

15. Ποιος είναι ο ρόλος του ελεύθερου στροβίλου σε έναν ελικοστρόβιλο κινητήρα;
16. Αναλύστε τη λειτουργία του στροβιλοανεμιστήρα.
17. Συμπληρώστε την πρόταση: ο λόγος του ρεύματος προς το ρεύμα αέρα καλείται λόγος παράκαμψης στο στροβιλοανεμιστήρα.
18. Από ποιο παράγοντα καθορίζεται το ανώτατο όριο ταχύτητας ενός αεροσκάφους που κινείται με ελικοστρόβιλο κινητήρα;
19. Ποιον τύπο αεριοστρόβιλου κινητήρα θα χρησιμοποιούσατε σε ένα αεροσκάφος για ταχύτητα πτήσης μεταξύ 550 και 550 km/hr;
20. Σε ποιους τομείς εστιάζονται οι νέες τεχνικές σχεδίασης των κινητήρων αεριώθησης;

(2.2 Κύκλος λειτουργίας αεριοστρόβιλων)

1. Ποιος θερμοδυναμικός κύκλος περιγράφει τη λειτουργία του αεριοστρόβιλου κινητήρα;
2. Στον αεριοστρόβιλο κινητήρα οι φάσεις λειτουργίας πραγματοποιούνται διαδοχικά.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

3. Συμπληρώστε το κενό: Στον αεριοστρόβιλο κινητήρα η διεργασία της πραγματοποιείται υπό σταθερή πίεση.
4. Πώς μπορεί να υπολογιστεί το ωφέλιμο έργο που παράγει ένας αεριοστρόβιλος κινητήρας από το διάγραμμα λειτουργίας του;
5. Ποιος είναι ο λόγος ύπαρξης του ακροφυσίου πρόωσης στους αεροπορικούς αεριοστρόβιλους κινητήρες;
6. Συμπληρώστε το κενό: Η ολική απόδοση του αεριοστρόβιλου είναι πολύ στενά συνδεδεμένη με την του εισερχόμενου αέρα σε αυτόν.
7. Στον υπολογισμό της απόδοσης του αεροπορικού αεριοστρόβιλου δεν παίζει ρόλο το ύψος πτήσης του αεροσκάφους.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

8. Αναφέρετε τους λόγους για τους οποίους δεν είναι η δυνατή η λειτουργία του αεριοστρόβιλου κινητήρα σύμφωνα με το θεωρητικό κύκλο του Μπράντον.
9. Σε ποιόν λόγο οφείλεται η πτώση της απόδοσης στο θάλαμο καύσης των αεριοστρόβιλων κινητήρων;

10. Πού οφείλονται οι απώλειες κατά τη φάση της εκτόνωσης;

(2.3 Εισαγωγή αέρα)

1. Ποιος είναι ο ρόλος του αεραγωγού εισαγωγής στη λειτουργία του αεριοτρόβιλου κινητήρα;
2. Τι είναι η ανάκτηση πίεσης;
3. Με ποιο τρόπο ομαλοποιείται η ροή του αέρα πριν τη είσοδό του στο συμπιεστή;
4. Αναφέρετε τα είδη των αεραγωγών εισαγωγής.
5. Σε τι χρησιμεύει η παροχή ποσότητας αέρα από ειδική βαλβίδα (bleed valve) σε διάφορα σημεία του αεραγωγού εισαγωγής;

(2.4 Συμπιεστές)

1. Ποια είναι η βασική εργασία που εκτελεί ο συμπιεστής;
2. Ποιοι είναι οι τύποι των συμπιεστών που χρησιμοποιούνται στους αεριοτρόβιλους κινητήρες;
3. Οι επικρατούσες φυγόκεντρες δυνάμεις ωθούν τον αέρα τον αέρα κατά τη διεύθυνση του μήκους των πτερυγίων προς την εξωτερική περιφέρεια του στροφείου του φυγοκεντρικού συμπιεστή.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

4. Σε ποια περίπτωση θα χρησιμοποιούσατε φυγοκεντρικό συμπιεστή με στροφείο διπλής εισόδου;
5. Ποια είναι τα μέρη που αποτελούν το αξονικό συμπιεστή;
6. Συμπληρώστε το κενό: ο στάτορας είναι, συνήθως, διαιρεμένος σε δύο ημικυκλικά τμήματα στην εσωτερική περιφέρεια των οποίων προσαρμόζονται τα
7. Τι επιτυγχάνεται με τη δημιουργία συστροφής στη γεωμετρία του κινητού πτερυγίου του αξονικού συμπιεστή;
8. Μετά την τοποθέτηση των κινητών πτερυγίων στο δίσκο του συμπιεστή δεν επιτρέπεται η ύπαρξη ανοχής.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

9. Ποια είναι η διαφορά των φαινομένων της περιστροφόμενης αποκόλλησης και της πάλμωσης;

10. Συμπληρώστε το κενό: Μείωση της γωνίας προσβολής των μπροστινών βαθμίδων του συμπιεστή ώστε να μην υπερβεί την κρίσιμη τιμή της βοηθά στην αντιμετώπιση του φαινομένου της

(2.5 Διαχύτες)

1. Που τοποθετείται το εξάρτημα του διαχύτη στον αεριοστροβίλο κινητήρα;
2. Ποιος είναι ο σκοπός της χρήσης του διαχύτη;
3. Με ποιο τρόπο μεταβάλλεται η πίεση του αέρα μέσα στο διαχύτη και γιατί;
4. Συμπληρώστε το κενό: Μετά το διαχύτη, ο αέρας εισέρχεται στο θάλαμο καύσης μεπίεση καιταχύτητα.
5. Στον αξονικό συμπιεστή, ο συμπιεσμένος αέρας διέρχεται από κινητά πτερύγια για να εισέλθει στο διαχύτη.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

(2.6 Θάλαμοι καύσης)

1. Ποια είναι τα βασικά τμήματα του θαλάμου καύσης;
2. Πώς επιτυγχάνεται η μείωση της ταχύτητας του, εισερχόμενου από το διαχύτη στο θάλαμο καύσης, ρεύματος αέρα;
3. Τι ποσοστό αέρα από αυτό που εισέρχεται στον θάλαμο καύσης συμμετέχει στη διεργασία της καύσης;
4. Ποιος είναι ο ρυθμός λειτουργίας των σπινθηριστών σε έναν αεριοστροβίλο κινητήρα;
5. Ποια είναι τα συνήθη υλικά κατασκευής των φλογοθαλάμων;
6. Αναφέρετε τις συγκεκριμένες παραμέτρους που καθορίζουν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του θαλάμου καύσης.
7. Συμπληρώστε το κενό: Η ευσταθής περιοχή λειτουργίας του θαλάμου καύσης περιορίζεται όσο η ταχύτητα του εισερχόμενου ρεύματος αέρα.
8. Οι προσπάθειες που καταβάλλονται για την επίτευξη μεγαλύτερων θερμοκρασιών των καυσαερίων μπορεί να επιφέρουν αύξηση των απωλειών πίεσης στο θάλαμο καύσης.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

9. Συμπληρώστε το κενό: Το μεγάλο πλεονέκτημα του πολλαπλού θαλάμου καύσης είναι ότι οι μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας που φέρει, εξασφαλίζουν μεγάλη αντοχή σε

10. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα του δακτυλιοειδούς θαλάμου καύσης;

(2.7 Στρόβιλος)

1. Αναλύστε τη λειτουργία του στροβίλου στον αεριοστρόβιλο κινητήρα.
2. Από ποια μέρη αποτελείται ο στροβίλος;
3. Ο αριθμός των βαθμίδων του στροβίλου είναι ανεξάρτητος από το ποσό της ενέργειας που θα εξάγεται από τα καυσαέρια και την απαιτούμενη ισχύ του κινητήρα.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

4. Συμπληρώστε το κενό: Οι αεριοστρόβιλοι που λειτουργούν με λόγους συμπίεσης χρειάζονται πολυβάθμιους στροβίλους.

5. Συμπληρώστε τα κενά: Η διάμετρος των πολυβάθμιων στροβίλων κατά την κατεύθυνση της ροής των καυσαερίων καθώς η ταχύτητα και η πίεση των τελευταίων.

6. Για ποιο λόγο ο στροβίλος υψηλής πίεσης είναι συνήθως μονοβάθμιος;

7. Ο στροβίλος χαμηλής πίεσης περιστρέφεται με χαμηλότερη ταχύτητα από αυτήν του στροβίλου υψηλής πίεσης.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

8. Περιγράψτε τη λειτουργία των σταθερών πτερυγίων του στροβίλου.

9. Διακρίνετε τις βαθμίδες του στροβίλου ανάλογα με το ποσό της ενέργειας που μετατρέπεται στα σταθερά και τα κινητά πτερύγια του.

10. Με ποιες μεθόδους καταπολεμώνται οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας των βαθμίδων του στροβίλου;

(2.8 Εξαγωγή)

1. Ποια είναι η χρησιμότητα του συστήματος εξαγωγής στον αεριοστρόβιλο κινητήρα;

2. Το σχήμα και το μέγεθος της εξαγωγής δεν επηρεάζουν την πίεση του ρεύματος καυσαερίων που εξωθούνται στην ατμόσφαιρα.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

3. Αναφέρετε τα βασικά εξαρτήματα του συστήματος εξαγωγής και τη λειτουργία τους.

4. Για ποιο λόγο οι αγωγοί εξαγωγής του αξονοστρόβιλου κινητήρα είναι αποκλίνοντες στο τελευταίο τμήμα τους μετά το συγκλίνον τμήμα;
5. Συμπληρώστε το κενό: Η χρήση αγωγού εξαγωγής προκαλεί απώλειες στην των καυσαερίων εξαιτίας των τριβών με τα τοιχώματα.
6. Σε ποιο σημείο τοποθετούνται, συνήθως, τα θερμοστοιχεία για τη μέτρηση της θερμοκρασίας εξαγωγής καυσαερίων (Exhaust Gas Temperature – EGT).
7. Για ποιο λόγο οι αγωγοί εξαγωγής του αξονοστρόβιλου κινητήρα είναι αποκλίνοντες;
8. Συμπληρώστε τα κενά: Στην περίπτωση συγκλίνοντος ακροφυσίου η ταχύτητα των καυσαερίων, ενώ η πίεσή τους
9. Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται τα ακροφύσια μεταβλητής διατομής;
10. Γιατί η χρήση ακροφυσίων μεταβλητής διεύθυνσης εξαγωγής επιτρέπει τη μείωση του μήκους του διαδρόμου κατά την απογείωση και την προσγείωση του αεροσκάφους που χρησιμοποιεί αεριο στρόβιλο κινητήρα;

(2.9 Μείωση Θορύβου)

1. Πότε δημιουργείται η μέγιστη ένταση θορύβου από τη λειτουργία του αεριοστρόβιλου κινητήρα;
2. Αναλύστε τις πηγές θορύβου από τη λειτουργία του αεριοστρόβιλου κινητήρα;
3. Ποιον τύπο αεριοστρόβιλου κινητήρα θα χρησιμοποιούσατε αν μοναδικό κριτήριο επιλογής ήταν το επίπεδο του θορύβου κατά τη λειτουργία και γιατί;
4. Αναφέρατε τις τεχνικές μείωσης του θορύβου λειτουργίας του αεριοστρόβιλου κινητήρα.
5. Οι μειωτές θορύβου επιτρέπουν μεγαλύτερους χρόνους λειτουργίας πριν από τη συνιστώμενη γενική επισκευή από τους κινητήρες.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

(2.10 Αναστροφή Ώσης)

1. Αναφέρατε τις μεθόδους ανακοπής πορείας του αεροσκάφους.
2. Ποιος είναι ο μηχανισμός λειτουργίας του αναστροφέας ώσης;
3. Ποιοι είναι οι τύποι των αναστροφέων ώσης;

4. Ποιοι είναι οι πλέον δοκιμασμένοι και χρησιμοποιούμενοι αναστροφείς ώσης;
5. Η χρήση των αναστροφέων ώσης μειώνει τη ζωή των ελαστικών και των φρένων του αεροσκάφους.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

(2.11 Μετάκαυση)

1. Σε ποια περίπτωση απαιτείται η χρήση μετάκαυσης;
2. Σε ποιο σημείο του κινητήρα τοποθετείται ο μετακαυστήρας και γιατί;
3. Ποια είναι τα μέρη που αποτελούν το μετακαυστήρα;
4. Συμπληρώστε το κενό: Όταν ο μετακαυστήρας δε βρίσκεται σε λειτουργία, το ακροφύσιο εξαγωγής λειτουργεί με τη μικρότερη δυνατή γεωμετρία εξόδου και ο μετακαυστήρας λειτουργεί σαν
5. Κατά τη διάρκεια της μετάκαυσης το καύσιμο καίγεται με μικρό βαθμό απόδοσης λόγω των συνθηκών μεγάλης ταχύτητας και μικρής πίεσης, στις οποίες πραγματοποιείται η καύση.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Επισκεφθείτε την ΕΑΒ. Ενημερωθείτε για τους τύπους των αεριοστρόβιλων κινητήρων που χρησιμοποιούνται σήμερα σε αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας. Επίσης, συγκεντρώστε πληροφορίες για τις διαφορές που παρουσιάζει ένας αεριοστρόβιλος κινητήρας που χρησιμοποιείται σε στρατιωτικές και πολιτικές εφαρμογές.
2. Συγκεντρώστε πληροφορίες από βιβλιοθήκες, internet, κ.ά. σχετικά με την εξέλιξη των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των μερών αεροπορικών αεριοστρόβιλων κινητήρων.
3. Συγκεντρώστε πληροφορίες και ετοιμάστε έκθεση αναφορικά με τις ομοιότητες και τις διαφορές στη λειτουργία των αεροπορικών και των βιομηχανικών αεριοστρόβιλων.
4. Ετοιμάστε έκθεση αναφορικά με τους τύπους των καυσίμων, τα οποία χρησιμοποιούνται στους αεροπορικούς αεριοστρόβιλους κινητήρες. Περιλάβετε στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη των καυσίμων, τα βασικά χαρακτηριστικά τους και την πιθανή εναλλαξιμότητά τους.
5. Συγκεντρώστε πληροφορίες όσον αφορά τις εξελίξεις στις τεχνικές σχεδιασμού των αεριοστρόβιλων κινητήρων με στόχο τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, την ελάττωση του θορύβου λειτουργίας και την χρήση εναλλακτικών καυσίμων.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ

Εργαστηριακή άσκηση 2.1: Αναγνώριση εξαρτημάτων αεριοστρόβιλου κινητήρα τύπου στροβιλοαντιδραστήρα

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) Να αναγνωρίζετε τα βασικά μέρη τα οποία αποτελούν το στροβιλοαντιδραστήρα (turbojet) καθώς και τα βασικά επιμέρους εξαρτήματα τους.
- β) Να επισημαίνετε τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των μερών και των εξαρτημάτων που βοηθούν στην αναγνώρισή τους και να αιτιολογείτε τις απαντήσεις σας.
- γ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιείτε όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Εισαγωγικές πληροφορίες

Ο στροβιλοαντιδραστήρας αποτελεί την απλούστερη μορφή αεριοστρόβιλου κινητήρα. Χρησιμοποιεί τη ροή των καυσαερίων που διέρχεται από το ακροφύσιο εξαγωγής ως μέσο παραγωγής ώσης για την κίνηση του αεροσκάφους. Η παραγωγή ώσης επιτυγχάνεται με την επιτάχυνση μικρών, σχετικά, μαζών αέρα σε υψηλές ταχύτητες.

Χαρακτηριστική παράμετρος του στροβιλοαντιδραστήρα είναι ο **λόγος πίεσης (engine pressure ratio – EPR)**. Αποτελεί το λόγο της πίεσης εξαγωγής των καυσαερίων από το στρόβιλο προς την πίεση του εισερχόμενου αέρα στον κινητήρα. Η τιμή του αποτελεί ένδειξη της παραγόμενης ώσης για μία συγκεκριμένη παροχή ισχύος.

Ο στροβιλοαντιδραστήρας παρουσιάζει αυξημένη κατανάλωση καυσίμου όπως και υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας του θαλάμου καύσης και του στρόβιλου.

Απαιτούμενα μέσα

- Κινητήρας τύπου στροβιλοαντιδραστήρα.
- Κατάλληλη κλίνη για την τοποθέτησή του κινητήρα.
- Εγχειρίδιο γενικής επισκευής (Overhaul Manual) ή Μερικής Επισκευής (Maintenance Manual) από την κατασκευάστρια εταιρεία.
- Μία σειρά γενικών εργαλείων.

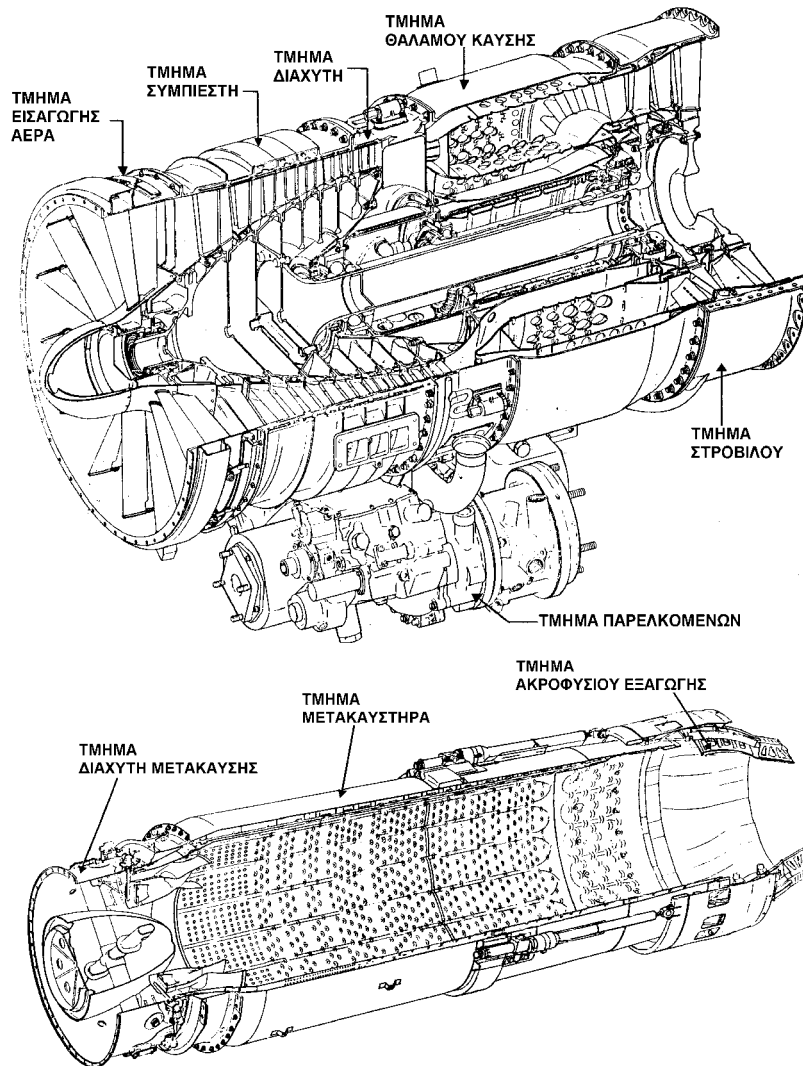
Μέτρα ασφάλειας

- Βεβαιωθείτε ότι δεν έχει παρέλθει η ημερομηνία επιθεώρησης για την καλή λειτουργική κατάσταση της κλίνης τοποθέτησης του κινητήρα. Η ημερομηνία της τελευταίας και επόμενης επιθεώρησης αναγράφεται σε ειδικό ταμπελάκι που τοποθετείται πάνω στην κλίνη.
- Πριν την πραγματοποίηση οποιασδήποτε εργασίας στον κινητήρα, βεβαιωθείτε για τη σωστή τοποθέτηση του κινητήρα στην κλίνη, ελέγχοντας τα σημεία στήριξης του και τις ασφάλειες τοποθέτησης.
- Εξασφαλίστε την καθαριότητα του χώρου εργασίας γύρω και πάνω στην κλίνη. Ο χώρος θα πρέπει να είναι καθαρός από λάδια, γράσα, καύσιμο, εργαλεία και εξαρτήματα του κινητήρα.

Πορεία εργασίας

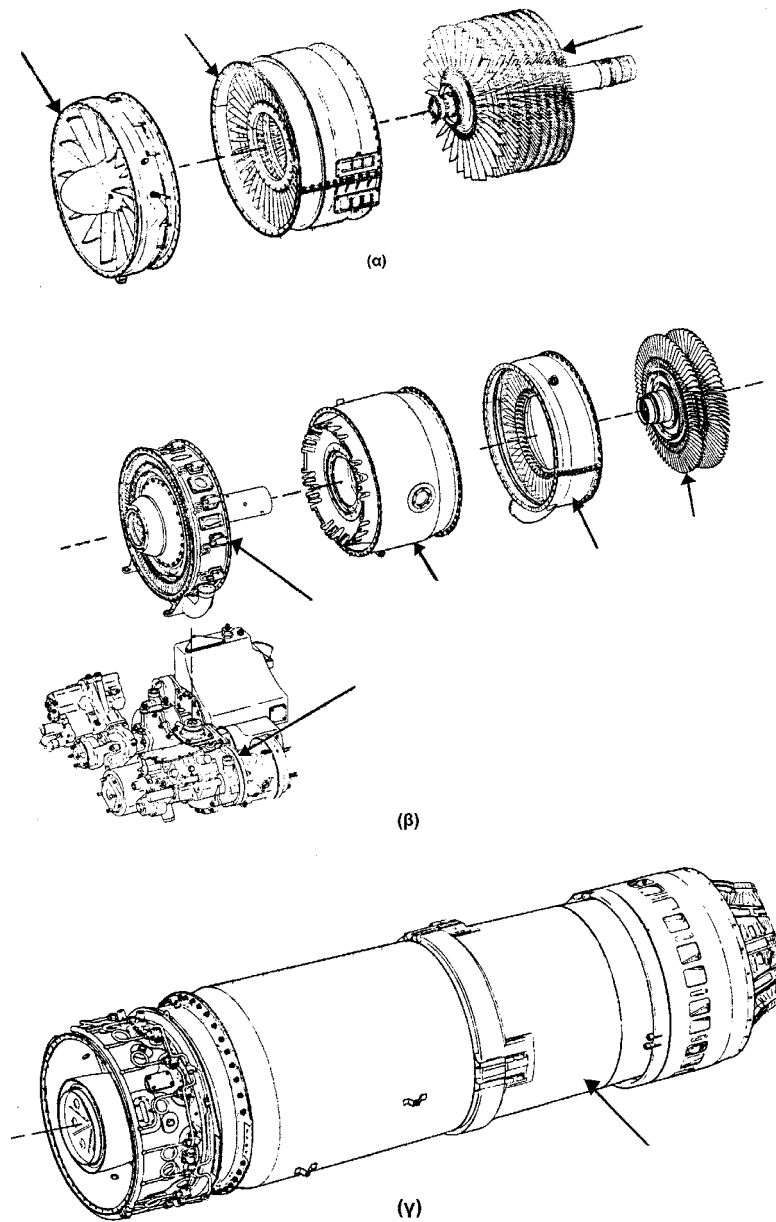
1. Επιθεωρείστε οπτικά τον κινητήρα. Εντοπίστε την πινακίδα με τα στοιχεία του κατασκευαστή και του κινητήρα.
2. Αναγνωρίστε τα κύρια μέρη του κινητήρα και περιγράψτε τη λειτουργία τους:
 - Τμήμα εισαγωγής αέρα. Κατευθύνει το ρεύμα του εισερχόμενου αέρα στον κινητήρα, ώστε αυτό να εισέλθει με κατάλληλη γωνία στα περύγια του συμπιεστή. Συχνά ονομάζεται **front frame section**.
 - Τμήμα συμπιεστή. Ο συμπιεστής είναι αξονικού τύπου και αποτελείται από 8 βαθμίδες.
 - Τμήμα διαχύτη.
 - Τμήμα θαλάμου καύσης.
 - Τμήμα στροβίλου. Αποτελείται από δύο βαθμίδες και μεταφέρει κίνηση στο συμπιεστή μέσω κοινού άξονα.
 - Τμήμα διαχύτη μετάκαυσης.
 - Τμήμα μετακαυστήρα.
 - Τμήμα εξαγωγής. Το ακροφύσιο εξαγωγής είναι μεταβλητού τύπου.
 - Τμήμα παρελκομένων.

Στο **Σχήμα 2.122** παρουσιάζονται τα τμήματα αυτά.



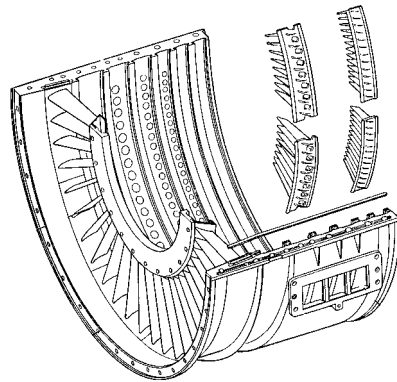
Σχήμα 2.122 Τα βασικά τμήματα του στροβιλοαντιδραστήρα

3. Με δεδομένο ότι η σειρά τοποθέτησης των τμημάτων και των εξαρτημάτων είναι από αριστερά προς τα δεξιά, συμπληρώστε τις ονομασίες των τμημάτων που δείχνουν τα βέλη στο Σχήμα 2.123 (α), (β) και (γ).



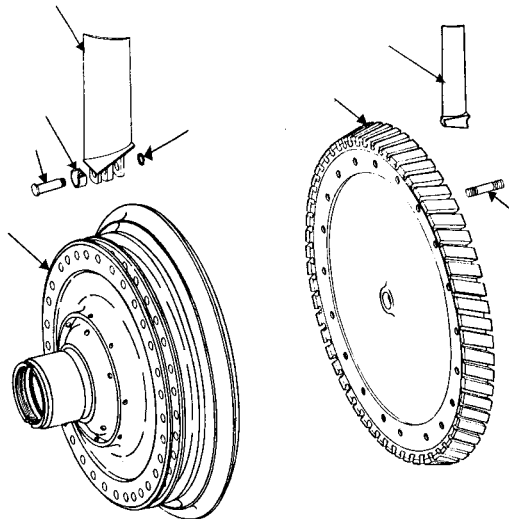
Σχήμα 2.123 Τμήματα και εξαρτήματα του στροβιλοαντιδραστήρα

4. Ονομάστε το εξάρτημα του συμπιεστή το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 2.124.



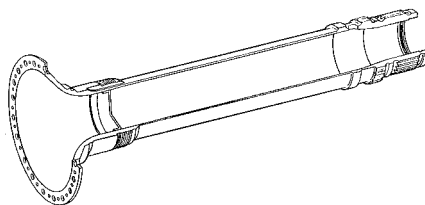
Σχήμα 2.124 Εξάρτημα συμπιεστή

5. Συμπληρώστε τις ονομασίες των τμημάτων που δείχνουν τα βέλη στο Σχήμα 2.125. Σε ποιο εξάρτημα αναφέρεται;



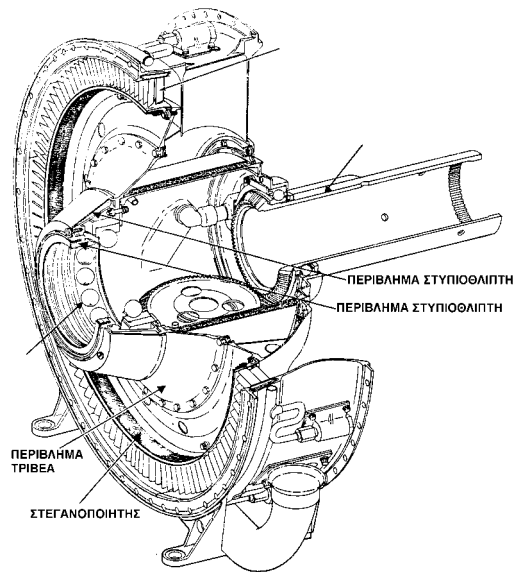
Σχήμα 2.125 Εξαρτήματα του κινητήρα

6. Αναγνωρίστε το εξάρτημα που φαίνεται στο Σχήμα 2.126. Ποια η λειτουργία του;



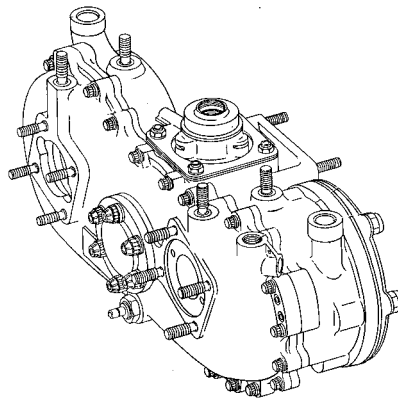
Σχήμα 2.126 Εξάρτημα του κινητήρα

7. Στο Σχήμα 2.127 φαίνεται το τμήμα του κινητήρα που τοποθετείται μετά το τμήμα του συμπιεστή. Αναγνωρίστε το και συμπληρώστε τις ονομασίες των εξαρτημάτων που δείχνουν τα βέλη.



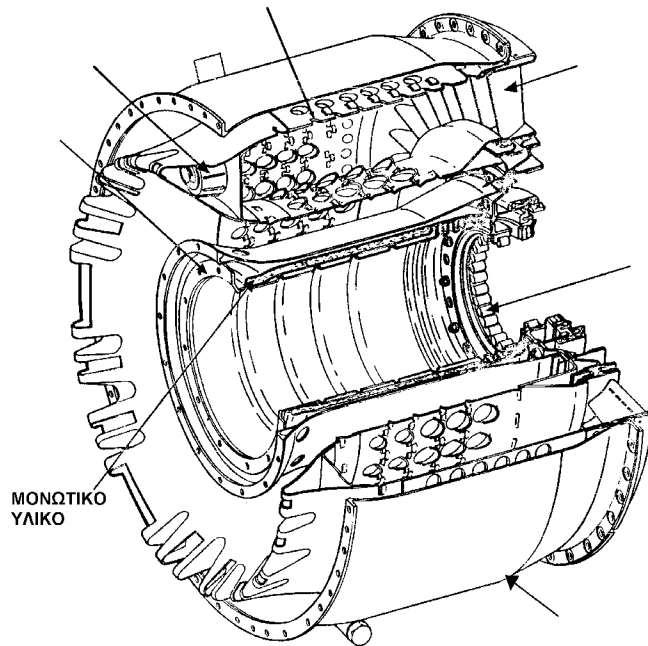
Σχήμα 2.127 Τμήμα του κινητήρα

8. Αναγνωρίστε το τμήμα που φαίνεται στο Σχήμα 2.128. Ποια η χρήση του;



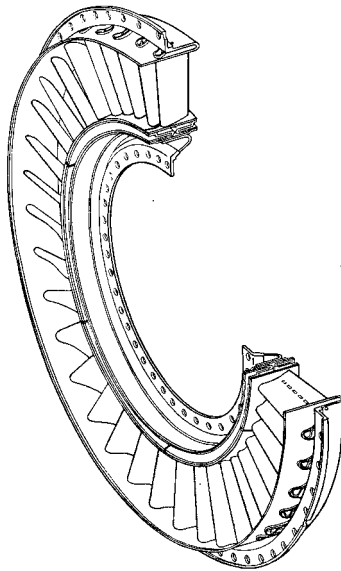
Σχήμα 2.128 Τμήμα του κινητήρα

9. Συμπληρώστε τις ονομασίες των τμημάτων που δείχνουν τα βέλη στο Σχήμα 2.129. Αναγνωρίστε τον τύπο του τμήματος αυτού.



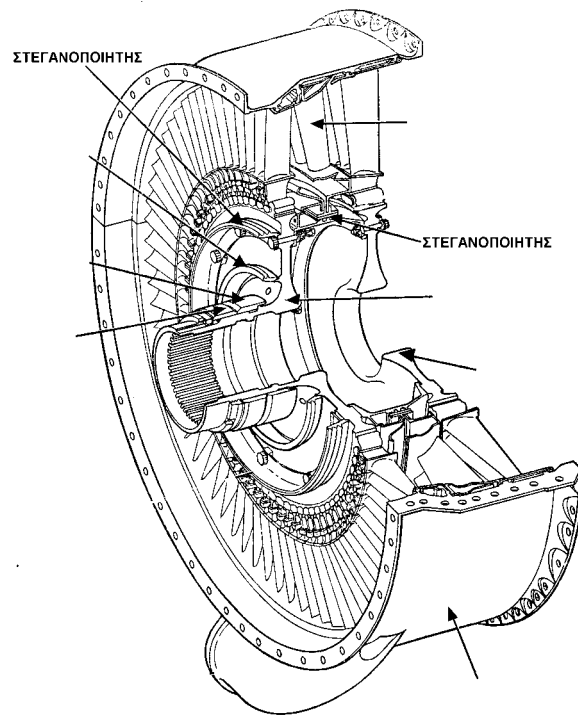
Σχήμα 2.129 Τμήμα του κινητήρα

10. Αναγνωρίστε το εξάρτημα του στροβίλου που φαίνεται στο Σχήμα 2.130 και τοποθετείται αμέσως μετά το θάλαμο καύσης.



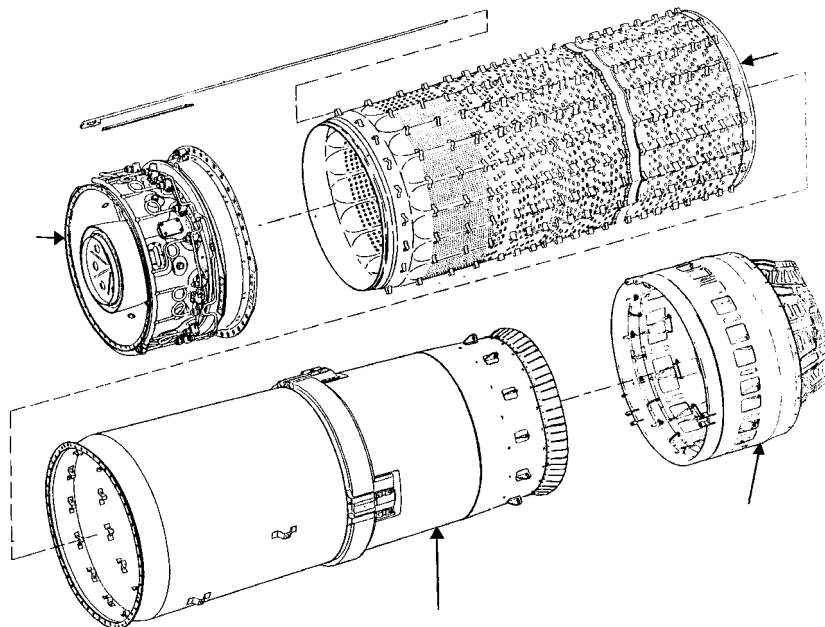
Σχήμα 2.130 Εξάρτημα του στροβίλου

11. Συμπληρώστε τις ονομασίες των εξαρτημάτων που δείχνουν τα βέλη στο Σχήμα 2.131 που παρουσιάζει το τμήμα του στροβίλου.



Σχήμα 2.131 Το τμήμα του στροβίλου

12. Αναγνωρίστε τα τμήματα και τα εξαρτήματα που φαίνονται στο Σχήμα 2.132 και συμπληρώστε τις ονομασίες των τμημάτων που δείχνουν τα βέλη. Αναλύστε τη λειτουργία τους.



Σχήμα 2.132 Τμήματα και εξαρτήματα του κινητήρα

Εργαστηριακή άσκηση 2.2: Αναγνώριση εξαρτημάτων αεριοστρόβιλου κινητήρα τύπου στροβιλοανεμιστήρα

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) Να αναγνωρίζετε τα βασικά μέρη τα οποία αποτελούν το στροβιλοανεμιστήρα (turbofan) καθώς και τα βασικά επιμέρους εξαρτήματα τους.
- β) Να επισημαίνετε τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των μερών και των εξαρτημάτων που βοηθούν στην αναγνώρισή τους και να αιτιολογείτε τις απαντήσεις σας.
- γ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιείτε όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Εισαγωγικές πληροφορίες

Ο αεριοστρόβιλος τύπου στροβιλοανεμιστήρα συνδυάζει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του στροβιλοαντιδραστήρα και ελικοστρόβιλου. Κατά τη λειτουργία του επιταχύνει μικρότερη μάζα αέρα από τον ελικοστρόβιλο αλλά μεγαλύτερη από το στροβιλοαντιδραστήρα. Αναπτύσσει μεγάλες ταχύτητες πτήσης σε μεγάλα ύψη (όπως ο στροβιλοαντιδραστήρας) και δεν απαιτεί μεγάλο διάδρομο απογείωσης (όπως ο ελικοστρόβιλος). Επιτυγχάνει αυξημένη παροχή ισχύος ανά μονάδα βάρους, καλή ειδική κατανάλωση καυσίμου μειωμένο θόρυβο κατά την απογείωση και την προσγείωση.

Ο αέρας εισαγωγής διασπάται σε δύο ρεύματα: το θερμό και το ψυχρό. Το θερμό ρεύμα διέρχεται μέσα από τον κινητήρα. Το ψυχρό ρεύμα περνά περιφερειακά του σώματος του κινητήρα. Το ρεύμα αυτό συνεισφέρει στην παραγωγή ποσοστού έως και 80% της συνολικής ώσης του κινητήρα. Ο λόγος του ψυχρού ρεύματος προς το θερμό ρεύμα αέρα καλείται **λόγος παράκαμψης (bypass ratio)**. Αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του στροβιλοανεμιστήρα και οι τιμές του κυμαίνονται από 0,5:1 έως 10:1. Ανάλογα με τις τιμές του λόγου, ο στροβιλοανεμιστήρας χαρακτηρίζεται ως υψηλού ή χαμηλού λόγου παράκαμψης.

Ο στροβιλοανεμιστήρας, τα μέρη του οποίου θα κληθείτε να αναγνωρίσετε, είναι υψηλού λόγου παράκαμψης. Αποτελείται από ανεμιστήρα (fan) 2 βαθμίδων, συμπίεστή χαμηλής πίεσης (low pressure compressor) 6 βαθμίδων και συμπίεστή υψηλής πίεσης (high pressure compressor) 7 βαθμίδων. Ο ανεμιστήρας και ο συμπίεστής χαμηλής πίεσης παίρνουν κίνηση από το στρόβιλο χαμηλής πίεσης (low pressure turbine), μίας βαθμίδας, μέσω κοινού

άξονα. Ο συμπιεστής υψηλής πίεσης κινείται από το στρόβιλο υψηλής πίεσης (high pressure compressor) ο οποίος έχει μία βαθμίδα. Ο θάλαμος καύσης είναι πολλαπλού τύπου. Σημειώστε ότι δεν υπάρχει 3^η βαθμίδα συμπιεστή ως ονοματολογία. Στη θέση της έχει τοποθετηθεί δακτύλιος απόστασης.

Απαιτούμενα μέσα

- Κινητήρας τύπου στροβιλοανεμιστήρα.
- Κατάλληλη κλίνη για την τοποθέτησή του κινητήρα.
- Εγχειρίδιο γενικής επισκευής (Overhaul Manual) ή Μερικής Επισκευής (Maintenance Manual) από την κατασκευάστρια εταιρεία.
- Μία σειρά γενικών εργαλείων.

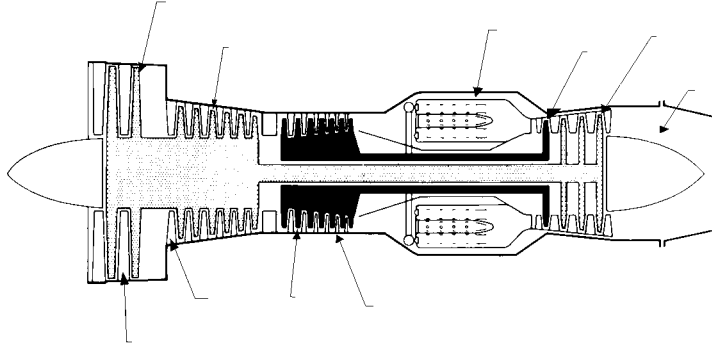
Μέτρα ασφάλειας

- Βεβαιωθείτε ότι δεν έχει παρέλθει η ημερομηνία επιθεώρησης για την καλή λειτουργική κατάσταση της κλίνης τοποθέτησης του κινητήρα. Η ημερομηνία της τελευταίας και επόμενης επιθεώρησης αναγράφεται σε ειδικό ταμπελάκι που τοποθετείται πάνω στην κλίνη.
- Πριν την πραγματοποίηση οποιασδήποτε εργασίας στον κινητήρα, βεβαιωθείτε για τη σωστή τοποθέτηση του κινητήρα στην κλίνη, ελέγχοντας τα σημεία στήριξης του και τις ασφάλειες τοποθέτησης.
- Εξασφαλίστε την καθαριότητα του χώρου εργασίας γύρω και πάνω στην κλίνη. Ο χώρος θα πρέπει να είναι καθαρός από λάδια, γράσα, καύσιμο, εργαλεία και εξαρτήματα του κινητήρα.

Πορεία εργασίας

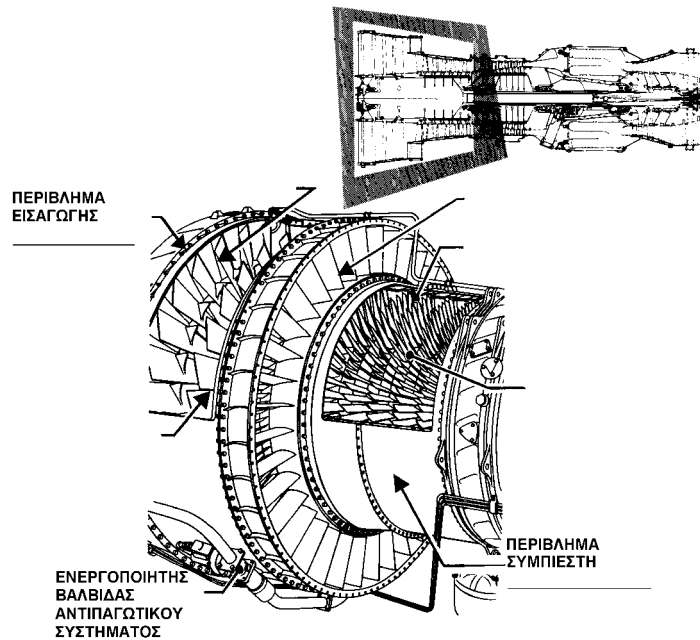
1. Επιθεωρείστε οπτικά τον κινητήρα. Εντοπίστε την πινακίδα με τα στοιχεία του κατασκευαστή και του κινητήρα.
2. Αναγνωρίστε τα κύρια μέρη του κινητήρα και περιγράψτε τη λειτουργία τους:
 - Τμήμα εισαγωγής αέρα. Κατευθύνει το ρεύμα του εισερχόμενου αέρα στον κινητήρα, ώστε αυτό να εισέλθει με κατάλληλη γωνία στα πτερύγια του συμπιεστή.
 - Τμήμα συμπιεστή (ανεμιστήρα, συμπιεστή χαμηλής και υψηλής πίεσης),
 - Τμήμα διαχύτη,
 - Τμήμα θαλάμου καύσης,
 - Τμήμα στρόβιλου (υψηλής και χαμηλής πίεσης), και

- Τμήμα εξαγωγής
3. Συμπληρώστε τα κενά στο Σχήμα 2.133.



