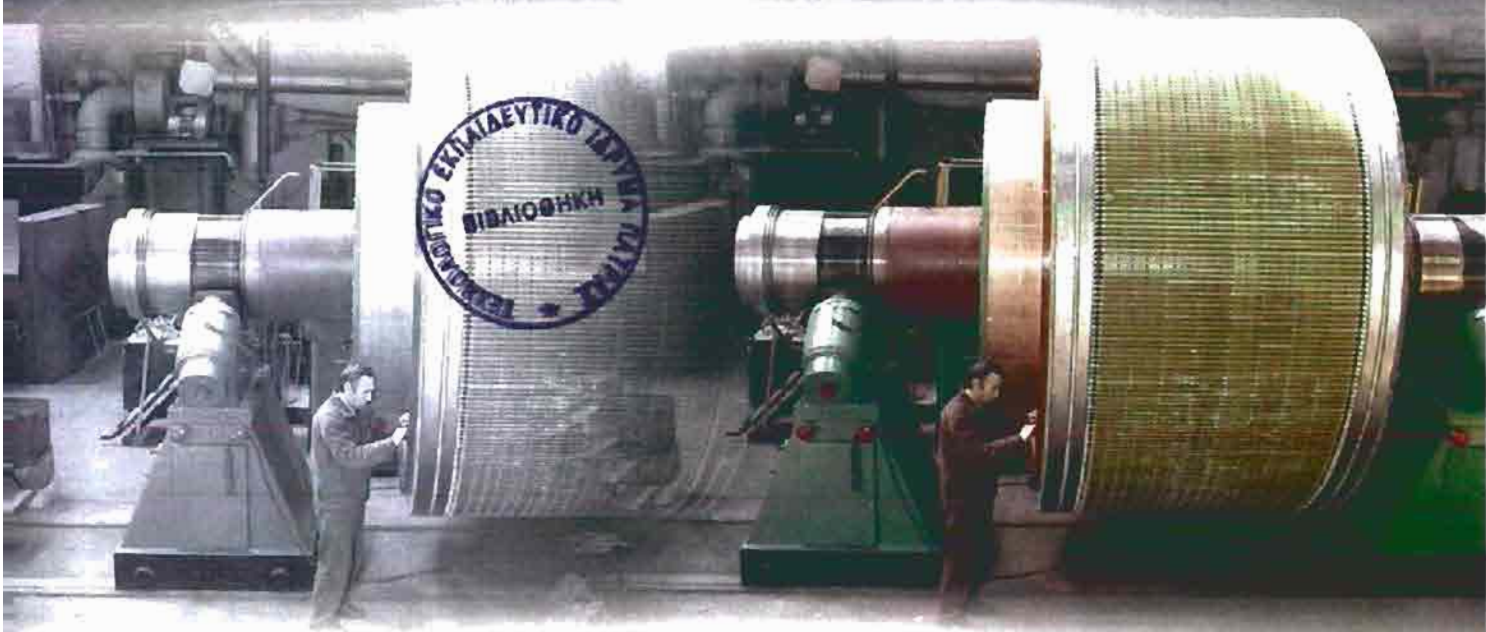


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΑΠΑΤΑΓΓΕΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΚΑΤΣΑΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΜΑΝΤΑΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΜΠΑΝΕΛΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	3166
----------------------	------

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
Πρόλογος	1
Κεφάλαιο 1	4
Παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης	5
1.1 Γενικά περι συντήρησης	5
1.1.1 Μηχανολογικός εξοπλισμός	10
1.1.2 Λειτουργικότητα και συντήρηση	20
1.1.3 Διαχείριση της συντήρησης	22
1.1.4 Οργάνωση της συντήρησης	24
1.2 Όργανα, εργαλεία και μετρήσεις	32
1.2.1 Όργανα και εργαλεία στην συντήρηση	36
1.2.2 Καλίμπρες και ρυθμιστές	53
1.2.3 Ζυγοσταθμίσεις	55
1.2.4 Μετρήσεις στην συντήρηση	57
1.2.5 Μετρήσεις και αναλύσεις ταλαντώσεων	70
1.2.6 Κανονισμοί	74
1.3 Αστοχίες και βλάβες	81
1.3.1 Παραμόρφωση	81
1.3.2 Φθορά	88
1.3.3 Διάβρωση	95
1.3.4 Γενική ορολογία και πειραματικός προσδιορισμός της αντοχής των υλικών	100
1.3.5 Μερικά αίτια και θεραπείες για ταλαντώσεις σε περιστροφικές μηχανές	105
1.4 Διαγνωστική	106
1.5 Ασφάλεια και υγιεινή	134
1.5.1 Ασφάλεια προσωπικού	134
1.5.2 Ασφάλεια εξοπλισμού	139
1.5.3 Συντήρηση σε επικίνδυνο περιβάλλον	145
1.5.4 Έλεγχος πιστοποίησης συντήρησης	151

Κεφάλαιο 2	161
2.1 Φορείς	162
2.1.1 Αστοχείες φορέων	164
2.1.2 Συνδέσεις	164
2.2 Λίπανση	165
2.2.1 Είδη λίπανσης	165
2.2.2 Η επιλογή του λιπαντικού	166
2.2.3 Μέθοδοι λίπανσης	167
2.2.4 Συντήρηση λιπαντικών	167
2.2.5 Διαχείριση των παλιών λιπαντικών	168
2.2.6 Γράσσα	169
2.2.7 Προτερήματα και ελλωτάματα των γρασσών	169
2.2.8 Στεγανοποίηση	170
2.3 Έδρανα και εδράσεις	170
2.3.1 Έδρανα ολίσθησης και έδρανα κύλισης	172
2.3.2 Αρχές λειτουργίας	177
2.3.3 Ταξινόμηση – τυποποίηση	179
2.3.4 Ορθή συναρμολόγηση	184
2.3.5 Αστοχίες	187
2.3.6 Λίπανση εδράνων	187
2.4 Ελεγκτές κίνησης	188
2.4.1 Συμπλέκτες και φρένα	190
2.4.2 Ταξινόμηση	192
2.4.3 Τεχνικές ρυθμίσεις	193
2.4.4 Αστοχίες	193
2.5 Μεταφορείς ισχύος	194
2.5.1 Συρματόσχοινα	194
2.5.2 Άξονες	197
2.5.3 Ιμάντες	199
2.5.3.1 Τυποποίηση	199
2.5.3.2 Αξιολόγηση	201
2.5.3.3 Μέθοδοι ορθής συναρμολόγησης	203
2.5.3.4 Αστοχίες	204
2.5.4 Αλυσίδες	205
2.5.4.1 Τυποποίηση	206
2.5.4.2 Έλεγχος αλυσίδων	207
2.5.4.3 Μέθοδοι ορθής συναρμολόγησης	208
2.5.4.4 Αστοχίες	216
2.5.5 Οδοντωτοί τροχοί	216
2.5.5.1 Τυποποίηση	219
2.5.5.2 Έλεγχος οδοντωτών τροχών	222
2.5.5.3 Μέθοδοι ορθής συναρμολόγησης	223

2.5.5.4 Αστοχίες	227
Κεφάλαιο 3	229
Πληροφοριακά συστήματα συντήρησης	230
3.1 Λειτουργικότητα και αξιοπιστία	231
3.2 Παρακολούθηση διεργασιών	237
3.3 Ανάλυση μορφών αστοχίας	241
3.4 Διαχείριση συντήρησης	244
Κεφάλαιο 4	246
Περίληψη	248
4.1 Εισαγωγή	248
4.2 Το ευνοϊκό μοντέλο συντήρησης	250
4.2.1 Ο πρωταρχικός σκοπός ενός τμήματος	250
4.2.2 Ορισμός του βέλτιστου μοντέλου συντήρησης	252
4.2.2.1 Διορθωτική η βασιζόμενη σε βλάβη μέθοδος συντήρησης (FBM)	253
4.2.2.2 Προληπτική η βασιζόμενη στη χρήση συντήρηση (UBM)	255
4.2.2.3 Προγνωστική η βασιζόμενη στις συνθήκες συντήρησης	255
4.2.3 Ένα πρακτικό παράδειγμα του βέλτιστου μοντέλου συντήρησης	256
4.2.4 Αποτελέσματα από την εφαρμογή αυτού στην τσιμεντοβιομηχανία TITAN A.E. στην εγκατάσταση Πατρών	257
4.3 Περιβαλλοντική διαχείριση των υποπροϊόντων συντήρησης	259
4.3.1 Παραδείγματα διαχείρισης υποπροϊόντων συντήρησης σε μία εγκατάσταση τσιμέντου	260
4.3.1.1 Ανακύκλωση	260
4.3.1.2 Καιγώμενα υποπροϊόντα σε τσιμεντένιο κλίβανο	261
4.4 Συμπεράσματα - παρατηρήσεις	262
4.5 KSB – BIOSEN	264
4.5.1 Πιθανά αίτια	266
4.5.2 Αποκατάσταση	267

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι παρακάτω σημειώσεις αφορούν τους ανθρώπους που σχετίζονται με τη συντήρηση ανεξάρτητα από το επίπεδο γνώσεων που κατέχουν πάνω στα σχετικά θέματα και το βαθμό ιεραρχίας τους στη διοικητική αλυσίδα.

Οι συγγραφείς έχουν ασχοληθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα και συστηματικά τόσο σε εκπαιδευτικό όσο και πρακτικό επίπεδο με τα θέματα των αστοχιών, βλαβών και διαγνωστικής που παρουσιάζονται στις απλές μηχανές αλλά και στις σύνθετες εγκαταστάσεις και βιομηχανοστάσια, και επομένως, μέσα από αυτές τις σημειώσεις παρουσιάζουν ένα καταστάλαγμα της συσσωρευμένης εμπειρίας τους πάνω στα θέματα της συντήρησης.

Οι σημειώσεις αυτές είναι γραμμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο αναγνώστης να μπορεί να κατανοηθούν τα σχετικά αντικείμενα χωρίς απαραίτητα να γνωρίζει σε βάθος τα τεχνικά και θεωρητικά θέματα που υπεισέρχονται στις πρακτικές της συντήρησης.

Επίσης έχει γίνει μεγάλη προσπάθεια να παρατίθεται εικονογραφημένο υλικό σε μεγάλη έκταση ώστε να κατανοεί εύκολα ο αναγνώστης τις τεχνικές λεπτομέρειες. Επιπλέον η συντήρηση συνδέεται έμμεσα με όρους παραγωγής και επομένως οικονομίας που με τη σειρά τους απαιτούν ειδικούς κανονισμούς και ασφάλεια, θεωρήθηκε απαραίτητο να δοθούν εκτεταμένες αναφορές και περιγραφές σε κανονισμούς συντήρησης, ασφάλειας και διασάφησης.

Οι πληροφορίες που περιέχονται σ' αυτές τις σημειώσεις αφορούν τεχνίτες, μηχανικούς και διοικητικούς που ασχολούνται με τη συντήρηση. Ξεκινούν από απλές αρχές και εξειδικεύουν σε πολύπλοκες εγκαταστάσεις και βλάβες.

Αναπτύσσουν τις σύγχρονες αρχές της μετρολογίας που αποτελούν τη βάση των διαγνωστικών μεθόδων και για πρώτη φορά αναφέρονται στα πληροφοριακά συστήματα που έχουν

αναπτυχθεί για τη συντήρηση και τις σχετικές λειτουργίες. Δίνουν δε έμφαση τόσο στη συντήρηση κλασσικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων όσο και στη συντήρηση κινητών μονάδων ή εξοπλισμού.

Επομένως αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εγχειρίδιο τόσο για τους συντηρητές όσο και τους τεχνικούς επισκευών και διαγνωστικής που ασχολούνται με απλά συστήματα ή πολύπλοκες εγκαταστάσεις.

Στις σημειώσεις αυτές αναπτύσσονται τα γενικά θέματα της συντήρησης και η συντήρηση των στοιχείων και των εγκαταστάσεων.

Περιγράφονται επίσης, τα πληροφοριακά θέματα συντήρησης, με ειδική αναφορά στις πληροφοριακές τεχνολογίες, την επισκόπηση των εμπορικών κωδικών και με αντίστοιχες εφαρμογές.

Σε κάθε κεφάλαιο εκτίθενται παραδείγματα εφαρμογής, ασκήσεις και ερωτήσεις σχετικές με τη θεωρία.

Ακόμα παρατίθεται βιβλιογραφία σχετική με κανονισμούς, ασφάλεια, νόρμες συντήρησης, ποιοτικό έλεγχο και αποδοχή εργασιών συντήρησης.

Ξεκινώντας από την αρχή λειτουργίας, τις αστοχίες, την εγκατάσταση, τα συμπτώματα και τις επιπτώσεις των βλαβών για τα στοιχεία μηχανών, αναπτύσσονται οι μέθοδες θεραπείας των βλαβών και οι τεχνικές συντήρησης.

Οι αρχές αυτές εφαρμόζονται στη συνέχεια σε πολύπλοκες εγκαταστάσεις και βιομηχανοστάσια, όπου παρουσιάζεται ιεράρχηση, ταξινόμηση των στοιχείων και εμπειρική κυρίως ανάλυση και επιπτώσεις των βλαβών από κάθε στοιχείο στα γειτονικά του και τελικά στην εγκατάσταση.

Επίσης γίνεται προσπάθεια ολοκλήρωσης των εμπειρικών μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί για την συντήρηση πολύπλοκων μηχανολογικών συστημάτων και εγκαταστάσεων σε πληροφοριακά συστήματα, οπότε μεγάλο μέρος της συντήρησης ολοκληρώνεται με τη βοήθεια υπολογιστών.

Ειδικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται όλα τα σχετικά με τις κλασσικές αρχές και τεχνικές συντήρησης θέματα.

Περιλαμβάνονται τεχνικά, οικονομικά, διοικητικά και οργανωτικά στοιχεία, καθώς επίσης και προδιαγραφές, κανονισμοί ασφάλεια, υγιεινή και οικολογικές παράμετροι. Αναπτύσσονται οι αστοχίες και οι βλάβες και οι μέθοδοι θεραπείας αυτών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα στοιχεία μηχανών και εξαρτήματα, ορίζεται η αρχή λειτουργίας τους, σχήματα, τυποποιήσεις κλπ.

Περιγράφονται ο τρόπος εγκατάστασης, οι πιθανές αστοχίες και βλάβες, η διάγνωση και οι τρόποι θεραπείας αυτών και τέλος οι μέθοδοι συντήρησης.

Ενώ στο προηγούμενο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά σε στοιχεία και εξαρτήματα, στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται συστήματα, συγκροτήματα και εγκαταστάσεις που λειτουργούν σαν σύνολα.

Κάθε εγκατάσταση αναλύεται χωριστά, εξετάζεται η κρισιμότητα εξαρτημάτων και αστοχιών και η οργάνωση της συντήρησης.

Επίσης περιγράφονται οι σύγχρονες υπολογιστικές τεχνικές που σχετίζονται, με την συντήρηση.

Αυτές αφορούν τα πληροφοριακά συστήματα για ανάλυση κόστους, αποθήκη υλικών και ανταλλακτικών, προγραμματισμό ενεργειών, μορφές αστοχίας και δένδρα αστοχιών, κρισιμότητα και επιπτώσεις βλαβών, οργάνωση ενεργειών, λήψη αποφάσεων και διαχείριση συντήρησης.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για την επίσκεψη σε δύο βιομηχανικές μονάδες της περιοχής, στην τσιμεντοβιομηχανία TITAN και την μονάδα παραγωγής και επισκευής αντλιών KSB – BIOSEN. Παραθέτονται κύκλοι εργασίας, τρόποι λειτουργίας και λειτουργικά συστήματα, καθώς και διαγράμματα συντήρησης αυτών των μονάδων.

Κεφάλαιο 1

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθούν οι κλασσικές τεχνικές που αφορούν τη συντήρηση και οι οποίες ιστορικά αναπτύχθηκαν πρώτες.

Οι τεχνικές αυτές είναι απλές, βασίζονται σε εμπειρικά μέσα και αφορούν κυρίως την επισκευαστική συντήρηση. Αφού δε οι βλάβες αναφέρονται σε συγκεκριμένα στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από συγκεκριμένα υλικά, γίνεται και μία προκαταρκτική αναφορά στα υλικά, κατεργασίες, τρόπους κατασκευής και αστοχίες ώστε να γίνουν κατανοητές εξ αρχής οι αντίστοιχες διαδικασίες διάγνωσης και επεξήγησης εκάστης βλάβης, καθώς και τεχνικές θεραπείας αυτής.

Η συντήρησή δεν είναι πνευματική διαδικασία μόνο, αλλά κυρίως πρακτική, που πραγματοποιείται με συγκεκριμένες ενέργειες, τεχνικές και εργαλεία. Για το λόγο αυτό εκτίθενται τόσο τα όργανα, εργαλεία και ρυθμιστές που είναι απαραίτητα για τις διαδικασίες της συντήρησης, όσο και οι απαραίτητες μετρήσεις, ρυθμίσεις και μέτρα ασφάλειας.

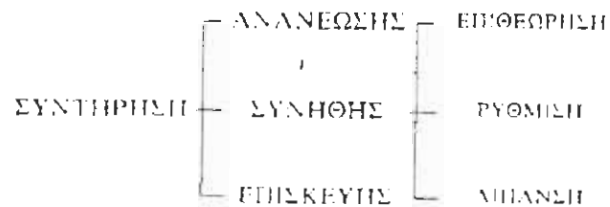
Τέλος, αναφέρονται τα μετρά προστασίας του προσωπικού, των εγκαταστάσεων και του περιβάλλοντος κατά τις διαδικασίες της συντήρησης.

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Για τη διατήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού σε καλή κατάσταση λειτουργίας, απαιτείται συστηματική φροντίδα και προσοχή όπως επίσης κανονική συντήρηση και επιδέξιες επισκευές. Η εργασία αυτή έχει τους εξής στόχους:

- 1) Συντήρηση του εξοπλισμού σε τέτοια κατάσταση ώστε να εξασφαλίζεται κανονική παραγωγικότητα και αποδεκτή ποιότητα παραγωγής.
- 2) Πρόληψη μη αναμενόμενων ή αιφνίδιων βλαβών του εξοπλισμού.

- 3) αύξηση της παραγωγικότητας μέσω βελτιώσεων και τροποποιήσεων που γίνονται κατά τη διάρκεια προγραμματισμένων επισκευών.



Σχήμα 1.1 Λειτουργίες συντήρησης

Στο Σχήμα 1.1 φαίνονται οι συνήθειες λειτουργίες της συντήρησης σύμφωνα με τους προηγούμενους στόχους.

Η επιθεώρηση γίνεται οπτικά ή με όργανα ώστε να βρεθεί η κατάσταση λειτουργίας του εξοπλισμού, και διεξάγεται σε τακτούς προγραμματισμένους χρόνους. Όταν στην επιθεώρηση ανιχνευθούν βλάβες ή αστοχίες, αυτές επισκευάζονται στους προγραμματισμένους χρόνους επισκευής, εφόσον αυτό είναι δυνατό.

Κατ' αντιστοιχία, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μορφές συντήρησης όπως είναι μεταξύ άλλων η συντήρηση κατάρρευσης, η προληπτική και διορθωτική.

Η συντήρηση κατάρρευσης εφαρμόζεται όταν εμφανισθούν βλάβες που καθιστούν αδύνατη τη λειτουργία του εξοπλισμού. Στην περίπτωση αυτή είναι σημαντική η λειτουργική κατάσταση του κρίσιμου εξοπλισμού της εγκατάστασης.

Ανεξάρτητα από το βαθμό θεραπείας της βλάβης, κατά τη διαδικασία αυτής της συντήρησης, σημασία έχει ο χρόνος επισκευής και η αποκατάσταση της λειτουργικότητας του εξοπλισμού ώστε να αποκαθίστανται οι λειτουργίες της παραγωγής.

Οι στόχοι αυτοί αυξάνουν την παραγωγικότητα, αλλά επιφέρουν κακό προγραμματισμό, ατελείς επισκευές και τελικά αύξηση του κόστους.

Η προληπτική συντήρηση εφαρμόζεται προληπτικά και οργανωμένα πριν παρουσιασθούν βλάβες, και βασίζεται σε αυστηρό προγραμματισμό με στόχο τη μείωση των μη παραγωγικών χρόνων μέσω της ελαχιστοποίησης των αιφνίδιων βλαβών και των αντίστοιχων χρόνων επισκευής.

Περιλαμβάνει δε τακτική αξιολόγηση του κρίσιμου εξοπλισμού, με κατάλληλες επιθεωρήσεις και εφαρμογή διαγνωστικών συστημάτων, ώστε να ανιχνεύονται τα πιθανά προβλήματα και να προγραμματίζεται η θεραπεία τους.

Κατ' αυτήν διεξάγεται όχι μόνο λίπανση και ρυθμίσεις, αλλά διαγνώσεις και προβλέψεις της κατάστασης του εξοπλισμού και προγραμματισμός των δράσεων της συντήρησης.

Η διορθωτική συντήρηση έχει άμεση σχέση με την επισκευαστική και εφαρμόζεται για να θεραπεύει τις βλάβες που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργία του εξοπλισμού. Κατ' αυτήν η θεραπεία των προϋπαρχόντων βλαβών, που όμως δεν είναι καταστροφικές, γίνεται προληπτικά.

Σε αντίθεση με τη συντήρηση κατάρρευσης, η διορθωτική συντήρηση επικεντρώνεται σε τακτικά σχεδιασμένες ενέργειες που διατηρούν τον εξοπλισμό σε βέλτιστη λειτουργική κατάσταση. Κύριος στόχος σε αυτή τη μορφή συντήρησης είναι η μείωση των καταρρεύσεων και των μη προγραμματισμένων επισκευών ώστε να μειωθεί έμμεσα το κόστος παραγωγής.

Η διορθωτική συντήρηση βασίζεται στην ικανότητα αναγνώρισης των αστοχιών και βλαβών. Η ικανότητα αυτή προϋποθέτει γνώσεις του εξοπλισμού, της κατάστασης αυτού και των αρχών λειτουργίας του.

Απαιτεί με άλλα λόγια έμπειρο και βαθιά καταρτισμένο προσωπικό, και πληροφορίες ιστορίας της λειτουργίας, των βλαβών και επισκευών, των ανταλλακτικών και πόρων συντήρησης.

Επιπλέον πρέπει να τηρούνται πρωτόκολλα εργασιών, ελέγχου και επιθεωρήσεων καθώς και μέτρων ασφάλειας και προειδοποιήσεων.

Με την συνεχή και ταχεία εξάπλωση και ανάπτυξη της μηχανοποίησης και αυτοματοποίησης, το πρόβλημα της συντήρησης του αντίστοιχου εξοπλισμού αποκτά ολοένα και περισσότερο ενδιαφέρον.

Θεωρώντας τη συντήρηση σαν πρόβλημα διατήρησης της αξιοπιστίας ολόκληρου του παραγωγικού συστήματος, διακρίνουμε τους ακόλουθους τρόπους βελτίωσης της:

Με αύξηση του προσωπικού και των μέσων συντήρησης, ώστε να μειώνεται ο χρόνος συντήρησης.

Με ανάπτυξη των διαδικασιών προληπτικής συντήρησης ώστε να εξαλείφονται οι χρόνοι συντήρησης.

- 1) Με ανάπτυξη εναλλακτικών ενεργειών στις κρίσιμες καταστάσεις ώστε να μειώνονται οι καθυστερήσεις.
- 2) Με ανεξαρτητοποίηση των διαδοχικών σταδίων του συστήματος ώστε να μην συσσωρεύονται οι βλάβες και επεκτείνονται σε ολόκληρη την εγκατάσταση.

Η προληπτική συντήρηση δεν είναι ούτε νέα ούτε δύσκολη στην κατανόηση της. Στην πραγματικότητα ο καθένας ασκεί προληπτική συντήρηση χωρίς να συνειδητοποιεί εντελώς τι είναι αυτό που κάνει.

Ως ιδιοκτήτες αυτοκινήτων αλλάζουμε περιοδικά λάδια, τα φθαρμένα ελαστικά κλπ. Ως ιδιοκτήτες κατοικιών

χρωματίζουμε, καθαρίζουμε, επιδιορθώνουμε κλπ τις κατοικίες, κλπ.

Η βασική φιλοσοφία επομένως της προληπτικής συντήρησης συμπυκνώνεται στο ρητό "όποιος λυπάται το καρφί χάνει και το πέταλο". Επομένως, ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες δραστηριότητες:

- 1) Περιοδική επιθεώρηση του εξοπλισμού με στόχο την αναγνώριση των αστοχιών που θα οδηγήσουν σε πτώση της ποιότητας παραγωγής ή σταμάτημα της.
- 2) Απαλοιφή των συνθηκών αυτών με διορθώσεις και επισκευές ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις των.

Η αποτελεσματικότητα και ολοκλήρωση της προληπτικής συντήρησης εξαρτάται και από άλλες παραμέτρους όπως είναι η τήρηση εντύπων και οδηγιών, εκπαίδευση, μέτρηση εργασιών, αναφορές ελέγχου, αποθήκη ανταλλακτικών, κλπ. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της είναι:

- 1) Ελαχιστοποίηση διακοπών παραγωγής
- 2) Μείωση απασχόλησης και υπερωριών συντηρητών
- 3) Μείωση επισκευών και επαναλαμβανόμενων βλαβών
- 4) Καλύτερη ποιότητα παραγόμενων προϊόντων
- 5) Μείωση οικονομικών πόρων για αντικαταστάσεις ή ανανεώσεις εξοπλισμού.
- 6) Βελτίωση ελέγχου ανταλλακτικών και μειωμένα αποθέματα
- 7) Μικρότερο κόστος παραγωγής
- 8) Μείωση εργατικών και υλικών συντήρησης
- 9) Εντοπισμός στοιχείων υψηλής επικινδυνότητας και απαλοιφή αιτιών δημιουργίας βλαβών.

Η επιτυχία των προγραμμάτων προληπτικής συντήρησης στηρίζεται στην κατανόηση εκ μέρους των προϊσταμένων και των διευθυντών που σχετίζονται με τη διοίκηση και την

παραγωγή των αναγκών της συντήρησης. Για το σκοπό αυτό πρέπει να γίνονται τα εξής:

- 1) Αξιολόγηση και αποτίμηση των προηγούμενων πλεονεκτημάτων.
- 2) Προώθηση της ιδέας της προληπτικής συντήρησης στους υπεύθυνους παραγωγής και εξασφάλιση συγκατάθεσης και συνεργασίας εκ μέρους των.
- 3) Δημιουργία λεπτομερούς οργάνωσης προγραμμάτων προληπτικής συντήρησης και επεξήγηση τους σε όλους όσους αφορούν.
- 4) Ξεκαθάρισμα σε όλους ότι η προληπτική συντήρηση δεν αφορά μόνο τους τεχνικούς συντήρησης αλλά όλους και ειδικά το προσωπικό παραγωγής.
- 5) Δημιουργία μεικτών συνεργειών συντήρησης με προσωπικό από άλλα τμήματα όπως από την παραγωγή, συνολική οργάνωση ενεργειών και ξεκαθάρισμα εμποδίων και καθυστερήσεων.

1.1.1 Μηχανολογικός εξοπλισμός

Οποιαδήποτε βιομηχανική εγκατάσταση αποτελείται από συγκροτήματα μηχανών που επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες.

Καθένα δε συγκρότημα μηχανών αποτελείται από επιμέρους μηχανές εκ των οποίων καθεμία εκτελεί διαφορετική εργασία. Πολλές όμως διαφορετικές μηχανές αποτελούνται από όμοια εξαρτήματα που έχουν το ίδιο ή διαφορετικό μέγεθος και εκτελούν την ίδια ή παρόμοια λειτουργία. Τα απλά εξαρτήματα από τα οποία αποτελούνται όλες οι μηχανές λέγονται στοιχεία μηχανών.

Οι απλές λειτουργίες που εκτελούν τα στοιχεία μηχανών είναι:

- 1) Σύνδεση άλλων στοιχείων (κοχλίας)
- 2) Παραλαβή ή μεταφορά φορτίων (κέλυφος μηχανής)
- 3) Μεταφορά ενέργειας ή κίνησης (άξονας)
- 4) Έλεγχος ροής ενέργειας (συμπλέκτης)
- 5) Έλεγχος κίνησης (μηχανισμός)
- 6) Απόσβεση ταλαντώσεων (αμορτισέρ)
- 7) Έδραση ή στήριξη άλλων στοιχείων (έδρανο).

Σύμφωνα με αυτές τις λειτουργίες, ορίζονται οι ακόλουθες κατηγορίες στοιχείων:

- 1) Στοιχεία σύνδεσης: κοχλίες, σφήνες, πείροι, πολύσφηνα, ήλοι, σφικτές συναρμογές, συγκολλήσεις.
- 2) Στοιχεία μεταφοράς φορτίων: κατασκευές, κελύφη μηχανών, δοχεία και δεξαμενές, ελατήρια κι συρματόσχοινα.
- 3) Στοιχεία μεταφοράς κίνησης: άξονες, ιμάντες, αλυσίδες και γρανάζια.
- 4) Στοιχεία ελέγχου κίνησης: φρένα, συμπλέκτες, μετατροπείς, και μηχανισμοί.
- 5) Στοιχεία έδρασης: ρουλεμάν, κουζινέτα, γλίστρες, αρθρώσεις και έδρανα.

Τα ονόματα των διαφόρων στοιχείων μηχανών ορίζονται με διάφορους τρόπους όπως:

- 1) Λειτουργία που επιτελείται (βαλβίδα αντεπιστροφής)
- 2) Αρχή λειτουργίας (έδρανο ολίσθησης)
- 3) Σχήμα στοιχείου (κωνικός συμπλέκτης)
- 4) Όνομα εφευρέτη (κοχλίας Allen)
- 5) Τρόπος κατασκευής (στραντζαριστό έλασμα)
- 6) Τυποποίηση (ρουλεμάν 6000 SKF)

Παρά τη μεγάλη ποικιλία των στοιχείων μηχανών και τη πολυπλοκότητα των σχημάτων τους, έχει αναπτυχθεί

λεπτομερής και διεξοδική τυποποίηση που αφορά τα υλικά, τα στοιχεία, το σχήμα, το μέγεθος, τα εργαλεία, τις κατεργασίες κλπ. Η τυποποίηση αναπτύχθηκε για τους ακόλουθους λόγους:

- Ανταλλαξιμότητα στοιχείων
- Οικονομική παραγωγή
- Μείωση εργαλείων και μηχανών παραγωγής
- Στενότητα ποικιλίας υλικών
- Ασφάλεια προσωπικού και μηχανών.

Η τυποποίηση και οι διάφοροι κανονισμοί υπαγορεύονται τόσο από τη νομοθεσία όσο και από διάφορους εθνικούς ή διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης. Μερικοί οργανισμοί τυποποίησης, των οποίων οι διατάξεις ισχύουν και στην Ελλάδα είναι:

- ASME, American Society of Mechanical Engineers
- SAE, Society of Automobile Engineers
- ANSI, American National Standards Institute
- ASTM, American Society for Testing Materials
- ISO, International Standard Organization
- DIN, Deutsche Internationale Normen.



Σχήμα 1.2 Ταξινόμηση μηχανολογικών υλικών

Τα διάφορα εξαρτήματα των μηχανών αποτελούνται από υλικά τα οποία πολλές φορές έχουν διαφορετικές ιδιότητες επιθυμητές ή ανεπιθύμητες.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μηχανών ταξινομούνται σύμφωνα με το Σχήμα 1.2. Τα σιδηρούχα υλικά είναι κράματα σιδήρου με άνθρακα και διαφόρων προσμιξεων ή στοιχείων κραματοποίησης ώστε να βελτιώνονται οι ιδιότητες.

Οι χυτοσίδηροι διακρίνονται κατ' αύξουσα ακολουθία αντοχής σε φαιούς, λευκούς και μαλακούς που περιέχουν πολύ άνθρακα.

Οι καλύτερες ποιότητες περιέχουν γραφίτη και στοιχεία κραματοποίησης όπως νικέλιο, βάριο κλπ. Οι χυτοσίδηροι γενικά είναι εύθραυστοι αλλά φθηνά υλικά που παρουσιάζουν καλές ιδιότητες χύτευσης. Για τους λόγους αυτούς με τους χυτοσιδηρούς κατασκευάζονται τα κελύφη των μηχανών και πολλά εξαρτήματα που έχουν πολύπλοκη γεωμετρία.

Οι χάλυβες περιέχουν λιγότερο άνθρακα σε σχέση με τους χυτοσιδήρους, αλλά έχουν μεγαλύτερες αντοχές και καλύτερες ιδιότητες.

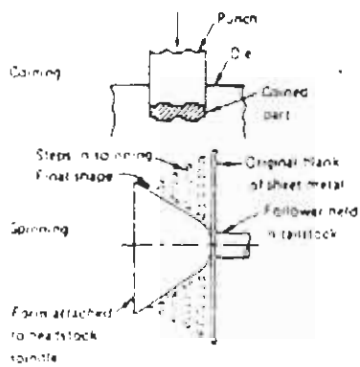
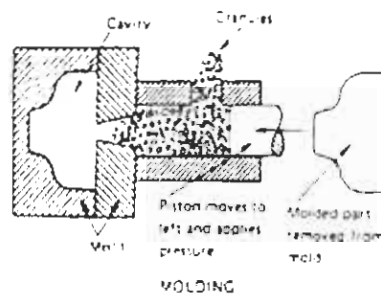
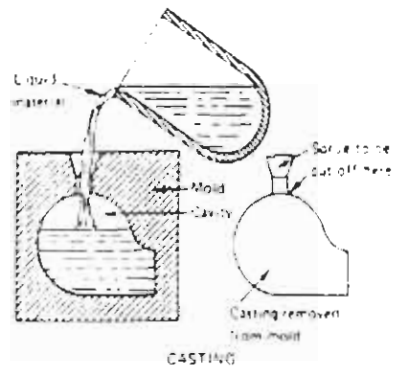
Με αυτούς κατασκευάζονται τα περισσότερα στοιχεία μηχανών. Διακρίνονται σε χυτοχάλυβες, κοινούς χάλυβες, χάλυβες ποιότητας και σε χαλυβοκράματα. Στα χαλυβοκράματα περιλαμβάνονται οι ανοξείδωτοι, οι πυρίμαχοι, οι χάλυβες εργαλείων και οι ειδικοί χάλυβες.

Από τα μη σιδηρούχα υλικά τα σπουδαιότερα είναι τα κράματα του χαλκού τα οποία είναι ευκατέργαστα, σχετικά φθηνά και έχουν καλές ιδιότητες τριβής.

Χωρίζονται σε μπρούντζους και σε ορείχαλκους. Οι μπρούντζοι είναι κράματα του χαλκού με ένα από τα μέταλλα:

ψευδάργυρο, αλουμίνιο, ή μόλυβδο, και παίρνουν το όνομα τους από το δεύτερο συστατικό του κράματος, πχ μπρούντζος αλουμινίου.

Οι ορείχαλκοι είναι κράματα χαλκού και ψευδαργύρου με ένα από τα στοιχεία: πυρίτιο, μαγγάνιο ή αλουμίνιο και η ονοματολογία τους ορίζεται αντίστοιχα.



Rolling	
Forging	
Extruding	
Shear spinning	
Tube spinning	
Swaging or kneading	
Deep drawing	
Wire & tube drawing	
Stretching	
Straight bending	

Σχήμα 1.3 Πρωτογενείς διαδικασίες διαμόρφωσης

Τα πλαστικά υλικά είναι οργανικά μακρομόρια. Θερμοσκληρυνόμενα είναι αυτά τα οποία υφίστανται χημικές μεταβολές σε υψηλή θερμοκρασία, και θερμοπλαστικά είναι αυτά που μαλακώνουν όταν θερμαίνονται. Μερικά πολύ γνωστά πλαστικά είναι το νάιλον, το πλεξιγκλάς, τα πολυβινύλια, το τεφλόν κλπ.

Τα σύνθετα αποτελούνται από ένα γέμισμα με κάποιο υλικό όπως είναι το συνθετικό καουτσούκ, οι ρητίνες, τα πλαστικά κλπ, και ενίσχυση από ίνες. Τα υλικά αυτά είναι πολύ φθηνά, ελαφρά και έχουν μεγάλη αντοχή.

Τα σιδηρούχα υλικά που είναι και τα πιο σημαντικά, παράγονται από τις μεταλλουργικές βιομηχανίες σε πρωτογενή μορφή χελωνών, μπιγетών ή πλατεών ελασμάτων.

Ακολουθούν οι πρωτογενείς κατεργασίες μέσω των οποίων οι παραπάνω μορφές παίρνουν αρχικό σχήμα, και έπονται οι δευτερογενείς κατεργασίες που είναι κυρίως μηχανουργικές, μέσω των οποίων γίνεται οριστική διαμόρφωση των στοιχείων.

Στο Σχήμα 1.3 παρουσιάζονται οι σημαντικότερες πρωτογενείς διαδικασίες διαμόρφωσης και στο Σχήμα 1.4 οι παραδοσιακές μηχανουργικές κατεργασίες που βασίζονται στην αφαίρεση υλικού.

Εκτός από τις παραδοσιακές κατεργασίες έχουν αναπτυχθεί πολλές σύγχρονες κατεργασίες μέσω των οποίων αφενός τα πρωτογενή υλικά διαμορφώνονται και παίρνουν οριστικές γεωμετρικές φόρμες και αφετέρου βελτιώνονται οι ιδιότητες των στοιχείων.

Στις κατεργασίες αυτές συγκαταλέγονται αφενός η ηλεκτροδιάβρωση, η κονιομεταλλουργία, οι κατεργασίες με Laser, και αφετέρου η σκλήρυνση, βαφή, επαναφορά κλπ. Όλα τα στοιχεία και εξαρτήματα από τα οποία αποτελούνται οι σύγχρονες μηχανές κατασκευάζονται με αυτές τις τεχνικές, έχουν αντίστοιχες ιδιότητες και επομένως παρουσιάζουν ομοειδείς αστοχίες.



Τορνίρισμα
Φρεζάρισμα.



Πλάνισμα



Κοπή σφηνόδρομου
τορνίρισμα



Εσωτερικό

Τρύπημα

Σχήμα 1.4 Παραδοσιακές μηχανουργικές κατεργασίες

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός αποτελείται από διάφορες κατασκευές, μηχανές και μηχανισμούς που μέσα στη μεγάλη ποικιλία σχημάτων, λειτουργιών και στόχων που επιτελούν, διακρίνεται σε διάφορες κατηγορίες.

Οι διάφορες μηχανές και ο μηχανολογικός εξοπλισμός μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

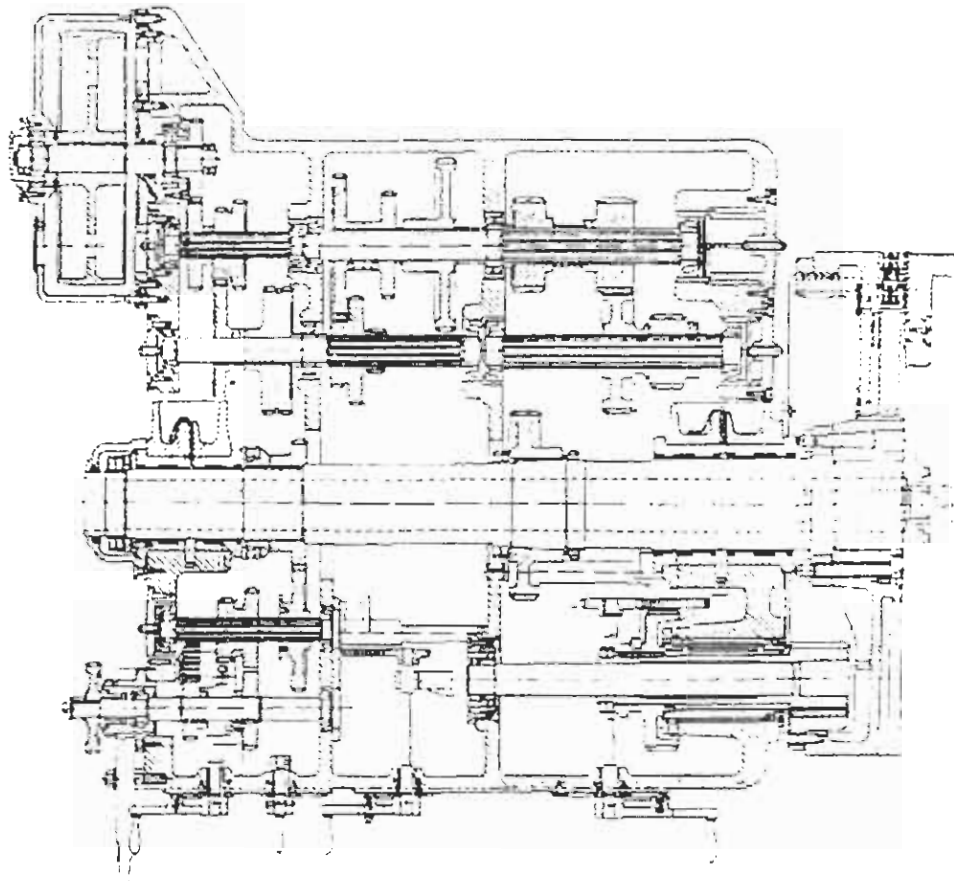
- Εξοπλισμός υποδομής, στον οποίο περιλαμβάνονται οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και αυτοματισμοί, οι εγκαταστάσεις αέρα, νερού, ατμού, κλπ

- Κινητήριες μηχανές, στις οποίες περιλαμβάνονται οι θερμικοί, ηλεκτρικοί, υδραυλικοί, πνευματικοί κινητήρες, κλπ.
- Μηχανές προσαρμογής, στις οποίες περιλαμβάνονται οι διάφοροι προσαρμογείς, κιβώτια ταχυτήτων, μειωτήρες, συμπλέκτες, σφόνδυλοι, κλπ.
- Κινούμενες μηχανές, οι οποίες διακρίνονται σε εργαλειομηχανές και μηχανές παραγωγής στις οποίες περιλαμβάνονται οι χωματουργικές, δομικές, μεταφορικές, αγροτικές, επεξεργασίας τροφίμων, ξυλουργικές, καλυβδοποιίας, κλπ.

