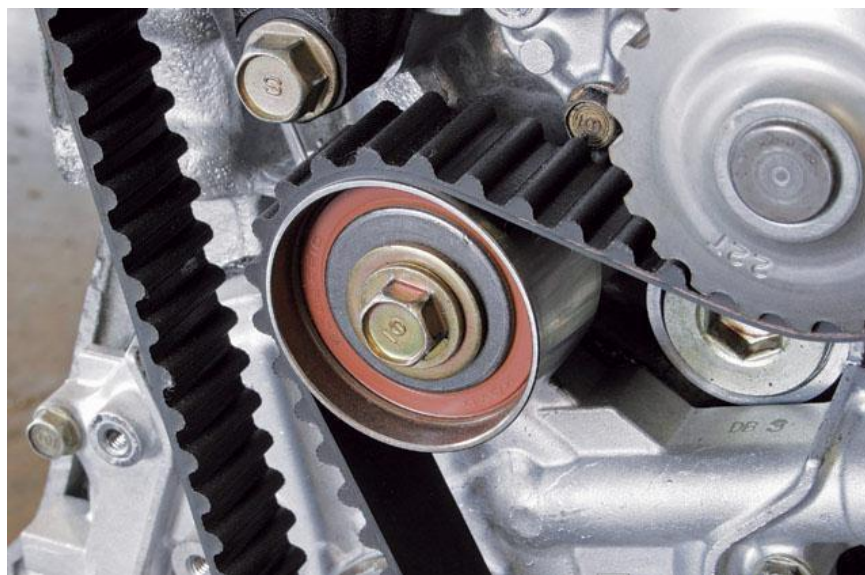




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ ΙΜΑΝΤΑ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΠΑΣΤΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : κ. ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

Πάτρα

Μάιος, 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία έχει θέσει ως βασικό σκοπό την ανάδειξη των εννοιών που απαρτίζουν την ιμαντοκίνηση. Ο συντάκτης της εργασίας βασίστηκε στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, αλλά και σε αξιόπιστες πηγές του διαδικτύου προκειμένου να παρουσιάσει ένα ολοκληρωμένο αποτέλεσμα. Σίγουρα οι ειδήμονες του αντικείμενου της μηχανολογίας θα παρατηρήσουν ελλείψεις ή υπερβολές κατά την ανάλυση της εργασίας, αλλά ο συντάκτης επιθυμεί να διαβεβαιώσει και τον πιο δύσπιστο αναγνώστη, ότι δεν έγινε εσκεμμένα.

Η επιλογή του θέματος της ιμαντοκίνησης έγινε με βάση το κριτήριο της σημαντικότητας και της διαχρονικότητας που παρουσιάζει. Η πρώτη μορφή ιμαντοκίνησης παρουσιάζεται στα προϊστορικά χρόνια με την ανακάλυψη της φωτιάς. Μπορεί αρχικά να χρησιμοποιήθηκε η ανθρώπινη μυϊκή δύναμη, αλλά στη συνέχεια δημιουργήθηκε ολόκληρος μηχανισμός γύρω από αυτή τη λογική. Επίσης η παρουσία της ιμαντοκίνησης γίνεται εμφανής και στην υφαντουργία. Η πρώτη εκμηχάνιση αυτής της διαδικασίας της υφαντουργίας φαίνεται να έγινε στην Ινδία, με την εισαγωγή ενός πεντάλ, το οποίο περιέστρεφε το αδράχτι και ενός στροφάλου. Ένας σφόνδυλος ανελάμβανε τη σταθερή διατήρηση της περιστροφής κι έτσι το σταθερό πάχος του νήματος. Αυτός ο μηχανισμός επιτάχυνε πολύ την εργασία και γι' αυτό διαδόθηκε πολύ γρήγορα. Στην Ευρώπη φαίνεται να έφτασε αυτή η επινόηση στο τέλος του 13ου αιώνα, πρώτες μαρτυρίες αναφέρονται το έτος 1280. Ο τροχός και το αδράχτι συνδέονταν με ένα ιμάντα κι αυτό ήταν το πρώτο σύστημα με μετάδοση κίνησης με ιμάντα. Η ανέμη ήταν επίσης ένα από τα πρώτα μηχανικά μέσα που περιόρισαν σημαντικά το φόρτο εργασίας στους ανθρώπους. Τέλος η πιο διαδεδομένη εφαρμογή ιμαντοκίνησης είναι το αυτοκίνητο, που κατασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1769 από τον Γάλλο μηχανικό Γκινιό.

Έχοντας μία τέτοια μακρόχρονη παρουσία στο χώρο της μηχανικής, η ιμαντοκίνηση κέντρισε το ενδιαφέρον του συντάκτη και θεώρησε ότι πρέπει να το μελετήσει ενδελεχώς μέσα από το στήσιμο μίας πειραματικής διαδικασίας. Η παρούσα εργασία ξεκινά με μία ιστορική αναδρομή της συγκεκριμένης τεχνολογίας η οποία συνοδεύεται από τον ορισμό της έννοιας. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις ιμαντοκινήσεις και τα είδη μετάδοσης της κίνησης. Ταυτόχρονα

παρουσιάζονται τα είδη των ιμάντων, η περιγραφή ενός μηχανισμού ιμαντοκίνησης και ο υπολογισμός οδοντωτού ιμάντα.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί το δεύτερο συστατικό στοιχείο μίας διάταξης που είναι τα έδρανα. Ποιοι είναι οι τύποι εδράνων και από ποια υλικά κατασκευάζονται; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά τους και ποια είναι η ακριβής τους χρήση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην αντοχή των υλικών και στις δυνάμεις που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία του μηχανισμού. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται η μεθοδολογία και η διάταξη που ακολουθήθηκε, καθώς γίνεται και περιγραφή της όλης πειραματικής διαδικασίας. Η πειραματική διαδικασία βασίστηκε σε μία απλή διάταξη, η οποία αποτελείται από δύο οδοντωτές τροχαλίες, έναν οδοντωτό ιμάντα και ένα μοτέρ.

Στην εργασία έχει χρησιμοποιηθεί πλήθος εικόνων προκειμένου να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας, αλλά και τα συστατικά στοιχεία της ιμαντοκίνησης, ακόμα και από τους πιο αδαιίς.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την περιγραφή και την ανάλυση των βασικών εννοιών της ιμαντοκίνησης, μέσα από μία συγκεκριμένη πειραματική προσέγγιση. Η περιγραφή της ιμαντοκίνησης ξεκινάει μέσα από την παρουσίαση της πορείας της στη διάρκεια του χρόνου, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα μέσα από αναφορές διαφόρων συγγραφέων. Στη συνέχεια προσεγγίζεται η έννοια της ιμαντοκίνησης και των πλεονεκτημάτων που προσφέρει. Η ιμαντοκίνηση βελτίωσε κατά πολύ τις βιομηχανικές θεωρήσεις για την εφαρμοζόμενη τάση αλλά και το χρόνο ζωής του ιμάντα, την απόδοση της μετάδοσης ισχύος, τη μέγιστη στιγμιαία απόδοση και το θόρυβο.

Η μετάδοση κίνησης με ιμάντα εξυπηρετεί τη μεταφορά ισχύος από έναν άξονα σε ένα άλλο και χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν μεγάλες αποστάσεις αξόνων ή απαιτείται μια μαλακή μετάδοση κίνησης. Επίσης η μετάδοση κίνησης μπορεί να γίνει μέσω οδοντωτών τροχών, μέσω ιμάντα ή με αλυσίδες.

Πέρα από τον ιμάντα, στην ιμαντοκίνηση παίζουν ρόλο και τα έδρανα. Τα έδρανα χρησιμοποιούνται για να στηρίζουν και να οδηγούν κινούμενα μέρη και ιδιαίτερα άξονες και ατράκτους. Επίσης χρησιμεύουν ώστε να παραλαμβάνουν τις δυνάμεις που εμφανίζονται και να τις μεταφέρουν σε σταθερά μέρη όπως κιβώτια μειωτήρων. Πριν από το κεφάλαιο όπου θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας θα παρουσιαστεί η θεωρία των υπολογισμών δυνάμεων και τάσεων του ιμάντα και των τροχαλιών και θα γίνουν οι υπολογισμοί που αφορούν στη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία.

Τέλος θα γίνει μια σύντομη αναφορά στο στήσιμο της πειραματικής συσκευής ιμαντοκίνησης καθώς και μια παρουσίαση του ταχύμετρου που χρησιμοποιήθηκε για τις πειραματικές μετρήσεις των στροφών της συσκευής. Θα πραγματοποιηθεί η σύγκριση της θεωρητικής απόδοσης της συσκευής με την πειραματική και θα δικαιολογηθεί η όποια απόκλιση παρουσιάζεται από τα θεωρητικά στοιχεία.

Λέξεις κλειδιά: Ιμαντοκίνηση, έδρανα, ιμάντες, αντοχή υλικών, τροχαλίες, κίνηση

ABSTRACT

The present paper deals with the description and the analysis of the basic concepts of belt transmission through a particular experimental approach. The description of belt transmission begins with the presentation of several facts over time, even from the antiquity, through the reports of various writers. A very important thing that is also analyzed is the concept of belt transmission and its advantages. The impact of belt transmission is significant as it offers a great improvement in the industrial considerations for the applied voltage, in the useful life of the belt, in the performance of power transmission, in the maximum instant efficiency and finally in the noise.

As far as the movement of belt transmission is concerned, its role has to do with the transport of power from one axis to another and is mostly used when there are long distance axes or a soft transmission of movement is required. Also, the transmission of movement can be done through gearing, by belts or chains.

Despite the belt, the bearings play a major role in the belt transmission as well. The bearings are used to support and lead moving parts, particularly the axes and the spindles. Moreover, the bearings are also used to receive the forces that appear and transfer them in stable areas such as the crate reducer. Before the ending results of the experimental process, the theory of calculation of forces and belt trend will be presented together with the pulley trend and the calculations that were made for the particular experimental provision in this paper.

Finally, a brief reference to the setup of the experimental belt transmission machinery will be presented, as well as the speedometer that was used for the experimental measurements of the speed of device. The last part of the presentation concerns the comparison between the theoretical outputs of the device with the experimental ones and the justifications of any deviation that may occur, by the theoretical data

Keywords: belt transmission, bearings, belts, material mechanics, pulleys, movement

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Είναι δεδομένο εκ προοιμίου ότι η εκπόνηση μίας Πτυχιακής Εργασίας αποτελεί ένα σημαντικό και εξίσου κοπιαστικό στάδιο της ακαδημαϊκής πορείας ενός φοιτητή. Μέσα στις σελίδες που θα ακολουθούν κατέθεσα το περίσσευμα των δυνατοτήτων μου προκειμένου να ανταποκριθεί έστω και στο ελάχιστο στο επίπεδο του τμήματος στο οποίο φοίτησα και των αναγνωστών της. Η ολοκλήρωση αυτού του τελικού σταδίου δεν βασίστηκε αποκλειστικά στις δυνάμεις του συντάκτη της εργασίας, αλλά σε ένα σύνολο ανθρώπων που με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, βοήθησαν να φτάσω στο επιθυμητό επίπεδο και ταυτόχρονα στην ολοκλήρωσή της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω των καθηγητή μου κ. Κόκκινο Αναστάσιο για την πολύτιμη βοήθειά του, τόσο στο επιστημονικό φάσμα της Πτυχιακής Εργασίας με τις συμβουλές και τις υποδείξεις του, όσο και στον ψυχολογικό με την ενθάρρυνση και τον ενθουσιασμό που μου ενέπνευσε. Σίγουρα χωρίς τη συμβολή του το αποτέλεσμα δεν θα ήταν το ίδιο. Σημαντική επίσης και η συμβολή του κ. Γιαννόπουλου Ανδρέα.

Τέλος σε δεύτερο επίπεδο και χωρίς να καταλαμβάνουν δεύτερη θέση στη συνείδηση και στην καρδιά μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, που βρισκόταν πάντα δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια, στις επιτυχίες και στις αποτυχίες στηρίζοντάς με σε κάθε επιλογή που έκανα. Η έκφραση της ευγνωμοσύνης μου μέσα από αυτή τη σελίδα είναι το ελάχιστο που μπορώ να κάνω για να ανταποδώσω τη στήριξη που εξέλαβα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	13
1.1. Ιστορικά Στοιχεία	13
1.2 Ιμαντοκίνηση.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	20
2.1 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	20
2.1.1 Μετάδοση της κίνησης με ιμάντες.....	20
2.1.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα	23
2.2 Επίπεδοι Ιμάντες	24
2.3 Σύνθετοι ιμάντες ή ιμάντες πολλαπλών στρώσεων.....	26
2.4 Τραπεζοειδείς ιμάντες.....	27
2.5 Οδοντωτοί ιμάντες.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	31
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΙΜΑΝΤΟΚΙΝΗΣΗΣ	31
3.1.1 Τροχαλίες	31
3.1.2 Ιμάντας.....	32
3.1.3 Μοτερ.....	33
3.1.4 Υπολογισμός οδοντωτού ιμάντα	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	37
4.1 ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	37
4.1.1 Μετάδοσης κίνησης μέσω οδοντωτών τροχών.....	37
4.2 Μετάδοση κίνησης μέσω αλυσίδων	40
4.2.1 Αλυσοτροχοί.....	43
4.2.2 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα μετάδοσης κίνησης με αλυσίδες	46
4.3. Μετάδοση κίνησης CVT (Continuously Variable Transmission).....	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	51
5.1 ΕΔΡΑΝΑ	51
5.2. Τύποι και υλικά κατασκευών	52
5.3 Διαστάσεις και χαρακτηριστικά Ρουλεμάν	53
5.4. Είδη εδράνων κύλισης, ιδιότητες εκλογή	55
5.4.1 Τριβείς μονόσφαιροι με βαθύ αύλακα	55
5.4.2 Τριβείς μονόσφαιροι λυόμενοι γωνιώδους επαφής	55
5.4.3 Τριβείς μονόσφαιροι σταθεροί γωνιακής επαφής	56
5.4.5 Τριβείς δίσφαιροι σταθεροί γωνιώδους επαφής	56
5.4.6 Τριβείς δίσφαιροι αυτορύθμιστοι	56
5.4.7 Κυλινδρικοί τριβείς	57
5.4.8. Τριβείς κωνικοί	58
5.4.9 Αυτορύθμιστοι τριβείς μονής σειράς βαρελίσκων	58
5.4.10 Αξονικοί τριβείς	58
5.4.11 Αξονικοί τριβείς με βαρελίσκους	59
5.5 Διαμόρφωση των εδράνων	59
5.6 Υπολογισμός εδράνου κύλισης – Ορισμοί	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	63
6.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΣΕΩΝ	63
6.1.1 Δυνάμεις στην κίνηση με ιμάντες	63
6.1.2 Τάση εφελκυσμού	64
6.2 Τροχαλίες	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	68
7.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	68
7.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ	68
7.3. Ηλεκτρονικό Ταχύμετρο	74
7.4 Πειραματικές Μετρήσεις	75

ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	82

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-Η πρώτη «μηχανή φωτιάς» και η εξέλιξή της	14
Εικόνα 2 - Οι πρώτες τροχαλίες.....	15
Εικόνα 3 - Chevrolet 1994-1996 B, Τροχαλίες & Ιμάντες.....	16
Εικόνα 4 - Διάταξη ιμαντοκίνησης.....	17
Εικόνα 5 - Διάταξη α) βαθμωτών και β) κωνικών τροχαλιών για τη μεταβολή της σχέσης μετάδοσης	18
Εικόνα 6 – Διατάξεις μεταδόσεων με ιμάντες.....	21
Εικόνα 7 - Είδη ιμαντοκινήσεων ανάλογα με τον τρόπο επιβολής τάσης	22
Εικόνα 8 - Διατομές ιμάντων πολλαπλών στρώσεων:	27
Εικόνα 9 – a. Διατομή ατέρμονα τραπεζοειδή ιμάντα, b. Διατομή τραπεζοειδή ιμάντα του μέτρου, c. Συνδετήρας για τραπεζοειδή ιμάντα του μέτρου	28
Εικόνα 10 - Μετάδοση κίνησης με οδοντωτούς ιμάντες	29
Εικόνα 11 - Συσκευή ιμαντοκίνησης για εργαστηριακούς σκοπούς.....	31
Εικόνα 12 - Οδοντωτός ιμάντας με μονή οδόντωση και οδοντωτή τροχαλία....	32
Εικόνα 13 - Είδη οδοντωτών τροχών	39
Εικόνα 14 - Είδη αλυσίδων	42
Εικόνα 15 - Διατάξεις αλυσοκίνησης	44
Εικόνα 16 - Βύθισμα ελκόμενου κλάδου.....	45
Εικόνα 17 - CVT μετάδοση.....	48
Εικόνα 18 - CVT οδηγούμενο από αλυσίδα	50
Εικόνα 19 - Μορφή σωμάτων κύλισης.....	52
Εικόνα 20 - Διαφορά είδη ρουλεμάν	52
Εικόνα 21 - Διαστάσεις εδράνων κύλισης.....	54
Εικόνα 22 - Είδη τριβέων	54
Εικόνα 23 - Πίνακας καταλληλότητας εδράνων κύλισης	59

Εικόνα 24 - Υπολογισμός συντελεστή ταχύτητας	61
Εικόνα 25 - Δυνάμεις στο κινούμενο ιμάντα	63
Εικόνα 26 - Επίπεδη βάση στήριξης της διάταξης	68
Εικόνα 27 - Στηρίγματα στη βάση στήριξης	69
Εικόνα 28 - Στηρίγματα τροχαλιών	70
Εικόνα 29 - Τοποθέτηση μοτέρ.....	70
Εικόνα 30 - Μικρή τροχαλία πριν τη τοποθέτησή της.....	71
Εικόνα 31 - Ρουλεμάν SKF 6300 2Z.....	71
Εικόνα 32 - Μεγάλη τροχαλία πριν και μετά την τοποθέτηση του ρουλεμάν.....	72
Εικόνα 33 - Τοποθέτηση μικρής και μεγάλης τροχαλίας	72
Εικόνα 34 - Οδοντωτός ιμάντας	73
Εικόνα 35 - Τελική διαμόρφωση συσκευής.....	74
Εικόνα 36 - Ηλεκτρονικό ταχύμετρο	74
Εικόνα 37 - Θεωρητικές και πειραματικές τιμές για τις δυο τροχαλίες σε μικρή ταχύτητα λειτουργίας	77
Εικόνα 38 - Θεωρητικές και πειραματικές τιμές για τις δύο τροχαλίες σε μεγάλη ταχύτητα λειτουργίας	78

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Διαστάσεις σε mm και στοιχεία των οδοντωτών ιμάντων Synchronflex	29
Πίνακας 4.1: Συντελεστής φόρτισης C για οδοντωτούς ιμάντες	65

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την αρχαιότητα ο άνθρωπος κατάλαβε ότι η μυϊκή του δύναμη δεν ήταν αρκετή για να εξυπηρετήσει όλους τους σκοπούς του όπως για παράδειγμα την ανύψωση πολύ βαριών αντικειμένων. Η φύση της τεχνολογίας σε κάθε ιστορική εποχή καθοριζόταν από πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες όπως τα υλικά που υπήρχαν, η επιδεξιότητα και η πείρα των τεχνιτών, οι οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες ακόμη και οι θρησκευτικές και οι ηθικές δοξασίες.

Οι κινητήρες είναι οι μηχανές εκείνες που δίνουν την κινητήρια δύναμη σε άλλες μηχανές ή εργαλεία και θα μπορούσε κανείς να πει ότι αποτελούν το μέτρο της ικανότητας του ανθρώπου να υποβάλλει τις δυνάμεις της φύσης σε ενέργεια. στα αρχαία κείμενα αναφέρονται λεπτομερώς τα κατορθώματα των κατακτητών υπάρχουν ελάχιστες αναφορές σχετικά με την ανακάλυψη ή την εφεύρεση μηχανισμών όπως η ιμαντοκίνηση. Η πρώτη εφαρμογή της ιμαντοκίνησης είναι στην ουσία άγνωστη αλλά από τα αρχαία κείμενα προκύπτει ότι οι ρίζες της πάνε πολύ πίσω.

Η πρώτη προσπάθεια έγινε με τη σύνδεση ενός καλωδίου σε δύο κυλινδρικές ράβδους προσαρμόζοντας τις σε δυο κυλινδρικές ράβδους για να διατηρούνται σε απόσταση και περιστρέφοντας τη μία από αυτές με μανιβέλα. Στη συνέχεια οι πρώτοι εφευρέτες πέτυχαν να προσδιορίσουν την απαιτούμενη τριβή για τη μετάδοση σημαντικού φορτίου δυνάμεων περιελίσσοντας το καλώδιο πολλές φορές γύρω από κάθε τροχαλία και στη συνέχεια προκειμένου να επιτευχθεί η μετάδοση μεγαλύτερης ισχύος το ελίσσόμενο καλώδιο αντικαταστάθηκε από τον γνωστό ιμάντα.

Η μετάδοση κίνησης με ιμάντα εξυπηρετεί τη μεταφορά ισχύος από έναν άξονα σε ένα άλλο και χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν μεγάλες αποστάσεις αξόνων ή απαιτείται μια μαλακή μετάδοση κίνησης. Ο ιμάντας περιβάλλει τις τροχαλίες που βρίσκονται πάνω στον κινητήριο και τον κινούμενο άξονα. Το πόσο αποτελεσματικά γίνεται η μετάδοση ισχύος εξαρτάται από τη συμπεριφορά της τριβής ανάμεσα στον ιμάντα και την τροχαλία.

Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η κατασκευή μιας απλής διάταξης ιμαντοκίνησης με δύο τροχαλίες η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εργαστηριακούς σκοπούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

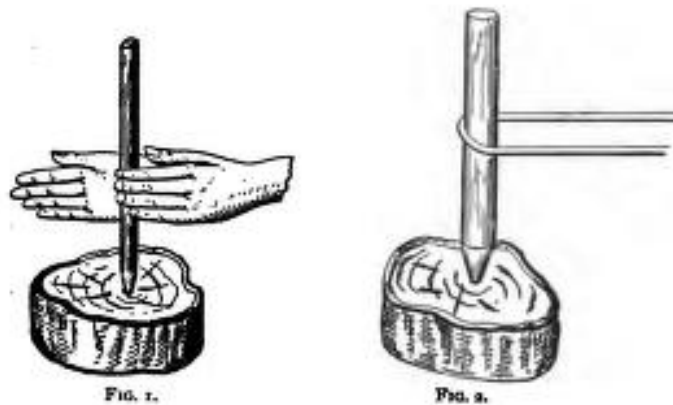
Οι διάφορες μηχανές και μηχανισμοί συναντιούνται από τα χρόνια της ανθρώπινης ιστορίας. Είναι όμως βέβαιο ότι η μηχανή πριν από 2000 χρόνια ήταν τελείως διαφορετική από τη μηχανή του σήμερα. Από την αρχαιότητα ο άνθρωπος κατάλαβε ότι η μυϊκή του δύναμη δεν ήταν αρκετή για να εξυπηρετήσει όλους τους σκοπούς του όπως για παράδειγμα την ανύψωση πολύ βαριών αντικειμένων. Η φύση της τεχνολογίας σε κάθε ιστορική εποχή καθοριζόταν από πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες όπως τα υλικά που υπήρχαν, η επιδεξιότητα και η πείρα των τεχνιτών, οι οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες ακόμη και οι θρησκευτικές και οι ηθικές δοξασίες.