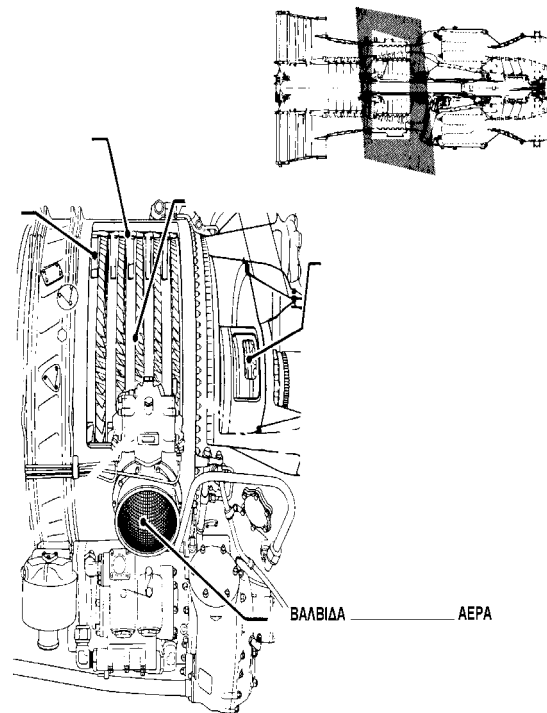
Σχήμα 2.133 Τα βασικά μέρη του στροβιλοανεμιστήρα

4. Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα στο τμήμα του ανεμιστήρα και του συμπιεστή χαμηλής πίεσης, Σχήμα 2.134.



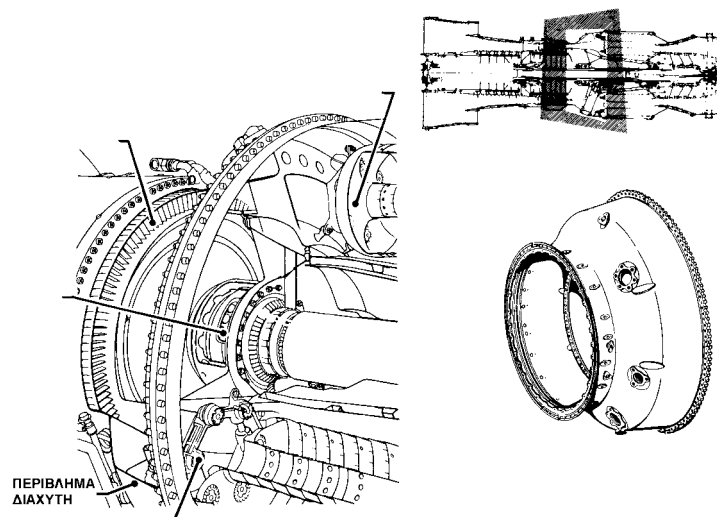
Σχήμα 2.134 Τμήμα ανεμιστήρα και συμπιεστή χαμηλής πίεσης

5. Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα στο τμήμα του συμπιεστή υψηλής πίεσης, Σχήμα 2.135.



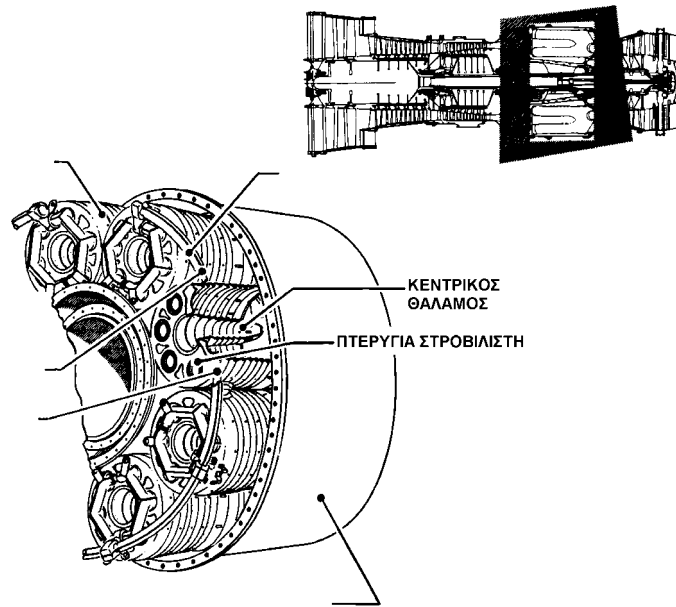
Σχήμα 2.135 Τμήμα συμπιεστή υψηλής πίεσης

6. Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα στο τμήμα του διαχύτη, Σχήμα 2.136.



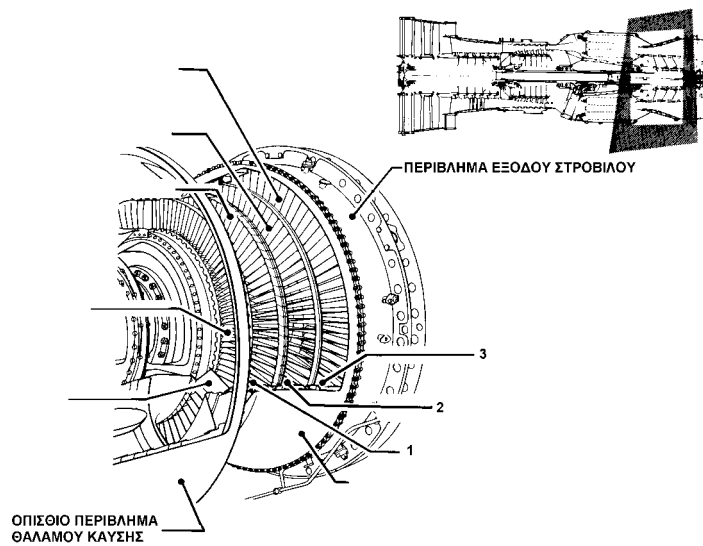
Σχήμα 2.136 Τμήμα διαχύτη

7. Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα στο τμήμα του θαλάμου καύσης, Σχήμα 2.137.



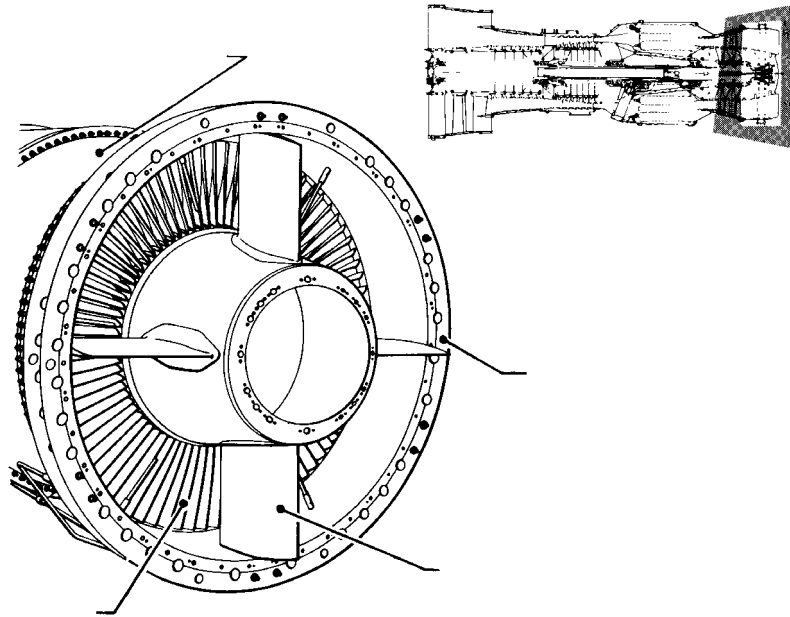
Σχήμα 2.137 Τμήμα θαλάμου καύσης

8. Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα στο τμήμα του στροβίλου (υψηλής και χαμηλής πίεσης), Σχήμα 2.138. Ποιο εξάρτημα τοποθετείται στις θέσεις 1,2 και 3.



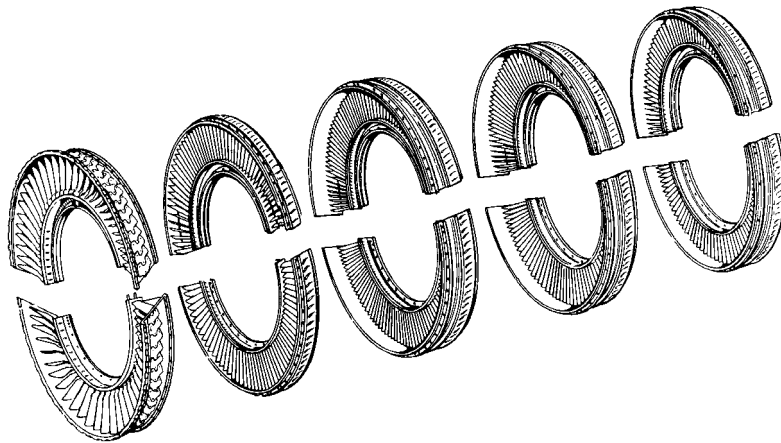
Σχήμα 2.138 Τμήμα στροβίλου

9. Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα στο τμήμα εξαγωγής, Σχήμα 2.139.



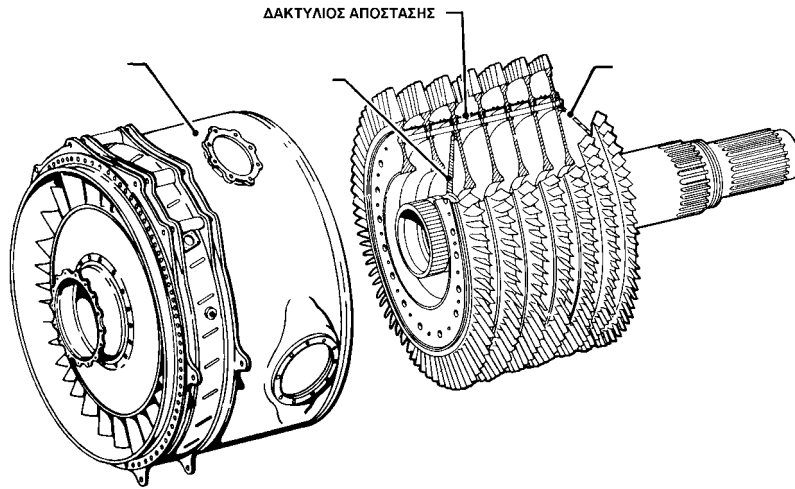
Σχήμα 2.139 Τμήμα εξαγωγής

10. Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα του συμπιεστή χαμηλής πίεσης που φαίνονται στο Σχήμα 2.140.



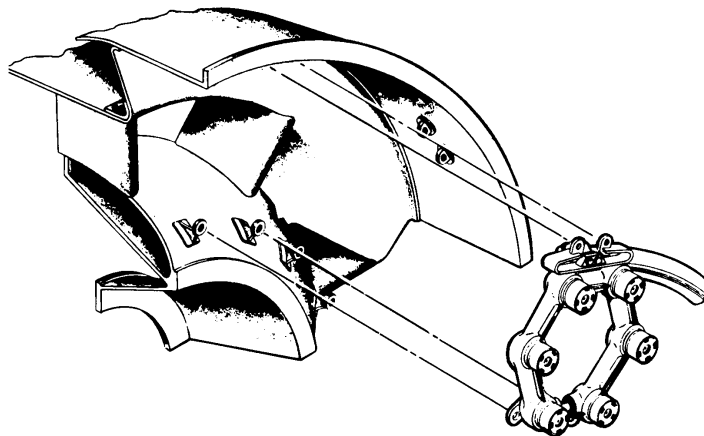
Σχήμα 2.140 Εξαρτήματα του συμπιεστή χαμηλής πίεσης

11. Στο Σχήμα 2.141 (αριστερή πλευρά) φαίνεται το ενδιάμεσο περίβλημα του κινητήρα. Αναγνωρίστε το εξάρτημα στη δεξιά πλευρά του Σχήματος του οποίου το περίβλημα έπεται του ενδιάμεσου.



Σχήμα 2.141 Ενδιάμεσο περίβλημα

12. Αναγνωρίστε το εξάρτημα του θαλάμου καύσης το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 2.142.



Σχήμα 2.142 Εξάρτημα του θαλάμου καύσης

Εργαστηριακή άσκηση 2.3: Αναγνώριση εξαρτημάτων αεριοστρόβιλου κινητήρα τύπου ελικοστρόβιλου

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) Να αναγνωρίζετε τα βασικά μέρη τα οποία αποτελούν τον ελικοστρόβιλο κινητήρα (turbo-prop) καθώς και τα βασικά επιμέρους εξαρτήματά τους.
- β) Να επισημαίνετε τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των μερών και των εξαρτημάτων που βοηθούν στην αναγνώρισή τους και να αιτιολογείτε τις απαντήσεις σας.
- γ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιείτε όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

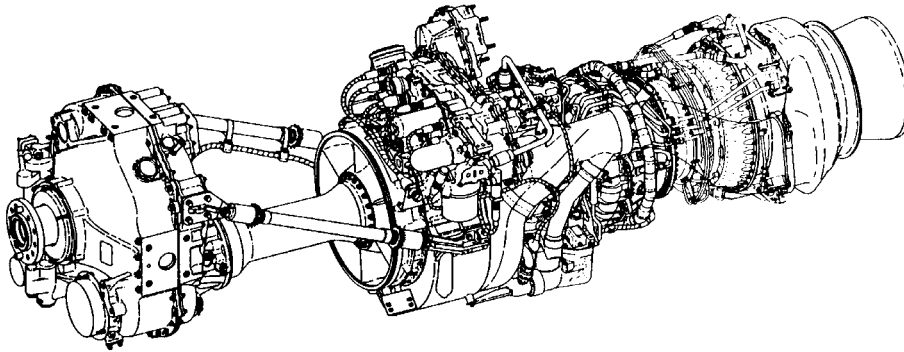
Εισαγωγικές πληροφορίες

Ο ελικοστρόβιλος κινητήρα έχει ευρεία εφαρμογή. Παρουσιάζει ομοιότητα με το στροβιλοαντιδραστήρα. Χρησιμοποιεί, όμως, σύστημα γραναζιών ως μειωτήρα στροφών για τη μετάδοση κίνησης σε έλικα. Σχεδόν το σύνολο της ενέργειας των καυσαερίων χρησιμοποιείται για την κίνηση του έλικα. Για το λόγο αυτό, η προσφερόμενη από τα καυσαέρια ώση είναι πολύ μικρή. Χρησιμοποιείται, συνήθως, ξεχωριστός στρόβιλος για τη μετάδοση της κίνησης στον έλικα, ο ελεύθερος στρόβιλος (free turbine ή power turbine) ο οποίος συνδέεται με ξεχωριστό άξονα με το μειωτήρα στροφών. Τα άλλα μέρη του κινητήρα (συμπιεστής, θάλαμος καύσης και στρόβιλος) λειτουργούν για να παρέχουν καυσαέρια με υψηλή ενέργεια για την περιστροφή του στροβίλου του έλικα. Η κίνηση του έλικα απορροφά το 90% των παραγόμενων καυσαερίων ενώ το υπόλοιπο 10% συνεισφέρει στην παραγωγή ώσης.

Ο ελικοστρόβιλος κινητήρας επιτυγχάνει την καλύτερη ειδική κατανάλωση καυσίμου συγκριτικά με οποιονδήποτε αεριοστρόβιλο κινητήρα άλλου τύπου. Παρουσιάζει, όμως, πολυπλοκότητα στην κατασκευή του.

Στην περίπτωση που ο ελεύθερος στρόβιλος του ελικοστρόβιλου κινητήρα συνδέεται με τον άξονα του στροφείου ενός ελικοπτερου, τότε έχουμε τον αξονοστρόβιλο κινητήρα (turboshaft engine).

Στο Σχήμα 2.143 φαίνεται ένας ελικοστρόβιλος κινητήρας.



Σχήμα 2.143 Ελικοστρόβιλος κινητήρας

Απαιτούμενα μέσα

- Κινητήρας τύπου ελικοστρόβιλου.
- Κατάλληλη κλίνη για την τοποθέτησή του κινητήρα.
- Εγχειρίδιο γενικής επισκευής (Overhaul Manual) ή Μερικής Επισκευής (Maintenance Manual) από την κατασκευάστρια εταιρεία.
- Μία σειρά γενικών εργαλείων.

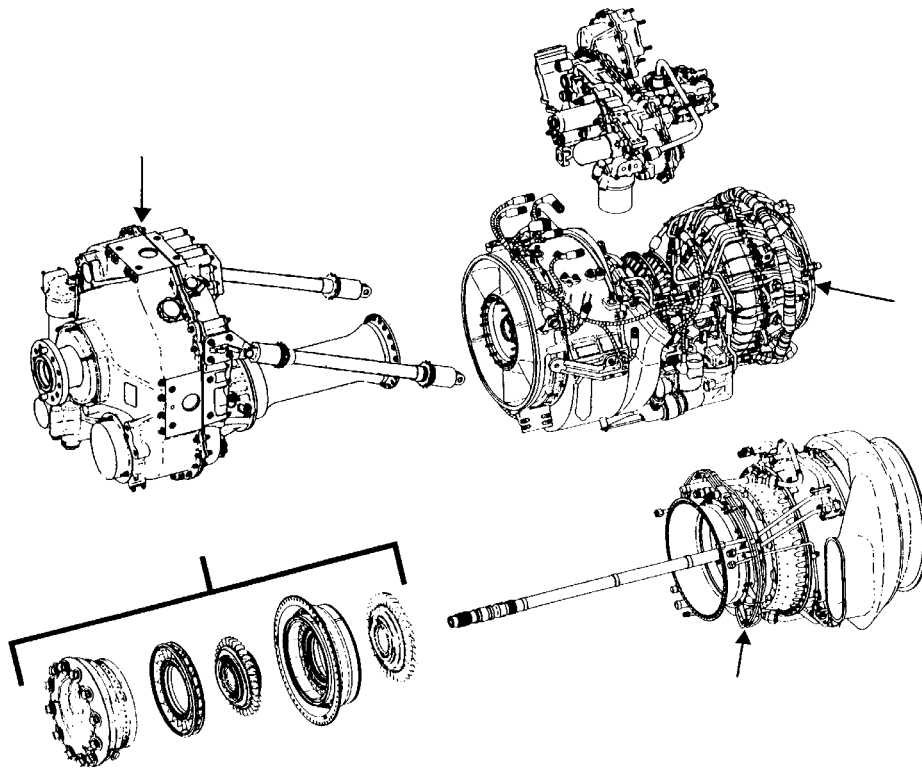
Μέτρα ασφάλειας

- Βεβαιωθείτε ότι δεν έχει παρέλθει η ημερομηνία επιθεώρησης για την καλή λειτουργική κατάσταση της κλίνης τοποθέτησης του κινητήρα. Η ημερομηνία της τελευταίας και επόμενης επιθεώρησης αναγράφεται σε ειδικό ταμπελάκι που τοποθετείται πάνω στην κλίνη.
- Πριν την πραγματοποίηση οποιασδήποτε εργασίας στον κινητήρα, βεβαιωθείτε για τη σωστή τοποθέτηση του κινητήρα στην κλίνη, ελέγχοντας τα σημεία στήριξης του και τις ασφάλειες τοποθέτησης.
- Εξασφαλίστε την καθαριότητα του χώρου εργασίας γύρω και πάνω στην κλίνη. Ο χώρος θα πρέπει να είναι καθαρός από λάδια, γράσα, καύσιμο, εργαλεία και εξαρτήματα του κινητήρα.

Πορεία εργασίας

1. Επιθεωρείστε οπτικά τον κινητήρα. Εντοπίστε την πινακίδα με τα στοιχεία του κατασκευαστή και του κινητήρα.
2. Αναγνωρίστε τα 4 βασικά υπό-συγκροτήματα (modules) του κινητήρα:
 - Συγκρότημα μειωτήρα στροφών (propeller gear-case),
 - Συγκρότημα παρελκομένων (accessory section module),

- Κεντρικό συγκρότημα (core section module). Περιλαμβάνει το ψυχρό τμήμα (cold section) και το θερμό τμήμα (hot section),
 - Συγκρότημα στροβίλου ισχύος (power turbine module).
3. Συμπληρώστε τις ονομασίες των τμημάτων που δείχνουν τα βέλη στο Σχήμα 2.144.

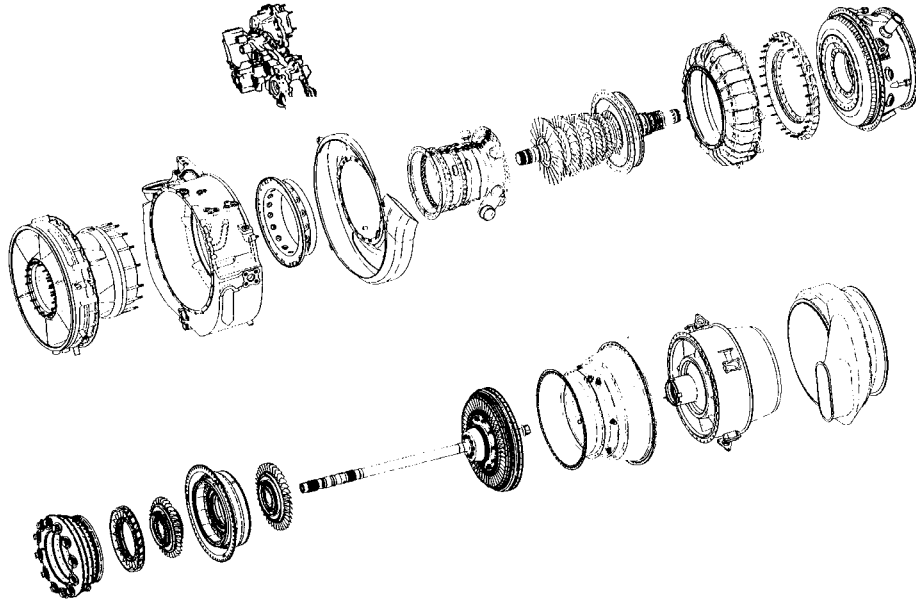


Σχήμα 2.144 Τα βασικά υπό-συγκροτήματα ελικοστρόβιλου κινητήρα

4. Αναγνωρίστε τα κύρια τμήματα του κινητήρα και περιγράψτε τη λειτουργία τους:
- Τμήμα εισαγωγής αέρα.
 - Τμήμα συμπίεστη. Αποτελείται από πέντε βαθμίδες αξονικού συμπίεστη και μία βαθμίδα φυγοκεντρικού.
 - Τμήμα διαχύτη,
 - Τμήμα θαλάμου καύσης. Ο θάλαμος καύσης είναι δακτυλιοειδούς τύπου.
 - Τμήμα στροβίλου (gas generator turbine). Αποτελείται από δύο βαθμίδες.
 - Τμήμα στροβίλου ισχύος (power turbine), και

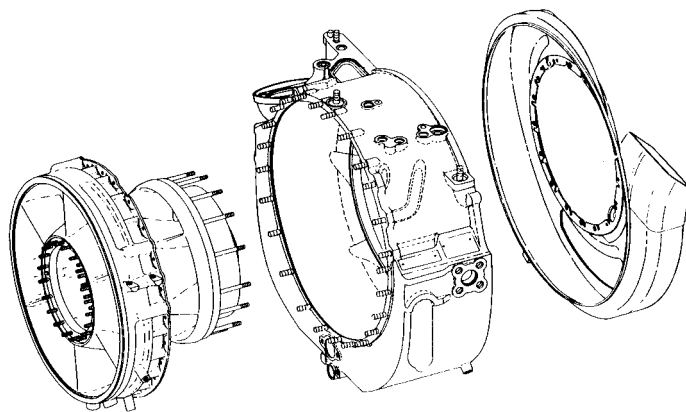
- Τμήμα εξαγωγής.

Στο Σχήμα 2.145 παρουσιάζονται τα τμήματα αυτά, με κάποια από τα βασικά εξαρτήματά τους, με τη σειρά συναρμολόγησής τους.



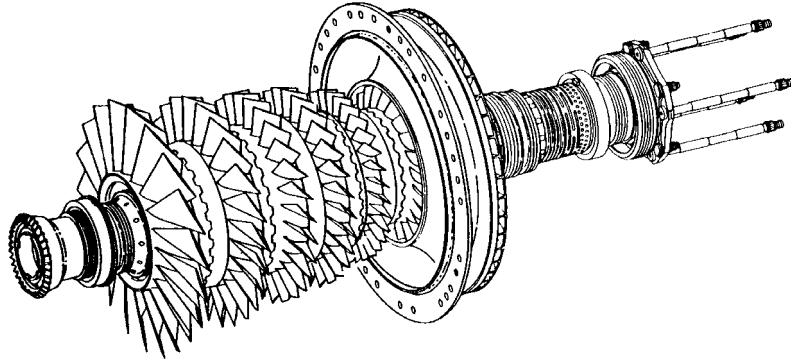
Σχήμα 2.145 Τα βασικά τμήματα του στροβιλοανεμιστήρα

5. Στο Σχήμα 2.146 προσδιορίστε σε ποιο τμήμα του κινητήρα ανήκουν τα εξαρτήματα που εμφανίζονται, θεωρώντας ότι τοποθετούνται με τη σειρά που φαίνονται από αριστερά προς τα δεξιά. Αιτιολογήστε την απάντησή σας.



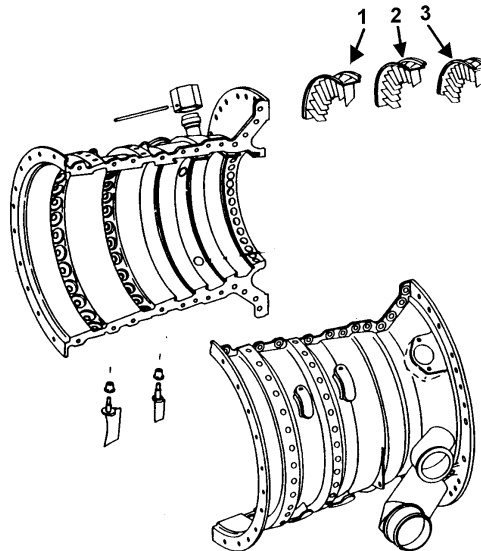
Σχήμα 2.146 Εξαρτήματα βασικού τμήματος του κινητήρα

6. Στο Σχήμα 2.147 φαίνονται ο αξονικός συμπιεστής, ο φυγοκεντρικός συμπιεστής και το δακτυλιοειδές περίβλημά του, καθώς και οι τριβείς Νο 3 και Νο 4 του κινητήρα. Προσδιορίστε τα συγκεκριμένα.



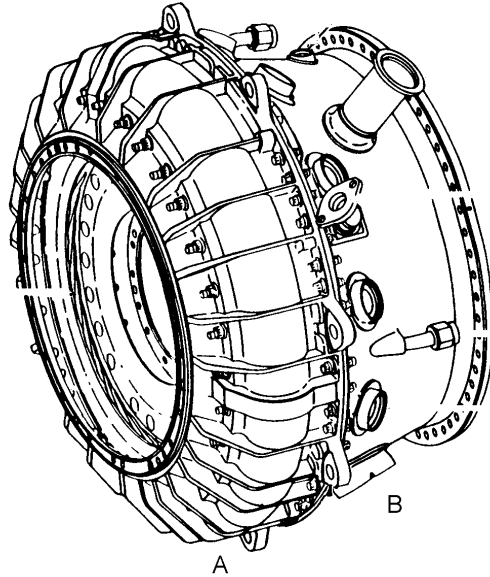
Σχήμα 2.147 Το συγκρότημα ρότορα του συμπιεστή.

7. Θεωρώντας δεδομένο ότι το εξάρτημα που φαίνεται στο Σχήμα 2.148 περιβάλλει το ρότορα του συμπιεστή, δεν περιστρέφεται και ότι τα εξαρτήματα 1, 2 και 3 προσαρμίζονται στην εσωτερική του περιφέρεια, προσδιορίστε την ονομασία και τη χρήση του.



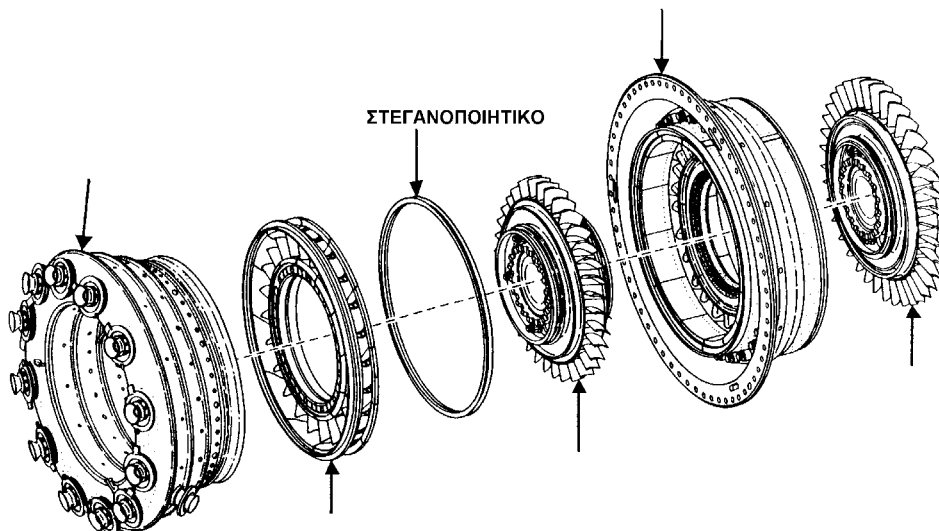
Σχήμα 2.148 Εξάρτημα από το ψυχρό τμήμα του κινητήρα

8. Στο Σχήμα 2.149 το εξάρτημα Β περιβάλλει το θάλαμο καύσης. Αιτιολογείστε. Στο ίδιο Σχήμα, το εξάρτημα Α τοποθετείται ακριβώς μετά το τμήμα του συμπιεστή. Ονομάστε το.



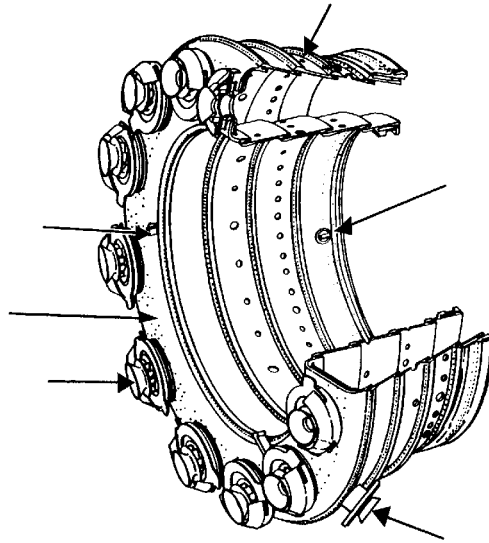
Σχήμα 2.149 Εξαρτήματα του κινητήρα

9. Στο Σχήμα 2.150 προσδιορίστε το θάλαμο καύσης καθώς και τους ρότορες και τους στάτορες του στροβίλου.



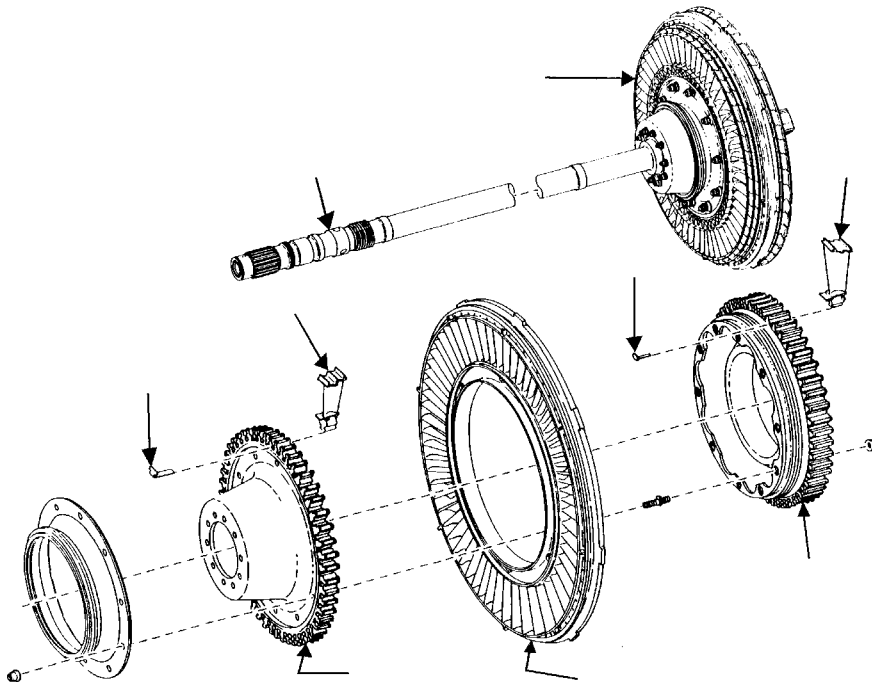
Σχήμα 2.150 Εξαρτήματα από το θερμό τμήμα του κινητήρα

10. Στο Σχήμα 2.151 παρουσιάζεται ο θάλαμος καύσης του κινητήρα. Συμπληρώστε τις ονομασίες των εξαρτημάτων που δείχνουν τα βέλη.



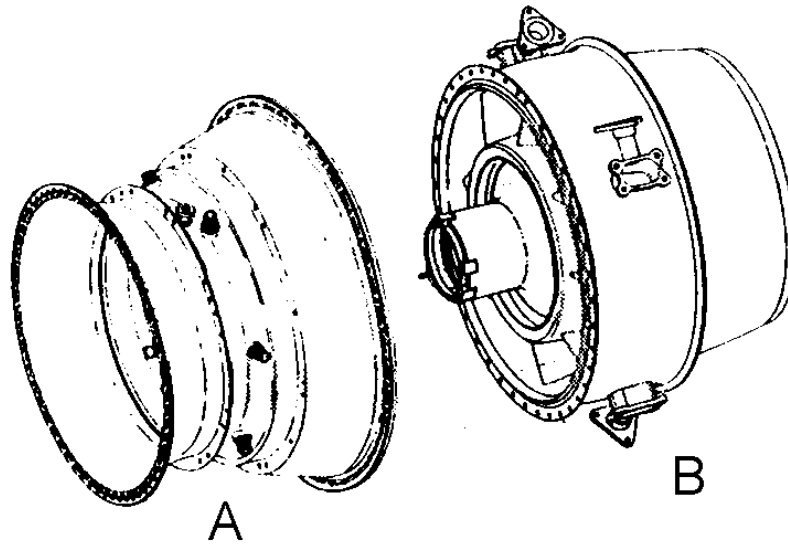
Σχήμα 2.151 Ο θάλαμος καύσης

11. Προσδιορίστε τα εξαρτήματα που φαίνονται στο Σχήμα 2.152 και τη λειτουργία τους στον κινητήρα. Αιτιολογήστε την απάντησή σας.



Σχήμα 2.152 Εξαρτήματα από το θερμό τμήμα του κινητήρα

12. Προσδιορίστε το εξάρτημα που φαίνεται στο Σχήμα 2.153, με δεδομένο ότι τοποθετείται ακριβώς μετά το περίβλημα του στρόβιλου ισχύος (Σχήμα 2.153Α).



Σχήμα 2.153 Εξάρτημα του κινητήρα

Εργαστηριακή άσκηση 2.4: Αφαίρεση / τοποθέτηση κινητήρα σε κλίνη εργασίας και κιβώτιο μεταφοράς

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) να αφαιρείτε και επανατοποθετείτε έναν αεριοστρόβιλο κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς του,
- β) να αφαιρείτε και να επανατοποθετείτε τμήματα ενός αεριοστρόβιλου κινητήρα, όπως είναι το σύστημα μετάδοσης κίνησης ενός ελικοστρόβιλου κινητήρα, στο ιδιαίτερο κιβώτιο μεταφοράς του,
- γ) να τοποθετείτε έναν αεριοστρόβιλο κινητήρα στην κλίνη εργασίας, ακολουθώντας συγκεκριμένες διαδικασίες, όπως αυτές περιγράφονται στο βιβλίο οδηγιών γενικής επισκευής του κατασκευαστή (το ίδιο ισχύει και για τις παραγράφους α) και β)).
- δ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιούν όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Εισαγωγικές πληροφορίες

Ο κινητήρας στον οποίο θα αναφερθούμε στην παρούσα άσκηση είναι τύπου ελικοστρόβιλου. Παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα της τοποθέτησης του **κιβωτίου μετάδοσης κίνησης (reduction gear box)** σε ξεχωριστό κιβώτιο μεταφοράς, αν αυτό απαιτηθεί. Για την αποθήκευσή του, οι οδηγίες που ακολουθούν είναι σημαντικές:

A. Γενικά

Η περίοδος παραμονής του κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς ποικίλει:

1. Από 0 έως 7 ημέρες. Δεν απαιτείται η πλήρωση με **λάδι προστασίας (preservation)** με την προϋπόθεση της αποφυγής της έκθεσης του κιβωτίου μεταφοράς σε υψηλές θερμοκρασιακές μεταβολές και υψηλές τιμές υγρασίας.
2. Από 8 έως 28 ημέρες. Δεν απαιτείται η πλήρωση με λάδι προστασίας με την προϋπόθεση του ερμητικού σφραγίσματος των ανοιγμάτων και των οπών του κινητήρα. Επιβάλλεται η τοποθέτηση ειδικών πλαστικών σακιδίων σιλικόνης για τη διατήρηση της υγρασίας σε τιμές χαμηλότερες του 40%. Ενδείκτης υγρασίας πρέπει να τοποθετηθεί στο εσωτερικό του κιβωτίου μεταφοράς, το οποίο πρέπει να φέρει ειδικά παράθυρα για την ανάγνωσή του.

3. Από 29 έως 90 ημέρες. Τα μέτρα διατήρησης και ελέγχου της υγρασίας είναι όμοια με τα παραπάνω. Οι οπές εισαγωγής και εξαγωγής πρέπει να είναι καλυμμένες. Το σύστημα καυσίμου πρέπει να πληρωθεί με λάδι προστασίας, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

4. Παραπάνω από 90 ημέρες. Επιπρόσθετα με τα παραπάνω μέτρα, το σύστημα λαδιού πρέπει να πληρωθεί με λάδι προστασίας, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

B. Επιθεώρηση

1. Στην περίπτωση φύλαξης του κιβωτίου μεταφοράς σε εξωτερικό χώρο, ο ενδείκτης υγρασίας πρέπει να ελέγχεται κάθε 15 ημέρες, διαφορετικά ο έλεγχος πρέπει να γίνεται κάθε 30 ημέρες.

2. Στην περίπτωση ανόδου της υγρασίας άνω του 40%, τα σακίδια σιλικόνης πρέπει να αντικατασταθούν.

Οι διαστάσεις των κιβωτίων μεταφοράς του κινητήρα (σε m) έχουν ως εξής:

1. Κιβώτιο μεταφοράς κινητήρα στο σύνολό του: MxΠxY (2,5x0,97x1,2), με βάρος 370 kg (άδειο).
2. Κιβώτιο μεταφοράς κιβωτίου μετάδοσης κίνησης: MxΠxY (0,97x0,90x0,95), με βάρος 65 kg (άδειο).
3. Κιβώτιο μεταφοράς κινητήρα χωρίς το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης: MxΠxY (1,8x1,1x1,2), με βάρος 260 kg (άδειο).

Απαιτούμενα μέσα

- Κινητήρας του προαναφερόμενου τύπου,
- Κιβώτιο μεταφοράς,
- Περιστρεφόμενη κλίνη για την τοποθέτησή του,
- εγχειρίδιο γενικής επισκευής,
- μία σειρά των απαραίτητων ειδικών εργαλείων για τις διαδικασίες αφαίρεσης και τοποθέτησης του κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς και στην κλίνη εργασίας,
- γενικά εργαλεία,
- μικρός γερανός με σχοινιά ανάρτησης («σαμπάνια») ή αλυσίδες ή μιάντες βαρούλκων.

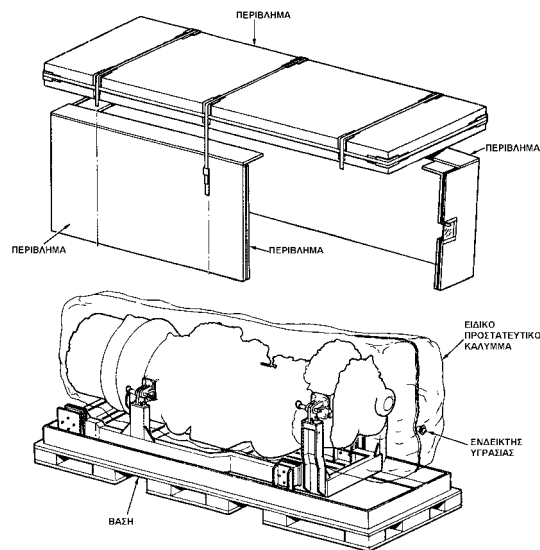
Μέτρα ασφαλείας

Ακουλουθήστε τα βασικά μέτρα ασφάλειας που αναφέρονται στο Παράρτημα Α.

Πορεία εργασίας

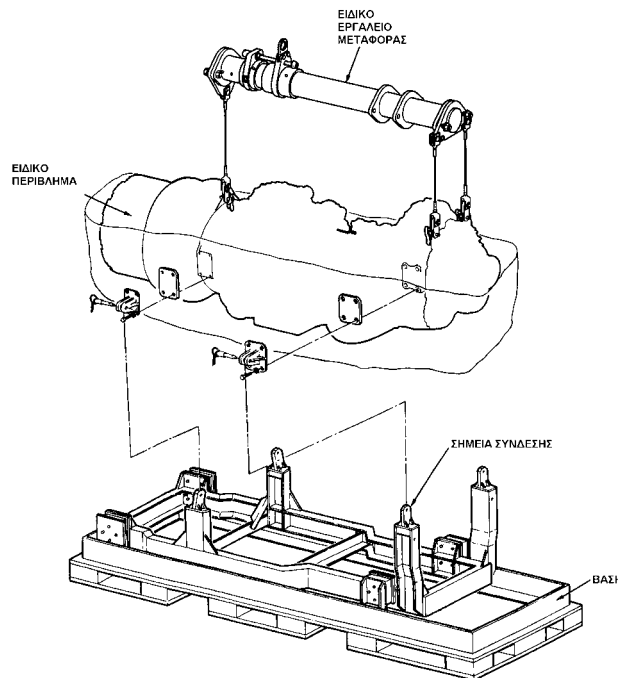
A. Αφαίρεση του κινητήρα από το κιβώτιο μεταφοράς.

