

«κύρια» γενική επισκευή. Για το λόγο αυτό, στις επόμενες παραγράφους, με τον όρο γενική επισκευή, θα εννοείται η «κύρια» γενική επισκευή.

**Πίνακας 2.1 Διαστήματα γενικής επισκευής κινητήρων Lycoming – Αναφέρεται ο συνιστώμενος χρόνος λειτουργίας, σε ώρες, των διαφόρων τύπων κινητήρων, πριν την πραγματοποίηση γενικής επισκευής**

Service Instruction No. 1009AK

**RECOMMENDED TIME BETWEEN OVERHAUL PERIODS**

Τύποι κινητήρων Συνιστώμενος χρόνος γενικής επισκευής  
ώρες

FIXED WING AIRCRAFT		
Engine Models	See Note	Hours
O-235 Series (except -F, -G, -J)	12	2400
O-235-F, -G, -J	13	2000
O-290-D	-----	2000
O-290-D2	-----	1500
O-320 Series (except O-320-H); IO-320-A, -E	1,10	2000
O-320-H	10	2000
IO-320-B, -D, -F	4,6,10	2000
IO-320-C	2,4,10	1800
ΔIO-320 (160 HP)	6,10	1600
ΔEIO-320 Series	6,10	1600
O-340 Series	1	2000
O-360 Series (except O-360-E, -J2A); IO-360-B, -E, -F (180 HP)	1,4,10	2000
O-360-E	4,10	2000
IO-360-L2A	1,4,10	2000
IO-360-A, -C, -D, -J (200 HP)	4,5,6,10	2000
TO-360-C, -F; TIO-360-C	3	1800
TO-360-E (180 HP)	3,4	1800
ΔIO-360 (200 HP)	6,10	1400
TIO-360-A Series	3	1200
ΔEIO-360 Series (180 HP)	6,10	1600
ΔEIO-360 Series (200 HP)	6,10	1400
O-435; GO-435	-----	1200
GO, GSO-480; IGSO-480	1	1400
O-540-A, -B, -E4A5, -F; IO-540-C, -D	1,10	2000
O-540-E4B5, -E4C5	1,10,11	2000
O-540-G, -H, -J; IO-540-N, -T, -V, -W	10	2000
O-540-L3C5D	2,10	2000
IO-540-A, -B (290 HP)	1,10,11	1400
IO-540-E, -G, -P	1,10,11	1600
IO-540-S, -AA	2,10	1800
IO-540-J, -R	2,10	1800
IO-540-AB1A5	10	2000
IO-540-K, -L, -M	10	2000
IO-540-K1B5, -K1G5	10,11	2000
ΔEIO-540 Series	6,10	1400
IGO & IGSO-540 Series	-----	1200
TIO-540-V, -W, -AE	3,4,11	2000
TIO-540-C, -AA, -AB, -AE, -AG	3,4,7,11	2000
TIO-540-A, -F, -J, -N, -R, -S, -U	3,4,11,14	1800
TIO-541-A (320 HP)	3	1300
TIO-541-E (380 HP)	3,9	1600
TIGO-541 (425 HP)	3	1200
IO-720 Series	10,11	1800

Page 2 of 4

**Πίνακας 2.2. Διαστήματα γενικής επισκευής κινητήρων Teledyne**

Αριθμός κυλίνδρων Τύπος κινητήρα	Αριθμός κυλίνδρων Μοντέλο	Ισχύς απαγωγής		Ισχύς λειτουργίας		Διάμετρος και διαδρομή εμβόλου		Διαστάσεις κινητήρα (Υψος / Πλάτος / Μήκος)			Βασικός κασιόν		Συντελεστές χρόνου γενικής επισκευής	
		TAKEOFF POWER HP@RPM	NET POWER HP@RPM	BORE & STROKE CUBIC IN.	DISPL. CUBIC IN.	HEIGHT	WIDTH	LENGTH	WEIGHT DRY LBS. BASIC ENGINE	FUEL GRADE	COMPR. RATIO	RECOMMEND TBO HRS/Y EARS		
	O-200A & B		100 @ 2750	4.06 X 3.88	200	23.18	31.56	28.53	170.18	80/87	7.0:1	1800/12		
	IO-240A & B		125 @ 2800	4.44 X 3.88	240	23.90	31.40	28.10/29.80	206.00	100/100LL	8.5:1	2000/12		
	O300A, C & D		145 @ 2700	4.06 X 3.88	300	27.41	31.50	36.97	246.70	80/87	7.0:1	1800/12		
	IO-360C, CB, D, DB, G, GB, H & HB		210 @ 2800	4.44 X 3.88	360	22.43	31.46	34.03	327.25	100/100LL	8.5:1	1500/12		
	IO-360ES		210 @ 2800	4.44 X 3.88	360	26.22	33.05	36.32	306.00	100/100LL	8.5:1	2000/12		
	IO-360-L, JB		210 @ 2800	4.44 X 3.88	360	22.43	31.46	34.03	327.25	100/100LL	8.5:1	1500/12		
	IO-360K & KB		195 @ 2800	4.44 X 3.88	360	22.43	31.46	34.03	327.25	100/100LL	8.5:1	1500/12		
	TSIO-360-A, AB		210 @ 2800	4.44 X 3.88	360	22.43	31.46	35.34	283.81	100/100LL	7.5:1	1400/12		
	TSIO-360-C, CB		225 @ 2800	4.44 X 3.88	360	22.76	31.46	35.34	304.00	100/100LL	7.5:1	1400/12		
	TSIO-360-D, DB		225 @ 2800	4.44 X 3.88	360	22.76	31.46	35.34	283.81	100/100LL	7.5:1	1400/12		
	L7SIO-360-E, EB		200 @ 2575	4.44 X 3.88	360	27.5	31.38	56.97	321.35	100/100LL	7.5:1	1400/12		
	TSIO-360-F, FB		200 @ 2575	4.44 X 3.88	360	26.44	31.38	40.53	328.35	100/100LL	7.5:1	1800/12		
	TSIO-360-H, HB		210 @ 2800	4.44 X 3.88	360	22.43	31.38	35.34	286.75	100/100LL	7.5:1	1400/12		
	TSIO-360-IB		225 @ 2800	4.44 X 3.88	360	22.43	31.38	35.34	296.75	100/100LL	7.5:1	1400/12		
	L7SIO-360-HB		220 @ 2800	4.44 X 3.88	360	27.50	31.38	59.97	328.35	100/100LL	7.5:1	1800/12		
	TSIO-360-LB		210 @ 2700	4.44 X 3.88	360	27.53	31.38	56.97	343.35	100/100LL	7.5:1	1800/12		
	TSIO-360-MB		210 @ 2700	4.44 X 3.88	360	32.82	35.78	42.78	327.50	100/100LL	7.5:1	1800/12		
	L7SIO-360-EB		220 @ 2600	4.44 X 3.88	360	28.00	33.00	57.5	327.50	100/100LL	7.5:1	1800/12		
	O-470-GCI		240 @ 2600	5.00 X 4.00	470	26.81	33.56	37.14	431.00	91/96	8.0:1	1500/12		
	O-470-J		225 @ 2550	5.00 X 4.00	470	27.75	33.32	36.03	364.15	80/87	7.0:1	1500/12		
	O-470-K, L & M		230 @ 2600	5.00 X 4.00	470	28.09	33.56	36.08	380.00	80/87	7.0:1	1500/12		
	O-470-P & S		230 @ 2600	5.00 X 4.00	470	28.42	33.56	36.03	379.66	80/87	7.0:1	1500/12		
	O-470-U		230 @ 2400	5.00 X 4.00	470	28.42	33.56	36.03	388.93	100/100LL	8.6:1	1500/12		
	IO-470-C		250 @ 2600	5.00 X 4.00	470	26.81	33.56	38.14	402.48	91/96	8.0:1	1500/12		
	IO-470-D & E		260 @ 2625	5.00 X 4.00	470	19.75	33.56	43.64	426.06	100/130	8.6:1	1500/12		
	IO-470-F		260 @ 2625	5.00 X 4.00	470	23.79	33.56	36.72	389.06	100/130	8.6:1	1500/12		
	IO-470-H		260 @ 2625	5.00 X 4.00	470	26.81	33.56	38.14	402.48	100/130	8.6:1	1500/12		
	IO-470-I & K		225 @ 2800	5.00 X 4.00	470	26.81	33.56	38.14	401.90/270.56	80/87	7.0:1	1500/12		
	IO-470-L & M		260 @ 2625	5.00 X 4.00	470	19.75	33.56	43.17/47.16	411.28	100/100LL	8.6:1	1500/12		
	IO-470-N		260 @ 2625	5.00 X 4.00	470	26.81	33.56	38.14	414.44	100/130	8.6:1	1500/12		
	IO-470-S		260 @ 2625	5.00 X 4.00	470	19.75	33.56	40.91	409.37	100/130	8.6:1	1500/12		
	IO-470-U, V & VO		260 @ 2625	5.00 X 4.00	470	19.75	33.56	40.91	406.00	100/130	8.6:1	1500/12		
	IO-520A & J		285 @ 2700	5.25 X 4.00	520	19.75	33.56	40.91	412.43	100/130	8.5:1	1700/12		
	IO-520-B, BA, BB		285 @ 2700	5.25 X 4.00	520	27.32	33.56	37.97	406.65	100/100LL	8.5:1	1700/12		
	IO-520-C, CB		265 @ 2700	5.25 X 4.00	520	18.78	33.56	42.81	386.72	100/100LL	8.5:1	1700/12		
	IO-520-D & E		300 @ 2650	5.25 X 4.00	520	23.79	33.56	36.74/47.16	411.43	100/100LL	8.5:1	1700/12		
	IO-520-F		300 @ 2650	5.25 X 4.00	520	19.75	33.56	40.91	411.43	100/130	8.5:1	1700/12		
	IO-520-K		265 @ 2700	5.25 X 4.00	520	20.41	33.56	40.91	411.43	100/130	8.5:1	1700/12		

### 2.3.2 Αφαίρεση κινητήρα από αεροσκάφος

Πριν από τη γενική επισκευή, είναι φυσικά απαραίτητη η αφαίρεση του κινητήρα από το αεροσκάφος. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην αποσύνδεση των καλωδίων, σωληνώσεων, καλωδιώσεων ελέγχου (control cables) και όλων των σφιχτήρων συγκράτησης.

Πριν από την αφαίρεση του κινητήρα, απαιτείται η αποστράγγιση του λιπαντικού. Συνήθως απαιτείται επίσης η αφαίρεση του καλύμματος, της έλικας, των διαφόρων controls και σωληνώσεων καθώς και του πολλαπλού αγωγού εξαγωγής (exhaust manifold) (Σχήμα 2.8).



**Σχήμα 2.8 Κινητήρας πριν την αφαίρεση από το α/φος**

Μετά την αφαίρεσή του, ο κινητήρας τοποθετείται σε ειδικό φορέα (κλίνη αποσυναρμολόγησης) (Σχήμα 2.9).

Στην θέση αυτή απομακρύνονται αρχικά τα διαχωριστικά ελάσματα (baffles), η εισαγωγή, τα παρελκόμενα (γεννήτρια, αντλία κενού, αντλία υδραυλικού, κλπ.), οι φλάντζες προσαρμογής (pads) και τα οδηγία γρανάζια (drives). Τα παρελκόμενα αποστέλλονται συνήθως για επιθεώρηση (και πιθανή επισκευή) σε εξειδικευμένα συνεργεία. Στη συνέχεια αποσυναρμολογούνται οι κύλινδροι και τα έμβολα, και λύνεται ο στροφαλοθάλαμος.

Κατά τη διάρκεια της αποσυναρμολόγησης, τοποθετούνται διακριτικά ταμπελάκια σε κάθε κομμάτι, ενώ τα μικρά υλικά (βίδες, παξιμάδια) τοποθετούνται σε κουτιά. Τα αναλώσιμα κομμάτια (αντικατάσταση «100%») ή αυτά τα οποία πρέπει να αντικατασταθούν (έδρανα στροφαλοφόρου, τσιμούχες, κλπ.) πετιούνται. Πριν από τον καθαρισμό, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη μια προκαταρκτική επιθεώρηση των διαφόρων εξαρτημάτων, μια και αυτή μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση του κινητήρα (διαρροές, μεταλλικές εναποθέσεις, κλπ.)



**Σχήμα 2.9 Κινητήρας O-470 σε κλίση αποσυναρμολόγησης**

### **2.3.3 Καθαρισμός**

Για τον καθαρισμό των αποσυναρμολογημένων εξαρτημάτων χρησιμοποιούνται υγρά διαλύματα ή και σπρέι για την απομάκρυνση των λαδιών και των άλλων ακαθαρσιών. Το καθαριστικό θα πρέπει να είναι αποδεκτό από τον κατασκευαστή, για την αποφυγή πρόκλησης οξείδωσης σε ευαίσθητα υλικά, όπως το αλουμίνιο και το μαγνήσιο, ή ακόμη για την αποφυγή εναπόθεσης υπολειμμάτων του καθαριστικού στον κινητήρα. Σε πολλές περιπτώσεις, είναι πιθανόν να απαιτείται η χρήση ειδικής συσκευής καθαρισμού (Σχήμα 2.10).

Η διαδικασία εμβαπτισμού σε καθαριστικά διαλύματα απομάκρυνσης λαδιών, ή η χρήση σπρέι, δεν είναι συνήθως επαρκής για την απομάκρυνση στερεών επικαθήσεων, οι οποίες συναντώνται σε εσωτερικές επιφάνειες. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως ειδικά διαλύματα υδρογονανθράκων, τα οποία φυσικά δεν θα πρέπει να είναι οξειδωτικά (ειδικά για το μαγνήσιο).

Η τελική φάση μπορεί να περιλαμβάνει καθαρισμό με ατμό, ψεκασμό υπό πίεση με στερεά σωματίδια (grit-blasting), κλπ. Η χρήση επίσης

συρματόβουρτσας (wire brush) ή γυαλόχαρτου (#400 sand paper) ενδείκνυται σε αρκετές περιπτώσεις για τον καθαρισμό κυλίνδρων και άλλων εξαρτημάτων. Σε όλες τις φάσεις καθαρισμού θα πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, τόσο για το προσωπικό (π.χ. μάσκες κατά τις φάσεις χημικού καθαρισμού), όσο και για τυχόν ευαίσθητες περιοχές των εξαρτημάτων (π.χ. κάλυψη επιφανειών συναρμογής κατά το grit-blasting).



**Σχήμα 2.10** Συσκευή καθαρισμού

Ο Πίνακας 2.3 παραθέτει κατάλογο των διαδικασιών χημικού και μηχανικού καθαρισμού, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία.

Έδρανα και κομβία αξόνων απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή κατά τον καθαρισμό τους, ο οποίος συνήθως γίνεται με την χρήση γάζας εμποτισμένης με αλκοόλ (**crocus cloth moistened with mineral spirits**).

Μετά την ολοκλήρωση του καθαρισμού απαιτείται η επάλειψη των χαλύβδινων εξαρτημάτων με **προστατευτικό λάδι (preservation oil)**, για την αποφυγή **οξειδωσής** τους από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

**Πίνακας 2.3 Διαδικασίες Καθαρισμού<sup>1</sup>**

01 ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ <span style="float: right;">↑</span>						
Τύπος	PS No	Θέμα	Ημερ.αναθ.	Αναθ.	Τροπ.	Προσθ.
PS	01-01	VAPOR DEGREASING	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-02	ALKALINE RUST REMOVER	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-03	MILD ALKALINE CLEANING FOR ALUMINUM	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-04	STEAM CLEANING	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-05	ANODIC ALKALINE CLEANING FOR FERROUS PARTS	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-06	HYDROCHLORIC ACID CLEANING OR ETCHING	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-07	NITRIC ACID DESCALING (CANCELLED AND REPLACED BY PS-01.23)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-08	STRIPPING & DEOXIDIZING (CANCELLED)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-09	SOLVENT CLEANING	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-10	CARBON REMOVER - PAINT STRIPPING (HOT TANK CLEANER) (CANCELLED)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-11	CARBON & PAINT REMOVER (COLD TANK)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-12	PAINT STRIPPING (POLYURETHANE - EPOXY)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-13	ALKALINE DESCALING SYSTEM	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-14	ALKALINE DESCALING SOLUTION SPECIFICATION MIL-D-26549 (USAF) (CANCELLED AND REPLACED BY PS-01.13)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-15	ALKALINE PERMANGANATE SOLUTION (CANCELLED AND REPLACED BY PS-01.13)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-16	PHOSPHORIC ACID DESCALING (CANCELLED AND	XX/XX/XXXX	Y	Z	V

<sup>1</sup> Ο πίνακας παρατίθεται στην αγγλική γλώσσα, μια και είναι η επικρατούσα ορολογία, η μετάφρασή του στην ελληνική γλώσσα θα ήταν αδόκιμη και επίσης ανταποκρίνεται στις συνθήκες εργασίας του τεχνικού συντήρησης αεροσκαφών.

		REPLACED BY PS-01.13)				
PS	01-17	WATER RINSING	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-17	WATER RINSING	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-18	CLEANING AND PICKLING METHODS FOR MAGNESIUM AND MAGNESIUM ALLOYS (CANCELLED)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-19	PAINT REMOVAL ON ALUMINUM AND ALUMINUM ALLOYS (ARDROX 29 AND ARDROX 6025)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-20	CLEANING - DEOXIDIZING - ETCHING OF ALUMINUM & ALUMINUM ALLOYS	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-21	PASSIVATION OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL BEFORE SOLUTION. HEAT TREAT FOR SNECMA FLAPS (CANCELLED)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PR	01-22	ALUMINUM BRIGHTENER (CANCELLED)	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	01-23	CLEANING - DESCALING - ETCHING OF TITANIUM ALLOYS	XX/XX/XXXX	Y	Z	V

**02 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ**



Τύπος	PS No	Θέμα	Ημερ.αναθ.	Αναθ.	Τροπ.	Προσθ.
PS	02-01	DRY ABRASIVE BLASTING/ CLEANING	XX/XX/XXXX	Y	Z	V
PS	02-02	WET ABRASIVE BLASTING/ CLEANING	XX/XX/XXXX	Y	Z	V

**2.3.4 Επιθεώρηση (Μη καταστροφικοί έλεγχοι, έλεγχος διαστάσεων )**

**2.3.4.1 Οπτική επιθεώρηση**

Βασικός παράγοντας για την υπεύθυνη και επιτυχή ολοκλήρωση μιας γενικής επισκευής είναι ο εξονυχιστικός έλεγχος όλων των εξαρτημάτων του κινητήρα. Κατά τη φάση της οπτικής επιθεώρησης, ο τεχνικός ελέγχει κάθε

κομμάτι σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Τα εγχειρίδια εντοπίζουν περιοχές υψηλού κινδύνου και κάνουν αναφορές στους αναμενόμενους τύπους φθορών και συνήθως παρέχουν τα **αποδεκτά (serviceable)** και / ή **επισκευάσιμα (repairable)** όρια. Είναι λοιπόν απαραίτητο για τον τεχνικό, να έχει κατανοήσει πλήρως τις μορφές των ζημιών, οι οποίοι συναντώνται στον κινητήρα, αλλά και τους όρους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την περιγραφή τους (Πίνακας 2.4).

Η οπτική επιθεώρηση είναι εύκολα πραγματοποιήσιμη, ανέξοδη και δεν απαιτεί (κατά κανόνα) ειδικό εξοπλισμό. Απαιτεί βεβαίως καλή όραση, φωτισμό και καθαρισμό της επιφάνειας προς επιθεώρηση. Οι τρόποι καθαρισμού περιλαμβάνουν καθαρισμό με πανί, grit-blasting, χημικό καθαρισμό κλπ. Η οπτική επιθεώρηση μπορεί να αξιοποιηθεί περαιτέρω με την χρήση μεγεθυντικών φακών και **ενδοσκοπίων (borescopes)**, τα οποία μπορούν να συνδυασθούν με οθόνες τηλεόρασης ή βίντεο.

**Πίνακας 2.4 Τύποι φθορών<sup>1</sup>**

ABRASION	A wearing, grinding, or rubbing away of small amounts of material. Surface finish may be smooth or rough.
BLISTER	A raised portion of a surface caused by separation of outer layers of parent material or of a coating applied to parent material.
BRINELLING	Often related to ball and roller bearings having been improperly installed or subjected to extremely high shock or impact loads at zero revolutions per minute. Usually occurs as a series of shallow depressions in load area of raceway.
BRITTLE	A change in resiliency of parent material, usually due to aging, extreme heat, extreme cold, chemical action, or cold working (metal).
BURN	A rapid, destructive, oxidizing action usually caused by higher temperatures than parent material can structurally withstand. Change in color and appearance often indicates this condition.
BURR	A rough edge or sharp protrusion on the edge or surface of the parent material.
CHAFING	A rubbing action between parts having limited relative motion (as in vibration).
CHIP	A breaking away of edge of parent material, usually caused by heavy impact from a foreign object.
COKING	An accumulation of carbon.
CORROSION	The gradual conversion of material to another compound due to chemical attack. It appears as a mass of small nits due to the loss of formed

<sup>1</sup> Ο πίνακας παρατίθεται αρχικά στην αγγλική γλώσσα, μια και είναι η επικρατούσα ορολογία και επίσης ανταποκρίνεται στις συνθήκες εργασίας του τεχνικού συντήρησης αεροσκαφών. Ακολουθεί η μετάφρασή του στην ελληνική γλώσσα.



	compound from affected surface, which cumulatively creates a cavity (usually shallow) in surface of parent material.
CRACK	A parting of parent material.
DEFORMATION	A change in original shape or dimension of a body resulting from stress.
DENT	A completely smooth surface depression caused by pressure or impact from a smooth ball-like foreign object. Parent material is displaced, but usually none is separated.
EROSION	The gradual wearing away of material caused by hot flow of gases, or foreign particles. An eroded surface may appear similar to a corroded surface.
FLAKE	A thin chiplike or scalelike layer of metal.
FRETTING	Wear, in a rippled pattern, caused by friction.
FROSTING	A gray or dull area around active surface of bearing races, varying in width and length.
GALL	A defect caused by movement of two surfaces in contact with each other. In most cases an accumulation of foreign material is deposited on parent material.
GOUGE	A wide, rough scratch or group of scratches, usually with one or more sharply impressed corners, and frequently accompanied by deformation or removal of parent material.
GROOVE	A long, narrow, continuous cavity or impression caused by pressure of a moving surface in contact with parent material.
HIGH METAL	A defect caused by two parts contacting each other.
IMBALANCE	The state of being out of balance. An unequal distribution of weight about the axis of rotation.
LOOSE	Abnormal movement of a part.
MISALIGNED	A mismatching or malformation of any parts that either prevents perfect assembly or results in faulty operation and/or ultimate part failure.
MISSING PIECE	Removal or loss of a portion of parent material due to a combination of defects or damage.
NICK	A surface impression with sharp corners or bottom, usually caused by pressure or impact from a sharp-edged foreign body. Parent material is displaced, but usually none is separated.
NOISY	An abnormal sound condition of moving parts, usually an increase in volume or a change of pitch.
OBSTRUCTED	Prevention of free flow of fluid (air, oil, fuel, water) because of foreign material in the flow-path or malformation in the flow member.
OXIDATION	A surface deterioration caused by chemical reaction between oxygen in the air and the metal surface. Attack is manifested as red rust in iron and low-alloy steels when formed at ambient temperature. Oxides which form on super alloys are complex and can be green or black depending on material composition and temperature at which it is formed.
PICKUP	Transfer of one material into or upon the surface of another, caused by contact between moving parts or deposits of molten material on a cooler material.
PINCHED	Distortion of one or more surfaces of parent material, caused by pressure.

PIT	A minute depression or cavity, with no sharp high stress corners in surface of material. Pits are usually caused by chemical reaction (rusting, chemical corrosion).
RUB	A surface cavity or impression caused by two surfaces moving against each other.
SCORING	Deep scratches
SCRAPING	Circumferential bands on ball bearings with a coarse grinding appearance and discoloration.
SCRATCH	A long, narrow sharp-cornered impression caused by movement of a sharp object across surface of parent material.
SCUFF	A surface roughened by wear.
SEIZURE	A welding or binding of two surfaces that prevents further movement.
SHEET-METAL DENT	A large-area smooth depression in parent material.
SHINGLING	The effect of two adjacent surfaces overlapping, usually caused by wear to one edge of adjoining planes.
SPALL	Broken or crushed material due to heat, mechanical, or structural causes. Chipping edge of adjoining planes.
SPLATTER	To strike with a shower of small particles. To splash with small particles so as to stain. Adherence of foreign material.
SULFIDATION	A form of hot corrosion in heat resistant alloys by reaction of metal surface with sodium chloride (sea air) and sulfur (from the fuel). Attack usually occurs over a broad front and can be identified as gray to black blisters (early stage) or surface delamination (advanced stage).
TEAR	A physical separation, pulling apart, or wrenching of metal which can be caused by impact damage.
WEAR	Relatively slow removal of parent material from any cause, frequently not visible to the naked eye.

ABRASION	ΑΠΟΞΕΣΗ: είδος φθοράς όπου παρατηρείται απώλεια μικρής ποσότητας υλικού. Η υφή της επιφάνειας είναι λεία ή τραχειά.
BLISTER	ΦΟΥΣΚΩΜΑ: τμήματα υλικού «ξεφλουδίζουν». Συμβαίνει κατά την αποκόλληση των εξωτερικών στρωμάτων του υλικού ή του επιστρώματος που τυχόν έχει εφαρμοστεί σε αυτό.
BRINELLING	Φθορά που συναντάται συχνά στα έδρανα κύλισης τα οποία έχουν τοποθετηθεί λανθασμένα ή έχουν υποστεί εξαιρετικά μεγάλη κρουστική καταπόνηση χωρίς να λειτουργούν. Συνήθως έχει τη μορφή διαδοχικών καταπονήσεων (κρατήρων) στην περιοχή φορτίου του δρομέα.
BRITTLE	ΨΑΘΥΡΟΤΗΤΑ: Μεταβολή της ελαστικότητας (ευκαμψίας) ενός υλικού η οποία μπορεί να προέρχεται από γήρανση, έκθεση σε υπερβολικές χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες, χημική αντίδραση ή ψυχρή κατεργασία (αν πρόκειται για μεταλλικό υλικό).
BURN	ΚΑΨΙΜΟ: Ταχύτατο, καταστροφικό, οξειδωτικό φαινόμενο το οποίο οφείλεται σε έκθεση του υλικού σε υψηλότερες από την αντοχή του θερμοκρασίες. Πολύ συχνά συνοδεύεται από αλλαγή στο χρωματισμό του υλικού.

