

**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**«ΑΤΡΑΚΤΟΙ – ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ-
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΑΤΡΑΚΤΩΝ»**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΖΕΛΕΠΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α.Μ.3436

ΕΠΟΠΤΗΣ: **ΓΙΑΝΝΕΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**
Διπλ. Μηχανολόγος Μηχ. Εργ.Συνεργάτης Τ.Ε.Ι.

ΠΑΤΡΑ 2006

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΘΑ ΗΘΕΛΑ ΝΑ ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΣΩ ΤΟΝ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΜΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Δρ. κ. ΓΙΑΝΝΕΛΟ ΔΗΜΗΤΡΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

ΕΠΙΣΗΣ ΘΑ ΗΘΕΛΑ ΝΑ ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΣΩ ΤΟΥΣ ΦΙΛΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΔΕΛΦΟΥΣ ΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΥΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ.

ΤΕΛΟΣ, ΤΗΝ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΜΟΥ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΙΚΗ ΚΑΙ ΗΘΙΚΗ ΤΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛΙΔΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΑΞΟΝΕΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.2 ΥΛΙΚΑ.....	7
1.3 ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΑΞΟΝΩΝ.....	8
1.4 ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ ΑΞΟΝΩΝ.....	8
1.4.1 ΚΑΜΠΤΙΚΕΣ ΡΟΠΕΣ.....	8
1.4.2 ΑΞΟΝΕΣ.....	10
1.5 ΥΠΕΡΣΤΑΤΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ.....	14
1.5.1 ΣΤΕΡΕΑ ΕΔΡΑΣΗ.....	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
2.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ.....	18
2.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ.....	18
2.4 ΕΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ.....	27
2.5 ΕΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΛΑΤΗΡΙΑ.....	33
2.5.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥΣ ΠΕΙΡΟΥΣ.....	33
2.5.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΜΕ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΑΠΟ ΕΛΑΣΜΑ.....	34
2.5.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ BIBBY.....	34
2.5.4 ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΜΕ ΕΛΙΚΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ.....	35
2.5.5 ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΜΕ ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΣΤΡΕΨΗΣ.....	35
2.6 ΕΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΜΕ ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΛΑΤΗΡΙΑ.....	35
2.6.1 ΕΛΑΣΤΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΜΕ ΠΕΙΡΟΥΣ.....	35
2.6.2 ΕΛΑΣΤΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ FLENDER.....	36
2.6.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΔΙΣΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ LOHMANN & STOLTERFOHT.....	36
2.6.4 ΕΛΑΣΤΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ PERIFLEX.....	36

2.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ.....	37
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΑΞΟΝΩΝ ΣΗΜΑΣΙΑ – ΑΚΡΙΒΕΙΑ

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ – ΕΝΝΟΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	39
3.1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΩΝ ΑΞΟΝΩΝ.....	39
3.1.2 Ο ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	45
3.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΝ ΚΑΘΕ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ.....	45
3.3 ΧΡΟΝΟΣ ΣΤΑΔΙΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ – ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	46
3.3.1 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ – ΕΛΕΓΧΟΣ.....	47
3.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ – ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	48
3.4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΜΩΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑ.....	48
3.4.2 ΑΚΡΙΒΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ.....	49
3.4.3 ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ Η ΑΚΡΙΒΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ.....	50
3.4.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΑΚΡΙΒΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	51
3.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΚΑΚΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ.....	53
3.5.1 ΤΑ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΚΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΑΞΟΝΩΝ

4.1 ΕΙΔΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	58
4.1.1 ΕΙΔΗ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ (ΚΟΜΠΛΕΡ).....	58
4.1.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΑΞΟΝΩΝ.....	59
4.1.3 ΠΩΣ ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ Η ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΑΞΟΝΩΝ.....	59
4.1.4 ΚΑΤΑΝΟΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	60
4.2 ΑΝΟΧΕΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ – ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΟΛΕΣ.....	61
- 4.2.1. ΑΝΟΧΕΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	62
4.2.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ.....	62
4.3 ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΡΙΓΑ ΚΑΙ ΦΙΛΕΡ.....	63
4.3.1 ΠΡΟΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΤΩΝ ΑΛΛΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	63
4.3.2 ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ – ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΜΕ ΩΡΟΛΟΓΙΑΚΑ ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΑ.....	68

4.3.2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	69
4.3.2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΙΛΕΡ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (ΠΡΟΣΘΗΚΩΝ).....	74
4.3.3 ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΑΑ ₂ – ΑΑ ₃	75
4.3.3.1 Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΑ ₂	76
4.3.3.2 Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΑ ₃	78
4.3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	78
4.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΜΕ ΑΚΤΙΝΕΣ LASER.....	80
4.4.1 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ.....	81
4.4.2 ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΑΞΟΝΩΝ ΚΑΘΕΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ (ΜΕΘΟΔΟΣ LASER).....	83
4.4.3 ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ LASER.....	84

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο πλαίσιο των προσπαθειών που καταβάλλει η **Δ/ση Εκπαίδευσης** για την ποιοτική αναβάθμιση των παρεχόμενων εκπαιδευτικών υπηρεσιών δημιούργησε την ανάγκη συγγραφής των σημειώσεων «**Μέθοδοι Ευθυγράμμισης**».

Πιστεύω ότι οι σημειώσεις αυτές αποτελούν ένα πεδίο προβληματισμού στην γνώση του αντικείμενου και στην εφαρμογή τεχνικών που διευκολύνουν τον τρόπο εργασίας, μειώνουν τον χρόνο επισκευής ή ελέγχου των μηχανημάτων, ελαχιστοποιούν το κόστος συντήρησης, μεγιστοποιούν τους χρόνους καλής λειτουργίας έχοντας πάντοτε πρώτιστο μέλημα τις μεθόδους ασφαλούς εργασίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικές πληροφορίες γύρω από του άξονες δηλαδή για την κατεργασία τους, σε διάφορες καταπονήσεις που υπόκεινται και κυρίως σε καμπτικές ροπές. Επιπλέον γίνεται αναφορά στους υπερστατικούς άξονες και γενικά στην στερεά έδραση.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους συνδέσμους, σε διάφορους τύπους σύνδεσής τους καθώς και σε διάφορα είδη σύνδεσης τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενή ανάλυση στην ευθυγράμμιση αξόνων καθώς και στην σημασία – ακρίβεια ευθυγράμμισης. Συγκεκριμένα αναλύει τι είναι ευθυγράμμιση, ο σκοπός της και κυρίως στην ακριβής ευθυγράμμιση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο τελειώνοντας αναφέρονται διάφορες μέθοδοι ευθυγράμμισης αξόνων καθώς και η όλη διαδικασία από την προετοιμασία έως και το αποτέλεσμα των πειραμάτων με διάφορα παραδείγματα. Επιπλέον γίνεται αναφορά στα laser πως χρησιμοποιούνται, ποια η χρησιμότητά τους και ποια τα αποτελέσματα.

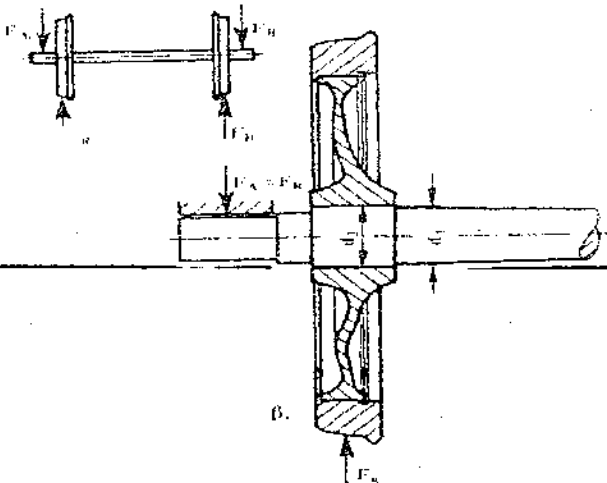
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΞΟΝΕΣ

1.1. Εισαγωγή

Άξονες ονομάζονται τα στοιχεία μηχανών, τα οποία χρησιμεύουν στην έδραση διαφόρων στοιχείων όπως τροχών, τροχαλίων τύμπανα συρματόσχοινων, τροχίσκους, κ.λ.π. και δεν μεταφέρουν στρεπτικές ροπές. Φορτίζονται συνήθως σε κάμψη (με εγκάρσιες δυνάμεις) και σπανιότερα σε εφελκυσμό ή θλίψη. Διακρίνονται σε **σταθερούς** (ακίνητους) άξονες, στους οποίους εδράζονται στοιχεία που περιστρέφονται και σε **περιστρεφόμενους** άξονες, οι οποίοι περιστρέφονται μαζί με τα στοιχεία που εδράζονται σε αυτούς. Οι σταθεροί άξονες συνδέονται σταθερά με ένα κέλυφος, μια βάση κ.λ.π. και είναι ακίνητοι. Τα στοιχεία που φέρουν εδράζονται σε αυτούς έτσι ώστε να μπορούν να περιστρέφονται ελεύθερα. Οι περιστρεφόμενοι άξονες συνδέονται σταθερά με διάφορα στοιχεία (τροχούς, μοχλούς κ.λ.π.) και εδράζονται σε ένα κέλυφος, μια βάση κ.λ.π. Οι περιστρεφόμενοι άξονες περιστρέφονται μαζί με τα στοιχεία που στηρίζονται σε αυτούς. Από την άποψη της φόρτισης καλύτερη λύση αποτελούν οι σταθεροί άξονες, διότι το φορτίο που δέχονται είναι στατικό ή επαναλαμβανόμενο. Οι περιστρεφόμενοι άξονες αντίθετα φορτίζονται με εναλλασσόμενα φορτία. Από την άποψη της συντήρησης των εδράνων όμως προτιμώνται οι περιστρεφόμενοι άξονες, διότι η προσέγγιση των εδράνων είναι ευκολότερη.

Οι τελευταίοι χρησιμοποιούνται σε τροchioδρομικά οχήματα κυρίως, διότι μας μεταδίδουν ευνοϊκά πλευρικές δυνάμεις από τις σιδηροτροχιές.



Σχήμα 1. Περιστρεφόμενος άξονας μαζί με τον τροχό, από σιδηροδρομικό όχημα. Η

διαμόρφωση αυτή μας επιτρέπει μία συνάρμωση και εξάρμωση ολοκλήρου του συστήματος των τροχών, όπως επίσης μια ευνοϊκή μετάδοση των πλαγίων δυνάμεων. Την καμπτική καταπόνηση που δέχεται εδώ ο άξονας μπορούμε να χαρακτηρίσουμε σαν δυσμενέστερη επειδή είναι εναλλασσόμενη.

1.2. Υλικά

Η εκλογή του κατάλληλου υλικού χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Η καλύτερη εκμετάλλευση επιτυγχάνεται όταν έχουμε σαφή αντίληψη για τις καταπονήσεις. Στο σημείο αυτό έχουμε πολλές δυσκολίες να αντιμετωπίσουμε, που σημαίνει ότι το πρόβλημα μας δεν λύνεται απλά με την επιλογή μετάλλου με μεγαλύτερη αντοχή.

Υλικά με υψηλότερη αντοχή, που δεν είναι απαραίτητη, σημαίνει μεγαλύτερα έξοδα καταργασίας και εργαλείων, εκτός ότι τα υλικά αυτά είναι πιο ευαίσθητα στην επίδραση εγκοπών.

Γενικά οι άξονες με κανονική φόρτιση για μειωμένες, μεταφορικές και ανυψωτικές μηχανές κ.λ.π. κατασκευάζονται συνήθως από κοινούς χάλυβες κατά DIN 17100 (π.χ. St-37-2, St-44-2, St50-2, St60-2). Για υψηλές φορτίσεις (π.χ. οχήματα) χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση επιβελτιωμένοι χάλυβες κατά DIN 17200 (π.χ. 25CrMo4, 18Mn6 κ.α. Ανάλογα βέβαια με ιδιαίτερες απαιτήσεις (π.χ. διαβρωτικό περιβάλλον) χρησιμοποιούνται και άλλα πλέον κατάλληλα είδη χαλύβων.

Η χρησιμότητα των κραματούχων χαλύβων έχει νόημα σε μια εναλλασσόμενη καταπόνηση, μόνο όταν περιορίσουμε ή αποφύγουμε την επίδραση των εγκοπών, γιατί οι χάλυβες αυτοί είναι πολύ ευαίσθητοι στις εγκοπές.

Οι χάλυβες πρέπει να διαθέτουν μεγάλη επιφανειακή σκληρότητα με μαλακό πυρήνα. Η καταπόνησή τους σε εναλλασσόμενα φορτία προξενεί σε όλες τις διαβαθμίσεις, στους σφηνόδρομους και γενικά στις εγκοπές κινδύνους αστοχίας. Η συγκέντρωση τάσεων μπορεί να περιοριστεί με κατάλληλη κατασκευαστική διαμόρφωση.

Οι δυναμικές γραμμές που διατρέχουν τον άξονα, έχουν βασική σημασία για τη διαμόρφωση της αντοχής. Μία απότομη εκτόπιση των γραμμών από μια εγκοπή ή μια συμπίεση στην θέση που δημιουργείται σφηνόδρομος, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της μορφικής αντοχής. Στις περιπτώσεις αυτές προβλέπονται εγκοπές εκτόνωσης, που μας επιτρέπουν μια ομαλή απόκλιση των δυναμικών γραμμών.

Σε εναλλασσόμενες καμπτικές καταπονήσεις συνιστάται να γίνεται έλεγχος των

δυναμικών γραμμών, διότι στις περισσότερες περιπτώσεις βρίσκουμε λύσεις αύξησης της μορφικής αντοχής.

1.3. Κατεργασία αξόνων.

Η κατεργασία των αξόνων μικρών διαστάσεων και σε μικρούς αριθμούς τεμαχίων, γίνεται ή με τórνευση, ή ακόμα καλύτερα σε μεγαλύτερο αριθμό με σφυρηλάτηση ή έλαση. Με τον τρόπο αυτό περιορίζουμε τους χρόνους κατεργασίας με αφαίρεση υλικού επάνω στις εργαλειομηχανές. Σε μεγάλο αριθμό τεμαχίων, όπως π.χ. στην κατασκευή μειωτήρων, ετοιμάζουμε σφυρήλατα κομμάτια, που στη συνέχεια θα υποστούν κατεργασία σε τórνους αντιγραφής και σε φρεζομηχανές, ενώ μετά από την επιβελτίωση θεωρείται απαραίτητη η λείανση.

Χάλυβες από έλαση στρεβλώνονται εύκολα κατά την διάνοιξη σφηνόδρομων. Για τον λόγο αυτό πρέπει οι εργασίες φρέζας να προηγούνται της τελικής κατεργασίας που είναι η λείανση.

1.4. Καταπονήσεις αξόνων.

1.4.1. Καμπτικές ροπές.

Όταν πρόκειται να δώσουμε διαστάσεις σ' ένα άξονα ή να διερευνήσουμε το συντελεστή ασφαλείας με δεδομένες τις διαστάσεις του, θα πρέπει να έχουμε μια σαφή αντίληψη της καταπόνησης του στοιχείου.

Το πρώτο βήμα που θα χρειαστεί να κάνουμε είναι να υπολογίσουμε τις δυνάμεις των αντιδράσεων, που θεωρούνται εξωτερικές δυνάμεις, και με τις οποίες ισορροπεί το εκάστοτε στοιχείο. Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιούμε τις τρεις σχέσεις της στατικής:

$$\Sigma X = 0 \quad , \quad \Sigma Y = 0 \quad , \quad \Sigma M = 0$$

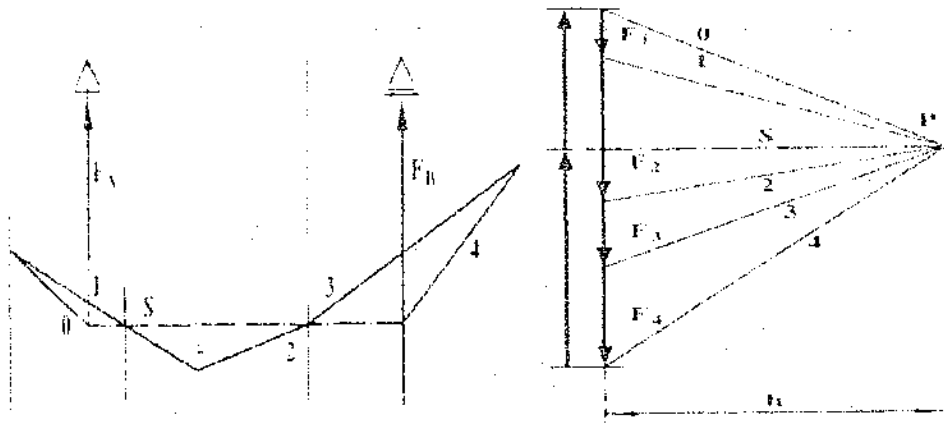
Στη συνέχεια θα πρέπει να προσδιορίσουμε τις καμπτικές ροπές στις θέσεις εκείνες που νομίζουμε ότι θα έχουμε μεγάλες τάσεις ή αιχμές τάσεων. Συνήθως ζητάμε την θέση που επιδρά η μεγίστη καμπτική ροπή, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η αστοχία ενός στοιχείου θα παρουσιαστεί στην θέση αυτή. Οι διάφορες κατασκευαστικές εγκοπές παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην δυναμική αντοχή του στοιχείου. Τα διαγράμματα των καμπτικών ροπών μας παρέχουν μια θετική βοήθεια για να πάρουμε μια

γενική εικόνα της καταπόνησης του στοιχείου.

Εφαρμογή

Θεωρούμε άξονα που εδράζεται στα σημεία A και B και του οποίου τα άκρα επεκτείνονται πέρα από τις εδράσεις. Οι κατασκευαστικές διαστάσεις και τα φορτία του άξονα θεωρούνται γνωστά.

Για να προσδιορίσουμε την καμπτική καταπόνηση, ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:



Σχήμα 2.

Προσδιορίζουμε στην αρχή τις δυνάμεις αντιδράσεων F_A και F_B που δημιουργούνται από την επίδραση των εξωτερικών φορτίων. Σχεδιάζουμε για το σκοπό αυτό το δυναμοπολύγωνο και έπειτα παίρνουμε με εκλογή ένα τυχαίο πόλο σε μια τυχούσα απόσταση h από το δυναμοπολύγωνο. Στη συνέχεια, φέρουμε από τον πόλο τις ακτίνες μέχρι τις αντίστοιχες δυνάμεις, τις οποίες μεταφέρουμε παράλληλα κάτω από τον άξονα μέχρι να κόψουν τις αντίστοιχες ευθείες επενέργειας των δυνάμεων και χωρίς να λάβουμε υπόψη τις θέσεις των εδράσεων. Έτσι, παίρνουμε το σχοινοπολύγωνο.

Τα σημεία τομής της πρώτης και τελευταίας ακτίνας του σχοινοπολυγώνου με τις κατακόρυφες που περνούν από τις θέσεις των εδράνων ενώνονται με την ευθεία-S που θα μας κλείσει το σχοινοπολύγωνο, η δε παράλληλη μεταφορά της μέχρι τον πόλο P θα μας ορίσει το μέγεθος των δύο δυνάμεων αντιδράσεως την F_A και F_B .

Το σχήμα του σχοινοπολυγώνου περικλείει την επιφάνεια των ροπών. Η επιφάνεια αυτή που κατασκευάζεται με τον τρόπο που αναπτύξαμε παραπάνω, μηδενίζεται σε δύο θέσεις, όπως βλέπουμε από το διάγραμμα, που σημαίνει ότι η καμπτική ροπή

κατά μήκος του άξονα θα αλλάξει δύο φορές πρόσημο.

Το πρόσημο προσδιορίζεται εύκολα όταν παρατηρήσουμε ένα σημείο: π.χ. η καμπτική ροπή στο σημείο A δίνεται με $-F_1 \cdot a$, οπότε το αριστερό μέρος της επιφανείας των καμπτικών ροπών είναι αρνητικό κλπ.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα αυτές οι θέσεις μηδενισμού των καμπτικών ροπών παριστούν μια αντίστοιχη μεταβολή στην κατανομή των εφελκυστικών και θλιπτικών τάσεων της διατομής ή όταν εξετάσουμε την παραμόρφωση του άξονα, οι θέσεις μηδενισμού των ροπών σημαίνουν αλλαγή στην καμπυλότητα της ελαστικής γραμμής.

Οι θέσεις όπου οι καμπτικές ροπές παίρνουν ακραίες τιμές, μέγιστες ή ελάχιστες (θετικές ή αρνητικές) χαρακτηρίζονται από αντίστοιχες μηδενικές θέσεις στο διάγραμμα των τεμνουσών δυνάμεων.

Η σχεδίαση του διαγράμματος των τεμνουσών δυνάμεων γίνεται με το γνωστό τρόπο, όταν τοποθετήσουμε στη σειρά όλες τις δυνάμεις που επενεργούν επάνω στον άξονα, κάτω από το σημείο επενέργειάς τους. Όταν μετατοπίσουμε το διάγραμμα των τεμνουσών δυνάμεων κατά μήκος της δοκού ή του άξονα, έτσι ώστε να συμπέσουν όλες οι δυνάμεις επάνω στην ίδια κατακόρυφο, θα πάρουμε τότε το δυναμοπολύγωνο.

Για όλα τα σημεία του άξονα που βρίσκονται στο δεξιό άκρο του, δεξιότερα δηλαδή από την δύναμη F_4 , η καμπτική ροπή είναι μηδέν. Αυτό το βλέπουμε και από το σχοινοπολύγωνο, αλλά αναλυτικά μπορούμε αμέσως επίσης να το αναγνωρίσουμε, διότι δεξιότερα από την δύναμη F_4 δεν υπάρχουν άλλες δυνάμεις, οπότε δεν μπορούν σε εκείνο το σημείο να υπολογιστούν και καμπτικές ροπές.

Για την καταπόνηση της διατομής αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρούνται εφελκυστικές ή θλιπτικές επενέργειες, από την άλλη για την παραμόρφωση του άξονα αυτό σημαίνει ότι η καμπυλότητα μηδενίζεται και ο άξονας σε αυτό το μήκος δεν κάμπτεται καθόλου, αλλά είναι ευθύγραμμος.

1.4.2. Άξονες

Οι άξονες καταπονούνται σε κυματοειδή κάμψη όταν είναι ακίνητοι, και σε εναλλασσόμενη όταν περιστρέφονται. Η διάκριση αυτή μας βοηθάει να προσδιορίσουμε εύκολα για κάθε περίπτωση την επιτρεπόμενη τάση:

ακίνητοι άξονες: $\sigma_{\text{βεπιτρ.}} = \frac{\sigma_{\text{bsch}}}{S}$ $S = 3+5$

περιστρεφόμενοι άξονες: $\sigma_{\text{βεπιτρ.}} = \frac{\sigma_{\text{bw}}}{S}$ $S = 4+6$

Οι υψηλοί συντελεστές ασφαλείας περιέχουν την επίδραση των διάφορων εγκοπών. Με τις τιμές αυτές μπορούμε σε πρώτη προσέγγιση να διαμορφώσουμε τους άξονες μας, και στη συνέχεια να περάσουμε σε ένα υπολογισμό ακριβείας, που θα περιέχει όλες τις αρνητικές επιδράσεις αντοχής, όπως οι διάφορες διαβαθμίσεις, το μέγεθος του άξονα, ο βαθμός κατεργασίας κ.λπ.

Στην τελική του μορφή ο άξονας μπορεί να παρουσιάσει ένα συντελεστή ασφαλείας $S = 1,4 \div 1,8$.

Διαστασιολόγηση

Σε στρογγυλή διατομή η διαστασιολόγηση του άξονα γίνεται με βάση τη σχέση της αναπτυσσόμενης τάσης από το φορτίο:

$$\sigma_b = M_b / W_b \leq \sigma_{\text{επιτρ}} \quad W_b = \pi * d^3 / 32 \approx 0,1 d^3$$

Όταν λύσουμε την εξίσωση ως προς τη ζητούμενη διάμετρο d θα πάρουμε τη σχέση :

$$d \geq \sqrt[3]{32 M_b / \pi * \sigma_{\text{επιτρ}}}$$

Σε κοίλο άξονα οι παραπάνω σχέσεις γράφονται ως εξής όταν d_a και d_i η εξωτερική και εσωτερική διάμετρος:

$$W_b = \frac{\pi (d_a^4 - d_i^4)}{32 * d_a}$$

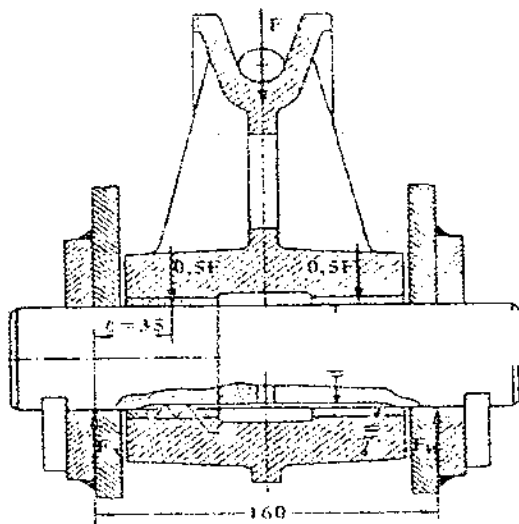
$$d_a \geq \frac{1}{\sqrt[3]{1 - (d_i / d_a)^4}} * \sqrt[3]{32 M_b / \pi * \sigma_{\text{επιτρ}}}$$

Εφαρμογή

Η έδραση μιας τροχαλίας εξίσωσης από ένα μηχανισμό γερανού έχει διαμορφωθεί όπως στο επόμενο σχήμα. Το φορτίο που δέχεται η τροχαλία είναι $F = 60 \text{ KN}$. Το υλικό του ακίνητου άξονα που διαλέξαμε είναι St-50 με

$$\sigma_{bsch} = 370 \text{ N/mm}^2.$$

Να βρεθεί ο συντελεστής ασφάλειας με τον οποίο δουλεύει η τροχαλία.



Λύση

Σε μηχανισμούς γερανών το ονομαστικό φορτίο επαυξάνεται με κάποιο συντελεστή κρουστικού φορτίου, που στην περίπτωση μας εκλέγεται με 1,3. Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να παρουσιαστεί θα είναι τότε:

$$F_{max} = 1,3 * 60 = 78 \text{ KN}$$

Η μέγιστη καμπτική ροπή θα είναι:

$$M_b = 0,5 * F * l = 0,5 * 78000 * 35 = 1365000 \text{ Nmm}$$

Η ροπή αντίστασης για $d = 60 \text{ mm}$ θα είναι:

$$W_b = 21600 \text{ mm}^3$$

Με τις τιμές αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε τώρα την αναπτυσσόμενη τάση:

$$\sigma_b = M_b / W_b = 63,19 \text{ N / mm}^2$$

Ο συντελεστής ασφαλείας που υπάρχει εδώ είναι αρκετά μεγάλος, διότι με το φορτίο που έχουμε η διάμετρος των 60 mm είναι μεγάλη.

$$S_d = \frac{\sigma_{bsch}}{\sigma_b} = 370 / 63,19 = 5,85$$

$$\sigma_b$$

Αυτός ο υπολογισμός, έτσι όπως τίθεται, αποτελεί διερεύνηση του συντελεστή ασφαλείας. Όταν ζητήσουμε να ελαττώσουμε τη διάμετρο, κάνουμε διαστασιολόγηση.