1. Διαβάστε προσεκτικά τις οδηγίες αφαίρεσης / τοποθέτησης του κινητήρα από το κιβώτιο μεταφοράς καθώς και τις οδηγίες τοποθέτησής / αφαίρεσής του από την κλίση εργασίας, όπως αυτές δίνονται στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής.
2. Αναγνωρίστε τα γενικά και ειδικά εργαλεία, τα οποία απαιτούνται και βεβαιωθείτε ότι είναι διαθέσιμα.
3. Τοποθετήστε το κιβώτιο μεταφοράς σε σημείο κατάλληλο για τη χρήση του γερανού μεταφοράς.
4. Αφαιρέστε το μεταλλικό περίβλημα του κιβωτίου. Σε ιδιαίτερη θήκη του, τοποθετούνται τα συνοδευτικά του έγγραφα.
5. Αφαιρέστε το ειδικό προστατευτικό κάλυμμα από τον κινητήρα.



Σχήμα 2.154 Έλεγχος του ενδείκτη υγρασίας

6. Ελέγξτε τον ενδείκτη υγρασίας (Σχήμα 2.154). Στην περίπτωση που έχει μεταβληθεί το χρώμα του (ροζ αντί μπλε), ο κινητήρας πρέπει να επιθεωρηθεί για εμφάνιση διάβρωσης.
7. Τοποθετείστε στον κινητήρα, το ειδικό εργαλείο (Σχήμα 2.155) σύνδεσης του με τον γερανό μεταφοράς, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.



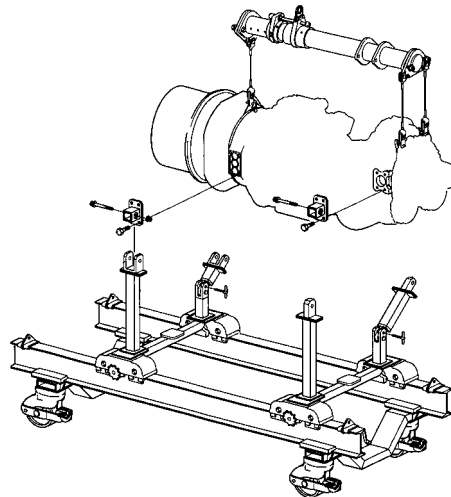
Σχήμα 2.155 Τοποθέτηση του ειδικού εργαλείου για τη μεταφορά με το γερανό

8. Αφαιρέστε τα σημεία σύνδεσης του κινητήρα με το κιβώτιο μεταφοράς. Διατηρείστε τα πάνω στο κιβώτιο μεταφοράς, ώστε να χρησιμοποιηθούν κατά την επανατοποθέτηση του κινητήρα σε αυτό.
9. Βεβαιωθείτε ότι τα ακόλουθα συνοδευτικά έγγραφα περιέχονται σε ειδική θήκη που προβλέπεται στο κάτω μέρος του κιβωτίου μεταφοράς:
 - ◆ Έγγραφα φόρτωσης,
 - ◆ Το μητρώο του κινητήρα,
 - ◆ Κατάλογος των ανταλλακτικών του κινητήρα τα οποία πρέπει να αντικατασταθούν, ανάλογα με τις εργασίες που πραγματοποιηθούν,
 - ◆ Αρχεία καταγραφής ιστορικού για κάποια από τα εξαρτήματα του κινητήρα,
 - ◆ Κατάλογος με τα **επισκευαστικές τροποποιήσεις (service bulletins)** τις οποίες έχει υποστεί ο συγκεκριμένος κινητήρας.
10. Ελέγξτε αν οι πληροφορίες που βρίσκονται στα παραπάνω έγγραφα συμφωνούν με την κατάσταση του συγκεκριμένου κινητήρα.
11. Επιθεωρήστε εξωτερικά τον κινητήρα για την ύπαρξη ζημιών ή φθορών.

12. Αφαιρέστε τον κινητήρα από το κιβώτιο μεταφοράς θέτοντας σε λειτουργία το γερανό μεταφοράς.

B. Τοποθέτηση του κινητήρα στην κλίνη εργασίας.

1. Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής και τοποθετείστε τα κατάλληλα εξαρτήματα στην κλίνη εργασίας (Σχήμα 2.156). Εφαρμόστε τις τιμές ροπομέτρησης σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου.



Σχήμα 2.156 Τοποθέτηση των απαραίτητων εξαρτημάτων για την τοποθέτηση του κινητήρα στην κλίνη

2. Τοποθετείστε την κλίνη κάτω από τον κινητήρα και θέστε σε λειτουργία το φρένο της.
3. Χαμηλώστε τον κινητήρα και ευθυγραμμείστε τα σημεία τοποθέτησής του στην κλίνη μεταφοράς με τους υποδοχείς της τελευταίας.
4. Ασφαλίστε τον κινητήρα στην κλίνη.
5. Αφαιρέστε τα ειδικά εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στις μέχρι τώρα εργασίες.

Γ. Τοποθέτηση του κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς.

1. Μελετήστε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής για τις διεργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν στον κινητήρα, πριν αυτός τοποθετηθεί στο κιβώτιο για τη μεταφορά του.
2. Βεβαιωθείτε ότι τα ακόλουθα έγγραφα έχουν συμπληρωθεί και θα συνοδεύουν τον κινητήρα:
 - ◆ Το μητρώο του κινητήρα,

- ◆ Κατάλογος των ανταλλακτικών του κινητήρα τα οποία αντικαταστάθηκαν, ανάλογα με τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν,
 - ◆ Αρχεία καταγραφής ιστορικού για κάποια από τα εξαρτήματα του κινητήρα.
3. Τοποθετείστε τα έγγραφα στην ειδική θήκη του κιβωτίου μεταφοράς.
 4. Τοποθετείστε τον ενδείκτη υγρασίας στο ειδικό κάλυμμα του κινητήρα.
 5. Πραγματοποιώντας τις κατάλληλες εργασίες, σύμφωνα με το εγχειρίδιο γενικής επισκευής, ανασηκώστε τον κινητήρα από την κλίνη εργασίας χρησιμοποιώντας το γερανό μεταφοράς και το ειδικό εργαλείο σύνδεσής του με αυτόν.
 6. Χαμηλώστε τον κινητήρα στο ύψος του κιβωτίου μεταφοράς και ευθυγραμμίστε τα σημεία τοποθέτησής του στο κιβώτιο με τους υποδοχείς του τελευταίου.
 7. Ασφαλίστε τον κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς.
 8. Αφαιρέστε το ειδικό εργαλείο σύνδεσης του κινητήρα με το γερανό μεταφοράς.
 9. Τοποθετείστε τα σακίδια σιλικόνης πάνω στον κινητήρα.
 10. Τοποθετείστε το ειδικό κάλυμμα στον κινητήρα.
 11. Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, τοποθετείστε το κάλυμμα του κιβωτίου μεταφοράς.
 12. Συμπληρώστε στο σημείο που προβλέπεται, στο κάλυμμα του κιβωτίου μεταφοράς, το μοντέλο του κινητήρα, τον **αριθμό σειράς** του (**Serial Number**) και την ημερομηνία πλήρωσής του με λάδι συντήρησης.

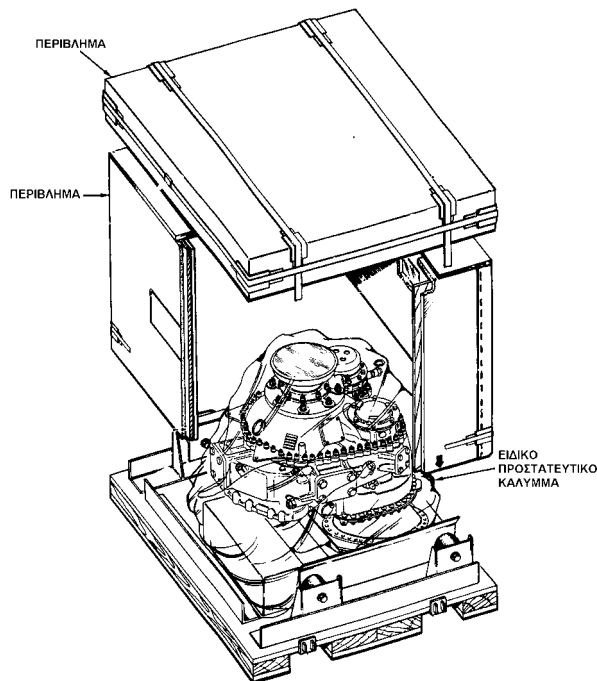
Σημείωση: η τοποθέτηση του κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς δεν ενδείκνυται για θαλάσσια μεταφορά.

Δ. Αφαίρεση του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης από το κιβώτιο μεταφοράς του και τοποθέτησή του στην κλίνη εργασίας.

Η περίπτωση που εξετάζουμε στη συνέχεια αφορά την μεταφορά του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης ξεχωριστά από τον υπόλοιπο κινητήρα.

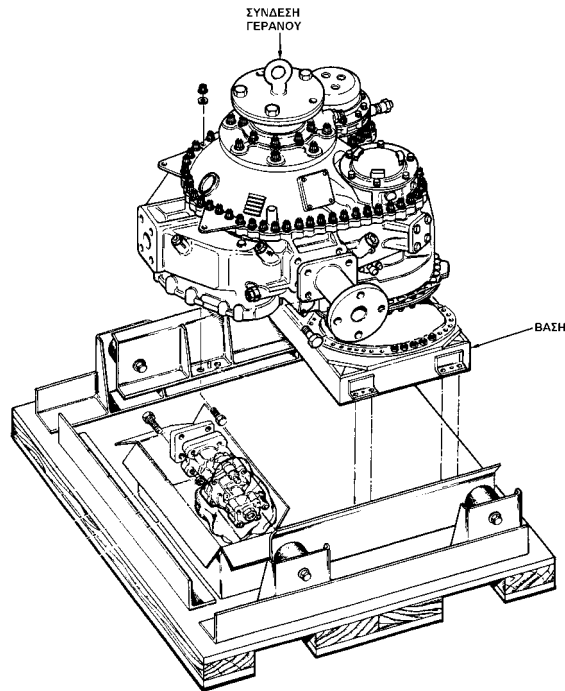
1. Διαβάστε προσεκτικά τις οδηγίες αφαίρεσης του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης από το κιβώτιο μεταφοράς και της τοποθέτησής του στην κλίνη εργασίας, όπως αυτές δίνονται στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής.

2. Αναγνωρίστε τα γενικά και ειδικά εργαλεία, τα οποία απαιτούνται και βεβαιωθείτε ότι είναι διαθέσιμα.
3. Ελέγξτε τον ενδείκτη υγρασίας. Στην περίπτωση που έχει μεταβληθεί το χρώμα του (ροζ αντί μπλε), το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης πρέπει να επιθεωρηθεί για εμφάνιση διάβρωσης.
4. Τοποθετήστε το κιβώτιο μεταφοράς σε σημείο κατάλληλο για τη χρήση του γερανού μεταφοράς.
5. Αφαιρέστε το μεταλλικό περίβλημα του κιβωτίου, Σχήμα 2.157.



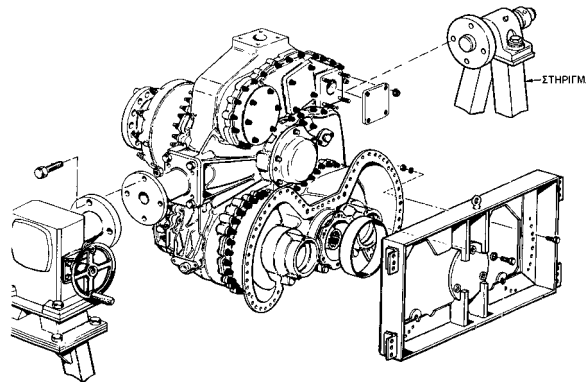
Σχήμα 2.157 Αφαίρεση του μεταλλικού περιβλήματος του κιβωτίου μεταφοράς

6. Αφαιρέστε το ειδικό προστατευτικό κάλυμμα από του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης.
7. Τοποθετείστε στο κιβώτιο μετάδοσης κίνησης, το ειδικό εργαλείο σύνδεσης του με τον γερανό μεταφοράς, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής (Σχήμα 2.158).



Σχήμα 2.158 Τοποθέτηση του ειδικού εργαλείου σύνδεσης με το γερανό μεταφοράς

8. Αφαιρέστε τα σημεία σύνδεσης του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης με το κιβώτιο μεταφοράς. Διατηρήστε τα πάνω σε αυτό, ώστε να χρησιμοποιηθούν κατά την επανατοποθέτηση του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης στο κιβώτιο μεταφοράς.
9. Αφαιρέστε το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης από το κιβώτιο μεταφοράς θέτοντας σε λειτουργία το γερανό μεταφοράς.
10. Τοποθετείστε το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης στην κλίση εργασίας, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής (Σχήμα 2.159).



Σχήμα 2.159 Τοποθέτηση στην κλίνη εργασίας

11. Αφαιρέστε από το κιβώτιο μεταφοράς τα εξαρτήματα που συνοδεύουν το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης.
12. Βεβαιωθείτε ότι τα συνοδευτικά έγγραφα περιέχονται σε ειδική θήκη που προβλέπεται στο κάτω μέρος του κιβωτίου μεταφοράς.
13. Ελέγξτε αν οι πληροφορίες που βρίσκονται στα παραπάνω έγγραφα συμφωνούν με την κατάσταση του συγκεκριμένου κιβωτίου μετάδοσης κίνησης.
14. Επιθεωρήστε εξωτερικά το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης για την ύπαρξη ζημιών ή φθορών.

Ε. Αφαίρεση του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης από την κλίνη εργασίας και τοποθέτησή του στο κιβώτιο μεταφοράς του.

1. Διαβάστε προσεκτικά το εγχειρίδιο γενικής επισκευής για τις διεργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν στον κιβώτιο μετάδοσης κίνησης, πριν αυτό τοποθετηθεί στο κιβώτιο για τη μεταφορά του.
2. Βεβαιωθείτε ότι τα κατάλληλα έγγραφα έχουν συμπληρωθεί.
3. Τοποθετείστε τα έγγραφα στην ειδική θήκη του κιβωτίου μεταφοράς.
4. Αφαιρέστε τα εξαρτήματα που θα τοποθετηθούν ξεχωριστά από το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης και τοποθετείστε τα στο κιβώτιο μεταφοράς.
5. Τοποθετείστε τον ενδείκτη υγρασίας στο ειδικό κάλυμμα.
6. Πραγματοποιώντας τις κατάλληλες εργασίες, σύμφωνα με το εγχειρίδιο γενικής επισκευής, ανασηκώστε το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης από την κλίνη εργασίας χρησιμοποιώντας το γερανό μεταφοράς και το ειδικό εργαλείο σύνδεσής του με αυτόν.

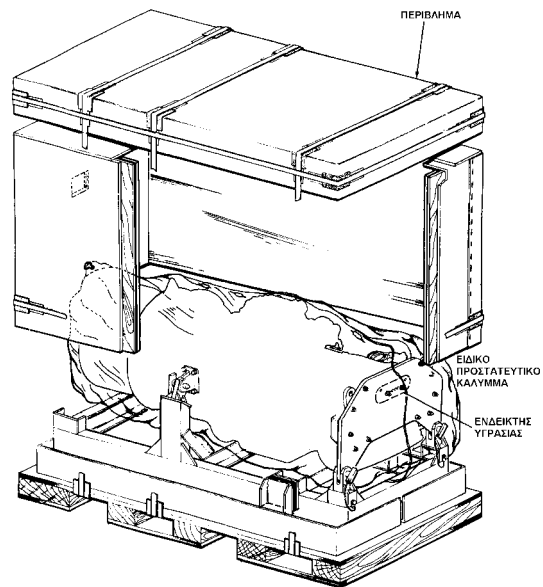
7. Χαμηλώστε το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης στο ύψος του κιβωτίου μεταφοράς και ευθυγραμμίστε τα σημεία τοποθέτησής του στο κιβώτιο με τους υποδοχείς του τελευταίου.
8. Ασφαλίστε το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης στο κιβώτιο μεταφοράς.
9. Αφαιρέστε το ειδικό εργαλείο σύνδεσης του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης με το γερανό μεταφοράς.
10. Τοποθετείστε τα σακίδια σιλικόνης πάνω στο κιβώτιο μετάδοσης κίνησης.
11. Τοποθετείστε το ειδικό κάλυμμα στο κιβώτιο μετάδοσης κίνησης.
12. Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, τοποθετείστε το κάλυμμα του κιβωτίου μεταφοράς.
13. Συμπληρώστε στο σημείο που προβλέπεται, στο κάλυμμα του κιβωτίου μεταφοράς, το μοντέλο του κινητήρα, τον αριθμό σειράς του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης και την ημερομηνία πλήρωσής του με λάδι συντήρησης.

Σημείωση: η τοποθέτηση του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης στο κιβώτιο μεταφοράς δεν ενδείκνυται για θαλάσσια μεταφορά.

ΣΤ. Αφαίρεση του κινητήρα χωρίς το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης από το κιβώτιο μεταφοράς του και τοποθέτησή του στην κλίνη εργασίας.

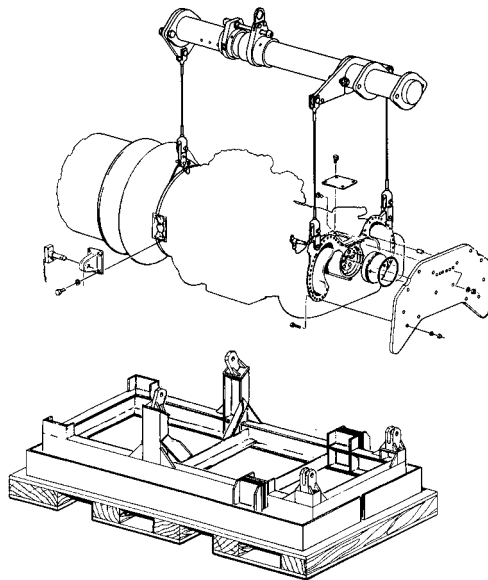
Η περίπτωση που εξετάζουμε στη συνέχεια αφορά την μεταφορά του κινητήρα χωρίς το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης.

15. Διαβάστε προσεκτικά τις οδηγίες αφαίρεσης του κινητήρα από το κιβώτιο μεταφοράς και της τοποθέτησής του στην κλίνη εργασίας, όπως αυτές δίνονται στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής.
16. Αναγνωρίστε τα γενικά και ειδικά εργαλεία, τα οποία απαιτούνται και βεβαιωθείτε ότι είναι διαθέσιμα.
17. Τοποθετήστε το κιβώτιο μεταφοράς σε σημείο κατάλληλο για τη χρήση του γερανού μεταφοράς.
18. Αφαιρέστε το μεταλλικό περίβλημα του κιβωτίου.
19. Ελέγξτε τον ενδεικτη υγρασίας (Σχήμα 2.160). Στην περίπτωση που έχει μεταβληθεί το χρώμα του (ροζ αντί μπλε), ο κινητήρας πρέπει να επιθεωρηθεί για εμφάνιση διάβρωσης.



Σχήμα 2.160 Αφαίρεση του καλύμματος του κιβωτίου μεταφοράς

20. Αφαιρέστε το ειδικό προστατευτικό κάλυμμα από τον κινητήρα.
21. Τοποθετείστε στον κινητήρα το ειδικό εργαλείο σύνδεσης του με τον γερανό μεταφοράς, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής (Σχήμα 2.161).



Σχήμα 2.161 Τοποθέτηση του ειδικού εργαλείου σύνδεσης με το γερανό μεταφοράς

22. Αφαιρέστε τα σημεία σύνδεσης του κινητήρα με το κιβώτιο μεταφοράς. Διατηρείστε τα πάνω σε αυτό, ώστε να χρησιμοποιηθούν κατά την επανατοποθέτηση του κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς.
 23. Αφαιρέστε τον κινητήρα από το κιβώτιο μεταφοράς θέτοντας σε λειτουργία το γερανό μεταφοράς.
 24. Τοποθετείστε τον κινητήρα στην κλίνη εργασίας, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.
 25. Βεβαιωθείτε ότι τα συνοδευτικά έγγραφα περιέχονται σε ειδική θήκη που προβλέπεται στο κάτω μέρος του κιβωτίου μεταφοράς.
 26. Ελέγξτε αν οι πληροφορίες που βρίσκονται στα παραπάνω έγγραφα συμφωνούν με την κατάσταση του συγκεκριμένου κινητήρα.
 27. Επιθεωρήστε εξωτερικά τον κινητήρα για την ύπαρξη ζημιών ή φθορών.
- Z. Αφαίρεση του κινητήρα (χωρίς το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης) από την κλίνη εργασίας και τοποθέτησή του στο κιβώτιο μεταφοράς του.*
14. Διαβάστε προσεκτικά το εγχειρίδιο γενικής επισκευής για τις διεργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν στον κινητήρα, πριν αυτός τοποθετηθεί στο κιβώτιο για τη μεταφορά του.
 15. Βεβαιωθείτε ότι τα κατάλληλα έγγραφα έχουν συμπληρωθεί.
 16. Τοποθετείστε τα έγγραφα στην ειδική θήκη του κιβωτίου μεταφοράς.
 17. Τοποθετείστε τον ενδείκτη υγρασίας στο ειδικό κάλυμμα.
 18. Πραγματοποιώντας τις κατάλληλες εργασίες, σύμφωνα με το εγχειρίδιο γενικής επισκευής, ανασηκώστε τον κινητήρα από την κλίνη εργασίας χρησιμοποιώντας το γερανό μεταφοράς και το ειδικό εργαλείο σύνδεσής του με αυτόν.
 19. Χαμηλώστε τον κινητήρα στο ύψος του κιβωτίου μεταφοράς και ευθυγραμμίστε τα σημεία τοποθέτησής του στο κιβώτιο με τους υποδοχείς του τελευταίου.
 20. Ασφαλίστε τον κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς.
 21. Αφαιρέστε το ειδικό εργαλείο σύνδεσης του κινητήρα με το γερανό μεταφοράς.
 22. Τοποθετείστε τα σακίδια σιλικόνης πάνω στον κινητήρα.
 23. Τοποθετείστε το ειδικό κάλυμμα στον κινητήρα.
 24. Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, τοποθετείστε το κάλυμμα του κιβωτίου μεταφοράς.

25. Συμπληρώστε στο σημείο που προβλέπεται, στο κάλυμμα του κιβωτίου μεταφοράς, το μοντέλο του κινητήρα, τον αριθμό σειράς του και την ημερομηνία πλήρωσής του με λάδι συντήρησης.

Σημείωση: η τοποθέτηση του κινητήρα στο κιβώτιο μεταφοράς δεν ενδείκνυται για θαλάσσια μεταφορά.

Εργαστηριακή άσκηση 2.5: Αποσυναρμολόγηση αεροπορικού αεριοστρόβιλου κινητήρα

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) Να αποσυναρμολογείτε έναν αεροπορικό αεριοστρόβιλο κινητήρα στα επιμέρους τμήματά του, ακολουθώντας συγκεκριμένες διαδικασίες, όπως αυτές περιγράφονται στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής του κατασκευαστή.
- β) Να εφαρμόζετε τις αρχικές διαδικασίες ελέγχου των επιμέρους τμημάτων του κινητήρα πριν αυτά οδηγηθούν στο ειδικό χώρο αποσυναρμολόγησης τους.
- γ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιούν όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Εισαγωγικές πληροφορίες

Η διαδικασία αποσυναρμολόγησης βασίζεται σε κινητήρα τύπου στροβιλοανεμιστήρα (Σχήμα 2.162), μεγάλου λόγου παράκαμψης, διπλού άξονα.

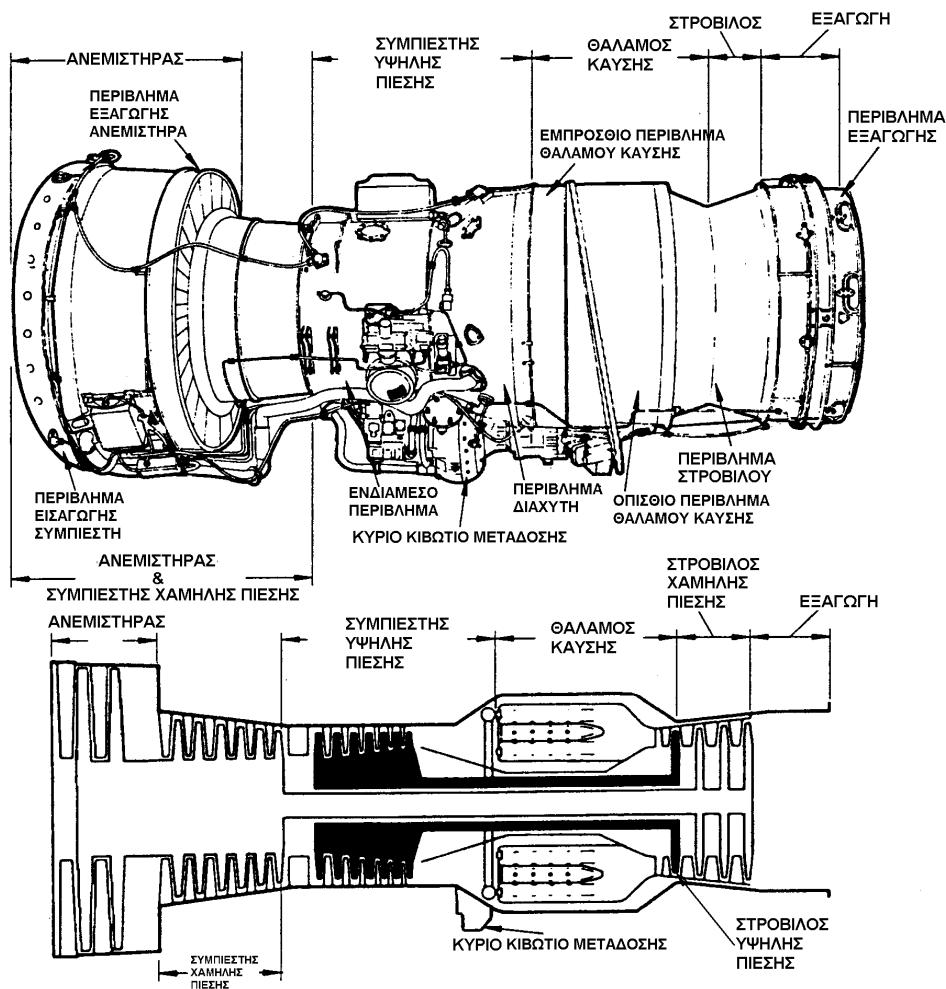


Σχήμα 2.162 Κινητήρας τύπου στροβιλοανεμιστήρα σε κλίνη μεταφοράς

Τα βασικά τμήματα στα οποία είναι δομημένος ο κινητήρας είναι τα ακόλουθα (όπως παρουσιάζονται και στο Σχήμα 2.163):

- Εισαγωγή (front section)
- Κύριο κιβώτιο μετάδοσης κίνησης (main reduction gear box)
- Ανεμιστήρας (Fan section)

- Συμπιεστής χαμηλής πίεσης (front compressor section)
- Συμπιεστής υψηλής πίεσης (rear compressor section)
- Θάλαμος καύσης (combustion chamber section)
- Στρόβιλος υψηλής πίεσης (rear compressor drive turbine section)
- Στρόβιλος χαμηλής πίεσης (front compressor drive turbine section)
- Ακροφύσιο εξαγωγής (exhaust nozzle section)



Σχήμα 2.163 Τα τμήματα στα οποία διαιρείται ο κινητήρας και τα βασικά περιβλήματά του.

Ο ανεμιστήρας είναι 2 βαθμίδων (1^η και 2^η) και συνδέεται με το συμπιεστή χαμηλής πίεσης (ή εμπρόσθιο συμπιεστή) μέσω δακτυλίων απόστασης (spacers). Ο συντελεστής χαμηλής πίεσης αποτελείται από 6 βαθμίδες (4^η έως 9^η). Σημειώστε ότι δεν υπάρχει 3^η βαθμίδα. Στη θέση της βρίσκεται δακτύλιος απόστασης. Το μέγεθος των κινητών και τα ακίνητων περυγίων

του συμπιεστή χαμηλής πίεσης μειώνεται προς το οπίσθιο μέρος του κινητήρα, ενώ αυξάνεται ο αριθμός τους. Αυτό είναι το πιο αποδοτικό σχήμα για τη μείωση του όγκου του εισερχόμενου αέρα και της αύξησης της πίεσής του. Ο ανεμιστήρας και ο συμπιεστής χαμηλής πίεσης κινούνται μέσω άξονα από τις 3 βαθμίδες (2^η έως 4^η) του στρόβιλου χαμηλής πίεσης.

Ο συμπιεστής υψηλής πίεσης (ή οπίσθιος συμπιεστής) αποτελείται από 7 βαθμίδες (10^η έως 16^η). Παίρνει κίνηση από το στρόβιλο υψηλής πίεσης (1^η βαθμίδα).

Ο θάλαμος καύσης είναι σωληνοδακτυλιοειδούς τύπου και αποτελείται από 8 ξεχωριστούς φλογοθαλάμους.

Απαιτούμενα μέσα

Κινητήρας τύπου στροβιλοανεμιστήρα, κατάλληλη περιστρεφόμενη κλίνη για την τοποθέτησή του, εγχειρίδιο γενικής επισκευής από την κατασκευάστρια εταιρεία, μία σειρά των απαραίτητων ειδικών εργαλείων για την διαδικασία της αποσυναρμολόγησης, γενικά εργαλεία (συγκράτησης, μέτρησης, χάραξης, κοπής, κρούσης), μικρός γερανός με σχοινιά ανάρτησης («σαμπάνια») ή αλυσίδες ή ιμάντες βαρούλκων, κατάλληλο καθαριστικό διάλυμα.

Μέτρα ασφάλειας

Ακολουθήστε τα βασικά μέτρα ασφάλειας που αναφέρονται στο Παράρτημα Α.

Πορεία εργασίας

1. Αρχικά, πραγματοποιείτε τις ακόλουθες εργασίες ενώ ο κινητήρας βρίσκεται στο όχημα μεταφοράς του και σε οριζόντια θέση:
 - ◆ Καθαρίστε τις εξωτερικές επιφάνειες του κινητήρα από βρωμιές, λάδια, γράσα χρησιμοποιώντας το προβλεπόμενο από τον κατασκευαστή καθαριστικό διάλυμα.
 - ◆ Μελετήστε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής. Προδιαγράψτε τη σειρά των εργασιών αποσυναρμολόγησης και βεβαιωθείτε για την ύπαρξη των ειδικών εργαλείων που θα απαιτηθούν για την απρόσκοπτη διεξαγωγή τους.
 - ◆ Εξασφαλίστε ικανούς πάγκους εργασίας, χωρίς αντικείμενα στην επιφάνειά τους.
 - ◆ Τοποθετήστε στο πάτωμα κατάλληλο δοχείο για τη συλλογή διαφόρων μικροεξαρτημάτων που θα πέσουν κατά τη διάρκεια των εργασιών, λαδιού ή / και καυσίμου που ίσως υπάρχουν σε μικρές

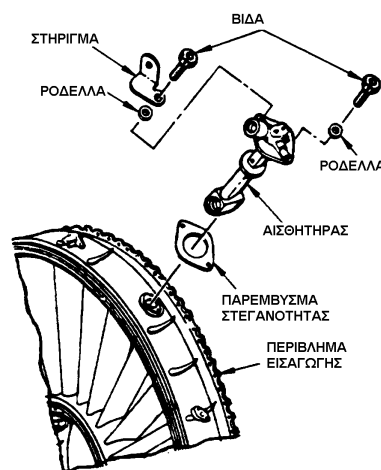
ποσότητες στις σωληνώσεις που πρόκειται να αφαιρεθούν από τον κινητήρα.

2. Γενικά, διατηρείτε τους συνδέσμους μαζί με τις επιμέρους σωληνώσεις στις οποίες ανήκουν ώστε να χρησιμοποιηθούν ξανά σε αυτές.
3. Γενικά, χρησιμοποιήστε διεισδυτικό υγρό (penetrating oil) στα μέρη που απαιτείται ώστε να διευκολυνθεί η αφαίρεσή τους.
4. Γενικά, φροντίστε για την τοποθέτηση προστατευτικών καλυμμάτων (όπως τάπες) σε άκρα σωληνώσεων και ανοιγμάτων για την αποφυγή εισροής ξένων σωματιδίων και σκόνης σε αυτά.

Στη συνέχεια, ξεκινήστε τη **διαδικασία αποσυναρμολόγησης** του κινητήρα. Σημειώστε ότι οι εργασίες πραγματοποιούνται ενώ ο κινητήρας, αρχικά, βρίσκεται στο όχημα μεταφοράς του.

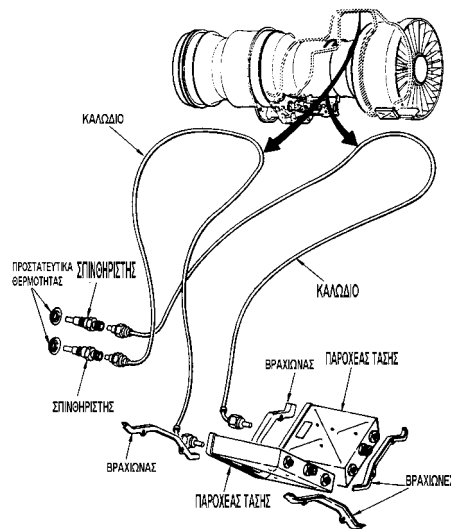
5. ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ (EXTERNAL TUBES AND COMPONENTS)

- ◆ Αφαιρέστε όλες τις βίδες των σημείων στήριξης και τους συνδέσμους των εξωτερικών σωληνώσεων.
- ◆ Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, προχωρήστε στην αφαίρεση των σωληνώσεων και εξαρτημάτων του κινητήρα, αρχίζοντας από τον αισθητήρα πίεσης του εισερχόμενου αέρα στο συμπιεστή (compressor inlet pressure probe), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.164.

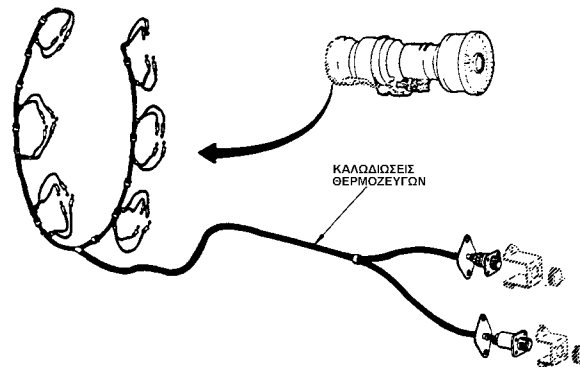


Σχήμα 2.164 Αφαίρεση του αισθητήρα πίεσης εισερχόμενου αέρα στο συμπιεστή

- ◆ Αποσυνδέστε τα καλώδια έναυσης από τους σπινθηριστές και γειώστε τα αμέσως¹. Αποσυνδέστε τα καλώδια από τους παροχείς ηλεκτρικής τάσης (ignition exitters), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.165, και αφαιρέστε από τον κινητήρα τους σπινθηριστές και τους παροχείς τάσης. Στη συνέχεια, αφαιρέστε τις καλωδιώσεις λειτουργίας των θερμοζευγών (Σχήμα 2.166) και τις σωληνώσεις του συστήματος μέτρησης πίεσης των καυσαερίων εξαγωγής (Σχήμα 2.167). Τέλος, αφαιρέστε καλώδια από όσα εξαρτήματα τα χρησιμοποιούν (π.χ. θερμαντήρας καυσίμου).

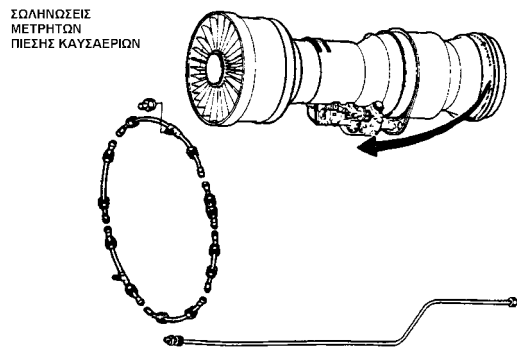


Σχήμα 2.165 Αφαίρεση καλωδίων από τους παροχείς ηλεκτρικής τάσης



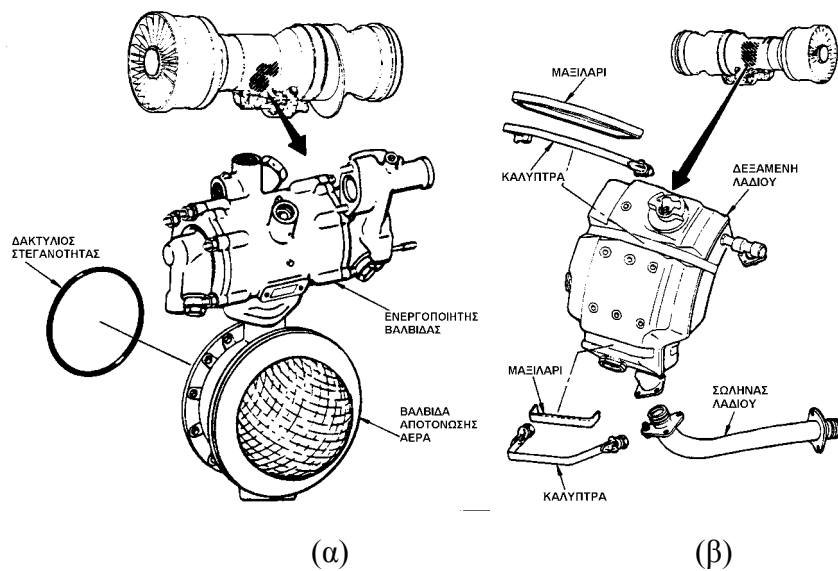
Σχήμα 2.166 Αφαίρεση καλωδιώσεων θερμοζευγών

¹ Έχετε πάντα υπόψη ότι η τάση του ρεύματος λειτουργίας των σπινθηριστών είναι ιδιαίτερα υψηλή. Σε κανονικές συνθήκες εργασίας θα πρέπει να σιγουρευτείτε ότι η τάση αυτή έχει εντελώς μηδενιστεί, χρησιμοποιώντας την κατάλληλη γείωση.

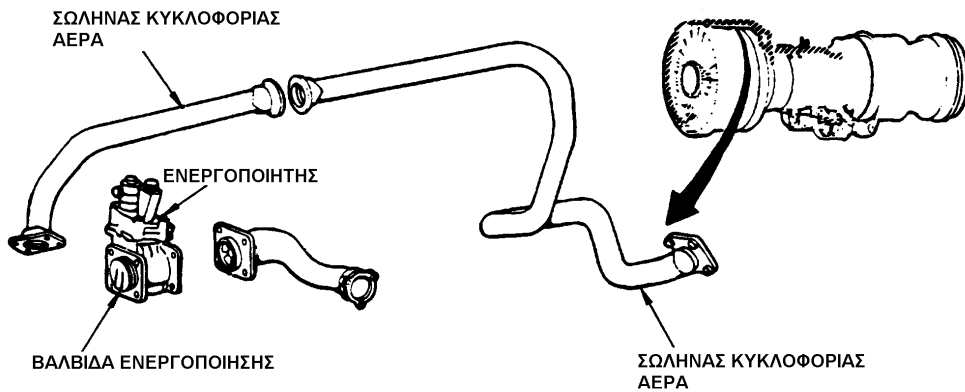


Σχήμα 2.167 Αφαίρεση σωληνώσεων μετρητών πίεσης καυσαερίων

- ♦ Στη συνέχεια, αφαιρέστε τη βαλβίδα αποτόνωσης αέρα (compressor bleed valve) και το μηχανισμό ενεργοποίησής της (Σχήμα 2.168 (α)), τη δεξαμενή αποθήκευσης λαδιού (Σχήμα 2.168 (β)) και τις σωληνώσεις του συστήματος προστασίας σχηματισμού πάγου και τον ενεργοποιητή του, Σχήμα 2.169.

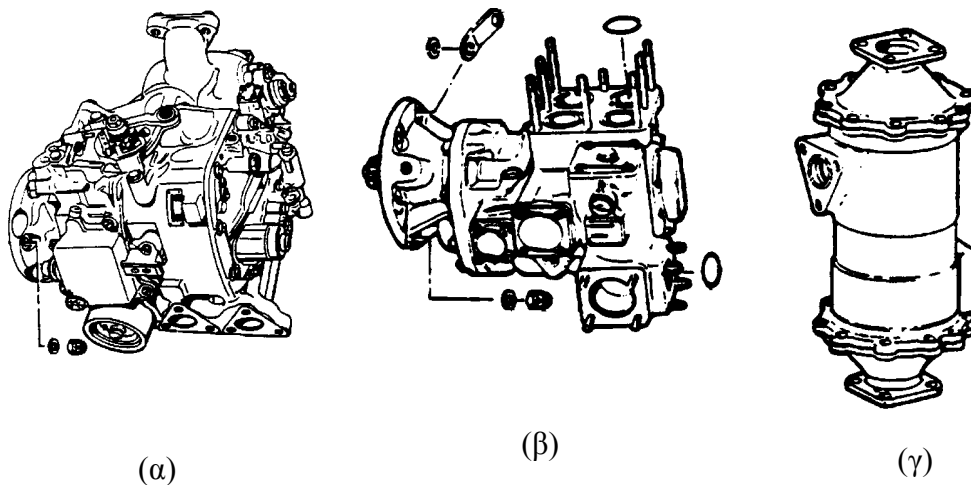


Σχήμα 2.168 Αφαίρεση (α) βαλβίδας αποτόνωσης άερα και (β) δεξαμενής αποθήκευσης λαδιού



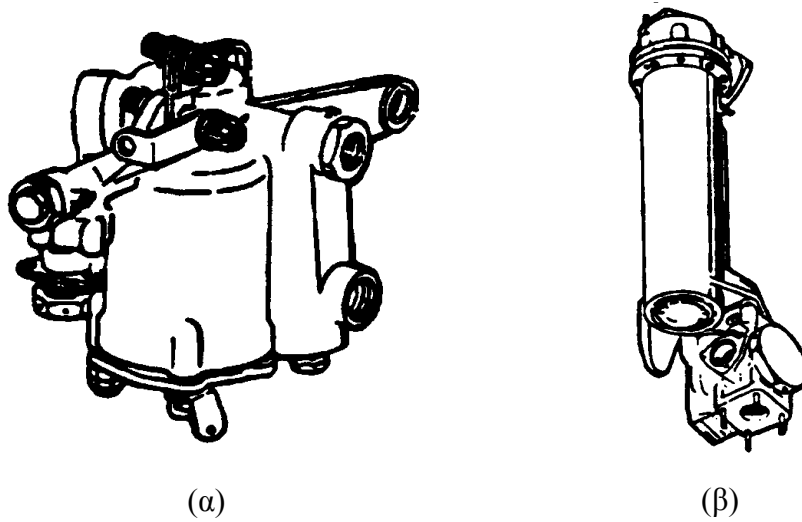
Σχήμα 2.169 Αφαίρεση συστήματος προστασίας πάγου

- ♦ Κατόπιν, συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής για τη σειρά που πρέπει να ακολουθήσετε και αφαιρέστε τα εξαρτήματα του συστήματος καυσίμου του κινητήρα, όπως το σύστημα ελέγχου (Σχήμα 2.170 (α)), την αντλία καυσίμου και τα εξαρτήματα σύνδεσής της (Σχήμα 2.170 (β)), τη βαλβίδα ελέγχου του καυσίμου και το θερμαντήρα καυσίμου (Σχήμα 2.170 (γ)).