Σε κάθε ιστορικό σταθμό οι τεχνίτες χρησιμοποιούσαν εργαλεία και μηχανές για τις διάφορες εργασίες που έπρεπε να πραγματοποιήσουν καθώς και για το μετασχηματισμό ακατέργαστων υλικών σε τελειωμένα προϊόντα. Οι κινητήρες είναι οι μηχανές εκείνες που δίνουν την κινητήρια δύναμη σε άλλες μηχανές ή εργαλεία και θα μπορούσε κανείς να πει ότι αποτελούν το μέτρο της ικανότητας του ανθρώπου να υποβάλλει τις δυνάμεις της φύσης σε ενέργεια.

Είναι αξιοσημείωτο ότι ενώ στα αρχαία κείμενα αναφέρονται λεπτομερώς τα κατορθώματα των κατακτητών υπάρχουν ελάχιστες αναφορές σχετικά με την ανακάλυψη ή την εφεύρεση μηχανισμών όπως η ιμαντοκίνηση. Με τον όρο ιμαντοκίνηση εννοείται η μετάδοση κίνησης με ιμάντες και τροχαλίες. Η πρώτη εφαρμογή της ιμαντοκίνησης είναι στην ουσία άγνωστη αλλά από τα αρχαία κείμενα προκύπτει ότι οι ρίζες της πάνε πολύ πίσω.

Ο Cromwell διατυπώνει την άποψη ότι η θεώρηση και η υιοθέτηση της πρώτης εμφάνισης της ιμαντοκίνησης μπορεί να γίνει σε συνδυασμό με την ανάγκη εφεύρεσης της. Η απλούστερη μορφή μηχανισμού που παραπέμπει στην ιμαντοκίνηση εμφανίζεται στην προϊστορική εποχή πριν την ανακάλυψη της φωτιάς. Όπως είναι γνωστό, η πρώτη «μηχανή της φωτιάς» αποτελείται από ένα όρθιο ξύλο με ελεύθερο το ένα άκρο το οποίο προσαρμόζεται στην τρύπα ενός άλλου ξύλου το οποίο ο άνθρωπος έτριβε με τα χέρια του παράγοντας με αυτόν τον τρόπο την απαιτούμενη θερμότητα για την καύση μικρών κλαδιών ή άλλων εύφλεκτων υλικών.

Ο συγκεκριμένος μηχανισμός παρόλο που είναι δύσκολο να αναγνωρισθεί ως τέτοιος είναι ένας μηχανισμός ιμαντοκίνησης. Στην περίπτωση αυτή το ρόλο της τροχαλίας έχει το ξύλο ενώ το ρόλο του ιμάντα τα χέρια του ανθρώπου που το περιστρέφει (Εικ.1). Η πρώτη μετατροπή του συγκεκριμένου μηχανισμού ήταν η αντικατάσταση των χεριών με καλώδια που τυλίχτηκαν γύρω από το πάνω μέρος του ξύλου. Παρά το γεγονός ότι με αυτόν τον τρόπο παράγεται μόνο μια ταλαντωτική κίνηση, ο συγκεκριμένος μηχανισμός χρησιμοποιήθηκε εκτός από την παραγωγή φωτιάς και στα προϊστορικά τρυπάνια, τους τόνους και τους κεραμικούς τροχούς.



Εικόνα 1-Η πρώτη «μηχανή φωτιάς» και η εξέλιξή της

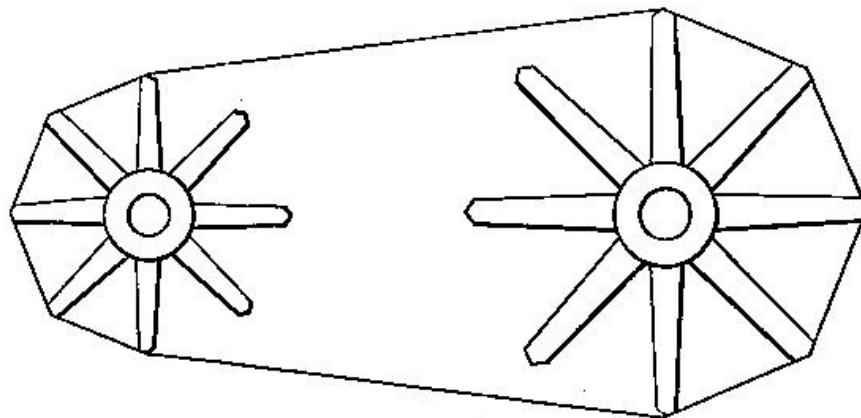
Η μετάβαση από αυτόν το μηχανισμό στη ροπή και στην τροχαλία, που χρησιμοποιήθηκε για να την άρδευση νερού και την ανύψωση τεράστιων βράχων, κολόνων κτλ που χρησιμοποιούνταν στην αρχαιότητα για την κατασκευή κτηρίων, πραγματοποιήθηκε όχι πολύ αργότερα από τη βελτιωμένη μορφή του μηχανισμού της φωτιάς. Η ανάγκη των αρχαίων λαών να κάνουν όλο και περισσότερες εργασίες σε λιγότερο χρόνο ήταν αυτή που σταδιακά οδήγησε στην εφεύρεση της ιμαντοκίνησης.

Η πρώτη προσπάθεια έγινε με τη σύνδεση ενός καλωδίου σε δύο κυλινδρικές ράβδους προσαρμόζοντας τες σε δυο κυλινδρικές ράβδους για να διατηρούνται σε απόσταση και περιστρέφοντας τη μία από αυτές με μανιβέλα. Στη συνέχεια οι πρώτοι εφευρέτες πέτυχαν να προσδιορίσουν την απαιτούμενη τριβή για τη μετάδοση

σημαντικού φορτίου δυνάμεων περιελίσσοντας το καλώδιο πολλές φορές γύρω από κάθε τροχαλία και στη συνέχεια προκειμένου να επιτευχθεί η μετάδοση μεγαλύτερης ισχύος το ελίσσόμενο καλώδιο αντικαταστάθηκε από τον γνωστό ιμάντα.

Παρά το γεγονός ότι τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ως ιμάντες δεν είναι γνωστά είναι απόλυτα λογικό να θεωρηθεί ότι το δέρμα ζώων αποτέλεσε το πρώτο υλικό ιμάντων με τη μόνη διαφορά από τους σημερινούς δερμάτινους ιμάντες να είναι πως οι πρώτοι ήταν τελείως ακατέργαστοι.

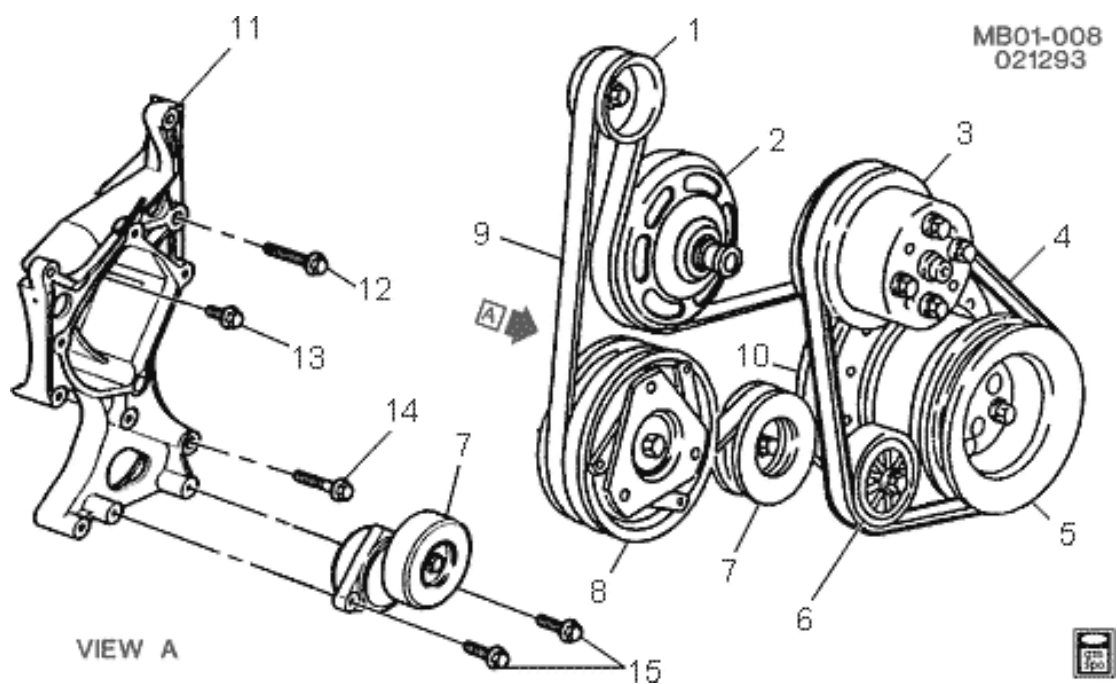
Η συνεχής περιστροφική κίνηση θεωρείται πως εφαρμόστηκε με τη μορφή του υδροκίνητου τροχού, ο οποίος κινούταν από το νερό των ποταμών. Οι συγκεκριμένοι τροχοί σύμφωνα με τα υπάρχοντα ιστορικά στοιχεία χρησιμοποιούνταν στη Μεσοποταμία και σε άλλες πόλεις της Μικράς Ασίας. Οι πρώτοι αυτοί υδροτροχοί αποτελούνταν από ένα άξονα και δύο οι περισσότερες μακριές λεπίδες που συνήθως κατασκευάζονταν από μπαμπού. Ο σχεδιασμός των υδροτροχών αποτέλεσε τη βάση για τη κατασκευή των πρώτων τροχαλιών και είναι χαρακτηριστικό ότι η χρήση τους γινόταν χωρίς ζάντες όπως φαίνεται στην εικόνα 2.



Εικόνα 2 - Οι πρώτες τροχαλίες

Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή ιμαντοκίνησης είναι το αυτοκίνητο, που κατασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1769 από τον Γάλλο μηχανικό Γκινιό (Gunot). Το αυτοκίνητο αποτελούσε όνειρο του ανθρώπου από πολύ παλιά και πολλοί μεγάλοι σοφοί και μηχανικοί όπως ο Leonardo Da Vinci ασχολήθηκαν με την κατασκευή του. Το πρώτο αυτοκίνητο του Γκινιό ήταν τρίτροχο και για την κίνηση του

χρησιμοποιήθηκε η δύναμη του ατμού που παραγόταν σε έναν ατμολέβητα και η ταχύτητα του δεν ξεπερνούσε τα 4-5km/h. Η μεγάλη εξέλιξη στο αυτοκίνητο ήρθε με την αντικατάσταση της ατμομηχανής από τη μηχανή εσωτερικής καύσης η οποία κατασκευάστηκε μετά από πολλές εργασίες και εφευρέσεις από το 1876 έως το 1882 από τον Γερμανό μηχανικό Όττο (Otto) και στη συνέχεια ο επίσης Γερμανός Ντ αιμπλερ (Daimler) την εφάρμοσε το 1885 στη μοτοσυκλέτα. Το σημαντικότερο κομμάτι του αυτοκινήτου αποτέλεσε από την αρχή το σύστημα μετάδοσης της κίνησης από τον κινητήρα στους τροχούς και στο οποίο συναντάται η ιμαντοκίνηση.

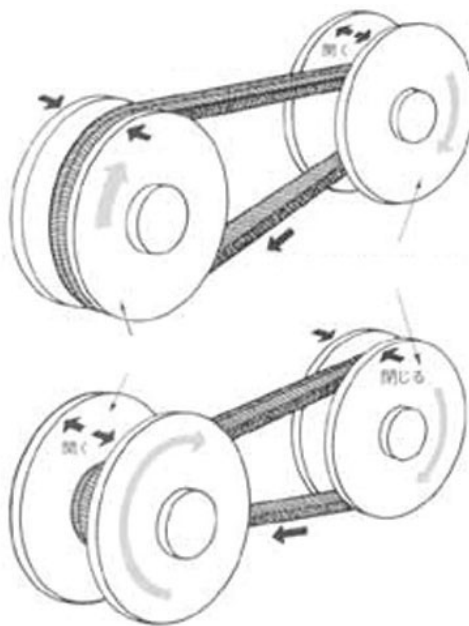


Εικόνα 3 - Chevrolet 1994-1996 B, Τροχαλίες & Ιμάντες

1.2 ΙΜΑΝΤΟΚΙΝΗΣΗ

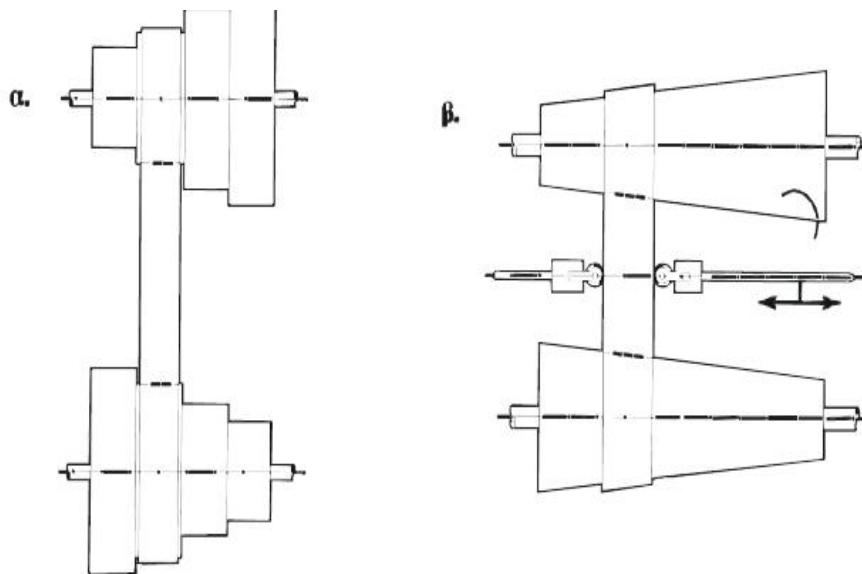
Ο μηχανισμός της ιμαντοκίνησης δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά από τον Euler το 1762. Η ιμαντοκίνηση βελτίωσε κατά πολύ τις βιομηχανικές θεωρήσεις για την εφαρμοζόμενη τάση αλλά και το χρόνο ζωής του ιμάντα, την απόδοση της μετάδοσης ισχύος, τη μέγιστη στιγμιαία απόδοση και το θόρυβο. Για παράδειγμα, στους ιμάντες με μορφή σερπατίνας που χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία, οι αναπτυσσόμενες τάσεις στον ιμάντα θα πρέπει να είναι αρκετά μικρές ούτως ώστε να μειώνεται η κόπωση του ιμάντα αλλά και να αυξάνεται ο χρόνος ζωής του. Επιπλέον πρέπει να μειώνεται στο απειροελάχιστο η απώλεια ισχύος από την ολίσθηση του ιμάντα ασφαλείας. Κάτι τέτοιο όμως απαιτεί την πλήρη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του ιμάντα και των χρησιμοποιούμενων τροχαλιών. Στην συνέχεια γίνεται μια σύντομη περιγραφή της διάταξης της ιμαντοκίνησης ενώ λεπτομερής επεξήγηση του μηχανισμού γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Η απλούστερη μορφή μιας διάταξης ιμαντοκίνησης περιλαμβάνει δύο τροχαλίες προσαρμοσμένες στην κινητήρια και στην κινούμενη άτρακτο και τον κλειστό (ατέρμονα) ιμάντα που τις συνδέει, καλύπτοντας με αυτόν τον τρόπο ένα μέρος της εξωτερικής τους περιφέρειας το οποίο ονομάζεται και τόξο επαφής.



Εικόνα 4 - Διάταξη ιμαντοκίνησης

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



Εικόνα 5 - Διάταξη α) βαθμωτών και β) κωνικών τροχαλιών για τη μεταβολή της σχέσης μετάδοσης .

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

Οι ιμάντες χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση της περιστροφικής κίνησης από την κινητήρια στην κινούμενη άτρακτο, και έχουν τη δυνατότητα διατήρησης αλλά και διαφοροποίησης των στροφών.

Η σχέση της μετάδοσης των στροφών, για μια συγκεκριμένη διάταξη μπορεί να είναι σταθερή ή να μεταβάλλεται κλιμακωτά ή με συνεχή τρόπο. Λόγω της ευκαμψίας τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε περιπτώσεις που οι άξονες των ατράκτων είναι ασύμβατοι, έως και ασύμβατα κάθετοι μεταξύ τους. Αν τοποθετηθούν

με «διασταύρωση» (ιμάντες που μπορούν να εργαστούν και με τις δύο επιφάνειές τους), μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις αντίθετης φοράς περιστροφής ατράκτων.

Οι ιμάντες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ανεμιστήρες, αντλίες, συμπιεστές, πλυντήρια, εργαλειομηχανές, ξυλουργικές μηχανές, αυτοκίνητα, δονητές, μεταφορικές διατάξεις, υφαντουργικές και χαρτοποιητικές μηχανές.

Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η κατασκευή μιας απλής διάταξης ιμαντοκίνησης με δύο τροχαλίες η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εργαστηριακούς σκοπούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η μετάδοση κίνησης με ιμάντα εξυπηρετεί τη μεταφορά ισχύος από έναν άξονα σε ένα άλλο και χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν μεγάλες αποστάσεις αξόνων ή απαιτείται μια μαλακή μετάδοση κίνησης. Ο ιμάντας περιβάλλει τις τροχαλίες που βρίσκονται πάνω στον κινητήριο και τον κινούμενο άξονα. Το πόσο αποτελεσματικά γίνεται η μετάδοση ισχύος εξαρτάται από τη συμπεριφορά της τριβής ανάμεσα στον ιμάντα και την τροχαλία.

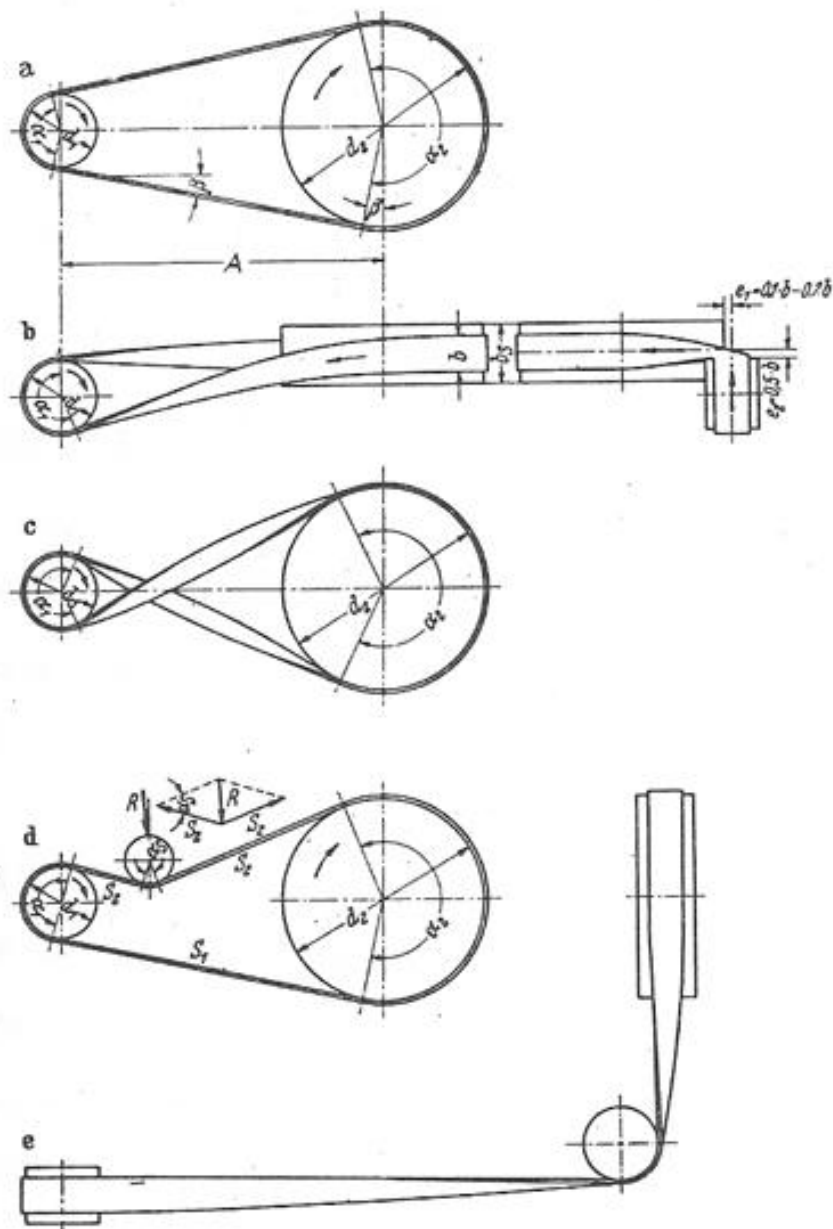
Υπάρχουν δύο βασικά είδη ιμάντων: οι επίπεδοι και οι τραπεζοειδείς. Το ποιο είδος ιμάντα θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε εφαρμογή δεν μπορεί να προσδιοριστεί με κάποιον κανόνα. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι οι επίπεδοι ιμάντες χρησιμοποιούνται για μεγάλες αποστάσεις αξόνων και σχετικά μικρές σχέσεις μετάδοσης. Αντίθετα οι τραπεζοειδείς ιμάντες χρησιμοποιούνται σε μεγάλες σχέσεις μετάδοσης και μικρές αποστάσεις αξόνων.

Οι περιφερειακές ταχύτητες για τους τραπεζοειδείς και τους κοινούς ιμάντες είναι περίπου 4-25m/s ενώ, οι ειδικοί επίπεδοι ιμάντες (σύνθετοι, νάυλον) καθώς και οι μικροτραπεζοειδείς μπορούν να εργάζονται σε μεγαλύτερες περιφερειακές ταχύτητες χωρίς όμως αυτό να αποκλείει και την χρήση τους σε μικρότερες ταχύτητες.

2.1.1 Μετάδοση της κίνησης με ιμάντες

Στην ιμαντοκίνηση που εξετάζεται στην παρούσα εργασία η μετάδοση της κίνησης γίνεται:

- 1) *Ανάλογα με τη διατομή του ιμάντα:* η μετάδοση διακρίνεται σε μετάδοση με επίπεδο, τραπεζοειδή, οδοντωτό και κυλινδρικό ιμάντα.