Κατεβάζουμε το συντελεστή ασφαλείας τώρα στην τιμή $S_d = 3$, οπότε αφήνουμε την επιτρεπόμενη τάση να φτάσει μέχρι την τιμή:

$$\sigma_{b\text{επιτρ}} = \frac{\sigma_{bsch}}{3} = 123,3 \text{ N / mm}^2$$

Η διατομή του άξονα βρίσκεται τώρα από τη σχέση:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{0,1 \cdot d^3} \leq \sigma_{b\text{επιτρ}} = 123,3$$

$$d \geq \sqrt[3]{M_b / 0,1 \cdot 123,3} = 48 \text{ mm}$$

Προτού προχωρήσουμε στη διόρθωση της διαμέτρου του άξονα, εξετάζουμε τι επίπτωση έχει αυτό στη στήριξη του άξονα επάνω στα ελάσματα αριστερά και δεξιά. Συνήθως το υλικό του ελάσματος έδρασης είναι St-37 και η επιφανειακή πίεση που θα αναπτυχθεί επάνω στο έλασμα δεν πρέπει να ξεπερνά μια οριακή τιμή που παίρνουμε από πίνακες.

Εδώ το $P_{\text{επιτρ}} = 65 \text{ N/mm}^2$.

Όταν παραμείνουμε στην νέα διάμετρο $d = 48 \text{ mm}$ θα πάρουμε μια αναπτυσσόμενη πίεση:

$$p = \frac{0,5 \cdot F_{\text{max}}}{d \cdot b} = \frac{39000}{48 \cdot 12} = 67,7 \text{ N/mm}^2$$

$b = 12 =$ πάχος ελάσματος.

Η πίεση λοιπόν είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη. Υπάρχουν δύο τρόποι να ξεφύγουμε από αυτή την τιμή της πίεσης. Μπορούμε να αυξήσουμε το πάχος του ελάσματος από 12 mm σε 15, οπότε παίρνουμε:

$$p = \frac{0,5 * F_{max}}{d * b} = \frac{39000}{48 * 15} = 54 \text{ N/mm}^2$$

ή ακόμη να παραμείνουμε με το έλασμα στο ίδιο πάχος και να αυξήσουμε τη διάμετρο του άξονα από $d = 48$ σε $d = 55$, οπότε θα πάρουμε:

$$p = \frac{0,5 * F_{max}}{d * b} = \frac{39000}{55 * 12} = 59 \text{ N/mm}^2$$

Από αυτή την εφαρμογή βλέπουμε ότι χρειάζεται πάντοτε κάποια προσοχή στη διαστασιολόγηση του στοιχείου.

1.5. Υπερστατικοί άξονες

Για να υπολογίσουμε έναν άξονα σε αντοχή όταν καταπονείται σε κάμψη, απαιτείται να γνωρίζουμε την κατανομή των καμπτικών ροπών, και ιδιαίτερα της μέγιστης ροπής. Επίσης θα πρέπει να γνωρίζουμε τις δυνάμεις των αντιδράσεων στα έδρανα στήριξης.

Όταν οι άγνωστες αντιδράσεις είναι περισσότερες από τις διαθέσιμες συνθήκες ισορροπίας, τότε λέμε ότι η έδραση είναι αορίστου μορφής. Για παράδειγμα, όταν έχουμε έναν άξονα που εδράζεται σε τρεις θέσεις με τρεις τριβείς κύλισης, το σύστημα μας είναι αόριστο. Τότε οι διαθέσιμες εξισώσεις, όπως ξέρουμε από την στατική, είναι τρεις, ενώ οι άγνωστοι είναι 4, όταν η μια έδραση βέβαια είναι σταθερή και οι άλλες δύο ελεύθερες.

Ο υπολογισμός της άγνωστης αντίδρασης απαιτεί να ξεφύγουμε από την υποτιθέμενη ακαμψία του στερεού. Εδώ, ξεκινούμε από τις παραμορφώσεις που δέχεται ο άξονας από τα φορτία και τις άγνωστες αντιδράσεις στις εδράσεις. Τελικά, από τις συνθήκες παραμόρφωσης στις θέσεις των εδράσεων που είναι περισσότερες από τις απαιτούμενες, κερδίζουμε τις εξισώσεις που μας λείπουν.

1.5.1. Στερεά έδραση

Σε πολλές περιπτώσεις οι άξονες έχουν μια τόσο άκαμπτη έδραση, που μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι στερεά. Οι παραμορφώσεις στην περίπτωση αυτή είναι τόσο μικρές που μπορούν να παραληφθούν.

Για να προσδιορίσουμε τις άγνωστες αντιδράσεις καταφεύγουμε στον νόμο της υπέρθεσης. Σύμφωνα με το νόμο αυτό θα αναλύσουμε τον υπερστατικό άξονα σε ένα κύριο σύστημα ισοστατικής έδρασης με όλες τις φορτίσεις, και σε τόσα δευτερεύοντα συστήματα, όσες είναι και οι πλεονάζουσες αντιδράσεις που πρέπει να προσδιοριστούν.

Στο κύριο σύστημα ισοστατικής έδρασης καταλήγουμε εύκολα όταν απομακρύνουμε την έδραση που πλεονάζει, ή αντικαθιστούμε την πάκτωση με μια σταθερή έδραση.

Οι άγνωστες αντιδράσεις ή οι ροπές αυτών των εδράσεων εισάγονται στο δευτερεύον σύστημα σαν εξωτερικές φορτίσεις, π.χ. στο παρακάτω σύστημα έχουμε την F_A ή τη ροπή M_0 . Μετά από αυτό το σημείο αρχίζουμε και υπολογίζουμε για το κύριο και δευτερεύον σύστημα τις παραμορφώσεις.

Μπορούμε να υπολογίσουμε το βέλος κάμψης:

$$f_{Aq} = \frac{q \cdot l^4}{8EI} \quad \text{και} \quad F_{AA} = \frac{-F_A \cdot l^3}{3EI}$$

Επίσης, μπορούμε να υπολογίσουμε τη γωνία κλίσης της ελαστικής γραμμής από τις σχέσεις:

$$\epsilon_{\phi Aq} = \frac{q \cdot l^3}{24EI} \quad \text{και} \quad \epsilon_{\phi BM_0} = \frac{-M_0 \cdot l}{3EI}$$

Όταν η έδραση είναι στερεά, τότε θα πρέπει το άθροισμα των δύο μετατοπίσεων στη θεωρούμενη έδραση, ή το άθροισμα των δύο κλίσεων της ελαστικής γραμμής να μηδενίζεται.

Στην πρώτη περίπτωση:

$$f_A = f_{Aq} + F_{AA} = 0$$

$$\frac{q \cdot l^4}{8EI} = \frac{F_A \cdot l^3}{3EI} \quad F_A = \frac{3}{8} q l$$

Οι δύο συνθήκες ισορροπίας θα μας δώσουν:

$$F_B = \frac{5}{8} q l \quad \text{και} \quad M_0 = \frac{q l^2}{8}$$

Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε:

$$\varepsilon_{\varphi_{AB}} = \varepsilon_{\varphi_{B\theta}} + \varepsilon_{\varphi_{BMO}} = 0$$

$$M_0 = \frac{q l^2}{8}$$

Μας είναι αδιάφορο ποια έδραση από όλες θα διαλεχτεί σαν υπερστατική.

Είναι όμως λογικό και σκόπιμο να διαλέγουμε εκείνη την έδραση που θα μας δώσει ένα σύστημα απλό για να το υπολογίσουμε γρήγορα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

2.1. Εισαγωγή

Οι σύνδεσμοι ανήκουν στα σπουδαιότερα στοιχεία μηχανών, διότι κατά την εφαρμογή τους εκπληρώνουν πάρα πολλές λειτουργίες, οι σπουδαιότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- α) Συνδέουν μεταξύ τους σταθερά δυο ατράκτους ώστε, μετά τη σύνδεση τους να μεταδοθεί μια στρεπτική ροπή.
- β) Μπορούν να διακόψουν, όταν είναι απαραίτητο, για λειτουργικούς λόγους και να επαναφέρουν πάλι τη σύνδεση των δύο ατράκτων.
- γ) Εγγυούνται τη διακοπή της σύνδεσης των ατράκτων όταν έχουμε υπερφόρτιση.

Εκτός από τις παραπάνω βασικές λειτουργίες, εκπληρώνουν και πολλές άλλες, όπως είναι οι αποσβέσεις κρουστικών φορτίων και στροφικών ταλαντώσεων.

Σήμερα διατίθενται πάρα πολλά είδη συνδέσμων και αυτό είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών κάθε φορά απαιτήσεων που υπάρχουν για τα παραπάνω στοιχεία.

Η εκλογή του κατάλληλου συνδέσμου για μια ορισμένη εργασία που είναι αναγκαίο να εκπληρωθεί, απαιτεί πολλές φορές μεγάλες δυσκολίες, εκτός από τα προβλήματα διαστασιολόγησης που πρέπει επίσης να αντιμετωπιστούν προσεκτικά.

Όταν παρουσιαστεί μια βλάβη στον σύνδεσμο ενός μηχανισμού, η αιτία πολλές φορές πρέπει να αναζητηθεί στην καταλληλότητα της μορφής του και στις, ταιριαστές του διαστάσεις.

Κατά την εκλογή ενός συνδέσμου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στα εξής σημεία:

- α) Θα πρέπει να υπάρχει εύκολη συνάρμωση και εξάρμωση, και μάλιστα χωρίς να απαιτείται αξονική μετατόπιση των ατράκτων.

β) Δεν πρέπει η όλη διαμόρφωση να παρουσιάζει προεξοχές, διότι αυτές γίνονται πρόξενοι ατυχημάτων. Αντίθετα θα πρέπει όταν υπάρχουν εξαρτήματα που προεξέχουν, να καλύπτονται κατασκευαστικά μέσα σε εσοχές.

γ) Το βάρος του συνδέσμου πρέπει να είναι κατά το δυνατό μικρό, για να περιοριστούν οι καμπτικές καταπονήσεις των ατράκτων από το ίδιο βάρος. Έτσι καλό είναι να τοποθετούνται οι σύνδεσμοι τουλάχιστον κοντά σε έδρανα.

δ) Η ροπή ταλαντώσεως θα πρέπει να είναι μικρή.

ε) Θέλει προσοχή το πρόβλημα της ζυγοστάθμισης.

στ) Ο χειρισμός εμπλοκής πρέπει να είναι εύκολος.

2.2. Σύνδεσμοι

Οι σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των ατράκτων κατά το γεωμετρικό άξονα τους. Τους διακρίνουμε σε:

α) Συνδέσμους σταθερής σύνδεσης.

β) Συνδέσμους ελαστικούς.

Οι τελευταίοι όταν είναι αρθρωτοί, μπορούν να συνδέσουν δυο ατράκτους, που δεν είναι ευθυγραμμισμένες, ή ακόμα όταν φέρουν μεταλλικά ελαστικά στοιχεία, μπορούν να παραλάβουν και να αποσβήσουν κρουστικά φορτία από τη στρεπτική ροπή, καθώς και ταλαντώσεις.

Το πρόβλημα της ζυγοστάθμισης των ατράκτων είναι βασικής σημασίας, διότι μας δημιουργεί ανομοιομορφία στη μετάδοση της κίνησης από τη μια άτρακτο στην άλλη, που σημαίνει πρόσθετα φορτία δυναμικά.

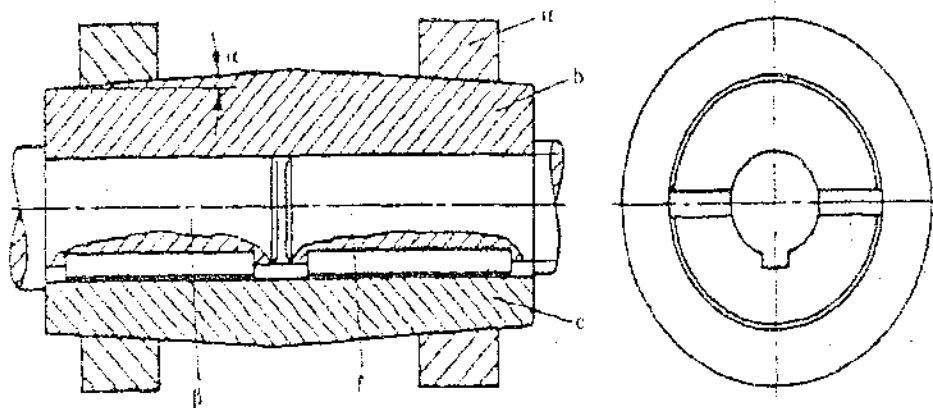
Το μέγεθος της στρεπτικής ροπής που μεταδίδει ένας σύνδεσμος, εξαρτάται από την αντοχή των στοιχείων μετάδοσης.

2.3. Σύνδεσμοι σταθερής σύνδεσης

Στους συνδέσμους σταθερής σύνδεσης δεν μπορούμε να έχουμε μετάθεση των ατράκτων, ούτε αξονική ούτε ακτινική. Οι σύνδεσμοι αυτοί μεταδίδουν τη στρεπτική ροπή χωρίς καμία απόσβεση. Θα είναι λοιπόν κατάλληλοι για λειτουργία χωρίς κρουστικά φορτία και μικρές διακυμάνσεις της στρεπτικής

ροπής.

Οι αντιπροσωπευτικοί τύποι αυτής της ομάδας φαίνονται στα επόμενα σχήματα.



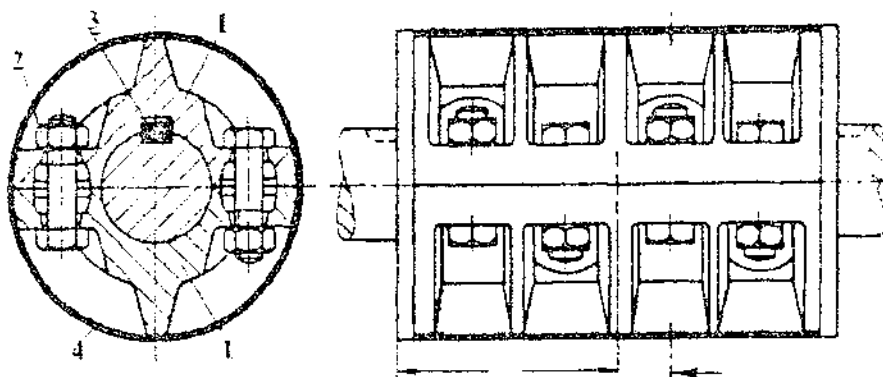
Σύνδεσμος σταθερής σύνδεσης

Ο σύνδεσμος αυτός αποτελείται από ένα διαιρούμενο κέλυφος που εξωτερικά του δώσαμε μια μικρή κωνικότητα ($\alpha \approx 2 + 3^\circ$). Τα δυο ημικελύφη κάθονται επάνω στις ατράκτους και συμπιέζονται από δακτυλίδια με προένταση. Η μετάδοση της ροπής γίνεται με την τριβή μόνο και έτσι υπολογίζεται. Οι σφήνες τοποθετούνται για επιπρόσθετη ασφάλεια. Οι σύνδεσμοι αυτοί χρησιμοποιούνται στο ύπαιθρο σε ατράκτους, διότι δε φέρουν κοχλίες που θα ήταν εκτεθειμένοι σε σκουριά.

Σύνδεσμος με κέλυφος DIN 115

Ο σύνδεσμος αυτός είναι τυποποιημένος στο DIN 115. Έχουμε τη μορφή A για τις ίδιες διαμέτρους ατράκτων, και τη μορφή B που προβλέπει διαφορετικές. Βρίσκει εφαρμογή σε μικρές και μεσαίες καταπονήσεις. Αποτελείται και αυτή από δυο κελύφη που τοποθετούνται επάνω στα άκρα των ατράκτων

που πρόκειται να συνδέσουν και συσφίγγονται με κοχλίες. Από μια διάμετρο 55 mm προβλέπονται σφήνες για μεγαλύτερη ασφάλεια. Όταν ο σύνδεσμος είναι συνδεδεμένος, τα κελύφη δεν ακουμπούν το ένα με το άλλο, αλλά παρεμβάλλεται ένα λεπτό έλασμα ή χαρτονάκι, για να είμαστε σίγουροι ότι τα κελύφη κάθονται καλά επάνω στις ατράκτους.



Σύνδεσμος με κέλυφος

Για να πετύχουμε στην ζυγοστάθμιση περνάμε τους κοχλίες έναν από πάνω και έναν από κάτω. Για λόγους ασφαλείας ο σύνδεσμος περιβάλλεται με ένα μανδύα από έλασμα.

Η συνάρμοση του συνδέσμου γίνεται χωρίς αξονική μετατόπιση των ατράκτων.

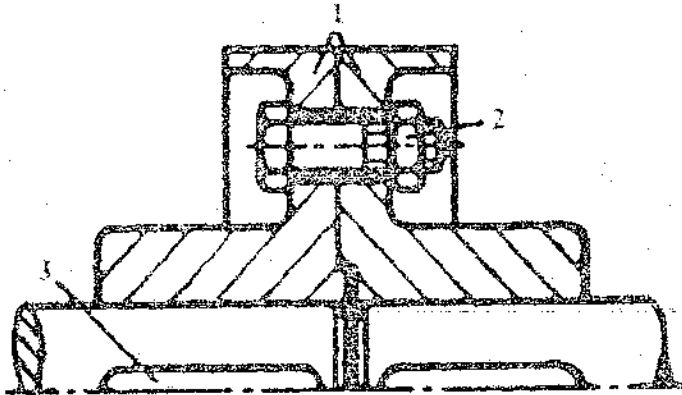
Υλικό συνδέσμου: GG-20 και σε ιδιαίτερες περιπτώσεις GS-45.

Δισκοειδής σύνδεσμος

Είναι κατάλληλος για μετάδοση μεγάλων στρεπτικών ροπών και κατασκευάζεται σε σειρά μέχρι μια διάμετρο ατράκτου περίπου 250 mm. Αποτελείται από δυο δίσκους ή φλάντζες σύμφωνα με το DIN 760 ή με επιμήκη πλήμνη σύμφωνα με το DIN 116. Οι φλάντζες κάθονται επάνω στα άκρα των ατράκτων με ελαφρά συναρμογή πίεσης, αλλά μπορούν ακόμα και να συγκολληθούν ή να σφυρηλατηθούν. Για περισσότερη ασφάλεια στη μετάδοση της ροπής, τοποθετούμε μια σφήνα ενθέσεως.

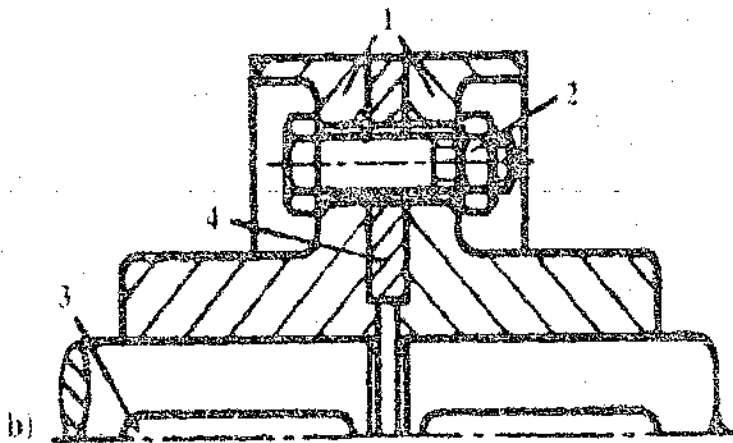
Οι δύο φλάντζες συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίες. Με κατάλληλη προένταση πετυχαίνουμε ώστε η μετάδοση της ροπής να γίνει με την τριβή.

Όπως βλέπουμε και στο παρακάτω σχήμα, οι δυο δίσκοι πρέπει να κεντραριστούν. Το κεντράρισμα βέβαια είναι απαραίτητο, αλλά στην περίπτωση αυτή κατά το λύσιμο του συνδέσμου απαιτείται μια μικρή αξονική μετάθεση της ατράκτου, όσο είναι το βάθος της πατούρας από το κεντράρισμα.



Δισκοειδής σύνδεσμος

Για να αποφύγουμε την αξονική μετάθεση της ατράκτου κατά το λύσιμο του συνδέσμου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα διαιρούμενο δακτύλιο που θα μας κεντράρει τις δυο φλάντζες. Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε αυτή την κατασκευή που σαν παραλλαγή περιέχεται στο DIN 116.



Δισκοειδής σύνδεσμος με διαιρούμενο δακτύλιο

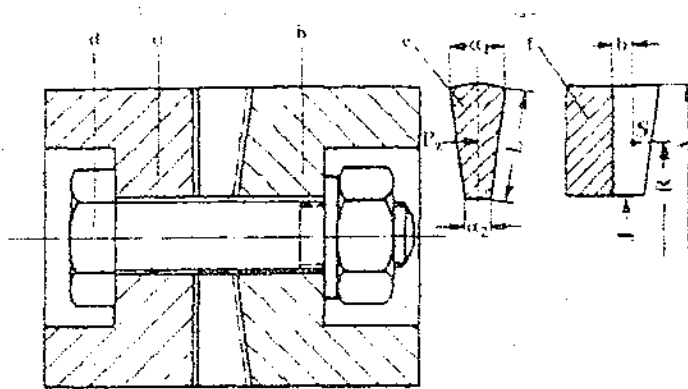
Όταν οι φλάντζες είναι μόνιμα συνδεδεμένες με τις ατράκτους, όπως στην περίπτωση συγκόλλησης, τότε θα πρέπει τα έδρανα να είναι διαιρούμενα.

Όταν οι φλάντζες στερεωθούν επάνω στις ατράκτους με κωνικές σφήνες, τότε θα πρέπει να περαστούν ξανά στον τόρνο για να αποφύγουμε την εκκεντρότητα που συνοδεύει την κωνική σφήνα.

Τέλος, για να αποφύγουμε την διάτμηση στους κοχλίες, χρησιμοποιούμε τους δυο από αυτούς σαν κοχλίες με ανοχή, και τους τοποθετούμε σε αντιδιαμετρικά σημεία. Αυτό το κάνουμε σαν μια επιπλέον ασφάλεια, για την περίπτωση που η δύναμη προέντασης στους κοχλίες ελαττωθεί από καθίζηση π.χ. στους ίδιους.

Οδοντωτός σύνδεσμος

Από τα καλύτερα στοιχεία σύνδεσης που διαθέτουμε, διότι μεταδίδει μεγάλες ροπές και στις δυο διευθύνσεις και εξοικονομεί βάρος και όγκο.



Οδοντωτός σύνδεσμος

Η συναρμογή είναι εύκολη, ενώ η οδόντωση μας εξασφαλίζει ένα κεντράρισμα ακριβείας.

Ο κοχλίας δε συμμετέχει στη μετάδοση της στρεπτικής ροπής, αλλά καταπονείται μόνο σε εφελκυσμό από τη δύναμη της προέντασης.

Οι οδόντες υπολογίζονται σε κάμψη, διάτμηση και επιφανειακή πίεση. Η διαμόρφωση της οδόντωσης είναι ακριβής.

Ο οδοντωτός σύνδεσμος εφαρμόζεται εκτός των άλλων και σε στροφαλοφόρους ατράκτους.

Στα επόμενα σχήματα είναι σχεδιασμένη η λεγόμενη οδόντωση HIRTH. Οι κατατομές των οδόντων διευθύνονται ακτινικά. Έχουμε τη διαμόρφωση A και την διαμόρφωση B που διαφέρουν κατά την γωνία α_1 . Βλέπουμε δηλαδή ότι στη δεύτερη περίπτωση η μια οδόντωση είναι κατακόρυφα φρεζαρισμένη, ενώ η δεύτερη φρεζαρισμένη λοξά.

Η γωνία της φρέζας είναι $\beta_1 = 60^\circ$.

Διαμόρφωση Α

Με $\varphi = 360/z$ και $\beta_1 = \beta_2$ έχουμε $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$

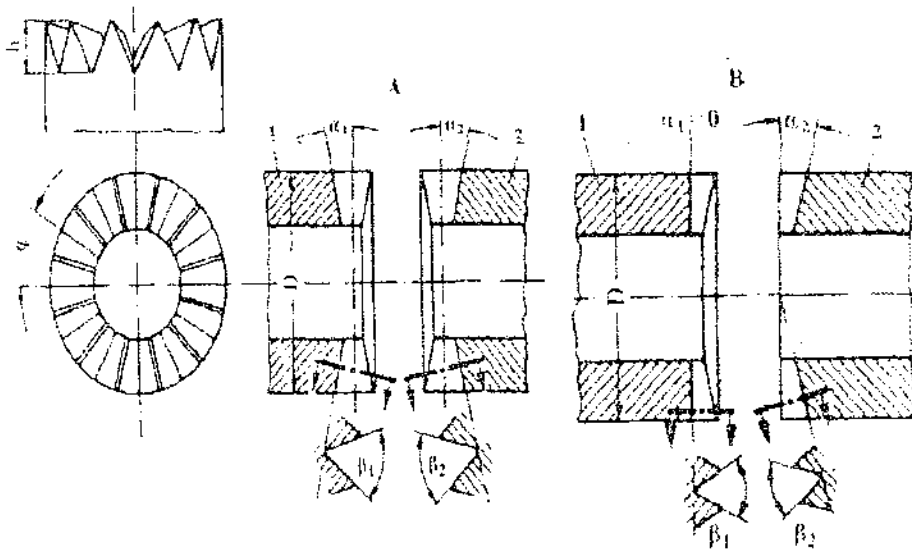
$$\eta\mu\alpha = \frac{\varepsilon\varphi\varphi/4}{\varepsilon\varphi\beta_1/2}$$

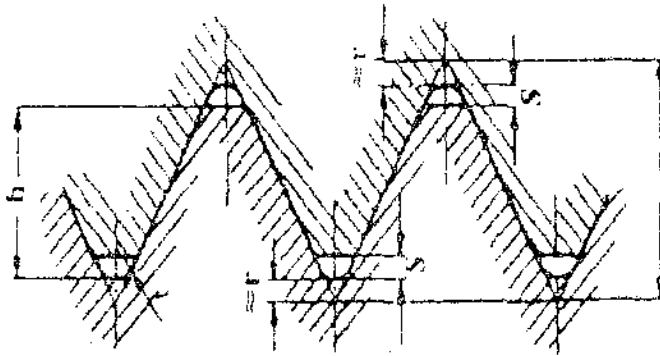
Διαμόρφωση Β

$\alpha_1 = 0$

$$\varepsilon\varphi\alpha_2 = \frac{\eta\mu\varphi/2}{\varepsilon\varphi\beta_1/2}$$

$$\varepsilon\varphi\beta_2/2 = \frac{\varepsilon\varphi\varphi/2}{\eta\mu\alpha_2}$$





Οδόντωση HIRTH

Οι διαστάσεις της ανηγμένης κατατομής ισχύουν για την εξωτερική διάμετρο D:

Z	=	12	24	36	48	72	96
H/D	=	0,2260	0,1130	0,0755	0,0566	0,0378	0,0283

Η ακτίνα καμπυλότητας στη ρίζα και η χάρη S έχουν τις τιμές:

$$r = 0,3 \quad 0,6 \quad 0,9 \text{ mm}$$

$$S = 0,4 \quad 0,6 \quad 0,9 \text{ mm}$$

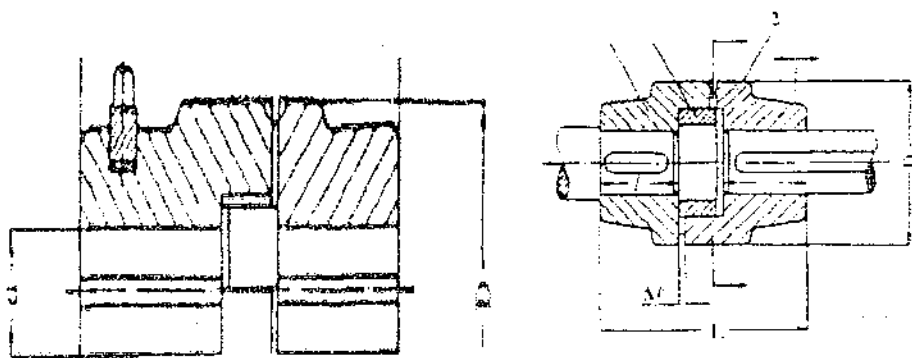
Για την εκλογή των οδόντων προτείνεται

για:	D = 30	30...60	60... 120	120 mm
	Z = 12	24 ή 36	36 ή 48	72 ή 96

Αρθρωτός σύνδεσμος

Οι αρθρωτοί σύνδεσμοι σταθερής σύνδεσης χρησιμοποιούνται όταν έχουμε ή περιμένουμε αξονική, ακτινική ή γωνιακή μετάθεση των ατράκτων. Και αυτοί οι σύνδεσμοι παρουσιάζουν ακαμψία στη μετάδοση της στρεπτικής ροπής, που θα την αφήσουν να περάσει χωρίς καμία απόσβεση, όταν μας παρουσιάσει διακυμάνσεις.