Επομένως, οποιαδήποτε γραμμή παραγωγής ή μηχανολογικό συγκρότημα, αποτελείται από τις κινητήριες μηχανές, τις μηχανές προσαρμογής και τις κινούμενες μηχανές.

Στόχος των ανά χείρας σημειώσεων είναι να κατανοήσει ο αναγνώστης την λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού, την διάταξη του σε κλειστές, ανοικτές ή μικτές αλυσίδες μηχανών, την αλληλουχία των φαινομένων, τις αστοχίες που μπορεί να εμφανισθούν, και τέλος την αιτιολόγηση και θεραπεία αυτών.

Επομένως, τα προγράμματα συντήρησης για τα οποία γίνεται αναφορά στα επόμενα αναφέρονται σ' αυτές τις πολύπλοκες διατάξεις εξοπλισμού, ανεξάρτητα από το είδος της λειτουργίας που επιτελούν και την πολυπλοκότητα που παρουσιάζουν.



Σχήμα 1.5 Τομή του κιβωτίου ενός τόννου

Στο Σχήμα 1.5 παρουσιάζεται η τομή του κιβωτίου ενός παραδοσιακού τόννου. Στο σχήμα αυτό μπορεί να παρατηρήσει κάποιος τη μεγάλη ποικιλία των στοιχείων που υπάρχουν και συνεργάζονται αρμονικά ώστε να μπορούν να ορισθούν διάφορες ταχύτητες, προώσεις, κλπ. Στα στοιχεία

αυτά διακρίνονται γρανάζια, άξονες, έδρανα, στεγανωτικά, κοχλίες, τροχαλίες, πολύσφηνα, κλπ.

1.1.2 Λειτουργικότητα και συντήρηση

Η ποιότητα και ποσότητα των παραγόμενων προϊόντων σε μία παραγωγική διαδικασία εξαρτώνται προφανώς από την κατάσταση του εξοπλισμού.

Η κατάσταση του εξοπλισμού εκφράζεται προφανώς με την καλή κατάσταση και λειτουργικότητα των επιμέρους μηχανών και στοιχείων που απαρτίζουν το εξοπλισμό.

Η διαπίστευση αυτής της κατάστασης επιτυγχάνεται με κατάλληλους ελέγχους και επιθεωρήσεις. Για να είναι επιτυχής η λειτουργία της συντήρησης πρέπει να πραγματοποιούνται συστηματικά και ανελλιπώς έλεγχοι και επιθεωρήσεις, ώστε να προβλέπονται οι αστοχίες, να προλαμβάνονται οι βλάβες και επομένως οι διακοπές στην παραγωγή.

Οι επιθεωρήσεις κατά την προληπτική συντήρηση εξαρτώνται από τις ιδιομορφίες του εξοπλισμού. Πρέπει δε να περιλαμβάνουν:

- 1) Τον κτιριακό εξοπλισμό, στον οποίο περιλαμβάνονται οι χώροι φόρτωσης και αποθήκευσης, ο εξοπλισμός μεταφορών, βυτιοφόρα, αντλίες κλπ.
- 2) Τον εξοπλισμό ασφάλειας και πυρασφάλειας, στον οποίο, περιλαμβάνονται οι βαλβίδες κενού και εκτόνωσης, οι φλογοδιακόπτες, οι βαλβίδες αντεπιστροφής, οι αναπνευστικές συσκευές, οι παροχές νερού, σωληνώσεις, αντλίες και αγωγοί, πυροσβεστήρες, πυροσβεστικές αντλίες και συστήματα συναγερμού.

- 3) Τις δεξαμενές, βοηθητικό και εποχικό εξοπλισμό, στον οποίο περιλαμβάνονται οι δεξαμενές, σωληνώσεις, αποχετεύσεις, όργανα μετρήσεων, αναχώματα, αντιψυκτικά συστήματα, εξοπλισμό διαχείρισης κρίσιμων καταστάσεων κλπ.
- 4) Ενεργειακό εξοπλισμό, στον οποίο συμπεριλαμβάνονται οι ηλεκτρικές γεννήτριες, οι καυστήρες, συστήματα παροχής, συστήματα διανομής νερού, πεπιεσμένου αέρα και αιμού.
- 5) Εξοπλισμό διεργασιών ή κατεργασιών, στον οποίο περιλαμβάνονται οι φούρνοι, οι εναλλάκτες θερμότητας, οι συμπιεστές, κινητήρες, όργανα, κλπ.

Οι κατασκευαστές δίνουν συνήθως πληροφορίες για τα σημεία στα οποία ήρρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή κατά τις επιθεωρήσεις, τα χρονικά διαστήματα, την εγκατάσταση κλπ. Από την άλλη πλευρά πάντα υπάρχει συσσωρευμένη πείρα την οποία ήρρέπει να χρησιμοποιούμε δεόντως κατά τις διαδικασίες της συντήρησης.

Η απλότητα των εντύπων που θα δημιουργηθούν είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ελαχιστοποίηση του όγκου της απαιτούμενης εργασίας και την απλοποίηση των ενεργειών. Πολλές φορές η απάντηση σε ερωτήματα ξεκαθαρίζει αν ήρρέπει να ελεγχθεί κάποιος εξοπλισμός ή όχι.

Μερικές από τις πιο σημαντικές ερωτήσεις είναι:

- Είναι κρίσιμο το στοιχείο;
- Η βλάβη του θα έχει αλυσιδωτές συνέπειες;
- Η οικονομική ζημία είναι μεγάλη;
- Η βλάβη προκαλεί οριακές καταστάσεις ασφάλειας του προσωπικού;
- Μπορεί η βλάβη να διεκπεραιωθεί αργότερα;
- Υπάρχει εφεδρικός εξοπλισμός ή εναλλακτική διεργασία;
- Η αξία της προληπτικής συντήρησης μειώνεται αν συνυπολογισθούν οι δαπάνες επισκευής, καθυστερήσεις, διακοπή παραγωγής;

Η συχνότητα των επιθεωρήσεων και ελέγχων έχει μεγάλη βαρύτητα στο κόστος της συντήρησης και την ποιότητα και ετοιμότητα του εξοπλισμού. Εξαρτάται από τα χρονοδιαγράμματα που έχουν σχεδιασθεί, τις ιδιαιτερότητες του εξοπλισμού, τις οδηγίες των κατασκευαστών και τις απαιτήσεις της παραγωγής.

Σημαντικό ρόλο στο καθορισμό της συχνότητας επιθεωρήσεων παίζουν οι ακόλουθες παράμετροι:

- 1) Ηλικία, κατάσταση και αξία εξοπλισμού
- 2) Βαρύτητα λειτουργίας
- 3) Απαιτήσεις ασφάλειας
- 4) Χρόνος λειτουργίας
- 5) Χαρακτηριστικά λειτουργίας και αλληλεπίδραση γειτονικών στοιχείων.
- 6) Επιδεκτικότητα σε βλάβες.

Εκτός των προηγούμενων παραμέτρων, τα στοιχεία κόστους και απόδοσης, οι αναφορές διακοπών, οι εργασίες συντήρησης, η εμπειρία των συντηρητών, οι πίνακες ελέγχου ποιότητας, και οι πληροφορίες από παρόμοιους εξοπλισμούς παίζουν σημαντικό ρόλο στο καθορισμό της συχνότητας των επιθεωρήσεων.

1.1.3 Διαχείριση της συντήρησης

Εκτός από το καθαρά τεχνικό μέρος, η συντήρηση βασίζεται σε ένα κατάλληλο οργανωτικό και διοικητικό σχήμα το οποίο επιτρέπει ευελιξία, προσαρμογές και βελτιώσεις.

Είναι δε προσαρμοσμένο στην επιχείρηση, εξοπλισμό ή συγκρότημα μηχανών στο οποίο αποκλειστικά αναφέρεται. Με την έννοια αυτή η συντήρηση πρέπει να αποτελεί μία διακεκριμένη λειτουργία της επιχείρησης, ανεξάρτητη από τα τμήματα παραγωγής και εμπορίας.

Πρέπει όμως να συνεργάζεται αρμονικά με τα τμήματα αυτά, ώστε τα προβλήματα που προκύπτουν να επιλύονται άμεσα και να υπάρχει συμβατότητα της συντήρησης με τις άλλες λειτουργίες.

Η προληπτική συντήρηση αρχικά δεν αποδίδει σημαντικά οφέλη, αλλά με την πάροδο του χρόνου τα οικονομικά και άλλα οφέλη της διαφαίνονται στην παραγωγή και την ποιότητα της.

Για το λόγο αυτό πρέπει να ορισθεί κάποιος υπεύθυνος συντήρησης ο οποίος αρχικά θα πρέπει να είναι ένας έμπειρος εξωτερικός συνεργάτης.

Ο υπεύθυνος συντήρησης πρέπει αρχικά να φέρει ολόκληρο τον εξοπλισμό σε άριστη λειτουργική κατάσταση και στη συνέχεια να ξεκινήσει τα προγράμματα συντήρησης.

Πρέπει να δημιουργήσει λειτουργικά διαγράμματα του εξοπλισμού ώστε να μπορεί να καθορίσει τις σχέσεις μεταξύ των διαφόρων μηχανημάτων και να εκτιμήσει τις κρίσιμες καταστάσεις, να ταξινομήσει και ιεραρχήσει τον εξοπλισμό και τα συστατικά του και να κατασκευάσει μητρώα των μηχανημάτων με τα ονόματα, σχέδια, οδηγίες συντήρησης κλπ όπως αναφέρονται από τους κατασκευαστές.

Στα μητρώα αυτά πρέπει να αναγράφονται:

- 1) Ο κωδικός αριθμός και η ονομασία του μηχανήματος
- 2) Η λειτουργία και ο σκοπός του μηχανήματος
- 3) Τα στοιχεία και ο Οίκος κατασκευής του μηχανήματος
- 4) Τα σχέδια, εγχειρίδια και τεχνικά φυλλάδια
- 5) Τα τεχνικά δεδομένα κατασκευής και λειτουργίας
- 6) Πληροφορίες για τη συντήρηση, λίπανση και οι θέσεις τους
- 7) Τα ανταλλακτικά του μηχανήματος και πληροφορίες σχετικές με αυτά.

Η προληπτική συντήρηση τότε μπορεί να διεξαχθεί θεσμοθετώντας ένα σύστημα έντυπων, οδηγιών, κανόνων,

επιθεωρήσεων και επιθεωρητών που κινείται και ενεργοποιείται μέσω του ημερολογίου.

Ο τρόπος αυτός όμως διαχείρισης της συντήρησης μπορεί να αστοχήσει αν μπλεχτεί στα γρανάζια της γραφειοκρατίας.

Για το λόγο αυτό ο υπεύθυνος για τη συντήρηση πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός, να προχωρεί σε συνεχείς βελτιώσεις των προγραμμάτων και να έχει κατά νου ότι η οικονομική θεώρηση αναιρεί τη μηχανολογική υπαγόρευση και ότι δεν υπάρχουν ετοιμοπαράδοτα προγράμματα που μπορούν να εφαρμοσθούν σαν μπούσουλές για κάθε περίπτωση.

Επομένως, πρέπει αρχικά να ξεκινήσει η έντυπη ροή της εργασίας, να γίνουν εξειδικευμένα προγράμματα για το συγκεκριμένο εξοπλισμό και στη συνέχεια να γίνουν τεχνικές βελτιώσεις.

Η εφαρμογή της συντήρησης πρέπει να ξεκινήσει σταδιακά από τμήμα σε τμήμα ή από είδος σε είδος εξοπλισμού. Στη συνέχεια πρέπει να επέλθουν οικονομικές βελτιώσεις, μειώσεις του κόστους συντήρησης, των ανταλλακτικών και τέλος να βελτιωθεί και αυξηθεί η παραγωγή.

1.1.4 Οργάνωση της συντήρησης

Ο σωστός και ορθολογικός προγραμματισμός της συντήρησης συνεπάγεται οργάνωση των ενεργειών, καθορισμό των επιθεωρήσεων και ελαχιστοποίηση καθυστερήσεων της παραγωγής.

Πρακτικά οι επιθεωρήσεις και συντηρήσεις πρέπει να χωρίζονται σε τρεις ομάδες:

- 1) *Συντήρηση ρουτίνας*, η οποία πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα και περιλαμβάνει ρυθμίσεις, λίπανση,

καθαρισμό και αντικαταστάσεις κρίσιμων στοιχείων ενώ ο εξοπλισμός λειτουργεί ή αργεί.

2) *Περιοδικές επιθεωρήσεις*, στις οποίες περιλαμβάνονται εργασίες επί αργούντος ή λειτουργούντος εξοπλισμού, οπτικές, επιθεωρήσεις, γενικές επισκευές και προγραμματισμένη αντικατάσταση τμημάτων.

3) *Περιστασιακές εργασίες*, στις οποίες περιλαμβάνονται εργασίες σε ακανόνιστα χρονικά διαστήματα όταν ο εξοπλισμός βρίσκεται σε διακοπή λειτουργίας από άλλες αιτίες. Η εκμετάλλευση αυτών των διακοπών μειώνει δραστικά το κόστος.

Υπάρχουν πολλά σχέδια ή υποδείγματα που αποτυπώνουν το χρονικό προγραμματισμό, αλλά επικρατούν οι τύποι που περιέχουν συνολικούς χάρτες, στους οποίους αποτυπώνονται όλα τα συγκροτήματα μηχανές και στοιχεία του εξοπλισμού και η διαδικασία συντήρησης, ή τα ατομικά δελτία, στα οποία αναγράφονται οι πληροφορίες συντήρησης για κάθε στοιχείο του εξοπλισμού χωριστά.

Ο συνολικός χάρτης περιέχει όλες τις αναγκαίες πληροφορίες για τη συνολική συντήρηση και επομένως είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τον προγραμματισμό των ενεργειών.

Τα αντίστοιχα προγράμματα που εκπονούνται πρέπει να είναι δυναμικά και να επιδέχονται τροποποιήσεις και βελτιώσεις. Αρχαιοθετούνται κατάλληλα και δημιουργούνται αρχεία με το ιστορικό των επιθεωρήσεων, εργασιών, βλαβών, ανταλλακτικών, προμηθευτών, προδιαγραφών, κλπ, και με τον τρόπο αυτό μπορούν στο μέλλον να εξαχθούν συμπεράσματα, οδηγίες και κατευθύνσεις για τα θέματα αυτά.

Η συντήρηση διευθύνεται από ένα και μοναδικό πρόσωπο το οποίο είναι υπεύθυνο για όλες τις ενέργειες της συντήρησης. Οι εργασίες ρουτίνας πρέπει να διαχειρίζονται όπως όλες οι διαδικασίες συντήρησης, ενώ οι εργασίες της προληπτικής συντήρησης δεν πρέπει να διακόπτονται από άλλες εργασίες.

Οι επιθεωρητές και οι συντηρητές πρέπει να είναι καλά εκπαιδευμένοι και να γνωρίζουν όλες τις λεπτομέρειες και ιδιομορφίες του εξοπλισμού. Ο βαθμός μηχανοποίησης και το είδος του εξοπλισμού υπαγορεύουν τη σύνθεση των θέσεων προσωπικού και την αναλογία επιθεωρητών προς συντηρητές.

Οι επιθεωρητές συντάσσουν τα δελτία αναφορών επιθεωρήσεων στα οποία πρέπει να δίνονται απαντήσεις στις ερωτήσεις:

- Ποια είναι η αιτία της βλάβης;
- Ποια είναι η διαδικασία θεραπείας της βλάβης;
- Ποιες είναι οι ιδέες για βελτίωση της μηχανής και οριστική απαλοιφή της βλάβης;

Ο έλεγχος και η αξιολόγηση των επιθεωρητών γίνεται από τον προϊστάμενο της συντήρησης με τις συνήθεις διοικητικές διαδικασίες αλλά και με διερεύνηση του αριθμού των βλαβών, επισκευών, κόστους, κλπ.

Το μεγαλύτερο εμπόδιο στη συντήρηση είναι η απαιτούμενη γραφειοκρατική διαχείριση, που εγείρει συστηματική τήρηση και παρακολούθηση γραπτών στοιχείων.

Τα συστήματα αυτά συνήθως υιοθετούν απλές ή μηχανοποιημένες διαδικασίες τήρησης των μητρώων και αρχείων, προσπαθώντας ταυτόχρονα να ελαχιστοποιήσουν τον όγκο των εγγράφων και να εξασφαλίσουν σωστή και απρόσκοπτη ροή αυτών.

Οποιοδήποτε πρόγραμμα συντήρησης περιλαμβάνει το πολύ πέντε βασικά έντυπα στον κύκλο ροής των στοιχείων του:

- Δελτίο μητρώου μηχανημάτων-εξοπλισμού
- Δελτίο παγίων εντολών συντήρησης
- Δελτίο προγραμματισμού συντήρησης
- Δελτίο αναφοράς επιθεωρήσεων

- Δελτίο αρχείου συντήρησης και κόστος εξοπλισμού.

Τα έντυπα είναι κατάλληλα κωδικοποιημένα, αρχειοθετημένα και χρωματισμένα για λόγους εύχρηστης και ταχείας εξυπηρέτησης. Περιλαμβάνουν ομάδες από ένα έως δεκαοκτώ μηχανήματα και είναι τοποθετημένα σε ειδικούς φακέλους με κατάλληλη διαγράμμιση στη ράχη και δείκτες.

Εν συντομία τα διάφορα έντυπα και οι πληροφορίες που πρέπει να περιέχουν είναι τα ακόλουθα:

A. ΣΤΑΘΕΡΑ ΕΝΤΥΠΑ

1. ΔΕΛΤΙΟ ΜΗΤΡΩΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ

Σ' αυτό αναγράφονται:

- Κωδικός αριθμός και ονομασία μηχανήματος
- Σκοπός μηχανήματος
- Χαρακτηριστικά και κατασκευαστής
- Σχέδια και τεχνικά εγχειρίδια
- Ανταλλακτικά
- Θέσεις λίπανσης και λιπαντικά

2. ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΓΙΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Σ' αυτό αναγράφονται όλες οι πάγιες εντολές συντήρησης που δίνονται από τους κατασκευαστές ή καθορίζονται από την παρακολούθηση της συχνότητας επανάληψης των διαφόρων εργασιών.

3. ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Σ' αυτό προγραμματίζονται χρονικά οι εργασίες:

- Του δελτίου παγίων εντολών
- Των δελτίων επιθεώρησης με κατάλληλα σύμβολα

4. ΔΕΛΤΙΟ ΑΡΧΕΙΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ

Σ' αυτό συντάσσεται το ιστορικό καθενός μηχανήματος με την αναγραφή των διαφόρων στοιχείων των δελτίων απολογισμού εργασιών.

B. ΚΙΝΗΤΑ ΕΝΤΥΠΑ

1. ΔΕΛΤΙΟ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ

Είναι η αναφορά του χειριστή και συντάσσεται από το χειριστή βάρδιας. Σ' αυτό αναγράφονται όλες οι παρατηρήσεις που γίνονται από τους χειριστές ή τους συντηρητές κατά τη διάρκεια του κάθε του 24ώρου.

2. ΔΕΛΤΙΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Συντάσσεται από τον επιθεωρητή συντήρησης κάθε μεσημέρι. Σ' αυτό αναγράφονται όλες οι προς εκτέλεση εργασίες όπως προκύπτουν από το δελτίο μηχανολογικών παρατηρήσεων κατά την κρίση και μετά από επιτόπια επιθεώρηση του επιθεωρητή.

Ορίζονται ο χρονικός προγραμματισμός, το προσωπικό, χρόνος εκτέλεσης, λεπτομέρειες, κλπ. Το δελτίο αυτό θεωρείται από τον προϊστάμενο συντήρησης, οποίος με τη σειρά του μπορεί να αναθεωρήσει τις εργασίες και το προγραμματισμό τους.

3. ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Συντάσσεται από τον υπεύθυνο του αρχείου κάθε μεσημέρι και αφορά ημερήσιο προγραμματισμό εργασιών ανά δεκαήμερο. Θεωρείται από τον προϊστάμενο και αντίγραφα αυτού παραδίδονται στους αρμόδιους.

4. ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Συντάσσεται όπως το προηγούμενο από τον υπεύθυνο του αρχείου ανά δεκαήμερο και αφορά συνολικό προγραμματισμό εργασιών ανά δεκαήμερο. Θεωρείται από τον προϊστάμενο και αντίγραφα αυτού παραδίδονται στους αρμόδιους. Περιέχει ανακεφαλαιώσεις, εργασίες που δεν εκτελέσθηκαν κλπ.

5. ΔΕΛΤΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΑΣΗΣ

Είναι έκτακτο ημερήσιο δελτίο των προς εκτέλεση εργασιών αν προκύψει στάση κάποιου μηχανήματος.

6. ΔΕΛΤΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Συντάσσεται ανά δεκαήμερο και περιλαμβάνει προγραμματισμένες εργασίες γενικής επισκευής ανά μηχάνημα.

7. ΔΕΛΤΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ-ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ

Συνοδεύει τα δελτία των προς εκτέλεση εργασιών, όταν από αυτά απαιτούνται ανάλογες εργασίες και παραδίδεται στο μηχανουργείο.

8. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Συντάσσεται από το μηχανουργείο κάθε μεσημέρι και περιγράφει τις εργασίες που πρόκειται να εκτελεσθούν την επόμενη μέρα.

9. ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Συντάσσεται από τους υπομηχανικούς εκτέλεσης κάθε ομάδας μετά το πέρας της εκτέλεσης κάθε εργασίας και επιθεώρησης. Στο δελτίο αυτό περιγράφεται με συντομία και σαφήνεια η εκτελεσθείσα εργασία, οι χρόνοι, το προσωπικό, τα υλικά, κλπ.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΟΜΑ ΜΕΡΑ ΟΡΑ		M K M ΜΑΥΙΛΑΚΟ ΚΑΤΑΓΙΓΙΛΙ ΗΜΕΡΩΝ ΝΟ.					ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΛΗΨΗ ΟΡΟΜΑ ΜΕΡΑ ΟΡΑ				
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΒΛΕΠΩ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟΤΗΤΑ		ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΔΗΤΙΑ									
ΥΠΕΥΘΥΝΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΩΑ ΑΠΟ ΠΡΕΠΕΖΟΝ		ΑΣΦΑΛΕΙΑ					ΑΝΑΣΦΑΛΕΙΑ				
		ΚΥΡΙΟΣ ΕΛΑΤΙΟΤΗΤ	ΤΟΡΜΗ ΑΒΕΤΗ	ΣΥΝΑΦΗ ΜΗΛΑΝ	ΥΑΡΑΝΤΑ ΠΙΝΕΤΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ	ΕΠΙΡΟΧ ΜΑΚΕΤΗΤ	ΤΟΡΜΗ ΚΡΕΜΗ	ΣΥΝΑΦΗ ΜΟΡΑΛ	ΥΑΡΑΝΤΑ ΠΙΝΕΤΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ
		ΠΑΡΑΛΗΨΗ	ΣΥΝΑΦΗ	ΥΑΡΑΝΤΑ	ΠΙΝΕΤΑ	ΜΑΚΕΤΗΤ	ΚΡΕΜΗ	ΜΟΡΑΛ	ΥΑΡΑΝΤΑ	ΠΙΝΕΤΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΠΟ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΥΠ. ΥΠΟΥΡΧΟΥ											
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΠΟ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΥΠ. ΥΠΟΥΡΧΟΥ											
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΠΟ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΥΠ. ΥΠΟΥΡΧΟΥ											

Σχήμα 1.6 Δείγμα εντύπου μηχανικής κατάστασης μηδέν

Περιγράφουν πολλές λεπτομέρειες που αν και φαίνονται κουραστικές πρέπει να τηρούνται. Στο Σχήμα 1.6 παρουσιάζεται η μορφή ενός εντύπου μηχανικής κατάστασης μηδέν. Στο έντυπο αυτό περιγράφονται οι τρόποι ασφάλισης και απασφάλισης της μηχανής, οι συνθήκες παράδοσης και παραλαβής από την παραγωγή και οι προς εκτέλεση εργασίες.

1.2 ΟΡΓΑΝΑ, ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Όταν κανείς μιλά για όργανα εργαλεία και μετρήσεις, πρέπει πρώτα να απαντήσει στο ερώτημα, **τι είναι μέτρηση; Μέτρηση** είναι η ποσοτική σύγκριση μιας άγνωστης ποσότητας με ένα ορισμένο πρότυπο.

Για να έχει νόημα μια μέτρηση, θα πρέπει:

1. Το πρότυπο που χρησιμοποιείται να είναι γνωστό με ακρίβεια και να είναι γενικά παραδεκτό.
2. Η διαδικασία και η συσκευή που χρησιμοποιείται για να κάνουμε τη σύγκριση, θα πρέπει να είναι ελέγξιμη και επαναλήψιμη. Υπάρχουν δυο βασικές μέθοδοι μετρήσεων:

- α) Η **Άμεση σύγκριση** με ένα πρωτογενές ή δευτερογενές πρότυπο και
- β) Η **Έμμεση σύγκριση** με ένα πρότυπο μέσα σε ένα επιβεβαιωμένο σύστημα.

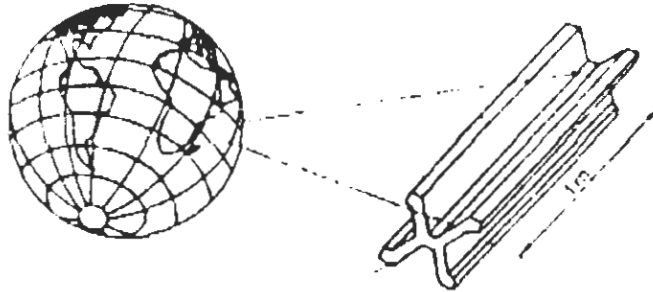
Άμεση σύγκριση: Συγκρίνουμε το μήκος μιας ξύλινης δοκού με μια μετροταινία. Αυτή είναι η άμεση σύγκριση του μήκους της δοκού με ένα πρωτογενές πρότυπο, τη μετροταινία.

Μετράμε το χρόνο που πέρασε ανάμεσα σε δύο γεγονότα με ένα ρολόι. Κάνουμε έτσι μια άμεση σύγκριση ανάμεσα στο χρόνο που πέρασε και στο χρόνο που δείχνει ένα δευτερογενές πρότυπο, το ρολόι. Χρήση ενός επιβεβαιωμένου συστήματος.

Η έμμεση σύγκριση χρησιμοποιεί κάποια μορφή μετατροπής της ποσότητας, που θέλουμε να μετρήσουμε, σε κάποια άλλη ποσότητα που μπορούμε να τη μετρήσουμε με άμεση σύγκριση.

Π.χ. μπορούμε να μετρήσουμε την τάση μιας ηλεκτρικής μπαταρίας, μεταφέροντας την τάση αυτή σε ένα βολτόμετρο και συγκρίνοντας την απόκλιση της βελόνας με κάποια κλίμακα που υπάρχει πάνω στο όργανο, άμεσα δηλαδή,

συγκρίνοντας δυο μήκη για να μετρήσουμε μια ηλεκτρική τάση.



Μέτρα [m]	Δεκατόμετρα [dm]	Εκατοστόμετρα [cm]	Χιλιοστόμετρα [mm]	Μικρά [μm]
1	10	100	1000	1000000
-	1	10	100	100000
-	-	1	10	10000
-	-	-	1	1000

Σχήμα 1.7 Πρωτότυπο μέτρο ίσο με $1/40.000.000$ του μήκους του μεσημβρινού της γης και υποπολλαπλασία του μέτρου.

Κάθε σύστημα μέτρησης πρέπει να μπορεί να μετρά με αξιοπιστία. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας αυτής λέγεται **επιβεβαίωση**. Ο έλεγχος αυτός γίνεται για να προσδιοριστεί η κλίμακα του οργάνου και να βεβαιωθούμε ότι η μέτρηση γίνεται με την απαιτούμενη ακρίβεια.

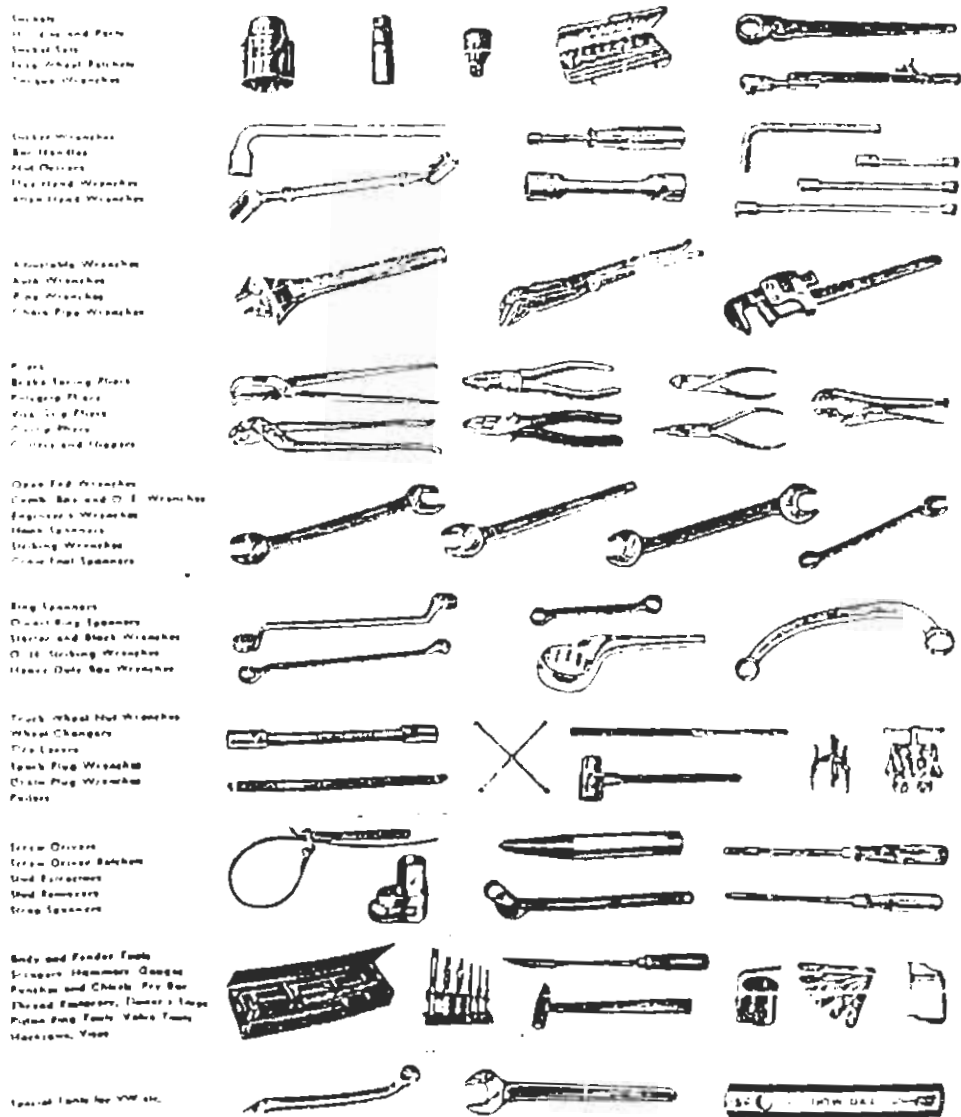
Όπως είναι φανερό ένας ανιχνευτής - δότης αισθάνεται κάποια πληροφορία και μας τη μεταδίδει με κάποια μορφή.

Π.χ. ένα θερμοστοιχείο αισθάνεται τη θερμοκρασία και μας τη μεταδίδει με τη μορφή μιας ηλεκτρικής τάσης.

Η σχέση του μεγέθους της πληροφορίας που περνούμε, προς το μέγεθος της πληροφορίας που αισθάνεται ο ανιχνευτής - δότης, μετρούμενη με κάποιο τρόπο, λέγεται **ευαισθησία** του οργάνου.

Ωστόσο πρέπει να υπογραμμίσουμε, ότι μια μέτρηση δε μπορεί ποτέ να γίνει με απόλυτη ακρίβεια. Για πρακτικούς λόγους δεχόμαστε πάντα μια ορισμένη προσέγγιση στην πραγματική τιμή σαν ικανοποιητική.

Δυο είναι τα καθιερωμένα συστήματα μονάδων μέτρησης μηκών : το **μετρικό**, που λέγεται και δεκαδικό με βάση το μέτρο, Σχήμα 1.7 και τις υποδιαιρέσεις ή υποπολλαπλάσια του και το **αγγλοσάξονικό** που βασίζεται στην γάρδα και στις υποδιαιρέσεις.

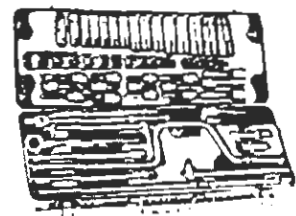
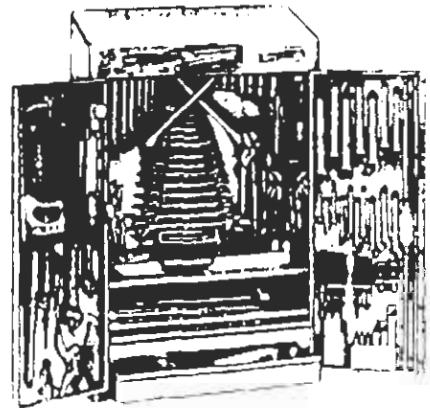
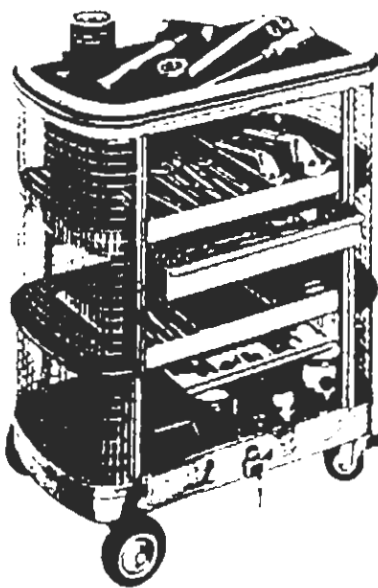


Σχήμα 1.8 Κοινά εργαλεία

1.2.1 Όργανα και εργαλεία στη συντήρηση

Για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις και εν συνεχεία να γίνουν οι απαιτούμενες επισκευές και επιθεωρήσεις, απαιτούνται εργαλεία και όργανα με τα οποία γίνεται η συναρμολόγηση και η αποσυναρμολόγηση των μηχανών, η συντήρηση, η ρύθμιση των συνθηκών λειτουργίας και η μέτρηση των διαφόρων κρίσιμων παραμέτρων, Σχήμα 1.8.

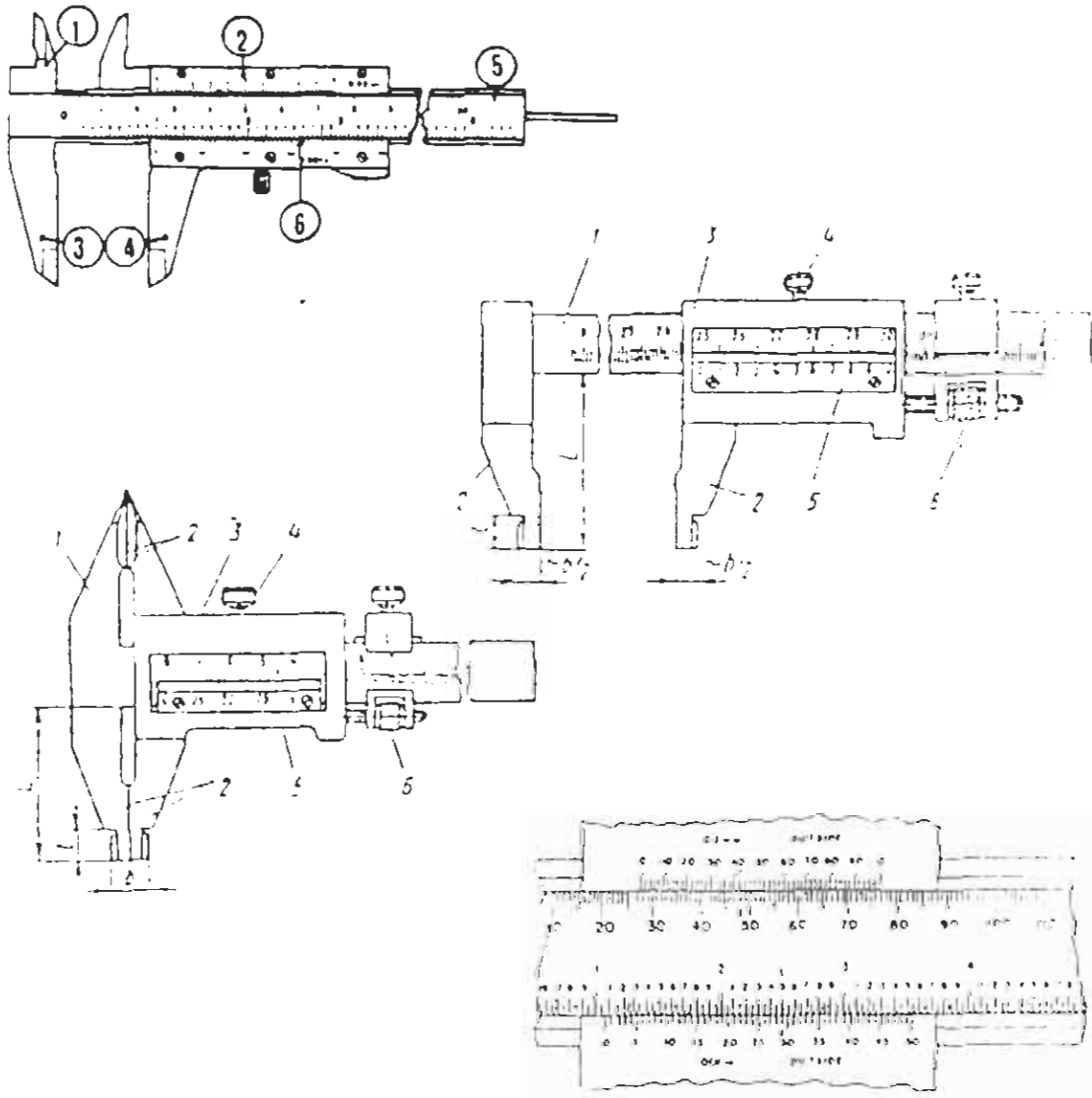
Από την πρώτη επαφή με ένα εργαστήριο ή μια θέση εργασίας μέσα σε μια βιομηχανία, μπορεί να διαπιστώσει κανείς ένα πλήθος από κοινά εργαλεία, τα οποία βρίσκονται μέσα σε φορητές εργαλειοθήκες, ή τακτοποιημένα επάνω στον πάγκο εργασίας, ή μέσα σε συρτάρια, ή κυρίως τα ευαίσθητα μέσα σε κασετίνες. Σχήμα 1.9.



Σχήμα 1.9 Εργαλειοθήκες

Μερικές ειδικές κατηγορίες εργαλείων παραθέτονται στα Σχήματα 1.10. - 1. 23, που παραθέτονται παρακάτω.