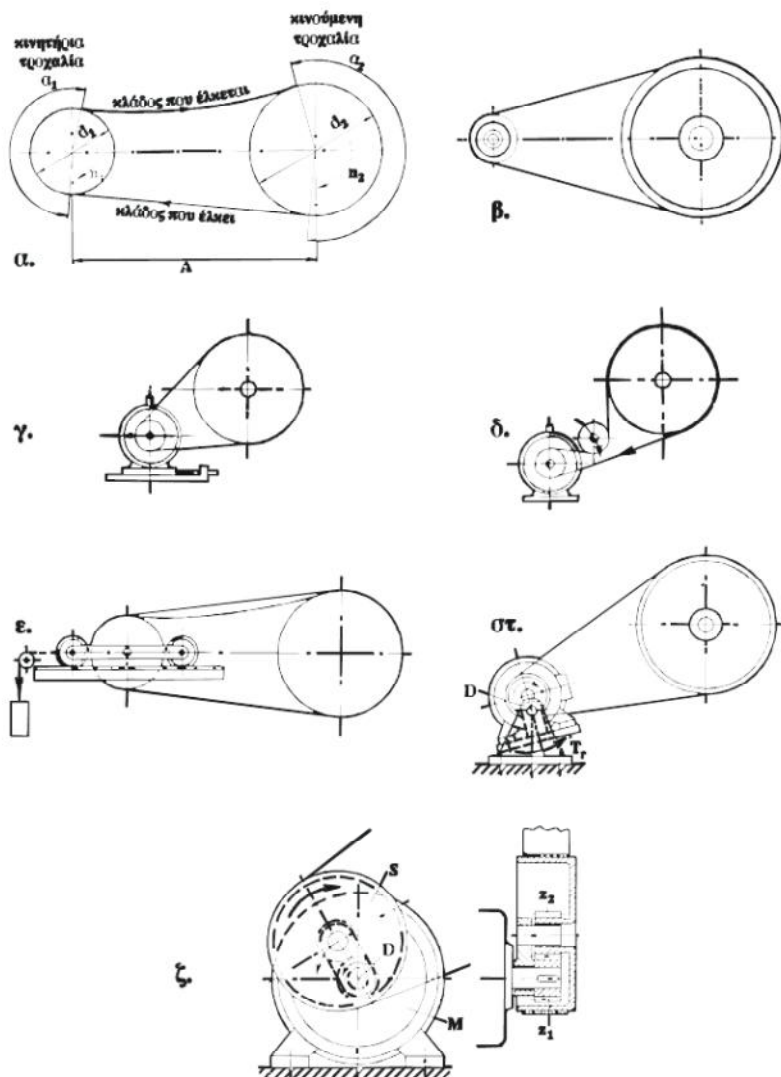


Εικόνα 6 – Διατάξεις μεταδόσεων με ιμάντες (α. Ανοιχτή διάταξη για παράλληλους και ομόροπους άξονες, β. Ημιδιασταυρούμενη διάταξη για άξονες που διασταυρώνονται σε απόσταση a , γ. Διασταυρούμενη διάταξη για παράλληλους και αντίροπους άξονες δ. Διάταξη με τροχό τάσεως, ε. Γωνιώδης διάταξη για τεμνόμενους άξονες.)

2) *Ανάλογα με τον τρόπο οδήγησης και σύμπλεξης του ιμάντα:* διακρίνουμε διατάξεις ανοικτές, διασταυρούμενες, ημιδιασταυρούμενες και γωνιώδεις, διατάξεις με δυνατότητα σύμπλεξης και αποσύμπλεξης και διατάξεις για τη μεταβολή της σχέσης μετάδοσης.

3)Ανάλογα με τον τρόπο επιβολής τάσης στον ιμάντα

Ανάλογα με τον τρόπο επιβολής της τάσης στον ιμάντα οι ιμαντοκινήσεις διακρίνονται σε αυτές στις οποίες η τάση είναι αποτέλεσμα του βάρους του ιμάντα, σε αυτές όπου η τάση επιβάλλεται με την τοποθέτηση του ιμάντα και σε αυτές όπου κινητήρας μετακινείται πάνω σε ολισθητήρες. Επιπλέον η επιβαλλόμενη τάση μπορεί να προέρχεται από τροχό τάσης, φορτίο τάσης ή από αυτοάνυση ή ακόμα και από τον κινητήρα που βρίσκεται πάνω σε αιωρούμενη βάση.



Εικόνα 7 - Είδη ιμαντοκινήσεων ανάλογα με τον τρόπο επιβολής τάσης στον ιμάντα. Διατάξεις α. με τάση που προέρχεται από το ίδιο βάρος του ιμάντα, β. με τάση που επιβάλλεται κατά την τοποθέτηση του ιμάντα, γ. με μετακίνηση του κινητήρα πάνω σε ολισθητήρες, δ. με τροχό τάσης, ε. με φορτίο τάσης, στ. με τον κινητήρα πάνω σε αιωρούμενη βάση και ζ. με αυτοάνυση.

4) *Ανάλογα με το είδος του υλικού και την κατασκευή του ιμάντα:* στην περίπτωση αυτή ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με το αν χρησιμοποιείται δερμάτινος ιμάντας με μία, δύο ή τρεις στρώσεις από δέρμα, ή υφαντός ιμάντας ή ελαστικός ιμάντας ή συνθετικός ιμάντας από πολλαπλές στρώσεις υλικών.

5) *Ανάλογα με την ένωση των άκρων:* στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιούνται ιμάντες με συνδετήρα, συγκόλληση και ραφή των άκρων ή ατέρμονοι ιμάντες. Η πιο ήσυχη λειτουργία εξασφαλίζεται με τη χρήση των ατέρμονων ιμάντων.

Γενικά επιθυμητοί είναι οι ιμάντες που διαθέτουν μεγάλη αντοχή στον εφελκυσμό, παρουσιάζουν καλή επαφή μεταξύ τροχαλίας και ιμάντα δηλαδή, μεγάλο συντελεστή τριβής, μεγάλη ελαστικότητα με μικρή παραμένουσα επιμήκυνση, μεγάλη ευκαμψία, μικρό ειδικό βάρος και μικρή ευαισθησία σε ατμοσφαιρικές επιρροές, λάδια και χημικές ουσίες. Είναι αυτονόητο ότι όλες οι ανωτέρω απαιτήσεις δεν είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν από ένα μόνο υλικό.

2.1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της ιμαντοκίνησης είναι η σχεδόν αθόρυβη λειτουργία που παρατηρείται στους τραπεζοειδής ιμάντες. Στην περίπτωση που μπορεί να αποφευχθεί ο θόρυβος στα σημεία σύνδεσης η αθόρυβη λειτουργία εμφανίζεται και στους επίπεδους ιμάντες. Επιπλέον, στην ιμαντοκίνηση γίνεται καλύτερη παραλαβή και απόσβεση των κρούσεων ενώ συνολικά η διάταξη είναι απλούστερη χωρίς κιβώτιο οδοντώσεων και λίπανση πρακτικά δηλαδή δεν απαιτείται συντήρησή της.

Η ιμαντοκίνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλαπλούς τρόπους, π.χ. για άξονες ομόροτους, αντίροτους διασταυρούμενους ή για την κίνηση αξόνων με τη χρήση ενός ιμάντα. Επιτρέπει την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων αξόνων χωρίς δέσμευση για μια ορισμένη απόσταση και γενικά είναι φθηνότερο σύστημα ιδιαίτερα για μεγάλη απόσταση αξόνων και απλή διάταξη τροχαλιών.

Στην περίπτωση της μετάδοσης κίνησης με ιμάντες η αποσύμπλεξη είναι ιδιαίτερα εύκολη. Στους επίπεδους ιμάντες η αποσύμπλεξη γίνεται με μετάθεση του ιμάντα σε μια ελεύθερη τροχαλία ή με αφαίρεση της πρότασης π.χ. με ανύψωση του

τροχού τάσης ή με μεταβολή της απόστασης των αξόνων. Επιπλέον είναι απλή η μεταβολή της σχέσης μετάδοσης με την μετατόπιση του ιμάντα πάνω σε βαθμωτές ή κωνικές τροχαλίες. Στους τραπεζοειδείς ιμάντες η σχέση μετάδοσης μεταβάλλεται μεταβάλλοντας τις διαμέτρους των τροχαλιών.

Στα βασικά μειονεκτήματα της ιμαντοκίνησης μπορεί να συμπεριληφθεί το γεγονός ότι η κατασκευή έχει μεγαλύτερες διαστάσεις και επιπλέον εμφανίζει μεγαλύτερη αξονική δύναμη που φτάνει 1.5 έως 6 φορές μεγαλύτερη από την περιφερειακή δύναμη.

Από την άλλη η παραμένουσα επιμήκυνση του ιμάντα αυξάνει με το χρόνο και τη φόρτιση και οδηγεί πολλές φορές σε ολίσθηση και εκτίναξη του ιμάντα και η προσπάθεια εξουδετέρωσής της απαιτεί πρόσθετα έξοδα. Επιπλέον η επιμήκυνση του ιμάντα μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία και την υγρασία της ατμόσφαιρας ενώ, ο συντελεστής τριβής επηρεάζεται από τη σκόνη, τις ακαθαρσίες το λάδι και την υγρασία. Οι μεταβολές αυτές τόσο στην επιμήκυνση όσο και στο συντελεστή τριβής αποτελούν σοβαρά μειονεκτήματα της ιμαντοκίνησης.

Η περιοχή μετάδοσης στην ιμαντοκίνηση που κυμαίνεται από 1 έως 8 καθώς και ο ολικός βαθμός απόδοσης που συμπεριλαμβανομένων των απωλειών των εδράνων δεν ξεπερνά το 98% μπορούν να θεωρηθούν τόσο ως πλεονέκτημα όσο και ως μειονέκτημα της ιμαντοκίνησης.

2.2 ΕΠΙΠΕΔΟΙ ΙΜΑΝΤΕΣ

Οι επίπεδοι ιμάντες μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα υλικά με κυριότερα το δέρμα, τα υφαντά πλέγματα που μπορεί να είναι εμποτισμένα ή μη, τα συνθετικά καθώς και το συνδυασμό υλικών οπότε πρόκειται για ιμάντες πολλαπλών στρώσεων.

Δερμάτινοι Ιμάντες

Το δέρμα αποτελεί ένα από τα πιο κατάλληλα υλικά για τους ιμάντες γιατί έχει μεγάλο συντελεστή τριβής, που δεν εμφανίζεται σε κανένα άλλο υλικό, και παρουσιάζει μικρή παραμένουσα επιμήκυνση. Ανάλογα όμως με το είδος του

δέρματος μεταβάλλεται η αντοχή και η ευκαμψία του. Στα βασικά μειονεκτήματα των δερμάτινων ιμάντων συγκαταλέγεται το γεγονός ότι για τη μεταφορά μεγάλης ισχύος πρέπει να έχουμε ιμάντες με πολλές στρώσεις από δέρμα δηλαδή ιμάντα με μεγάλο πάχος.

Οι δερμάτινοι ιμάντες διακρίνονται σε:

- *Ιμάντες HG* (πολύ εύκαμπτοι με περιεχόμενο σε λίπος μέχρι 7%). Είναι γενικής χρήσης, χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα για μεγάλη καταπόνηση, ταχύτητα και συχνότητα κάμψεων. Επίσης είναι κατάλληλοι για μεταδόσεις με μικρή απόσταση αξόνων και για λειτουργία με τροχούς τάσης, οδηγούς τροχαλίες και ημιδιασταυρούμενη διάταξη.
- *Ιμάντες G* (εύκαμπτοι με περιεχόμενο σε λίπος έως 14%). Χρησιμοποιούνται για κανονικές μεταδόσεις επίσης για διασταυρούμενες μεταδόσεις και κωνικές τροχαλίες.
- *Ιμάντες F* (στάνταρ, με περιεχόμενο σε λίπος μέχρι 25%): Χρησιμοποιούνται για μικρότερες περιφερειακές ταχύτητες. Ιδιαίτερα σε βαθμωτές τροχαλίες και σε διατάξεις αποσύμπλεξης. Είναι κατάλληλοι για σκληρή λειτουργία στο ύπαιθρο με περιβάλλον γεμάτο σκόνη.

Υφαντοί Ιμάντες

Υπάρχουν διάφορα είδη ανάλογα με τα νήματα που χρησιμοποιούνται και με το είδος της υφάνσεως και εμποτίσεως. Τα νήματα μπορεί να είναι από τρίχες ζώων, βαμβάκι, φυσικό μετάξι, καννάβι, αμίαντο, υαλοβάμβακα. Επίσης από πλαστικές ύλες όπως νάιλον, περλόν, ορλόν κλπ.

Σε αυτούς τους ιμάντες η διολίσθηση μηκύνσεως είναι μικρότερη από τους δερμάτινους ιμάντες. Αντοχή σε εφελκυσμό 600-1000 Kp/cm². Ατέρμονες υφαντουργικοί ιμάντες είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για μεγάλες ταχύτητες και συχνότητες κάμψεων.

Ιμάντες ελαστικοί και BALATA

Οι ελαστικοί κατασκευάζονται από πλέγματα βαμβακιού μέσα σε στρώματα ελαστικού που ενώνονται με τη βοήθεια πίεσεως και θερμοκρασίας (βουλκανιζούνται). Υπάρχουν διάφορες ποιότητες ανάλογα με την κατασκευή. Αντοχή θραύσεως 11-14%. Χρησιμοποίηση σε θερμοκρασίες έως 80° C.

Οι ιμάντες BALATA κατασκευάζονται από ένα είδος ελαστικού που λέγεται BALATA. Χρησιμοποιούνται σε θερμοκρασίες μέχρι 45° C και είναι κατάλληλοι για ισχυρές κρούσεις.

Ιμάντες από συνθετικά υλικά

Ιμάντες από συνθετικά όπως η πολυαμίδη, το νάυλον και το περλόν διαθέτουν υψηλή αντοχή και σχεδόν καθόλου επιμήκυνση. Χρησιμοποιούνται όμως σπάνια εξαιτίας του κακού συντελεστή τριβής που παρουσιάζουν.

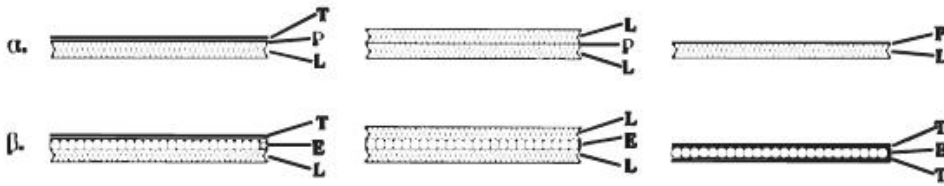
Χαλύβδινη ταινία

Χρησιμοποιείται για μεγάλες ισχείς και μεγάλες αποστάσεις αξόνων (7 έως 100 μ) και για $u = 20$ έως 45m/sec.

Οι τροχαλίες φέρουν επένδυση από χαρτί, φελλό ή δέρμα για την αύξηση του συντελεστή τριβής.

2.3 ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΙΜΑΝΤΕΣ Η ΙΜΑΝΤΕΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ

Οι συγκεκριμένοι ιμάντες αποτελούν ένα συνδυασμό συνθετικού υλικού και δέρματος. Αποτελούνται συνήθως από 2 ή 3 στρώσεις και συγκεκριμένα μια στρώση (L) από δέρμα που παρέχει μεγάλο συντελεστή τριβής, μια στρώση από συνθετικό υλικό (P) ή πολυεστέρα (E) που παρέχει υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό και μικρή επιμήκυνση. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχει μια Τρίτη προστατευτική στρώση από δέρμα ή από ελαστικοποιημένο υφαντό (T) για μονόπλευρη καταπόνηση. Στην περίπτωση που η καταπόνηση σε τριβή είναι πολύ μικρή τότε και από τις δύο πλευρές είναι εφικτή η στρώση από ελαστικοποιημένο υφαντό.



Εικόνα 8 - Διατομές ιμάντων πολλαπλών στρώσεων: Τ στρώση επικάλυψης, Ρ στρώση εφελκυσμού από πολυαμίδη, L στρώση επαφής από δέρμα, Ε στρώση εφελκυσμού από πολυεστέρα ενισχυμένο με νήματα.

Οι ιμάντες αυτοί είναι πολύ ελαστικοί και δεν επηρεάζονται από λιπαντικά και καιρικές συνθήκες. Παρουσιάζουν πολύ καλό βαθμό απόδοσης, μεγάλη διάρκεια ζωής, δυνατότητα μεταφοράς τριπλάσιας ισχύος από τους δερμάτινους και είναι κατάλληλοι για μεγάλες σχέσεις μετάδοσης, μικρές αποστάσεις αξόνων και μεγάλες ταχύτητες.

Οι συγκεκριμένοι ιμάντες κυριαρχούν στην ιμαντοκίνηση έχοντας αντικαταστήσει όχι μόνο τα είδη επίπεδων ιμάντων που προαναφέρθηκαν αλλά και τους τραπεζοειδείς ιμάντες.

2.4 ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΕΙΣ ΙΜΑΝΤΕΣ

Οι τραπεζοειδείς ιμάντες έχουν αντικαταστήσει στις περισσότερες εφαρμογές τους κοινούς επίπεδους ιμάντες αφού έχουν την τριπλάσια ικανότητα μεταφοράς ισχύος και εργάζονται πιο μαλακά και πρακτικά χωρίς ολίσθηση. Η γωνία περιέλιξης που απαιτείται είναι μικρότερη με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται μεγάλες σχέσεις μετάδοσης και μικρότερες αποστάσεις αξόνων. Επιπλέον, καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο και έχουν μικρότερη φόρτιση στα έδρανα και στους άξονες. Ακόμη, οι τραπεζοειδείς ιμάντες παρέχουν τη δυνατότητα εργασίας πολλών ιμάντων τοποθετημένων ο ένας δίπλα στον άλλο.

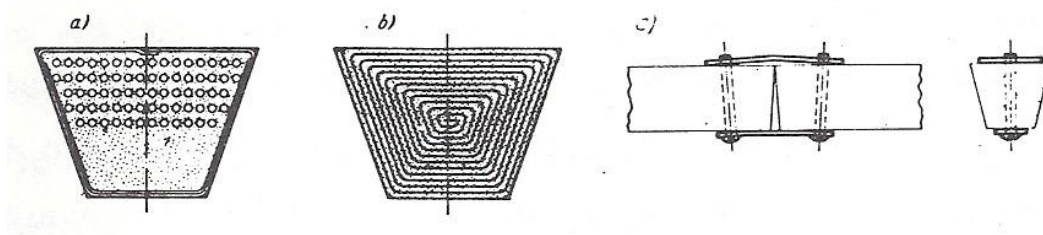
Οι συγκεκριμένοι ιμάντες κατασκευάζονται από ελαστικό και έχουν τραπεζοειδή διατομή. Στο πάνω μέρος υπάρχουν ενισχυτικά νήματα ενσωματωμένα στο ελαστικό, για την παραλαβή των εφελκυστικών δυνάμεων. Όλο το σώμα του ιμάντα είναι τυλιγμένο σε ύφασμα και βουλκανιζάρεται μέσα σε φόρμες.

Οι κανονικοί τραπεζοειδείς ιμάντες είναι τυποποιημένοι κατά DIN2215 σε 12 μεγέθη με μια γωνία πλευρών $\alpha=32^\circ \dots 38^\circ$ ($\alpha \approx 36^\circ$), με εσωτερικά μήκη από 100 έως 18000mm.

Οι τραπεζοειδείς ιμάντες του μέτρου χρησιμοποιούνται γενικά σε μικρές ταχύτητες εξαιτίας της σχετικής τους ακαμψίας. Κατασκευάζονται από εμποτισμένο σε καουτσούκ ύφασμα που τυλίγεται και βουλκανιζάρεται σε φόρμες μεγάλου μήκους. Δεν είναι εύκαμπτοι διότι ολόκληρη η διατομή είναι πλήρης από το υφασμάτινο πλέγμα ενώ, για τη σύνδεσή τους υπάρχουν μικροί ειδικοί συνδετήρες. Οι συγκεκριμένοι ιμάντες έχουν περιορισμένη χρήση.

Εκτός από τους παραπάνω κανονικούς τραπεζοειδείς ιμάντες υπάρχουν και οι μικροτραπεζοειδείς ιμάντες που έχουν πολύ μικρότερη διατομή από τους κανονικούς. Οι μικροτραπεζοειδείς ιμάντες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς ισχύος γεγονός που οφείλεται στα ενισχυτικά νήματα, που είναι μόνο μια σειρά και βρίσκονται στην ουδέτερη ζώνη του ιμάντα με αποτέλεσμα να μην καταπονούνται επιπρόσθετα σε εφελκυσμό λόγω κάμψης ακόμα και όταν εργάζονται πάνω σε τροχαλίες με μικρή διάμετρο.

Οι μικροτραπεζοειδείς ιμάντες χρησιμοποιούνται κυρίως για μετάδοση κίνηση με ταχύτητες άνω των 25 και έως 40m/s, συχνότητα κάμψεως άνω των 30 ανά second και μικρές τροχαλίες.

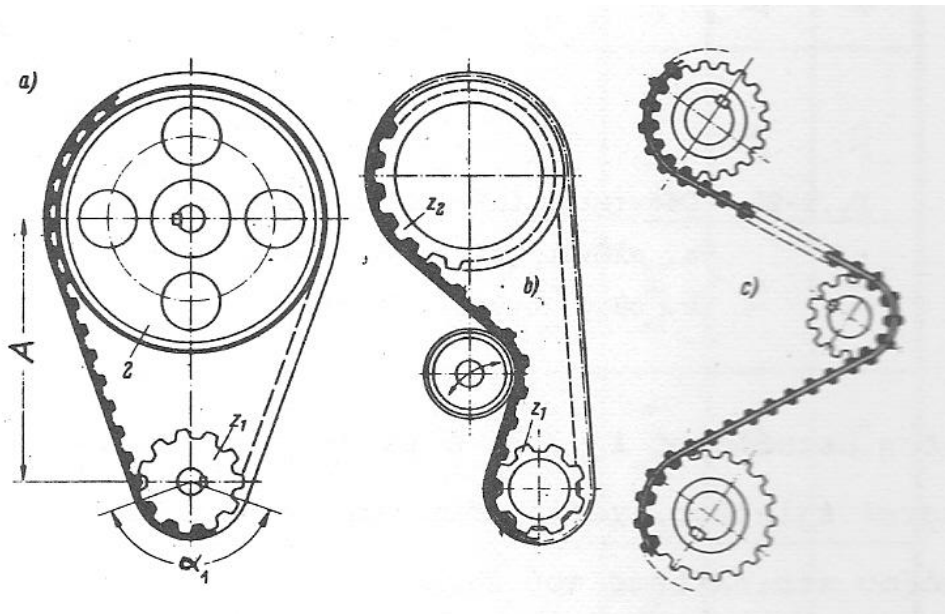


Εικόνα 9 – a. Διατομή ατέρμονα τραπεζοειδή ιμάντα, b. Διατομή τραπεζοειδή ιμάντα του μέτρου, c. Συνδετήρας για τραπεζοειδή ιμάντα του μέτρου

2.5 ΟΔΟΝΤΩΤΟΙ ΙΜΑΝΤΕΣ

Οι οδοντωτοί ιμάντες έχουν οδόντες είτε στο άνω είτε στο άνω και στο κάτω μέρος που συνεργάζονται με τροχαλίες. Με τον τρόπο αυτό η μεταφορά δύναμης και κίνησης πραγματοποιείται με μέγιστη ταχύτητα του ιμάντα στα 80m/sec. Σε αυτούς τους ιμάντες η δύναμη εφελκυσμού παραλαμβάνεται από κλώνους χαλύβδινων συρματιδίων που είναι ενσωματωμένοι σε ατέρμονα ιμάντα κατασκευασμένο από συνθετικό υλικό.

Οι χαλύβδινοι αυτοί κλώνοι προσδίνουν στον ιμάντα ασυνήθιστη ευκαμψία και μεγάλη αντίσταση στις επιμηκύνσεις. Το συνθετικό υλικό του ιμάντα είναι ασυνήθιστα ανθεκτικό σε φθορά και γήρανση καθώς και σε επιδράσεις από λάδι, βενζίνη, οινόπνευμα και ηλιακό φως. Οι ιμάντες αυτοί απαιτούν μικρή πρόταση και κατά συνέπεια, τα φορτία στα έδρανα να είναι σχετικά μικρά. Η επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας φτάνει στους 80° C.



