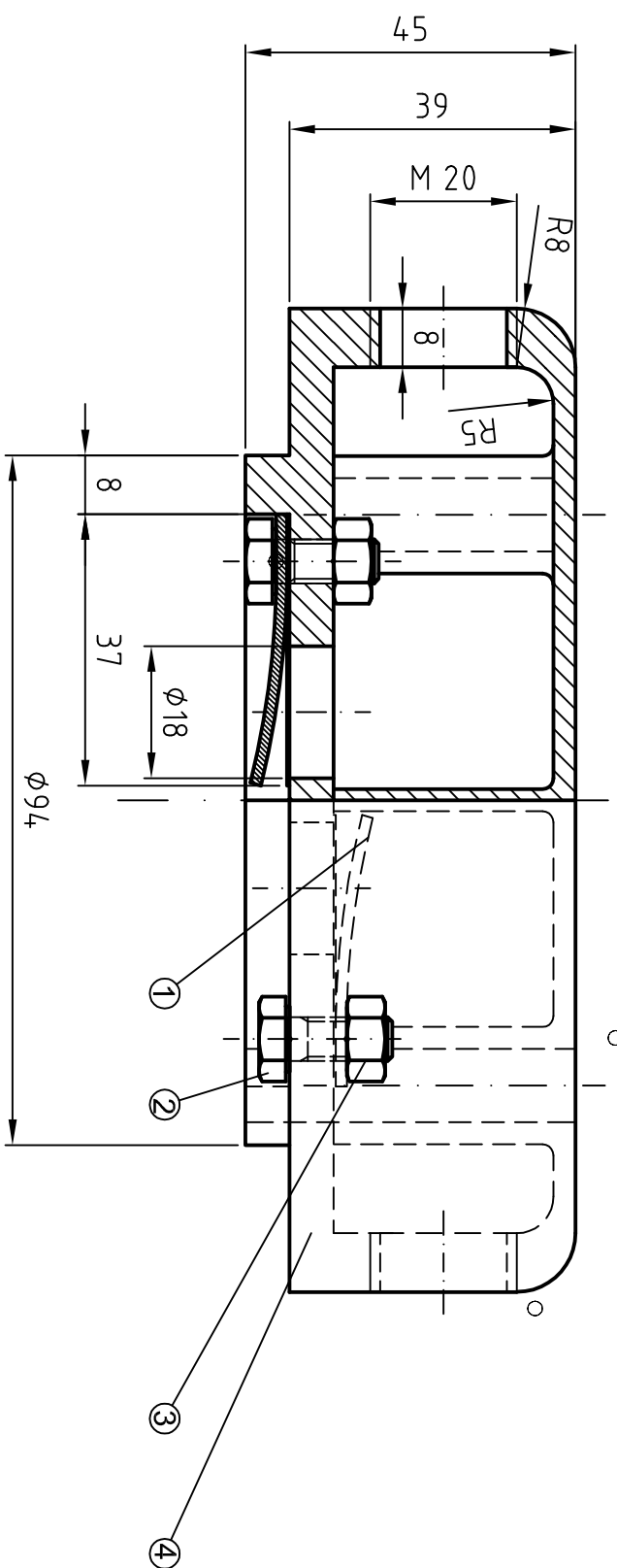
Σχεδιάστηκε Ελέγχθηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Μουμιζής Στυλιανός	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
	10 / 7 / 2011			
Κλίμακα	1 / 9 / 2011			
1 : 1				
Αρ. σχεδίου	Βάση στήριξης σταθερού άξονα			
6				

Ημτομή ΑΑ'