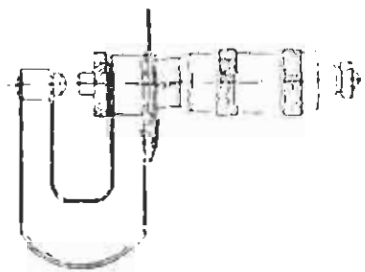
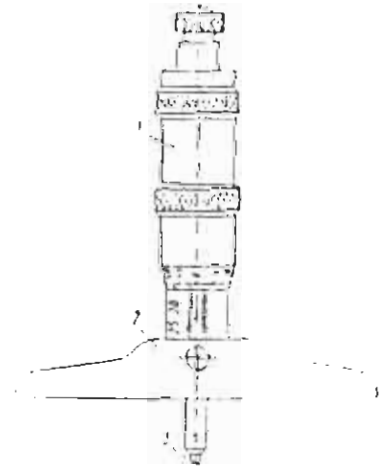
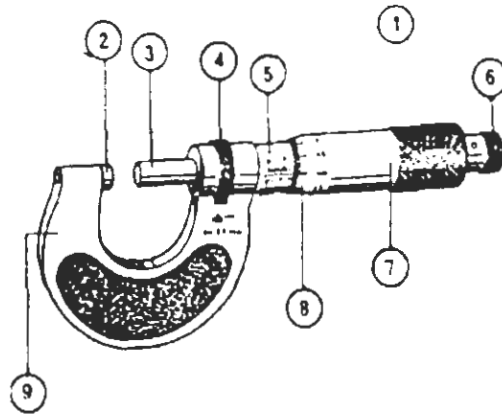
1. Σταθερό μέρος
2. Κινητό μέρος
3. Σταθερό σκέλος (ράμφος)
4. Κινητό σκέλος (ράμφος)
5. Κανόνας
6. Βερνιέρος



Σχήμα 1.10 Παχύμετρο: όργανο μέτρησης μήκους από σκληρό και ανοξειδωτο χάλυβα. Τα άκρα των σκελών του είναι συνήθως βαμμένα:

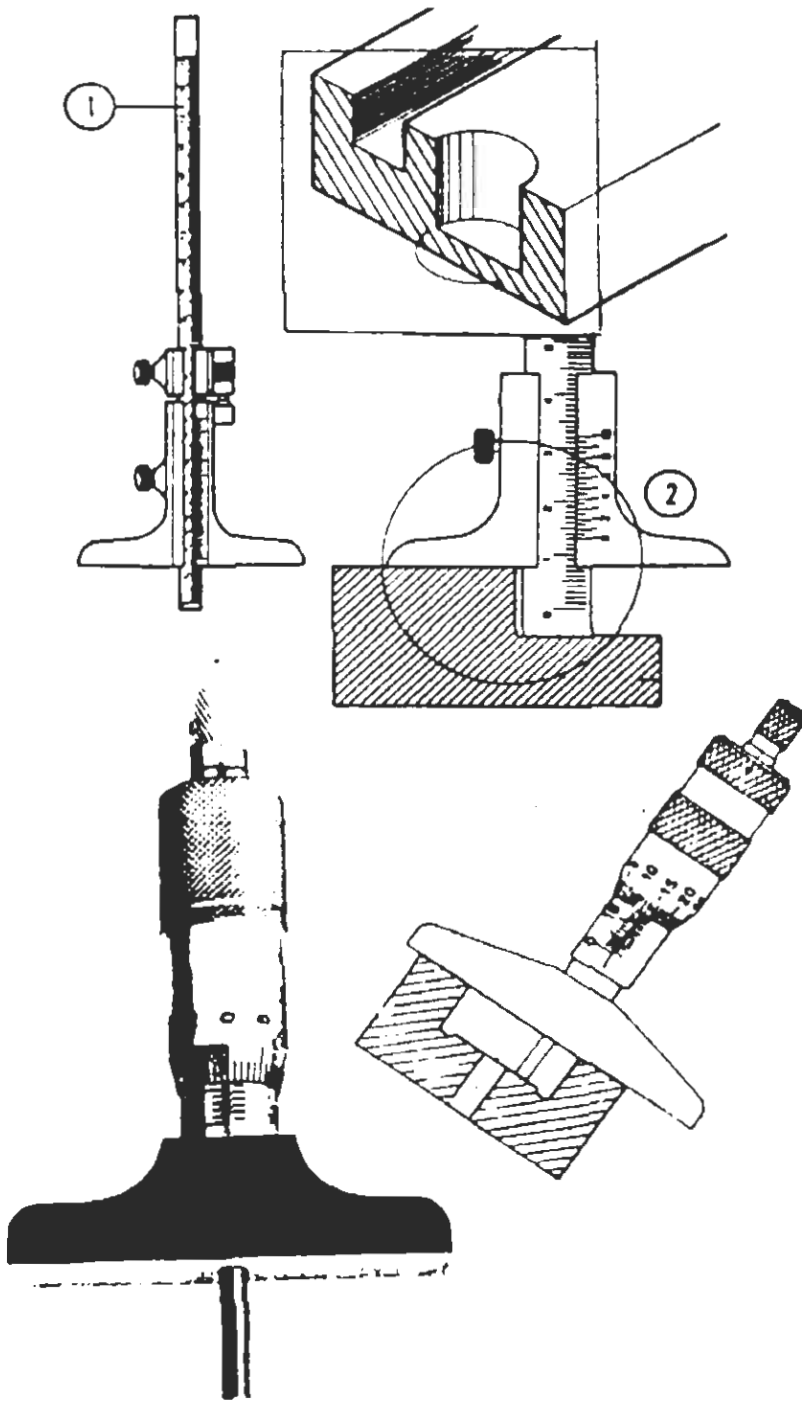
1. Μικρόμετρο κοινό
2. Αμόνι (σταθερός επαφής)

3. Αξονίσκος (κινητός επαφείας)
4. Κοχλίας στερέωσης
5. Κυλινδρικός κανόνας
6. Κασάνια σύσφιξης
7. Βαθμονομημένο τύμπανο
8. Βερνιέρος
9. Πεταλοειδές στέλεχος συγκράτησης.



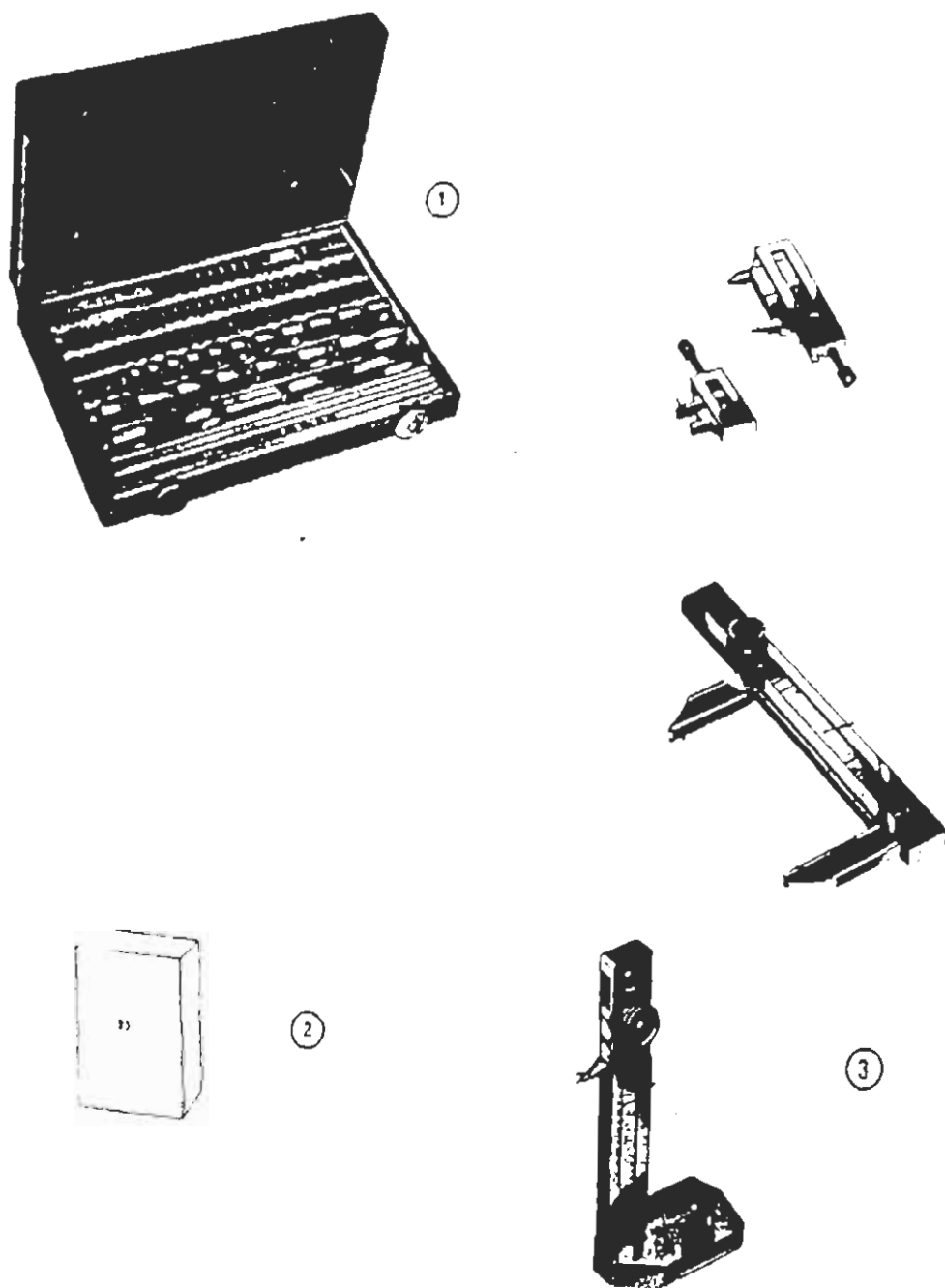
Σχήμα 1.11 Μικρόμετρο - όργανο μέτρησης ελασμάτων, εξωτερικών αυλακιών, πάχους χαρτιών, δερμάτων, εσωτ. και εξωτ. διαστάσεων, διαμέτρου κοχλιών κλπ.

1. Βαθύμετρο
2. Μέτρηση αυλακιού με βαθύμετρο

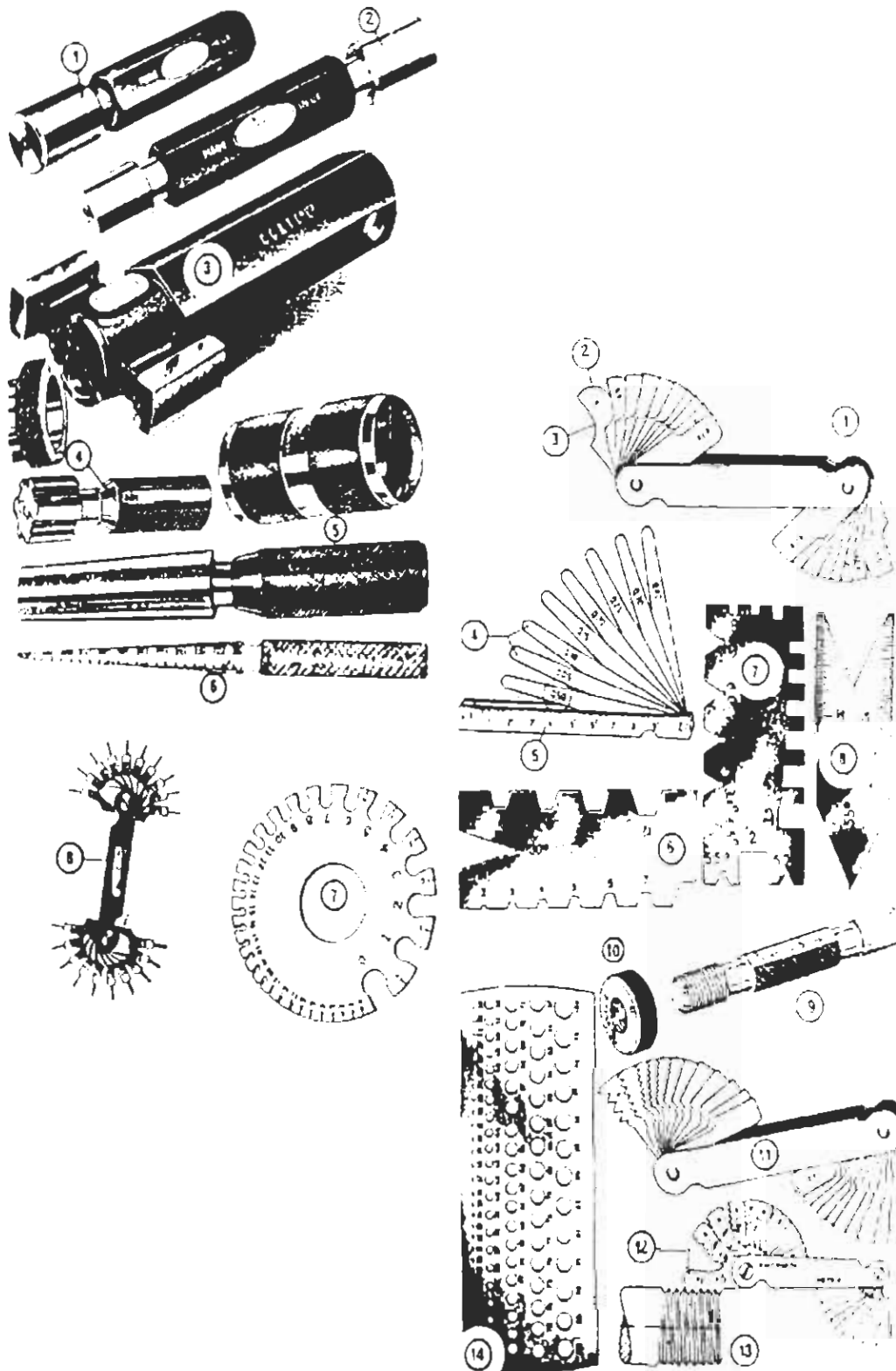


Σχήμα 1.12 Βαθύμετρο: όργανο μέτρησης βάθους αυλακιών ή οπών

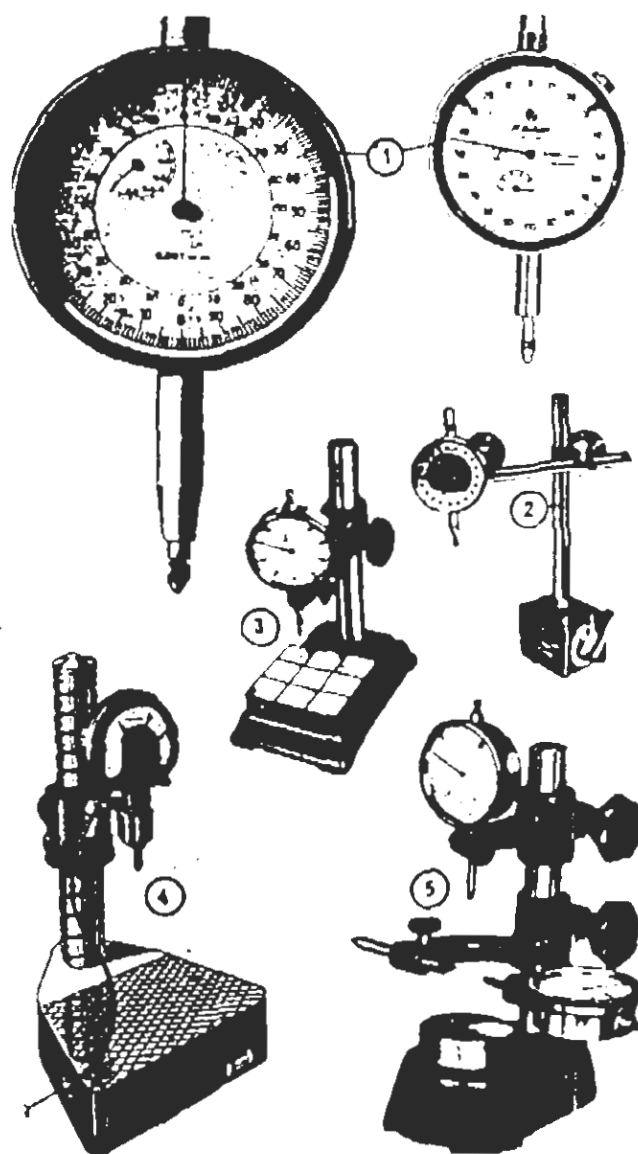
1. Σειρά προτύπων πλακιδίων σε κασετίνα
2. Πρότυπο πλακίδιο
3. Ιδιοσυσκευές σύνθεσης προτύπων διαστάσεων-Πρότυπα πλακίδια-Ακραία πρότυπα.



Σχήμα 1.13 Πρότυπα πλακίδια



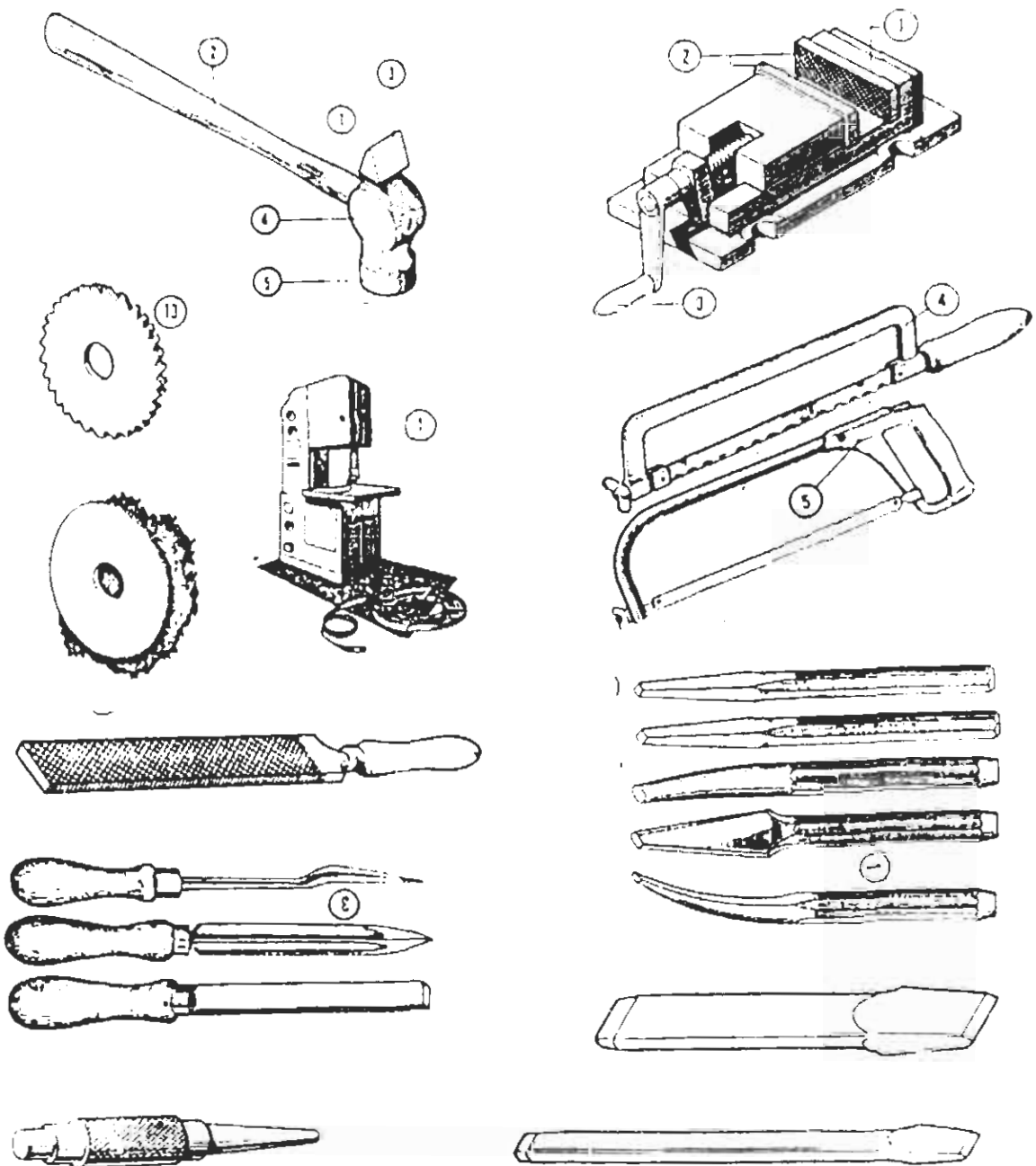
Σχήμα 1.14 Ελεγκτήρες: χρησιμοποιούνται για την επιθεώρηση μηχανουργικών προϊόντων.



Σχήμα 1.15 Μετρητικά ρολόγια:

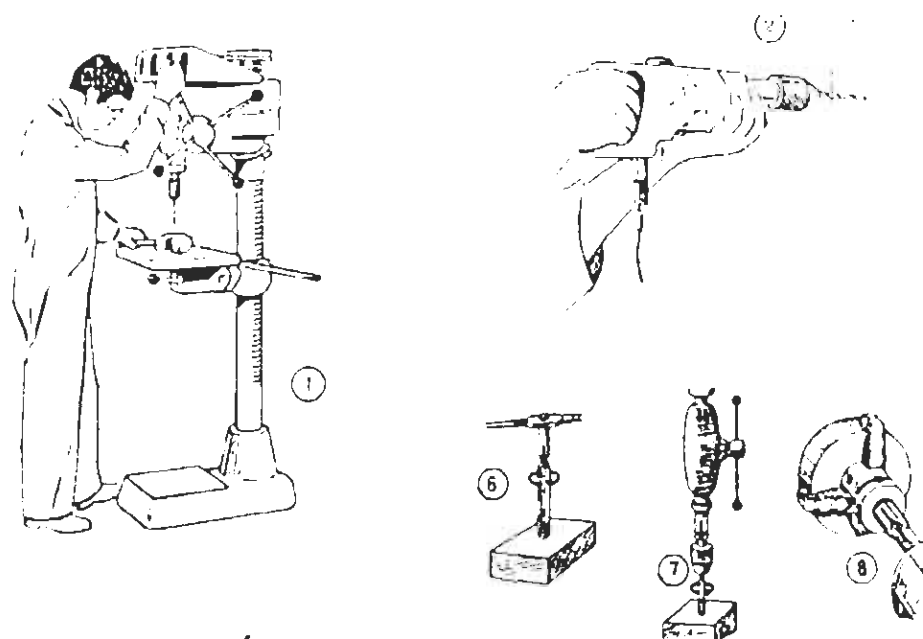
Χρησιμοποιούνται:

για τον έλεγχο διαστάσεων ετοιμών μηχ/κων προϊόντων.
για έλεγχο και ρύθμιση εργαλειομηχανών, μεμονωμένων κομματιών, εργαλείων και ιδιοσυσκευών και
για τον έλεγχο διαστάσεων και επιφανειών κατά την κατεργασία.

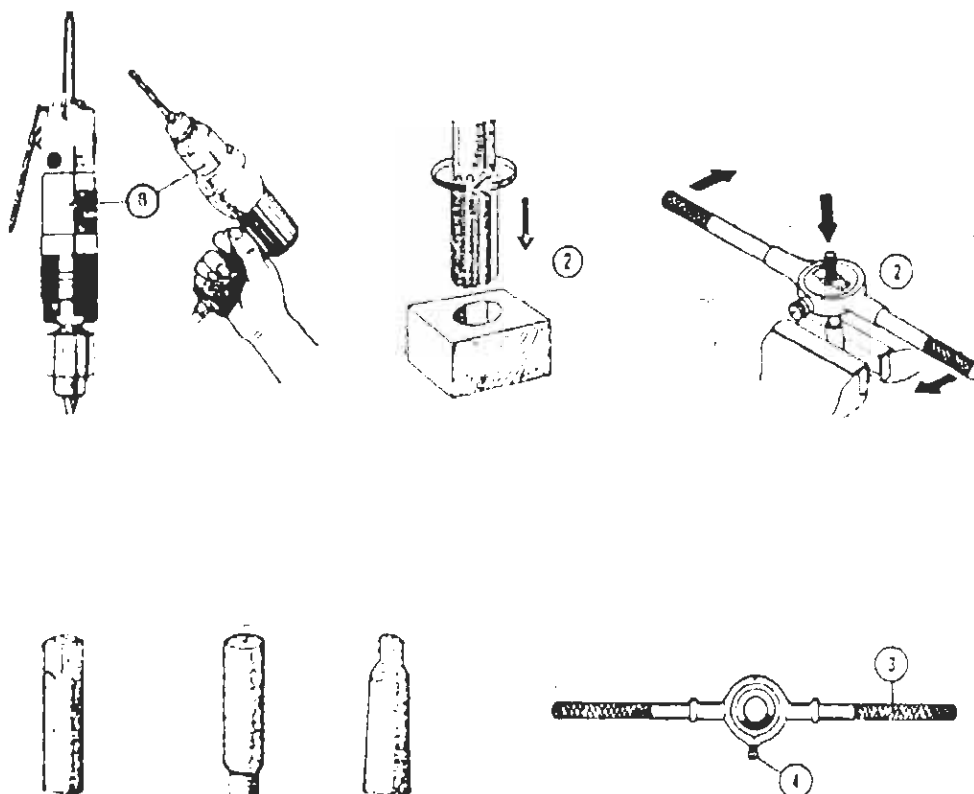


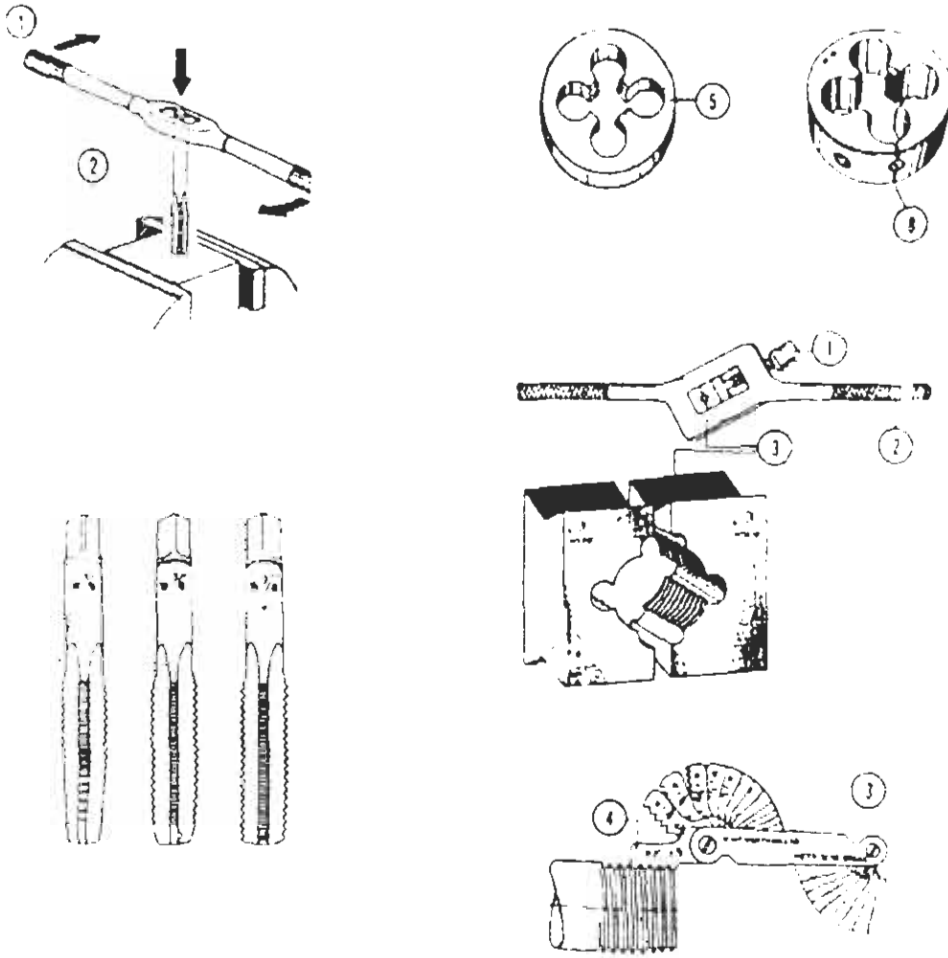
Σχήμα 1.16 Σφυρι- Μέγγενη - Πριόνια - Πριονόδισκος - Πριονοκορδέλα Λίμα - Κοπίδια - Ζουμπάς - Ξύστρες.

Εργαλεία επισκευής, εφαρμογής, στερέωσης, κοπής, τομών, αφαίρεσης υλικού και λείανσης επιφανειών.

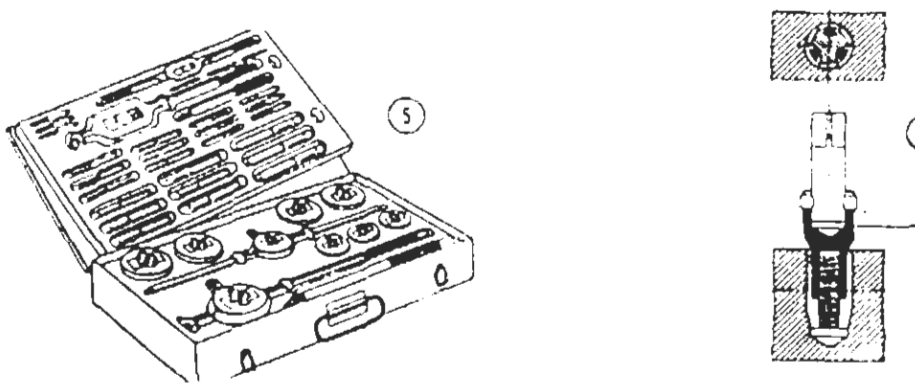


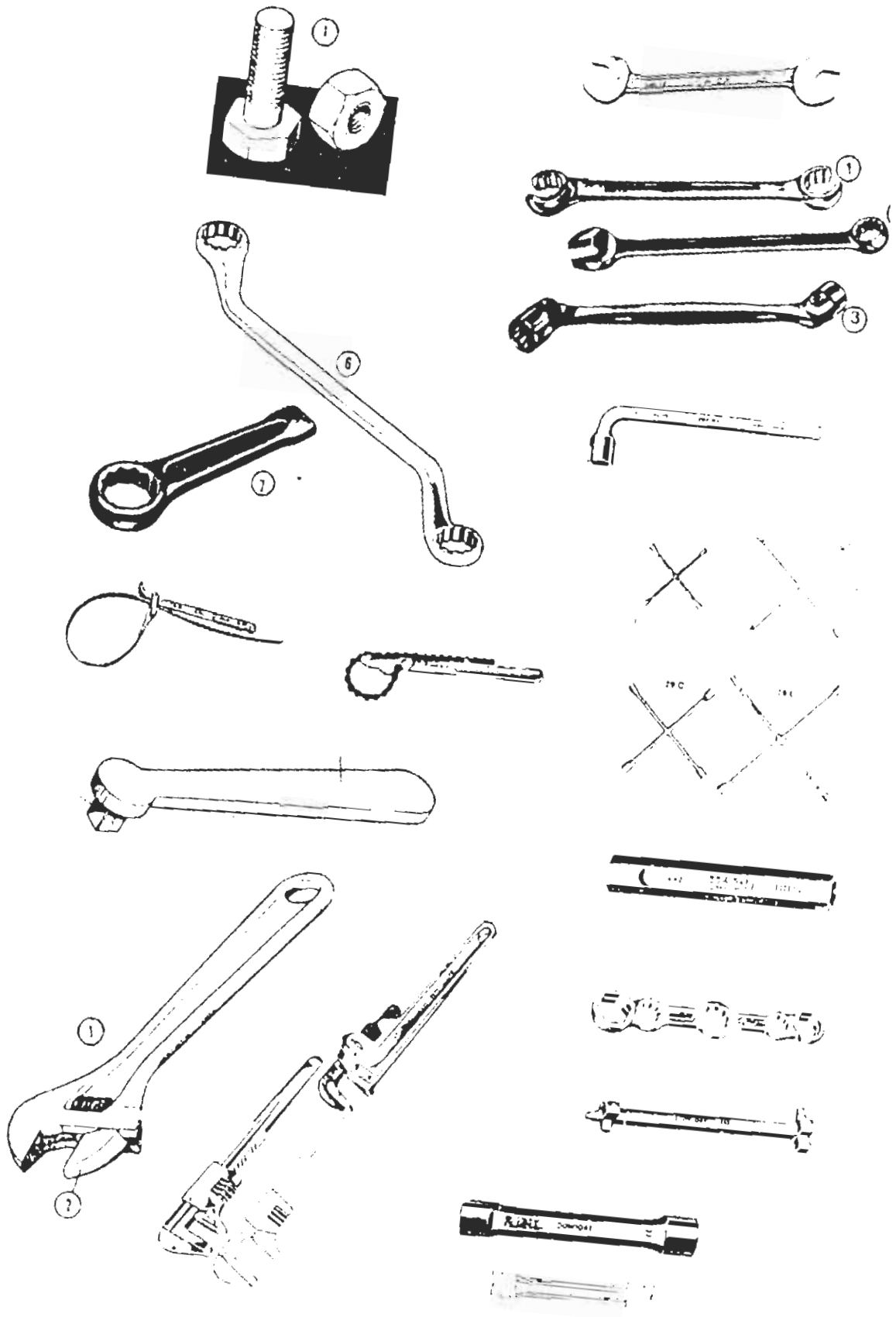
Σχήμα 1 17 Τρυπάνια. Χρησιμεύουν για την κατεργασία διάνοιξης οπών

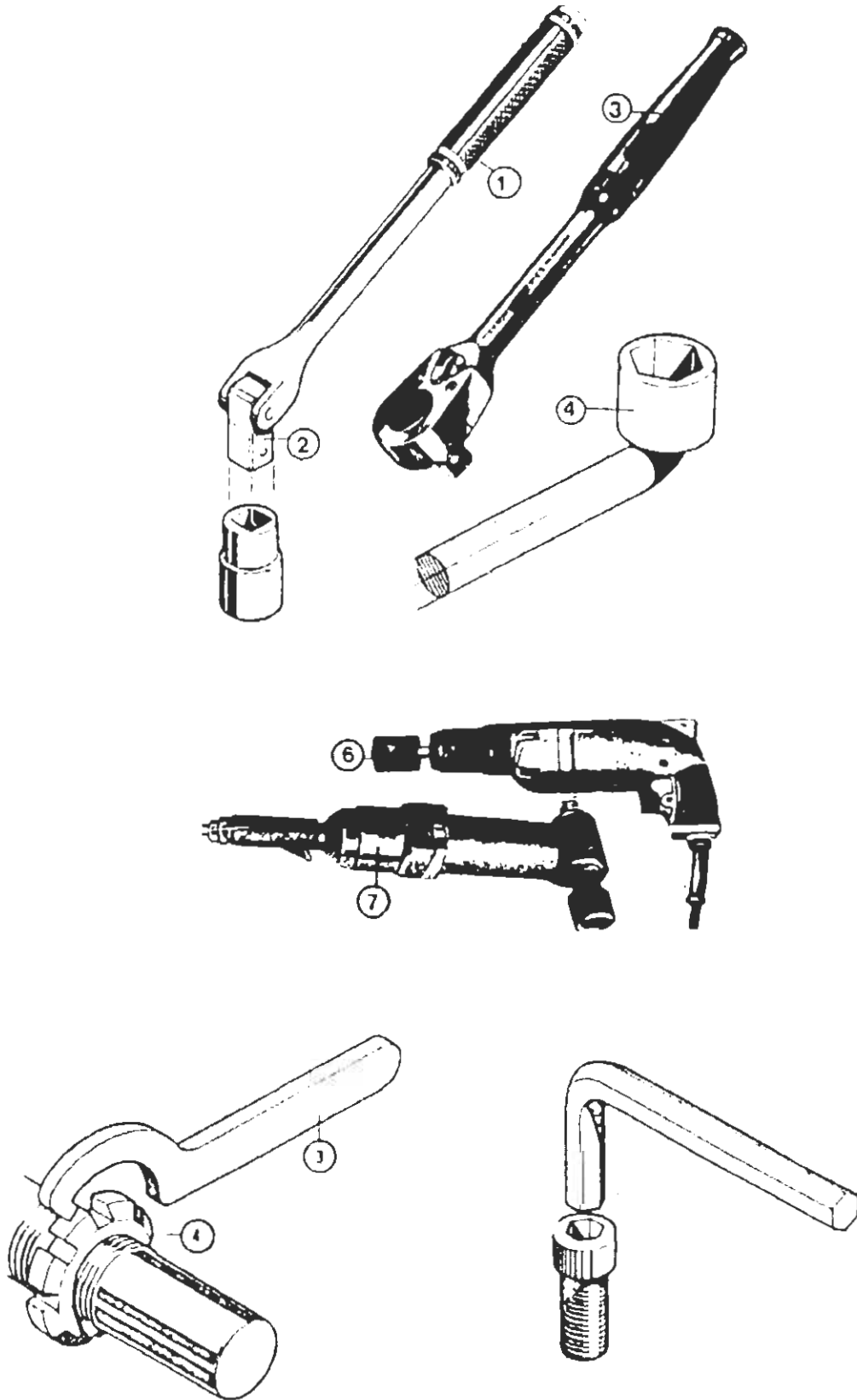




Σχήμα 1.18 Η λείανση των οπών γίνεται με γλύφανα. Τα σπειρώματα γίνονται με κοκλιοτόμηση. Βοηθητικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην κοκλιοτόμηση είναι η μανέλλα και βιδολόγος.

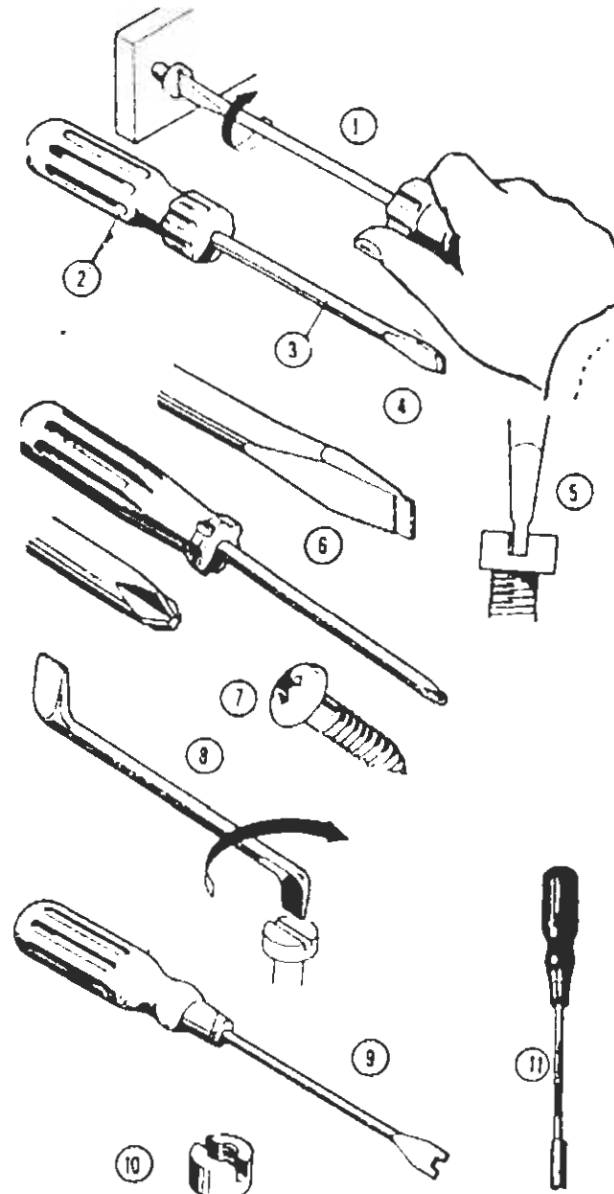




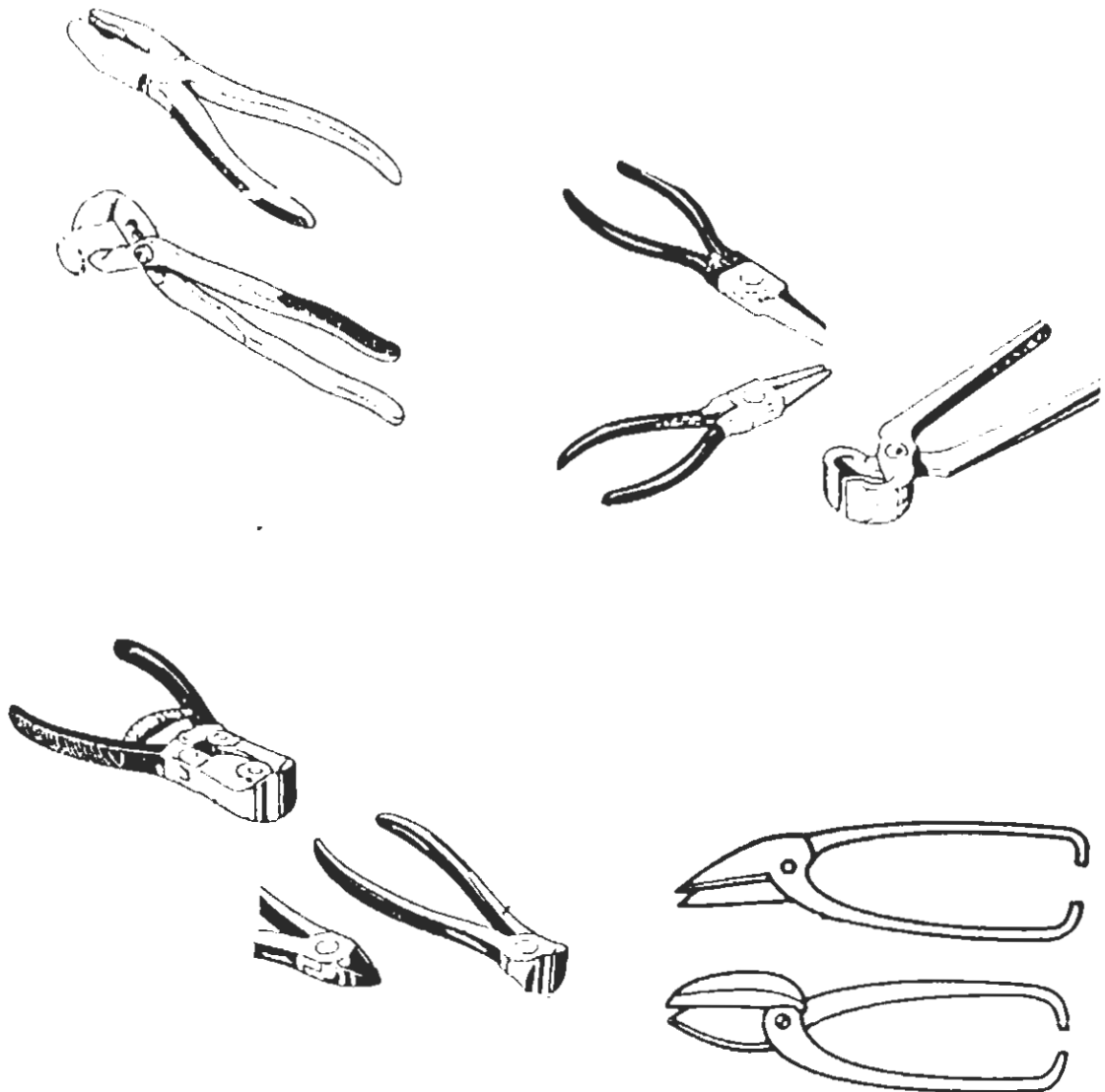


Σχήμα 1.19 Εργαλεία για τη σύσφιξη κοχλιών και περικοχλίων.

Ο κοχλίας και το περικόχλιο αποτελούν μέσο σύνδεσης δυο ή περισσότερων τεμαχίων. Για την πραγματοποίηση των συνδέσεων χρησιμοποιούμε διάφορα κλειδιά και κατσαβίδια. Το είδος και το μέγεθος του κλειδιού εξαρτάται από τη μορφή και το μέγεθος της κεφαλής του κοχλία ή του περικοχλίου.