BURR	ΓΡΕΖΙ: μία προεξοχή στην επιφάνεια του υλικού.
CHAFING	Είδος φθοράς η οποία έχει τη μορφή γδαρσίματος και απαντάται, συνήθως, μεταξύ εξαρτημάτων που βρίσκονται σε σχετική κίνηση μεταξύ τους.
CHIP	ΡΙΝΙΣΜΑ: αποκομμένο τμήμα υλικού, το οποίο προκαλείται από μεγάλο κρουστικό φορτίο με ξένο σωματίδιο.
COKING	Επικάθηση άνθρακα σε μία επιφάνεια.
CORROSION	ΔΙΑΒΡΩΣΗ: Η βαθμιαία μετατροπή της χημικής δομής του υλικού εξαιτίας χημικής επίδρασης. Εμφανίζεται με τη μορφή μικρών κοιλωμάτων, στην επιφάνεια του εξαρτήματος, τα οποία συνεχώς διευρύνονται.
CRACK	ΡΩΓΜΗ.
DEFORMATION	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ: η αλλαγή της μορφής ή των διαστάσεων ενός εξαρτήματος ως συνέπεια της εφαρμογής τάσης.
DENT	Κοιλότητα-εσοχή: μία μικρή κοιλότητα στην επιφάνεια του εξαρτήματος που προκαλείται με την εφαρμογή φορτίου από ξένο αντικείμενο σφαιρικού σχήματος. Συνήθως, δεν προκαλείται αποκόλληση υλικού.
EROSION	ΔΙΑΒΡΩΣΗ: προκαλείται από την έκθεση του εξαρτήματος σε θερμά ρευστά. Συχνά, η μορφή της είναι όμοια με τη μορφή της διάβρωσης CORROSION.
FLAKING	ΑΠΟΦΛΟΙΩΣΗ: η αποκόλληση ενός πολύ λεπτού στρώματος υλικού.
FRETTING	Είδος φθοράς που εμφανίζεται σε υλικό με κυματοειδή μορφή και οφείλεται σε φαινόμενα τριβής.
FROSTING	Μία θαμπή περιοχή στο δρομέα του τριβέα.
GALL	Μία φθορά που προέρχεται από τη σχετική κίνηση μεταξύ δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή. Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται επικάθηση ξένου υλικού στην επιφάνεια του εξαρτήματος.
GOUGE	Μία ή περισσότερες βαθιές αμυχές (scratches) η οποία συχνά συνοδεύεται από παραμόρφωση η απώλεια υλικού.
GROOVE	ΑΥΛΑΚΩΣΗ: Μία μακριά, συνεχής κοιλότητα που οφείλεται στην καταπόνηση από κινούμενη επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το εξάρτημα.
HIGH METAL	Φθορά που προέρχεται από την επαφή δύο επιφανειών.
IMBALANCE	ΑΖΥΓΟΣΤΑΘΜΙΑ: η κατάσταση κατά την οποία παρατηρείται έλλειψη ζυγοστάθμισης (μία ανομοιόμορφη κατανομή βάρους αναφορικά με τον άξονα περιστροφής).
LOOSE	Η κατάσταση κατά την οποία ένα εξάρτημα βρίσκεται ασύνδετο από τα μέρη με τα οποία συνδέεται.
MISALIGNED	Η κατάσταση κατά την οποία δεν επιτυγχάνεται η ευθυγράμμιση δύο μερών και αποτρέπει την καλή σύνδεσή τους.
MISSING PIECE	Η αποκόλληση ενός τμήματος από το υλικό ενός εξαρτήματος.
NICK	ΕΓΚΟΠΗ: μία επιφανειακή ατέλεια η οποία προέρχεται από την καταπόνηση από ξένο σώμα με αιχμηρές ακμές. Παρατηρείται μετακίνηση υλικού, αλλά όχι αποκόλλησή του.
NOISY	ΘΟΥΥΒΟΣ.
OBSTRUCTED	Εμπόδιο στην ελεύθερη ροή ενός ρευστού (αέρα, λαδιού, κραισίμιου

	νερού) εξαιτίας της παρουσίας ξένου σώματος ή της ανώμαλης ελεύθερης επιφάνειας του εξαρτήματος.
OXIDATION	ΟΞΕΙΔΩΣΗ: μία επιφανειακή ανωμαλία που προέρχεται από τη χημική αντίδραση μεταξύ οξυγόνου και μεταλλικής επιφάνειας. Έχει τη μορφή κόκκινης σκουριάς όταν εμφανίζεται σε σιδηρούχα υλικά, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Σε κράματα παίρνει πράσινο ή μαύρο χρωματισμό, ανάλογα με τη σύσταση του κράματος και τη θερμοκρασία που επικρατεί.
PICKUP	Μεταφορά υλικού από μία επιφάνεια σε μία άλλη κατά την επαφή δύο κινουμένων μερών ή από κατακαθίσεις.
PINCHED	Παραμόρφωση της επιφάνειας του εξαρτήματος εξαιτίας της εφαρμογής υπερβολικών τιμών πίεσης.
PIT	Μία μικρή εσοχή – κοιλότητα χωρίς αμβλείες άκρες. Οφείλεται συνήθως σε χημική αντίδραση.
RUB	Μία επιφανειακή κοιλότητα που οφείλεται στην κίνηση δύο επιφανειών και την τριβή που αναπτύσσεται.
SCORING	Βαθείς αμυχές
SCRAPING	ΑΠΟΞΕΣΗ: περιφερειακές κοιλίδες σε σφαιρικά έδρανα κύλισης με τραχειά επιφάνεια και σημάδια αποχρωματισμού.
SCRATCH	ΑΜΥΧΗ: μία μακριά εγκοπή η οποία οφείλεται στην κίνηση ενός αντικειμένου με αμβλύ σχήμα στην επιφάνεια του εξαρτήματος.
SCUFF	Εκτράχυνση της επιφάνειας λόγω φθοράς.
SEIZURE	Η σύνδεση δύο επιφανειών (με συγκόλληση ή άλλη μέθοδο) για την παρεμπόδιση της περαιτέρω κίνησής τους.
SHEET-METAL DENT	Μία μεγάλη περιοχή μικρού βαθμού παραμόρφωσης.
SHINGLING	Η επικάλυψη ενός υλικού από ένα άλλο που βρίσκεται σε γειτονικό του επίπεδο.
SPALL	Υλικό που έχει υποστεί θραύση από μηχανική ή θερμική αιτία.
SPLATTER	Η εφαρμογή πίεσης από δέσμη στερεών σωματιδίων. Συνοδεύεται από επικάλυψη ξένου υλικού.
SULFIDATION	ΘΕΙΟΠΟΙΗΣΗ: Μία μορφή θερμής διάβρωσης σε κράματα θερμικής αντοχής με την αντίδραση μεταλλικής επιφάνειας σε περιβάλλον άλατος και θείου (που προέρχεται από καύσιμο).
TEAR	ΣΧΙΣΙΜΟ
WEAR	Φθορά που δρα με πολύ αργό ρυθμό, προκαλεί αποκόλληση υλικού και, συχνά, δεν είναι ορατή με γυμνό μάτι.

#### **2.3.4.2 Μη καταστροφικοί έλεγχοι**

Μετά το τέλος της οπτικής επιθεώρησης, τα κύρια (και κρίσιμα) κομμάτια του κινητήρα υπόκεινται σε πρόσθετους (μη καταστροφικούς) ελέγχους, για να εντοπιστούν ρωγμές, οι οποίες συνήθως είναι αδύνατο να πιστοποιηθούν με γυμνό μάτι, ή ακόμη και κάποιο κοινό μεγεθυντικό φακό. Οι συνηθέστερες μέθοδοι μη καταστροφικού ελέγχου είναι η μαγνητική

επιθεώρηση, η επιθεώρηση με φωσφορίζον ή έγχρωμο υγρό, η ακτινογραφία, η επιθεώρηση με δινορεύματα και οι υπέρηχοι.

#### 2.3.4.2.1 Μαγνητική επιθεώρηση (Magnetic Particle Inspection – MPI)

Πρόκειται για το συνηθέστερο τρόπο επιθεώρησης, όσον τουλάχιστον αφορά τα **σιδηρούχα (μαγνητιζόμενα)** υλικά (Σχήμα 2.11). Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ρωγμών, αλλά και πιθανών προσμείξεων, οι οποίες είχαν πραγματοποιηθεί κατά την χύτευση του κομματιού.



**Σχήμα 2.11** Συσκευή μαγνητικής επιθεώρησης

Η μέθοδος της **μαγνητικής επιθεώρησης** χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό «επιφανειακών» ή «σχεδόν επιφανειακών» ατελειών σε μαγνητιζόμενα υλικά, όπως ο χάλυβας και ο σίδηρος.

Η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι το μαγνητικό πεδίο διαταράσσεται από την παρουσία ατελειών στο επιθεωρούμενο εξάρτημα<sup>1</sup>. Με τον τρόπο αυτό γίνεται αντιληπτή η ατέλεια: Μία ρωγμή εντοπίζεται από τη μεταβολή της μαγνητικής ροής, η οποία προκαλείται από την εναπόθεση μεταλλικών σωματιδίων στην υπό εξέταση περιοχή. Ο τρόπος εφαρμογής του μαγνητικού πεδίου μπορεί να διαφέρει, η αρχή όμως λειτουργίας είναι η ίδια.

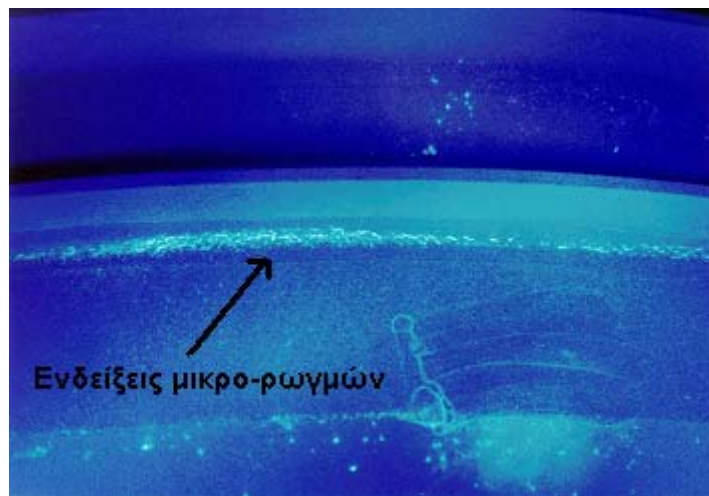
Τα **μεταλλικά σωματίδια** βρίσκονται συνήθως σε κάποιο υγρό, **φωσφορίζον** ή **έγχρωμο**. Η μαγνητική επιθεώρηση εντοπίζει κυρίως επιφανειακές ατέλειες. Η αποτελεσματικότητά της μειώνεται γρήγορα σε πιο βαθιές ατέλειες.

<sup>1</sup> Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται και ο όρος «εξάρτημα».

Η προετοιμασία της προς επιθεώρηση επιφάνειας πρέπει να είναι προσεκτική: χαραγματιές ή άλλες επιφανειακές ανωμαλίες μπορεί να παράσχουν εσφαλμένες ενδείξεις.

### 2.3.4.2.2 Επιθεώρηση με διεισδυτικά υγρά (Penetrant Inspection)

Η επιθεώρηση με **διεισδυτικά υγρά** είναι μία μέθοδος μη καταστροφικού ελέγχου, η οποία χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ρωγμών, πόρων ή άλλων ελαττωμάτων. Τα ελαττώματα αυτά θα πρέπει να είναι «ανοικτά» στην επιφάνεια. Η μέθοδος χρησιμοποιείται σε μαγνητιζόμενα και μη υλικά.



**Σχήμα 2.12 Επιθεώρηση FPI**

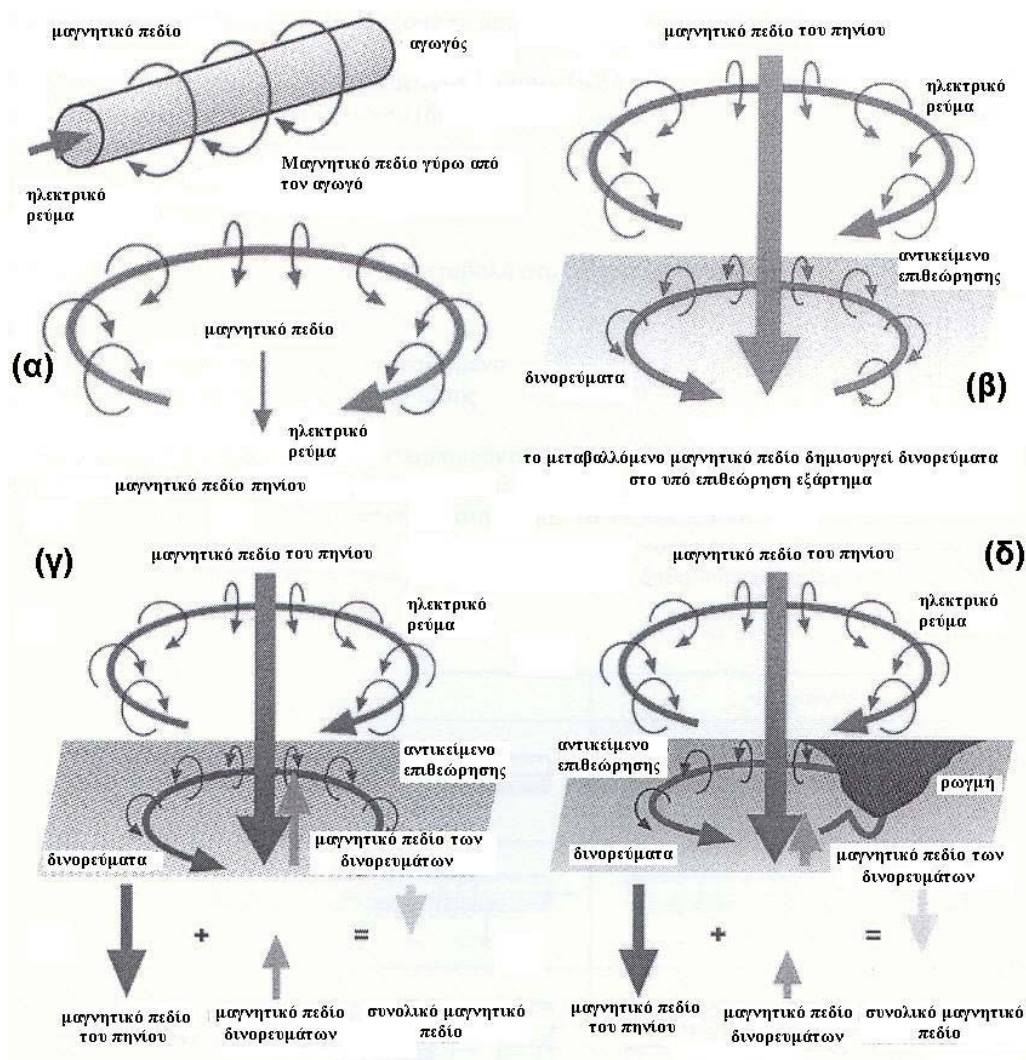
Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή του τριχοειδούς φαινομένου. Η προς επιθεώρηση επιφάνεια καλύπτεται με **διεισδυτικό υγρό (penetrant)**, χαμηλού ιξώδους και χαμηλής επιφανειακής τάσης. Το υγρό απορροφάται (λόγω του τριχοειδούς φαινομένου) σε κάθε ασυνέχεια, η οποία είναι βέβαια ανοικτή στην επιφάνεια. Το υγρό θα πρέπει να παραμείνει σε επαφή με το κομμάτι για το χρονικό διάστημα που απαιτείται από τον κατασκευαστή (dwell time), το οποίο εξαρτάται από το μέγεθος και τη μορφή των ρωγμών ή γενικότερα ασυνεχειών, τις οποίες αναζητούμε. Στη συνέχεια, το διεισδυτικό υγρό που περισσεύει καθαρίζεται και η επιφάνεια καλύπτεται με **εμφανιστικό υγρό (developer)**. Το εμφανιστικό υγρό «τραβάει» το διεισδυτικό προς την επιφάνεια, δημιουργώντας έτσι ορατά ίχνη (Σχήμα 2.12).

Το διεισδυτικό υγρό μπορεί να είναι **φωσφορίζον (fluorescent)** ή **έγχρωμο**. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται **υπεριώδες φως (ultra violet)** για την επιθεώρηση, το οποίο καλείται επίσης **μαύρο φως (black light)**, και οι ασυνέχειες εμφανίζονται σαν πράσινες γραμμές. Στην περίπτωση των

έγχρωμων υγρών, οι ασυνέχειες εμφανίζονται σαν κόκκινες γραμμές (με λευκό εμφανιστικό υγρό).

2.3.4.2.3 Επιθεώρηση με δινορεύματα (Eddy Current Inspection)

Η **επιθεώρηση με δινορεύματα** βασίζεται στις αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού και χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε αγωγιμα υλικά. Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ρωγμών αλλά και άλλων ατελειών στο υλικό (π.χ. μεταβολές πρώτης ύλης).



**Σχήμα 2.13** Ανίχνευση ρωγμής με δινορεύματα: (α) Μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου και κυκλικού αγωγού, (β) Δημιουργία δινορευμάτων, (γ) Εξάρτημα χωρίς ρωγή, (δ) Εντοπισμός ρωγμής

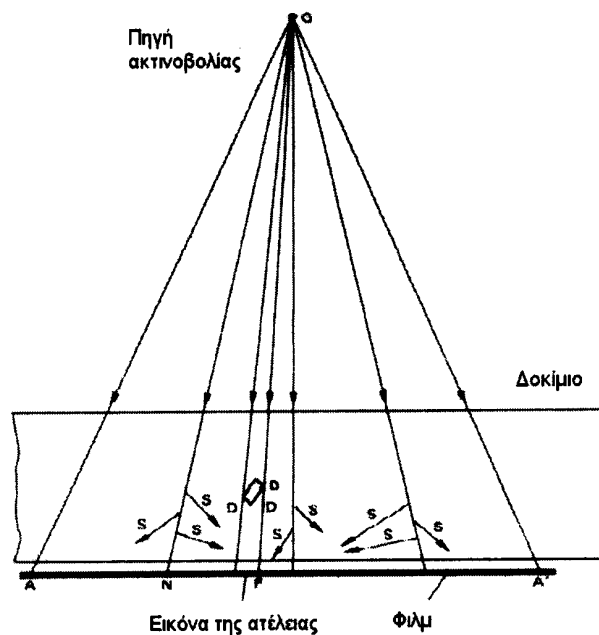
Όταν ένα πηνίο, το οποίο βρίσκεται υπό τάση, προσεγγίσει ένα μεταλλικό αντικείμενο, προκαλεί τη δημιουργία δινορευμάτων σε αυτό. Αυτά με τη σειρά τους, δημιουργούν μαγνητικό πεδίο, το οποίο είναι αντίθετης φοράς με

αυτό του πηνίου. Ως εκ τούτου, η σύνθετη αντίσταση του πηνίου επηρεάζεται από την ανάπτυξη των δινορευμάτων.

Όταν τα δινορεύματα μεταβληθούν, εξαιτίας της παρουσίας ατελειών, ή αλλαγής υλικού, το **συνολικό μαγνητικό πεδίο αλλάζει** (Σχήμα 2.13). Η μεταβολή αυτή μετριέται, παρέχοντας έτσι πληροφορίες για τον τύπο και το μέγεθος της ατέλειας.

**2.3.4.2.4 Ακτινογραφία**

Οι **ακτίνες X (X-rays)** και **γ (gamma rays)** είναι ακτινοβολία ηλεκτρομαγνητικής φύσης ορισμένου μήκους κύματος, με την ιδιότητα να διεισδύουν στα υλικά. Ένα μέρος των ακτίνων διαπερνά το υλικό και αποτυπώνεται σε φιλμ, δημιουργώντας μια εικόνα της εσωτερικής δομής του (Σχήμα 2.14). Αν σε κάποιο σημείο υπάρχει ρωγμή, αυτό θα φανεί στο φιλμ, εξαιτίας της διαφορετικής απορρόφησης της ακτινοβολίας, που διαπέρασε το τμήμα που περιείχε το κενό. Η επιλογή μεταξύ των ακτίνων, εξαρτάται από το πάχος του υλικού που ελέγχεται.



**Σχήμα 2.14 Εντοπισμός ατέλειας υλικού με ακτινογραφία**

Λόγω της φύσης των ακτίνων, αποτελούν κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπινου σώματος. Είναι λοιπόν απαραίτητο να λαμβάνονται ειδικές προφυλάξεις και μέτρα για την πρόληψη επιβλαβών επεισοδίων.

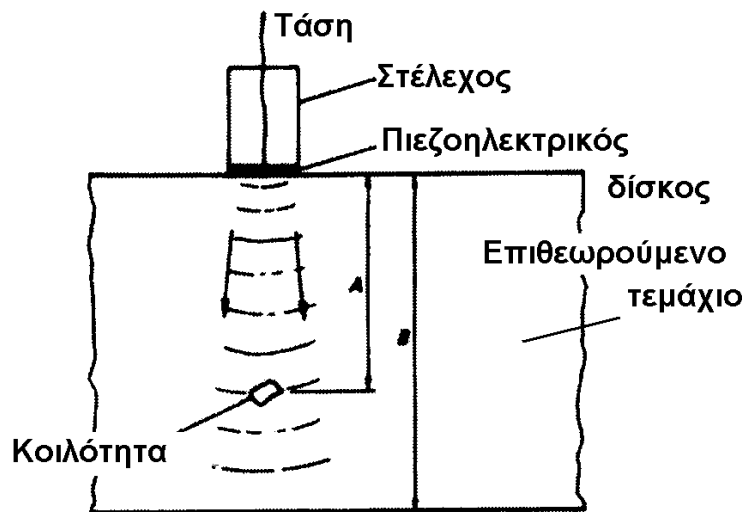


#### 2.3.4.2.5 Υπέρηχοι (Ultrasonic Inspection)

Η μέθοδος των **υπερήχων** βασίζεται στη διάδοση ηχητικών σημάτων υψηλής συχνότητας διά μέσου του αντικειμένου που πρόκειται να εξετασθεί. Τα ηχητικά αυτά σήματα είναι παλμοί, οι οποίοι παράγονται από **πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους**. Η άσκηση τάσης (θλιπτικής ή εφελκυστικής) στον κρύσταλλο προκαλεί την ανάπτυξη διαφοράς δυναμικού στα άκρα του. Αντίθετα, η εφαρμογή ηλεκτρικής τάσης στα άκρα του κρυστάλλου, τον παραμορφώνει.

Κατά τη μετάδοση των παλμών από τον **εκπομπό (transmitter)** μέσα στο υλικό, η έντασή τους μειώνεται, ενώ ένα μέρος της ενέργειάς τους διαχέεται και ένα άλλο ανακλάται. Αυτή η ανάκλαση, ή διάχυση της ενέργειας των ηχητικών παλμών, ανιχνεύεται από ένα **δέκτη (receiver)** που είναι και αυτός πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος (Σχήμα 2.15). Το χρονικό διάστημα, που μεσολάβησε μεταξύ των δύο μετρήσεων, είναι μία ένδειξη του μεγέθους της ασυνέχειας από την επιφάνεια, ενώ η διαφορά της ενέργειας είναι ένδειξη του μεγέθους της ασυνέχειας.

Πρόκειται για περίπλοκη μέθοδο, η οποία απαιτεί καλή εκπαίδευση του επιθεωρητή.



Σχήμα 2.15 Επιθεώρηση με υπερήχους

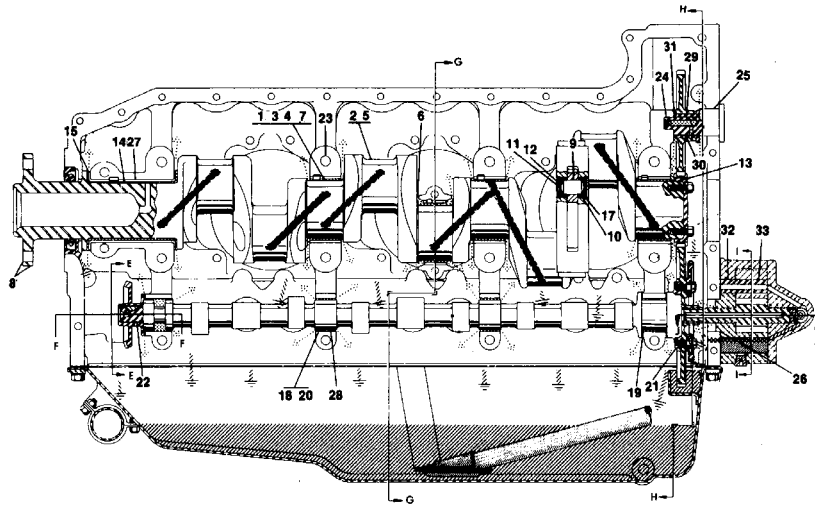
#### 2.3.4.3 Διασταστικοί έλεγχοι

Ο διαστατικός έλεγχος κάθε εξαρτήματος, πραγματοποιείται σε κάποιες (ή και σε όλες) από τις ακόλουθες φάσεις:

- στην αρχή των επιθεωρήσεων, για τον έλεγχο της κατάστασης του κομματιού και την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς τη δυνατότητα

περαιτέρω χρήσης του ως έχει, κατόπιν επισκευής ή την απόρριψή του,

- στο τέλος των επισκευών, για την πιστοποίηση της αποδεκτής κατάστασης του κομματιού,
- κατά τη διάρκεια των επισκευών, για τον έλεγχο της πορείας της επισκευής.



REF. NO.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ DESCRIPTION	SERVICE LIMIT	NEW PARTS ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΟΧΕΣ	
			MIN.	MAX.
	<b>CRANKSHAFTS</b>		<b>ΟΡΙΑ ΕΥΧΡΗΣΤΟΤΗΤΑΣ</b>	
1	Crankshaft in main bearings (tri-metal) diameter . . . . .	0.006 L	0.0018 L	0.0047 L
2	Crankpins, out-of-round . . . . .	0.0015	0.000	0.0005
3	Main journals, out-of-round . . . . .	0.0015	0.000	0.0005
4	Crankshaft main and thrust journals, dia. . . . .	2.372	2.374	2.375
5	Crankpins, diameter . . . . .	2.247	2.249	2.250
6	Connecting rod on crankpin, end clearance . . . . .	0.016	0.006	0.010
7	Taper over full crankshaft, bearing length . . . . .	0.0015	0.000	0.0005
7	Crankshaft run-out at center main journals, (Shaft supported at thrust and rear, full indicator reading . . . . .	0.015	0.000	0.015
8	Crankshaft wobble at propeller flange when supported at front and rear main journals, full indicator reading . . . . .	0.005	0.000	0.005
9	Damper Pin Bushing in crank cheek extension, diameter . . . . .		0.0015 T	0.003 T
10	Damper pin bushing in counterweight, dia. . . . .		0.0015 T	0.003 T
11	Damper pin in counterweight, end clearance . . . . .	0.040	0.001	0.029
12	Pin retaining plate in counterweight, dia. . . . .	0.005 L	0.0005 T	0.0025 L
13	Crankshaft gear on crankshaft, dia. . . . .		0.000	0.002 T
14	Crankshaft in front bearing, diameter. . . . .	0.005 L	0.0001 L	0.0021 L
14	Crankshaft in front bearing, diameter. . . . .	0.006 L	0.0009 L	0.0039 L
15	Crankshaft in thrust bearing, end clearance . . . . .	0.025	0.004	0.016
16	Oil transfer sleeve in crankcase, dia. . . . .		0.0005 L	0.002 L
16	Oil transfer collar on crankshaft, dia. . . . .	0.0018	0.0006 L	0.0013 L
16	Sleeve in oil transfer collar, dia. . . . .		0.0005 L	0.002 L
17	Damper pin bushing bore in counterweight and crankshaft extension, diameter . . . . .	0.6265	0.622	0.626

Σχήμα 2.16 Διαστατική επιθεώρηση στροφαλοφόρου άξονα (Teledyne IO-470 Overhaul Manual) - Οι διαστάσεις είναι σε ίντσες.

Η μετρούμενη διάσταση συγκρίνεται με τα αποδεκτά όρια ευχρηστότητας (serviceable limits), τα οποία θέτει ο κατασκευαστής στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής του κινητήρα (Σχήμα 2.16). Το εγχειρίδιο περιέχει συνήθως και τα κατασκευαστικά όρια του κομματιού.

Ιδιαίτερα συνηθισμένο στα εγχειρίδια γενικής επισκευής είναι η παροχή ορίων για διάκενα (clearances) μεταξύ κομματιών και όχι για τις διαστάσεις των κομματιών (Σχήμα 2.16). Σε αυτές τις περιπτώσεις, το όριο του διακένου (συνήθως μεταξύ κυλινδρικών επιφανειών) μπορεί να συνοδεύεται από τα γράμματα “L” (Loose-ελεύθερο) ή “T”(Tight-σφιχτό). Το γράμμα “L” υποδηλώνει, ότι η εσωτερική διάμετρος είναι μικρότερη της εξωτερικής και συνεπώς η συναρμολόγηση γίνεται εύκολα. Στην περίπτωση σφιχτής συναρμογής (“T”) η εσωτερική διάμετρος είναι μεγαλύτερη της εξωτερικής. Σε αυτήν την περίπτωση η συναρμολόγηση απαιτεί ειδικές διαδικασίες (π.χ. ψύξη του «αρσενικού» κομματιού με την χρήση ξηρού πάγου).

### **2.3.5 Συναρμολόγηση**

Η φάση της συναρμολόγησης ακολουθεί μετά την ολοκλήρωση της επιθεώρησης και πιθανής επισκευής ή αντικατάστασης των διαφόρων εξαρτημάτων. Όπως και σε κάθε άλλη περίπτωση, θα πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες του κατασκευαστή. Περιγράφονται στη συνέχεια, συνοπτικά, ορισμένες γενικές πρακτικές, οι οποίες εφαρμόζονται κατά τη συναρμολόγηση των κυρίων κομματιών του κινητήρα.