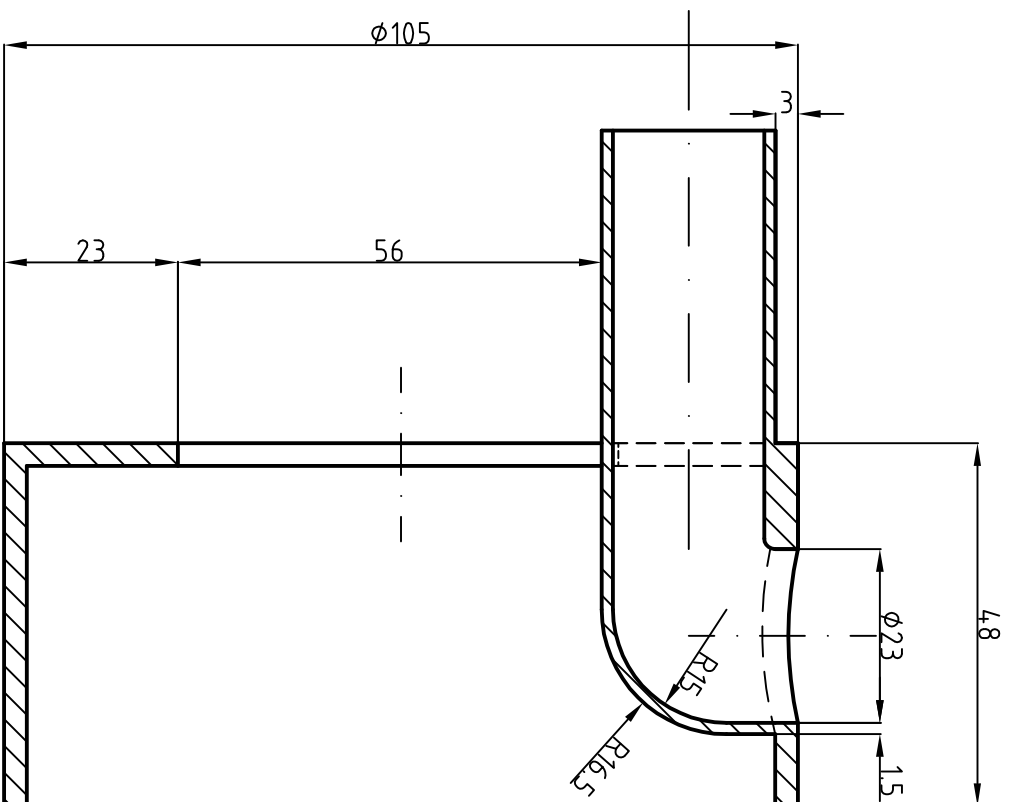


Σχεδιάστηκε Ελέγχθηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Μουμτζής Στυλιανός	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
	10/7/2011			
Κλίμακα 1:1	1/9/2011			
Αρ. σχεδίου 7	Κυλινδροκεφαλή κυλίνδρου καύσης			