Εικόνα 10 - Μετάδοση κίνησης με οδοντωτούς ιμάντες (a. ανοιχτή διάταξη με επίπεδο το μεγάλο οδοντωτό τροχό. b. διάταξη με τροχό τάσεως, c. διάταξη με πολλαπλές περιελίξεις)

Στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί δίνονται σε 4 μεγέθη οι διαστάσεις των οδοντωτών ιμάντων Synchroflex.

Πίνακας 2.1: Διαστάσεις σε mm και στοιχεία των οδοντωτών ιμάντων Synchroflex

Τύπος	P	m	k	H	h	a	γ	u	z _{mi}	d _{3min} σε mm τροχός τάσης		F _N N/cm	P _{max} kW	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	n	Μέσα	Έξω			
T2.5	2.5	0.796	1.0	1.3	0.7	0.6		0.27	12	18	15	100	0.5	
T5	5	1.592	1.8	2.2	1.2	1.0		0.42	10	30	30	360	2.0	
T10	10	3.183	3.5	4.5	2.5	2.0	40°	0.92	12	60	60	720	20	
T20	20	6.366	6.5	8.0	5.0	3.0		1.42	15	150	120	1600	>20	
Τυποποιημένα πλάτη: b πλάτος ιμάντα B πλάτος οδοντωτής τροχαλίας Διαστάσεις σε mm														
T2.5	b	4	6	10		T10	b	16	25	32	50			
	B	8	10	14			B	21	30	37	56			
T5	b	6	10	16	25	T20	b	32	50	75	100			
	B	11	15	21	30		B	38	56	81	108			
Τυποποιημένα μήκη ιμάντων L=X .p														
T2.5	X=	48	64	80	98	106	114	132	152	168	192	200	240	312
T5	X=	82	92	118	124	150	163	172	188	220				
T10	X=	63	66	84	98	121	124	125	132	135	142	161	188	478
T20	X=	73	89	94	130	155	181							

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΙΜΑΝΤΟΚΙΝΗΣΗΣ

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας κατασκευάστηκε η συσκευή μετάδοσης ισχύος με ιμάντα που φαίνεται στην εικόνα 11.



Εικόνα 11 - Συσκευή ιμαντοκίνησης για εργαστηριακούς σκοπούς

Όπως φαίνεται στην εικόνα 11 η συσκευή αποτελείται από δύο οδοντωτές τροχαλίες, μία μικρή και μία μεγάλη πάνω στις οποίες στερεώνεται ο ιμάντας. Στη συνέχεια περιγράφονται τα στοιχεία της συσκευής και γίνεται ο υπολογισμός των βασικών μεγεθών της.

3.1.1 ΤΡΟΧΑΛΙΕΣ

Η συσκευή αποτελείται από δύο οδοντωτές τροχαλίες διαφορετικού μεγέθους αποτελεί δηλαδή μια ανοικτή διάταξη. Οι οδοντωτές τροχαλίες κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβα, αλουμίνιο ή συνθετικό υλικό ενώ όταν κατασκευάζονται σε σειρά κατασκευάζονται χυτοπρεσσαριστές τροχαλίες ακριβείας. Για να μη ξεφεύγει

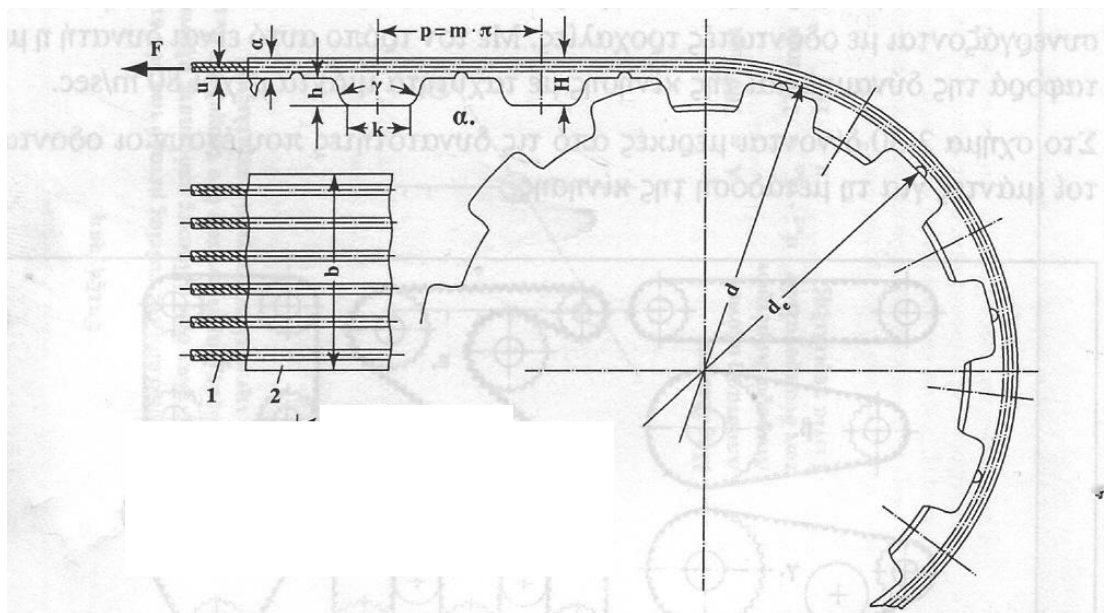
πλευρικά ο ιμάντας οι οδοντωτές τροχαλίες φέρουν υπερυψωμένα χείλη από τη μια ή από τις δύο πλευρές.

Για τη συσκευή που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τροχαλίες από χυτοχάλυβα. Για τη μεγάλη τροχαλία ο αριθμός των δοντιών είναι $z_2=38$, διάμετρος κεφαλής $d_{e2}=113.7\text{mm}$ και πλάτος $B_2=21\text{mm}$. Αντίστοιχα για τη μικρή τροχαλία έχουμε: αριθμός οδόντων $z_1=19$, διάμετρος κεφαλής $d_{e1}=56\text{mm}$ και πλάτος $B_1=26\text{mm}$. Η μεγάλη τροχαλία έχει 8 βραχίονες.

Η απόσταση των αξόνων των δύο τροχαλιών είναι 375mm.

3.1.2 ΙΜΑΝΤΑΣ

Ο ιμάντας που χρησιμοποιήθηκε είναι Synchroflex τύπου T10 και φαίνεται στην εικόνα 12.



Εικόνα 12 - Οδοντωτός ιμάντας με μονή οδόντωση και οδοντωτή τροχαλία. 1. Συρματίδια εφελκυσμού και 2. Σώμα από συνθετικό υλικό.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του ιμάντα (εικόνα 11) είναι :

$$\text{Βήμα: } p = 10 \text{ mm}, k = 3.5 \text{ mm}, h = 2.1 \text{ mm}, \gamma = 40^\circ$$

Το πλάτος του ιμάντα είναι:

άρα

$$b = 15 \text{ mm}$$

και ο αριθμός των δοντιών του ιμάντα είναι:

$$X = 108$$

3.1.3 MOTEP

Το μοτέρ που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα μοτέρ για υαλοκαθαριστήρες αυτοκινήτου τύπου golf I. Το μοντέλο του κινητήρα ήταν ZD1530 και λειτουργούσε σε ονομαστική τάση συνεχούς ρεύματος 12V παρέχοντας ονομαστική ισχύ 50W. Σε συνθήκες μη φόρτισης η ταχύτητα του κινητήρα είναι από 40-55rpm με απόκλιση ± 5 rpm.

Η κίνηση του ιμάντα προέρχεται από τη μετατροπή της περιστροφικής κίνησης του μοτέρ μέσω της μείωσης της γωνιακής ταχύτητας. Η συγκεκριμένη μείωση επιτυγχάνεται από ένα μειωτήρα σε ένα ζεύγος τυμπάνων το οποίο μετατρέπει την περιστροφική κίνηση του κινητήρα σε ευθύγραμμη κίνηση του ιμάντα.

Για τον συγκεκριμένο κινητήρα τύπου golf I το σύστημα μείωσης του κινητήρα είναι απλού λόγου μετάδοσης. Δεδομένου ότι το σύστημα μετάδοσης έχει λόγο μετάδοσης ίσο με 2 οι τελικές στροφές του κινητήρα θα είναι:

$$I = \frac{\text{αρχικές στροφές κινητήρα}}{\text{τελικές στροφές κινητήρα}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow$$

$$N_2 = \frac{N_1}{I} \Rightarrow N_2 = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ rpm} = 28 \text{ rpm}$$

Η ταχύτητα εξόδου του άξονα του κινητήρα θα είναι και η ταχύτητα της μικρής τροχαλίας του συστήματος μετάδοσης.

3.1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΔΟΝΤΩΤΟΥ ΙΜΑΝΤΑ

Η σχέση μετάδοσης είναι:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (1)$$

όπου n_1 , n_2 αριθμός των στροφών των οδοντωτών τροχαλιών (μικρής, μεγάλης) και z_1 , z_2 ο αριθμός οδόντων της μικρής και της μεγάλης τροχαλίας αντίστοιχα. Κατά συνέπεια η σχέση μετάδοσης θα είναι:

$$i = \frac{38}{19} \Rightarrow i = \frac{2}{1}$$

Η περιφερειακή ταχύτητα του ιμάντα εξαρτάται από τις στροφές του μοτέρ και κατά συνέπεια από τον μοτέρ που χρησιμοποιείται. Από τη σχέση μετάδοσης προκύπτει ότι $n_1=2n_2$. Η περιφερειακή ταχύτητα είναι:

$$u = \frac{d_1 \pi n_1}{60} = \frac{d_2 \pi n_2}{60} \quad (2)$$

όπου d_1 η αρχική διάμετρος της μικρής τροχαλίας και d_2 η αρχική διάμετρος της μεγάλης τροχαλίας.

Το βήμα p είναι η απόσταση από οδόντα σε οδόντα και δίνεται από τη σχέση:

$$p = m\pi \quad (3)$$

όπου m το module.

Άρα,

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{10}{3,14} \Rightarrow m = 3,184 \text{ mm}$$

Η αρχική διάμετρος της μικρής τροχαλίας είναι:

$$d_1 = mz_1 = 3,184 \times 19 \Rightarrow d_1 = 60,496 \text{ mm}$$

και για τη μεγάλη τροχαλία η αρχική διάμετρος είναι:

$$d_2 = mz_2 = 3,184 \times 38 \Rightarrow d_2 = 120,992 \text{ mm}$$

Η περιφερειακή ταχύτητα του ιμάντα είναι:

$$u = \frac{d_1 \pi n_1}{60} = \frac{0,060496 \times 3,14 \times 55}{60} = 0,174 \text{ m/s}$$

Με δεδομένο ότι η διάταξη είναι ανοικτή χωρίς τροχαλία τάσης η γωνία κλίσης του ιμάντα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\eta\mu\beta = \frac{d_2 - d_1}{2A} \quad (4)$$

όπου A η προβλεπόμενη απόσταση των αξόνων δηλαδή A=375 mm (πειραματική τιμή), οπότε η γωνία κλίσης του ιμάντα υπολογίζεται:

$$\eta\mu\beta = \frac{120,992 - 60,496}{2 \times 375} \Rightarrow \eta\mu\beta = \frac{60,496}{750} \Rightarrow$$

$$\eta\mu\beta = 0,08 \Rightarrow \beta = 4,58^\circ$$

Η γωνία περιέλιξης είναι:

$$\alpha = 180^\circ - 9,16^\circ \Rightarrow \alpha = 170,84^\circ \quad (5)$$

Θεωρητικός υπολογισμός τελικής απόστασης των αξόνων για οδοντωτούς ιμάντες είναι :

$$A = f_1 + \sqrt{f_1^2 - f_2} \quad (6)$$

με

$$f_1 = \frac{Xp}{4} - \frac{\pi}{8}(d_1 + d_2) = \frac{108 \times 10}{4} - \frac{3,14}{8}(60,496 + 120,992) = 270 - 71 = 199$$

και

$$f_2 = \frac{(d_2 - d_1)^2}{8} = \frac{(120,992 - 60,496)^2}{8} = 457$$

οπότε:

$$A = 199 + \sqrt{199^2 - 457} = 199 + 197,84 = 396 \text{ mm}$$

Η δύναμη εφελκυσμού μεταφέρεται μόνο στους οδόντες που βρίσκονται σε εμπλοκή οπότε θα πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των οδόντων z_e της μικρής τροχαλίας που βρίσκονται σε εμπλοκή από τη σχέση:

$$z_e = z_1 \frac{a}{360} \Rightarrow z_e = 19 \frac{170,84}{360} \Rightarrow z_e = 9 \text{ οδόντες} \quad (7)$$

Το τελικό μήκος του ιμάντα είναι:

$$L = Xp = 108 \times 10 = 1080 \text{ mm}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η μετάδοση κίνησης μπορεί να γίνει μέσω οδοντωτών τροχών, μέσω ιμάντα ή με αλυσίδες. Εδώ θα εξετάσουμε τους εναλλακτικούς τρόπους μετάδοσης της κίνησης, θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά τους και στα μειονεκτήματα – πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή τους.

4.1.1 Μετάδοσης κίνησης μέσω οδοντωτών τροχών.

Οι οδοντωτοί τροχοί χρησιμοποιούνται σε πολύ μεγάλη κλίμακα για τη μετάδοση κίνησης από έναν άξονα στον άλλο. Η μετάδοση αυτή πραγματοποιείται μέσω των οδόντων του ενός τροχού που εισέρχονται στα αντίστοιχα διάκενα του άλλου. Με τους οδοντωτούς τροχούς μπορούν να μεταφερθούν μεγάλες ισχύεις μεταξύ παράλληλων, τεμνόμενων και διασταυρούμενων αξόνων.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών προέρχεται από δύο λείους κυλίνδρους που εφάπτονται και κυλίσουν συνεχώς, ο δε κινητήριο μεταδίδει την κίνηση στον κινούμενο με την τριβή χωρίς ολίσθηση. Προεξοχές και εσοχές που υπάρχουν στην περιφέρεια των κυλίνδρων δημιουργούν τους οδόντες και η μεταξύ τους εμπλοκή μεταβιβάζει την κίνηση από τον ένα στον άλλο.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη είναι:

- **Αρχικός κύκλος ή κύκλος κυλίσεως d_o** , λέγεται ο κύκλος κατά τον οποίο εφάπτεται ο κάθε κύλινδρος επάνω στον άλλο, είναι δε ο κύκλος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του οδοντωτού τροχού.
- **Σχέση μετάδοσης i** , λέγεται ο λόγος του αριθμού των στροφών του μικρού τροχού προς τον αριθμό των στροφών του μεγάλου τροχού.
- **Βήμα t (mm)**, λέγεται η απόσταση μεταξύ δύο οδόντων και μετράται σαν τόξο πάνω στον αρχικό κύκλο.
- **Modul ή μέτρο (mm)**, ονομάζεται ο λόγος t/π (ή το μήκος της αρχικής διαμέτρου που αντιστοιχεί σε ένα οδόντα).

- **Κύκλος ποδός d_f** , ονομάζεται εκείνος ο κύκλος που περιορίζει εσωτερικά τους οδόντες.
- **Ύψος κεφαλής h_k** , ονομάζεται η ακτινική απόσταση μεταξύ αρχικού κύκλου και κύκλου κεφαλής.
- **Ύψος ποδός h_f** , ονομάζεται η ακτινική απόσταση μεταξύ αρχικού κύκλου και κύκλου ποδός.
- **Ύψος οδόντος h** , ονομάζεται το άθροισμα του ύψους κεφαλής και του ύψους ποδός.
- **Πάχος οδόντος s_o** , μετράται πάνω στον αρχικό κύκλο και ισούται με $s_o = t - l_o$

Προϋπόθεση για την κανονική λειτουργία ενός ζεύγους οδοντωτών τροχών, είναι μία σταθερή σχέση των γωνιακών ταχυτήτων του κινητήριου και του κινούμενου τροχού, δηλαδή μια σταθερή σχέση μετάδοσης.

Ο βασικός νόμος της οδοντώσεως μας λέει ότι: για να μεταφερθεί η κίνηση από τον ένα οδοντωτό τροχό στον συνεργαζόμενο ομοιόμορφα, δηλαδή η αρχική περιφέρεια του ενός τροχού να κυλίεται χωρίς ολίσθηση πάνω στην αρχική περιφέρεια του συνεργαζόμενου, θα πρέπει η κάθετος στο σημείο επαφής των δυο συνεργαζόμενων κατατομών να διέρχεται από το σημείο κυλίσεως c .

Ανάλογα με τη θέση των αξόνων που συνδέουν προκύπτουν οι παρακάτω βασικές μορφές μειωτήρων με οδοντωτούς τροχούς:

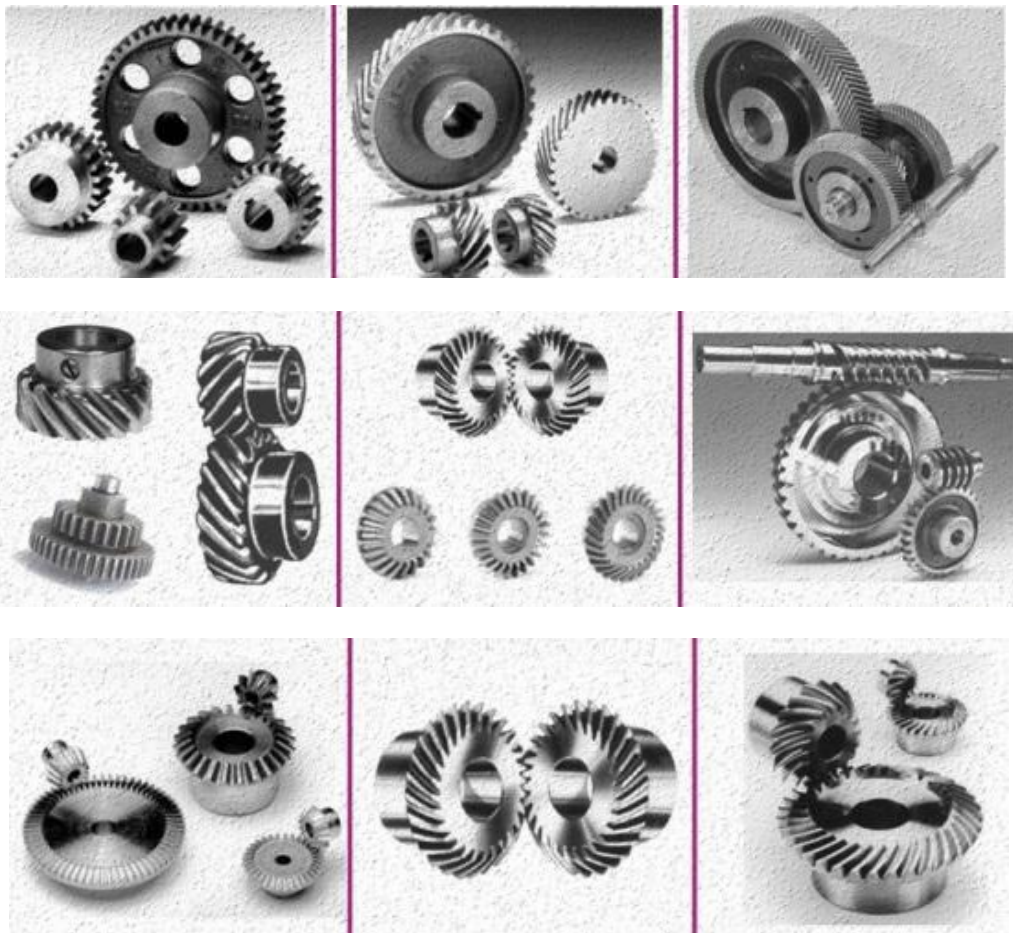
1. Μειωτήρες με μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς που συνδέουν παράλληλους άξονες. Οι οδόντες σε αυτούς τους τροχούς μπορεί να είναι ευθείς ή παράλληλοι, κεκλιμένοι ή λοξοί και γωνιώδεις ή με μορφή βέλους και έχουν σχέση μετάδοσης μιας βαθμίδας $i \leq 8$ ($i_{max} \approx 10$).

2. Μειωτήρες με κωνικούς οδοντωτούς τροχούς που συνδέουν τεμνόμενους ή διασταυρωμένους άξονες. Οι οδόντες σε αυτήν την περίπτωση είναι ευθείς, κεκλιμένοι, τοξωτοί ή σπειροειδείς ενώ στην περίπτωση της σύνδεσης διασταυρωμένων αξόνων οι κωνικοί τροχοί είναι μετατοπισμένοι.

3. Μειωτήρες με ατέρμονα κοχλία- τροχό για διασταυρούμενους άξονες. Η σχέση μετάδοσης κυμαίνεται από $i_{min} \approx 5$ έως $i_{max} \approx 60$ ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να φτάσει σε μεγαλύτερες τιμές από $i_{max} = 100$.

4. Μειωτήρες με κοχλιωτούς οδοντωτούς τροχούς για επίσης διασταυρούμενους άξονες. Οι συγκεκριμένοι οδοντωτοί τροχοί έχουν κεκλιμένους οδόντες και αντίθετα με τους μειωτήρες με ατέρμονα κοχλία-τροχό είναι κατάλληλοι μόνο για μικρές ισχύεις. Η σχέση μετάδοσης είναι $i_{max} = 5$.

Ανάλογα με την κατατομή του οδόντα μπορούν να διακριθούν σε οδόντες ευθείς, κεκλιμένους, γωνιώδεις, τοξωτοί και σπειροειδείς.



Εικόνα 13 - Είδη οδοντωτών τροχών (από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω, 1) Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί με ευθεία οδόντωση, 2) Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί με ελικοειδή οδόντωση, 3) Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί με τοξοειδή οδόντωση, 4) Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί, 5) Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί, 6) Ατέρμονες κοχλίες – κορώνες, 7) Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με ευθεία οδόντωση, 8) κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με ελικοειδή οδόντωση, 9) κωνικοί τροχοί με τοξοειδή οδόντωση)

Τα βασικά πλεονεκτήματα των οδοντωτών τροχών συνοψίζονται στη μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας, τη μεγάλη διάρκεια ζωής, στην ακριβή σχέση μετάδοσης, στο μεγάλο βαθμός απόδοσης, στη δυνατότητα να δέχονται παραπάνω φορτίο και στο να καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο έναντι των ιμάντων και των αλυσίδων.

Τα βασικά μειονεκτήματα των οδοντωτών τροχών είναι το μεγάλο κόστος κατασκευής τους, η θορυβώδης λειτουργία τους και η μη ελαστική μεταφορά των δυνάμεων.

4.2 Μετάδοση κίνησης μέσω αλυσίδων

Η απλούστερη μορφή κίνησης με αλυσίδες, αποτελείται από δύο αλυσοτροχούς, ο ένας εκ των οποίων βρίσκεται επί της κινητήριας ατράκτου και ο άλλος επί της κινούμενης και από μία ατέρμονη αλυσίδα, η οποία περιβάλλει τους αλυσοτροχούς. Η αλυσίδα είναι εφοδιασμένη με ράουλα δια της εμπλοκής των οποίων προς τις οδοντώσεις των αλυσοτροχών επιτυγχάνεται η μετάδοση κίνησης και η μεταφορά ισχύος.