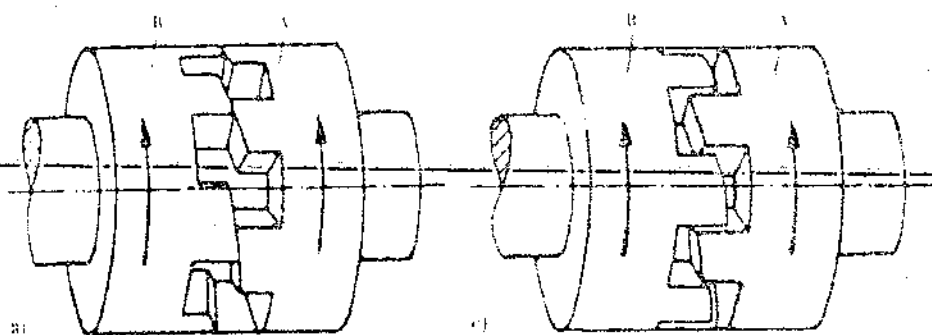
Οι αρθρώσεις που παρεμβάλλονται στην πορεία των δυνάμεων έχουν συνήθως τη μορφή λοβών ή οδόντων.



Αρθρωτοί σύνδεσμοι σταθερής σύνδεσης

Ο σύνδεσμος αυτός μπορεί να εξισώσει μια αξονική μετάθεση που πιθανό να προέρχεται από θερμικές διαστολές, το πολύ μέχρι 10 mm. Αποτελείται από δυο κυλινδρικά στοιχεία, τα οποία στη μετωπική τους επιφάνεια φέρουν λοβούς. Με τον τρόπο αυτό το ένα στοιχείο μπορεί και εμπλέκεται με το άλλο. Μεταξύ των λοβών παρεμβάλλεται ένας δακτύλιος που έχει αναλάβει το κεντράρισμα των ατράκτων, και επιτρέπει επίσης την αξονική μετάθεση τους. Οι λοβοί ολισθαίνουν επάνω στο δακτύλιο και για να περιορίσουμε την τριβή λιπαίνουμε συνήθως τους τελευταίους.

Ο σύνδεσμος αυτός κατασκευάζεται και σαν λυόμενος. Στην περίπτωση αυτή το ένα στοιχείο του συνδέσμου μπορεί και ολισθαίνει με συναρμογή χάρης επάνω στην άτρακτο του κινούμενου μηχανισμού. Αυτό το κάνουμε για να περιορίσουμε την τριβή και τη φθορά των λοβών. Η σύζευξη είναι δυνατή μόνο σε ηρεμία ή σε σύγχρονη περιστροφή των δυο ατράκτων, όταν οι λοβοί της μιας επιφάνειας βρίσκονται απέναντι στα διάκενα των λοβών της άλλης.



Λυόμενος αρθρωτός σύνδεσμος

Για να διευκολύνουμε την εμπλοκή μεταξύ των λοβών, οι κατατομές των τελευταίων έχουν μια κλίση $\alpha = 3 + 5^\circ$. Η γωνία κλίσης α των φορτισμένων κατατομών πρέπει να είναι μικρότερη από τη γωνία τριβής ρ ($\mu_0 = \epsilon\phi\rho$) για να αποφύγουμε έτσι την απόπλεξη του φορτωμένου συνδέσμου στη διεύθυνση λειτουργίας.

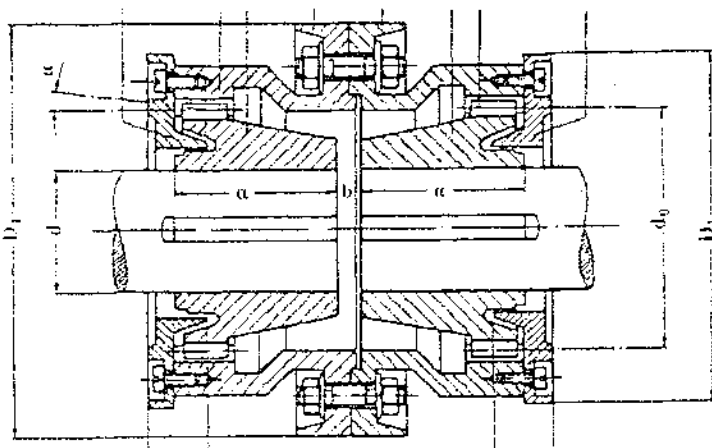
Μια μεγαλύτερη γωνία β στην πλάτη του λοβού μας εξασφαλίζει μια μεγαλύτερη αντοχή, θα πρέπει μόνο να προσέξουμε ότι για $\beta > \rho$ θα έχουμε και εδώ απόζευξη του συνδέσμου, όταν οι στροφές του κινούμενου ημιμορίου γίνουν μεγαλύτερες από τις στροφές του κινητήριου. Στην περίπτωση αυτή χρειαζόμαστε μια αξονική μανδάλωση.

Με μια αντίστοιχη διαμόρφωση των λοβών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτόν το σύνδεσμο για διάφορους τρόπους εμπλοκής. Με την τοποθέτηση ενός δακτυλίου μανδάλωσης των λοβών, ο σύνδεσμος αυτός χρησιμοποιείται και για μεγάλες ισχύς. Όσο υπάρχει διαφορά στροφών μεταξύ των δύο συνδεόμενων ατράκτων, οι λοβοί των δυο περιστρεφόμενων μορίων απωθούνται μεταξύ τους. Μόνο όταν η σχετική ταχύτητα των δυο μορίων μηδενιστεί αρχίζει η εμπλοκή.

Σύνδεσμοι αυτού του είδους με πρόσθετες διατάξεις συγχρονισμού, τοποθετούνται σε κιβώτια ταχυτήτων.

Σύνδεσμοι με οδόντες

Οι σύνδεσμοι με οδόντες μεταδίδουν τη στρεπτική ροπή με τη βοήθεια μιας συνεργαζόμενης εξωτερικής οδόντωσης με μια εσωτερική. Σε σύγκριση με το σύνδεσμο με τους λοβούς, η περιφερειακή δύναμη κατανέμεται σε περισσότερα στοιχεία. Ο σύνδεσμος με οδόντες επιτρέπει μια αξονική, ακτινική και γωνιακή μετάθεση των δυο συνδεόμενων ατράκτων.



Σύνδεσμος με οδόντες

Διακρίνουμε το σύνδεσμο απλής και διπλής ενέργειας. Ο τελευταίος μπορεί να εξουδετερώσει και σφάλματα ακτινικής μετάθεσης επιπλέον.

2.4. Ελαστικοί σύνδεσμοι

Οι ελαστικοί σύνδεσμοι περιέχουν τους συνδέσμους εξισώσεως με ελαστικά ενδιάμεσα στοιχεία, καθώς και τους συνδέσμους με ελαστική στροφική συμπεριφορά, και ιδιαίτερα με δυνατότητα απόσβεσης των στροφικών ταλαντώσεων.

Οι πρώτοι χαρακτηρίζονται από την ικανότητα τους να εξισώνουν αξονικές μεταθέσεις, ενώ οι δεύτεροι διακρίνονται και για την μείωση των αιχμών των κρουστικών φορτίων, όπως επίσης και για την απόσβεση ή μετάθεση σε επιθυμητές περιοχές των στρεπτικών ταλαντώσεων.

Σύνδεσμοι που έχουν τη δυνατότητα μόνο αποσβέσεως ταλαντώσεων χωρίς ελαστική συμπεριφορά κατά την περιστροφή, δεν ανήκουν στους ελαστικούς συνδέσμους.

Οι ελαστικοί σύνδεσμοι έχουν να ικανοποιήσουν τις παρακάτω απαιτήσεις μας:

1. Τον περιορισμό στρεπτικών φορτίων αιχμής που μπορούν να προέρχονται π.χ. από μια κινητήρια μηχανή, όπως είναι η ΜΕΚ. Η ελαστική συμπεριφορά του συνδέσμου έγκειται στη στιγμιαία παραλαβή και αποθήκευση μηχανικού έργου.

Η πλεονάζουσα δύναμη από το κρουστικό φορτίο παραλαμβάνεται από το σύνδεσμο με μια ελαστική περιφερειακή μετάθεση μεταξύ των δυο φλαντζών, που θα αποδοθεί όμως πίσω στον κινητήριο μηχανισμό με βαθμιαία εκτόνωση κατά το δυνατό χωρίς απώλειες.

Η παρακράτηση του μηχανικού έργου του κρουστικού φορτίου από το σύνδεσμο θα πρέπει μόνο να διαρκέσει πολύ λίγο χρόνο, διότι έτσι μας συμφέρει καλύτερα από την πλευρά της εκμετάλλευσης της ενέργειας, δε θα πρέπει δε να απορροφηθεί με τριβή.

2. Ο σύνδεσμος πρέπει να ασφαλίσει την όλη εγκατάσταση από φαινόμενα συντονισμού ταλαντώσεων. Ιδιαίτερα σύνδεσμοι με κοίλη ή προοδευτική χαρακτηριστική, επενεργούν ανασταλτικά στην ταλάντωση, όταν περνάμε τον κρίσιμο αριθμό στροφών. Το ίδιο συμβαίνει και με συνδέσμους που διαθέτουν αποσβεστήρα στους οποίους η ενέργεια από τις στιγμιαίες στροφορμές που επιτείνουν τις ταλαντώσεις, απορροφάται με μορφή έργου τριβής μέσα στο σύνδεσμο.

Οι ελαστικοί σύνδεσμοι αποκτούν τις χαρακτηριστικές τους ιδιότητες με αντίστοιχη διάταξη μεταλλικών ελατηρίων ή ακόμα και μη μεταλλικών στοιχείων, όπως είναι τα ελαστικά. Τα στοιχεία αυτά καταπονούνται ανάλογα με την κατασκευή και τον προορισμό του συνδέσμου, σε εφελκυσμό, θλίψη, κάμψη ή στρέψη.

Υπάρχουν τόσες πολλές μορφές μεταλλικών και ελαστικών ελατηρίων, που στην εφαρμογή τους μας διαμορφώνουν πολλά είδη ελαστικών συνδέσμων, όλοι δε αυτοί οι σύνδεσμοι μας καλύπτουν τις παραπάνω απαιτήσεις που έχουμε από αυτούς.

Η δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού συνδέσμου εξαρτάται από τη χαρακτηριστική καμπύλη του ελατηρίου. Η έννοια της σκληρότητας του ελατηρίου ορίζεται ως:

$$\text{Σκληρότητα ελατηρίου } C = \frac{M_N}{\varphi_N} = \frac{\text{ονομ. στρεπτ. ροπή}}{\text{σχετική γωνία στρ.}}$$

επίσης και η έννοια:

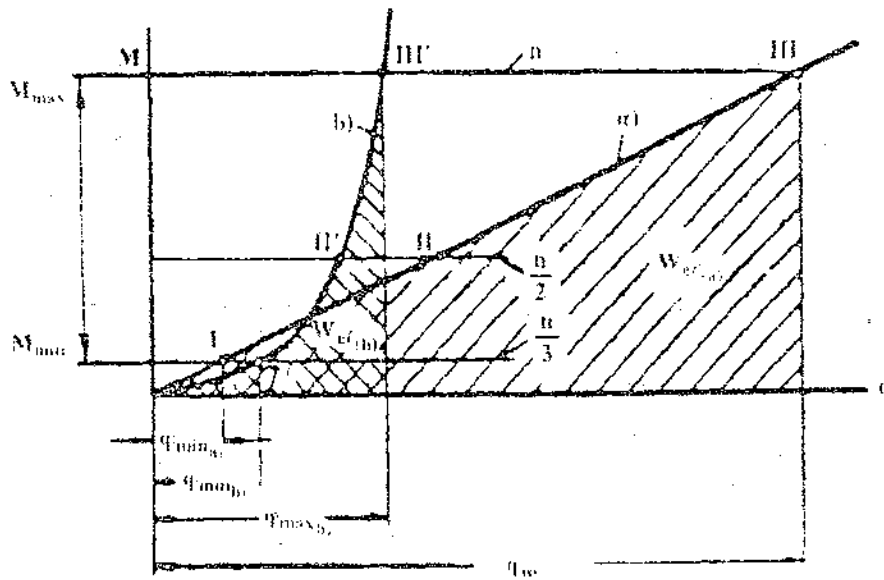
σχετική απόσβεση $\psi = \frac{W_D}{W_{ελ.}} = \frac{\text{έργο της απόσβεσης}}{\text{έργο ελαστ. παραμορφ.}}$

Οι σύνδεσμοι με προοδευτική χαρακτηριστική σε μικρές στρεπτικές ροπές εργάζονται πολύ μαλακά, και όσο αυξάνει η στρεπτική ροπή συμπεριφέρονται σκληρότερα. Με τον ίδιο ρυθμό δε αλλάζει και η ιδιοσυχνότητα.

Στη γραμμική χαρακτηριστική, η παρουσία κρουστικών στροφορμών σε ένα σύστημα χωρίς αποσβεστήρα, προξενεί αρμονικές ταλαντώσεις. Η γωνία απόκλισης ως προς τη θέση ισορροπίας είναι συμμετρική

$|\Delta\phi| = |+\Delta\phi|$

Στην προοδευτική χαρακτηριστική οι παραπάνω συνθήκες αλλάζουν τελείως. Όπως ξέρουμε από τη μηχανική, μια αρμονική ταλάντωση παριστάνει την περιοδική μεταβολή κινητικής ενέργειας σε δυναμική και αντίθετα. Θα πρέπει όμως τότε το έργο που αποθηκεύεται στιγμιαία σε θετική και αρνητική απόκλιση να είναι το ίδιο.



α) γραμμική χαρακτηριστική, β) προοδευτική χαρακτηριστική $W_{ελ.}$

α) απαιτούμενο έργο ελαστικής παραμόρφωσης

$W_{ελ.}$ β) των συνδέσμων

Σχήμα :Ελαστικοί σύνδεσμοι για την κίνηση στροβιλομηχανών.

Οι σύνδεσμοι με προοδευτική χαρακτηριστική, βρίσκουν εφαρμογή σε κινη-

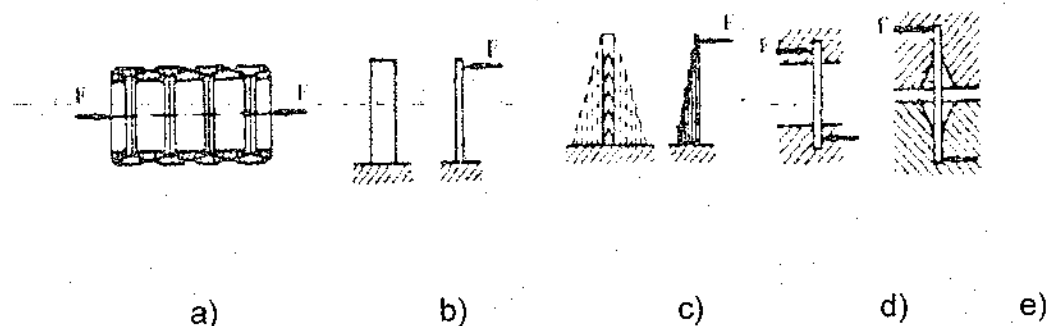
τήριους μηχανισμούς με μεγάλες περιοχές ρυθμίσεων, όπως είναι οι έλικες πλοίων, φουσητήρες κ.λπ. Στις μηχανές αυτές η κινητήρια ροπή αυξάνει με το τετράγωνο των στροφών, οπότε με μια γραμμική χαρακτηριστική του συνδέσμου δεν είναι δυνατό να μεταθέσουμε τον κρίσιμο αριθμό στροφών κάτω από τις χαμηλότερες στροφές λειτουργίας.

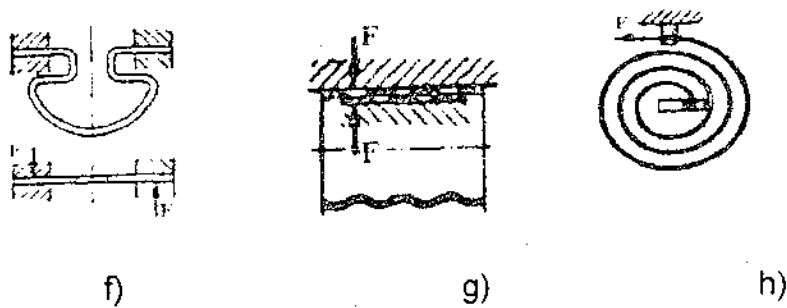
Μεταλλικά ελατήρια

Τα μεταλλικά ελατήρια διαμορφώνονται με γραμμική ή προοδευτική χαρακτηριστική. Αποτελούνται από ειδικούς χάλυβες ελατηρίων που μπορούν να παραλάβουν ένα μεγάλο έργο ελαστικής παραμόρφωσης. Η ελαστικότητα που έχουν οφείλεται στις προσμίξεις του άνθρακα, αργιλίου, μαγγανίου, χρωμίου, μολυβδαινίου, καθώς και στην τελική θερμική κατεργασία επιβελτίωσης που υπόκεινται ή στην τελική τους μηχανική διαμόρφωση.

Όταν έχουμε ελατήρια σε παράλληλη διάταξη στοιβάδας τότε ένα μέρος του έργου παραμόρφωσης μετατρέπεται σε έργο τριβής. Η απόσβεση τότε που παίρνουμε, είναι στις περισσότερες περιπτώσεις επιθυμητή.

Μια μεγάλη απόσβεση παρουσιάζουν τα δακτυλιοειδή ελατήρια. Αυτό οφείλεται στην τριβή ολίσθησης που αναπτύσσεται στις κωνικές επιφάνειες επαφής τους.





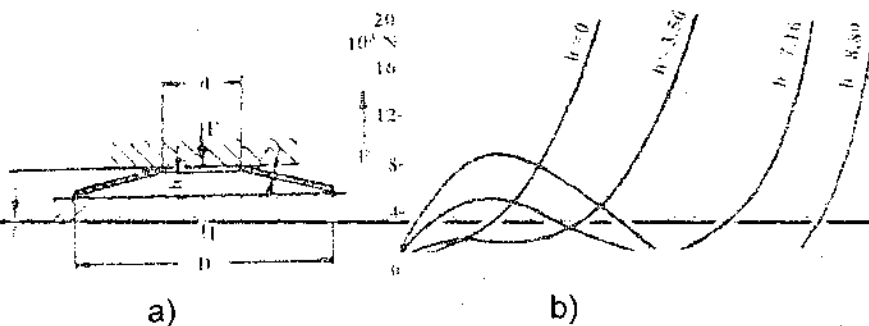
- a) Δακτυλιοειδές ελατήριο
- b) Ελατήριο απλού ελάσματος
- f) Ελατήριο στρέψης με καμπύλο άξονα
- g) Δισκοειδές ελατήριο
- h) Σπειροειδές ελατήριο

Σχήμα Μεταλλικά ελατήρια που χρησιμοποιούνται στους συνδέσμους και συμπλέκτες.

Δισκοειδή ελατήρια

Στους συμπλέκτες χρησιμοποιούνται κυρίως σαν ελαστικό στοιχείο στο μηχανισμό εμπλοκής, για να κρατήσουμε τη δύναμη εμπλοκής σε μια μεγάλη περιοχή ανεξάρτητη από τη φθορά των επιφανειών τριβής.

Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες των δισκοειδών ελατηρίων για διάφορες τιμές του ύψους σε αφόρτιστη κατάσταση.



- a) Μεμονωμένο ελατήριο,
- b) Χαρακτηριστικές καμπύλες ελατηρίων με τις διαστάσεις

$$D = 240 \text{ mm } \Phi, \quad d = 127 \text{ mm } \Phi \quad S = 2,54 \text{ mm}$$

για διάφορες τιμές του ύψους h.

Σχήμα : Δισκοειδή ελατήρια

Ελατήρια από λάστιχο

Τα λαστιχένια ελατήρια χρησιμοποιούνται κυρίως σε συνδέσμους ελαστικής περιστροφής ή σε συμπλέκτες που θέλουμε να δημιουργήσουμε απόσβεση στροφικών ταλαντώσεων.

Τα ελατήρια αυτά έχουν απλή κατασκευαστική μορφή, παρουσιάζουν μεγάλη ελαστικότητα. Επιπλέον, σε κυματοειδή καταπόνηση έχουν μεγάλη ικανότητα απόσβεσης, ενώ σε κρουστική καταπόνηση παραλαμβάνουν ελαστικά ένα μεγάλο έργο παραμόρφωσης.

Βασικά είδη καταπονήσεων λαστιχένιων ελατηρίων στους συμπλέκτες και επιτρεπόμενες τάσεις

	a) Θλίψη	b) Διάτμηση	c) Στρέψη	d) Διάτμηση
Περίπτωση φόρτισης				
στατική	30 N/mm ²	1,5 N/mm ²		2 N/mm ²
δυναμική	± 1 N/mm ²	± 0,4 N/mm ²		± 0,7 N/mm ²

Τα ελατήρια αυτά καταπονούνται ανάλογα με τον τρόπο συνάρμοσης, σε θλίψη, παράλληλη διάτμηση, στρέψη, ή στροφική διάτμηση. Ανάλογα με τον τρόπο καταπόνησης έχουμε και διαφορετικές χαρακτηριστικές καμπύλες. Για παράδειγμα, σε παράλληλη διάτμηση η σκληρότητα του ελατηρίου είναι περί-

που η μισή από την τιμή που έχει σε θλιπτική καταπόνηση.

Με κατάλληλη εκλογή του μίγματος του λάστιχου, της μορφής που θα δώσουμε, αλλά και του είδους της καταπόνησης, μπορούμε να επιτύχουμε μια οποιαδήποτε μορφή χαρακτηριστικής και από την περιοχή της γραμμικής συμπεριφοράς μέχρι την ακραία προοδευτική, με μικρή ή μεγάλη απόσβεση.

Ελατήρια από ελαστικό δεν παρουσιάζουν καμία ευαισθησία σε διάσπαρτα κρουστικά φορτία, διότι μετά από λίγο χρόνο με βάση τις ελαστικές τους ιδιότητες επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση, σε αντίθεση με τα μεταλλικά που μια υπερφόρτιση τα παραμορφώνει πλαστικά.

Σε αντίθεση με τα μεταλλικά ελατήρια, η σκληρότητα στα ελατήρια από ελαστικό εξαρτάται από τη συχνότητα φόρτισης. Όσο αυξάνει η συχνότητα της ταλάντωσης, τόσο θα γίνονται και σκληρότερα τα ελατήρια αυτά.

Θα έχουμε δηλαδή:

$$C_{δυν.} > C_{στατ.}$$

Η βασική ιδιότητα των μη μεταλλικών ελατηρίων είναι η ικανότητα που διαθέτουν για απόσβεση ταλαντώσεων. Ισχύει γενικά σαν το σπουδαιότερο κριτήριο για την εκλογή και την εφαρμογή τους.

2.5. Ελαστικοί σύνδεσμοι με μεταλλικά ελατήρια

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία κατασκευαστικών λύσεων για τη διαμόρφωση των ελαστικών συνδέσμων, εκ των οποίων αντιπροσωπευτικά αναφέρουμε τους παρακάτω:

2.5.1. Σύνδεσμος με ελαστικούς πείρους

Οι κυλινδρικοί πείροι κάθονται μέσα στα προβλεπόμενα τμήματα που φέρουν οι δυο φλάντζες του συνδέσμου, και μάλιστα με αξονική ελευθερία, ώστε να μπορούν να παραλαμβάνουν και αξονικές μεταθέσεις των ατράκτων που θα συνδέσουν. Για λόγους φθοράς θα πρέπει μόνο οι δυο άτρακτοι να κεντράρουν

μεταξύ τους.

Ανάλογα με τον τρόπο πάκτωσης των πείρων μπορούμε να πάρουμε γραμμική ή προοδευτική χαρακτηριστική. Η σκληρότητα ελατηρίου είναι μεγάλη εδώ, οπότε μπορούμε αυτόν το σύνδεσμο να τον χρησιμοποιήσουμε σε μεγάλα στροφικά κρουστικά φορτία.

2.5.2. Σύνδεσμος με κυματοειδή ελατήρια από έλασμα

Στο σύνδεσμο αυτό έχουμε το προτέρημα της εμπλοκής και απόπλεξης. Τα ελατήρια είναι υπολογισμένα κατά τέτοιο τρόπο που να μεταδίδουν ελαστικά μέσες τιμές στρεπτικών ροπών.

Όταν παρουσιάζονται αιχμές ροπών, τότε ακουμπούν οι προεξοχές του εσωτερικού ημιμορίου στις αντίστοιχες ακτινικές προεξοχές του εξωτερικού. Όπως βλέπουμε, η ένταση των κρουστικών φορτίων δεν παραλαμβάνεται τελείως ελαστικά, αλλά μειώνεται κατά πολύ.