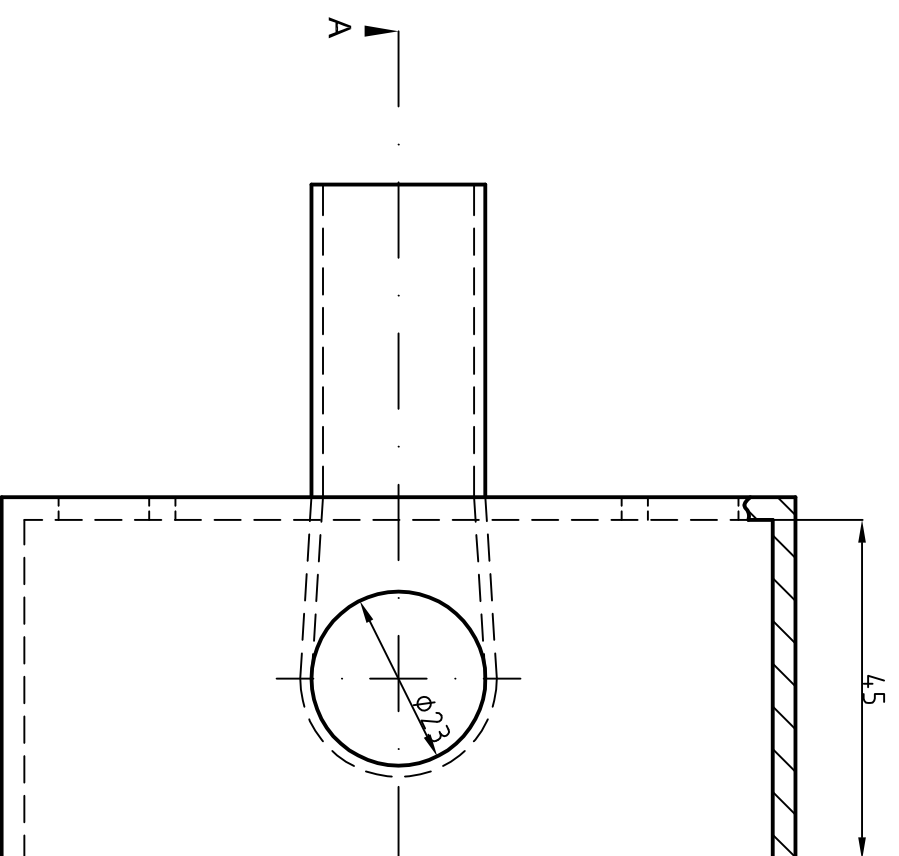
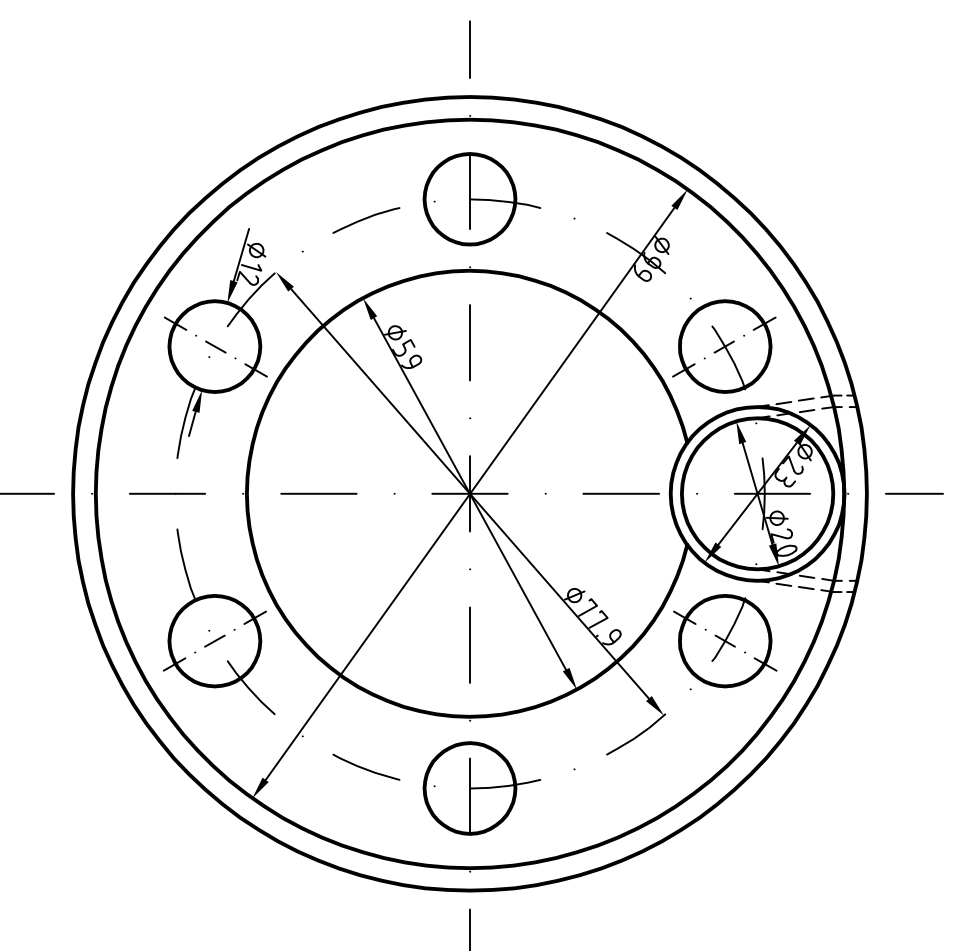
Ημιομή ΑΑ'



4	Κυλινδροκεφαλή	GG 24		1	
3	Πεπικόχλιο M6		DIN 934	2	
2	Κοχλίας M6 x 14		DIN 934	2	
1	Ασφαλιστική Διάτραξη	St 37		2	Διαστάσεις: 39 x 24 x 1,5
A/A	Ονομασία	Υλικό	Τυποποίηση	Τ.εμ.	Διάφορες Πληροφορίες
	Σχεδιάστηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Μουμτζής Στυλιανός	
	Ελέγχθηκε	10/7/2011			
	Κλίμακα	1:1	Κυλινδροκεφαλή κυλινδρου τροφοδοσίας		
	Αρ. σχεδίου	8			
			ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ		



