

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΘΕΜΑ : ΕΛΙΚΕΣ ΠΛΟΙΩΝ: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΦΘΟΡΕΣ,  
ΖΗΜΙΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΧΑΤΖΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΚΟΤΖΑΜΑΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2016**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΕΛΙΚΕΣ ΠΛΟΙΩΝ: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΦΘΟΡΕΣ,  
ΖΗΜΙΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΧΑΤΖΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΑΜ : 5008**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :-----**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

**Ο καθηγητής  
ΓΚΟΤΖΑΜΑΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται ο χώρος της ναυτιλίας και πιο συγκεκριμένα το επίκεντρο της μελέτης εστιάζει στα πλοία και ένα πολύ ειδικό εξάρτημα που τα αφορά, αυτό της έλικας. Στόχος της εργασίας, η οποία επιλέχθηκε στα πλαίσια σπουδών της Ακαδημίας Εμπορικού Ναυτικού Μακεδονίας, είναι να καλύψει όλες τις ανάγκες και να δώσει απαντήσεις σε ερωτήματα που σχετίζονται με τις έλικες πλοίων.

Σε όλο το μήκος της εργασίας επικρατεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο ανάπτυξης θεμάτων, από την αρχή μέχρι το τέλος και το ενδιαφέρον παραμένει αμείωτο. Γενικά επικρατεί ένα θεωρητικό πλαίσιο για τις έλικες και τα χαρακτηριστικά που τις συνοδεύουν και ένα οργανωμένο και καλά μελετημένο εγχείρημα ως προς τον τρόπο που συντηρούνται οι έλικες των πλοίων, ως προς τις φθορές που τις αφορούν και φυσικά ως προς τον τρόπο που επισκευάζονται και αποκαθίσταται η λειτουργία τους.

Εν ολίγοις, οι έλικες των πλοίων, ως το εργαλείο εκείνο χωρίς το οποίο δεν υπάρχει λειτουργία του πλοίου, δέχεται αξιόλογη ανάπτυξη στην προκείμενη μελέτη, γεγονός που καταδεικνύει την τεράστια σημασία της ύπαρξης και καλής λειτουργίας της.

## **Abstract**

In the present study we examined the area of Marine and in particular the focus of the study focuses on ships and a very special accessory that regard, the one of propeller. The aim of the work, which was chosen in the context of studies of Macedonia Merchant Marine Academy, is to cover all the needs and provide answers to questions related to ship propellers.

Throughout the length of the work prevails a certain pattern development issues, from the beginning to the end and the interest remains undiminished. Generally, there is a theoretical framework for the propellers and the characteristics that accompany and an organized and well thought out exercise in a way that the ship propellers are preserved, for the damages that are related to them and of course in the way that are repaired and restored its function.

In short, ship propellers, as that tool that is necessary for the function of the ship, receives significant development in this study, which demonstrates the enormous importance of the existence and the proper operation of it.

## Πρόλογος

Στη σημερινή κοινωνία, πολλά είναι εκείνα στα οποία πρέπει να δίνεται προσοχή. Η καθημερινότητα, ο τρόπος ζωής, η τεχνολογική πρόοδος και οι ανθρώπινες δυνατότητες έφεραν στη ζωή επιτεύγματα αξιόλογα, τα οποία αξίζουν το θαυμασμό για τις υπηρεσίες που προσφέρουν στο ευρύ σύνολο της ανθρωπότητας. Ένα από αυτά τα επιτεύγματα είναι η έλικα του πλοίου, η οποία δίνει τη δυνατότητα της κίνησης ή αλλιώς πρόωσης.

Η πρόωση ως γενικότερο μέρος του εξεταζόμενου, στην παρούσα εργασία, θέματος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Το θέμα που μελετάται είναι οι έλικες των πλοίων. Σκοπός είναι να δοθούν χρήσιμες και χρηστικές πληροφορίες και να γίνουν κατανοητά ορισμένα πράγματα. Το θέμα είναι συγκεκριμένο, στοχεύει σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις και για την καλύτερη δυνατή ανάπτυξη του, όλες οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν, χωρίστηκαν ανά θεματολογία.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία για την έλικα, οι τύποι της, τα βασικά μέρη της και γίνεται μια ιστορική αναδρομή για να σκιαγραφηθεί η πορεία της στο χρόνο.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο, μελετάται η συντήρηση των ελίκων. Γίνεται προσπάθεια να αποσαφηνιστούν οι τρόποι και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ώστε οι έλικες να μην χάνουν τη λειτουργικότητα και αποδοτικότητά τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι κυριότερες και πιο γνωστές περιπτώσεις φθορών και ζημιών που υπάρχουν και που μπορούν να υπάρξουν αναφορικά με τις έλικες.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην αποκατάσταση των ελίκων. Παρουσιάζονται οι τρόποι επισκευής, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την διόρθωση των προβλημάτων και την αποφυγή τους στο μέλλον.

Το τελευταίο κεφάλαιο είναι το κεφάλαιο των συμπερασμάτων. Παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που αντλούνται από το σύνολο της εργασίας και φυσικά έπεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε και ο πίνακας των περιεχομένων.

# Κεφάλαιο 1

## Γενικά για τις έλικες

### 1.1 Ιστορική αναδρομή έλικας

Στο χώρο της πρόωσης, το σημαντικότερο εξάρτημα το οποίο χρήζει ιδιαίτερης προσοχής είναι αυτό της έλικας. Η έλικα εφευρέθηκε το 1827 από τον Josef Ressel. Ο Josef, μετά από πολλά πειράματα και ώρες μελέτης κατάφερε να δημιουργήσει μια κοχλιωτή έλικα με πολλαπλά πτερύγια τοποθετημένα επάνω σε μια κωνική βάση. Στηρίζοντας τις μελέτες του στον Κοχλία του Αρχιμήδη, προέβη σε μια σημαντική εφεύρεση, η οποία θα έφερνε στην πορεία σπουδαίες ανατροπές στην υδάτινη συγκοινωνία. Η έλικα που δημιούργησε ο Josef, τοποθετήθηκε στο ατμόπλοιο Civeneta, το οποίο ιστορικά ήταν το πρώτο πλοίο που κινήθηκε επιτυχώς με έλικα. Το πλοίο αυτό ακολούθησαν κι άλλα πλοία, αλλά εκείνο που ουσιαστικά εδραίωσε την έλικα και παραμέρισε την πρόωση με τροχό, ήταν το πλοίο με το όνομα SS Archimedes, το οποίο κατασκευάστηκε το 1838.



Εικόνα: Ιστορική φωτογραφία.

## 1.2 Λίγα λόγια για την πρόωση

Η λέξη πρόωση προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη προωθέω - προωθώ που σημαίνει σπρώχνω ή κινώ. Γενικά ο όρος πρόωση πλοίου σημαίνει κίνηση του πλοίου. Επικράτησε όμως να αναφέρεται μόνο για τα μηχανοκίνητα πλοία, που είναι περισσότερη ελεγχόμενη, έναντι των άλλοτε ιστιοφόρων. Ως εφεύρεση, η πρόωση έχει μακρινή ιστορία, η οποία ξεκινά από τα πρώτα σκάφη που ξεκίνησαν να κατασκευάζονται από το ανθρώπινο χέρι.

Πρόκειται για σκάφη από κορμούς δέντρων και σχεδίες που ως κύριο μέσο πρόωσης είχαν τα ρεύματα των υδάτινων περιοχών ή κουπιά. Στη νεότερη ιστορία, άρχισε να χρησιμοποιείται η δύναμη του αέρα για την κίνηση των πλοίων και αυτό οδήγησε στην ανακάλυψη των πανιών. Έτσι, τα πλοία, ξεκίνησαν σταδιακά, να κατασκευάζονται με καλύτερες τεχνικές πρόωσης και με καλύτερα συστήματα γεγονός που βοήθησε στην καλύτερη μετακίνηση των πλοίων. Η τεχνολογία των πλοίων προχώρησε αρκετά ώστε να καταστεί ασφαλής η υδάτινη συγκοινωνία, αναφορικά πάντα με τα χαρακτηριστικά της κάθε εποχής και αυτό προετοίμασε χώρο για την είσοδο της προπέλας.