Ο σύνδεσμος αυτός χρησιμοποιείται σε βοηθητικούς μηχανισμούς ελάστρων.

2.5.3. Σύνδεσμος BIBBY

Τα ελατήρια που συνδέουν τις δύο φλάντζες κάθονται μέσα σε εγκοπές με μορφή οδόντων. Όταν ο σύνδεσμος δεχθεί ένα φορτίο αιχμής, τότε οι δυο φλάντζες μετατίθενται μεταξύ τους περιφερειακά, οπότε τα ελατήρια κάθονται με μεγαλύτερο μήκος μέσα στις εγκοπές. Έτσι, κάθε φορά που θα μεγαλώνει η γωνία φ μεταξύ των δυο ημιμορίων του συνδέσμου, θα αυξάνει και η σκληρότητα του ελατηρίου. Έχουμε δηλαδή μια προοδευτική χαρακτηριστική.

Μια ακτινική ή γωνιακή μετάθεση των ατράκτων επιφέρει και μια ελάττωση της μέγιστης ελαστικής γωνίας φ μεταξύ των δυο φλαντζών.

2.5.4. Σύνδεσμος με ελικοειδή ελατήρια

Η στρεπτική ροπή μεταδίδεται με τη βοήθεια κυλινδρικών ελικοειδών ελατηρίων που είναι διατεταγμένα περιφερειακά και τοποθετούνται με προένταση. Τα ελατήρια κάθονται επάνω σε οδηγούς από μαντέμι, οι δε οδηγοί συνδέονται με πείρους μια φορά με τη μια φλάντζα και μια με την άλλη.

Ο σύνδεσμος μπορεί να εργάζεται και στις δυο φορές περιστροφής τελείως ελαστικά, και χωρίς χάρη στην εναλλαγή της φοράς περιστροφής.

2.5.5. Σύνδεσμος με ελατήρια στρέψης

Τα ελαστικά στοιχεία εδώ είναι κυλινδρικά ελατήρια στρέψης, που εδράζονται σε αξονικά τρήματα με χάρη. Ο σύνδεσμος αυτός δουλεύει με μια μεγάλη γωνία απόκλισης φ , που σημαίνει ότι μπορεί να παραλάβει ένα μεγάλο έργο παραμόρφωσης. Θα είναι κατάλληλος λοιπόν για τον περιορισμό αιχμών στρεπτικών φορτίων.

Η χαρακτηριστική του καμπύλη είναι σχεδόν γραμμική. Η απόσβεση ταλαντώσεων είναι μικρή. Μπορεί όμως να τοποθετηθεί ιδιαίτερα μια διάταξη αποσβεστήρα.

2.6. Ελαστικοί σύνδεσμοι με μη μεταλλικά ελατήρια

Τα μη μεταλλικά ελατήρια αποτελούνται κυρίως από ελαστικό σήμερα, και σε πολύ λίγες περιπτώσεις θα συναντήσουμε πλέον στοιχεία παραμόρφωσης από δέρμα.

2.6.1. Ελαστικός σύνδεσμος με πείρους

Αποτελεί την πιο παλιά μορφή ελαστικού συνδέσμου. Είχε βρει μεγάλη εφαρμογή στους ηλεκτροκινητήρες. Εκτός από την ελαστική μετάδοση της στρεπτικής ροπής, είχε αναλάβει και την ηλεκτρική μόνωση της ατράκτου του ηλεκτροκινητήρα από την εργομηχανή.

Τα στοιχεία από καουτσούκ που περιβάλλουν τους πείρους, έχουν μεγάλη ελαστικότητα. Για να περιορίσουμε την φθορά, τα τοποθετούμε μέσα σε μια μεταλλική θήκη πολλές φορές. Η ελαστική συμπεριφορά του συνδέσμου καθώς και η ικανότητα του για απόσβεση ταλαντώσεων, εξαρτάται κυρίως από την ικανότητα του υλικού για παραμόρφωση, δηλαδή θα μπορούσαμε να πούμε από τον όγκο του.

Στην συνήθη μορφή το ελαστικό στοιχείο παρουσιάζει μια μικρή απορρόφηση των στροφικών κρουστικών φορτίων, όπως και περιορισμένη απόσβεση των ταλαντώσεων. Με κατάλληλη διαμόρφωση όμως του ελαστικού, όπως φαίνεται και παρακάτω, μπορούμε να επιτύχουμε πολύ μεγαλύτερη παραμόρφωση, με κοίλη χαρακτηριστική.

2.6.2. Ελαστικός σύνδεσμος FLENDER

Το αριστερό ημιμόριο του συνδέσμου αυτού φέρει εσωτερικά και εξωτερικά θύλακες μέσα στις οποίους τοποθετούνται ακτινικά ελαστικά πακέτα από καουτσούκ ή δέρμα. Το δεξιά πάλι ημιμόριο του συνδέσμου φέρει πρόσθετους λοβούς, οι οποίοι παρεμβάλλονται μεταξύ των ελαστικών πακέτων και καταπονούν τα τελευταία σε θλίψη και κάμψη. Ο σύνδεσμος δουλεύει και στις δυο φορές περιστροφής.

2.6.3. Σύνδεσμος με ελαστικό δίσκο.

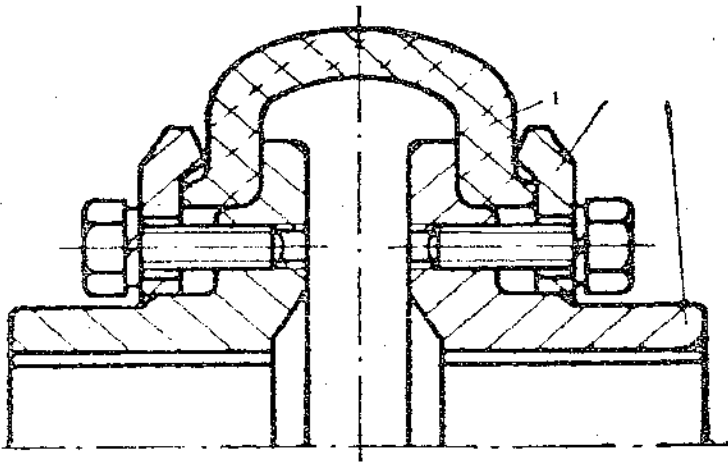
Κατασκευή LOHMANN & STOLTERFOHT

Ο δίσκος αποτελείται από ενισχυμένο μείγμα ελαστικού και διευκολύνει τη ζυγοστάθμιση μικρών αξονικών μεταθέσεων.

2.6.4. Ελαστικός σύνδεσμος PERIFLEX

Ο ελαστικός δακτύλιος που έχει τη μορφή του παρακάτω σχήματος, συ-

μπιέζεται επάνω στις φλάντζες με τους δυο δακτυλίους με τη βοήθεια κοχλιών. Η μετάδοση της στρεπτικής ροπής γίνεται με την τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ των πλημνών και του ελαστικού δακτυλίου.



Ελαστικός σύνδεσμος PERIFLEX

2.7. Υπολογισμός των ελαστικών συνδέσμων

Ο υπολογισμός των ελαστικών συνδέσμων έχει να κάνει με το είδος των στοιχείων της ελαστικής υποχώρησης που χρησιμοποιούμε. Στην περίπτωση μεταλλικών ελατηρίων είναι δυνατός ένας προσεγγιστικός υπολογισμός, τουλάχιστον όσο αφορά την ελαστική συμπεριφορά.

Η συμπεριφορά απόσβεσης όμως μπορεί να προσδιοριστεί μόνο με σειρές πειραματικών μετρήσεων, που θα λάβουν υπόψη τους τη δημιουργούμενη τριβή.

Για να πετύχουμε μια σταθερή συμπεριφορά ως προς την τριβή με μειωμένη φθορά και θόρυβο, θα πρέπει οι σύνδεσμοι αυτοί να λιπαίνονται.

Η συμπεριφορά τους ως προς την απόσβεση εξαρτάται από το μέγεθος της αξονικής μετάθεσης, αριθμό στροφών, και τις συχνότητες των στροφικών

ταλαντώσεων, διότι οι δυνάμεις τριβής εξαρτώνται από την ταχύτητα.

Σε συνδέσμους που δεν χρησιμοποιούμε μεταλλικά ελατήρια για την ελαστική υποχώρηση, δεν είναι δυνατός κανένας ακριβής υπολογισμός της ελαστικής συμπεριφοράς, και της συμπεριφοράς απόσβεσης, διότι όλα τα μεγέθη επιρροής εξαρτώνται από το υλικό, τη διαδρομή, την ταχύτητα, τη συχνότητα και τη θερμοκρασία. Επίσης ιδιαίτερο ρόλο παίζει και το είδος της καταπόνησης όπως θλίψη, κάμψη, στρέψη κ.λπ.

Οι διάφορες σειρές των συνδέσμων που διαμορφώνονται, αναπτύσσονται πειραματικά. Όταν δε χρησιμοποιούμε μεταλλικά ελατήρια, οι σύνδεσμοι εργάζονται χωρίς λίπανση. Η επιλογή των συνδέσμων αυτών γίνεται με βάση τη μέγιστη στρεπτική ροπή, τον αριθμό στροφών, τις απαιτούμενες συνθήκες ελαστικής συμπεριφοράς και απόσβεσης κ.λπ. από τους καταλόγους των κατασκευαστών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΑΞΟΝΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ - Έννοια ευθυγράμμισης

Ευθυγράμμιση αξόνων λέγεται η διαδικασία τοποθέτησης δύο ή περισσότερων μηχανών, έτσι ώστε τα κέντρα των αξόνων τους να διέρχονται από τον ίδιο νοητό άξονα (σε ευθεία γραμμή).

Σε ένα συγκρότημα μηχανημάτων όπως αντλία - κινητήρας, μας ενδιαφέρει η ευθυγράμμιση των αξόνων τους και όχι η ευθυγράμμιση των κόμπλερ τους.

3.1.1 Τι είναι η ευθυγράμμιση των αξόνων

Κακή ευθυγράμμιση λέγεται η απόκλιση της σχετικής θέσης των αξόνων από την ευθεία γραμμή περιστροφής, όπως αυτή μετρείται στα σημεία μετάδοσης της κίνησης, όταν το μηχανήμα λειτουργεί σε κανονικές συνθήκες.

Ας εξετάσουμε χωριστά το κάθε τμήμα του παραπάνω ορισμού, έτσι ώστε να γίνει πλήρως κατανοητός.

Η υπολογιζόμενη απόκλιση της σχετικής θέσης των αξόνων προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ της πραγματικής κεντρικής ευθείας περιστροφής του ενός άξονα και της προβολής, της κεντρικής ευθείας περιστροφής του άλλου άξονα.

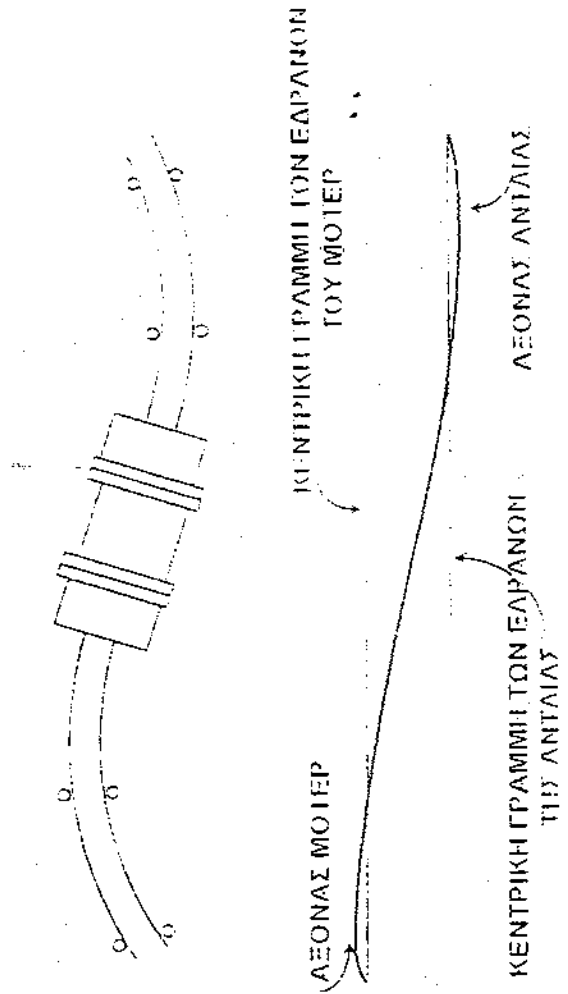
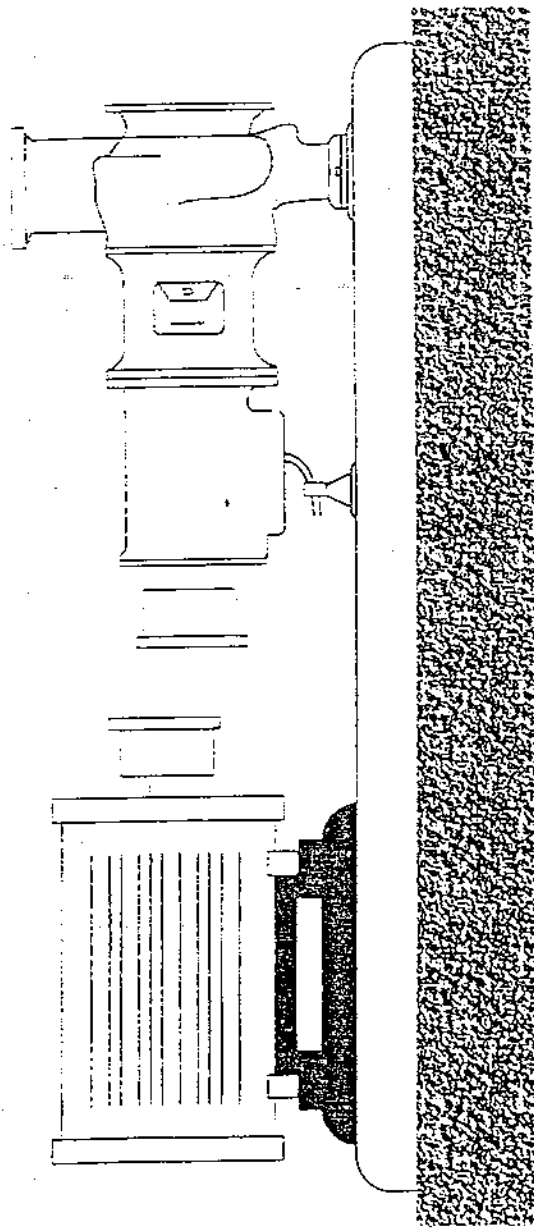
Στην Εικόνα 1 & 1α φαίνεται μια τυπική περίπτωση κακής ευθυγράμμισης σε ένα μοτέρ και αντλία.

Για να δεχθεί ένας εύκαμπτος σύνδεσμος, τόσο την παράλληλη όσο και τη γωνιακή κακή ευθυγράμμιση, θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο σημεία όπου θα μπορεί να "λυγίσει " ο σύνδεσμος, ώστε να καλύψει την κατάσταση της κακής ευθυγράμμισης. Εάν γίνει η προβολή της ευθείας γραμμής περιστροφής του άξονα του κινητήρα προς τον άξονα της αντλίας (και αντίθετα της ευθείας περιστροφής του άξονα της αντλίας προς τον άξονα του κινητήρα), υπάρχει μια μετρήσιμη απόκλιση ανάμεσα στις προβαλλόμενες ευθείες περιστροφής και τις κεντρικές ευθείες των αξόνων, στο σημείο μετάδοσης της κίνησης μέσω του συνδέσμου. Εφόσον μετράμε την κακή ευθυγράμμιση σε δύο διαφορετικά πεδία (κάθετα και οριζόντια), θα προκύψουν τέσσερις αποκλίσεις σε κάθε σύνδεσμο, μια κάθετη και μια οριζόντια απόκλιση στο σημείο μετάδοσης της κίνησης στο μοτέρ και μια κάθετη και μια οριζόντια απόκλιση στο σημείο μετάδοσης της κίνησης στην αντλία. Στόχος αυτού

που κάνει την ευθυγράμμιση είναι, να τοποθετήσει τα πλαίσια των μηχανημάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε όλες οι παραπάνω αποκλίσεις να βρίσκονται κάτω από ορισμένες τιμές ανοχής που προσδιορίζει ο κατασκευαστής ή πίνακες ανοχών.

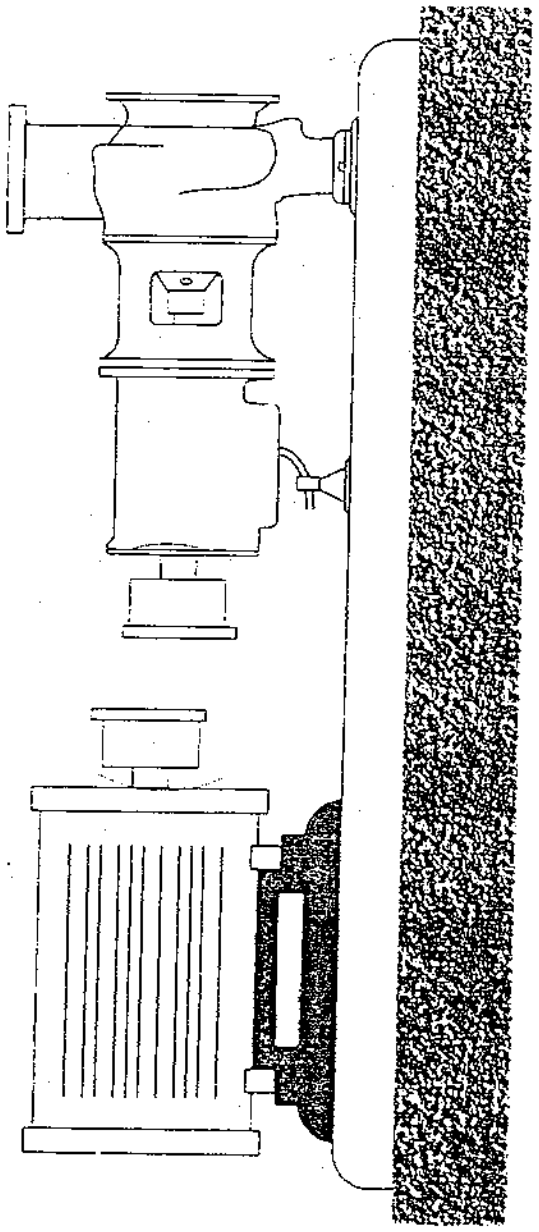
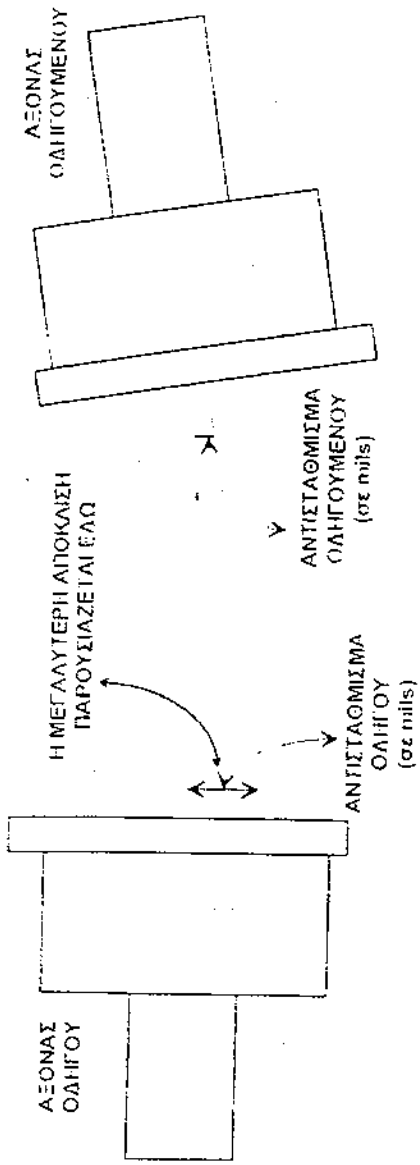
Όταν ξεκινά η λειτουργία ενός περιστρεφόμενου μηχανήματος, οι άξονες αρχίζουν να μετακινούνται προς μια άλλη θέση. Η κυριότερη αιτία για τη μετακίνηση αυτή είναι οι αλλαγές της θερμοκρασίας στα πλαίσια του μηχανήματος. Οι αλλαγές αυτές οφείλονται στις τριβές των εδράνων, ή στα υγρά και τα αέρια που κινούνται. Η μετακίνηση των μηχανημάτων μπορεί επίσης να οφείλεται στις κινήσεις αντίδρασης που κάνουν τα συνδεδεμένα εξαρτήματα, ή στις κινήσεις αντίδρασης από την περιστροφή του ρότορα. Κάτι αντίστοιχο με τις δυνάμεις που νιώθει κανείς όταν προσπαθήσει να κινήσει το βραχίονα του κρατώντας ένα περιστρεφόμενο γυροσκόπιο στο χέρι.

Η ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΡΟΤΟΡΑ ΛΟΓΩ ΚΑΚΗΣ ΓΕΥΟΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.



Εικόνα 1

ΓΙΩΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΤΑΙ Η ΚΑΚΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ



Εικόνα 1α

3.1.2 Ο σκοπός της ακριβούς ευθυγράμμισης

Για να το πούμε απλά, ο σκοπός της ευθυγράμμισης των αξόνων είναι η αύξηση της διάρκειας ζωής των περιστρεφόμενων μηχανημάτων, ο καλός βαθμός απόδοσης των και η αποφυγή βλαβών. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, τα μηχανικά εκείνα μέρη που έχουν τις περισσότερες πιθανότητες να πάθουν βλάβη θα πρέπει να λειτουργούν μέσα στα όρια που καθορίζονται από το σχεδιασμό τους. Τα μηχανικά αυτά μέρη, όπως είναι τα έδρανα, οι ασφάλειες, οι σύνδεσμοι και οι άξονες θα πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένα με ακρίβεια, για να πετύχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα :

- Μείωση των καταπονήσεων του άξονα κατά την περιστροφή του πάνω στα έδρανα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των εδράνων και η σταθερότητα του ρότορα, κάτω από συνθήκες έντονης λειτουργίας.
- Χαμηλότερα επίπεδα κραδασμών στα πλαίσια των μηχανημάτων, το περίβλημα των εδράνων και τους ρότορες .
- Μείωση της κάμψης του άξονα από το σημείο της μετάδοσης της κίνησης στο σύνδεσμο μέχρι το έδρανο του χείλους του συνδέσμου.
- Μείωση της φθοράς των συνδέσμων.
- Μείωση των βλαβών των μηχανικών ασφαλειών.
- Διατήρηση των σωστών εσωτερικών διακενών του ρότορα.
- Εξάλειψη της πιθανότητας βλάβης του άξονα λόγω κόπωσης από την περιστροφή. (Οι αντικαταστάσεις λόγω κόπωσης είναι επιβεβλημένες, μέσα στα όρια που ορίζει ο κατασκευαστής ή μετά από σχετικούς ελέγχους).

3.2 Προετοιμασία και έλεγχος την κάθε ευθυγράμμιση.

Πριν από κάθε ευθυγράμμιση πρέπει να ελέγχουμε :

- α. Την σωστή θεμελίωση των βάσεων (ρωγμές θεμελίων κλπ).
- β. Την κατάσταση των κόμπλερ (οβάλ ή μη ομόκεντρα).
- γ. Την κατάσταση των αξόνων (στραβοί ή στρεβλωμένοι).
- δ. Κατάσταση των πελμάτων (μαλακό πόδι).
- ε. Κατάσταση των προσθηκών (παραμορφωμένες, σκουριασμένες).

- στ. Κατάσταση των βάσεων της μηχανής (χαλαρές, σκουριασμένες).
- ζ. Κατάσταση προσαρμογών που θα επηρεάσουν τη θέση των μηχανών (σωληνώσεις, πρόσθετα βάρη).
- η. Κατάσταση σημείων έδρασης (ρουλεμάν).

3.3. Ο χρόνος που χρειάζεται για το κάθε στάδιο της διαδικασίας της ευθυγράμμισης

Η συνολική διαδικασία της ευθυγράμμισης αποτελείται από εννέα βασικά βήματα:

1. Προετοιμασία - εργαλεία, προσωπικό, εκπαίδευση.
2. Πρώτα η ασφάλεια! Σημειώστε και απομονώστε τα μηχανήματα.
3. Έλεγχος της κατάστασης των μηχανημάτων - λυγισμένοι άξονες, φθαρμένα έδρανα, φθαρμένοι σύνδεσμοι, μαλακό υλικό.
4. Μέτρηση των θέσεων των αξόνων.
5. Υπολογισμός της κίνησης (ακτινικά - αξονικά).
6. Απόφαση για το πως χρειάζεται να μετακινηθεί.
7. Επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, υπολογισμοί και τοποθετήσεις μέχρι να επιτευχθούν οι ανοχές της ευθυγράμμισης.
8. Επανατοποθέτηση των πλαισίων των μηχανημάτων.
9. Λειτουργία και έλεγχος.

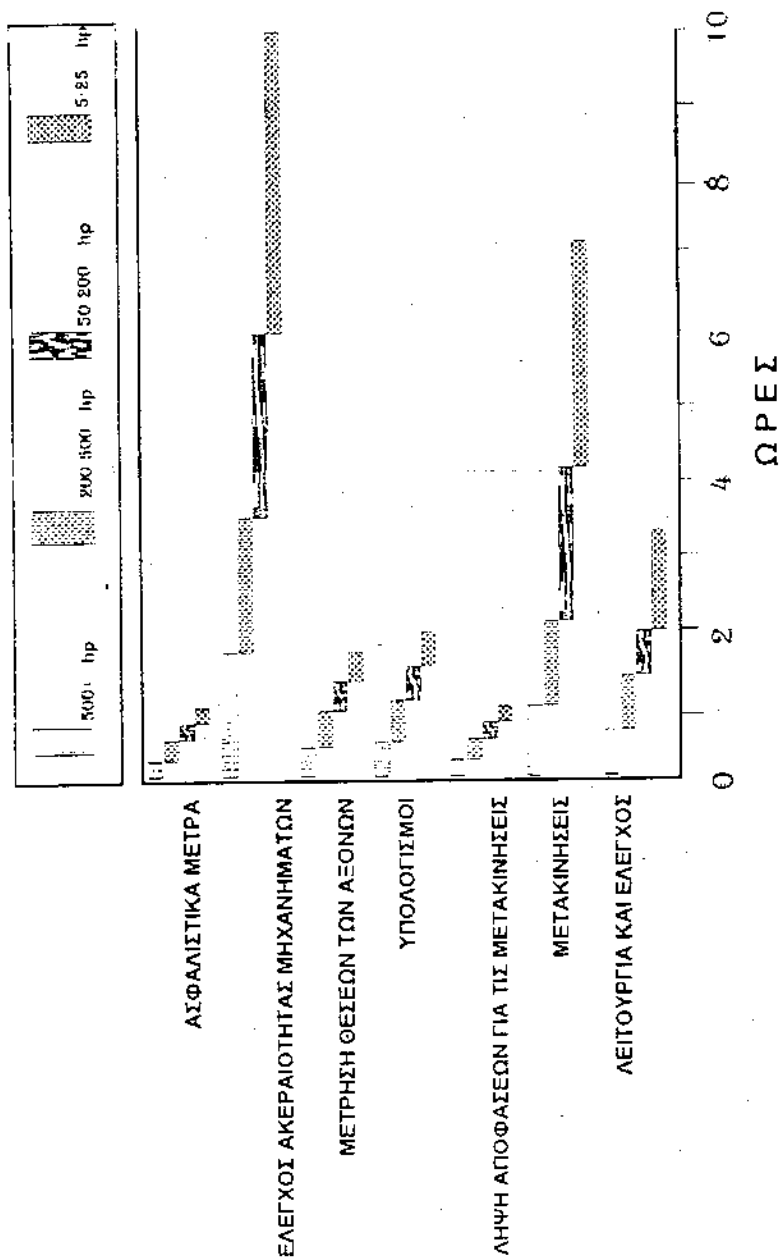
Αντί να εξετάσουμε τα στάδια αυτά λεπτομερειακά ας δούμε το χρόνο που απαιτείται για τη διενέργεια καθενός απ' αυτά, γιατί για ένα μάνατζερ, όταν τα μηχανήματα δε λειτουργούν ο χρόνος είναι χρήμα.