Σχήμα 1.20 Κατσαβίδια

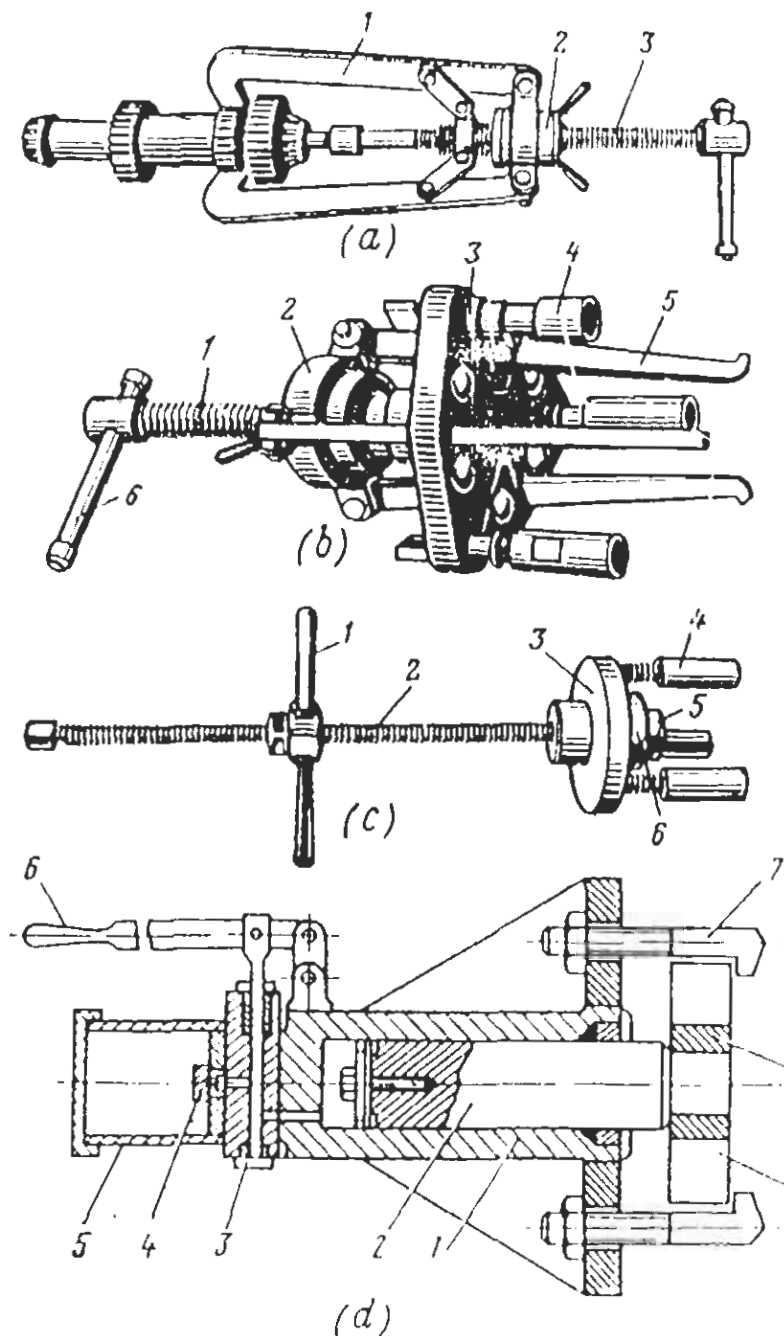


Σχήμα 1.21 Πένσες - Τσιμπίδια - Κόφτες - Ψαλίδια.

Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται για συγκράτηση, σύσφιγξη ή αποσύσφιγξη, κάμψη και κοπή.

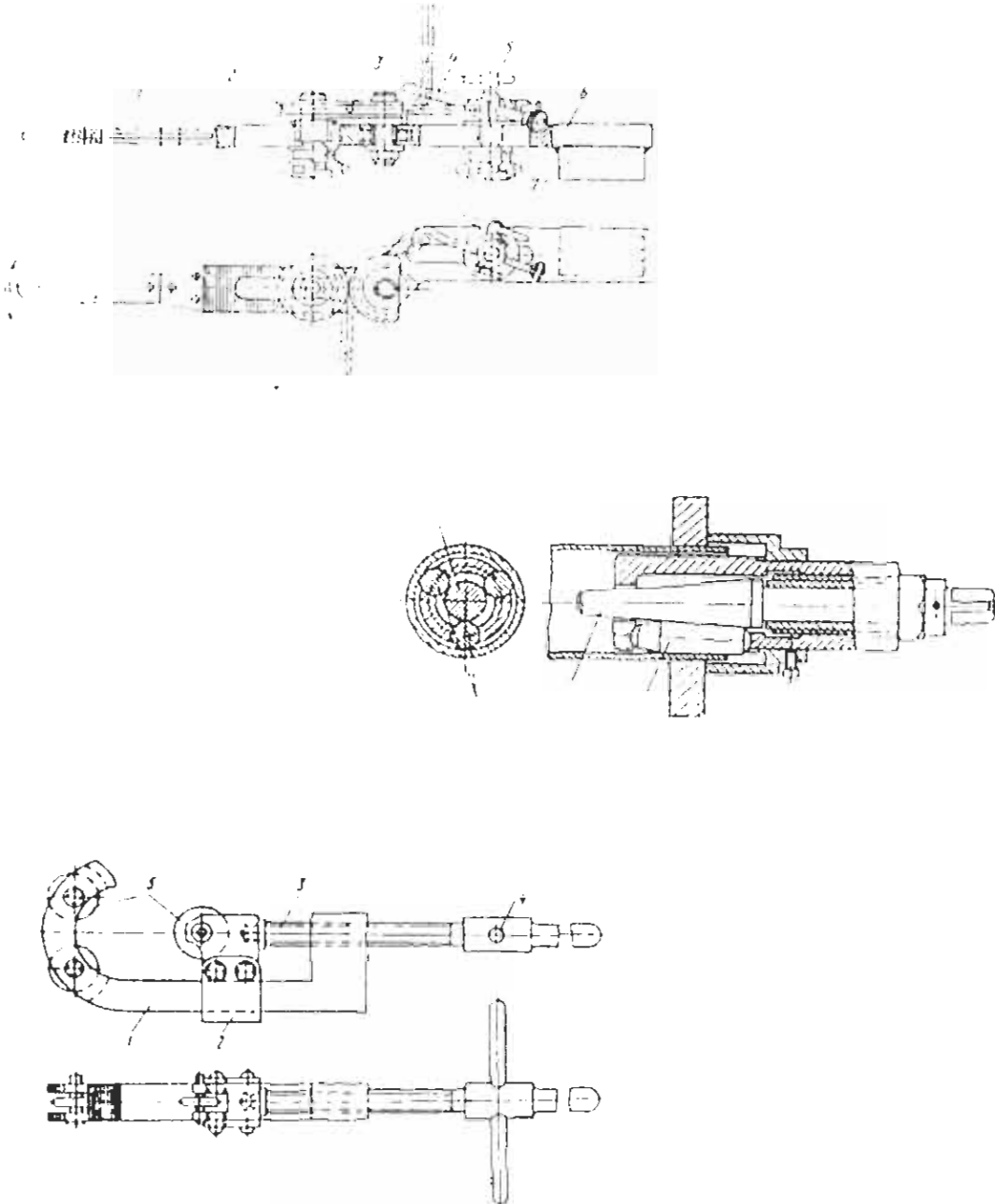
Εκτός από τα κοινά εργαλεία συναρμολόγησης ή αποσυναρμολόγησης που παρατέθηκαν στα παραπάνω σχήματα, έχουμε και άλλες κατηγορίες, όπως είναι οι εξολκείς

και οι ωθητές, σχήμα 1.22 και τέλος ειδικευμένα εργαλεία για ειδικές μόνο χρήσεις, όπως αυτά που δείχνει το σχήμα 1.23 και είναι εργαλεία για σωλήνες.



Σχήμα 1.22 Εξολκείς - Ωθητές

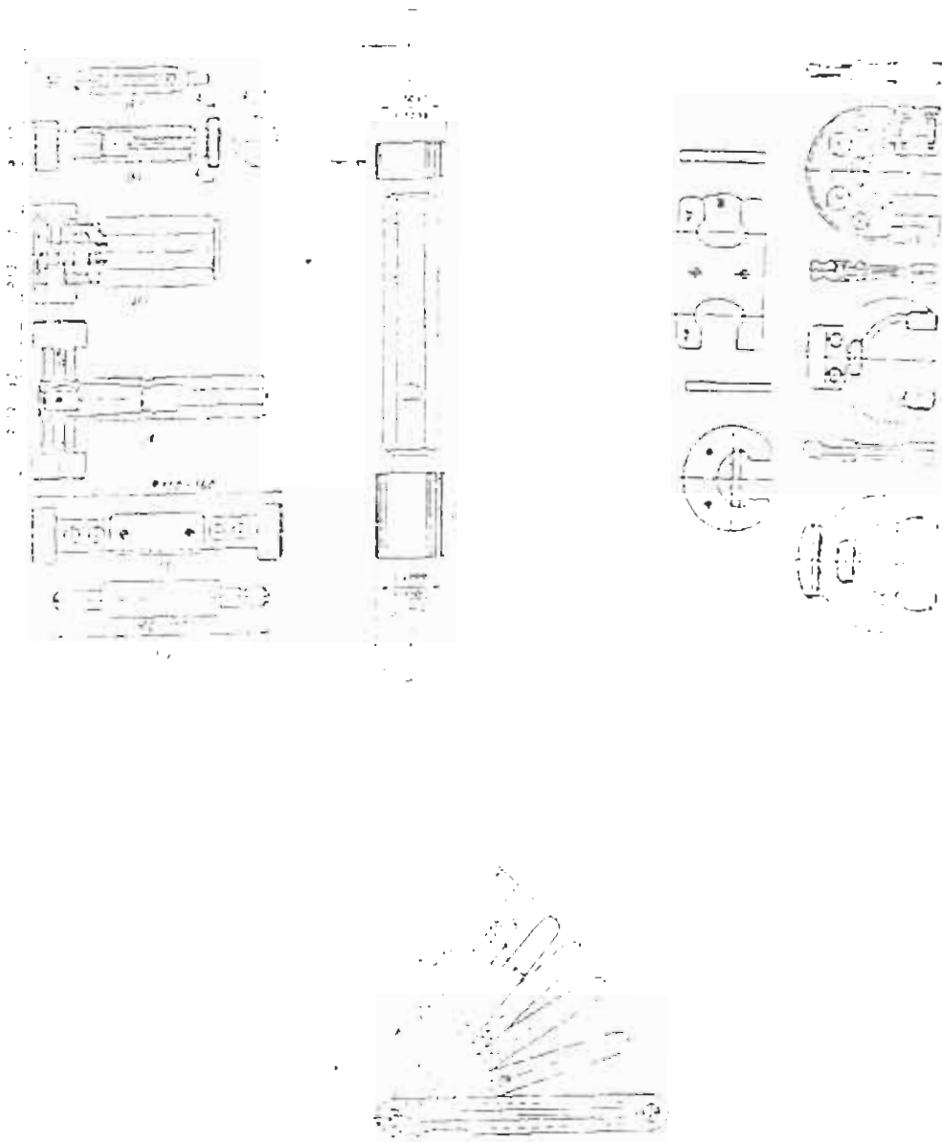
Για κάθε εφαρμογή πρέπει να χρησιμοποιείται το αντίστοιχο ειδικό εργαλείο και επιπλέον να χρησιμοποιείται σωστά, γιατί διαφορετικά προκαλούνται ζημιές στα διάφορα εξαρτήματα και καταστρέφονται τα εργαλεία.



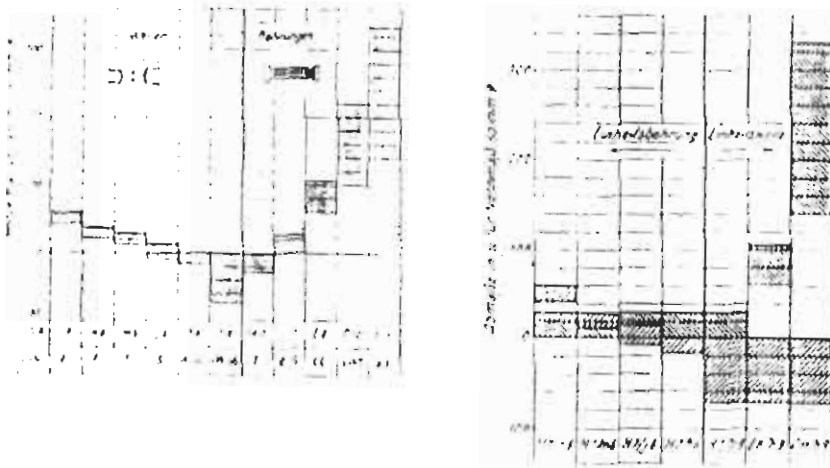
Σχήμα 1.23 Ειδικά εργαλεία για σωλήνες: 1.Κόφτης, 2.Διαστολέας άκρου, 3.Κορμπαδόρος

1.2.2 Καλίμπρες και Ρυθμιστές

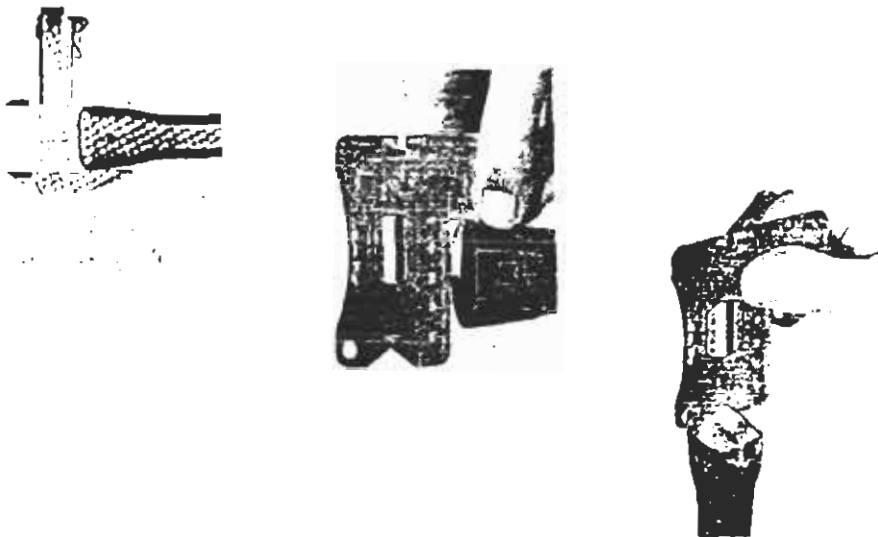
Για τη μέτρηση ανοχών χρησιμοποιούνται ειδικοί διαμετρητές (καλίμπρες) και για τη μέτρηση διακένων τα φίλλερ. Σχήματα 1.24-1.27.



Σχήμα 1.24 Καλίμπρες: 1.Εσωτερικοί Διαμετρητές, 2.Εξωτερικοί Διαμετρητές, 3.Διαμετρητές διακένων (Φίλλερ).

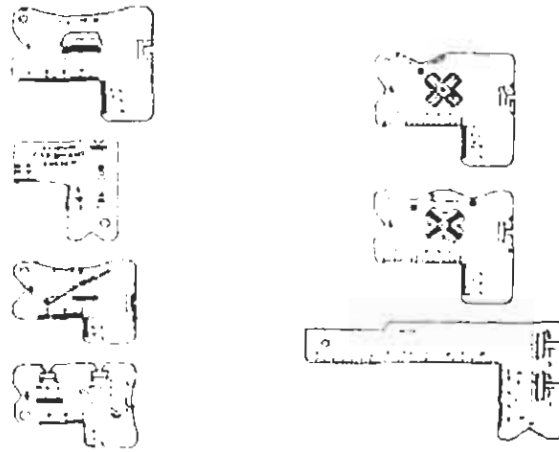


Σχήμα 1.25 Ανοχές



Σχήμα 1.26

1. Έλεγχος διαμέτρου με ένα κοινό παχύμετρο
2. Έλεγχος της σωστής μορφής του πλακιδίου
3. Έλεγχος της γωνίας της κόψης που πρέπει να είναι 110°



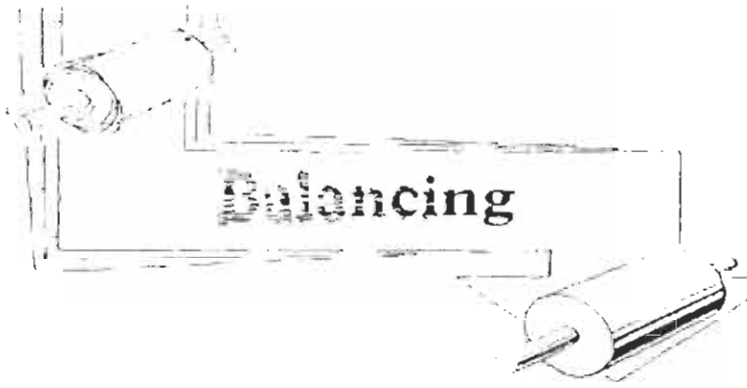
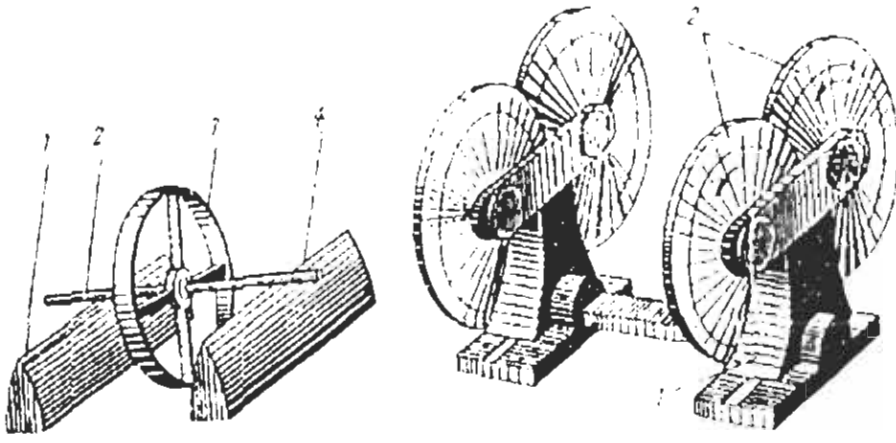
Σχήμα 1.27

1. Καλίμπρες για μακάπια με πλακίδιο από σκληρομέταλλο
2. Καλίμπρες για μακάπια με πρόσθετες κεφαλές, με 4 κοπτικές ακμές από σκληρομέταλλο.

1.2.3 Ζυγοσταθμίσεις

Ζυγοστάθμιση είναι η απαραίτητη διαδικασία που γίνεται στη φάση της επισκευής, πριν από τη συναρμολόγηση. Αναφέρεται δε σε όλα τα περιστρεφόμενα στοιχεία. Τα αζυγοστάθμητα εξαρτήματα παρουσιάζουν μεγάλες ταλαντώσεις κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι διάφορες βλάβες τους.

Η αζυγοσταθμία διακρίνεται σε στατική, η οποία γίνεται σε αιχμές. Σχήματα 1.28. και 1.29 και η δυναμική, η οποία γίνεται με ειδικά μηχανήματα.



Σχήμα 1.28 Ζυγοστάθμιση



Σχήμα 1.29 Διάφορα είδη Ζυγοστάθμισης

1.2.4 Μετρήσεις στη συντήρηση

Οι πιο διαδεδομένες μετρήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της συντήρησης, είναι η μέτρηση της πίεσης, που γίνεται με τα πιεσόμετρα (μανόμετρα) σχήμα 1.30, η μέτρηση της θερμοκρασίας, που γίνεται με τα θερμόμετρα σχήμα 1.31, η μέτρηση των ηλεκτρικών φαινομένων με τα γαλβανόμετρα κινητού πηνίου σχήμα 1.32, το πολύμετρο σχήμα 1.33 και την αμπερόπενσα σχήμα 1.34, ενώ οι στροφές μετρούνται συνήθως με το στροβοσκόπιο, το οποίο αποτελείται από μια λυχνία που αναβοσβήνει με επιθυμητή συχνότητα σχήμα.1.35.

Επίσης οι παραμορφώσεις ανιχνεύονται με χρήση ειδικών χρωστικών ουσιών ή επιμηκυνσιομέτρων (ροζέτες), που είναι ανιστάσεις που μεταβάλλονται ανάλογα με το μήκος τους (παραμόρφωση) σχήμα 1.36.

Οι ρωγμές ανιχνεύονται με χρήση οργάνων υπερήχων, ή με δημιουργία μαγνητικών πεδίων σχήμα 1.37, ή με επάλειψη με ειδικές χρωστικές ουσίες.

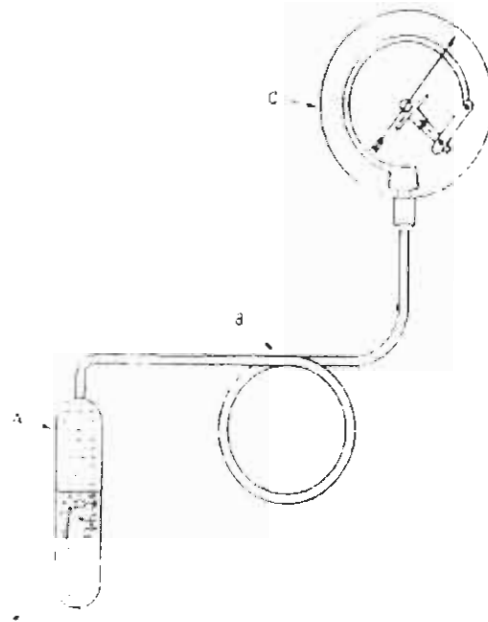
Επιπλέον οι θερμοκρασίες ανιχνεύονται και μετρούνται με ειδικές θερμοευαίσθητες χρωστικές ουσίες ή με τηλεθερμόμετρα σχήμα 1.38. Οι ιδιοσυχνότητες μετρούνται με τη χρήση ειδικών σφυριών σχήμα 1.38.

Η μέτρηση ακουστικών θορύβων γίνεται με ηχόμετρα, που είναι ηλεκτρονικά όργανα με ενσωματωμένο μικρόφωνο και μετρούν την ένταση του ήχου σχήμα 1.39.

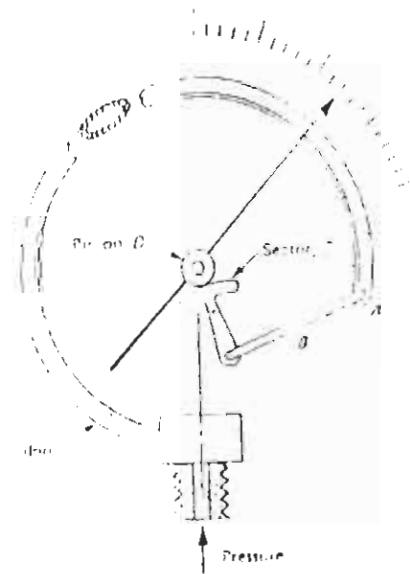
Η μέτρηση της τραχύτητας γίνεται τα εργαλεία του σχήματος 1.40 και σχηματίζονται πολικά διαγράμματα τραχύτητας σχήμα 1.41.

Ακόμη έχουμε ελεγκτές ύψους, βάθους, αποστάσεων, διαμέτρων, ομαλότητας, παραλληλότητας κλπ. σχήμα1.42. Ηλεκτρονικοί μετρητές χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση περιστροφών, όπως αυτοί που φαίνονται στο σχήμα 1.43 και μετατροπείς αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά σχήμα 1.44.

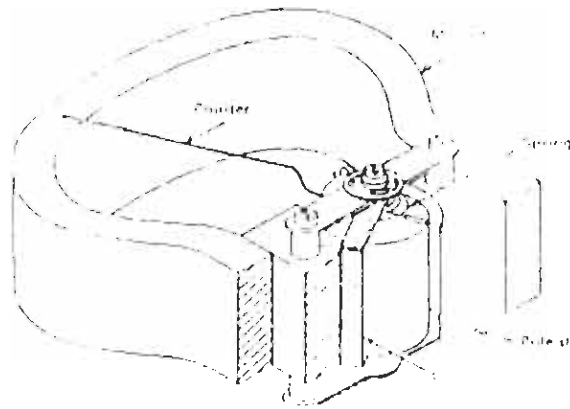
Η αρχή λειτουργίας ενός ηλεκτροδυναμόμετρου που μετρά τη στρέψη φαίνεται στο σχήμα 1.45.



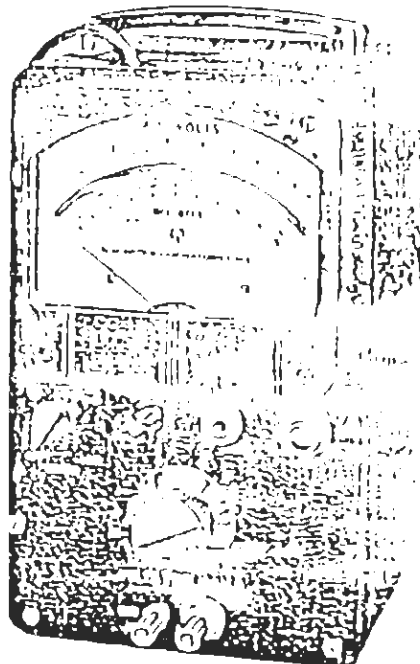
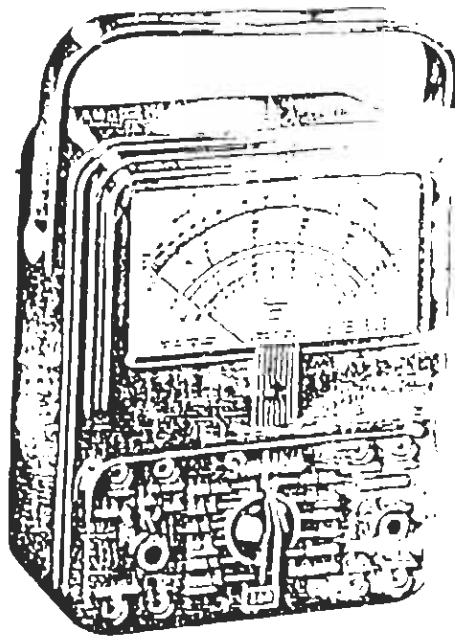
Σχήμα 1.30 Αρχή λειτουργίας πιεσομέτρου



Σχήμα 1.31 Αρχή λειτουργίας διαστολικού θερμομέτρου



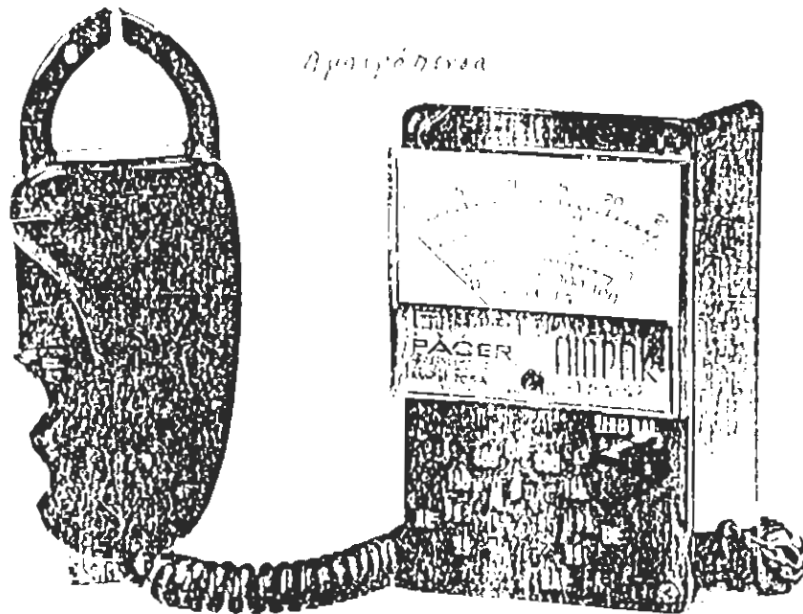
Σχήμα 1.32. Αρχή λειτουργίας γαλβανόμετρου με κινητό πηνίο



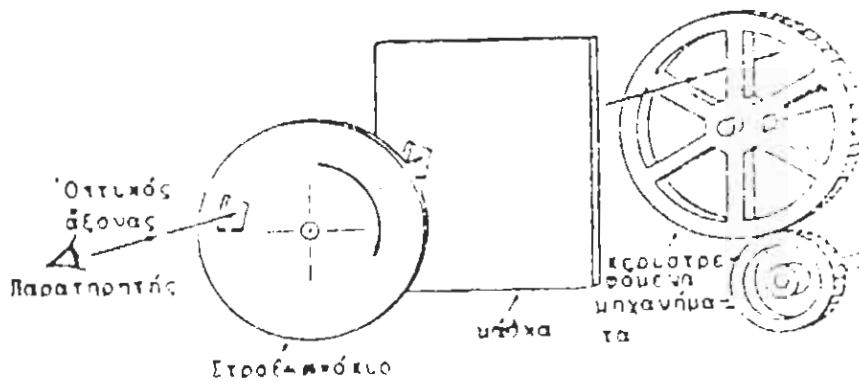
Τυπικό Βολτι - Ωμόμετρο (VOM)
(VTVM)

Βολτόμετρο τύπου λυχνίας κενού

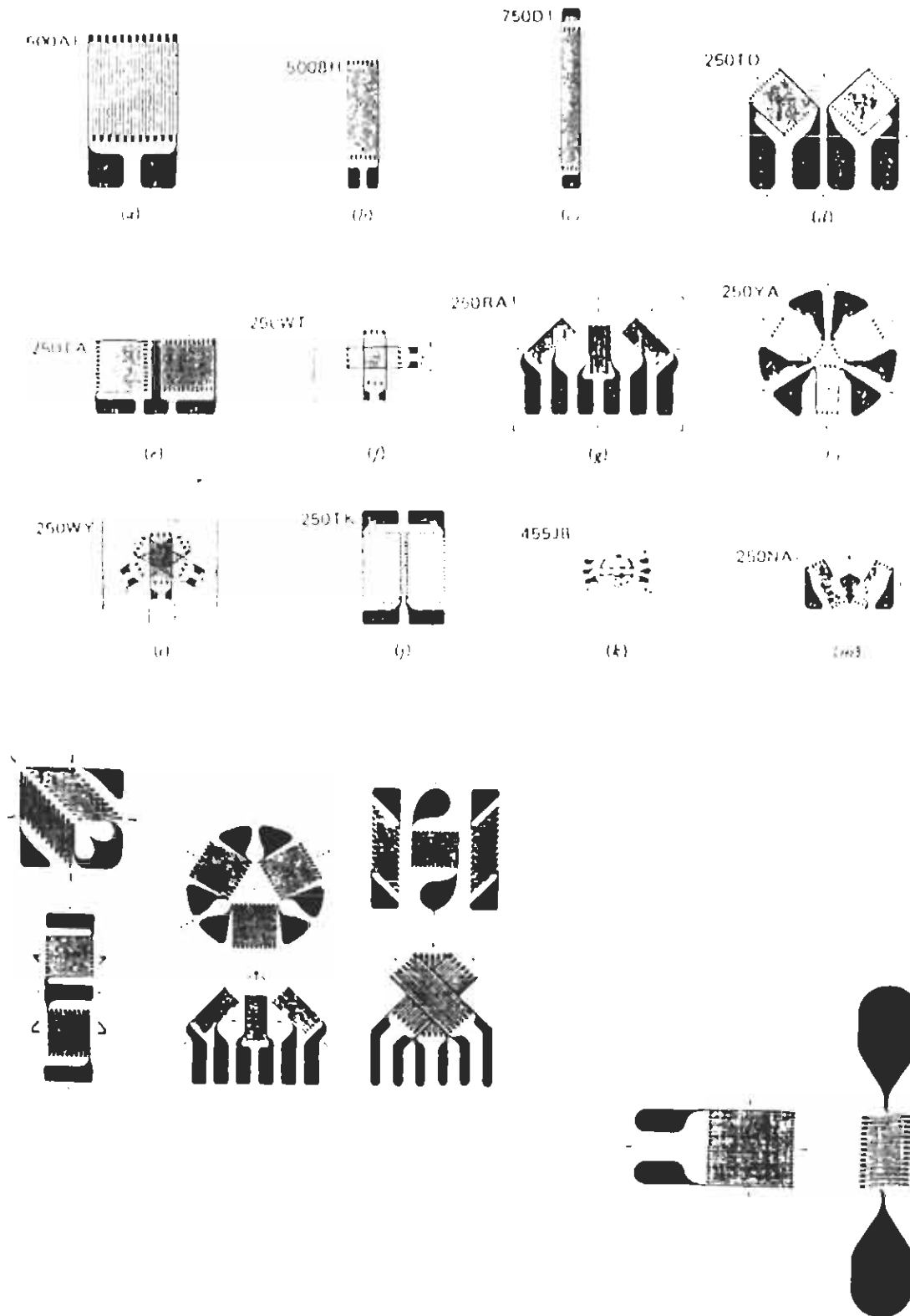
Σχήμα 1.33 Αρχή λειτουργίας πολυμέτρου



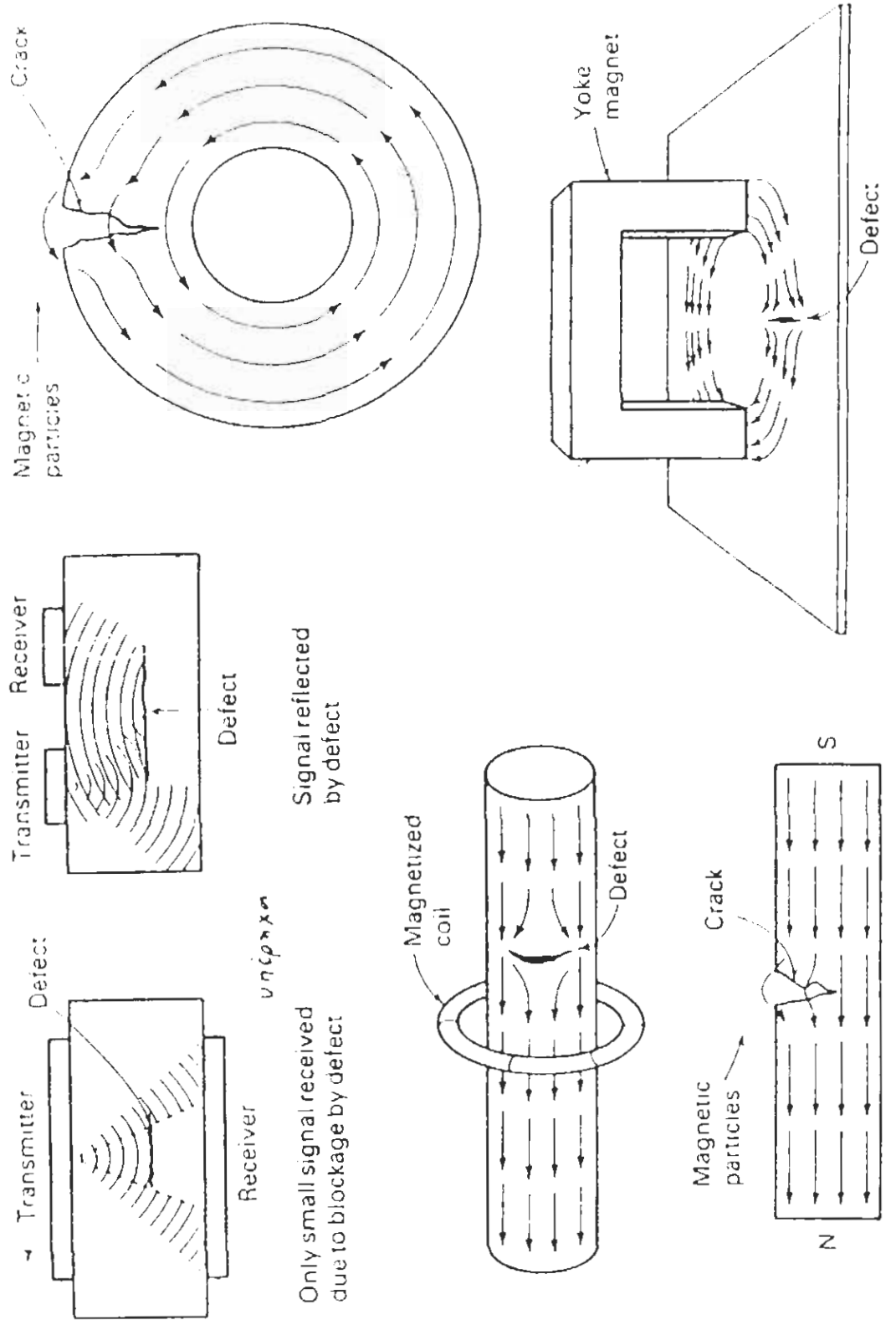
Σχήμα 1.34 Αρχή λειτουργίας αμπερόπενσας