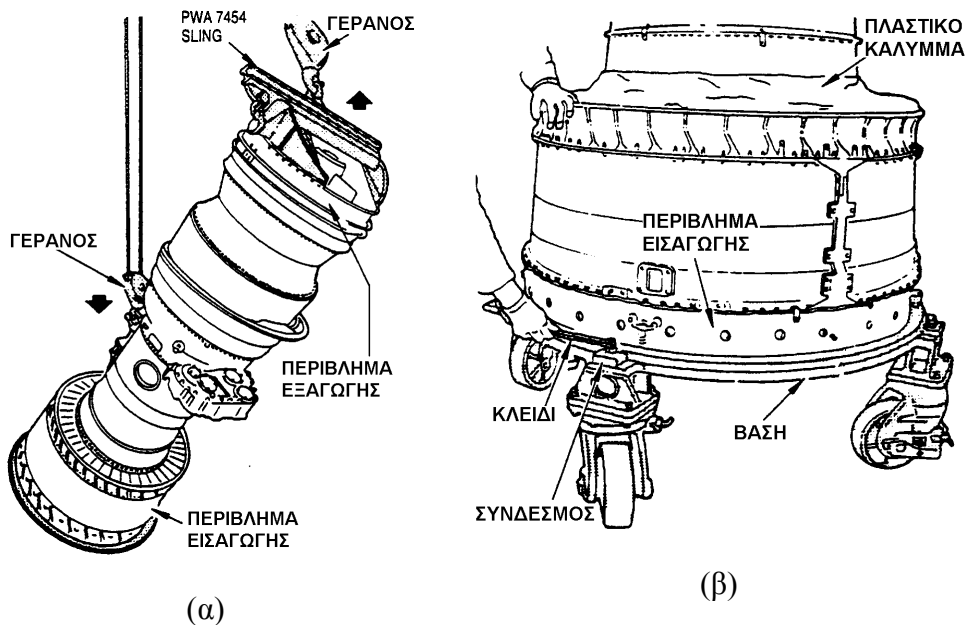
Σχήμα 2.170 Αφαίρεση εξαρτημάτων συστήματος καυσίμου του κινητήρα

- ♦ Τέλος, αφαιρέστε τα εξαρτήματα του συστήματος κυκλοφορίας λαδιού του κινητήρα, όπως το φίλτρο λαδιού (Σχήμα 2.171 (α)), τον εναλλάκτη ψύξης λαδιού (Σχήμα 2.171 (β)) και τις σωληνώσεις. Εξετάστε τα προστατευτικά πλέγματα (screens) των σωληνώσεων κυκλοφορίας λαδιού προσεκτικά, για την ύπαρξη πιθανών ξένων σωματιδίων ή μεταλλικών ρινισμάτων. Αυτά αποτελούν ενδείξεις φθοράς ή κακής λειτουργίας κάποιου εξαρτήματος.



Σχήμα 2.171 Αφαίρεση εξαρτημάτων συστήματος κυκλοφορίας λαδιού

6. Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής και πραγματοποιήστε τη μεταφορά και τοποθέτηση του κινητήρα από το όχημα μεταφοράς στην κατακόρυφη κλίση εργασίας, Σχήμα 2.172 (α) και (β). Καλύψτε με πλαστικό κάλυμμα την έξοδο του συμπιεστή χαμηλής πίεσης για την αποφυγή εισροής σωματιδίων και αντικειμένων.

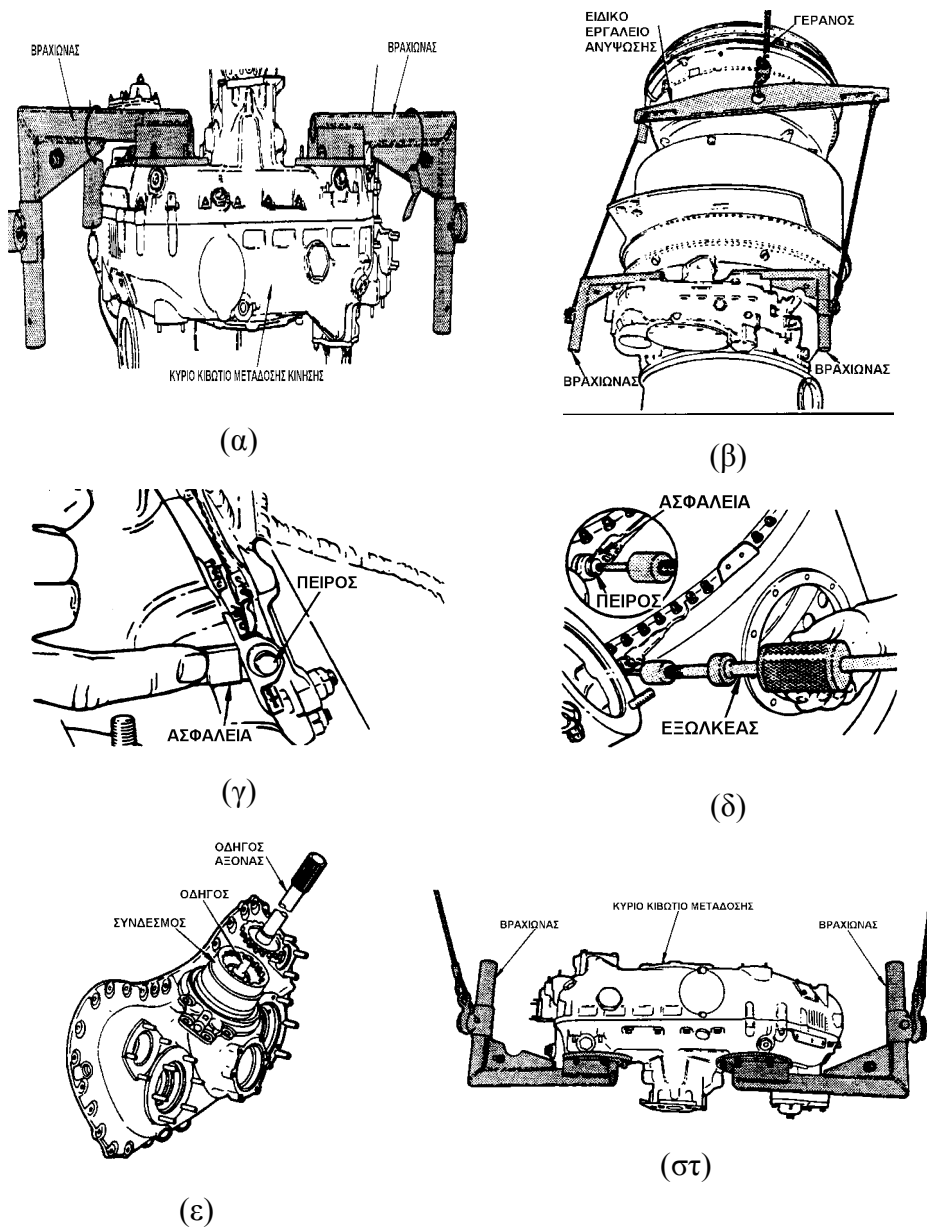


Σχήμα 2.172 Τοποθέτηση του κινητήρα σε κατακόρυφη κλίση εργασίας

Από τη θέση αυτή θα συνεχίσετε τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης των τμημάτων του κινητήρα.

7. ΚΥΡΙΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ (MAIN REDUCTION GEARBOX).

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Χρησιμοποιώντας τα ειδικά εργαλεία και το γερανό μεταφοράς, αποσυναρμολογήστε το κιβώτιο μετάδοσης κίνησης και τοποθετήστε το σε κατάλληλη κλίση (Σχήμα 2.173 (α) έως (στ)). Καλύψτε το κιβώτιο με ειδικό προστατευτικό κάλυμμα.

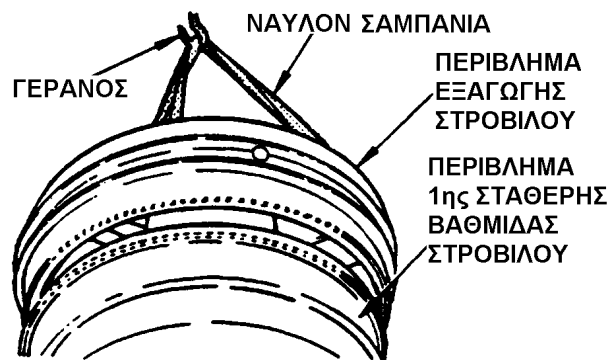


Σχήμα 2.173 Αφαίρεση του κιβωτίου μετάδοσης κίνησης

- ◆ Αφαιρέστε τον άξονα μετάδοσης κίνησης παρελκομένων από το περίβλημα του διαχύτη.

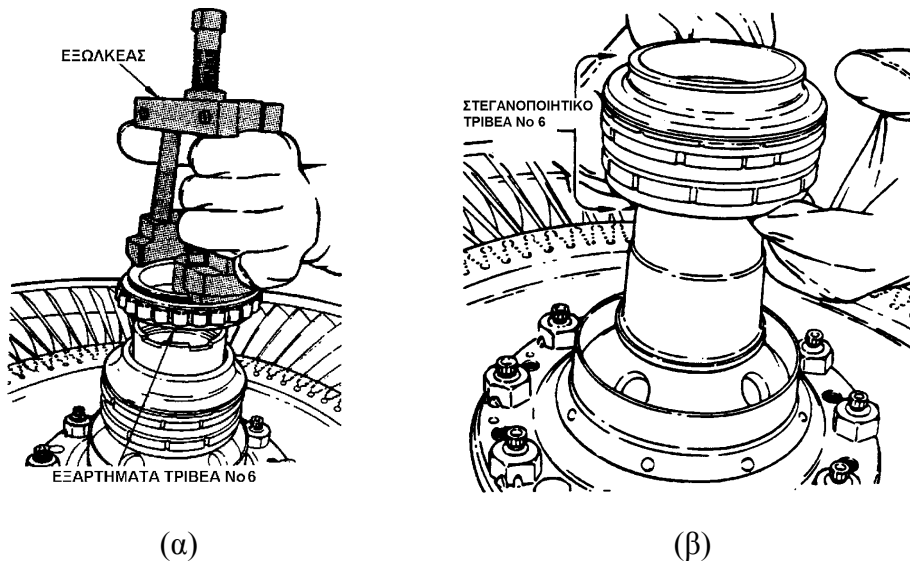
8. ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟΥ ΕΞΑΓΩΓΗΣ (EXHAUST CASE).

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Χρησιμοποιήστε το γερανό και τρία σαμπάνια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.174. Αφαιρέστε τις βίδες. Ευθυγραμμίστε με τον κατακόρυφο άξονα και σηκώστε προσεκτικά. Τοποθετήστε το περίβλημα εξαγωγής σε ειδικό υποδοχέα.



Σχήμα 2.174 Αποσυναρμολόγηση του περιβλήματος του ακροφυσίου εξαγωγής

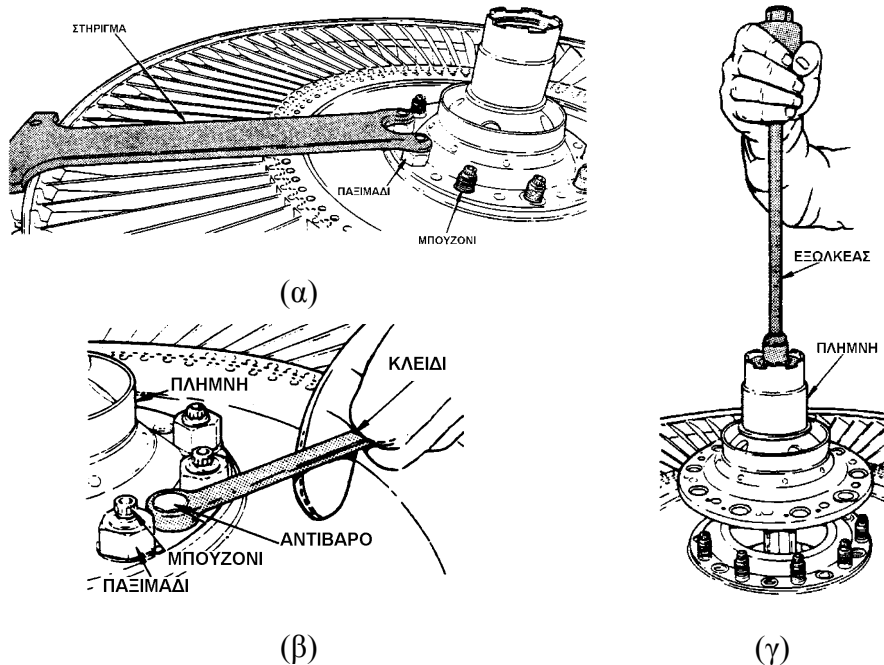
- ◆ Στη συνέχεια, αφαιρέστε τον άξονα κίνησης της αντλίας επιστροφής λαδιού από τον τριβέα Νο 6, τον εσωτερικό δρομέα του τριβέα Νο 6 (Σχήμα 2.175 (α)) και τους στυπιοθλίπτες (Σχήμα 2.175 (β)). Προσέξτε να μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα εξαρτήματα του τριβέα. Προφυλάξτε τον τριβέα και τους στυπιοθλίπτες σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.



Σχήμα 2.175 Αφαίρεση εξαρτημάτων τριβέα No 6

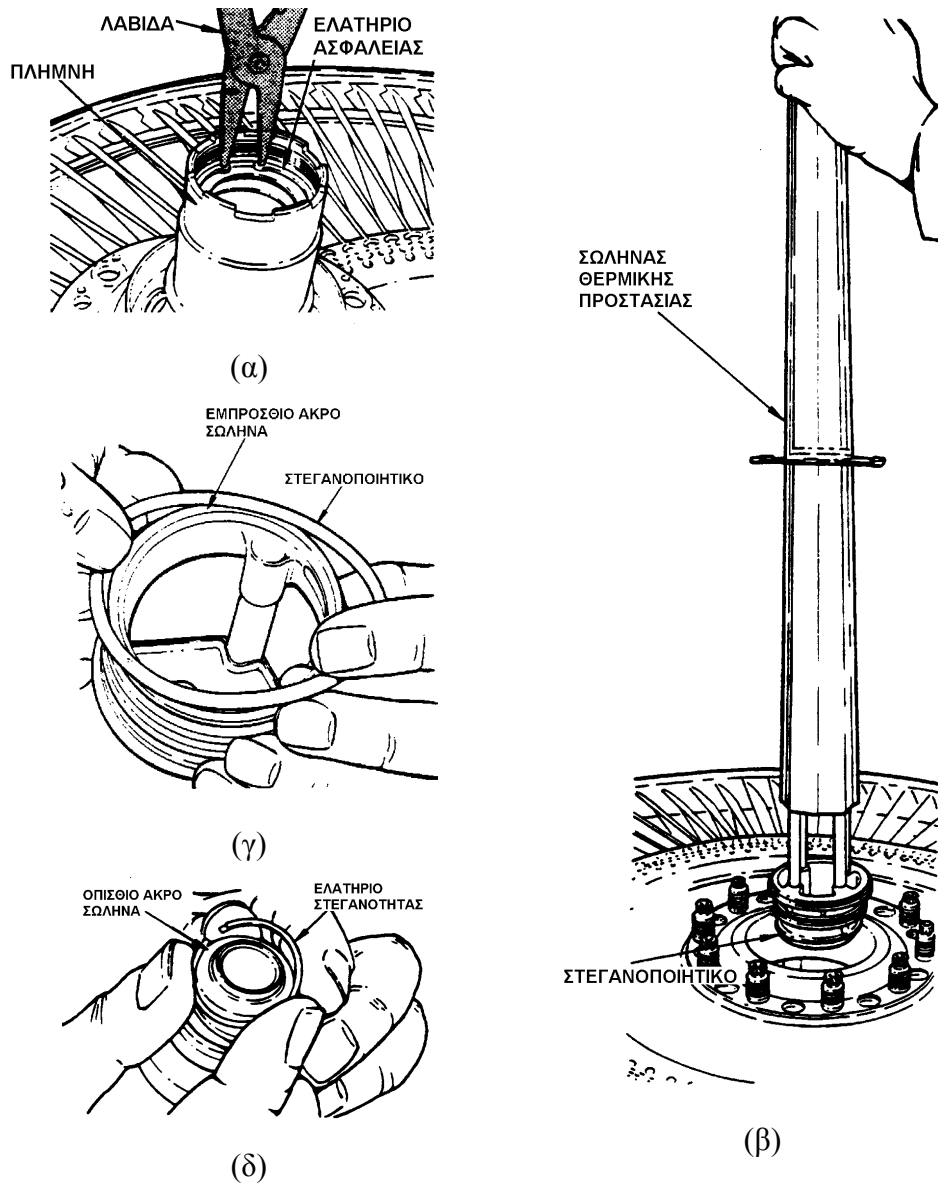
9. 4^η ΒΑΘΜΙΔΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ (4th TURBINE STAGE)

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Αρχικά, αφαιρέστε την πλήμνη του στροφείου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.176.



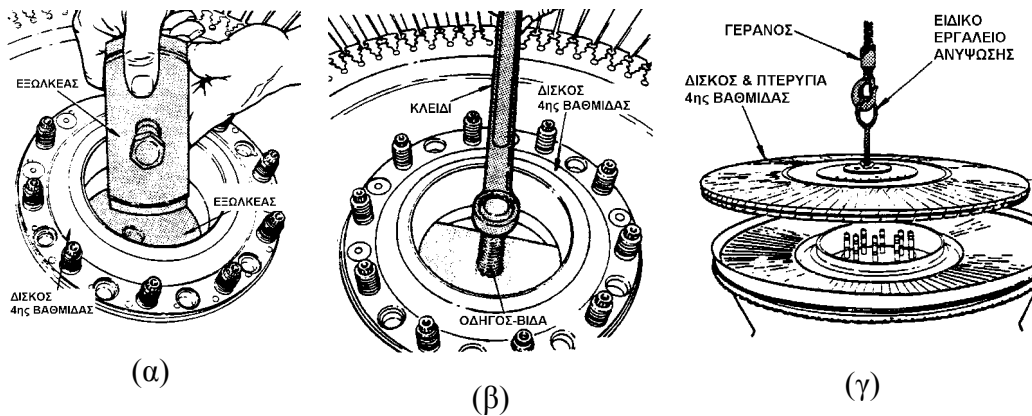
Σχήμα 2.176 Αφαίρεση πλήμνης στροφείου 4^{ης} βαθμίδας στροβίλου

- ◆ Στη συνέχεια, αφαιρέστε τον εσωτερικό μανδύα του άξονα, την ασφάλεια και τα στεγανοποιητικά του μέσα (Σχήμα 2.177).



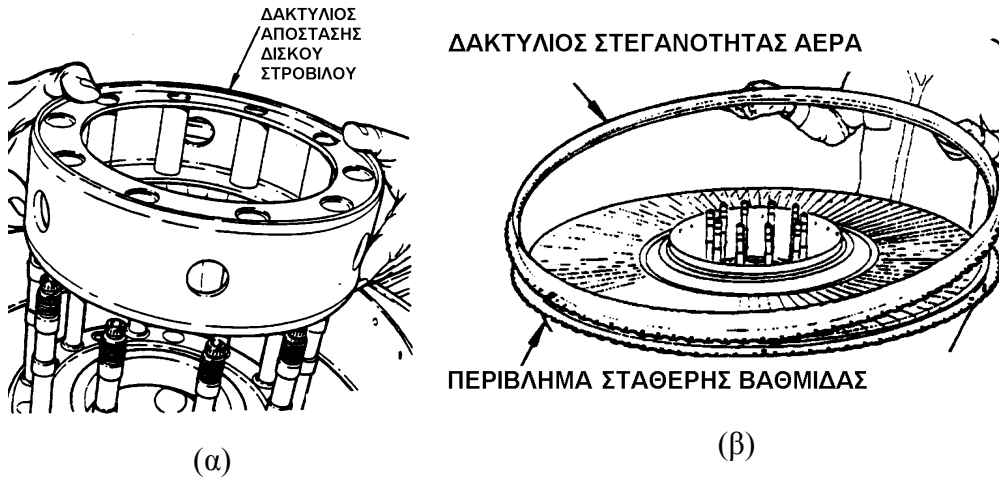
Σχήμα 2.177 Αφαίρεση εσωτερικού μανδύα

- ◆ Χρησιμοποιώντας το κατάλληλο ειδικό εργαλείο σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, αφαιρέστε το δίσκο και τα κινητά πτερύγια της 4^{ης} βαθμίδας. Χρησιμοποιήστε το γερανό για να μετακινήσετε κατακόρυφα το στροφείο. Προσέξτε να μην καταστραφούν οι σπείρες των μπουζονιών (tierods). Οι κινήσεις φαίνονται στο Σχήμα 2.178. Τοποθετείστε το στροφείο σε καθαρό πάγκο.



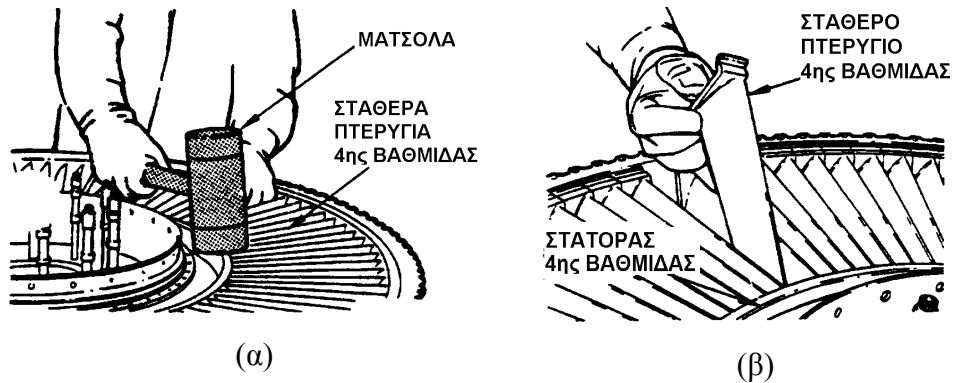
Σχήμα 2.178 Αφαίρεση δίσκου και κινητών πτερυγίων 4^{ης} βαθμίδας

- ♦ Κατόπιν, αφαιρέστε το δακτύλιο απόστασης του δίσκου και τον εξωτερικό στεγανοποιητικό δακτύλιο αέρα, Σχήμα 2.179.



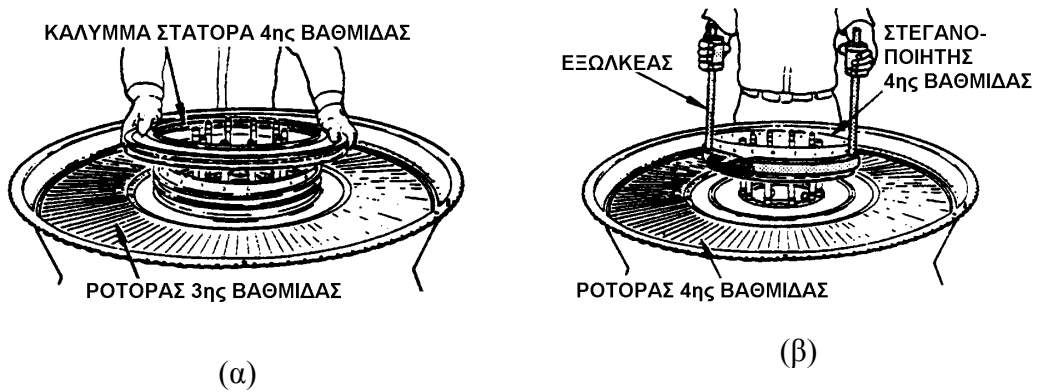
Σχήμα 2.179 Αφαίρεση εξαρτημάτων δίσκου 4^{ης} βαθμίδας

- ♦ Στη συνέχεια, αφαιρέστε το στάτορα της 4^{ης} βαθμίδας. Χρησιμοποιώντας ένα ξυλόσφυρο (ματσόλα), εκτονώστε τα σταθερά πτερύγια (Σχήμα 2.180 (α)) και στη συνέχεια αφαιρέστε τα ένα προς ένα, προς τη φορά που εσείς επιθυμείτε (Σχήμα 2.180 (β)). Τοποθετείστε τα σε ειδικό κουτί.



Σχήμα 2.180 Αφαίρεση των σταθερών πτερυγίων της 4^{ης} βαθμίδας

- ♦ Κατόπιν, αφαιρέστε το περίβλημα (shroud) και τον εσωτερικό στεγανοποιητικό δακτύλιο (Σχήμα 2.181).



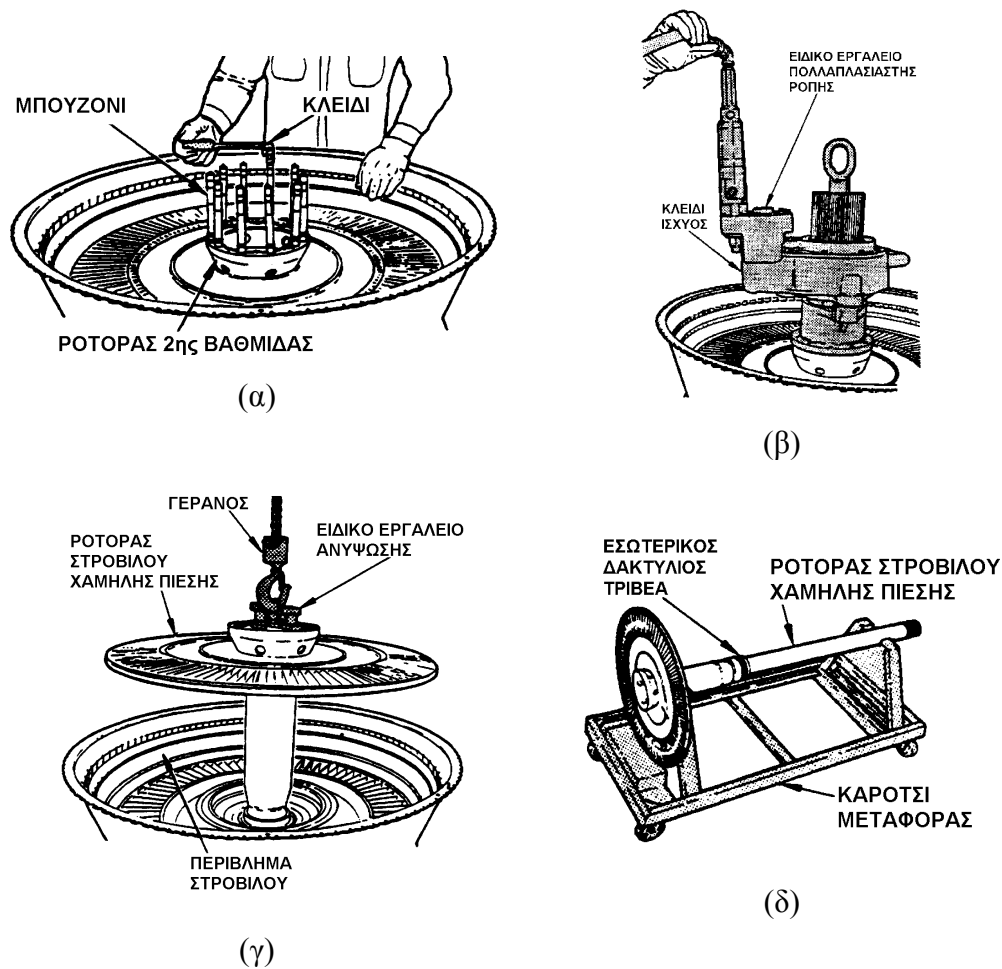
Σχήμα 2.181 Αφαίρεση εξαρτημάτων 4^{ης} βαθμίδας στροβίλου

10. 3^η ΒΑΘΜΙΔΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ (3rd TURBINE STAGE).

- ♦ Με παρόμοιο τρόπο όπως παραπάνω, αφαιρέστε το ρότορα και το στάτορα της 3^{ης} βαθμίδας του στροβίλου.

11. 2^η ΒΑΘΜΙΔΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ (2nd TURBINE STAGE).

- ♦ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ♦ Αφαιρέστε τις βίδες από το δίσκο του στροφείου και ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, αποσυναρμολογήστε το στροφείο και τον άξονα από το στροφείο του συμπιεστή χαμηλής πίεσης. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή κατά το χειρισμό της υδραυλικής αντλίας πίεσης για την αποφυγή τραυματισμών. Τοποθετήστε το στροφείο και τον άξονα σε ειδικό υποδοχέα. Η διαδικασία φαίνεται στο Σχήμα 2.182.

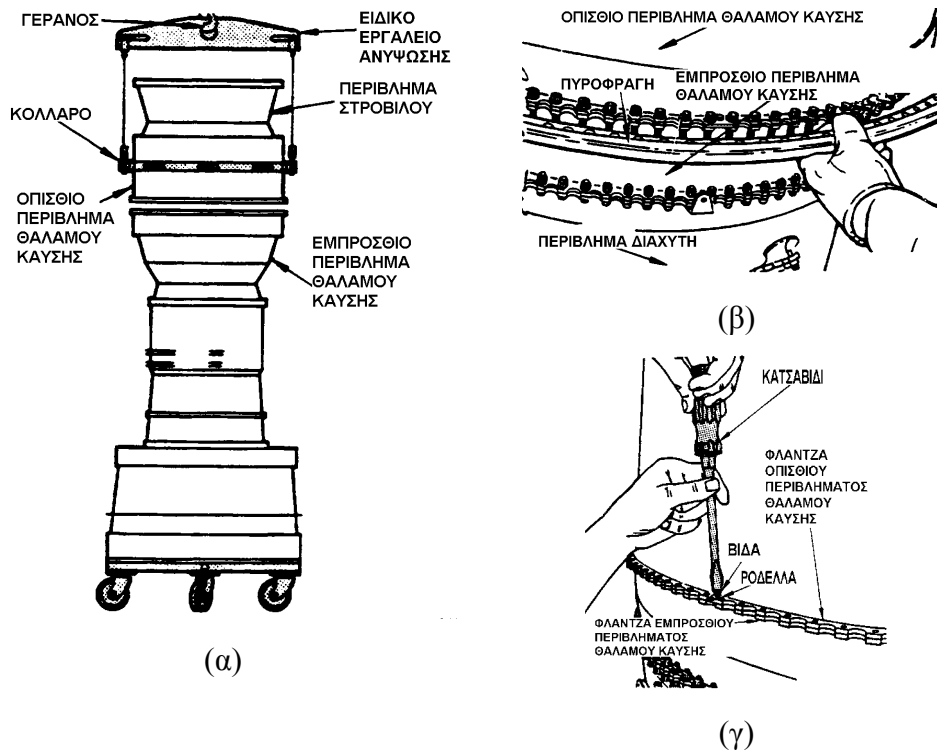


Σχήμα 2.182 Αφαίρεση στροφείου και πτερυγίων 2^{ης} βαθμίδας στροβίλου.

- ◆ Στη συνέχεια, αφαιρέστε το στάτορα της 2^{ης} βαθμίδας σύμφωνα με τη διαδικασία που ακολουθήσατε και στις προηγούμενες βαθμίδες.

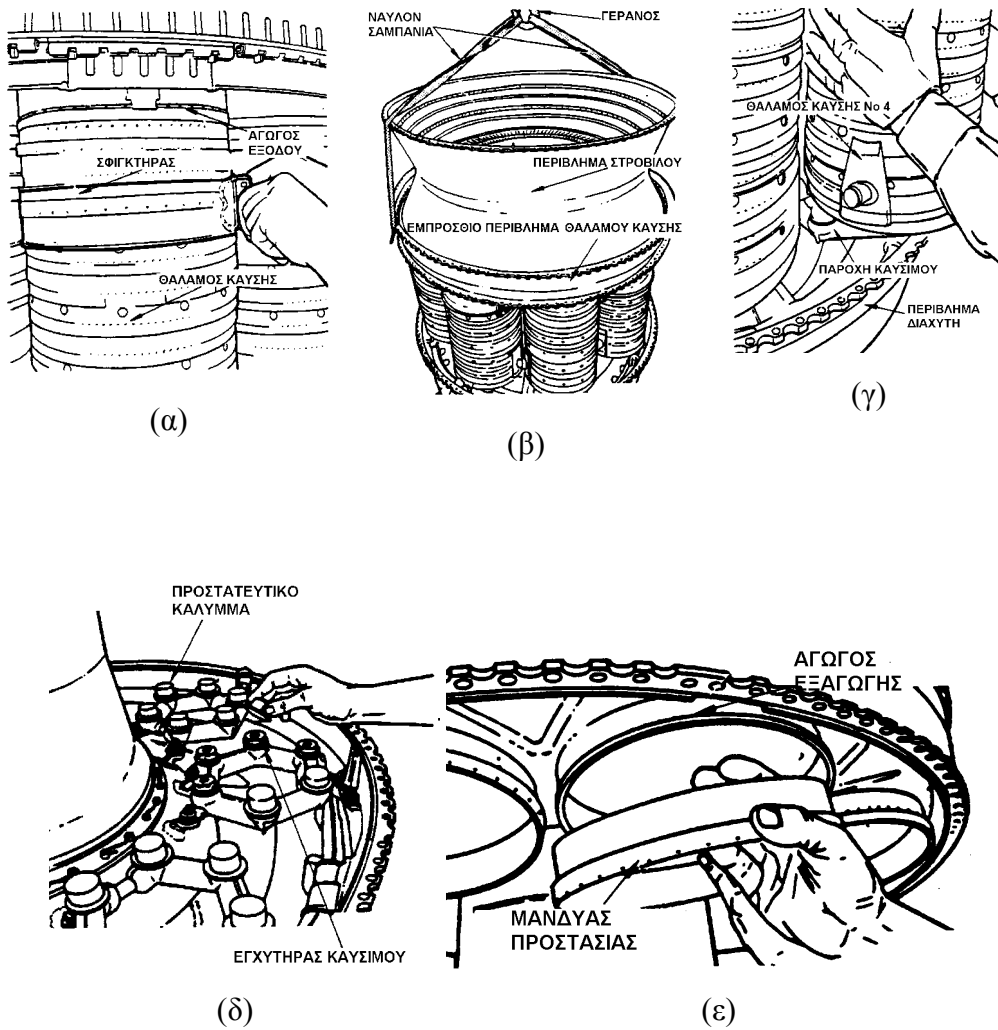
12. ΘΑΛΑΜΟΙ ΚΑΥΣΗΣ (COMBUSTION CHAMBERS).

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής (Σχήμα 2.183), τοποθετείστε το κατάλληλο ειδικό εργαλείο στο οπίσθιο εξωτερικό περίβλημα του θαλάμου καύσης, αφαιρέστε τον αντιπυρικό δακτύλιο (fireseal) και αφαιρέστε το περίβλημα χρησιμοποιώντας το γεράνο. Τοποθετήστε το περίβλημα σε πάγκο με το οπίσθιο τμήμα του προς τον πάγκο.



Σχήμα 2.183 Εργασίες για την αφαίρεση του θαλάμου καύσης

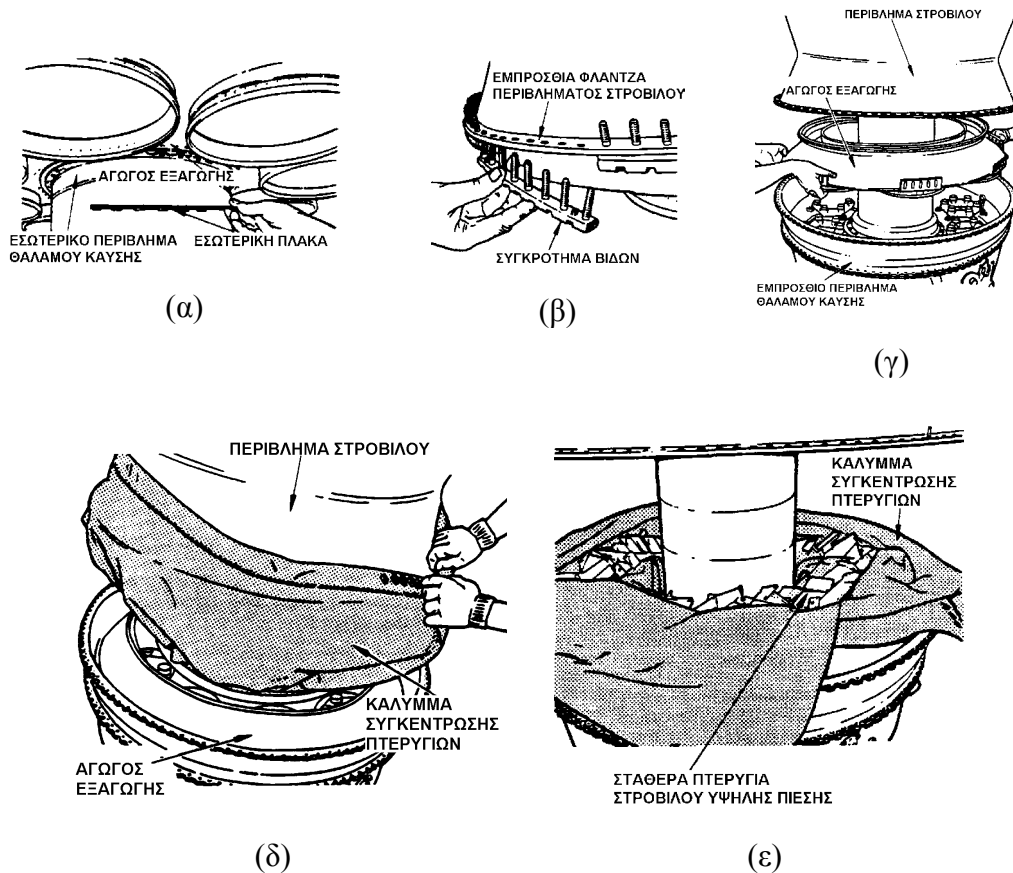
- ◆ Στη συνέχεια, αφαιρέστε τους σφιγκτήρες (τσεμπέρια, clamps) από τους θαλάμους καύσης και τις βίδες που συγκρατούν το εμπρόσθιο εξωτερικό περίβλημα του θαλάμου καύσης στο περίβλημα του διαχύτη και μετακινήστε το πρώτο με τη βοήθεια του γερανού προς τα πάνω. Κατόπιν, αφαιρέστε τους μεμονωμένους θαλάμους καύσης, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής. Τοποθετήστε επικαλυπτικές τάπες στους εγχυτήρες καυσίμου και αφαιρέστε τους μανδύες θερμικής προστασίας από τις εξόδους των θαλάμων καύσης. Η παραπάνω διαδικασία φαίνεται στο Σχήμα 2.184.



Σχήμα 2.184 Αφαίρεση των μεμονωμένων θαλάμων καύσης

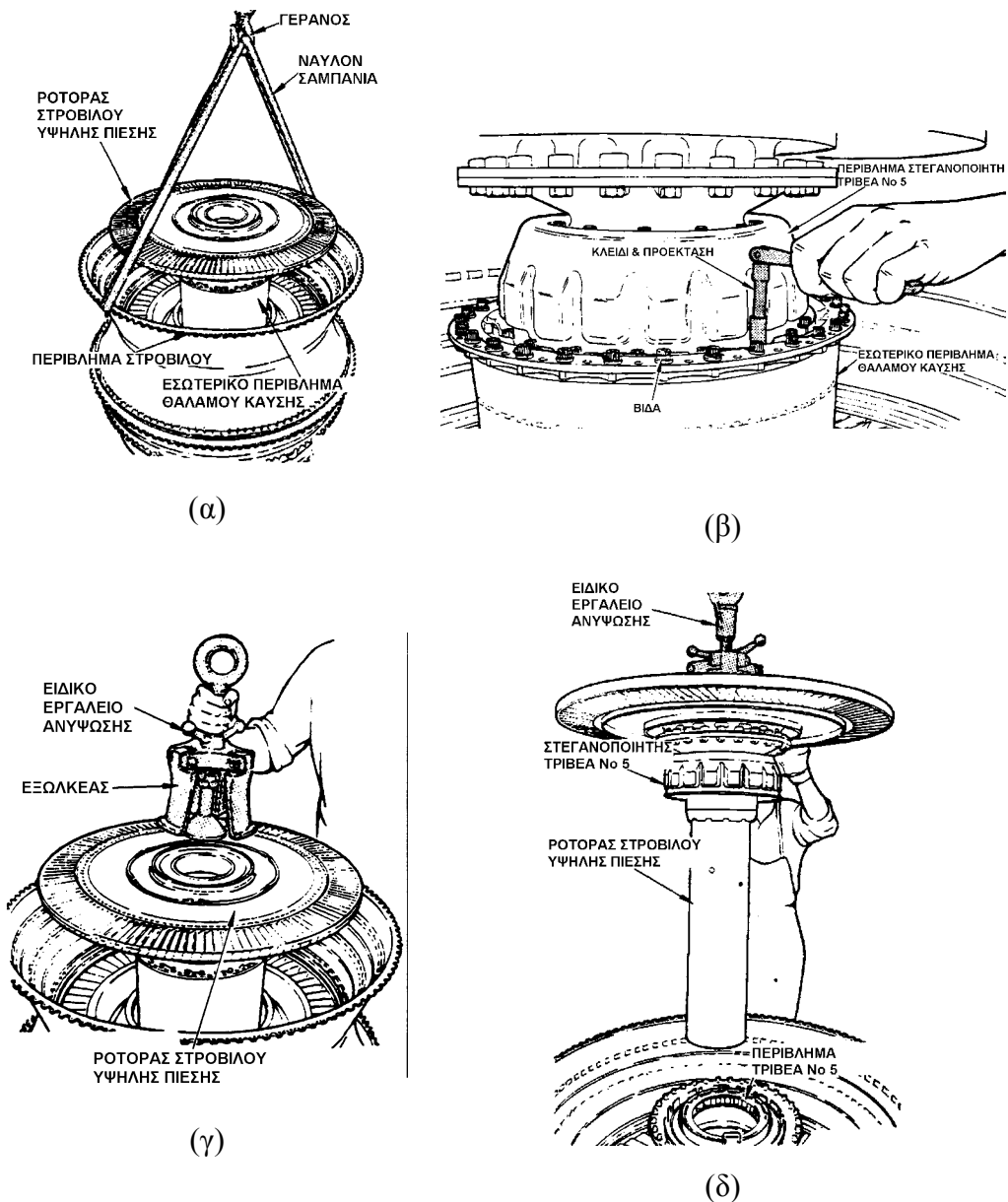
13. 1^η ΒΑΘΜΙΔΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ (1st TURBINE STAGE).