Η Εικόνα 2 δείχνει το φυσιολογικό χρονικό διάστημα που χρειάζεται για τη διενέργεια των σταδίων 2 έως 9 καθώς και η εικόνα 3 που δείχνει τον υπολογιζόμενο χρόνο μέχρι την βλάβη των περιστρεφόμενων μηχανημάτων λόγω της κακής ευθυγράμμισης σε συνάρτηση με την κακή ευθυγράμμιση. Τα στάδια 1 και 7 δεν εμφανίζονται στο διάγραμμα, καθώς η εκπαίδευση μπορεί να διαρκέσει χρόνια μέχρι την εκμάθηση και την τελειοποίηση. Όπως φαίνεται, τα δύο πιο χρονοβόρα στάδια στη διαδικασία της ευθυγράμμισης είναι ο έλεγχος της κατάστασης των μηχανημάτων και η μετακίνηση των μηχανημάτων για την ευθυγράμμιση των

αξόνων.

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που παρουσιάζει η πλειοψηφία των συστημάτων στην αγορά οφείλεται στην αδυναμία τους να παράσχουν εναλλακτικές λύσεις, στην περίπτωση που τα μηχανήματα δε μπορούν να μετακινηθούν όσο χρειάζεται. Το κλειδί για την επιτυχή ευθυγράμμιση των μηχανημάτων βρίσκεται στην ικανότητα εξεύρεσης μιας λύσης που είναι εφικτή και ελαχιστοποιεί την απαιτούμενη κίνηση στη βάση. Ο ακριβής υπολογισμός της απαιτούμενης κίνησης στη βάση των μηχανημάτων είναι άχρηστος εάν αυτά δεν μπορούν να μετακινηθούν στο βαθμό που το ζητά το σύστημα ευθυγράμμισης.

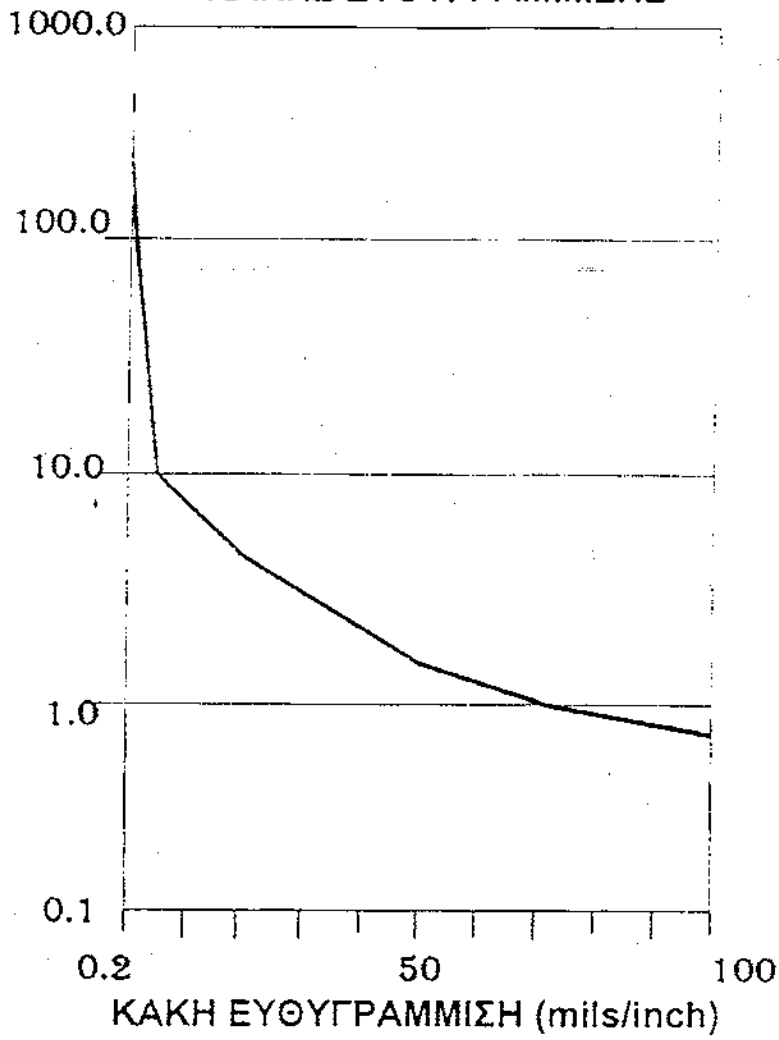
**ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ
ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ**



Εικόνα 2

ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΒΛΑΒΗ
ΤΩΝ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ
ΚΑΚΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ

ΜΗΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ



Εικόνα 3

3.3.1 Συχνότητα ευθυγράμμισης - Πόσο συχνά πρέπει να ελέγχεται η ευθυγράμμιση.

Όπως προαναφέρθηκε, τα περιστρεφόμενα μηχανήματα μπορούν να μετακινηθούν αμέσως αφού τεθούν σε λειτουργία. Πρόκειται για μια σχετικά γρήγορη κίνηση, οι άξονες τελικά παίρνουν μια μόνιμη θέση αφού σταθεροποιηθούν οι συνθήκες θερμοκρασίας και ισορροπίας συστήματος (από 2 ώρες μέχρι μία εβδομάδα, σε μερικές περιπτώσεις).

Υπάρχουν παρ' όλα αυτά και πιο αργές, περισσότερων χαμηλών τόνων αλλαγές, οι οποίες προκύπτουν μέσα σε μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Η θέση των μηχανημάτων θ' αλλάξει σιγά σιγά, για τον ίδιο λόγο που φθείρεται η ασφαλτός στους δρόμους ή ραγίζουν τα θεμέλια των κτιρίων. Η υποχώρηση του εδάφους κάτω από τα μηχανήματα μπορεί να οδηγήσει στη μεταβολή ολόκληρων των θεμελίων. Καθώς τα θεμέλια κινούνται με αργό ρυθμό, τα συνδεδεμένα εξαρτήματα αρχίζουν να αποτραβιούνται από τα πλαίσια των μηχανημάτων, προξενώντας την κακή ευθυγράμμιση του εξοπλισμού. Οι αλλαγές της θερμοκρασίας δημιουργούν επίσης προβλήματα με τη διαστολή και συστολή του σκυροδέματος, των θεμελίων και των εξαρτημάτων.

Συνιστάται δε, ο νεοεγκατασταθείς εξοπλισμός να ελέγχεται για αλλαγές στην ευθυγράμμιση από 3 έως 6 μήνες μετά τη θέση του σε λειτουργία. Κατά μέσο όρο η ευθυγράμμιση των αξόνων σε όλα τα μηχανήματα θα πρέπει να ελέγχεται σε ετήσια βάση.

3.4 Έλεγχος και χρησιμότητα ευθυγράμμισης – ακρίβεια ευθυγράμμισης.

Μια καλή ευθυγράμμιση απαλλάσσει τα μηχανήματα από πρόωρες φθορές και ανεπανόρθωτες ζημιές, βελτιώνοντας το βαθμό απόδοσης και κατ' επέκταση το κόστος λειτουργίας του μηχανήματος, δημιουργώντας προϋποθέσεις για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των μηχανημάτων. Υπάρχουν σήμερα μέθοδοι που μας απαλλάσσουν από κακές εμπειρίες προσπαθειών για επίτευξη ευθυγραμμίσεων με ακρίβεια. Η έλλειψη ακριβείας δημιουργούσε πλείστες επιπτώσεις, καθώς επίσης έμπαινε και η λογική, αφού δεν είναι χαλασμένο, να μην χάνεται χρόνος για επαναληπτικούς ελέγχους ευθυγράμμισης, πράγμα που είναι επιβεβλημένο και σήμερα γίνεται γρηγορότερα και ευκολότερα.

3.4.1 Τι είναι όμως ακρίβεια;

Η λέξη ακρίβεια αποτελεί ένα σχετικό όρο και γίνεται κάτι αρκετά υποκειμενικό, όταν αυτό δεν καθοριστεί με σαφήνεια. Ο βαθμός ακριβείας απαιτείται για μια δεδομένη ευθυγράμμιση, εξαρτάται δε από μια σειρά παραγόντων. Διαφορετικές κατηγορίες μηχανημάτων θα μπορούσαν να σημαίνουν και διαφορετικές ανοχές, για τις οποίες θα χρειαζόταν η χρήση συγκεκριμένων μεθόδων ώστε να εξασφαλιστεί η ακρίβεια των τελικών μετρήσεων. Άλλοι παράγοντες είναι η ταχύτητα με την οποία λειτουργεί το μηχάνημα, η σημασία του μηχανήματος σε σχέση προς τη συνολική παραγωγή, η ύπαρξη ανταλλακτικών, εάν υπάρχει προγραμματισμένη συντήρηση ή απλώς επισκευή σε κάθε βλάβη του, το χρονικό διάστημα που θα χρειαστεί να γίνει κάποια κίνηση, κλπ.

Όλοι οι παράγοντες αυτοί θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάθε φορά που γίνεται μια ευθυγράμμιση. Υπάρχουν τόσα πράγματα τα οποία θα πρέπει να σκεφθεί κανείς, ώστε είναι αδύνατο να αποφασίσει κάποιος μέχρι ποιο σημείο θα φθάσει, χωρίς να έχει κάποιες κατευθυντήριες γραμμές. Οι κατευθυντήριες γραμμές θα πρέπει να θέτουν ως στόχο την ευθυγράμμιση, λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες κάθε φορά δυνατότητες του προσωπικού και το εκάστοτε σύστημα ευθυγράμμισης.

Η ακρίβεια πρέπει να προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή, με την επιτρεπόμενη μέγιστη απόκλιση, λαμβανομένης υπόψη της απόστασης μεταξύ των δεκτών, το μέγεθος του μηχανήματος και τη μέγιστη ταχύτητα.

Σε αντίθετη περίπτωση, όταν αυτό δεν ορίζεται, υπάρχουν πίνακες με αυτές τις συναρτήσεις. Εάν και αυτοί δεν υπάρχουν, το εμπορικό μέγεθος θα πρέπει να τηρείται, χωρίς αυτό να αποτελεί εγγύηση, να είναι 0,001mm ή 0,001 in.

Ο ορισμός και η σημαντικότητα της ακριβούς ευθυγράμμισης διατυπώθηκε στο Εθνικό Συνέδριο που πραγματοποιήθηκε στο **Dallas του Texas**, το Νοέμβριο του 1992 από διακεκριμένους συνέδρους, με θέμα :

" Τεχνολογική της Προληπτικής Συντήρησης "

Τα μέλη του πάνελ δίνουν έναν ορισμό της ακριβούς ευθυγράμμισης και αναφέρονται στη σπουδαιότητα της. Οι απόψεις και τα σχόλια των συνέδρων στα θέματα που τέθηκαν προς συζήτηση στο συνέδριο καταγράφονται συνοπτικά και είναι τα ακόλουθα :

3.4.2 Ακριβής ευθυγράμμιση

Ακρίβεια είναι ο βαθμός συμφωνίας επαναλαμβανόμενων μετρήσεων μιας ποσότητας ή η απόκλιση ενός συνόλου εκτιμήσεων από το μέσο τους. Λεπτομερειακός είναι ο βαθμός συμφωνίας με κάποια αναγνωρισμένη σταθερή αξία ή η απόκλιση ενός αποτελέσματος που έχει ληφθεί με τη χρήση μιας συγκεκριμένης μεθόδου, από την αξία που έχει γίνει αποδεκτή ως πραγματική.

Συνεπώς, η ακριβής ευθυγράμμιση θα ορίζονταν ως η ικανότητα επανάληψης ενός δεδομένου συνόλου μετρήσεων κατά την ευθυγράμμιση των μηχανημάτων. Αντίθετα, η λεπτομερειακή ευθυγράμμιση θα ορίζονταν ως ο βαθμός συμφωνίας δύο (ή περισσότερων) κεντρικών γραμμών περιστροφής αξόνων, που βρίσκονται στην ίδια ευθεία κατά τη λειτουργία τους.

Ίσως μια καλή οπτική μεταφορά που θα βοηθούσε να εξηγηθεί η διαφορά μεταξύ ακριβούς και λεπτομερειακού θα ήταν τα απεικονιζόμενα στους στόχους της Εικόνας 4

Όπως φαίνεται, στόχος είναι τόσο η ακρίβεια, όσο και η λεπτομέρεια όταν πραγματοποιούνται οι ευθυγραμμίσεις. Με πιο συγκεκριμένους όρους, η κακή ευθυγράμμιση των αξόνων είναι η απόκλιση της σχετικής θέσης των αξόνων από έναν άξονα περιστροφής στην ίδια ευθεία, που μετράται στα σημεία της μετάδοσης της κίνησης όταν το μηχάνημα λειτουργεί κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Στην Εικόνα 5 απεικονίζεται ένας οδηγός ανοχής ευθυγράμμισης, που προτείνεται για όλους τους τύπους περιστρεφόμενων μηχανημάτων. Ας ληφθεί υπόψη, ότι οι ανοχές αυτές θα πρέπει να διατηρούνται όταν το μηχάνημα λειτουργεί και όχι όταν είναι κλειστό.

3.4.3 Γιατί είναι σημαντική η ακριβής ευθυγράμμιση;

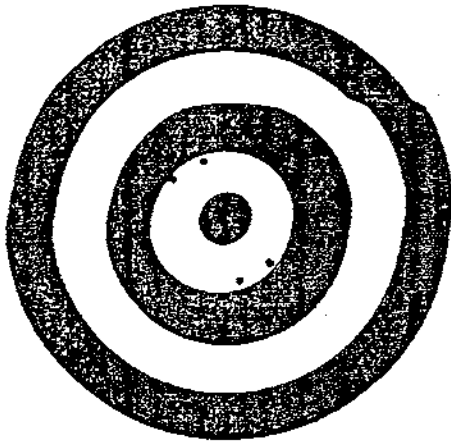
Η ακριβής και λεπτομερειακή ευθυγράμμιση είναι σημαντική για την επιμήκυνση της λειτουργικής διάρκειας ζωής του μηχανήματος. Η κακή ευθυγράμμιση δεν είναι εύκολο να ανιχνευθεί κατά τη διάρκεια λειτουργίας των μηχανημάτων. Οι περιστροφικές δυνάμεις που μεταδίδονται από άξονα σε άξονα είναι τυπικά στατικές δυνάμεις και είναι δύσκολο να μετρηθούν εξωτερικά. Δυστυχώς δεν υπάρχουν αναλυτές ή σένσορες τους οποίους μπορεί να τοποθετήσει κανείς στο εξωτερικό του

πλαisiού ενός μηχανήματος για να μετρήσει πόση δύναμη δέχονται τα έδρανα, οι άξονες και οι σύνδεσμοι. Συνεπώς, αυτό που παρατηρούμε στην πραγματικότητα είναι οι δευτερεύουσες συνέπειες των δυνάμεων αυτών, οι οποίες παρουσιάζουν πολλά από τα ακόλουθα συμπτώματα :

- Πρόωρες βλάβες των εδράνων, των ασφαλειών, των αξόνων ή των συνδέσμων.
- Υπερβολικοί περιστροφικοί και αξονικοί κραδασμοί. (τα τεστ έχουν δείξει ότι οι σύνδεσμοι διαφορετικού σχεδιασμού παρουσιάζουν διαφορετικών τύπων συμπεριφορές ως προς τους κραδασμούς. Φαίνεται ότι οι κραδασμοί είναι αποτέλεσμα της μηχανικής δράσης που λαμβάνει χώρα στο σύνδεσμο κατά την περιστροφή του).
- Οι υψηλές θερμοκρασίες του πλαisiού κοντά στο σημείο των εδράνων ή οι υψηλές θερμοκρασίες του λαδιού που αποβάλλεται.
- Υπερβολική διαρροή λαδιού στους συνδέσμους των εδράνων. Χαλάρωση των μπουλονιών βάσης.
Χαλάρωση ή σπάσιμο των μπουλονιών σύνδεσης.
- Ο σύνδεσμος παρουσιάζει υψηλές θερμοκρασίες αμέσως μετά το κλείσιμο της μονάδας. Εάν πρόκειται για σύνδεσμο με ελαστικά μέρη, ψάξτε για ρινίσματα ελαστικού στο εσωτερικό του.
- Η φθορά του άξονα ίσως παρουσιάσει αυξητικές τάσεις, μετά τη λειτουργία του μηχανήματος για αρκετό διάστημα.
- Παρόμοια μέρη του μηχανήματος δονούνται λιγότερο.
- Ασυνήθιστα μεγάλος αριθμός βλαβών των συνδέσμων ή γρήγορη φθορά τους.
- Τα έδρανα σπάνε (ή ραγίζουν) στο σημείο ή κοντά στο σημείο των εσωτερικών αξόνων ή των αφαλών των συνδέσμων.
- Υπερβολικές ποσότητες λιπαντικού στο εσωτερικό του περιβλήματος των συνδέσμων.

Στην Εικόνα 6 απεικονίζεται η αναμενόμενη διάρκεια ζωής των μηχανημάτων, στα οποία γίνεται κακή ευθυγράμμιση σε διαφορετικό βαθμό μέσα σε διάφορες χρονικές περιόδους.

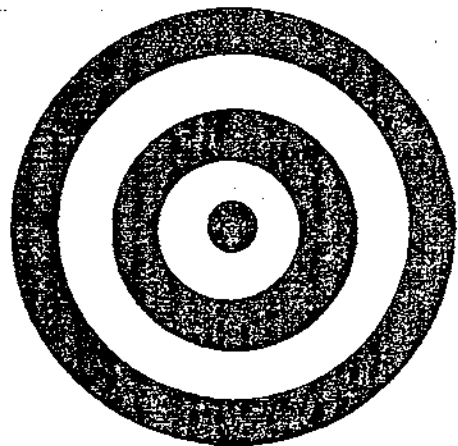
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΚΗ



ΑΚΡΙΒΗΣ

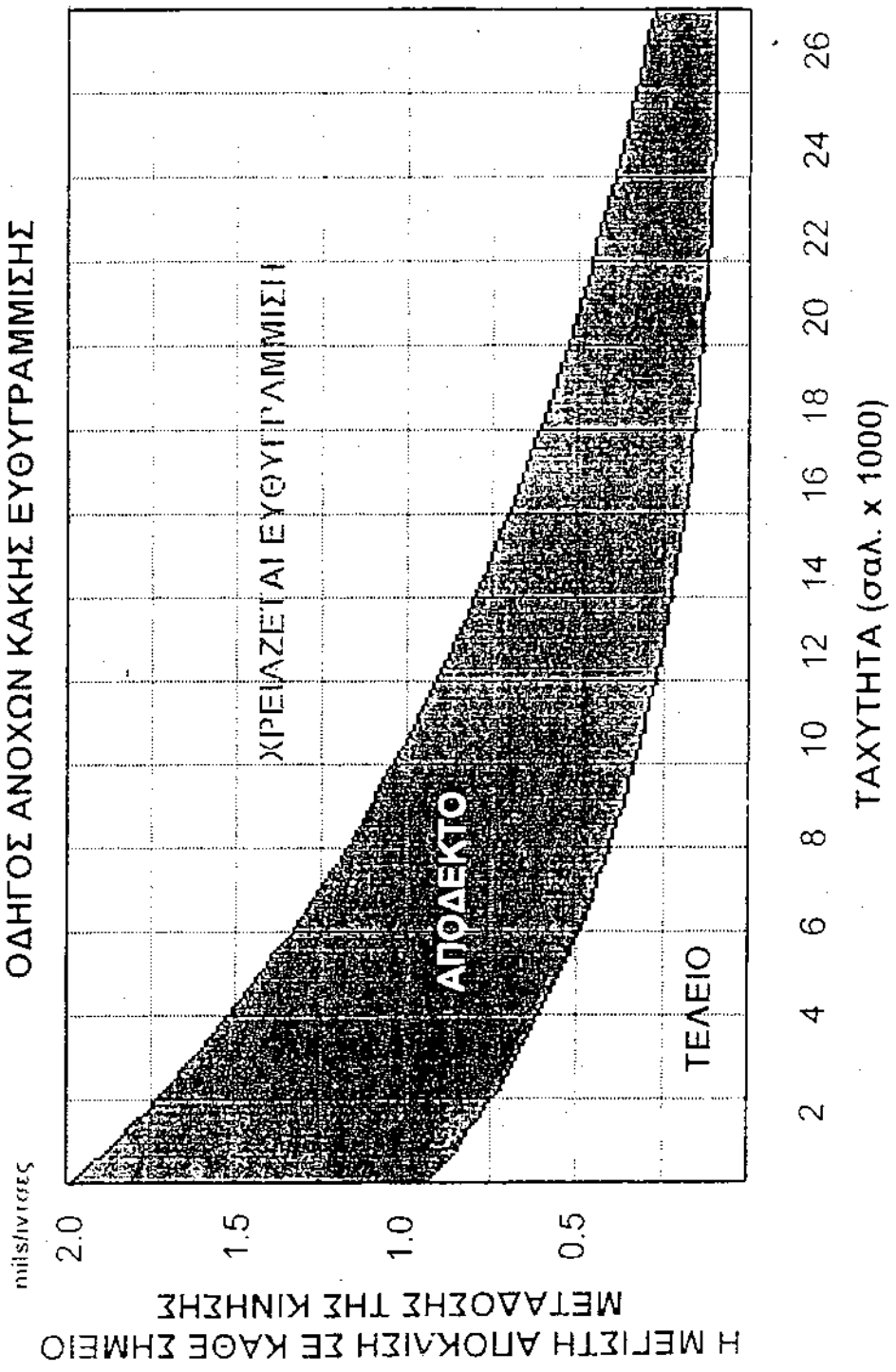


ΑΚΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΚΗ



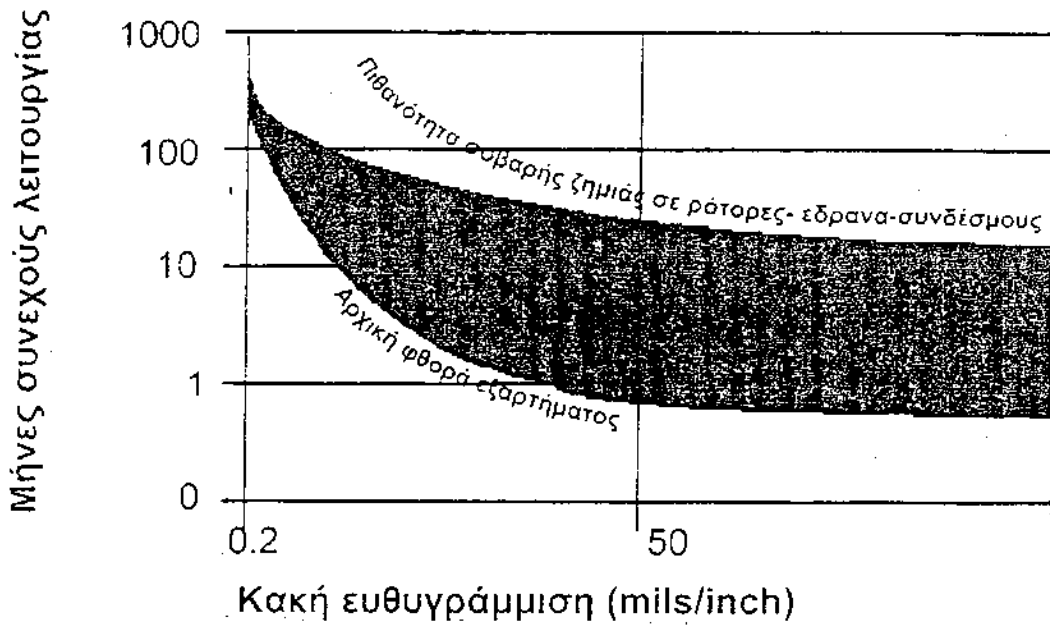
Σχήμα 4

ΟΔΗΓΟΣ ΑΝΟΧΩΝ ΚΑΚΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ



Εικόνα 5

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΒΛΑΒΗ ΤΩΝ ΚΑΚΩΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΜΕΝΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ



Εικόνα 6

3.4.4 Μερικά πρακτικά παραδείγματα όπου φαίνεται ότι η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ

ακριβής ευθυγράμμιση άξιζε τον επιπλέον χρόνο και χρήμα.

► Η αντλία ενός μεγάλου εργοστασίου δεν ήταν ευθυγραμμισμένη. Με τη χρήση εξοπλισμού τελευταίας τεχνολογίας, έγιναν αρκετές προσπάθειες για να επιτευχθεί η ευθυγράμμιση. Κάθε προσπάθεια έγινε σωστά και με ακρίβεια, παρόλα αυτά οι έλεγχοι που γίνονταν μετά τη λειτουργία έδειχναν πάντα κακή ευθυγράμμιση. Το προσωπικό έχανε την εμπιστοσύνη του στο λεγόμενο εξοπλισμό ευθυγράμμισης τελευταίας τεχνολογίας. Κάποιος από το προσωπικό παρατήρησε ένα μικρό κραδασμό στο άκρο του οδηγού. Εντοπίστηκαν τελικά κραδασμοί στη βάση της σύνδεσης. Μετά από περαιτέρω έλεγχο, βρέθηκε ότι το μηχάνημα ήταν συνδεδεμένο πάνω σε ένα ολισθηρό έλασμα, το οποίο ήταν σφιγμένο αντί να είναι βιδωμένο στη θέση του. Αυτό έδωσε στους αμφισβητίες μεγαλύτερη πίστη στον εξοπλισμό ευθυγράμμισης.