Ανάλογα με το είδος εργασίας οι αλυσίδες χωρίζονται σε:

1. Αλυσίδες κινήσεως:

- Ευρωπαϊκών προδιαγραφών BS 228, DIN 8187, ISO R606
- Αμερικανικών προδιαγραφών ANSI B29.1, DIN 8188, ISO R606

Πέρα από τα δύο βασικά είδη αλυσίδων κίνησης (Ευρωπαϊκών προδιαγραφών BS 228, DIN 8187, ISO R606 και Αμερικανικών προδιαγραφών ANSI B29.1, DIN 8188, ISO R606 απλές ή πολλαπλές που είναι ευρείας χρήσεως, υπάρχουν και άλλα είδη όπως:

- Αλυσίδες αμερικανικών προδιαγραφών ενισχυμένες βαρέως τύπου, Σειρά 'H', απλές ή πολλαπλές: Έχουν το ίδιο όριο θραύσης με τις κοινές αλυσίδες αμερικανικών προδιαγραφών αλλά έχουν πιο χοντρές πλάκες γεγονός που τις κάνει πιο ανθεκτικές και με μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που αναπτύσσονται μεγάλα κρουστικά φορτία όπως σε χωματουργικά και αγροτικά μηχανήματα..

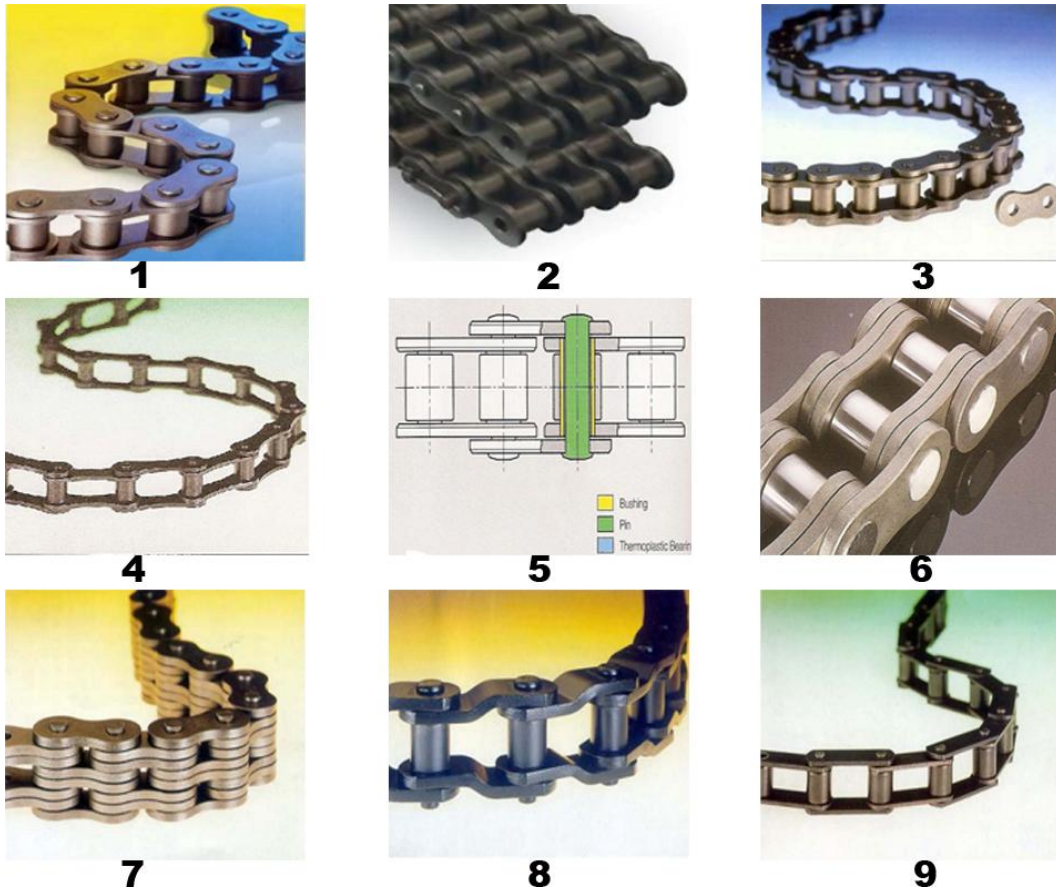
- Αλυσίδες αμερικανικών προδιαγραφών υπερισχυμένες ,ιδιαιτέρως βαρέως τύπου , Σειρά 'HE' απλές ή πολλαπλές : Έχουν πιο χοντρές πλάκες αλλά και μεγαλύτερο όριο θραύσης από τις κοινές αλυσίδες αμερικανικών προδιαγραφών αλλά και από τις αλυσίδες Σειράς H γεγονός που τις κάνει ιδιαιτέρως ανθεκτικές και με πολύ μεγαλύτερο χρόνο ζωής.
- Αλυσίδες διπλού βήματος με κανονικά ή ίσια πλακάκια ευρωπαϊκών και αμερικάνικων προδιαγραφών: Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές, στις οποίες δεν αναπτύσσονται ιδιαιτέρως υψηλά φορτία, για μείωση βάρους .
- Αλυσίδες από ανοξείδωτο χάλυβα , Σειρά 'SS' : Έχουν αυξημένη αντοχή στη διάβρωση και τη φθορά.
- Αλυσίδες για πετρελαιομηχανές πλοίων (Marine Diesel) , Σειράς 'M' .
- Αλυσίδες πολλαπλές για μηχανές άντλησης πετρελαίου.
- Αλυσίδες ανυψώσεως φορτίων
- Αλυσίδες χωρίς ράουλα για εφαρμογές ανύψωσης και γεωτρήσεων
- Αλυσίδες για ανύψωσης κοντέινερ.
- Ανυψωτικές αλυσίδες χωρίς ράουλα , μόνο με πλακάκια (leaf chains) τύπου AL, BL(HL) , LL: Χρησιμοποιούνται για ανύψωση και συγκράτηση φορτίου στα περονοφόρα οχήματα.

2. Αλυσίδες μεταφοράς

- Αλυσίδες με ίσια πλακάκια , Σειρά 'GL' : Χρησιμοποιούνται κυρίως για μεταφορά. . Αλυσίδες με 'αυτάκια' και προεξέχοντες πείρους σε ευρωπαϊκές και αμερικανικές προδιαγραφές.
- Αλυσίδες με διάτρητους πείρους : Χρησιμοποιούνται κυρίως για μεταφορά.
- Αλυσίδες διπλού βήματος με ίσια πλακάκια.
- Αλυσίδες καμπύλης στο επίπεδο , Σειρά 'SB'.

3. Σπαστές αλυσίδες τύπου offset (μισόδοντου): για χωματοουργικά και δομικά μηχανήματα.

4. Αλυσίδες αγροτικών μηχανημάτων (σπαρτικά , θεριζοαλωνιστικά , φρέζες κτλ): Είναι αξιόπιστες και ανθεκτικές ακόμα και σε εξαιρετικά σκληρές εφαρμογές.



Εικόνα 14 - Είδη αλυσίδων (1:Απλή, 2:Triplex, 3:Ενισχυμένη, 4:Διπλού βήματος, 5:Με θερμοπλαστικό τριβέα, 6:Ανύψωσης κοντέινερ, 7:Τύπου leaf, 8:Τύπου offset, 9:Αγροτικών μηχανημάτων)

Οι μεταδόσεις κίνησης με αλυσίδες όσον αφορά στις ιδιότητες, στο κόστος κατασκευής, στην ισχύ που μεταφέρεται και τις απαιτήσεις για συντήρηση βρίσκονται ανάμεσα στους ιμάντες και τους οδοντωτούς τροχούς. Σε σχέση με τους ιμάντες μεταφέρουν σημαντικά μεγαλύτερες δυνάμεις με μικρότερες γωνίες περιέλιξης και αποστάσεις αξόνων, μεταφέρουν δυνάμεις χωρίς διολίσθηση, παρουσιάζουν μικρότερη φόρτιση στα έδρανα αφού εργάζονται χωρίς πρόταση, είναι λιγότερο ευαίσθητες σε υγρασία, ακάθαρτο περιβάλλον και υψηλές θερμοκρασίες και έχουν μικρότερες διαστάσεις για τις ίδιες μεταφερόμενες ισχύεις.

Στα βασικά μειονεκτήματα των αλυσίδων συμπεριλαμβάνονται η ανελαστική μετάδοση κίνησης και η μεγαλύτερη συντήρηση, η αδυναμία των διασταυρούμενων

διατάξεων και το μεγαλύτερο κόστος τους συγκριτικά με τσιμαντοκινήσεις.

4.2.1 Αλυσοτροχοί

Οι άτρακτοι των αλυσοτροχών αν δεν είναι κατάλληλα τοποθετημένοι, έχουν σαν αποτέλεσμα την ολίσθηση στις μετωπικές επιφάνειες των οδοντωτών τροχών άρα και την φθορά τους. Για αυτό τον λόγο πρέπει οι άτρακτοι πρέπει να είναι οριζόντιοι και παράλληλοι μεταξύ τους.

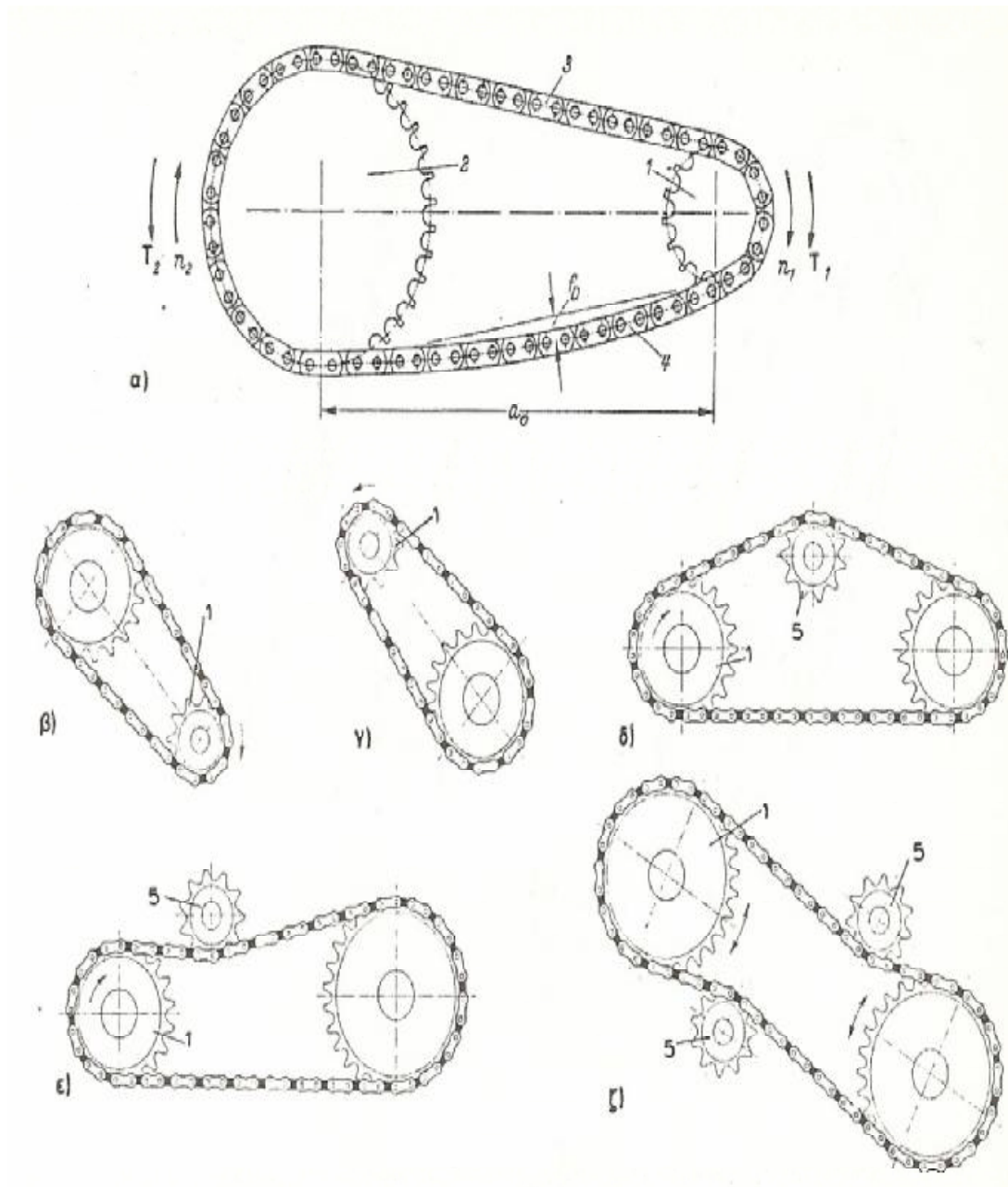
Οι διατάξεις που συναντώνται σε μία αλυσοκίνηση είναι (Εικόνα 15):

- Οριζόντια διάταξη.
- Διάταξη υπό κλίση με κινητήριο αλυσοτροχό κάτω.
- Οριζόντια διάταξη με εσωτερικό αλυσοτροχό πάνω.
- Οριζόντια διάταξη με εσωτερικό αλυσοτροχό εντάσεως για υποστήριξη εφαρμογής μεγάλης απόστασης κέντρων αλυσοτροχών.
- Οριζόντια διάταξη με εξωτερικό αλυσοτροχό εντάσεως για υποστήριξη εφαρμογής μεγάλης απόστασης κέντρων αλυσοτροχών.
- Διάταξη υπό κλίση με δύο εξωτερικούς αλυσοτροχούς εντάσεως για δυνατότητα αλλαγής φοράς περιστροφής.

Η διάταξη που συναντάται περισσότερο είναι η οριζόντια. Ο κλάδος έλξεως βρίσκεται στο πάνω μέρος της διάταξης. Η διεύθυνση κίνησης του κλάδου έλξεως, που κινείται από τον κινούμενο προς τον κινητήριο τροχό, είναι προς τα κάτω και σχηματίζει με την ιδεατή ευθεία της αξονικής αποστάσεως μία γωνία που κυμαίνεται μεταξύ 30° και 40° , έτσι ώστε ο θόρυβος να μειωθεί στο ελάχιστο.

Στη διάταξη υπό κλίση η μέγιστη επιτρεπόμενη γωνία κλίσεως της ιδεατής ευθείας της αξονικής αποστάσεως ως προς το οριζόντιο επίπεδο είναι 60° .

Όταν σε μια αλυσοκίνηση δεν μπορούν να εκπληρωθούν οι παραπάνω προϋποθέσεις, τότε πρέπει στον ελκόμενο κλάδο να τοποθετηθούν τροχοί εντάσεως ή ολισθητήρες όπως φαίνεται στα σχήματα δ, ε, ζ στην εικόνα 15.



Εικόνα 15 - Διατάξεις αλυσοκίνησης (α) Οριζόντια διάταξη, β) Διάταξη υπό κλίση με κινητήριο αλυσοτροχό κάτω, γ) Οριζόντια διάταξη με εσωτερικό αλυσοτροχό πάνω, δ) Οριζόντια διάταξη με εσωτερικό αλυσοτροχό εντάσεως για υποστήριξη εφαρμογής μεγάλης απόστασης κέντρων αλυσοτροχών, ε) Οριζόντια διάταξη με εξωτερικό αλυσοτροχό εντάσεως για υποστήριξη εφαρμογής μεγάλης απόστασης κέντρων αλυσοτροχών ζ) Διάταξη υπό κλίση με δύο εξωτερικούς αλυσοτροχούς εντάσεως για δυνατότητα αλλαγής φοράς περιστροφής, 1) Κινητήριος τροχός με αριθμό στροφών n_1 και ροπή στρέψεως T_1 , 2) Κινούμενος τροχός με αριθμό στροφών n_2 και ροπή στρέψεως T_2 , 3) Κλάδος έλξεως, 4) Ελκόμενος κλάδος, 5) Τροχός εντάσεως, a_0 : Αξονική απόσταση τροχών αλυσοκινήσεως, f_D : Βύθισμα ελκόμενου κάδου)

Το βύθισμα του ελκόμενου κλάδου f_D υπολογίζεται ως εξής:

$$f_D = \frac{(3c^2 - 3a^2)^{\frac{1}{2}}}{4}$$

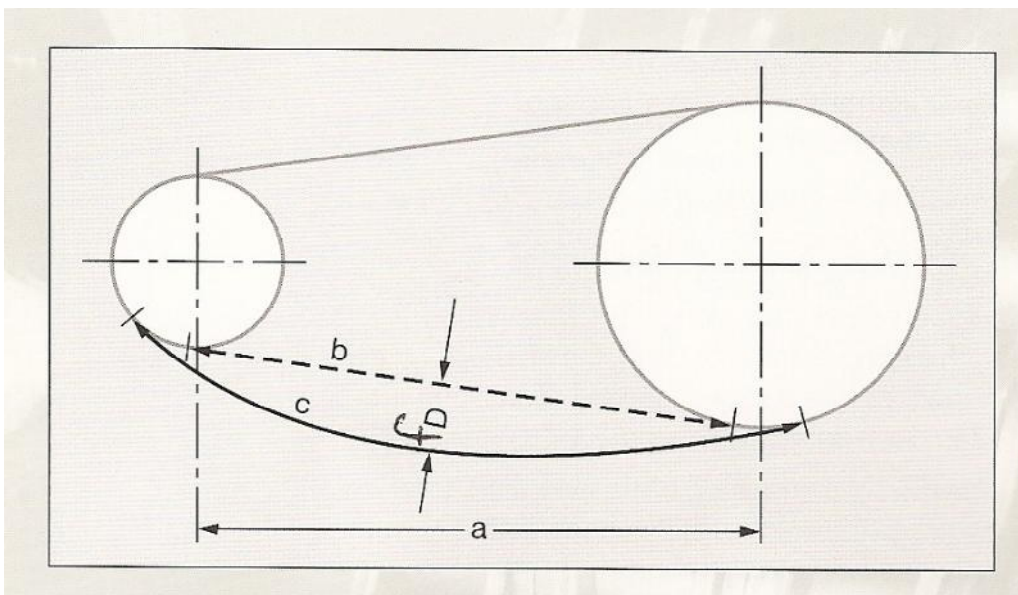
όπου οι αποστάσεις c , b φαίνονται στην εικόνα 12 και για τις οποίες ισχύει:

$$c = b + \text{επιμήκυνση αλυσίδας}$$

Ενώ με αρκετά καλή προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ότι

$$b = a$$

όπου a η απόσταση των κέντρων.



Εικόνα 16 - Βύθισμα ελκόμενου κλάδου

4.2.2 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα μετάδοσης κίνησης με αλυσίδες

Από όλους τους τρόπους μετάδοσης κίνησης και μεταφοράς ισχύος (οδοντοκίνηση, ιμαντοκίνηση ,αλυσοκίνηση) κανείς δεν είναι ο καταλληλότερος για όλες τις εφαρμογές. Ο καθένας κάτω από ορισμένες συνθήκες έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που πρέπει να προσέξει ιδιαίτερα ο μελετητής. Οι οικονομικοί παράγοντες (αρχικό κόστος , κόστος συντήρησης , διάρκεια ζωής κλπ) είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικοί.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω έχει βρεθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις η χρήση αλυσοκινήσεων μπορεί να δώσει περισσότερα πλεονεκτήματα από οποιονδήποτε άλλο τρόπο μετάδοσης κίνησης και μεταφοράς ισχύος.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα είναι:

- Η μετάδοση κίνησης γίνεται χωρίς ολίσθηση λόγω της σύνδεσης μορφής μεταξύ αλυσίδας και τροχών. Έτσι η σχέση μετάδοσης της κίνησης i παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια ζωής της αλυσίδας.
- Ο σχετικά υψηλός βαθμός απόδοσης, ο οποίος κυμαίνεται από 0.92 μέχρι 0.99).
- Η περιορισμένη ανάγκη συντήρησης.
- Οι αλυσίδες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και χαμηλό κόστος συντήρησης.
- Ο μικρότερος χώρος (όγκος) που απαιτείται για ένα ευρύ πεδίο ταχυτήτων σε σχέση με την ιμαντοκίνηση και το μικρότερο βάρος συγκριτικά με την ιμαντοκίνηση.
- Η απλή τοποθέτηση και σύνδεση.
- Η δυνατότητα παραγωγής οποιουδήποτε αριθμού αλυσίδων με διαφορετικά μήκη από μία αλυσίδα μικραίνοντας ή μεγαλώνοντας το μήκος της αφαιρώντας ή προσθέτοντας σε αυτή στοιχεία (links) σε αντίθεση με τον ιμάντα που το μήκος είναι σταθερό.
- Η μικρή επιβάρυνση του κόστους σε περίπτωση αλλαγής της μελέτης σε προχωρημένο στάδιο.
- Η μετάδοση κίνησης γίνεται χωρίς αξιόλογη προένταση της αλυσίδας .Έτσι

αποφεύγονται συγκριτικά με την ιμαντοκίνηση οι πρόσθετες δυνάμεις φόρτισης των ατράκτων (κινητήριας και κινούμενης) λόγω προέντασης. Επομένως μεταφέρονται μικρότερα φορτία στα ρουλεμάν των ατράκτων τα οποία κατ' επέκταση μπορούν να είναι μικρότερα και φτηνότερα.

- Η δυνατότητα πολλαπλών χρήσεων των αλυσίδων. Είναι εξίσου κατάλληλες για μικρές και μεγάλες αποστάσεις κέντρων , για υψηλές και για χαμηλές ταχύτητες , για μικρά και για μεγάλα φορτία. Πάντως προτιμούνται έναντι των ιμάντων στις χαμηλές στροφές και τα μεγάλα φορτία.
- Η σύγχρονη μετάδοση κίνησης σε περισσότερες από δύο ατράκτους με ίδια ή διαφορετική φορά περιστροφής και σε μεγάλες αξονικές αποστάσεις.
- Η περιορισμένη ευαισθησία σε δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας όπως η υγρασία , η υψηλή ή η χαμηλή θερμοκρασία και η ρύπανση (σκόνη , ακαθαρσίες κλπ) του περιβάλλοντος.
- Δεν υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς από υπερθέρμανση σε αντίθεση με τον ιμάντα όπου εμφανίζονται υπερθερμάνσεις λόγω της τριβής

4.3. Μετάδοση κίνησης CVT (Continuously Variable Transmission)

Ένα κιβώτιο CVT (Continues Variable Transmission - Κιβώτιο Συνεχώς Μεταβαλλόμενης Μετάδοσης) είναι ένα κιβώτιο μετάδοσης κίνησης που επιτρέπει την αλλαγή σχέσεων μεταξύ ενός ανώτατου και ενός κατώτατου ορίου χωρίς να υπάρχουν βήματα κλιμάκωσης, όπως στο κλασσικό κιβώτιο, αλλά μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή ανάμεσα στα δύο όρια. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι ότι επιτρέπει στον κινητήρα να κρατάει σταθερές στροφές (είσοδος ισχύος) ενώ μεταβάλλονται οι στροφές τού τροχού (έξοδος ισχύος). Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να κρατάμε τις στροφές του κινητήρα στο σημείο μέγιστης απόδοσης για μια μεγάλη κλίμακα ταχυτήτων επιτυγχάνοντας οικονομία καυσίμου σε σχέση με άλλου τύπου κιβώτια.