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής αποσυναρμολογήστε τα σταθερά πτερύγια της 1^{ης} βαθμίδας και συλλέξτε τα στο ειδικό κάλυμμα που θα τοποθετήσετε κάτω από το εξωτερικό περίβλημα του στροβίλου. Η διαδικασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.185.



Σχήμα 2.185 Αποσυναρμολόγηση σταθερών πτερυγίων 1^{ης} βαθμίδας στροβίλου

14. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα ειδικά εργαλεία, σύμφωνα με το εγχειρίδιο, αφαιρέστε τον εξωτερικό δρομέα του τριβέα Νο 4 ½, το στεγανοποιητικό δακτύλιο, το παξιμάδι και το σύνδεσμο του άξονα του στροβίλου υψηλής πίεσης (1^η βαθμίδα). Προσέξτε να μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα εξαρτήματα του τριβέα. Προφυλάξτε τον τριβέα σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.
15. Τέλος, χρησιμοποιώντας τα σαμπάνια και το γερανό μετακινήστε το περίβλημα της 1^{ης} σταθερής βαθμίδας (turbine nozzle case) και ακολουθώντας τη διαδικασία του εγχειριδίου ανασηκώστε το στροφεύιο της 1^{ης} βαθμίδας μαζί με τον άξονά του και τοποθετήστε το στον κατάλληλο υποδοχέα. Η διαδικασία αποτυπώνεται στο Σχήμα 2.186.



Σχήμα 2.186 Αφαίρεση της 1^{ης} βαθμίδας στροβίλου και του περιβλήματός της

16. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.

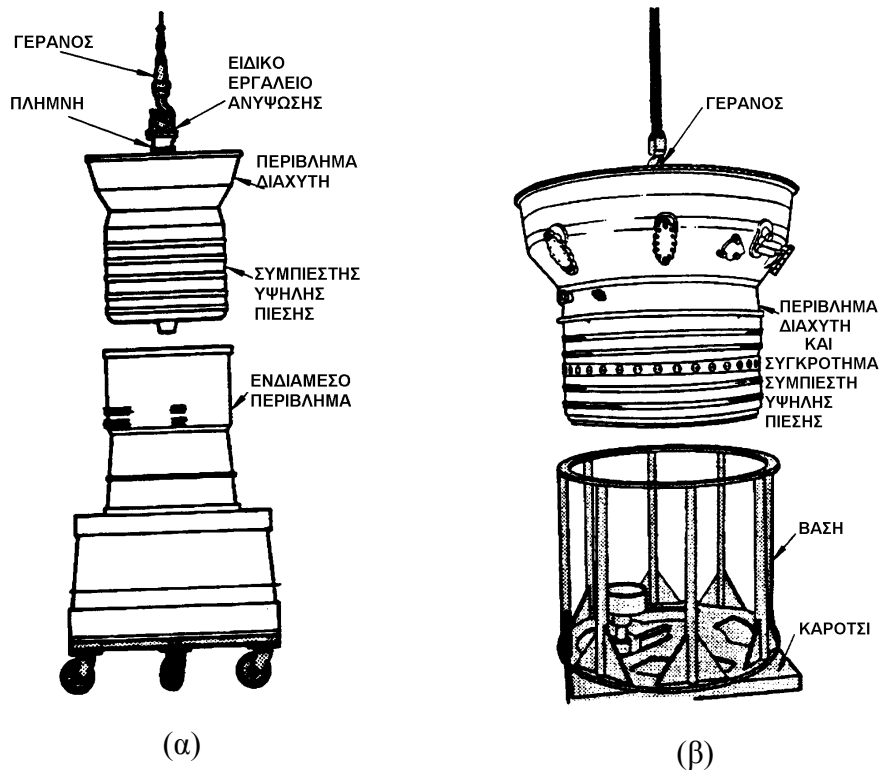
- ◆ Στη συνέχεια, ακολουθήστε τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης όπως αυτή περιγράφεται στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής και χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα ειδικά εργαλεία αποσυναρμολογήστε τον τριβέα No 5 και το σύστημα λίπανσής του, το περίβλημα της 1^{ης} σταθερής βαθμίδας, το εσωτερικό περίβλημα του θαλάμου καύσης και το εμπρόσθιο περίβλημα του θαλάμου καύσης (Σχήμα 2.187). Προσέξτε να μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα εξαρτήματα του τριβέα.

Προφυλάξτε τον τριβέα σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.



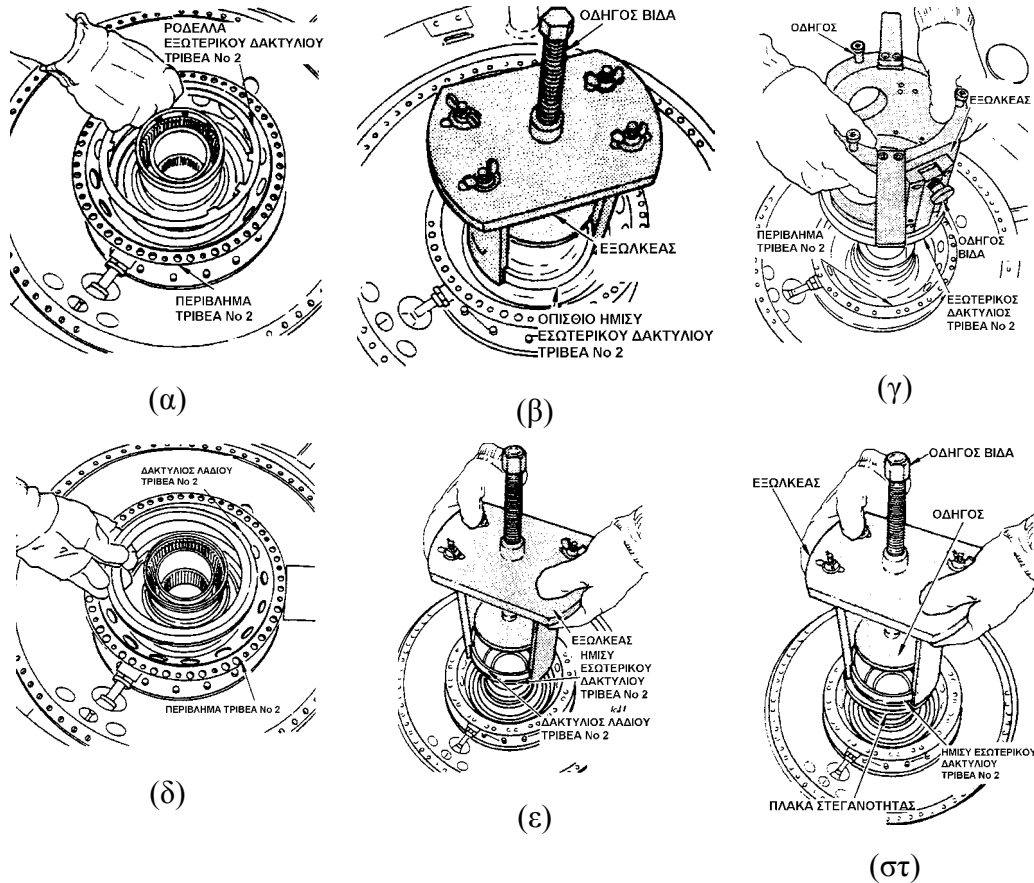
Σχήμα 2.187 Αφαίρεση εξαρτημάτων θαλάμου καύσης

- ♦ Αφαιρέστε το περίβλημα του διαχύτη και του συμπιεστή υψηλής πίεσης και τοποθετήστε τα στην ειδική υποδοχή (Σχήμα 2.188). Κατόπιν, αποσυναρμολογήστε τα.



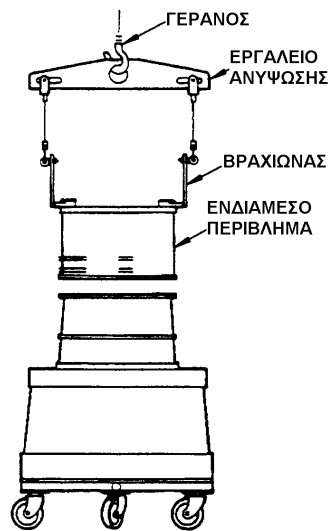
Σχήμα 2.188 Αφαίρεση περιβλήματος διαχύτη και συμπιεστή υψηλής πίεσης

- ◆ Στη συνέχεια, αποσυναρμολογήστε τα υπόλοιπα εξαρτήματα, σύμφωνα με το εγχειρίδιο. Στο Σχήμα 2.189 παρουσιάζεται η διαδικασία αφαίρεσης του τριβέα No 2 και των εξαρτημάτων του.



Σχήμα 2.189 Διαδικασία αφαίρεσης τριβέα No 2 και εξαρτημάτων του
17. ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ (INTERMEDIATE CASE).

- ◆ Χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα ειδικά εργαλεία και το γερανό αποσυναρμολογήστε το ενδιάμεσο περίβλημα από το οπίσθιο περίβλημα του συμπιεστή χαμηλής πίεσης (Σχήμα 2.190) και τοποθετήστε το σε ειδικό υποδοχέα. Τοποθετήστε προστατευτικό κάλυμμα.



Σχήμα 2.190 Αποσυναρμολόγηση ενδιάμεσου περιβλήματος

18. ΟΠΙΣΘΙΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (FRONT COMPRESSOR REAR CASE).

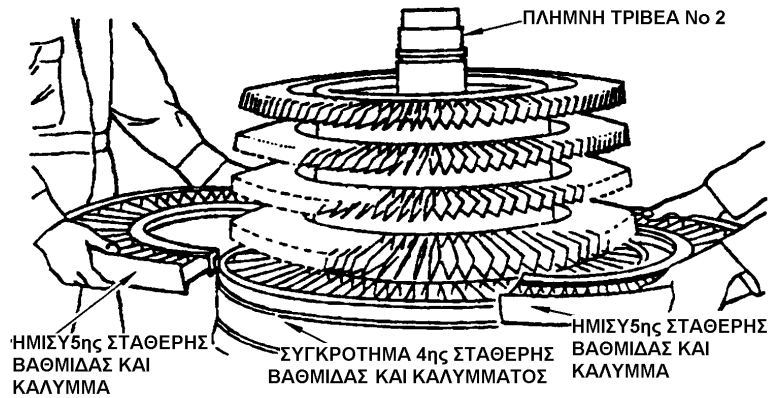
- ◆ Χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα ειδικά εργαλεία και το γερανό αποσυναρμολογήστε το οπίσθιο περίβλημα του συμπιεστή χαμηλής πίεσης από το περίβλημα του ανεμιστήρα (fan), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.191. Τοποθετήστε το περίβλημα σε ράφι και εφαρμόστε προστατευτικό κάλυμμα, αν το κρίνετε απαραίτητο.



Σχήμα 2.191 Αποσυναρμολόγηση οπίσθιου περιβλήματος συμπιεστή χαμηλής πίεσης

19. ΣΤΑΤΟΡΑΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (FRONT COMPRESSOR VANES)

- ♦ Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, αφαιρέστε τα σταθερά περύγια των βαθμίδων 4 έως 9, που απαρτίζουν το συμπιεστή χαμηλής πίεσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.192.



Σχήμα 2.192 Αφαίρεση σταθερών περυγίων από των βαθμίδων του συμπιεστή χαμηλής πίεσης

Εργαστηριακή άσκηση 2.6: Αποσυναρμολόγηση βαθμίδων συμπιεστή. Επιθεώρηση, επισκευή και επανασυναρμολόγησή τους.

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) Να αποσυναρμολογείτε τις βαθμίδες του συμπιεστή αεροπορικού αεριοστρόβιλου κινητήρα, ακολουθώντας συγκεκριμένες διαδικασίες, όπως αυτές περιγράφονται στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής του κατασκευαστή.
- β) Να εφαρμόζετε τις διαδικασίες επιθεώρησης και επισκευής των πτερυγίων.
- γ) Να εκτελείτε τη διαδικασία της ζυγοστάθμισης των πτερυγίων σε όλη την έκτασή της.
- δ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιείτε όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Εισαγωγικές πληροφορίες

Η διαδικασία αποσυναρμολόγησης των βαθμίδων συμπιεστή έχει ως αναφορά κινητήρα τύπου στροβιλοανεμιστήρα, υψηλού λόγου παράκαμψης. Το τμήμα του συμπιεστή αποτελείται από ανεμιστήρα 2 βαθμίδων ($1^{\text{η}} - 2^{\text{η}}$), το συμπιεστή χαμηλής πίεσης 6 βαθμίδων ($4^{\text{η}} - 9^{\text{η}}$) και το συμπιεστή υψηλής πίεσης 7 βαθμίδων ($10^{\text{η}} - 16^{\text{η}}$).

Απαιτούμενα μέσα

Κινητήρας τύπου στροβιλοανεμιστήρα, κατάλληλη περιστρεφόμενη κλίνη για την τοποθέτησή του, εγχειρίδιο γενικής επισκευής από την κατασκευάστρια εταιρεία, μία σειρά των απαραίτητων ειδικών εργαλείων για την διαδικασία της αποσυναρμολόγησης, γενικά εργαλεία (συγκράτησης, μέτρησης, χάραξης, κοπής, κρούσης), μικρός γερανός με σχοινιά ανάρτησης («σαμπάνια») ή αλυσίδες ή ιμάντες βαρούλκων, κατάλληλο καθαριστικό διάλυμα.

Μέτρα ασφάλειας

Ακουλουθήστε τα βασικά μέτρα ασφάλειας που αναφέρονται στο Παράρτημα Α.

Πορεία εργασίας

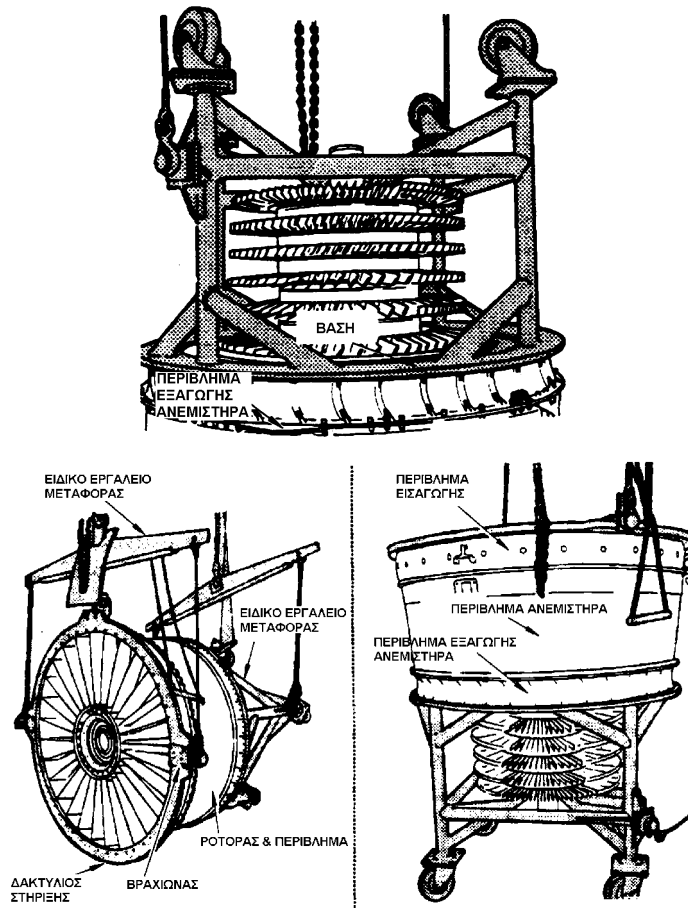
1. Μελετήστε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής. Προδιαγράψτε τη σειρά των εργασιών που θα πραγματοποιήσετε στα πλαίσια της αποσυναρμολόγησης των βαθμίδων, της επιθεώρησης, των πιθανών

επισκευών και της επανασυναρμολόγησής τους. Βεβαιωθείτε για την ύπαρξη των ειδικών εργαλείων που θα απαιτηθούν για την απρόσκοπτη διεξαγωγή τους.

2. Εξασφαλίστε ικανό αριθμό πάγκων εργασίας, χωρίς αντικείμενα στην επιφάνειά τους.
3. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.

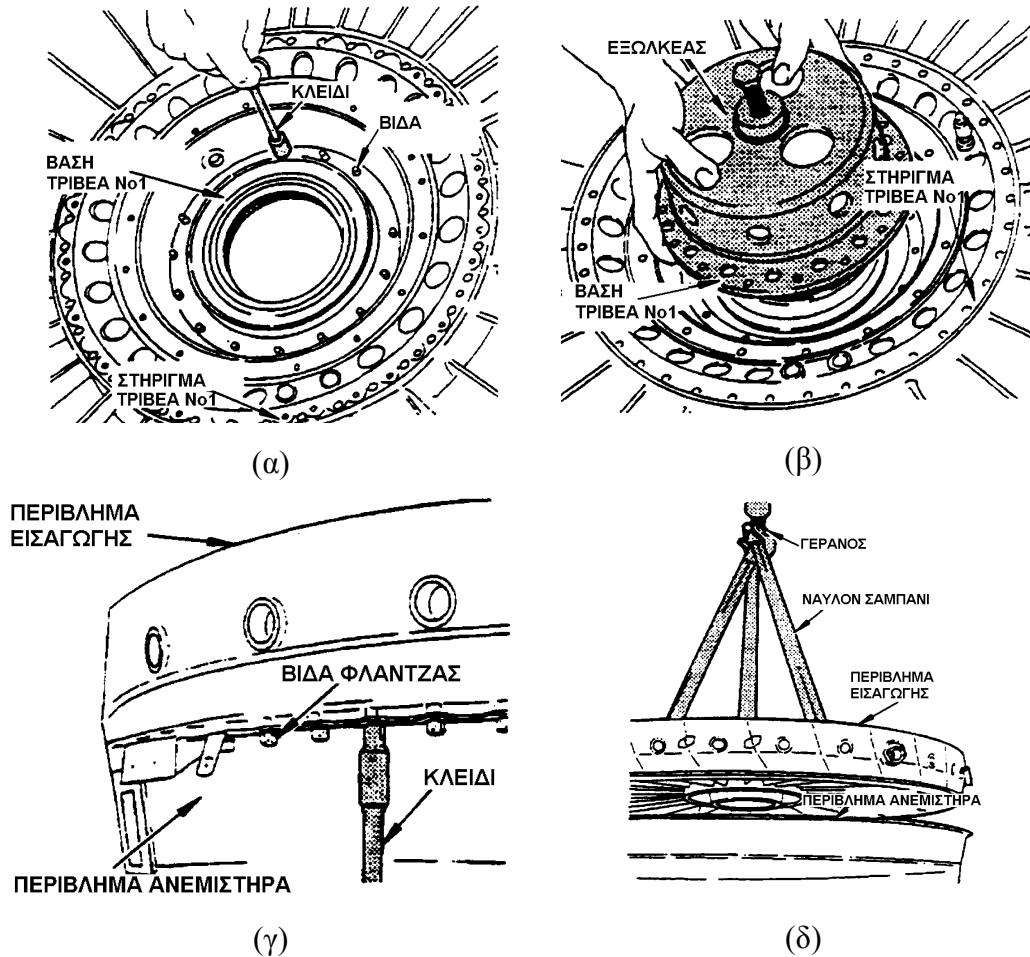
Ακολουθήστε τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής και τοποθετήστε το περιβλήμα με την εισαγωγή προς τα πάνω, αλλάζοντάς του διεύθυνση κατά 180°, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.193.



Σχήμα 2.193 Τοποθέτηση του περιβλήματος στην κατακόρυφη θέση εργασίας

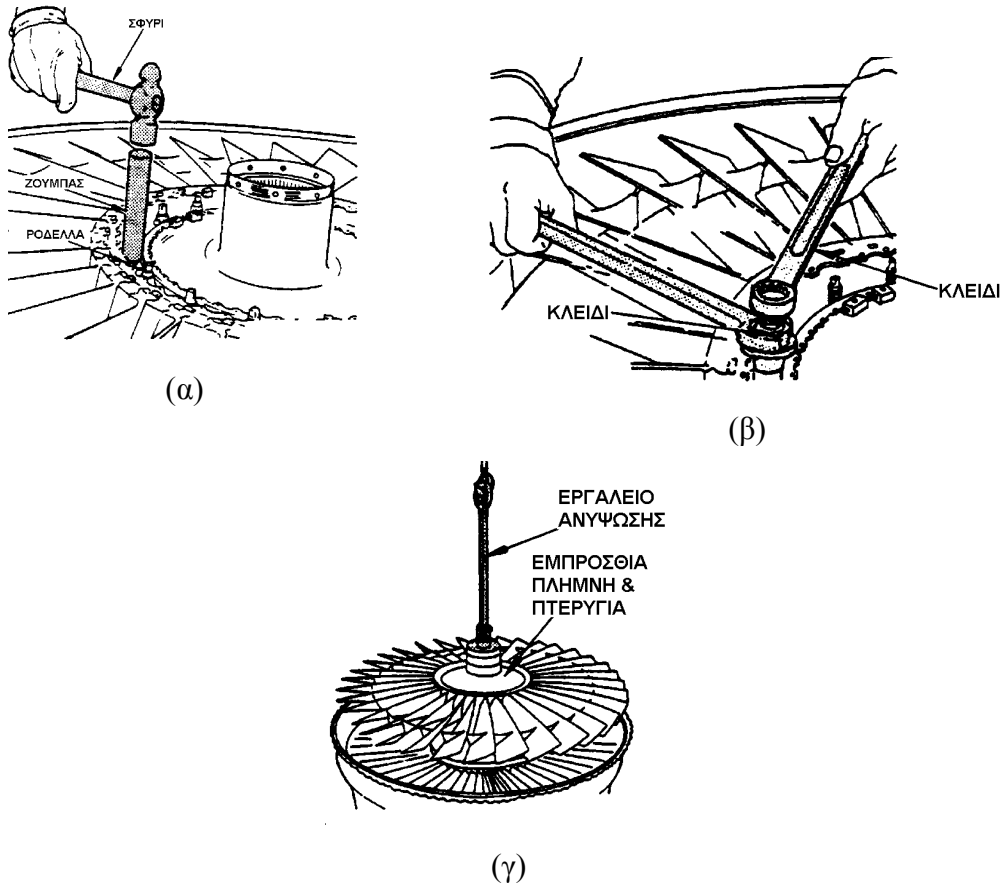
- ◆ Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο κοχλιοστροφείο (μανέλα, wrench), τον κατάλληλο εξωλκέα (puller) και το γερανό

αφαιρέστε τον τριβέα Νο 1, το περίβλημά του και το περίβλημα εισαγωγής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.194. Τοποθετήστε το τελευταίο στον πάγκο.



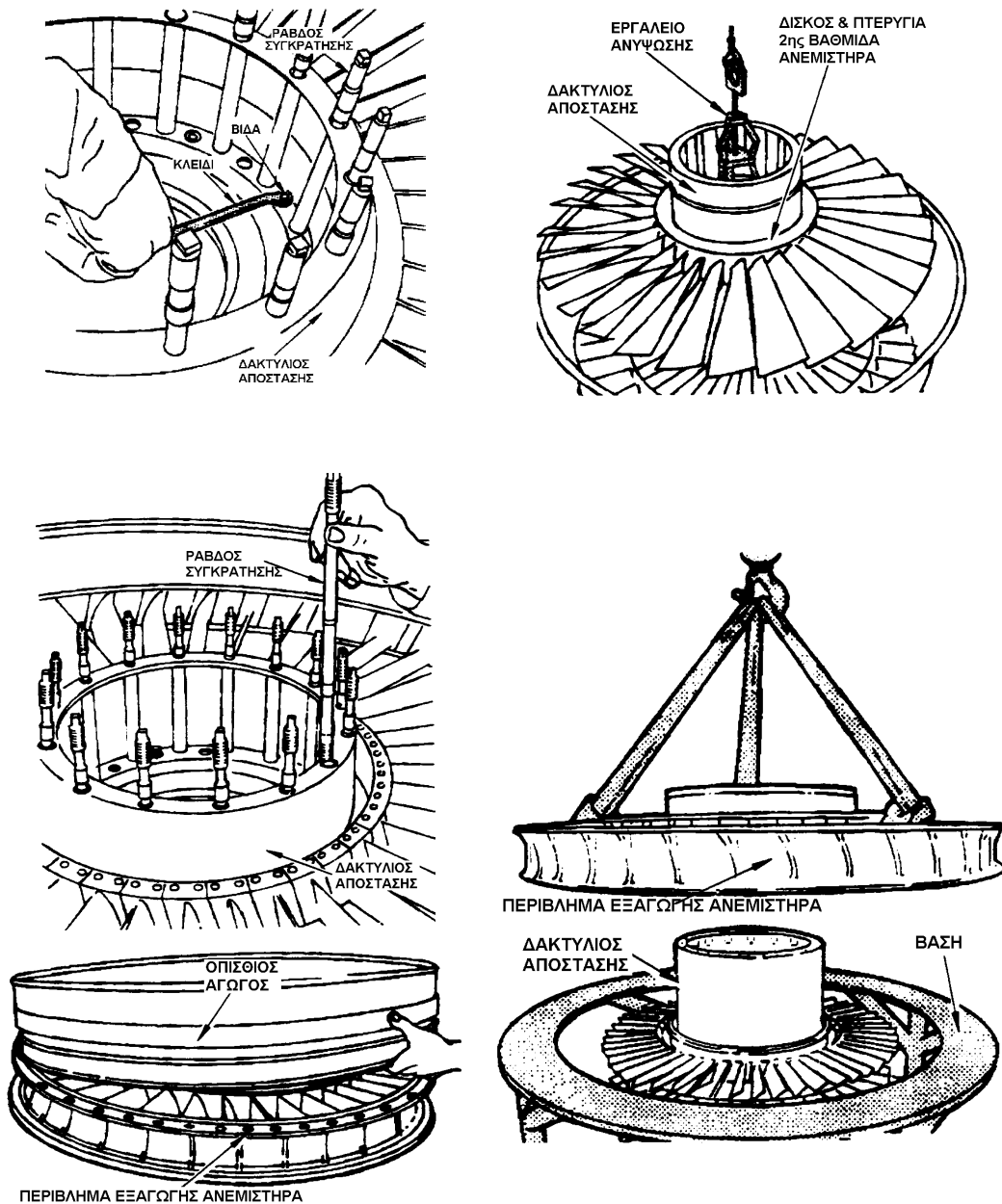
Σχήμα 2.194 Αφαίρεση τριβέα Νο 1 και περιβλήματος

- ◆ Σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου αφαιρέστε εξαρτήματα όπως τα στηρίγματα του τριβέα Νο 1, το στυπιοθλίπτη και το στήριγμά του, ελατήρια και δακτύλιους συγκράτησης.
- ◆ Χρησιμοποιώντας σφυρί και ζουμπά, απασφαλίστε τις ροδέλες των μπουζονιών συγκράτησης (tierods), Σχήμα 2.195α. Στη συνέχεια, αφαιρέστε παξιμάδια και ροδέλες και χρησιμοποιώντας το γεράνο αφαιρέστε την 1^η βαθμίδα του ανεμιστήρα, Σχήμα 2.195β και γ. Τοποθετείστε τη βαθμίδα σε πάγκο.



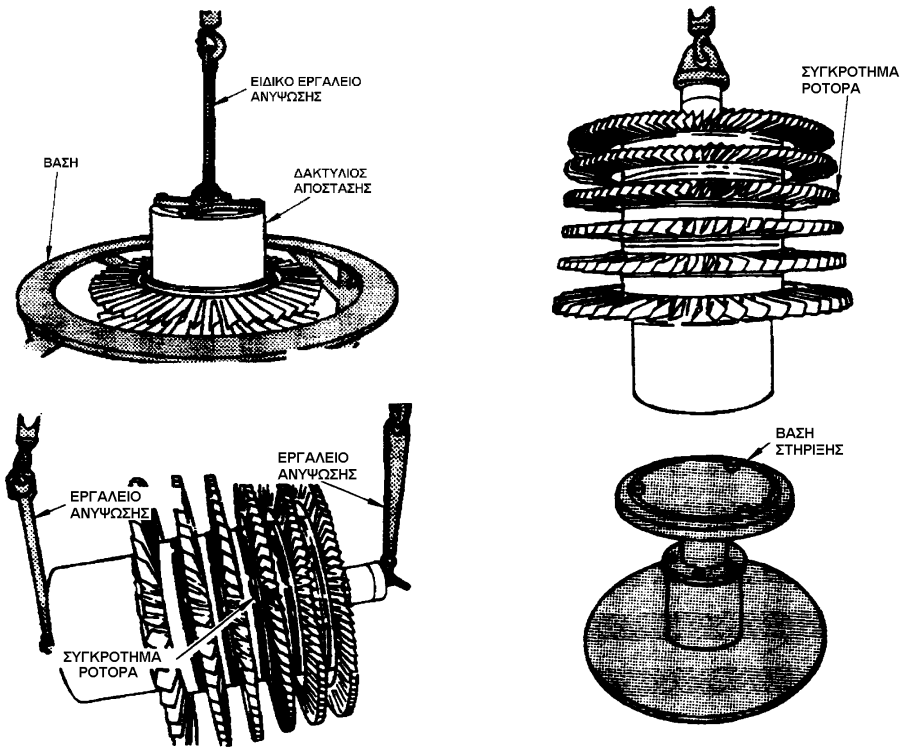
Σχήμα 2.195 Αποσυναρμολόγηση στροφείου 1^{ης} βαθμίδας ανεμιστήρα.

- ◆ Σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου, αφαιρέστε το περίβλημα του ανεμιστήρα, και στη συνέχεια, το δίσκο της 2^{ης} βαθμίδας του ανεμιστήρα και το περίβλημα εξαγωγής του ανεμιστήρα μαζί με το στάτορα της 2^{ης} βαθμίδας, Σχήμα 2.196.



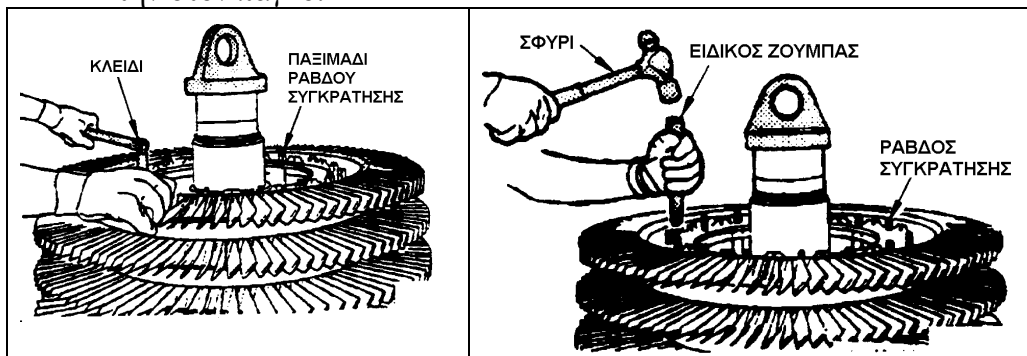
Σχήμα 2.196 Αφαίρεση βαθμίδων ανεμιστήρα

- ◆ Τοποθετήστε το κατάλληλο ειδικό εργαλείο στο δακτύλιο απόστασης μεταξύ της 2^{ης} και της 4^{ης} βαθμίδας. Χρησιμοποιώντας το γεράνο απομακρύνετε το ρότορα από τη βάση. Τοποθετήστε τον σε νέα βάση στήριξης (Σχήμα 2.197).

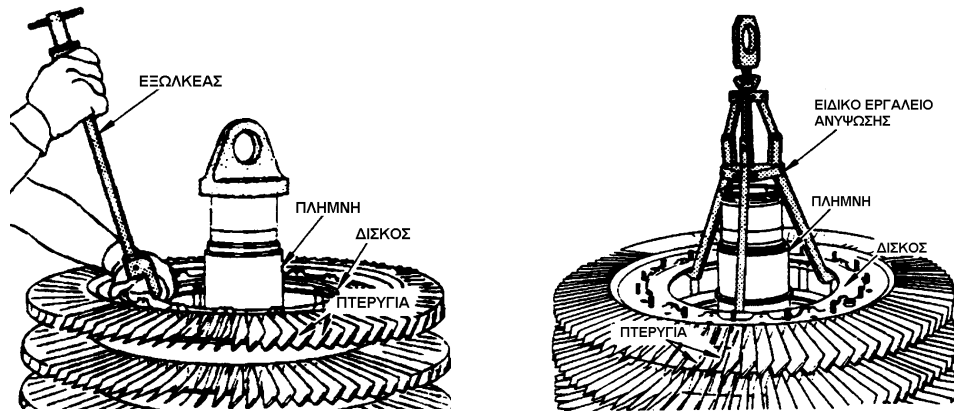


Σχήμα 2.197 Αφαίρεση ρότορα συμπιεστή χαμηλής πίεσης

- ◆ Στη συνέχεια, απασφαλίστε το δίσκο της 9^{ης} βαθμίδας, απομακρύνετε την από το στροφέιο (Σχήμα 2.198 και Σχήμα 2.199) και τοποθετήστε την στον πάγκο.

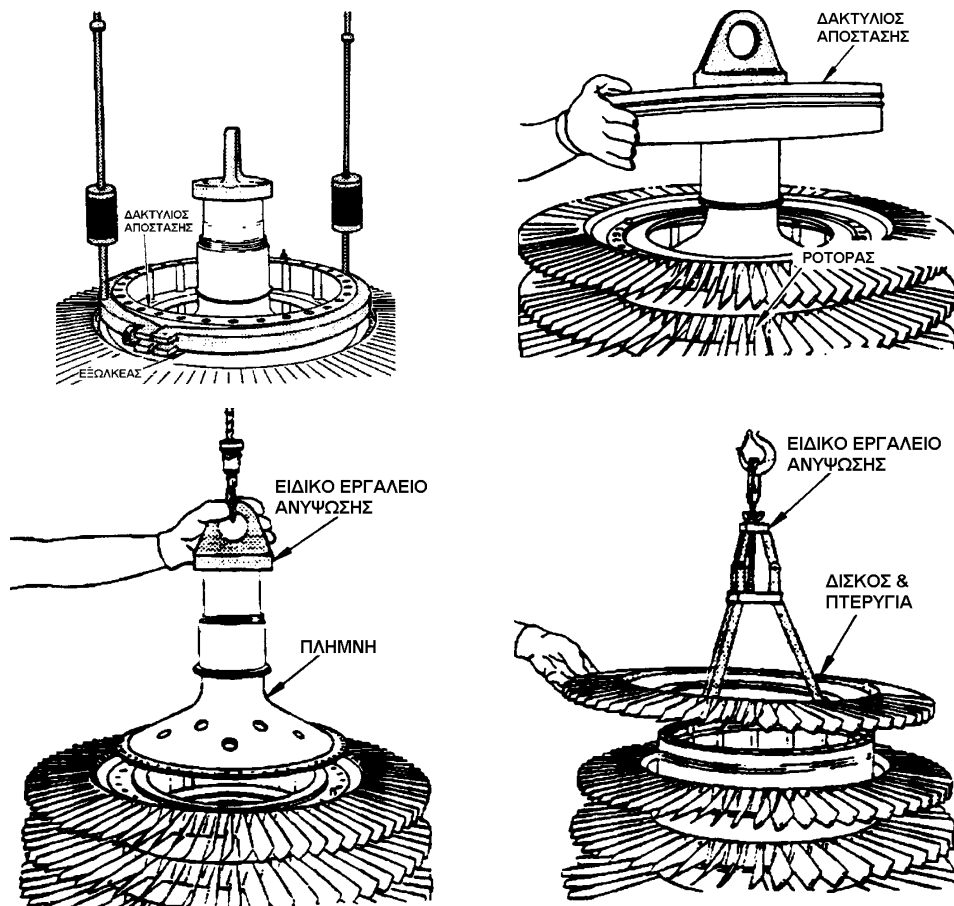


Σχήμα 2.198 Αποσυναρμολόγηση δίσκου 9^{ης} βαθμίδας



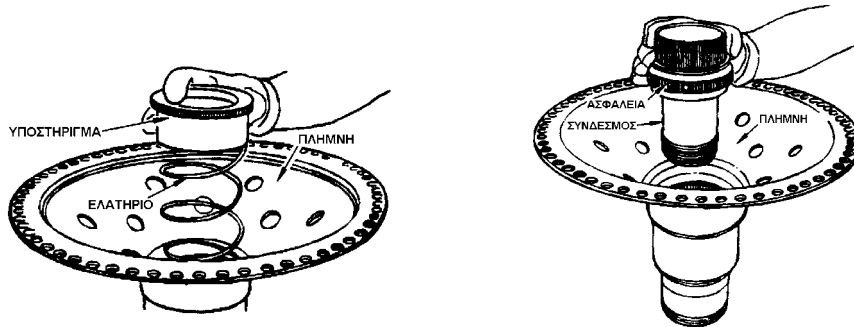
Σχήμα 2.199 Αποσυναρμολόγηση δίσκου 9^{ης} βαθμίδας

- ♦ Κατόπιν, ακολουθώντας τη διαδικασία του εγχειριδίου γενικής επισκευής, αφαιρέστε τους δίσκους των υπόλοιπων βαθμίδων του στροφεύου (Σχήμα 2.200). Τοποθετήστε τους δίσκους στους πάγκους.



Σχήμα 2.200 Αφαίρεση δίσκων και πτερυγίων των υπόλοιπων βαθμίδων του συμπιεστή χαμηλής πίεσης

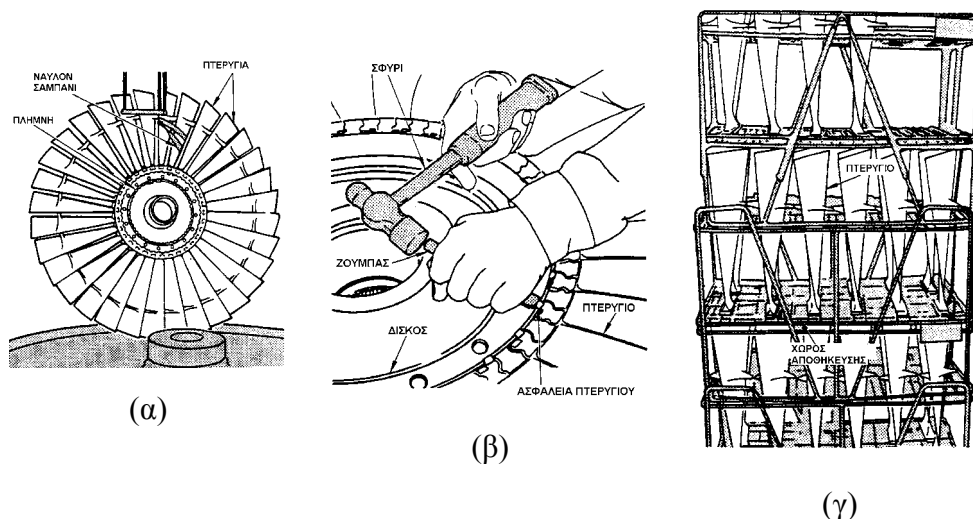
- ◆ Τέλος, αφαιρέστε το σύνδεσμο από τον άξονα, Σχήμα 2.201.



Σχήμα 2.201 Αφαίρεση συνδέσμου από τον άξονα χαμηλής πίεσης

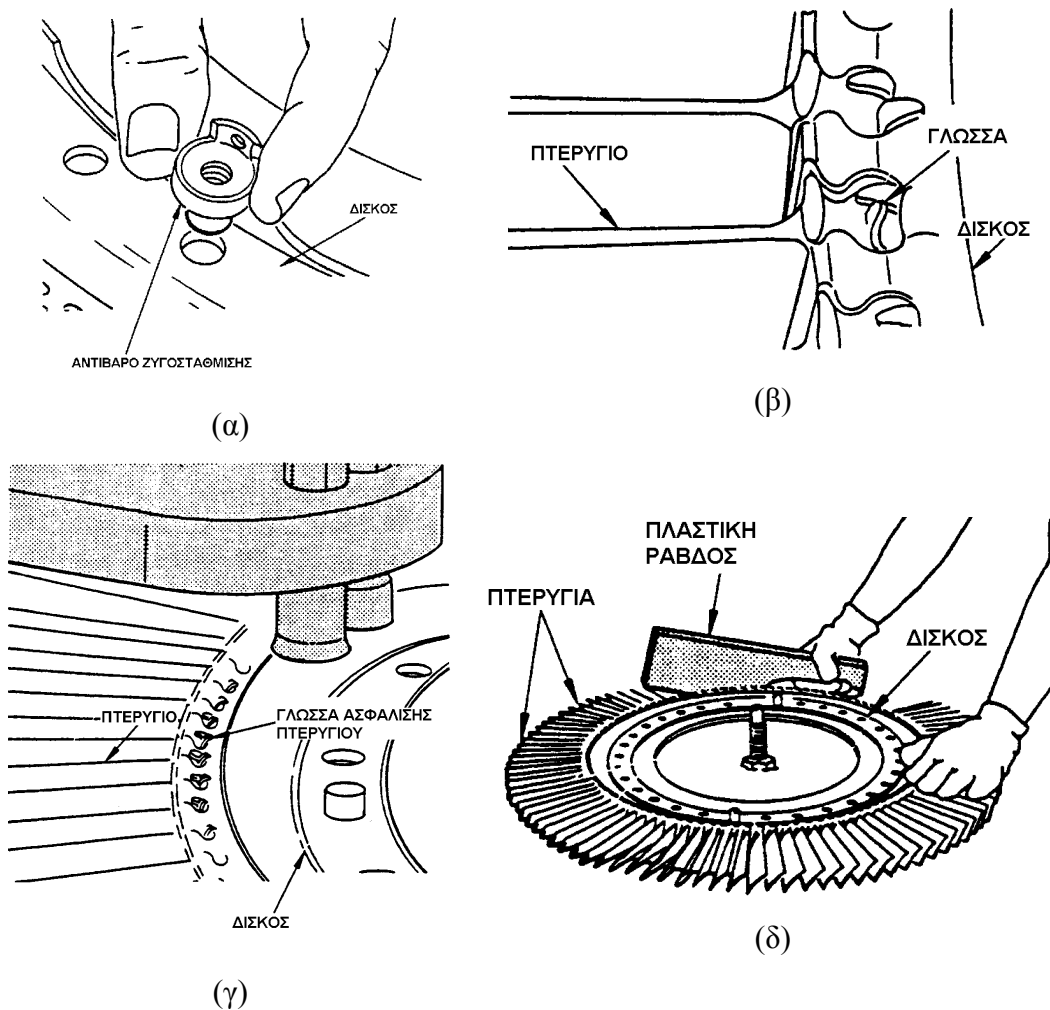
5. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Τοποθετήστε το στροφείο της 1^{ης} βαθμίδας του ανεμιστήρα στον πάγκο εργασίας με την πλευρά του χείλους προσβολής προς τα κάτω, Σχήμα 2.202(α). Χρησιμοποιώντας σφυρί και εξωστήρα απασφαλείστε τη βάση στήριξης των πτερυγίων, Σχήμα 2.202(β). Χρησιμοποιώντας πλαστικό σφυρί, αφαιρέστε τα πτερύγια. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην προσκρούουν μεταξύ τους. Τοποθετήστε τα σε ειδικό αποθηκευτικό φορέα, Σχήμα 2.202(γ). Οι ασφάλειες των πτερυγίων δε χρησιμοποιούνται ξανά.