Η ανάγκη για ολοένα και περισσότερες μετακινήσεις και η ανάγκη για μεταφορά αγαθών στα πλαίσια ενός συνεχώς μεταβαλλόμενου, κόσμου, οδήγησαν στην ανάγκη για ύπαρξη συστημάτων που θα βελτιώνουν τις υδάτινες μετακινήσεις. Η εμφάνιση της έλικας, βασιζόμενη στην απλή φυσική, αποτελεί τη σπουδαιότερη συσκευή ενός πλοίου και δίνει τη δυνατότητα βελτίωσης της απόδοσης της πρόωσης. Αναφορικά με την πρόωση, η έλικα συνδέεται με την μηχανή, ώστε να μπορέσει να υπάρξει κίνηση κι αυτό σημαίνει ότι η μηχανή παίζει επίσης σπουδαίο ρόλο στην απόδοση της πρόωσης και θα πρέπει να επιλέγεται σωστά. Για τις καλύτερες συνθήκες πλεύσης λοιπόν, αναφορικά με την μηχανή, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- Το είδος του πλοίου
- Η κάλυψη απαιτήσεων ισχύος
- Ο σχεδιασμός της έλικας
- Ο σχεδιασμός υποσυστημάτων (παροχή αέρα, ψύξης κλπ)
- Οι γεωμετρικοί περιορισμοί του πλοίου

- Η ανάλυση των δυναμικών φαινομένων
- Το βάρος και το κόστος εγκατάστασης
- Ο σχεδιασμός και η επιλογή στοιχείων μετάδοσης ισχύος (αξονικού συστήματος, μειωτήρα, εδράνων).

### 1.3 Τύποι ελίκων

Υπάρχουν δύο κατηγορίες ελίκων, οι οποίες είναι:

1. **Έλικες σταθερού βήματος.** Πρόκειται για ενιαία χυτά κομμάτια που κατασκευάζονται, συνήθως, από κράμα χαλκού. Η θέση των πτερυγίων, και συνεπώς το βήμα της έλικας, είναι ίση και σταθερή για όλα, με ένα δεδομένο βήμα που δεν μπορεί να αλλάξει κατά την λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι όταν η έλικα λειτουργεί σε συνθήκες, για παράδειγμα άσχημου καιρού, οι καμπύλες απόδοσης της έλικας, θα αλλάζουν ακολουθώντας τους φυσικούς νόμους, και η πραγματική καμπύλη της έλικας δεν μπορεί να μεταβληθεί από το πλήρωμα. Τα περισσότερα πλοία που δεν χρειάζονται ειδικές, ελεγκτικές ικανότητες είναι εφοδιασμένα με έλικες σταθερού βήματος.



Εικόνες: έλικες σταθερού βήματος

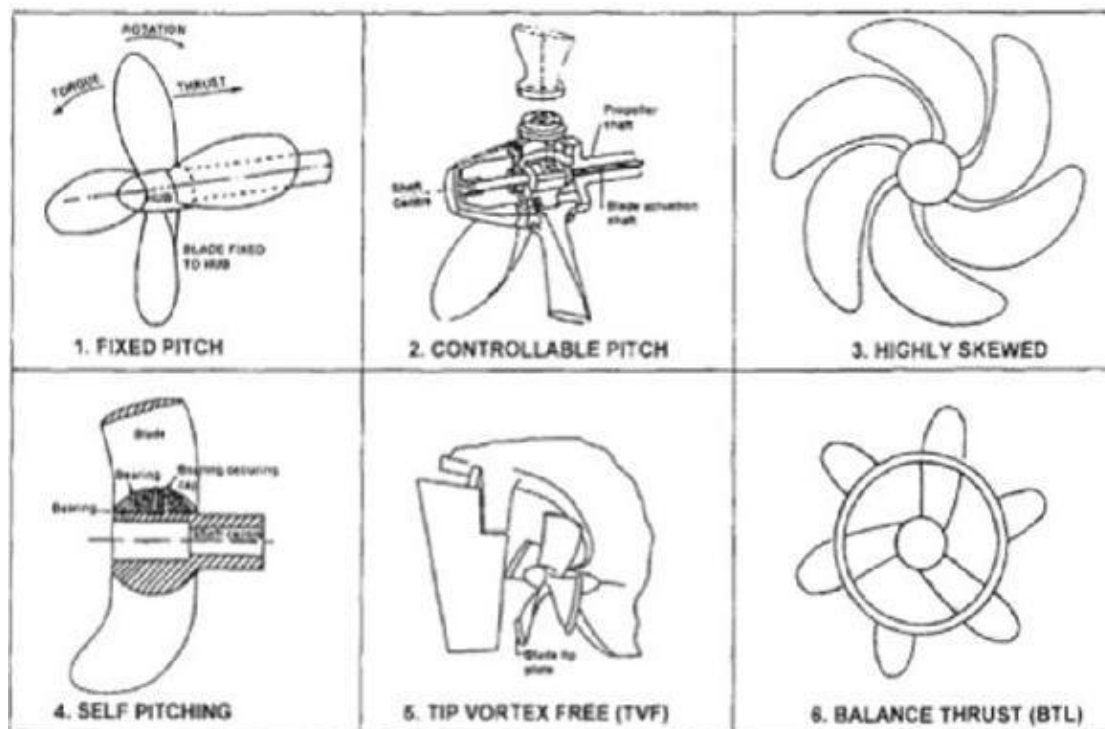
2. **Έλικες μεταβλητού βήματος.** Οι έλικες μεταβλητού βήματος έχουν μεγαλύτερη πλήμνη σε σχέση με τις έλικες σταθερού βήματος, επειδή η πλήμνη πρέπει να έχει αρκετό χώρο για τον υδραυλικό μηχανισμό ελέγχου της γωνίας (βήματος) των πτερυγίων. Οι έλικες μεταβλητού βήματος είναι



σχετικά ακριβές, ίσως 3 με 4 φορές ακριβότερες σε σχέση με τις έλικες σταθερού βήματος. Επιπλέον, λόγω της μεγαλύτερης πλήμνης, η απόδοση της έλικας είναι ελαφρώς χαμηλότερη. Οι έλικες μεταβλητού βήματος συνήθως χρησιμοποιούνται στα κρουαζιερόπλοια και στα ferries που απαιτούν υψηλές ελικτικές ικανότητες. Για τα συνηθισμένα πλοία, όπως τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, φορτίου χύδην και τα δεξαμενόπλοια, που πλέουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε κανονική θάλασσα και με δεδομένη ταχύτητα, θα ήταν γενικά αντικοινωνικό να εγκατασταθούν έλικες μεταβλητού βήματος αντί για σταθερού. Επίσης, μια έλικα μεταβλητού βήματος είναι πιο περίπλοκη και συνοδεύεται από υψηλότερο ρίσκο εμφάνισης προβλημάτων κατά την λειτουργία.



Εικόνα: έλικα μεταβλητού βήματος.



Εικόνα. Διάφορες μορφές ελίκων

## 1.4 Βασικά μέρη της έλικας

Η έλικα, όπως ξέρουμε, χαρακτηρίζεται από τη διάμετρο και το βήμα της, που δεν είναι άλλο από την απόσταση, που θα μπορούσε να διανύσει, κάνοντας μια πλήρη περιστροφή, αν δεν υπήρχε η ολίσθηση. Οι έλικες ολισθαίνουν σε ποσοστό 15% στα γρήγορα μηχανοκίνητα, μέχρι 50% στα σκάφη βαρέως εκτοπίσματος. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος, τόσο καλύτερη η απόδοση της έλικας. Για περισσότερη ωστική δύναμη σε χαμηλές ταχύτητες διαλέγουμε προπέλα με μεγάλη διάμετρο και μικρό βήμα. Για υψηλότερη ταχύτητα (αλλά και μικρότερη επιτάχυνση και οικονομία στα καύσιμα), αυξάνουμε το βήμα και μικραίνουμε τη διάμετρο. Τα παραπάνω είναι από τους συνδυασμούς, που απαιτούνται ανάλογα με τις προτιμήσεις μας. Γενικά θα πρέπει να θυμόμαστε ότι: α) Όταν η μηχανή δεν πιάνει τις στροφές της, σημαίνει πως η διάμετρος ή και το βήμα της προπέλας είναι μεγαλύτερα από ότι χρειάζεται, β) Όταν η μηχανή υπερβαίνει τις στροφές της, η διάμετρος ή και το βήμα της προπέλας είναι μικρότερα από ότι χρειάζεται.