► Ένα μοτέρ ισχύος 300 ίππων είχε κραδασμούς πάνω από 0.90 ίντσες ανά δευτερόλεπτο στην εξωτερική οριζόντια θέση του κινητήρα. Το μοτέρ λειτουργούσε στις 3600 στρ/ λεπτό. Το μοτέρ αυτό και η αντλία ήταν επίσης ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία του εργοστασίου. Η ανοχή του μαλακού υλικού ήταν 0,002" έως 0,003". Πιστέψαμε ότι η ανοχή αυτή μπορούσε να αλλάξει σε 0,001". Θα έπρεπε να καταναλωθεί περισσότερος χρόνος για τη διόρθωση του μαλακού υλικού, αλλά οι κραδασμοί θα μειώνονταν στο 0,1'. Τα αποτελέσματα φάνηκαν αμέσως όταν πάρθηκαν ξανά στοιχεία για τις δονήσεις. Ακόμα και ο ήχος ήταν διαφορετικός. Οι κραδασμοί στο ίδιο σημείο ήταν τώρα 0,18 ίντσες ανά δευτερόλεπτο. Φαίνεται λοιπόν καθαρά γιατί η ακριβής ευθυγράμμιση αποτελεί ένα σαφές όφελος για ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης.

► Το επόμενο παράδειγμα αφορά την ευθυγράμμιση των δυναμομηχανών και των συνδέσμων μιας γεννήτριας. Η ταχύτητα γεννήτριας ήταν 1.800 στρ/ λεπτό. Ήταν η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε το λέιζερ στη μονάδα εκείνη. Χρησιμοποιήσαμε τα ίδια αντισταθμίματα με αυτά που χρησιμοποιούνταν σε άλλες μονάδες παρόμοιες με αυτήν. Η δυναμομηχανή ήταν ρυθμισμένη 0,0075" πάνω από τη γεννήτρια. Το στοιχείο αυτό βρέθηκε από τον έλεγχο της ευθυγράμμισης του συνδέσμου, πρώτα κρύου και μετά ζεστού. Ένα σετ βραχιόνων (μαγνητικού τύπου) που κατασκευάστηκε μόνο για χρήση μέσα στις τρύπες από τα μπουλόνια των συνδέσμων της τουρμπίνας χρησιμοποιήθηκε για να κρατήσει το πρίσμα του λέιζερ. Μετά από αυτό ο χρόνος προετοιμασίας έγινε πέντε λεπτά από τη λήψη των αποστάσεων. Αρχικά πάρθηκαν

στοιχεία για τον σύνδεσμο "C". Το λέιζερ εγκαταστάθηκε μαζί με έναν ωρολογιακό μετρητή ώστε να γίνει ένα συγκριτικό τεστ. Έγιναν αρκετές μετρήσεις με τη χρήση και των δύο μεθόδων. Βρέθηκαν ορισμένες διαφορές ανάμεσα στις μετρήσεις του λέιζερ και του ωρολογιακού μετρητή. Οι κάθετες μετρήσεις απείχαν μεταξύ τους το πολύ 0,001".

► Οι οριζόντιες μετρήσεις απείχαν μεταξύ τους από 0,003" έως 0.005" με τη χρήση και των δύο μεθόδων. Από αυτό φάνηκε ότι κάτι έπρεπε να κουνιέται. Ο έλεγχος των μετρήσεων αποκάλυψε ότι ίσως να μην υπήρχε καλή επαφή σε μερικά από τα φίλερ που συγκρατούσαν το έδρανο. Έγινε έλεγχος στη γεννήτρια από την πλευρά του συνδέσμου "C".

Η επαφή του φίλερ ήταν καλή στην κάθετη κατεύθυνση, τα φίλερ όμως στην κατεύθυνση των 30 μοιρών έδειξαν έλλειψη επαφής από 0,003" έως 0.004". Τα φίλερ στην κατεύθυνση των 75 μοιρών ήθελαν επίσης κάποιες διορθώσεις. Και τα δύο σετ φίλερ ελέγχθηκαν με τη χρήση κυάνωσης μετά τις διορθώσεις. Η επαφή φάνηκε καλή σε όλα τα φίλερ.

Πάρθηκαν ξανά στοιχεία ώστε να γίνει συγκριτικός έλεγχος. Οι μετρήσεις αυτές απείχαν μεταξύ τους από 0,001" έως 0,005". Οι κραδασμοί της δυναμομηχανής ήταν 6.09 μονάδες πριν από την ευθυγράμμιση. Μετά την ευθυγράμμιση μειώθηκε στις 1.38 μονάδες. Όπως φαίνεται και εδώ, η ακριβής ευθυγράμμιση είναι ζωτικής σημασίας κατά τη διενέργεια οποιασδήποτε εργασίας ευθυγράμμισης.

► Ένα ειδικευμένο κλωστοϋφαντουργείο, αύξησε κατά 9% το παραγόμενο προϊόν του, μειώνοντας το πάχος του νήματος, κάνοντας ακριβή ευθυγράμμιση στο μηχάνημα του.

► Μια εταιρεία παραγωγής χαρτιού, κάνοντας ακριβή ευθυγράμμιση, κατάφερε να αυξήσει την παραγωγή του βασικότερου μηχανήματος της κατά 15%.

► Τα οφέλη που προέκυψαν, ήταν σαφώς μεγαλύτερα του κόστους της ακριβούς ευθυγράμμισης, σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις.

3.5 Επιπτώσεις από μία κακή ευθυγράμμιση.

α. Μεγάλες ανεπιθύμητες δυνάμεις στα ρουλεμάν.

β. Στρέβλωση αξόνων κατά την ακινησία.

γ. Πρόωρες φθορές σε ρουλεμάν, σε τσιμούχες, σε σαλαμάστρες και σε κάθε

στεγανά.

δ. Υπερβολικές δονήσεις.

ε. Υπερθερμάνσεις.

στ. Πρόωρες φθορές των κόμπλερ.

ζ. Αύξηση κόστους λειτουργίας και συντήρησης.

η. Κακή εκμετάλλευση, μικρός βαθμός απόδοσης, αύξηση Ampere κατά τη λειτουργία.

3.5.1 Τα συμπτώματα της κακής ευθυγράμμισης.

Τα κακώς ευθυγραμμισμένα μηχανήματα θα παρουσιάσουν τα ακόλουθα συμπτώματα :

- Πρόωρες βλάβες των εδράνων, ασφαλειών, αξόνων και συνδέσμων.
 - Υπερβολικούς κραδασμούς από την περιστροφή.
 - Υψηλές θερμοκρασίες των πλαισίων κοντά στο σημείο που βρίσκονται τα έδρανα ή υψηλές θερμοκρασίες των λαδιών που αποβάλλονται.
 - Υψηλές ποσότητες διαρροής λαδιού στις ασφάλειες των εδράνων.
 - Χαλάρωση των μπουλονιών της βάσης.
 - Χαλάρωση ή σπάσιμο των μπουλονιών των συνδέσμων.
 - Ο σύνδεσμος παρουσιάζει υψηλές θερμοκρασίες αμέσως μετά το σταμάτημα της λειτουργίας της μονάδας ... εάν πρόκειται για σύνδεσμο με ελαστικά μέρη ψάξτε για ρινίσματα ελαστικού στο εσωτερικό του.
 - Η φθορά των αξόνων μπορεί να παρουσιάσει αυξητικές τάσεις μετά τη λειτουργία του μηχανήματος για κάποιο χρονικό διάστημα.
 - Παρόμοια μηχανήματα παρουσιάζουν λιγότερους κραδασμούς ή έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
 - Υψηλός αριθμός βλαβών στους συνδέσμους.
-
- Σπασίματα των αξόνων στο σημείο ή κοντά στο σημείο των εσωτερικών εδράνων.
 - Υπερβολικές ποσότητες λιπαντικού στο εσωτερικό περίβλημα των συνδέσμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΑΞΟΝΩΝ

4.1 ΕΙΔΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ

- α. Αξονική ευθυγράμμιση (αντλία - κινητήρα).
- β. Ακτινική ευθυγράμμιση (αντλία - κινητήρα).
- γ. Ευθυγράμμιση Παράλληλων αξόνων (Α/Σ).
- δ. Ευθυγράμμιση αξόνων υπό γωνία (στρόφαλο - πιστόνι).
- ε. Αρθρωτή ευθυγράμμιση (ατράκτων).

Η αξονική και ακτινική ευθυγράμμιση, σε κάθετο και σε οριζόντιο επίπεδο, πραγματοποιείται και σε οριζόντιες μηχανές και σε κάθετες μηχανές.

Προϋποθέτει :

- έλεγχο επιπεδότητας,
- έλεγχο παραλληλότητας,
- έλεγχο καθετότητας.

4.1.1 Είδη συνδέσμων (κόμπλερ)

Οι σύνδεσμοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

- α. Στους άμεσης σύμπλεξης
- β. Στους έμμεσης σύμπλεξης.

Στη μεν πρώτη περίπτωση, η συμπλεκτικότητα επιτυγχάνεται είτε με κόμπλερ ελαφρού τύπου, είτε με κόμπλερ βαρέως τύπου, σε συνάρτηση βέβαια με την ιπποδύναμη της μηχανής (ορίζεται από τον κατασκευαστή).

Επίσης, μπορεί να γίνει και ηλεκτρομαγνητική σύμπλεξη, υδραυλική σύμπλεξη ή οποιαδήποτε άλλη.

Στη δεύτερη δε περίπτωση, επειδή τα δύο κόμπλερ, κινητού - σταθερού μηχανήματος είναι σε απόσταση, πολλά συστήματα ενσωματώνουν

"εύκαμπτους" συνδέσμους για να καλύπτουν πιθανή κακή ευθυγράμμιση. Ακόμη όμως και οι εύκαμπτοι σύνδεσμοι δε μπορούν να καλύψουν πιθανές μικρές αποκλίσεις ευθυγράμμισης όταν η ταχύτητα περιστροφής είναι μεγάλη.

Η σωστή ευθυγράμμιση είναι το ίδιο σημαντική όσο θα ήταν και στους κανονικούς συνδέσμους (1η Περίπτωση).

4.1.2 Προετοιμασία ευθυγράμμισης αξόνων

Για να πετύχουμε μια ευθυγράμμιση θα πρέπει :

- α. Να διερωτηθούμε πώς μπορούμε να επιτύχουμε μια ευθυγράμμιση.
- β. Να κατανοήσουμε τις μεθόδους.
- γ. Να προδιαγράψουμε το τελικό συμπέρασμα.

4.1.3 Πώς επιτυγχάνεται η ευθυγράμμιση αξόνων.

Η καταγραφή κάθε τμήματος της διαδικασίας της ευθυγράμμισης παρέχει καλύτερη επικοινωνία και ποιοτικό έλεγχο. Το να μάθει κανείς τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν σε ένα μηχάνημα από τα αρχεία των προηγούμενων ευθυγραμμίσεων, ή να αντλεί σημαντικά στοιχεία, όπως η θερμοκρασία ενός μηχανήματος εν ώρα λειτουργίας από τη βάση δεδομένων ενός υπολογιστή, αποτελούν τεράστια βοήθεια. Η ομοιογένεια αποτελεί το σημείο - κλειδί για την επικοινωνία. Εάν όλοι οι άμεσα ή έμμεσα εμπλεκόμενοι χρησιμοποιούν την ίδια ορολογία, γνωρίζουν τις ίδιες διαδικασίες, αποδίδουν την κακή ευθυγράμμιση με τους ίδιους όρους και έχουν τις ίδιες ανοχές, τότε τα προγράμματα συνολικά θα είναι περισσότερο αποτελεσματικά.

Κατά την ανάλυση των αναγκών σας, σιγουρευτείτε ότι έχετε λάβει υπόψη σας τον αριθμό των μηχανημάτων κάθε κατηγορίας, τις τεχνικές ικανότητες σας στο χειρισμό των εργαλείων, των οργάνων, τον αριθμό των ευθυγραμμίσεων που πιθανόν θα χρειαστεί να γίνουν ταυτόχρονα και τη δυνατότητα επέκτασης του προγράμματος. Ένα πρόγραμμα με μεγάλη

ποικιλία και διαφοροποιήσεις, για να είναι πρακτικό, απαιτεί μεγάλη εξοικείωση με πάρα πολλά διαφορετικά εργαλεία. Ένα πρόγραμμα χωρίς μεγάλη ποικιλία και διαφοροποιήσεις, δεν παρέχει τη δυνατότητα κάλυψης μεγάλης ποικιλίας μηχανημάτων και δεν μπορεί να λειτουργήσει σε διαφορετικό περιβάλλον. Το κόστος, αν και θα πρέπει βέβαια να ληφθεί υπόψη, δε θα πρέπει να αποτελεί και τον κυρίαρχο παράγοντα, καθώς υπάρχουν τόσο μεγάλες προοπτικές εξοικονόμησης.

4.1.4 Κατανοώντας τις μεθόδους ευθυγράμμισης:

Όταν είναι κανείς έτοιμος για την ίδια την ευθυγράμμιση, θα πρέπει βέβαια να κατανοεί πλήρως τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί. Κάτι τέτοιο σημαίνει να γνωρίζει τα όρια της μεθόδου αυτής τι θα μπορούσε να πάει στραβά και πώς να περιορίσει τα προβλήματα που πιθανό να παρουσιαστούν.

Για παράδειγμα, η μη εξάλειψη ή η μη αναπλήρωση της κύρτωσης σε μετρήσεις ανάποδου δείκτη, η μη αποφυγή της αντίδρασης των συνδέσμων σε μετρήσεις λέιζερ, ή απλώς η λήψη μετρήσεων σε συνδέσμους με στρεβλωμένη επιφάνεια, μπορούν να οδηγήσουν σε λανθασμένα αποτελέσματα. Όταν όμως γνωρίζει κανείς το πρόβλημα, οι λύσεις είναι απλές και εύκολα εφαρμόσιμες.

Οι υπολογισμοί για τις διορθώσεις κατά την ευθυγράμμιση μπορούν να γίνουν αποτελεσματικά και με ακρίβεια, όταν έχουν κατανοηθεί στην πράξη όλες οι σχετικές διαδικασίες και οι παράγοντες. Υπολογίζοντας τις κινήσεις που χρειάζονται για κάθε σημείο του άξονα ώστε να ευθυγραμμιστεί το μηχάνημα, η ταλαιπωρία και τα λάθη περιορίζονται. Σχεδόν όλες οι ευθυγραμμίσεις μπορούν να γίνουν με λίγες μόνο κινήσεις - μερικές μάλιστα, μόνο με μία.

Χρήσιμα εργαλεία για τον προσδιορισμό των διορθώσεων κατά την ευθυγράμμιση είναι το χαρτί μιλιμετρέ, τα κομπιουτεράκια και οι υπολογιστές.

Όμως, ακόμη και οι υπολογιστές δεν είναι σε θέση να δώσουν ακριβή

αποτελέσματα, εάν ο χειριστής τους δεν κατανοεί ποια από τα στοιχεία πρέπει να χρησιμοποιεί. Εάν το λογισμικό τους δεν μπορεί να χειριστεί πράγματα όπως η θερμική διαστολή ή το σφίξιμο των μπουλονιών, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν πρακτικές γνώσεις, ώστε να βρεθούν εναλλακτικές λύσεις.

Ακόμη και αν όλες οι κινήσεις έχουν υπολογιστεί προσεκτικά, οι τεχνικοί θα πρέπει να είναι προετοιμασμένοι ώστε να διεκπεραιώσουν τις κινήσεις ελεγχόμενα, υπολογίζοντας με ακρίβεια τις συνέπειες που έχει η κάθε μία κίνηση σε όλα τα μέρη του μηχανήματος. Εάν συναντήσουν περιορισμούς ή άλλα προβλήματα, οι τεχνικοί θα πρέπει να γνωρίζουν πώς να τα παρακάμψουν και να επιτύχουν τα απαιτούμενα αποτελέσματα, χωρίς να δημιουργήσουν καινούρια προβλήματα στην πορεία.

Το τελικό συμπέρασμα :

Ο τελικός παράγοντας που καθορίζει με πόση ακρίβεια θα γίνει μια ευθυγράμμιση, είναι η ανοχή που αναμένεται να επιτευχθεί. Οι ανοχές θα πρέπει να αντικατοπτρίζουν την επιθυμητή ακρίβεια και ότι αυτές θα πρέπει να επιτυγχάνονται.

Από τη στιγμή που υπάρχει μια γνωστική βάση πάνω στην οποία μπορεί κανείς να στηριχθεί, όλα τα παραπάνω γίνονται εύκολα επιτεύξιμα. Έτσι, δεν προστίθεται πλέον πολύωρη και επίπονη εργασία στη διαδικασία της ευθυγράμμισης. Τα πλεονεκτήματα από κάτι τέτοιο είναι σημαντικότερα από την επένδυση που θα χρειαστεί σε καινούρια εργαλεία, κατάλληλη εκπαίδευση και εξοπλισμό.

4.2 ΑΝΟΧΕΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ – ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΟΛΕΣ

Πριν από κάθε ευθυγράμμιση κάνουμε τους ίδιους ελέγχους όπως και στους συμβατικούς: (έλεγχος αξόνων, κουζινέτων, ρουλεμάν, κατάσταση πέδιλων και βάσεων και επιπεδότητα αυτών).

Λαμβάνουμε υπόψη την υψομετρική διαφορά που μπορεί να προκύψει με τη θέρμανση της μηχανής (π.χ. αντλίας) - θερμικές διαστολές και τις ανοχές ευθυγράμμισης:

4.2.1 Ανοχές ευθυγράμμισης.

Οι ανοχές που δίνουμε εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα περιστροφής των αξόνων. Η ευθυγράμμιση πρέπει να γίνει σύμφωνα με τις ανοχές που δίνει ο κατασκευαστής.

4.2.2 Θερμική διαστολή.

Ένα από τα προβλήματα της ευθυγράμμισης περιστρεφόμενων μηχανών είναι ο υπολογισμός της θερμικής διαστολής. Παρότι σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να υπολογιστεί η θεωρητική της τιμή, πολλοί τοπικοί παράγοντες μπορούν να την αλλάξουν. Αυτό συμβαίνει, κυρίως όπου οι τοπικές πηγές θερμότητας και η καταπόνηση από τα συνδεδεμένα εξαρτήματα μπορούν να την επηρεάσουν σημαντικά.

Στην περίπτωση όπου θέλουμε να υπολογίσουμε τη θερμική διαστολή, δεδομένου ότι υπάρχει ανομοιομορφία στην άνοδο των θερμοκρασιών κινητού - σταθερού μηχανήματος, πρέπει να γνωρίζουμε ότι για κάθε βαθμό Κελσίου αύξησης της θερμοκρασίας, από την αρχική, έχουμε διαστολή περίπου 0.01 mm ανά μέτρο (Για χάλυβες).

Κατά συνέπεια, αυτό που θα πρέπει να εξαλείψουμε είναι η κακή ευθυγράμμιση που ενδεχομένως να προκύψει από θερμική διαστολή. Αφού λάβουμε υπόψη και τη θερμική διαστολή κατά την ευθυγράμμιση, κάνουμε επανέλεγχο της ευθυγράμμισης όταν βρισκόμαστε σε θερμική κατάσταση.

Το αποτέλεσμα των μετρήσεων θα πρέπει να μας αποδείξει ότι οι τιμές που είχαν προβλεφθεί ήταν οι κατάλληλες. Η ίδια τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί και για τον έλεγχο των μετακινήσεων που οφείλονται σε κάθε είδους αίτια εκτός της θερμικής διαστολής, όπως η υπερφόρτιση, η βλάβη της βάσης ή των μηχανικών μερών, η μετακίνηση του πλαισίου, παρέχοντας δυνατότητα απόκλισης ανάλογων μοιρών που μας ορίζει ο κατασκευαστής.

Τρόπος υπολογισμού θερμικής διαστολής.

Άσκηση

Δίνεται:

α) ύψος από τη βάση της μηχανής έως το κέντρο του άξονα 0,5 mm.

β) αρχική θερμοκρασία ευθυγράμμισης 20°C.

γ) τελική θερμοκρασία λειτουργίας 50°C.

Να βρεθεί η θερμική διαστολή (Θ.Δ.).

Λύση:

$$\Theta\Delta = 0,5 \times (50-20) \times 0,01 = 0,5 \times 30 \times 0,01 = 0,15 \text{ mm}$$

ή

$$\text{Στα } 1000 \text{ mm} \quad 0,01 \text{ mm } (\Theta\Delta)$$

$$\text{Στα } 500 \text{ mm} \quad X;$$

$$X = \frac{0,01 \times 500}{1000} = \frac{5}{1000} = 0,005 \text{ mm}$$

Το 0,005 το πολλαπλασιάζουμε επί ΔΘ (τελική θερμοκρασία - αρχική).

$$0,005 \times \Delta\Theta = 0,005 \times (50 - 20) = 0,005 \times 30 = 0,15 \text{ mm}$$

4.3 ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΡΙΓΑ ΚΑΙ ΦΙΛΕΡ.

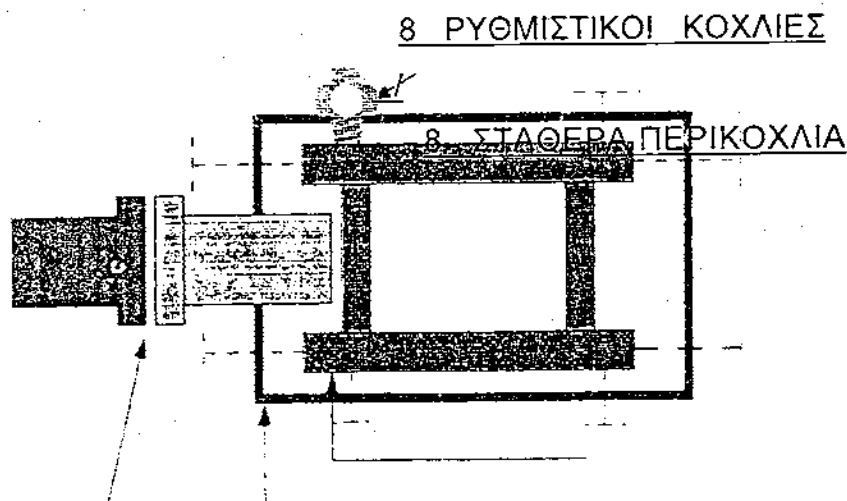
4.3.1 Προευθυγράμμιση των άλλων μεθόδων

Η μέθοδος αυτή στερείται ακριβείας, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί στο αρχικό στάδιο μιας ευθυγράμμισης. Σε ένα συγκρότημα αντλία -κινητήρα

θεωρούμε την αντλία σταθερή και τον κινητήρα κινητό μέρος. Η αντλία είναι σταθερή διότι δεν μπορούμε να την μετακινήσουμε, καθώς είναι δεμένη με τις σωληνώσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης. Ελέγχουμε πριν δέσουμε την αντλία εάν είναι σε υψηλότερη θέση από τον κινητήρα. Καθαρίζουμε όλα τα σημεία έδρασης (πέλματα), κάνουμε έλεγχο επιπεδότητας με αλφάδι και δένουμε τις βάσεις με την ανάλογη ροπή στρέψης (δυναμόκλειδο).

Προϋπόθεση σ' αυτή την ευθυγράμμιση είναι η ομοκεντρικότητα των αξόνων σε σχέση με την περιφέρεια των κόμπλερ. Τα κόμπλερ πρέπει να είναι κατεργασμένα (ρεκτιφιαρισμένα) για να γίνεται καλύτερη πρόσφυση της ρίγας και του φίλερ.

Στα πέδιλα του κινητήρα προσαρμόζουμε ρυθμιστικούς κοχλίες για να πραγματοποιούμε μικρομετακινήσεις δεξιά - αριστερά, εμπρός - πίσω. Οι τρύπες της βάσης που εδράζεται ο κινητήρας είναι μεγαλύτερης διαμέτρου από τη διάμετρο των βιδών για να επιτρέπεται η μετακίνηση του κινητήρα.

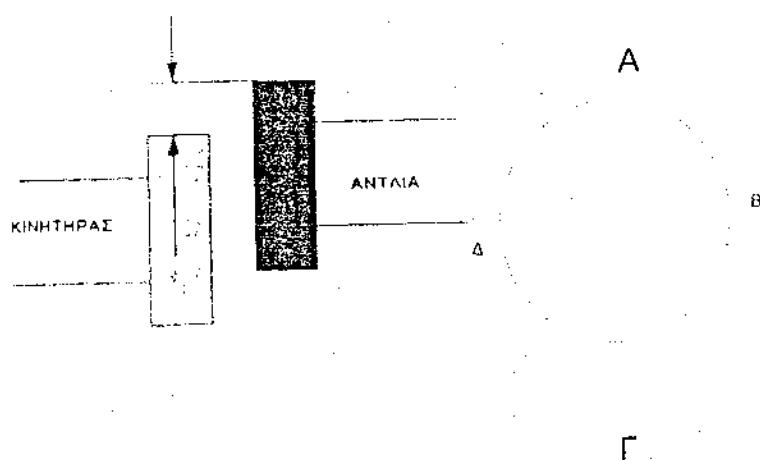


ΒΑΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

ΚΟΜΠΛΕΡ

ΠΑΚΤΩΜΕΝΗ ΒΑΣΗ

Εφαρμογή : Πλησιάζουμε τα δύο κόμπλερ, με διάκενο (δ) σύμφωνα με τον πίνακα του κατασκευαστή, λαμβανομένου υπόψη του διαστήματος ανοχών και τη θερμική διαστολή που υφίσταται.



Εφαρμογή :

Σημαδεύουμε τα κόμπλερ σε τέσσερα σημεία (Α,Β,Γ,Δ), Α, και Γ κάθετα στο επίπεδο (πάνω - κάτω) και Β με Δ οριζόντια στο επίπεδο (δεξιά - αριστερά). Παίρνουμε τη ρίγα και ελέγχουμε εάν εφάπτεται σε όλη την περιφέρεια των σημείων.

Οι μετρήσεις Α & Γ, αξονικά και ακτινικά, είναι οι μετρήσεις σε κάθετο επίπεδο και οι μετρήσεις Β & Δ, αξονικά και ακτινικά είναι οι μετρήσεις σε οριζόντιο επίπεδο.