#### **2.3.5.1 Στροφαλοθάλαμος**

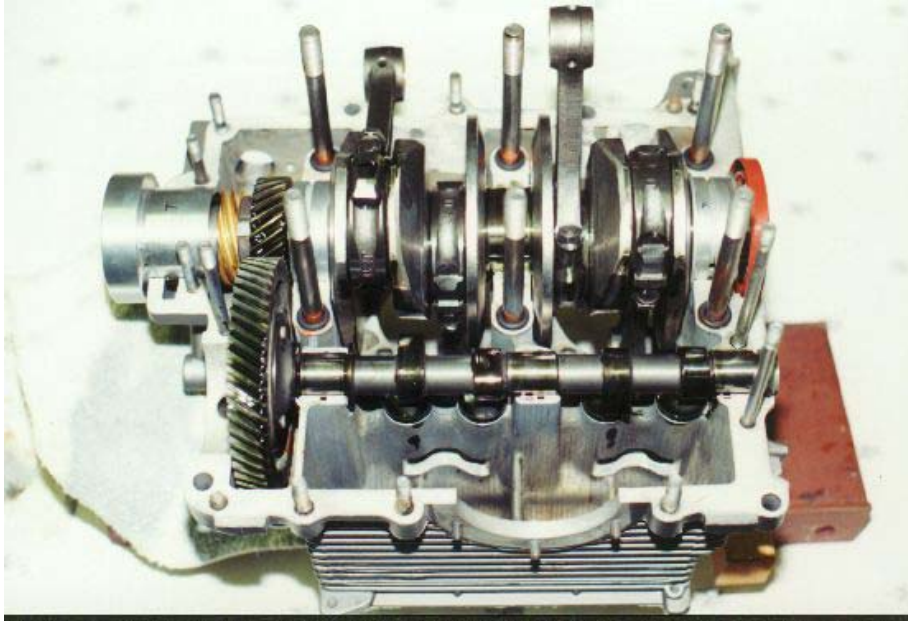
Εφαρμόζεται ελαφριά επίστρωση ειδικής στεγανοποιητικής ουσίας (π.χ. Locktite 515) στις επιφάνειες συναρμογής των δύο τμημάτων του στροφαλοθάλαμου. Αφού προετοιμασθεί κατάλληλα ο στροφαλοφόρος άξονας (γρασάρισμα / λίπανση) τοποθετείται στο κάτω τμήμα του στροφαλοθάλαμου (Σχήμα 2.17). Αφού ελεγχθεί η σωστή θέση του άξονα αναφορικά με τις επιφάνειες συναρμογής του θαλάμου, τοποθετείται και το πάνω μέρος του στροφαλοθάλαμου και σφίγγονται οι απαραίτητες βίδες (φυσικά ροπομετρούμενες).

#### **2.3.5.2 Κύλινδροι**

Κατά την προσαρμογή των κυλίνδρων στις κυλινδροκεφαλές, είναι συνήθης πρακτική να πραγματοποιείται επιφανειακή κατεργασία (π.χ. λείανση - lapping) για τη διασφάλιση της καλής στεγανοποίησης και την αποφυγή διαφυγής καυσαερίων (Σχήμα 2.18).

Για την τοποθέτηση των βαλβίδων στους κυλίνδρους, είναι απαραίτητο να λιπαίνονται τα στελέχη τους, με το προδιαγεγραμμένο από τον

κατασκευαστή, λιπαντικό. Οι βαλβίδες τοποθετούνται στους οδηγούς και στη συνέχεια, με την χρήση κατάλληλου εργαλείου, εισάγονται τα ελατήρια και οι συγκρατητές γύρω από κάθε στέλεχος. Τα ελατήρια συμπιέζονται (με την χρήση εργαλείου) και τοποθετούνται οι ασφάλειες (valve keeper keys). Εφαρμόζονται τέλος τα στεγανοποιητικά βάσης (cylinder base seal) και τα πτερύγια ψύξης ή τα διαχωριστικά ελάσματα, εφόσον δεν παρεμποδίζουν τις περαιτέρω διαδικασίες συναρμολόγησης.



Σχήμα 2.17 Κάτω τμήμα στροφαλοθάλαμου



Σχήμα 2.18 Προσαρμογή κυλίνδρου σε κυλινδροκεφαλή



**Σχήμα 2.19 Αντιστοίχιση εμβόλων και δακτυλίων**

### 2.3.5.3 Έμβολα και δακτύλιοι

Πριν από την τοποθέτηση των εμβόλων στους κυλίνδρους, είναι πολύ σημαντικό να γίνεται αντιστοίχιση μεταξύ εμβόλων και δακτυλίων (Σχήμα 2.19). Η σκληρότητα των δακτυλίων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει αυτή των εμβόλων (π.χ. επιχρωμιωμένοι δακτύλιοι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σε έμβολα, τα οποία έχουν υποστεί εναζώτωση, ή είναι από σκληρό χάλυβα). Η τοποθέτηση των δακτυλίων θα πρέπει να γίνεται με την χρήση ειδικού εργαλείου διαστολής, έτσι ώστε να αποφεύγονται χαραγματιές στους κυλίνδρους. Η εισαγωγή των εμβόλων στους κυλίνδρους, γίνεται με την χρήση ειδικών εργαλείων συμπίεσης των δακτυλίων.

### 2.3.5.4 Τελική φάση

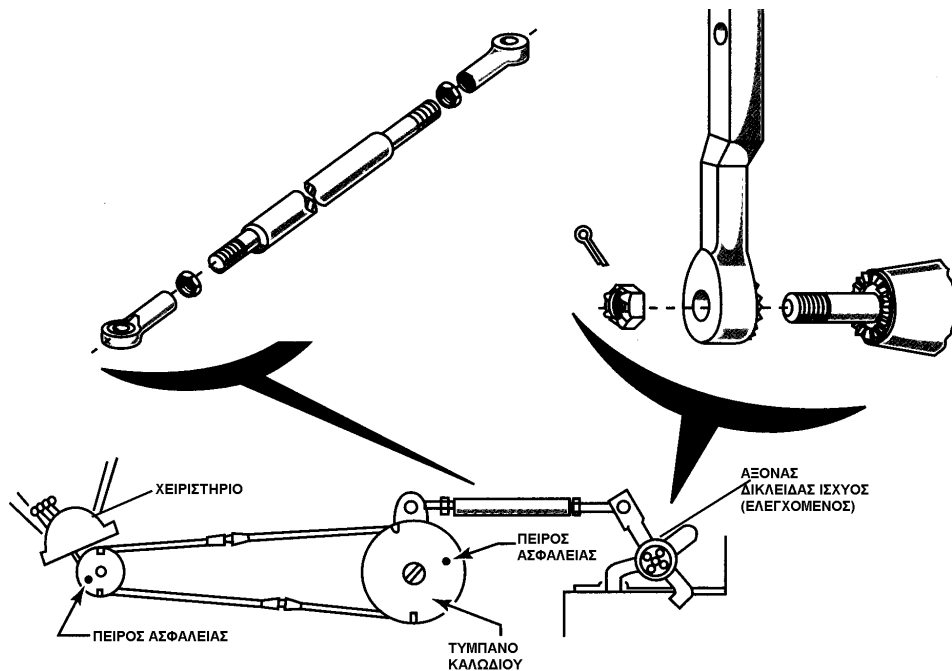
Τοποθετείται ο ελαιοσυλλέκτης στο στροφαλοθάλαμο, με την χρήση καινούργιων παρεμβυσμάτων. Ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή, αναρτώνται το μανιατό, ο αναμεικτήρας ή το σύστημα έγχυσης καυσίμου και το σύστημα εισαγωγής. Τα λοιπά παρελκόμενα (αντλίες, γεννήτρια, κ.ά) τοποθετούνται τελευταία.

### 2.3.6 Ρυθμίσεις

Η γενική επισκευή του κινητήρα ολοκληρώνεται με τη δοκιμή του σε επίγειο δοκιμαστήριο και την εν συνεχεία τοποθέτησή του στο αεροσκάφος. Και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται η σύνδεση των καλωδιώσεων, όπως και των γραμμών καυσίμου ή λιπαντικού με αντίστοιχες αναμονές του σκάφους. Σε κάθε περίπτωση, οι εργασίες γίνονται σύμφωνα με τα τεχνικά εγχειρίδια του κατασκευαστή.

Ιδιαίτερες ρυθμίσεις απαιτούνται για τα συστήματα ελέγχου του κινητήρα, μια και αυτά μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με το αεροσκάφος στο οποίο τοποθετείται ο κινητήρας. Τυπικά μηχανικά συστήματα ελέγχου περιλαμβάνουν άξονες, συρματόσχοινα, εύκαμπτες καλωδιώσεις, τροχαλίες,

κλπ. Το ζητούμενο σε κάθε περίπτωση, είναι η άμεση απόκριση του συστήματος ελέγχου στις εντολές του χειριστή. Το Σχήμα 2.20 παρουσιάζει ένα τυπικό σύστημα ελέγχου της θέσης της μανέτας. Αν και σε κάθε περίπτωση οι διάφορες ρυθμίσεις ακολουθούν τις οδηγίες του κατασκευαστή, θα πρέπει να επισημανθεί η ιδιαίτερη σημασία της στιβαρής τοποθέτησης των διαφόρων στοιχείων του συστήματος ελέγχου (συνήθως με την χρήση κολάρων).



**Σχήμα 2.20 Σύστημα ελέγχου θέσης μανέτας**

## 2.4 Διερεύνηση βλαβών αεροπορικού κινητήρα και παρελκομένων

### 2.4.1 Μεθοδολογία διερεύνησης

#### 2.4.1.1 Γενικά

Η διερεύνηση μιας βλάβης σε έναν αεροπορικό κινητήρα ορίζεται ως ο εντοπισμός των ενδείξεων της βλάβης και η απομόνωση της βλάβης ή των βλαβών που προκαλούν τις ενδείξεις αυτές. Από τη στιγμή που αναγνωριστεί και απομονωθεί μια βλάβη, η αποκατάστασή της είναι θέμα εργασιών αποσυναρμολόγησης και αντικατάστασης ή επισκευής του ελαττωματικού εξαρτήματος ή παρελκόμενου.

Η διερεύνηση των βλαβών που μπορεί να παρουσιάσει ένας εμβολοφόρος κινητήρας και τα παρελκόμενά του είναι μια διαδικασία που απαιτεί από το μηχανικό πολύ καλή γνώση του συγκεκριμένου τύπου κινητήρα, του τρόπου και της θεωρίας λειτουργίας αυτού και των παρελκόμενων του. Με την

ολοένα αυξανόμενη πολυπλοκότητα των σύγχρονων κινητήρων οι μηχανικοί χρειάζεται επίσης να έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιούν την τεχνική βιβλιογραφία παράλληλα με τις γνώσεις και την εμπειρία τους για να εντοπίσουν μια βλάβη.

Θα πρέπει επίσης να διαθέτουν αναλυτικές ικανότητες που θα τους επιτρέπουν να εντοπίσουν την πραγματική αιτία μιας βλάβης, ακολουθώντας μια συστηματική μέθοδο, χωρίς όμως να αποκαθιστούν τη βλάβη αντικαθιστώντας εξαρτήματα ή παρελκόμενα που υποψιάζονται ότι δημιουργούν το πρόβλημα. Μια τέτοια τακτική μπορεί να αποκαταστήσει μια βλάβη, ενδέχεται όμως να μην εντοπίσει την αιτία που την προκάλεσε.

Η μεθοδολογία διερεύνησης μιας βλάβης μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα στάδια:

1. Αναγνώριση των συμπτωμάτων
2. Ερμηνεία και ανάλυση των συμπτωμάτων
3. Καταγραφή των πιθανών αιτιών που μπορούν να προκαλέσουν τη δυσλειτουργία
4. Εντοπισμός της δυσλειτουργίας
5. Απομόνωση της δυσλειτουργίας σε συγκεκριμένο σημείο ή σύστημα του κινητήρα
6. Ανάλυση της αιτίας που προκάλεσε τη βλάβη

Ας δούμε πιο αναλυτικά τις διαδικασίες που περιλαμβάνει κάθε ένα από τα παραπάνω στάδια:

#### **2.4.1.2 Αναγνώριση των συμπτωμάτων**

Βασική προϋπόθεση για να μπορέσει κάποιος να διερευνήσει μια βλάβη είναι η γνώση της κανονικής κατάστασης λειτουργίας του κινητήρα, της κατάστασης δηλαδή στην οποία αυτός δεν παρουσιάζει κάποιο πρόβλημα. Η κανονική λειτουργία μπορεί να εκτιμηθεί από έναν έμπειρο μηχανικό από παρατήρηση της λειτουργίας του:

- Θόρυβος
- επίπεδο των κραδασμών του κινητήρα σε διάφορες στροφές
- χρώμα των καυσαερίων
- ευκολία εκκίνησης
- ρυθμός αύξησης στροφών, κ.ά.

Στην περίπτωση που έχει προκληθεί οποιαδήποτε ανωμαλία στη λειτουργία του κινητήρα, αλλάζει και η συμπεριφορά του και συνεπώς διαφοροποιείται ο τρόπος λειτουργίας του σε σχέση με αυτόν κάτω από φυσιολογικές συνθήκες. Η διαφορά αυτή στη συμπεριφορά του κινητήρα και η διαπίστωσή της είναι και το πρώτο βήμα στην διαδικασία ανεύρεσής της.

Οι ενδείξεις των οργάνων και η διασταύρωση των ενδείξεων διαφορετικών οργάνων του κινητήρα είναι ένας δεύτερος τρόπος ελέγχου της κατάστασης του κινητήρα. Για παράδειγμα, η μη ομαλή λειτουργία του κινητήρα σε στροφές ρελαντί είναι ένα σύμπτωμα που γίνεται αντιληπτό άμεσα από την αλλαγή του θορύβου του κινητήρα, αλλά και από την πτώση, ή αύξηση των στροφών του κάτω από το ενδεδειγμένο όριο στροφών για λειτουργία σε ρελαντί.

### 2.4.1.3 Ερμηνεία και ανάλυση των συμπτωμάτων

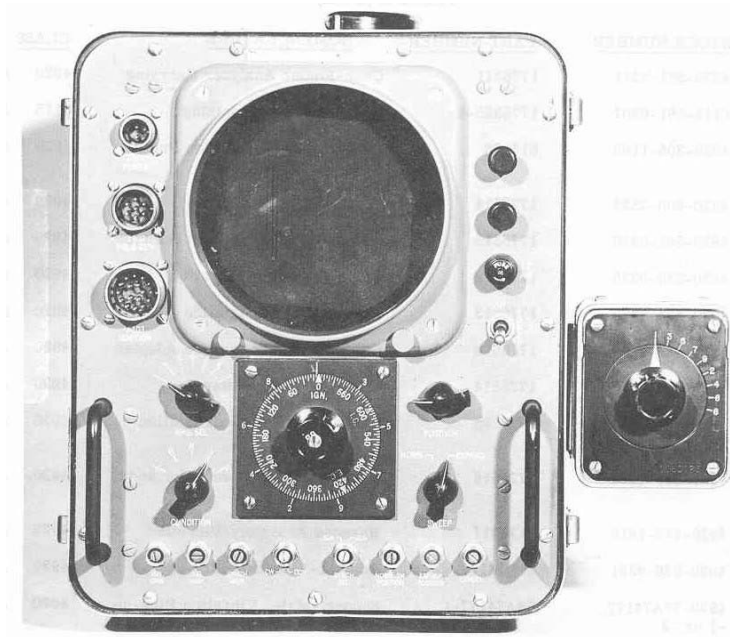
Από τη στιγμή που εντοπιστεί ένα σύμπτωμα δυσλειτουργίας στον κινητήρα, το επόμενο βήμα είναι η προσπάθεια να ερμηνευτούν οι αιτίες που ενδεχόμενα το προκάλεσαν. Στη διαδικασία αυτή ο μηχανικός χρησιμοποιεί διάφορα διαγνωστικά εργαλεία όπως για παράδειγμα τον **αναλυτή κινητήρα (engine analyzer)** (Σχήμα 2.21), πολύμετρο, μετρητή συμπίεσης κυλίνδρων και χημική ανάλυση ελαίου, με σκοπό να μπορέσει να εκτιμήσει το μέγεθος της μεταβολής της απόδοσης του κινητήρα και των συστημάτων του. Τα εργαλεία αυτά του δίνουν τη δυνατότητα να εκτιμήσει το μέγεθος της αλλαγής σε σχέση με τα φυσιολογικά όρια λειτουργίας και να συλλέξει περισσότερες πληροφορίες για να καθορίσει περαιτέρω τα συμπτώματα.

Ο **αναλυτής κινητήρα** καταγράφει την κυματομορφή του συστήματος ανάφλεξης χαμηλής τάσης. Καταγράφονται ταυτόχρονα οι διανομείς Left & Right για την επιλεγμένη σειρά κυλίνδρων, διαδοχικά για κάθε κύλινδρο. Η ταυτοποίηση των κυλίνδρων επιτυγχάνεται είτε με την αφαίρεση ενός σπινθηριστή είτε με την χρήση ενός επαγωγικού πηνίου. Με το σύστημα αυτό επιτυγχάνονται:

- i. Άμεσος εντοπισμός ανενεργών ή προβληματικών σπινθηριστών
- ii. Προσδιορισμός συγκεκριμένου σπινθηριστή, συγκεκριμένου κυλίνδρου, το κύκλωμα του οποίου οφείλει να ελεγχθεί.
- iii. Άμεσος έλεγχος του συγχρονισμού των σπινθηριστών L & R σε κάθε κύλινδρο

Η μέτρηση της συμπίεσης ενός ή περισσότερων κυλίνδρων για παράδειγμα, θα μας δώσει μια άμεση εικόνα της κατάστασης αυτών και των ελατηρίων τους και το ποσοστό της μεταβολής της πίεσης που αυτοί αναπτύσσουν.





**Σχήμα 2.21 Συσκευή ανίχνευσης βλαβών συστήματος ανάφλεξης**

Η ανάλυση των συμπτωμάτων πρέπει να γίνει με μεθοδικό τρόπο έχοντας συλλέξει όσο γίνεται περισσότερες πληροφορίες για το συγκεκριμένο σύμπτωμα. Επιπλέον δεν θα πρέπει να αγνοηθεί οποιαδήποτε πληροφορία, όσο ασήμαντη και αν φαίνεται σε μια πρώτη εκτίμηση, αφού η εμπειρία έχει δείξει ότι τέτοιες πληροφορίες μπορεί να οδηγήσουν στην ανίχνευση της αιτίας μιας βλάβης.

Μετά τον εντοπισμό του συμπτώματος η μεθοδολογία για την ανάλυσή τους εστιάζεται στα εξής βασικά σημεία:

- Το συγκεκριμένο σύμπτωμα παρουσιάζεται μετά από μερική ή γενική επισκευή; Παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της πτήσης και υπάρχει σχετική παρατήρηση από τους χειριστές του αεροσκάφους;
- Τα εξαρτήματα ή συστήματα του κινητήρα που δεν λειτουργούν ομαλά.
- Το εύρος των στροφών στις οποίες παρατηρείται το σύμπτωμα. Οι στροφές του κινητήρα είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους η οποία μπορεί να καθορίσει την πηγή μιας βλάβης.
- Τα όρια των παραμέτρων που καθορίζουν την ομαλή λειτουργία του κινητήρα όπως η θερμοκρασία και η πίεση. Αν αυτές οι παράμετροι είναι εκτός ορίων τότε έχουμε σαφή επιβεβαίωση στην οποία μπορούμε να βασιστούμε για να προχωρήσουμε τη διερεύνηση.

- Τα συμπτώματα συμβαίνουν σε συνεχή βάση ή παρουσιάζονται περιστασιακά ή περιοδικά;

**Πίνακας 2.5 Ενδεικτικός πίνακας ανίχνευσης βλαβών  
εμβολοφόρου αεροπορικού κινητήρα.**

Ένδειξη - Σύμπτωμα	Πιθανή Αιτία	Διορθωτική Ενέργεια
Αδυναμία εκκίνησης κινητήρα	<p>Λανθασμένος χρονισμός ανάφλεξης</p> <p>Ελαττωματικό primer, υπερέγχυση καυσίμου ή απουσία καυσίμου.</p> <p>Έλλειψη καυσίμου</p> <p>Βρώμικες ή καμμένες επαφές του διανομέα</p> <p>Ελαττωματικός ή μη φορτισμένος συσσωρευτής</p>	<p>Ρυθμίστε ανάλογα</p> <p>Επισκευάστε ή αλλάξτε ανάλογα</p> <p>Ελέγξτε την παροχή καυσίμου προς τον αναμεικτήρα</p> <p>Καθαρίστε ή αλλάξτε πλατίνες</p> <p>Ελέγξτε και αντικαταστήστε ή φορτίσατε</p>
Ανάφλεξη μείγματος στο σύστημα εισαγωγής (engine backfire)	<p>Λανθασμένη σχετική ρύθμιση μανιατό με χρονισμό κινητήρα</p> <p>Διαρροή αέρα προς το σύστημα εισαγωγής</p> <p>Μη ικανοποιητική πίεση καυσίμου</p>	<p>Ρυθμίστε ανάλογα</p> <p>Επισκευάστε ή αλλάξτε τα ελαττωματικά εξαρτήματα</p> <p>Ρυθμίστε την πίεση καυσίμου</p>
	Η πεταλούδα του αναμεικτήρα 'κολλάει'	Αλλάξτε τον αναμεικτήρα
	Ελαττωματικοί σπινθηριστές	Ελέγξτε τους σπινθηριστές και αντικαταστήστε τους ελαττωματικούς σπινθηριστές
	Ελαττωματική καλωδίωση συστήματος ανάφλεξης	

#### **2.4.1.4 Καταγραφή των πιθανών αιτιών που μπορούν να προκάλεσαν τη δυσλειτουργία**

Μετά την αναγνώριση και ανάλυση των συμπτωμάτων μιας βλάβης, θα πρέπει να εντοπιστούν και να εξεταστούν όλες οι πιθανές αιτίες που μπορούν να το προκάλεσαν και στη συνέχεια, αποκλείοντας μια προς μια όλες τις αιτίες που δεν μπορούν να σχετιστούν με την βλάβη, φθάνουμε στην πιο πιθανή.

Οι κατασκευαστές κινητήρων έχουν συστηματοποιήσει αυτή τη μεθοδολογία εντοπισμού βλάβης και την έχουν συμπεριλάβει στα τεχνικά εγχειρίδια συντήρησης. Η παρουσίαση γίνεται με συνοπτικό τρόπο σε πίνακα ανίχνευσης βλαβών (troubleshooting charts) με τρεις στήλες οι οποίες αναγράφουν το **σύμπτωμα**, τη **πιθανή αιτία** και τις προτεινόμενες **διορθωτικές ενέργειες** (Πίνακας 2.5). Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να προχωρήσουμε στη διερεύνηση, χωρίς χρονοβόρες διαδικασίες ανάγνωσης της περιγραφής του τρόπου λειτουργίας του συγκεκριμένου κινητήρα και των συστημάτων του. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο γιατί μειώνει το χρόνο και το κόστος ανίχνευσης της βλάβης, ειδικά σε περίπτωση που πρέπει να είναι σε λειτουργία ο κινητήρας κατά τη διάρκεια του εντοπισμού αλλά και σε περιπτώσεις επιθεώρησης γραμμής πτήσεων.

#### **2.4.1.5 Εντοπισμός της δυσλειτουργίας.**

Έχοντας εντοπίσει τα συμπτώματα και τις πιθανές αιτίες της βλάβης, έχουμε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για να εντοπίσουμε την ευρύτερη περιοχή ή λειτουργικό σύστημα του κινητήρα όπως για παράδειγμα το σύστημα ανάφλεξης, το σύστημα υπερσυμπίεσης ή το σύστημα εισαγωγής που βρίσκεται η βλάβη.

**Και σε αυτή την περίπτωση, οι πίνακες ανίχνευσης βλαβών του κατασκευαστή είναι απαραίτητο βοήθημα για τον εντοπισμό της βλάβης.**

#### **2.4.1.6 Απομόνωση της δυσλειτουργίας σε συγκεκριμένο εξάρτημα ή παρελκόμενο του κινητήρα.**

Από τη στιγμή που εντοπιστεί το συγκεκριμένο σύστημα που προκαλεί το σύμπτωμα ή τη δυσλειτουργία, είναι απαραίτητες επιπλέον δοκιμές, για να απομονωθεί η βλάβη και να εντοπιστεί σε συγκεκριμένο εξάρτημα ή παρελκόμενο του κινητήρα. Σε αυτή τη φάση είναι σχεδόν απαραίτητη η χρήση εξειδικευμένων εργαλείων για τη μέτρηση ή ένδειξη της σωστής λειτουργίας του ύποπτου για τη βλάβη εξαρτήματος.

### **2.4.1.7 Ανάλυση της αιτίας που προκάλεσε τη βλάβη**

Όταν τελικά εντοπιστεί η βλάβη σε συγκεκριμένο εξάρτημα ή παρελκόμενο, η επισκευή, ή η αντικατάστασή του δεν αποτελεί τη λύση και το τέλος της διαδικασίας διερεύνησης. Από τη στιγμή που υπάρχει αιτία που προκάλεσε τη βλάβη είναι πολύ πιθανό, αν όχι σίγουρο, ότι η βλάβη θα επαναληφθεί. Αν δεν εντοπιστεί και διορθωθεί η αιτία, θα προκληθεί και πάλι ζημιά στο επισκευασμένο ή καινούργιο ανταλλακτικό.

### **2.4.2 Διαδικασίες διερεύνησης βλαβών στα κύρια εξαρτήματα εμβολοφόρων κινητήρων.**

#### **2.4.2.1 Γενικά**

Οι βλάβες που παρουσιάζουν οι εμβολοφόροι κινητήρες μπορούν να χωριστούν σε δύο γενικές κατηγορίες.

1. Σε αυτές που οφείλονται σε αστοχίες υλικών και
2. Στις λειτουργικές αστοχίες.

Οι **αστοχίες υλικών** οφείλονται γενικά σε κόπωση των μεταλλικών εξαρτημάτων, τα οποία υφίστανται κραδασμούς πέρα κάποιων προδιαγεγραμμένων ορίων, ή σε χρήση του κινητήρα πέρα από αυτή για την οποία σχεδιάστηκε, όπως για παράδειγμα συχνή υπέρβαση του ορίου στροφών, ή συχνή λειτουργία του με μικρή ποσότητα ή λάθος τύπο λιπαντικού.

Οι **λειτουργικές αστοχίες** οφείλονται σε μη ικανοποιητική λειτουργία ή ρύθμιση εξαρτημάτων, ή συστημάτων του κινητήρα, όπως τα συστήματα καυσίμου, ανάφλεξης, λίπανσης και ψύξης. Η μερική αστοχία ενός από τα παραπάνω συστήματα μπορεί να μην προκαλέσει την άμεση και ολοκληρωτική αστοχία του κινητήρα, δημιουργεί όμως ανωμαλία στη λειτουργία του κινητήρα, ενδείξεις εκτός ορίων στα όργανά του, κραδασμούς, εξαιρετικά πλούσιο ή φτωχό μείγμα και αυταναφλέξεις.

Παρακάτω παρατίθενται οι διαδικασίες διερεύνησης βλαβών στα βασικά συστήματα ενός εμβολοφόρου κινητήρα:

#### **2.4.2.2 Δυσκολία εκκίνησης του κινητήρα**

Στην περίπτωση που δεν εκκινεί ένας εμβολοφόρος κινητήρας, οι πρώτοι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν είναι οι εξής:

Αρχικά πρέπει να ελεγχθεί το σύστημα ανάφλεξης αρχίζοντας από τον έλεγχο του διακόπτη του συστήματος. Όλα τα αεροσκάφη έχουν διπλό σύστημα ανάφλεξης με διακόπτη επιλογής συστήματος. Αν εξαιρέσουμε τη

σπάνια περίπτωση που και τα δύο συστήματα έχουν βλάβη, μόνο ένας ελαττωματικός διακόπτης μπορεί να γειώνει και τα δύο συστήματα μέσω βραχυκυκλώματος στο διακόπτη οπότε δεν διέρχεται ρεύμα και στα δύο συστήματα .

Εάν ο κινητήρας εκκινεί με ένα από τα δύο μανιατό, τότε σε περίπτωση δυσκολίας εκκίνησης με το πρώτο μανιατό, επιλέγεται το δεύτερο. Αν έχουμε επιτυχή εκκίνηση με το δεύτερο, τότε συμπεραίνουμε ότι έχει αστοχήσει το ένα μανιατό.

#### **2.4.2.3 Ελαττωματικοί σπινθηριστές (spark plugs)**

Ο τρόπος που μπορούμε να ανιχνεύσουμε έναν ή περισσότερους ελαττωματικούς σπινθηριστές (μπουζί) είναι μέσω επιλογής συστήματος ανάφλεξης (επιλογής μανιατό). Στους εμβολοφόρους αεροπορικούς κινητήρες κάθε κύλινδρος έχει δύο σπινθηριστές οι οποίοι τροφοδοτούνται από διαφορετικό μανιατό. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε τη συνέχεια της λειτουργίας του κινητήρα σε περίπτωση αστοχίας του ενός εκ των δύο συστημάτων ανάφλεξης.

Στην περίπτωση που έχουμε έναν ή περισσότερους ελαττωματικούς σπινθηριστές εφαρμόζεται η ακόλουθη διαδικασία για τον εντοπισμό τους. Εάν κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα και με τα δύο συστήματα στη θέση ON, επιλέξουμε το σύστημα το οποίο τροφοδοτεί τον ή τους ελαττωματικούς σπινθηριστές, θα παρατηρήσουμε απότομη πτώση των στροφών του κινητήρα. Με αυτό τον τρόπο ξέρουμε σε ποια από τις δύο σειρές σπινθηριστών βρίσκονται οι ελαττωματικοί.

Για να εντοπίσουμε τον κύλινδρο στον οποίο ανήκουν, (αφού έχουμε εντοπίσει την σειρά με τον παραπάνω τρόπο) αφήνουμε τον κινητήρα να κρυώσει και τον επανεκκινούμε με το σύστημα που παρουσίασε τη πτώση στροφών. Αφήνοντας τον κινητήρα να λειτουργήσει στο ρελαντί για ένα λεπτό, τον σβήνουμε και μετράμε τη θερμοκρασία των κυλίνδρων. Οι ψυχροί κύλινδροι είναι αυτοί με τους ελαττωματικούς σπινθηριστές.