Εικόνα 17 - CVT μετάδοση

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους κιβώτια είναι οι παρακάτω:

- Variable Diameter Pulley (VDP) ή Reeves Drive: Είναι το πιο συνηθισμένο σύστημα. Αποτελείτε από δύο τροχαλίες των οποίων τα μάγουλα μπορούν και μεταβάλουν την μεταξύ τους απόσταση και από έναν ιμάντα σχήματος V. Λόγω του σχήματος που έχουν όταν μεταβληθεί η απόσταση των μαγούλων της μιας τροχαλίας ο ιμάντας θα περιστραφεί σε μικρότερη ή μεγαλύτερη διάμετρο αλλάζοντας αυτόματα την σχέση μετάδοσης. Αντίστοιχα κινείτε και η άλλη τροχαλία μεταβάλλοντας την απόσταση των μαγούλων της.
- Toroidal ή Roller CVT: Τα τοροειδή CVT βασίζονται στην μεταφορά ισχύος μεταξύ δύο δίσκων και δύο τροχών που το αποτελούν. Οι δίσκοι έχουν τέτοια σχεδόν κωνική μορφή που κάθε τους σημείο έχει διαφορετική εφαπτομένη. Ο ένας δίσκος είναι η είσοδος ισχύος και ο άλλος η έξοδος και μεταξύ τους δεν έχουν επαφή. Οι τροχοί είναι ο συνδετικός κρίκος και η σχέση μετάδοσης μεταβάλετε ανάλογα με την θέση τους. Όταν άξονας των δίσκων είναι κάθετος σε σχέση με το άξονα των τροχών η σχέση μετάδοσης είναι 1:1. Μεταβάλλοντας την γωνία έτσι ώστε να υπάρχει πάντα επαφή των τροχών και με τους δύο δίσκους μεταβάλουμε και την σχέση μετάδοσης.
- Infinitely Variable Transmission (IVT): Το συγκεκριμένο κιβώτιο είναι ένας μηχανισμός στον οποίο η σχέση μετάδοσης του άξονα εισόδου σε σχέση με τον άξονα εξόδου περιλαμβάνει και μία μηδενική σχέση μετάδοσης η οποία προσεγγίζεται από μία προκαθορισμένη υψηλότερη σχέση μετάδοσης. Μια μηδενική ταχύτητα (περιστροφής) εξόδου με μια πεπερασμένη ταχύτητα εισόδου προϋποθέτει μια σχέση μετάδοσης που τείνει στο άπειρο. Μια χαμηλή

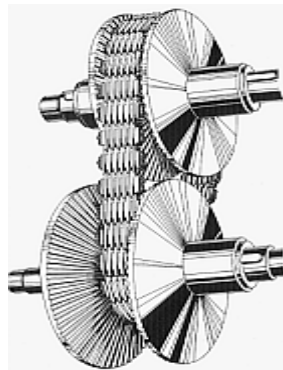
σχέση (μετάδοσης) λαμβάνετε σαν σημείο αναφοράς για μια ένα χαμηλό λόγο ταχύτητας εξόδου προς την ταχύτητα εισόδου. Ο λόγος αυτός όταν πάρει ακραίες τιμές προκαλεί την εμφάνιση "νεκράς" ή μία πολύ μικρή ταχύτητα περιστροφής που αδυνατεί να κινήσει το όχημα. Πάρα το ότι το όχημα δεν κινείται η ροπή δεν είναι μηδενική αλλά είναι τέτοια που ενώ το όχημα παραμένει ακίνητο ο άξονας εξόδου είναι ακίνητος ενώ στα συμβατικά κιβώτια ο άξονας περιστρέφεται ελεύθερα.

Τα IVT είναι ένας συνδυασμός CVT και ενός συστήματος επικυκλικών γραναζιών όπου επιβάλετε μία ταχύτητα εξόδου που είναι ίση με τη διαφορά δύο άλλων ταχυτήτων. Αν αυτές οι δύο ταχύτητες είναι η ταχύτητα εισόδου και εξόδου του CVT μπορεί να υπάρξει μία ρύθμιση που να προκαλεί μηδενική ταχύτητα εξόδου του IVT. Ο λόγος εξόδου/εισόδου μπορεί να λάβει πρακτικά άπειρες τιμές επιλέγοντας επιπλέον γρανάζια εισόδου ή εξόδου χωρίς να επηρεαστεί η συνολική λειτουργία του συστήματος. Τα ITV προσφέρουν καλύτερη λειτουργία λόγω του ότι το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος μεταφέρετε μέσω των επικυκλικών γραναζιών και όχι μέσω του CVT που αποτελεί και τον μηχανισμό ελέγχου της μετάδοσης.

- Ratcheting CVT: Τα κιβώτια αυτού τού τύπου βασίζονται στην στατική τριβή που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο επιφάνειες που έρχονται σε επαφή εμπλέκοντας και απεμπλέκοντας τον οδηγούντα και τον οδηγούμενο άξονα συνήθως μέσω ενός μονόδρομου συμπλέκτη. Η αλλαγή του λόγου μετάδοσης επιτυγχάνετε με την αλλαγή της γεωμετρίας των τριβομένων επιφανειών ενώ η μετάδοση γίνεται μόνο όταν εμπλακεί ο συμπλέκτης. Τα συστήματα αυτά μπορούν να διαχειριστούν μεγάλες ποσότητες ροπής λόγω του ότι η στατική τριβή μεταξύ των επιφανειών αυξάνετε αναλόγως της ροπής και στα καλά σχεδιασμένα συστήματα δεν υπάρχει ολίσθηση. Ο βαθμός απόδοσης είναι πολύ υψηλός αλλά οι προκαλούμενες ταλαντώσεις κατά την εμπλοκή του συμπλέκτη είναι το μεγάλο μειονέκτημα αυτών των κιβωτίων.
- Hydrostatic CVT: Τα υδροστατικά CVT χρησιμοποιούν μία υδραυλική αντλία μεταβλητού όγκου και έναν υδραυλικό κινητήρα. Το εργαζόμενο μέσω είναι κάποιο υδραυλικό υγρό (συνήθως λάδι), το οποίο μπορεί να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες ισχύος αλλά χάνει τις ιδιότητές του αν μολυνθεί από άλλα υγρά. Βασικό πλεονέκτημα είναι ότι ο υδραυλικός κινητήρας μπορεί να

αναρτηθεί απ' ευθείας στους τροχούς χωρίς να υπάρχει ανάγκη για ενδιάμεσα συστήματα όπως το διαφορικό.

- Variable Touthed Wheel Transmission: Το συγκεκριμένο σύστημα δεν είναι ένα κανονικό CVT υπό την έννοια ότι δεν έχει άπειρες σχέσεις αλλά περιορίζεται στις 49. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη ή αφαίρεση οδόντων (ένα ένα) από τον οδοντωτό άξονα που οδηγεί μία αλυσίδα και μεταβάλλοντας τον λόγο μετάδοσης με τον τρόπο αυτό. Το σύστημα αυτό είναι ακόμα σε θεωρητικό στάδιο μιας και δεν έχει βρεθεί ασφαλής τρόπος για την αφαίρεση ή προσθήκη των οδόντων.
- Cone CVT: Τα CVT αυτά αποτελούνται από ένα ή περισσότερα κωνικά σώματα στα οποία οι κωνικές επιφάνειες έρχονται σε επαφή και μεταδίδεται η κίνηση. Στα συστήματα ενός κώνου ο κώνος είναι το σημείο εισόδου ισχύος και ένας κινούμενος τροχίσκος η έξοδος. Ο τροχίσκος αναλόγως τις ανάγκες μετακινείται αξονικά και με τον τρόπο αυτό αλλάζει η σχέση μετάδοσης. Στα συστήματα με δύο κώνους μεταξύ των κώνων παρεμβάλετε ένας σφαιροειδής σύνδεσμος ό οποίος μεταφέρει την κίνηση και αλλάζει αξονικά την θέση του ανάλογα με τις απαιτήσεις ισχύος μεταβάλλοντας τον λόγο μετάδοσης.



Εικόνα 18 - CVT οδηγούμενο από αλυσίδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΕΔΡΑΝΑ

Τα έδρανα χρησιμοποιούνται για να στηρίζουν και να οδηγούν κινούμενα μέρη και ιδιαίτερα άξονες και ατράκτους. Επίσης χρησιμεύουν ώστε να παραλαμβάνουν τις δυνάμεις που εμφανίζονται και να τις μεταφέρουν σε σταθερά μέρη όπως κιβώτια μειωτήρων. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες εδράνων:

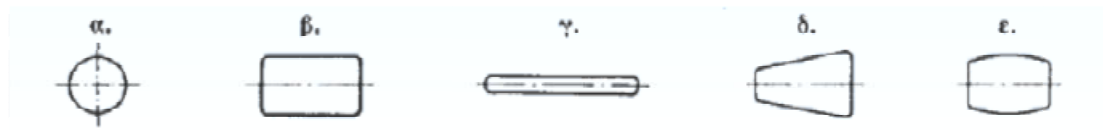
- Τα έδρανα κύλισης και
- Τα έδρανα ολίσθησης

Τα έδρανα κύλισης χρησιμοποιούνται σε εδράσεις με κανονικές απαιτήσεις και όσο το δυνατόν πιο ασφαλείς και χωρίς να απαιτούνται συνθήκες λειτουργίας. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιούνται τα έδρανα κύλισης είναι οι εργαλειομηχανές, οι κινητήρες, τα οχήματα κτλ. Επιπλέον, τα έδρανα κύλισης χρησιμοποιούνται για εδράσεις που πρέπει να εργάζονται σε λίγες στροφές με μικρές τριβές και να ξεκινούν με υψηλό φορτίο όπως είναι και η συσκευή ιμαντοκίνησης που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη εργασία.

Τα έδρανα ολίσθησης προτιμούνται στην περίπτωση εδράσεων με πολλές στροφές, υψηλά φορτία και μεγάλη διάρκεια ζωής. Χαρακτηριστικές εφαρμογές των εδράνων ολίσθησης είναι οι υδροστρόβιλοι, οι ατμοστρόβιλοι οι φυγόκεντρες αντλίες και γενικά οι εφαρμογές στις οποίες αποφασιστικό ρόλο παίζει η συνεχής, χωρίς φθορά, λειτουργία στην περιοχή υγρής τριβής. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για εδράσεις οι οποίες όταν βρίσκονται σε στάση ή σε λίγες στροφές δέχονται ισχυρές συγκρούσεις και κραδασμούς όπως οι πρέσες και οι σφύρες και γενικά όπου απαιτείται μια μεγάλη με δυνατότητα απόσβεσης επιφάνεια.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα έδρανα κύλισης που χρησιμοποιήθηκαν για την συσκευή ιμαντοκίνησης για εργαστηριακούς σκοπούς που μελετάται στην παρούσα εργασία.

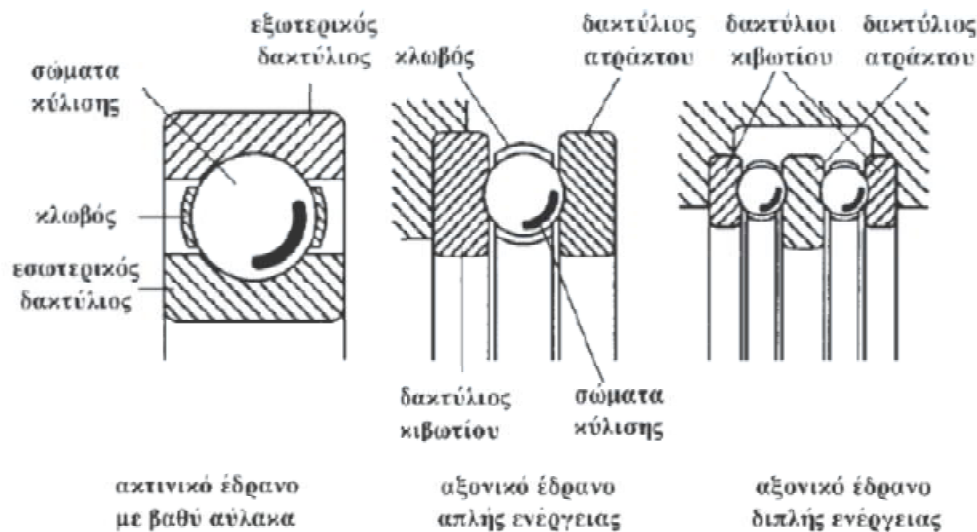
5.2. ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Εικόνα 19 - Μορφή σωμάτων κύλισης α. σφαίρα, β. κύλινδρος, γ. βελόνη, δ. κώνος, ε. βαρελοειδής.

Ένα πλήρες έδρανο κύλισης (ρουλεμάν) αποτελείται από δύο αύλακες και τα σώματα κύλισης που περιέχονται μεταξύ αυτών και συνήθως χωρίζονται με έναν κλωβό ώστε να συγκρατούνται σε σταθερές αποστάσεις. Ως σώματα κύλισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν η σφαίρα, ο κύλινδρος, η βελόνη, ο κώνος και το βαρελοειδής όπως φαίνεται στο Σχήμα 19.

Στο Σχήμα 20 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι κατασκευής.



Εικόνα 20 - Διαφορά είδη ρουλεμάν

Όλα τα είδη και τα στοιχεία κύλισης κυλίνουν πάνω σε σκληρυμένες, λειασμένες και γυαλισμένες επιφάνειες. Ο εσωτερικός δακτύλιος φέρει τον άξονα και ο εσωτερικός είναι σταθερός σε μια υποδοχή του κιβωτίου.

Ως υλικό για τα ρουλεμάν χρησιμοποιείται σκληρυμένος χρωμιούχος ή χρωμονικελιούχος χάλυβας. Απαραίτητη προϋπόθεση όμως για την κατασκευή του είναι η ομοιογένεια και η καθαρότητα του υλικού.

Οι σφαίρες των ρουλεμάν αποκόπτονται από στρογγυλή χαλύβδινη ράβδο και διαμορφώνονται εν θερμώ, στην περίπτωση των μεγάλων σφαιρών ή εν ψυχρώ. Κατόπιν υφίστανται προλείανση, λείανση και γυάλισμα. Απαιτείται όμως ένας λεπτομερής έλεγχος για την ακρίβεια των διαστάσεων αλλά και για τον έλεγχο εμφάνισης έστω και ελάχιστων ρωγμών.

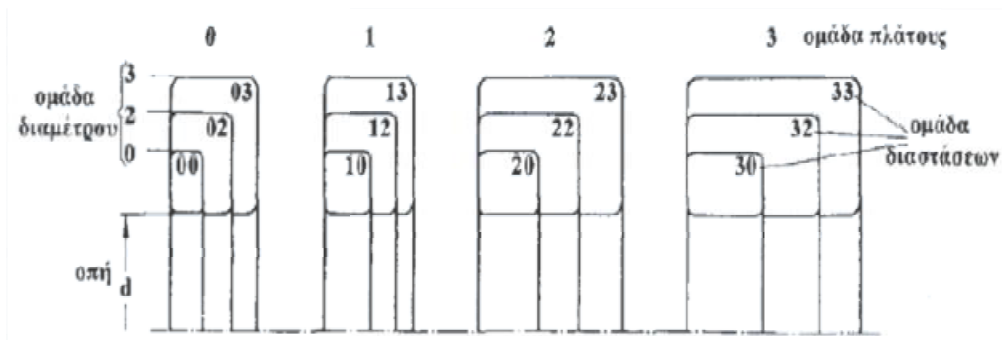
Οι σκληρυμένοι και λειασμένοι δακτύλιοι κατασκευάζονται με τον ίδιο τρόπο με τα στοιχεία κύλισης από ειδικό χάλυβα που χρησιμοποιούνται στα ρουλεμάν.

Οι κλωβοί κατασκευάζονται για μικρούς τριβείς πρεσαριστοί από χαλύβδινο ή ορειχάλκινο έλασμα. Για μεγαλύτερους τριβείς κατασκευάζονται από χάλυβα ορείχαλκο ή αλουμίνιο χρησιμοποιώντας κατεργασίες αφαίρεσης υλικού. Προκειμένου να επιτευχθεί αθόρυβη λειτουργία χρησιμοποιείται και συνθετικό υλικό.

Τόσο κατά την εκκίνηση όσο και κατά τη λειτουργία των ρουλεμάν υπάρχει ελάχιστη αντίσταση τριβής. Στην περίπτωση των ένσφαιρων εδράνων ο συντελεστής τριβής κυμαίνεται από 0.0008 έως 0.0017 ενώ είναι πολύ μικρή η απαιτούμενη συντήρηση και κατανάλωση λιπαντικού. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε περίπτωση βλάβης το ρουλεμάν δεν επισκευάζεται αλλά αντικαθίσταται ολόκληρο.

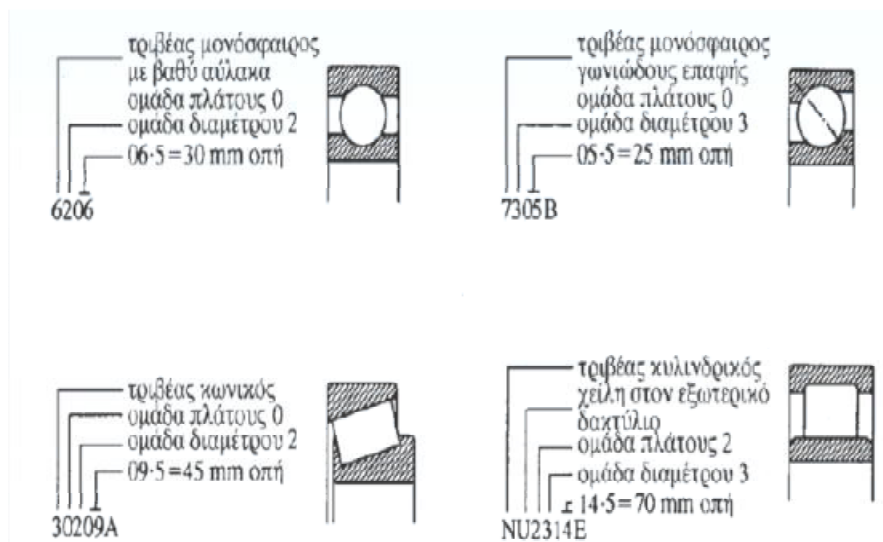
5.3 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΥΛΕΜΑΝ

Οι διαστάσεις των εδράνων κύλισης είναι τυποποιημένες κατά DIN616 και DIN ISO 355 (αντίστοιχα προς τα ISO 15 355 και 104) και είναι ταξινομημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε σε μια εσωτερική διάμετρο να αντιστοιχούν πολλές εξωτερικές και πολλά πλάτη έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η κάλυψη μιας μεγάλης περιοχής φόρτισης για έδρανα με την ίδια εσωτερική διάμετρο και μορφή.



Εικόνα 21 - Διαστάσεις εδράνων κύλισης

Στην περίπτωση των ακτινικών εδράνων διακρίνονται οι σειρές διαμέτρων 0 (υπερελαφρά σειρά), 2 (ελαφρά σειρά), 3 (ημιβαριά σειρά) και 4 (βαριά σειρά) καθώς και οι ομάδες πλάτους 0,1,2,3.



Εικόνα 22 - Είδη τριβέων

Κάθε τριβέας φέρει ειδικό αριθμό αριθμών ή συνδυασμό αριθμών και γραμμάτων. Οι δύο τελευταίοι αριθμοί από δεξιά αποτελούν το χαρακτηριστικό αριθμό εσωτερικής διαμέτρου.

Για τιμές εσωτερικής διαμέτρου από 20-480mm η οπή των εδράνων κύλισης σε mm προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τον χαρακτηριστικό αριθμό επί 5. Για τιμές οπής κάτω των 20mm ο χαρακτηριστικός αριθμός σημαίνει:

00=10mm, 01=12mm, 02=15mm και 03 = 17mm διάμετρος οπής.

Οι αριθμοί που βρίσκονται πριν το χαρακτηριστικό αριθμό καθορίζουν το είδος του εδράνου (σφαιρικό, κωνικό, βαρελοειδές), την ομάδα πλάτους και την ομάδα διαμέτρου.

5.4. ΕΙΔΗ ΕΔΡΑΝΩΝ ΚΥΛΙΣΗΣ, ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΚΛΟΓΗ

5.4.1 ΤΡΙΒΕΙΣ ΜΟΝΟΣΦΑΙΡΟΙ ΜΕ ΒΑΘΥ ΑΥΛΑΚΑ



Οι συγκεκριμένοι τριβείς έχουν την πιο απλή κατασκευή και χρησιμοποιούνται περισσότερο. Παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αντοχή σε μεγάλα και αξονικά φορτία και σε ορισμένες περιπτώσεις αντικαθιστούν ικανοποιητικά τους αξονικούς τριβείς. Επιπλέον παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε μεγάλες ταχύτητες και ακόμα και σε πολύ μεγάλο αριθμό στροφών. Οι μονόσφαιροι τριβείς διατίθενται και με κωνική οπή, με μια ή δύο προφυλακτικές πλάκες ή με εγκοπή στον εξωτερικό δακτύλιο και ελατηριωτή ασφάλεια. Οι συγκεκριμένοι τριβείς απαιτούν απόλυτα ευθυγραμμισμένη δράση αφού δεν είναι λυόμενοι και ο εσωτερικός τους δακτύλιος δεν αυτορυθμίζεται σε σχέση με τον εξωτερικό.

5.4.2 ΤΡΙΒΕΙΣ ΜΟΝΟΣΦΑΙΡΟΙ ΛΥΟΜΕΝΟΙ ΓΩΝΙΩΔΟΥΣ ΕΠΑΦΗΣ.



Ο εσωτερικός τους δακτύλιος έχει την ίδια μορφή με τους μονόσφαιρους τριβείς με βαθύ αύλακα ενώ ο εξωτερικός τους δακτύλιος έχει μονόπλευρη εσωτερική προεξοχή, για τροχιά γωνιώδους επαφής που επιτρέπει την εξάρμοσή του. Οι συγκεκριμένοι τριβείς δέχονται αξονικά φορτία μόνο προς μια κατεύθυνση και τοποθετούνται πάντα σε ζεύγη με αντίθετη φορά ενώ ρυθμίζονται με περιορισμένο διάκενο που είναι απαραίτητο για την ομαλή λειτουργία τους.

5.4.3 ΤΡΙΒΕΙΣ ΜΟΝΟΣΦΑΙΡΟΙ ΣΤΑΘΕΡΟΙ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΕΠΑΦΗΣ



Η φορά των φορτίων μεταξύ των σφαιρών και των τροχιών των δακτυλίων καθορίζεται με μια ευθεία γραμμή που περνά από τα σημεία επαφής με γωνία $20-30^\circ$ ως προς τον οριζόντιο άξονα περιστροφής. Μπορούν να δεχτούν συνδυασμένα αξονικά και ακτινικά φορτία προς μια κατεύθυνση ειδικά σε περιπτώσεις μεγάλων ταχυτήτων. Κατά κανόνα τοποθετούνται κατά ζεύγη πάντοτε σε αντίθετη φορά και σε ανάλογη ρύθμιση. Οι συγκεκριμένοι τριβείς δεν είναι λυόμενοι.

5.4.5 ΤΡΙΒΕΙΣ ΔΙΣΦΑΙΡΟΙ ΣΤΑΘΕΡΟΙ ΓΩΝΙΩΔΟΥΣ ΕΠΑΦΗΣ.