Σχήμα 2.202 Αποσυναρμολόγηση πτερυγίων 1ης βαθμίδας ανεμιστήρα

- ♦ Με όμοιο τρόπο αποσυναρμολογήστε τα κινητά πτερύγια της δεύτερης βαθμίδας του ανεμιστήρα.
- ♦ Στη συνέχεια, αφαιρέστε τα βάρη ζυγοστάθμισης από τους δίσκους του συμπιεστή χαμηλής πίεσης, Σχήμα 2.203α. Απασφαλίστε τα σημεία στήριξης των πτερυγίων (Σχήμα 2.203β) και, χρησιμοποιώντας κατάλληλο ειδικό εργαλείο, αφαιρέστε τους πείρους στήριξης, Σχήμα 2.203γ. Τέλος, χρησιμοποιώντας κατάλληλο πλαστικό εργαλείο, αφαιρέστε τα πτερύγια από τους δίσκους (Σχήμα 2.203δ) και τοποθετήστε τα σε ειδικό κουτί. Οι ασφάλειες των πτερυγίων δε χρησιμοποιούνται ξανά.

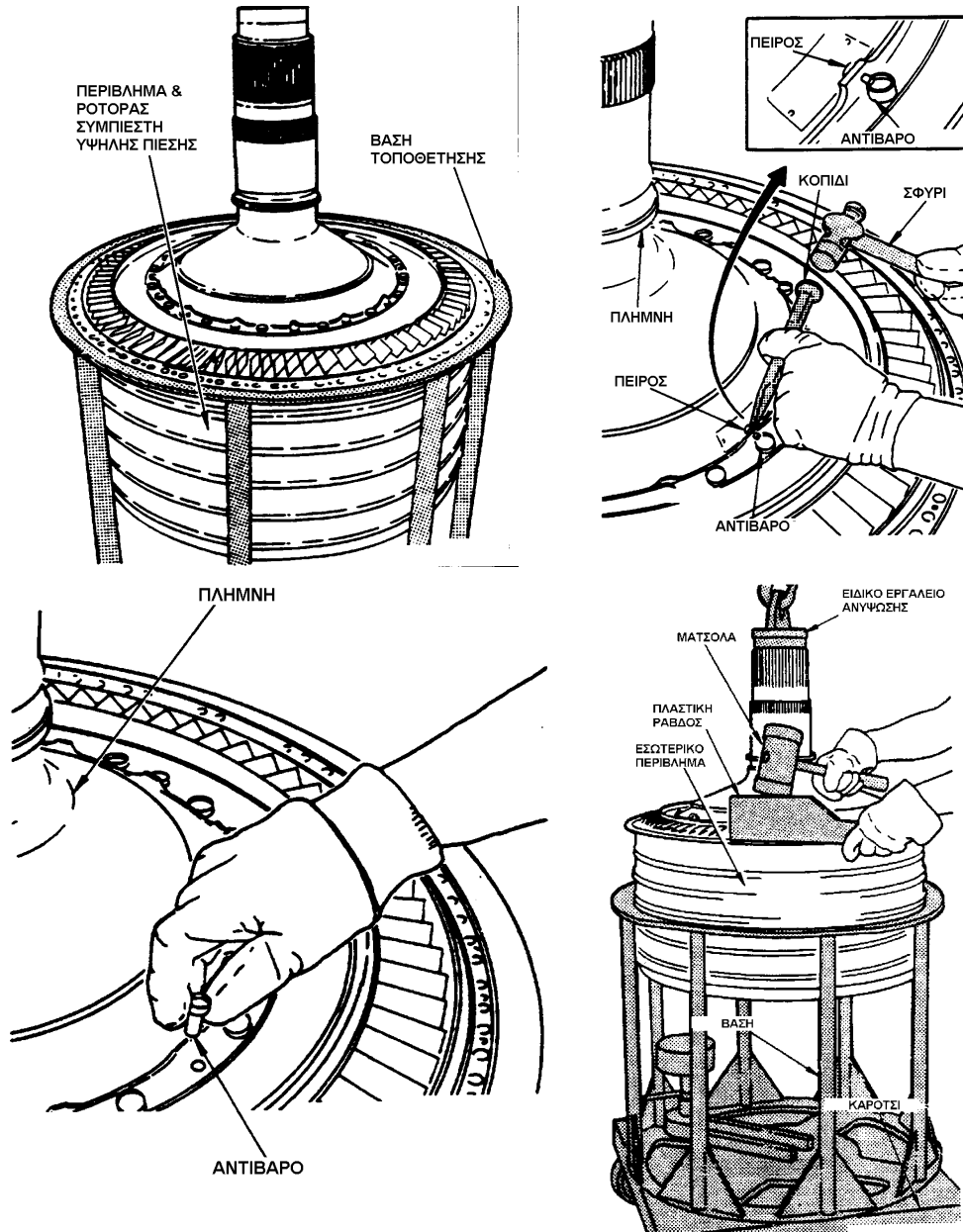


Σχήμα 2.203 Αποσυναρμολόγηση πτερυγίων συμπιεστή χαμηλής πίεσης.

6. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

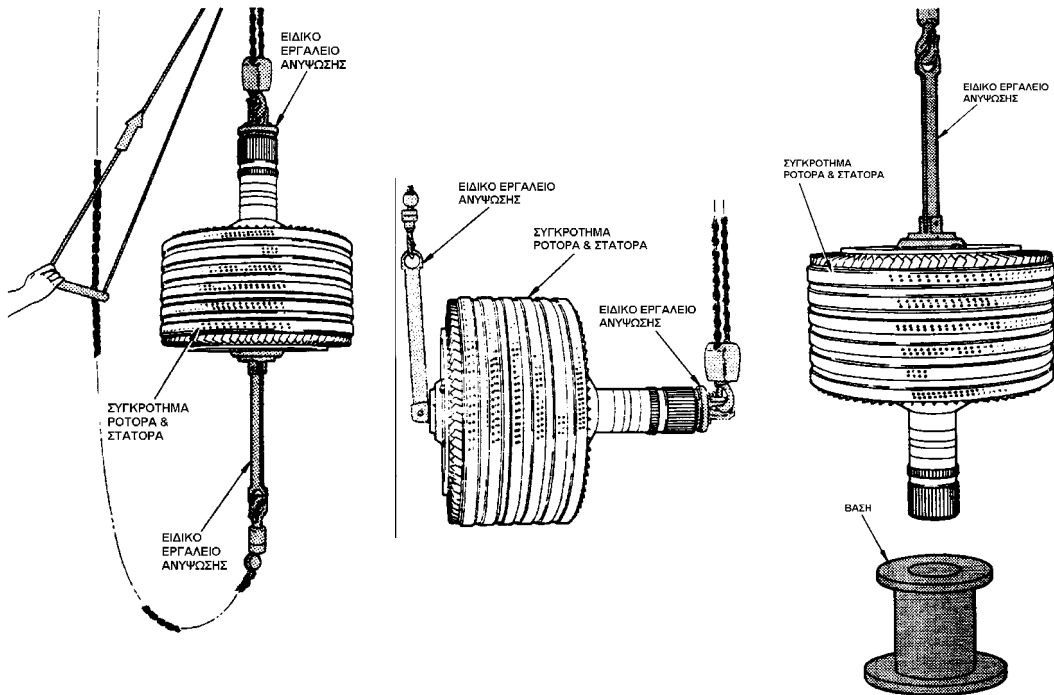
- ♦ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.

- ♦ Με το συγκρότημα στροφείου και περιβλήματος στη βάση, αφαιρέστε τα βάρη ζυγοστάθμισης από την πλήμνη και, χρησιμοποιώντας πλαστικό εργαλείο, αφαιρέστε το περίβλημα (Σχήμα 2.204).



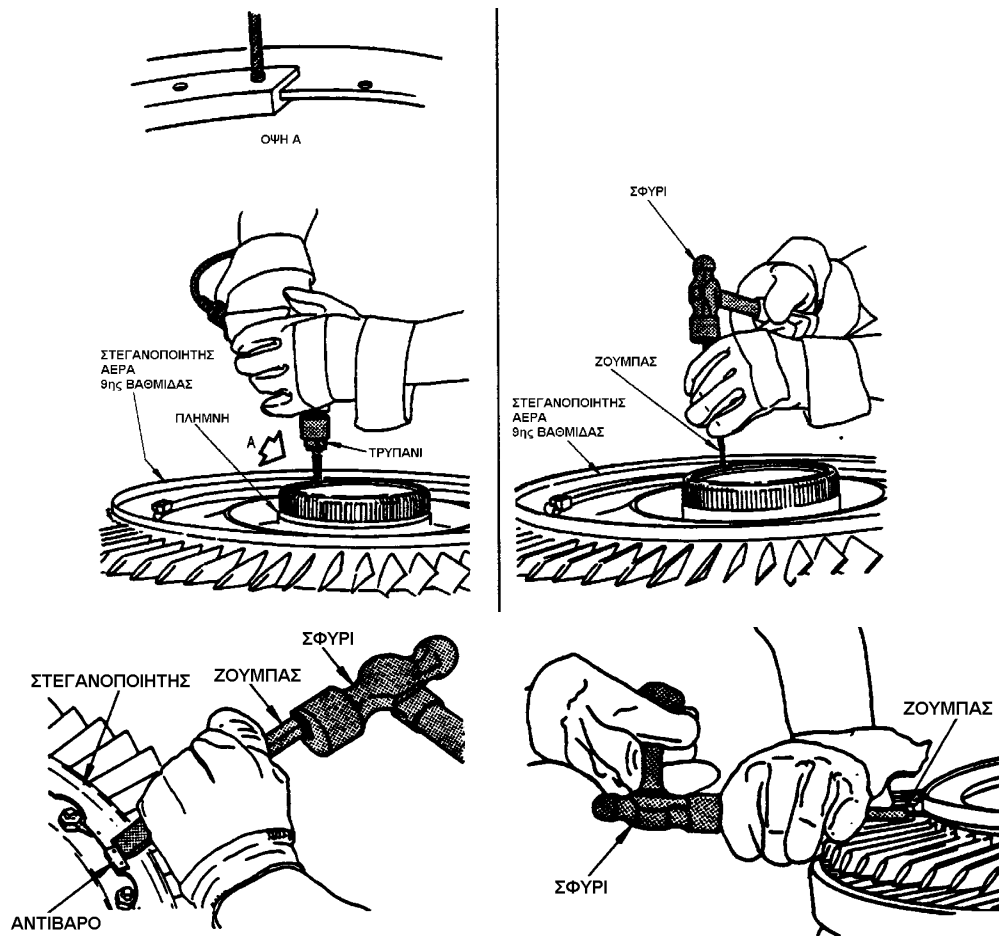
Σχήμα 2.204 Αφαίρεση περιβλήματος συμπιεστή υψηλής πίεσης

- ♦ Χρησιμοποιώντας το γερανό, ανασηκώστε το ρότορα, το στάτορα και τον άξονα, και περιστρέψτε τα κατά 180°. Τοποθετήστε στην ειδική βάση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.205.



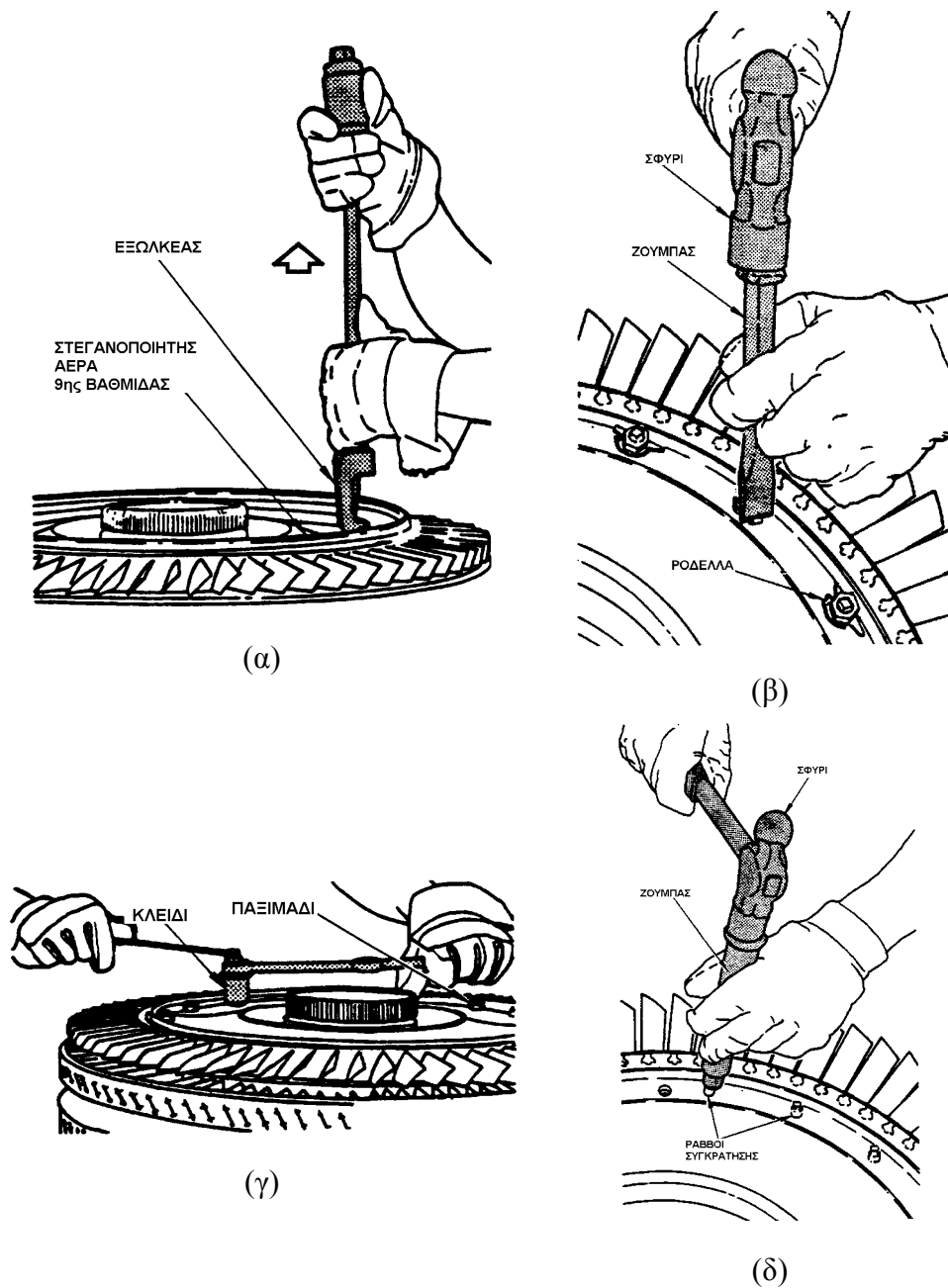
Σχήμα 2.205 Τοποθέτηση κινητών και σταθερών βαθμίδων σε ειδική βάση.

- ◆ Αφαιρέστε παρεμβύσματα, δακτυλίους απόστασης και τον τριβέα Νο 3. Προσέξτε να μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα εξαρτήματα του τριβέα. Προφυλάξτε τον τριβέα σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.
- ◆ Αφαιρέστε τα αντίβαρα ζυγοστάθμισης από το δίσκο της 10^{ης} βαθμίδας, Σχήμα 2.206.



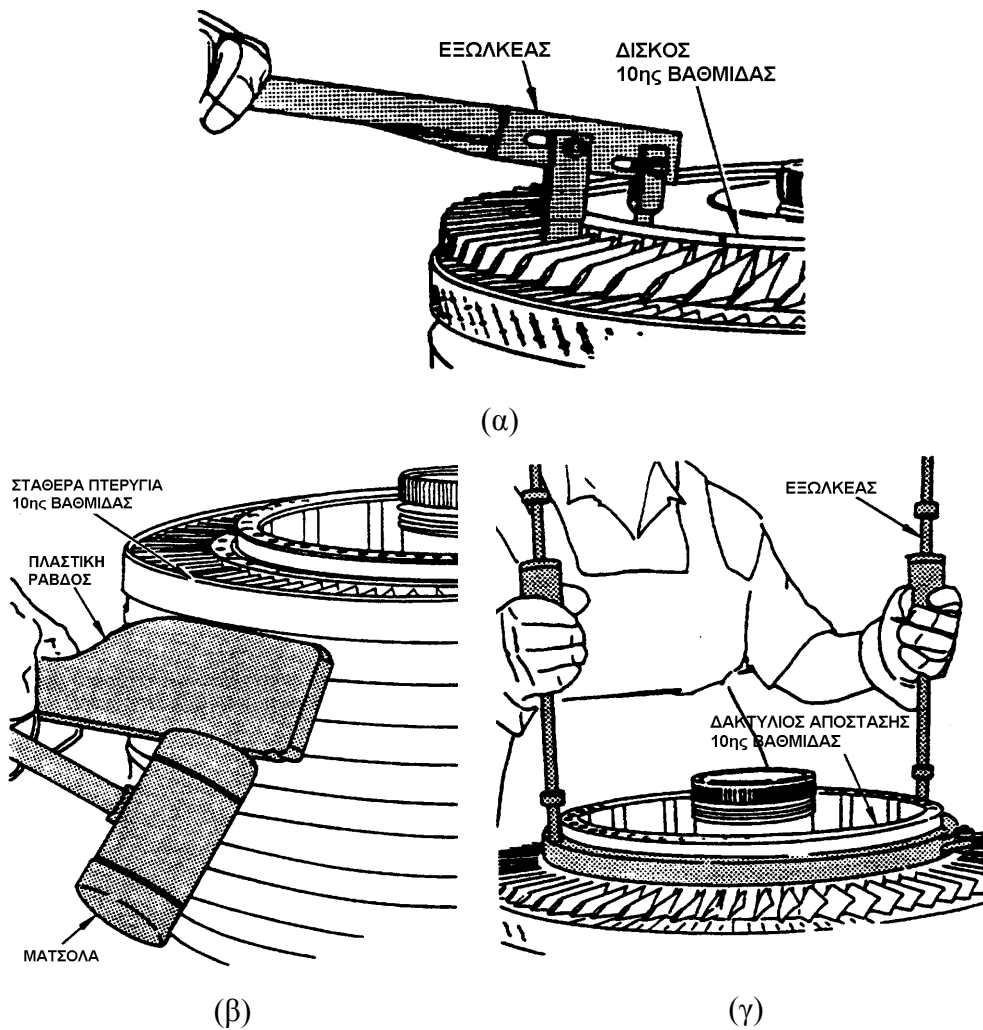
Σχήμα 2.206 Αφαίρεση αντιβάρων ζυγοστάθμισης

- ◆ Με τον κατάλληλο εξωλκέα αφαιρέστε το στεγανοποιητή αέρα (air seal) της 9^{ης} βαθμίδας, Σχήμα 2.207(α).
- ◆ Χρησιμοποιώντας σφυρί και εξωστήρα, απασφαλείστε τις ροδέλες των ράβδων συγκράτησης (tierods), και αφαιρέστε παξιμάδια και ροδέλες, Σχήμα 2.207(β), (γ) και (δ).



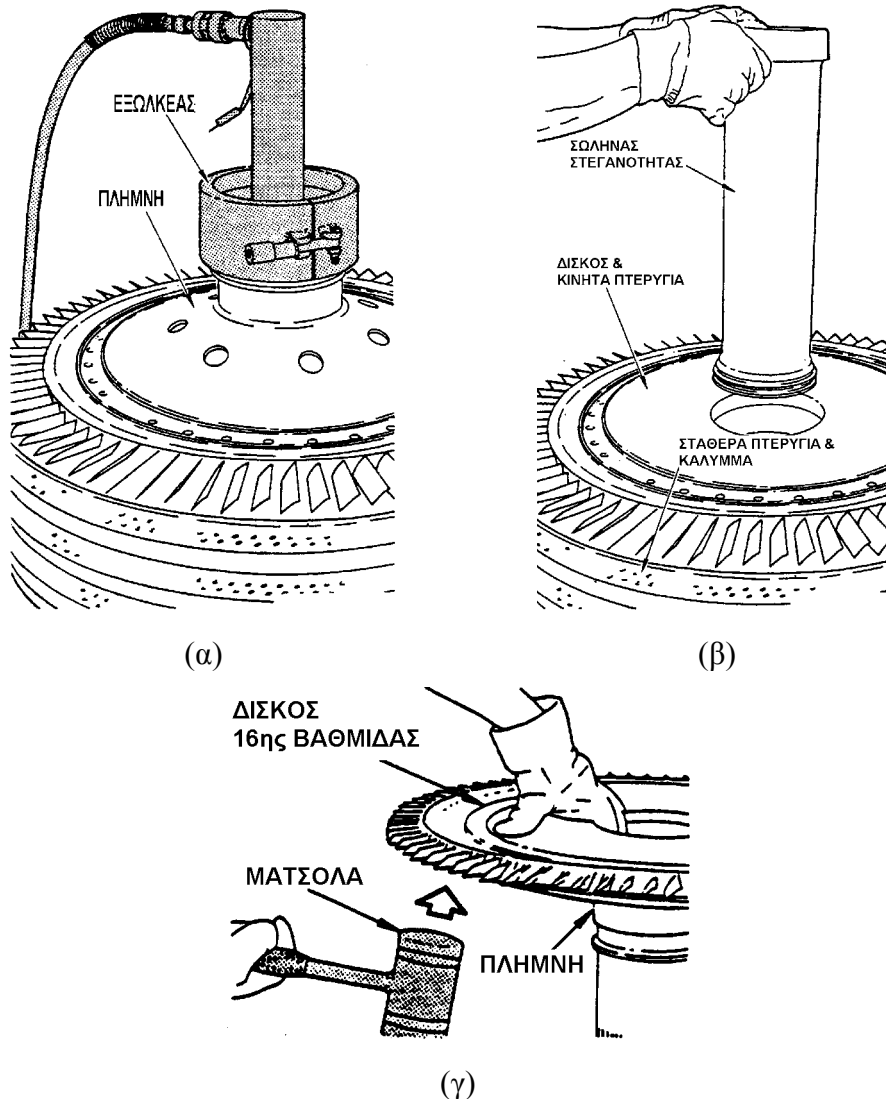
Σχήμα 2.207 Αφαίρεση εξαρτημάτων

- ◆ Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας κατάλληλο εξωλκέα, απομακρύνετε το δίσκο και τα κινητά πτερύγια της 10^{ης} βαθμίδας, Σχήμα 2.208(α). Τοποθετήστε τα στον πάγκο. Χρησιμοποιήστε ματσόλα και πλαστικό εργαλείο για την αφαίρεση των σταθερών πτερυγίων της 10^{ης} βαθμίδας και του συνδετικού δίσκου, Σχήμα 2.208(β). Με τον κατάλληλο εξωλκέα, αφαιρέστε τον δακτύλιο απόστασης της 10^{ης} βαθμίδας, Σχήμα 2.208(γ).



Σχήμα 2.208 Αφαίρεση εξαρτημάτων από τη 10^η βαθμίδα.

- ♦ Με τον ίδιο τρόπο όπως προηγουμένως αφαιρέστε την 11^η βαθμίδα καθώς και το δακτύλιο απόστασής της.
- ♦ Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, εφαρμόστε τον κατάλληλο εξωλκέα και την υδραυλική αντλία στην πλήμνη του δίσκου και αφαιρέστε την πλήμνη και το σωλήνα στεγανοποίησης, Σχήμα 2.209(α) και (β). Στη συνέχεια, αφαιρέστε τους υπόλοιπους δίσκους, κινητά πτερύγια, σταθερά πτερύγια, και δακτύλιους απόστασης όπως στη 10^η και 11^η βαθμίδα (εκτός από τη 16^η). Τέλος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.209(γ), αφαιρέστε το δίσκο και τα κινητά πτερύγια της 16^{ης} βαθμίδας από την οπίσθια πλήμνη.

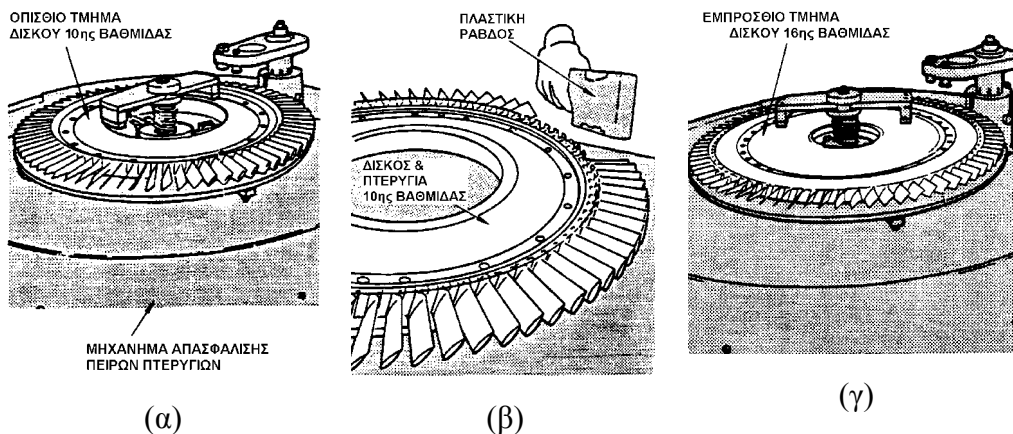


Σχήμα 2.209 Αφαίρεση εξαρτημάτων του συμπιεστή υψηλής πίεσης.

8. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Τοποθετείστε το δίσκο και τα κινητά πτερύγια της 10^{ης} βαθμίδας στη βάση στήριξης του ειδικού εργαλείου αφαίρεσης των πείρων στήριξης με το χείλος προσβολής προς τα κάτω, Σχήμα 2.210(α). Με πολλή προσοχή, ώστε να αποφευχθεί ζημία του δίσκου, αφαιρέστε τους πείρους.

- ◆ Χρησιμοποιώντας κατάλληλο πλαστικό εργαλείο, αφαιρέστε τα πτερύγια από το δίσκο (Σχήμα 2.210β) και τοποθετήστε τα σε ειδικό κουτί. Οι ασφάλειες των πτερυγίων δε χρησιμοποιούνται ξανά.
- ◆ Στην περίπτωση που οι δίσκοι και τα πτερύγια έχουν διαβρωθεί και η διαδικασία αποσυναρμολόγησης είναι δύσκολη, χρησιμοποιήστε διεισδυντικό λάδι (δύο δόσεις ανά 24 ώρες) και δοκιμάστε ξανά.
- ◆ Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία για τις βαθμίδες 11 έως 15. Αφαιρέστε τα βάρη ζυγοστάθμισης από τους δίσκους των βαθμίδων.
- ◆ Τέλος, τοποθετείστε το δίσκο και τα κινητά πτερύγια της 16^{ης} βαθμίδας στη βάση στήριξης του ειδικού εργαλείου αφαίρεσης των πείρων στήριξης με το χείλος προσβολής προς τα πάνω, Σχήμα 2.210(γ). Με πολλή προσοχή, ώστε να αποφευχθεί ζημία του δίσκου, αφαιρέστε τους πείρους.
- ◆ Χρησιμοποιώντας κατάλληλο πλαστικό εργαλείο, αφαιρέστε τα πτερύγια από το δίσκο και τοποθετήστε τα σε ειδικό κουτί. Οι ασφάλειες των πτερυγίων δε χρησιμοποιούνται ξανά.

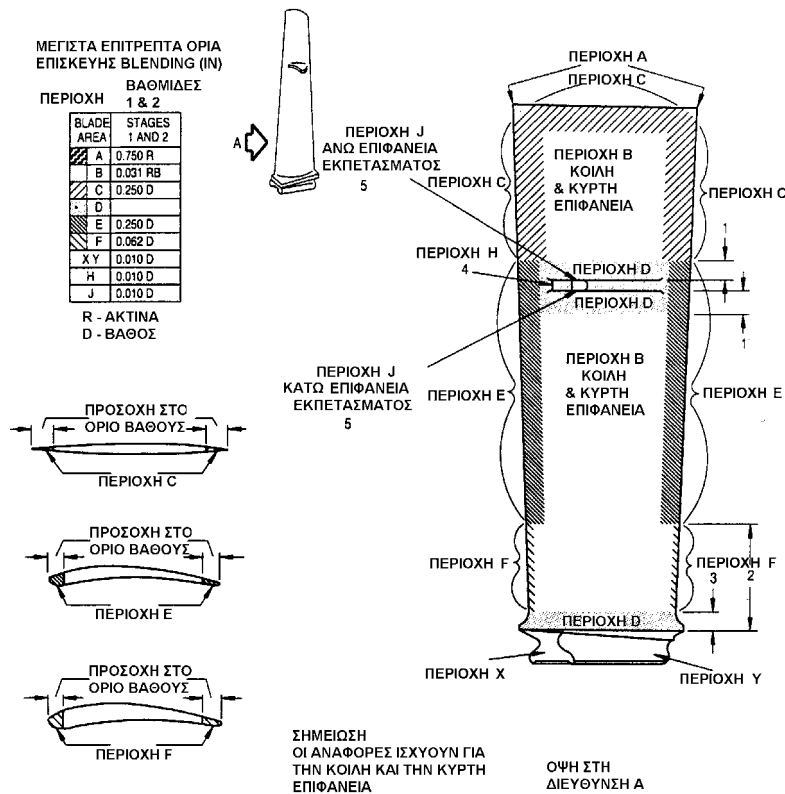


Σχήμα 2.210 Αποσυναρμολόγηση κινητών πτερυγίων συμπιεστή υψηλής πίεσης.

9. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ

- ◆ Συγκεντρώστε τα γενικά και ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των εργασιών της επιθεώρησης.
- ◆ Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής για τις διαδικασίες και τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό ο οποίος προηγείται της επιθεώρησης των εξαρτημάτων.

- ◆ Αρχικά, πραγματοποιήστε επιθεώρηση με διεισδυτικό υγρό (FPI). Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο για τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσετε.
- ◆ Χρησιμοποιήστε μεγεθτικό φακό 3X και πηγή φωτός και εξετάστε προσεκτικά τα κινητά πτερύγια του ανεμιστήρα για την ύπαρξη φθορών σύμφωνα με το Σχήμα 2.211.
- ◆ Στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής θα βρείτε πίνακες με τα επιτρεπόμενα όρια για κάθε φθορά ή ζημία που ίσως παρατηρήσετε στις διάφορες περιοχές επιθεώρησης του πτερυγίου. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στις φθορές οι οποίες είναι επιτρεπτές χωρίς επισκευή και στα κριτήρια τα οποία οδηγούν σε μία τέτοια μεταχείριση.



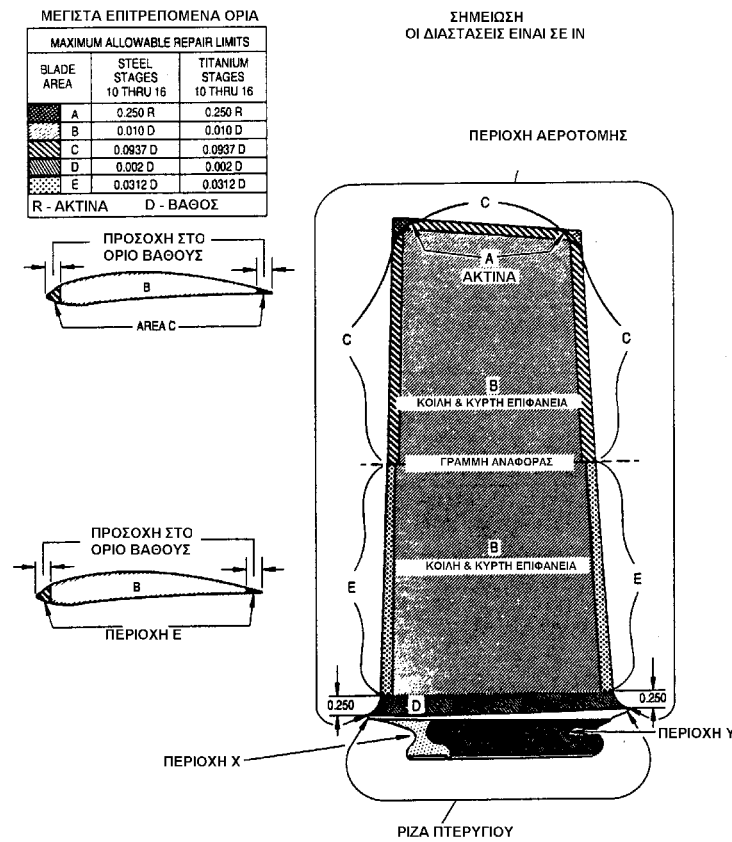
Σχήμα 2.211 Περιοχές και κριτήρια επιθεώρησης κινητών πτερυγίων ανεμιστήρα

- ◆ Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο και επιθεωρήστε το **εκπέτασμα (mid span)** των πτερυγίων και των δύο βαθμίδων του ανεμιστήρα. Λόγω της επαφής των πτερυγίων στο σημείο εκείνο, αυτά υπόκεινται σε φθορά κατά το μήκος του. Χρησιμοποιήστε το ειδικό εργαλείο που αναφέρεται στο εγχειρίδιο και ακολουθήστε τις οδηγίες για τη

ρύθμισή του, τη διαδικασία της μέτρησης και τους υπολογισμούς που πρέπει να κάνετε ώστε να υπολογίσετε την πιθανή φθορά κατά μήκος του εκπετάσματος. Αξιολογήστε τις μετρήσεις σύμφωνα με τους πίνακες επιτρεπτών τιμών που θα βρείτε στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής.

10. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- ◆ Ακολουθήστε την παραπάνω διαδικασία. Επιθεωρήστε τα πτερύγια σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στο Σχήμα 2.212.



Σχήμα 2.212 Περιοχές και κριτήρια επιθεώρησης κινητών πτερυγίων συμπίεστη

- ◆ Ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα, ο κατασκευαστής μπορεί να απαιτεί έλεγχο των κινητών πτερυγίων με τη χρήση της μεθόδου των δινορευμάτων (eddy current inspection). Περισσότερες πληροφορίες για τους μη καταστροφικούς ελέγχους περιέχονται στο βιβλίο «Κινητήρες Αεροσκαφών ΙΙ».

11. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- ◆ Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής και συγκεντρώστε τα γενικά και ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των εργασιών της επιθεώρησης.
- ◆ Αρχικά, πραγματοποιήστε επιθεώρηση με διεισδυτικό υγρό (FPI). Ανάλογα με το είδος του κινητήρα, ο κατασκευαστής μπορεί να απαιτεί μαγνητική επιθεώρηση (MPI) στο στάδιο αυτό. Για κάποιους τύπους κινητήρων οι δύο μέθοδοι είναι εναλλακτές. Ακολουθήστε τις οδηγίες του εγχειριδίου για τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσετε.
- ◆ Χρησιμοποιήστε μεγεθυντικό φακό 9X και πηγή φωτός και εξετάστε προσεκτικά τα κινητά πτερύγια για την ύπαρξη φθορών σύμφωνα με το Σχήμα 2.212.
- ◆ Ξεχωρίστε τα πτερύγια τα οποία φέρουν εγκοπές κατά μήκος του χείλους προσβολής ή / και του χείλους εκφυγής από αυτά που έχουν μικρότερου μεγέθους αμυχές ή φθορές. Γενικά, η σπουδαιότητα των εγκοπών στο χείλος προσβολής και στο χείλος εκφυγής αυξάνει όταν αυτές βρίσκονται πιο κοντά στη ρίζα του πτερυγίου.
- ◆ Στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής θα βρείτε πίνακες με τα επιτρεπόμενα όρια για κάθε φθορά ή ζημία που ίσως παρατηρήσετε στις διάφορες περιοχές επιθεώρησης του πτερυγίου. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στις φθορές οι οποίες είναι επιτρεπτές χωρίς επισκευή και στα κριτήρια τα οποία δικαιολογούν μία τέτοια μεταχείριση. Στους ίδιους πίνακες υπάρχουν τα όρια για κάθε επισκευή καθώς και τα επιτρεπόμενα είδη επισκευών. Στο Σχήμα 2.213 φαίνονται κινητά πτερύγια συμπίεστη τα οποία έχουν υποστεί επισκευή για την αντιμετώπιση της ζημίας τους.



Σχήμα 2.213 Κινητά πτερύγια συμπιεστή πριν και μετά την αποκατάσταση της ζημίας τους

Εργαστηριακή άσκηση 2.7: Αποσυναρμολόγηση βαθμίδων στροβίλου. Επιθεώρηση, επισκευή και επανασυναρμολόγησή τους.

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) Να αποσυναρμολογείτε τις βαθμίδες του στροβίλου αεροπορικού αεριοστρόβιλου κινητήρα, ακολουθώντας συγκεκριμένες διαδικασίες, όπως αυτές περιγράφονται στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής του κατασκευαστή.
- β) Να εφαρμόζετε τις διαδικασίες επιθεώρησης και επισκευής των πτερυγίων.
- γ) Να εκτελείτε τη διαδικασία της ζυγοστάθμισης των πτερυγίων σε όλη την έκτασή της.
- δ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιείτε όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Εισαγωγικές πληροφορίες

Η διαδικασία αποσυναρμολόγησης των βαθμίδων στροβίλου έχει ως αναφορά κινητήρα τύπου στροβιλοανεμιστήρα, υψηλού λόγου παράκαμψης. Το τμήμα του στροβίλου αποτελείται από το στρόβιλο υψηλής πίεσης μίας βαθμίδας και το στρόβιλο χαμηλής πίεσης 3 βαθμίδων ($2^1 - 4^1$).

Απαιτούμενα μέσα

Κινητήρας τύπου στροβιλοανεμιστήρα, κατάλληλη περιστρεφόμενη κλίνη για την τοποθέτησή του, εγχειρίδιο γενικής επισκευής από την κατασκευάστρια εταιρεία, μία σειρά των απαραίτητων ειδικών εργαλείων για την διαδικασία της αποσυναρμολόγησης, γενικά εργαλεία (συγκράτησης, μέτρησης, χάραξης, κοπής, κρούσης), μικρός γερανός με σχοινιά ανάρτησης («σαμπάνια») ή αλυσίδες ή ιμάντες βαρούλκων, κατάλληλο καθαριστικό διάλυμα.

Μέτρα ασφαλείας

Ακολουθήστε τα βασικά μέτρα ασφαλείας που αναφέρονται στο Παράρτημα Α.

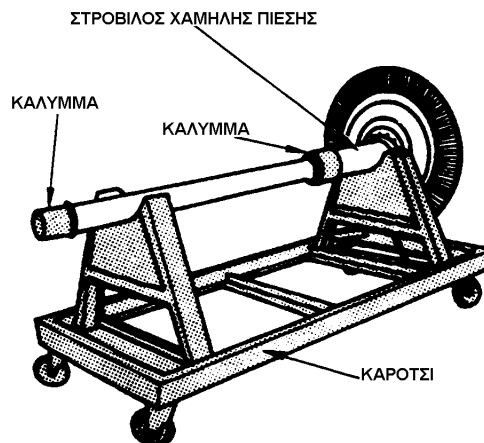
Πορεία εργασίας

1. Μελετήστε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής. Προδιαγράψτε τη σειρά των εργασιών που θα πραγματοποιήσετε στα πλαίσια της αποσυναρμολόγησης των βαθμίδων, της επιθεώρησης, των πιθανών επισκευών και της επανασυναρμολόγησής τους. Βεβαιωθείτε για την

ύπαρξη των ειδικών εργαλείων που θα απαιτηθούν για την απρόσκοπτη διεξαγωγή τους.