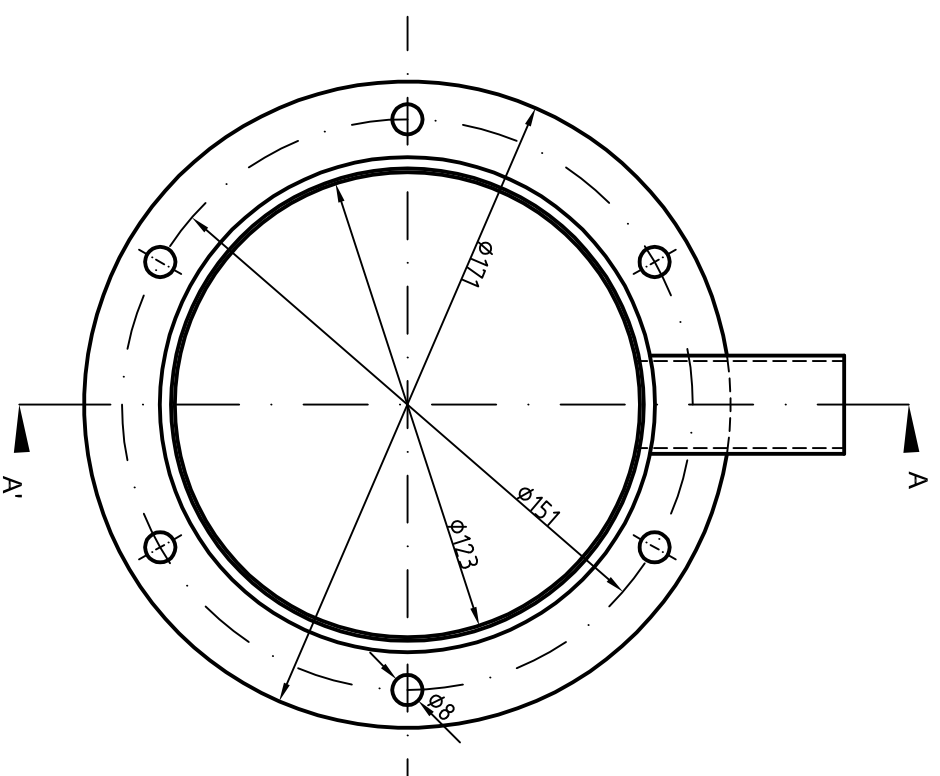
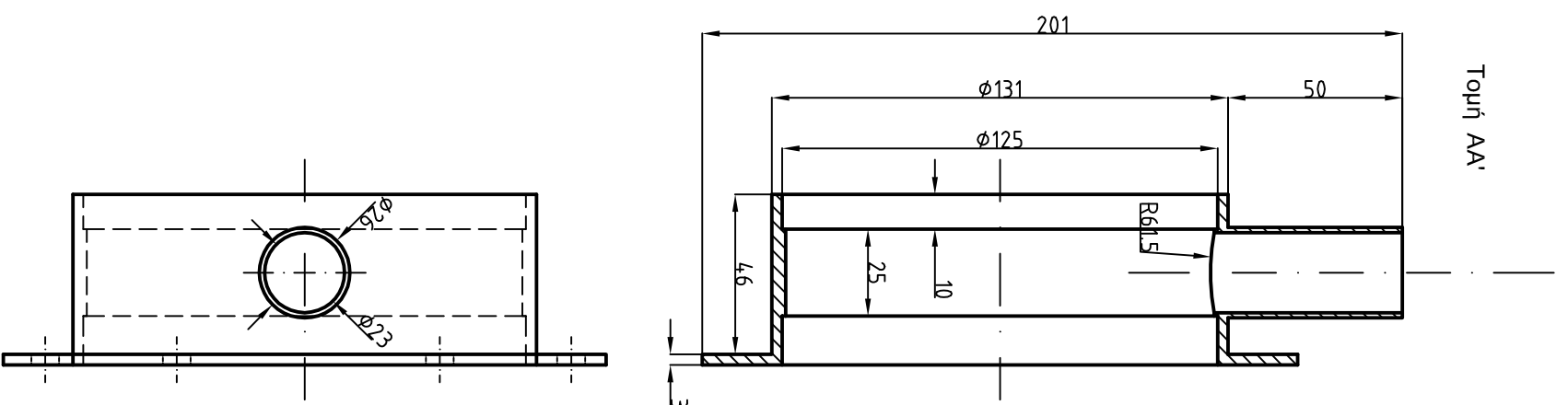
Τομή ΑΑ'