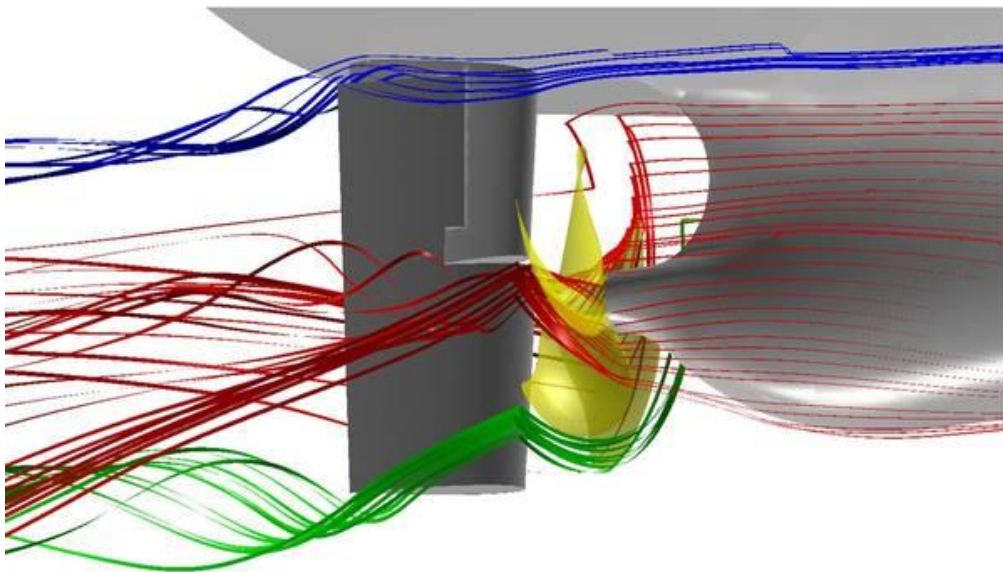
Η έλικα είναι ένα εξάρτημα του πλοίου που αποτελείται από πολλά και διάφορα επιμέρους μέρη. Τα μέρη αυτά, προκειμένου να γίνει κατανοητή η λειτουργία της και να αποσαφηνιστεί ο ρόλος της, παρατίθενται ακριβώς παρακάτω:

1. **Άκρον του πτερυγίου:** Είναι η άκρη του πτερυγίου, το σημείο όπου μετριέται η διάμετρος της προπέλας και το σημείο που συναντώνται η οπίσθια με την εμπρόσθια κόψη.
2. **Εμπρόσθια κόψη:** Είναι το μέρος του πτερυγίου που «βλέπει» στην πρύμη του σκάφους και η επιφάνειά του θα κόψει πρώτη την επιφάνεια του νερού κατά την περιστροφή της προπέλας.
3. **Οπίσθια κόψη:** Είναι το μέρος του πτερυγίου που «βλέπει» πίσω και από την επιφάνεια του οποίου το νερό θα εγκαταλείψει την προπέλα.
4. **Cup:** Δεν υπάρχει αντίστοιχος όρος στα ελληνικά. Συνήθως το λένε «κουπάρισμα» και είναι η μικρή κούρμπα ή χείλος που σχηματίζεται στην οπίσθια κόψη του πτερυγίου. Αυτή η λεπτομέρεια επιτρέπει στην προπέλα να «δαγκώνει» το νερό καλύτερα. Θεωρητικά, οι προπέλες που διαθέτουν cup, μπορούν να αποδώσουν σαν να έχουν μεγαλύτερο βήμα, από μισή μέχρι και μία ίντσα.
5. **Επιφάνεια πτερυγίου:** Είναι η εξωτερική πλευρά του πτερυγίου, η οποία αναφέρεται και σαν η πλευρά εξάσκησης «θετικής» πίεσης.
6. **Πλάτη πτερυγίου:** Είναι η πίσω πλευρά του πτερυγίου, αυτή που βλέπει στην πρύμη. Αναφέρεται και σαν πλευρά εξάσκησης «αρνητικής» πίεσης (αναρρόφησης).
7. **Ρίζα του πτερυγίου:** Είναι το σημείο στο οποίο το πτερύγιο «δένει» με τον κορμό.
8. **Εσωτερικός κορμός:** Μέσα στον εσωτερικό κορμό βρίσκεται το λαστιχένιο συνεμπλόκ.

## 1.5 Λειτουργία έλικας σε σχέση με το πλοίο

Η έλικα δεν είναι ένα εξάρτημα του πλοίου που λειτουργεί από μόνη της. Σχετίζεται μηχανικά με το πλοίο αφού είναι συνδεδεμένη με την μηχανή. Μέσω της λειτουργίας της μηχανής, η έλικα μπορεί και περιστρέφεται. Ειδικότερα, αναφορικά με τη σχέση πλοίου και έλικας, λαμβάνουν χώρα τα παρακάτω:

- Η γάστρα μεταφέρει μαζί της μια συγκεκριμένη μάζα νερού. Αυτό σημαίνει ότι η μέση ταχύτητα του νερού που εκδιώκεται (σπρώχνεται) από την έλικα δεν είναι πλέον ίση με την ταχύτητα που προωθείται από την προπέλα μέσα στο θεωρητικά ακίνητο νερό.
- Η ταχύτητα του νερού που εκδιώκεται από την έλικα μεταβάλλεται σε μέτρο και σε διεύθυνση.
- Η προπέλα προκαλεί μεταβολή των τοπικών πιέσεων στο νερό , αυτές οι πιέσεις με τη σειρά τους θα αντιδράσουν πάνω στην γάστρα , οδηγώντας σε μια μη αμελητέα αύξηση της αντίστασης.



## 1.6 Υλικά Ελίκων

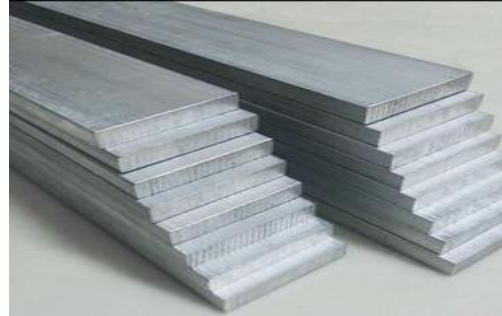
Οι περισσότερες έλικες κατασκευάζονται από κάποιο κράμα χαλκού με την διαδικασία της χύτευσης και στη συνέχεια διαμορφώνονται με κατεργασίες αφαιρέσεως υλικού. Υπάρχουν τρία είδη κραμάτων:

- Νικέλιο – αλουμίνιο – μπρούτζος
  - Μαγγάνιο – αλουμίνιο – μπρούτζος
  - Ειδικός ορείχαλκος
- Το **νικέλιο (Ni)** είναι αργυρόλευκο και κάτω από τους 385 βαθμούς ελαφρώς μαγνητικό μέταλλο. Είναι σκληρό όπως ο σίδηρος ή και σκληρότερο. Επίσης είναι ελατό, ανθεκτικότερο του σιδήρου και αμετάβλητο στον αέρα ως συμπαγές. Στιλβωμένο αποκτά ισχυρή λάμψη.
  - Το **αργίλιο ή αλουμίνιο (Aluminium)** είναι το χημικό στοιχείο με σύμβολο **Al** και είναι ένα αργυρόλευκο μέταλλο. Το μεταλλικό αλουμίνιο έχει (φαινομενικά) μεγάλη ικανότητα στο να αντιστέκεται στη διάβρωση. Αυτό στην ουσία συμβαίνει γιατί με την έκθεση του μετάλλου στην ατμόσφαιρα σχηματίζει στιγμιαία ένα λεπτό επιφανειακό, μη ορατό, στρώμα οξειδίου, που εμποδίζει τη βαθύτερη διάβρωσή του (φαινόμενο της παθητικοποίησης).
  - Το **κρατέρωμα** (κοινώς *μπρούντζος* ή *μπρούτζος*) είναι κράμα χαλκού – κασσίτερου, με καφεκόκκινο χρώμα.
  - Το χημικό στοιχείο **Μαγγάνιο (Manganum)** μπορεί να βρεθεί σε ελεύθερη μορφή στη φύση (συνήθως σε συνδυασμό με το σίδηρο) και σε πολλά μεταλλεύματα. Ως ελεύθερο στοιχείο, το μαγγάνιο είναι μέταλλο και έχει σημαντική βιομηχανική χρήση, όταν είναι σε κράματα, ειδικά στο **ανοξειδωτο ατσάλι**.
  - Ο ορείχαλκος είναι κράμα χαλκού – ψευδαργύρου με κιτρινόχρυσο χρώμα.

Και τα τρία αυτά κράματα μπορούν εύκολα να χυθούν και να επεξεργαστούν κι αυτό σημαίνει πως όταν υπάρχει πρόβλημα στην έλικα και πρέπει να γίνει κάποια συντήρηση ή κάποια επιδιόρθωση ζημιάς, υπάρχουν αυξημένες πιθανότητες να υπάρξουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.



Εικόνα: ορυκτό Νικέλιο.



Εικόνα: Αλουμίνιο.



Εικόνα: ορυκτό Μαγγάνιο.



Εικόνα: ορυκτό Κρατέρωμα.



Εικόνα: ορυκτός Ορείχαλκος.

## Κεφάλαιο 2

### Συντήρηση ελίκων

Η επισκευή και συντήρηση μιας έλικας είναι υψίστης σημασίας ειδικότερα εάν κατά τη διάρκεια της ζωής της έχει προσφέρει αξιόπιστα τις υπηρεσίες της για τις ανάγκες του πλοίου. Πρέπει να γίνει κατανοητό όμως, ότι βλάβες και ζημιές στην έλικα μπορούν να προκύψουν ανά πάσα στιγμή αν και τις περισσότερες φορές μεγάλη σημασία για την εμφάνιση βλαβών έχει ο χρόνος συνδυαστικά με μια σειρά άλλων αιτιών.

Για την σωστή συντήρηση των ελίκων ενός σκάφους, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Τα βασικά στοιχεία προγράμματος διατήρησης και συντήρησης του σκάφους.
- Η κατανόηση των αιτιών της φθοράς στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- Η ορθή σχεδίαση με σκοπό την επαρκή συντήρηση.
- Η επιλογή των κατάλληλων υλικών και μέτρων συντήρησης και η δημιουργία κινήτρων για τη χρησιμοποίηση νέων βελτιωμένων υλικών και διαδικασιών συντήρησης

Η συντήρηση στα μέρη ενός πλοίου διακρίνεται σε δύο κατηγορίες: στην υποχρεωτική και στην προληπτική. Ακολούθως, παρουσιάζονται διαδικασίες που ακολουθούνται στην έλικα αναφορικά με την συντήρηση.

#### 2.1 Επιθεώρηση έλικας

Η επιθεώρηση μιας έλικας πρέπει να γίνεται τόσο κατά την κατασκευή της όσο και κατά τη διάρκεια της ζωής και λειτουργίας αυτής. Στην πρώτη περίπτωση, η επιθεώρηση γίνεται σε σχετικά ελεγχόμενες συνθήκες ενώ στην δεύτερη περίπτωση η επιθεώρηση πραγματοποιείται από ιδικά εκπαιδευμένους δύτες. Και οι δύο τύποι ελέγχου είναι σημαντικοί ο πρώτος για την εξασφάλιση του σωστού σχεδιασμού της προπέλας και ο δεύτερος για την εξέταση της καλής κατάστασης της προπέλας.





Εικόνα: Επιθεώρηση έλικας από δύτη.

Μετά την επιθεώρηση, σημαντική θέση κατέχει η συντήρηση μιας έλικας στην οποία ιδιαίτερο ρόλο παίζει ο έλεγχος. Πιο συγκεκριμένα στη διαδικασία αυτή περιλαμβάνονται:

- Έλεγχος πτερυγίου έλικας: Όταν μια έλικα προορίζεται για συντήρηση, το πρώτο πράγμα που πρέπει να γίνεται είναι να καθαρίζονται τα πτερύγια από τη φλάντζα ως την άκρη και να εξετάζονται ρωγμές στις επιφάνειες.
- Μηχανικός έλεγχος πτερυγίου έλικας: Η επιθεώρηση και συντήρηση του μηχανικού τμήματος επιτελείται από εξειδικευμένο προσωπικό σε συνεργασία με το τμήμα κατασκευής για την αποφυγή αστοχιών.
- Ίσιωμα επιφάνειας πτερυγίου με θερμότητα: Σε περιπτώσεις όπου διαπιστώνονται ρωγμές, χρησιμοποιείται θερμότητα για λείανση της επιφάνειας του μετάλλου και μετέπειτα ψύξη αυτού για επιστροφή του σε, προσεγγιστικά, ικανοποιητικά επίπεδα.
- Ενδιάμεσοι έλεγχοι: Πολλές φορές πραγματοποιούνται μετρήσιμοι έλεγχοι στο πτερύγιο της έλικας κατά τη διαδικασία της συντήρησης, οι οποίες καταγράφονται ώστε να προσδιορίζεται η διαδικασία που ακολουθείται και κατά πόσο είναι εύστοχη ή άστοχη την κάθε φορά.
- Τελικός έλεγχος: Πριν την αποστολή και παράδοση της έλικας, η συντήρησή της περιλαμβάνει τον τελικό έλεγχο από το νηογνώμονα, ο οποίος ελέγχει και εγκρίνει την κατάσταση των πτερυγίων.



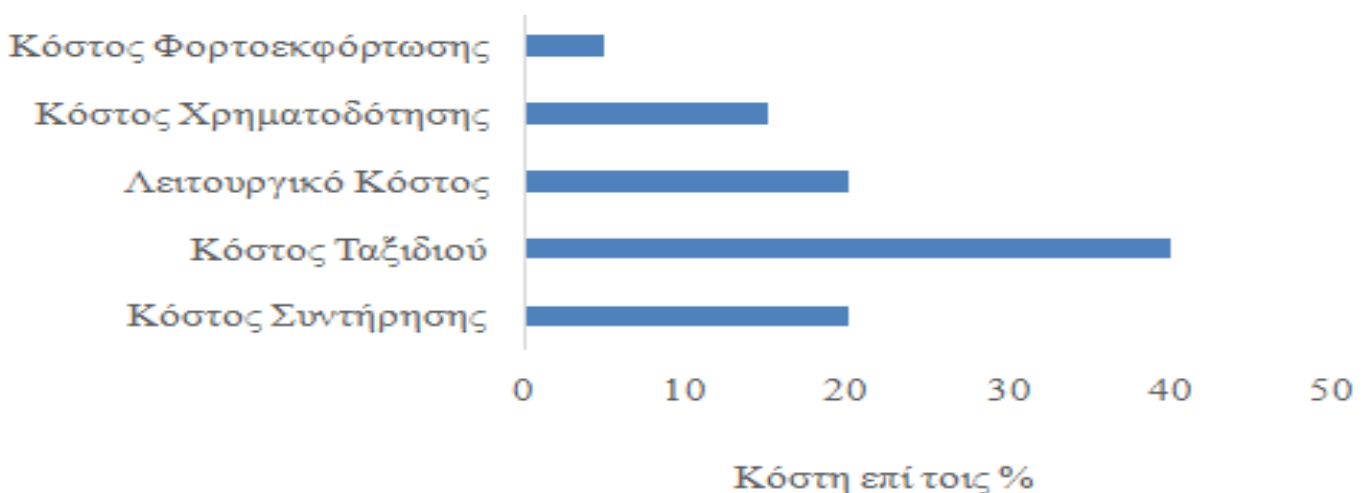
## 2.2 Δυσκολίες στη συντήρηση

Αποτελεί κοινή παραδοχή ότι η συντήρηση μιας έλικας δεν είναι εύκολη υπόθεση. Η συντήρηση γίνεται από εταιρείες και έμπειρους μηχανικούς και ο βαθμός δυσκολίας αυτής εξαρτάται από το μέγεθος της έλικας. Είναι αποδεκτό, ότι μπορούν να εμφανιστούν δυσκολίες στην διαδικασία συντήρησης που σχετίζονται με:

- ✓ Το κόστος συντήρησης που περιλαμβάνει την αγορά ανταλλακτικών και τις δαπάνες εργασίες του προσωπικού
- ✓ Τις εγκαταστάσεις και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την συντήρηση.
- ✓ Τη μεταφορά της έλικας.
- ✓ Το προσωπικό και την τεχνογνωσία που διαθέτει.
- ✓ Το υγρό στοιχείο (για περιπτώσεις που η συντήρηση γίνεται υποβρύχια)

Σε όλες τις περιπτώσεις, τα προβλήματα και οι δυσκολίες συντήρησης αφορούν κυρίως σε μεγάλα πλοία που φέρουν μεγάλες έλικες. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να γίνεται περισσότερος λόγος για δυσκολίες, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η συντήρηση μικρών πλοίων γίνεται με απόλυτη ευκολία.

Παρακάτω παρουσιάζονται διαγραμματικά τα κόστη ενός πλοίου.



## 2.3 Η σημασία της συντήρησης

Στη σύγχρονη εποχή, η κοινωνία είναι σαφώς περισσότερο εξελιγμένη σε σχέση με το παρελθόν κι αυτό σημαίνει ότι είναι σε θέση να επιλύει προβλήματα με περισσότερη άνεση. Στο χώρο της ναυτιλίας ιδιαίτερη σημαντικότητα παρουσιάζουν τα προβλήματα επάνω στις έλικες και η συντήρηση που τις αφορά. Η συντήρηση είναι μια διαδικασία με τεράστια σημασία γιατί βοηθά στην ομαλή λειτουργία του πλοίου. Λάθη, αστοχίες και παραλείψεις του παρελθόντος οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ένα εξάρτημα, στην προκειμένη περίπτωση η έλικα, πρέπει να συντηρείται για να δουλεύει σωστά, για να μένει λειτουργικό και για να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.

Η συντήρηση μιας έλικα όμως είναι σημαντική γιατί με τον τρόπο αυτό μπορούν να αποφευχθούν οικονομικές σπατάλες. Μια φθορά ή μια ζημιά σε μια έλικα, λόγω ελλιπούς συντήρησης, επιβαρύνει τον ιδιοκτήτη του πλοίου οικονομικά. Το κόστος μιας ζημιάς διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση όμως η επιβάρυνση είναι δεδομένη. Μέσα από τη διαδικασία επισκευής μιας ζημιάς, γίνεται σπατάλη χρόνου, ο οποίος, για κάποιους, μπορεί να είναι σημαντικός. Για παράδειγμα, ένα εμπορικό πλοίο που μεταφέρει αγαθά, αν υποστεί μια τέτοια ζημιά σε ένα λιμάνι, στα μέσα μιας διαδρομής του, τότε οι οικονομικές συνέπειες που απορρέουν γίνονται εύκολα αντιληπτές.

Η συντήρηση της έλικας περιλαμβάνει επιμέρους διαδικασίες επίβλεψης στα μέρη αυτής και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να είναι ελλιπής ή λανθασμένη. Για αυτό ακριβώς το λόγο, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, ενδιαφέρον και ενασχόληση από έμπειρους μηχανικούς.

## Κεφάλαιο 3

### Φθορές – Ζημιές ελίκων

Γενικά, η ζημιά σε μια έλικα μπορεί να ταξινομηθεί στις παρακάτω κατηγορίες:

- Σπηλαίωση
- Κακή διαχείριση
- Μηχανικές βλάβες
- Ζημιές διάβρωσης

Για την καλύτερη κατανόηση των κατηγοριών αυτών, θεωρείται χρήσιμο και χρηστικό να αναλυθούν περισσότερο σε επιμέρους ενότητες, οι οποίες παρατίθενται ακολούθως.

#### 3.1 Σπηλαίωση

Με τον όρο σπηλαίωση (cavitations) χαρακτηρίζεται το φαινόμενο στο οποίο κοντά στα πτερύγια της προπέλας σχηματίζονται μέσα στο νερό κενοί χώροι, οι οποίοι με αυτόν τον τρόπο διακόπτουν την συνέχεια της ροής του νερού προς την προπέλα. Τα πτερύγια δηλαδή της έλικας δεν εργάζονται τότε σε μία συμπαγή μάζα νερού, αλλά μέσα σε ένα μίγμα μάλλον αφρώδες και με μικρότερη επομένως πυκνότητα, με αποτέλεσμα την αύξηση της ολίσθησης και την μείωση της απόδοσης. Ένα επιπλέον αποτέλεσμα της σπηλαίωσης αυτής είναι η βαθιά τοπική διάβρωση του μετάλλου των πτερυγίων. Ο σχηματισμός των κενών χώρων, δηλαδή η σπηλαίωση οφείλεται, σύμφωνα με τις θεωρητικές και πειραματικές έρευνες που έχουν γίνει, στο ότι σε ορισμένα σημεία των πτερυγίων και σε ορισμένη ταχύτητα περιστροφής τους, η αύξηση της ταχύτητας των μορίων του νερού είναι τέτοια, ώστε η αντίστοιχη απόλυτη πίεση τους, δηλαδή η περιλαμβάνουσα εκτός της ατμοσφαιρικής πίεσης και της υδροστατικής πίεσης της υπερκείμενης στήλης του νερού, να μειώνεται μέχρι το μηδέν, δηλαδή να αγγίζει το τέλειο κενό. Σε αυτήν την απόλυτη πίεση το νερό, ως γνωστό εξατμίζεται και δημιουργείται ο κενός χώρος και η διακοπή της συνέχειας της

ροής του υδάτινου ρεύματος, η οποία συνεχίζεται και όταν εξακολουθούν να υπάρχουν αυτές οι συνθήκες ταχύτητας και πίεσης. Με άλλα λόγια, το νερό παύει εν μέρει να βρίσκεται σε επαφή με το ταχέως περιστρεφόμενο πτερύγιο. Η σπηλαίωση επομένως εννοείται από τις μεγάλες ταχύτητες περιστροφής, δηλαδή από το μεγάλο αριθμό στροφών, και το φαινόμενο παρουσιάστηκε όντως στις πολύστροφες έλικες των στροβιλοκίνητων πλοίων, όπου και παρατηρήθηκε αύξηση της ολίσθησης, η οποία δεν μπορούσε να αντιμετωπιστεί με αύξηση των στροφών και όπου οι έλικες παρουσίασαν κατόπιν τη χαρακτηριστική διάβρωση. Η διάβρωση αυτή, η οποία έχει την μορφή σπηλαίων, είναι το κύριο γνώρισμα της περιοχής και της έκτασης του πτερυγίου, στο οποίο γίνεται η σπηλαίωση. Ο Bauer δίνει την τιμή των 55-75 μέτρων ανά δευτερόλεπτο για την περιφερειακή ταχύτητα της έλικας, ως όριο πάνω από το οποίο είναι πιθανό να παρουσιαστεί το φαινόμενο της σπηλαίωσης

Το φαινόμενο της σπηλαίωσης εμφανίζεται κυρίως :

1. όταν η έλικα έχει μεγάλη περιφερειακή ταχύτητα
2. όταν η έλικα είναι υπερφορτωμένη (μεγάλη γωνία ως προς την ροή)
3. όταν το προφίλ του πτερυγίου δεν είναι το πρόβον.

Εμφανίζεται επίσης:

1. όταν λειτουργήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα υπερφορτωμένη (αυξημένη αντίσταση λόγω ρύπανσης της γάστρας, αντίθετο άνεμο, κυματισμό)
2. όταν δεν λειτουργεί εξολοκλήρου βυθισμένη
3. όταν έχει διαβρωθεί η επιφάνεια των πτερυγίων κυρίως λόγω μακράς παραμονής στο λιμάνι.
4. όταν λειτουργεί σε ζεστά νερά.

Η εμφάνιση του φαινομένου της σπηλαίωσης, εκτός της διάβρωσης της επιφάνειας των πτερυγίων, προκαλεί θορύβους, κραδασμούς καθώς και σπάσιμο πτερυγίων. Εμφάνιση φυσαλίδων έχουμε επίσης και σε απότομη αναπόδιση ή αύξηση στροφών χωρίς όμως να εμφανίζονται φαινόμενα σπηλαίωσης στα πτερύγια. Έχουμε όμως μεγάλη πτώση του βαθμού απόδοσης. Η σπηλαίωση προκαλεί την αποτυχία - κατάπτωση-αστοχία των υλικών λόγω διάτρησης καθώς και μικρό ποσοστό απώλειας βάρους. Είναι δύσκολο να εντοπιστεί διότι έχει μικρό μέγεθος και επειδή συχνά καλύπτεται από διαβρωτικά παράγωγα. Επίσης είναι δύσκολο να μετρήσουμε

ποσοτικά και να συγκρίνουμε το εύρος της σπηλαιώσης λόγω των διαφορετικών βαθμών και τον αριθμό κοιλωμάτων. Είναι επίσης δύσκολο να προβλεφθεί από την πραγματοποίηση εργαστηριακών πειραμάτων. Μερικές φορές οι σπηλαιώδεις απαιτούν αρκετό χρονικό διάστημα ώστε να εμφανιστούν και να μπορούν να επισκευαστούν.

Η σπηλαιώση παρουσιάζεται κυρίως στα άκρα των πτερυγίων λόγω της περιφερειακής ταχύτητας εξαιτίας της μεγαλύτερης ακτίνας που απέχουν. Επίσης εμφάνιση του φαινομένου γίνεται και στην επιφάνεια ώσεως (πρυμναία) καθώς και στη προωαία επιφάνεια.

Η παρουσίαση σπηλαιώσης στην επιφάνεια ώσεως δηλαδή προς το μέρος της ακμής εξόδου επιδρά αρνητικά μεν αλλά σε μικρό ποσοστό δε στο θέμα βαθμού αποδόσεως αλλά προκαλεί σημαντική μηχανική διάβρωση. Όσο αναφορά για την παρουσίαση σπηλαιώσης στην επιφάνεια αναρροφήσεως δηλαδή προς το μήκος της ακμής εισόδου η επίδραση στο βαθμό απόδοσης γίνεται αισθητή και παρατηρείται σοβαρή διάβρωση.

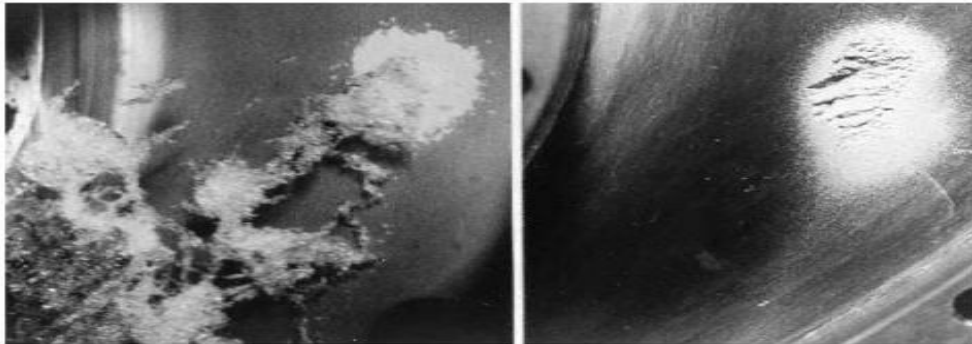
Η σπηλαιώση συνήθως απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα για την δημιουργία της μέχρι να μπορούμε να την διακρίνουμε ορατά. Η περίοδος αυτή μπορεί να κυμαίνεται από μήνες μέχρι χρόνια ανάλογα από το είδος μετάλλου και το διαβρωτικό υλικό.

Από τη στιγμή όμως που θα αρχίσει η διάτρηση του μετάλλου (μέσω του φαινομένου της σπηλαιώσης), αυτή γίνεται ολοένα και αυξανόμενη.

Η δημιουργία φυσαλίδων υπό την σπηλαιώση δημιουργούν υψηλές τοπικές πιέσεις έως και 1000 bar. Αυτές οι πιέσεις με την σειρά τους αυξάνουν τα κύματα πίεσης που προσκρούουν το σκάφος, τα οποία προκαλούν συνήθως δυνατούς θορύβους και δονήσεις. Ο ήχος που δημιουργείται είναι τόσο δυνατός και μεταλλικός όπου μπορεί να ξεγελάσει με την εντύπωση ότι παρασύρεται κάποιο μεταλλικό αντικείμενο κάτω από την προπέλα και χτυπά την επένδυση του πλοίου.

Σε περίπτωση όπου οι φυσαλίδες ενεργούν κοντά ή επάνω στην επιφάνεια του πτερυγίου, το υλικό της επιφάνειας υπόκειται σε τοπική κόπωση. Πρώτα αλλάζει το χρώμα της επιφάνειας, μετά δημιουργούνται βούλες και στην συνέχεια δημιουργείται πορώδης υφή. Η διάβρωση αυτή συνοδεύεται και από χημική διάβρωση η οποία αν συνεχιστεί και προχωρήσει σε βάθος θα δημιουργηθεί σπογγώδη υφή.

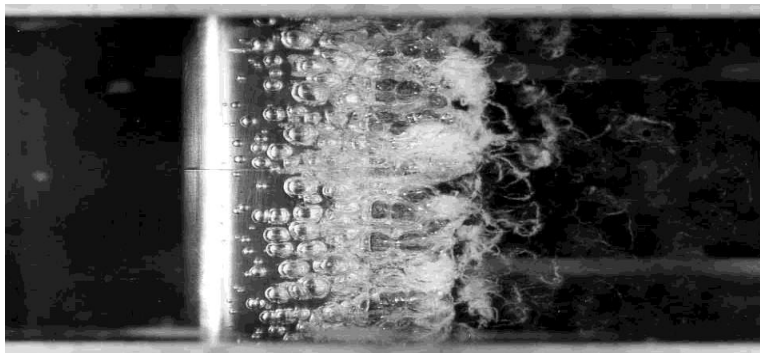
Αν προσβληθούν μεγάλες περιοχές πτερυγίων από το φαινόμενο υπάρχει μεγάλη πιθανότητα στην πτώση της απόδοσης της προπέλας .



Εικόνα: Επιφάνεια αρχικού σταδίου εμφάνισης σπηλαιώσης.



Εικόνα. Τυπική περίπτωση σπηλαιώσης σε έλικα



Εικόνα: Δημιουργία φυσαλίδων λόγω εξάτμισης του νερού.

### 3.2 Κακή διαχείριση

Μια έλικα μπορεί να υποστεί ζημιές κακοποίησης για πολλούς και διάφορους λόγους, για παράδειγμα είτε γιατί υπήρξε ένας λανθασμένος χειρισμός που οδήγησε σε χτύπημα της έλικας, είτε γιατί η θέρμανση των πτερυγίων της έλικας ήταν υπερβολική, ικανή να προκαλέσει φθορές, και τοπικά σκασίματα - ρωγμές.

Πολλά παραδείγματα βλαβών καταγράφονται συνέχεια στο χώρο της ναυτιλίας αναφορικά με την έλικα. Λανθασμένοι χειρισμοί, είτε κατά τη λειτουργία της έλικας είτε κατά τη μεταφορά της με γερανό μπορεί να οδηγήσουν σε βλάβη κυρίως των ακρών των πτερυγίων της. Δεν είναι τυχαίο ότι σε τέτοιες περιπτώσεις γίνεται λόγος για προστασία των άκρων της έλικας με προστατευτικά μέσα όπως είναι ο χαλκός, το καουτσούκ ή ο μόλυβδος.

Παρά το γεγονός ότι η προστατευτική επικάλυψη κανονικά είναι ένα άχρωμο βερνίκι ή κάποιο είδος πετρελαίου, θα πρέπει να αφαιρείται εντελώς πριν το σκάφος εισαχθεί σε υπηρεσία μετά τη διαρρύθμιση με σκοπό την πρόληψη ρυπάνσεως.



Εικόνα. Ρωγμές στην έλικα

### 3.3 Μηχανικές βλάβες

Οι μηχανικές βλάβες είναι ίσως οι πιο κοινές που υπάρχουν. Προκαλούνται από επιπλέοντα αντικείμενα, καλώδια ή αλυσίδες, συντρίμμια, τα οποία έρχονται σε επαφή με την έλικα και της προκαλούν ζημιές. Σε πολλές περιπτώσεις δεν επηρεάζεται η δυναμική της έλικας ωστόσο θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο εμφάνισης σπηλαίωσης και η ανάγκη λείανσης της επιφάνειας της έλικας ώστε να αποφευχθούν δευτερογενείς ζημιές.

Στις περισσότερες περιπτώσεις μηχανικών βλαβών περιλαμβάνονται προβλήματα στην περιοχή της ακμής. Τέτοια προβλήματα δεν επηρεάζουν την απόδοση της έλικας, ωστόσο θα πρέπει να παρέχεται συμβουλευτική υποστήριξη προκειμένου να εφαρμόζονται επωφελείς πρακτικές και να αποφεύγονται περαιτέρω ζημιές.



Εικόνες. Βλάβη έλικας λόγω επαφής με αλυσίδες πρόσδεσης.



### **3.4 Ζημιές διάβρωσης**

Είναι ευρέως αποδεκτό, ότι όλες οι προπέλες, κάποια στιγμή θα παρουσιάσουν κάποια φθορά, είτε για φυσικά είτε για άλλα αίτια.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση μιας έλικας υψηλής αντοχής κατασκευασμένη από ορείχαλκο, θα ήταν λογικό να αναμένεται μια απώλεια της τάξης του 0,05 χιλιοστά ετησίως, υποθέτοντας ότι η έλικα βρισκόταν σε κατάσταση ηρεμίας ή κινούμενη αργά στο νερό. Το νούμερο αυτό είναι σχετικό και μπορεί να ανέβει ή να κατέβει ανάλογα με την ταχύτητα του πλοίου και την λειτουργία της έλικας σε συνάρτηση με αυτό.

## Κεφάλαιο 4

### Αποκατάσταση ελίκων

#### 4.1 Γενικές οδηγίες αντιμετώπισης ζημιών

Το ζήτημα της επισκευής και αποκατάστασης μιας έλικας είναι εξαιρετικά πολύπλοκο και οι λεπτομέρειες των μεθόδων που χρησιμοποιούνται πρέπει να αφήνονται σε έμπειρα και εξειδικευμένα χέρια.

Οι έλικες είναι ιδιαίτερης φύσεως επιτεύγματα, κατασκευασμένες από σύνθετα και προηγμένα υλικά. Ως εκ τούτου, η συντήρηση και η επισκευή επιτάσσουν αξιοπρόσεκτη φροντίδα και σεβασμό. Βέβαια, πριν την αντιμετώπιση και επισκευή των βλαβών της έλικας, πρέπει να εντοπίζονται ακριβώς:

- ✓ Η ακτινική θέση της διάβρωσης
- ✓ Η θέση της σύμφωνα με την διεύθυνση της χορδής
- ✓ Η θέση της ζημιάς
- ✓ Η έκταση της διαβρωμένης περιοχής
- ✓ Το χρώμα και η υφή της διάβρωσης
- ✓ Ο βαθμός ζημιάς
- ✓ Τυχόν διάβρωση σε όλα τα πτερύγια
- ✓ Τυχόν χτυπήματα - βαθουλώματα στην ακμή εισόδου
- ✓ Ανωμαλίες επιφανείας πτερυγίου
- ✓ Μη καθαρές επιφάνειες πτερυγίων
- ✓ Τυχόν ρωγμές ή φαγώματα στη περιοχή των πτερυγίων

Εφόσον εντοπιστεί η θέση και ο βαθμός του προβλήματος τότε μπορεί να αντιμετωπιστεί με βεβαιότητα. Για την αντιμετώπιση του, λοιπόν, λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- ✓ Υποχρεωτικός καθαρισμός μη καθαρών επιφανειών πτερυγίων.
- ✓ Φαγώματα μέχρι 1 χιλιοστό διορθώνονται με επί τόπου τρόχισμα και γυάλισμα.
- ✓ Αφαίρεση επιφανειών που εμφανίζουν διάβρωση λόγω σπηλαιώσης και γέμισμα αυτών (συνιστάται από τον κατασκευαστή).

- ✓ Μικρές ρωγμές ή παραμορφώσεις των ακμών των πτερυγίων οδηγούν πάντα σε εμφάνιση σπηλαιώσης και πρέπει να επιδιορθώνονται. Μία πρόσκαιρη αντιμετώπιση είναι το άνοιγμα οπών διαμέτρου 10-12 mm στις αρχές των ρωγμών. Οι οπές πρέπει να κλίνονται με ξύλο ώστε να αποφευχθεί η εξίσωση της πίεσης μεταξύ των επιφανειών πίεσης και ρόφησης κάτι που οδηγεί στην εμφάνιση φαινομένων σπηλαιώσης.
- ✓ Χυτές έλικες (από ειδικό ορείχαλκο) εμφανίζουν γήρανση μετά από 10-12 χρόνια και παρουσιάζουν ρωγμές που αν συγκολληθούν προκαλούν νέες.
- ✓ Κατά την επιδιόρθωση απαγορεύεται η χρήση σφυριών και επιβάλλεται η αργή και ομοιόμορφη θέρμανση του υλικού καθώς και αργή ψύξη του μετά την επεξεργασία.
- ✓ Κατά την συναρμολόγηση της έλικας επιβάλλεται η προστασία των ακμών των πτερυγίων.
- ✓ Τυχόν συγκολλήσεις (μη επιτρεπτές) κοντά στη ρίζα οδηγούν σε εμφάνιση ρωγμών και ουσιαστικά στην απώλεια της έλικας.

## 4.2 Ρωγμές πτερυγίων

Η εμπειρία έχει δείξει ότι όλες οι ρωγμές στα πτερύγια της έλικας είναι δυνητικά επικίνδυνες κι αυτό είναι ένα αληθινό γεγονός. Οι ρωγμές αυξάνονται σε μέγεθος μέσα από διάφορες κακομεταχειρίσεις που γίνονται και μπορούν να γεννήσουν άλλες ρωγμές σε άλλα σημεία του πτερυγίου. Σε περιπτώσεις όπου οι ρωγμές εντοπίζονται στις άκρες του πτερυγίου, θα πρέπει να λειανθούν με προσοχή μετά από κάθε ίσιωμα.

Κατά τη διαδικασία της λείανσης πρέπει να διασφαλίζεται ότι το άκρο της ρωγμής έχει εξαλειφθεί, διαφορετικά αυτό μπορεί να εισάγει ένα επιπλέον σημείο για μια άλλη ρωγμή. Συνηθέστερη μέθοδος επισκευής των ρωγμών στα πτερύγια είναι η συγκόλληση. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις ρωγμών που είναι ιδιαίτερα σοβαρές.

Σε περιπτώσεις που εντοπίζονται πτερύγια με σοβαρό πρόβλημα, στην έλικα ελεγχόμενου βήματος, τότε αυτά αντικαθίστανται από ανταλλακτικά.

Εάν η ρωγμή είναι στο κυρίως μέρος του πτερυγίου, τότε πρέπει πρώτα να λειαινείται στο σημείο εκείνο σε βάθος, περισσότερο από το ήμισυ του πάχους του σημείου δίνοντας την απαραίτητη μορφή. Έπειτα γίνεται συγκόλληση στο σημείο

εκείνο, επισκευάζεται η επιφάνεια και γίνονται προσπάθειες ώστε να αποκτήσει το σχήμα σύμφωνα με τα γενικότερα χαρακτηριστικά και την εικόνα της έλικας.

### **4.3 Ζημιές στις άκρες των πτερυγίων.**

Ζημιά στην άκρη του πτερυγίου εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή κάμψης ή σχίσσιμο του μετάλλου. Σε αρκετές περιπτώσεις μάλιστα παρατηρείται μικρή απώλεια της περιοχής του πτερυγίου. Για την επισκευή τέτοιων κρουσμάτων ακολουθείται αναδιαμόρφωση στην άκρη του πτερυγίου. Σε περίπτωση που η απώλεια περιορίζεται στα 10 mm δεν υπάρχει λόγος σοβαρής ανησυχίας όμως αν το μέγεθος της απώλειας είναι μεγαλύτερο τότε πρέπει να αντικατασταθεί το κομμάτι το οποίο έχει υποστεί ζημιά σε μεγάλο βαθμό με αποτέλεσμα να πρέπει να κοπεί το τμήμα του πτερυγίου με το πρόβλημα και να εισαχθεί ένα νέο.

Μικρές παραμορφώσεις στα πτερύγια κατά μήκος της άκρης μπορούν συνήθως να διορθωθούν με κρύο ίσιωμα με τη χρήση σφιγκτήρων. Για μεγαλύτερες στρεβλώσεις, πρέπει να χρησιμοποιηθεί τεχνική με ζεστό ίσιωμα.

Μετά την αποκατάσταση των ζημιών τα άκρα πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά για ενδείξεις τυχόν υπόλοιπου ρωγμών ή για εμφάνιση μελλοντικών πιθανοτήτων εκδήλωσης παρόμοιων προβλημάτων. Οι εκτάσεις αυτών των ρωγμών μπορεί να είναι πολύ μικρές και μη ορατές με γυμνό μάτι, με αποτέλεσμα να χρειάζεται και επιπλέον επιθεώρηση με χρωστική σημαία.

### **4.4 Ζημιές λόγω διάβρωσης**

Γενικά, ζημιές λόγω διάβρωσης, επισκευάζονται με συγκόλληση, πράγμα που σημαίνει ότι η έλικα χρειάζεται να αφαιρεθεί από το πλοίο και να μεταφερθεί σε ειδικό περιβάλλον, το ναυπηγείο. Πρόκειται για μια προστατευμένη περιοχή ιδανική για τέτοιες εργασίες που επιτρέπει και την άσκηση ελέγχου. Η φθαρμένη περιοχή της έλικας κόπτεται κι έπειτα συγκολλείται και τρίβεται.

Σε όλες τις περιπτώσεις όπου παρατηρείται βλάβη διάβρωσης ερευνάται αν η διάβρωση δεν είναι αποτέλεσμα κάποιας άλλης ζημιάς και τότε διαπιστώνετε εάν είναι εφικτό να επισκευαστή.

Κατά τη διάρκεια της ζωής μιας έλικα θα πρέπει να γίνονται τακτικοί έλεγχοι για να διαπιστωθεί ότι θα παραμένει σε καλή κατάσταση. Εάν κατά την επιθεώρηση οι επιφάνειες των πτερυγίων είναι λείες, δεν παρουσιάζουν τραχύτητα ή ακαθαρσίες, τότε δεν θα πρέπει να αγγιχτεί, αλλά να αφεθεί για την επόμενη επιθεώρηση. Εάν, ωστόσο, κάποια από αυτά τα χαρακτηριστικά υπάρχουν, τότε τα πτερύγια θα πρέπει να λειανθούν ελαφρά και να γυαλιστούν. Σημειωτέον πως, το έργο αυτό δεν πρέπει να γίνει από άπειρο προσωπικό γιατί μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση σειράς άλλων προβλημάτων. Αν η διάβρωση είναι μικρή και όχι τόσο βαθιά μπορεί να γίνει ελαφρά λείανση και στίλβωση. Αν πάλι είναι πιο σοβαρή η ζημιά τότε απαιτείται παραπάνω προσοχή και είναι αναγκαίο η επιδιόρθωση να αφεθεί στον κατασκευαστή της έλικας ο οποίος γνωρίζει περισσότερα από τον καθένα. Έτσι διασφαλίζεται η αποτελεσματικότητα και η απόδοση της έλικας και περιορίζονται οι πιθανότητες εκδήλωσης του φαινομένου της σπηλαιώσης.

#### **4.5 Αντικατάσταση ελλειπόντων τμημάτων της έλικας .**

Εάν ένα τμήμα ενός πτερυγίου είναι εν μέρει αποκομμένο, ή λυγισμένο ή κατεστραμμένο, τότε αυτό μπορεί συχνά να αντικατασταθεί. Η πληγείσα περιοχή αντικαθίσταται από ένα νέο πτερύγιο με ένα νέο κομμάτι το οποίο σχεδιάζεται ειδικά για να προστεθεί στο ήδη κατεστραμμένο μέρος και η αντικατάστασή του γίνεται με συγκόλληση.

Πριν από την εξέταση αυτής της δράσης, πρέπει να εξεταστεί προσεχτικά η έκταση της επισκευής. Η δράση αυτή είναι κατάλληλη για ένα ακροπτερύγιο ή τμήματα της ακμής, αλλά δεν είναι κατάλληλη για μια πλήρη αντικατάσταση του πτερυγίου.

#### **4.6 Ίσιωμα παραμορφωμένων πτερυγίων.**

Σε πολλές περιπτώσεις, η έλικα έχει ανάγκη από ίσιωμα. Εκτός από τις μεθόδους κρύου ισιώματος, υπάρχει και η μέθοδος ζεστού ισιώματος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μεγάλες βλάβες. Με αυτή την τεχνική, αφού αξιολογηθεί προσεκτικά η έκταση της ζημίας, θερμαίνεται το πίσω μέρος του πτερυγίου αργά και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της βλάβης. Για το ζεστό ίσιωμα

χρησιμοποιείται μαλακή φλόγα όπως η παραφίνη, ο άνθρακας ή το προπάνιο. Συνιστάται να μη χρησιμοποιείται σκληρή φλόγα όπως για παράδειγμα καυστήρες με οξύ αέριο διότι υπάρχει κίνδυνος τοπικής τήξης του πτερυγίου στο σημείο που υπάρχει βλάβη.

Όταν το πτερύγιο θερμανθεί σε μια κατάλληλη θερμοκρασία, περίπου 150 - 250 βαθμών κελσίου, ανάλογα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη η έλικα, τότε η διαδικασία διεξάγεται καλύτερα. Σε περίπτωση που υπάρχουν αμφιβολίες για την ποιότητα του ισιώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλήρης θερμική επεξεργασία χωρίς ιδιαίτερη χρήση σφυριών, όσο είναι εφικτό. Έπειτα, όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία ευθυγράμμισης, η έλικα θα πρέπει να αφήνεται να ψυχθεί πολύ αργά δίνοντας προσοχή στο πτερύγιο να μείνει στη θέση που έχει οριστεί.

Συνοπτικά, η διαδικασία που ακολουθείται για το ίσιωμα της έλικας, προκειμένου να ανακτηθεί η αρχική της μορφή και η απόδοση της είναι:

- Θερμικό ίσιωμα των πτερυγίων ανάλογα με τα πρότυπα ταξινόμησης
- Έλεγχος της ρωγμής του πτερυγίου και της φλάντζας από εξουσιοδοτημένο προσωπικό
- Λείανση συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου βάρους / ώρα
- Πλήρης μέτρηση (3D) σε σύγκριση με τις διαστάσεις του αρχικού σχεδίου
- Παράδοση στον ιδιοκτήτη

## Επίλογος - Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι έλικες πλοίων και έγινε προσπάθεια να αντληθούν πληροφορίες από την υπάρχουσα βιβλιογραφία με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, ώστε να δοθεί έμφαση στη συντήρηση των ελίκων, τις ζημιές και τις φθορές αναφορικά με αυτές και φυσικά στους τρόπους αποκατάστασής τους.

Με βάση όλα τα εξεταζόμενα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν για τις ανάγκες της εργασίας, έγιναν συγκεκριμένες προσεγγίσεις και αναπτύξεις πτυχών του θέματος ώστε να διεξαχθούν χρήσιμα και χρηστικά συμπεράσματα.

Αρχικά, έγινε κατανοητή η σημασία της πρόωσης και ο τρόπος που συμβάλει στην εξυπηρέτηση αναγκών. Πρόκειται για μια ιδιαίτερη εφεύρεση που πρόσφερε πολλά στην κοινωνία και συνεχίζει να προσφέρει αδιάκοπα. Έγινε κατανοητή η σύνθεση της έλικας, ο τρόπος που λειτουργεί, τα μέρη από τα οποία αποτελείται και φυσικά η τεράστια σημασία της για το χώρο της ναυτιλίας.

Η ναυτιλία, παλιότερα δεν κατείχε τα εργαλεία που προσφέρει η σημερινή εποχή. Σήμερα υπάρχει γνώση, τεχνογνωσία, εμπειρία και μέσα και αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν δυνατότητες για πολλά. Αναφορικά με την έλικα, ιδιαίτερη προσοχή αξίζει να δοθεί στην συντήρηση, από την οποία εξαρτάται η πορεία της. Αν γίνεται καλή συντήρηση σε μια έλικα, τότε υπάρχουν λιγότερες πιθανότητες να εμφανιστούν φθορές. Αυτό βέβαια είναι σχετικό και όχι απόλυτο. Σημασία έχει πως, σε μια έλικα, η συντήρηση είναι ένα πολύ σημαντικό στάδιο από το οποίο πρέπει να περνά συχνά. Πρέπει όλα να είναι σε τέλεια κατάσταση ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του πλοίου. Αυτό συμβαίνει σε όλα τα εξαρτήματα άλλωστε που έρχονται από το χώρο της τεχνολογίας.

Τέλος, μέσα από την εργασία έγινε αντιληπτό ότι οι φθορές και οι ζημιές σε μια έλικα είναι ένα σημαντικό κομμάτι στο οποίο πρέπει να σταθεί κανείς. Υπάρχουν φυσικές φθορές αλλά και ζημιές που προέρχονται από ανθρώπινο χέρι. Σε όλες τις περιπτώσεις εμφάνισης προβλημάτων επικρατεί ανησυχία μιας και η αποκατάσταση των φθορών και ζημιών δεν είναι εύκολη υπόθεση αλλά απαιτητική και σημαντικά υπεύθυνη.

## Βιβλιογραφία

### Βιβλία

1. Αποστολόπουλος Ιωάννης, Πτυχιακή εργασία, Μελέτη συστημάτων αυτοματισμού που σχετίζονται με την πρόωση ενός πλοίου, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Αιγάλεω, 2013.
2. Γαλάνης Παναγιώτης, Πτυχιακή εργασία, Συνεργασία μηχανής – έλικας, ΑΕΝ Μακεδονίας Νέα Μηχανιώνα, 2014.
3. Δημητρίου Παναγιώτης, Πτυχιακή εργασία, Σπηλαίωση στις έλικες πλοίου. Εμφάνιση του φαινομένου και αντιμετώπισή του. ΑΕΝ Μακεδονίας Νέα Μηχανιώνα, 2014
4. Κυρτάτος, Ν.Π., Καθηγητής Ε.Μ.Π., Βασικές Αρχές Πρόωσης Πλοίου, Αθήνα, 2007.
5. Τζαννάτος Ερνέστος, Τεχνολογία πλοίου, Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πειραιώς,
6. Τζάνος Νικόλαος, Πτυχιακή εργασία Συστήματα αύξησης απόδοσης πρόωσης, ΑΕΝ Μακεδονίας Νέα Μηχανιώνα, 2014.
7. Carlton John, Marine propellers and propulsion, Second Edition, Elsevier Ltd, 2007.
8. Monanteras, N., Nakos, L. G., Frangopoulos C. A., «Marine Applications of Fuel Cells – An Overview», International Association of Mechanical Engineers (IASME), Issue 2, Volume 1, April 2004, pp. 330 – 336.

### Διαδίκτυο

9. [http://www.psomakara.gr/?page\\_id=11&lang=el](http://www.psomakara.gr/?page_id=11&lang=el)
10. <http://www.ribandsea.com/boats/technical/114-2009-05-18-16-15-50>
11. <http://archive.in.gr/Reviews/imagegallery.asp?lngReviewID=12770&lngChapterID=13419&lngItemID=107651>
12. <http://www.emergencyservices.gr/training/sailing/item/33894----.html>



## Περιεχόμενα

<b>Περίληψη</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	4
<b>Πρόλογος</b> .....	5
<b>Κεφάλαιο 1</b> .....	6
<b>Γενικά για τις έλικες</b> .....	6
1.1 Ιστορική αναδρομή έλικας .....	6
1.2 Λίγα λόγια για την πρόωση .....	7
1.3 Τύποι ελίκων .....	8
1.4 Βασικά μέρη της έλικας .....	10
1.5 Λειτουργία έλικας σε σχέση με το πλοίο .....	12
1.6 Υλικά Ελίκων .....	13
<b>Κεφάλαιο 2</b> .....	15
<b>Συντήρηση ελίκων</b> .....	15
2.1 Επιθεώρηση έλικας .....	15
2.2 Δυσκολίες στη συντήρηση .....	17
2.3 Η σημασία της συντήρησης .....	18
<b>Κεφάλαιο 3</b> .....	19
<b>Φθορές – Ζημιές ελίκων</b> .....	19
3.1 Σπηλαίωση .....	19
3.2 Κακή διαχείριση .....	23
3.3 Μηχανικές βλάβες .....	24
3.4 Ζημιές διάβρωσης .....	25
<b>Κεφάλαιο 4</b> .....	26
<b>Αποκατάσταση ελίκων</b> .....	26
4.1 Γενικές οδηγίες αντιμετώπισης ζημιών .....	26
4.2 Ρωγμές πτερυγίων .....	27

4.3 Ζημιές στην άκρη των πτερυγίων .....	28
4.4 Ζημιές λόγω διάβρωσης .....	28
4.5 Αντικατάσταση ελλειπόντων τμημάτων των πτερυγίων.....	29
4.6 Ίσιωμα παραμορφωμένων πτερυγίων .....	29
<b>Επίλογος - Συμπεράσματα .....</b>	<b>31</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>32</b>
<b>Περιεχόμενα .....</b>	<b>33</b>