Ο συγκεκριμένος τύπος τριβέα συνδυάζει δύο μονόσφαιρους τριβείς γωνιώδους επαφής με αντίθετες κατευθύνσεις σε ένα τριβέα. Εκτός από ακτινικά φορτία μπορούν να δεχθούν μεγάλα αξονικά φορτία και από τις δύο πλευρές τους. Οι δίσφαροι τριβείς είναι κατάλληλοι για απόλυτη και ακριβή συγκράτηση του άξονα και από τις δύο κατευθύνσεις. Κατασκευάζονται και τοποθετούνται με μηδαμινό ή ανύπαρκτο ακτινικό διάκενο. Οι συγκεκριμένοι τριβείς κατασκευάζονται και με διαιρούμενο τον εσωτερικό δακτύλιο παραλλαγή D ή παραλλαγή P.

5.4.6 ΤΡΙΒΕΙΣ ΔΙΣΦΑΙΡΟΙ ΑΥΤΟΡΥΘΜΙΣΤΟΙ

Οι τριβείς αυτοί έχουν δύο τροχιές περιστροφής στον εσωτερικό δακτύλιο και μια σφαιρική τροχιά για δύο σειρές σφαιρών στον εξωτερικό δακτύλιο. Η μορφή αυτή επιτρέπει στον ένα από τους δύο δακτυλίους να ταλαντεύεται σε σχέση με τον άλλο και κατά συνέπεια να είναι ανεπηρέαστοι

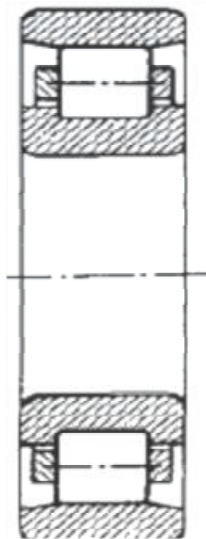


από τις κάμψεις των αξόνων ή τις λανθασμένες ευθυγραμμίσεις των αξόνων και των εδρών. Οι συνθήκες επαφής των σφαιρών πάνω στη σφαιρική επιφάνεια της τροχιάς περιστροφής του εξωτερικού δακτυλίου είναι σαφώς δυσμενέστερες σε σύγκριση με τους μονόσφαιρους τριβείς με βαθύ αύλακα.

Ο μεγαλύτερος αριθμός σφαιρών που φέρουν οι συγκεκριμένοι τριβείς αντισταθμίζει το συγκεκριμένο μειονέκτημα.

Παρά το γεγονός ότι ο δίσφαιρος τριβέας έχει τις ίδιες διαστάσεις με τον μονόσφαιρο τριβέα με βαθύ αύλακα ο δίσφαιρος έχει φορτία αντοχής σαφώς μικρότερα από το μονόσφαιρο.

5.4.7 ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΤΡΙΒΕΙΣ



Στους κυλινδρικούς τριβείς οι κύλινδροι και οι στροφές περιστροφής έχουν κυλινδρική μορφή. Για ορισμένες εφαρμογές και κατά τη λείανση δίνεται μια πολύ ελαφρά κυρτότητα στις επιφάνειες κύλισης που επιτρέπει ελαφρότατες ταλαντεύσεις του ενός δακτυλίου ως προς τον άλλο. Κάθε κυλινδρικός τριβέας κατασκευάζεται με προεξοχή προς το εσωτερικό μέρος του εξωτερικού δακτυλίου ή το εξωτερικό μέρος του εσωτερικού δακτυλίου όπου βρίσκεται και η τροχιά περιστροφής και οδήγησης των κυλίνδρων. Ο αριθμός των προεξοχών μπορεί να είναι δύο, τρεις ή τέσσερις.

Δύο προεξοχές μαζί προβλέπονται ή στον εσωτερικό (τύπος N) ή στον εξωτερικό (τύπος NU) δακτύλιο. Και στους δύο τύπους είναι δυνατή η αξονική μετακίνηση του ενός από τους δύο δακτυλίου και είναι γνωστοί ως τριβείς «αξονικής μετακίνησης».

5.4.8. ΤΡΙΒΕΙΣ ΚΩΝΙΚΟΙ



Στους τριβείς αυτούς τόσο οι επιφάνειες των δακτυλίων όσο και των στοιχείων που κυλίσουν έχουν κωνική μορφή. Οι κωνικοί κύλινδροι οδηγούνται στο μέρος της μεγαλύτερης διαμέτρου και από προεξοχή στον εσωτερικό δακτύλιο πλούσια υπολογισμένη. Οι κωνικοί τριβείς μπορούν να συνδυάσουν ακτινικά και αξονικά φορτία και επιτρέπουν με ακρίβεια τη ρύθμιση του διάκενου τόσο αξονικά όσο και ακτινικά. Ο εξωτερικό δακτύλιος είναι λυόμενος με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η εξαγωγή και η τοποθέτηση. Κατά κανόνα οι κωνικοί τριβείς τοποθετούνται κατά ζεύγη.

5.4.9 ΑΥΤΟΡΥΘΜΙΣΤΟΙ ΤΡΙΒΕΙΣ ΜΟΝΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΒΑΡΕΛΙΣΚΩΝ

Η τροχιά περιστροφής στον εξωτερικό δακτύλιο είναι σφαιρική. Τα στοιχεία κύλισης έχουν μορφή κυρτών ή συμμετρικών βαρελίσκων. Επειδή οι συγκεκριμένοι τριβείς αυτορυθμίζονται, δεν επηρεάζονται από τυχόν κάμψεις των αξόνων ή λαθεμένες ευθυγραμμίσεις. Η ικανότητα τους σε αξονικά φορτία είναι περιορισμένη.

5.4.10 ΑΞΟΝΙΚΟΙ ΤΡΙΒΕΙΣ

Αποτελούνται από δυο επίπεδους δακτυλίους και σφαιροκλωβό. Η κύλιση των σφαιρών γίνεται πάνω στις τροχιές κάθε δακτυλίου. Οι τροχιές κύλισης έχουν διάταξη που φέρει την κατεύθυνση του φορτίου ανάμεσα στις σφαίρες και τις τροχιές περιστροφής η οποία είναι απολύτων παράλληλη με τον άξονα. Οι αξονικοί τριβείς διακρίνονται σε τριβείς απλής ενέργειας, όπου ο ένας δακτύλιος στερεώνεται στον άξονα και ο άλλος στην έδρα και σε τριβείς διπλής ενέργειας όπου ο ένας δακτύλιος ο μεσαίος στερεώνεται στον άξονα και οι δύο στην έδρα. Οι αξονικοί τριβείς δεν μεταφέρουν ακτινικά φορτία αλλά μόνο μεγάλα αξονικά.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνταν δύο σταθερά έδρανα κύλισης τα στοιχεία κύλισης θα πιέζονταν πολύ δυνατά στις πλευρικές τους τροχιές και θα καταστρεφόταν λόγω υπερθέρμανσης. Θα πρέπει πάντοτε να υπάρχει μια δυνατότητα να εξισορροπούνται οι δυνάμεις που εμφανίζονται.

Στη συγκεκριμένη διάταξη που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε έδρανο κύλισης της εταιρείας SKF μοντέλο 6300 2Z.

5.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΔΡΑΝΟΥ ΚΥΛΙΣΗΣ – ΟΡΙΣΜΟΙ

Με τον όρο διάρκεια ζωής ορίζεται ο αριθμός των στροφών που επιτυγχάνονται από ένα έδρανο προτού εμφανιστούν σε αυτό σημάδια κόπωσης σε έναν από τους δακτυλίους του ή στα στοιχεία κύλισής του. Η κόπωση αρχικά εμφανίζεται με τη μορφή μικρών ρωγμών.

Με δεδομένο ότι έχει αποδειχθεί ότι έδρανα ίδιου μεγέθους, κατασκευής και υλικού έχουν διαφορετική διάρκεια ζωής ακόμα και κάτω από τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας καθιερώθηκε για τους υπολογισμούς η χρήση της ονομαστικής διάρκειας ζωής L_n που είναι η διάρκεια ζωής στην οποία επιτυγχάνουν ή υπερβαίνουν τουλάχιστον το 90% των εδράνων του ίδιου τύπου και των ίδιων διαστάσεων.

Με τον όρο δυναμικό φορτίο C ορίζεται το σταθερό φορτίο κάτω από την επίδραση του οποίου το έδρανο επιτυγχάνει ονομαστική διάρκεια ζωής 106 στροφών ή 500 ώρες λειτουργίας στις 331/3RPM. Για το συγκεκριμένο ρουλεμάν SKF 6300 2Z το δυναμικό φορτίο είναι $C=8060N$.

Στατικό φορτίο είναι το καθαρά ακτινικό φορτίο που προκαλεί σε ακίνητα έδρανα μια παραμένουσα παραμόρφωση ίση με της διαμέτρου του στοιχείου κύλισης στη θέση επαφής που καταπονείται περισσότερο μεταξύ του δακτυλίου και του στοιχείου κύλισης. Για το συγκεκριμένο ρουλεμάν που χρησιμοποιείται σε αυτήν την εργασία το στατικό φορτίο είναι: $C_o=3400N$.

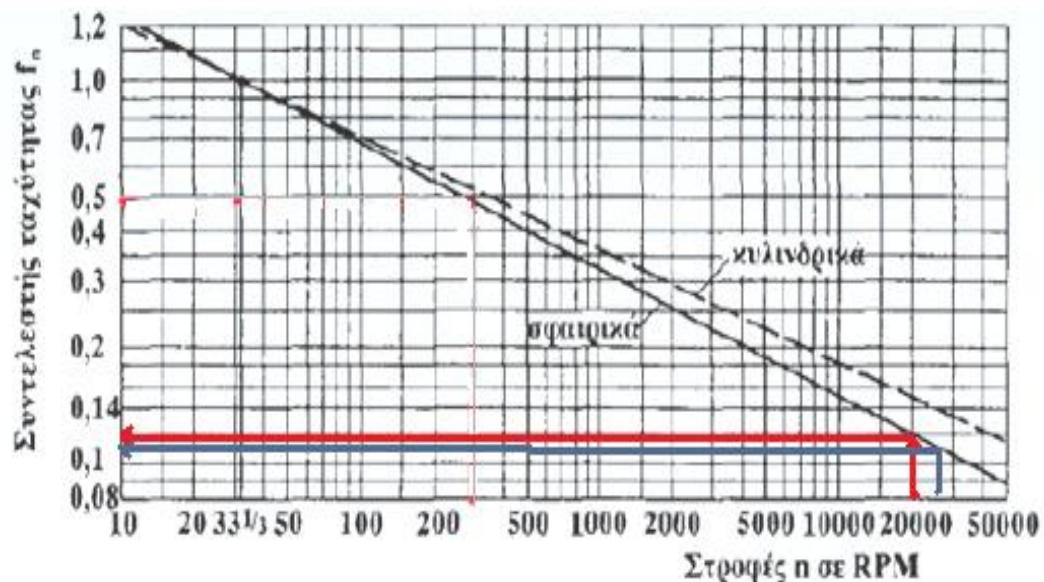
Ισοδύναμο δυναμικό φορτίο P είναι η υποθετική καθαρά ακτινική ή αξονική φόρτιση η οποία θα έδινε στο έδρανο την ίδια διάρκεια ζωής με αυτή που επιτυγχάνεται υπό τις συνθήκες λειτουργίας.

Ισοδύναμο στατικό φορτίο P_o είναι η υποθετική καθαρά ακτινική ή αξονική φόρτιση του εδράνου η οποία προκαλεί στα στοιχεία κύλισης και στους δακτυλίους

την ίδια παραμένουσα παραμόρφωση με αυτήν που προκαλείται υπό τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

Για το ρουλεμαν 6300 2Z έχουμε από τους πίνακες των ρουλεμαν: D=35mm, d=10mm, B=11mm.

Το όριο κόπωσης του ρουλεμάν είναι $P_u=143N$ (από πίνακα χαρακτηριστικών ρουλεμάν SKF) και η εκτιμώμενη ταχύτητα για γράσσο είναι 20000 rpm και για λάδι 26000 rpm. Όπως φαίνεται από το Σχήμα 24 ο συντελεστής ταχύτητας για την περίπτωση που η λίπανση γίνεται με γράσσο (κόκκινη γραμμή) είναι $f_n=0.12$ ενώ για την περίπτωση που χρησιμοποιείται λάδι (μπλέ γραμμή) είναι $f_n=0.11$.



Εικόνα 24 - Υπολογισμός συντελεστή ταχύτητας

Η διάρκεια ζωής σε εκατομμύρια στροφές δίνεται από τη σχέση:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

όπου C το δυναμικό φορτίο του εδράνου, P το πραγματικό φορτίο στο έδρανο που λαμβάνεται μικρότερο ή ίσο με το όριο κόπωσης και p συντελεστής που είναι ίσος με 3 για την περίπτωση των σφαιρικών εδράνων.

Άρα:

$$L_{10} = \left(\frac{8.060}{143} \right)^3 = 179.059,3 \text{ στροφές}$$

και

$$L_{10} = \frac{L_{10h}n60}{10^6} \Rightarrow L_{10h} = \frac{10^6}{n60} L_{10}$$

Για την περίπτωση που χρησιμοποιείται γράσο ως μέσο λίπανσης η διάρκεια ζωής του ρουλεμάν είναι (όπου $n= 20.000 \text{ rpm}$):

$$L_{10h} = 149.216,0 \text{ h}$$

και για την περίπτωση λαδιού η διάρκεια ζωής του ρουλεμάν είναι (όπου $n= 26.000 \text{ rpm}$):

$$L_{10h} = 114.781,6 \text{ h}$$

Συνεπώς για το συγκεκριμένο ρουλεμάν με κριτήριο τη διάρκεια ζωής του επιλέχθηκε η λίπανση με γράσο.

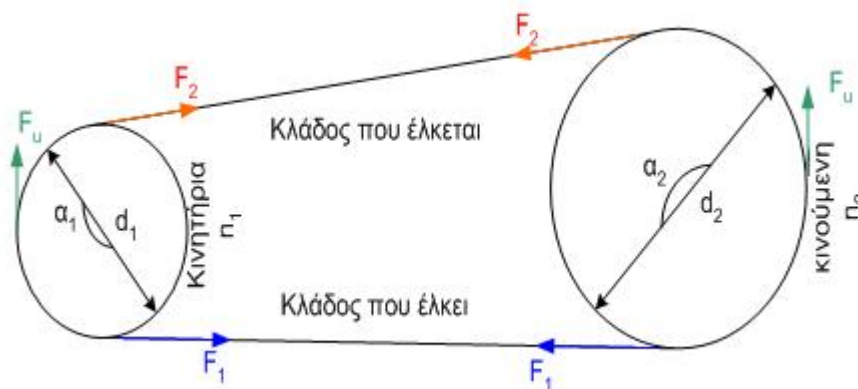
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΣΕΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια μελέτη της αντοχής των στοιχείων της πειραματικής διάταξης. Θα παρουσιαστεί η θεωρία των υπολογισμών δυνάμεων και τάσεων του μάντα και των τροχαλιών και θα γίνουν οι υπολογισμοί που αφορούν στη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία.

6.1.1 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΙΜΑΝΤΕΣ

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 25 η πειραματική διάταξη αποτελείται από έναν μάντα και δύο τροχαλιές, αποτελεί δηλαδή ένα σύστημα στο οποίο επιτυγχάνεται η πλήρης μετάδοση κίνησης με ιμάντες.



Εικόνα 25 - Δυνάμεις στο κινούμενο ιμάντα

Στον κλάδο που έλκει ασκείται η δύναμη F_1 , η οποία πρέπει να υπερνικήσει την περιφερειακή δύναμη F_u και τη δύναμη F_2 στην κινούμενη τροχαλία. Η F_u μπορεί να μεταφερθεί από την τροχαλία μόνο με τριβή.

Θα είναι:

$$F_u = F_1 - F_2$$

Η περιφερειακή δύναμη F_u υπολογίζεται από τη σχέση: $F_u=P/u$ όπου P η προς μεταφορά ισχύς εδώ η ισχύς του κινητήρα: $P=50W$

και

$$u = \frac{n_1 d_1}{19100} = \frac{55 \times 60,496}{19100} = 0,174 \text{m/s}$$

οπότε

$$F_u = \frac{50}{0,174} = 287,3N$$

Ακτινική Δύναμη

Η δύναμη F_A που καταπονεί τον άξονα και τα έδρανα της τροχαλίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F_A = \frac{m + 1}{m - 1} F_u$$

Από την εξίσωση Euler έχουμε:

$$m = \frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\alpha}$$

όπου μ ο συντελεστής τριβής και α το τόξο τύλιξης.

Επειδή ο ακριβής υπολογισμός δίνει τιμές μικρότερες από αυτές που εμφανίζονται στην πράξη για αυτό η ακτινική δύναμη F_A υπολογίζεται εμπειρικά. Συγκεκριμένα για τους οδοντωτούς ιμάντες θεωρείται ότι $F_A=1.5F_u$. Συνεπώς η ακτινική δύναμη στη διάταξη θα είναι:

$$F_A = 1,5 \times 287,3 = 417,4N$$

6.1.2 ΤΑΣΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Η δύναμη εφελκυσμού στον οδοντωτό ιμάντα είναι η ίδια με την περιφερειακή δύναμη.

Κατά συνέπεια:

$$F = \frac{P}{v} = \frac{50}{0,174} = 287,3N$$

Η δύναμη εφελκυσμού δεν επιτρέπεται να ξεπερνάει την επιτρεπόμενη τιμή $F_{επ}$ η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F_{επ} = F_N b / C$$

F_N είναι η επιτρεπόμενη δύναμη εφελκυσμού ανά cm πλάτους ιμάντα σε N/cm η οποία δίνεται από τον Πίνακα 2.1 και στην περίπτωση που εξετάζεται είναι ίση με $F_N=720\text{N/cm}$, b είναι το τελικό πλάτος του ιμάντα σε cm και C είναι ο συντελεστής φόρτισης που δίνεται από τη σχέση:

$$C = k_1(k_2 + k_3)$$

Οι τιμές για τις σταθερές k_1 , k_2 και k_3 δίνονται στον πίνακα 4.1

Πίνακας 4.1: Συντελεστής φόρτισης C για οδοντωτούς ιμάντες

C=k ₁ (k ₂ +k ₃)			
k ₁ =1 για έως 8h ημερήσια λειτουργία	Εργομηχανές		k ₃
k ₁ =1.2 για έως 20h ημερήσια λειτουργία	-Ελαφρές γενικά κινήσεις, μηχανισμοί μέτρησης, ταχογράφοι		1.0
Κινητήριες Μηχανές	k₂	- Μηχανές οικιακής χρήσης, συσκευές, ραπτομηχανές, μηχανές γραφείου	1.2
Ηλεκτροκινητήρες	0.5	- Ανεμιστήρες, μικρές γεννήτριες, φυγόκεντρες αντλίες	1.4
Ατμοστρόβιλοι	0.5	- Μεταφορικοί ιμάντες, ελαφρές μηχανές κατεργασίας ξύλου	1.6
Μηχανές Εσωτερικής Καύσης		- Υφαντουργικές μηχανές, ελαφρές εργαλειομηχανές, βαρέως τύπου μηχανές κατεργασίας ξύλου, ζυμωτήρια	1.8
-με 1 κύλινδρο	1.2		
-με 2...3 κυλίνδρους	1.0		
-με 4...5 κυλίνδρους	0.8	- Αναδευτήρες, πλυντήρια, λειαντικές μηχανές	1.9
-με 6 και περισσότερους κυλίνδρους	0.6	- Υφαντουργικοί ιστοί, γεννήτριες συγκόλλησης, βαρέως τύπου εργαλειομηχανές, βαρέως τύπου ανεμιστήρες και φυσητήρες.	2.0
Υδραυλικοί κινητήρες	0.3		

Η επιτρεπόμενη δύναμη εφελκυσμού θα είναι:

$$F_{\varepsilon\pi} = 704,7 \times 1,5 \times 1,5 = 1585,5N$$

Η τάση εφελκυσμού θα είναι:

$$\sigma = F/bs$$

όπου b το πλάτος του ιμάντα και s το πάχος του ιμάντα που είναι: $s=H-h=4,5-2,5=2,0mm$ Οι τιμές των H και h λαμβάνονται από τον Πίνακα 2.1

Οπότε

$$\sigma = \frac{287,3}{15 \times 2} = 9,57 N/mm^2$$

6.2 ΤΡΟΧΑΛΙΕΣ

Όπως ήδη αναφέρθηκε οι τροχαλίες που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη είναι οδοντωτές και η μεγάλη τροχαλία αποτελείται από 8 βραχίονες.

Οι βραχίονες έχουν ελλειπτική διατομή με σχέση αξόνων ~1:2 στη στεφάνη και 4:5 στην πλήμνη. Η περιφερειακή δύναμη που ενεργεί σε απόσταση y από τη βάση των βραχιόνων τους καταπονεί σε κάμψη. Αν θεωρήσουμε ότι μόνο το 1/3 των βραχιόνων λαμβάνει μέρος στη μεταφορά της δύναμης τότε θα έχουμε:

$$\sigma_b = \frac{F_u y}{\left(\frac{Z}{3}\right) W_b} \leq \sigma_{\varepsilon\pi}$$

Όπου σ_b είναι η τάση κάμψης στο βραχίονα σε N/mm^2 ,

F_u είναι η περιφερειακή δύναμη σε N,

y είναι η απόσταση σε mm της περιφερειακής δύναμης από την επικίνδυνη διατομή,

W_b είναι η ροπή της αντίστασης στη διατομή του βραχίονα,

Z είναι ο αριθμός των βραχιόνων και

$\sigma_{\varepsilon\pi}$ είναι η επιτρεπόμενη τάση κάμψης σε N/mm^2 Δεδομένου ότι οι τροχαλίες μας είναι από χυτοχάλυβα θα είναι $\sigma_{\varepsilon\pi}=60N/mm^2$.

Άρα η τάση κάμψης στο βραχίονα της μεγάλης τροχαλίας είναι:

$$\sigma_b = 287,3 \times \frac{0,0504}{\frac{4}{3}} = 10,860 \text{ N/mm}^2$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια σύντομη αναφορά στο στήσιμο της πειραματικής συσκευής ιμαντοκίνησης καθώς και μια παρουσίαση του ταχύμετρου που χρησιμοποιήθηκε για τις πειραματικές μετρήσεις των στροφών της συσκευής. Θα πραγματοποιηθεί η σύγκριση της θεωρητικής απόδοσης της συσκευής με την πειραματική και θα δικαιολογηθεί η όποια απόκλιση παρουσιάζεται από τα θεωρητικά στοιχεία.

7.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια η πειραματική διάταξη αποτελείται από δύο οδοντωτές τροχαλίες, έναν οδοντωτό ιμάντα και ένα μοτέρ. Για τη συναρμολόγηση της συσκευής αρχικά τοποθετήθηκε η βάση πάνω στην οποία θα στηριχτεί η συσκευή.



Εικόνα 26 - Επίπεδη βάση στήριξης της διάταξης

Η βάση στήριξης έχει διαστάσεις 520 x 250 χιλ. και πάχος 5 mm, και είναι από ανοξείδωτο χάλυβα st 37-2 κατά DIN 17100 με $\sigma_{\text{επ}} = 215 \text{ N/mm}^2$. Το $\sigma_{\text{επ}}$ είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερο από αυτό που απαιτεί η συσκευή οπότε δεν χρειάστηκε να προχωρήσουμε σε περεταίρω διερεύνηση για την στήριξη.