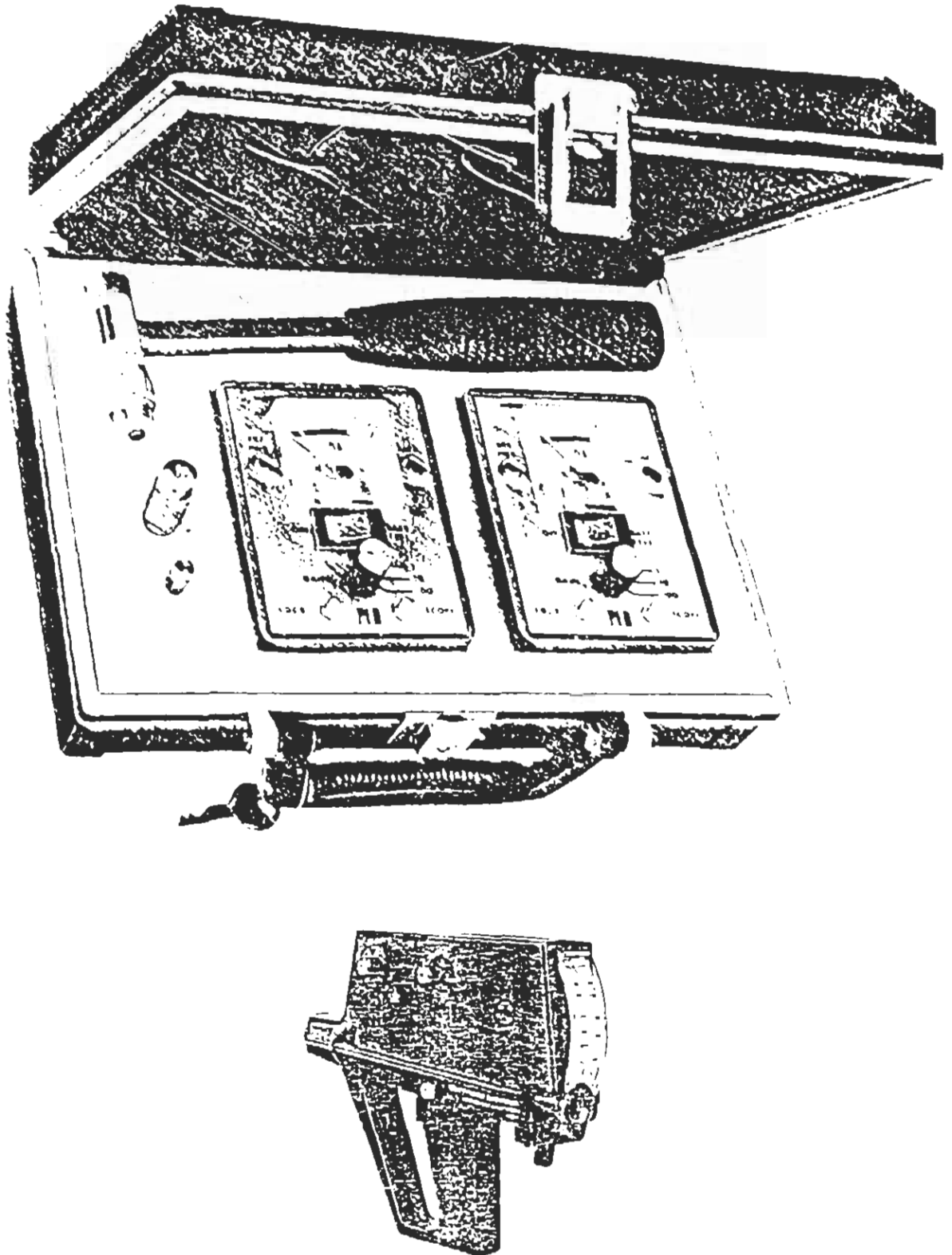
Σχήμα 1.35 Στροβοσκόπιο



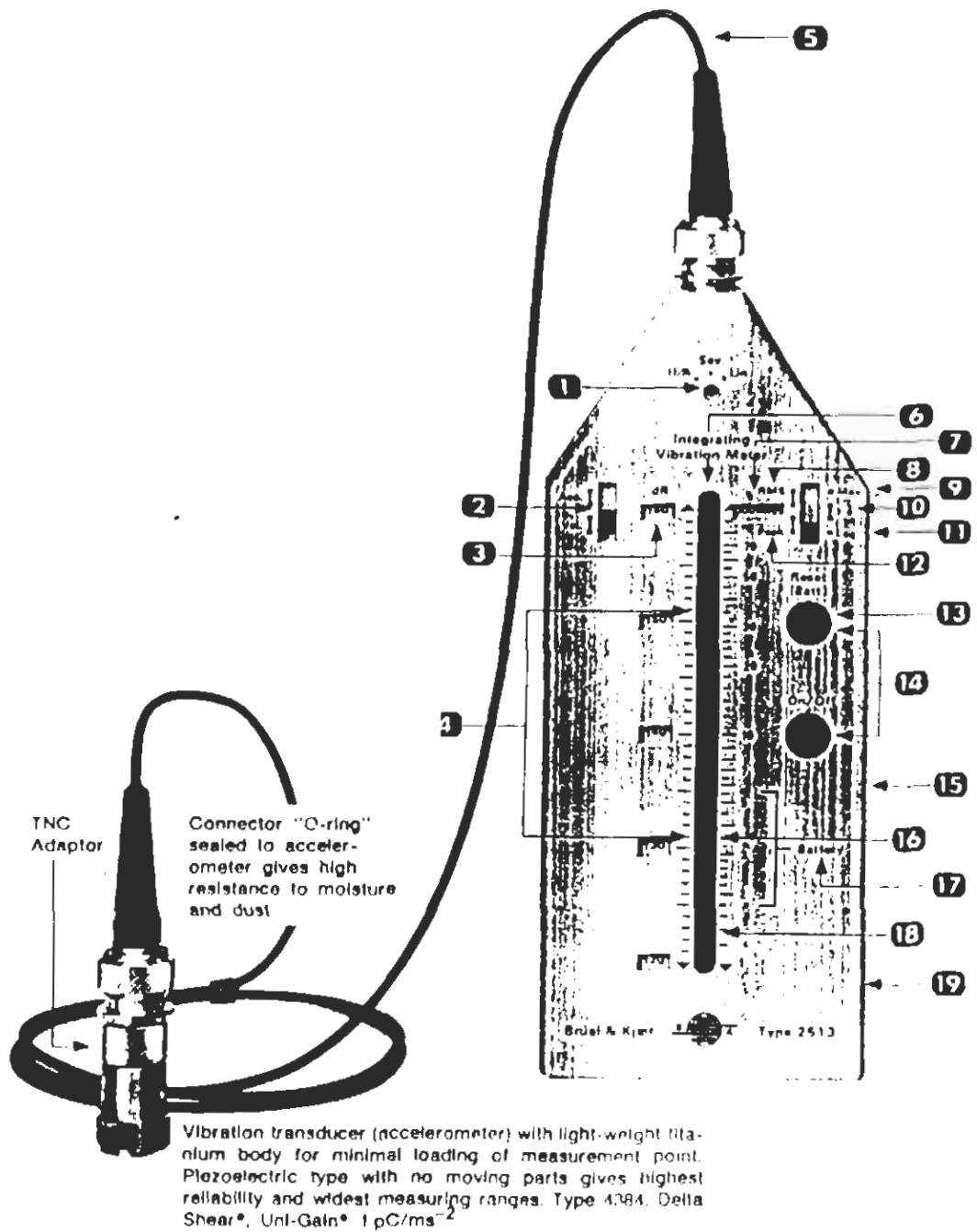
Σχήμα 1.36 Επιμηκυνσιόμετρα



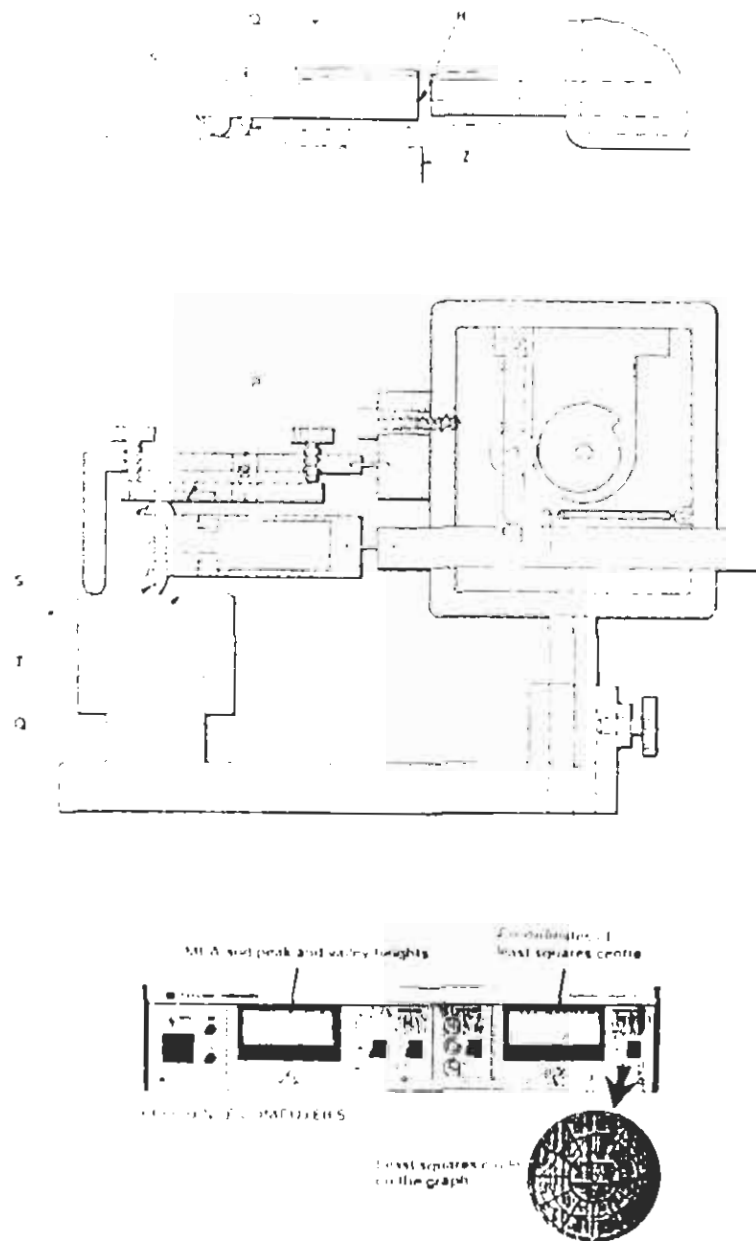
Σχήμα 1.37 Μέθοδοι ανίχνευσης ρωγμών



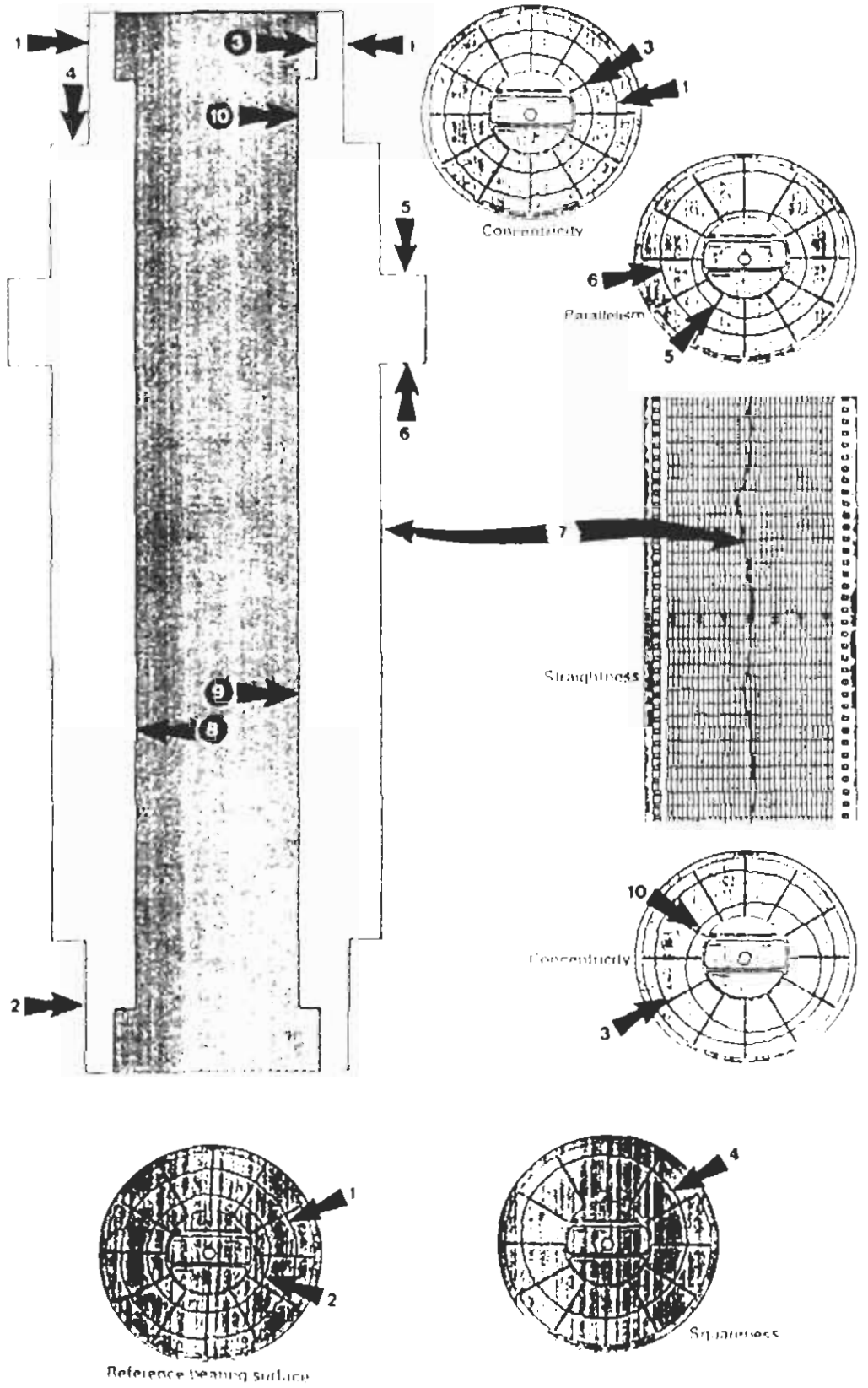
Σχήμα 1.38 Διαγνωστικό σφυρί – Τηλεθερμόμετρο



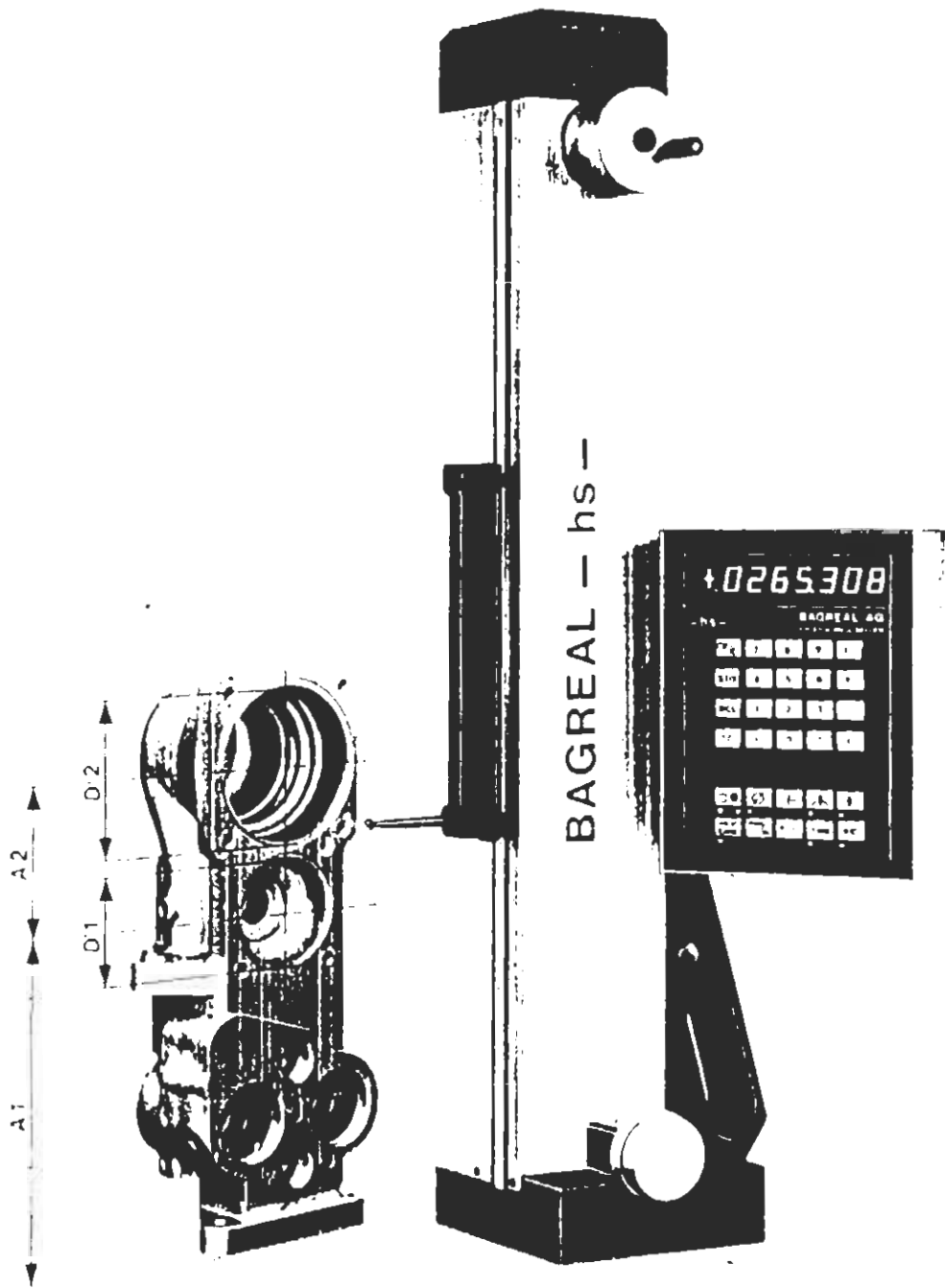
Σχήμα 1.39 Ηχόμετρο



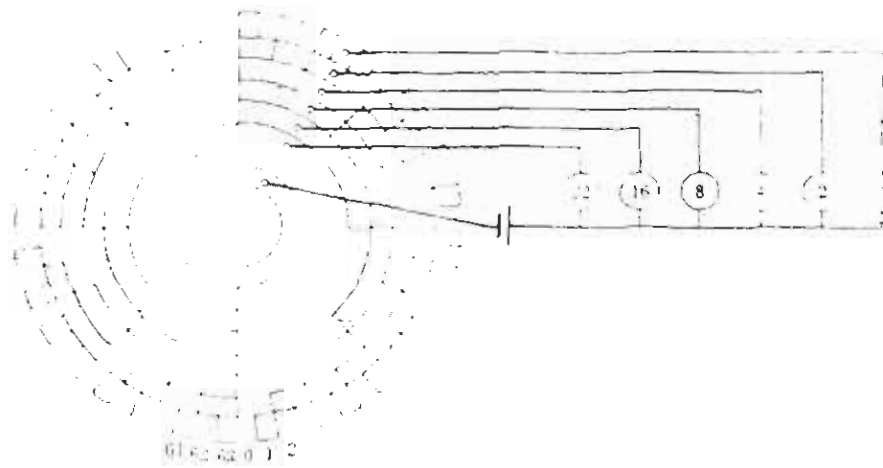
Σχήμα 1.40 Μηχανές μέτρησης της τραχύτητας



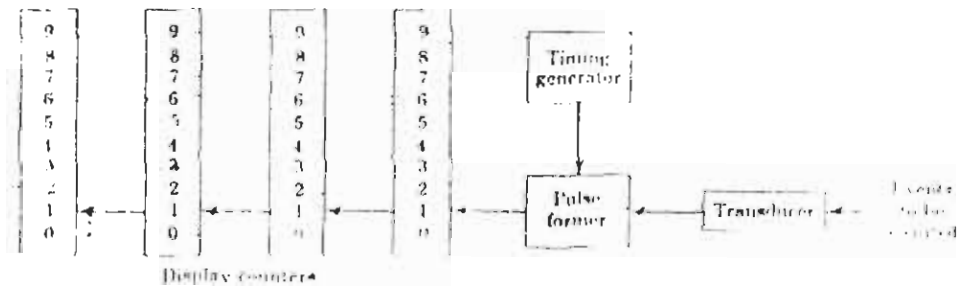
Σχήμα 1.41 Πολικά διαγράμματα μέτρησης της ταχύτητας



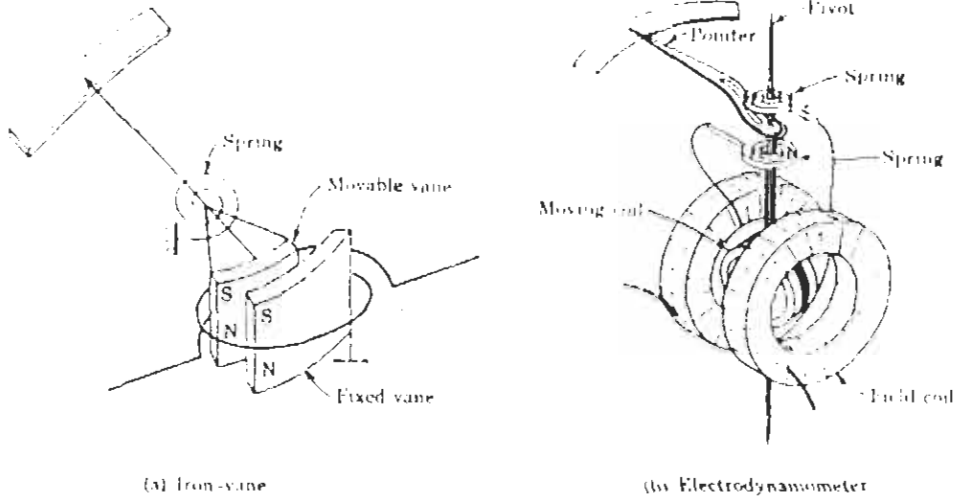
Σχήμα 1.42 Μειρητής ύψους και βάθους



Σχήμα 1.43 Ηλεκτρονικό σύστημα μέτρησης περιστροφών



Σχήμα 1.44 Μετατροπέας αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά



Σχήμα 1.45 Αρχή λειτουργίας ηλεκτροδυναμομέτρου

1.2.5 Μετρήσεις και αναλύσεις ταλαντώσεων

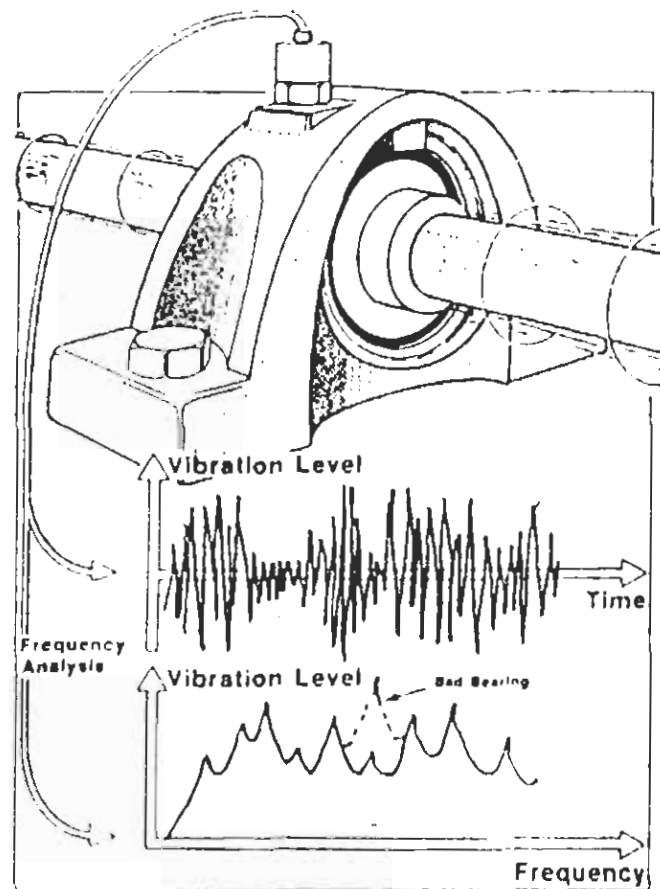
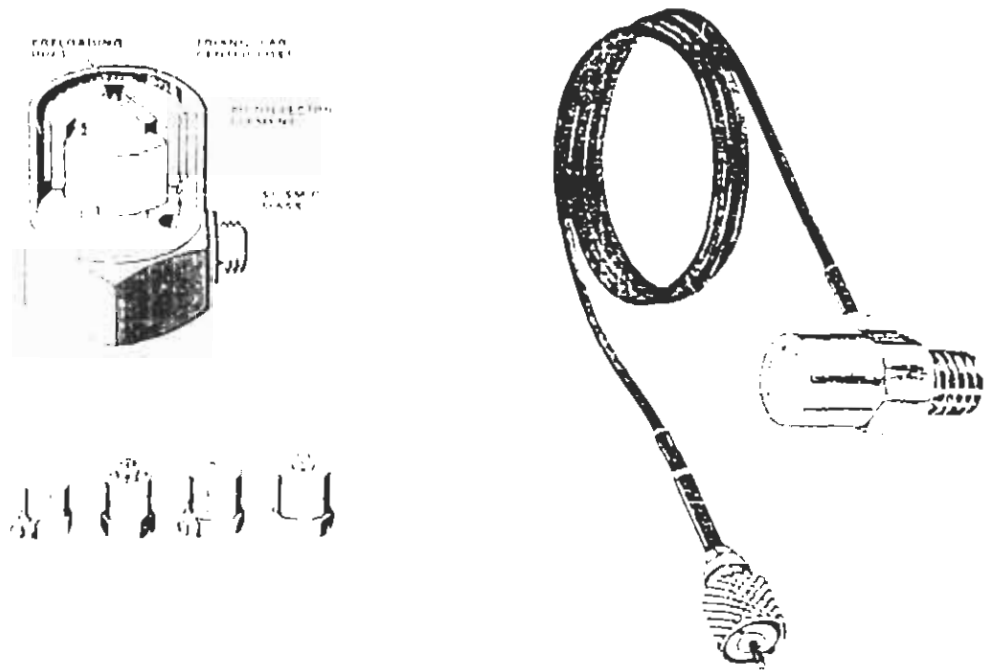
Οι ταλαντώσεις μετρούνται με ειδικά όργανα που λέγονται επιταχυνσιόμετρα, τα οποία συνδέονται με ειδικό ηλεκτρονικό εξοπλισμό σχήμα 1.45.

Οι ταλαντώσεις αναλύονται σε συχνότητες με ειδικά μηχανήματα που λέγονται αναλυτές. Τότε παίρνουμε ένα σχήμα σαν το καρδιογράφημα που λέγεται υπογραφή της μηχανής σχήμα 1.46 και σχήμα 1.47.

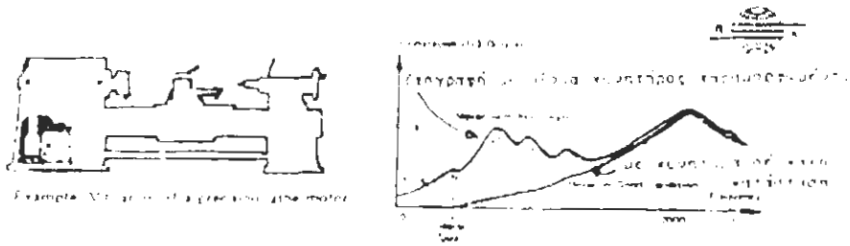
Η υπογραφή μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και τις βλάβες που μπορεί να παρουσιάσει η μηχανή. Έτσι μπορεί να εντοπισθεί επακριβώς μία βλάβη.

Πολλές φορές όμως δεν ξέρουμε που ακριβώς και τι είδους βλάβη έχουμε οπότε είμαστε αναγκασμένοι να ψάχνουμε.

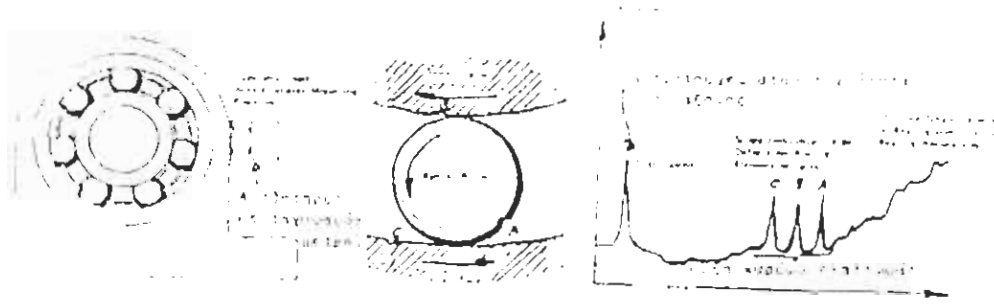
Για να μην σπαταλάτε χρόνος και για να μην λύνεται όλη η μηχανή για να βρεθεί η βλάβη, έχουν καθιερωθεί τεχνικές διαδικασίες εύρεσης της θέσης και του είδους της βλάβης.



Σχήμα 1.45 Επιταχυνσιόμετρο και μέτρηση με αυτό

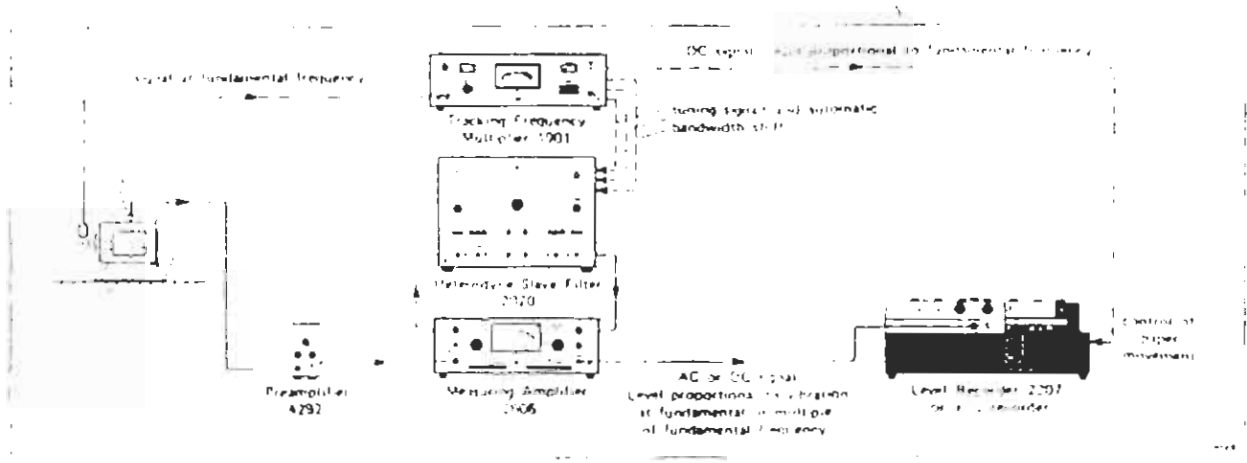


Εικόνα 1.45. Παράδειγμα γραφήματος κινητήρα γεννήτορα.

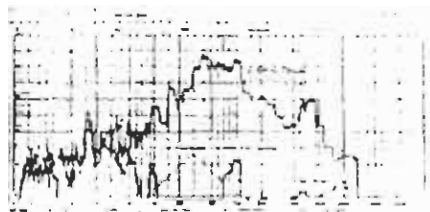
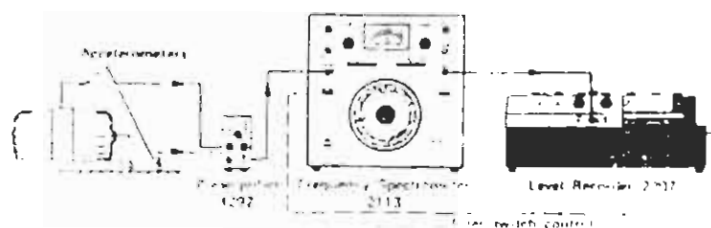


Εικόνα 1.46. Διατάξεις για ανίχνευση βλαβών στην τρέφση.

Σχήμα 1.46 Ανίχνευση βλαβών με μέτρηση και ανάλυση ταλαντώσεων



Σχήμα 1.47 Διάταξη συλλογής μετρήσεων πλάτους και φάσης ταλαντώσεων



Σχήμα 1.48 Διάταξη ανάλυσης συχνοτήτων των ταλαντώσεων

1.2.6 Κανονισμοί

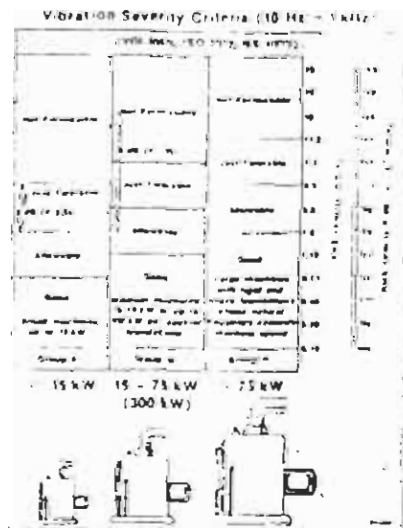
Παρακάτω παραθέτονται ορισμένοι πίνακες διεθνών κανονισμών που ισχύουν για τα όργανα, τα εργαλεία και τις μετρήσεις.

Πίνακας 1. Όρια δονήσεων μηχανών για συντήρηση κατά τους Καναδέζικους κανονισμούς


Table of Criteria for Bearing Vibration Measurements (in 1000 μm)

Machine category and shaft diameter (mm)	ISO 10818-1 (1997)		ISO 10818-2 (1997)		Machine category and shaft diameter (mm)	ISO 10818-1 (1997)		ISO 10818-2 (1997)	
	1000 μm	1000 μm	1000 μm	1000 μm		1000 μm	1000 μm	1000 μm	1000 μm
Class 1 machines					Class 1 machines				
Power: 10-100 kW	10	15	15	15	Power: 10-100 kW	10	15	15	15
101-1000 kW	15	20	20	20	101-1000 kW	15	20	20	20
1000-10000 kW	20	25	25	25	1000-10000 kW	20	25	25	25
Class 2 machines					Class 2 machines				
Power: 10-100 kW	15	20	20	20	Power: 10-100 kW	15	20	20	20
101-1000 kW	20	25	25	25	101-1000 kW	20	25	25	25
1000-10000 kW	25	30	30	30	1000-10000 kW	25	30	30	30
Class 3 machines					Class 3 machines				
Power: 10-100 kW	20	25	25	25	Power: 10-100 kW	20	25	25	25
101-1000 kW	25	30	30	30	101-1000 kW	25	30	30	30
1000-10000 kW	30	35	35	35	1000-10000 kW	30	35	35	35

Πίνακας 2. Όρια επιτρεπών δονήσεων μηχανών κατά ISO 2372 STANDARDS



Πίνακας 3. Πίνακας ανωμαλιών περιστρεφόμενων μηχανών

Nature of Fault	Frequency of Dominant Vibration (Hz/rpm/60)	Direction	Remarks
Rotating Members out of Balance	1 x rpm	Radial	A common cause of excess vibration in machinery
Misalignment & Bent Shaft	Usually 1 x rpm Often 2 x rpm Sometimes 3x4 x rpm	Radial & Axial	A common fault
Damaged Rolling Element Bearings (Ball, Roller, etc)	Impact rates for the individual bearing component Also vibrates at high frequencies (2' or 60 kHz) often related to (1.5x) resonances in bearings	Radial & Axial	Excess vibration - some rollers with cracks Impact Rate:  For Outer Race Cracks: $\frac{1}{2} \left(\frac{1}{P} + \frac{1}{Q} \right) \times \text{rpm}$ For Inner Race Cracks: $\frac{1}{2} \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{Q} \right) \times \text{rpm}$ For Ball Defects: $\frac{1}{P} \times \text{rpm}$ P = number of balls in rollers Q = relative velocity between inner & outer races
Journal Bearings Loose in Housing	Sub-harmonics of shaft rpm, exactly 1/2 or 1/3 x rpm	Primarily Radial	Looseness may only develop at operating speed and temperature (e.g. turbomachines)
Oil Film Whirl or Whip in Journal Bearings	Slightly less than half shaft speed (42% to 48%)	Primarily Radial	Applicable to high-speed (e.g. turbo machines)
Hysteresis Whirl	Shaft critical speed	Primarily Radial	Vibrations excited when passing through critical shaft speed are maintained at higher shaft speeds. Can sometimes be cured by checking tightness of rotor components
Damaged or Worn gears	Tooth meshing frequencies (shaft rpm x number of teeth) and harmonics	Radial & Axial	Sidebands around tooth meshing frequencies indicate modulation (e.g. eccentricity) at frequency corresponding to sideband loadings. Normally only detectable with very narrow band analysis and cepstrum
Mechanical Looseness	2 x rpm		Also sub- and ultra-harmonics as for loose journal bearings
Faulty Belt Drive	1, 2, 3 & 4 x rpm of belt	Radial	The precise problem can usually be identified visually with the help of a stroboscope
Unbalanced Reciprocating Forces and Coupled	1 x rpm and/or multiples for higher order imbalance	Primarily Radial	
Increased Turbulence	Blade & Vane passing frequencies and harmonics	Radial & Axial	Increasing levels indicate increasing turbulence
Electrically Induced Vibrations	1 x rpm or 1 or 2 times synchronous frequency	Radial & Axial	Should disappear if when turning off the power

Πίνακας 4. Μετρήσεις εκπεμπόμενου θορύβου από μηχανές

D. Measurements of Noise Emitted by Machines

Country	Identification of Standard	Contents of Standard	Issuing Institution
Austria	ÖAL-Richtlinie Nr. 1	Messung des Geräusches von Maschinen.	Osterreichischen Arbeitsring für Lärmbekämpfung, Regierungsgebäude, 1012 Wien.
Belgium	NBN 253-1991	Conditions acoustiques de travail d'installations de chauffage, ventilation, etc.	Institut Belge de Normalisation, 29 av. de la Brabançonne Bruxelles 4.
Bulgaria	BDS 6011-66	Measurement of noise emitted by electrical rotating machines	Institut de Normalisation 8, rue Sveta Sofia, Sofia.
C.S.S.R.	CSN 090862	Noise of diesel engines. Method of measurement.	Office for Standards and Measurements, Praha 1 - Nové Město, Václavské náměstí 19
	CSN 123062	Measurement of noise and vibration from ventilators.	
	CSN 178055	Measurement of noise emitted by computers.	
	CSN 300513	Measurement of internal noise emitted by road motor vehicles	
	CSN 350019	Special testing methods for electrical rotating machines III Noise measurement.	
France	S 30-006	Règles Générales pour la Rédaction des Codes d'Essais Relatifs à la Mesure du Bruit Emis par les Machines.	L'Association Française de Normalisation, 19, rue du 4-Septembre Paris - 2 ^e
	S 31-006	Code d'Essais pour la Mesure du Bruit Emis par les Machines Electriques Tournantes.	
Germany (D.B.R.)	DIN 9756	Lautstärkemessung an Rechenmaschinen.	Beuth-Vertrieb GmbH Berlin W15 und Köln.
	DIN 42540	Geräuschstärke von Transformatoren; Bewerteter Schalldruckpegel (Schalldruck).	
	DIN 45832	Geräuschmessung an elektrischen Maschinen, Richtlinien.	
	DIN 45435	Geräuschmessung an Maschinen.	
	DIN 52218	Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Labor	

Πίνακας 5. Συνιστώμενες τιμές θορύβου

Country	Identification of Standard	Contents of Standard	Issuing Institution
	TGL 0-9756	Lautstärkemessung an Rechenmaschinen.	
Germany (D.D.R.)	TGL 38-446	Prüfvorschriften für Fahrzeuggetriebe.	Amt für Standardisierung Mohrenstrasse 37a, Berlin W. 5
	TGL 39-783	Prüfvorschriften, Auspuffgeräuschdämpfer, Verbrennungsmotoren	
	TGL 39-787	Verbrennungsmotoren, Geräuschmessungen, Meßverfahren.	
	TGL 39-852 Bl. 11	Innengeräusche von Kraftfahrzeugen und Anhängerfahrzeugen.	
	TGL 45-01248	Geräuschmessung, Bestimmung der Schallpegel an Haushaltsnähmaschinen.	
	TGL 50-29034	Geräuschmessungen an rotierenden elektrische Maschinen, Richtlinien.	
	TGL 153-6011	Wälzlager, Laufgeräusch, Meßverfahren (Entwurf).	
	TGL 153-6012	Wälzlager, (Radial-) Rillenkugellager, Laufgeräusch, zulässige Werte (Entwurf).	
	TGL 200-1584 Bl. 8	Prüfung von Transformatoren ab 5,3 kVA, Bestimmung des Geräuschpegels.	
	TGL 200-3110	Elektr. Maschinen, Bestimmung des Geräuschpegels, Begriffe, Prüfverfahren.	
TGL 200-4504	Elektrische Hausgeräte, Geräuschmessungen, Meß- und Prüfverfahren.		
Great Britain	B.S. 644: 1966 Part 2	Fan noise testing.	British Standards Institution, 2 Park Street, London W 1
	B.S. 4194: 1967	Guide to the selection of methods of measuring noise emitted by machinery.	
India	IS: 4758-1968	Methods of measurement of noise emitted by machines.	Indian Standards Institution, Manak Bhavan, 9 Bahadur Shan Zafar Marg, New Delhi 1
Japan	JIS B1548	Sound pressure levels of ball and roller bearings.	Japanese Institute of Standards, Hitotsubashi-cho, Akasaka, Minato-ku, Tokyo.
	JIS D1041	Acoustic testing of horns for motorcycles	

Πίνακας 6. Εργαλεία μέτρησης θορύβου

B. Noise Rating Recommendations

Country	Identification of Standard	Contents of Standard	Issuing Institution
Argentina	4079	Noise evaluation for hearing conversational noise.	
Austria	Bundesgesetz- blatt 200	Kraftfahrverordnung 1955	Staatsdruckerei Wien
	Bundesgesetz- blatt 100	Seeverkehrsordnung 1961	
Belgium	NBN 574 11 1961	Échelles d'évaluation du niveau de bruit	Institut Belge de Normalisation, 29 av. de la Sablonnière, 1040 Bruxelles
C.S.S.R.	Hygienical Requirements No. 32	Requirements for protection against noise.	Ministry of Health, Prague
France	S 31 013	Mesure des bruits en vue de l'évaluation de la gêne dans les zones d'habitation	L'Association Française de Normalisation (AFNOR) Tour Europe, 97 Courbevoie
	S 31 013	Évaluation de l'exposition au bruit au cours du travail en vue de la protection de l'ouïe	
Germany (D.F.R.)	VDI 7050	Bestimmung und Abwehr von Arbeitslärm	VDI Verlag, Graf-Redeckerstrasse 41 4000 Düsseldorf 1
Great Britain	B S 4942: 1967	Method of rating industrial noise affecting mixed residential and industrial areas.	British Standards Institution, 2 Park Street, London W 1
Hungary	SZOT 6/1966 (IV)	Verordnungen des Landesrates der Gewerkschaften	Magyar Szabványügyi Hivatal (Budapest IX, III/II/1 of 25)
South Africa	SABS 603-1962	Code of practice for the rating of noise for hearing conservation	South African Bureau of Standards, 55 Vrede Street, Pretoria
Switzerland	--	«Lärmämpfung in der Schweiz»	Eidgenössische Druck- sachen und Material- zentrale, Bern 3
U.S.A.	S1 1-1960	Criteria for background noise in audiometer rooms.	United States of America Standards Institute, 10 East 47th Street, New York, N.Y. 10016
	Z24 X2	Expertory subcommittee report The relations of hearing loss to noise exposure.	

Country	Identification of Standard	Contents of Standard	Issuing Institution
Roumania	STAS 7153 65	Methods of noise measurement in industry.	Oficiul General pentru Standarde Str. Edgar Quinet 4 Bucharest 1
	STAS 7301 65	Measurement of noise emitted by electrical rotating machines	
U.S.S.R.	Goel 11870 46	Methods of noise measurement and methods for their determination	Komitet Standartov Leningradsky Prospekt 24 Moskva, M 29
	Goel 11929 46	Measurement of noise emitted by electrical rotating machines and transformers	
International (I.S.O.)	0 295	General Requirements for the Preparation of Test Codes for Measuring the Noise Emitted by Machines	International Organization for Standardization 1, Rue de Varembe Geneva, Switzerland

C. Noise Measuring Equipment

Country	Identification of Standard	Contents of Standard	Issuing Institution
Argentina	F 40 74	General purpose sound level meter	
Australia	AS 237 1967	Sound Level Meters Type 1 General Purpose	Standards Association of Australia, Science House 157 Gloucester Street Sydney
	AS 238 1967	Sound Level Meters Type 2 Precision	
	AS 241 1969	Octave, half octave and one third octave band pass filters intended for the analysis of sound and vibrations	
Belgium	NDN578 80-1967	Sonometrie de precision	Institut Belge de Normalisation 29 av. de la Brebanconne Bruxelles 4
C.S.S.R.	CSN 356870	Sound level meter and band pass filter	Office for Standards and Measurements Praha 1, Nové Město Václavské náměstí 12
France	S 31 985	Sonometrie d'Usage Courant	L'Association Française de Normalisation Tour Europe, 92 Courbevoie
	S 31 009	Sonometrie de precision	
Germany (D.B.R.)	DIN 5045	Meßgerät für DIN-Leiststärke Richtlinien	Beuth Verlag GmbH Berlin W15 und Köln
	DIN 45833	Präzisions-schallpegelmesser Anforderungen	
Germany (D.D.R.)	TGL 200-7755	Geräte zur Messung des Schall-druckpegels	Ami für Standardisierung Uhrenstrasse 37a Berlin W 8
Great Britain	B S. 2475: 1964	Octave and 1/3 octave band pass filters	British Standards Institution 2 Park Street, London W 1
	B S. 3429: 1962	Sound level meters (Industrial grade)	
	B S. 3539: 1962	Sound level meters for the measurement of noise emitted by motor vehicles	
	B S. 4197: 1967	Specification for a precision sound level meter	
India	IS: 3931-1966	Specification for sound level meters for the measurement of noise emitted by motor vehicles	Indian Standards Institution, Market Bhawan, 3 Bahadur Shah Zafar Marg, New Delhi 1

Country	Identification of Standard	Contents of Standard	Issuing Institution
Italy	29-1 (1954)	Miscelanea di livello sonoro	AEI, Via S. Paolo 10, Milano
	29-4 (1967)	Filtri di banda di ottava, di mezza ottava e di terzo ottava per analisi acustiche	
Japan	JIS B1502 (1964)	Sound level meters	Japanese Institute of Standards, Hitotsubashi Cho, Akasaka, Minato ku, Tokyo
Netherlands	NEN 10123	Same as IEC 123	Nederlands Normalisatie Instituut, Polakweg 5, Rijswijk (Z 19)
U.S.A.	S1 4-1961	Specification for general purpose sound level meters (IEC 123)	United States of America Standards Institute 10 East 49th Street New York, N.Y. 10016
	S1 11-1966	Octave, half octave and one third octave filter sets	
International (I.E.C.) (I.S.O.)	IEC 123	Recommendation for sound level meters	International Organization for Standardization 1, Rue de Varembe Geneva, Switzerland
	IEC 179	Specification for precision sound level meters	
	IEC 725	Octave, half octave and one third octave band pass filters intended for the analysis of sounds and vibrations	

1.3 ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ

Τα στοιχεία τα οποία συνθέτουν τις μηχανές, που απαντώνται στην καθημερινή μας ζωή, αστοχούν με διάφορους τρόπους.