#### **2.4.2.4 Δυσλειτουργία συστήματος λίπανσης**

Οι δυσλειτουργίες που μπορεί να παρουσιάσει το σύστημα λίπανσης ενός εμβολοφόρου κινητήρα εστιάζονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους σε διαρροές και μεγάλη κατανάλωση λιπαντικού, καθώς και σε μεταβολές της πίεσής του.

Οι **διαρροές λιπαντικού** οφείλονται συνήθως σε φθαρμένα ή καμένα παρεμβύσματα (π.χ. παρέμβυσμα έλικα ή κεφαλής κυλίνδρου). Η αποκατάσταση μιας διαρροής είναι σχετικά εύκολη διαδικασία, από τη

στιγμή που ανιχνευτεί η αιτία της και βρεθεί το σημείο διαρροής στο κινητήρα. Στην περίπτωση εκτεταμένης διαρροής, μπορεί να χρειαστεί εξωτερικός καθαρισμός του κινητήρα και επαναλειτουργία για μικρό χρονικό διάστημα, για την ανεύρεση του σημείου διαρροής.

Η μεγάλη **κατανάλωση λιπαντικού** οφείλεται σε διαρροές και σε φθορές στα ελατήρια του πιστονιού και στον κύλινδρο. Οι φθορές αυτές επιτρέπουν τη διόδο του λιπαντικού στο θάλαμο καύσης, όπου και καίγεται, παράγοντας καπνό με μπλε απόχρωση στα καυσαέρια. Οι φθορές των ελατηρίων και του κυλίνδρου προκαλούν επίσης την αύξηση της πίεσης στο στροφαλοθάλαμο. Με την εκτόνωση αυτής της πίεσης στο περιβάλλον από τον αγωγό ατμοσφαιρικής αποκατάστασης (breather tube) έχουμε απώλεια λιπαντικού.

Οι **μεταβολές πίεσης λιπαντικού** που μπορούν να παρατηρηθούν είναι η απώλεια πίεσης, η διακύμανσή της και η χαμηλή ή υψηλή πίεση.

*Η απώλεια πίεσης* οφείλεται σε απώλεια ελαίου από τη δεξαμενή (συνήθως λόγω μη πλήρωσής της μετά από τις προβλεπόμενες ώρες πτήσης), εγκλωβισμό αέρα στην αντλία ελαίου, ελαττωματική αντλία ελαίου, φραγμένη σωλήνα παροχής, ανοιχτή ανακουφιστική βαλβίδα συστήματος λίπανσης και σπασμένο αγωγό.

*Η χαμηλή πίεση* ελαίου μπορεί να οφείλεται σε κακή ρύθμιση ή βλάβη της ανακουφιστικής βαλβίδας του συστήματος λίπανσης, φθορά σε παρέμβυσμα στο εσωτερικό του κινητήρα όπου έχουμε εσωτερική διαρροή, μερικώς φραγμένο φίλτρο ελαίου, φθαρμένη αντλία ελαίου και τέλος σε χρήση ελαίου με μικρότερο ιξώδες από το συνιστώμενο από τον κατασκευαστή.

*Η υψηλή πίεση* ελαίου οφείλεται σε κακώς ρυθμισμένη ή «κολλημένη» ανακουφιστική βαλβίδα, χρήση ελαίου με μεγαλύτερο ιξώδες, και σε αποφραγμένο αγωγό ελαίου.

Σε κάθε περίπτωση ανίχνευσης βλάβης στο σύστημα λίπανσης, για την ανεύρεσή της θα πρέπει να ερευνούμε αν η ένδειξη που έχουμε εμφανίστηκε ξαφνικά ή σταδιακά, και πόσες ώρες έχουν περάσει από την τελευταία γενική επισκευή του κινητήρα.

#### **2.4.2.5 Δυσλειτουργία συστήματος εισαγωγής**

Ένα αντιπροσωπευτικό σύστημα εισαγωγής μπορεί να παρουσιάσει τα ακόλουθα προβλήματα:

*Εισροή αέρα* από ρωγμή ή κακή τοποθέτηση στην πολλαπλή εισαγωγής (intake manifold). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία φτωχού μείγματος (lean mixture), την πτώση της απόδοσης του κινητήρα και την αύξηση της θερμοκρασίας του.

*Διαρροή μείγματος αέρα καυσίμου* μετά τον υπερσυμπιεστή από ρωγμή ή κακή αρμογή το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την πτώση της πίεσης εισαγωγής και συνεπώς την πτώση ισχύος του κινητήρα.

*Αποφραγμένο ή φθαρμένο φίλτρο εισαγωγής* αέρα έχει σαν αποτέλεσμα την πτώση της απόδοσης του κινητήρα και μακροχρόνια τη φθορά των κινούμενων μερών του κινητήρα από εισαγωγή σκόνης (ιδιαίτερα σε διαβρωτικό περιβάλλον πτήσεων) και την απόφραξη του φίλτρου ελαίου.

### **2.4.3 Οργάνωση αποκατάστασης βλαβών και καταγραφής των στοιχείων και αποτελεσμάτων στα μητρώα του κινητήρα**

#### **2.4.3.1 Γενικά**

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εντοπισμού μιας βλάβης και του συστήματος ή του εξαρτήματος που την προκάλεσε, ακολουθεί η διαδικασία αποκατάστασής της.

Η αποκατάσταση μιας βλάβης ανάλογα με το σύστημα, ή το παρελκόμενο, όπου αυτή παρατηρήθηκε και ανάλογα με τη βαρύτητά της, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον κινητήρα πάνω στο σκάφος, ή να χρειαστεί αφαίρεση του κινητήρα για μερική ή και γενική επισκευή.

Όταν πρόκειται για προγραμματισμένη συντήρηση ή γενική επισκευή, η απαίτηση για τις απαραίτητες εργασίες εκδίδεται από την υπηρεσία προγραμματισμού πτήσεων της εταιρείας, ή της μονάδας στην οποία υπάγεται το αεροσκάφος. Στη συνέχεια εκδίδεται εντολή εργασίας (Work Order) και πλάνα εργασίας (Travelers) βασισμένα στις τεχνικές οδηγίες του κατασκευαστή, τα οποία περιγράφουν τη διαδικασία αφαίρεσης.

Αρχικά εκδίδονται από το τμήμα προγραμματισμού εργασιών τα σχετικά πλάνα εργασιών στα οποία περιγράφονται αναλυτικά όλες οι εργασίες που θα πραγματοποιηθούν στον κινητήρα. Τα πλάνα εργασιών είναι βασισμένα στην τεχνική βιβλιογραφία του κατασκευαστή και οι εργασίες που αναγράφουν είναι ανάλογες με τις βλάβες που παρουσιάζει ο κινητήρας· αν πρόκειται για αφαίρεσή του λόγω κάποιας βλάβης, ή με το είδος της επισκευής που θα πραγματοποιηθεί, δηλαδή γενική ή μερική επισκευή.

Τα πλάνα εργασίας αναγράφουν τον τύπο του κινητήρα, τον αριθμό κινητήρα (Engine Part Number), τον αριθμό σειράς του (Engine Serial Number) και τον αριθμό σειράς του σκάφους στον οποίο είναι τοποθετημένος.

Βάσει αυτών των στοιχείων, γίνεται η αναγνώριση του σκάφους και του συγκεκριμένου κινητήρα (για πολυκινητήρια αεροσκάφη) που θα αντικατασταθεί.

**2.4.3.2 Καταγραφή των στοιχείων συντήρησης στα μητρώα του κινητήρα**

Ανεξάρτητα από τον τύπο και την έκταση της επισκευής, στην οποία θα υποβληθεί ένας κινητήρας, οποιοδήποτε εύρημα παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του και οποιαδήποτε επισκευή υποστεί, καταγράφονται στα μητρώα του. Τα μητρώα του κινητήρα είναι ένα βιβλίο-αρχείο όπου καταγράφονται όλες οι εργασίες συντήρησης και επισκευής, εκτός των εργασιών προληπτικής συντήρησης, όπως επισκευές στον κινητήρα ή τον έλικα και αλλαγές παρελκομένων τους. Τα μητρώα του κινητήρα θα πρέπει κατ' ελάχιστον να συμπεριλαμβάνουν τις παρακάτω πληροφορίες:

1. Μια συνοπτική, αλλά πλήρη περιγραφή των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν.
2. Την ημερομηνία περάτωσης των παραπάνω εργασιών.
3. Στοιχεία, όπως τα ονόματα των υπεύθυνων συντήρησης ή την επωνυμία του επισκευαστικού κέντρου, ή του κατασκευαστή που πραγματοποίησε τις εργασίες επισκευής.
4. Την υπογραφή και τον αριθμό του πιστοποιητικού του μηχανικού, ο οποίος πραγματοποίησε τις εργασίες επισκευής και έκρινε τον κινητήρα κατάλληλο για να αποδεσμευτεί και να επαναχρησιμοποιηθεί.

Εκτός από τα επίσημα αρχεία που απαιτούνται από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, κάθε επισκευαστικό κέντρο θα πρέπει να διατηρεί ένα πλήρες αρχείο όλων των επισκευών και αλλαγών που έχει υποστεί ένας κινητήρας. Αυτό το αρχείο θα πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία, όπως οι επιθεωρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στον κινητήρα (διαστατικές και δομικές) και ο αριθμός των **επισκευαστικών τροποποιήσεων (service bulletins)** που εκδίδει ο κατασκευαστής περιοδικά και οι οποίες έχουν ενσωματωθεί στον κινητήρα.

Η προετοιμασία και η αρχειοθέτηση σωστών μητρώων επισκευής του κινητήρα έχει ιδιαίτερη σημασία για την προστασία του επισκευαστικού κέντρου σε περίπτωση βλάβης ή αστοχίας του κινητήρα. Με την ύπαρξη πλήρων και σωστά συμπληρωμένων μητρώων, το επισκευαστικό κέντρο μπορεί να πιστοποιήσει ότι οι διαδικασίες επισκευής πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του κατασκευαστή και ότι πραγματοποιήθηκαν όλες οι απαιτούμενες εργασίες συντήρησης και επισκευής.

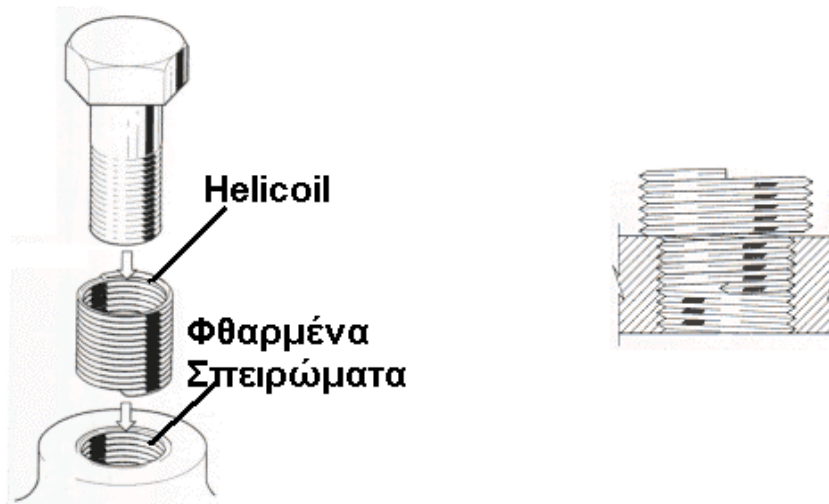


## 2.5 Συντήρηση, ρυθμίσεις και επισκευή εξαρτημάτων και συστημάτων εμβολοφόρου αεροπορικού κινητήρα

### 2.5.1 Στροφαλοθάλαμος

Ο στροφαλοθάλαμος επιθεωρείται για την ύπαρξη ρωγμών, κατεστραμμένων τυφλών κοχλιών (μπουζόνια - studs), κλπ. Οι ρωγμές σε ορισμένες περιπτώσεις, εφόσον φυσικά δεν έχουν υπερβεί τα όρια «επισκευασιμότητας» (**repairable limits**), είναι δυνατόν να αποκατασταθούν με συγκόλληση, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η διαδικασία της συγκόλλησης γίνεται σε περιβάλλον αδρανούς αερίου (**Inert Gas Welding**). Για την απαλοιφή των τάσεων που προκαλούνται από την θέρμανση του μετάλλου κατά τη συγκόλληση, εφαρμόζεται συνήθως διαδικασία σφυρηλάτησης με **σφαιρίδια (peening)** ή **θερμική κατεργασία (thermal stress relieve)**. Η τελική φάση της επισκευής περιλαμβάνει μηχανουργική κατεργασία για την αποκατάσταση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της επισκευασμένης περιοχής.

Τα κατεστραμμένα μπουζόνια αφαιρούνται και αντικαθίστανται. Ο κατασκευαστής παρέχει κατάλογο με μπουζόνια μεγαλύτερων μεγεθών, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφόσον τα «κανονικά» μπουζόνια δεν μπορούν να τοποθετηθούν.



Σχήμα 2.22 Χρήση helicoil για την επισκευή φθαρμένου θηλυκού σπειρώματος.

Φθαρμένα εσωτερικά σπειρώματα τα οποία δεν μπορούν να αποκατασταθούν με την χρήση κολασούζου, επισκευάζονται με την τοποθέτηση **ανταλλακτικού σπειρώματος (helicoil, Σχήμα 2.22)** ή με την **εισαγωγή δακτυλίων με εσωτερικό και εξωτερικό σπείρωμα (threaded bushings)**.

Η χρήση helicoil έχει το πλεονέκτημα, ότι δε μειώνει την τοπική αντοχή του κομματιού.

Σε περίπτωση που ένα από τα δύο τμήματα του στροφαλοθαλάμου απορριφθεί εξαιτίας εκτεταμένων φθορών, οι οποίες δεν είναι επισκευάσιμες, απορρίπτεται και το άλλο κομμάτι.

### **2.5.2 Στροφαλοφόρος άξονας**

Ο στροφαλοφόρος άξονας αποτελεί ένα από τα κρίσιμότερα μέρη του κινητήρα. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και επιμέλεια κατά την εκτέλεση των επισκευών.

Οβάλ κομβία είναι δυνατόν να επισκευασθούν μηχανουργικά, με μείωση της διαμέτρου, εφόσον αυτό επιτρέπεται από τον κατασκευαστή (Σχήμα 2.23). Το τελικό φινίρισμα θα πρέπει να ικανοποιεί τις ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις τραχύτητας (εξαιρετικά λεία επιφάνεια) του τεχνικού εγχειριδίου. Απαιτείται επίσης συνήθως η εναζώτωση της κατεργασμένης περιοχής, έτσι ώστε να ανακτηθεί η απαιτούμενη από τον κατασκευαστή σκληρότητα.

Γενικότερα, η κατεργασία του άξονα πρέπει να μη δημιουργεί αιχμηρές ακμές ή άλλες ατέλειες, μη αποδεκτές από τον κατασκευαστή, οι οποίες θα ήταν δυνατόν να οδηγήσουν σε αστοχία (θραύση) αυτού κατά τη λειτουργία.

### **2.5.3 Διωστήρες**

Οι επισκευές στους διωστήρες συνίστανται συνήθως σε αντικατάσταση των μεταλλικών **δακτυλίων συναρμογής (bushings)**. Η αντικατάσταση απαιτεί συνήθως την χρήση υδραυλικής πρέσας και ειδικών ιδιοσυσκευών.

### **2.5.4 Κύλινδροι - Βαλβίδες**

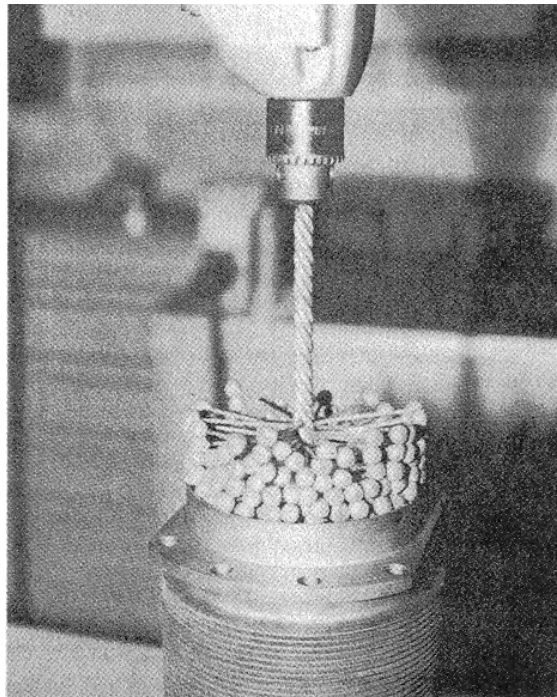
Η καλή κατάσταση του κυλίνδρου, σε συνδυασμό φυσικά με τα έμβολα και τους δακτυλίους των εμβόλων, έχουν μεγάλη σημασία για τη λειτουργία του κινητήρα. Η φυσική συναρμογή μεταξύ εμβόλων και κυλίνδρων ελέγχεται διαστατικά. Τυχόν αποκλίσεις (διάκενο μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου) μπορεί να επιτρέψει την επικοινωνία μεταξύ θαλάμου καύσης και στροφαλοθαλάμου, με πιθανά αποτελέσματα τη μείωση της ισχύος του κινητήρα, εξαιτίας της διαφυγής καυσαερίων και την πτώση του λόγου συμπίεσης, καθώς επίσης και ταχεία φθορά των μπουζί από τα καρβίδια που δημιουργούνται με την καύση του λιπαντικού, το οποίο εισέρχεται στον θάλαμο καύσης.

Ένα από τα συνηθέστερα προβλήματα που αντιμετωπίζονται κατά τη συντήρηση του κυρίου σώματος των κυλίνδρων, είναι η αποκατάσταση της τραχύτητας της εσωτερικής επιφάνειάς των, η οποία γίνεται λεία μετά από

κάποιες ώρες λειτουργίας. Η τραχύτητα της εσωτερικής επιφάνειας είναι επιθυμητή, έτσι ώστε να προκληθεί η απαραίτητη φθορά στους δακτυλίους των εμβόλων και να αποκατασταθεί με αυτό τον τρόπο η καλή «συνεργασία» εμβόλου-κυλίνδρου. Η διαδικασία αυτή καλείται «εκτράχυνση» (deglazing) και γίνεται με την χρήση δράπανου και ειδικού εργαλείου (hone, Σχήμα 2.24).



**Σχήμα 2.23 Μηχανουργική κατεργασία λείανσης των σημείων στήριξης στροφαλοφόρου άξονα**



**Σχήμα 2.24 Εκτράχυνση εσωτερικής επιφάνειας κυλίνδρου**

Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες η αποκατάσταση των φθορών που πιστοποιούνται στον κύλινδρο (π.χ. ύπαρξη κρατήρων, βαθιές αμυχές, κλπ.)

δεν είναι δυνατόν να αποκατασταθούν με την παραπάνω διαδικασία. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η μηχανουργική αφαίρεση υλικού. Αυτό είναι δυνατόν εφόσον διαστατικά ή νέα διάμετρος είναι αποδεκτή από τον κατασκευαστή. Συνήθως η αφαίρεση υλικού δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 0.010in., αναφορικά με την κατασκευαστική ακτίνα του κυλίνδρου. Εάν η επιφάνεια του κυλίνδρου έχει υποστεί εναζώτωση για την σκλήρυνσή της, η μηχανουργική κατεργασία δεν είναι συνήθως εφικτή. Ενδιαφέρουσα και συνήθης επισκευή είναι η ανάκτηση της απαιτούμενης διαμέτρου με την εναπόθεση χρωμίου (chrome plating). Η προκύπτουσα επιφάνεια είναι σκληρή και ανθεκτική σε περαιτέρω φθορά. Η επισκευή απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και πραγματοποιείται σε εξειδικευμένα κέντρα επισκευών.

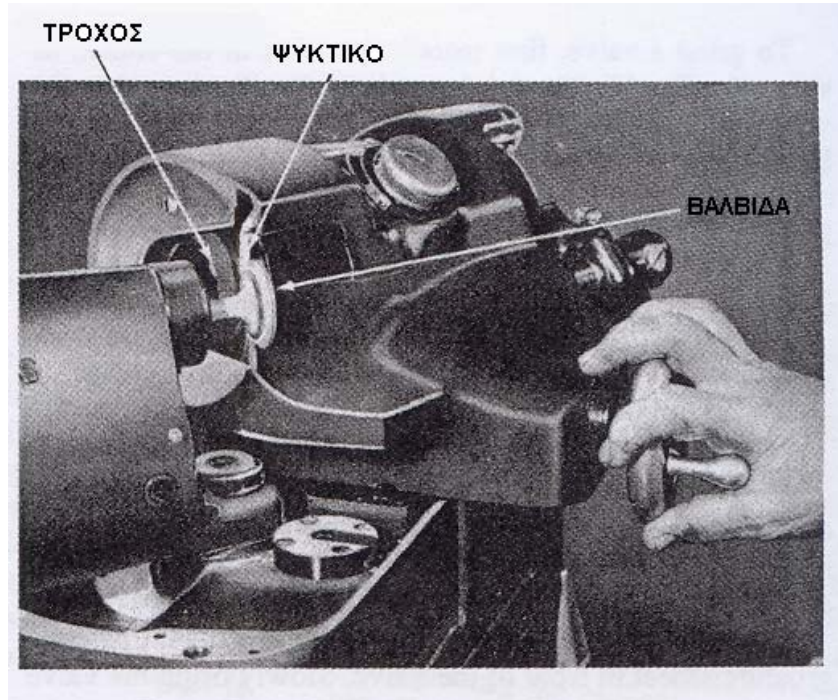
Τα πτερύγια ψύξης των κυλίνδρων παρουσιάζουν πολλές φορές ρωγμές, οι οποίες θα πρέπει να επισκευάζονται. Οι ρωγμές αρχικά εξαλείφονται με αφαίρεση υλικού. Εφόσον η νέα «γεωμετρία» του πτερυγίου δεν επηρεάζει σημαντικά την ψύξη του κυλίνδρου, η επισκευή ολοκληρώνεται με την επεξεργασία της κατεργασμένης επιφάνειας, έτσι ώστε όλες οι οξείες ακμές που δημιουργούνται να μετατραπούν σε «καμπύλες» (αυτό γίνεται για την αποφυγή έναρξης νέων ρωγμών). Σε αντίθετη περίπτωση, είναι απαραίτητη η αποκατάσταση της γεωμετρίας του πτερυγίου με συγκόλληση. Η αρχική μορφή της συγκολλημένης περιοχής αποκαθίσταται μηχανουργικά. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, η επισκευή συγκόλλησης πραγματοποιείται σε εξουσιοδοτημένα από τον κατασκευαστή κέντρα επισκευών. Σημειώνεται τέλος, ότι σε περίπτωση εκτεταμένων ρωγμών στα πτερύγια ψύξης, ο κύλινδρος απορρίπτεται ως μη επισκευάσιμος.

Άλλες επισκευές συντήρησης των κυλίνδρων περιλαμβάνουν αντικατάσταση των δακτυλίων (bushings) των αξόνων των ζυγών (κοκκοράκια) και / ή των οδηγών των βαλβίδων. Πρόκειται για περιπτώσεις σφιχτών ανοχών (tight fit), όπου απαιτείται η χρήση ειδικών εργαλείων και η ψύξη – θέρμανση των δύο κομματιών. Έτσι κατά την αλλαγή ενός οδηγού βαλβίδας, θερμαίνεται αρχικά ο κύλινδρος, ο οποίος διαστέλλεται, ενώ το ειδικό εργαλείο, το οποίο έχει ψυχθεί προηγουμένως, ψύχει με τη σειρά του τον οδηγό, ο οποίος συστέλλεται, επιτρέποντας έτσι την αφαίρεσή του.

Οι βαλβίδες και οι έδρες των βαλβίδων αποκαθίστανται με μηχανουργική κατεργασία: συνήθως με την χρήση τροχού (Σχήμα 2.25) για ατσάλινες έδρες και βαλβίδες, ή με την χρήση κοπτικού για μπρούτζινες έδρες. Στόχος της κατεργασίας είναι η εξασφάλιση της καλής επαφής μεταξύ της έδρας και της αντίστοιχης βαλβίδας. Η τελική επιθεώρηση περιλαμβάνει μέτρηση της κυκλικότητας (circular runout – συνήθως θα πρέπει να είναι μικρότερη των 0.003in.) και της επιφάνειας επαφής μεταξύ της έδρας και της βαλβίδας. Η

πρώτη μέτρηση γίνεται με ειδικό ενδείκτη (dial indicator), ενώ η δεύτερη επιθεώρηση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ειδικό έγχρωμο υγρό.

Αφαίρεση μπουζονιών και αποκατάσταση σπειρωμάτων με την χρήση helicoil χρησιμοποιούνται επίσης εκτεταμένα κατά τη συντήρηση των κυλίνδρων.



Σχήμα 2.25 Λείανση εδρών βαλβίδας

### 2.5.5 Έμβολα

Τα έμβολα συνήθως αντικαθίστανται κατά τη διάρκεια της γενικής επισκευής. Είναι όμως πιθανόν, ένα έμβολο να επαναχρησιμοποιηθεί, εφόσον έχει λίγες ώρες λειτουργίας και είναι εντός των διαστατικών ορίων του κατασκευαστή.

Κατά την αντικατάσταση των εμβόλων, είναι σημαντικό να επιβεβαιώνεται, ότι η προκύπτουσα διαφορά βάρους είναι εντός των ορίων του κατασκευαστή.

### 2.5.6 Σύστημα ανάφλεξης

Η συντριπτική πλειοψηφία των αεροπορικών εμβολοφόρων κινητήρων χρησιμοποιεί σύστημα ανάφλεξης με μανιατό (σπινθηροπαραγωγό). Οι βασικές αρχές λειτουργίας του συστήματος ανάφλεξης έχουν παρουσιαστεί στους «Κινητήρες Αεροσκαφών Ι».

Τα μανιατό απαιτούν συνήθως επιθεώρηση, η οποία συμπίπτει με τη γενική επισκευή του κινητήρα. Η διαδικασία της επιθεώρησης και επισκευής είναι πολύπλοκη, απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και εξειδικευμένο προσωπικό.

Κατά τη γενική επισκευή ενός μανιατό, απαιτείται συνήθως η αντικατάσταση εξαρτημάτων, όπως οι πλατίνες (breaker points), ο πυκνωτής (capacitor), τα έδρανα και ο διανομέας (distributor block and rotor) (όπως φυσικά και τα εξαρτήματα «100%» - τσιμούχες, ασφάλειες, στεγανοποιητικά, κλπ.)

Ελέγχεται το περίβλημα του μανιατό (magneto case) για πιθανές ρωγμές (κυρίως οι επιφάνειες ανάρτησης, οι στηρίξεις των εδράνων, περιοχές γύρω από σπειρώματα, κλπ.). Περίβλημα με ρωγμές δεν μπορεί να γίνει αποδεκτό για περαιτέρω χρήση και συνήθως αντικαθίσταται. Μια ελαφρά διάβρωση του μπορεί συνήθως να καθαρισθεί με κάποια κατάλληλη μέθοδο. Εντονότερη διάβρωση είναι αιτία απόρριψης του περιβλήματος.

Ελέγχεται επίσης η ισχύς του μαγνήτη και μπορεί να πραγματοποιηθεί επαναμαγνητισμός, αν αυτό κριθεί απαραίτητο.

Τα γρανάζια του διανομέα (distributor drive gear assemblies) ελέγχονται για φθορές, ρωγμές και σπασμένα δόντια. Τα έδρανα και οι άξονες συνήθως αντικαθίστανται.

Απαιτείται έλεγχος συνέχειας στο πηνίο του μανιατό, ενώ οι πλατίνες αντικαθίστανται.

Βασική διαδικασία ρύθμισης, μετά τη συναρμολόγηση του μανιατό, είναι ο εσωτερικός χρονισμός: το κύριο γρανάζι του μανιατό θα πρέπει να χρονισθεί με το στροφέα του διανομέα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η παροχή τάσης στην σωστή επαφή του διανομέα, στη χρονική στιγμή που απαιτείται. Η διαδικασία του εσωτερικού χρονισμού εξαρτάται από τον τύπο του μανιατό. Είναι λοιπόν απαραίτητο να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Η δοκιμή του μανιατό πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εσωτερικού χρονισμού και απαιτεί ειδικό δοκιμαστήριο (Σχήμα 2.26). Το δοκιμαστήριο θα πρέπει να περιλαμβάνει γεννήτρια μεταβλητών στροφών, ταχύμετρο και «περιοχή παραγωγής σπινθήρων».