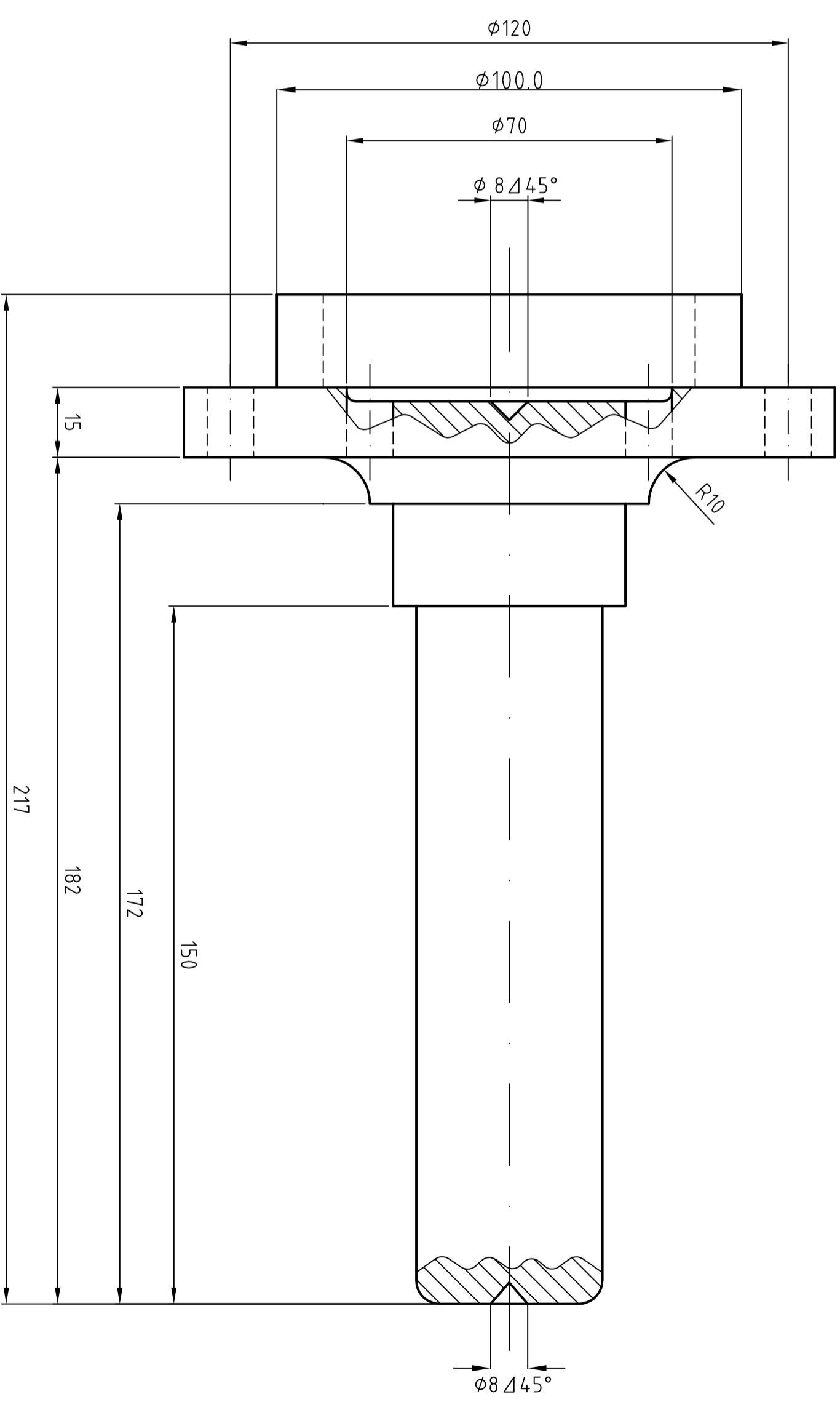