Με τον όρο αστοχία χαρακτηρίζεται η αδυναμία ενός εξαρτήματος ή μιας κατασκευής να επιτελέσει πλέον την δουλειά για την οποία κατασκευάστηκε.

Η αστοχία δεν έχει πάντα τελεσίδικα αποτελέσματα, μπορεί δε να είναι αντιστρέψιμη ή μη αντιστρέψιμη. Για παράδειγμα ένα ραγισμένο ποτήρι εξακολουθεί να είναι ικανό να συγκρατήσει νερό μέσα του ή ένα τρακαρισμένο αυτοκίνητο μπορεί να εξακολουθεί να είναι ικανό να κινηθεί.

Η αστοχία μπορεί να εμφανιστεί με διάφορες μορφές, όπως για παράδειγμα αλλαγή στις κινηματικές σχέσεις, αυξημένος θόρυβος κατά την λειτουργία μιας μηχανής, μείωση της απόδοσης της, αύξηση της παραγόμενης θερμότητας λόγω απωλειών, φωτιά, έκρηξη ή τέλος ανικανότητα της μηχανής να ανταποκριθεί στους χειρισμούς και τις εντολές του χειριστή.

Η αστοχία ενός στοιχείου μηχανής οφείλεται σε έναν ή περισσότερους από τους τρεις κύριους παράγοντες που είναι: η παραμόρφωση, η φθορά και η διάβρωση.

Είναι δυνατόν με κατάλληλο σχεδιασμό να αποφευχθεί η υπερβολική παραμόρφωση και σε πολλές περιπτώσεις να εμποδιστεί τελείως η διάβρωση.

Όμως από την στιγμή που σχεδόν κάθε μηχανή έχει κινούμενα μέρη, η φθορά θα είναι πάντα, παρά τις προσπάθειες που γίνονται, ο κύριος παράγοντας μείωσης της διάρκειας ζωής των μηχανών.

1.3.1 Παραμόρφωση

Παραμόρφωση ενός εξαρτήματος μιας μηχανής ή γενικότερα μιας κατασκευής, είναι η μεταβολή στο σχήμα ή στη μορφή που οφείλεται σε ένα εξωτερικό μηχανικό ή θερμικό φορτίο.

Υπερβολική παραμόρφωση μπορεί να επιδράσει στην λειτουργία μιας μηχανής με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα να μεταβάλλει τις ανοχές στην περίπτωση των περυγίων μιας τουρμπίνας, να αλλάξει τα χαρακτηριστικά λειτουργίας ενός εκκεντροφόρου άξονα, να αυξήσει τον θόρυβο που παράγουν συνεργαζόμενα γρανάζια, να οδηγήσει σε καταστροφική αστοχία ενός ραγισμένου καζανιού ή μιας μπιέλας.

Οι διάφορες μορφές παραμόρφωσης που μπορεί να εμφανίσει ένα εξάρτημα, υπό κανονικές θερμοκρασιακές συνθήκες (κάτω από το μισό του σημείου τήξης) παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.7.

Πίνακας 1.7 Διάφορες μορφές παραμόρφωσης

Τύπος	Αιτία
Ελαστική	α) Τάση κάτω από το όριο ροής β) Μεταβολή θερμοκρασίας γ) Αστάθεια (λυγισμός)
Πλαστική	α) Τάση πάνω από το όριο ροής β) Συγκέντρωση τάσεων πάνω από το όριο ροής γ) Ερπυσμός
Θραύση	α) Τάση πάνω από το όριο θραύσης β) Αρμονικά μεταβαλλόμενη τάση πάνω από το όριο διαρκούς αντοχής

Ελαστική παραμόρφωση

Σαν ελαστική παραμόρφωση χαρακτηρίζεται εκείνη η μεταβολή στην μορφή και στο σχήμα ενός εξαρτήματος, η

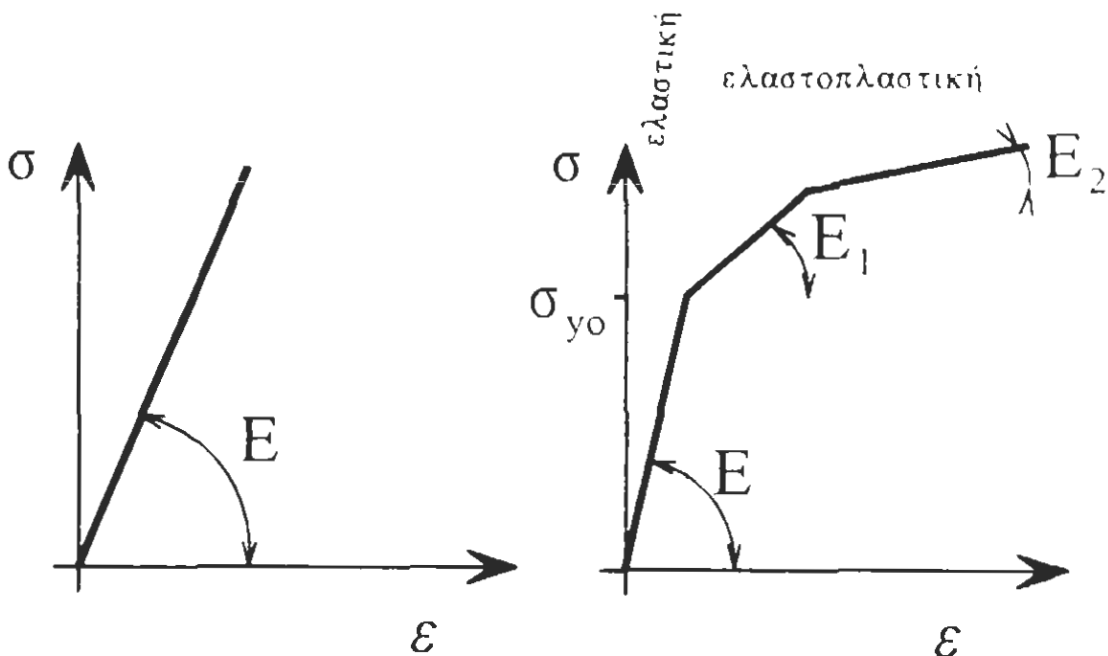
οποία δεν είναι μόνιμη αλλά εξαφανίζεται όταν ο παράγοντας που την προκάλεσε (φορτίο ή θερμοκρασία).

Παραμορφώσεις αυτού του τύπου εμφανίζονται όταν οι τάσεις στην καταπονούμενη κατασκευή δεν ξεπερνούν το όριο ροής του υλικού κατασκευής (βλέπε σχήμα 1.49).

Τα περισσότερα εξαρτήματα μηχανών σχεδιάζονται ώστε να λειτουργούν σε ένα τέτοιο φάσμα τάσεων.

Θερμική ελαστική παραμόρφωση παρουσιάζεται όταν υπάρχουν θερμοκρασιακές μεταβολές.

Όταν όμως αυτή η παραμόρφωση εμποδιστεί, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ενός διμεταλλικού ελάσματος, εμφανίζονται τάσεις στην κατασκευή, οι οποίες θα πρέπει να περιορίζονται στην ελαστική περιοχή του σχήματος 1.49 προκειμένου η παραμόρφωση που προκαλούν να είναι ελαστική.



Σχήμα 1.49 Διαγράμματα σ-ε (τάσης-παραμόρφωσης) στα οποία ξεχωρίζει η περιοχή ελαστικής παραμόρφωσης, καθώς και το όριο ροής (σ_{yo})

Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο οι γέφυρες, αλλά και άλλες μεταλλικές και μη κατασκευές, όπως οι ράγες του τραίνου σχεδιάζονται με αρμούς.

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου μέλη κατασκευών ή μηχανών, με μία εκ των διαστάσεων τους πολύ μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες όπως κολώνες και πλάκες, λυγίζουν κάτω από φορτία που δεν δικαιολογούν αστοχία.

Ειδικά για τέτοιας μορφής κατασκευές θα πρέπει να λαμβάνεται κατά τον σχεδιασμό υπόψη και το *κρίσιμο φορτίο* (ή *κρίσιμη τάση*), το οποίο όταν ξεπεραστεί, η κατασκευή μπαίνει σε μια περιοχή *αστάθειας* η οποία μπορεί να οδηγήσει σε *λογισμό* και πιθανότατα σε καταστροφική κατάρρευση, όταν πρόκειται για μεγάλες κατασκευές (κτίρια, πυλώνες, γέφυρες, γερανούς, πύργους, κ.λ.π.).

Πλαστική παραμόρφωση

Πλαστική παραμόρφωση ονομάζεται η *μόνιμη* παραμόρφωση, δηλαδή η *μη αντιστρεπτή* μεταβολή στην μορφή και στο σχήμα *Ενός εξαρτήματος*, που *εναπομένει ακόμα*, και μετά την αφαίρεση του φορτίου.

Τέτοια παραμόρφωση υφίσταται μια κατασκευή όταν οι τάσεις σε αυτήν ξεπεράσουν το όριο ροής, οπότε και μπαίνουν στην πλαστική περιοχή (βλέπε σχήμα 1.49).

Στην πλειοψηφία των κατασκευών και μηχανών οι πλαστικές παραμορφώσεις είναι ανεπίτρεπτες, όπως για παράδειγμα στα ελατήρια, για αυτό τον λόγο η στιβαρότητα είναι πάντα ένα καλό χαρακτηριστικό για μια μηχανή.

Σε κάποιες περιπτώσεις όταν πρόκειται για *τοπικές* πλαστικές παραμορφώσεις τότε αυτές είναι αποδεκτές, ακόμα

και επιθυμητές, όπως για παράδειγμα σε σημεία *συγκέντρωσης τάσεων* (εγκοπές, τρύπες, κ.λ.π.).

Σ' αυτές τις περιπτώσεις με την πλαστική παραμόρφωση *γίνεται ανακατανομή των τάσεων* μέσω της οποίας εμποδίζεται η εμφάνιση ή η περαιτέρω διάδοση ρωγμών.

Υπάρχουν εξαρτήματα (άγκιστρα γερανών, κρίκοι αλυσίδων, πιεστικά δοχεία, κάνες πυροβόλων όπλων) που κατά την κατασκευή τους υπόκεινται σε φορτία τόσο μεγάλα (*proofing, autofrettage*) που προκαλούν σε αυτά πλαστικές παραμορφώσεις με ευεργετικά όμως αυτή τη φορά αποτελέσματα.

Οι εναπομένουσες παραμορφώσεις συνοδεύονται από *εναπομένουσες τάσεις*, οι οποίες όμως σ' αυτή την περίπτωση είναι αντίθετες από τις τάσεις που θα φορτίσουν το εν λόγω εξάρτημα κατά την λειτουργία του και έτσι το *ανακουφίσουν*.

Σε θερμοκρασίες υψηλότερες από το μισό του σημείου τήξης του υλικού κατασκευής, ένα εξάρτημα μπορεί να παρουσιάσει πλαστική παραμόρφωση παρά του ότι οι τάσεις δεν ξεπερνούν το όριο ροής.

Η παραμόρφωση δε συνεχίζει να αυξάνει παρά του ότι οι τάσεις παραμένουν σταθερές και χαμηλές. Το φαινόμενο αυτό λέγεται *ερπυσμός* σε υψηλές θερμοκρασίες και παρουσιάζεται σε σωληνώσεις και λοιπά εξαρτήματα θερμοπαραγωγών και ατμοπαραγωγών μηχανών, που χρησιμοποιούνται σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, πυρηνικά εργοστάσια, αεριοστρόβιλους, μηχανές αεριοθούμενων και πυραύλων.

Ο ερπυσμός άπαξ και ξεκινήσει συνεχίζει με σχετικά σταθερό ρυθμό, ώσπου κάποια στιγμή επιταχύνει δραματικά, και οδηγεί σε θραύση.

Σαν φαινόμενο είναι αναπόφευκτος, μπορεί όμως να επιβραδυνθεί με συνεχή έλεγχο και μείωση της θερμοκρασίας και των φορτίων λειτουργίας.

Θραύση

Θραύση ονομάζεται η εμφάνιση ρήγματος σε ένα εξάρτημα μιας κατασκευής ή μηχανής. Δεν οδηγεί πάντα σε ολικό διαμελισμό αν και αυτό είναι το πιο συνηθισμένο.

Είναι μη αντιστρεπτή διαδικασία και σχεδόν πάντα οδηγεί σε καταστροφή όχι μόνο του εξαρτήματος αλλά και όλης της κατασκευής ή μηχανής.

Σαν παράδειγμα αναφέρεται η έκρηξη ενός καζανιού λόγω ραγίσματος, η καταστροφή ενός σασμάν εξαιτίας ενός σπασμένου δοντιού που αποκολλήθηκε από ένα γρανάζι, το κόλλημα μιας μηχανής εσωτερικής καύσης επειδή έσπασε μια μπιέλα, αλλά και πολύ γνωστές περιπτώσεις.

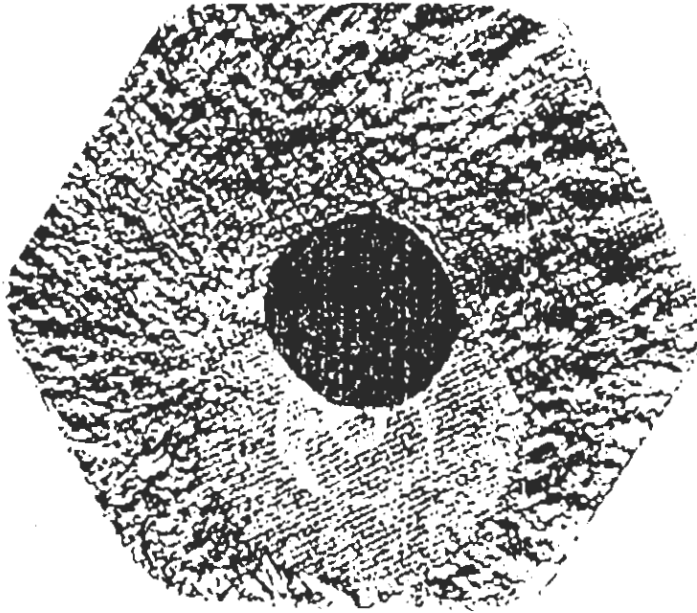
Η θραύση λόγω *στατικού* φορτίου εμφανίζεται όταν οι τάσεις ξεπεράσουν το όριο θραύσης, αυτό είναι κατά πολύ υψηλότερο από το όριο ροής για μαλακά (όλκιμα) υλικά.

Η ύπαρξη σημείων συγκέντρωσης τάσεων στην κατασκευή, όταν αυτή είναι από ψαθυρό υλικό (γυαλί, χυτοσίδηρος, μπρούντζος, κεραμικό, κ.λ.π.), οδηγεί σε ψαθυροί θραύση κατά την οποία οι ρωγμές διαδίδονται ταχύτατα και αιφνίδια, κάτι που είναι καταστροφικό και τελειώς ανεπιθύμητο.

Αντίθετα εξάρτηματα από όλκιμα υλικά (σίδηρος, χαλκός, πλαστικό, μαλακοί κάλυβες, κ.λ.π.) δεν είναι τόσο ευαίσθητα σε ρωγμές, διότι προστατεύονται με ανακούφιση τάσεων λόγω πλαστικών παραμορφώσεων.

Διάδοση ρωγμής παρατηρείται ακόμα και κάτω από φορτία χαμηλότερα του ορίου θραύσης, όταν για παράδειγμα αυτά δεν είναι σταθερά με τον χρόνο αλλά μεταβάλλονται αρμονικά (*δυναμική φόρτιση*).

Η μεταβαλλόμενη αυτή φόρτιση χαρακτηρίζεται σαν *κόπωση* και λόγω της ύπουλης διάδοσης ρωγμής που προκαλεί μπορεί να είναι πολύ καταστροφική.



Σχήμα 1.50 Διάδοση ρωγμής λόγω κόπωσης σε ατσάλινο μακάπι, μέχρι ολικής αστοχίας του.

Το είδος αυτό αστοχίας εμφανίζεται όταν το δυναμικό φορτίο ξεπεράσει το *όριο διαρκούς αντοχής* του υλικού, το οποίο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες ποσοτικούς και ποιοτικούς (επιφανειακή κατεργασία, συγκέντρωση τάσεων, θερμοκρασία, διαστάσεις, εναπομένουσες τάσεις, κ.λ.π.) και προσδιορίζεται πολύ δύσκολα ακόμα και πειραματικά.

Η θραύση λόγω κόπωσης είναι η πιο συνηθισμένη μορφή θραύσης και εμφανίζεται όταν το εξάρτημα καταπονείται δυναμικά, μειώνοντας έτσι την διάρκεια ζωής του.

Σαν παράδειγμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.50 ένα σπασμένο ατσάλινο μακάπι.

Η πιο λεία επιφάνεια είναι η επιφάνεια κόπωσης, ενώ η άγρια επιφάνεια είναι η επιφάνεια ψαθυρής θραύσης. Η ρωγμή ξεκίνησε από κάποια ατέλεια (πιθανότατα λόγω

διάβρωσης) στο κάτω μέρος της τρύπας και διαδόθηκε αργά, αποδυναμώνοντας έτσι την ενεργό διατομή του μακαπιού.

Όταν πλέον η διατομή αυτή ήταν τόσο αδύναμη ώστε να μην μπορεί να συγκρατήσει τα εφαρμοζόμενα φορτία, το μακάπι έσπασε απότομα και ψαθυρά.

1.3.2 Φθορά

Με την λέξη *φθορά* περιγράφεται η μη εσκεμμένη αλλαγή της επιφανειακής υψής, του εξωτερικού σχήματος ενός στερεού σώματος, λόγω της δυναμικής επαφής του με ένα άλλο σώμα.

Τονίζεται η λέξη μη εσκεμμένη, γιατί εσκεμμένη αλλαγή της επιφανειακής υψής επιτυγχάνεται με τις μηχανουργικές κατεργασίες. Μια από τις πιο δυσμενείς περιπτώσεις φθοράς είναι όταν μια κατασκευή έρχεται σε επαφή με υγρό με αιωρούμενα στερεά σωματίδια, χαρακτηριστικότερα παραδείγματα οι θαλασσοδαρμένες ακτές και οι ανεμοδαρμένες έρημοι του πλανήτη μας.

Η φθορά και η αντοχή στην φθορά δεν αποτελούν ιδιότητες του υλικού κατασκευής αλλά εξαρτώνται από τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται το εκάστοτε εξάρτημα ή κατασκευή.

Η φθορά μπορεί να εμφανιστεί με την μορφή *παραμόρφωσης* ή *αφαίρεσης υλικού* από την επιφάνεια του εξαρτήματος.

Η πρώτη, η οποία οφείλεται σε πολύ υψηλά στατικά ή κρουστικά φορτία, μπορεί να αντιμετωπισθεί με κατάλληλη επιλογή του υλικού κατασκευής και του εμβαδού της εξωτερικής επιφάνειας, ενώ η τελευταία είναι πολύ πιο πολύπλοκη σαν φαινόμενο.

Η φθορά λόγω αφαίρεσης υλικού εξαρτάται από πολλούς ποιοτικούς και ποσοτικούς παράγοντες (βλέπε Πίνακα 1.8) με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ποσοτικοποιηθεί. Είναι δε

αδύνατον να επαναληφθούν τα ίδια αποτελέσματα στο εργαστήριο, ακόμα και αν διατηρηθούν οι παραπάνω παράγοντες σταθεροί.

Η φθορά δεν είναι στατική αλλά μεταβάλλεται με τον χρόνο, με αποτέλεσμα παράγοντες που δεν είχαν καμιά επίδραση αρχικά να αποκτούν με το πέρασμα του χρόνου μεγάλη σημασία και αντίστροφα.

Έτσι για παράδειγμα μια τραχεία επιφάνεια ενός κυττοσιδήρου εξαρτήματος φθείρεται με την πάροδο του χρόνου αποκτώντας ταυτόχρονα πιο λεία υφή, με αποτέλεσμα να μειώνεται η τριβή και η παραγωγή θερμότητας λόγω αυτής.

Πίνακας 1.8 Παράγοντες που επηρεάζουν την φθορά λόγω αφαίρεσης υλικού

Ποσοτικοί παράγοντες	Ποιοτικοί παράγοντες
φορτίο	επιφανειακή κατεργασία
σχετική ταχύτητα	αντίσταση στη διάβρωση
θερμοκρασία	περιβαντολογικές συνθήκες
ρυθμός αγωγής θερμότητας	ευαισθησία σε εγκοπές
σημείο τήξης	λιπαντικό
ειδική θερμοχωρητικότητα	σύστημα λίπανσης
σκληρότητα	κραδασμοί
όριο διαρκούς αντοχής	
όριο ροής	
όριο θραύσης	

Όλοι οι προαναφερθέντες παράγοντες είναι αλληλεξαρτώμενοι και επιδρούν με σύνθετο τρόπο πάνω στον ρυθμό φθοράς.

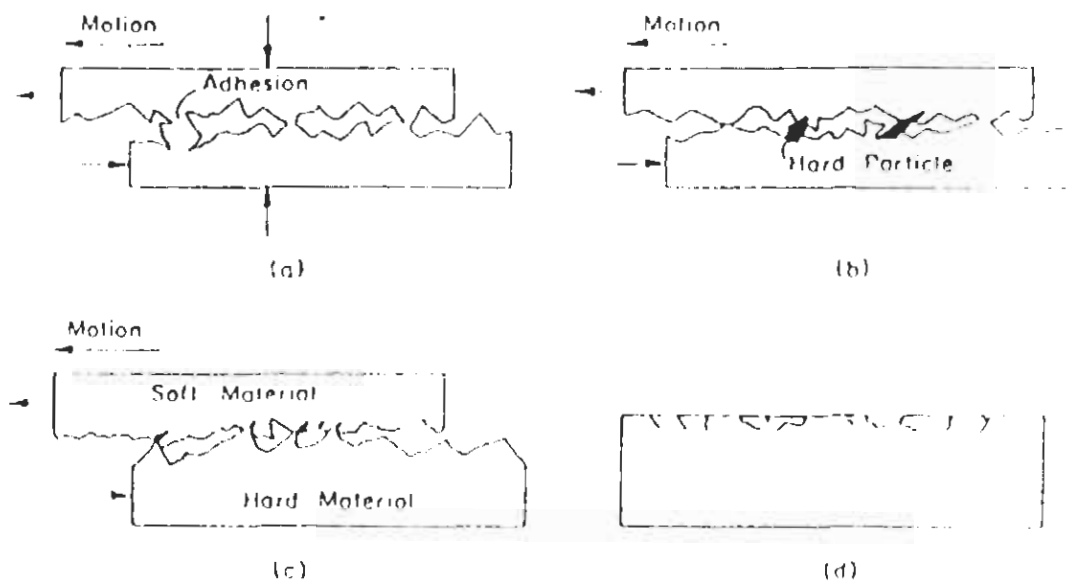
Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ή με την χρήση συγκεκριμένων υλικών, κάποιοι συνδυασμοί παραγόντων διαδραματίζουν σημαντικότερο ρόλο στην εξέλιξη της φθοράς από κάποιους άλλους.

Σε αρκετές μάλιστα περιπτώσεις, η ομάδα παραγόντων που παίζει τον κύριο ρόλο στην φθορά του εξαρτήματος, μπορεί να αναγνωρισθεί από την υφή και μορφή της επιφάνειας θραύσης του εξαρτήματος.

Μορφές φθοράς στοιχείων μηχανών είναι γνωστές με τα ονόματα: *scoring*, *galling*, *scuffing* και *pitting* και εξαρτώνται από την εμφάνιση και τον τύπο του εξαρτήματος στο οποίο εμφανίζονται.

Η φθορά εξελίσσεται με έναν από τους εξής μηχανισμούς σχήμα 1.51 ή με κάποιο συνδυασμό αυτών:

α) συγκόλληση, β) τριβή, γ) επιφανειακή κόπωση και δ) *fretting*.



Σχήμα 1.51 Διάφοροι μηχανισμοί φθοράς, α) φθορά λόγω συγκόλλησης, β) φθορά λόγω τριβής, γ) φθορά λόγω τριβής, δ) φθορά λόγω επιφανειακής κόπωσης.

Συγκόλληση

Όσο "τέλεια" και αν είναι φινιρισμένη η εξωτερική επιφάνεια ενός εξαρτήματος, πάντα θα υπάρχουν ατέλειες με την μορφή "κορυφών" και "κοιλάδων" (σχήμα 1.51) σε μικροσκοπική φυσικά κλίμακα.

Όταν μια επιφάνεια έρχεται σε επαφή με μια άλλη, κάτω από φορτίο, οι "κορυφές" δέχονται πάρα πολύ υψηλές τάσεις, υπερθερμαίνονται λόγω της σχετικής κίνησης, τήκονται και συγκολλούνται.

Καθώς η σχετική κίνηση συνεχίζεται οι συγκολλημένες "κορυφές" αποκολλώνται από τις επιφάνειες, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν νέες "κοιλιάδες" και "κορυφές", οι οποίες μπορεί να έχουν μικρότερο ή μεγαλύτερο βάθος από τις αρχικές.

Στην δεύτερη περίπτωση η φθορά θα συνεχιστεί με, αυξανόμενο ρυθμό, όπως για παράδειγμα όταν τα υλικά κατασκευής είναι όλκιμα.

Αντίθετα στην πρώτη περίπτωση η φθορά θα συνεχιστεί με βραδύτερο ρυθμό με τα εξαρτήματα να αποκτούν σταδιακά πιο λείες και γυαλιστερές επιφάνειες.

Επιβραδυνόμενη φθορά λόγω συγκόλλησης παρατηρείται όταν τα υλικά κατασκευής είναι σκληρά και ψαθυρά, όπως για παράδειγμα ο χυτοσίδηρος και ο χυτοχάλυβας.

Πολύ γνωστό και χαρακτηριστικό αυτού του μηχανισμού φθοράς είναι το παράδειγμα του "στρωσίματος", όπως συνηθίζεται να λέγεται, ενός καινούργιου αυτοκινήτου και πιο συγκεκριμένα της μηχανής του.

Η φθορά λόγω συγκόλλησης μπορεί να αντιμετωπισθεί χρησιμοποιώντας υλικά με διαφορετικά σημεία τήξης, προνοώντας για καλή μεταφορά θερμότητας με αγωγή, παρέχοντας μεγάλες ποσότητες λιπαντικού και τέλος χρησιμοποιώντας σκληρά και ψαθυρά υλικά.

Όταν η χρήση όλκιμων και μαλακών ολικών είναι αναπόφευκτη θα πρέπει οι επιφάνειες τους να είναι καλά φινιρισμένες και πλούσια λιπαινόμενες.

Κάτω από πολύ υψηλά φορτία η φθορά λόγω συγκόλλησης μπορεί να οδηγήσει σε κόλλημα ή πάγωμα των

επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή, με συνεπακόλουθη παύση της λειτουργίας και καταστροφή της μηχανής.

Σαν παράδειγμα αναφέρεται το "κόλλημα" ή "κάψιμο" μιας μηχανής αυτοκινήτου ή ενός σασμάν, εάν ο χειριστής ξεχάσει να ελέγξει και να συμπληρώσει λάδι.

Τριβή

Ένας πολύ συνηθισμένος μηχανισμός φθοράς είναι η τριβή. Η τριβή μπορεί να λειτουργεί είτε άμεσα μεταξύ δύο επιφανειών εκ των οποίων η μια είναι σκληρότερη από την άλλη, είτε έμμεσα μέσω σκληρών σωματιδίων τα οποία έχουν εγκλωβιστεί μεταξύ δύο μαλακότερων επιφανειών σχήμα 1.51.

Και στις δυο περιπτώσεις η *φθορά λόγω τριβής* οδηγεί σε αφαίρεση υλικού και λείανση της μαλακότερης επιφάνειας.

Σκληρά σωματίδια υπάρχουν αιωρούμενα στον αέρα, σε επιφάνειες εξαρτημάτων μηχανών αμέσως πριν την συναρμολόγηση και στο σύστημα λίπανσης. Τα παραπάνω είναι αλήθεια ιδιαίτερα σε βιομηχανικά περιβάλλοντα.

Σκληρά σωματίδια παράγονται επίσης κατά την φθορά λόγω συγκόλλησης, οπότε είναι αναμενόμενο την φθορά λόγω συγκόλλησης να ακολουθεί φθορά λόγω τριβής.

Σε ακραίες μάλιστα περιπτώσεις μεγάλα σωματίδια μπορεί να προκαλέσουν αύξηση της πίεσης σε τέτοιο βαθμό ώστε να προκληθεί "κόλλημα" ή "κάψιμο" της μηχανής.

Σε γενικές γραμμές η φθορά λόγω τριβής είναι συνεχής και οδηγεί σε φθορά σταθερού ρυθμού. Το εξάρτημα αστοχεί όταν το πάχος επιφάνειας του ή το σχήμα του έχουν αλλάξει αρκετά, ώστε αυτό να μην είναι ικανό να επιτελέσει τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε.

Ο ρυθμός φθοράς μπορεί να μειωθεί με την χρήση μιας πολύ μαλακής επιφάνειας στην οποία θα συσσωματώνονται τα πολύ σκληρά σωματίδια, κάνοντας πολύ λεία την σκληρή εκ

των δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή και τέλος εμποδίζοντας την μόλυνση του λιπαντικού με σωματίδια χρησιμοποιώντας φίλτρα.

Επιφανειακή κόπωση

Στοιχεία μηχανών των οποίων οι επιφάνειες υπόκεινται σε υψηλές περιοδικές τάσεις επαφής, όπως για παράδειγμα μπίλιες ρουλεμάν ή δόντια γραναζιών, υφίστανται φθορά λόγω επιφανειακής κόπωσης.

Οι τάσεις επαφής φθάνουν σε πολύ υψηλές τιμές μόλις κάτω από την επιφάνεια, ενώ βαθύτερα και ρηχότερα είναι χαμηλές.

Τυχόν επιφανειακές ατέλειες ή σημεία συγκέντρωσης τάσεων (αιτία των οποίων μπορεί να είναι άλλοι μηχανισμοί φθοράς) αποτελούν αφετηρίες ρωγμών, οι οποίες με κινητήρια δύναμη τις τάσεις επαφής διαδίδονται σχήμα 1.51.

Κατά την διάδοση τους δεν προχωρούν σε βάθος αλλά σε περιοχές υψηλών τάσεων, κινούμενες έτσι παράλληλα με την επιφάνεια, μέχρι να συναντήσουν άλλες ρωγμές ή να επιστρέψουν προς την επιφάνεια από την οποία ξεκίνησαν.

Και στις δύο περιπτώσεις το αποτέλεσμα είναι να αποκοπούν μεγάλα κομμάτια σε σχήμα νυχιού από την επιφάνεια, κάνοντας την πολύ τραχεία και γεμίζοντας την με μια πληθώρα σημείων συγκέντρωσης τάσεων, τα οποία θα αποτελέσουν νέες αφετηρίες ρωγμών. Το φαινόμενο αυτό λέγεται *pitting* και είναι μια από τις σημαντικότερες αιτίες αστοχίας γραναζιών και ρουλεμάν.

Η φθορά λόγω επιφανειακής κόπωσης μπορεί να καταπολεμηθεί με χρήση πολύ καλά κατεργασμένων επιφανειών ελεύθερων από ατέλειες, που θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημεία συγκέντρωσης τάσεων και αυξάνοντας το όριο διαρκούς αντοχής της επιφάνειας του εξαρτήματος.

Το τελευταίο επιτυγχάνεται με την χρήση σκληρό κράματος σαν υλικού κατασκευής, με ειδικές επιφανειακές

κατεργασίες όπως ενανθράκωση, εναζώτωση, σκλήρυνση με φλόγα ή επιχρωμίωση, καθώς επίσης και με τεχνίτη σκλήρυνση της επιφάνειας όπως αμμοβολή, σφαιροβολή ή εξέλαση.

Fretting

Η φθορά λόγω *fretting* λέγεται αλλιώς και φθορά λόγω διάβρωσης με *fretting*, επειδή τα παράγωγα της φθορά όταν παρατηρηθούν προσεκτικά είναι οξειδωμένα.

Ο μηχανισμός αυτός φθοράς εμφανίζεται σε περιπτώσεις σφικτών συναρμογών οι οποίες υπόκεινται σε χαμηλού εύρους ταλαντώσεις.

Έτσι σαν παράδειγμα αναφέρεται μια τροχαλία ή ένα γρανάζι το οποίο είναι πρεσσαριστό σε ένα άξονα που περιστρέφεται υπό φορτίο.

Με την πάροδο του χρόνου παρατηρείται καλάρωση και λύσιμο της συναρμογής με παράλληλη εμφάνιση κόκκινης σκουριάς στις επιφάνειες επαφής άξονα-γραναζιού.

Η σκουριά συντίθεται από οξειδωμένα σωματίδια τα οποία έχουν αποκολληθεί λόγω φθοράς από τις επιφάνειες επαφής με αποτέλεσμα την καλάρωση της συναρμογής.

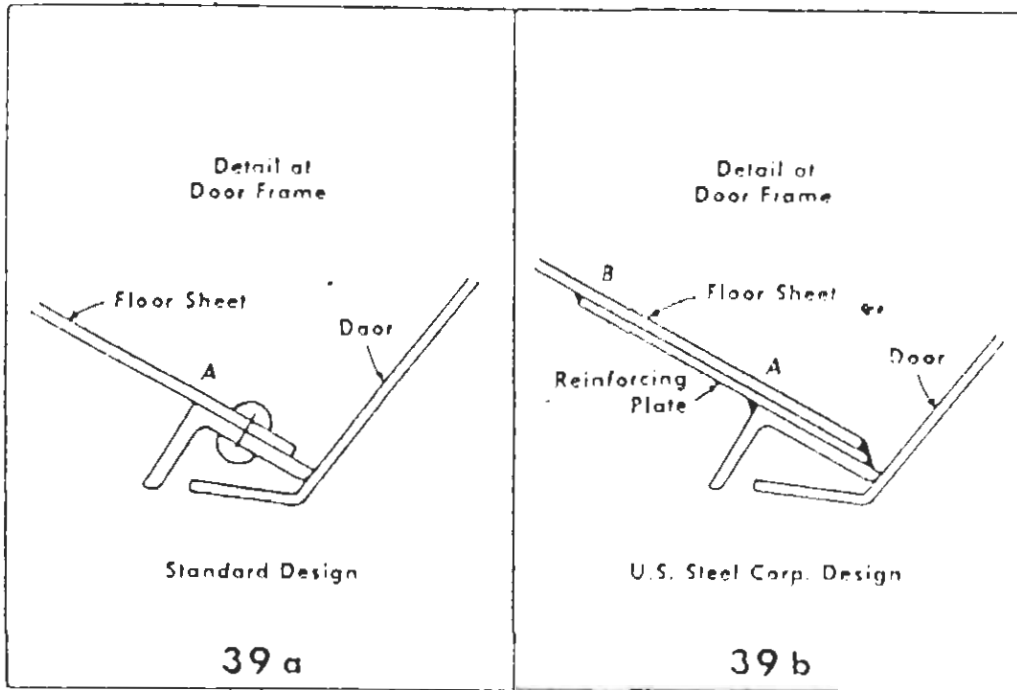
Η φθορά οφείλεται στην σχετική κίνηση γραναζιού-άξονα, κίνηση που οφείλεται με την σειρά της στην παραμόρφωση του δεύτερου όταν αυτός περιστρέφεται κάτω από φορτίο.

Η σχετική αυτή κίνηση, με την ταυτόχρονη υψηλή πίεση μεταξύ των δύο επιφανειών, πυροδοτεί με την σειρά της άλλους μηχανισμούς φθοράς, όπως φθορά λόγω τριβής και επιφανειακής κόπωσης με παράλληλη έκκλιση θερμότητας, η οποία ευθύνεται για την οξείδωση των παράγωγων σωματιδίων.

Ο εν λόγω μηχανισμός φθοράς μπορεί να καταπολεμηθεί με προστατευτική επικάλυψη ενός εκ των δύο επιφανειών ή παρεμβάλλοντας μεταξύ τους ένα λεπτό, μαλακό στρώμα από κάποιο τρίτο υλικό (για παράδειγμα χαρτί).

1.3.3 Διάβρωση

Διάβρωση λέγεται μια χημική ή ηλεκτροχημική δράση πάνω σε ένα υλικό προκαλεί ανεπιθύμητες μεταβολές στο σχήμα, το χρώμα ή την υφή



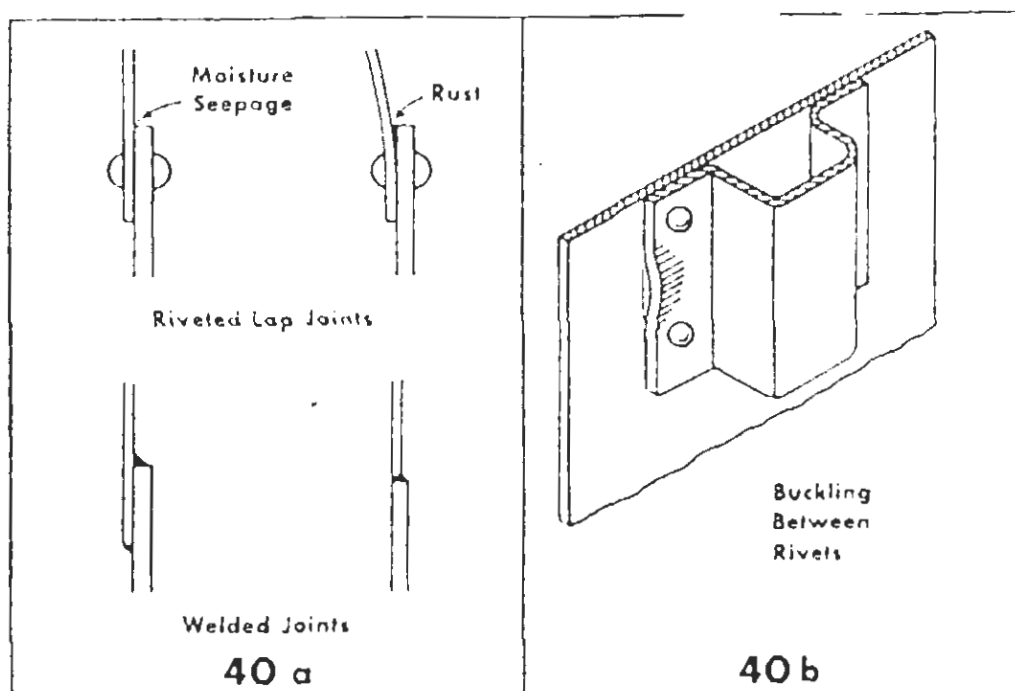
Σχήμα 1.52 Πρισινωτές και συγκολλητές συνδέσεις λαμαρινών και ενισχύσεων (κάσσωμα πόρτας), όπως αυτές συνηθίζονται στην βιομηχανία σιδηροδρόμων.

Δεν κινδυνεύουν μόνο μεταλλικές κατασκευές από την διάβρωση, διαβρώνονται επίσης και κατασκευές ή εξαρτήματα από πλαστικό, λάστιχο και νεοπρένιο.

Χημική διάβρωση

Δεν είναι καθόλου σπάνια περίπτωση ένα εξάρτημα μηχανής ή μια κατασκευή να αντιδράσει χημικά με το περιβάλλον της.

Πολλά μέταλλα αλλά και αμέταλλα αντιδρούν συχνότατα με οξέα, υδροξείδια, χλωρίδια και άλλα ενεργά χημικά. Οι αντιδράσεις αυτές εντείνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας.



Σχήμα 1.53 Αστοχίες που διευκολύνουν την συσσώρευση νερού και ακαθαρσιών, δημιουργώντας έτσι ευνοϊκές συνθήκες για διάβρωση.

Προς αποφυγή τέτοιων ανεπιθύμητων αντιδράσεων θα πρέπει να γίνεται κατάλληλη επιλογή υλικών κατασκευής, ούτως ώστε να επιτυγχάνονται χαμηλοί ρυθμοί διάβρωσης και όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα θα πρέπει να διεξάγονται πειράματα.

Σε περιπτώσεις όπου η αντίδραση του υλικού του εξαρτήματος με τα χημικά του περιβάλλοντος του είναι αναπόφευκτη, συνίσταται η χρήση επικαλύψεων προκειμένου να εμποδιστεί η χημική διάβρωση. Σαν παραδείγματα τέτοιων επικαλύψεων αναφέρονται η επικρωμίωση, η επικαδμίωση, η επιχρυσωση, το γαλβάνισμα, η επιυάλωση ή η επίστρωση με

τεφλόν, με οξείδιο του μολύβδου και άλλα φθηνά και τεχνικά επιθυμητά υλικά.

Ηλεκτροχημική διάβρωση

Η ηλεκτροχημική διάβρωση μπορεί να προκαλέσει ποικιλόμορφες καταστροφές, ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, την θερμοκρασία και την κατάσταση του τασικού πεδίου της κατασκευής ή του εξαρτήματος της μηχανής.