Η τοποθέτηση των μανιατό στον κινητήρα απαιτεί τον χρονισμό των μανιατό με τον κινητήρα. Η διαδικασία γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα, ο συγχρονισμός της ανάφλεξης, μπορεί να είναι συγχρονισμένος (synchronized ignition timing) ή μετατοπισμένος (staggered ignition timing). Στην πρώτη περίπτωση, τα μανιατό παράγουν



σπινθήρες και στα δύο μπουζί του κυλίνδρου ταυτόχρονα. Στη δεύτερη περίπτωση, το μπουζί που βρίσκεται πιο κοντά στην εξαγωγή παράγει πρώτο σπινθήρα, ακολουθούμενο από το δεύτερο.



**Σχήμα 2.26 Δοκιμαστήριο μανιατό**

### 2.5.7 Σύστημα καυσίμου

Το κυριότερο τμήμα του συστήματος καυσίμου σε έναν εμβολοφόρο αεροπορικό κινητήρα είναι το καρμπυρατέρ, το οποίο μετράει και προωθεί το καύσιμο που απαιτείται σε κάθε κύλινδρο. Είναι επίσης πιθανό το σύστημα καυσίμου να περιλαμβάνει αντλίες καυσίμου και / ή βαλβίδες ελέγχου ή παράκαμψης.

Αν και συνήθως δεν υπάρχουν σαφή χρονικά όρια για τη γενική επισκευή των καρμπυρατέρ, αποτελεί συνήθη πρακτική, να πραγματοποιείται παράλληλα με τη γενική επισκευή του κινητήρα. Μετά την πλήρη αποσυναρμολόγηση του καρμπυρατέρ, τα εξαρτήματα καθαρίζονται και ελέγχονται.

Διαπιστώνεται η γενική κατάσταση κάθε εξαρτήματος (ρωγμές, λυγισμός, χαλασμένα σπειρώματα, κλπ.). Σε ορισμένα κύρια υποσυγκροτήματα γίνεται εκτεταμένος διαστατικός έλεγχος (ανοχές, διάκενα). Επιθεωρούνται επίσης τα μεγέθη των ακροφυσίων μέτρησης (metering jets). Ένας συνηθισμένος τρόπος επαλήθευσης του μεγέθους του ακροφυσίου είναι με την χρήση τρυπανιού του αντίστοιχου μεγέθους: εάν η βάση του τρυπανιού μπαίνει εύκολα στο ακροφύσιο, χωρίς μεγάλο παίξιμο, τότε τα μεγέθη τρυπανιού και

ακροφυσίου βρίσκονται σε αντιστοιχία<sup>1</sup> (Σχήμα 2.27). Τα ακροφύσια πρέπει να είναι σε πολύ καλή κατάσταση: αμυχές, αποφλοιώσεις, ή άλλα εμπόδια στη διαδρομή του καυσίμου είναι αιτίες που οδηγούν στην απόρριψη του ακροφυσίου.

Οι επισκευές που μπορούν να πραγματοποιηθούν στο καρμπυρατέρ, εξαρτώνται από τον κατασκευαστή. Μία τυπική επισκευή αφορά την αποκατάσταση διαρροής στον πλωτήρα. Ο πλωτήρας κατασκευάζεται συνήθως από φύλλα λαμαρίνας (από ορείχαλκο). Απαιτείται καλή αποστράγγιση του καυσίμου από το εξάρτημα, πριν την προσπάθεια αποκατάστασης της βλάβης. Για το λόγο αυτό ανοίγεται μια μικρή τρύπα στον πλωτήρα και απομακρύνεται όλη η ποσότητα καυσίμου, που έχει πιθανόν εγκλωβισθεί. Η αποκατάσταση των διαρροών γίνεται με κασσιτεροκόλληση (soldering), χωρίς να εκτίθεται ο πλωτήρας απευθείας σε φλόγα. Μετά το τέλος της επισκευής ελέγχεται το βάρος του πλωτήρα, μια και αποτελεί σημαντική παράμετρο σωστής λειτουργίας του καρμπυρατέρ.



**Σχήμα 2.27 Έλεγχος διαμέτρου ακροφυσίου**

Η (συνήθως μπρούτζινη) έδρα της βελονοειδούς βαλβίδας του πλωτήρα (float needle valve seat) χρειάζεται σε αρκετές περιπτώσεις αντικατάσταση, μια και φθείρεται από την ατσάλινη βαλβίδα. Κακή λειτουργία της βαλβίδας γίνεται συνήθως αντιληπτή από υπερχειλίση της δεξαμενής του πλωτήρα.

---

<sup>1</sup> Το μέγεθος του ακροφυσίου είναι συνήθως χαραγμένο στο σώμα του και / ή δίνεται στο εγχειρίδιο της γενικής επισκευής του καρμπυρατέρ.



Ο έλεγχος του επιπέδου του καυσίμου στη δεξαμενή του πλωτήρα γίνεται με την παροχή καυσίμου, μέχρι το σημείο πλήρωσης της λεκάνης (κλείσιμο της βελονοειδούς βαλβίδας), όπου ελέγχεται η απόσταση της επιφάνειας του καυσίμου από την επιφάνεια αναφοράς του καρμπυρατέρ. Σημειώνεται ότι ο ακριβής τρόπος ελέγχου εξαρτάται από τον τύπο του καρμπυρατέρ.

Ένα τυπικό σύστημα καυσίμου εμβολοφόρου αεροπορικού κινητήρα περιλαμβάνει ακόμη τις δεξαμενές καυσίμου, αντλίες καυσίμου (αν πρόκειται για σύστημα υπό πίεση), φίλτρα, βαλβίδες και σωληνώσεις. Η συντήρηση των βαλβίδων και αντλιών καθορίζεται πάντα από τους κατασκευαστές. Σχετικά με τα φίλτρα και τις σωληνώσεις, έχει ήδη γίνει αναφορά στις μεθόδους επιθεώρησης στην §2.2.

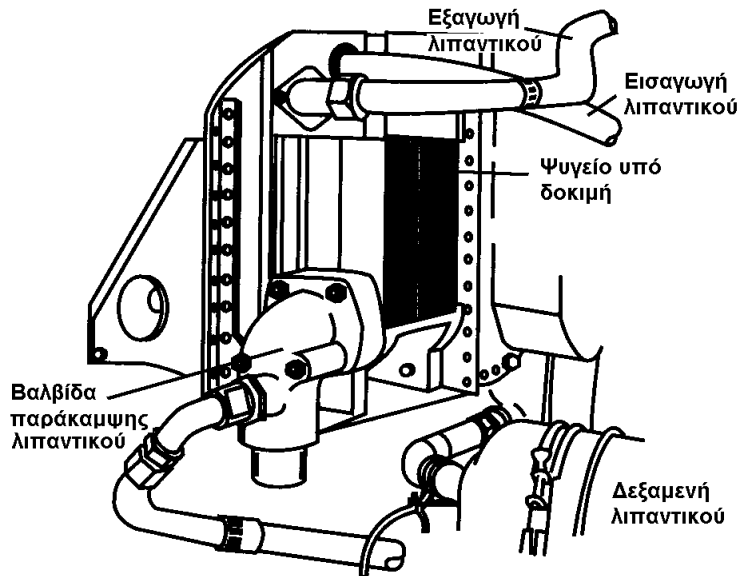
### 2.5.8 Σύστημα λίπανσης

Βασική διαδικασία συντήρησης, αναφορικά με το σύστημα λίπανσης είναι φυσικά η τακτική αλλαγή του λιπαντικού και του φίλτρου (αναφερθήκαμε ήδη στην §2.2.3). Το παλιό λιπαντικό είναι πιθανόν να προσφέρει πολλές και σημαντικές πληροφορίες, όσον αφορά την κατάσταση του κινητήρα. Οι φθορές των διαφόρων εξαρτημάτων, έχουν αρκετές φορές ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρινισμάτων, τα οποία καταλήγουν στο σύστημα λίπανσης και συνήθως παγιδεύονται στο φίλτρο λαδιού, ή στο διάφραγμα λαδιού (oil screen), εάν υπάρχει. Έτσι, η ανίχνευση, π.χ., ρινισμάτων από μαγνητιζόμενο υλικό αποτελεί ένδειξη φθοράς των δακτυλίων των εμβόλων, ενώ ρινίσματα από μη μαγνητιζόμενο υλικό υποδηλώνει κάποια φθορά στα κύρια έδρανα. Συστηματική παρακολούθηση της κατάστασης του κινητήρα γίνεται συνήθως μέσα από το **Πρόγραμμα Φασματοσκοπικής Ανάλυσης Λιπαντικού (Spectrometric Oil Analysis Program – S.O.A.P.)**: Ανά τακτά διαστήματα, δείγμα λιπαντικού από τον κινητήρα αποστέλλεται στο εργαστήριο για ανάλυση. Η ανάλυση περιέχει το υλικό των σωματιδίων που ανιχνεύθηκαν και πιθανή προέλευσή τους. Απότομη αύξηση κάποιων από τα σωματίδια (σε σχέση με παλαιότερες μετρήσεις) αποτελεί συνήθως ασφαλή ένδειξη κάποιας επικείμενης αστοχίας και λειτουργεί προληπτικά με ιδιαίτερος θετικά αποτελέσματα.

Η δεξαμενή λαδιού αφαιρείται, όταν είναι απαραίτητο, για καθαρισμό και πιθανές επισκευές.

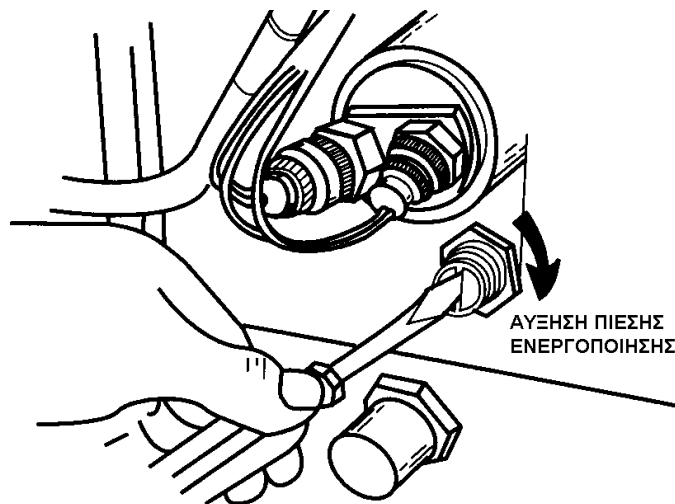
Το ψυγείο του λαδιού αφαιρείται συνήθως κατά τη διάρκεια της γενικής επισκευής. Η επιθεώρηση μπορεί να ανιχνεύσει ρωγμές ή / και διαρροές. Η συνήθης επισκευή που εφαρμόζεται είναι συγκόλληση ή κασσιτεροκόλληση. Πριν από την επανεγκατάσταση του ψυγείου, ελέγχεται η επιτυχία των

επισκευών με δοκιμή, όπου επιδιώκεται ο εντοπισμός τυχόν διαρροών, όταν το εξάρτημα λειτουργεί υπό πίεση (Σχήμα 2.28).



**Σχήμα 2.28 Σύνδεση ψυγείου λιπαντικού σε δοκιμαστήριο για τον εντοπισμό τυχόν διαρροών**

Η ρύθμιση της ανακουφιστικής βαλβίδας του συστήματος λίπανσης είναι από τις ενέργειες που πραγματοποιούνται κατά τη συντήρηση του κινητήρα (Σχήμα 2.29).



**Σχήμα 2.29 Ρύθμιση ανακουφιστικής βαλβίδας συστήματος λίπανσης**

### 2.5.9 Σύστημα ψύξης

Η επιθεώρηση των αεροδυναμικών καλυμμάτων (cowlings) εντοπίζει ρωγμές, αμυχές, ενδείξεις διάβρωσης και ελέγχει τη στιβαρότητα της στήριξής τους. Ανεξάρτητα από το είδος της επισκευής που προτείνεται από τον κατασκευαστή, το κύριο ζητούμενο είναι η αποκατάσταση της αεροδυναμικής μορφής των καλυμμάτων και φυσικά η ασφαλής τοποθέτησή τους στον κινητήρα.

Οι κινητές θυρίδες ψύξης (cowl flaps) επιθεωρούνται για τυχόν ρωγμές και ελευθερία κίνησής τους μεταξύ των θέσεων «ανοικτό» και «κλειστό».

Στην §2.5.4 αναφερθήκαμε στην επιθεώρηση των πτερυγίων ψύξης στους κυλίνδρους και μεθόδους επισκευής των.

Συνηθισμένη μέθοδος για την επισκευή διαχωριστικών ελασμάτων και εκτροπέων είναι η διάνοιξη μικρών οπών για την ανακοπή της περαιτέρω επέκτασης μικρών ρωγμών.

### 2.5.10 Σύστημα υπερπλήρωσης

Η επιθεώρηση του συστήματος υπερσυμπίεσης έχει στόχο να εντοπίσει διαρροές, ρωγμές, χαλαρές συνδέσεις και γενικώς οτιδήποτε ξεφεύγει από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Ιδιαίτερα οι περιοχές υψηλών θερμοκρασιών (τουρμπίνες, θυρίδες και αγωγοί εξαγωγής, κλπ.) είναι εξαιρετικά ευαίσθητες σε ρωγματώσεις, εξαιτίας των συστολών-διαστολών στις οποίες υπόκεινται τα υλικά κατασκευής τους.

Η γενική επισκευή και δοκιμή αποδοχής των υπερσυμπιεστών πραγματοποιείται σε εξειδικευμένα κέντρα. Αξίζει να υπογραμμισθούν οι μεγάλες απαιτήσεις ακρίβειας για τη ζυγοστάθμιση των στροφίων, τα οποία περιστρέφονται με υψηλές ταχύτητες (τυπικά γύρω στις 40000RPM - στροφές ανά λεπτό) και ως εκ τούτου έστω και μικρή αζυγοσταθμία μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα κραδασμών.

### 2.5.11 Σύστημα εκκίνησης

Βασικό στοιχείο του συστήματος εκκίνησης, αποτελεί συνήθως ο ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος. Οι εργασίες συντήρησης αφορούν τόσο το ηλεκτρικό όσο και το μηχανικό μέρος του εκκινητήρα. Περιλαμβάνουν επιθεώρηση και αλλαγή (εφόσον είναι απαραίτητο) καλωδιώσεων, επιθεώρηση του μετατροπέα εναλλασσομένου ρεύματος (κομιτατέρ), επιθεώρηση και λίπανση γραναζιών, κλπ.

### **2.5.12 Λειτουργικός έλεγχος (δοκιμή) κινητήρα**

Η τελική αποδοχή κινητήρα μετά από διαδικασία γενικής επισκευής (αλλά και σε περιπτώσεις εκτεταμένων αλλαγών) πραγματοποιείται με τη δοκιμή του κινητήρα σε δοκιμαστήριο (Σχήμα 2.30). Η δοκιμή επιτρέπει την αξιολόγηση των επιδόσεων του επισκευασμένου κινητήρα, αλλά και την πραγματοποίηση απαραίτητων διαδικασιών, όπως η καλή προσαρμογή των δακτυλίων των εμβόλων (piston ring seating) και το «γυάλισμα» των εδράνων (bearing burnishing).



**Σχήμα 2.30** Δοκιμαστήριο εμβολοφόρων κινητήρων και αίθουσα ελέγχου

Το δοκιμαστήριο είναι απαραίτητα εξοπλισμένο με όργανα για την μέτρηση θερμοκρασιών, πιέσεων, στροφών κλπ., αλλά και με όργανα ελέγχου της λειτουργίας του κινητήρα, όπως μανέτες, βαλβίδες, διακόπτες, κλπ. Η δοκιμή γίνεται πάντα σύμφωνα με τις οδηγίες και τα όρια αποδοχής του κατασκευαστή, οι οποίες περιλαμβάνονται σε ειδικά εγχειρίδια δοκιμής του κινητήρα.

Σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται δοκιμή του κινητήρα επί του σκάφους (run-up), η οποία πραγματοποιείται από πιστοποιημένο τεχνικό συντήρησης.

### **2.6 Διαδικασίες αντικατάστασης εμβολοφόρων κινητήρων**

Η αφαίρεση του κινητήρα από το αεροσκάφος είναι μια χρονοβόρα και πολύπλοκη διαδικασία που εκτελείται για διάφορους τεχνικούς λόγους αλλά πρωτίστως όταν η βλάβη που παρουσιάζεται δεν μπορεί να επισκευαστεί με τον κινητήρα πάνω στο σκάφος.

Τις περισσότερες φορές ο κινητήρας που αφαιρείται αντικαθίσταται από άλλον αν πρόκειται για βλάβη ή ακόμα κι αν πρόκειται για προγραμματισμένη συντήρηση του κινητήρα, γιατί συνήθως η περίοδος προγραμματισμένης συντήρησης ενός σκάφους δεν συμπίπτει πάντοτε με αυτή του κινητήρα.

### 2.6.1 Αίτια αντικατάστασης εμβολοφόρου κινητήρα

Οι λόγοι που αντικαθιστούμε έναν κινητήρα από το αεροσκάφος είναι οι ακόλουθοι:

- Η συμπλήρωση των ωρών λειτουργίας που προβλέπει ο κατασκευαστής πέρα των οποίων απαιτείται γενική επιθεώρηση και επισκευή ή αλλαγή των ελαττωματικών εξαρτημάτων του. Πρόκειται για τη συνηθέστερη αιτία αφαίρεσης κινητήρα.

- Η δραστική μείωση της απόδοσης του κινητήρα πέρα κάποιων προδιαγεγραμμένων ορίων από τον κατασκευαστή.

- Μεγάλη περιεκτικότητα σε μεταλλικά ρινίσματα στον ανιχνευτή ρινισμάτων, (chip detector) που βρίσκεται συνήθως στη γραμμή επιστροφής του συστήματος λίπανσης. Ένα τέτοιο εύρημα είναι εμφανής ένδειξη φθοράς πέρα των επιτρεπόμενων ορίων ή ακόμη και αστοχίας, όπως για παράδειγμα αστοχία τριβέα ή αστοχία γραναζιού.

- Βίαιο σταμάτημα του κινητήρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι στροφές του κινητήρα πέφτουν αμέσως στο μηδέν σε λιγότερη από μια περιστροφή του άξονά του. Οι πιο συνηθισμένες αιτίες είναι αστοχία διωστήρα, ή πρόσκρουση του έλικα σε κάποιο αντικείμενο, όπως κάποιο από τα φώτα του αεροδιαδρόμου, ένας εργαλιοφορέας ή άλλο αεροσκάφος. Σε μια τέτοια περίπτωση η αδράνεια των κινουμένων μερών του κινητήρα είναι μεγάλη, λόγω της ταχύτητας περιστροφής και της μάζας τους και έχει σαν συνέπεια τη δημιουργία κρουστικών φορτίων πάνω τους. Τα φορτία αυτά προκαλούν θραύση στα δόντια των γραναζιών χρονισμού του εκκεντροφόρου, λυγισμό ή ακόμη και θραύση του στροφαλοφόρου άξονα και ζημιά στους τριβείς του. Στην παραπάνω περίπτωση η διαδικασία συντήρησης του κατασκευαστή προβλέπει αποσυναρμολόγηση του κινητήρα και επιθεώρηση του.

Για οποιαδήποτε από τις παραπάνω περιπτώσεις, πριν προχωρήσει κάποιος σε αφαίρεση κινητήρα από το σκάφος, θα πρέπει να συμβουλευτεί τα τεχνικά εγχειρίδια του κατασκευαστή.

### 2.6.2 Οργάνωση αφαίρεσης –τοποθέτησης εμβολοφόρου κινητήρα

Οι διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν για την αφαίρεση και τοποθέτηση ενός κινητήρα εξαρτώνται από τον τύπο του κινητήρα και φυσικά από τον τύπο του αεροσκάφους στο οποίο είναι τοποθετημένος. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες των τεχνικών εγχειριδίων του κατασκευαστή για τον τύπο του κινητήρα πριν προβεί κάποιος σε εργασίες αφαίρεσής του. Θα πρέπει επίσης τα άτομα που θα

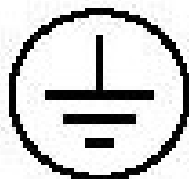
εμπλακούν, να έχουν το κατάλληλο πιστοποιητικό σε ισχύ για τον τύπο του κινητήρα.

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε σε γενικές διαδικασίες αφαίρεσης, οι οποίες ακολουθούνται σε κάθε τύπο κινητήρα. Για διαδικασίες που αφορούν συγκεκριμένο τύπο αεροσκάφους θα πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες που αναφέρονται στα τεχνικά εγχειρίδια του κατασκευαστή.

### **2.6.2.1 Προετοιμασία αφαίρεσης κινητήρα**

Για την αφαίρεση ενός κινητήρα ακολουθούνται οι διαδικασίες που αναγράφονται στο πλάνο συντήρησης που έχει εκδοθεί από την υπηρεσία τεχνικού προγραμματισμού όπως αναφέρθηκε παραπάνω (§2.4.3). Το πλάνο αυτό περιλαμβάνει τα βήματα που ακολουθούνται κατά σειρά για τη διεξαγωγή των εργασιών αυτών. Ειδικότερες πληροφορίες για τις διαδικασίες αυτές αναγράφονται στην σχετική τεχνική βιβλιογραφία, όπου και αναφέρονται οι τεχνικοί κατά τη διάρκεια εκτέλεσής τους. Στη συνέχεια περιγράφονται οι γενικές εργασίες προετοιμασίας αφαίρεσης των εμβολοφόρων κινητήρων.

Αρχικά τοποθετείται το αεροσκάφος στο υπόστεγο σε σημείο που δεν θα χρειαστεί να μετακινηθεί για το χρονικό διάστημα της αφαίρεσης και επανατοποθέτησης του κινητήρα και τοποθετούνται τάκοι στους τροχούς των κύριων σκελών. **Η πρώτη εργασία που πρέπει να γίνεται μετά τη στάθμευση του σκάφους στο υπόστεγο ή στην πίστα, είναι η γείωσή του με τα κατάλληλα σημεία γείωσης που βρίσκονται στο δάπεδο του υποστέγου (Σχήμα 2.31)**. Με αυτό τον τρόπο τα φορτία που αναπτύσσονται πάνω στο σκάφος, από την τριβή του με τον αέρα κατά την πτήση, περνούν στο έδαφος και αποφεύγεται ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας και ανάφλεξης από σπινθηρισμούς.



**Σχήμα 2.31 Σύμβολο γείωσης που χρησιμοποιείται για τη σήμανση των σημείων γείωσης σε δάπεδο υποστέγου και πίστας**

Οι εργασίες αφαίρεσης και γενικότερα η πρόσβαση στον κινητήρα, σε όλα σχεδόν τα αεροσκάφη, ιδιαίτερα δε στα υψηλοπτέρυγα, όπως για παράδειγμα το CANADAIR CL-215 και το ATR-72, απαιτούν την τοποθέτηση κατάλληλων κλιμάκων και υποστηλωμάτων.

Κατάλληλη υποστήριξη του ουραίου τμήματος του αεροσκάφους είναι απαραίτητη στα ελαφρά μονοκινητήρια αεροσκάφη με ριναίο σκέλος, αφού χωρίς τον κινητήρα, το βάρος του ουραίου τμήματος τείνει να το παρασύρει στο έδαφος. Επιπλέον οι αποσβεστήρες του ριναίου σκέλους χρειάζονται εκτόνωση, δηλαδή αφαίρεση του αερίου που περιέχουν (συνήθως άζωτο) για να αποφευχθούν ζημιές στον κινητήρα και στο σκάφος καθώς η πίεση του αερίου που περιέχουν τείνει να τους εκτείνει κατά την αφαίρεση του κινητήρα.

Κατά την προετοιμασία αφαίρεσης του κινητήρα θα πρέπει επίσης να είναι διαθέσιμος ο κατάλληλος τύπος γερανού (φορητός ή μόνιμα εγκατεστημένος στο υπόστεγο συντήρησης ανάλογα με το μέγεθος του σκάφους) (Σχήμα 2.32) καθώς και ο βραχίονας ανάρτησης του κινητήρα.



**Σχήμα 2.32 Γερανός ανύψωσης**

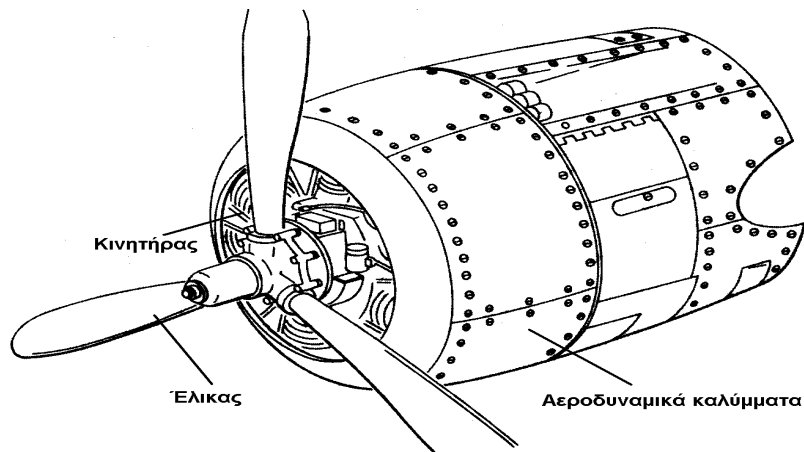
#### **2.6.2.2 Διαδικασία αφαίρεσης**

Η διαδικασία αφαίρεσης ενός εμβολοφόρου κινητήρα περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες:

- 1) Διακοπή παροχής ρεύματος και καυσίμου.*

Πριν την έναρξη της εργασίας στον κινητήρα θα πρέπει το σύστημα ανάφλεξης να είναι κλειστό (θέση OFF). Επίσης, ιδιαίτερα σε μικρούς κινητήρες, η αφαίρεση ενός σπινθηριστή από κάθε κύλινδρο μπορεί να βοηθήσει τη διαδικασία αφαίρεσης του έλικα. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η ανάκρουση του έλικα κατά την περιστροφή της, καθώς και ο κίνδυνος εκκίνησης του κινητήρα γυρίζοντάς την. Η βαλβίδα επιλογής καυσίμου (selector valve) πρέπει επίσης να είναι κλειστή για την διακοπή παροχής καυσίμου από τις δεξαμενές του σκάφους. Οι βαλβίδες αυτές είναι

χειροκίνητες ή ηλεκτροκίνητες. Οι ηλεκτροκίνητες βαλβίδες χρειάζονται παροχή ρεύματος από τις μπαταρίες του σκάφους για να λειτουργήσουν, και συνεπώς η παροχή του ρεύματος θα πρέπει να διακοπεί αφού εξασφαλίσουμε το κλείσιμο όλων των βαλβίδων καυσίμου. Στη συνέχεια η μπαταρία (ή μπαταρίες) του σκάφους θα πρέπει να αποσυνδέονται από το ηλεκτρικό κύκλωμα για την αποφυγή σπινθηρισμών. Αν το αεροσκάφος παραμείνει για αρκετές ημέρες καθηλωμένο για εργασίες συντήρησης του κινητήρα, τότε μπορεί να χρειαστεί συντήρηση και επαναφόρτιση η μπαταρία.



**Σχήμα 2.33 Αστεροειδής εμβολοφόρος κινητήρας με τα αεροδυναμικά καλύμματα**

*2) Αφαίρεση των αεροδυναμικών καλυμμάτων*

Η αφαίρεση των αεροδυναμικών καλυμμάτων (cowlings) είναι απαραίτητη για την αφαίρεσή του κινητήρα, για λόγους πρόσβασης στα σημεία ανάρτησής του στο σκάφος και για να πραγματοποιήσουμε τις κατάλληλες αποσυνδέσεις των συστημάτων του κινητήρα από το σκάφος. Σε αντίθεση με την επιθεώρηση, για την αφαίρεση ενός κινητήρα είναι αναγκαία η αφαίρεση όλων των αεροδυναμικών καλυμμάτων του. Στο Σχήμα 2.33 φαίνεται ένας αστεροειδής εμβολοφόρος κινητήρας με τα αεροδυναμικά καλύμματα πάνω στον κινητήρα, ενώ στο Σχήμα 2.34 μπορούμε να διακρίνουμε κινητήρα χωρίς αεροδυναμικά καλύμματα και έλικα. Αφού αφαιρεθούν τα καλύμματα του κινητήρα καθαρίζονται, επιθεωρούνται για ύπαρξη ρωγμών και επισκευάζονται ανάλογα με τα ευρήματα.