Αρχικά στο κάτω μέρος της μεταλλικής πλάκας στερεώνονται στα άκρα της βάσεις στήριξης που εξασφαλίζουν τη σταθερότητά της. Η σταθερότητα της βάσης έχει μεγάλη σημασία κατά τη λειτουργία της συσκευής ούτως ώστε να αποφεύγεται η μετακίνησή της κατά την περιστροφή των τροχαλιών, γεγονός που θα επηρέαζε τις πειραματικές μετρήσεις.



Εικόνα 27 - Βάση στήριξης

Στο πάνω μέρος της βάσης τοποθετούνται στηρίγματα για τις δύο τροχαλίες (Σχήμα 28). Στο στήριγμα της μικρής τροχαλίας λειτουργεί ταυτόχρονα και ως στήριγμα για το μοτέρ που δίνει την κίνηση στη μικρή τροχαλία.



Εικόνα 28 - Στηρίγματα τροχαλιών

Στη συνέχεια ετοιμάζονται τα στοιχεία της συσκευής για την τοποθέτησή τους. Αρχικά τοποθετείται το μοτέρ από τη μια μεριά στη βάση της μικρής τροχαλίας ενώ από την άλλη θα τοποθετηθεί η μικρή τροχαλία.



Εικόνα 29 - Τοποθέτηση μοτέρ

Κατασκευάστηκε αντάπτορας ώστε να μπορεί η μικρή τροχαλία να βιδώσει επάνω στο μοτέρ χωρίς να υπάρχουν απώλειες κατά την λειτουργία του.



Εικόνα 30 - Μικρή τροχαλία πριν τη τοποθέτησή της

Στη μεγάλη τροχαλία πριν την τοποθέτησή της θα τοποθετηθεί το ρουλεμάν που όπως ήδη αναφέρθηκε είναι το SKF 6300 2Z.



Εικόνα 31 - Ρουλεμάν SKF 6300 2Z

Πραγματοποιήθηκε τριβή με της κατάλληλες ανοχές στην μεγάλη τροχαλία ώστε να τοποθετηθεί το ρουλεμάν χωρίς να ολισθαίνει επάνω στη τροχαλία Σχήμα 32.



Εικόνα 32 - Μεγάλη τροχαλία πριν και μετά την τοποθέτηση του ρουλεμάν

Αφού ετοιμαστούν οι δύο τροχαλίες τοποθετούνται στην προβλεπόμενη θέση τους στη βάση της συσκευής. Η απόσταση των κέντρων των δύο τροχαλιών έχει μετρηθεί να είναι ίση με 375mm.



Εικόνα 33 - Τοποθέτηση μικρής και μεγάλης τροχαλίας

Στη συνέχεια προσαρμόζεται ο οδοντωτός ιμάντας πάνω στις τροχαλίες.



Εικόνα 34 - Οδοντωτός ιμάντας

Η τοποθέτηση του ιμάντα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να προσαρμόζει τέλεια πάνω στις δύο τροχαλίες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ιδανική λειτουργία της συσκευής. Η τοποθέτησή του αποτελεί και ένα μέτρο σωστής τοποθέτησης των τροχαλιών. Αν για παράδειγμα ο ιμάντας είναι χαλαρός πάνω στις τροχαλίες σημαίνει ότι θα πρέπει η μεταξύ τους απόσταση να μεγαλώσει αφού δεν είναι δυνατή η ιμαντοκίνηση. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν ο ιμάντας μπαίνει με πολύ μεγάλη δυσκολία στις δύο τροχαλίες τότε η μεταξύ τους απόσταση θα πρέπει να μειωθεί έτσι ώστε να εφαρμόσει σωστά στις τροχαλίες. Επιπλέον αν ο ιμάντας εφαρμόζει με δυσκολία πάνω στις τροχαλίες είναι πιο εύκολο να σπάσει κατά τη λειτουργία της συσκευής.



Εικόνα 35 - Τελική διαμόρφωση συσκευής

7.3. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΤΑΧΥΜΕΤΡΟ

Το ταχύμετρο είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας ενός περιστρεφόμενου αντικειμένου. Η βασική αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο γεγονός ότι ο κινητήρας παράγει ένα δυναμικό που είναι ανάλογο προς τη γωνιακή ταχύτητα του άξονα του κινητήρα. Η σταθερά αναλογίας που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή της μηχανικής κίνησης σε δυναμικό έχει συνήθως τιμή από 1 έως 30 Volts ανά 1000RPM. Το ταχύμετρο συνήθως τοποθετείται στον άξονα του κινητήρα δεδομένου ότι απαιτείται ακριβής ρύθμιση της ταχύτητας. Το ταχύμετρο τροφοδοτεί το σήμα του σε έναν ελεγκτή που ρυθμίζει ανάλογα την έξοδο του στο μετατροπέα του κινητήρα. Υπάρχουν δύο είδη ταχυμέτρου τα επαφής και τα εξ αποστάσεως.



Εικόνα 36 - Ηλεκτρονικό ταχύμετρο

Οι δύο πιο σημαντικές παράμετροι που θεωρούνται όταν καθορίζονται τα ταχύμετρα είναι το εύρος λειτουργίας της ταχύτητας και η ακρίβεια. Το εύρος της ταχύτητας λειτουργίας είναι το εύρος της μετρούμενης ταχύτητας περιστροφής που μπορεί να δείξει το ταχύμετρο. Η ακρίβεια δίνεται συνήθως σε τυπικές μονάδες όπως \pm RPM κτλ. η τεχνολογία ανίχνευσης που χρησιμοποιείται στα ταχύμετρα μπορεί να είναι εξ επαφής, φωτοηλεκτρική ή επαγωγική. Σε μια συσκευή επαφής το στροφόμετρο του ταχύμετρου ή αλλιώς ο αισθητήρας έρχεται σε επαφή με το περιστρεφόμενο κομμάτι. Στην περίπτωση της φωτοηλεκτρικής συσκευής η ταχύτητα μετρείται με τη βοήθεια δεσμών φωτός ορατών ή υπέρυθρων. Στις επαγωγικές συσκευές παράγονται μαγνητικά πεδία μέσω μαγνητικών στοιχείων και η συχνότητα ενεργοποίησης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ταχύτητας.

Για τη μέτρηση των στροφών της συσκευής ιμαντοκίνησης χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό ταχύμετρο LCD digital photo tachometer IR. Το συγκεκριμένο ταχύμετρο έχει πεδίο από 2.5 έως 99.999RPM με ανάλυση 0.1RPM για εύρος από 2.5 έως 99.999RPM και 1RPM για εύρος πάνω από 1000RPM. Η ακρίβεια του δίνεται πως είναι +/- (0.05% +1 ψηφίο). Είναι εξ αποστάσεως ταχύμετρο και η απόσταση από την οποία η μέτρηση θεωρείται ακριβής είναι από 50 έως 500mm.

7.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Μετά το στήσιμο της συσκευής αυτή τίθεται σε λειτουργία. Η τροφοδοσία του μοτέρ με ηλεκτρικό ρεύμα προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία γίνεται με κοινή μπαταρία αυτοκινήτου 12V και 55 A.

Το μοτέρ λειτούργησε και στις δύο του ταχύτητες δηλαδή στη χαμηλή 40 rpm και στη μέγιστη 55rpm. Η συσκευή τέθηκε σε λειτουργία και με το ταχύμετρο μετρήθηκαν οι στροφές τόσο της μικρής όσο και της μεγάλης τροχαλίας. Για την ακρίβεια των μετρήσεων αυτές πραγματοποιήθηκαν δύο φορές μία με την εκκίνηση του μοτέρ και μία μετά από μερική ώρα λειτουργίας της συσκευής.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας εργασίας ο λόγος μετάδοσης μεταξύ των δύο τροχαλιών είναι ίσος με 2 ενώ οι στροφές του μοτέρ θα είναι και οι στροφές θεωρητικά της μικρής τροχαλίας.

Από το λόγο μετάδοσης της ιμαντοκίνησης έχουμε:

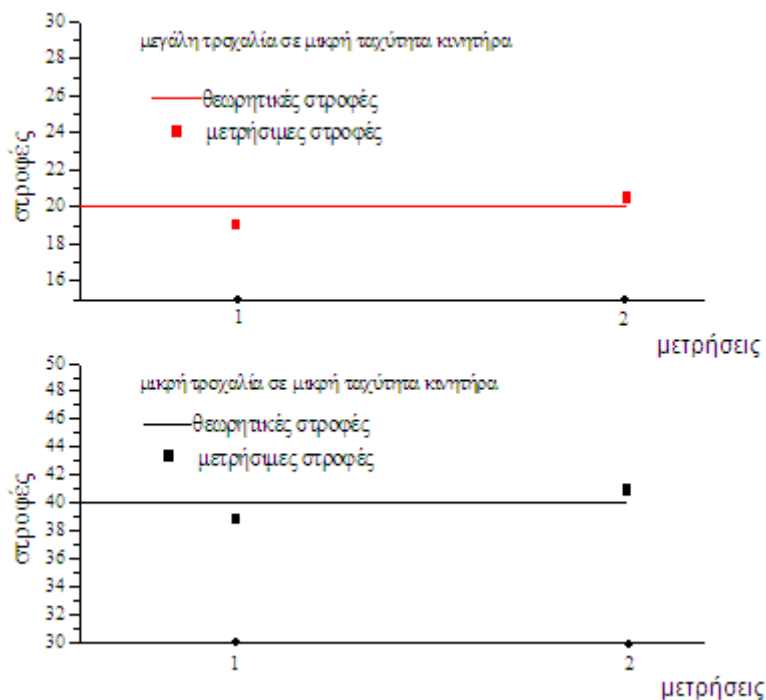
$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i}$$

Στην περίπτωση που το μοτέρ κινείται στη χαμηλή ταχύτητα $n_1=40$ rpm η μικρή τροχαλία θεωρητικά θα κινείται με την ίδια ταχύτητα και η μεγάλη τροχαλία θα κινείται με:

$$n_2 = \frac{40}{2} = 20 \text{ στροφές}$$

Στην περίπτωση που το μοτέρ λειτουργούσε στη χαμηλή ταχύτητα $n_1=40$ rpm η πρώτη μέτρηση με το ταχύμετρο έδειξε ότι η ταχύτητα της μικρής τροχαλίας στη μέτρηση ήταν 38.8rpm και στη δεύτερη μέτρηση 40.9rpm. Για τη μεγάλη τροχαλία οι αντίστοιχες τιμές που μετρήθηκαν είναι 19 και 20.5rpm.

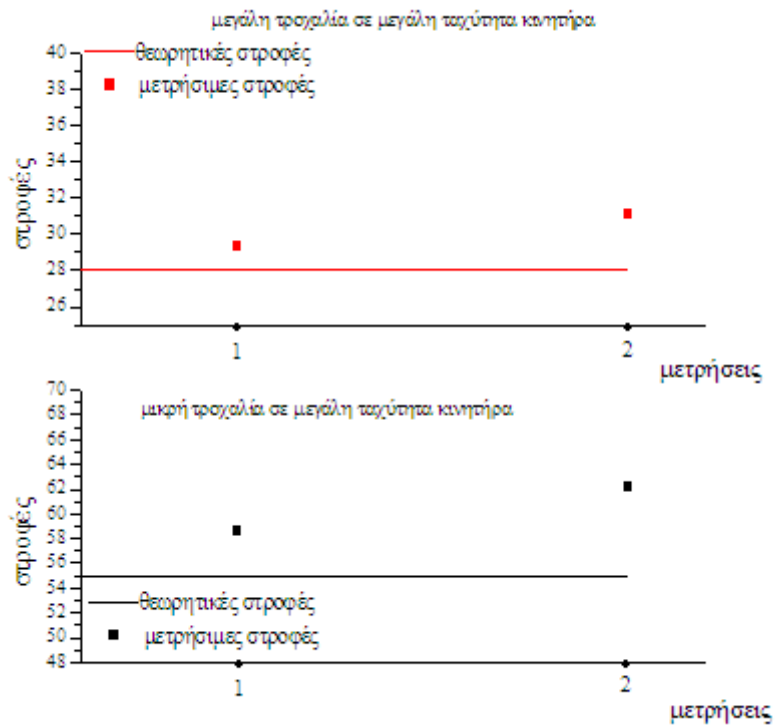
Όπως φαίνεται από την εικόνα 37 οι μετρήσιμες στροφές στην αρχή λειτουργίας του κινητήρα είναι ελαφρώς μικρότερες από τις θεωρητικές τόσο για τη μικρή όσο και για τη μεγάλη τροχαλία. Μετά από ώρα λειτουργίας οι μετρήσιμες στροφές είναι ίδιες σχεδόν με τις θεωρητικές. Αυτή η μικρή απόκλιση στην αρχή λειτουργίας της συσκευής μπορεί να οφείλεται στη λειτουργία του μοτέρ η οποία δεν αποδίδει αμέσως με την ενεργοποίησή του τις επιθυμητές στροφές. Σε κάθε περίπτωση πάντως τόσο οι πειραματικές στροφές της μικρής τροχαλίας όσο και της μεγάλης τροχαλίας αποκλίνουν από τις θεωρητικές στα πλαίσια του πειραματικού σφάλματος.



Εικόνα 37 - Θεωρητικές και πειραματικές τιμές για τις δυο τροχαλίες σε μικρή ταχύτητα λειτουργίας

Στην περίπτωση που το μοτέρ δουλεύει στη μέγιστη ταχύτητα $n_1=55\text{rpm}$ η ταχύτητα της μεγάλης τροχαλίας θα είναι: $n_2=55/2=27.5\text{rpm}\approx 28\text{rpm}$. Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη μικρή τροχαλία βρέθηκε ότι το ταχύμετρο μέτρησε 58.6 και 62.2 στροφές αντίστοιχα στην αρχή και κατά τη λειτουργία της διάταξης. Για τη μεγάλη τροχαλία οι αντίστοιχες τιμές που μετρήθηκαν είναι 29.3 και 31.1 στροφές.

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 38 η απόκλιση των πειραματικών τιμών από τις θεωρητικές παρόλο που παραμένει στα πλαίσια του πειραματικού σφάλματος είναι μεγαλύτερη από την περίπτωση που ο κινητήρας λειτουργεί σε μεγάλη ταχύτητα. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ίδιο το μοτέρ που πιθανόν στη μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας να εισέρχεται μεγαλύτερο σφάλμα μέτρησης, μπορεί να οφείλεται και σε σφάλμα κατά την λήψη των μετρήσεων με το ταχύμετρο αλλά μπορεί ακόμα και ο ιμάντας επειδή δεν είναι καινούργιος να έχει χάσει της ιδιότητες του δηλαδή την ελαστικότητά του.



Εικόνα 38 - Θεωρητικές και πειραματικές τιμές για τις δύο τροχαλίες σε μεγάλη ταχύτητα λειτουργίας

ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χειρονακτική δημιουργία, αλλά και γενικότερα η συμμετοχή της ανθρώπινης μυϊκής δύναμης σιγά-σιγά ελαχιστοποιείται και στο προσκήνιο έρχεται η μηχανή. Σε μία εποχή που τα πάντα θα πρέπει να γίνονται γρήγορα και με εξασφαλισμένη ποιότητα μηχανολογία οφείλει να δώσει απαντήσεις στις ανάγκες της κοινωνίας και της οικονομίας. Η τελευταία είναι σημαντικός παράγοντας στη νέα βιομηχανική εποχή, η οποία προσαρμόζεται ή και προσαρμόζει την τεχνολογική εξέλιξη, κατευθύνει την τεχνολογία στις ανάγκες της και κατευθύνεται από την τεχνολογία όσον αφορά στην κοστολόγηση. Η μηχανολογία ως επιστήμη έχει γνωρίσει τα τελευταία χρόνια τεράστια ανάπτυξη και μαζί της έχει συμπαρασύρει και την οικονομία. Η μηχανολογία έδωσε ώθηση στην παραγωγικότητα και έλυσε τα χέρια εργαζομένων και εργοδοτών. Βέβαια όσοι εργαζόμενοι τη χρησιμοποιούν είναι ευεργετημένοι από την πρόοδό της, αντίθετα πολλοί έχουν χάσει τη θέση τους από την τις τελευταίες εξελίξεις.

Εδώ και αιώνες, η μηχανολογία έχει εντάξει στη φαρέτρα της τη λειτουργία του ιμάντα και μιλάμε σήμερα για την έννοια ιμαντοκίνηση. Η ιμαντοκίνηση βελτίωσε κατά πολύ τις βιομηχανικές θεωρήσεις για την εφαρμοζόμενη τάση αλλά και το χρόνο ζωής του ιμάντα, την απόδοση της μετάδοσης ισχύος, τη μέγιστη στιγμιαία απόδοση και το θόρυβο. Οι ιμάντες και οι αλυσίδες αποτελούν τα βασικότερα στοιχεία μηχανών που επιτυγχάνουν μετάδοση των κινήσεων με έλξη. Παράλληλα η δυνατότητα των ιμάντων και των αλυσίδων να μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση των κινητηρίων ατράκτων σε μεταφορική κίνηση τους έχει καταστήσει κύριους φορείς των μεταφορικών διατάξεων. Στις σελίδες που προηγήθηκαν έγινε πολύς λόγος για αυτοματοποίηση και τεχνολογία.

Σίγουρα ο αναγνώστης πείστηκε πως ο άνθρωπος κρύβει πολλά όπλα που συνεχώς μπορεί χρησιμοποιεί. Στην ουσία για κάθε εμφανιζόμενο πρόβλημα προκαλύπτει και ένα νέο τεχνολογικό επίτευγμα. Ο συντάκτης της παρούσας εργασίας θεωρεί μετά από τη μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και την περιπλάνησή του στο χώρο του Διαδικτύου ότι η ιμαντοκίνηση μπορεί να έχει άπειρες εφαρμογές και να συμβάλει στη διευκόλυνση της καθημερινότητας του πολίτη. Τα εργαλεία που έχει στη διάθεσή της η σύγχρονη βιομηχανία είναι ασύγκριτα και το μόνο που απαιτείται είναι σχεδιασμός και επενδύσεις πάνω στην υπάρχουσα

τεχνολογία. Ταυτόχρονα κατανοεί πως σημαντικό ρόλο στην όλη διαδικασία δεν παίζει μόνο η τεχνολογία, αλλά και ο ανθρώπινος παράγοντας, που μπορεί να θεωρείται από πολλούς ότι βρίσκεται σε δεύτερο επίπεδο, αλλά στη συνείδηση του συντάκτη παίζει σημαντικό ρόλο.

Κλείνοντας την παρούσα εργασία, ο συντάκτης θεωρεί ότι κατέβαλε το μέγιστο των δυνατοτήτων του προκειμένου να εξαντλήσει το θέμα και ευελπιστεί να κάλυψε και τον πιο απαιτητικό αναγνώστη. Η τεχνολογία δεν θα πάψει ποτέ να εξελίσσεται και να εφαρμόζει πάντα νέες ιδέες για την κάλυψη των αναγκών της κοινωνίας. Η χρησιμοποίηση του ιμάντα γι' αυτό το λόγο στάθηκε η αφορμή για να βελτιωθεί η καθημερινότητα του ανθρώπου μέσα από την εφαρμογή της ιμαντοκίνησης σε πολλές μηχανές. Το σίγουρο είναι ότι μετά από κάποια χρόνια η εξέλιξη της τεχνολογία θα είναι τέτοια που θα καταστήσει τη χρήση της ιμαντοκίνησης απαρχαιωμένη και τις σελίδες που μόλις ολοκληρώνονται, απλό αποδεικτικό μίας τεχνολογικής πραγματικότητας.

ΕΥΡΕΣΗ ΟΡΩΝ

B

BALATA26

A

Αλυσίδες 40, 41, 42

αλυσοτροχών 40, 43, 44

Αξονική Δύναμη 64

Γ

γωνία περιέλιξης 27, 35

Δ

δερμάτινοι ιμάντες 25

δίσφαροι τριβείς 56

δύναμη εφελκυσμού 29, 36, 64, 65, 66

E

έδρανα 3, 4, 27, 29, 42, 51, 53, 60, 64

επιτρεπόμενη τάση 66, 67

I

ιμάντα 2, 3, 4, 12, 14, 15, 17, 18, 20, 21,
22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33,
34, 35, 36, 37, 46, 47, 63, 64, 65, 66, 68,
73, 77, 79, 80

Ιμάντες F 25

Ιμάντες G 25

Ιμάντες HG 25

Ιμάντες ελαστικοί 26

ιμαντοκίνηση .. 2, 4, 12, 13, 16, 17, 20, 23,
24, 27, 73, 79

ιμαντοκίνησης... 2, 3, 4, 12, 13, 14, 15, 17,
19, 23, 24, 31, 51, 68, 75, 76, 80

K

κυλινδρικός τριβέας 57

κωνικοί τριβείς 58

M

Μειωτήρες 38, 39

μεταδόσεις κίνησης με αλυσίδες 42

μετάδοση κίνησης 2, 4, 12, 13, 20, 37, 42,
46, 47, 63

μετάδοσης ισχύος 4, 17, 31, 79

μετάδοσης κίνησης 23, 40, 46

μεταφορά ισχύος 4, 12, 20, 40

μικροτραπεζοειδείς ιμάντες 28

μονόσφαιροι τριβείς 55

μοτέρ... 3, 33, 34, 68, 69, 70, 71, 75, 76, 77

O

οδόντωση 18, 32, 39

οδοντωτές 3, 31, 66, 68

οδοντωτό τροχό 29, 38

οδοντωτοί ιμάντες 29

οδοντωτοί τροχοί 37, 39

οδοντωτών τροχών... 4, 37, 38, 39, 40, 43

Π

περιφερειακή ταχύτητα 34, 35, 77

T

τάση εφελκυσμού 66

τάση κάμψης 66, 67

ταχύμετρο 74, 75, 76, 77

τραπεζοειδείς ιμάντες 20, 24, 27, 28

τραπεζοειδής ιμάντες 23

τροχαλιών 4, 15, 17, 18, 23, 24, 32, 34, 63,
69, 70, 72, 73, 75, 77

τύποι εδράνων 3

Υ

Υφαντοί ιμάντες 25

X

Χαλύβδινη ταινία 26

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Cromwell JPB., "A treatise of Belts and Pulleys", J.Willeys and Sons Ed., 1985
2. Kennedy, "Kinematics of Machinery", London 1876
3. Euler M.L., "Remarks Sur l'effects l'ottements dans l'equilibre", Mem.Acad. Science, pp.265-278,1762
4. Βαΐρης Α. «Στοιχεία Μηχανών», 2004
5. G. Niemann, Στοιχεία Μηχανών, Τόμος Β, Εκδόσεις Φούντας
6. Γ. Μαλλιάρης, Έδρανα Κύλισης, Σημειώσεις,
7. http://ithaki.meng.auth.gr/data/Έδρανα_Κύλισης.pdf
8. Τραμουντάνη Βασιλική, Βέλτιστη Σχεδίαση Διβάθμιου Μειωτήρα και Συγκριτική μελέτη με χρήση Η/Υ, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης προϊόντων και συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου,2010
9. Στεργίου Ι.Κ., Στεργίου Κ.Ι., Στοιχεία Μηχανών ΙΙ, Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, 2002
10. Στεργίου Ι., Στοιχεία Μηχανών Ι Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων Αθήνα 2003
11. <http://www.skf.com>