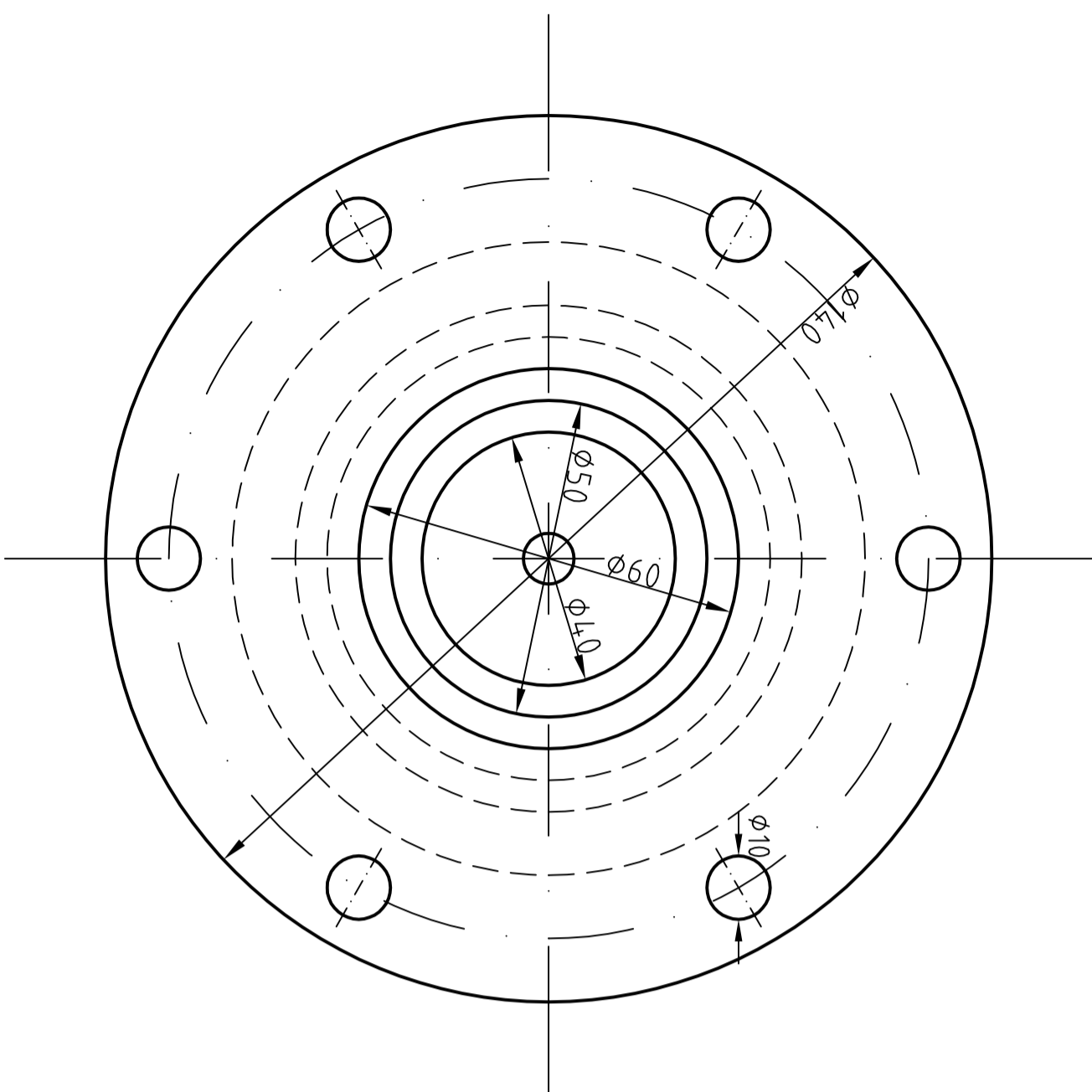
A