*3) Αποστράγγιση συστήματος καυσίμου και λίπανσης.*

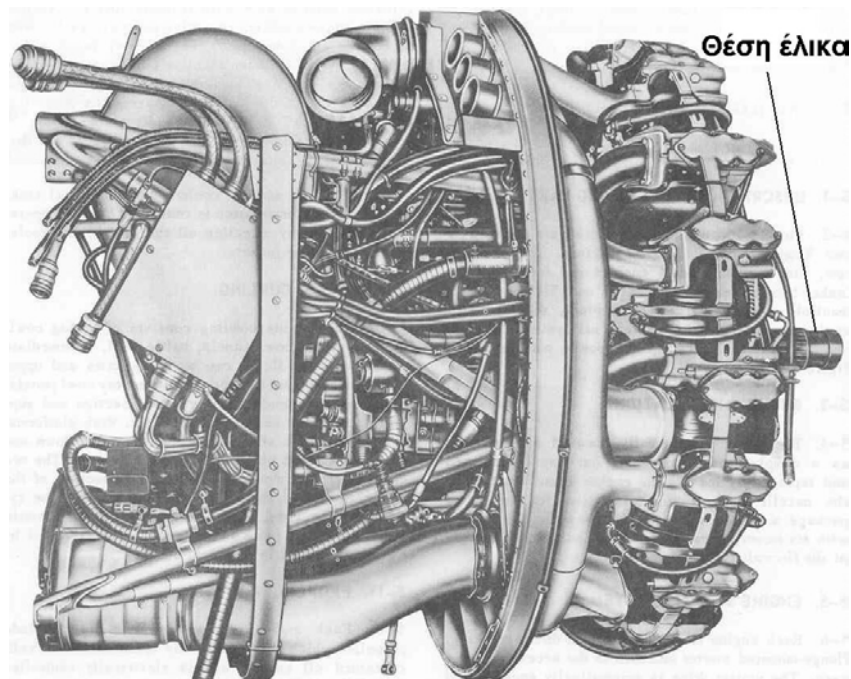
Η αποστράγγιση του καυσίμου και του λιπαντικού από τον κινητήρα γίνεται για λόγους ασφαλείας (πρόληψη πυρκαγιάς και τοξικών αναθυμιάσεων) κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησής του, αλλά και προς αποφυγή



διαρροών κατά την αποσυναρμολόγηση, ειδικά του λιπαντικού το οποίο υπάρχει και σε μεγαλύτερη ποσότητα στον κινητήρα.

Προτού προχωρήσει κάποιος σε οποιαδήποτε εργασία σχετική με το σύστημα καυσίμου, θα πρέπει να λάβει όλα τα σχετικά μέτρα ασφαλείας για εργασία με εύφλεκτα υλικά. Οι εργασίες θα πρέπει να γίνουν σε καλά αεριζόμενο χώρο και έχοντας διαθέσιμο τον κατάλληλο τύπο πυροσβεστήρα (τύπος πυροσβεστήρα για καύσιμα). Το καύσιμο αφαιρείται από την αντίστοιχη βαλβίδα αποστράγγισης που βρίσκεται στο φίλτρο καυσίμου στον αναμεικτήρα και από τις σωληνώσεις καυσίμου του αναμεικτήρα.

Η αποστράγγιση του συστήματος λίπανσης γίνεται από τις βαλβίδες αποστράγγισης (drain plugs) που βρίσκονται στην κυστίδα ελαίου του κινητήρα. Βαλβίδες αποστράγγισης μπορεί επίσης να υπάρχουν, ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα, στο ψυγείο ελαίου, στη γραμμή επιστροφής και στο φίλτρο ελαίου.



**Σχήμα 2.34 Αστεροειδής εμβολοφόρος κινητήρας χωρίς αεροδυναμικά καλύματα**

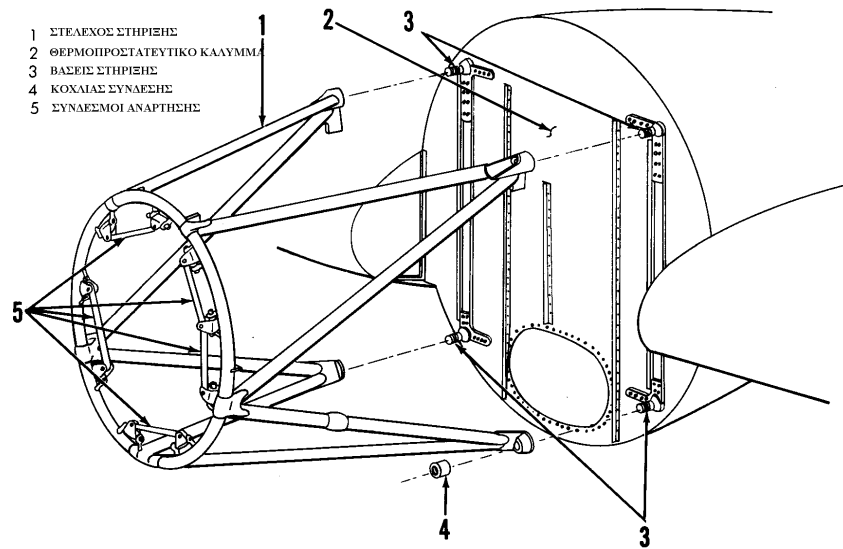
#### 4) Αφαίρεση του έλικα

Η αφαίρεση του έλικα είναι μια σχετικά απλή διαδικασία, όταν πρόκειται να αφαιρέσουμε κινητήρα από ελαφρύ μονοκινητήριο, ή δικινητήριο αεροσκάφος που διαθέτει έλικα σταθερού βήματος. Αν πρόκειται για μεγάλο έλικα μεταβλητού βήματος, τότε είναι απαραίτητη η χρήση κατάλληλου

βραχίονα ανάρτησης, του κατασκευαστή, γερανού για την ανύψωσή του και κλίνης για την τοποθέτηση του έλικα μετά την αφαίρεσή του.

- 5) Αποσύνδεση σωληνώσεων των συστημάτων λίπανσης καυσίμου και υδραυλικού.

Το επόμενο στάδιο μετά την αποστράγγιση του συστήματος καυσίμου και ελαίου και την αφαίρεση του έλικα είναι η αποσύνδεση των σωληνώσεων του κινητήρα από τα σημεία προσαρμογής τους με το σκάφος. Συνήθως το σημείο αυτό είναι το διαχωριστικό θερμοπροστατευτικό τοίχωμα που διαχωρίζει τον κινητήρα από το σκάφος (Σχήμα 2.35). Σε αυτό το τοίχωμα βρίσκονται και τα σημεία ανάρτησης της βάσης του κινητήρα (Σχήμα 2.35) στη δομή του αεροσκάφους.



**Σχήμα 2.35 Βάση στήριξης του κινητήρα στην πτέρυγα**

Πολλές από τις συνδέσεις αυτές γίνονται με χρήση συνδέσμων ταχείας σύνδεσης (quick-disconnect fittings) οι οποίοι έχουν ενσωματωμένη βαλβίδα για την αποφυγή διαρροής κατά την αποσύνδεση τους.

- 6) Λοιπές αποσυνδέσεις

Οι υπόλοιπες αποσυνδέσεις που χρειάζεται να πραγματοποιηθούν κατά την αφαίρεση του κινητήρα, κοινές για τους περισσότερους εμβολοφόρους κινητήρες, είναι οι ακόλουθες:

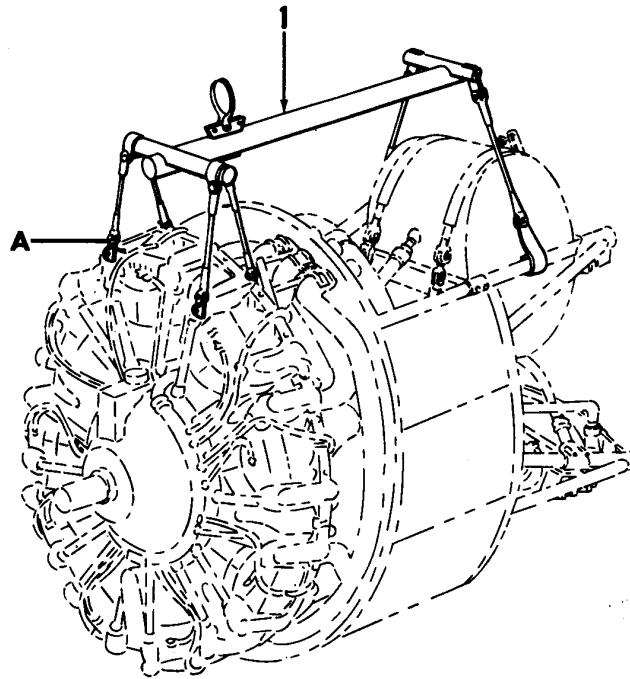
1. Η σωλήνα αναθυμιάσεων καυσίμου
2. Τα σημεία ανάρτησης του κινητήρα
3. Η σωλήνωση του συστήματος πυρόσβεσης

4. Η γραμμή ένδειξη πίεσης εισαγωγής καυσίμου (manifold pressure)
5. Η γραμμή ένδειξης πίεσης ελαίου
6. Η γραμμή παροχής καυσίμου στο θερμαντήρα καυσίμου
7. Η γραμμή ένδειξης πίεσης καυσίμου
8. Η γραμμή ένδειξης θερμοκρασίας κεφαλής κυλίνδρου
9. Η σωλήνα παροχής καυσίμου
10. Ο σύνδεσμος συστήματος ανάφλεξης
11. Η γραμμή συστήματος αποπαγοποίησης (de-icing)
12. Γραμμή αναθυμιάσεων στροφαλοθαλάμου
13. Η σύνδεση ράβδου ελέγχου υπερσυμπιεστή
14. Η σύνδεση ράβδων μανέτας (throttle) και ελέγχου μείγματος
15. Η αποσύνδεση των αγωγών του συστήματος εισαγωγής και εξαγωγής του κινητήρα

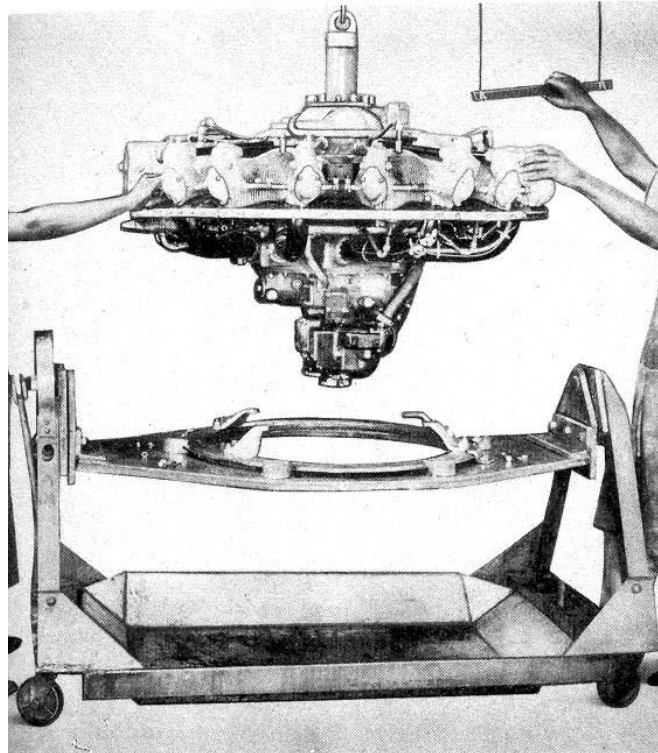
7) *Προσαρμογή του εξοπλισμού ανάρτησης (engine sling) στα σημεία ανάρτησης του κινητήρα*

Αφού τελειώσουν όλες οι αποσυνδέσεις, ο κινητήρας είναι έτοιμος προς τοποθέτηση στο βραχίονα ανάρτησης. Η χρήση του βραχίονα ανάρτησης για την αφαίρεση ενός κινητήρα είναι απαραίτητη για την προσαρμογή του κινητήρα στο γερανό ανύψωσης (αφού ο κινητήρας έχει περισσότερα από ένα σημεία στήριξης) και για την εξισορρόπησή του για λόγους ευκολίας αποσύνδεσης, από τα σημεία ανάρτησής του στο σκάφος. Επίσης χρησιμεύει και για την αποφυγή ζημιών στο σκάφος και στον ίδιο τον κινητήρα κατά τη διαδικασία της αφαίρεσης, από ανεξέλεγκτες μετακινήσεις του κινητήρα. Για λόγους ασφαλείας, τόσο ο βραχίονας ανάρτησης όσο και ο γερανός θα πρέπει να επιθεωρούνται περιοδικά, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και να μην χρησιμοποιούνται αν έχει παρέλθει η αναγραφόμενη ημερομηνία επιθεώρησής τους (Σχήμα 2.36).

Πριν την αφαίρεση του κινητήρα, θα πρέπει να είναι γνωστό, αν χρειάζεται να γίνει η αφαίρεσή του, με ή χωρίς τη βάση του. Η αφαίρεση μαζί με τη βάση γίνεται όταν απαιτείται η αντικατάσταση με άλλον κινητήρα να γίνει άμεσα για να αποδεσμευτεί το αεροσκάφος, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο χρόνο. Στην περίπτωση που θα πραγματοποιηθεί γενική επισκευή και στο αεροσκάφος, ο κινητήρας αφαιρείται χωρίς τη βάση του.



Σχήμα 2.36 Προσαρμογή του βραχίονα ανάρτησης στον κινητήρα και τη βάση του



Σχήμα 2.37 Κλίση τοποθέτησης κινητήρα για την αποσυναρμολόγησή του.

- 8) *Ανάρτηση του κινητήρα στο γερανό από το βραχίονα ανάρτησης και τοποθέτηση του στην κλίνη.*

Αφού προσαρμοστεί ο βραχίονας ανάρτησης στον κινητήρα ανυψώνεται από το γερανό ο οποίος μπορεί να είναι φορητός ή σταθερός γερανός υποστέγου, ανάλογα με τον τύπο του σκάφους και το βάρος του κινητήρα. Ο κινητήρας αρχικά ανυψώνεται ελάχιστα, μέχρι να αναλάβει το βάρος του ο γερανός, όπου και είναι πλέον ασφαλές να αφαιρεθούν οι κοχλίες που συγκρατούν τη βάση του κινητήρα στο σκάφος (Σχήμα 2.35, λεπτομέρεια 3 και 4). Μετά από έναν τελευταίο έλεγχο, για το αν έχουν γίνει όλες οι αποσυνδέσεις, ο κινητήρας ανυψώνεται και τοποθετείται στην κατάλληλη κλίνη, όπου και θα αρχίσει η αποσυναρμολόγησή του (Σχήμα 2.37).

### **2.6.3 Τεχνικά έντυπα αντικατάστασης εμβολοφόρου κινητήρα**

Όλες οι εκτεταμένες επεμβάσεις και επισκευές στον κινητήρα πρέπει να καταγράφονται, στο **έντυπο εκτεταμένων επισκευών και τροποποιήσεων** (Σχήμα 2.38).

Το έντυπο αυτό εκδίδεται σε δύο αντίτυπα και αφού συμπληρωθεί κατάλληλα από τον υπεύθυνο συντήρησης το πρωτότυπο πηγαίνει στον ιδιοκτήτη του σκάφους, ο οποίος θα πρέπει να το διατηρήσει για έναν τουλάχιστον χρόνο, ενώ το αντίγραφο πρέπει εντός 48 ωρών από τη στιγμή που το σκάφος επιστρέφει σε υπηρεσία να αποσταλεί στην Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας.

Το έντυπο αυτό περιλαμβάνει πληροφορίες όπως:

1. Τα στοιχεία του αεροσκάφους όπως τον κατασκευαστή, το μοντέλο, τον αριθμό σειράς του (Serial Number) και τη χώρα νηολόγησης του.
2. Τα στοιχεία του ιδιοκτήτη όπως επωνυμία και διεύθυνση
3. Τα στοιχεία του κινητήρα όπως τον κατασκευαστή, το μοντέλο και τον αριθμό σειράς του.
4. Τα στοιχεία των ανθρώπων όπως τεχνικών και επιθεωρητών που πραγματοποίησαν τις επισκευές και έκριναν κατάλληλο τον κινητήρα να επιστρέψει σε υπηρεσία. Σε αυτό το σημείο του εντύπου επίσης περιλαμβάνονται η ημερομηνία έγκρισης, ο αριθμός του πιστοποιητικού και η υπογραφή του υπεύθυνου που ενέκρινε τον κινητήρα για επιστροφή σε υπηρεσία.

5. Τέλος στην πίσω όψη του εντύπου εκτεταμένων επισκευών και τροποποιήσεων υπάρχει ο απαραίτητος χώρος για την περιγραφή των εργασιών που επιτελέστηκαν.

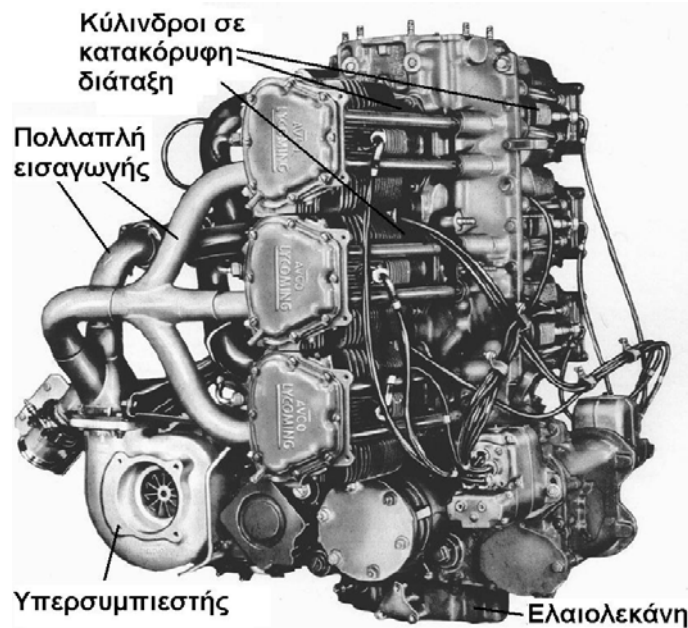
DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION				Form Approved Budget Bureau No. 04-R060.1	
MAJOR REPAIR AND ALTERATION (Airframe, Powerplant, Propeller, or Appliance)				FOR FAA USE ONLY (GAI) OFFICE IDENTIFICATION 2-2-11	
INSTRUCTIONS: Print or type all entries. See FAR 43.9, FAR 43 Appendix B, and AC 43.9-1 (or subsequent revision thereof) for instructions and disposition of this form.					
1. AIRCRAFT	MAKE	MODEL		NATIONALITY AND REGISTRATION MARK	
	SERIAL NO.				
2. OWNER	NAME (As shown on registration certificate)			ADDRESS (As shown on registration certificate)	
	3. FOR FAA USE ONLY				
4. UNIT IDENTIFICATION					
UNIT	MAKE	MODEL	SERIAL NO.	5. TYPE	
AIRFRAME	***** (As described in item 1 above)*****			REPAIR	ALTERATION
POWERPLANT					
PROPELLER					
APPLIANCE	TYPE				
	MANUFACTURER				
6. CONFORMITY STATEMENT					
A. AGENCY'S NAME AND ADDRESS		B. KIND OF AGENCY		C. CERTIFICATE NO.	
		U.S. CERTIFICATED MECHANIC			
		FOREIGN CERTIFICATED MECHANIC			
		CERTIFICATED REPAIR STATION			
		MANUFACTURER			
D. I certify that the repair and/or alteration made to the unit(s) identified in item 4 above and described on the reverse or attachments hereto have been made in accordance with the requirements of Part 43 of the U.S. Federal Aviation Regulations and that the information furnished herein is true and correct to the best of my knowledge.					
DATE		SIGNATURE OF AUTHORIZED INDIVIDUAL			
7. APPROVAL FOR RETURN TO SERVICE					
Pursuant to the authority given persons specified below, the unit identified in item 4 was inspected in the manner prescribed by the Administrator of the Federal Aviation Administration and is <input type="checkbox"/> APPROVED <input type="checkbox"/> REJECTED					
BY	FAA FLT. STANDARDS INSPECTOR	MANUFACTURER	INSPECTION AUTHORIZATION	OTHER (Specify)	
	FAA DESIGNEE	REPAIR STATION	CANADIAN DEPARTMENT OF TRANSPORT INSPECTOR OF AIRCRAFT		
DATE OF APPROVAL OR REJECTION		CERTIFICATE OR DESIGNATION NO.	SIGNATURE OF AUTHORIZED INDIVIDUAL		

Σχήμα 2.38 Έντυπο εκτεταμένων επισκευών και τροποποιήσεων

2.7 Εμβολοφόροι κινητήρες ελικοπτέρων

Οι εμβολοφόροι κινητήρες που χρησιμοποιούνται για την πρόωση ελικοπτέρων (ή αεροσκαφών περιστροφόμενης πτέρυγας) δε διαφέρουν σημαντικά από αυτούς των αεροπλάνων (ή αεροσκαφών σταθερής πτέρυγας), όσον αφορά τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά και την

τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην κατασκευή τους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εμβολοφόρων κινητήρων που χρησιμοποιούνται σε ελικόπτερα βασίζονται σε αντίστοιχο κινητήρα αεροσκάφους, όπως για παράδειγμα ο Anco Lycoming TVO 435, ένας κινητήρας ευρείας χρήσης σε αεροπλάνα και ελικόπτερα. Ο τύπος κινητήρα που χρησιμοποιείται στην πλειοψηφία των ελικοπτέρων που χρησιμοποιούν εμβολοφόρο κινητήρα είναι αυτός των αντίθετων εμβόλων (Σχήμα 2.39).



Σχήμα 2.39 Εμβολοφόρος κινητήρας ελικοπτέρου

Τα στοιχεία εκείνα που διαφοροποιούν έναν εμβολοφόρο κινητήρα ελικοπτέρου από τον αντίστοιχο κινητήρα αεροσκάφους έχουν να κάνουν με τη θέση και την διάταξη του κινητήρα στο σκάφος, καθώς επίσης και με τα επιμέρους συστήματα του ελικοπτέρου που απαιτούν την υποστήριξη του κινητήρα, όπως το κιβώτιο μετάδοσης ισχύος του κύριου και του ουραίου στροφείου και το σύστημα ψύξης που απαιτεί ένας κινητήρας ελικοπτέρου. Ας δούμε πιο αναλυτικά τα παραπάνω χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τις δύο κατηγορίες κινητήρων.

### 2.7.1 Μετάδοση κίνησης και τοποθέτηση των εμβολοφόρων κινητήρων ελικοπτέρων

Η θέση του κινητήρα πάνω σε ένα αεροσκάφος και συνεπώς η μετάδοση κίνησης στο σύστημα πρόωσης έχει άμεση σχέση με τις δυνάμεις που ωθούν και διατηρούν ένα αεροσκάφος σε πτήση.

Οι εμβολοφόροι κινητήρες των αεροπλάνων ανεξάρτητα με το αν τοποθετούνται στην άτρακτο του αεροπλάνου (όπως στην περίπτωση της

πλειονότητας των ελαφρών μονοκινητήριων αεροσκαφών), ή στις πτέρυγες είναι πάντοτε σε παράλληλη διεύθυνση με αυτή του διαμήκη άξονα του αεροπλάνου. Ο έλικας τοποθετείται στην προέκταση του άξονα του κινητήρα (ή σε μερικές περιπτώσεις πάνω στον άξονα) παράγοντας ώση στη διεύθυνση του διαμήκη άξονα του αεροπλάνου.

**Οι εμβολοφόροι κινητήρες των ελικοπτέρων, σε αντίθεση με αυτούς ενός αεροπλάνου, δεν συνδέονται απ' ευθείας με τον έλικα και επιπλέον τοποθετούνται κάτω από το κύριο στροφείο τους. Οι λόγοι για τους οποίους αυτό συμβαίνει περιγράφονται παρακάτω.**

### **2.7.1.1 Ταχύτητα περιστροφής έλικας.**

Η μέγιστη ταχύτητα περιστροφής του έλικα των περισσότερων ελικοπτέρων με εμβολοφόρο κινητήρα, δεν μπορεί να ξεπεράσει τις 300 με 400 στροφές ανά λεπτό για λόγους δομικής αντοχής (και άρα βάρους κατασκευής), αλλά και για λόγους αεροδυναμικής απόδοσης του έλικα. Στην περίπτωση που ο έλικας περιστραφεί με μεγαλύτερη ταχύτητα, τα ακροπερυγιά του φθάνουν σε υπερηχητική ταχύτητα, με συνέπεια την κατακόρυφη μείωση της απόδοσής του, καθώς αυξάνεται δραστικά η οπισθέλκουσα της πτέρυγας. Από την άλλη μεριά ένας εμβολοφόρος κινητήρας αποδίδει τη μέγιστη ισχύ του σε υψηλότερες στροφές (ενδεικτικά 2400-2600 rpm). Για τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιείται κιβώτιο υποπολλαπλασιασμού στροφών (ή κιβώτιο μετάδοσης ισχύος) μεταξύ του κινητήρα και του συγκροτήματος του κύριου στροφείου (Σχήμα 2.40).



**Σχήμα 2.40 Κιβώτιο υποπολλαπλασιασμού στροφών κύριου και ουραίου στροφείου**

### **2.7.1.2 Μετάδοση κίνησης στο ουραίο στροφείο.**

Για λόγους ευστάθειας του ελικοπτέρου κατά τον κατακόρυφο άξονά του, είναι αναγκαία η χρήση του ουραίου στροφείου, το οποίο αντισταθμίζει την τάση που έχει το ελικόπτερο να περιστραφεί αντίθετα από τη φορά



περιστροφής του κύριου στροφείου του. Το ουραίο στροφείο παίρνει επίσης κίνηση από το κιβώτιο υποπολλαπλασιασμού στροφών του στροφείου.

### **2.7.1.3 Παρεμβολή συστήματος αλλαγής βήματος του έλικα**

Ένας επιπλέον λόγος, για τον οποίο δεν έχουμε άμεση σύνδεση του έλικα με τον κινητήρα, είναι η ύπαρξη του μηχανισμού αλλαγής βήματος του έλικα. Ο μηχανισμός αυτός τοποθετείται μεταξύ του κιβώτιου μετάδοσης ισχύος και του κύριου στροφείου και έχει σαν σκοπό την αλλαγή της γωνίας προσβολής του έλικα του κύριου στροφείου, ανάλογα με την απαίτηση για παραγωγή άντωσης από τον χειριστή.

### **2.7.1.4 Ανάγκη ύπαρξης συστήματος σύμπλεξης /αποσύμπλεξης**

Το σύστημα σύμπλεξης / αποσύμπλεξης (clutch - Σχήμα 2.41) του κινητήρα από τα στροφεία του ελικοπτέρου είναι απαραίτητο για την εκκίνηση του κινητήρα. Το μικρότερο δυνατό φορτίο κατά την εκκίνηση του κινητήρα είναι απαραίτητο για να πετύχουμε ικανοποιητικό αριθμό στροφών και συνεπώς επιτυχή εκκίνηση. Σε κάθε άλλη περίπτωση θα χρειάζονταν πολύ μεγαλύτερος εκκινητής, άρα και συσσωρευτής και συνεπώς το βάρος του σκάφους θα αυξανόταν. Επιπρόσθετα, με την χρήση του συστήματος αυτού αποφεύγεται η απότομη μετάδοση φορτίων στο στροφείο και η καταπόνηση και φθορά των εξαρτημάτων του. Το σύστημα αυτό είναι μέρος του συστήματος μετάδοσης ισχύος.

Το σύστημα σύμπλεξης / αποσύμπλεξης είναι επίσης απαραίτητο σε ένα ελικόπτερο για λόγους ασφαλείας. Σε περίπτωση αστοχίας του κινητήρα, ο χειριστής αποσυμπλέκει τον κινητήρα από το υπόλοιπο σύστημα μετάδοσης, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο την ελεύθερη περιστροφή (αυτοπεριστροφή ή autorotation) του έλικα, καθώς το ελικόπτερο χάνει ύψος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειωθεί η ταχύτητα πτώσης του ελικοπτέρου να προσεδαφιστεί με ασφάλεια.

### **2.7.1.5 Θέση και διάταξη εμβολοφόρου κινητήρα στο ελικόπτερο**

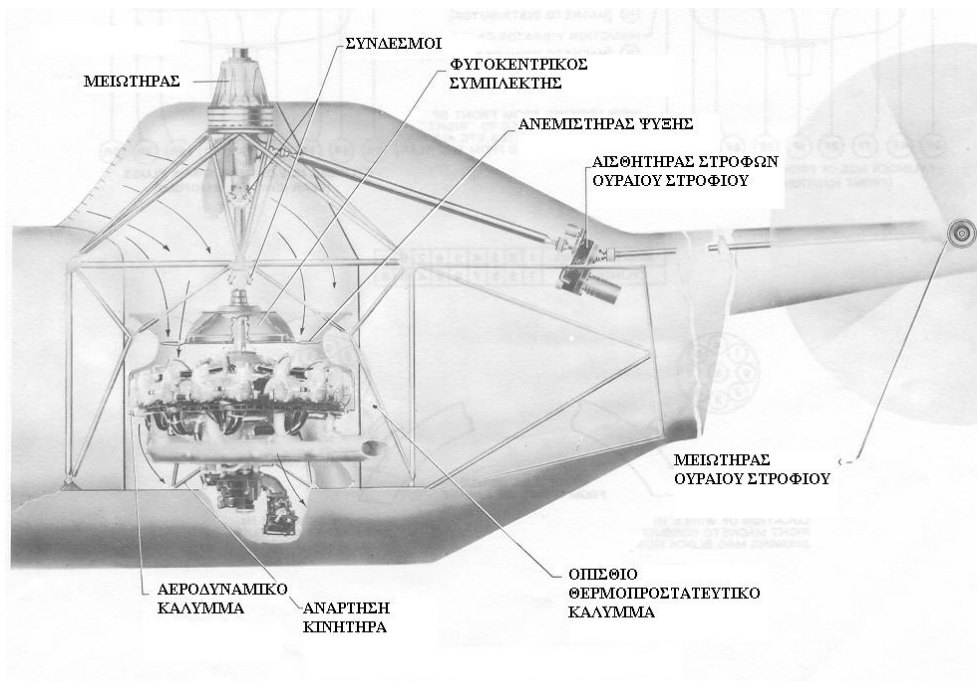
Η θέση του κινητήρα όσον αφορά την πλειοψηφία των ελικοπτέρων που χρησιμοποιούν εμβολοφόρους κινητήρες για την πρόωσή τους, είναι πίσω από το θάλαμο διακυβέρνησης (cockpit) του ελικοπτέρου (Σχήμα 2.41). Οι βασικότεροι λόγοι που τοποθετείται σε αυτό το σημείο είναι οι εξής:

- Για λόγους απλούστευσης της κατασκευής και μείωσης βάρους. Η μείωση της διαδρομής του άξονα μετάδοσης κίνησης συνεπάγεται και μικρότερο βάρος, αλλά και λιγότερους κραδασμούς και καταπόνηση της δομής του ελικοπτέρου.