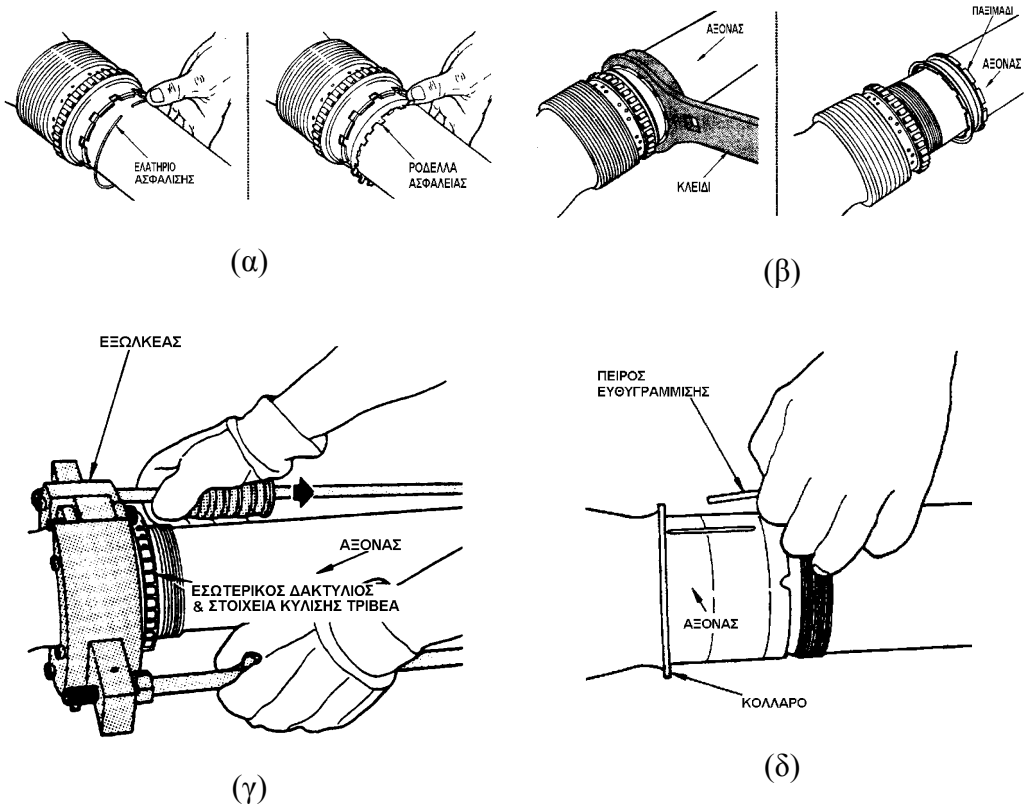
2. Εξασφαλίστε ικανό αριθμό πάγκων εργασίας, χωρίς αντικείμενα στην επιφάνειά τους.
3. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ 2^{ΗΣ} ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού
- ◆ Μετά την αποσυναρμολόγηση των βασικών μερών του κινητήρα, το στροφέιο της 2^{ης} βαθμίδας του στροβίλου χαμηλής πίεσης βρίσκεται τοποθετημένο στην ειδική βάση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.214. Ειδικά καλύμματα έχουν τοποθετηθεί στα εξαρτήματα του τριβέα Νο 4 ½, στους δακτυλίους απόστασης, τους στεγανοποιητές καθώς και στο ελεύθερο άκρο του άξονα. Αφαιρέστε τα καλύμματα.

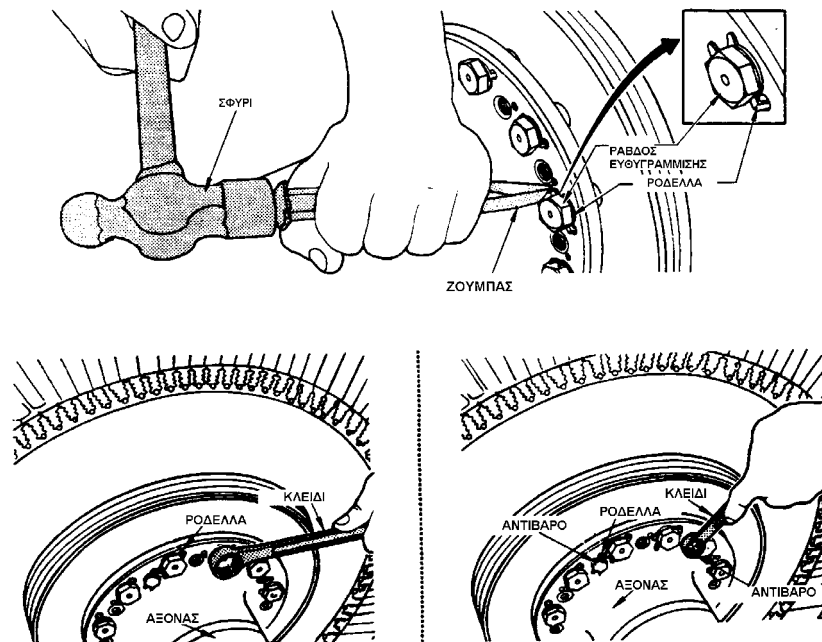


Σχήμα 2.214 Ειδική βάση τοποθέτησης στροφείου

- ◆ Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής και χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα ειδικά εργαλεία, αφαιρέστε τα υπόλοιπα εξαρτήματα του τριβέα Νο 4 ½ και τα υπόλοιπα εξαρτήματα που βρίσκονται πάνω στον άξονα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.215. Προσέξτε να μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα εξαρτήματα του τριβέα. Προφυλάξτε τον τριβέα σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.

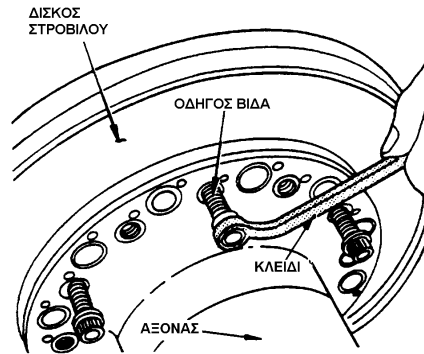


Σχήμα 2.215 Αφαίρεση εξαρτημάτων από τον άξονα



Σχήμα 2.216 Αφαίρεση εξαρτημάτων

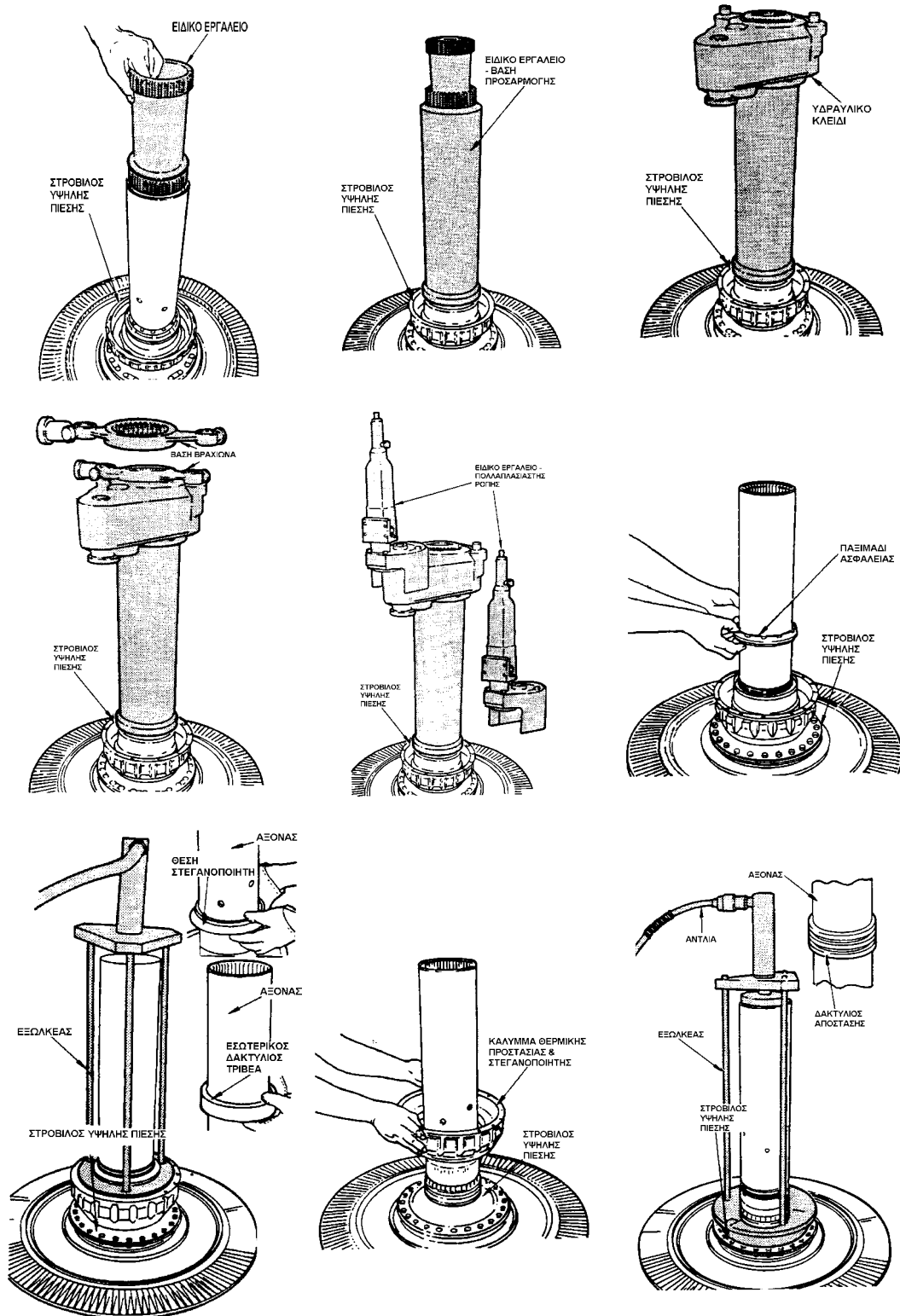
- ◆ Χρησιμοποιώντας σφυρί και εξωστήρα, απασφαλίστε τις ροδέλες των ράβδων συγκράτησης (tierods). Στη συνέχεια, αφαιρέστε παξιμάδια, ροδέλες και αντίβαρα ζυγοστάθμισης (Σχήμα 2.216).
- ◆ Ασφαλίστε τα πτερύγια χρησιμοποιώντας το ειδικό εργαλείο και αφαιρέστε το στροφείο από τον άξονα, Σχήμα 2.217. Τοποθετείστε το στον πάγκο με το χείλος προσβολής προς τα κάτω.



Σχήμα 2.217 Αφαίρεση στροφείου 2ης βαθμίδας στροβίλου από τον άξονα

4. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ 1^{ΗΣ} ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.

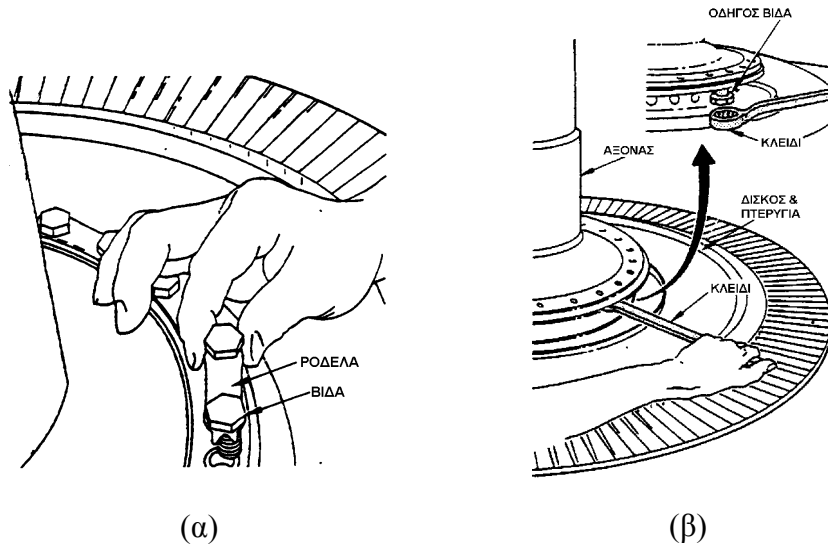
- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Μετά την αποσυναρμολόγηση των βασικών μερών του κινητήρα, το στροφείο της 1^{ης} βαθμίδας του στροβίλου υψηλής πίεσης βρίσκεται τοποθετημένο σε ειδική βάση. Ειδικά καλύμματα έχουν τοποθετηθεί στα εξαρτήματα του τριβέα Νο 5 και στο ελεύθερο άκρο του άξονα. Αφαιρέστε τα καλύμματα αυτά.
- ◆ Ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής και χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα ειδικά εργαλεία, αφαιρέστε τα υπόλοιπα εξαρτήματα του τριβέα Νο 5 και τα υπόλοιπα εξαρτήματα που βρίσκονται πάνω στον άξονα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.218. Προσέξτε να μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα εξαρτήματα του τριβέα. Προφυλάξτε τον τριβέα, μαζί με τον εξωτερικό δρομέα του που αφαιρέθηκε κατά την αποσυναρμολόγηση των βασικών μερών του κινητήρα, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.



Σχήμα 2.218 Αφαίρεση εξαρτημάτων

◆ Στη συνέχεια, αφαιρέστε το δακτύλιο απόστασης του άξονα.

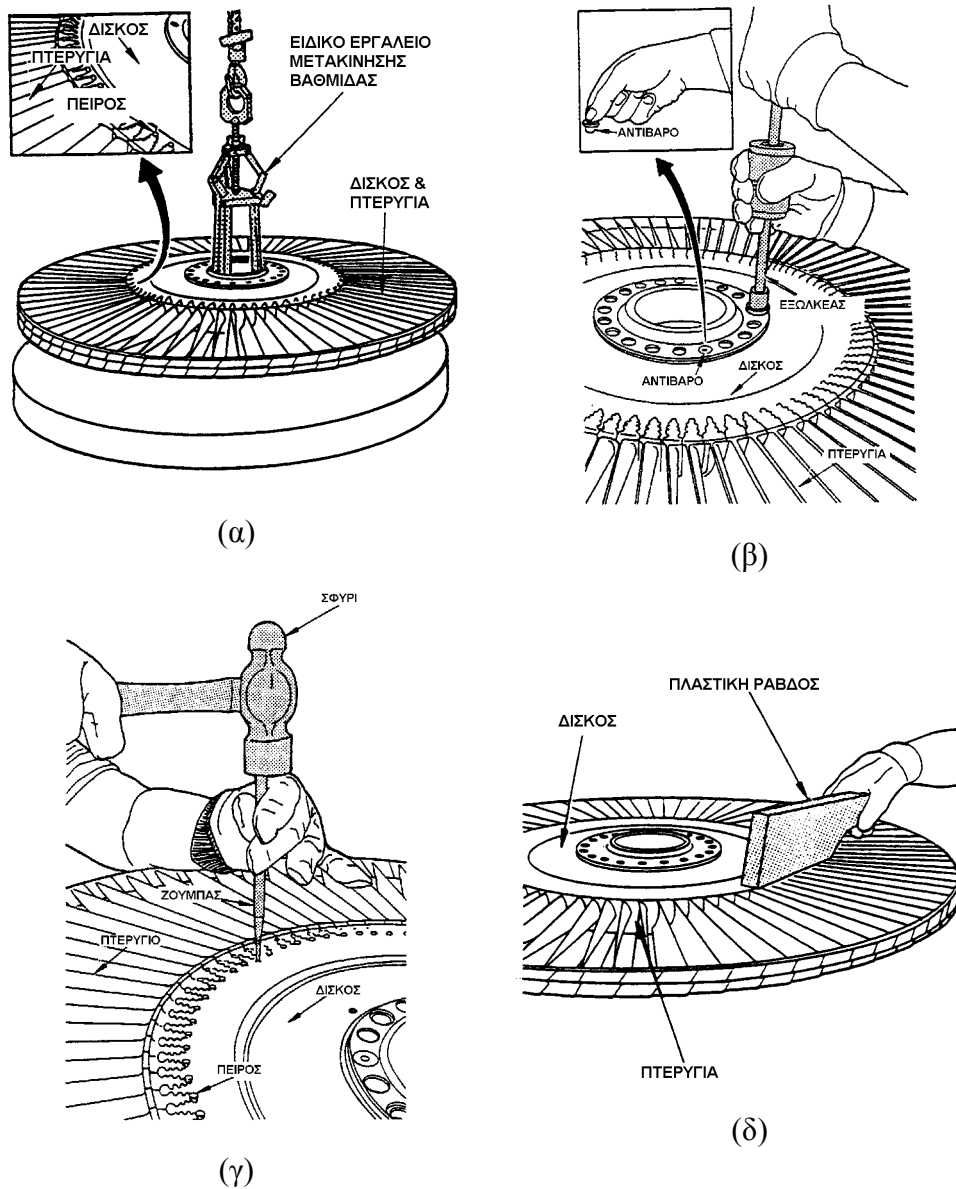
- ◆ Τέλος, απασφαλίστε τις ροδέλες των ράβδων συγκράτησης (tierods). Στη συνέχεια, αφαιρέστε παξιμάδια, ροδέλες και αντίβαρα ζυγοστάθμισης (Σχήμα 2.219 (α)). Χρησιμοποιώντας μανέλα, αποσυναρμολογήστε το στροφείο από τον άξονα (Σχήμα 2.219 (β)).



Σχήμα 2.219 Αποσυναρμολόγηση στροφείου από τον άξονα

5. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ 3^{ης} ΚΑΙ 4^{ης} ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Χρησιμοποιώντας το κατάλληλο ειδικό εργαλείο και το γερανό, τοποθετείστε το δίσκο και τα πτερύγια στην ειδική βάση, με το χείλος προσβολής προς τα πάνω, Σχήμα 2.220α.
- ◆ Αφαιρέστε τα αντίβαρα ζυγοστάθμισης με τη χρήση του κατάλληλου εξωλκέα, Σχήμα 2.220β. Η χρήση διεισδυτικού υγρού ίσως κάνει την εργασία αυτήν ευκολότερη.
- ◆ Χρησιμοποιώντας σφυρί και ζουμπά, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής, αφαιρέστε τους πείρους συγκράτησης των πτερυγίων στο δίσκο, Σχήμα 2.220γ.
- ◆ Εφαρμόστε διεισδυτικό υγρό στις βάσεις των πτερυγίων για 10 λεπτά, περίπου.
- ◆ Χρησιμοποιώντας κατάλληλο πλαστικό εργαλείο, αφαιρέστε με προσοχή τα πτερύγια από το δίσκο, Σχήμα 2.220δ. Τοποθετείστε τα πτερύγια σε ειδικό κουτί και το δίσκο σε ειδική βάση.



Σχήμα 2.220 Αποσυναρμολόγηση πτερυγίων βαθμίδας στροβίλου

6. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ 2^{ης} ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

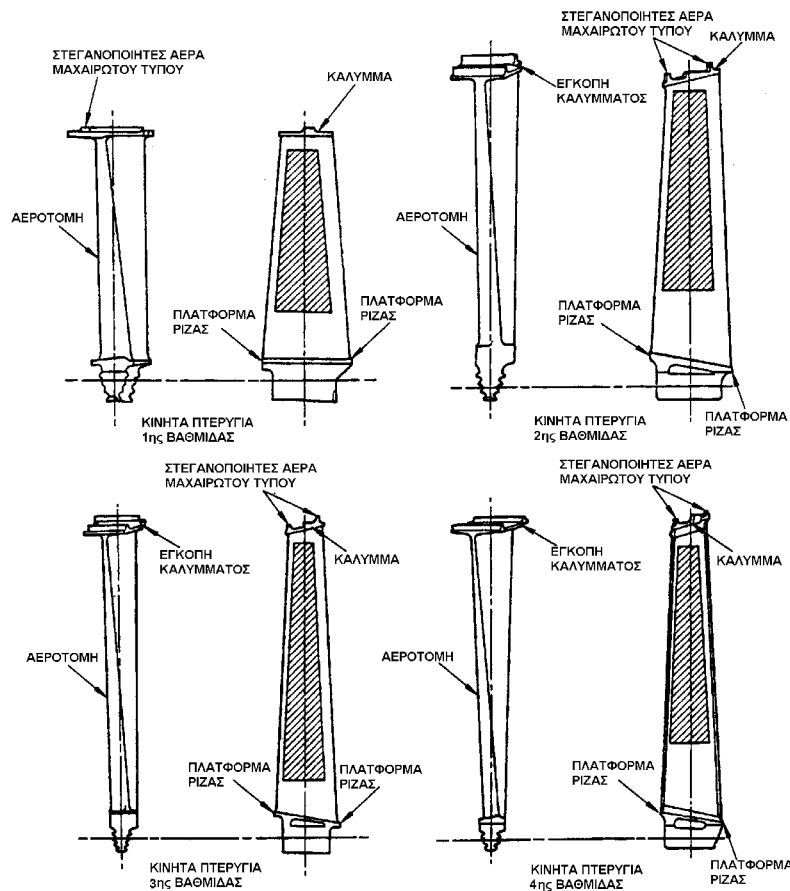
- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Αφαιρέστε τα πτερύγια από το δίσκο ακολουθώντας την ίδια διαδικασία όπως παραπάνω, ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.

7. ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ 1^{ης} ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- ◆ Συγκεντρώστε τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την αποσυναρμολόγηση των μερών του τμήματος αυτού.
- ◆ Αφαιρέστε τα πτερύγια από το δίσκο ακολουθώντας την ίδια διαδικασία όπως παραπάνω, ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου γενικής επισκευής.

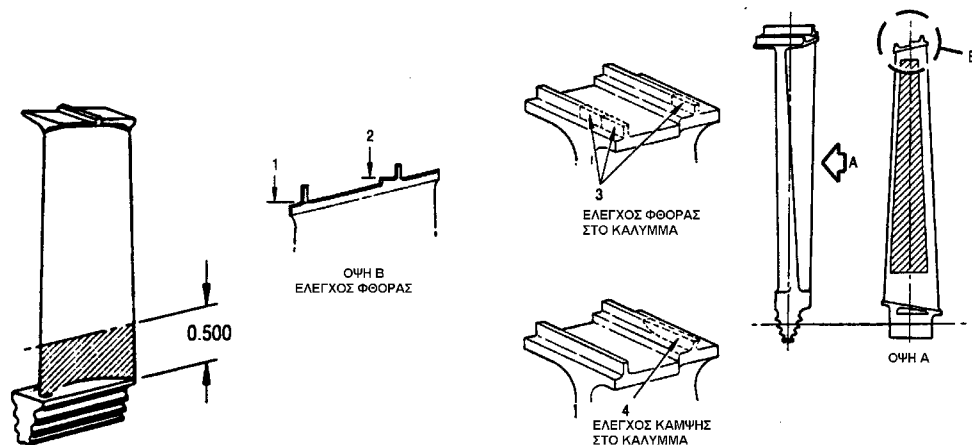
8. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

- ◆ Συγκεντρώστε τα γενικά και ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των εργασιών της επιθεώρησης.
- ◆ Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής για τις διαδικασίες και τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό ο οποίος προηγείται της επιθεώρησης των εξαρτημάτων.
- ◆ Στην περίπτωση εμφανών δειγμάτων «καψίματος» σε οποιαδήποτε περιοχή των πτερυγίων, αυτά θα πρέπει να απορρίπτονται.
- ◆ Ελέγξτε τα πτερύγια της 1^{ης} βαθμίδας για πιθανή **παραμόρφωση (stretch)**. Τοποθετήστε κάθε πτερύγιο στο κατάλληλο ειδικό εργαλείο και ακολουθείστε τις οδηγίες του εγχειριδίου για τη διαδικασία που θα πρέπει να εφαρμόσετε. Τα πτερύγια που βρίσκονται εκτός ορίων πρέπει να απορρίπτονται.
- ◆ Στη συνέχεια, πραγματοποιήστε επιθεώρηση με διεισδυτικό υγρό (FPI). Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο για τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσετε.
- ◆ Χρησιμοποιήστε μεγεθυντικό φακό 3X και πηγή φωτός και εξετάστε προσεκτικά τα πτερύγια της 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} βαθμίδας για την ύπαρξη φθορών. Η επιθεώρηση των πτερυγίων της 1^{ης} βαθμίδας απαιτεί τη χρήση μεγεθυντικού φακού 10X. Στο Σχήμα 2.221 παρουσιάζονται οι περιοχές επιθεώρησης για τα πτερύγια της κάθε μίας βαθμίδας του στροβίλου ξεχωριστά.



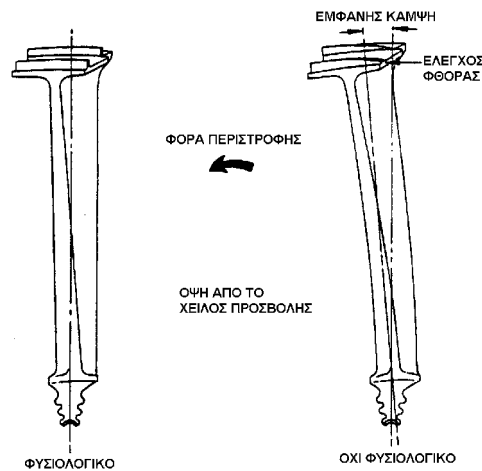
Σχήμα 2.221 Περιοχές επιθεώρησης των κινητών πτερυγίων

- ◆ Γενικά, δεν επιτρέπονται εγκοπές στα χείλη προσβολής και εκφυγής. Αυτές θα πρέπει να αφαιρούνται με την κατάλληλη διεργασία επισκευής. Στην περίπτωση κατά την επισκευή απαιτείται η αφαίρεση μεγάλης ποσότητας υλικού, το πτερύγιο θα πρέπει να απορρίπτεται.
- ◆ Εγκοπές στις επιφάνειες του πτερυγίου επιτρέπονται μέχρι κάποιο συγκεκριμένο όριο βάθους και ανάλογα τη θέση τους σχετικά με τη ρίζα και το ακροπτερύγιο. Όσο πιο κοντά βρίσκεται μία εγκοπή στη ρίζα του πτερυγίου, τόσο περισσότερο επικίνδυνη είναι για την εξέλιξή της σε ρωγμή κατά τη λειτουργία.
- ◆ Στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής θα βρείτε πίνακες και σχήματα (Σχήμα 2.222) με τα επιτρεπόμενα όρια για κάθε φθορά ή ζημία που ίσως παρατηρήσετε στις διάφορες περιοχές επιθεώρησης του πτερυγίου και τις προτεινόμενες επισκευές. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στις φθορές οι οποίες είναι επιτρεπτές χωρίς επισκευή και στα κριτήρια τα οποία υποστηρίζουν μία τέτοια μεταχείριση.



Σχήμα 2.222 Επιτρεπόμενα όρια και περιοχές ελέγχου σε κινητά πτερύγια στροβίλου

- ◆ Ελέγξτε τα πτερύγια όλων των βαθμίδων για πιθανή εμφάνιση **κάμψης (bend)**. Τοποθετήστε κάθε πτερύγιο στο κατάλληλο ειδικό εργαλείο και ακολουθείστε τις οδηγίες του εγχειριδίου για τη διαδικασία που θα πρέπει να εφαρμόσετε. Τα πτερύγια που βρίσκονται εκτός ορίων πρέπει να απορρίπτονται, Σχήμα 2.223.

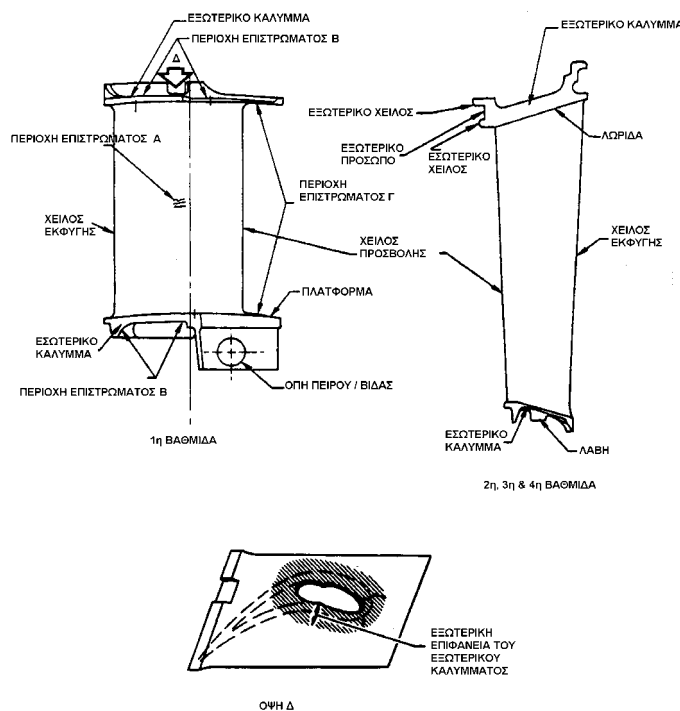


Σχήμα 2.223 Το φαινόμενο της κάμψης κινητού πτερυγίου στροβίλου

- ◆ Επιθεωρήστε προσεκτικά κάθε πτερύγιο για την ύπαρξη φθορών λόγω επαφής με τα γειτονικά του πτερύγια. Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής για τα επιτρεπόμενα όρια ανάλογα με την περιοχή του πτερυγίου που παρουσιάζει φθορά.
- ◆ Επιθεωρήστε προσεκτικά τη βάση κάθε πτερυγίου για την ύπαρξη ρωγμών. Αυτές δεν επιτρέπονται σε καμία έκταση.

9. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

- ◆ Συγκεντρώστε τα γενικά και ειδικά εργαλεία που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των εργασιών της επιθεώρησης.
- ◆ Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο γενικής επισκευής για τις διαδικασίες και τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό ο οποίος προηγείται της επιθεώρησης των εξαρτημάτων.
- ◆ Στην περίπτωση εμφανών δειγμάτων «καψίματος» σε οποιαδήποτε περιοχή των πτερυγίων, αυτά θα πρέπει να απορρίπτονται.
- ◆ Πραγματοποιήστε επιθεώρηση με διεισδυτικό υγρό (FPI). Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο για τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσετε.
- ◆ Χρησιμοποιήστε μεγεθυντικό φακό 3X και πηγή φωτός και εξετάστε προσεκτικά τα πτερύγια όλων των βαθμίδων για την ύπαρξη φθορών. Στο Σχήμα 2.224 παρουσιάζονται οι περιοχές επιθεώρησης.

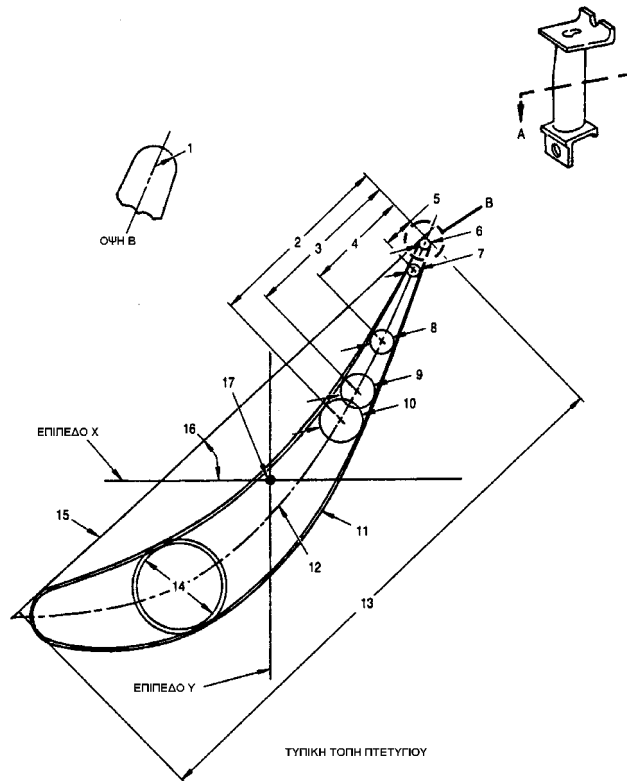


Σχήμα 2.224 Περιοχές επιθεώρησης σταθερών πτερυγίων στροβίλου

- ◆ Στο εγχειρίδιο γενικής επισκευής θα βρείτε πίνακες με τα επιτρεπόμενα όρια για κάθε φθορά ή ζημία που ίσως παρατηρήσετε στις διάφορες περιοχές επιθεώρησης του πτερυγίου και τις προτεινόμενες επισκευές. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στις φθορές οι οποίες είναι επιτρεπτές χωρίς επισκευή και στα κριτήρια τα οποία

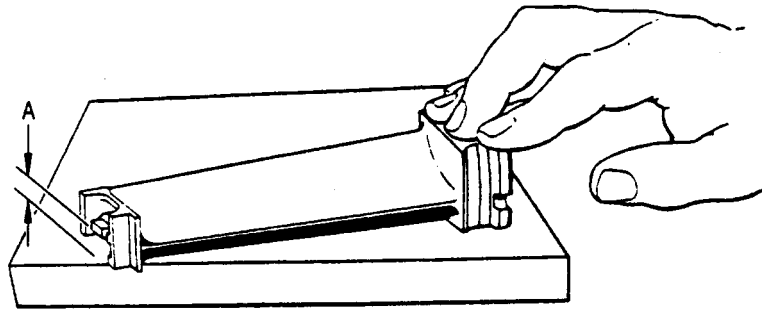
υποστηρίζουν μία τέτοια μεταχείριση. Επίσης, προσέξτε ιδιαίτερα τα επιτρεπόμενα όρια για τις ενδεχόμενες φθορές στο επίστρωμα θερμικής προστασίας των πτερυγίων.

- ◆ Χρησιμοποιώντας το κατάλληλο ειδικό εργαλείο, ελέγξτε ότι τα πτερύγια της 1^{ης} βαθμίδας διατηρούν την καμπυλότητά τους μετρώντας τις διαστάσεις που υποδεικνύονται από τους αριθμούς, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.225.



Σχήμα 2.225 Περιοχές ελέγχου καμπυλότητας σε σταθερό πτερύγιο στροβίλου

- ◆ Ελέγξτε τα πτερύγια όλων των βαθμίδων για πιθανή εμφάνιση **κάμψης (bend)**. Τοποθετήστε κάθε πτερύγιο στο κατάλληλο ειδικό εργαλείο και μετρήστε τη διάσταση Α, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου (Σχήμα 2.226). Ελέγξτε τις μετρήσεις με τον πίνακα που παρέχεται στο εγχειρίδιο. Τα πτερύγια που βρίσκονται εκτός ορίων πρέπει να απορρίπτονται.



Σχήμα 2.226 Έλεγχος σταθερού πτερυγίου στροβίλου για κάμψη

Εργαστηριακή άσκηση 2.8: Αφαίρεση - αποσυναρμολόγηση – συναρμολόγηση - τοποθέτηση μετακαυστήρα, αγωγού και ακροφυσίου εξαγωγής.

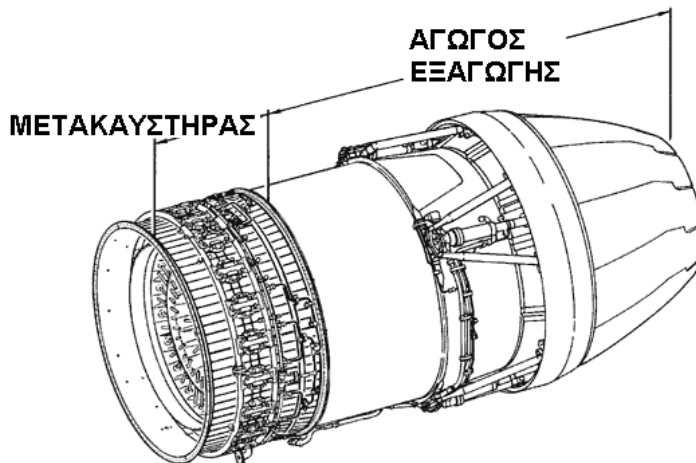
Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) Να αφαιρείτε και να επανατοποθετείτε τον μετακαυστήρα, τον αγωγό εξαγωγής και το ακροφύσιο ενός αεριοστρόβιλου αεροπορικού κινητήρα.
- β) Να αποσυναρμολογείτε τον μετακαυστήρα, τον αγωγό εξαγωγής και το ακροφύσιο ενός αεριοστρόβιλου αεροπορικού κινητήρα.
- γ) Να εφαρμόζετε τις διαδικασίες επιθεώρησης και επισκευής των πτερυγίων.
- δ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιείτε όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Εισαγωγικές πληροφορίες

Η διαδικασία αφαίρεσης – αποσυναρμολόγησης – συναρμολόγησης και τοποθέτησης μετακαυστήρα, αγωγού και ακροφυσίου εξαγωγής (Σχήμα 2.227) έχει ως αναφορά το στροβιλοανεμιστήρα χαμηλού λόγου παράκαμψης, στρατιωτικής χρήσης. Το ακροφύσιο εξαγωγής είναι μεταβλητής διατομής και χαρακτηρίζεται ως συγκλίνον-αποκλίνον.



Σχήμα 2.227 Υποσυγκρότημα μετακαυστήρα – αγωγού εξαγωγής

Απαιτούμενα μέσα

- Κινητήρας τύπου στροβιλοανεμιστήρα με μετακαυστήρα.
- Κατάλληλη κλίνη για την τοποθέτησή του.

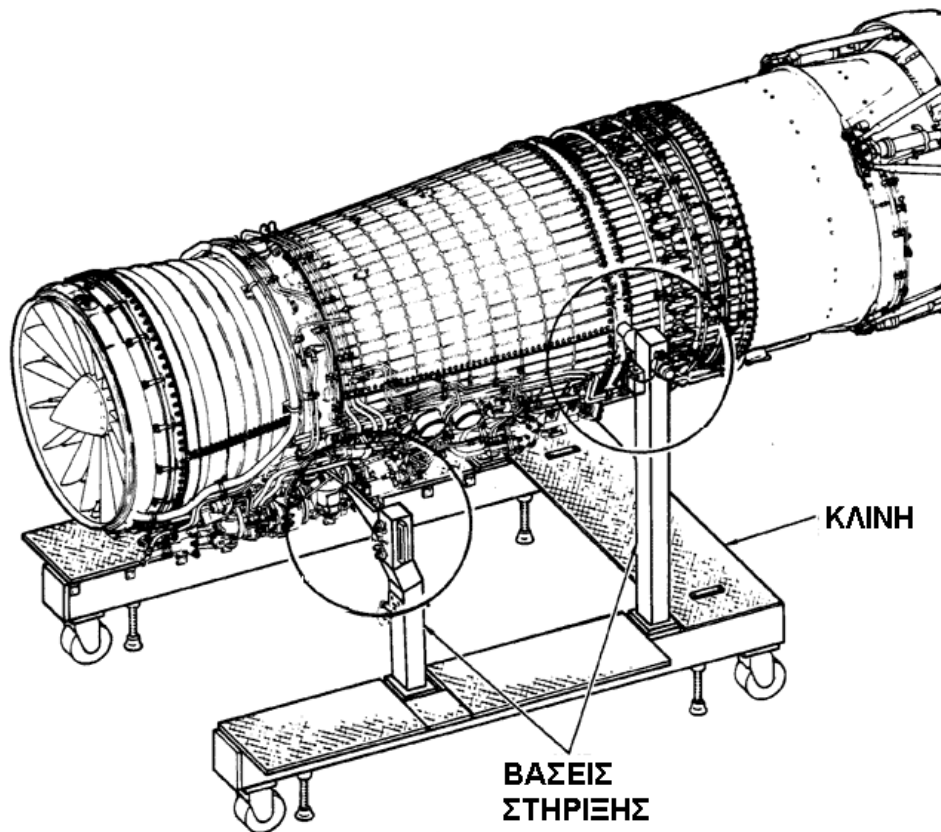
- Κατάλληλες κλίνες για την τοποθέτηση του μετακαυστήρα και του αγωγού εξαγωγής.
- Τα απαραίτητα τεχνικά εγχειρίδια από την κατασκευάστρια εταιρεία.
- Μία σειρά των απαραίτητων ειδικών εργαλείων για την διαδικασία της αποσυναρμολόγησης.
- Γενικά εργαλεία (συγκράτησης, μέτρησης, κλπ.).
- Μικρός γερανός με σχοινιά ανάρτησης («σαμπάνια») ή αλυσίδες ή υμάντες βαρούλκων.

Μέτρα ασφάλειας

Ακολουθήστε τα βασικά μέτρα ασφάλειας που αναφέρονται στο Παράρτημα Α.

Πορεία εργασίας

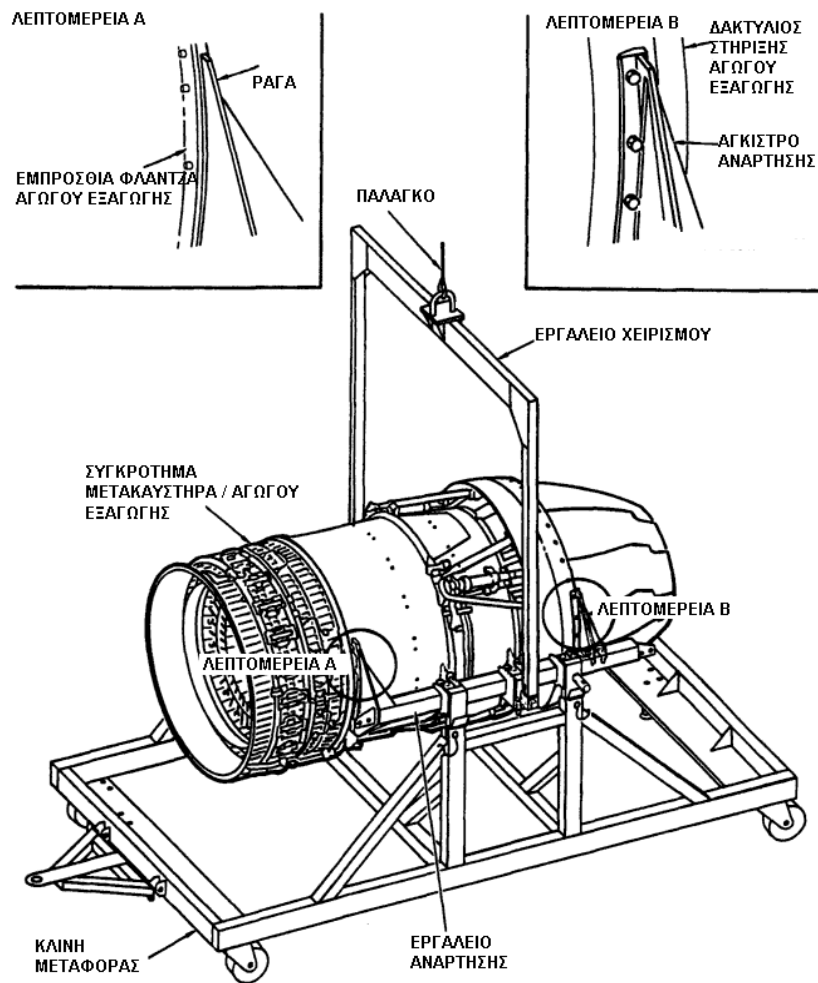
1. Μελετήστε τα τεχνικά εγχειρίδια. Προδιαγράψτε τη σειρά των εργασιών που θα πραγματοποιήσετε στα πλαίσια της αποσυναρμολόγησης των βαθμίδων, της επιθεώρησης, των πιθανών επισκευών και της επανασυναρμολόγησης τους. Βεβαιωθείτε για την ύπαρξη των κλινών, των ειδικών εργαλείων και όλου γενικότερα του εξοπλισμού, που θα απαιτηθεί για την απρόσκοπτη διεξαγωγή τους.
2. Εξασφαλίστε ικανό αριθμό πάγκων εργασίας, χωρίς αντικείμενα στην επιφάνειά τους.
3. ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΥΠΟΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ
 - ◆ Ο κινητήρας θα πρέπει να βρίσκεται στην κατάλληλη κλίση (Σχήμα 2.228)



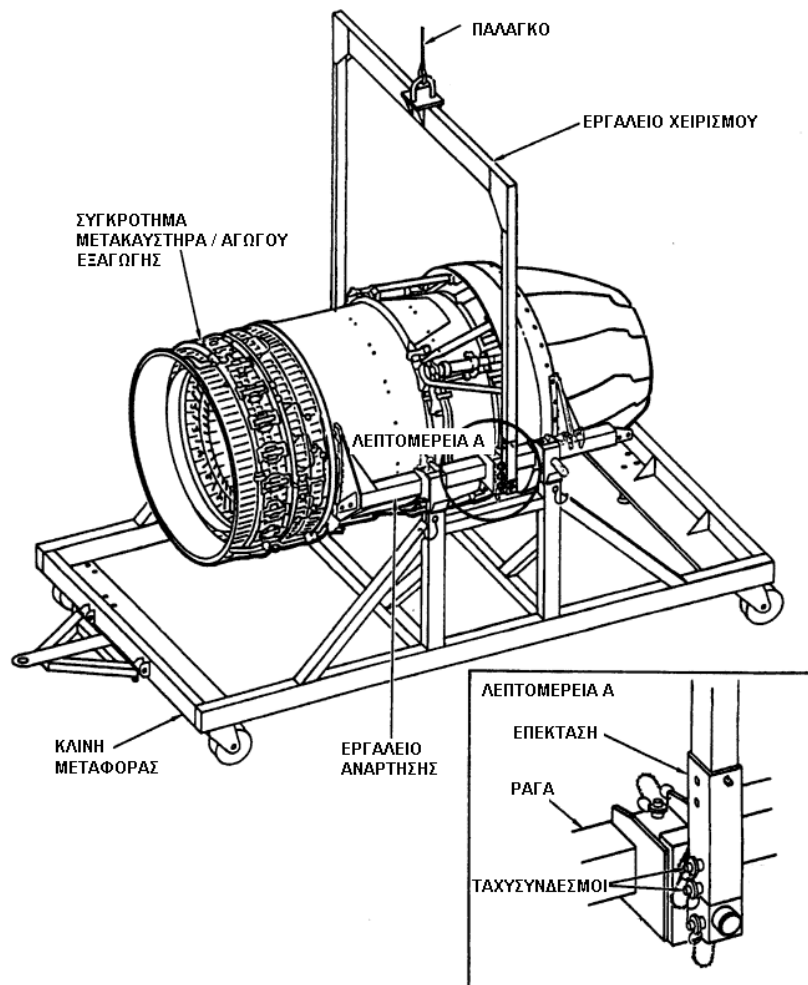
Σχήμα 2.228 Κινητήρας σε κλίνη

- ◆ Αφαιρέστε τις ηλεκτρικές καλωδιώσεις και τις καλωδιώσεις ανάφλεξης, ακολουθώντας τις ειδικές οδηγίες του κατασκευαστή.
- ◆ Αφαιρέστε τους εξωτερικούς αγωγούς, ελαστικούς σωλήνες και συνδέσμους, όπου είναι απαραίτητο, ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- ◆ Αφαιρέστε κοχλίες και περικόχλια, από τις φλάντζες, στις οποίες θα προσαρμοσθεί το ειδικό εργαλείο ανάρτησης του υποσυγκροτήματος.
- ◆ Προσαρμόστε το ειδικό εργαλείο ανάρτησης, τοποθετώντας τα απαραίτητα άγκιστρα και ροπομετρώντας τους κοχλίες σύνδεσης, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου (Σχήμα 2.229).
- ◆ Τοποθετείστε το παλάγκο στο ειδικό εργαλείο ανάρτησης (Σχήμα 2.229).
- ◆ Αφαιρέστε τους κοχλίες και τα άγκιστρα, τα οποία συνδέουν τη μπροστινή φλάντζα του μετακαυστήρα με τον υπόλοιπο κινητήρα.
- ◆ Ρυθμίστε το γερανό, όπως απαιτείται, έτσι ώστε να αποφευχθεί σφήνωμα των αφαιρούμενων κοχλιών.