Οδηγεί σε γενική διάβρωση, pitting μιας επιφάνειας ή σε αστοχία δύο επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή.

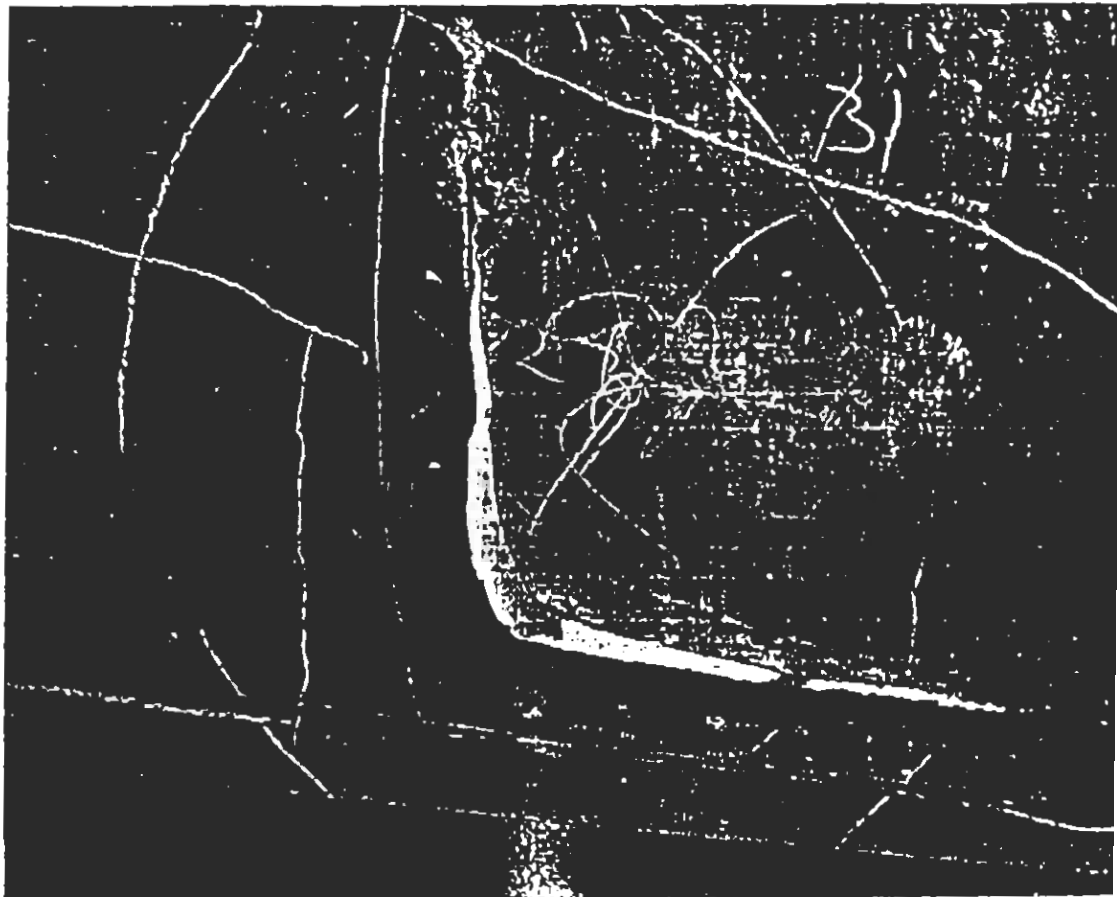


Σχήμα 1.54 Συσσώρευση ακαθαρσιών σε συνδέσεις λαμαρινών και ενισχύσεων βαγονιού των αμερικανικών σιδηροδρόμων.

Η τελευταία περίπτωση είναι και το πιο ύπουλο και επικίνδυνο αποτέλεσμα που μπορεί να έχει η ηλεκτροχημική διάβρωση.

Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της βίδας που σπάει ξαφνικά, ακριβώς κάτω από το κεφάλι ή το παξιμάδι, μόνο και μόνο για να αποκαλύψει ότι σκούριαζε αργά αλλά σταθερά, μέχρι που η εναπομένουσα διατομή της να μην είναι πλέον ικανή να συγκρατήσει το φορτίο της.

Ένα εξίσου χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι πριτσινωτές ή συγκολλητές μεταλλικές κατασκευές σχήμα 1.52, στις οποίες νερό γεμίζει τα διάκενα που σχηματίζονται μεταξύ των συνδεδεμένων λαμαρινών, επιταχύνοντας έτσι την διάβρωση δραματικά.



Σχήμα 1.55 Αστοχία με θραύση λόγω διάβρωσης σε πριτσινωτές συνδέσεις λαμαρινών βαγονιού των αμερικανικών σιδηροδρόμων.

Κακή ή πρόχειρη κατασκευή αυτών των συνδέσεων, ακόμα και μερική αστοχία σχήμα 1.53, διευκολύνει την συσσώρευση νερού και ακαθαρσιών, όπως για παράδειγμα στις συνδέσεις των ενισχύσεων βαγονιού των αμερικανικών σιδηροδρόμων, που απεικονίζεται στο σχήμα 1.54.

Οι διαβρωμένες επιφάνειες δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για να εμφανιστούν μικρορωγμές, οι οποίες όταν βρεθούν σε περιβάλλοντα δυναμικών καταπονήσεων, όπως για παράδειγμα οι μεταφορικές μηχανές, διαδίδονται μέσω του μηχανισμού της κόπωσης και οδηγούν σε καταστροφικά αποτελέσματα σχήμα 1.55.

Πίνακας 1.9 Παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτροχημική διάβρωση

Διαφοροποιήσεις στο μέταλλο	Διαφοροποιήσεις στον ηλεκτρολύτη
α) διαφορετικά μέταλλα ή κράμματα σε επαφή	α) διαφοροποίηση στην θερμοκρασία
β) χημικές διαφοροποιήσεις μέσα στο ίδιο κράμμα	β) διαφοροποίηση στην συγκέντρωση ιόντων Οξυγόνου
γ) ύπαρξη ένθετων	γ) διαφοροποίηση στην συγκέντρωση ιόντων μετάλλου
δ) διαφοροποιήσεις στις τάσεις ή ύπαρξη εναπομενουσών τάσεων	δ) χημικές διαφοροποιήσεις στον ηλεκτρολύτη
ε) ύπαρξη κάποιας εναπόθεσης στην επιφάνεια, όπως λαδιού	ε) διαφορετικές ταχύτητες ηλεκτρολύτη-μετάλλου

Η ηλεκτροχημική διάβρωση είναι επίσης γνωστή ως *γαλβανική ή υγρή διάβρωση*. Απαιτεί δε για να προχωρήσει ένα ηλεκτρικά αγώγιμο υλικό να έρχεται σε επαφή με ένα ηλεκτρολύτη σε μορφή νερού, που να εμπεριέχει διαλυμένο αλάτι, οξύ ή κάποιο αλκάλιο.

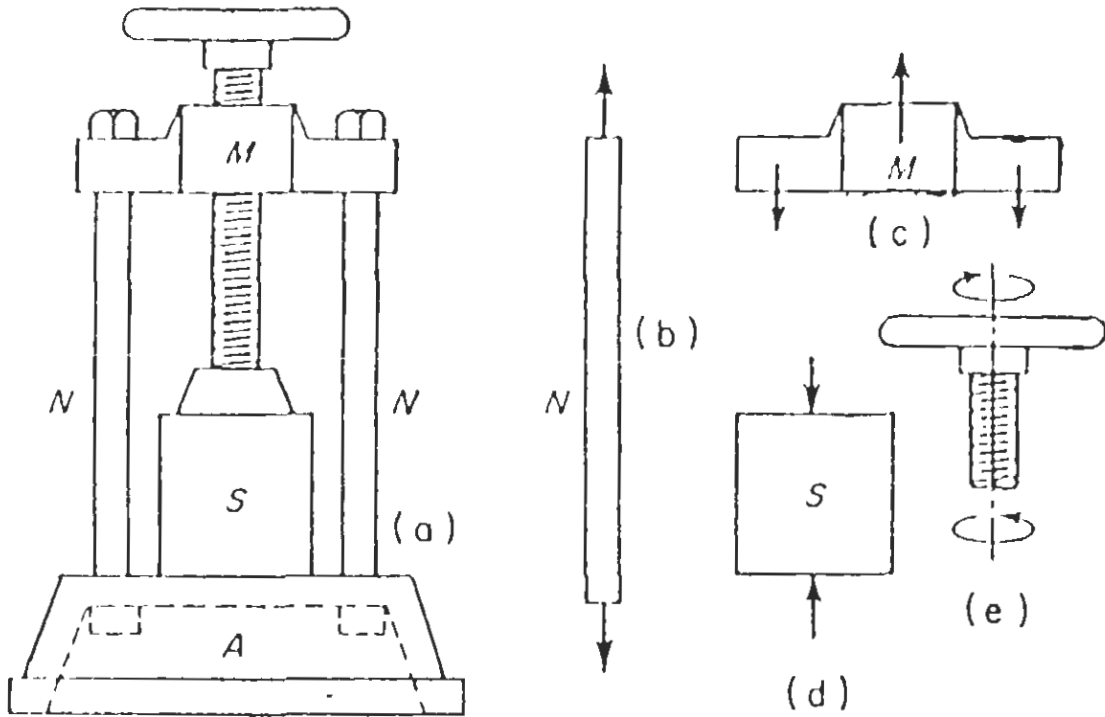
Αυτού του τύπου η διάβρωση πραγματοποιείται επειδή εμφανίζεται μια διαφορά δυναμικού μεταξύ δυο οποιωνδήποτε σημείων, που βρίσκονται σε ηλεκτρική επαφή, υπό την παρουσία του ηλεκτρολύτη.

Το ένα σημείο παίζει τον ρόλο της ανόδου ενώ το άλλο τον ρόλο της καθόδου, μέταλλο φεύγει από την άνοδο και πηγαίνει στο διάλυμα και παράλληλα ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μεταξύ ανόδου και καθόδου.

1.3.4 Γενική ορολογία και πειραματικός προσδιορισμός της αντοχής των υλικών

Εντατική κατάσταση λέγεται η κατάσταση εκείνη όπου σε ένα σώμα αναπτύσσονται στο εσωτερικό του δυνάμεις, όταν στην επιφάνεια του ασκούνται δυνάμεις.

Οι αναπτυσσόμενες εσωτερικές δυνάμεις λέγονται *τάσεις*. Οι εντατικές καταστάσεις ταξινομούνται στις έξι απλές μορφές " *εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη, στρέψη και επιφανειακή πίεση*.



Σχήμα 1.56 Ταξινόμηση ενιαικών καταστάσεων.

Για να γίνουν καλύτερα κατανοητές αυτές οι καταστάσεις, ας εξετάσουμε την κοχλιωτή" πρέσα του Σχήματος 1.56.

Όταν περιστρέφουμε το βολάν του κοχλία, το σώμα S συμπιέζεται οπότε στα μέλη θα αναπτυχθούν δυνάμεις ως εξής:

N. Μέλος N: εφελκύεται (θετικές τάσεις) - επιμηκύνεται

Μέλος M: κάμπεται (θετικές και αρνητικές τάσεις)

Μέλος S: θλίβεται (αρνητικές τάσεις) - επιβραχύνεται

Κοχλίας: στρέφεται (στρεπτικές τάσεις) - συστρέφεται

Οι άνω και κάτω επιφάνειες του σώματος S καταπονούνται σε επιφανειακές τάσεις.

Στα στοιχεία μηχανών συνήθως αναπτύσσονται πολύπλοκες ενιατικές καταστάσεις. Όταν στα σώματα

αναπτύσσονται τάσεις, αλλάζει το σχήμα τους, οπότε λέμε ότι *παραμορφώνονται*.

Τα υλικά έχουν διάφορες ιδιότητες, μερικές από τις οποίες θα ορίσουμε παρακάτω.

Ιδιότητες αντοχής.

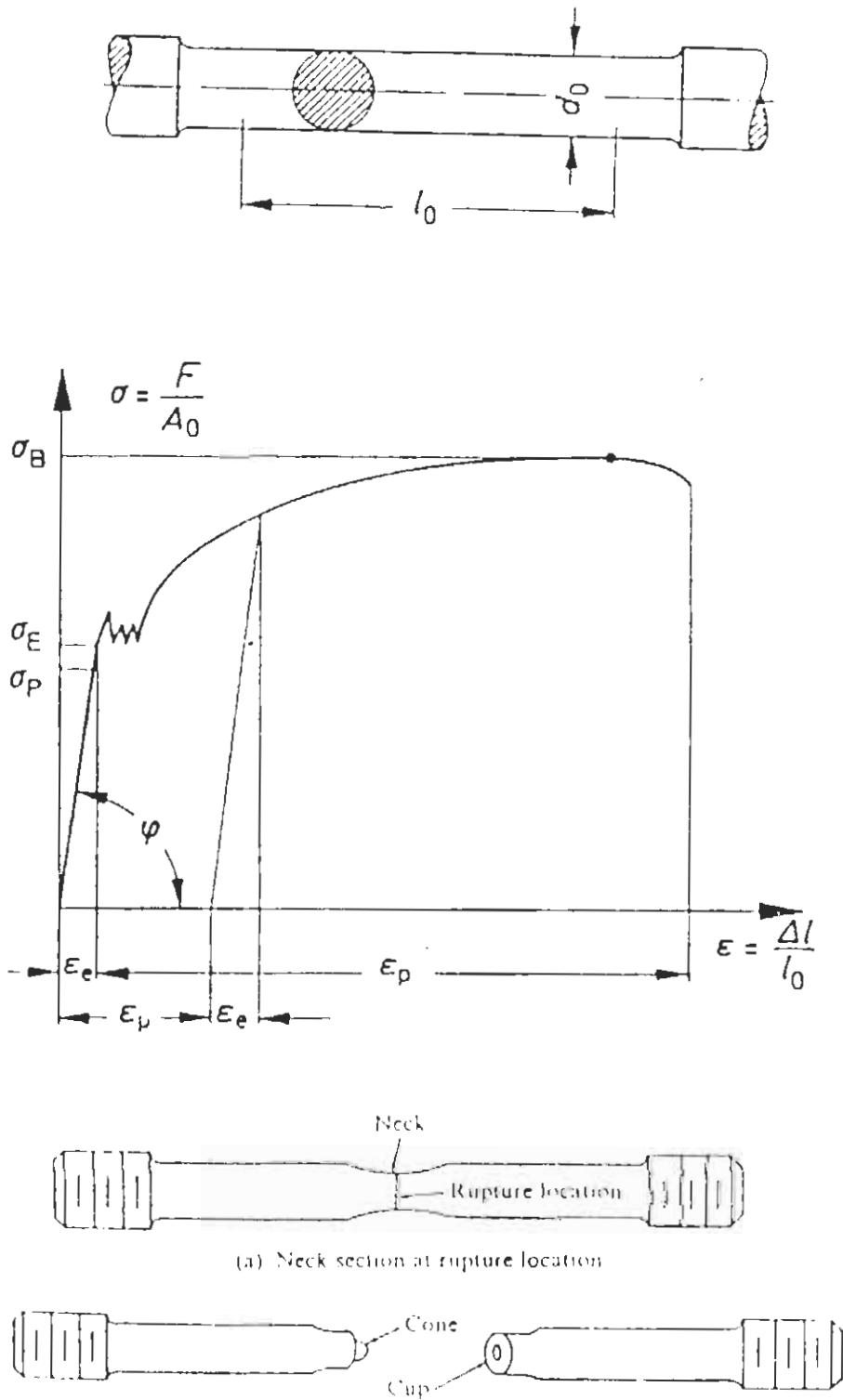
Εάν υποβάλουμε σε *εφελκυσμό* ένα δοκίμιο όπως αυτά του σχήματος 1.57.α, τότε καθώς αυξάνει η δύναμη εφελκυσμού, αυξάνει και η *επιμήκυνση* του δοκιμίου οπότε παίρνουμε ένα διάγραμμα όπως αυτό του σχήματος 1.57. β. Καθώς η δύναμη αυξάνει το δοκίμιο θα σχηματίσει ένα λαιμό και για κάποια τιμή της δύναμης θα σπάσει.

Το διάγραμμα, που είναι διαφορετικό για τα διάφορα υλικά, μερικές σημαντικές ιδιότητες, όπως η τάση για την οποία αλλάζει η συμπεριφορά του δοκιμίου και η τάση όπου θα σπάσει. Οι τάσεις αυτές, που είναι ιδιότητες του υλικού, λέγονται *όριο ροής* και *όριο θραύσης*, αντίστοιχα.

Αν τοποθετήσουμε ένα δοκίμιο στην μηχανή του Σχήματος 1.58, τοποθετήσουμε κάποιο βάρος και ξεκινήσουμε την μηχανή, το δοκίμιο μετά από κάποιο αριθμό *κύκλων* θα σπάσει. Αν μεταβάλλουμε το βάρος θα παρατηρήσουμε ότι το δοκίμιο θα σπάσει σε διαφορετικούς κύκλους.

Υπάρχει ένα οριακό βάρος όμως υπό την επίδραση του οποίου το δοκίμιο δεν θα σπάσει ποτέ. Την αντίστοιχη αναπτυσσόμενη τάση την λέμε *διαρκή αντοχή* και είναι ιδιότητα του υλικού. Δηλαδή διαρκής αντοχή είναι η τάση εκείνη με την οποία όταν φορτιστεί ένα δοκίμιο δεν θα σπάσει ποτέ. Το φαινόμενο αυτό λέγεται *κόπωση*.

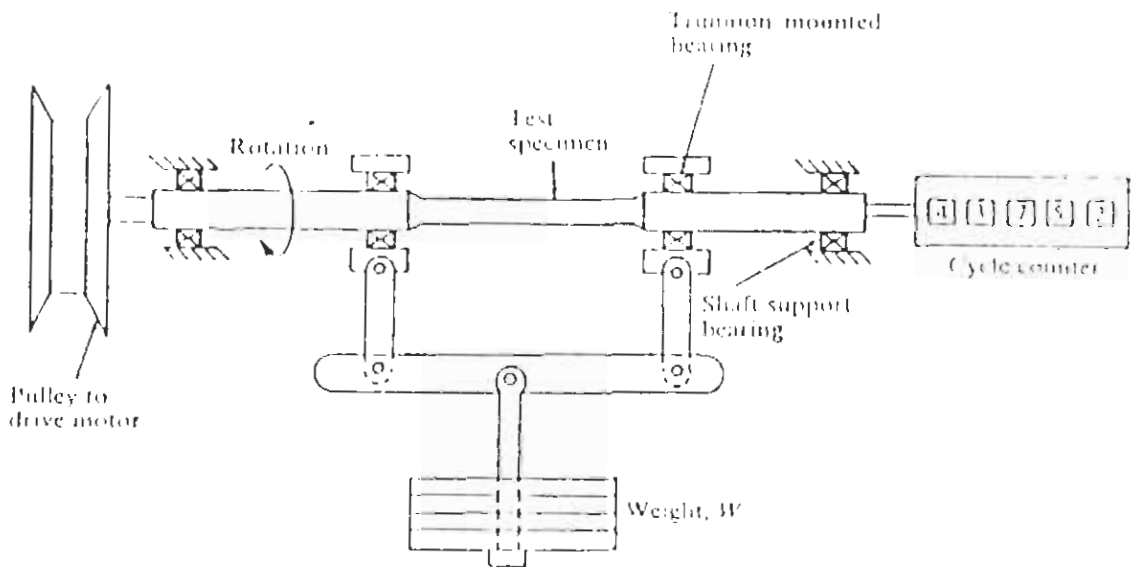
T.E.I. ΠΑΤΡΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



Σχήμα 1.57 Πείραμα εφελκυσμού.

Επιφανειακές- ιδιότητες

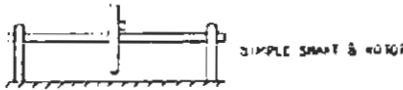
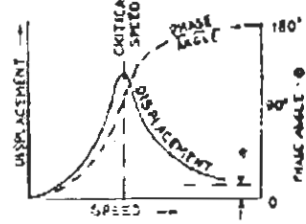
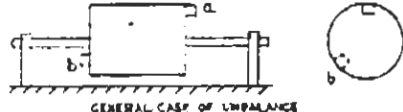
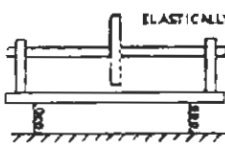
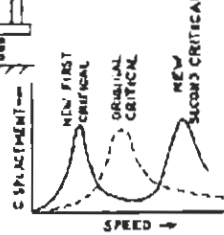
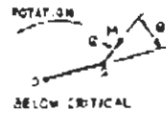

- *σκληρότητα* είναι η ιδιότητα της επιφάνειας των σωμάτων να αντιστέκονται στην επιφανειακή παραμόρφωση. Μετρείται κυρίως με τις κλίμακες Brinell, Rockwell και Vickers.
- *τραχύτητα*. Οι επιφάνειες των σωμάτων ποτέ δεν είναι λείες και απαλές αλλά εμφανίζουν "κορυφές" και "κοιλιάδες" όπως η γη. Το φαινόμενο αυτό λέγεται τραχύτητα των επιφανειών.


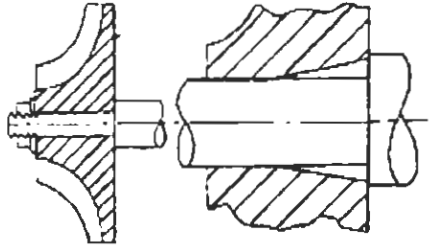


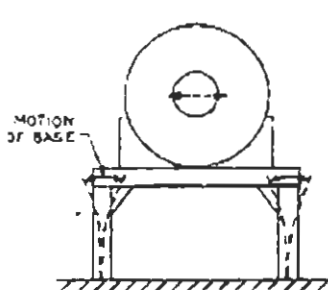
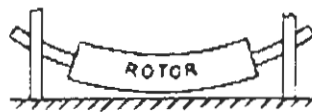
Σχήμα 1.58 Πείραμα κόπωσης.

- *τριβή* είναι η αντίσταση των επιφανειών στην σχετική κίνηση σωμάτων και οφείλεται στην τραχύτητα.
- *φθορά* είναι το φαινόμενο της απώλειας υλικού κατά την σχετική ολίσθηση των επιφανειών συνεργαζομένων σωμάτων.

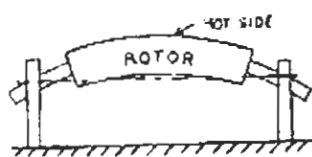
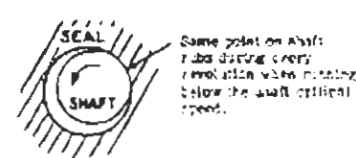
Όταν οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις ή τάσεις σε ένα σώμα ξεπεράσουν κάποια όρια τότε επέρχεται *αστοχία*. Αστοχία

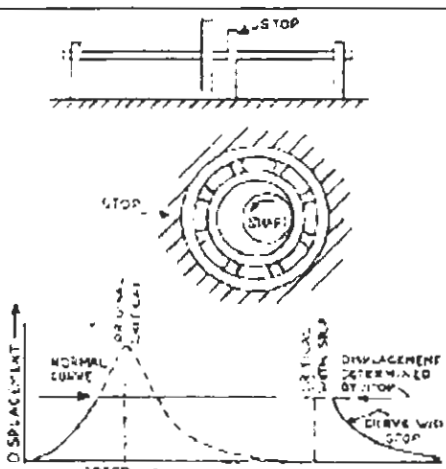
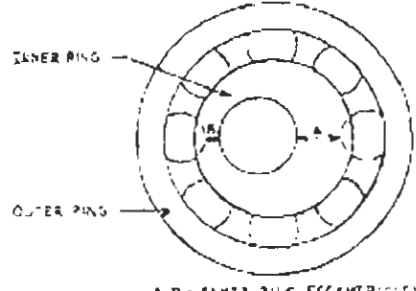
Αιτία ωμάλιας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
<p>1. Αισθητή ανισοσταθία</p>	<p>Μια, κάθε περιστροφή του άξονα. Κατά την φορά περιστροφής του άξονα.</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  <p>ΣIMPLE SHAFT & ROTOR</p>   <p>GENERAL CASE OF UNBALANCE</p>  <p>ELASTICALLY MOUNTED MACHINE</p>  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>ROTATION BELOW CRITICAL</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ABOVE CRITICAL Phase Angle 180°</p> </div> </div> <p>O = γραμμή ένωσης κέντρων αδράντων S = κέντρο άξονα M = κέντρο βάρους ρότορα φ = φάση c = εκκεντρότητα ρότορα</p> <p>Εάν ο ρότορας είναι ιδιαίτερα ασαφής ως αξιωματικός, τότε πιθανόν η ταχύτητα περιστροφής του να είναι κοντά στην κρίσιμη και ταχύτητα.</p> <p>Δύναμη λόγω αξιωματικότητας</p> $F = \frac{W}{g} \epsilon \omega^2$ <p>W = βάρος ρότορα g = επιτάχυνση βαρύτητας ε = γραμμική ταχύτητα ρότορα</p> <p>Η κρίσιμη ταχύτητα της μηχανής μπορεί να μεταβληθεί κάνοντας πιο ελαστική την βάση της (βλέπε Σχήμα αργότερα).</p>	<p>Συνοσταθισμένη καταλληλή μηχανή (συνοσταθισμένη στον άξονα). Εάν η μηχανή είναι συνοσταθισμένη αλλάζει στην κρίσιμη ταχύτητα λόγω αυτή βράζει κοντά στην ταχύτητα περιστροφής.</p>

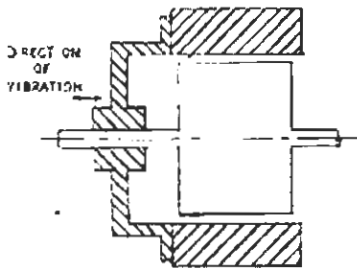
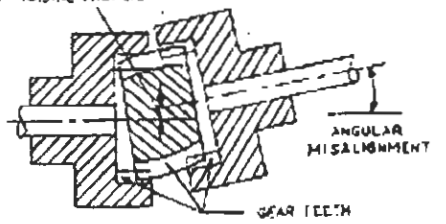
Αιτία ανωμαλίας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
<p>2. Περίπτωση 2. Ηλικιωμένη ή λίγη ηλικία ατσάλινο-ατσάλινο ή ατσάλινο-ατσάλινο αλάτρου</p>	<p>Μια κάθε περιστροφή του άξονα. Κατά την φορά περιστροφής του άξονα.</p>	<p>Ομοαξονική αλλαγή στο μέγεθος του κολλήρου εξαιτίας θερμικής διαστολής, διαφορετικής διαστολής ή συγκεντρωτικών φαινομένων, θα μεταβάλει το σφάλμα του άξονα.</p>  <p>Κολλάρια με διαφορετικό μήκος σε ανηδιαμετρικές κλίμακες προκαλεί σφάλμα του άξονα.</p>	<p>Μη χρήση μικροελαστικών ή τριβωστικών κολλήρων μικρού μήκους. Αποφύγετε τη χρήση μετάλλων με διαφορετικές συντελεστές θερμικής διαστολής. Χρησιμοποιήστε μαλακούς ροδέλες και τριβωστικά κολλάρια.</p>
<p>3. Περίπτωση 3. Ηλικιωμένη ή λίγη ηλικία ατσάλινο-ατσάλινο ή ατσάλινο-ατσάλινο αλάτρου</p>	<p>Μια κάθε περιστροφή του άξονα. Κατά την φορά περιστροφής του άξονα.</p>	<p>Σε υψηλές ταχύτητες ο ροτόρας διαστέλλεται, απορρίπτοντας την κλίμακα μακριά από τον άξονα περιστροφής (βλέπε Σχήμα). Ο ροτόρας μπορεί να πάρει διάφορες θέσεις σε σχέση με τον άξονα περιστροφής, ανάλογα με την αξιωματική του, την πυρηνική δράση, κ.λπ.</p>  <p>Ροτόρας υψηλής ταχύτητας υπερ-ροτοδότη (τοίχιμα), προσαρμοσμένος πάνω σε άξονα, μέσω παξιμασιάς αξονικής συμμετρίας.</p>	<p>Αυξάνετε την σταθερότητα της κλίμακας. Συντάξτε τον ροτόρα επί του άξονα με μικρότερη ή ακτινική δράση (καθίσωση) ή κεντρική προσαρμογή.</p>

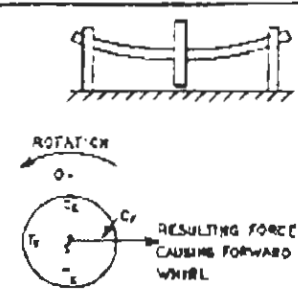
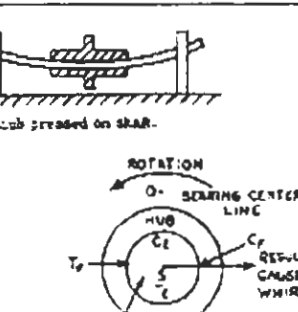
Αιτία βυαλίας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
πτώση τικότητας ίσωσης	4. Μια, καθέ περιοτροφή του άξονα. Το εύρος ταλάντωσης είναι μεγάλο κατά μια διεύθυνση μόνο.	 <p>Ενα αυτάρχητο αεροστροβίλου - κιβωτίου μεταδόσης - γεννήτριας μπορεί να είναι τοποθετημένο επί μιας σταθερής πλωτικής βάσης, όπως αυτή του Σχήματος Ταχύτητας στροβίλου 15000 ασλ και γεννήτριας 1200 ασλ. Ένας αυτονομός βόσκας στις 1200 ταλαντώσεις το λεπτό, όπως αυτός του Σχήματος, ενισχύει την αξιωματικότητα της γεννήτριας, ταλαντώνοντας ολόκληρη την διάταξη στο οριζόντιο επίπεδο με 1200 ταλαντώσεις το λεπτό. Η ταλάντωση αυτή επιρροάζει την λειτουργία του στροβίλου και εάν δεν ληφθούν μέτρα και δοθούν με μεγάλη προσοχή, θα οδηγηθούμε στο λάθος συμπέρασμα ότι ο αεροστροβίλος είναι προβληματικός. Ο συντονισμός της βάσης μπορεί να εκδηλωθεί με διάφορους τρόπους. Η μεγάλη ελαστικότητα της θεμελίωσης μεταβάλλει τις κρίσιμες ταχύτητες του άξονα (βλ. και Παράρτημα 1.).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Μεταβαλίζει την ιδιοσυχνότητα αυτοκινήτου της βάσης. 2. Ελαττώνει την αξιωματικότητα της γεννήτριας.
πτώση επιχειρ δόση πηγών του ρότορα, πυλόμενα, ύλωση κταφών. ες, κ. λ. π.		 <p>Η μετατόπιση πυλόμενων, κ. λ. π. εξαιτίας θερμικών και φυτοκεντρικών δυνάμεων, κατά την περιστροφή του ρότορα, ίσως να είναι αλλιά και να μην είναι δυνατόν να αποφευχθεί. Εάν ανακαλύπτεται τότε να ζυγοσταθμιστεί σε μέτρως συνθήκες λειτουργίας. Εναπομένοντες τάσεις στο υλικό του ρότορα μπορούν να ανακουφιστούν διαφορικά καθώς ο ρότορας θερμίνεται. Περιοριζόμενος τον ρότορα σε ένα θερμινόμοιο τόρνο λίγο πριν την συναρμολόγηση, μπορούμε να θερμοκρασιάσουμε αυτού του είδους την ανωμαλία.</p> <p>Η περίπτωση αυτή καλύπτεται πολλές αιτίες ανωμαλιών κατά την λειτουργία. Ένας μεγάλου μήκους εύκαμτος ρότορας όταν σταματήσει να περιστρέφεται, μπορεί να παρουσιάσει μεγαλύτερο βέλος κάμψης, λόγω πλαστικής ροής, από ότι όταν περιστρέφεται. Μόνο με παραμορφώσεις τέτοιες μορφές συνήθως εξαφανίζονται μετά από συνεχή λειτουργία.</p>	<p>Προσπαθήστε να ζυγοσταθμιστεί σε μέτρως ταχύτητας αυτοκινήτου. Εάν η ζυγοσταθμιστική αποτύχει, θεωρείται το πρόβλημα στην επιτήρηση.</p>

Αιτία ινωμαλίας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
<p>Περύπωση 6. Ύψος καύσης ξένα</p>	<p>Μια, κάθε περιτροφή του άξονα, κατά την φορά περιστροφής.</p>	<div data-bbox="460 604 742 806" data-label="Diagram"> <p>A cross-sectional diagram of a shaft. A curved arrow labeled 'ROTATION' indicates clockwise movement. The shaft is surrounded by 'WATER'. The side of the shaft facing the viewer is labeled 'COLD SIDE OF SHAFT'.</p> </div> <p>Οι σφαιρικοί άξονες των μεγάλων πτερυγίων εφοδιάζονται με μια αξονική τρύπα ελέγχου η οποία ως συνήθως είναι έκκεντρη. Κατά την κατασκευή η τρύπα αυτή τοποθετείται στο ένα της άκρο. Συχνά βρίσκεται νερό σ' αυτήν την τρύπα μετά την θέση της μηχανής σε λειτουργία. Όταν ο άξονας περιστρέφεται το νερό φυγοκεντρίζεται στην πλευρά εκείνη της τρύπας που απέχει περισσότερο από το κέντρο. Εξάτμιση του νερού στην μια πλευρά του άξονα, την ψύχει, προκαλώντας κάμψη του άξονα, όπως στην Περύπωση 8.</p>	<p>Οι σφαιρικοί για αυτή την διαδοχή των γεγονότων ακολουθούν. Όταν η εξωτερική επιφάνεια του άξονα είναι εκτεθειμένη σε υψότερο ατμό, μετάδοση θερμότητας μεταξύ άξονα και ατμού θα προσπαθήσει να εξισώσει την θερμοκρασία του άξονα με αυτή του ατμού. Η εσωτερική πλευρά της κοιλότητας του άξονα θα ψυχθεί λόγω εξάτμισης του νερού. Ο παραγόμενος ατμός θα συμπυκνώνεται σε μια ψυχρή πλευρά του άξονα, από όπου θα επιστρέψει στην αρχική του θέση, για να επαναλάβει τον κύκλο. Εάν η εξωτερική επιφάνεια του άξονα εκτίθεται σε κορεσμένο ατμό, η μετάδοση θερμότητας θα είναι αρκετά έντονη ώστε όλες οι πλευρές του άξονα να διατηρούνται στην ίδια ομοιογενή θερμοκρασία.</p>
<p>Περύπωση 7. Κακή κλίση και μόνι αόριστα</p>	<p>Μια, κάθε περιτροφή του άξονα, κατά την φορά περιστροφής.</p>	<div data-bbox="415 1097 831 1344" data-label="Diagram"> <p>A cross-sectional diagram of a rotor on a shaft. The rotor is labeled 'ROTOR' and the shaft is labeled 'SHAFT'. A 'KEY' is shown between them. A curved arrow labeled 'ROTATION' indicates clockwise movement. A shaded area on the rotor is labeled 'DISPLACEMENT OF ROTOR WITH RESPECT TO SHAFT CAUSING UNBALANCE'. A note at the bottom says 'ORIGIN OF ROTOR'.</p> </div> <p>Μια κλίση η οποία είναι χαλαρή και συνδέεται με ένα περιφερειακό άξονα μέσω μόνις σφηνάς, μπορεί να πάρει την θέση που δείχνει το Σχήμα.</p>	<p>Κάνει την κλίση το πη. σφηνά εισαγωγή στην ταχύτητα λειτουργίας του άξ.</p>

Αιτία βλάβης	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
Έκθεση κλίμακα στη ρότορα	Μια, κάθε περιστροφή του άξονα, κατά την φορά περιστροφής.	 <p>Η μια πλευρά του ρότορα θερμίνεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες από την αντίδιαμετρή της πλευρά. Ο ρότορας λυγίζει προς την θερμότερη του πλευρά, παρουσιάζοντας έτσι αξιωματικά. Μια θερμοκρασιακή διαφορά 1° με 2°, μεταξύ των αντιδιαμετρικών πλευρών του ρότορα, είναι αρκετή για να διαταραχθεί αρκετά την λειτουργία ενός ρότορα μεγάλου μήκους. Ανομοιόμορφη θέρμανση ενός ρότορα μπορεί να οφείλεται στα ακόλουθα φαινόμενα.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Διαφοροποιήσεις στον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λόγω διακυμάνσεων στην δομή του υλικού εξαιτίας ψυχρών μηχανουργικών και άλλων καταρράσεων. Μεταβολές στην αγωγιμότητα, εξαιτίας ψυχρών καταρράσεων του υλικού του ρότορα, δεν επιτρέπεται να ξεπερνούν το 1%. 2. Ανομοιογένεια του υλικού του ρότορα κατά την αεροδυναμική. 3. Διαφοροποιήσεις στο πάχος ή το τριβή της μπογιάς ή άλλης επικάλυψης της επιφάνειας του ρότορα. 4. Ασύμμετρος αερισμός του ρότορα. 5. Ασύμμετρη ηλεκτρική αντίσταση στα τμήματα του ρότορα. 	Εξαιρέσει το αέριο του προκαλεί έμφανση στην θερμοκρασία. Φαινόμενα η λειτουργία του ρότορα, η κόμης συνήθως είναι βλάβη κατά την λειτουργία.
Έκθεση άξονα	Μια, κάθε περιστροφή του άξονα, κατά την φορά περιστροφής.	 <p>Same point on shaft: Seal does not align with shaft axis when rotating below the shaft critical speed.</p> <p>Ένας άξονας ελαφρά κεκλιμένος, ο οποίος περιστρέφεται με ταχύτητα κάτω από την κρίσιμη, αρχίζει να τριβεται στο έδαφόν του. Σε κάθε περιστροφή ο άξονας τριβει το ίδιο πάντα σημείο στο έδαφον ως ακριβώς αυτό να θερμανθεί, αυξάνοντας έτσι το βέλος κόμης του και κατά συνέπεια την ένταση της τριβής. Φυγόκεντρως δυνάμεις εντείνουν το φαινόμενο. Εάν ο ίδιος άξονας περιστραφεί με ταχύτητα μεγαλύτερη της κρίσιμης, το πρόβλημα θα άρκεται. Μια αλλαγή φάσης 180° θα αποδοίσει την ανάπτυξη τριβής, εφόσον θα κοσμάσει μετατόπιση του κέντρου βάρους του ρότορα προς το κέντρο περιστροφής του.</p>	Λειτουργεί με τον άξονα σε ταχύτητα περιστροφής μεγαλύτερης της κρίσιμης.