A'

Σχεδιάστηκε Ελέγχθηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Μουμτζής Στυλιανός	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
	10/7/2011			
Κλίμακα 1:1	1/9/2011		Μη κινούμενο μέρος Περιστροφικού συνδέσμου τροφοδοσίας	
Αρ. σχεδίου 9				



Σχεδιάστηκε Ελέγχθηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Μουτζής Στυλιανός	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
	10/7/2011			
Κλίμακα 1:2	1/9/2011		Περιστρεφόμενο μέρος περιστροφικού συνδέσμου τροφοδοσίας	
Αρ. σχεδίου				



Καλιμπρα	1:1	Αρ. σχεδίου	11
Ελέγχθηκε	1/9/2011	Μουμτζής Στυλιανός	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Σχεδιάστηκε	10/7/2011	Υπογραφή	
Ημερ.	10/7/2011	Αξονας μετάδοσης κίνησης	

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο περιστροφικός εμβολοφόρος κινητήρας θα μπορούσε να αντικαταστήσει σε αρκετές περιπτώσεις τους κλασικούς παλινδρομικούς κινητήρες καθώς και τους περιστροφικούς. Διαθέτει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των προηγούμενων και, τουλάχιστον σε θεωρητικό επίπεδο, υπερέχει σημαντικά. Τα κυριότερα πλεονεκτήματά του είναι τα εξής:

- Πολύ ομαλή λειτουργία χωρίς κραδασμούς.
- Εύκολη και με μικρό κόστος κατασκευή.
- Πολύ ελαφρύς κινητήρας κατασκευασμένος εξ' ολοκλήρου από ελαφρά κράματα.
- Μεγαλύτερη απόδοση.
- Πολύ μικρότερη εκπομπή ρύπων.
- Δυνατότητα αλλαγής της φοράς περιστροφής του κινητήρα.
- Δυνατότητα κατασκευής αυτού του τύπου κινητήρα σε μεγάλη ποικιλία μεγέθους και αριθμού κυλίνδρων.
- Δυνατότητα εφαρμογής στο συγκεκριμένο κινητήρα όλων των καινοτομιών της νέας τεχνολογίας.
- Δυνατότητα λειτουργίας του κινητήρα σε οποιαδήποτε κλίση
- Δυνατότητα χρήσης οποιουδήποτε καυσίμου (υγραέριο, πετρέλαιο κλπ.)

Το γεγονός όμως ότι οι κατασκευαστές κινητήρων παγκοσμίως έχουν επενδύσει υπέρογκα χρηματικά ποσά στην εξέλιξη των διαδεδομένων περιστροφικών και παλινδρομικών κινητήρων, κάνει την αντικατάστασή τους να φαίνεται σαν κάτι ανέφικτο. Ο κινητήρας όμως αυτός, επειδή βασίζεται στην λειτουργία του ήδη διαδεδομένου δίχρονου παλινδρομικού βενζινοκινητήρα, μπορεί να δεχθεί την πλειοψηφία των τεχνολογικών εξελίξεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγερίδης Γεώργιος κ.α., Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Ι, Α' Τεύχος, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα, 2001.
2. Αθανάσιος Παπαβασιλείου, ECDL CAD v1.5, Εκδόσεις Γκιούρδας, Αθήνα, 2008.
3. Ανδρινός Νικόλαος κ.α., Συστήματα Αυτοκινήτου Ι, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα, 2001.
4. Καραπάνος Χαράλαμπος, Μηχανές Εσωτερικής Καύσης ΙΙ, Α' Τεύχος, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα, 2001.
5. Κωνσταντίνος Π. Μαυρίδης, Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Δεύτερη Έκδοση, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2007.
6. Κλιάνη Χ. Λαζάρου κ.α., Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως, Α' Τόμος, Εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα, 2010.

Ιστοσελίδες

1. Μηχανές Εσωτερικής Καύσης
Τμήμα Μηχανολογίας Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης
<http://www.tm.teiher.gr/Portal/DesktopDefault.aspx?TabId=11>
2. Βικιπαίδεια, ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια
<http://el.wikipedia.org>
3. «Ιστορία της Τεχνολογίας» Στυλ.Γ.Φραγκόπουλος
<http://sfrang.com/historia/default.htm#per>
4. Το μέλλον των κινητήρων εσωτερικής καύσης» Νίκος Λουπάκης
<http://library.techlink.gr/ptisi/article-main.asp?mag=2&issue=113&article=3120>
5. Αυτοκίνητο και τεχνολογία - in.gr
<http://www.in.gr/auto/cartechnology/technology.htm>