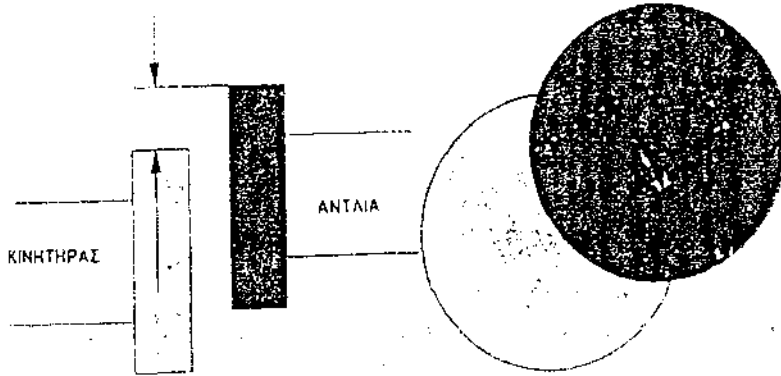
ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΘΕΣΕΩΣ

ΑΝΤΛΙΑ

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

ΑΝΤΛΙΑ

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ



α) κινητήρας χαμηλός

β) μετατόπιση κινητήρα δεξιά

γ)

μετατόπιση κινητήρα αριστερά

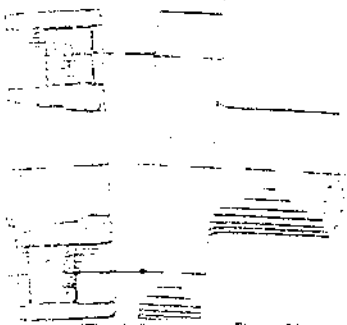
Επίσης, με τη χρήση του φίλερ ελέγχουμε στα τέσσερα σημεία, Α, Β, Γ, Δ, ανά 90° περιστροφή των κόμπλερ το άνοιγμα των προσώπων (κατεργασμένα πρόσωπα) και παίρνουμε τους μέσους όρους. Οι πιθανές ενδείξεις που μπορεί να έχουμε είναι :

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

ΑΝΤΛΙΑ

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

ΑΝΤΛΙΑ



α) άνοιγμα πάνω (κάθετο επίπεδο)

β) άνοιγμα κάτω (κάθετο επίπεδο)

γ) άνοιγμα δεξιά (οριζόντιο επίπεδο)

δ) άνοιγμα αριστερά (οριζόντιο επίπεδο)

Εάν έχουμε άνοιγμα στο πάνω μέρος των κόμπλερ, τοποθετούμε προσθήκες στα πίσω πέδιλα του κινητήρα.

Εάν έχουμε άνοιγμα στο κάτω μέρος των κόμπλερ τοποθετούμε προσθήκες στα μπροστινά πέδιλα του κινητήρα.

Εάν έχουμε άνοιγμα στο δεξιό μέρος των κόμπλερ μετακινούμε τον κινητήρα με τους ρυθμιστικούς κοχλίες δεξιά, πίσω.

Εάν έχουμε άνοιγμα στο αριστερό μέρος των κόμπλερ μετακινούμε τον κινητήρα με τους ρυθμιστικούς κοχλίες αριστερά, πίσω.

Αυτό που επιδιώκουμε στην προευθυγράμμιση είναι η παραλληλότητα των αξόνων (κινητήρας - αντλία).

Αφού παραλληλίσουμε τους άξονες (χοντρικά), τότε δένουμε τα πέδιλα των βάσεων, σφίγγοντας ανάλογα τις βίδες έδρασης (δυναμόκλειδο).

Επαναλαμβάνουμε τους ίδιους ελέγχους. Εάν απαιτείται ανύψωση του κινητήρα ομοιόμορφη, διότι δεν έχουμε γωνιακή απόκλιση, τότε ανυψώνουμε το κινητό μέρος ομοιόμορφα με τοποθέτηση ιδίων προσθηκών στα πέλματα βάσης.

Εάν απαιτείται ανύψωση του κινητήρα, όχι ομοιόμορφη, τότε διορθώνουμε πρώτα τη γωνιακή απόκλιση και στη συνέχεια την παράλληλη με τοποθέτηση ιδίων προσθηκών στα πέλματα βάσης.

Ο εμπειρικός προσδιορισμός των προσθηκών είναι : σε απόκλιση 1 mm και απόσταση ενός μέτρου, βάζουμε προσθήκη 0,1 mm.

Είμαστε έτοιμοι όταν, μετά από αλληπαλλήλους ελέγχους και διορθώσεις κατορθώσουμε να εφάπτεται η ρίγα στην περιφέρεια των κόμπλερ και να υπάρχει το ίδιο διάκενο στο άνοιγμα των κόμπλερ.

Αποφεύγουμε τη χρήση πολλών προσθηκών μικρών μεγεθών. Μπορεί να χρησιμοποιήσουμε χαρτί μιλιμέτρε για να προσδιορίσουμε γραφικά τη διόρθωση ευθυγράμμισης.

Η τοποθέτηση προσθηκών διορθώνει ακτινικά - αξονικά το κάθετο επίπεδο, ενώ η διόρθωση του οριζόντιου επιπέδου επιτυγχάνεται με τον ίδιο τρόπο, αλλά με μικρομετακινήσεις του κινητού.

Ένας άλλος τρόπος υπολογισμού προσθηκών, εκτός του εμπειρικού που θα πρέπει να αποφεύγεται, είναι ο παραλληλισμός των αξόνων (εικόνας) διόρθωση γωνιακή απόκλισης και στη συνέχεια η ομοιόμορφη ανύψωση του κινητού, διόρθωση παράλληλης απόκλισης.

Οι τύποι οι οποίοι προσδιορίζουν το μέγεθος των προσθηκών για τον παραλληλισμό των αξόνων είναι :

$$\frac{I}{D} = \frac{B}{e} \quad \text{και} \quad \frac{L}{D} = \frac{A}{e}$$

Προσδιορισμός προσθηκών
εμπρός

Προσδιορισμός προσθηκών
πίσω

οπού :

I : Απόσταση μπροστινού πέλδου με κέντρο κόμπλερ

L : Απόσταση πίσω πέλδου με κέντρο κόμπλερ

D : Διάμετρος κόμπλερ

e : γωνιακή απόκλιση

A : πίσω πέλμα βάσης

B : Μπροστινό πέλμα βάσης

4.3.2. Συμβατική μέθοδος μέτρησης με ωρολογιακά μικρόμετρα.

Η μέθοδος αυτή είναι μεγαλύτερης ακρίβειας από την πρώτη συμβατική μέθοδο, γιατί γίνεται χρήση ωρολογιακών μικρομέτρων σε αντικατάσταση φίλερ και ρίγας.

Σε ένα συγκρότημα αντλία - κινητήρα, θεωρούμε την αντλία σταθερή και τον κινητήρα κινητό. Η αντλία είναι σταθερή διότι δεν είναι δυνατή η μετακίνηση της λόγω πρόσδεσης της με σωληνώσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης. Η αντλία πρέπει να βρίσκεται σε υψηλότερη θέση από τον κινητήρα για να είναι δυνατή η ευθυγράμμιση τους. Καθαρίζουμε όλα τα σημεία έδρασης, κάνουμε

έλεγχο επιπεδότητας και δένουμε την αντλία σε σταθερό σημείο, με την ανάλογη ροπή στρέψης.

Εφαρμογή

Με δεμένη την αντλία στη βάση της και τις σωληνώσεις χωρίς να δημιουργούν έλξεις, πλησιάζουμε τα δύο κόμπλερ με το ανάλογο διάκενο, υπολογιζόμενων των ανοχών και των θερμικών διαστολών. Προευθυγραμμίζουμε τα κόμπλερ (ακτινικά, αξονικά) και κάνουμε την προετοιμασία για την ευθυγράμμιση.

4.3.2.1 Προετοιμασία ευθυγράμμισης και τρόποι ευθυγράμμισης

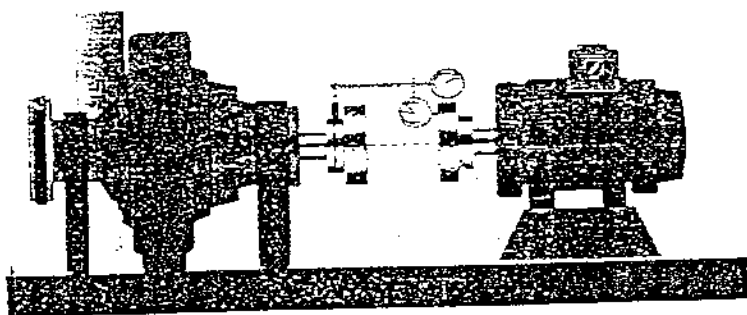
Ελέγχουμε την κατάσταση των αξόνων, την κατάσταση των κόμπλερ με τη χρήση ωρολογιακού μικρομέτρου. Ευθυγράμμιση με άξονες χωρίς προβλήματα στρεβλώσεων, εδράνων, κλπ, καθώς και κόμπλερ ομόκεντρα των αξόνων με ρεκτιφιαρισμένες επιφάνειες προσώπων και περιφερειών.

Τα κόμπλερ συνδέονται άμεσα ή έμμεσα. Άμεση σύνδεση γίνεται με κόμπλερ ελαφρού τύπου ή βαρέως τύπου. Η έμμεση σύνδεση των κόμπλερ γίνεται με ενδιάμεσο άξονα ή διαμορφωμένη φλάντζα ταφ.

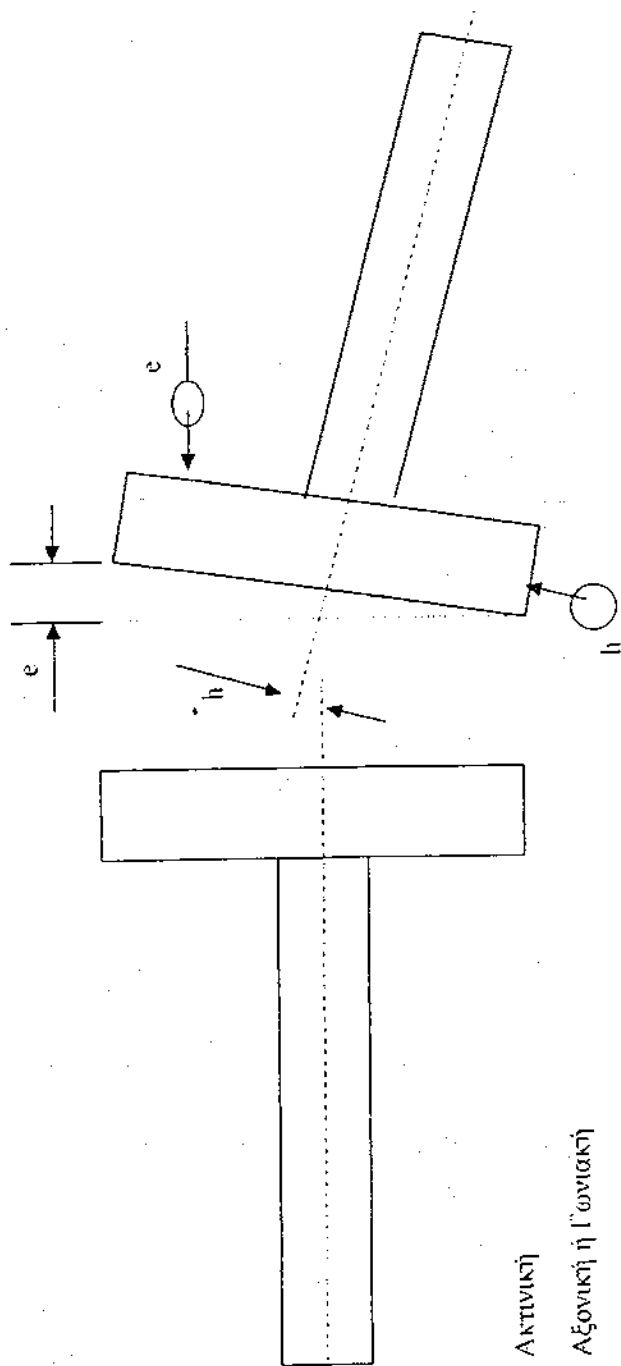
1ος τρόπος ευθυγράμμισης

Πάνω στο ένα κόμπλερ τοποθετούμε μια μαγνητική βάση και με τη χρήση δύο ωρολογιακών μικρομέτρων, προσαρμοσμένα το ένα στην περιφέρεια (ακτινική μέτρηση) και το άλλο στο πρόσωπο (αξονική μέτρηση) του άλλου κόμπλερ, ξεκινάμε τη διαδικασία ευθυγράμμισης. Μηδενίζουμε τα ωρολογιακά μικρόμετρα. Σημαδεύουμε το κόμπλερ του κινητήρα σε 4 σημεία (ανά 90°) πάνω - κάτω, δεξιά - αριστερά.

Κάνουμε μια πλήρη περιστροφή στο κόμπλερ του κινητήρα και παίρνουμε 4 ενδείξεις ακτινικά και 4 αξονικά. Διορθώνουμε με τοποθέτηση προσθηκών στις βάσεις του κινητήρα και μετακινήσεις, μέχρι να μηδενιστούν οι ενδείξεις σε όλες τις θέσεις (ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΑ2).



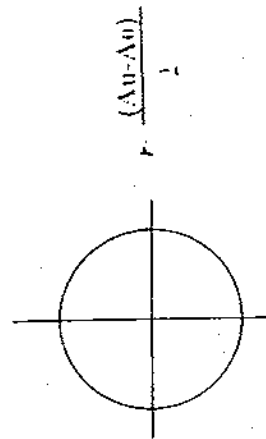
Αυτός ο τρόπος προϋποθέτει κόμπλερ ομόκεντρα των αξόνων τους με ή δυνατόν ρεκτιφιαρισμένες επιφάνειες. Εάν δεν υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης δύο ωρολογιακών μικρομέτρων συγχρόνως, μπορεί να γίνει ξεχωριστά, πρώτα αξονικά και μετά ακτινικά (εικόνα 7).



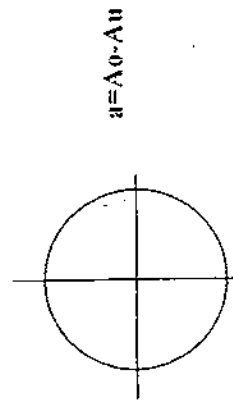
h ή r : Ακτινική

e ή a : Αξονική ή Γωνιακή

Η ακτινική μέτρηση βγαίνει από την ημδιαφορά των μετρήσεων πάνω κάτω ή δεξιά-αριστερά



Η αξονική μέτρηση βγαίνει από τη διαφορά των μετρήσεων πάνω - κάτω ή δεξιά - αριστερά.



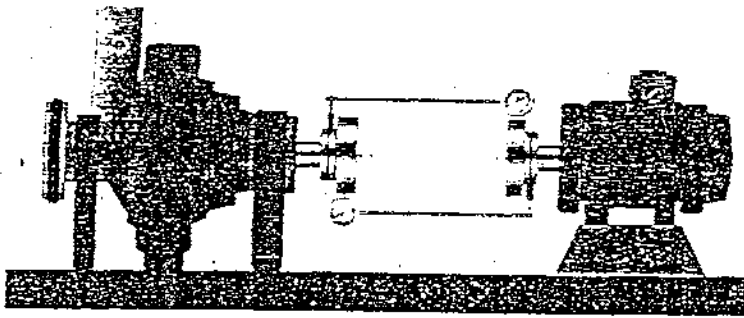
Εικόνα 7

2ος τρόπος ευθυγράμμισης

Επίσης, μπορεί να γίνει ξεχωριστή ευθυγράμμιση τοποθετώντας μια μαγνητική βάση στον κινητήρα με το ωρολογιακό μικρόμετρο στην αντλία και μια μαγνητική βάση στην αντλία με το ωρολογιακό μικρόμετρο, σε αντίστροφη θέση στον κινητήρα.

Αυτή η μέθοδος ονομάζεται μέθοδος αντίστροφης ωρολογιακών μετρήσεων.

Η διαδικασία είναι η ίδια με την προηγούμενη, τα αντίστροφα ωρολογιακά δουλεύουν συγκριτικά. Απαιτείται και ένα ωρολογιακό στο πρόσωπο του κόμπλερ.



Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται σε κόμπλερ ελαφρού τύπου που η σύμπλεξη των κόμπλερ είναι μόνιμη. Η μέθοδος αυτή υπολογίζει τη σχετική θέση του ενός έναντι του άλλου και στα δύο επίπεδα.

Επειδή και ο 1ος και ο 2ος τρόπος ευθυγράμμισης δεν είναι ακριβείς, δεδομένου ότι τα κόμπλερ παρουσιάζουν παραμορφώσεις, προτείνεται ο επόμενος τρόπος.

3ος τρόπος ευθυγράμμισης

Με κομπλαρισμένο το συγκρότημα και με χρήση μαγνητικής βάσης με δύο ωρολογιακά μικρόμετρα (ακτινικά - αξονικά) παίρνουμε τις ενδείξεις ανά 90° περιστροφής. Μπορεί να γίνει ακτινικά και αξονικά.

Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται ευκολότερα σε κόμπλερ βαρέως τύπου.

Αφαιρούμε όλους τους πείρους και αφήνουμε έναν για να γίνεται η σύμπλεξη της περιστροφής. Σημαδεύουμε τα τέσσερα σημεία των κόμπλερ Α,Β,Γ,Δ. Κάνουμε σύμπλεξη Α με Α, Β με Β, Γ με Γ και Δ με Δ. Φτιάχνουμε έναν πίνακα όπως παρακάτω :

	A	B	Γ	Δ
1η μέτρηση	ΧΑ	ΧΒ	ΧΓ	ΧΔ
2η μέτρηση	ΨΑ	ΨΒ	ΨΓ	ΨΔ
3η μέτρηση	ΖΑ	ΖΒ	ΖΓ	ΖΔ
4η μέτρηση	W A	W	WΓ	W Δ
Μέσος όρος	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ	ΜΟ

Πίνακας μέτρησης ευθυγράμμισης

Ακτινική μέτρηση

Περιστρέφουμε τα κόμπλερ και παίρνουμε 4 ενδείξεις στα σημεία Α,Β,Γ,Δ και τις καταγράφουμε σαν τιμές Χ. Αφαιρούμε τον πείρο, περιστρέφουμε το ένα κόμπλερ κατά 90° και κάνουμε τη σύμπλεξη Α με Β. Περιστρέφουμε τα κόμπλερ, παίρνουμε άλλες 4 ενδείξεις και τις καταγράφουμε σαν τιμές Ψ. Αφαιρούμε τον πείρο, περιστρέφουμε το ίδιο κόμπλερ κατά 90° και κάνουμε τη σύμπλεξη Α με Γ. Παίρνουμε άλλες 4 ενδείξεις και τις καταγράφουμε σαν τιμές Ζ. Κάνουμε ξανά τη σύμπλεξη Α με Δ. Παίρνουμε άλλες 4 ενδείξεις και τις καταγράφουμε σαν τιμές W.

Προσθέτουμε τις τιμές του Α,Β,Γ,Δ (ανά στήλη) και βρίσκουμε το μέσο όρο (Μ.Ο). Είμαστε έτοιμοι όταν οι Μ.Ο. των τιμών είναι ίδιοι, σε αντιστοιχία πάνω (Α) - κάτω (Γ) και δεξιά (Β) - αριστερά (Δ) λαμβανομένου υπόψη των ανοχών.

Αξονική μέτρηση

Παρόμοιος τρόπος γίνεται και με τοποθέτηση του ωρολογιακού μικρομέτρου για αξονική ευθυγράμμιση. Οι μετατοπίσεις δεξιά, αριστερά, καθώς και οι συγκλίσεις ή αποκλίσεις δεξιά, αριστερά, διορθώνονται ανάλογα με τις μετακινήσεις του κινητήρα. Μας διευκολύνει η τοποθέτηση δύο συγχρόνως ωρολογιακών μικρομέτρων ένα για ακτινική και ένα για αξονική ευθυγράμμιση. Αφού λοιπόν πάρουμε τους Μ.Ο των τιμών εφαρμόζουμε τον τύπο για να προσδιορίσουμε τις ανάλογες προσθήκες που θα τοποθετηθούν (ΜΕΘΟΔΟΣ

AA2).

Σημείωση 1 : Η μέθοδος AA₂ γίνεται με ένα ωρολογιακό ακτινικά και ένα ωρολογιακό αξονικά.

Σημείωση 2 : Η μέθοδος AA₃ γίνεται με ένα ωρολογιακό ακτινικά και δύο (πάνω κάτω) ωρολογιακά αξονικά.

Ο παρακάτω τύπος εφαρμόζεται χωρίς να προσδιορίζουμε πρόσημα τα οποία μας δείχνουν την κατάσταση του κινητού ενώ με τους τύπους AA₂ και AA₃ με πρόσημα (+, -). Ο τύπος αυτός είναι ίδιος με τον τύπο AA₂.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΘΗΚΩΝ

$$\text{Πίσω πέδιλο : } A = h + \left[\frac{e \times (L + l)}{d} \right]$$

$$\text{Μπροστινό πέδιλο : } B = h + \left(\frac{e \times L}{d} \right)$$

Αυτός ο τρόπος ευθυγράμμισης θεωρείται ο πλέον ακριβής τρόπος από τους συμβατικούς, απαιτεί όμως μεγαλύτερο χρόνο. Για να γίνει κατανοητό κάνουμε το παρακάτω παράδειγμα.

Πρέπει εκ των προτέρων να έχουμε τις διαστάσεις :

- α. Απόσταση πίσω πέδιλου κινητήρα με μπροστινό πέδιλο (L)
- β. Απόσταση μπροστινού πέδιλου κινητήρα και κέντρου (απόστασης) προσώπων κόμπλερ (l).
- γ. Γωνιακή απόκλιση (e) - Αξονική ευθυγράμμιση
- δ. Παράλληλη απόκλιση (h) - Ακτινική ευθυγράμμιση
- ε. Διάμετρο κόμπλερ (d)

ΑΣΚΗΣΗ

Δίνονται : $L = 4000 \text{ mm}$ $l = 1000 \text{ mm}$
 $e = 0,04 \text{ mm}$ $d = 800 \text{ mm}$
 $h = 0,2 \text{ mm}$.

Να υπολογιστούν οι προσθήκες των πέλδων.

ΛΥΣΗ:

$$A = h + \left[\frac{e}{d} \times (L + l) \right] = 0,2 + \left[\frac{0,04}{800} \times (4000 + 1000) \right] = 0,45 \text{ mm}$$

$$B = h + \left[\frac{e}{d} \times l \right] = 0,2 + \left[\frac{0,04}{800} \times 1000 \right] \Rightarrow B = 0,25 \text{ mm}$$

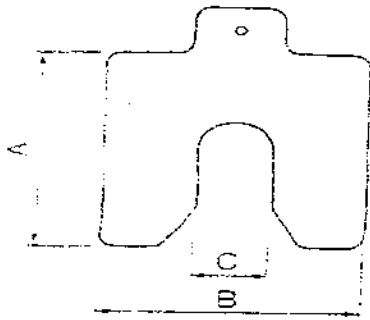
(A προσθήκη πίσω πέλδου - B προσθήκη μπροστινού πέλδου)

Η πρόσθεση ή η αφαίρεση προσθηκών προσδιορίζεται συμπερασματικά από τις αποκλίσεις.

4.3.2.2 Πλεονεκτήματα φίλερ ακριβείας (προσθηκών)

Οι προσθήκες που θα τοποθετηθούν θα είναι όσο το δυνατό λιγότερες ή δυνατόν μια. Η χρήση προκατασκευασμένων φίλερ ακριβείας παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα :

- Εξοικονόμηση χρόνου.
- Χρήση κατάλληλου μη διαβρωμένου υλικού (ανοξείδωτο ατσάλι).
- Δεν υπάρχουν γρέζια ή κοφτερές άκρες.
- Χρήση του ακριβούς πάχους το οποίο αναγράφεται σε κάθε φίλερ.
- Ευκολία στην εφαρμογή των φίλερ στα ανάλογα πέλδια.
- Ανάλογο πάχος ή πάχη προσθηκών που θα χρειαστείς.



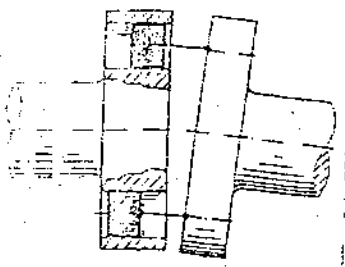
Dimensions (mm)		
A	B	C
50	50	13
75	75	21
100	100	32
125	125	45
200	200	55

Όλοι οι προηγούμενοι συμβατικοί τρόποι δεν έχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια μέτρησης, απαιτούν μεγάλο χρόνο διαδικασίας, σε μεγάλες δε αποστάσεις, όταν υπάρχει ενδιάμεσος άξονας μεταξύ των κόμπλερ, δημιουργείται κάμψη του άξονα στήριξης του ωρολογιακού δείκτη με αποτέλεσμα την έλλειψη αξιοπιστίας στη μέτρηση.

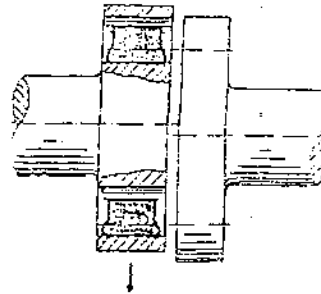
Επίσης μπορεί να γίνει ευθυγράμμιση, εκτός από τη χρήση της μεθόδου (AA2) και με δύο ωρολογιακά μικρόμετρα αξονικά και ένα ακτινικά (AA3).

4.3.3 Συμβατικοί μέθοδοι ευθυγράμμισης AA₂ - AA₃

ΑΞΟΝΙΚΗ (ΑΧΙΑΙ)



ΑΚΤΙΝΙΚΗ (ΡΑΟΙΑΙ)



Εικόνα : Σε περίπτωση γωνιακής απόκλισης (αξονικό σφάλμα) οι ελαστικοί αποσβεστήρες πηγαίνουν μπρος - πίσω όπως τα έμβολα εμβολοφόρου αξονικής αντλίας.

Εικόνα : Σε περίπτωση ακτινικής απόκλισης, οι ελαστικοί αποσβεστήρες "ξυλοκοπούνται" μέσα στις οπές.

ΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

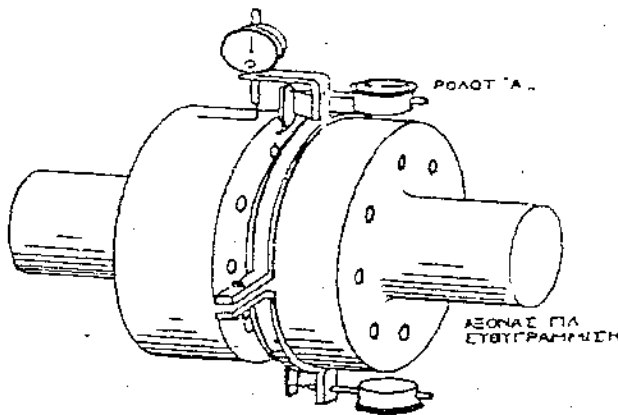
Για ακριβείς ευθυγραμμίσεις μιας μηχανής θα πρέπει να γίνει η μέτρηση με ωρολογιακά ή ρολόγια. Τα ρολόγια έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι φθηνά και υπάρχουν σε όλα τα εργοστάσια.

Μέθοδος AA2

Αξονική - Ακτινική μέθοδος με δύο ρολόγια (AA2) : Και τα δύο ρολόγια αγγίζουν το σταθερό ήμισυ του συνδέσμου, το ένα όμως ακτινικά και το άλλο αξονικά. Αυτή η μέθοδος θα χρειαστεί μόνο όταν οι άξονες κατά τη διάρκεια της μέτρησης, δε μπορεί να μετακινηθούν αξονικά.