- ◆ Βεβαιωθείτε, ότι έχουν αποσυναρμολογηθεί οι συνδέσεις με τον υπόλοιπο κινητήρα, όλων των σωλήνων που είναι αναρτημένοι στο αφαιρούμενο συγκρότημα.
- ◆ Χρησιμοποιώντας το γερανό, μετακινήστε το υποσυγκρότημα προς τα πίσω, μέχρις ότου απομακρυνθεί αρκετά από τον υπόλοιπο κινητήρα.
- ◆ Τοποθετήστε το υποσυγκρότημα στην κλίνη μεταφοράς (Σχήμα 2.230).



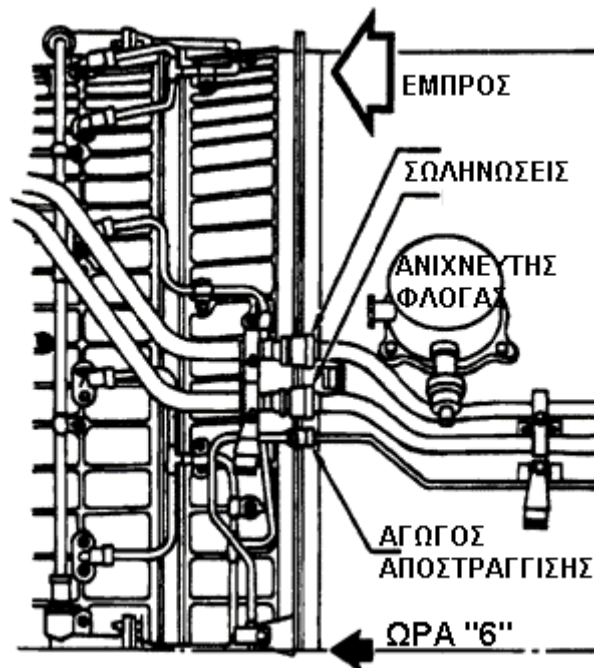
Σχήμα 2.229 Τοποθέτηση ειδικού εργαλείου ανάρτησης



Σχήμα 2.230 Τοποθέτησης του υποσυγκροτήματος στην κλίνη μεταφοράς

4. ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΜΕΤΑΚΑΥΣΤΗΡΑ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ

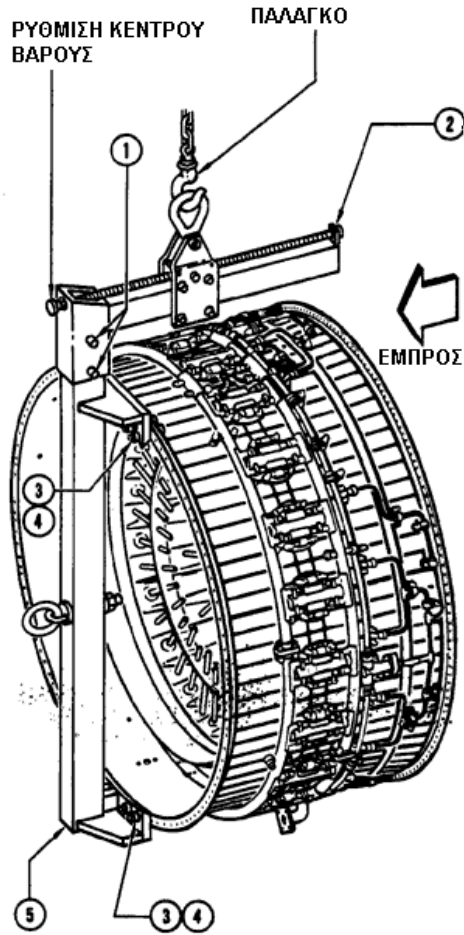
- ◆ Αποσυνδέστε τις σωληνώσεις υδραυλικού μεταξύ μετακαυστήρα και αγωγού εξαγωγής (Σχήμα 2.231).
- ◆ Ταπώστε όλες τις σωληνώσεις που αποσυνδέετε, χρησιμοποιώντας πλαστικά πώματα.



Σχήμα 2.231 Αφαίρεση σωληνώσεων υδραυλικού

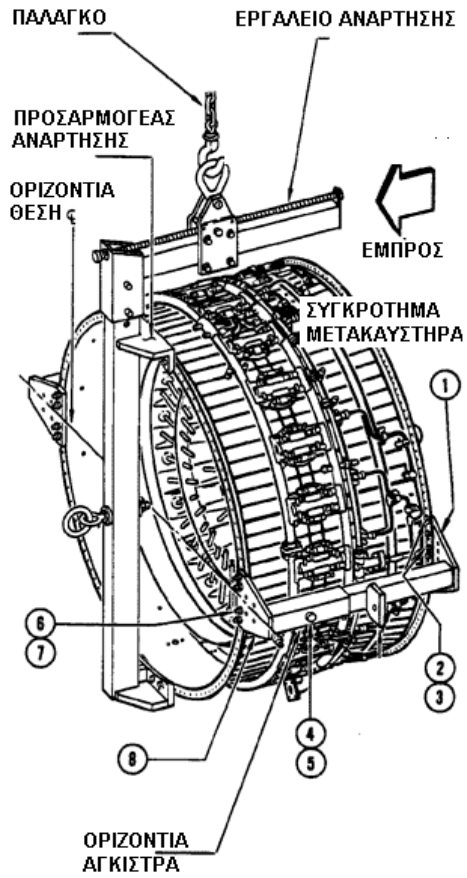
- ◆ Προσαρμόστε το ειδικό εργαλείο ανάρτησης (με μεταβαλλόμενη θέση του κέντρου βάρους) στην μπροστινή φλάντζα του μετακαυστήρα (Σχήμα 2.232). Ροπομετρήστε όλους του κοχλίες σύνδεσης.
- ◆ Αφαιρέστε όλους κοχλίες, περικόχλια και άγκιστρα, τα οποία συγκρατούν τον μετακαυστήρα στον αγωγό εξαγωγής.
- ◆ Μετακινήστε τον μετακαυστήρα προς τα εμπρός και απομακρύνετε τον από τον αγωγό εξαγωγής.
- ◆ Τοποθετείστε τα δύο οριζόντια άγκιστρα (ειδικό εργαλείο) στις θέσεις «Ωρα 3» και «Ωρα 9» (Σχήμα 2.233).
- ◆ Ρυθμίστε το άνοιγμα της ειδικής κλίνης, όπου θα τοποθετηθεί ο μετακαυστήρας (Σχήμα 2.234).
- ◆ Χρησιμοποιώντας το γερανό, τοποθετείστε το μετακαυστήρα στην ειδική κλίση (Σχήμα 2.234). Ασφαλίστε το μετακαυστήρα στην κλίση.
- ◆ Απομακρύνετε το ειδικό εργαλείο ανάρτησης (Σχήμα 2.234).

Ο αγωγός εξαγωγής βρίσκεται στην κλίση μεταφοράς (Σχήμα 2.230). Μπορεί να μεταφερθεί, εάν απαιτείται, σε κατακόρυφη κλίση αποθήκευσης (Σχήμα 2.235).



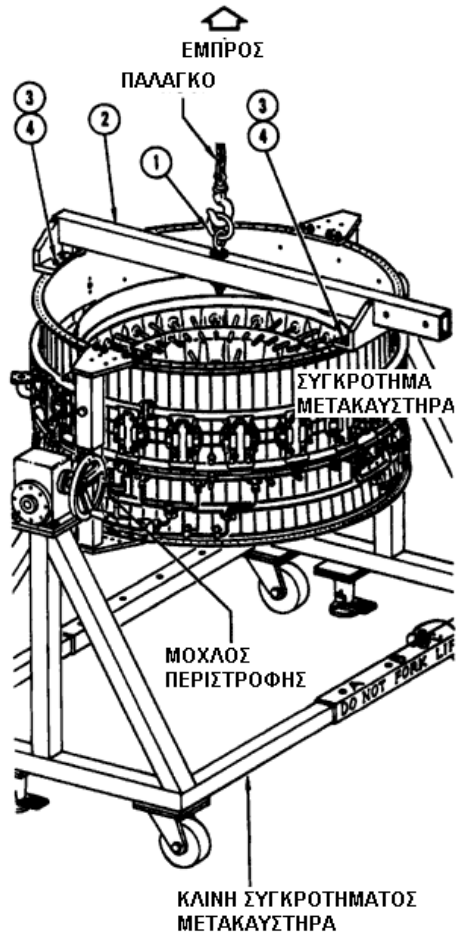
1. ΠΕΙΡΟΙ (2)
2. ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ (1)
3. ΠΩΜΑ - ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (8)
4. ΑΥΤΑΣΦΑΛΙΖΟΜΕΝΟ ΠΕΡΙΚΟΧΑΛΙΟ ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (8)
5. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΑΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ (1)

Σχήμα 2.232 Τοποθέτηση εργαλείου ανάρτησης



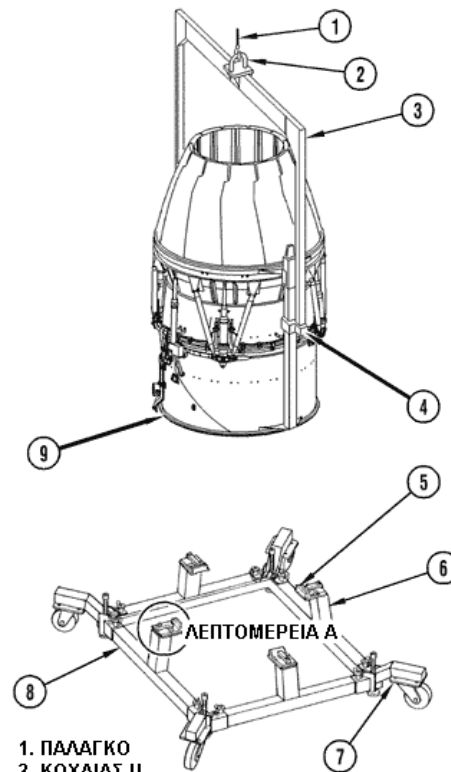
1. ΑΓΚΙΣΤΡΟ - ΟΠΙΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (2)
2. ΠΩΜΑ - ΟΠΙΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (12)
3. ΠΕΡΙΚΟΧΑΛΙΟ - ΟΠΙΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (12)
4. ΚΟΧΛΙΑΣ (2)
5. ΠΕΡΙΚΟΧΑΛΙΟ (2)
6. ΠΩΜΑ - ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (8)
7. ΠΕΡΙΚΟΧΑΛΙΟ - ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (8)
8. ΑΓΚΙΣΤΡΟ - ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (2)

Σχήμα 2.233 Τοποθέτηση οριζόντιων αγκίστρων



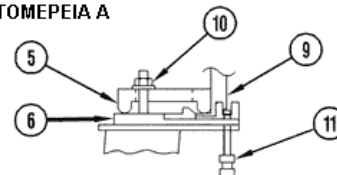
1. ΚΡΙΚΟΣ (1)
2. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΑΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ (1)
3. ΠΩΜΑ - ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (8)
4. ΠΕΡΙΚΟΧΑΙΟ - ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ (8)

Σχήμα 2.234 Κλίνη μετακαυστήρα



1. ΠΑΛΑΓΚΟ
2. ΚΟΧΛΙΑΣ U
3. ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ
4. ΑΓΚΙΣΤΡΟ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ
5. ΑΥΛΑΚΩΤΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ (4)
6. ΒΑΣΕΙΣ (4)
7. ΤΡΟΧΟΙ
8. ΚΛΙΝΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ
9. ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΛΑΝΤΖΑ ΑΓΩΓΟΥ ΕΞΑΓΩΓΗΣ
10. ΠΕΡΙΚΟΧΑΙΑ ΑΥΛΑΚΩΤΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ (4)
11. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΣ ΚΟΧΛΙΑΣ (4)

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ Α



Σχήμα 2.235 Τοποθέτηση αγωγού εξαγωγής σε κατακόρυφη κλίνη

9. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΚΑΥΣΤΗΡΑ – ΑΓΩΓΟΥ ΕΞΑΓΩΓΗΣ

Για τη συναρμολόγηση του μετακαυστήρα με τον αγωγό εξαγωγής ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία της παραγράφου 4.

Περληπτικά, αυτή η διαδικασία έχει ως εξής:

- ◆ Μεταφέρετε τον αγωγό εξαγωγή από την κατακόρυφη κλίνη (Σχήμα 2.235) στην οριζόντια κλίνη μεταφοράς (Σχήμα 2.230).

- ◆ Ανασηκώστε με την χρήση γερανού το μετακαυστήρα από την κλίνη του (Σχήμα 2.234).
- ◆ Αφαιρέστε τα άγκιστρα που είναι τοποθετημένα στις ώρες 3 και 9 του μετακαυστήρα.
- ◆ Τοποθετείστε τον μετακαυστήρα μπροστά από τον αγωγό εξαγωγής (Σχήμα 2.229).
- ◆ Ευθυγραμμίστε τα ειδικά σημάδια που υπάρχουν στις φλάντζες συναρμογής του μετακαυστήρα και του αγωγού εξαγωγής.
- ◆ Τοποθετείστε και ροπομετρήστε τους κοχλίες, περικόχλια και άγκιστρα σύνδεσης του μετακαυστήρα και του αγωγού εξαγωγής.
- ◆ Συνδέστε τις σωληνώσεις που διατρέχουν το μετακαυστήρα και τον αγωγό εξαγωγής.

10. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΜΕΤΑΚΑΥΣΤΗΡΑ – ΑΓΩΓΟΥ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Για τη τοποθέτηση του υποσυγκροτήματος μετακαυστήρα - αγωγού εξαγωγής στον κινητήρα ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία της παραγράφου 3.

Περίληπτικά, αυτή η διαδικασία έχει ως εξής:

- ◆ Ο κινητήρας θα πρέπει να βρίσκεται στην κατάλληλη κλίνη (Σχήμα 2.228).
- ◆ Το υποσυγκρότημα μετακαυστήρα - αγωγού εξαγωγής θα πρέπει να βρίσκεται στην οριζόντια κλίνη μεταφοράς (Σχήμα 2.230).
- ◆ Αφαιρέστε το υποσυγκρότημα μετακαυστήρα - αγωγού εξαγωγής από την οριζόντια κλίνη με την χρήση γερανού και των απαραίτητων εργαλείων ανάρτησης.
- ◆ Μετακινήστε προσεκτικά το υποσυγκρότημα μετακαυστήρα - αγωγού εξαγωγής πίσω από τον κινητήρα, έτσι ώστε η μπροστινή φλάντζα του μετακαυστήρα να έρθει σε επαφή με την οπίσθια φλάντζα του συγκροτήματος του στροβίλου.
- ◆ Ρυθμίστε το γερανό, έτσι ώστε να επιτύχετε ευθυγράμμιση των δύο συγκροτημάτων.
- ◆ Τοποθετείστε και ροπομετρήστε τους κοχλίες, περικόχλια και άγκιστρα σύνδεσης.

- ◆ Απομακρύνετε το γερανό (αφού βέβαια αφαιρέσετε τα ειδικά εργαλεία ανάρτησης).
- ◆ Συνδέστε τις ηλεκτρικές καλωδιώσεις και τις καλωδιώσεις ανάφλεξης.
- ◆ Συνδέστε τους εξωτερικούς αγωγούς, ελαστικούς σωλήνες και συνδέσμους, όπου είναι απαραίτητο.

Εργαστηριακή άσκηση 2.9: Σκληρομέτρηση - Έλεγχος σκληρότητας εξαρτημάτων αεριοστρόβιλου κινητήρα

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί:

- α) Να πραγματοποιείτε σκληρομετρήσεις σε κομμάτια αεριοστρόβιλων κινητήρων.
- β) Να αξιολογείτε τις πληροφορίες που προκύπτουν από μια σκληρομέτρηση, όσον αφορά την ευχρηστότητα του κομματιού.
- γ) Να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιείτε όλα τα μέσα ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

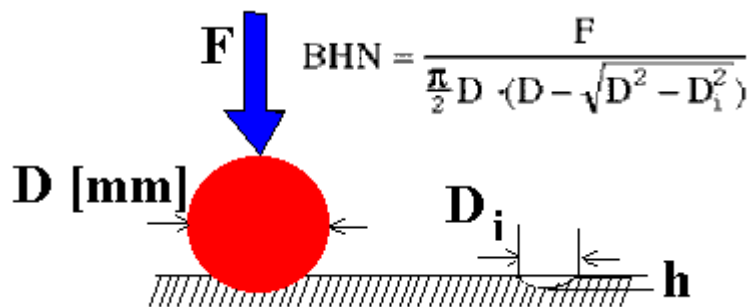
Εισαγωγικές πληροφορίες

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των αεριοστρόβιλων κινητήρων υπόκεινται σε μεγάλες καταπονήσεις (μηχανικές, θερμικές, χημικές), οι οποίες τείνουν να τα παραμορφώσουν, να τα φθείρουν ή ακόμη και να τα καταστρέψουν. Κατά τη σχεδίαση του κινητήρα, οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών λαμβάνονται υπόψη και εκλέγονται τα μέταλλα, τα οποία θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή κάθε εξαρτήματος, ανάλογα με τον τρόπο και την περιοχή λειτουργίας τους. Ο προσδιορισμός αυτών των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων γίνεται με διάφορες δοκιμές: εφελκυσμού, κρούσης, σκληρότητας, κ.ά.

Η σκληρότητα ενός μετάλλου (ή ενός κράματος) είναι από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες αυτού και προσδιορίζεται από την αντίσταση που παρουσιάζει στη διείσδυση ενός άλλου, σκληρότερου από αυτό μετάλλου, το οποίο προωθείται με πίεση (στατική δοκιμή) ή με κρούση (δυναμική δοκιμή). Η **δοκιμή σκληρότητας (hardness test)** ή **σκληρομέτρηση** είναι ιδιαίτερος ενδιαφέρουσα και χρησιμοποιείται πολύ συχνά, στην επιθεώρηση εξαρτημάτων κατά τη γενική επισκευή ενός αεριοστρόβιλου κινητήρα ή και κατά τη διερεύνηση αστοχιών: Τυχόν μεταβολή της σκληρότητας του μετάλλου, σε σχέση με τις κατασκευαστικές προδιαγραφές, μπορεί να παράσχει ασφαλείς πληροφορίες αναφορικά με την ευχρηστότητα ή μη του υλικού αλλά και τις συνθήκες λειτουργίας.

Συνηθέστερες είναι οι οι στατικές δοκιμές σκληρότητας: **Brinell, Vickers, Rockwell, Knoop**. Οι δοκιμές αυτές μας επιτρέπουν να μετρήσουμε τη σκληρότητα που έχει ένα μέταλλο, ή τη σκληρότητα που απέκτησε μετά από βαφή, εναζώτωση, ενανθράκωση, κλπ., ή μετά από πολλές ώρες λειτουργίας.

Η **δοκιμή Brinell (HB)** πραγματοποιείται με τη διείδυση μιας σφαίρας από βαμμένο χάλυβα στην επιφάνεια του εξαρτήματος που θέλουμε να μετρήσουμε (Σχήμα 2.236). Για να πραγματοποιήσουμε τη δοκιμή, εφαρμόζουμε προοδευτικά δύναμη, μέγιστης τιμής P στη σφαίρα (διαμέτρου D). Η μέγιστη τιμή της δύναμης εφαρμόζεται μετά από 15 δευτερόλεπτα. Αυτή η μέγιστη τιμή διατηρείται για 15 δευτερόλεπτα, στην περίπτωση των σιδηρούχων υλικών και για 30 δευτερόλεπτα, στην περίπτωση των μη σιδηρούχων. Η **σκληρότητα Brinell** προκύπτει ως το πηλίκο της εφαρμοζόμενης δύναμης προς την επιφάνεια του αποτυπώματος (βλέπε και Σχήμα 2.236).



Σχήμα 2.236 Δοκιμή σκληρότητας Brinell

Για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, θα πρέπει η δύναμη P να είναι τέτοια, ώστε η διάμετρος του αποτυπώματος D_i να κυμαίνεται από 0.3 έως 0.6 της διαμέτρου της σφαίρας D. Θα πρέπει επίσης να δημιουργούνται δύο ή τρία αποτυπώματα, τα οποία θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους, καθώς επίσης και από τα άκρα του κομματιού, τουλάχιστον δύο ή τρεις φορές τη διάμετρο του αποτυπώματος.

Η δοκιμή Brinell γίνεται με την χρήση διαφόρων συνδυασμών διαμέτρου σφαίρας, φορτίου και χρόνου εφαρμογής, όπως:

- με σφαίρα διαμέτρου 10mm, φορτίο 3000kp και χρόνο πίεσης 15sec (HB), ή,
- με σφαίρα διαμέτρου 5mm, φορτίο 750kp και χρόνο πίεσης 15sec (HB/5/750/15).

Το Σχήμα 2.237 παρουσιάζει μία τυπική μηχανή μέτρησης σκληρότητας Brinell. Συγκρινόμενη με άλλες μεθόδους σκληρομέτρησης, η μέθοδος Brinell προκαλεί το βαθύτερο και πλατύτερο ίχνος. Αν και αυτό μπορεί να μην είναι επιθυμητό, είναι όμως αναμφισβήτητο, ότι βελτιώνει την αξιοπιστία της μεθόδου.

Στη δοκιμή **Rockwell** χρησιμοποιούνται , ανάλογα με τη σκληρότητα των δοκιμίων που πρόκειται να ελεγχουμε, δύο ειδών **διεισδυτές**¹:

- διεισδυτής από βαμμένο χάλυβα, για τον έλεγχο κοινών χαλύβων, Ο διεισδυτής είναι σφαιρικός, διαμέτρου 1/16in. (1.59mm). Πρόκειται για τη **μέτρηση σκληρότητας Rockwell B (HRB)**.
- διεισδυτής από διαμάντι με γωνία κορυφής 120°, για τον έλεγχο πολύ σκληρών και ειδικών χαλύβων. Πρόκειται για τη **μέτρηση σκληρότητας Rockwell C (HRC)**.



Σχήμα 2.237 Μηχανή μέτρησης σκληρότητας Brinell

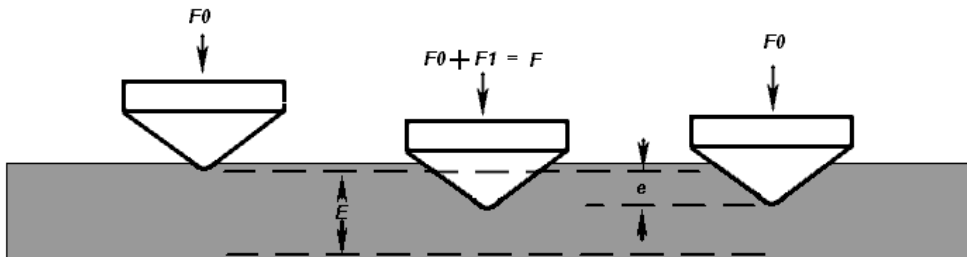
Στη μέθοδο Rockwell μετράμε το βάθος του αποτυπώματος και όχι την επιφάνειά του, όπως στη μέθοδο Brinell. Το βάθος αυτό μετριέται με ειδικά μετρητικά ρολόγια, τα οποία μας επιτρέπουν να διαβάζουμε απευθείας τη σκληρότητα Rockwell.

Ο διεισδυτής πιέζεται στο δοκίμιο με μία αρχική δύναμη F_0 (Σχήμα 2.238). Η δύναμη αυτή είναι συνήθως ίση με 10kp. Αφού σταθεροποιηθεί ο διεισδυτής, επιβάλλουμε μία συμπληρωματική, κύρια, δύναμη F_1 . Στην περίπτωση της μεθόδου HRB η συμπληρωματική δύναμη είναι 90kp, ενώ για τη μέθοδο HRC, αυτή είναι 140kp. Μετά από την παρέλευση του απαραίτητου χρόνου σταθεροποίησης, αποσύρουμε το κύριο φορτίο F_1 . Το βάθος του αποτυπώματος σε αυτή την κατάσταση εκφράζεται σαν πολλαπλάσιο των 0.002mm (e). Η σκληρότητα Rockwell είναι η διαφορά $E-e$, όπου E είναι το "βάθος αναφοράς" (130 για HRB και 100 για HRC).

Το Σχήμα 2.239 παρουσιάζει μία μηχανή μέτρησης σκληρότητας Rockwell, στην οποία έχει τοποθετηθεί ένας άξονας για μέτρηση. Η μέθοδος Rockwell

¹ Πρόκειται για το μέταλλο που εισχωρεί στο δοκίμιο

είναι γρήγορη, προσφέρει άμεσο καθορισμό της σκληρότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξαρτήματα μικρού πάχους. Τα ίχνη του διεισδύτη είναι πολύ μικρά και ως εκ τούτου η παραμόρφωση του υλικού σχεδόν αμελητέα. Οι κλίμακες B και C που ποραναφέρθηκαν είναι οι πιο συνηθισμένες. Πρέπει όμως να σημειώσουμε, ότι υπάρχουν πολλές ακόμη κλίμακες Rockwell (A, D, E, F, κλπ.).



Σχήμα 2.238 Μέτρηση σκληρότητας Rockwell



Σχήμα 2.239 Μηχανή μέτρησης σκληρότητας Rockwell

Απαιτούμενα μέσα

- Μηχανή σκληρομέτρησης Brinell
- Σετ εργαλείων / διεισδυτών της μηχανής Brinell

- Μικροσκόπιο
- Μηχανή σκληρομέτρησης Rockwell
- Σετ εργαλείων / διεισδυτών της μηχανής Rockwell
- Εξαρτήματα αεριοστρόβιλου κινητήρα ή δοκίμια από διάφορα υλικά
- Εγχειρίδια λειτουργίας των μηχανών
- Τεχνικά εγχειρίδια επιθεώρησης του αεριοστρόβιλου κινητήρα

Μέτρα ασφάλειας

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών σκληρομέτρησης θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη λήψη των απαραίτητων μέτρων ασφάλειας ώστε να εξαλειφθεί η οποιαδήποτε πιθανότητα πρόκλησης ζημιάς στις συσκευές μέτρησης. Επιπρόσθετα, η αποφυγή καταστροφής των εξαρτημάτων θεωρείται αυτονόητη. Εξασφαλίστε την καλή κατάσταση των συσκευών σκληρομέτρησης και βεβαιωθείτε, ότι έχουν πραγματοποιηθεί οι απαραίτητες εργασίες συντήρησης και διακρίβωσης. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στη διακίνηση, την τοποθέτηση και εν γένει χειρισμό των εξαρτημάτων που θα σκληρομετρηθούν. Γενικά, ακολουθήστε τα βασικά μέτρα ασφάλειας που αναφέρονται στο Παράρτημα Α, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση των προστατευτικών γυαλιών.

Πορεία εργασίας

Περιγράψουμε στη συνέχεια τη διαδικασία πραγματοποίησης μετρήσεων σύμφωνα με τις μεθόδους Brinell και Rockwell:

- Οι οδηγίες που αναφέρουμε είναι γενικές.
- Εφαρμόστε τις για την μέτρηση της σκληρότητας διαφόρων εξαρτημάτων, αφού βέβαια φροντίσετε να προσαρμόσετε στη συσκευή τον κατάλληλο διεισδυτή, όπως προκύπτει από τα τεχνικά εγχειρίδια των εξαρτημάτων και από τις ιδιότητες των υλικών.
- Πριν από τις μετρήσεις, ενημερωθείτε για τις ιδιότητες των υλικών κατασκευής και καταγράψτε τις αναμενόμενες σκληρότητες.
- Μετά τις μετρήσεις, συζητήστε τυχόν διαφοροποιήσεις της μετρηθείσας σκληρότητας από την αναμενόμενη - Αναζητήστε τις αιτίες.
- Στην περίπτωση που έχετε διαθέσιμα εξαρτήματα από διαφορετικά συγκροτήματα του κινητήρα (συμπιεστή, θάλαμο καύσης, στρόβιλο, κλπ.) συζητήστε τη διαφοροποίηση των υλικών κατασκευής και των ιδιοτήτων τους.

Γενικές οδηγίες σκληρομέτρησης Brinell

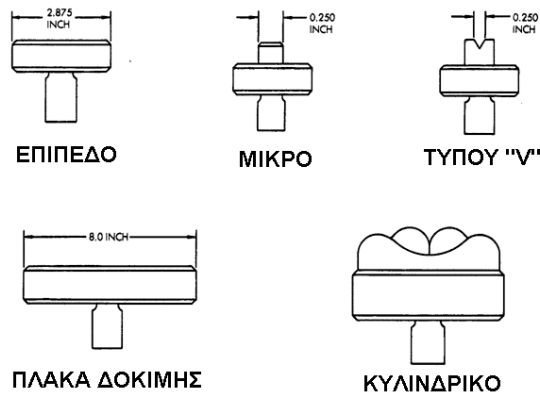
- Χρησιμοποιείτε σφαίρα ακριβείας, διαμέτρου 10mm.
 - Επιλέξτε το φορτίο της δοκιμής (π.χ. 500, 1500, 3000 kp).
 - Χρησιμοποιείτε τους κατάλληλους πίνακες ή σχέσεις μετατροπής για τον υπολογισμό της σκληρότητας Brinell.
 - Λειτουργήστε προσεκτικά το σύστημα φόρτισης για την αποφυγή υπερφορτίσεων, ή μεγάλων επιταχύνσεων.
 - Χρησιμοποιείτε κατά προτίμηση μικροσκόπιο για τη μέτρηση της διαμέτρου του αποτυπώματος. Η χρήση της μεθόδου συνιστάται για τη μέτρηση σκληρότητας έως 450HB.
5. Τοποθετείστε το εξάρτημα με τέτοιο τρόπο, ώστε η επιφάνεια μέτρησης να είναι κάθετη στον άξονα του διεισδυτή.
 6. Καθαρίστε τις επιφάνειες δοκιμής. Αφαιρέστε ξένα σώματα και ενδείξεις οξειδωσης.
 7. Βεβαιωθείτε για την καλή συγκράτηση του εξαρτήματος πριν από την έναρξη της δοκιμής.
 8. Η τοποθέτηση θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι η απόσταση του αποτυπώματος από το άκρο του εξαρτήματος θα είναι μεγαλύτερη των 25mm (2.5 φορές η διάμετρος της σφαίρας). Θα πρέπει επίσης, η ακτίνα καμπυλότητας της επιφάνειας σκληρομέτρησης να είναι μεγαλύτερη των 25mm.
 9. Επιλέξτε κατά το δυνατόν επίπεδες επιφάνειες, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ακριβής μέτρηση των διαμέτρων των αποτυπωμάτων.
 10. Εφαρμόστε το απαραίτητο φορτίο, στην πρώτη περιοχή για 10-12 δευτερόλεπτα.
 11. Πριν επαναλάβετε σε επόμενες περιοχές, βεβαιωθείτε, ότι αυτές απέχουν μεταξύ τους, τουλάχιστον τρεις φορές τη διάμετρο του αποτυπώματος. Δημιουργήστε δύο ακόμη αποτυπώματα. Μετρήστε τις διαμέτρους των αποτυπωμάτων και υπολογίστε τη σκληρότητα Brinell ως ακολούθως:
 1. Μετρήστε τη διάμετρο κάθε αποτυπώματος χρησιμοποιώντας μικροσκόπιο. Μετρήστε δύο κάθετες διαμέτρους κάθε αποτυπώματος και υπολογίστε και καταγράψτε τον μέσο όρο.
 2. Υπολογίστε τη σκληρότητα Brinell χρησιμοποιώντας πίνακες, ή σύμφωνα με τη σχέση που φαίνεται στο Σχήμα 2.236.

12. Επαναλάβετε τον υπολογισμό για τις τρεις μετρήσεις. Ο μέσος όρος των τριών αποτελεσμάτων είναι η σκληρότητα Brinell.
13. Για την επιβεβαίωση της μέτρησης, συνιστάται να μετρήσετε και δοκίμιο που πιθανόν διαθέτει το εργαστήριό σας, εγνωσμένης σκληρότητας, στην περιοχή της παρούσας μέτρησης.

Γενικές οδηγίες σκληρομέτρησης Rockwell

- Η μηχανή μέτρησης σκληρότητας Rockwell διαθέτει συνήθως βάσεις διαφόρων τύπων (Σχήμα 2.240). Επιλέξτε και προσαρμόστε την κατάλληλη.
- Εξασφαλίστε την παραλληλότητα της επιφάνειας μέτρησης προς τη βάση στήριξης και την καθετότητά της προς τον διεισδύτη.
- Ακολουθείστε τις οδηγίες της μηχανής για την πραγματοποίηση των σκληρομετρήσεων.
- Χρησιμοποιείτε τους κατάλληλους πίνακες ή σχέσεις μετατροπής για τον υπολογισμό της σκληρότητας Rockwell.

ΥΠΟΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ (ΑΜΟΝΙΑ)



ΔΙΕΙΣΔΥΤΕΣ



Σχήμα 2.240 Βάσεις δοκιμής και διεισδύτες για τη σκληρομέτρηση Rockwell

***ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ***

Κατά τη διάρκεια των εργασιών που πραγματοποιηθούν στα πλαίσια των εργαστηριακών ασκήσεων, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη λήψη των απαραίτητων μέτρων ασφάλειας, ώστε να εξαλειφθεί η οποιαδήποτε πιθανότητα τραυματισμού των συμμετεχόντων:

- Πραγματοποιείτε τις όποιες εργασίες αργά και μεθοδικά. Βιαστικές κινήσεις μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμούς και ζημιές στα κομμάτια.
- Εξασφαλίστε την καλή κατάσταση των εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν.
- Εξασφαλίστε την καλή κατάσταση των μέσων ανάρτησης (σχοινί, συρματόσχοινο, μάντας ή αλυσίδα) που ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν.
- Εξασφαλίστε την καθαριότητα του χώρου εργασίας (καθαρίστε λάδια, γράσα, κόλλες και άλλα).
- Διατηρείτε την ευταξία του χώρου εργασίας.
- Αποφύγετε να φοράτε ρούχα που είναι φαρδιά και, γενικά, εξέχουν. Είναι προτιμότερη η χρήση φόρμας και παπουτσιών εργασίας. Σε ειδικές περιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται τα ειδικά γυαλιά ασφαλείας.
- Αποφεύγετε την εισπνοή των σπρέι που, πιθανόν, χρησιμοποιείτε κατά τη διάρκεια των εργασιών.
- Πλένετε καλά και με επιμέλεια τα χέρια σας μετά το τέλος των εργασιών.
- Μην επιχειρείτε να σηκώνετε εξαρτήματα τα οποία είναι βαριά ή είναι άγνωστο το βάρος τους.
- Μην καπνίζετε στο χώρο της εργασίας ακόμη και κατά τη διάρκεια του διαλείμματος.
- Ενημερωθείτε για τη λειτουργία των πυροσβεστικών μέσων του χώρου εργασίας καθώς και για την ύπαρξη εξόδων κινδύνου.
- Μη θεωρήσετε υπερβολικά ή αστεία τα μέτρα ασφαλείας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βελαώρας, Ι.Χ., «Στοιχεία Μηχανών – Επίτομο», Εκδόσεις ΙΩΝ, 7^η Έκδοση, Αθήνα, 1991.
2. Γεωργίου, Δ., «Εισαγωγή στους Θερμοκινητήρες», Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 1993.
3. Δανιήλ, Γ., Φ., Ρεβίδης, Φ., Κ., «Κινητήριαι Μηχαναί», Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα, 1992.
4. Καραπάνος, Χ., Κοτσιλιέρης, Α., Κουντουράς, Λ., «Μηχανές Εσωτερικής Καύσης ΙΙ», Ο.Ε.Δ.Β., Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Έκδοση Β', Αθήνα, 2002
5. Καρκανιάς, Κ., «Αεροστρόβιλοι κινητήρες», Εκδόσεις ΑΛΦΑ, Αθήνα.
6. Καρκανιάς, Κ., Γούλιος, Γ., «Εμβολοφόροι Αεροπορικοί Κινητήρες», Εκδόσεις ΑΛΦΑ, Αθήνα.
7. Κουμούτσος, Ν., Γ., «Εφαρμοσμένη Θερμοδυναμική», Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 1986.
8. Κουρεμένος, Δ., Α., «Σημειώσεις Θερμοδυναμικής Ι», Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 1978.
9. Κούτμος, Π., «Θεωρία Μηχανών Εσωτερικής Καύσης», Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 1993.
10. Κούτμος, Π., «Θεωρία Αεριοστρόβιλων», Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 1992.
11. Λαζαρίδης, Λ., Ε., «Μηχανουργική Τεχνολογία. Εργαστήριο ΙΙ», Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, 1985.
12. Παπαηλιού, Κ., Μαθιουδάκης, Κ., Γιαννάκογλου, Κ., «Εισαγωγή στις Θερμικές Στροβιλομηχανές», Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1996.
13. Τομπόπουλος, Μ., «Κινητήρες Τζετ (Αεριοστρόβιλοι)», Τεχνικές Σχολές Κρόνος.
14. De Remer, D., «Aircrafts systems for pilots», Jeppesen Sanderson Inc., 1996.
15. Huenecke, K., «Jet engines. Fundamentals of theory, design and operation», Motorbooks International Publishers & Wholesalers, 1997.
16. Kroes, M. J., Wild, T., W., “Aircraft Powerplants”, McGraw-Hill, INTERNATIONAL EDITIONS, Seventh Edition, 1994.

17. Treager, I., E., «Aircraft Gas Turbine Engine Technology», Glencoe McGraw-Hill, Third Edition, 1996.
18. «A & P Technician Powerplant Textbook», Jeppesen Sanderson Inc., 2003.

Το φωτογραφικό υλικό των εικόνων του βιβλίου, αποτελεί μέρος από το προσωπικό αρχείο των συγγραφέων ή δημιουργήθηκε για τις ανάγκες του βιβλίου με ευθύνη των συγγραφέων. Υποδείγματα εντύπων, κατάλογοι διεργασιών και φωτογραφίες εξοπλισμού της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας έχουν περιληφθεί μετά από σχετική ενημέρωση της εταιρείας.

Ενέργεια 2.3.2: «Ανάπτυξη των Τ.Ε.Ε. και Σ.Ε.Κ.»

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Σταμάτης Αλαχιώτης

Καθηγητής Γενετικής Πανεπιστημίου Πατρών

Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Έργο:

«Εκπόνηση βιβλίων, ντοσιέ και τετραδίων εργασίας και προγραμμάτων σπουδών της Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης Τ.Ε.Ε.»

- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου

Γεώργιος Βούτσινος

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

- Υπεύθυνος του Μηχανολογικού Τομέα

Ολύμπιος Δαφέρμος

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Συντονιστική Επιτροπή του Έργου

- **Βούτσινος Γεώργιος**, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου
- **Γκιζελή Βίκα**, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- **Γκλαβάς Σωτήρης**, Μόνιμος Πάρεδρος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- **Καφετζόπουλος Κωνσταντίνος**, Πάρεδρος ε.θ. Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- **Στάππα Ματίνα**, Πάρεδρος ε.θ. Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- **Καβαλάρη Παναγιώτα**, Εκπ/κος Α/θμιας Εκπ/σης, αποσπ. στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
- **Μεργκούνη Καλλιόπη**, Εκπ/κος Β/θμιας Εκπ/σης, αποσπ. στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο