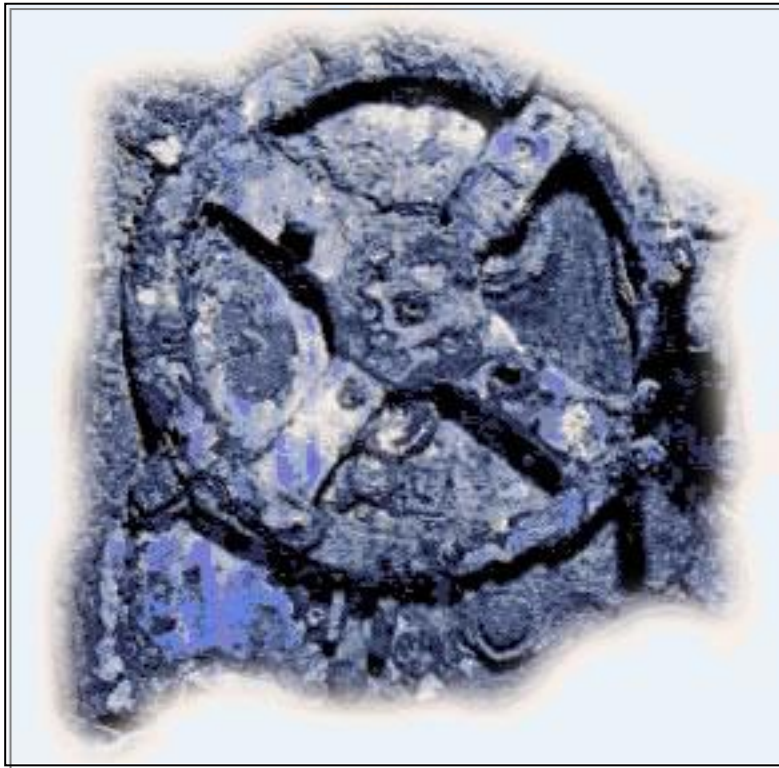


ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ  
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ  
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΑΣΚΗΣΕΩΝ



*Αθήνα σχολικό έτος: 2012-13*

## **Κεφάλαιο 7. ΜΕΣΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ.**

### **1. Να αναφέρετε τα μέσα σύνδεσης**

Τα μέσα σύνδεσης που χρησιμοποιούμε είναι:

1. Ήλοι ή καρφιά
2. Κοχλίες ή βίδες
3. Συγκολλητικά υλικά
4. Σφήνες
5. Ελατήρια

### **2. Ποια είναι τα είδη των συνδέσεων;**

Τα είδη σύνδεσης είναι δύο:

1. Οι λυόμενες συνδέσεις, που επιτυγχάνονται με κοχλίες, σφήνες, ελατήρια
2. Οι μόνιμες ή μη λυόμενες π.χ. ηλώσεις, συγκολλήσεις.

**Λυόμενες συνδέσεις** λέγονται οι συνδέσεις εκείνες που τα συνδεόμενα κομμάτια συνδέονται έτσι, ώστε να αποσυνδέονται εύκολα και χωρίς την καταστροφή του μέσου σύνδεσης.

**Μη λυόμενες συνδέσεις** λέγονται αυτές που τα συνδεόμενα κομμάτια συνδέονται με μόνιμο τρόπο και αποσυναρμολογούνται μόνο με καταστροφή του μέσου σύνδεσης.

## **7.1 ΗΛΟΙ**

### **1. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι ήλοι;**

1) Ανάλογα με την κεφαλή τους, διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες:

1. Ημιστρόγγυλους
2. Φακοειδείς ( Βυθισμένους και ημιβυθισμένους)

Η κεφαλή τους είναι λιγότερο καμπυλωτή από αυτή των ημιστρόγγυλων και μοιάζει με φακό. Η κεφαλή των φακοειδών ήλων μπορεί να είναι βυθισμένη στα κομμάτια που συνδέει ή ημιβυθισμένη. Στην πρώτη περίπτωση ο ήλος λέγεται βυθισμένος, ενώ στη δεύτερη ημιβυθισμένος.

3. Πλατυκέφαλους ή επιπεδοκαμπύλους. Η κεφαλή τους είναι μεγάλη και καμπυλωτή .
4. Σωληνωτούς (πριτσίνια).

Ανάλογα με τη διάμετρο του κορμού τους διακρίνονται σε:

1. Ήλους με διάμετρο μικρότερη από 10 mm ( $d < 10$  mm)
2. Ήλους με διάμετρο μεγαλύτερη από 10 mm ( $d > 10$  mm), που είναι γνωστοί ως λεβητόκαρφα.

## **2. Από ποια υλικά κατασκευάζονται οι ήλοι;**

Οι ήλοι κατασκευάζονται από ανθρακούχο χάλυβα, χαλκό ή αλουμίνιο. Η επιλογή του υλικού των ήλων εξαρτάται από το σκοπό της σύνδεσης και από το υλικό των συνδεόμενων κομματιών. Το υλικό των συνδεόμενων ελασμάτων και των ήλων πρέπει να είναι απαραίτητα το ίδιο. Σε διαφορετική περίπτωση υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθεί σκουριά και φθορά των μετάλλων από την εμφάνιση διμεταλλικών τάσεων στα σημεία επαφής ήλου και ελασμάτων. Οι ήλοι κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβα st 34 και st 38, με αντοχή 34 έως 41  $\text{kp/mm}^2$  και σε εξαιρετικές περιπτώσεις st 44, με αντοχή μεγαλύτερη από 44  $\text{kp/mm}^2$ .

## **3. Ποιες διαστάσεις είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό των ήλων;**

Για τον προσδιορισμό των ήλων απαιτούνται δύο κυρίως διαστάσεις:

- Η διάμετρος του κορμού  $d$  (mm)
- Το μήκος του ήλου  $l$  (mm)

Σε περίπτωση βυθισμένης κεφαλής, ως μήκος  $l$  του ήλου παίρνουμε το μήκος του κορμού συν το ύψος της κεφαλής  $k$ .

## **4. Πώς τυποποιούνται οι ήλοι;**

Τόσο οι διαστάσεις όσο και το υλικό κατασκευής των ήλων αναφέρονται στους Γερμανικούς κανονισμούς (DIN).

## **5. Ποια στοιχεία πρέπει να δώσουμε για την προμήθεια ενός ήλου;**

Για την προμήθεια λοιπόν ενός ήλου, θα πρέπει να δώσουμε την ονομασία του ήλου, τη διάμετρό του, το μήκος του κορμού, το υλικό κατασκευής του καθώς και το φύλλο του DIN στο οποίο βρίσκεται η μορφή του. Π.χ. ο συμβολισμός «18x70 DIN 124» σημαίνει ημιστρόγγυλος ήλος με διάμετρο 18mm και μήκος 70mm.

## **7.2 ΗΛΩΣΕΙΣ**

### **1. Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα ηλώσεων. Πότε οι ηλώσεις είναι αναντικατάστατες ως μέσο σύνδεσης;**

#### **Μειονεκτήματα**

Οι ηλώσεις είναι :

1. κατασκευές βαριές,
2. αρκετά δύσκολες στην εκτέλεσή τους,
3. συνήθως ακριβότερες από τις συγκολλήσεις και
4. χρονοβόρες.

#### **Πλεονεκτήματα**

Από την άλλη όμως είναι :

1. πιο ασφαλείς,
2. η ποιότητά τους ελέγχεται πιο εύκολα, ενώ σοβαρό πλεονέκτημα αποτελεί και το γεγονός ότι
3. δε δημιουργούνται τάσεις στα συνδεόμενα κομμάτια.

Οι περιπτώσεις στις οποίες οι ηλώσεις είναι αναντικατάστατες ως μέσο σύνδεσης είναι:

1. Στις συνδέσεις κομματιών που δεν επιδέχονται συγκόλληση.
2. Όταν η σύνδεση καταπονείται σε κρουστικά ή δυναμικά φορτία.
3. Όταν υπάρχει κίνδυνος τα συνδεόμενα κομμάτια να χάσουν την αντοχή τους, εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας που προκαλείται κατά τη συγκόλληση.

## **2. Είδη ηλώσεων ανάλογα με το σκοπό και τις απαιτήσεις που προορίζονται**

1. Σταθερές ηλώσεις: χρησιμοποιούνται ως ενώσεις μεταφοράς δυνάμεων σε κατασκευές από χάλυβα και ελαφρά μέταλλα (γερανοί, γέφυρες, κτίρια) καθώς και στη γενική κατασκευή μηχανών.
2. Στεγανές ηλώσεις: χρησιμοποιούνται για να έχουμε στεγανότητα στην κατασκευή δοχείων (ιδιαίτερως στη ναυπηγική).
3. Σταθερές και στεγανές ηλώσεις (στερεοστεγανές): χρησιμοποιούνται σε ατμολέβητες και σε κλειστά δοχεία με μεγάλη εσωτερική πίεση όπου επιθυμούμε στεγανότητα και μεταφορά δυνάμεων.
4. Ηλώσεις προσκολλήσεως: χρησιμοποιούνται ως ένωση για επενδύσεις μεταλλικών σκελετών με ελάσματα (π.χ. λεωφορεία, αεροπλάνα).

## **3. Είδη ηλώσεων ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής**

1. Ηλώσεις επικάλυψης: το ένα έλασμα τοποθετείται κατά ένα τμήμα του επάνω στο άλλο.
2. Ηλώσεις με αρμοκαλύπτρες: τα ελάσματα τοποθετούνται μετωπικά και ο αρμός καλύπτεται με ένα ή δύο ελάσματα, που ονομάζονται αρμοκαλύπτρες.
4. **Πώς διακρίνονται οι ηλώσεις ανάλογα με τις σειρές των ήλων που τοποθετούνται;**

Ανάλογα με τις σειρές των ήλων που τοποθετούνται οι ηλώσεις διακρίνονται σε ηλώσεις απλής, διπλής ή τριπλής σειράς.

Όταν οι άξονες των ήλων συμπίπτουν, η ήλωση λέγεται **παράλληλη**, ενώ όταν οι σειρές μετατεθούν, η ήλωση λέγεται **ρομβοειδής ή διάταξη «ζικ-ζακ»**.

## **5. Πώς διακρίνονται οι ηλώσεις ανάλογα με τον αριθμό των διατομών των ήλων;**

Τέλος, ανάλογα με τον αριθμό των διατομών των ήλων, οι ηλώσεις διακρίνονται σε ηλώσεις απλής, διπλής κ.ο.κ. τομής.

## **6. Στοιχεία για τη σχεδίαση και την κατασκευή μιας ήλωσης**

Πρέπει να γνωρίζουμε τα στοιχεία του ήλου (**d**=διάμετρος κορμού, **l**=μήκος κορμού, **k**=ύψος κεφαλής, **a**=γωνία κωνικής κεφαλής,...)

Και επιπλέον της εξής αποστάσεις:

1. Το βήμα της ήλωσης (**t**): η απόσταση δύο διαδοχικών ήλων της ίδιας σειράς.
2. Την απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων σειρών ήλων (**e**).
3. Την απόσταση της ακραίας σειράς ήλων από την άκρη του ελάσματος (**e1**).
4. Την απόσταση του άξονα των ήλων από τον αρμό (**e2**), αν πρόκειται για ηλώσεις με αρμοκαλύπτρες.

#### **7. Με ποιους τρόπους κατασκευάζεται μια ήλωση;**

1. **Με το χέρι**: Εδώ περιλαμβάνεται και η ήλωση με πιστολέτο.
2. **Μηχανική μέθοδος**: Η κεφαλή δημιουργείται με συνεχή πίεση του ήλου από μηχανή.

Αρχικά συσφίγγονται τα ελάσματα, είτε αυτόματα από τη μηχανή είτε με μηχανικούς σφιγκτήρες στη μέθοδο με το χέρι. Ακολουθεί το τρύπημα των ελασμάτων (προσπαθούμε οι τρύπες που θα δημιουργηθούν να είναι ομοαξονικές). Οι οπές των ελασμάτων πρέπει να έχουν διάμετρο 1mm μεγαλύτερη από τη διάμετρο του ήλου. Στη συνέχεια τοποθετείται ο ήλος και διαμορφώνεται η κεφαλή. Κατά το πέρασμα του ήλου επιτυγχάνεται συμπίεση των ελασμάτων μεταξύ τους, παραμορφώνεται ο ήλος και γεμίζει την τρύπα. Η διαμόρφωση της δεύτερης κεφαλής γίνεται εν ψυχρώ ή εν θερμώ, εάν ο ήλος έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 8mm. Το μήκος του κορμού του ήλου πρέπει να είναι λίγο μεγαλύτερο από το άθροισμα του πάχους των ελασμάτων που πρόκειται να συνδεθούν.

#### **8. Οδηγίες για τη σωστή εκτέλεση μιας ήλωσης**

1. Επιλογή κατάλληλων εργαλείων και σωστή χρήση τους.
2. Προσοχή στη διάμετρο της οπής σε σχέση με την διάμετρο του ήλου.
3. Προσοχή στη σύσφιγξη των ελασμάτων πριν το τρύπημα.
4. Η οπή να ανοίγεται συγχρόνως και στα δυο ελάσματα.
5. Προσοχή στο μήκος του κορμού του ήλου.

### **7.3 ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ**

#### **1. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι κοχλίες;**

1. Ως μέσο λυόμενης σύνδεσης (κοχλίες σύνδεσης ή σύσφιγξης).
2. Για τη δημιουργία προέντασης (κοχλίας τάσης).
3. Για τον πωματισμό οπών.
4. Ως ρυθμιστικός κοχλίας για τη ρύθμιση του διακένου.
5. Ως κοχλίας μέτρησης(μικρόμετρο).
6. Για τη μεταβολή της περιστροφικής κίνησης σε γραμμική ή το αντίθετο (κοχλίας κίνησης) π.χ. στη μέγγενη, στο γρύλο, στο χειροκίνητο τρυπάνι.
7. Για μικρές μετατοπίσεις με χονδροειδές σπείρωμα (διαφορικός κοχλίας)

#### **2. Από τι αποτελείται ένας κοχλίας ; (περιγραφή κοχλίας)**

Ο κοχλίας αποτελείται από τον κορμό και την κεφαλή. Ο κορμός αποτελείται από το τμήμα που φέρει το σπείρωμα και το τμήμα χωρίς σπείρωμα, που ονομάζεται αυχένας. Υπάρχουν και κοχλίες που δεν έχουν αυχένα. Επίσης υπάρχουν κοχλίες χωρίς κεφαλή και με τον αυχένα στο κέντρο, οι οποίοι λέγονται φυτευτοί (μπουζόνια).

Οι πιο συνηθισμένοι κοχλίες έχουν εξαγωνική κεφαλή. Υπάρχουν όμως πολλών τύπων κεφαλές, με βάση τις οποίες ταξινομούνται και οι κοχλίες.

#### **3. Πώς δημιουργείται ένα σπείρωμα; (περιγράψτε την διαδικασία)**

Ως βάση για τη δημιουργία του σπειρώματος λαμβάνεται η ελικοειδής γραμμή. Για να πάρουμε την ελικοειδή γραμμή, τυλίγουμε μια ευθεία με γωνία κλίσης  $\alpha$  γύρω από έναν κύλινδρο. Αν κατά μήκος της ελικοειδούς γραμμής ολισθήσει μια κατατομή σχήματος τριγώνου, τραπεζίου, ορθογωνίου ή ημικυκλίου, θα παραχθεί σπείρωμα αντίστοιχης μορφής (τριγωνικό, τραπεζοειδές, ορθογωνικό ή στρογγυλό).

Τα συνηθέστερα σπειρώματα είναι δεξιόστροφα αλλά υπάρχουν και αριστερόστροφα. Ανάλογα με τον προορισμό τους μπορεί να είναι εσωτερικά ή εξωτερικά (δηλαδή αν πρόκειται για σπείρωμα κοχλίας ή περικοχλίου).

#### 4. Ποιες είναι οι βασικές διαστάσεις των σπειρωμάτων;

Τα κεφαλαία γράμματα αφορούν τις διαστάσεις του σπειρώματος περικοχλίου, ενώ τα μικρά τις διαστάσεις σπειρώματος του κοχλίου.

1.  $d, D$  = Ονομαστική διάμετρος ή εξωτερική διάμετρος: είναι η μεγαλύτερη διάσταση του σπειρώματος. Χαρακτηρίζει το σπείρωμα μετρικού συστήματος.
2.  $d_1, D_1$  = Εσωτερική διάμετρος του πυρήνα: είναι η μικρότερη διάμετρος του σπειρώματος.
3.  $d_2, D_2$  = Μέση διάμετρος σπειρώματος. Είναι η διάμετρος ενός φανταστικού κυλίνδρου που έχει τον ίδιο άξονα με το σπείρωμα και τέμνει τις σπείρες έτσι, ώστε το πλάτος της σπείρας να ισούται με το πλάτος του διακένου που υπάρχει μεταξύ τους.
4.  $h$  (DIN) ή  $P$ (ISO) = Βήμα του σπειρώματος.
5.  $t, h_3, T_1$  = Βάθος ή ύψος του σπειρώματος.
6.  $A$  = Γωνία κορυφής του σπειρώματος.

#### 5. Τι παραδοχή πρέπει να γίνει έτσι ώστε να πετύχουμε εναλλαξιμότητα\* στους κοχλίες και τα περικόχλια ;

Πρέπει σε ορισμένη εξωτερική διάμετρο να αντιστοιχεί πάντα το ίδιο βήμα.

Με αυτόν τον τρόπο έχουν συνταχθεί οι πίνακες που μας δίνουν το βήμα και τις άλλες διαστάσεις του σπειρώματος που αντιστοιχούν σε κάθε τυποποιημένη εξωτερική διάμετρο.

***\*(Εναλλαξιμότητα είναι η δυνατότητα αντικατάστασης ενός τεμαχίου από ένα άλλο με την***

***ίδια λειτουργική συμπεριφορά)***

#### 6. Κατηγορίες σπειρωμάτων

1. Τριγωνικό σπείρωμα: χρησιμοποιείται για κοχλίες σύνδεσης ή σύσφιγξης. Τα πιο συνηθισμένα τριγωνικά σπείρωματα είναι:

- a. Μετρικό (M): Η γωνία κορυφής είναι  $60^\circ$  και όλες οι διαστάσεις σε (mm)

- b. Whitworth (W, R): Η γωνία κορυφής είναι  $55^{\circ}$  και όλες οι διαστάσεις του σε ίντσες ("). Χρησιμοποιούνται στις Αγγλοσαξονικές και στις Σκανδιναβικές χώρες.
2. Τραπεζοειδές σπείρωμα: χρησιμοποιείται στους κοχλίες κίνησης, επειδή έχει μεγάλη διατομή. Είναι κατάλληλο για την μεταφορά μεγάλων δυνάμεων.
  3. Πριονοειδές σπείρωμα: μπορεί να δεχθεί πολύ μεγάλες αξονικές δυνάμεις, αλλά σε μία μόνο κατεύθυνση.
  4. Ειδικά σπειρώματα: χρησιμοποιούνται σε λεπτά ελάσματα, στους ηλεκτρικούς λαμπτήρες και για κοχλίες που φθείρονται εύκολα.

7. **Ποιες είναι οι εκτελέσεις που κατασκευάζετε το μετρικό σπείρωμα κατά ISO;**

Το μετρικό κατά ISO σπείρωμα κατασκευάζεται σε τρεις εκτελέσεις:

1. Λεπτό (f): για σπείρωμα μεγάλης ακρίβειας
2. Μέσο (m): για γενική χρήση
3. Χονδρό (g): αν δεν υπάρχουν προδιαγραφές για την ακρίβεια.

8. **Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι κοχλίες ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν;**

Οι κοχλίες διακρίνονται σε :

1. Κοχλίες σύνδεσης ή σύσφιγξης
2. Κοχλίες κίνησης

9. **Είδη κοχλιών σύνδεσης ή σύσφιγξης**

Χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση κομματιών και υπάρχουν σε διάφορους τύπους, ανάλογα με τον τρόπο που συνδέουν τα κομμάτια.

- 1) Περαστοί κοχλίες: περνούν ελεύθερα και στα δυο κομμάτια
- 2) Κοχλίες κεφαλής: χρησιμοποιούνται χωρίς περικόχλιο, γιατί περνά ελεύθερα μόνο στο ένα κομμάτι και βιδώνει στο άλλο.

- 3) Φυτευτοί κοχλίες (μπουζόνια): αυτοί φυτεύονται στο ένα κομμάτι και περνούν ελεύθερα στο άλλο. Φέρουν σπείρωμα και στα δυο άκρα.
- 4) Κοχλίες ανκύλωσης: Χρησιμοποιούνται για να στερεώσουμε κομμάτια σε δάπεδο, οροφές και τοίχους.

Σε όλους τους κοχλίες σύνδεσης χρησιμοποιείται τριγωνικής μορφής σπειρώματα. Κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβες που σπάνε δύσκολα. Σε βαριές κατασκευές χρησιμοποιούνται ειδικοί τύποι χαλύβων, ενώ σε ελαφριές κατασκευές χρησιμοποιούνται κοχλίες από κράματα αλουμινίου (αργιλίου).

#### 10. Ποιες είναι οι καταπονήσεις που υφίσταται ένας κοχλίας κατά την σύσφιγξη;

Κατά τη σύσφιγξη ένας **κοχλίας** καταπονείται σε **εφελκυσμό** ενώ τα κομμάτια και το περικόχλιο σε θλίψη. Οι δυνάμεις που καταπονούν έναν κοχλία είναι θλιπτικές και εφελκυστικές.

#### 11. Ποιες είναι οι καταπονήσεις που υφίσταται το σπείρωμα κατά την σύσφιγξη;

Έτσι το σπείρωμα καταπονείται σε **κάμψη**. Αυτό είναι πιο έντονο στα πρώτα σπειρώματα, όταν ο κοχλίας φορτιστεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε να δημιουργηθούν πλαστικές παραμορφώσεις των σπειρωμάτων του, προκαλείται καταστροφή του σπειρώματος, διότι η καταπονούμενη διατομή του σπειρώματος του περικοχλίου είναι μεγαλύτερη.

#### 12. Ποιος είναι ο λόγος που το περικόχλιο κατασκευάζεται από υλικό μικρότερης αντοχής απ' ότι ο κοχλίας;

Ο λόγος που το περικόχλιο κατασκευάζεται από υλικό μικρότερης αντοχής απ' ότι ο κοχλίας, είναι γιατί είναι πιο εύκολη η αντικατάσταση του περικοχλίου στην περίπτωση καταστροφής της σύνδεσης.

#### 13. Τι γνωρίζετε για τους κοχλίες κίνησης;

Οι κοχλίες κίνησης χρησιμοποιούνται για την μετατροπή περιστροφικής κίνησης σε ευθύγραμμη γραμμική, π.χ. (γρύλος, μέγγενη, πρέσα). Χρησιμοποιούνται σπειρώματα τραπεζοειδούς μορφής, διότι έχουν μεγαλύτερο βήμα από τα σπειρώματα τριγωνικής μορφής. Για την ταχύτερη κίνηση του περικοχλίου χρησιμοποιούνται σπειρώματα περισσότερων αρχών. Οι κοχλίες αυτοί καταπονούνται από την αξονική δύναμη και την ροπή στρέψης.

## **7.4. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ**

### **1. Τι ονομάζουμε συγκόλληση;**

Συγκόλληση γενικά λέγεται η με οποιαδήποτε μέθοδο ένωση δύο μετάλλων. Η ένωση αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της θερμότητας ή της πίεσης ή και των δύο, με ή χωρίς προσθήκη υλικού παρόμοιας σύνθεσης.

### **2. Σε ποιες εφαρμογές χρησιμοποιούνται οι συγκολλήσεις;**

Οι συγκολλήσεις αποτελούν ένα μέσο μόνιμης σύνδεσης, ευρύτατα διαδεδομένο τόσο στην κατασκευή μηχανών όσο και στις οποιεσδήποτε μεταλλικές κατασκευές. Βρίσκουν εφαρμογή σε στεφάνες τροχών, πλαίσια κιβώτια ταχυτήτων, δοχεία, λέβητες, σιδηρές κατασκευές κλπ.

Χρησιμοποιούνται επίσης για επισκευές ρωγμών και σπασιμάτων, ενώ είναι γνωστή και η συγκόλληση 'επιθέματος' σε θέσεις φθοράς και σε ενισχύσεις.

Τέλος, η 'φλογοκοπή' είναι στενά συνδεδεμένη με την τεχνική της συγκόλλησης και χρησιμοποιείται για την κοπή κομματιών και διάλυση μεταλλικών όγκων.

### **3. Σε ποια υλικά έχουν εφαρμογή οι συγκολλήσεις;**

Οι συγκολλήσεις έχουν πολύπλευρες εφαρμογές όχι μόνο σε υλικά όπως ο χάλυβας, ο χυτοχάλυβας αλλά και σε κράματα χαλκού, αλουμινίου και μαγνησίου, στο νικέλιο, τον ψευδάργυρο και το μόλυβδο, ακόμα και σε θερμοπλαστικές συνθετικές ύλες κλπ.

### **4. Πλεονεκτήματα συγκολλήσεων**

1. Οι συγκολλητές κατασκευές είναι ελαφρότερες έως 20% από τις καρφωτές, τις κοχλιωτές και συνήθως φθηνότερες. Επίσης από τις χυτές κατασκευές είναι ελαφρότερες έως και 50%.
2. Δεν παρουσιάζεται εξασθένιση του υλικού εξαιτίας των οπών που δημιουργούνται για τις καρφοσυνδέσεις.
3. Αποφεύγονται οι επικαλύψεις ελασμάτων, οπότε προκύπτουν επιφάνειες λείες, με μικρότερο κίνδυνο οξείδωσης, ευκολότερο καθαρισμό και καλύτερη εμφάνιση.
4. Σε μεμονωμένες κατασκευές, λόγω της απουσίας του μοντέλου στην τιμή και του χρόνου παράδοσης, είναι οικονομικότερες κατασκευές από τις χυτές. Σε παραγωγή σειράς όμως η κατασκευή χυτών κομματιών είναι συχνά φθηνότερη.

## **5. Μειονεκτήματα συγκολλήσεων**

1. Ελέγχεται πιο δύσκολα η ποιότητα της σύνδεσης και η κατασκευή απαιτεί ιδιαίτερη πείρα.
2. Η συναρμολόγηση των δοκών στα δικτυώματα είναι δυσκολότερη στην περίπτωση της συγκόλλησης παρά στην ήλωση, όπου η θέση της δοκού είναι προκαθορισμένη από τις οπές.
3. Μειονέκτημα επίσης θεωρείται και το γεγονός ότι συγκολλούνται κατά κανόνα όμοια υλικά.
4. Υπάρχει κίνδυνος στρέβλωσης και επιβλαβούς μεταβολής του κρυσταλλικού ιστού των κομματιών, λόγω της μεγάλης τοπικής θερμοκρασίας και της ψύξης που ακολουθεί .

## **6. Σε ποιές κατηγορίες διακρίνουμε τις συγκολλήσεις ανάλογα με την κατάσταση που φτάνουν οι προς συγκόλληση επιφάνειες.;**

Οι συγκολλήσεις ανάλογα με την κατάσταση που φτάνουν οι προς συγκόλληση επιφάνειες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Συγκολλήσεις τήξης.
2. Συγκολλήσεις πίεσης. (πλαστικές συγκολλήσεις)

## **7. Τι ονομάζουμε αυτογενή και τι ετερογενή στις συγκολλήσεις τήξης;**

Στις συγκολλήσεις αυτές, όταν η κόλληση και τα κομμάτια που θα συγκολληθούν είναι από το ίδιο υλικό ή παρόμοιο, η συγκόλληση λέγεται αυτογενής.

Αν το υλικό της κόλλησης διαφέρει από το υλικό των προς συγκόλληση κομματιών, η συγκόλληση λέγεται ετερογενής.

## **8. Με ποιούς τρόπους επιτυγχάνεται η συγκόλληση τήξης;**

1. Η συγκόλληση τήξης επιτυγχάνεται με **τοπική θέρμανση** μέχρι του σημείου τήξης των άκρων των προς συγκόλληση κομματιών, κατά μήκος της γραμμής που πρέπει να γίνει η συγκόλληση. Έτσι σχηματίζεται ένα αυλάκι ρευστού μετάλλου μεταξύ των άκρων των κομματιών, το οποίο μόλις στερεοποιηθεί, δημιουργείται η συγκόλληση.

2. Άλλος τρόπος συγκόλλησης τήξης επιτυγχάνεται με τήξη και του χρησιμοποιούμενου **συγκολλητικού υλικού** (κόλληση), εκτός από την τήξη των άκρων των κομματιών.
3. Τέλος άλλος τρόπος συγκόλλησης τήξης είναι με **τήξη μόνο της κόλλησης**. Η κόλληση αυτή είναι από υλικό τελείως διαφορετικό από το υλικό των προς συγκόλληση κομματιών και έχει οπωσδήποτε χαμηλότερο σημείο τήξης από αυτά. Τα κομμάτια που θα κολληθούν με αυτόν τον τρόπο μπορεί να είναι και από διαφορετικό υλικό .

#### **9. Πως πραγματοποιούνται οι αυτογενείς συγκολλήσεις;**

Κατά τις αυτογενείς συγκολλήσεις, οι οποίες είναι συγκολλήσεις τήξης, για να πετύχουμε το πύρωμα των κομματιών μέχρι το σημείο τήξης, χρειάζεται να προσδώσουμε μεγάλη ποσότητα θερμότητας στα σημεία συγκόλλησης, αν λάβουμε υπόψη ότι τα μέταλλα έχουν πολύ υψηλά σημεία τήξης (ο χάλυβας π.χ. έχει σημείο τήξης από 1460 μέχρι 1520 °C).

#### **10. Τι ονομάζουμε οξυγονοσυγκόλληση;**

Όταν στις αυτογενείς συγκολλήσεις σαν πηγή θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί φλόγα καύσιμου αερίου και οξυγόνου, τότε η αυτογενής συγκόλληση ονομάζεται **οξυγονοσυγκόλληση**. Ως καύσιμο αέριο χρησιμοποιείται κυρίως ασετιλίνη (θερμοκρασία ανάφλεξης 3200 °C). Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή στις κατασκευές σωληνωτών αγωγών, δοχείων, συγκόλληση λεπτών φύλλων, επιδιορθώσεις .

#### **11. Τι ονομάζουμε ηλεκτροσυγκόλληση που εφαρμόζεται και πώς πραγματοποιείται;**

Όταν στις αυτογενείς σαν πηγή θερμότητας χρησιμοποιηθεί η ηλεκτρική ενέργεια, η συγκόλληση ονομάζεται **ηλεκτροσυγκόλληση** (συγκόλληση με ηλεκτρικό τόξο).

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε εκτεταμένες εργασίες παραγωγής. Εφαρμόζεται σε όλους τους τομείς της κατασκευής και της επιδιόρθωσης ως συγκόλληση σύνδεσης με τετηγμένο μέταλλο.

Η τήξη γίνεται με τη βοήθεια φωτεινού ηλεκτρικού τόξου (3500 °C) συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος, το οποίο δημιουργείται μεταξύ των προς συγκόλληση αντικειμένων και ενός μεταλλικού κατά κανόνα ηλεκτροδίου.

## **12. Από τι εξαρτάται η ένταση του ρεύματος στις ηλεκτροσυγκολλήσεις;**

Η ένταση του ρεύματος στις ηλεκτροσυγκολλήσεις ρυθμίζεται ανάλογα με το πάχος των κομματιών που θα συγκολληθούν.

## **13. Ποια είναι τα είδη ηλεκτροδίων**

Τα μεταλλικά ηλεκτρόδια, τα οποία αποτελούν συγχρόνως και κόλληση, διακρίνονται **σε γυμνά** και

**επενδεδυμένα.**

## **14. Ποιούς σκοπούς εξυπηρετούν τα επενδεδυμένα ηλεκτρόδια;**

Τα **επενδεδυμένα** ηλεκτρόδια φέρουν μια επένδυση που τήκεται εύκολα με σκοπό:

1. τη δημιουργία στρώσης προστασίας από σκουριά,
2. τη διάλυση των ακαθαρσιών,
3. τη δημιουργία προστατευτικού μανδύα από αέρια,
4. τον ιονισμό ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο και στην ατμόσφαιρα, ώστε να διευκολύνεται το άναμμα και να συντηρείται σταθερό ηλεκτρικό τόξο .

Χρησιμοποιούνται επίσης και **ηλεκτρόδια από άνθρακα**. Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται μόνο συνεχές ρεύμα.

**Τόσο η συγκόλληση ηλεκτρικού τόξου όσο και η οξυγονοσυγκόλληση αποτελούν μεθόδους συγκόλλησης με το χέρι.**

## **15. Άλλα είδη συγκολλήσεων**

- Μέθοδοι συγκόλλησης μετάλλου αδρανούς αερίου (MIG) ή μετάλλου ενεργού αερίου (MAG),
- βολφραμίου – αδρανούς αερίου (WIG),
- πλάσματος με μηχανικά περιοριστικό ηλεκτρικό τόξο,
- Η συγκόλληση με πλήρες σύρμα και με υπόβαθρο σκόνης (U P) αποτελούν μεθόδους μερικά ή εξολοκλήρου αυτοματοποιημένες.

Για όλες αυτές τις μεθόδους σαν προστατευτικά αέρια χρησιμοποιούνται αργό ή μίγμα από αργό-ήλιο (αδρανή αέρια)\*, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και υδρογόνο (ενεργά αέρια).

- Η συγκόλληση πλάσματος χρησιμοποιείται για λεπτά φύλλα (μέχρι 1mm) για κραματούχους και μη χάλυβες, χαλκό, ορείχαλκο και ειδικά μέταλλα .
- Η συγκόλληση WIG χρησιμοποιείται για πάχη ελασμάτων από 0,6mm μέχρι 3mm για όλα τα μη σιδηρούχα μέταλλα .
- Οι συγκολλήσεις MIG / MAG χρησιμοποιούνται κυρίως για χαλύβδινα υλικά.
- Η συγκόλληση UP χρησιμοποιούνται για πάχη ελασμάτων μεγαλύτερα από 10mm, στη ναυπηγική, στις επιμεταλλώσεις, και θεωρείται τελείως αυτόματη μέθοδος.
- Η συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων χρησιμοποιείται για σύνθετες συγκολλήσεις και για δύσκολα συγκολλητά υλικά.

*\* Αδρανή αέρια ή ευγενή αέρια: ήλιο (H<sub>2</sub>), νέο (Ne), αργό (Ar), κρυπτό (Kr), ξένο (Xe) ραδόνιο (Rn) και βρίσκονται στην όγδοη ομάδα του περιοδικού πίνακα. Ονομάζονται αδρανή γιατί δεν ενώνονται με άλλα στοιχεία ούτε μεταξύ τους, αφού έχουν ήδη συμπληρωμένη την εξωτερική τους στιβάδα με οκτώ ηλεκτρόνια. Βρίσκουν πρακτική εφαρμογή στους λαμπτήρες πυράκτωσης και στις φωτεινές διαφημίσεις (Ne). Ακόμα το (He) χρησιμοποιείται και ως αναπνεύσιμο αέριο από τους δύτες.*

#### **16. Τι γνωρίζετε για τις ετερογενείς συγκολλήσεις;**

Στις **ετερογενείς** συγκολλήσεις τα κομμάτια θερμαίνονται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο τήξης τους, αλλά φυσικά υψηλότερη από το σημείο τήξης της κόλλησης.

#### **17. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι ετερογενείς κολλήσεις ;**

Διακρίνονται σε **μαλακές** και σε **σκληρές** συγκολλήσεις.

**Μαλακές** είναι αυτές που η κόλληση λιώνει σε θερμοκρασία μικρότερη από **500 °C** και **σκληρές** εκείνες που η κόλληση λιώνει πάνω από **500 °C**.

#### **18. Που βρίσκουν εφαρμογή οι ετερογενείς συγκολλήσεις ;**

Οι ετερογενείς συγκολλήσεις βρίσκουν εφαρμογή στις συγκολλήσεις των ανομοιογενών μετάλλων ή όταν δεν επιτρέπονται οι υψηλές θερμοκρασίες.

#### **19. Συγκολλήσεις με πίεση**

Στις συγκολλήσεις αυτές θερμαίνονται τα κομμάτια που θα συνδεθούν στη θέση συγκόλλησης σε θερμοκρασία μικρότερη από το σημείο τήξης του μετάλλου τους και **πιέζονται δυνατά** οι επιφάνειες συγκόλλησης, χωρίς την προσθήκη κόλλησης. Με

πίεση μπορούν να συγκολληθούν κομμάτια και εν ψυχρώ. Χρησιμοποιείται για συγκόλληση λεπτών ελασμάτων, σωλήνων με διατομή μέχρι  $200 \text{ cm}^2$  κ.α.

## **20. Συγκόλληση με τριβή.**

Στη συγκόλληση με τριβή η θερμοκρασία παράγεται με την **τριβή** των κομματιών που θα συγκολληθούν και στη συνέχεια **πιέζονται**. Χρησιμοποιείται κυρίως για μικρά κομμάτια μαζικής παραγωγής.

## **21. Μορφές ραφών συγκολλήσεων**

Ανάλογα με τη σχετική θέση των κομματιών που θα συγκολληθούν προκύπτουν διαφορές μορφές ραφών. Οι ραφές αυτές μπορούν συνολικά να ταξινομηθούν στις εξής μορφές:

- 1) Μετωπική ραφή ( εσωραφή )
- 2) Γωνιακή ραφή (εξωραφή )

- Η **μετωπική σύνδεση** χρησιμοποιείται για ελάσματα και φορείς. Μπορεί να δεχθεί περισσότερα φορτία, στατικά και δυναμικά, από την εξωραφή. Η συγκόλληση μπορεί να γίνει με ή χωρίς προετοιμασία των άκρων, ανάλογα με το πάχος των κομματιών που θα συνδεθούν. Ανάλογα με την προετοιμασία των άκρων των ελασμάτων που θα συνδεθούν διακρίνονται οι εξής μορφές ραφής: **V, X, Y, U, K, I.**
- Η **γωνιακή ραφή** ενώνει τα κομμάτια που σχηματίζουν «Τ», μια γωνία ή επικαλύπτονται. Συνήθως εκτελείται με διπλή εξωραφή και είναι περισσότερο ευαίσθητη από τη μετωπική.

Οι γωνιακές ραφές διακρίνονται σε: **επίπεδες, κοίλες, κυρτές.**

Η γωνιακή σύνδεση δέχεται μικρότερο φορτίο από τη σύνδεση T. Η σύνδεση με επικάλυψη δέχεται τη μικρότερη φόρτιση από όλες τις μορφές σύνδεσης .

Και οι δύο γενικές μορφές ραφών (εσωραφές και εξωραφές) **εκτελούνται με μία ή περισσότερες στρώσεις**, κορδόνια, ανάλογα με το πάχος των κομματιών που θα συγκολληθούν.

## **ΣΦΗΝΕΣ**

### **1. Τι γνωρίζετε για τις σφήνες ως μέσο σύνδεσης;**

Οι σφήνες αποτελούν ένα πολύ εύκολο και συνηθισμένο τρόπο λυόμενης σύνδεσης.

### **2. Σε ποιές κατηγορίες διακρίνονται οι σφήνες ανάλογα με τη διάταξη και το είδος χρησιμοποίησής τους;**

Οι σφήνες ανάλογα με τη διάταξη και το είδος χρησιμοποίησής τους διακρίνονται σε δυο κατηγορίες στις :

1. **Διαμήκεις** και στις
2. **Εγκάρσιες.**

### **3. Διαμήκεις σφήνες**

Οι διαμήκεις σφήνες είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες στις εφαρμογές. Η τυπική σφήνα είναι ένα χαλύβδινο κομμάτι ορθογωνικής διατομής, με κλίση προς τη μία πλευρά 1:100. Για την τοποθέτηση της σφήνας στα συνδεόμενα κομμάτια κατασκευάζονται πάνω σ' αυτά αυλάκια, οι λεγόμενοι σφηνόδρομοι, μέσα στα οποία ωθείται η σφήνα. Έτσι και λόγω της κλίσης που διαθέτει δημιουργεί σύσφιξη στα κομμάτια. Η μεταφορά ροπής στρέψης από το ένα κομμάτι στο άλλο επιτυγχάνεται τόσο με τις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται λόγω της κλίσης, όσο και με τις πλευρικές επιφάνειες της σφήνας η οποία διατέμνεται.

### **4. Μορφές διαμηκών σφηνών**

Υπάρχουν διάφορες μορφές διαμηκών σφηνών: οδηγός, δισκοειδής, επίπεδη με νύχι, κοίλη, εφαπτομενική.

### **5. Σφήνες οδηγοί**

Οι σφήνες οδηγοί είναι διαμήκεις σφήνες αλλά διαφέρουν από αυτές ως προς το σχήμα τους. Δε δίνεται η κλίση 1:100 στη μία πλευρά ούτε καμπυλότητα στο κάτω μέρος. Ως εκ τούτου, με την τοποθέτηση των σφηνών οδηγών, δεν επιτυγχάνεται σύσφιξη των συνδεόμενων κομματιών αλλά **ολισθαίνει** το ένα πάνω στο άλλο. Αυτές ασφαλίζονται με **κοχλίες ασφάλειας** πάνω στην άτρακτο, αν πρόκειται να μεταφέρουν μεγάλα φορτία.

## **6. Εγκάρσιες σφήνες**

Οι σφήνες αυτές χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δύο στοιχείων που έχουν μορφή ράβδου ή μιας ράβδου και ενός άλλου στοιχείου. Κατά κανόνα αυτές έχουν μόνο μία κλίση, για να προσαρμόζονται ευκολότερα στην οπή. Η κλίση τους είναι από 1:25 έως 1:40.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι πείροι . Η σύνδεση με πείρους ήταν παλιότερη μορφή σύνδεσης στοιχείων μηχανών. Ανάλογα με τη μορφή τους διακρίνονται σε κυλινδρικούς, κωνικούς και σε πείρους με εγκοπές .

## **7. Πολύσφηνα**

Τα πολύσφηνα φέρουν στην περιφέρειά τους πολλές σφήνες, που διαμορφώνονται πάνω στην άτρακτο. Έχουμε δηλαδή άξονα διαμορφωμένο σε πολύσφηνο. Αυτό γίνεται, όταν πρόκειται να μεταφερθεί μεγάλη ροπή στρέψης. Τα πολύσφηνα επιτρέπουν αξονικές μετατοπίσεις της πλήμνης και χρησιμοποιούνται συνήθως σε κιβώτια ταχυτήτων, σε σύνδεση οδοντωτών τροχών με ατράκτους. Τα αυλάκια τους κατασκευάζονται συμμετρικά και οι διαστάσεις τους δίνονται από πίνακες του D.I.N., όπως και για τις άλλες σφήνες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

- Ροπή:  $M = F R = F d / 2$
- Ταχύτητα περιστροφής ή "στροφές":  $n = c \text{ (κύκλοι) } / \text{min (ή R.P.M)}$
- Περιφερειακή ταχύτητα:  $v = 2\pi n R = \pi d n$
- Ισχύς:  $P = F v$  ή  $P = F \pi d n$  ή  $P = M 2\pi n \Rightarrow M = P / 2\pi n$

Αν η ροπή μετρηθεί σε  $\text{daN.m}$  (1  $\text{kr.m}$  περίπου), η ισχύς σε  $\text{PS}$  και η ταχύτητα περιστροφής σε  $\text{R.P.M}$ , η σχέση γράφεται:

$$M = 716,2 P / n$$

- Σχέση ροπών και στροφών (στην περίπτωση που δεν έχουμε απώλεια ισχύος λόγω τριβών):

$$M_1 / M_2 = n_2 / n_1$$

Οι ροπές των αξόνων είναι αντιστρόφως ανάλογες προς τις στροφές τους.

- Σχέση μετάδοσης:

$$i = n_2 / n_1$$

- Σχέση στροφών και διαμέτρων:  $v_1 = v_2$  (οι συνεργαζόμενοι τροχοί έχουν την ίδια περιφερειακή ταχύτητα)  $\Rightarrow \pi d_1 n_1 = \pi d_2 n_2 \Rightarrow d_1 n_1 = d_2 n_2$  άρα

$$d_1 / d_2 = n_2 / n_1 = i$$

Οι στροφές των τροχών είναι αντιστρόφως ανάλογες των διαμέτρων τους.

- Βαθμός απόδοσης = Ισχύς κινούμενου προς ισχύ κινητήριου =  $P_2 / P_1$

Ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 0,94 ως 0,99 (94% - 99%). Οι απώλειες ισχύος οφείλονται κυρίως στις τριβές, αλλά συνήθως δεν τις λαμβάνουμε υπόψη, δηλαδή θεωρούμε ότι  $P_1 = P_2$ .

## **9.1 ΑΞΟΝΕΣ –ΑΤΡΑΚΤΟΙ-ΣΤΡΟΦΕΙΣ**

### **1. Τι ονομάζουμε άτρακτο ;**

Άτρακτος ονομάζεται κάθε ράβδος που περιστρέφεται μεταφέροντας ροπή.

### **2. Σε τι φορτία υπόκειται η άτρακτος;**

Η άτρακτος υπόκειται σε καμπτικά αλλά και σε στρεπτικά φορτία.

### **3. Τι ονομάζουμε άξονα και σε τι φορτία υπόκειται ;**

Άξονας λέγεται κάθε ράβδος γύρω από την οποία περιστρέφονται άλλα εξαρτήματα ή κάθε ράβδος που περιστρέφεται χωρίς να μεταφέρει ροπή. Ο άξονας υπόκειται μόνο σε καμπτικά φορτία.

### **4. Περιγράψτε την μορφή άξονα- άτρακτου**

Τόσο οι άξονες όσο και οι άτρακτοι δεν είναι ομοιόμορφοι σε όλο το μήκος τους. Φέρουν άλλα στοιχεία μετάδοσης κίνησης, όπως οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια), αλυσοτροχούς, τροχαλίες και τροχούς, ενώ υπάρχουν και διαμορφωμένες επιφάνειες για τη στήριξή τους ή και τη συνεργασία τους με άλλα στοιχεία (στροφείς).

### **5. Ποια στοιχεία ονομάζονται στροφείς;**

Στροφείς ονομάζονται τα σημεία της ατράκτου ή του άξονα όπου δημιουργείται συνεργασία (επαφή και περιστροφή) με άλλα στοιχεία.

### **6. Ποίος είναι ο βασικός σκοπός των ατράκτων και πώς επιτυγχάνεται αυτό ; (δώστε ένα παράδειγμα)**

Βασικός σκοπός των ατράκτων είναι να μεταφέρουν τη ροπή από κάποιο σημείο τους σε κάποιο άλλο. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει αφενός να περιστρέφονται με την βοήθεια των στροφέων τους και αφετέρου να έχουν τη δυνατότητα να φέρουν καμπτικά φορτία (εγκάρσια κατά το μήκος τους).

Κλασικό παράδειγμα ατράκτου είναι ο εκκεντροφόρος άξονας, ο οποίος μεταφέρει τη ροπή που παραλαμβάνει από την τροχαλία που βρίσκεται στο ένα άκρο του, σε όλο το μήκος του, ώστε να περιστραφούν τα έκκεντρα και να διεγείρουν τόσο τα ωστήρια των βαλβίδων όσο και το γρανάζι περιστροφής της αντλίας λαδιού. Η συνεργασία των εκκέντρων με τα ωστήρια, η τάνυση του ιμάντα της τροχαλίας και οι ακτινικές δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη συνεργασία του γραναζιού με την αντλία δημιουργούν καμπτικές δυνάμεις με διεύθυνση κάθετη στον άξονα του εκκεντροφόρου.

**7. Οι άξονες μπορούν να μεταφέρουν στρεπτικά φορτία; Δώστε ένα παράδειγμα κίνησης άξονα.**

Οι άξονες δεν μεταφέρουν στρεπτικά φορτία όπως οι άτρακτοι, παρά μόνο καμπτικά. Κλασσικό παράδειγμα είναι ο άξονας ενός μη κινητήριου τροχού που έχει σαν σκοπό την στήριξη του τροχού και όχι την μεταφορά ροπής σε αυτόν.

**8. Τι τύπους αξόνων – ατράκτων συνήθως βρίσκουμε στο εμπόριο;**

Οι άτρακτοι και οι άξονες που χρησιμοποιούνται στα μηχανήματα δε διατίθενται στο εμπόριο με την μορφή που εμείς επιθυμούμε, για να εκπληρώσουν το ρόλο τους. Στο εμπόριο υπάρχουν τελείως **κυλινδρικοί συμπαγείς ή διάτρητοι άξονες** σε τυποποιημένες διαστάσεις.

**9. Μπορούμε να κατατάξουμε τους άξονες – ατράκτους ανάλογα με τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά; (ναι, όχι και γιατί).**

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά κάθε άξονα - άτρακτου είναι για κάθε περίπτωση ειδικά προσδιορισμένα. Η ποικιλία των διατομών κάθε άξονα εξυπηρετεί τις ιδιαίτερες λειτουργικές ανάγκες του, για αυτό και δεν είναι δυνατό να κατατάξουμε τους διαμορφωμένους άξονες-ατράκτους σε κατηγορίες.

**10. Υλικά κατασκευής των αξόνων – ατράκτων**

Τα υλικά κατασκευής των αξόνων – ατράκτων ποικίλλουν ανάλογα με τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά σε συνάρτηση με τις δυνάμεις που φέρουν. Συνήθως για την κατασκευή αξόνων χρησιμοποιούμε χάλυβα\* με αντοχή  $50\text{kp/mm}^2$  ή  $60\text{kp/mm}^2$ . Σε ειδικές κατασκευές μεγάλων απαιτήσεων είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν χάλυβες καλύτερης ποιότητας. Αυτοί είναι κράματα χαλύβων με Cr, Ni, Mg, Mo, W, V, Ti, Co σε διάφορες περιεκτικότητες. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ότι μπορούν υποστούν θερμικές κατεργασίες όπως 'Μαρτενσιτική βαφή\*\*' και έτσι να αποκτήσουν μεγαλύτερη αντοχή και επιφανειακή σκληρότητα, παράλληλα όμως γίνονται και περισσότερο εύθραυστοι σε κρουστικά φορτία.

**\*(Ο χάλυβας (κοινώς ατσάλι) είναι κράμα σιδήρου– άνθρακα)**

**\*\*Οι χάλυβες (και μερικά ακόμη κράματα) έχουν τη χαρακτηριστική ιδιότητα να αποκτούν εξαιρετικά μεγάλες αντοχές, όταν υποστούν απότομη ψύξη από μεγάλη θερμοκρασία στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος υπό ορισμένες προϋποθέσεις (μαρτενσιτική βαφή).**

**11. Ποια χαρακτηριστικά πρέπει να «εκτιμήσουμε» για την σωστή επιλογή ενός χάλυβα με σκοπό την κατασκευή ατράκτου-άξονα;**

Τα χαρακτηριστικά πρέπει να «εκτιμήσουμε» για την σωστή επιλογή ενός χάλυβα με σκοπό την κατασκευή ατράκτου-άξονα είναι :

1. Αντοχή σε εφελκυσμό –θλίψη
2. Αντοχή στην τριβή
3. Επιφανειακή σκληρότητα
4. Δυσθραυστότητα\*
5. Κατεργασιμότητα
6. Ικανότητα λείανσης
7. Ικανότητα θερμικής κατεργασίας.

*\* Η δυσθραυστότητα είναι η αντοχή των μετάλλων σε κρούση, σε δύναμη δηλ. που εφαρμόζεται απότομα.*

**12. Γιατί πρέπει να λειαινόνται οι στροφείς**

Τα σημεία στήριξης των αξόνων στους τριβείς κύλισης ή ολίσθησης (στροφείς) πρέπει να λειανθούν σε κατάλληλα λειαντικά μηχανήματα (ρεκτιφιέ). Στόχος της λείανσης των στροφών είναι η μείωση της επιφανειακής τραχύτητας, ώστε να ελαττωθεί ο συντελεστής τριβής. Τούτο είναι σημαντικό για την καλή συνεργασία τους με τα έδρανα ολίσθησης (κουζινέτα) αλλά και για την επίτευξη ακρίβειας στην διάσταση. Η διάσταση της διαμέτρου της ατράκτου στο σημείο του στροφέα, δηλαδή, πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια ανοχών που απαιτούνται για τη σωστή τοποθέτησή της στον εσωτερικό δακτύλιο των εδράνων κύλισης (ρουλεμάν).

**13. Ποια είναι τα είδη των στροφών;**

Τα είδη των στροφών , που συνήθως διαμορφώνονται σε άξονες – ατράκτους, είναι:

1. Ακραίος εγκάρσιος (μετωπικός)
2. Ενδιάμεσος εγκάρσιος
3. Κωνικός κοχλιωτός
4. Σφαιρικός
5. Αξονικός

#### **14. Επίδραση εγκοπών στην αντοχή των ατράκτων**

Οι διαβαθμίσεις, οι σφηναύλακες και οποιαδήποτε διαμόρφωση της ατράκτου προκαλεί “εγκοπές” στην επιφάνειά της έχουν ως συνέπεια τη “συγκέντρωση τάσεων” στα σημεία εγκοπών. Κατά τον υπολογισμό της ατράκτου σε δυναμική καταπόνηση η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Για να μειώσουμε τη “συγκέντρωση τάσεων” στις διαβαθμίσεις, διαμορφώνουμε τα εν λόγω σημεία με μια μικρή ακτίνα καμπυλότητας, εάν αυτό είναι λειτουργικά δυνατό.

#### **15. Υπολογισμός στροφών**

Οι στροφείς πρέπει να υπολογίζονται :

Σε **αντοχή** ,σε **θέρμανση** (λόγω τριβής) και σε **ειδική (επιφανειακή) πίεση**

#### **16. Επίδραση του βέλους κάμψης**

Σημαντικό χαρακτηριστικό της λειτουργίας των ατράκτων είναι το βέλος κάμψης που αποκτούν από τις εγκάρσιες δυνάμεις που δέχονται κατά τη συνεργασία τους με στοιχεία άλλων ατράκτων. Εντονότερα εμφανίζεται αυτό το φαινόμενο όσο μικρότερη είναι η διάμετρος και όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της ατράκτου. Το πρόβλημα αυτό προκαλεί κακή συνεργασία μεταξύ των οδοντωτών τροχών και υπερθέρμανση των εδράνων λόγω της γωνιακής θέσης που παίρνουν οι στροφές εξαιτίας του σημαντικού βέλους κάμψης.

#### **17. Επίδραση της θερμοκρασίας**

Αυτό που πρέπει επίσης να προσεχθεί κατά το σχεδιασμό των ατράκτων – αξόνων είναι η θερμοκρασία λειτουργίας τους, που συνήθως είναι σχετικά υψηλή (αυτό εξαρτάται και από την ικανότητα λίπανσης των εδράνων τους). Η υψηλή θερμοκρασία προκαλεί διαστολή των ατράκτων, γι’ αυτό και πρέπει κατά το σχεδιασμό τους να παρέχεται η δυνατότητα αξονικής ελευθερίας κίνησης. Για το λόγο αυτό, πρέπει να έχει επιλεγεί κατάλληλος τύπος εδράνου.

## **9.2 ΕΔΡΑΝΑ - ΕΙΔΗ ΕΔΡΑΝΩΝ**

### **1. Τι ονομάζουμε έδρανα;**

Τα έδρανα είναι τα στοιχεία που στηρίζουν τις ατράκτους στο “σώμα”-βάση της μηχανής, ώστε να επιτυγχάνεται η περιστροφή τους.

Εάν δεν υπήρχαν τα έδρανα, η περιστροφή της ατράκτου στις θέσεις στήριξής της θα προκαλούσε λόγω τριβής, διαστολή, ακινητοποίηση (δάγκωμα) και τελικά αστοχία-θραύση της ατράκτου.

### **2. Ποια είναι τα είδη των εδράνων ανάλογα με το είδος της τριβής που αναπτύσσεται;**

Υπάρχουν δύο είδη εδράνων: τα έδρανα **κύλισης** και τα έδρανα **ολίσθησης**.

### **3. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ των εδράνων ολίσθησης με τα έδρανα κύλισης;**

Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ των εδράνων ολίσθησης (κουζινέτα) και των εδράνων κύλισης (ρουλμάν) εστιάζεται στο είδος της αναπτυσσόμενης τριβής. Στα έδρανα ολίσθησης, μεταξύ των δύο επιφανειών στροφέα (ατράκτου) και εδράνου αναπτύσσεται τριβή ολίσθησης, διότι η μια επιφάνεια (του στροφέα) ολισθαίνει πάνω στην επιφάνεια του εδράνου. Αντίθετα, στα έδρανα κύλισης επιτυγχάνεται περιστροφή του στροφέα ως προς τον εξωτερικό δακτύλιο του εδράνου με την κύλιση των στοιχείων κύλισης (σφαίρες, κύλινδροι, κόλουροι κώνοι, βαρελοειδή) που βρίσκονται μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού δακτυλίου του εδράνου.

### **4. Τι επηρεάζει το ποσό ενέργειας που χάνεται κατά την περιστροφή των εδράνων;**

- 1) Η Κατακόρυφη δύναμη
- 2) Η ποιότητα των συνεργαζόμενων επιφανειών
- 3) Λίπανση

### **5. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα εδράνων ολίσθησης –εδράνων κύλισης.**

- (+) Τα έδρανα κύλισης έχουν μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης
- (-) Τα έδρανα κύλισης είναι ακριβότερα από τα έδρανα ολίσθησης.
- (-) Τα έδρανα κύλισης δεν μπορούν να τοποθετηθούν παντού.

## **6. Ποιους σκοπούς επιτελούν τα έδρανα;**

Τα έδρανα επιτελούν τους παρακάτω σκοπούς:

- 1) Επιτρέπουν την **περιστροφή** της ατράκτου που στηρίζουν.
- 2) **Μεταβιβάζουν τις δυνάμεις** (αξονικές και ακτινικές) από την άτρακτο προς τη βάση της μηχανής.
- 3) Επιτρέπουν (πιθανώς) **αξονική μετατόπιση** της ατράκτου, ώστε να παραλαμβάνονται οι μετατοπίσεις λόγω διαστολής τους.
- 4) Φέρουν (πιθανώς) αγωγούς-υποδοχές **λίπανσης**, ώστε να διατηρούν χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη συνεργασία τους με την άτρακτο.
- 5) Ορισμένοι τύποι επιτρέπουν την περιστροφή της ατράκτου με **μικρά σφάλματα ευθυγράμμισης**.
- 6) Επιτρέπουν (πιθανώς) **μικρές κλίσεις** της ατράκτου ως προς τον αρχικό άξονα περιστροφής της.

## **7. Ποιες είναι οι κατηγορίες οι οποίες διακρίνονται τα έδρανα**

- 1) Ανάλογα με τις δυνάμεις που παραλαμβάνουν τα έδρανα διακρίνονται σε **αξονικά** και **εγκάρσια**.
- 2) Ανάλογα με το είδος της τριβής που αναπτύσσεται στα έδρανα, αυτά διακρίνονται σε **έδρανα ολίσθησης**, όπου κυριαρχεί η τριβή ολίσθησης, και σε **έδρανα κύλισης**, όπου αναπτύσσεται τριβή κύλισης, ώστε να επιτευχθεί η περιστροφή της ατράκτου.
- 3) Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας διακρίνονται σε **έδρανα αυτορύθμιστα**, τα οποία “παρακολουθούν” αυτόματα την παραμόρφωση του στροφέα που προκαλείται από τη φόρτιση της ατράκτου και σε **σταθερά** τα οποία εφαρμόζονται σε ατράκτους που παραμένουν πρακτικά απαραμόρφωτες κατά τη φόρτισή τους .

## **8. Περιγραφή εδράνων ολίσθησης**

Τα έδρανα ολίσθησης αποτελούνται από:

- 1) Τον τριβέα που είναι κατασκευασμένος από διαφορά υλικά όπως χυτοσίδηρο, μπρούντζο, ορείχαλκο, ψευδάργυρο, λευκό μέταλλο, κράματα μολύβδου-

ορειχάλκου αλλά και συνθετικά υλικά (τεφλόν, φίμπερ). Ο τριβέας είναι το εξάρτημα που έρχεται σε άμεση επαφή με τη στρεφόμενη άτρακτο, γι' αυτό και απαιτείται η λίπανσή του. Η λίπανση συνήθως γίνεται με ορυκτέλαιο και στην περίπτωση των αυτολίπαντων τριβών ολίσθησης με γραφίτη.

- 2) Το σώμα που είναι το εξάρτημα που στο εσωτερικό του φέρει τον τριβέα και αρκετές φορές αποτελεί ταυτόχρονα και βάση στήριξης όλης της έδρασης. Το σώμα του τριβέα συνήθως είναι κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο, αλουμίνιο ή ειδικό πλαστικό.

## **9. Περιγραφή εδράνων κύλισης**

Τα έδρανα κύλισης αποτελούνται από:

- 1) Τον εσωτερικό δακτύλιο
- 2) Τα στοιχεία κύλισης (σφαίρες, κύλινδροι, κόλouroι κώνοι, λεπτοί κύλινδροι – “βελόνες”, βαρελάκια)
- 3) Τον κλωβό – θήκη των στοιχείων κύλισης
- 4) Τον εξωτερικό δακτύλιο

Τα στοιχεία συνεργασίας των εδράνων κύλισης (εσωτερικός – εξωτερικός δακτύλιος και στοιχεία κύλισης) κατασκευάζονται από κραματωμένους χάλυβες υψηλών απαιτήσεων (χρωμιούχους – χρωμονικελιούχους), λειαίνονται επιφανειακά και υπόκεινται σε επιφανειακή θερμική επεξεργασία, ώστε να αποκτήσουν σημαντική επιφανειακή σκληρότητα και να μείνουν πρακτικά απαραμόρφωτα κατά την λειτουργία τους.

## **10. Τυποποίηση εδράνων κύλισης.**

Τα έδρανα κύλισης χαρακτηρίζονται συνήθως από **πέντε χαρακτήρες**. Ο **πρώτος** αριθμός σχετίζεται με το είδος του ρουλεμάν, ο **δεύτερος** με τη “σειρά” πλάτους, ο **τρίτος** με τη “σειρά” της εξωτερικής διαμέτρου και τέλος από τον αριθμό που δημιουργείται από το **τέταρτο και πέμπτο** ψηφίο προκύπτει η διάμετρος του εσωτερικού δακτυλίου, εάν πολλαπλασιασθεί ο αριθμός αυτός με το 5 (εφόσον τα ψηφία αυτά είναι > 04).

## **11. Τύποι εδράνων κύλισης**

1. **Μονόσφαιρα**: Πολλές χρήσεις – φέρουν ακτινικά και μικρά αξονικά φορτία .
2. **Μονόσφαιρα πλαγιάς επαφής**: Μεγάλος αριθμός σφαιρών. Φέρουν μεγάλα ακτινικά και αξονικά φορτία κατά τη μία μόνο αξονική φορά καταπόνησης. Πρέπει να υπάρχει πάντα αξονική πίεση, για να λειτουργήσουν.

3. **Δίσφαιρα αυτορρυθμιζόμενα:** Φέρουν σημαντικά αξονικά φορτία. Επιτρέπουν μικρή κλίση της στρεφόμενης ατράκτου σε σχέση με τον εξωτερικό δακτύλιο.
4. **Μονοκύλινδρα:** Φέρουν μεγάλα ακτινικά φορτία. Απαιτούν τέλεια ευθυγράμμιση ατράκτων και εδράνων. Επιτρέπουν μικρή αξονική μετατόπιση .
5. **Κωνικά:** Φέρουν μεγάλα ακτινικά και αξονικά φορτία με μεταβαλλόμενο μέγεθος φορτίου. Τοποθετούνται κατά ζεύγη.
6. **Δίσφαιρα πλάγιας επαφής:** Φέρουν ακτινικά και μεγάλα αξονικά φορτία και προς τις δύο αξονικές φορές καταπόνησης.
7. **Δικύλινδρα αυτορρυθμιζόμενα:** Χρησιμοποιούνται σε βαριές κατασκευές όπου παρουσιάζονται μεταβαλλόμενα και μεγάλου μεγέθους αξονικά και ακτινικά φορτία.
8. **Βελονοειδή:** Φέρουν τεράστια ακτινικά φορτία αλλά όχι αξονικά. Έχουν πλεονεκτήματα χρήσης σε μικρού μεγέθους κατασκευές ή όπου περιορίζεται η εξωτερική διάσταση του εδράνου.
9. **Αξονικά:** Φέρουν τεράστια αξονικά φορτία αλλά όχι ακτινικά.

## **12. Τοποθέτηση εδράνων ολίσθησης.**

Τόσο τα έδρανα ολίσθησης όσο και τα έδρανα κύλισης πρέπει να τοποθετηθούν με κατάλληλο τρόπο, ώστε να λειτουργούν χωρίς προβλήματα μετά την εφαρμογή τους στους μηχανισμούς. Σημαντικό πρόβλημα της σωστής τοποθέτησης είναι η διατήρηση ομοιόμορφου και κατάλληλου μεγέθους “διακένου λειτουργίας” μετά τη συναρμολόγηση του εδράνου. Το “διάκενο” επιτρέπει την ελεύθερη σχετική κίνηση στροφέα-εδράνου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Στα σημεία τοποθέτησης των εδράνων κυριαρχούν συναρμογές σύσφιγξης οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση των δακτυλίων του εδράνου μετά την τοποθέτησή.

## **13. Λίπανση εδράνων**

Για να λειτουργήσουν ομαλά τόσο τα έδρανα ολίσθησης όσο και τα έδρανα κύλισης, είναι απαραίτητη η λίπανσή τους. Η λίπανση των εδράνων ολίσθησης γίνεται συνήθως με ορυκτέλαιο συγκεκριμένων προδιαγραφών, το οποίο εισχωρεί στο διάκενο μεταξύ στροφέα και εδράνου και μειώνει το συντελεστή τριβής ολίσθησης. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει το ορυκτέλαιο να έχει αφενός τη δυνατότητα να εισχωρήσει στο διάκενο μεταξύ στροφέα-εδράνου, αφετέρου να μην καταστρέφεται (λόγω της υψηλής

θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στην επιφάνεια επαφής) το film του λιπαντικού που δημιουργείται μεταξύ των δυο σχετικά κινουμένων επιφανειών (στροφέα – εδράνου).

#### **14. Με τι σχετίζονται τα χαρακτηριστικά των λιπαντικών;**

Τα χαρακτηριστικά των λιπαντικών σχετίζονται αφενός με το πόσο λεπτόρρευστα είναι, αφετέρου με τη θερμοκρασία, στην οποία χάνουν την ικανότητα λίπανσης, δηλαδή το ιξώδες τους μειώνεται τόσο που το film του λιπαντικού δεν είναι δυνατό να διατηρηθεί και καταστρέφεται εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας. Επίσης υπάρχουν και αυτολίπαντα έδρανα ολίσθησης, στα οποία η λίπανση επιτυγχάνεται με γραφίτη ο οποίος είναι εμποτισμένος με τη μέθοδο της κονιομεταλλουργίας ή εγκιβωτισμένος κατά σημεία στην επιφάνεια επαφής εδράνου – στροφέα.

Τα έδρανα κύλισης λιπαίνονται κυρίως με γράσο, το οποίο εγκλωβίζεται στο σημείο λειτουργίας του εδράνου με στεγανωτικούς δακτυλίους (τσιμούχες).

#### **15. Τι χρειάζεται για να υπολογίσουμε ένα έδρανο κύλισης.**

Για να υπολογίσουμε ένα έδρανο κύλισης, πρέπει να γνωρίζουμε τους παρακάτω όρους που εμφανίζονται άλλωστε και στους οδηγούς επιλογής ρουλεμάν των κατασκευαστικών εταιρειών.

***Διάρκεια ζωής  $L_h$ :*** είναι ο αριθμός των στροφών (ή ωρών εργασίας) του εδράνου κύλισης, μέχρι να πάψει να λειτουργεί ομαλά (κόπωση δακτυλίων ή στοιχείων κύλισης).

***Δυναμικό φορτίο  $C$ :*** είναι το σταθερό φορτίο κάτω από την επίδραση του οποίου το ρουλεμάν μπορεί να επιτύχει διάρκεια ζωής 1.000.000 στροφών. ·

***Ισοδύναμο δυναμικό φορτίο  $P$ :*** είναι το πιθανό (υποθετικό) φορτίο που, εάν επιδρούσε στο ρουλεμάν, θα είχε διάρκεια ζωής ίση με αυτή που επιτυγχάνεται με το πραγματικό του φορτίο.

***Στατικό φορτίο  $C_0$ :*** είναι το σταθερό φορτίο που προκαλεί στο ακίνητο έδρανο παραμόρφωση, ίση με το 0,01% της διαμέτρου του στοιχείου κύλισης του εν λόγω εδράνου.

***Ισοδύναμο φορτίο  $P_0$ :*** είναι το πιθανό (υποθετικό) φορτίο που προκαλεί όταν στοιχεία κύλισης και στους δακτυλίους του εδράνου την ίδια παραμόρφωση με αυτή που προκαλείται από το πραγματικό φορτίο.

### **9.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ-ΕΙΔΗ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ**

#### **1. Ποια στοιχεία ονομάζονται σύνδεσμοι;**

Οι σύνδεσμοι είναι τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την «ένωση» δύο ατράκτων με σκοπό την ομαλή μεταφορά της ροπής από τη μία στην άλλη.

#### **2. Σε ποιές κατηγορίες διακρίνονται οι σύνδεσμοι;**

Ανάλογα με τις λειτουργικές τους λεπτομέρειες και το σκοπό που επιτελούν οι σύνδεσμοι διακρίνονται σε:

1. Σταθερούς ή άκαμπτους
2. Κινητούς ή εύκαμπτους
3. Λυόμενους (συμπλέκτες)

#### **3. Ποιοι σύνδεσμοι ονομάζονται σταθεροί;**

Οι σταθεροί σύνδεσμοι συνδέουν δύο ατράκτους με σκοπό τη μεταφορά της ροπής από τη μία στην άλλη με σταθερό ρυθμό. Είναι οι σύνδεσμοι που δεν επιτρέπουν ούτε αξονική ούτε ακτινική μετατόπιση της μιας ατράκτου σε σχέση με την άλλη. Οι συνηθέστεροι τύποι σταθερών συνδέσμων είναι ο **κελυφωτός** και ο **δισκοειδής**.

#### **4. Ποια είναι τα είδη των σταθερών συνδέσμων;**

Διακρίνονται σε:

1. Κέλυφωτους
2. Δισκοειδείς
3. Τύπου Σέλλερς

#### **5. Τι γνωρίζετε για τον κελυφωτό σύνδεσμο;**

Αποτελείται από δύο ημικυλινδρικά κελύφη από χυτοσίδηρο, που συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίες. Σχηματίζουν έναν κυλινδρικό θάλαμο (κέλυφος), στο εσωτερικό του οποίου υπάρχει ένας σφηναύλακας για την τοποθέτηση σφήνας, μέσω της οποίας γίνεται η ομαλή μεταφορά της ροπής από τη μία άτρακτο στην άλλη, χωρίς ολίσθηση.

## **6. Τοποθέτηση – Λειτουργία κελυφωτού συνδέσμου**

Χαρακτηρίζεται από την εύκολη και γρήγορη αποσυναρμολόγησή του, γι' αυτό και τοποθετείται συνήθως σε σημεία που απαιτείται συχνή αποσύνδεση των ατράκτων. Για να δουλέψει απαιτείται καλό κεντράρισμα των ατράκτων, η ζυγοστάθμιση όμως είναι ατελής (λόγω έλλειψης αξονικής συμμετρίας), γι' αυτό και δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για σύνδεση αξόνων-ατράκτων που περιστρέφονται με πολλές στροφές.

## **7. Τι γνωρίζετε για τον Δισκοειδής σύνδεσμο;**

Αποτελείται από δύο χυτοσιδηρούς ή χαλύβδινους δίσκους που φέρουν περιφερειακά τρύπες για τοποθέτηση κοχλιών. Στο εσωτερικό τους υπάρχουν **σφηνάυλακες** για την τοποθέτηση σφηνών για τη μεταφορά της ροπής. Για το κεντράρισμα των δύο δίσκων διαμορφώνονται στο μέτωπό τους **πατούρες** (αρσενική στον έναν και θηλυκή στον άλλον).

## **8. Περιγράψτε τη διαδικασία τοποθέτησης ενός δισκοειδούς συνδέσμου (σελ. 209)**

Για τη συναρμολόγηση των δισκοειδών συνδέσμων ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

Αρχικά τοποθετούνται **οι σφήνες στους σφηνάυλακες** των δύο ατράκτων. Στη συνέχεια συναρμολογείται κάθε δίσκος του συνδέσμου με την άτρακτό του και τα ζεύγη των ατράκτων – δίσκων έρχονται σε επαφή συγκεντρικά (με τη βοήθεια των πατούρων στο μέτωπό τους). Τέλος, τοποθετούνται οι κοχλίες στις περιφερειακές τρύπες. **Οι κοχλίες σφίγγονται προοδευτικά και αντιδιαμετρικά, ώστε να μη στρεβλωθούν οι δύο δίσκοι.**

Τα έδρανα στήριξης των ατράκτων πρέπει να τοποθετούνται κοντά στους συνδέσμους και να είναι διαιρούμενα, ώστε να είναι δυνατή η συναρμολόγηση- αποσυναρμολόγηση ατράκτων και συνδέσμου. Η ομοιόμορφη περιφερειακή κατανομή των κοχλιών παρέχει καλύτερη ζυγοστάθμιση σε σύγκριση με τον κελυφωτό.

## **9. Σύνδεσμος σέλλερς - πλεονεκτήματα των συνδέσμων τύπου Σέλλερς**

1. Συνδέουν άξονες χωρίς διαμόρφωση σφηνάυλακων στα άκρα τους ή και άτρακτο με πλήμνη.
2. Για το λόγο αυτό η κατανομή μάζας είναι ομοιόμορφη και απόλυτα συμμετρική γύρω από τον άξονα περιστροφής, γεγονός που του προσφέρει πολύ καλή ζυγοστάθμιση.

3. Συνέπεια της καλής ζυγοστάθμισης είναι η λειτουργία χωρίς προβλήματα ταλαντώσεων.

**10. Ποιοι σύνδεσμοι ονομάζονται κινητοί ή εύκαμπτοι; – Είδη κινητών συνδέσμων**

Κινητοί σύνδεσμοι είναι αυτοί που μεταφέρουν τη ροπή από μία άτρακτο σε άλλη, επιτρέποντας την αξονική μετατόπιση των δύο ατράκτων (αξονικά κινητοί ή αξονικοί σύνδεσμοι) ή τη μικρή κλίση της μιας ως προς την άλλη (γωνιακά κινητοί ή αρθρωτοί) ή ακόμη την απόσβεση στρεπτικών κραδασμών (ελαστικοί ή κόπλερ). Πολλές φορές οι δύο πρώτοι τύποι είναι δυνατό να συνδυαστούν στο ίδιο εξάρτημα .

**11. Τι γνωρίζετε για τους αξονικά κινητούς συνδέσμους;**

Οι αξονικά κινητοί σύνδεσμοι επιτρέπουν την **μεταφορά ροπής** από την μια άτρακτο στην άλλη, ακόμα και αν οι δύο άτρακτοι μετατοπιστούν αξονικά. Η αναμενομένη αξονική μετατόπιση μπορεί να οφείλεται σε θερμοκρασιακή μεταβολή που προκαλεί συστολή ή διαστολή των δύο ατράκτων ή σε μηχανική μετατόπιση η οποία συνήθως συνδυάζεται και με κλίση των ατράκτων.

**12. Ποια είναι τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των αξονικών κινητών συνδέσμων;**

Μορφολογικά αποτελούνται από ένα πολύσφηνο με εσοχές (θηλυκό) διαμορφωμένο ή συνδεδεμένο στο άκρο της μίας ατράκτου και ένα πολύσφηνο με εξοχές (αρσενικό) διαμορφωμένο στο άκρο της άλλης ατράκτου.

**13. Τοποθέτηση αξονικών κινητών συνδέσμων.**

Τοποθετούνται σε περιπτώσεις που υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα ατράκτων. Τα δόντια των συνδέσμων αυτών πρέπει να λιπαίνονται τακτικά ώστε να διευκολύνεται η αξονική μετατόπισή τους.

**14. Είδη γωνιακά κινητών συνδέσμων (αρθρωτών)**

Οι σημαντικότεροι τύποι αρθρωτών συνδέσμων είναι:

1. Ο σύνδεσμος Cardan ή σύνδεσμος σταυρού.
2. Ο σύνδεσμος Birfield ή σύνδεσμος σταθερής ταχύτητας.

**15. Να περιγράψετε το σύνδεσμο Cardan.**

Όπως όλοι οι αρθρωτοί σύνδεσμοι κατασκευάζεται από χάλυβα και πιο σπάνια από χυτοσίδηρο. Αποτελείται από δύο ομφαλούς, καθένας από τους οποίους σφηνώνεται ή

συνδέεται με δίσκο και κοχλίες στο άκρο κάθε ατράκτου. Κάθε ομφαλός φέρει διαμετρικά δύο εδράσεις στροφών (άρα συνολικά έχουμε τέσσερις εδράσεις και για τους δύο ομφαλούς), στις οποίες τοποθετούνται οι στροφείς των άκρων του σταυρού (γι' αυτό και ο σύνδεσμος ονομάζεται σταυροειδής). Οι στροφείς έχουν τη δυνατότητα να κάνουν μικρή περιστροφή γύρω από τα σημεία των εδράσεών τους και έτσι εξασφαλίζεται η μεταφορά της ροπής από τη μια άτρακτο στην άλλη, ακόμα κι αν υπάρχει μικρή κλίση μεταξύ τους.

#### **16. Ποιο είναι το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του συνδέσμου Birfield;**

Οι αρθρωτοί σύνδεσμοι τοποθετούνται σε ατράκτους που είναι δυνατό κατά τη λειτουργία τους να σχηματίσουν μικρή γωνία ( $5^\circ$  έως  $8^\circ$ ). Ο σύνδεσμος Birfield παρέχει το πλεονέκτημα σταθερής ταχύτητας περιστροφής της μιας ατράκτου σε σχέση με την άλλη, σε αντίθεση με το σύνδεσμο Cardan όπου η σχέση στροφών της μίας και της άλλης ατράκτου εξαρτάται από τη γωνία των δύο ατράκτων .

#### **17. Τι γνωρίζετε για τους εύκαμπτους-ελαστικούς συνδέσμους ή κόπλερ;**

Οι ελαστικοί ή εύκαμπτοι σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται συνήθως στις απευθείας μεταδόσεις κινήσεων, όπως στις συνδέσεις ηλεκτροκινητήρων με ατράκτους παραγωγής έργου, π.χ. αντλίες, μειωτήρες κτλ.

Οι εύκαμπτοι σύνδεσμοι παρέχουν τη δυνατότητα μικρών μετατοπίσεων των ατράκτων που συνδέουν, κυρίως όμως εξομαλύνουν τις απότομες ενδεχόμενες μεταβολές της ροπής που δέχονται από τη μια άτρακτο, ώστε να μεταφερθεί αυτή αρμονικά προς την άλλη.

Για να επιτευχθεί η ομαλή μεταβίβαση της ροπής από τη μια άτρακτο στην άλλη με τη βοήθεια των εύκαμπτων συνδέσμων, κατασκευάζονται αυτοί με τέτοιο τρόπο, ώστε μεταξύ των δύο τμημάτων που τους αποτελούν να παρεμβάλλονται σώματα που παραμορφώνονται ελαστικά. Συνήθως αυτά τα εξαρτήματα των συνδέσμων είναι από φυσικό ή συνθετικό καουτσούκ και στόχος τους είναι να απορροφούν τις κρούσεις ή τις στρεπτικές ταλαντώσεις, που πιθανώς προκαλούνται, κατά τη μεταφορά της ροπής .

#### **18. Τοποθέτηση – λειτουργία ελαστικών συνδέσμων.**

Η τοποθέτηση των δύο ομφαλών των εύκαμπτων συνδέσμων στα άκρα των ατράκτων γίνεται συνήθως με συναρμογή σύσφιγξης ή και με τη μέθοδο τύπου Σέλλερς. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον έλεγχο στρεπτικής ακαμψίας των συνδέσμων αυτών, ώστε να είναι πάντα ικανοί να αποσβένουν ομαλά της αντίστοιχες μεταβολές της ροπής.

## **19. Που χρησιμοποιούνται οι λυόμενοι σύνδεσμοι :**

Οι λυόμενοι σύνδεσμοι ή συμπλέκτες χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη διακοπής και στη συνέχεια επανασύνδεσης της ροπής που μεταφέρουν οι συνδεόμενοι άτρακτοι, χωρίς το σταμάτημα της περιστροφής της κινητήριας ατράκτου. Οι συνήθως χρησιμοποιούμενοι συμπλέκτες λειτουργούν λόγω της ανάπτυξης τριβής ολισθήσεως μεταξύ δύο ή περισσότερων επιφανειών. Υπάρχουν όμως και υδραυλικοί συμπλέκτες στους οποίους η λειτουργία είναι περισσότερο πολύπλοκη.

## **20. Είδη συμπλεκτών**

1. **Με δίσκο τριβής** (χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα), που λειτουργούν λόγω ανάπτυξης τριβής ολίσθησης μεταξύ δύο ή περισσότερων επιφανειών.
2. **Υδραυλικοί**, στους οποίους η λειτουργία είναι περισσότερο πολύπλοκη.

## **21. Πότε λέμε ότι ένας συμπλέκτης ολισθαίνει και σε ποιες ενέργειες προβαίνουμε;**

Η λειτουργία των λυόμενων συνδέσμων τριβής είναι ομαλή έως τη στιγμή που οι τριβόμενες επιφάνειες δεν ολισθαίνουν μεταξύ τους ή η σχετική τους ολίσθηση είναι μικρή και μεταβιβάζεται πρακτικά όλη η ισχύς της κινητήριας ατράκτου στην κινούμενη. Όταν όμως η σχετική ολίσθηση των επιφανειών τριβής είναι σημαντική, χάνεται πολύ μεγάλο τμήμα της μεταφερόμενης ισχύος στο συμπλέκτη και λέμε τότε ότι αυτός “ολισθαίνει”, κατά συνέπεια απαιτείται αντικατάσταση των επιφανειών τριβής. Η κατασκευή των λυόμενων συνδέσμων τριβής γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε ο δίσκος ή οι δίσκοι τριβής (για πολύδισκο συμπλέκτη) να μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν. Στους υδραυλικούς συμπλέκτες πρέπει να γίνεται έλεγχος επάρκειας του λαδιού λειτουργίας τους και έλεγχος των παρεμβυσμάτων-δακτυλίων στεγανοποίησής τους.

## **10.1 ΟΔΟΝΤΩΣΕΙΣ**

### **1. Να περιγράψετε τον οδοντωτό τροχό.**

Ο **οδοντωτός τροχός** είναι συνήθως ένας ολόσωμος κύλινδρος ή δίσκος ή τροχός με βραχίονες. Πολλές φορές ο δίσκος έχει τρύπες για μείωση του βάρους του γραναζιού. Στο κέντρο του γραναζιού υπάρχει η πλήμνη (ομφαλός σύνδεσης με την άτρακτο), που έχει κατάλληλο αυλάκι για τη σφήνα, και στην περιφέρειά του η οδόντωση. Για μικρές διαμέτρους και μικρό αριθμό δοντιών μπορεί η οδόντωση να διαμορφωθεί πάνω στην αντίστοιχη άτρακτο (μονοκόμματα).

### **2. Να περιγράψετε τον οδοντωτό κανόνα.**

Ο **οδοντωτός κανόνας** είναι μία ράβδος, συνήθως ορθογωνικής αρχικής διατομής, η οποία φέρει οδόντωση στην επιφάνεια εργασίας της.

### **3. Να περιγράψετε τον ατέρμονα κοχλία.**

Ο **ατέρμονας κοχλίας** είναι ένας κύλινδρος που στην παράπλευρη επιφάνειά του έχει χαραχθεί ελίκωση με μία ή δύο συνήθως αρχές (όπως στους κοχλίες).

### **4. Λειτουργικός σκοπός και χρήσεις των οδοντώσεων (σελ. 227-228)**

Λειτουργικός σκοπός των οδοντώσεων είναι :

- η μετάδοση κίνησης σε περιπτώσεις ατράκτων με γεωμετρικούς άξονες **παράλληλους, τεμνόμενους** (υπό οποιαδήποτε γωνία) και **ασύμβατους**.
- Εκτός από τη μετάδοση της κίνησης μπορούμε να πετύχουμε και **μετατροπή βασικών χαρακτηριστικών της**, δηλαδή των στροφών και της ροπής του κινούμενου άξονα σε σχέση με αυτές του κινητήριου.
- Ενώ στην περίπτωση οδοντωτού τροχού - κανόνα μετατρέπεται η **περιστροφική κίνηση σε ευθύγραμμη ή το αντίθετο**.

### **5. Που χρησιμοποιούμε οδοντώσεις**

Οι οδοντώσεις χρησιμοποιούνται στα κιβώτια ταχυτήτων των αυτοκινήτων και των εργαλειομηχανών, στο διαφορικό, το τιμόνι, τον εκκεντροφόρο και άλλους βοηθητικούς μηχανισμούς των αυτοκινήτων, στους μειωτήρες (διατάξεις μετατροπής στροφών – ροπής ), στις συνεργασίες κινητήριων μηχανών – εργομηχανών που δεν συμπίπτουν οι γεωμετρικοί άξονες των ατράκτων τους καθώς και σε άλλες περιπτώσεις μετάδοσης που δεν απέχουν πολύ οι συνεργαζόμενες άτρακτοι.

Είναι κατάλληλες για απαιτήσεις μεγάλων ροπών, πολλών στροφών, ακρίβειας στην σχέση μετάδοσης, σχετικά χαμηλού θορύβου και μεγάλης διάρκειας ζωής με ελάχιστη συντήρηση.

#### **6. Κατηγορίες- τύποι μεταδόσεων κίνησης με οδοντώσεις**

1. Γεωμετρικοί άξονες των ατράκτων παράλληλοι.
2. Γεωμετρικοί άξονες των ατράκτων τεμνόμενοι.
3. Γεωμετρικοί άξονες των ατράκτων ασύμβατοι.

#### **7. Γεωμετρικοί άξονες των ατράκτων παράλληλοι.**

Στην περίπτωση αυτή οι τροχοί είναι κυλινδρικοί και τα ίχνη των δοντιών τους μπορεί να είναι ευθύγραμμα (ίσια δόντια) ή ελικοειδή (λοξά δόντια).

Οι παράλληλοι τροχοί με ελικοειδή δόντια είναι: μεν πιο δαπανηροί κατασκευαστικά,

αλλά προτιμούνται στις περιπτώσεις που απαιτείται :

ομαλή και ασφαλή λειτουργία με χαμηλά επίπεδα θορύβου, όπως π.χ. στα κιβώτια ταχυτήτων του αυτοκινήτου

#### **8. Που οφείλονται τα πλεονεκτήματα με γεωμετρικούς άξονες των ατράκτων παράλληλους.**

Τα πλεονεκτήματα των τροχών αυτών οφείλονται:

- α) στο γεγονός ότι η εμπλοκή κάθε δοντιού είναι σταδιακή όχι μόνο κατά την έννοια του ύψους αλλά και κατά την έννοια του μήκους του, αφού το ίχνος του δεν είναι παράλληλο με το γεωμετρικό άξονα του τροχού και
- β) στο ότι έχουν μεγαλύτερο βαθμό επικάλυψης από τους τροχούς με ίσια δόντια.

#### **9. Τι ονομάζουμε βαθμό επικάλυψης;**

Μια απλή προσέγγιση της έννοιας του βαθμού επικάλυψης είναι “ο μέσος αριθμός των δοντιών ενός τροχού που συνεργάζονται ταυτόχρονα με τα αντίστοιχά τους του άλλου”.

#### **10. Τι χρειάζεται για να εξασφαλίσουμε η ομαλή μετάδοση;**

Για να εξασφαλιστεί η συνεχής και ομαλή μετάδοση, πρέπει να αρχίσει η εμπλοκή κάθε δοντιού, πριν ολοκληρωθεί η απεμπλοκή του προηγούμενου. Πρέπει λοιπόν ο βαθμός επικάλυψης να είναι λίγο μεγαλύτερος από τη μονάδα.

### **11. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των οδοντωτών τροχών με ελικοειδή δόντια;**

Τα πλεονεκτήματα των ελικοειδών τροχών τους καθιστούν πιο κατάλληλους στις πολλές στροφές και στις μεγάλες δυνάμεις. Το τελευταίο οφείλεται στο γεγονός ότι για το ίδιο πάχος τροχού τα λοξά δόντια έχουν μεγαλύτερο μήκος από τα ίσια και κατά συνέπεια μεγαλύτερη εργαζόμενη διατομή για την παραλαβή των δυνάμεων.

### **12. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των οδοντωτών τροχών με ελικοειδή δόντια**

Είναι πιο **δαπανηροί** κατασκευαστικά

και λόγω της μορφής τους, η περιφερειακή δύναμη που ασκεί το κάθε δόντι στο αντίστοιχό του δεν είναι (ασύμβατα) κάθετη στον άξονα του τροχού αλλά πλάγια, με αποτέλεσμα να υπάρχουν κατά τη μετάδοση αξονικές δυνάμεις, που, αν έχουν σημαντικές τιμές, απαιτούν για την παραλαβή τους αντίστοιχα έδρανα.

Το μειονέκτημα αυτό εξαλείφεται με τη χρήση των γωνιωδών δοντιών, που κατασκευάζονται μεν δυσκολότερα, αλλά οι αξονικές δυνάμεις αλληλοεξουδετερώνονται.

### **13. Γεωμετρικοί άξονες των ατράκτων τεμνόμενοι.**

Χρησιμοποιούνται κωνικοί τροχοί που μπορεί να έχουν ίσια (δηλαδή κατά γενέτειρα) δόντια και πλάγια ή ελικοειδή δόντια. Η οδόντωση διαμορφώνεται στην περιφερειακή επιφάνεια κόλουρου κώνου.

Για τη σύγκριση μεταξύ κωνικών τροχών με ίσια και ελικοειδή δόντια, ισχύουν οι παρατηρήσεις που προαναφέρθηκαν για τους παράλληλους τροχούς.

### **14. Πως μεταδίδεται η κίνηση μεταξύ ασύμβατων ατράκτων;**

Χρησιμοποιούνται ελικοειδείς οδοντωτοί τροχοί ή ζευγάρι ατέρμονα κοχλία - οδοντωτού τροχού (κορώνας). Το ζευγάρι ατέρμονα-κορώνας είναι πιο κατάλληλο σε περιπτώσεις μεγάλων σχέσεων μετάδοσης, έχει όμως μεγάλες απώλειες λόγω τριβών. Σε περιπτώσεις ασύμβατα κάθετων αξόνων χρησιμοποιούνται και κωνικά γρανάζια με ελικοειδή δόντια.

### **15. Με ποιόν τρόπο μετατρέπεται η περιστροφική κίνηση σε ευθύγραμμη και αντίστροφα;**

Μια ειδική μορφή οδοντοκίνησης είναι το ζεύγος γραναζιού-οδοντωτού κανόνα, οπότε έχουμε και μετατροπή της κίνησης από περιστροφική σε ευθύγραμμη και αντίστροφα. Και εδώ τα δόντια μπορεί να είναι ευθύγραμμα ή ελικοειδή.

## **16. Υλικά κατασκευής οδοντώσεων**

**Χυτοσίδηρος:** Έχει μεγάλη αντοχή στην διάβρωση και στις φθορές από σκόνες, άμμο κτλ. (ιδιαίτερα ο σκληρός) και γι' αυτό τον προτιμάμε για εργασίες σε περιβάλλον με τέτοια στοιχεία ή υγρασία. Δεν είναι κατάλληλος για μεγάλες ταχύτητες και μεγάλες απαιτήσεις κατασκευαστικής ακρίβειας.

**Χάλυβας:** Είναι πιο κατάλληλος για μεγάλες ταχύτητες και ακριβείς διαστάσεις, αλλά σε περιβάλλοντα με ρύπους και υγρασία χρειάζεται προστασία και λίπανση. Όταν καταπονείται σε κρουστικά φορτία υφίσταται επιφανειακή βαφή και σκλήρυνση (ενανθράκωση) μέχρι βάθους 1mm περίπου, ώστε να διατηρήσει εσωτερικά την ελαστικότητά του.

**Κράματα του αλουμινίου:** όταν επιβάλλεται η κατασκευή να έχει μικρό βάρος.

Κοινοί και φωσφορούχοι ορείχαλκοι.

Κεραμικά, πλαστικά, συνθετικές ρητίνες: όταν οι τροχοί εργάζονται σε διαβρωτικό και οξειδωτικό περιβάλλον. Εργάζονται με σχετικά χαμηλό θόρυβο, έχουν όμως περιορισμένη μηχανική αντοχή.

## **17. Μέθοδοι κατασκευής οδοντώσεων**

Για μεγάλα δόντια και μικρές απαιτήσεις κατασκευαστικής ακρίβειας, η οδόντωση μπορεί να κατασκευαστεί με **χύτευση, μαζί με τον τροχό**. Πάντως τα χυτά δόντια δεν είναι κατάλληλα για περιφερειακές ταχύτητες μεγαλύτερες από 2 m/s.

Οι οδοντώσεις κατά κύριο λόγο κατασκευάζονται με τη **μέθοδο της αφαίρεσης υλικού (κοπή) σε ειδικές εργαλειομηχανές, τους γραναζοκόπτες**. Πρόκειται για εξειδικευμένα μηχανήματα που απαιτούν πολλές ρυθμίσεις και έμπειρο και εκπαιδευμένο προσωπικό για το χειρισμό τους. Χρησιμοποιούν ως εργαλεία κοπτικές κοχλιωτές φρέζες, κοπτικούς οδοντοτροχούς και κοπτικά χτένια.

Για περιορισμένο αριθμό κομματιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η **κοινή φρεζομηχανή με τη βοήθεια διαιρέτη**. Τότε τα κοπτικά εργαλεία μορφής είναι δισκοειδείς φρέζες ή ειδικά “κονδύλια”.

## **18. Βασικές διαστάσεις οδοντώσεων.**

Για να ορίσουμε τις βασικές διαστάσεις των οδοντώσεων, αρχικά θα αναφερθούμε στους απλούς παράλληλους τροχούς με ίσια δόντια (που άλλωστε είναι και οι πιο συνηθισμένοι) και στη συνέχεια θα εξειδικεύσουμε τα στοιχεία αυτά για τους άλλους τύπους.

Στους παράλληλους λοιπόν τροχούς διακρίνουμε:

- **Την περιφέρεια κεφαλών** (ή κορυφών), που περνάει από τις κορυφές των δοντιών και την αντίστοιχη διάμετρο  $d_k$ , που είναι και η μεγαλύτερη διάμετρος του τροχού.
- **Την περιφέρεια ποδιών**, που περνάει από τη βάση των δοντιών και την αντίστοιχη διάμετρο  $d_f$ , που είναι και η μικρότερη διάμετρος της οδόντωσης.
- **Την αρχική περιφέρεια**, που περνάει λίγο ψηλότερα από το μέσο του ύψους του δοντιού και την αντίστοιχη διάμετρο  $d_o$  (ή  $d$ ).
- **Το βήμα της οδόντωσης t**. Είναι η απόσταση μεταξύ δύο αντίστοιχων σημείων δύο διαδοχικών δοντιών που μετριέται πάνω στην αρχική περιφέρεια, πρόκειται δηλαδή για μήκος τόξου.
- **Το ύψος κεφαλής  $h_k$**  και το **ύψος ποδιού  $h_f$** . Είναι οι αποστάσεις των αντίστοιχων περιφερειών από την αρχική (μετρημένες σε ακτίνα). Το άθροισμά τους είναι **το ύψος του δοντιού h**.
- **Το πάχος δοντιού s** και το **διάκενο w**, που μετριοούνται επίσης ως τόξα πάνω στην αρχική περιφέρεια. Είναι περίπου ίσα και το άθροισμά τους προφανώς ισούται με το βήμα.

Το διάκενο είναι λίγο μεγαλύτερο από το πάχος του δοντιού και το ύψος ποδιού είναι επίσης λίγο μεγαλύτερο από το ύψος κεφαλής, ώστε να υπάρχει “χάρη” και ευχέρεια στη συνεργασία των δύο τροχών.

- **Το μήκος δοντιού b**.
- **Ο αριθμός των δοντιών του z**.

#### **19. Τι ονομάζουμε MODUL; Ποια ανάγκη οδήγησε στην καθιέρωσή του;**

Αν  $d_o$  είναι η αρχική διάμετρος,  $z$  ο αριθμός των δοντιών και  $t$  το βήμα του γραναζιού, τότε για το μήκος της αρχικής περιφέρειας θα ισχύει η σχέση:  $\pi d_o = z t$ . Επομένως  $d_o = z (t / \pi)$ .

Ο  $z$  είναι φυσικός αριθμός και ο  $\pi$  είναι άρρητος, δηλαδή έχει απεριόριστο αριθμό δεκαδικών ψηφίων. Αυτό οδηγεί σε άρρητη τιμή και τη διάμετρο, με συνέπεια δύσκολους υπολογισμούς και δυσκολία στην τυποποίηση, ειδικά αν οι κατασκευαστές επέλεγαν διαφορετική ακρίβεια προσέγγισης. Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα συμφωνήθηκε διεθνώς ο λόγος  $t / \pi$  να πάρει ορισμένες ρητές τιμές (σε mm) και να ονομαστεί διαμετρικό βήμα ή MODUL. Έτσι είναι  $m = t / \pi$ ,  $d_o = z m$  και  $m = d_o / z$ .

## **20. Πόσα βήματα διακρίνουμε στους ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς;**

Στους ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς διακρίνουμε δύο βήματα: Το **μετωπικό ( $t_s$ )**, που μετριέται σε επίπεδο κάθετο στον άξονα του τροχού και το **κάθετο ( $t_n$ )**, που μετριέται σε επίπεδο κάθετο στο ίχνος του δοντιού. Αντίστοιχα υπάρχουν και μετωπικό και κάθετο modul. Για τη χάραξη των ελικοειδών οδοντώσεων χρησιμοποιείται το κάθετο modul.

## **21. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται το ζεύγος ατέρμονα και κορώνας;**

Στην περίπτωση ατέρμονα-κορώνας, αν ο ατέρμονας έχει  $z_1$  αρχές και η κορώνα  $z_2$  δόντια, η σχέση μετάδοσης είναι :  $z_1/z_2 = n_2/n_1$

Η σχέση αυτή εξηγείται εύκολα, αν σκεφτούμε ότι: για κάθε στροφή (βήμα) της ελίκωσης (αρχής) του ατέρμονα η κορώνα έχει προχωρήσει (στραφεί) κατά ένα δόντι. Δείχνει ακόμη ότι με το συνδυασμό αυτό μπορούμε να πετύχουμε πολύ μεγάλες σχέσεις μετάδοσης. Γι'αυτό χρησιμοποιείται συχνά σε μειωτήρες, όπου ο ατέρμονας είναι κινητήριος, η δε σχέση μετάδοσης είναι πολλαπλάσια εκείνης που μπορούμε να έχουμε με γρανάζια, όπου πρακτικά δεν μπορεί να ξεπεράσει συνήθως το  $1/6$  και σπάνια το  $1/8$ .

## **22. Ποια είναι η μέγιστη σχέση μετάδοσης σε ένα ζευγάρι γραναζιών;**

Η σχέση μετάδοσης με ένα ζευγάρι γρανάζια δεν μπορεί να ξεπεράσει το  $1/8$ .

Αν απαιτείται μεγαλύτερη τιμή χρησιμοποιούνται δύο (ή και περισσότερα) ζευγάρια με ενδιάμεσο άξονα. Τότε η συνολική σχέση είναι :  $i_{ολ} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$

Στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε, αν είναι δυνατό, να έχουμε όσο γίνεται περισσότερα ίδια γρανάζια για λόγους εναλλαξιμότητας. Αν π.χ. χρειαζόμαστε σχέση  $i = 1/16$ , χρησιμοποιούμε δύο γρανάζια με αρχική διάμετρο  $d_{01}$  και δύο με  $d_{02}$ , όπου  $d_{01} = 4d_{02}$  οπότε  $i = 1/4 \times 1/4 = 1/16$ . Ας σημειωθεί εδώ ότι και ο ολικός βαθμός απόδοσης της διάταξης είναι επίσης το γινόμενο των επί μέρους.

## **23. Τι είδους σχέση μετάδοσης προτιμάμε;**

Προτιμάμε σχέσεις της μορφής  $1/2, 1/3, 1/4$  γιατί, αφού  $i = z_1 / z_2$ , ο  $z_2$  είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του  $z_1$  και έτσι κατά τη λειτουργία έχουμε συνεργασία των δοντιών του μεγάλου τροχού πάντα με τα ίδια δόντια του μικρού. Έτσι τα δόντια με τον καιρό “ταιριάζουν” και η εμπλοκή γίνεται ευκολότερα.

Αν όμως πρόκειται για γρανάζια κακής ποιότητας κατασκευής, π.χ. χυτά και με ακατέργαστα δόντια, προτιμάμε σχέσεις της μορφής  $2/3$ ,  $2/5$ ,  $3/5$  κ.λ.π., ώστε να έχουμε εναλλαγή στη συνεργασία και τυχόν φθορές να κατανέμονται σε πολλά δόντια.

#### **24. Ποίος είναι ο ελάχιστος αριθμός δοντιών ενός γραναζιού;**

Όσον αφορά τον ελάχιστο αριθμό δοντιών ενός γραναζιού, αυτός δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 18 περίπου, με ειδικές δε χαράξεις μπορεί να είναι και 14 ή τουλάχιστον 12. Αυτό συμβαίνει, γιατί η χάραξη με τη μέθοδο της εξειλιγμένης δίνει, για μικρό  $z$ , αδύνατες βάσεις δοντιών, θόρυβο και φθορές κατά τη λειτουργία, επειδή υπάρχει τάση εισχώρησης της κορυφής του δοντιού στη βάση εκείνου με το οποίο συνεργάζεται (φαινόμενο υποκοπής).

#### **25. Τι γνωρίζετε για την λίπανση των γραναζιών;**

Η ανάγκη για λίπανση εξαρτάται από το περιβάλλον εργασίας και από την περιφερειακή ταχύτητα των γραναζιών. Η λίπανση εξασφαλίζει αθόρυβη λειτουργία και μεγάλη διάρκεια ζωής. Για περιφερειακές ταχύτητες μέχρι περίπου  $4 \text{ m/s}$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί γράσο. Για μεγαλύτερες ταχύτητες απαιτείται εμβάπτιση σε ορυκτέλαιο. Για ταχύτητες από  $10 \text{ m/s}$  αποτελεσματικότερος είναι ο ψεκασμός του λιπαντικού πάνω στα δόντια.

## **10.2 ΙΜΑΝΤΕΣ**

### **1. Σε ποια περίπτωση θα χρησιμοποιούμε μόνο ιμάντες ή αλυσίδες;**

Σε περιπτώσεις που η άμεση μετάδοση με τη χρήση οδοντώσεων δεν μπορεί να εφαρμοστεί λόγω μεγάλης απόστασης των ατράκτων, χρησιμοποιούνται έμμεσοι τρόποι συνεργασίας των τροχών με τη βοήθεια ενδιάμεσου στοιχείου, δηλαδή ιμάντα (λουριού) ή αλυσίδας.

### **2. Περιγράψετε μια διάταξη ιμαντοκίνησης.**

Στην απλούστερη μορφή της μία διάταξη ιμαντοκίνησης αποτελείται από δύο τροχαλίες προσαρμοσμένες στην κινητήρια και στην κινούμενη άτρακτο και τον κλειστό (ατέρμονα) ιμάντα που τις συνδέει, καλύπτοντας ένα μέρος της εξωτερικής τους περιφέρειας (τόξο επαφής). Το άθροισμα των δύο τόξων είναι προφανώς  $360^\circ$ .

### **3. Τι ονομάζουμε τροχαλίες;**

Οι τροχαλίες είναι ολόσωμα τύμπανα ή δίσκοι ή, σε μεγάλες διαστάσεις, τροχοί με βραχίονες (ακτίνες) για μικρότερο βάρος. Στο κέντρο τους είναι διαμορφωμένη η πλήμνη, για την σύνδεση με την άτρακτο. Η περιφερειακή τους στεφάνη έχει διάφορες μορφές, ανάλογα με τον τύπο του ιμάντα (απλή κυλινδρική, με μικρή πλευρική κυρτότητα, με πατούρες για ασφάλεια μετακίνησης του ιμάντα και με ένα ή περισσότερα αυλάκια, συνήθως τραπεζοειδούς και σπάνια ημικυκλικής μορφής).

Όταν ο ιμάντας έχει στην εσωτερική του επιφάνεια οδόντωση, η στεφάνη της τροχαλίας έχει διαμορφωμένη αντίστοιχη οδόντωση, ίδιας μορφής και βήματος.

### **4. Ποια είναι τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ιμάντων;**

Οι ιμάντες μορφολογικά χαρακτηρίζονται κυρίως από τη διατομή τους, που μπορεί να είναι ορθογωνική, κυκλική ή τραπεζοειδής. Όταν θέλουμε ακρίβεια στη μετάδοση, χωρίς ολίσθηση (γλίστρημα) του ιμάντα στην τροχαλία, η εσωτερική επιφάνεια του ιμάντα φέρει οδόντωση, η οποία βελτιώνει και την ευκαμψία του.

### **5. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι ιμάντες;**

Οι ιμάντες χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση της περιστροφικής κίνησης από την κινητήρια στην κινούμενη άτρακτο, με δυνατότητα διατήρησης ή διαφοροποίησης των στροφών. Η σχέση μετάδοσης στροφών, για μια συγκεκριμένη διάταξη μπορεί να είναι σταθερή ή να μεταβάλλεται κλιμακωτά ή με συνεχή τρόπο (σε μια προκαθορισμένη περιοχή τιμών, με τη μεταβολή της διαμέτρου ειδικών τροχαλιών). Μπορούν να καλύψουν μια μεγάλη περιοχή τιμών για την περιφερειακή ταχύτητα (από 2 μέχρι 60 m/s) και για τη μεταφερόμενη ισχύ (η οποία όμως, εξαιτίας της αντοχής των υλικών

τους, δεν μπορεί να ξεπεράσει τους 2000 PS). Λόγω της ευκαμψίας τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε περιπτώσεις που οι άξονες των ατράκτων είναι ασύμβατοι, έως και ασύμβατα κάθετοι μεταξύ τους. Αν τοποθετηθούν με «διασταύρωση» (ιμάντες που μπορούν να εργαστούν και με τις δύο επιφάνειές τους), μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις αντίθετης φοράς περιστροφής ατράκτων.

#### **Ενδεικτικές χρήσεις των ιμάντων:**

ανεμιστήρες, αντλίες, συμπιεστές, πλυντήρια, εργαλειομηχανές, ξυλουργικές μηχανές, αυτοκίνητα, δονητές, μεταφορικές διατάξεις, υφαντουργικές και χαρτοποιητικές μηχανές.

#### **6. Ποια είναι η σχέση περιφερειακής ταχύτητας και περιφερειακής δύναμης στους ιμάντες;**

Για τη μεταφορά ορισμένης ισχύος, όσο μικρότερη είναι η περιφερειακή ταχύτητα τόσο μεγαλύτερη είναι η περιφερειακή δύναμη ( $P = Fv$ , ενότητα 8.2). Έτσι οι ιμάντες δεν προσφέρονται για πολύ μικρές ταχύτητες.

#### **7. Κατηγορίες – τύποι ιμάντων ανάλογα με την διατομή τους.**

Ανάλογα με τη μορφή της διατομής τους οι ιμάντες διακρίνονται σε:

**Επίπεδους:** Έχουν ορθογωνική διατομή και εργάζονται σε τροχαλίες με απλή κυλινδρική (ίσως και ελαφρώς κυρτή) επιφάνεια. Ο τύπος αυτός έχει σε μεγάλο βαθμό εκτοπιστεί από τους τραπεζοειδείς, που πλεονεκτούν στην πρόσφυση ακόμα και με μικρή τάνυση.

**Κυκλικούς:** Έχουν κυκλική διατομή και εργάζονται σε τροχαλίες με αντίστοιχα περιφερειακά αυλάκια. Χρησιμοποιούνται σε λίγες περιπτώσεις.

**Τραπεζοειδείς:** Η διατομή τους είναι τραπεζοειδείς και είναι οι πιο διαδεδομένοι σήμερα. Στο πάνω μέρος της διατομής τους, μέσα από την επένδυση, έχουν χορδές για την παραλαβή των εφελκυστικών φορτίων. Διακρίνονται στους κανονικούς και στους στενούς ιμάντες. Συνήθως χρησιμοποιούνται πολλοί παράλληλοι κλάδοι (ανεξάρτητοι ή συνδεδεμένοι στο πάνω μέρος τους, ώστε να αποτελούν έναν πολύκλαδο ιμάντα) και οι τροχαλίες έχουν ισάριθμα αυλάκια αντίστοιχης μορφής στην περιφερειακή τους στεφάνη. Σε περιπτώσεις συχνής μεταβολής των στροφών, συνήθως χρησιμοποιούνται τραπεζοειδείς μεγάλου πλάτους με εσωτερική οδόντωση. Η οδόντωση αυτή είναι απαραίτητη στις περιπτώσεις που η ολίσθηση είναι εντελώς ανεπιθύμητη (π.χ. στους ιμάντες χρονισμού), ενώ επίσης βελτιώνει την ευκαμψία του ιμάντα.

## **8. Ποια τα υλικά κατασκευής των ιμάντων**

Οι επίπεδοι ιμάντες είναι συνήθως δερμάτινοι ή υφαντοί. Το δέρμα χρησιμοποιείται γιατί παρουσιάζει μεγάλο συντελεστή τριβής με τα υλικά των τροχαλίων. Η ευκαμψία του όμως ποικίλλει ανάλογα με το είδος και την επεξεργασία του. Οι υφαντοί κατασκευάζονται με διάφορα φυτικά ή συνθετικά νήματα (βαμβάκι, αμίαντο, υαλοβάμβακα, νάυλον κτλ.). Κατασκευάζονται επίσης και ελαστικοί ιμάντες με συμπίεση βαμβακερών πλεγμάτων μέσα σε στρώματα ειδικών ελαστικών με ταυτόχρονη θέρμανση (βουλκανιζάρισμα).

Οι τραπεζοειδείς ιμάντες, που συνήθως χρησιμοποιούνται σήμερα, κατασκευάζονται από μια ποικιλία υλικών, κυρίως συνθετικών, για τα διάφορα μέρη τους. Έτσι οι χορδές τους, οι οποίες παραλαμβάνουν τις εφελκυστικές δυνάμεις, κατασκευάζονται από πολυεστέρες εμποτισμένους με ελαστικό. Η βάση είναι συνθετικό ελαστικό και το σύνολο καλύπτεται από επένδυση ανθεκτικού ελαστικού για προστασία των χορδών από φθορές, υγρασία κ.λ.π. Όταν πρόκειται για οδοντωτούς ιμάντες χρονισμού, τα δόντια είναι από ελαστικό μεσαίας σκληρότητας, η επένδυσή τους (συνήθως πολυουρεθάνη) έχει μικρό συντελεστή τριβής με τις τροχαλίες και οι χορδές μπορεί να είναι λεπτά χαλύβδινα σύρματα ή ίνες γυαλιού με ελικοειδές πλέξιμο.

## **9. Από ποια υλικά κατασκευάζονται οι τροχαλίες**

Κατασκευάζονται συνήθως από χυτοσίδηρο ή για μεγάλες περιφερειακές ταχύτητες από χυτοχάλυβα. Μπορεί να κατασκευαστούν και με συγκόλληση οπότε είναι χαλύβδινες. Για μικρή ταχύτητα και ισχύ κατασκευάζονται ελαφριές τροχαλίες από κράματα αλουμινίου, πλαστικό ή ξύλο.

## **10. Ποιες είναι οι βασικές διαστάσεις ιμάντων και τροχαλίων**

Οι βασικές διαστάσεις ιμάντων και τροχαλίων Ακολουθούν διεθνή τυποποίηση για οικονομία και εναλλαξιμότητα .

Οι επίπεδοι ιμάντες χαρακτηρίζονται από :

Το πλάτος τους  $b$

Το πάχος τους  $s$

Το μήκος τους  $L$

Οι κυκλικοί ιμάντες χαρακτηρίζονται από :

Τη διάμετρό τους  $d$

Το μήκος τους  $L$

Οι τραπεζοειδείς ιμάντες χαρακτηρίζονται από :

Το ύψος τους  $h$

Το πλάτος της μεγάλης πλευράς του τραπεζίου  $b$

Για τους οδοντωτούς έχουμε δύο ύψη και το βήμα τους:

Ύψος ιμάντα  $h_s$

Ύψος δοντιού  $h_t$

Βήμα  $t$

Οι τροχαλίες των επίπεδων ιμάντων χαρακτηρίζονται από :

Τη διάμετρό τους  $d$

Το πλάτος τους  $b_1 = 1,1 b + 10 \text{ mm}$ .

Για λόγους προστασίας του ιμάντα από υπερβολική κάμψη η διάμετρος της τροχαλίας συνήθως εκλέγεται 80 - 100 φορές μεγαλύτερη από το πάχος του ιμάντα  $s$ .

Οι τροχαλίες τραπεζοειδών ιμάντων χαρακτηρίζονται από :

Τη διάμετρό τους

Τις διαστάσεις του αυλακιού ή των αυλακιών τους

Εδώ βέβαια ακολουθούνται οι διαστάσεις της διατομής του ιμάντα με την διαφορά ότι το βάθος του αυλακιού είναι μεγαλύτερο από το ύψος του ιμάντα. Αυτό γιατί ο ιμάντας θα πρέπει να «πατάει» στις πλευρές του αυλακιού και όχι στη βάση του. Τέλος για τους οδοντωτούς ιμάντες υπάρχει και το αντίστοιχο βήμα της τροχαλίας.

### **11. Τι ονομάζουμε έλκοντα κλαδο και τι ελκόμενο σε μια ιμαντοκίνηση;**

Διακρίνουμε δύο κλάδους τον έλκοντα, που αναγκάζει την κινούμενη τροχαλία να περιστραφεί και τον ελκόμενο που ακολουθεί.

### **12. Πως εξασφαλίζεται η περιστροφή της κινούμενης τροχαλίας κατά την ιμαντοκίνηση;**

Βασική προϋπόθεση καλής λειτουργίας της ιμαντοκίνησης είναι η σωστή αρχική τάνυση (τέντωμα) του ιμάντα. Αυτό γίνεται με απομάκρυνση των τροχαλιών με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων. Η σωστή τάνυση έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη κάθετων δυνάμεων (πίεσης) μεταξύ ιμάντα και τροχαλίας στην περιοχή του τόξου επαφής. Η κατανομή των κάθετων δυνάμεων στο τόξο επαφής δεν είναι ομοιόμορφη αλλά ακολουθεί μια φθίνουσα μορφή από τον έλκοντα προς τον ελκόμενο κλάδο. Όταν

η κινητήρια τροχαλία αρχίζει να περιστρέφεται, εξαιτίας των κάθετων δυνάμεων ( $F_K$ ) εμφανίζεται δύναμη τριβής ολίσθησης με περιφερειακή διεύθυνση, και έτσι αναγκάζεται να ακολουθήσει την περιστροφή και ο ιμάντας. Ο ιμάντας με την σειρά του παρασύρει σε κίνηση εξαιτίας αντίστοιχων δυνάμεων την κινούμενη τροχαλία.

Στην ηρεμία οι τάσεις (εφελκυστικές δυνάμεις) και των δύο κλάδων είναι ίσες ( $T_0$ ). Κατά τη λειτουργία όμως, λόγω της ανομοιόμορφης κατανομής των κάθετων δυνάμεων, η τάση του έλκοντα κλάδου  $T_1$  είναι μεγαλύτερη από του ελκόμενου  $T_2$ . Η διαφορά τους [ $T_1 - T_2 = F$ ] είναι η περιφερειακή δύναμη που παράγει τη στρεπτική ροπή  $M = F d / 2$ . Η διάταξη προφανώς δεν θα λειτουργήσει εάν η  $F$  είναι μικρότερη από  $2M_2/d_2$ , όπου  $M_2$  η αντιστεκόμενη ροπή της κινούμενης τροχαλίας. Η διαφορά λοιπόν  $T_1 - T_2 = F$  είναι κρίσιμη για την ιμαντοκίνηση και εξαρτάται από το συντελεστή τριβής  $\mu$  μεταξύ ιμάντα και τροχαλίας, την τιμή του τόξου επαφής  $\alpha$  και την αρχική τάνυση.

### **13. Γιατί πλεονεκτούν οι τραπεζοειδείς ιμάντες σε σύγκριση με τους επίπεδους;**

Με τη σφηνοειδή κατατομή που έχουν οι τραπεζοειδείς ιμάντες δημιουργούν επιφάνειες επαφής που σχηματίζουν οξεία γωνία με το επίπεδο των αρχικών τάσεων (έναντι ορθής των επίπεδων). Έτσι οι κάθετες δυνάμεις (στις πλευρικές επιφάνειες επαφής του αυλακιού) είναι μεγαλύτερες και επομένως και η τριβή με την τροχαλία είναι μεγαλύτερη για την ίδια αρχική τάνυση. Γι' αυτό και η περιφερειακή δύναμη και η μεταφερόμενη ισχύς είναι μεγαλύτερες και η μετάδοση πιο ασφαλής από πλευράς ολίσθησης.

### **14. Γιατί δεν πρέπει να επιλέγουμε μικρές διαμέτρους τροχαλιών;**

Οι διάμετροι των τροχαλιών δεν πρέπει να επιλέγονται πολύ μικρές, γιατί έτσι καταπονείται πολύ ο ιμάντας σε κάμψη, όταν τυλίγεται στο τόξο επαφής.

### **15. Τι πρόβλημα παρουσιάζουν οι μεγάλες διαμέτροι τροχαλιών;**

Οι μεγάλες διαμέτροι, εκτός από το μειονέκτημα όγκου-βάρους, έχουν ως αποτέλεσμα, για συγκεκριμένες στροφές και περιφερειακές ταχύτητες, μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις. Έτσι ο ιμάντας έχει μια τάση απομάκρυνσης από την τροχαλία, όχι καλή πρόσφυση και τελικά μείωση της περιφερειακής δύναμης και της μεταφορικής ικανότητας της ιμαντοκίνησης ή φαινόμενα ολίσθησης.

### **16. Ποια είναι μια κατάλληλη περιοχή τιμών διαμέτρου κινούσας τροχλίας;**

Μια καλή περιοχή τιμών διαμέτρου της κινούσας τροχαλίας, που συνήθως είναι η μικρότερη, αφού οι κινητήριες μηχανές είναι κατά κανόνα πολύστροφες, είναι  $d = (80 \sim 100) s$ , όπου  $s$  το πάχος του επίπεδου ιμάντα. Για τους τραπεζοειδείς ιμάντες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μικρότερες τιμές, γιατί έχουν, λόγω υλικών και τρόπου κατασκευής τους, μεγαλύτερη ευκαμψία.

**17. Γιατί δεν πρέπει να σχεδιάζουμε διατάξεις με μικρές αποστάσεις αξόνων των ατράκτων;**

Η μεγάλη απόσταση των αξόνων των ατράκτων δίνει βέβαια μεγαλύτερες και ακριβότερες ( λόγω μήκους ιμάντα) διατάξεις. Δεν είναι όμως σωστό να σχεδιάζονται διατάξεις με πολύ μικρές αποστάσεις αξόνων, γιατί τότε μειώνεται το τόξο επαφής στη μικρή (συνήθως κινητήρια) τροχαλία και αυτό, ιδιαίτερα όταν έχουμε μεγάλες σχέσεις μετάδοσης, δημιουργεί ολισθήσεις. Πρακτικά είναι ασφαλής μια απόσταση μεγαλύτερη κατά 2 m τουλάχιστον από το άθροισμα των διαμέτρων των τροχαλιών. Στη μεγάλη σχέση μετάδοσης μειώνεται το τόξο επαφής .

**18. Γιατί πρέπει αν αποφεύγουμε την μεγάλη περιφεριακή ταχύτητα;**

Η μεγάλη περιφεριακή ταχύτητα πρέπει να αποφεύγεται, γιατί έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη φυγόκεντρη δύναμη και κακή πρόσφυση. Όμως, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις μεταφοράς μεγάλης ισχύος, μικρή περιφεριακή ταχύτητα σημαίνει μεγάλη περιφεριακή δύναμη (για δεδομένη ισχύ  $L = F \cdot v$  ). Έχουμε λοιπόν ανάγκη μεγαλύτερου ιμάντα και μεγαλύτερες καταπονήσεις των ατράκτων και των εδράνων. Μια καλή περιοχή επιλογής είναι τότε γύρω στα 20 m/s.

**19. Ποια είναι η μέγιστη σχέση μετάδοσης στην ιμαντοκίνηση;**

Η σχέση μετάδοσης στην πράξη δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1 / 6, γιατί μειώνεται πολύ το τόξο επαφής στη μικρότερη τροχαλία. Αυτό, ιδιαίτερα όταν οι άξονες είναι κοντά, δημιουργεί επίσης προβλήματα κακής πρόσφυσης και ολίσθησης.

**20. Περιγράψτε το φαινόμενο της ολίσθησης και γιατί πρέπει να το αποφεύγουμε.**

Το φαινόμενο της ολίσθησης πρέπει να αποφεύγεται όσο είναι δυνατό, γιατί έχει σαν αποτέλεσμα μείωση των πραγματικών στροφών της κινούμενης τροχαλίας και της ικανότητας της διάταξης. Είναι αποδεκτή μια μείωση της τάξης του 2 ~ 3 %. Δηλαδή, ενώ θεωρητικά θα είχα 100 στροφές το λεπτό, λόγω ολίσθησης έχω 98 ή 97. Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες που συνδέονται με την ολίσθηση, καθοριστικό ρόλο (και για την συνολικά καλή λειτουργία) παίζει η αρχική τάνυση (τέντωμα) του ιμάντα. Η εκτίμησή της γίνεται από το μελετητή της διάταξης με τη βοήθεια οδηγιών που δίνουν οι κατασκευαστές των ιμάντων. Επιτυγχάνεται με ειδικές διατάξεις απομάκρυνσης των τροχαλιών και μετριέται με κατάλληλα όργανα.

**21. Τι γνωρίζετε για τους τανυστήρες;**

Επειδή κατά τη λειτουργία μιας διάταξης ιμάντων κίνησης δεν μπορούμε να αποφύγουμε τη χαλάρωση του ιμάντα, συνηθίζεται η χρήση του τανυστήρα. Ο τανυστήρας είναι ένας τροχός που γυρίζει ελεύθερα στον άξονα του και τοποθετείται έτσι, ώστε να πιέζει τον ελκόμενο κλάδο. Έτσι αυξάνεται η τάνυση, μεγαλώνει το τόξο

επαφής και έχουμε καλύτερη λειτουργία και μικρότερη καταπόνηση ατράκτων και εδράνου. Επί πλέον, επειδή μεγαλώνει το τόξο επαφής με τη βοήθεια του τανυστήρα, μπορούμε να έχουμε και σχέσεις μετάδοσης μεγαλύτερες από  $1/6$  καθώς και σχετικά μικρότερες αποστάσεις αξόνων.

## **22. Παράγοντες που επιδρούν στην καλή λειτουργία της ιμαντοκίνησης:**

Οι διάμετροι των τροχαλιών δεν πρέπει να είναι πολύ μικρές γιατί ο ιμάντας καταπονείται πολύ σε κάμψη, όταν τυλίγεται στο τόξο επαφής. Από την άλλη μεριά όμως οι μεγάλες διαμέτροι έχουν μειονέκτημα όγκου και βάρους και αναπτύσσουν, για συγκεκριμένες στροφές, μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις, με τελική συνέπεια φαινόμενα ολίσθησης ή μείωση της μεταφορικής ικανότητας της ιμαντοκίνησης. Μια καλή περιοχή τιμών για τη διάμετρο της κινούσας τροχαλίας (που είναι συνήθως η μικρότερη, αφού οι κινητήριες μηχανές είναι κατά κανόνα πολύστροφες) είναι  $d = (80 \sim 100) s$ , όπου  $s$  το πάχος του ιμάντα (για τραπεζοειδείς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και μικρότερες τιμές, γιατί έχουν, λόγω υλικών και τρόπου κατασκευής, μεγαλύτερη ευκαμψία).

Η απόσταση μεταξύ των αξόνων των ατράκτων δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη γιατί δίνει μεγαλύτερες και ακριβότερες διατάξεις, αλλά ούτε και πολύ μικρή γιατί δημιουργεί ολίσθηση (λόγω μείωσης του τόξου επαφής στη μικρή τροχαλία). Πρακτικά ασφαλώς θεωρείται μια απόσταση μεγαλύτερη κατά δύο μέτρα από το άθροισμα των διαμέτρων των τροχαλιών.

Πρέπει να αποφεύγεται η μεγάλη περιφερειακή ταχύτητα, γιατί δημιουργεί μεγάλη φυγόκεντρη δύναμη και κακή πρόσφυση. Όμως στις περιπτώσεις μεταφοράς μεγάλης ισχύος μικρή περιφερειακή ταχύτητα σημαίνει μεγάλη περιφερειακή δύναμη, συνεπώς μεγαλύτερο ιμάντα και μεγαλύτερες καταπονήσεις εδράνων και ατράκτων. Μία καλή περιοχή επιλογής είναι τότε γύρω στα  $20 \text{ m/s}$ .

Η σχέση μετάδοσης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από  $1/6$ , γιατί μειώνεται πολύ το τόξο επαφής στην μικρή τροχαλία, δημιουργώντας προβλήματα κακής πρόσφυσης και ολίσθησης, ιδίως όταν οι άξονες είναι κοντά.

Πρέπει να αποφεύγεται όσο το δυνατόν το φαινόμενο της ολίσθησης γιατί μειώνονται οι στροφές της κινούμενης τροχαλίας και η ικανότητα της διάταξης (είναι αποδεκτή μια μείωση της τάξης του 2-3 %).

Καθοριστικό ρόλο παίζει επίσης, για τη συνολικά καλή λειτουργία, και η αρχική τάνυση του ιμάντα. Η εκτίμησή της γίνεται από το μελετητή της διάταξης με τη βοήθεια οδηγιών που δίνουν οι κατασκευαστές των ιμάντων και επιτυγχάνεται με ειδικές διατάξεις απομάκρυνσης των τροχαλιών.

## **10.3 ΑΛΥΣΙΔΕΣ**

### **1. Να περιγράψετε μια διάταξη αλυσοκίνησης .**

Στην απλή της μορφή μια διάταξη αλυσοκίνησης αποτελείται από :

Δύο αλυσοτροχούς (ολόσωμους ή με βραχίονες), προσαρμοσμένους στην κινητήρια και στην κινούμενη άτρακτο, οι οποίοι έχουν στην περιφέρειά τους διαμορφωμένα ειδικής μορφής δόντια, τα οποία εμπλέκονται με τα στοιχεία της αλυσίδας.

Κλειστή αλυσίδα κινήσεως, η οποία αποτελείται από μεγάλο αριθμό στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά, στην απλούστερη μορφή τους είναι κατασκευασμένα ως εξής: στις δύο άκρες ενός πείρου, οι οποίες είναι διαμορφωμένες με κατάλληλες πατούρες, προσαρμόζονται πλευρικά ελάσματα (λαμάκια) κατάλληλης μορφής. Τα λαμάκια ασφαλίζονται στους πείρους με κεφάλωμα ή κοπίλιες, με τρόπο που επιτρέπει την περιστροφή τους γύρω από αυτούς.

### **2. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η αλυσοκίνηση;**

Η αλυσοκίνηση χρησιμοποιείται για τη μετάδοση της περιστροφής από την κινητήρια άτρακτο στην κινούμενη, με διατήρηση ή μετατροπή των στροφών, με βάση την επιθυμητή σχέση μετάδοσης. Οι ροπές των ατράκτων θα είναι και εδώ αντιστρόφως ανάλογες των στροφών τους. Είναι κατάλληλη για περιπτώσεις ατράκτων που απέχουν πολύ μεταξύ τους (όπως δηλαδή οι ιμάντες) και επειδή κατασκευάζονται από χάλυβες υψηλής αντοχής, είναι καταλληλότεροι από τους ιμάντες σε περιπτώσεις μεγάλων ισχύων και δυνάμεων. Δεν υπάρχουν περιορισμοί στην ελάχιστη ταχύτητά τους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αφάλεια για περιφερειακές ταχύτητες μέχρι 20 m/s. Για αυτό και στις μικρές λοιπόν ταχύτητες χρησιμοποιούνται μόνο αλυσίδες.

### **3. Πού εφαρμόζουμε την αλυσοκίνηση;**

Η αλυσοκίνηση εφαρμόζεται σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε μηχανουργεία, σε μεταλλεία και γενικά σε περιπτώσεις μετάδοσης κίνησης μεγάλων φορτίων.

### **4. Ποιες προϋποθέσεις πρέπει να υπάρχουν ώστε να εφαρμόσουμε την αλυσοκίνηση;**

Για την εφαρμογή της πρέπει οι άτρακτοι να είναι παράλληλοι και οι τροχοί να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο ή να υπάρχει κατάλληλη πλευρική υποστήριξη των αλυσίδων. Η πιο ευνοϊκή περίπτωση είναι, όταν οι άτρακτοι είναι οριζόντιοι και στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Μπορεί βέβαια να εφαρμοστεί αλυσοκίνηση και σε άλλες περιπτώσεις με την κατάλληλη όμως πλευρική υποστήριξη των αλυσίδων. Η υποστήριξη αυτή γίνεται με ειδικούς τροχούς, αντίστοιχους των τανυστήρων των ιμάντων.

## **5. Ποιοι είναι οι κύριοι τύποι των αλυσίδων;**

Αν εξαιρέσουμε τις κοινές αλυσίδες με κρίκους, που είναι κατάλληλες για ανύψωση ή έλξη φορτίων, για τη μετάδοση της κίνησης χρησιμοποιούνται αλυσίδες με στοιχεία, οι κυριότεροι τύποι των οποίων είναι:

1. Αλυσίδες με πείρους
2. Αλυσίδες με πείρους και δαχτυλίδια
3. Αλυσίδες με ράουλα
4. Οδοντωτές αλυσίδες

## **6. Περιγράψτε τις αλυσίδες με πείρους**

Είναι ο απλούστερος και φθηνότερος τύπος και διαμορφώνεται ως εξής: στις δύο άκρες ενός πείρου, οι οποίες είναι διαμορφωμένες με κατάλληλες πατούρες, προσαρμόζονται πλευρικά ελάσματα (λαμάκια) κατάλληλης μορφής. Τα λαμάκια ασφαλίζονται στους πείρους με κεφάλωμα ή κοπίλιες, με τρόπο που επιτρέπει την περιστροφή τους γύρω από αυτούς. Έχει μικρό βαθμό απόδοσης λόγω πολλών τριβών και είναι ακατάλληλος για μεγάλες ταχύτητες (πάνω από 0,5 m/s).

## **7. Περιγράψτε τις αλυσίδες με πείρους και δαχτυλίδια.**

Οι αλυσίδες αυτές συναρμολογούνται από δύο διαφορετικά είδη στοιχείων, τα οποία εναλλάσσονται διαδοχικά:

Τα εσωτερικά στοιχεία, τα οποία αποτελούνται από τα εσωτερικά πλευρικά ελάσματα (λαμάκια), που στερεώνονται στα άκρα σωληνωτών τριβών (δαχτυλιδιών).

Τα εξωτερικά στοιχεία, που αποτελούνται από τα εξωτερικά λαμάκια και τους πείρους (όπως στον απλό τύπο).

Πριν συναρμολογηθούν, οι πείροι περνάνε μέσα στα δαχτυλίδια και μπορούν να περιστρέφονται ως προς αυτά, ως εάν επρόκειτο για τους στροφείς μικρών εδράνων. Λειτουργεί με λιγότερο θόρυβο, μικρότερες τριβές και καλύτερο βαθμό απόδοσης, ενώ μπορεί να κατασκευαστεί και σε περισσότερες από μία παράλληλες σειρές στοιχείων..

## **8. Περιγράψτε τις αλυσίδες με ράουλα.**

Αν εξωτερικά από τα δαχτυλίδια περαστούν ελεύθερα σωληνωτά κύλινδρους (ράουλα), χωρίς σύνδεση με τα λαμάκια, η τριβή ολίσθησης μετατρέπεται κατά ένα μέρος σε τριβή κύλισης μέσω των ράουλων, με αποτέλεσμα λιγότερο θόρυβο και μικρότερες απώλειες λόγω τριβών. Και αυτός ο τύπος κατασκευάζεται με περισσότερες από μία

παράλληλες σειρές στοιχείων, όμως λόγω του μεγαλύτερου όγκου των στοιχείων του δεν είναι εξυπηρετικός στα μεγάλα φορτία.

#### **9. Περιγράψτε τις οδοντωτές αλυσίδες.**

Οι οδοντωτές αλυσίδες συνεργάζονται με κατάλληλα διαμορφωμένους τροχούς και έχουν το πλεονέκτημα του πολύ χαμηλού θορύβου, ενώ με κατάλληλη λίπανση μπορούν να εργαστούν σε μεγαλύτερες ταχύτητες από άλλους τύπους.

#### **10. Υλικά κατασκευής αλυσίδων.**

Τα εξαρτήματα των αλυσίδων κατασκευάζονται από ειδικούς χάλυβες καλής ποιότητας. Πιο συγκεκριμένα :

Τα λαμάκια κόβονται από χάλυβα ταινίας και η διάνοιξη των οπών τους γίνεται με μεγάλη προσοχή.

Οι πείροι κατασκευάζονται από ειδικούς χάλυβες καλής ποιότητας και λειανούνται με επιμέλεια για τον περιορισμό των τριβών και των φθορών.

Τα δαχτυλίδια τυλίγονται από χάλυβα ταινίας και τους γίνεται επιφανειακή ενανθράκωση για να αυξηθεί η αντοχή τους σε επιφανειακές πιέσεις.

Τα ράουλα κατασκευάζονται με ολκή σε ειδικές μηχανές και υφίστανται κι αυτά επιφανειακή κατεργασία και λείανση.

Οι αλυσοτροχοί μπορούν να κατασκευαστούν χυτοί από χυτοσίδηρο ή χυτοχάλυβα. Για μεγαλύτερες απαιτήσεις κατασκευαστικής ακρίβειας, ώστε να έχουμε μικρότερο θόρυβο και καλύτερο βαθμό απόδοσης, κατασκευάζονται από χάλυβα με κοπή των δοντιών τους.

#### **11. Ποιος είναι ο ελάχιστος αριθμός δοντιών του μικρού τροχού και γιατί;**

Για λόγους ασφαλούς και ομαλής (χωρίς κραδασμούς) λειτουργίας της αλυσοκίνησης δεν επιτρέπεται ο αριθμός των δοντιών που είναι σε εμπλοκή να είναι πολύ μικρός. Επιπλέον, ούτε το βήμα μπορεί να γίνει πολύ μικρό, επειδή από αυτό εξαρτώνται οι διαστάσεις του δοντιού και κατά συνέπεια αντοχή του. Έτσι μπαίνουν περιορισμοί στον ελάχιστο αριθμό των δοντιών του μικρού τροχού, ο οποίος επιλέγεται να είναι:

$z = 21$ , στις λίγες περιπτώσεις που είναι κινούμενος και

$z = 19$  (και σπάνια μικρότερος, αλλά όχι κάτω από 13, με αντίστοιχη μείωση των προσδοκιών για ομαλή και χωρίς κραδασμούς λειτουργία) στις συνηθισμένες περιπτώσεις που είναι κινητήριος.

## **12. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται ο αριθμός στροφών του μικρού τροχού;**

Ο αριθμός στροφών του μικρού τροχού εξαρτάται από το βήμα της αλυσίδας: όσο πιο μεγάλο είναι το βήμα τόσο το μέγιστο όριο στροφών περιορίζεται. Αυτό συμβαίνει, γιατί μεγάλο βήμα σημαίνει λίγα δόντια στο τόξο επαφής και οι πολλές στροφές έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλη φυγόκεντρη δύναμη. Έτι υπάρχει κίνδυνος να “πεταχτεί” η αλυσίδα, εάν τα δόντια εμπλοκής είναι λίγα.

## **13. Τι γνωρίζετε για τη λίπανση των αλυσίδων;**

Το κύριο λειτουργικό πρόβλημα των αλυσίδων είναι οι τριβές στις αρθρώσεις που δημιουργούν θορύβους και φθορές και μειώνουν τη διάρκεια ζωής τους. Ο μεγάλος αριθμός δοντιών και η επιλογή υλικών με μικρό συντελεστή τριβής περιορίζει το πρόβλημα. Εκείνο πάντως που πρέπει να γίνεται με μεγάλη επιμέλεια είναι η σωστή λίπανση. Ο τρόπος λίπανσης εξαρτάται από την περιφερειακή ταχύτητα. Έτσι έχουμε :

- Ταχύτητα έως 0,5 m/s: Περιοδική λίπανση με το χέρι, είτε με βούρτσα ή πινέλο είτε με ειδικά σπρέι λεπτόρρευστου λιπαντικού.
- Ταχύτητα έως 1,5 m/s: Λίπανση σταγόνων στα κατάλληλα σημεία.
- Ταχύτητα έως 4 m/s: Λίπανση με εμβάπτιση, οικονομική και αποτελεσματική. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ταχύτητες έως 8 m/s, αλλά με την βοήθεια ειδικών δίσκων, ώστε να μην είναι εμβαπτισμένος ο τροχός στο λιπαντικό και δημιουργείται αφρός που μειώνει την αποτελεσματικότητα της λίπανσης.
- Ταχύτητα από 4 m/s και πάνω: Λίπανση με εκτοξευόμενο λιπαντικό υπό πίεση με ειδικά μπέκ.

Σε κάθε περίπτωση η δράση του λιπαντικού μπορεί να εξουδετερωθεί, αν η διάταξη εργάζεται σε περιβάλλον με ρύπους, σκόνες, χώμα κτλ. Σε αυτές της περιπτώσεις πρέπει να καθαρίζουμε την διάταξη με πετρέλαιο ή παραφινούχα διαλύματα. Προσοχή! η χρήση ατμού, καυστικών ή οξέων δεν επιτρέπεται, γιατί να καταστραφεί η αλυσίδα.

## **14. Σύγκριση οδοντώσεων, ιμάντων και αλυσίδων**

Συγκριτική παρουσίαση της καταλληλότητας των τριών ειδών, με διάφορα κριτήρια:

Για μεγάλες σχέσεις μετάδοσης: Χρησιμοποιούνται ζεύγη γραναζιών με ενδιάμεσους άξονες (μειωτήρες), αν δεν το απαγορεύει η πολύ μεγάλη απόσταση των αξόνων. Η λύση αυτή έχει το μικρότερο όγκο και σχετικά καλό βαθμό απόδοσης.

Για ακριβείς σχέσεις μετάδοσης: Πλεονεκτούν κυρίως τα γρανάζια και οι αλυσίδες. Οι ιμάντες, εκτός των οδοντωτών, παρουσιάζουν ολίσθηση και απώλεια στροφών.

Για μεγάλες περιφερειακές δυνάμεις και ροπές: Πλεονεκτούν τα γρανάζια και οι αλυσίδες. Κύριο κριτήριο επιλογής ανάμεσά τους είναι η απόσταση των αξόνων.

Για πολύ μεγάλο αριθμό στροφών: Τα γρανάζια είναι ασφαλέστερα, επειδή δεν έχουν κίνδυνο απεμπλοκής, λόγω μεγάλης φυγόκεντρης δύναμης.

Για χαμηλή στάθμη θορύβου: Πλεονεκτούν οι ιμάντες. Τα άλλα είδη (ιδίως οι αλυσίδες) απαιτούν επιμελημένη κατασκευή και συντήρηση για περιορισμό του θορύβου.

Για ελαστική μετάδοση: Πλεονεκτούν οι ιμάντες. Τα άλλα είδη εμφανίζουν, σε περιπτώσεις απότομης μεταβολής των στροφών, κρουστικά φορτία. Σε περίπτωση μπλοκαρίσματος της μιας ατράκτου, οι ιμάντες αποτρέπουν ζημιές, λόγω της ολίσθησης.

Από άποψη οικονομίας: Οι ιμάντες είναι η πιο φθηνή λύση και απαιτούν τη μικρότερη συντήρηση.

Από άποψη διάρκειας ζωής: Πλεονεκτούν τα γρανάζια. Οι ιμάντες μειονεκτούν λόγω χαλάρωσης.

Από άποψη αντοχής σε δυσμενές περιβάλλον: Οι ιμάντες είναι ευαίσθητοι σε σκόνες και οξέα, γιατί ολισθαίνουν και φθείρονται. Οι αλυσίδες είναι ευαίσθητες σε διαβρωτικό περιβάλλον.

Από άποψη ευκαμψίας: Η σύγκριση αφορά ιμάντες και αλυσίδες. Πλεονεκτούν οι αλυσίδες, ιδίως οι μικρού βήματος. Επομένως, λόγω μικρότερων απαιτούμενων τροχών (και διατομών λόγω μεγαλύτερης αντοχής), η αλυσοκίνηση έχει μικρότερο όγκο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΤΡΟΦΑΛΟΥ**

### **1. Περιγράψτε το μηχανισμό στρόφαλου.**

Ο μηχανισμός στρόφαλου χρησιμοποιείται κυρίως στις μηχανές εσωτερικής καύσης και περιλαμβάνει το έμβολο, το διωστήρα και το στρόφαλο. Το έμβολο ολισθαίνει μέσα στον κύλινδρο, παλινδρομώντας από το άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ) ως το κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ). Το έμβολο αρθρώνεται με το πάνω άκρο του διωστήρα (μπιέλα) μέσω του “πείρου του εμβόλου” και ο διωστήρας αρθρώνεται στο κάτω άκρο του με το στρόφαλο (στροφαλοφόρο άξονα).

### **2. Σκοπός του μηχανισμού στρόφαλου**

Σκοπός του μηχανισμού εμβόλου – διωστήρα – στρόφαλου κατά τη λειτουργία του στις “εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης” είναι η παραγωγή μηχανικού έργου στο στρόφαλο. Η μετατόπιση του εμβόλου μεταφέρεται από τον πείρο του εμβόλου στο διωστήρα, ο οποίος με τη σειρά του ωθεί έκκεντρα το στρόφαλο και τον περιστρέφει. Με τον τρόπο αυτό η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο μετατρέπεται σε περιστροφική στο στροφαλοφόρο άξονα. Η περιστροφική κίνηση του στροφαλοφόρου άξονα μπορεί εύκολα να μεταβιβαστεί στη συνέχεια με λυόμενο σύνδεσμο (συμπλέκτη) στο κιβώτιο ταχυτήτων και από εκεί στους κινητήριους τροχούς.

### **3. Βασικά γεωμετρικά μεγέθη**

D διάμετρος κυλίνδρου

d διάμετρος εμβόλου

S=2r διαδρομή εμβόλου (απόσταση ΑΝΣ από ΚΝΣ)

l μήκος διωστήρα

V<sub>h</sub> όγκος εμβολισμού (κυβισμός)

$$V_h = (\pi d^2/4) 2r$$

### **4. Υλικά κατασκευής.**

- Τα έμβολα κατασκευάζονται από ειδικά κράματα αλουμινίου, για να είναι ελαφριά και να αντέχουν σε μεγάλη επιφανειακή πίεση και θερμοκρασία.
- Οι διωστήρες κατασκευάζονται από σφυρήλατο χάλυβα
- Οι στροφαλοφόροι άξονες κατασκευάζονται από ειδικά κραματωμένο χυτοχάλυβα υψηλής αντοχής σε κρουστικά φορτία.

## **5. Συνθήκες λειτουργίας – καταπονήσεις**

Στο πάνω μέτωπο του εμβόλου γίνεται η έκρηξη του μίγματος αέρα - καυσίμου και τα αέρια που δημιουργούνται πιέζουν το έμβολο προς τα κάτω. Η μετατόπιση του εμβόλου μεταφέρεται από τον πείρο του εμβόλου στο διωστήρα, ο οποίος με τη σειρά του ωθεί έγκεντρα το στρόφαλο και τον περιστρέφει. Η πίεση των θερμών αερίων της καύσης καταπονεί θερμικά αλλά και μηχανικά τα έμβολα, τα οποία λόγω της υψηλής θερμοκρασίας (που οφείλεται στα καυσαέρια αλλά και στην τριβή με το εσωτερικό των κυλίνδρων) θερμαίνονται και διαστέλλονται.

Η έκρηξη των καυσαερίων γίνεται σε κάθε κύλινδρο περιοδικά (περίπου 100 φορές το δευτερόλεπτο) και άρα η δύναμη που μεταβιβάζεται από το έμβολο στο διωστήρα δεν είναι σταθερή αλλά επαναλαμβανόμενη ή αλλιώς κρουστική. Πρέπει λοιπόν το έμβολο, ο διωστήρας, ο στρόφαλος και οι μεταξύ τους αρθρώσεις (κομβία ή στροφείς) να έχουν τη δυνατότητα να αντέχουν σε αυτά τα κρουστικά φορτία των επαναλαμβανόμενων εκρήξεων.

Όπως εύκολα αντιλαμβάνεται ο καθένας, σημαντικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία του μηχανισμού εμβόλου – διωστήρα – στροφάλου παίζει η επαρκής λίπανση των επιφανειών τριβής (έμβολο – κύλινδρος και κομβία) αλλά και η ψύξη του κυλίνδρου. Τόσο η λίπανση όσο και η ψύξη γίνονται με ιδιαίτερα κυκλώματα

## ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

### 1. ΗΛΩΣΕΙΣ

Καταπόνηση **ήλων** σε διάτμηση:

- σε περίπτωση που έχουμε ήλωση με επικάλυψη ή απλή αρμοκαλύπτρα :

$$\tau = Q / A \leq \tau_{\text{επ}} , \quad A = \pi d^2 / 4$$

όπου A: είναι η επιφάνεια της διατομής ενός ήλου. Σε περίπτωσή που έχουμε παραπάνω από ένα ήλους πολλαπλασιάζουμε με τον αριθμό των ήλων δηλαδή:

$$\tau = Q / A \cdot z$$

(ή και με τον αριθμό των σειρών n)

$$\tau = Q / A \cdot z \cdot n$$

- σε περίπτωση που έχουμε ήλωση με διπλή αρμοκαλύπτρα ο ήλος τέμνεται σε δύο διατομές και ο τύπος γίνεται :

$$\tau = Q / A \cdot z \cdot n \cdot 2$$

$z$ =αριθμός ήλων (ανά σειρά)

$n$ =αριθμός σειρών ήλων

(Παράδειγμα 1, σελ. 312)

Καταπόνηση **ελασμάτων** σε εφελκυσμό:

$$\sigma = F / A < \sigma_{\text{επ}} , \quad A = (b - z d_1) \cdot S$$

$b$ =πλάτος ελάσματος,

$z$  = αρ. ήλων,

$d$ =διάμετρος ήλων,

$S$ =πάχος ελάσματος

$d_1$  = διάμετρος οπών

(Παράδειγμα 2, σελ. 313)

Υπολογισμός διαμέτρου οπής :  $d_1 = d + 1 \text{ mm}$

Χαρακτηριστικά του υλικού:

$$\sigma_{\text{επ}} = \sigma_{\theta\rho} / \nu_{\text{ασφ}} \quad (\text{για εφελκυσμό-θλίψη}) \quad \text{ή}$$

$$\tau_{\text{επ}} = \tau_{\theta\rho} / \nu_{\text{ασφ}} \quad (\text{για διάτμηση- στρέψη})$$

όπου  $\nu_{\text{ασφ}}$  = συντελεστής ασφαλείας

## 2. ΚΟΧΛΙΟΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

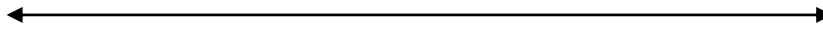
Αξονική φόρτιση: (καταπόνηση σε εφελκυσμό)

$$\sigma = F / A \leq \sigma_{\text{επ}} \quad , \quad A = \pi d_1^2 / 4 \quad (\text{Παραδείγματα 1 \& 2, σελ. 315-317})$$

$\sigma$  = τάση που αναπτύσσεται.

$P, F$  = το φορτίο

$$A = \text{η διατομή του κοχλίου} = \pi d_1^2 / 4 \quad (d_1 = \text{η διάμετρος του πυρήνα})$$



Καταπόνηση σε εφελκυσμό ή θλίψη και στρέψη (σύνθετη καταπόνηση):

$$\text{Υπολογισμός φορτίου: } F = 0,6 d_1^2 \cdot \sigma_{\text{επ}}$$

$F$  = φορτίο

$d_1$  = η διάμετρος του πυρήνα



Ανηγμένη πίεση μεταξύ των σπειρωμάτων κοχλίου και περικοχλίου: (πολλές φορές αναφέρεται ως επιφανειακή πίεση σπειρωμάτων )

$$p = \frac{F}{\frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2) \cdot z} \leq p_{\text{επ}} \quad (\text{Παρ. 3, σελ. 317})$$

$d$  = η μεγάλη (ονομαστική) διάμετρος της βίδας.

$d_1$  = η διάμετρος του πυρήνα.

z = ο αριθμός των σπειρωμάτων που βρίσκονται σε επαφή.



Καταπόνηση σε διάτμηση:

$$\tau = Q/A \leq \tau_{\varepsilon\pi}$$

$$A = \pi d_1^2 / 4 \quad (d_1 = \text{διάμετρος του πυρήνα})$$

(Άσκηση 3, σελίδα 318)

### **3. ΑΤΡΑΚΤΟΙ – ΑΞΟΝΕΣ**

Μεταφερόμενη Ροπή:  $M_t = 71620 \frac{P}{n}$  (P σε HP, n σε RPM,  $M_t$  σε  $\text{kp}\cdot\text{cm}$ )

Διάμετρος ατράκτου:  $d = (M_t / 0,2 \cdot \tau_{\varepsilon\pi})^{1/3}$  (d σε cm)

(Παρ. σελ. 325, Ασκήσεις 1 & 2, σελ. 326)

### **4. ΟΔΟΝΤΩΣΕΙΣ**

Υπολογισμοί Αντοχής

Βήμα:  $t = 100 \left( \frac{450P}{n \cdot z \cdot y \cdot c} \right)^{1/3}$

P: ισχύς σε PS

n: στροφές σε RPM

z: αριθμός δοντιών

y: συντελεστής μορφής

c: συντελεστής φόρτισης

Διαστάσεις κανονικού δοντιού:

Μοντούλ:  $m = \frac{t}{\pi}$  (σε mm)

$$m = d_o / z$$

Ύψος κεφαλής:  $h_k = m$

Ύψος ποδιού:  $h_f = 1,17m$

Ύψος δοντιού:  $h = h_k + h_f = 2,17m$

Πάχος δοντιού:  $s = 0,5t$

Διάκενο:  $w = t - s = 0,5 t$  περίπου

Μήκος δοντιού:  $b = \gamma \cdot t$

Διάμετρος κεφαλών:  $d_k = d_o + 2h_k \rightarrow d_k = m (z + 2)$

Απόσταση των αξόνων:  $a = \frac{d_{01} + d_{02}}{2}$

## **5. ΙΜΑΝΤΕΣ**

Περιφερειακή δύναμη:  $F \cdot v = 75 P$

Περιφερειακή ταχύτητα:  $v = \pi \cdot d \cdot n$  **ΠΡΟΣΟΧΗ** (d σε m, n σε στρ/s, v σε m/s)

$$F \text{ σε daN}$$

$$P \text{ σε PS}$$

(Παράδειγμα και Ασκήσεις, σελ. 342-343)

Υπολογισμοί Αντοχής

Περιφερειακή δύναμη:  $F = (b \cdot s) \cdot \sigma_\epsilon$

πλάτος τροχαλίας:  $b_1 = 1,1 b + 10 \text{ mm}$  (Παράδειγμα, σελ. 344)

Για τους υπολογισμούς των φυσικών μεγεθών, που αναφέρονται στην περιστροφική κίνηση (Ροπές, σχέση μετάδοσης, περιφερειακή ταχύτητα, σχέση διαμέτρων οδοντωτών τροχών ή τροχαλιών κτλ.), βλ. φυλλάδιο Κεφαλαίου 8.

## **1. ΕΞΕΤΑΣΤΕΑ ΥΛΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: «ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ»**

**Η ΕΞΕΤΑΣΤΕΑ ΥΛΗ ΕΙΝΑΙ ΙΔΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ Γ΄ ΤΑΞΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΚΑΙ Δ΄ ΤΑΞΗΣ ΕΣΠΕΡΙΝΟΥ ΕΠΑ.Λ.**

ΒΙΒΛΙΟ: Στοιχεία Μηχανών – Σχέδιο (Ι. Καρβέλη, Α. Μπαλντούκα, Α. Ντασκαγιάννη, έκδ. Ο.Ε.Δ.Β.)

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΣΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ** Γενικά περί συνδέσεων –Είδη συνδέσεων (σελ. 131–147)

### **7.1. ΗΛΟΣ**

7.1.1. Περιγραφή–χρήση ήλου (καρφιού)

7.1.2. Κατηγορίες–τύποι ήλων (καρφιών)

7.1.3. Κατασκευαστικά στοιχεία ήλου

### **7.2. ΗΛΩΣΕΙΣ**

7.2.1. Λειτουργικός σκοπός–περιγραφή–χρήση ηλώσεων

7.2.2. Κατηγορίες–τύποι–κατασκευαστικά στοιχεία ηλώσεων

7.2.3. Μέθοδοι κατασκευής ηλώσεων

### **7.3. ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ**

7.3.1. Περιγραφή–χρήσεις κοχλιών

7.3.2. Κατασκευή σπειρώματος

7.3.4. Λειτουργικός σκοπός κοχλιών (σελ. 149–151)

### **7.4. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ (σελ. 154–161)**

7.4.1. Περιγραφή–Σκοπός–Χρήσεις συγκόλλησης

7.4.2. Κατηγορίες συγκολλήσεων

7.4.3. Κατασκευαστικά στοιχεία

### **7.5. ΣΦΗΝΕΣ (σελ. 162–165)**

7.5.1. Περιγραφή–Χρήση–Κατασκευαστικά στοιχεία σφηνών

7.5.2. Κατηγορίες–Τύποι σφηνών

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Η ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ (σελ. 177–180)**

### **8.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ**

### **8.2. ΒΑΣΙΚΑ ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΟΥΣ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΜΕΣΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ**

### **9.1. ΑΞΟΝΕΣ–ΑΤΡΑΚΤΟΙ–ΣΤΡΟΦΕΙΣ (σελ. 184–190)**

- 9.1.1. Περιγραφή ορισμός
- 9.1.2. Σκοπός που εξυπηρετούν
- 9.1.3. Τύποι και κατηγορίες
- 9.1.4. Μορφολογικά χαρακτηριστικά–υλικά αξόνων
- 9.1.5. Συνθήκες λειτουργίας–καταπόνηση
- 9.1.6. Τοποθέτηση–λειτουργία–συντήρηση

### **9.2. ΕΔΡΑΝΑ–ΕΙΔΗ ΕΔΡΑΝΩΝ (σελ. 191–206)**

- 9.2.1. Περιγραφή ορισμός
- 9.2.2. Σκοπός που εξυπηρετούν
- 9.2.3. Τύποι και κατηγορίες
- 9.2.4. Μορφολογικά χαρακτηριστικά–υλικά κατασκευής
- 9.2.5. Συνθήκες λειτουργίας καταπόνηση
- 9.2.6. Τοποθέτηση–λειτουργία–συντήρηση

### **9.3. ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ–ΕΙΔΗ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ (σελ. 207–220)**

- 9.3.1. Περιγραφή–ορισμός–είδη
- 9.3.2. Σταθεροί ή άκαμπτοι σύνδεσμοι
- 9.3.3. Κινητοί ή εύκαμπτοι σύνδεσμοι
- 9.3.4. Λυόμενοι σύνδεσμοι–Συμπλέκτες

Εξαιρούνται: οι παράγραφοι–εικόνες που αναφέρονται στο σχεδιασμό των συνδέσμων

ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ: Η παράγραφος 9.2.4. της εξεταστέας ύλης αναφέρεται στο βιβλίο «Στοιχεία Μηχανών–Σχέδιο» ως παράγραφος 9.3.4. λόγω τυπογραφικού λάθους

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ**

### **10.1. ΟΔΟΝΤΩΣΕΙΣ (σελ. 226–240)**

- 10.1.1. Ορισμός–Περιγραφή
- 10.1.2. Λειτουργικός σκοπός–χρήσεις
- 10.1.3. Κατηγορίες–τύποι
- 10.1.4. Κατασκευαστικά στοιχεία
- 10.1.5. Συνθήκες–σχέσεις λειτουργίας
- 10.1.6. Οδηγίες εφαρμογής–λειτουργίας

### **10.2. ΙΜΑΝΤΕΣ (σελ. 242–254)**

- 10.2.1. Ορισμός–περιγραφή
- 10.2.2. Λειτουργικός σκοπός–χρήσεις
- 10.2.3. Κατηγορίες–τύποι
- 10.2.4. Κατασκευαστικά στοιχεία
- 10.2.5. Συνθήκες–σχέσεις λειτουργίας
- 10.2.6. Οδηγίες εφαρμογής–λειτουργίας

- 10.3. ΑΛΥΣΙΔΕΣ (σελ. 256–268)
- 10.3.1. Ορισμός–περιγραφή
- 10.3.2. Λειτουργικός σκοπός–χρήσεις
- 10.3.3. Κατηγορίες–τύποι
- 10.3.4. Κατασκευαστικά στοιχεία
- 10.3.5. Συνθήκες–σχέσεις λειτουργίας
- 10.3.6. Οδηγίες εφαρμογής–λειτουργίας

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΤΡΟΦΑΛΟΥ (σελ. 275–279)**

- 11.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ–ΟΡΙΣΜΟΣ
- 11.2. ΣΚΟΠΟΣ ΠΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΕΙ Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΜΒΟΛΟΥΔΙΩΣΤΗΡΑ– ΣΤΡΟΦΑΛΟΥ
- 11.3. ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ–ΒΑΣΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ
- 11.4. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ–ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
- 11.5. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ–ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ–ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ (παράρτημα) (σελ. 307–362)**

- 14.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
- 14.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
- 14.3. ΗΛΩΣΕΙΣ
  - 14.3.1. Καταπόνηση ηλώσεων
  - 14.3.2. Παραδείγματα εφαρμογής
- 14.4. ΚΟΧΛΙΟΣΥΝΔΕΣΕΙΣ
  - 14.4.1. Υπολογισμός των κοχλιών σε αντοχή
  - 14.4.2. Παραδείγματα εφαρμογής
  - 14.4.3. Ασκήσεις για λύση
- 14.5. ΣΦΗΝΕΣ
  - 14.5.1. Επιλογές σφηνών
  - 14.5.2. Εφαρμογές
- 14.6. ΑΤΡΑΚΤΟΙ–ΑΞΟΝΕΣ
  - 14.6.1. Υπολογισμός ατράκτων–αξόνων
  - 14.6.2. Παραδείγματα υπολογισμού ατράκτου
  - 14.6.3. Ασκήσεις για λύση
- 14.7. ΕΔΡΑΝΑ ΚΥΛΙΣΗΣ (ΡΟΥΛΜΑΝ)
  - 14.7.1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά εδράνων κύλισης

- 14.7.2. Υπολογισμός εδράνων κύλισης
- 14.7.3. Πίνακες υπολογισμού εδράνων κύλισης
- 14.7.4. Παράδειγμα υπολογισμού εδράνων κύλισης
- 14.7.5. Ασκήσεις για λύση

#### 14.8. ΟΔΟΝΤΩΣΕΙΣ

- 14.8.1. Λειτουργικές σχέσεις
- 14.8.2. Παράδειγμα εφαρμογής
- 14.8.3. Ασκήσεις για λύση
- 14.8.4. Υπολογισμοί αντοχής
- 14.8.5. Παράδειγμα εφαρμογής
- 14.8.6. Ασκήσεις για λύση

#### 14.9. ΙΜΑΝΤΕΣ

- 14.9.1. Λειτουργικές σχέσεις
- 14.9.2. Παράδειγμα εφαρμογής
- 14.9.3. Ασκήσεις για λύση
- 14.9.4. Υπολογισμοί αντοχής

#### 14.10. ΑΛΥΣΙΔΕΣ

- 14.10.1. Λειτουργικά και κατασκευαστικά στοιχεία
- 14.10.2. Μέθοδος επιλογής
- 14.10.3. Παράδειγμα εφαρμογής
- 14.10.4. Ασκήσεις για λύση