Μέθοδος AA3

Αξονική - Ακτινική μέθοδος με 3 ρολόγια (AA3) : Εδώ τοποθετούνται δύο (2) ρολόγια αξονικά κατά 180° μεταξύ τους ενώ το τρίτο ρολόι τοποθετείται ακτινικά. Αυτή η μέθοδος είναι η πλέον διαδεδομένη.



Εικόνα : Διάταξη των ρολογιών με τη μέθοδο AA3.

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Τα ρολόγια θα μαρκαριστούν με τα γράμματα "R", "A", και "B". Οι δείκτες "O" για πάνω και "U" για κάτω, χαρακτηρίζουν τις τιμές που δείχνουν τα ρολόγια R, A και B. Δηλ. R_o είναι η τιμή που δείχνει το ρολόι "R" στη θέση μέτρησης πάνω. Για την κατάσταση ευθυγράμμισης αποτελεί κριτήριο και το αρνητικό ή θετικό πρόσημο τους, που θα προέλθει από τον υπολογισμό. Στους τύπους το πρόσημο έχει την εξής σημασία :

+, - r σημαίνει, ο άξονας κείται κατά r πιο ψηλά / χαμηλά.

+, - α σημαίνει, ο άξονας βγαίνει έξω / πέφτει προς τα πίσω από τη θέση μέτρησης.

4.3.3.1 Η θεωρία της μεθόδου AA₂.

Η ένδειξη του ρολογιού "R", ανάμεσα στις θέσεις πάνω και κάτω αλλάζει κατά το διπλάσιο μέγεθος του "r". Έτσι διαμορφώνεται ο τύπος για το:

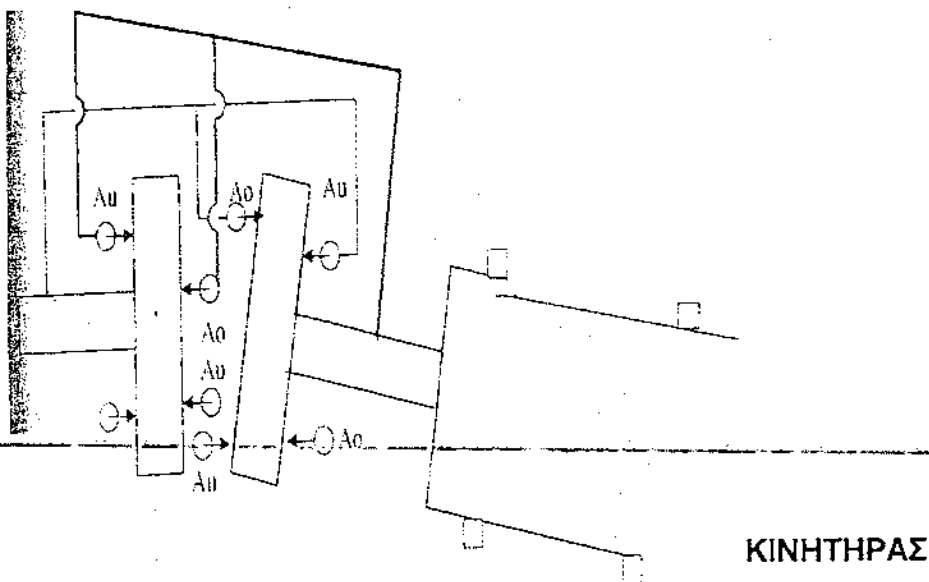
$$r = \frac{Ru - Ro}{2}$$

Το ρολόι A (υποθέτουμε ότι το ρολόι B λείπει), αγγίζει την ένδειξη του ανάμεσα στη θέση πάνω και κάτω κατά α δηλ. :

$$\alpha = Ao - Au$$

Οι θέσεις των ρολογιών μπορούν να τοποθετηθούν είτε στο ένα κόμπλερ είτε στο άλλο κόμπλερ, αξονικά ή ακτινικά.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΕΩΝ ΡΟΛΟΓΙΩΝ ΑΞΟΝΙΚΑ



Εικόνα 13

ΣΗΜ: ΟΤΑΝ ΤΑ ΡΟΛΟΓΙΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΟ ΣΤΑΘΕΡΟ (ΑΝΤΛΙΑ)

- Το Α_ο είναι όταν ακουμπά στο πρόσωπο πάνω και το Α_υ είναι όταν ακουμπά κάτω.

- Το Α_ο όταν ακουμπά στο πίσω μέρος είναι κάτω και το Α_υ είναι πάνω.

ΣΗΜ: ΟΤΑΝ ΤΑ ΡΟΛΟΓΙΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΟ ΚΙΝΗΤΟ (ΑΝΤΛΙΑ)

- Ισχύουν ότι και στην πάνω περίπτωση

4.3.3.2 Η θεωρία της μεθόδου ΑΑ₃

Για r ισχύει το ίδιο όπως στη μέθοδο ΑΑ₂, δηλ.

$$r = \frac{R_u - R_o}{2}$$

Φανταζόμαστε ότι οι άξονες και με αυτή τη μέθοδο μέτρησης, κατά την περιστροφή δεν μετατοπίζονται αξονικά. Τότε τα δύο ρολόγια Α και Β θα αλλάξουν την ένδειξη του κατά α και θα ισχύει :

$$\begin{aligned} \alpha &= A_o - A_u \\ + \quad \alpha &= B_o - B_u \end{aligned}$$

προσθέτοντας έχουμε : $2\alpha = (A_o - A_u) + (B_o - B_u)$

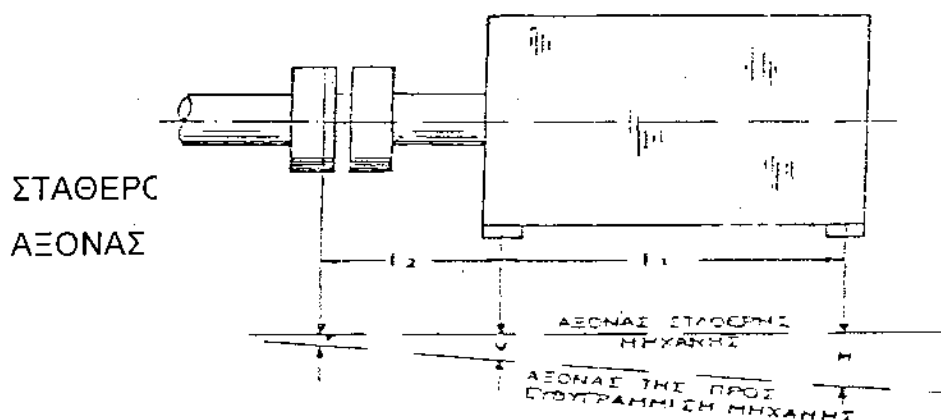
$$\text{Άρα : } \alpha = \frac{(A_o - A_u) + (B_o - B_u)}{2}$$

Από μια αξονική μετατόπιση δ αλλάζει το ένα ρολόι την ένδειξη του κατά $\alpha + \delta$ και το άλλο κατά $\alpha - \delta$. Το άθροισμα των παρενθέσεων του κλάσματος δε μεταβάλλεται από ενδεχόμενη αξονική μετατόπιση δ .

4.3.4 Υπολογισμός της διόρθωσης ευθυγράμμισης

Για τον υπολογισμό της διόρθωσης της ευθυγράμμισης χρειαζόμαστε τις διαστάσεις του συγκροτήματος "ευθυγραμμιζόμενη μηχανή / με σημείο μετρήσεων".

ΜΗΧΑΝΗ ΓΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ



Σκίτσο συστήματος για τον προσδιορισμό των τύπων για τις διορθώσεις της ευθυγράμμισης "V" και "H". Οι τύποι για V και H είναι :

$$V = (-r) + (-\alpha) \times l_1 / D \quad \text{και} \quad H = (-r) + (-\alpha) \times (l_1 + l_2) / D$$

Κατά $(-\gamma)$ θα μετατοπισθεί ο άξονας της ευθυγραμμιζόμενης μηχανής έτσι ώστε αυτός να τέμνεται με τον άξονα της σταθερής μηχανής στο επίπεδο μέτρησης για το γ .

Ως κανόνας πρόσημων ισχύει :

+,- V σημαίνει ανυψώστε / χαμηλώστε μπροστινή θέση εδράνου

+,- H σημαίνει ανυψώστε / χαμηλώστε πίσω θέση εδράνου

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ

Όλοι οι τύποι για την κατάσταση ευθυγράμμισης και διόρθωση ευθυγράμμισης ισχύουν, με την προϋπόθεση ότι η διάταξη στήριξης των ρολογιών είναι ανθεκτική σε κάμψη, ή ότι έχει γίνει διόρθωση των τιμών ανάγνωσης.

Μέθοδος Τύπος	AA	AA3
ισχύει για	2	
ακτινική ευθυγράμμιση		$r = \frac{R_u - R_o}{2}$
αξονική ευθυγράμμιση	$\alpha = A_o - A_u$	$\alpha = \frac{(A_o - A_u) + (B_o - B_u)}{2}$
Διόρθωση ευθυγράμμισης μπροστά		$V = (-r) + (-\alpha) \times \frac{l_2}{D}$
Διόρθωση ευθυγράμμισης πίσω	$H =$	$(-r) + (-\alpha) \times \frac{l_1 + l_2}{D}$

Αξονική μετατόπιση

Επίσης μπορεί η ένδειξη ενός ακτινικά εφαιπτόμενου ρολογιού να είναι λανθασμένη, σε περίπτωση αξονικής μετατόπισης του άξονα, πάνω στον οποίο έχει σταθεροποιηθεί το ρολόι. Το σφάλμα f είναι :

$$f = s * \tan a$$

όπου s είναι η αξονική μετατόπιση η γωνία μεταξύ των αξόνων.

και $\tan a = a/D$

θα έπρεπε λοιπόν να ήταν το s πολύ μεγάλο, για να πάρει το f μεγέθη που θα μπορούσαν να μετρηθούν. Είναι δυνατό για τη μέθοδο AA3, με κατάλληλο τρόπο να εξουδετερώσουμε το σφάλμα.

Ακτινική μετατόπιση

Κατά τις μετρήσεις σε ελαστικούς συνδέσμους, είναι δυνατό να προέλθουν σφάλματα μετρήσεων από ακτινικές ανοχές των εδράνων. Αυτό γίνεται όταν οι άξονες έχουν ακτινικά μετατεθεί.

Για τις μεθόδους AA2 και AA3 βοηθούν μόνο οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ή βγάζουμε τους πείρους, περιστρέφουμε κάθε άξονα χωριστά και έτσι εξουδετερώνεται η δυνατότητα σφάλματος.

4.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΜΕ ΑΚΤΙΝΕΣ LASER

Με τη μέθοδο αυτή, ουσιαστικά αντικαθιστούμε τα ωρολογιακά μικρόμετρα και τους άξονες στήριξης τους, οι οποίοι μπορούν να δημιουργήσουν κάμψεις και κατ' επέκταση λάθος των μετρήσεων, με πομποδέκτες ακτινών Laser.

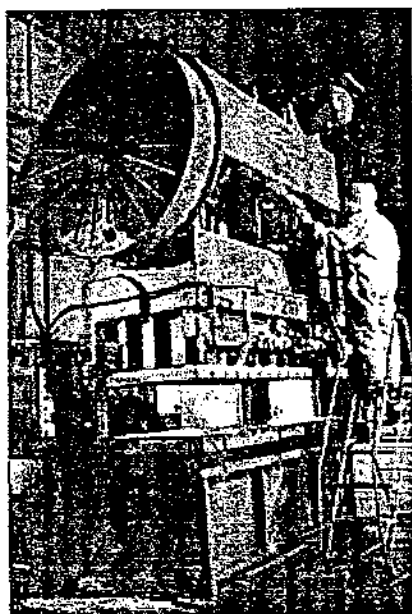
Πριν ξεκινήσουμε τη μέθοδο ευθυγράμμισης, ας δώσουμε μερικά στοιχεία απαραίτητα για να γνωρίσουμε και να εξοικειωθούμε με τη συσκευή και τα παρελκόμενά της.

Laser είναι η ενίσχυση του φωτός με πρόκληση εκπομπής ακτινοβολίας.

Φως λέγεται η περιοχή ακτινοβολίας με μήκη κύματος από 400 - 780 nm.

Η ακτινοβολία Laser είναι του ίδιου τύπου με τις άλλες μορφές φωτός, με τη) διαφορά ότι αποτελείται από φως ενός μήκους κύματος.

Η ένταση του φωτός του Laser μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο δέρμα ή στα μάτια, όπως ένας άνθρωπος ο οποίος κοιτά τον ήλιο για κάποιο χρονικό διάστημα, για αυτό για κάθε είδους εργασία (συντήρηση, χειρισμός, δοκιμές) που έχει σχέση με οποιαδήποτε είδους μηχανής Laser, πρέπει να υπάρχει πάντα ο ανάλογος προστατευτικός εξοπλισμός (Σχήμα 1).



ΣΧΗΜΑ 1

Είναι επιτακτική ανάγκη στην αγορά συσκευής Laser να γνωρίζουμε την κλάση Laser που χρησιμοποιούμε και τις πιθανότητες ατυχήματος. Επίσης την ταχύτητα και ευκολία τοποθέτησης των εργαλείων, την αποτελεσματικότητα και την ικανότητα γρήγορης εξαγωγής αποτελεσμάτων,

τις γρήγορες μετρήσεις και διορθώσεις, με δυνατότητα αποθήκευσης των τιμών μετρήσεων και την παροχή υψηλής ακρίβειας μέτρησης σε σύντομο χρονικό διάστημα. Αντοχή στο πιο δύσκολο βιομηχανικό περιβάλλον.

4.4.1 Προϋποθέσεις πριν την ευθυγράμμιση

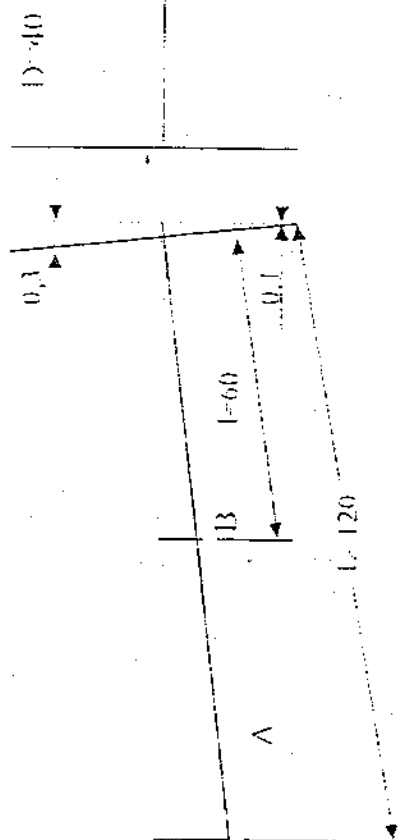
Η μέθοδος αυτή προϋποθέτει, όπως και στις άλλες ευθυγραμμίσεις, έλεγχο αξόνων (στρέβλωση, κλπ.), έλεγχο κουζινέτων - ρουλεμάν, έλεγχο βάσεων και έλεγχο πελμάτων (αντλία - κινητήρα).

Η μέθοδος ευθυγράμμισης με ακτίνες Laser πραγματοποιείται με μία συσκευή, μέσα σε μία βαλίτσα. Η συσκευή λειτουργεί με αλκαλικές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε και σε διάρκεια 20 ωρών.

Δυνατότητες συσκευής:

- α. Ευθυγράμμιση αξόνων - οριζόντιων μηχανών.
- β. Ευθυγράμμιση αξόνων - κατακόρυφων μηχανών.
- γ. Επιπεδότητα.
- δ. Καθετότητα.
- ε. Παραλληλότητα (εικόνα 8)
- στ. Ευθυγράμμιση ατράκτων.

ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΣ ΛΕΩΝΩΝ



ΑΣΚΗΣΗ Ζητούνται οι προσθήκες:

$$\left[\begin{array}{c|c|c} \frac{B \cdot e \cdot l}{D} & \frac{l}{D} & \frac{B}{D} \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{c|c|c} \frac{0,2 \cdot l}{D} & \frac{0,2 \cdot l}{D} & \frac{0,2 \cdot 60}{40} \end{array} \right]$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{c|c|c} B & \frac{12}{40} & B \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{c|c|c} B & 0,3 & B \end{array} \right]$$

$$\left[\begin{array}{c|c|c} \frac{A \cdot e \cdot l}{D} & \frac{l}{D} & \frac{A}{D} \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{c|c|c} \frac{0,2 \cdot l}{D} & \frac{0,2 \cdot l}{D} & \frac{0,2 \cdot 120}{40} \end{array} \right]$$

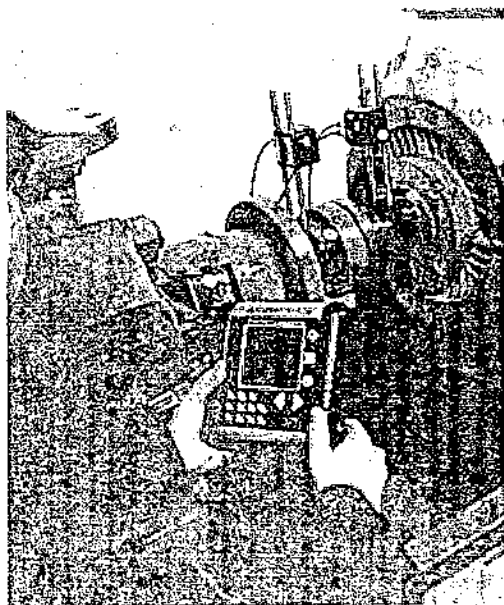
$$\rightarrow \left[\begin{array}{c|c|c} A & \frac{24}{40} & A \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{c|c|c} A & 0,6 & A \end{array} \right]$$

- Εφαστική στο πέδιλο Α
- Εφαστική μηχανικού πέδιλου Β
- ε Αξονική ή Γωνιακή απόκλιση
- ε 0,3 - 0,1 - 0,2
- Διαμέτρος κορμού D = 40
- Απόσταση από πέδιλο με κορμού
- l = 120
- Απόσταση μηχανικού πέδιλου με κορμού
- l = 60

Εικόνα 8

Η συσκευή αυτή, είτε σε οριζόντια είτε σε κάθετη μηχανή, δίνει ψηφιακά και παραστατικά τις αποκλίσεις των ευθυγραμμίσεων αξονικές, ακτινικές, καθώς και τη τιμή των προσθηκών που θα προστεθούν ή θα αφαιρεθούν και που (σε ποιο πέδιλο).

Πριν ξεκινήσουμε τη διαδικασία ευθυγράμμισης πρέπει να γνωρίζουμε την ύπαρξη του ηλεκτρολογίου στον υπολογιστή και τα προγράμματα που εμφανίζονται στην οθόνη (Σχήμα 2)

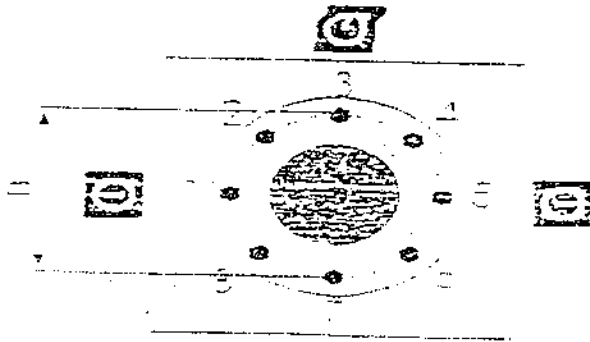


Σχήμα 2.

4.4.2 Ευθυγράμμιση αξόνων κάθετων μηχανών (μέθοδος LASER)

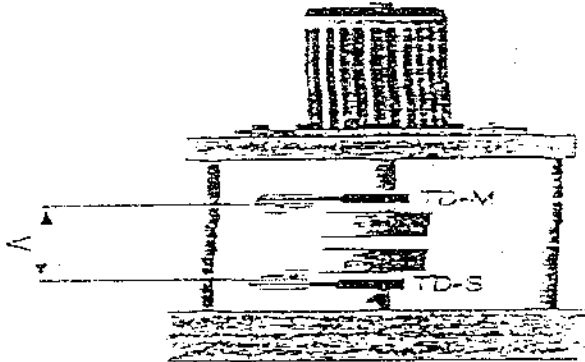
Η ευθυγράμμιση κάθετων μηχανών με Laser επιτυγχάνεται με παρόμοιο όπως και στις οριζόντιες μηχανές, δεδομένου ότι οι προσθήκες εδώ προσαρμόζονται περιφερειακά, είτε σε πέδιλα (σημεία στήριξης), είτε σε κάθε βίδα, ξεκινώντας από τη Νο 1 βίδα και συνεχίζοντας με τη φορά των δεικτών του ρολογιού (όπως στο σχέδιο).

Τα TD Units πρέπει να βρίσκονται στη δεξιά πλευρά της μηχανής και οι μετρήσεις να παίρνονται στις θέσεις 9:00- 12:00 -3:00.



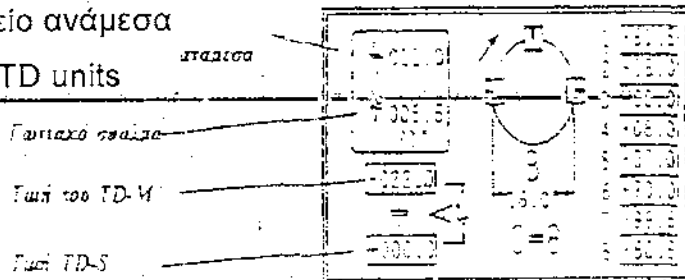
Η ψηλότερη βίδα τοποθετείται στην ένδειξη 000.0 και οι υπόλοιπες πρέπει να διορθωθούν σ' αυτό το επίπεδο.

Ανοίγοντας τον υπολογιστή και πατώντας το πρόγραμμα Νο2 για κάθετες μηχανές εμφανίζεται ο πίνακας, ο οποίος μας δείχνει την παράλληλη και γωνιακή απόκλιση και τον αριθμό βιδών.



Χρησιμοποιούμε την τιμή της παράλληλης απόκλισης για τη μετακίνηση της μηχανής δεξιά - αριστερά, εμπρός - πίσω, έως ότου επιτύχουμε ικανοποιητικά επίπεδα (επίπεδα ανοχών).

Παράλληλη απόκλιση σε ενδιάμεσο σημείο ανάμεσα στα TD units



Απόκλιση βιδών 1, 5
π. 5.

Ο πίνακας δείχνει τη θέση π. κάθε

4.4.3 Εφαρμογή ευθυγράμμισης LASER

1. Προσαρμόζουμε τους πομποανιχνευτές πάνω στους άξονες και ενώνουμε τα καλώδια τους με τον υπολογιστή.

2. Ξεκινάμε το πρόγραμμα 2.

3. Εισάγουμε τις διαστάσεις A, B, O.

A : Είναι η απόσταση μεταξύ των πομποανιχνευτών.

B : Είναι η απόσταση δύο αντιδιαμετρικών βιδών. O : Είναι ο αριθμός των βιδών στήριξης.

4. Περιστρέφουμε τους άξονες, έτσι ώστε να έχουμε τη βίδα Νο 1 στο μέσο των TD και να είμαστε στη θέση 9:00.

5. Μετακινούμε τους στόχους μπροστά από τους ανιχνευτές και κεντράρουμε τις ακτίνες με τη βοήθεια των μπλε βιδών των TD.

6. Ανοίγουμε τα παραθυράκια των TD και πιέζουμε το πλήκτρο σε θέση 9:00.

7. Περιστρέφουμε τους άξονες στη θέση 3:00 και πιέζουμε το αντίστοιχο πλήκτρο.

8. Περιστρέφουμε τους άξονες στη θέση 12:00 και πιέζουμε το αντίστοιχο πλήκτρο.



Η φορά περιστροφής γίνεται σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού. Η οθόνη μας δείχνει τη θέση της μηχανής. Αφαιρούμε ή προσθέτουμε αντίστοιχες προσθήκες, σύμφωνα με τον πίνακα, σε κάθε βίδα.

Στην ευθυγράμμιση αξόνων, οι άξονες περιστρέφονται κατά 180° για να μπορεί να υπολογιστεί με μεγάλη ακρίβεια.

Είναι δυνατό να γίνουν μετρήσεις ακόμη και αν η περιστροφή είναι μικρότερη των 180° .

Η ακρίβεια ελαττώνεται, ο χρόνος αυξάνει, διότι απαιτούνται συνεχείς μετρήσεις και διορθώσεις, με την προσθήκη και άλλων οργάνων, όπως αλφάδι για την καθετότητα των θέσεων 6:00 - 12:00 (στην εικόνα 15 φαίνονται οι πίνακες αντοχών που χρησιμοποιούμε).

ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΝΟΧΩΝ

			
rpm	mm	mm/100mm	
0-1000	0,13	0,10	
1000-2000	0,10	0,08	
2000-3000	0,07	0,07	
3000-4000	0,05	0,06	
4000-6000	0,03	0,05	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΙΩΑΝΝΗΣ . Χ. ΒΕΛΑΩΡΑΣ - Γ.ΠΑΡΙΚΟΣ (1981) ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ : «ΗΛΩΣΕΙΣ, ΚΟΧΛΙΕΣ, ΣΦΗΝΕΣ, ΑΤΡΑΚΤΟΙ, ΣΤΡΟΦΕΙΣ, ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ, ΕΔΡΑΝΑ» Αθήνα

ΙΩΑΝΝΗΣ . Χ. ΒΕΛΑΩΡΑΣ - Γ.ΠΑΡΙΚΟΣ (1991) 3^η ΕΚΔΟΣΗ: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ : «ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΙ, ΕΛΙΚΟΕΙΔΕΙΣ, ΚΟΧΛΙΩΤΟΙ, ΚΩΝΙΚΟΙ ΑΤΕΡΜΩΝΑΣ ΚΟΧΛΙΑΣ – ΚΟΡΩΝΑ. 2/3 ΟΔΟΝΤΩΤΟΙ ΤΡΟΧΟΙ,» Αθήνα

ΣΤΕΡΓΙΟΥ Κ. ΙΩΑΝΝΗΣ (1989) ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ : «ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΕΩΣ (ΟΔΟΝΤΩΤΟΙ ΤΡΟΧΟΙ – ΙΜΑΝΤΕΣ – ΑΛΥΣΙΔΕΣ) ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ –ΕΚΚΕΝΤΡΑ» Αθήνα

Niemann, Gustav (1992) ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ : « ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΟΔΟΝΤΩΣΕΩΝ, ΜΕΤΩΠΙΚΟΙ – ΚΩΝΙΚΟΙ – ΚΟΧΛΙΩΤΟΙ - ΟΔΟΝΤΩΤΟΙ ΤΡΟΧΟΙ, ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΤΕΡΜΩΝΑ ΚΟΧΛΙΑ – ΤΡΟΧΟΥ» Εκδ. Γρηγ. Φούντας, Αθήνα

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ / ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ / ΤΟΜΕΑΣ ΣΧΟΛΩΝ.

INTERNET EXRORER : PAGES «WWW.YAHOO.COM; WWW.IN.GR, WWW.GOOGLE.GR. WWW.LAZER.COM.