- Για λόγους ευστάθειας και ευελιξίας του ελικοπτέρου, το κέντρο βάρους του πρέπει να είναι κοντά στο σημείο που εφαρμόζεται η άντωση από το στροφέιο του.

Η διάταξη του κινητήρα στην πλειοψηφία των σύγχρονων ελικοπτέρων που χρησιμοποιούν εμβολοφόρους κινητήρες είναι κάθετη. Αυτό σημαίνει ότι ο κινητήρας τοποθετείται παράλληλα με τον άξονα του στροφείου για λόγους μείωσης της διαδρομής του άξονα μετάδοσης κίνησης, αλλά και μείωσης του βάρους του ελικοπτέρου.

Η διαφορά που έχουν οι κινητήρες κάθετης διάταξης από αυτούς με οριζόντια, εστιάζεται στο σύστημα λίπανσης και στη διαμόρφωση της κυστίδας ελαίου (ή κάρτερ - oil sump), η οποία πρέπει πάντοτε να βρίσκεται στο κατώτατο σημείο του κινητήρα.

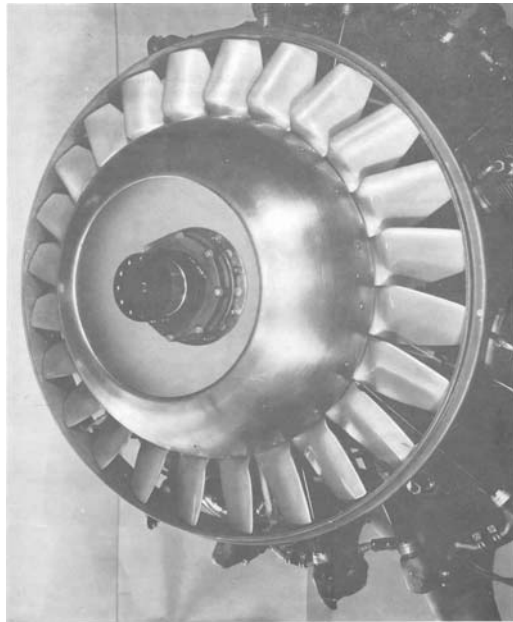


**Σχήμα 2.41 Εγκατάσταση ακτινικού εμβολοφόρου κινητήρα σε ελικόπτερο**

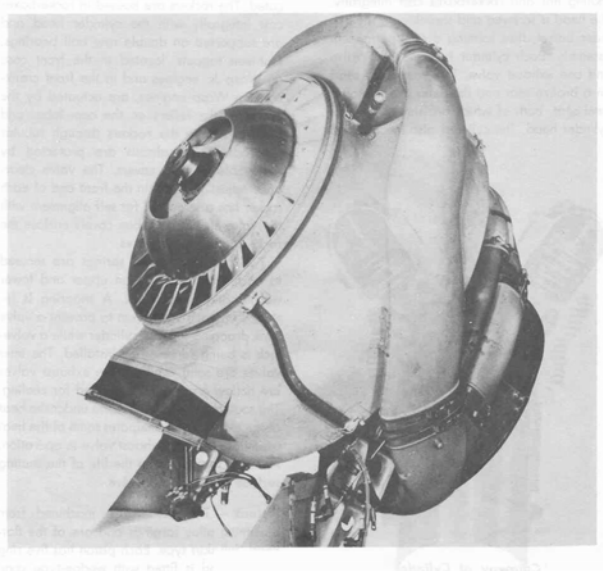
### 2.7.1.6 Σύστημα ψύξης

Η θέση του κινητήρα στο ελικόπτερο, πίσω από το θάλαμο διακυβέρνησης, δεν δημιουργεί τις καλύτερες προϋποθέσεις για την ψύξη του, μιας και ο κινητήρας δεν βρίσκεται στο ελεύθερο ρεύμα αέρος κατά την πτήση του όπως σε ένα αεροπλάνο. Γι'αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η χρήση συστήματος ψύξης. Η ψύξη πραγματοποιείται με τη βοήθεια ανεμιστήρα που οδηγείται από τον άξονα του κινητήρα (Σχήμα 2.42). Ο αέρας ψύξης κατευθύνεται προς τον κινητήρα και γύρω από τους κυλίνδρους, με τη

βοήθεια αεροδυναμικών καλυμμάτων (Σχήμα 2.43) που περιβάλλουν εξωτερικά τους κυλίνδρους. Σημειώνεται ότι, σε αντίθεση με τους κινητήρες αεροσκαφών όπου τα αεροδυναμικά καλύμματα χρησιμοποιούνται και για λόγους αεροδυναμικής εκτός αυτού της ψύξης, στα ελικόπτερα τα αεροδυναμικά καλύμματα στον κινητήρα χρησιμοποιούνται μόνο για λόγους ψύξης.



**Σχήμα 2.42** Ανεμιστήρας ψύξης ακτινικού εμβολοφόρου κινητήρα ελικοπτήρου



**Σχήμα 2.43** Σύστημα ψύξης ακτινικού εμβολοφόρου κινητήρα ελικοπτήρου

## 2.8 *Ισχύς – απόδοση - επιδόσεις εμβολοφόρου αεροπορικού κινητήρα*

### 2.8.1 Γενικά

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε πως μπορούμε να απεικονίσουμε και να υπολογίσουμε το έργο που παράγεται από μια θερμική μηχανή και κατ'επέκταση από έναν εμβολοφόρο κινητήρα, χρησιμοποιώντας τον θερμοδυναμικό κύκλο που εκτελεί. Γνωρίζοντας επίσης τον θερμοδυναμικό κύκλο μπορούμε να υπολογίσουμε την θερμική απόδοση ενός κινητήρα.

Οι παράμετροι του έργου και της απόδοσης δεν είναι όμως αρκετοί για να μπορέσουμε να χαρακτηρίσουμε πλήρως την ικανότητα ενός κινητήρα να παράγει έργο και αυτό γιατί δε μας δίνουν ένα μέτρο του χρόνου στον οποίο μπορεί να παραχθεί αυτό το έργο. Ο χρόνος κατά τον οποίο ένας κινητήρας παράγει μια δεδομένη ποσότητα έργου είναι μια σημαντική παράμετρος όσον αφορά τον χαρακτηρισμό ενός κινητήρα για τις δυνατότητες του και την επιλογή του για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Αυτή η παράμετρος ονομάζεται **ισχύς του κινητήρα** και ορίζεται ως ακολούθως:

*Η ποσότητα του έργου που παράγεται σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα από έναν κινητήρα ορίζεται ως η **ισχύς** του.*

Η **ισχύς**  $P$  δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$P = \frac{W}{t} \quad (2-1)$$

όπου **W**: η ποσότητα του έργου που παράγεται σε **Joule**

**t** : ο χρόνος στον οποίο παράγει το έργο σε δευτερόλεπτα, **s**

Η μονάδα ισχύος στο σύστημα **S.I.**, ονομάζεται **Watt** (Joule/s), ενώ μια μονάδα που χρησιμοποιείται επίσης ευρέως είναι η **ιπποδύναμη**, (horsepower, **hp**).

Ο ορισμός του ίππου οφείλεται στον **James Watt**, εφευρέτη της ατμομηχανής, ο οποίος βρήκε πειραματικά ότι ένα άλογο μπορούσε να παράγει έργο ίσο με **33000 ft.lb** ανά λεπτό για εύλογο χρονικό διάστημα (όπου **ft** το πόδι και **lb** η λίμπρα, είναι οι μονάδες μέτρησης μήκους και δύναμης αντίστοιχα στο αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδων).

Στο αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδων ο ίππος ορίζεται ως εξής:

$$1\text{hp} = 33000\text{ft lb/min} = 550\text{ft lb/s} \quad (2-2)$$

Η αντιστοιχία hp και Watt είναι η ακόλουθη:

$$1\text{hp} = 746\text{W} = 0.746\text{kW} \quad (2-3)$$

### 2.8.2 Είδη ισχύος και διαδικασίες μέτρησης αυτών

Η ενέργεια που παρέχουμε σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα μέσω του καυσίμου δεν μετατρέπεται εξολοκλήρου σε προωθητικό έργο από τον έλικά του, λόγω απωλειών κατά τη διαδικασία μετατροπής της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε έργο. Κάθε ποσό ενέργειας που δεν μετατρέπεται σε χρήσιμο έργο στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας αντιπροσωπεύει και ένα μέρος της συνολικής ισχύος που αναπτύσσει ο κινητήρας. Ανάλογα με τον τρόπο που μετράμε την ισχύ ενός κινητήρα και τις απώλειες ισχύος που αυτός έχει, διακρίνουμε τα ακόλουθα είδη ισχύος:

1. Ενδεικνυόμενη ισχύς
2. Ισχύς απωλειών
3. Ισχύς πέδης

Τα είδη ισχύος και οι διαδικασίες μέτρησης τους παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

#### 2.8.2.1 Ενδεικνυόμενη ισχύς

**Ενδεικνυόμενη ισχύ** (indicated horsepower, IHP) ορίζουμε τη συνολική ισχύ που αναπτύσσει ένας εμβολοφόρος κινητήρας. Η ισχύς αυτή αντιπροσωπεύει το ποσοστό της θερμικής ενέργειας που περιέχει το καύσιμο το οποίο μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια. Η μηχανική αυτή ενέργεια αναφέρεται και ως συνολική:

- Ένα μικρό ποσοστό της καταναλώνεται μέσα στον ίδιο τον κινητήρα κατά τη λειτουργία του, δίνοντας κίνηση στα παρελκόμενά του και στα εσωτερικά κινούμενα μέρη του.
- Το υπόλοιπο ποσοστό μεταφέρεται στον άξονα του έλικα.

Η ενδεικνυόμενη ισχύς ενός κινητήρα μπορεί να υπολογιστεί αν γνωρίζουμε κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του, όπως τη διάμετρο και τον αριθμό των εμβόλων του, τον εμβολισμό του και τη μέση πίεση που αναπτύσσεται μέσα στον κύλινδρο κατά τη λειτουργία του κινητήρα.

Η ενδεικνυόμενη ισχύς σε ίππους (hp) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$IHP = \frac{P \cdot L \cdot A \cdot N \cdot K}{33000} \quad (2-4)$$

όπου P: η μέση ενδεικνύομενη πίεση<sup>1</sup> του κυλίνδρου (indicating mean effective pressure, IMEP) σε psi

L: το μήκος της διαδρομής του εμβόλου σε ft

A: η επιφάνεια της κεφαλής του εμβόλου σε in<sup>2</sup>

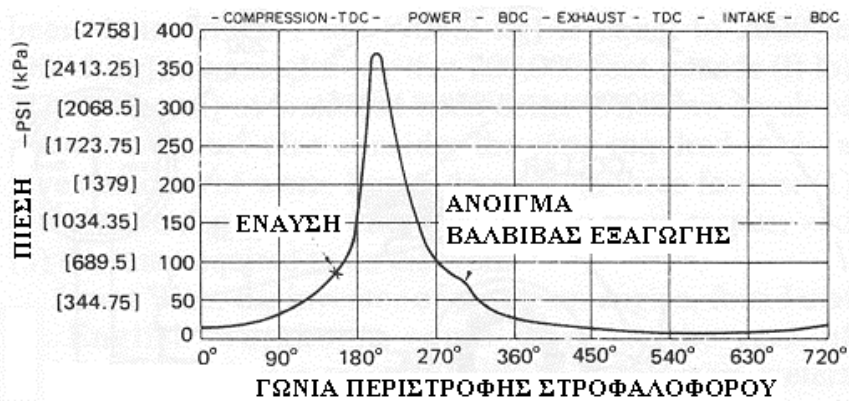
N: ο αριθμός των κύκλων λειτουργίας ανά λεπτό, ο οποίος ισούται με τον αριθμό στροφών ανά λεπτό (rpm) για δίχρονους κινητήρες, ή με το μισό των αριθμών στροφών για τετράχρονους

K: ο αριθμός των κυλίνδρων του κινητήρα<sup>2</sup>

Αριθμητική εφαρμογή: Υπολογισμός ενδεικνύομενης ισχύος.

Ένας εξακύλινδρος αεροπορικός κινητήρας με επιφάνεια κεφαλής και μήκος διαδρομής εμβόλου 20in<sup>2</sup> και 5in, αντίστοιχα, περιστρέφεται με 2750rpm, ενώ η μετρούμενη IMEP είναι ίση με 125psi. Η ενδεικνύομενη ισχύς του κινητήρα είναι:

$$IHP = \frac{125 \cdot 5 / 12 \cdot 20 \cdot 2750 / 2 \cdot 6}{33000} = 260.42hp = 194.27kW$$



**Σχήμα 2.44 Διάγραμμα της πίεσης που αναπτύσσεται στον κύλινδρο στη διάρκεια ενός κύκλου**

Η μέση ενδεικνύομενη πίεση κυλίνδρου χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ισχύος, η οποία έχει άμεση σχέση με τη δύναμη που ασκούν τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση του μείγματος πάνω στο έμβολο.

<sup>1</sup> Εάν η μέση ενδεικνύομενη πίεση εξασκηθεί σταθερά κατά τον χρόνο της εκτόνωσης, θα αποδώσει το ίδιο έργο που αποδίδει η πραγματική πίεση στον ίδιο χρόνο.

<sup>2</sup> Εάν για τα μεγέθη P, L, A & N χρησιμοποιηθούν μονάδες S.I. το γινόμενο PLANK παρέχει την ενδεικνύομενη ισχύ σε Watt.

Η δύναμη αυτή δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται, καθώς η πίεση μέσα στον κύλινδρο είναι μέγιστη για ένα χρονικό διάστημα λίγο μετά την ανάφλεξη του μείγματος, μειώνεται κατά τη φάση της εκτόνωσής του και σχεδόν μηδενίζεται κατά τη φάση της εξαγωγής (Σχήμα 2.44)

Η πίεση αυτή μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια ενός οργάνου μέτρησης πίεσης, παρόμοιου με αυτού που μετράμε τη συμπίεση των κυλίνδρων, ή με πιο τεχνολογικά εξελιγμένους τρόπους, όπως με πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες πίεσης, οι οποίοι δίνουν ενδείξεις μεγαλύτερης ακρίβειας.

### 2.8.2.2 Ισχύς απωλειών

Ένα ποσό του έργου που παράγεται σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα καταναλώνεται για να υπερνικηθούν οι τριβές και οι δυνάμεις στις οποίες υπόκεινται τα λειτουργικά μέρη του κινητήρα καθώς και τα παρελκόμενά του. Οι μεγαλύτερες απώλειες σε ισχύ οφείλονται:

- Στις τριβές των ελατηρίων των εμβόλων με τα τοιχώματα των κυλίνδρων
- Στις τριβές των κωδάκων των εκκεντροφόρων αξόνων με τους ζυγούς (κοκοράκια) των βαλβίδων που δημιουργούνται από τις δυνάμεις που ασκούν τα ελατήρια των βαλβίδων στα κοκοράκια.
- Στα παρελκόμενα, όπως αντλίες καυσίμου και ελαίου, η γεννήτρια και ο υπερπληρωτής

Το σύνολο των παραπάνω απωλειών ορίζεται ως **ισχύς απωλειών** ή **ισχύς τριβών (friction horsepower, FHP)**.

Η απωλεσθείσα ισχύς ενός κινητήρα μπορεί να μετρηθεί με κατάλληλη συσκευή η οποία χρησιμοποιεί έναν βαθμονομημένο ηλεκτροκινητήρα, δηλαδή έναν κινητήρα για τον οποίο έχει μετρηθεί η ισχύς που παράγει, για την αντίστοιχη ποσότητα ρεύματος που καταναλώνει. Ο κινητήρας προσαρμόζεται στη συσκευή και ο άξονάς του περιστρέφεται από τον ηλεκτροκινητήρα στο εύρος στροφών λειτουργίας του πρώτου. Με αυτό τον τρόπο η αντίσταση που προβάλλει στην περιστροφή του ο κινητήρας μεταφράζεται σε έργο που πρέπει να παράγει ο ηλεκτροκινητήρας για να τον περιστρέψει και συνεπώς σε ένταση ρεύματος που καταναλώνει. Από τη στιγμή που γνωρίζουμε την ισχύ που παράγει ο ηλεκτροκινητήρας, για αντίστοιχη ένταση που καταναλώνει μπορούμε να προσδιορίσουμε την απωλεσθείσα ισχύ του κινητήρα.

### **2.8.2.3 Ισχύς πέδης**

**Ισχύς πέδης (brake horsepower, BHP)** ονομάζεται η πραγματική ισχύς που αναπτύσσει ένας εμβολοφόρος κινητήρας στον άξονά του και είναι η καθαρή ισχύς που φτάνει στον έλικα και παράγει ωφέλιμο έργο. Η ισχύς πέδης είναι ίση με τη διαφορά της ενδεικνυόμενης ισχύος και της απωλεσθείσας ισχύος.

Η σχέση που συσχετίζει τα παραπάνω είδη ισχύος είναι η ακόλουθη:

$$\mathbf{BHP = IHP - FHP}$$

Η ονομασία της προέρχεται από τον τρόπο που μετριόταν παλαιότερα η ισχύς που ανέπτυσαν οι εμβολοφόροι κινητήρες στους άξονές τους. Η μέτρηση αυτή πραγματοποιείται εφαρμόζοντας ένα φρένο (ή πέδη) πάνω στον άξονα του κινητήρα, το οποίο είναι προσαρμοσμένο σε ένα βραχίονα με γνωστό μήκος. Η ροπή που αναπτύσσεται στον άξονα του κινητήρα μετατρέπεται, μέσω του φρένου, σε δύναμη που ασκείται στο βραχίονα. Το άλλο άκρο του βραχίονα εφάπτεται σε έναν τύπο ζυγαριάς η οποία μετράει τη δύναμη που αναπτύσσει ο κινητήρας, καθώς περιστρέφεται σε διάφορες στροφές.

Για τη μέτρηση της ισχύος πέδης κινητήρων στις μέρες μας χρησιμοποιούμε ηλεκτρική γεννήτρια, ή αντλία νερού στη θέση της πέδης του παλαιότερου συστήματος. Η μέτρηση της ισχύος, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται γεννήτρια, γίνεται μετρώντας το έργο που παράγει η γεννήτρια σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί αντλία νερού, η ισχύς μετριέται με τη βοήθεια ενός αισθητήρα πίεσης ο οποίος στο ένα του άκρο είναι αναρτημένος από την αντλία και στο άλλο σε ένα σταθερό σημείο. Ο αισθητήρας μετράει την δύναμη που ασκεί η αντλία στο σταθερό σημείο καθώς τείνει να την παρασύρει ο άξονας σε περιστροφή, λόγω της τριβής του με το νερό. Η δύναμη αυτή αυξάνεται ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα.

### **2.8.3 Είδη απόδοσης και κατανομή ισχύος**

#### **2.8.3.1 Μηχανική απόδοση**

Η μηχανική απόδοση ενός κινητήρα ορίζεται σαν το λόγο της ισχύος πέδης προς την συνολική ισχύ που αναπτύσσει, δηλαδή την ενδεικνυόμενη ισχύ του. Η μηχανική απόδοση μας δίνει ένα μέτρο των απωλειών που έχει ο κινητήρας σε σχέση με τη συνολικά παραγόμενη ισχύ του, όσο δηλαδή μεγαλύτερη είναι η μηχανική απόδοση, τόσο μικρότερες είναι οι απώλειες της συνολικής ισχύος σε τριβές. Η μηχανική απόδοση ενός σύγχρονου εμβολοφόρου κινητήρα είναι της τάξης του 90%.



### 2.8.3.2 Θερμική Απόδοση

Η θερμική απόδοση προσδιορίζει το μέτρο των θερμικών απωλειών ενός κινητήρα, κατά τη διαδικασία της μετατροπής της θερμικής ενέργειας που περιέχεται στο καύσιμο, σε μηχανική. Οι απώλειες ενός εμβολοφόρου κινητήρα σε θερμότητα είναι σημαντικές, ακόμη και για τους πιο εξελιγμένους κινητήρες και ξεπερνούν το 50%. Οι απώλειες αυτές οφείλονται στα ακόλουθα αίτια:

1. Στο σύστημα εξαγωγής καυσαερίων τα οποία περιέχουν μια σημαντική ποσότητα θερμικής ενέργειας που χάνεται αναπόφευκτα καθώς τα καυσαέρια αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα.
2. Στο σύστημα ψύξης του κινητήρα (υγρόψυκτου ή αερόψυκτου). Οι απώλειες αυτές είναι αναπόφευκτες, ακόμη κι αν μειώνουν την απόδοση, για λόγους αντοχής των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένος ο κινητήρας. Χωρίς κατάλληλη ψύξη, οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στον κινητήρα από την καύση του μείγματος και τις τριβές των κινούμενων μερών θα έφταναν το σημείο τήξης των μετάλλων του κινητήρα. Πρωτίστως όμως, κανένα λιπαντικό δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει σε αυτές τις θερμοκρασίες.

Η **θερμική απόδοση** ενός κινητήρα ορίζεται ως ο λόγος της θερμικής ενέργειας του καυσίμου που μετατρέπεται σε έργο προς τη συνολική θερμική ενέργεια του καυσίμου (βλέπε και § 1.5.3).

Όσο περισσότερη από τη θερμική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε έργο, τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμική απόδοση ενός κινητήρα. Οι τιμές της απόδοσης των σύγχρονων αεροπορικών κινητήρων κυμαίνονται στο 34% για κινητήρες που χρησιμοποιούν μεγάλο λόγο συμπίεσης και καύσιμο υψηλής περιεκτικότητας σε οκτάνια.

### 2.8.3.3 Προωθητική απόδοση

Αν και δεν έχει άμεση σχέση με τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε έργο εσωτερικά στον κινητήρα, η προωθητική απόδοση μας δίνει το ποσοστό της απώλειας της ισχύος πέδης οι οποίες οφείλονται στον έλικα. Η ισχύς πέδης που αναπτύσσει ένας κινητήρας δεν μετατρέπεται εξολοκλήρου σε ώση στον έλικα. Η διαδικασία μετατροπής της ροπής που εφαρμόζεται στον άξονα του έλικα σε ώση έχει ένα ποσοστό απωλειών. Οι απώλειες αυτές οφείλονται στα ακόλουθα αίτια:



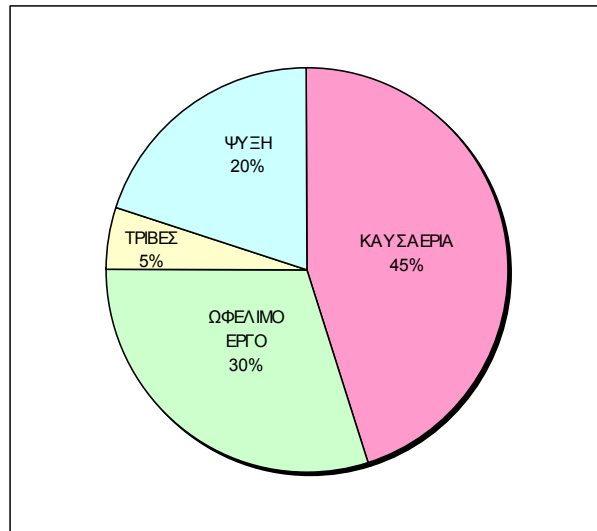
**Σχήμα 2.45 Διαμόρφωση της γεωμετρίας στη ρίζα πτέρυγας εμβολοφόρου κινητήρα**

1. στη γεωμετρία στη ρίζα του έλικα, ο οποίος, για λόγους δομικής αντοχής, έχει τέτοιο σχήμα, το οποίο παράγει ελάχιστη έως και καθόλου ώση (Σχήμα 2.45).
2. στον περιορισμό της μέγιστης ταχύτητας περιστροφής του έλικα, για την αποφυγή αεροδυναμικών απωλειών στο άκρο του, από υπερηχητικά φαινόμενα.

Ένας έλικας μετατρέπει σε ώση την ισχύ που αναπτύσσεται στον άξονα του κινητήρα κατά 90% περίπου.

#### **2.8.3.4 Κατανομή ισχύος**

Όπως είδαμε παραπάνω, η θερμική ενέργεια που περιέχει το καύσιμο δεν μετατρέπεται κατά 100% σε χρήσιμο έργο, σε παραγόμενη δηλαδή ώση από τον έλικα. Σ' έναν σύγχρονο εμβολοφόρο κινητήρα το 40% περίπου της ενέργειας του καυσίμου χάνεται στα καυσαέρια, το 25% καταναλώνεται για την ψύξη του κινητήρα, ένα 5% καταναλώνεται σε εσωτερικές τριβές και μόνο το υπόλοιπο 30% φτάνει στον έλικα για την παραγωγή ώσης (Σχήμα 2.46). Οι αναφερόμενες τιμές είναι ενδεικτικές.



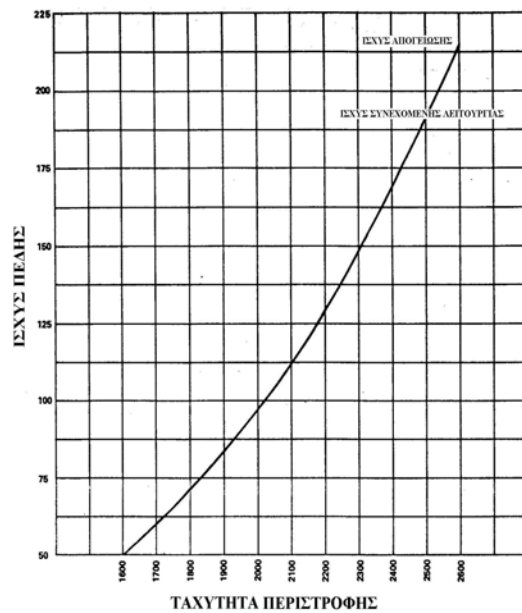
Σχήμα 2.46 Κατανομή ισχύος εμβολοφόρου κινητήρα

#### 2.8.4 Καμπύλες απόδοσης εμβολοφόρου κινητήρα

Κάθε εμβολοφόρος κινητήρας ο οποίος έχει συγκεκριμένα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά όπως ο κυβισμός, ο αριθμός και διάταξη εμβόλων, η διαδρομή εμβόλου, η τροφοδοσία του (αν είναι δηλαδή ατμοσφαιρικός ή υπερτροφοδοτούμενος), έχει συγκεκριμένη ισχύ αλλά και κατανάλωση καυσίμου για το εύρος στροφών λειτουργίας του. Όλοι οι κατασκευαστές αεροπορικών εμβολοφόρων κινητήρων παρέχουν, για κάθε τύπο κινητήρα που κατασκευάζουν και τα αντίστοιχα **διαγράμματα, ή καμπύλες ισχύος και ειδικής κατανάλωσης καυσίμου** σε συνάρτηση με τις στροφές λειτουργίας του.

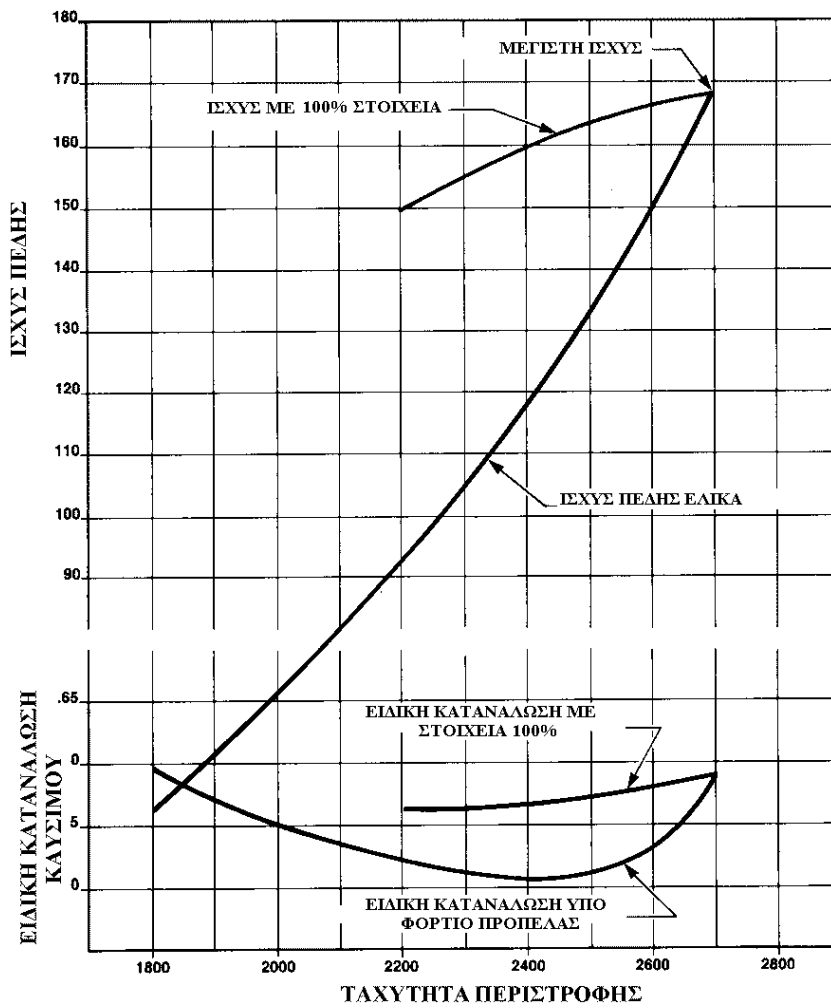
Οι καμπύλες αυτές απεικονίζουν την ισχύ πέδης που παράγει ο κινητήρας σε δεδομένο αριθμό στροφών και την κατανάλωση καυσίμου που έχει σε αυτές τις στροφές. Οι καμπύλες αυτές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, γιατί παρουσιάζουν συνοπτικά όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται κάποιος για να επιλέξει αρχικά τον κατάλληλο κινητήρα για ένα συγκεκριμένο σκάφος, αλλά και να λειτουργήσει στη συνέχεια τον κινητήρα στα όρια που έχει αυτός σχεδιαστεί. Στο Σχήμα 2.47 βλέπουμε ένα διάγραμμα ισχύος εμβολοφόρου κινητήρα, το οποίο παρουσιάζει την αναπτυσσόμενη ισχύ πέδης του κινητήρα για το εύρος στροφών λειτουργίας του. Σε αυτό το διάγραμμα παρουσιάζεται επίσης η μέγιστη ισχύς που μπορεί να αποδώσει ο κινητήρας κατά την απογείωση και για συνεχόμενη λειτουργία. Παρατηρούμε ότι η ισχύς που παράγει ο κινητήρας αυξάνεται γραμμικά με τις στροφές του.

Ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα ισχύος εμβολοφόρου κινητήρα φαίνεται στο Σχήμα 2.48, στο οποίο εκτός από την αναπτυσσόμενη ισχύ πέδης για το εύρος στροφών του, βλέπουμε και την ειδική κατανάλωση καυσίμου. Σε αυτό το διάγραμμα, παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο καμπύλες ισχύος πέδης και δύο καμπύλες κατανάλωσης καυσίμου. Η μία καμπύλη δείχνει την ισχύ πέδης που αναπτύσσει ο κινητήρας σε δυναμόμετρο με πλήρη στοιχεία (θέση μανέτας στο μέγιστο) ενώ η άλλη καμπύλη δείχνει την ισχύ πέδης που αναπτύσσει ο κινητήρας με τον συνιστώμενο από τον κατασκευαστή έλικα.



**Σχήμα 2.47 Διάγραμμα ισχύος πέδης έναντι στροφών εμβολοφόρου κινητήρα**

Ένας ιδιαίτερα χρήσιμος τύπος καμπύλης εμβολοφόρου κινητήρα απεικονίζεται στο Σχήμα 2.1. Σε αυτό τον τύπο διαγράμματος απεικονίζεται η σχέση μεταξύ του μείγματος καυσίμου και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, του ποσοστού αναπτυσσόμενης ισχύος από τον κινητήρα, της θερμοκρασίας καυσαερίων και της θερμοκρασίας κεφαλής κυλίνδρου. Έχοντας τις πληροφορίες αυτές για ένα κινητήρα από τον κατασκευαστή, είμαστε σε θέση να ρυθμίζουμε το μείγμα του κινητήρα για πτήση με μέγιστη οικονομία ή για μέγιστη ισχύ ανάλογα με τις απαιτήσεις που έχουμε για τον τρόπο πτήσης που θέλουμε να ακολουθήσουμε.



Σχήμα 2.48 Χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος εμβολοφόρου κινητήρα

### ***ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ***

- Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργική διάρκεια ενός εμβολοφόρου κινητήρα είναι οι εξής:
  1. Οι συνθήκες λειτουργίας
  2. Ο τρόπος πτήσης
  3. Η περιοδική συντήρηση
  4. Η συχνότητα πτήσεων
- Κάθε είδους εργασία, η οποία εκτελείται σε αεροπορικό κινητήρα εκτελείται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή οι οποίες περιλαμβάνονται στα τεχνικά εγχειρίδια. Οι απαιτήσεις για τεκμηρίωση των εργασιών συντήρησης επιβάλλουν τη χρήση εντύπων εργασιών όπως τα πλάνα εργασίας όπου πιστοποιείται εγγράφως κάθε φάση των εργασιών.
- Οι επιθεωρήσεις που πραγματοποιούνται σε έναν εμβολοφόρο αεροπορικό κινητήρα διακρίνονται στους ακόλουθους τύπους:
  1. Επιθεώρηση πριν από την πτήση
  2. Επιθεώρηση μετά από 50 ώρες λειτουργίας
  3. Επιθεώρηση μετά από 100 ώρες λειτουργίας
  4. Την ετήσια επιθεώρηση
- Η Γενική επισκευή ενός κινητήρα περιλαμβάνει την πλήρη αποσυναρμολόγηση του κινητήρα και την επιθεώρηση κάθε εξαρτήματος του ξεχωριστά την συναρμολόγησή του, τις ρυθμίσεις και την δοκιμή.
- Τα είδη της επιθεώρησης των εξαρτημάτων του κινητήρα είναι τα ακόλουθα:
  1. Οπτική επιθεώρηση
  2. Η επιθεώρηση με μη καταστροφικούς ελέγχους όπως η μαγνητική επιθεώρηση (MPI), η επιθεώρηση με διεισδυτικά υγρά (FPI), η επιθεώρηση με δινορεύματα (Eddy Current Inspection), ακτινογράφιση (X-ray), και η επιθεώρηση με υπέρηχους ( Ultra Sonic inspection)
  3. Η διαστατική επιθεώρηση

- Η διερεύνηση μιας βλάβης σε έναν αεροπορικό κινητήρα ορίζεται ως ο εντοπισμός των ενδείξεων της βλάβης και η απομόνωση της βλάβης ή των βλαβών που προκαλούν τις ενδείξεις αυτές. Η διερεύνησης μιας βλάβης επιτελείται με τα ακόλουθα στάδια :
  1. Αναγνώριση των συμπτωμάτων
  2. Ερμηνεία και ανάλυση των συμπτωμάτων
  3. Καταγραφή των πιθανών αιτιών που μπορούν να προκαλέσουν τη δυσλειτουργία
  4. Εντοπισμός της δυσλειτουργίας
  5. Απομόνωση της δυσλειτουργίας σε συγκεκριμένο σημείο ή σύστημα του κινητήρα
  6. Ανάλυση της αιτίας που προκάλεσε τη βλάβη
  7. Καταγραφή επισκευών στα μητρώα του κινητήρα (JAA Form One)
- Η διαδικασία αφαίρεσης ενός εμβολοφόρου κινητήρα περιλαμβάνει τα ακόλουθα βασικά στάδια:
  1. Διακοπή παροχής ρεύματος και καυσίμου
  2. Αφαίρεση των αεροδυναμικών καλυμμάτων
  3. Αποστράγγιση συστήματος καυσίμου και λίπανσης.
  4. Αφαίρεση του έλικα
  5. Αποσύνδεση σωληνώσεων των συστημάτων λίπανσης καυσίμου και υδραυλικού.
- Η διαφορά των εμβολοφόρων κινητήρων ελικοπτέρων με αυτών των αεροσκαφών έγκειται στα ακόλουθα σημεία:
  1. Στη θέση του κινητήρα στο σκάφος
  2. Στην μετάδοση κίνησης στον έλικα από τον κινητήρα
  3. Στην ύπαρξη συστήματος εξαναγκασμένης ψύξης στους κινητήρες ελικοπτέρων
- Η ισχύς ενός εμβολοφόρου κινητήρα ορίζεται ως η ποσότητα του έργου που παράγεται από τον κινητήρα αυτό σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, και η μονάδες μέτρησής της είναι ο ίππος (hp) και το Watt.

- Η ισχύς διακρίνεται στα ακόλουθα είδη: Ενδεικνυόμενη ισχύς, Ισχύς πέδης και Ισχύς απωλειών
- Απόδοση εμβολοφόρου κινητήρα ονομάζουμε το λόγο του αποδιδόμενου έργου από τον κινητήρα προς την παρεχόμενη σε αυτόν θερμότητα. Η απόδοση ενός εμβολοφόρου κινητήρα διακρίνεται στην μηχανική απόδοση και τη θερμική απόδοση.
- Η προσδιδόμενη ενέργεια σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα από το καύσιμο καταναλώνεται κατά 20% για την ψύξη του, κατά 45% χάνεται στα καυσαερίά του, ένα 5% καταναλώνεται σε τριβές ενώ ένα υπολειπόμενο ποσοστό 30% αποτελεί το ωφέλιμο έργο. Τα ποσοστά μια τυπική κατανομή της προσδιδόμενης ενέργειας.
- Οι καμπύλες ισχύος ενός εμβολοφόρου κινητήρα είναι διαγράμματα που απεικονίζουν την ισχύ πέδης που αναπτύσσει ο κινητήρας και την κατανάλωση που έχει για αυτή την ισχύ σε συνάρτηση με τις στροφές λειτουργίας του. Οι καμπύλες αυτές είναι πολύ χρήσιμες γιατί περιγράφουν συνοπτικά τις δυνατότητες που έχει ένας κινητήρας και επιτρέπουν να επιλέξουμε την περιοχή λειτουργίας του κινητήρα σε πτήση για τον σωστό προγραμματισμό της πτήσης.



## **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

### (2.1 Όρια λειτουργικής διάρκειας κινητήρων)

1. Σε ποιους λόγους οφείλεται η αύξηση του χρόνου μεταξύ γενικής επισκευής των σύγχρονων εμβολοφόρων κινητήρων;
2. Ποιοι από τους παρακάτω παράγοντες επηρεάζουν τη ζωή ενός εμβολοφόρου κινητήρα;  
Α) Το περιβάλλον λειτουργίας  
Β) Ο τρόπος πτήσης  
Γ) Η συχνή αλλαγή του λιπαντικού του κινητήρα  
Δ) Ο αριθμός των κυλίνδρων του κινητήρα
3. Η επιλογή του λόγου αέρα καυσίμου του μείγματος έχει άμεση σχέση με την οικονομία καυσίμου.

ΣΩΣΤΟ  ΛΑΘΟΣ

4. Ποια είναι η επίδραση που μπορεί να έχει η συχνότητα πτήσεων σε ένα εμβολοφόρο αεροπορικό κινητήρα και γιατί;
5. Για ποιο λόγο ένας αεροπορικός κινητήρας υπόκειται σε συνεχείς αλλαγές από την στιγμή που θα κατασκευαστεί το πρώτο μοντέλο του;

### (2.2 Επιθεωρήσεις κινητήρων)

1. Αναφέρατε τα είδη των επιθεωρήσεων που πραγματοποιούνται σε ένα κινητήρα πριν την πτήση του αεροσκάφους.
2. Ποια από τα παρακάτω συστήματα περιλαμβάνονται σε μια επιθεώρηση 50 ωρών;  
Α) Σύστημα καυσίμου και εισαγωγής  
Β) Σύστημα λίπανσης  
Γ) Υπερπληρωτής  
Δ) Όλα τα παραπάνω
3. Η συμπλήρωση των εγγράφων συντήρησης είναι απαραίτητη κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος των διαδικασιών συντήρησης για λόγους ασφαλείας πτήσεων.

ΣΩΣΤΟ  ΛΑΘΟΣ

4. Για ποιον από τους παρακάτω λόγους, ο καθαρισμός του κινητήρα, για την απομάκρυνση λαδιών, γράσων και κάθε είδους βρωμιάς, είναι απαραίτητη εργασία πριν την επιθεώρησή του;

A) Για την αποφυγή υπερθέρμανσης του κινητήρα κατά τη λειτουργία του.

B) Για λόγους ευκολίας τοποθέτησης του κινητήρα στο αεροσκάφος.

Γ) Για την αποκάλυψη τυχόν ρωγμών, φθορών και άλλων ζημιών κατά την επιθεώρηση και την αποκατάσταση αυτών.

Δ) Κανένα από τα παραπάνω.

5. Είναι δυνατόν να βγάλουμε συμπεράσματα για τη μακροχρόνια λειτουργία του κινητήρα εξετάζοντας το μέρος των σπινθηριστών που έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια και αν ναι ποιες είναι αυτές οι ενδείξεις;

(2.3 Γενική επισκευή εμβολοφόρων κινητήρων)

1. Ποια στάδια περιλαμβάνει η γενική επισκευή ενός τυπικού εμβολοφόρου κινητήρα;

2. Περιγράψτε τις βασικές διαδικασίες που απαιτούνται για την αφαίρεση ενός εμβολοφόρου κινητήρα.

3. Η επιθεώρηση ενός κινητήρα είναι βασικός παράγοντας για την επιτυχή του επισκευή.

ΣΩΣΤΟ  ΛΑΘΟΣ

4. Ποιο από τα παρακάτω είδη επιθεώρησης είναι ευκολότερο και οικονομικότερο να πραγματοποιηθεί;

A) Οπτική επιθεώρηση

B) Επιθεώρηση με δινορεύματα

Γ) Επιθεώρηση με διεισδυτικά υγρά

Δ) Επιθεώρηση με υπερήχους

5. Με τη μέθοδο της μαγνητικής επιθεώρησης μπορούμε να ανιχνεύσουμε ρωγμές οι οποίες:

A) Βρίσκονται πάνω ή πολύ κοντά στην επιφάνεια του εξαρτήματος που επιθεωρούμε.

B) Βρίσκονται σε μη σιδηρούχα εξαρτήματα.

Γ) Βρίσκονται σε αρκετό βάθος από την επιφάνεια του εξαρτήματος και δεν μπορούν να ανιχνευτούν με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο.

Δ) Είναι πολύ μικρές για να ανιχνευτούν με άλλες μεθόδους επιθεώρησης.

6. Ποια από τις μεθόδους επιθεώρησης που γνωρίζετε θα χρησιμοποιούσατε για να διαπιστώσετε ότι ένα εξάρτημα δεν έχει ρωγμές στο εσωτερικό του;
7. Σε ποια, ή ποιες, φάσεις της επισκευής ενός κινητήρα πραγματοποιούνται οι διαστατικοί έλεγχοι; Αναφέρατε μερικούς από αυτούς.
8. Η γενική επισκευή του κινητήρα ολοκληρώνεται με τη δοκιμή του σε επίγειο δοκιμαστήριο και εν συνεχεία με την τοποθέτησή του στο αεροσκάφος

ΣΩΣΤΟ  ΛΑΘΟΣ

(2.4 Διερεύνηση βλαβών αεροπορικού κινητήρα και παρελκομένων)

1. Ποια είναι η σωστή μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθείται για την ανεύρεση μιας βλάβης σε έναν κινητήρα;
2. Αναφέρατε τα βασικά στάδια της μεθοδολογίας διερεύνησης μιας βλάβης.
3. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι βλάβες που παρουσιάζουν οι εμβολοφόροι κινητήρες;
4. Αναφέρατε επιγραμματικά τα στάδια της οργάνωσης αφαίρεσης ενός εμβολοφόρου κινητήρα.
5. Ποιες είναι οι πληροφορίες που πρέπει να αναφέρουν απαραίτητως τα μητρώα ενός κινητήρα;
6. Ποιες είναι οι δυσλειτουργίες που μπορεί να παρουσιάσει το σύστημα λίπανσης ενός εμβολοφόρου κινητήρα;
7. Ο τρόπος που ανιχνεύουμε έναν ή περισσότερους ελαττωματικούς σπινθηριστές σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα είναι ο ακόλουθος:
  - A) Αφαιρούμε όλους τους σπινθηριστές από τον κινητήρα και τους δοκιμάζουμε με κατάλληλη συσκευή.
  - B) Χρησιμοποιούμε τον διακόπτη επιλογής μανιατό και μετράμε τη θερμοκρασία των κυλίνδρων μετά από σύντομη λειτουργία του κινητήρα.

Γ) Ζητάμε τη βοήθεια του κατασκευαστή των σπινθηριστών.

Δ) Ελέγχουμε διεξοδικά τις καλωδιώσεις του συστήματος ανάφλεξης.

(2.5 Συντήρηση, ρυθμίσεις και επισκευή εξαρτημάτων και συστημάτων εμβολοφόρου αεροπορικού κινητήρα)

1. Αναφέρατε τα σημεία και τα εξαρτήματα που επιθεωρείται ένας τυπικός στροφαλοθάλαμος ενός εμβολοφόρου κινητήρα.
2. Ένα από τα πιο γνωστά προβλήματα που αντιμετωπίζονται κατά τη συντήρηση του κυρίου σώματος των κυλίνδρων, είναι η αποκατάσταση της τραχύτητας της εσωτερικής επιφάνειας τους.

ΣΩΣΤΟ  ΛΑΘΟΣ

3. Ποιες είναι οι εργασίες που πραγματοποιούνται για την επισκευή των περυγίων ψύξης αερόψυκτων εμβολοφόρων κινητήρων;
4. Ποια είναι η βασική προϋπόθεση που πρέπει να πληροί ένα έμβολο μετά από μια γενική επισκευή για να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στον κινητήρα;
5. Βασική διαδικασία ρύθμισης, μετά τη συναρμολόγηση ενός μανιατό είναι:

A) Το κύριο γρανάζι του μανιατό θα πρέπει να χρονισθεί με το στροφέα του διανομέα.

B) Η μέτρηση και η ρύθμιση της αντίστασης του πηνίου του μανιατό.

Γ) Το κύριο γρανάζι του μανιατό θα πρέπει να χρονισθεί με τον εκκεντροφόρο άξονα του κινητήρα.

Δ) Η δοκιμή του μανιατό σε ειδικό δοκιμαστήριο.

6. Το κυριότερο εξάρτημα του συστήματος καυσίμου ενός εμβολοφόρου κινητήρα είναι η αντλία καυσίμου.

ΣΩΣΤΟ  ΛΑΘΟΣ

7. Η ανάλυση του λιπαντικού ενός εμβολοφόρου κινητήρα μας παρέχει πληροφορίες όσον αφορά:

A) Τις ώρες πτήσης του αεροσκάφους.

B) Το μέγεθος της φθοράς που έχουν υποστεί τα εξαρτήματα του κινητήρα από τα οποία διέρχεται το λιπαντικό και την πιθανότητα αστοχίας κάποιου από αυτά.

Γ) Την αλλοίωση της σύστασης του λιπαντικού και την λιπαντική του ικανότητα.

Δ) Την ποσότητα του λιπαντικού που έχει καταναλώσει ο κινητήρας ανά μίλι πτήσης.

(2.6 Διαδικασίες αντικατάστασης εμβολοφόρων κινητήρων)

1. Ποια είναι η συνηθέστερη αιτία αντικατάστασης εμβολοφόρου κινητήρα;
2. Η ανίχνευση μεγάλης ποσότητας μεταλλικών ρινισμάτων στον ανιχνευτή ρινισμάτων του συστήματος λίπανσης είναι αιτία αφαίρεσης του κινητήρα από το αεροσκάφος;
3. Ποια είναι η πρώτη και βασικότερη εργασία που πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την στάθμευση ενός αεροσκάφους στο υπόστεγο για την αφαίρεση του κινητήρα του;
4. Αναφέρετε τα βασικά στάδια της διαδικασίας αφαίρεσης ενός εμβολοφόρου κινητήρα από το αεροσκάφος.
5. Τι είναι το έντυπο εκτεταμένων επισκευών και τροποποιήσεων, σε ποια περίπτωση χρησιμοποιείται και ποια είναι τα βασικά στοιχεία που καταγράφονται σε αυτό;
6. Τι πρέπει να προσέχουμε απαραίτητα κατά την αποστράγγιση του καυσίμου από έναν εμβολοφόρο κινητήρα;

A) Να μην προκαλέσουμε φθορά στη βαλβίδα αποστράγγισης καυσίμου.

B) Να πραγματοποιείται η εργασία σε καλά αεριζόμενο χώρο και να μην υπάρχουν κοντά εστίες θερμότητας ή σπινθήρες.

Γ) Να μη χυθεί καύσιμο στο δάπεδο και υπάρξει κίνδυνος ολισθηρότητας.

Δ) Όλα τα παραπάνω.

7. Γιατί χρησιμοποιείται ο βραχίονας ανάρτησης κατά τη διαδικασία αφαίρεσης του κινητήρα από το σκάφος;

(2.7 Εμβολοφόροι κινητήρες ελικοπτέρων)

1. Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ των ελικοπτέρων και των αεροπλάνων ως προς τη θέση τοποθέτησης του κινητήρα τους και γιατί;

2. Αναφέρατε τους λόγους για τους οποίους οι εμβολοφόροι κινητήρες ελικοπτέρων δεν συνδέονται απ' ευθείας με τον έλικα του ελικοπτέρου
3. Ποιοι είναι οι παράγοντες που καθορίζουν το μέγιστο όριο της ταχύτητας περιστροφής του έλικα των ελικοπτέρων;
4. Ο λόγος που χρησιμοποιείται σύστημα σύμπλεξης/αποσύμπλεξης στους εμβολοφόρους κινητήρες των ελικοπτέρων είναι:
  - A) Για να γίνεται δυνατή η εκκίνηση του κινητήρα.
  - B) Για λόγους ασφαλείας σε περίπτωση διακοπής της λειτουργίας του κινητήρα.
  - Γ) Και για τους δύο παραπάνω λόγους.
5. Για ποιο λόγο χρησιμοποιούμε σύστημα ψύξης στους εμβολοφόρους κινητήρες των ελικοπτέρων;

(2.8 Ισχύς – απόδοση - επιδόσεις εμβολοφόρου αεροπορικού κινητήρα)

1. Αναφέρατε τον ορισμό της ισχύος ενός κινητήρα, και τις μονάδες μέτρησής της στο αγγλοσαξονικό σύστημα μέτρησης.
2. Πως ορίζεται η ενδεικνυόμενη ισχύς ενός εμβολοφόρου κινητήρα;
3. Μηχανική απόδοση εμβολοφόρου κινητήρα ονομάζουμε:
  - A) Το λόγο του καυσίμου που δίνουμε στον κινητήρα προς το προσδιδόμενο έργο.
  - B) Το λόγο της θερμικής απόδοσης προς το καταναλισκόμενο έργο.
  - Γ) Την συνολική απόδοση του κινητήρα απόδοση.
  - Δ) Ο λόγο της ισχύος πέδης προς την συνολική ισχύ που αναπτύσσει ο κινητήρας.
4. Όσο περισσότερη από τη θερμική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε έργο τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμική απόδοση ενός κινητήρα.

ΣΩΣΤΟ  ΛΑΘΟΣ

5. Η διαδικασία μετατροπής της ροπής που εφαρμόζεται στον άξονα του έλικα, σε ώση έχει ένα ποσοστό απωλειών. Που οφείλονται αυτές οι απώλειες;
6. Ποια είναι η κατανομή ισχύος σε έναν τυπικό εμβολοφόρο κινητήρα;

## ***ΕΡΓΑΣΙΕΣ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ***

1. Συγκεντρώστε πληροφορίες από βιβλιοθήκες, διαδίκτυο, μονάδες Πολεμικής Αεροπορίας κλπ αναφορικά με τις συστάσεις των κύριων κατασκευαστών αεροπορικών εμβολοφόρων κινητήρων για τις επιθεωρήσεις των κινητήρων.
2. Πίνακας 2.4 Τύποι φθορών: Επεξηγήσατε και αναλύσατε τους διάφορους τύπους φθορών, οι οποίοι περιγράφονται στον πίνακα. Προσπαθείστε (με τη βοήθεια του διδάσκοντα) να εντοπίσετε πραγματικές περιπτώσεις φθορών στα εξαρτήματα του ή των κινητήρων του εργαστηρίου σας, οι οποίες ανταποκρίνονται στους ορισμούς του πίνακα.
3. Συντάξτε εκθέσεις, αφού συγκεντρώσετε πληροφοριακό υλικό, σχετικά με τις μεθόδους μη καταστροφικών ελέγχων:
  - τις αρχές στις οποίες στηρίζονται
  - τις δυνατότητές τους
  - την εξέλιξή τους
4. Επισκεφθείτε δοκιμαστήριο αεροπορικών εμβολοφόρων κινητήρων (μονάδες Πολεμικής Αεροπορίας, ΕΑΒ). Παρακολουθείστε δοκιμή κινητήρα. Ενημερωθείτε:
  - για το βασικό εξοπλισμό, ο οποίος είναι απαραίτητος για τη λήψη μετρήσεων.
  - για τη διαδικασία δοκιμής ενός κινητήρα.
  - για τις κρίσιμες παραμέτρους, βάσει των οποίων γίνεται η αποδοχή του κινητήρα και τη σχέση αυτών με τις ενδείξεις που έχει στη διάθεσή του ο χειριστής.
5. Συγκεντρώστε πληροφοριακό υλικό και ετοιμάστε μια μικρή παρουσίαση για τις διαφορές δύο τουλάχιστων εκδόσεων του ίδιου κινητήρα, εκ των οποίων η μία χρησιμοποιείται σε ελικόπτερο και η άλλη σε αεροσκάφος (π.χ Lycoming O-435 και TVO-435).

## ***ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ***

***Εργαστηριακή άσκηση 2.1: Εξοικείωση με το χώρο εργασίας του εργαστηρίου, τα μέσα ασφάλειας που διαθέτει και τα μέτρα ασφάλειας που πρέπει να λαμβάνονται κατά τη διάρκεια των εργασιών σε αυτό.***

### Επιδιωκόμενοι στόχοι

Οι στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι η παρουσίαση των χώρων εργασίας, όπως ένα υπόστεγο ή ένα συνεργείο συντήρησης, των μέτρων ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης και επισκευής κινητήρων και των μέσων ασφαλείας που πρέπει να υπάρχουν στο χώρο εργασίας. Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- Να αναφέρετε τις περιβαλλοντικές συνθήκες που πρέπει να επικρατούν για την εκτέλεση των εργασιών συντήρησης.
- Να περιγράψετε τον απαραίτητο εξοπλισμό ασφαλείας και τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται για την ασφαλή εκτέλεση των εργασιών συντήρησης και επισκευής αεροπορικών κινητήρων.
- Να αναφέρετε τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις που έχουν οι εργαζόμενοι έναντι του εργοδότη όσον αφορά την τήρηση των σωστών μέτρων ασφαλείας, του εξοπλισμού ασφαλείας που πρέπει να διατίθεται και της εκπαίδευσης που πρέπει να παρέχεται για την ασφαλή εκτέλεση των εργασιών στο χώρο εργασίας.

### Εισαγωγικές πληροφορίες

Ένα επισκευαστικό κέντρο για να εκτελεί εργασίες συντήρησης και επισκευής αεροπορικού υλικού θα πρέπει να είναι πιστοποιημένο από την αρμόδια υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας της χώρας στην οποία επιχειρεί, στην προκειμένη περίπτωση την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (Υ.Π.Α.) για την Ελλάδα. Η πιστοποίηση αυτή δίνεται για την κατηγορία των εργασιών που εκτελούνται και τους τύπους των αεροσκαφών ή κινητήρων που συντηρεί. Για να είναι δυνατή η εκτέλεση των εργασιών συντήρησης ο χώρος συντήρησης θα πρέπει να είναι κατάλληλα εξοπλισμένος όσον αφορά τους παρακάτω τομείς:

### *Κτιριακές εγκαταστάσεις και συνθήκες εργασίας*

Με τις απαραίτητες κτιριακές εγκαταστάσεις οι οποίες να εξασφαλίζουν τον αναγκαίο χώρο και την κατάτησή του βάσει του μεγέθους των κινητήρων