Αιτία ενωμαλίας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
<p>Περίπτωση ΙΟ. -επιτόσηση αξόνων κατά περιστροφή -αστολές</p>	<p>Μία, επίθε τριπτική και αξόνων, κατά την φορά περιστροφής, αν χρησιμοποιείται αναστολέας χαμηλού πεντάκλι τριβής Με αποβαρό αναστολέα, η κίνηση γίνεται αντίθετα στην φορά περιστροφής</p>	<p>Το Σχήμα παρουσιάζει ένα αξόνιο προδιαγμένο με ένα θεραπευτικό αναστολέα πίσω ρουλεμάν, η οποία έχει σαν σκοπό να παρασώσει την παραμόρφωση του αξόνου, καθώς η ταχύτητα περιστροφής του διεργάζεται από την κρίσιμη ταχύτητα. Εάν κατά την διάρκεια αυτή ο αξόνος (βρεθεί σε επαφή με το ρουλεμάν, τότε δημιουργείται ένα νέο σύστημα με πολύ μεγαλύτερη κρίσιμη ταχύτητα, εξαρτώμενη από την στιβαρότητα του αναστολέα. Η παραμόρφωση του αξόνου δεν θα κλαταθεί αν η ταχύτητα του άξονα ξεπεράσει την κριτική κρίσιμη ταχύτητα. Μαλακότερα αναστολέα έχουν τα ίδια αποτελέσματα, μόνο που δεν είναι τόσο έντονα.</p> 	<p>Χρησιμοποιείται προληπτική αποδοτική κρούση, ή η χρήση κρούσης προληπτικού είδους, ή η κρούση με ελαστικό ή την κρούση με την ελαστική του άξονα, όταν είναι εξαρτημένη από την κρούση ταχύτητα. Βελτιώστε τη συμπεριφορά</p>
<p>Περίπτωση ΙΙ. -επιτόσηση αξόνων -επιτόσηση -επιτόσηση</p>	<p>Μία, κατά την διεύθυνση του αξόνου, κατά την φορά περιστροφής</p>	<p>Εάν ένας ρότορας (συνοστράφι) σε άλλα κοίλινα και κατόπιν μιας σε λειτουργία πάνω σε ρουλεμάν, μπορεί να παρουσιαστεί εκκεντρότητα ανάλογη με αυτή των ρουλεμάν (βλ. Πίνακα). Αυτή η εκκεντρότητα προκαλεί αζυγοστάθια στον άξονα (σημ με το γινόμενο του βάρους του και την ακτινική του εκκεντρότητα). Για παράδειγμα, δύο αεζυγιστικές ρουλεμάν 35mm θα στηρίξουν άξονα 8000lb στις 2000rpm. Αν αυτός ζυγοσταθμιστεί πάνω στους τα ρουλεμάν και μετά τα κατασκευαστικά τους διαχωριστικά κεντραρισμένων 1X0", η αζυγοστάθια μπορεί να γίνει 5in-lb.</p>  <p>A B - INNER RING ECCENTRICITY</p>	<p>Χρησιμοποιείται προληπτική αποδοτική κρούση, ή η χρήση κρούσης προληπτικού είδους, ή η κρούση με ελαστικό ή την κρούση με την ελαστική του άξονα, όταν είναι εξαρτημένη από την κρούση ταχύτητα. Βελτιώστε τη συμπεριφορά</p>

Αιτία νωμαλίας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
<p>Περίπτωση 12. Στοιχειώδης λείανση δίσκου</p>	<p>Σε αξονική διεύθυνση.</p>	 <p>1. Μια μασαία με μεγάλη πλεονεκτή μηχανή στην οποία το έδρανο ενός άξονα στοάζεται από μια φλάντζα, μπορεί να συντονιστεί σε ομοσφονική διεύθυνση με την μάζα του εδρανοί λόγω ελαστικότητας της φλάντζας, σε συχνότητα ίση με την συχνότητα περιστροφής του άξονα. Η δύναμη που δρα σαν αρμονική διέγερση μπορεί να οφείλεται σε ένα ελαφρά στρεβλό έδρανο, σε ένα ελαττωματικό ελαστικό κολάρο ή σε μια απευθείας συνδεδεμένη ντιέλαμπρανή.</p> <p>2. Σε μερικές μηχανίες η ηλεκτρική τάλαντιση του στάτορα ή του ροτορα, μπορεί να εμφανιστεί στην φλάντζα ως αποτέλεσμα ασυμμετρίας.</p>	<p>1. Αποσυναρτίστε ο φλάντζα κειμένου της πιν αξονική κλιμακωμένη της.</p> <p>2. Αλλάξτε την ελαστικότητα της φλάντζας.</p>
<p>Περίπτωση 13. Ελαττωματικός νωμαλίας</p>	<p>Μια, κάθε περιστροφή του άξονα, κατά την φορά περιστροφής. Στροβιλισμός με συχνότητα ίση με την κρίσιμη συχνότητα του άξονα.</p>	 <p>3. Μερικοί συνθέτες διαθέτουν ένα ενδιάμεσο ελαστικό μαξιλάρι το οποίο κλιμακω τις δύο φλάντζες του συνδέσμου. Αναμονή τους κλιμακω της επιφανείας επαφής, οδήγη σε ακίνητη ροπή ισχύ με το γινόμενο εκτινών - διαφορά δύναμης.</p> <p>4. Όταν τα δύο μισά του συνδέσμου συνδέονται ελαστικά, αποκαθάρται αποκλίση από την καθιερωμένη λειτουργία δύναμης ή ροπής μεταξύ των συνδεδεμένων άξονων.</p> <p>Λεπτότερος τύπος διαταραχής</p> <p>1. Αν ένας ελαττωματικός σύνδεσμος έχει υναρθρωθεί μεγάλο συντελεστή απόδοσης τότε ο άξονας θα παρουσιάσει στροβιλισμό, όπως όταν αμείβεται λόγω ταχυτροπιασμού τριβών.</p> <p>Οι ελαττωματικοί σύνδεσμοι μπορούν να προκαλέσουν δυο τύπους διαταραχών στους άξονες: ο πρώτος τύπος διαταραχής χαρακτηρίζεται με το άξονα με συχνότητα μία ανά περιστροφή, ο δεύτερος τύπος οφείλεται στην τριβή στον σύνδεσμο και προκαλεί στροβιλισμό του άξονα (βλέπε Περίπτωση 14).</p> <p>Πρώτος τύπος διαταραχής</p> <p>1. Μετά από μακροχρόνια λειτουργία ένας οδοντωτός σύνδεσμος σφαιρίζει το λιπαντικό του με αποτέλεσμα να κολλήσουν τα δόντια. Αν για κάποιο λόγο κλιμακωθούν οι αλτήρες ή θυγρόμασες ο σύνδεσμος δεν θα σπινναπροσαρμοστεί. Ένα δυνατό γινόμενο μπορεί να προκαλέσει τα άξονες και να λύσει το πρόβλημα.</p>	<p>Πρώτος τύπος διαταραχής και 2. Αλλάξτε τον τύπο του συνδέσμου. Μειώστε την ελαστικότητα του συνδέσμου δεύτερος τύπος διαταραχής 1. Εξαφανιστεί την απόδοσή.</p>

Αιτία -ομαλίας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
<p>Πίτωση 14. σφύλιση σε σωσταρτής =K</p>	<p>Η συχνότητα του σφύλισης συμπίπτει με την κρίσιμη ταχύτητα του άξονα. Κατά την φορά περιστροφής.</p>	 <p>Όπως παρουσιάζεται και στο Σχήμα, υπάρχει μια δύναμη που ασκείται στην εσωτερική τριβή ενός παραστρεφόμενου, παραμορφώσιμου άξονα και η οποία μπορεί να προκαλέσει σφύλιση. Αυτός ο σφύλιση θα εμφανιστεί μόνο όταν η ταχύτητα του άξονα γίνει ίση ή μεγαλύτερη από την κρίσιμη του ταχύτητα. Εκτός από την εσωτερική τριβή, για το ίδιο φαινόμενο μπορεί επίσης να είναι υπεύθυνη η υστέρηση ακουαδύτητας υλικού που περιστρέφεται μαζί με τον άξονα.</p> <p>OS = βέλος κέντρου του άξονα C_E = ελαστική έλιξη T_E = ελαστικός σφύλιση T_F = αντίσταση λόγω τριβής στην επιφάνεια C_F = αντίσταση λόγω τριβής στην αερίωση</p>	<p>Λοορίστε την πηγή της υπέρτασης. Αυξήστε την κρίσιμη ταχύτητα του άξονα τόσο από την κρίση. Τοποθετήστε έδρανα με ελαστικές βολές που να λειτουργούν σαν αποσβεστήρες.</p>
<p>Πίτωση 15. σφύλιση σε σωσταρτής =K</p>	<p>Η συχνότητα του σφύλισης συμπίπτει με την κρίσιμη ταχύτητα του άξονα. Κατά την φορά περιστροφής.</p>	 <p>Σχετική κίνηση, η οποία ανακατασκευάζει τριβή μεταξύ δύο αποσπασμένων εξαρτημάτων ενός ρότορα, για παράδειγμα μεταξύ του άξονα και μιας κροσσοειδούς κλίμακας, μπορεί να προκαλέσει σφύλιση (βλέπε Σχήμα). Αυτός ο σφύλιση θα εμφανιστεί μόνο όταν η ταχύτητα του άξονα γίνει ίση ή μεγαλύτερη από την κρίσιμη του ταχύτητα.</p> <p>Loss Lub situated on shaft.</p> <p>OS = βέλος κέντρου του άξονα C_E = ελαστική έλιξη T_E = ελαστικός σφύλιση T_F = αντίσταση λόγω τριβής στην επιφάνεια C_F = αντίσταση λόγω τριβής στην αερίωση</p>	<p>Όπως στην Πίτωση 14. Μειώστε το μήκος των εξαρτημάτων και είναι προτιμότερο η με σωστή αντιστάση τόσο στον άξονα.</p>

Αιτία νωμαλίας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
-------------------	-------------------------------	----------------	----------

16. Δίπλωση
ωβελίου
-ισία

Επιν μισή
ταχύτητα του
άξονα η στην
κρίσιμη ταχύτητα
του άξονα, όταν
αυτός
περιστρέφεται με
δικλάσια ή
μεγαλύτερη της
κρίσιμης του
ταχύτητας. Κατά
την φορά
περιστροφής του
άξονα.

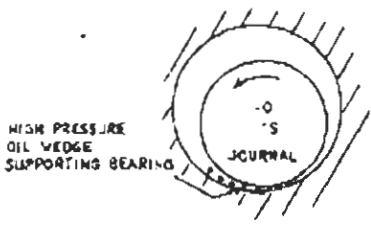
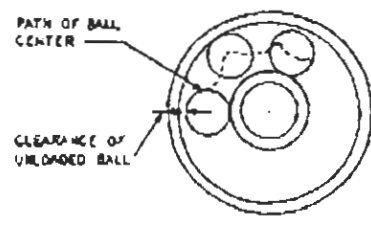
Είναι πιθανό ότι η διαταραχή λόγω στροβιλισμού του λαδιού να παραμένει σταθερή στην κρίσιμη ταχύτητα, λόγω της γνωστής τάσης των συντονιζόμενων συστημάτων να ανταποκρίνονται στην συχνότητα συντονισμού τους, όταν διεγείρονται από μια αετή αρμονική δύναμη. Σε αυτή την περίπτωση η τάση του άξονα να στροβιλιωθεί στην φυσική του συχνότητα, ίσως να αλλάξει την ταχύτητα στην οποία η σφήνα λιπαντικού θα περιστραφεί. Περιπτώσεις έχουν αναφερθεί όπου η πρέση και η δεύτερη διαταραχή εμφανίζονται ταυτόχρονα. Ο στροβιλισμός του λαδιού ενισχύεται από μακρὰ και ή ελαφρά φορτωμένα έδρανα. Το φαινόμενο εξαλείφεται από την θερμότητα, το έλκος και την ροή του λαδιού.

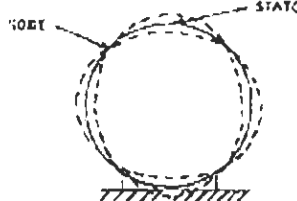
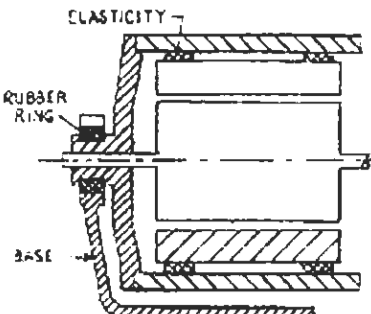
Το στρώμα του λαδιού περιστρεφόμενο με περίπου την μισή ταχύτητα του άξονα, σφύζει το στρώμα λαδιού υψηλής πίεσης γύρω από το έδρανο με περίπου την μισή ταχύτητα του άξονα. Αυτό το φαινόμενο διαταράσσει τον άξονα με δύο τρόπους: 1. Ο άξονας στροβιλιζεται με την μισή ταχύτητα ομοαξονικά και αν είναι στή. 2. Ο άξονας στροβιλιζεται με την κρίσιμη του ταχύτητα όταν περιστρέφεται με την δικλάσια ταχύτητα.

Πρώτη κοινή διαταραχή. Πυκνή περιέκταση είναι ένας σταθερός κα τακτικού άξονας που σφύζει σε άφρατα έδρανα αλλοίωσης.

Δεύτερη κοινή διαταραχή. Μία μηχανή οριζόντιου άξονα, η οποία μπορεί να περιστραφεί με την δικλάσια και παραπάνω ταχύτητα από την κρίσιμη, μπορεί να παρουσιάσει στροβιλισμό λαδιού με ταχύτητα ίση με την κρίσιμη, όταν ο άξονας περιστρέφεται με ταχύτητα δικλάσια της κρίσιμης. Καθώς η ταχύτητα του αυξάνει πάνω από την δικλάσια κρίσιμη, η ταχύτητα στροβιλισμού θα παραμείνει σταθερή και ίση με την κρίσιμη ταχύτητα.

Υμιασε την κρίσιμη
ταχύτητα πάνω από το
μικρό της ταχύτητας
παραστροφής.
Χρησιμοποιείται
βαρέα φορτωμένα
έδρανα με ακαμψές
βραχίς και μεγάλο
πλευρική απόσταση.
Αλλάζει το έδρανο με
πιο σταθερό τύπου
όπως ενδοειρα
ρούλεμαν, κυλινδρικά
ρούλεμαν, οστικά
έδρανα κ. λ. κ.

Αιτία φθομιάς	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
Πρόπτωση 17. Απλάωση		<p>Όταν ένα οσοδήποτε τμήμα ενός περιστρεφόμενου συστήματος λειτουργεί εμβαπτιζόμενο σε υγρό, μπορεί να εκδηλωθεί απλάωση μεταξύ ρότορα και υγρού. Υπόκειται η πιθανότητα, η συχνότητα απλάωσης να γίνει φυσική συχνότητα κάποιου τμήματος του ρότορα ή του στάτορα, δημιουργώντας έτσι ένα αυτοδιδειγμένο ταλαντωμένο σύστημα. Αιτία μπορεί να είναι λόγω των αποτελεσμάτων της απλάωσης επί της επιφάνειας του ρότορα ή λόγω κόπωσης του ρότορα. Στα δυναμόμετρα, των οποίων η αρχή λειτουργίας είναι ο περιστρεφόμενος δίσκος μέσα σε υγρό, η απλάωση μπορεί να βλάψει κριδαμούς σε μεγάλες ταχύτητες και φορτία</p>	<p>Εξαιρέστε την τμήτα απλάωσης. Αλλάστε την θέση περιβάλλοντος στο υγρό. Αλλάξτε την φυσική συχνότητα του ρότορα, αν αυτό είναι το στοιχείο που υπερβαίνει όμοια</p>
Πρόπτωση 18. Απλάωση -στάθισμα μόνου	Μεταβλητή συχνότητα	<p>Σε ένα φυσιολογικό έδρανο ολίσθησης υπάρχει επαρκής ραφή λαδιού για να διατηρήσει την σφήνα λιπαντικού, πάνω στην οποία το εδράζεται ο ρότορας όταν αυτός περιστρέφεται. Αν μειωθεί η ποσότητα λαδιού σε σημείο τέτοιο ώστε να μην είναι ικανή να διατηρήσει την σφήνα, τότε οι συνθήκες λίπανσης θα καθοριστούν μεταξύ υγρού και οριζικής λίπανσης. Ο συντελεστής τριβής και η θέση του άξονα αλλάζουν μεταξύ των δύο τύπων λίπανσης καθόσον τον άξονα σε μια ανώμαλη ταλάντωση.</p> 	<p>Αλλάξτε την ταχύτητα λίπαντικού</p>
Πρόπτωση 19. Απλάωση -στάθισμα μίας ρουλεμάν	Με την συχνότητα της αναπηδούσης μπίλιας	<p>Σε ένα αερίως σφαιρικό ένοσφυρο ρουλεμάν υπάρχουν κάποιες ανοχές ανάμεσα στις μπίλιες και το εσωτερικό και εξωτερικό άξονα. Όταν το ρουλεμάν δεν φορτίζεται αξονικά όλες οι μπίλιες από τις λίγες που σπινώνουν το φορτίο, είναι ελεύθερες να χοροπηδούν μέσα στο δίσκετο. Το φαινόμενο αυτό θα πυροδοτηθεί από μικρά σωματίδια σκόνης ή από την υπερθερμική ταχύτητα. Αυτό το χοροπηδίδιο είναι φαινόμενο που μπορεί να οδηγήσει σε αυτώνομο, γίνεται πιο έντονο σε ταχύτητες πάνω από 1000 rpm, αλλά μπορεί να ελεγχθεί μέσω της ταχύτητας του άξονα.</p> 	<p>Χρησιμοποιείτε άλλο τύπο ρουλεμάν ή ελαστικά ή/και ένοσφυρα ρουλεμάν</p>

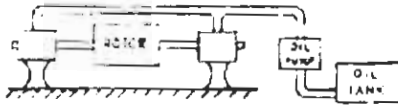
Αιτία Προβλήματος	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
Πρόπτωση 20. Μεταβλητή τάση		<ol style="list-style-type: none"> 1. Προβλήματα στρογγυλών ταλαντώσεων είναι πιο συνηθισμένα σε παλινδρομικές μηχανές. Μπορεί να εμφανιστούν σε ηλεκτρικές μηχανές όταν αυτές λειτουργούν με την μια μόνο φάση ή όταν υπάρχουν ανισομορφίες στα γρανάζια. Όταν μια περιστρεφόμενη μηχανή με μεγάλη ροπή αδρανειακά συνδέεται με αμοιβαίως ορθή στρογγυλή ταλάντωση, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ειδικός σύνδεσμος. 2. Μονοκύλινδρος, αεζυθίας μεταβόσης κίνησης ανελκυστήρων, παρά γουν μεγάλες μεταβολές στην ροπή με συχνότητα μια κάθε περιστροφή του άξονα. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ελαστικοί σύνδεσμοι. 2. Ελαστικές βελόνες για τον καλύτερο έλεγχο των αποδόσεων σταθρών κατά την εκκίνηση και την παύση με ηρέμηση.
Πρόπτωση 21. Ποσοστό τόρα	<p>Η συχνότητα μπορεί να εξαρτάται από την ηλεκτρική, την περιστροφική ή και τις δύο συχνότητες. Οι κόμβοι μπορεί να είναι στάσιμοι ή περιστρεφόμενοι.</p>	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Οι μαγνητικές δυνάμεις μεταξύ του ρότορα και του στάτορα μιας ηλεκτρικής μηχανής, μπορεί να προκαλέσουν ταλάντωση του στάτορα σε μορφή τάσεων που να έχει ζυγό αριθμό κόμβων. 2. Στην περίπτωση ενός σχετικά ακίνητου στάτορα και ενός διακλυτικού ρότορα, οι κόμβοι μπορεί να περιγράφονται με τον ρότορα. Σ' αυτήν την περίπτωση θα υπάρχουν τεσσάρων κόμβων. Ομοιοεισμένοι από τους δύο τρόπους ταλάντωσης θα μετατρέπεται την βάση του στάτορα. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Στην πρώτη περίπτωση ο επιπονώσιμος μπορεί να θεωρηθεί με να αποσπασματισμένο στατόρα. 2. Απαιτείται σταθερότερος στατόρας.
Πρόπτωση 22. Προβλήματα στην ηλεκτρική ροπή	<p>Με διεύθυνση από την συχνότητα διεύθυνση σε μονοφασικές μηχανές.</p>	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Σε μερικές ηλεκτρικές μηχανές παρουσιάζονται μεγάλες μεταβολές στην ροπή, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως στρογγυλή ταλάντωση και στάτορα. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα αισθητό σε μονοφασικές μηχανές. Η τάση κυμαίνεται από το μηδέν δυο φορές σε κάθε ηλεκτρικό κύκλο, προκαλώντας μια πίεση στην ροπή με την ίδια συχνότητα. 2. Τα ελαστικά του στάτορα, σε μερικές μεγάλες μηχανές, υφίστανται σε μια παλινδρομική ροπή. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Σε μερικές μονοφασικές μηχανές χρησιμοποιείται ελαστικό δακτύλιο μεταξύ βέλους C και άκρου μηχανής. 2. Για μεγάλες μηχανές ενδογενή ελαστικά παραμόρφωση - κρούση μεταξύ του στάτορα και των ελαστικών.

Συχνότητα και διεύθυνση

Χαρακτηριστικά

Θεραπεία

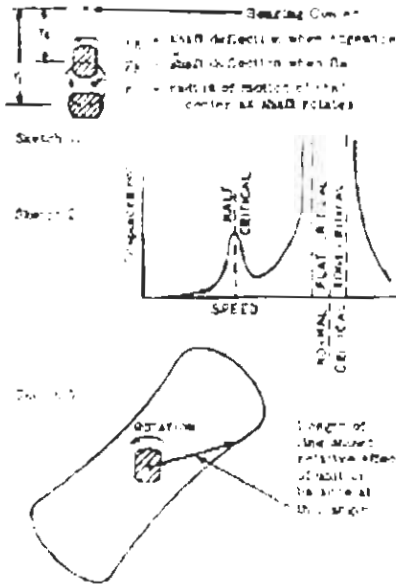
23. Η συχνότητα καθορίζεται από την ταχύτητα της αντλίας



Αυτό το λάδι προορίζεται με λάδι έδρανο, εγχύεται στον χώρο μεταξύ διακυματωδών (3) άξονας γουρνάει στις έδρασεις του με κάθε κύκλο που κάνει η τιμή της αντλίας

Αλλάζει τον τύπο της ελαστικότητας. Αλλάζει τον τύπο των εδρών. Τοποθετείται δοχείο αέρα στην γραμμή προφοράς του λάδι με ταξί αντλίας και έδρανο

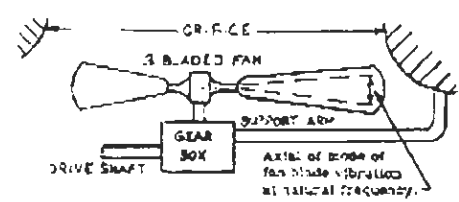
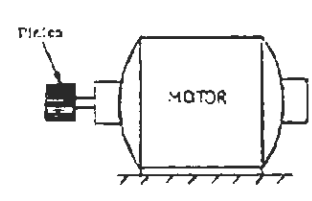
24. Δεν οι κάθε κεντρομόλη του άξονα, κατά την φέρει της περιστροφής



Ένας κεντρομόλος άξονας σχηματίζεται με την κακή σφαιρόμορμη σελήκωσαν για το πύλημα διαλεκτικού ούστου η με ακατάλληλο άλλο τρόπο ο ούστος δίνει στον άξονα μη συμμετρική σφαιρόμορμη. Όταν ένας κεντρομόλος άξονας κεντρομόλος, το κέντρο του διαγράφει κύκλο (Σχήμα 1), με συχνότητα ίση με το διπλάσιο της ταχύτητας περιστροφής του. Η ασυμμετρία στην σφαιρόμορμη ενός άξονα προκαλεί διάφορα ενδιαφέροντα φαινόμενα όπως:

1. Όταν ο άξονας κεντρομόλος με την μιση κρίσιμη ταχύτητα, παρατηρείται αυτονόητος με συχνότητα ίση με την κρίσιμη. Ο δικός κάλος στην συχνότητα προκαλείται από το κρούσμα του άξονα από δυο μέγιστες και δυο ελάχιστες περιστροφικές του ανά περιστροφή (Σχήμα 2)
2. Αντι για μια κρίσιμη ταχύτητα, ο άξονας έχει δυο, οι άξονες καθορίζονται από τις δυο διαπεριβάλλεις ροές έδρασης: που παρατηρείται στην κεντρομόλη διατήρη του. Η κεντρομόλη συχνότητα μεταξύ τους είναι να είναι ασταθής (Σχήμα 3)
3. Οι κεντρομόλοι ροτορες είναι πολύ ευαίσθητοι σε οξυγονοποίηση στην κρίσιμη τους ταχύτητα, ανάλογα και με την γωνιακή θέση γύρω από τον άξονα. Η μέγιστη οξυγονοποίηση εντοπίζεται όταν η αξιωματικά φέρνεται 45° του άξονα στη ακριβέστερη διάταξη (Σχήμα 4)

Κάνει την σφαιρόμορμη του άξονα ασυμμετρική εάν το κρούσμα είναι ένας κεντρομόλος κύκλος ή δύο σε πολλαπλάσια (2)P μεταξύ τους. Μην λειτουργεί τον άξονα στην μιση κρίσιμη ταχύτητα η στη κρίσιμη ταχύτητα, στη σφαιρόμορμη το κρούσμα προκαλείται από αερίους της τιμής. Αν αυτό δεν γίνεται θα προκαλεί τήξη της λάδι και η λειτουργία του άξονα θα είναι κακή και θα προκαλείται κρούσμα και κεντρομόλος του άξονα από τις μέγιστες και ελάχιστες στην σφαιρόμορμη της λειτουργίας όταν αυτή λειτουργία είναι στην κρίσιμη ταχύτητα

Αιτία νωμαλίας	Συχνότητα και διεύθυνση	Χαρακτηριστικά	Θεραπεία
<p>επιπτώση 25. Μετακίνηση φόρτισης λόγω λάθους αριθμού ηλεκτρικών, μηχανικών, αεροδυναμικών ή άλλων φορτίων</p>		 <p>Αυτή η γενική ομάδα διαταραχών εμφανίζεται με πολλές μορφές. Το κυριότερο του Σχήματος είναι ροή αέρα η οποία διεγείρει μια μηχανική φυσική συχνότητα του ρότορα ενός ανεμιστήρα. Καθώς ένα πτερόγιο κινείται δίπλα από ένα βραχίονα στήριξης, δίδεται μια δόση από τον αέρα που ανατορσίζεται από τον βραχίονα. Όταν η ιδιοσυχνότητα του πτερογίου ισούται με τον αριθμό των βραχίωνων στήριξης και προσκινά κάθε δευτερόλεπτο το πτερόγιο, θα εμφανιστεί μια πολύ έντονη ταλάντωση.</p>	<p>Μετακινείται τους βραχίονες μακριά από τον ανεμιστήρα. Αλλάζει την ταχύτητα των ανεμιστήρα, τον αριθμό των βραχίωνων ή την ιδιοσυχνότητα των πτερογίων.</p>
<p>επιπτώση 26. Αιτίες επί αξόνα</p>	<p>Συχνότητα δοντίων του κινητήρα.</p>	 <p>Ένα πιεζόν τοποθετημένο επί αξόνα προκαλεί την διεγερση του σε συχνότητα ίση με την συχνότητα δοντίων του κινητήρα (αριθμός εμπλεκόμενων δοντίων ανά δευτερόλεπτο). Αυτή η διεγερση μπορεί να συντονιστεί τον αξόνα ή αποκοδίστηκε από τις ιδιοσυχνότητες του. Μερικοί ρότορες ηλεκτροκινητήρων είναι αρραβωμένοι με στεφανιαία κεντρικά ανεμιστήρα, βιδωμένο πάνω τους. Αυτά τα ζευγη πτερογίων λειτουργούν σαν διακεκοπές έχοντας συγκεντρωμένες ιδιοσυχνότητες. Όταν η συχνότητα του πιεζόν συσχετιστεί με μία από αυτές τις ιδιοσυχνότητες, για παράδειγμα την πρώτη, τότε ο ανεμιστήρας θα απορρίψει λόγω κόπωσης.</p>	<p>Αλλάζει την συχνότητα του κινητήρα ή την ιδιοσυχνότητα των πτερογίων του ανεμιστήρα.</p>

λέγεται η βλάβη ενός στοιχείου που το καθιστά ανίκανο να εκτελεί την εργασία για την οποία προορίζεται.

Οι αστοχίες που μπορούν να συμβούν στις μηχανές είναι πάρα πολλές και θα τις αναπτύξουμε εν συντομία. Χωρίζονται σε *μηχανικές, χημικές και συνδυασμένες* αστοχίες.

Οι μηχανικές αστοχίες είναι αστοχίες *αυτοχής, κόπωσης, θραύσης, ευστάθειας και φθοράς*. Οι χημικές αστοχίες είναι αστοχίες *οξειδωσης, διάβρωσης, κ.λ.π.* Συνδυασμένες αστοχίες είναι αυτές που οφείλονται σε πολλαπλά αίτια.

1.3.5 Μερικά αίτια και θεραπείες για ταλαντώσεις σε περιστροφικές μηχανές

Σ' αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται σε πινακοποιημένη μορφή μερικά από τα πολλά φαινόμενα που προκαλούν διαταραχές σε περιστροφικές μηχανές.

Ο πίνακας είναι τετράστηλος με την πρώτη στήλη να παρουσιάζει ένα τίτλο για το εν λόγω φαινόμενο, την δεύτερη στήλη να δίνει την συχνότητα και διεύθυνση της ταλάντωσης που προκαλεί το φαινόμενο, την τρίτη στήλη να απεικονίζει μια σύντομη περιγραφή του φαινομένου και των παραμέτρων του και τέλος την τέταρτη στήλη να παραθέτει πιθανές θεραπείες και λύσεις στο πρόβλημα, έτσι όπως αυτές έχουν προκύψει από την εμπειρία.

Κανένα από τα παρακάτω φαινόμενα δεν περιγράφεται αναλυτικά. Όμως αρκετές πληροφορίες παρατίθενται ούτως ώστε όταν κανείς συναντήσει τα φαινόμενα αυτά στην πράξη, να είναι εύκολο να τα αναγνωρίσει.

Κατά την εφαρμογή των παρακάτω θα πρέπει κανείς να ακολουθήσει την γνωστή διαδικασία που ακολουθείται κατά τον έλεγχο ταλαντώσεων μιας μηχανής ή διάταξης.

1.4 ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ

Οι παραδοσιακές μέθοδοι συντήρησης των μηχανών είναι δύο, εκ των οποίων η πρώτη συνίσταται στη συνεχή λειτουργία της μηχανής μέχρις ότου να σταματήσει λόγω βλάβης, ενώ η δεύτερη στην περιοδική συντήρηση της μηχανής.

Σε αντιπαράθεση με αυτές τις δύο παραδοσιακές, όπως χαρακτηρίζονται, μεθόδους συντήρησης υπάρχει η μοντέρνα μέθοδος προληπτικού ελέγχου / διάγνωσης βλαβών μηχανών.

Κατά την μέθοδο αυτή, κάθε μηχανή παρακολουθείται ξεχωριστά, όπως κάθε άνθρωπος από τον γιατρό του. Μετρήσεις επί της μηχανής κατά τακτά χρονικά διαστήματα, μας επιτρέπουν την πλήρη παρακολούθηση της λειτουργικής καταστάσεως αυτής.

Η στάθμη δονήσεων / κραδασμών της μηχανής, είναι ο μόνος γνώμων της αληθούς καταστάσεως αυτής. Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιούμε αυτό τον γνώμονα, δηλαδή, μέτρηση / παρακολούθηση / ανάλυση της στάθμης δονήσεων της μηχανής, που μας οδηγεί στην πρόγνωση του σωστού χρόνου που πρέπει να κάνουμε συντήρηση της μηχανής, όταν πια καθίσταται αναγκαία.

Η μέθοδος αυτή συμφωνεί και με την απλή λογική του κάθε μηχανικού, ότι δεν είναι φρόνιμο να λύνουμε μια μηχανή χωρίς να έχουμε διαπιστώσει βλάβη.

Έτσι κάνοντας μετρήσεις, κατά τακτά διαστήματα, μπορούμε να προβλέψουμε πότε αρχίζει μια βλάβη και να αποφασίσουμε από την εξέλιξή της, πότε πρέπει να λύσουμε την μηχανή για συντήρηση.

Αυτό ονομάζεται επίσης “παρακολούθηση εξελίξεως” και επιτρέπει στον μηχανικό να προγραμματίσει την συντήρηση της μηχανής εκ των προτέρων.

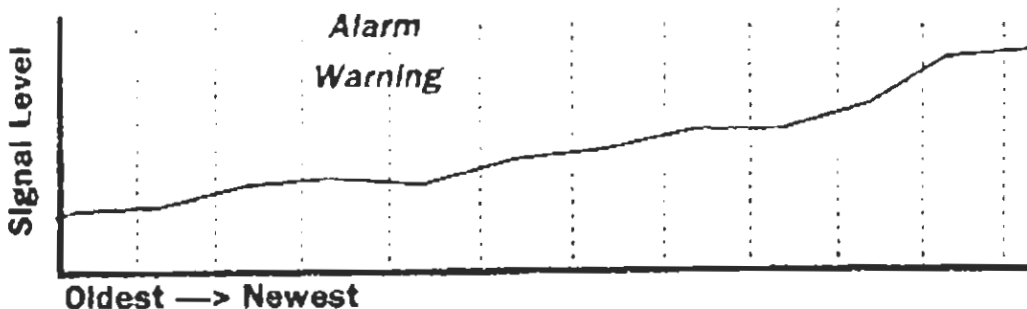
Το σχήμα 1.59 δείχνει την αρχή της μεθόδου αυτής. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ο ηλεκτροκίνητος ανεμιστήρας του σχήματος 1.60, ο οποίος στηρίζεται σε δύο ρουλεμάν (με 12 μπίλιες το καθένα) και λαμβάνει κίνηση από ένα ηλεκτροκινητήρα ταχύτητας 1800 σαλ.

Το σχήμα 1.61 απεικονίζει την ιστορία του εύρους ταλάντωσης του δεξιού ρουλεμάν του ανεμιστήρα, από τις 2/2/90 έως τις 22-7-99, καθώς επίσης και το κατώφλι ασφαλείας (0.745 ίντσες / δευτερόλεπτο), το οποίο όταν ξεπεραστεί θα πρέπει η μηχανή να σταματήσει, να λυθεί και να συντηρηθεί (πάνω διάγραμμα).

Στο ίδιο σχήμα (κάτω διάγραμμα) παρουσιάζεται και ένα διάγραμμα προερχόμενο από ανάλυση φάσματος της μηχανής, το οποίο ελήφθη στις 22/7/92 και το οποίο δείχνει ότι υπάρχει μια μεγάλη κορυφή στην συχνότητα περιστροφής (1800 σαλ) του ηλεκτροκινητήρα, πράγμα που αποτελεί ένδειξη αζυγοσταθμίας.

Αρα λοιπόν την επόμενη φορά που θα σταματήσει η λειτουργία του ανεμιστήρα, θα πρέπει να καθαριστούν τα περύγια του και εν ανάγκη να ζυγοσταθμιστεί.

Η μοντέρνα μέθοδος του προληπτικού ελέγχου / διάγνωσης βλαβών έχει τεράστια οικονομικά οφέλη και χρησιμοποιείται επιτυχώς από την βιομηχανία ανά τον κόσμο, από το 1970.

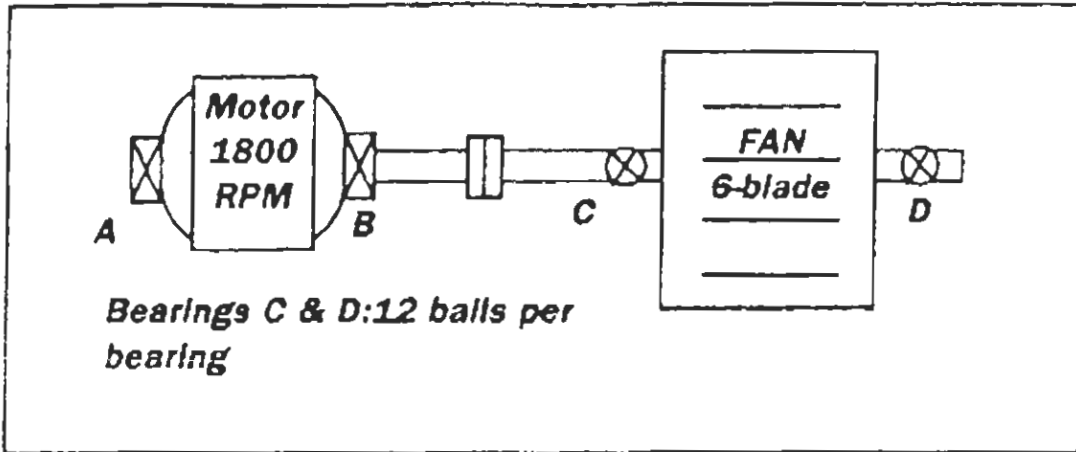


Σχήμα 1.59 Διαγραμματική παρουσίαση της ιστορίας του σήματος (π.χ. μέγιστο εύρος ταλάντωσης) που λαμβάνεται από μια μηχανή.

Η χημική βιομηχανία και η βιομηχανία κατεργασίας προϊόντων πετρελαίου, άρχισαν από τις πρώτες. Η μέθοδος εξαπλώθηκε ταχύτατα σε όλους τους τύπους βιομηχανιών που χρησιμοποιούν περιστρεφόμενες μηχανές.

Περιπτώσεις καταπληκτικών αποτελεσμάτων υπάρχουν πολλές. Μερικά τυπικά παραδείγματα :

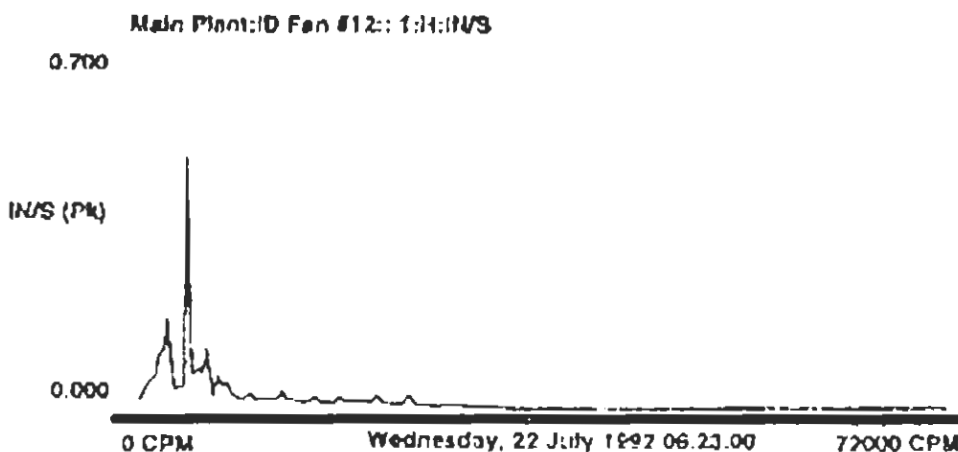
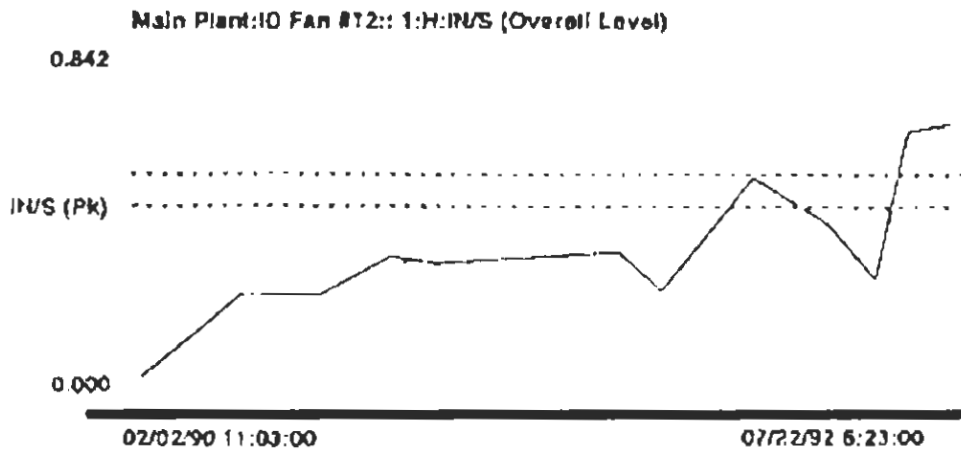
1. Μια χημική βιομηχανία εφαρμόζοντας την νέα μέθοδο, ελάττωσε τον αριθμό σταματήματος μηχανών για συντήρηση από 247 σε μόνο 14 ανά έτος (και τα 14 σταματήματα, είχαν προγραμματιστεί από τις μετρήσεις εξέλιξης των δονήσεων).
2. Μια βιομηχανία αποστάξεως πετρελαίου, ελάττωσε την δαπάνη συντηρήσεως μόνο των ηλεκτροκινητήρων της κατά 75%, εφαρμόζοντας τη νέα αυτή μέθοδο.
3. Μια χαρτοβιομηχανία, κατά τον πρώτο χρόνο εφαρμογής της μεθόδου, είχε οικονομία 250000\$, ενώ είχε ξοδέψει λιγότερα από 250000\$ για την αγορά του εξοπλισμού οργάνων για την εφαρμογή της μεθόδου.
4. Τέλος στον Πίνακα 1.10 παρουσιάζεται η οικονομία, σε περίοδο τριών ετών, που πέτυχε η εταιρία GLITZY & WIDGET, χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη διάταξη προληπτικού ελέγχου / διάγνωσης βλαβών IQ2000 της εταιρίας IRD Mechanalysis.



Σχήμα 1.60 Ηλεκτροκίνητος βιομηχανικός ανεμιστήρας.

Για να πεισθεί κανείς για τα πλεονεκτήματα της μεθόδου “προληπτικός έλεγχος / διάγνωση βλαβών”, αρκεί να μελετήσει τον Πίνακα 1.11, καθώς μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε εργοστάσιο.

Το αριστερό σκέλος δείχνει την μικρή δαπάνη που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου και το δεξιό, τα μεγάλα οικονομικά οφέλη. Πρέπει να σημειωθεί ότι για να έχει κανείς επιτυχία κατά την εφαρμογή της μεθόδου, δεν



είναι απαραίτητο να αρχίσει με τα πιο δαπανηρά όργανα ανάλυσης που εργάζονται με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Σχήμα 1.61 Διάγραμμα ιστορίας εύρους ταλάντωσης και ανάλυση φάσματος ρουλεμάν ηλεκτροκίνητου βιομηχανικού ανεμιστήρα.

Σε πολλές περιπτώσεις μηχανών, η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί με πολύ οικονομικούς μετρητές δονήσεων και αναλυτές.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου, η εμπειρία είναι αυτή που θα οδηγήσει στην επιλογή ταχύτερων αλλά δαπανηρότερων οργάνων μέτρησης, προκειμένου να αυξηθούν τα οικονομικά οφέλη.

Τα όργανα που απαιτούνται για την μέθοδο προληπτικού ελέγχου / διάγνωσης βλαβών μηχανών, διαιρούνται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την ακρίβεια προσδιορισμού του χρόνου που θα εκδηλωθεί η βλάβη.

1η κατηγορία. Το πιο απλό όργανο για μετρήσεις της κατηγορίας αυτής είναι το δονησιόμετρο τύπου 2513 (βλέπε σχήμα 1.62), της BRUEL & KJAER, το οποίο μετρά την στάθμη δονήσεων / κραδασμών σε συνάρτηση με τον χρόνο, για μια ευρεία περιοχή συχνοτήτων.

Το όργανο αυτό, αν και παρέχει πολύ περισσότερες δυνατότητες, μπορεί να συγκριθεί με τον ηλεκτροκαρδιογράφο του γιατρού.

Πίνακας 1.10 *Οικονομίες σε περίοδο τριών ετών, λόγω εφαρμογής της μεθόδου “προληπτικός έλεγχος / διάγνωση βλαβών” στην εταιρία GLITZY & WIDGET.*

Year	Benefit	Cost	Benefit/Cost Ratio	Net Savings
1	\$210K	\$111K	1.9	\$99K
2	\$231K	\$117K	2.0	\$114K
3	\$261K	\$122K	2.1	\$139K
Total Savings				\$352K

Οι μετρήσεις που γίνονται με το όργανο αυτό σε μια μηχανή, αποκτούν νόημα δια σύγκρισεως με τυπικές στάθμες δονήσεων που αναφέρονται σε νομογραφήματα (βλέπε σχήμα 1.63) ή σε πίνακες όπως ο Πίνακας 1.12.

Με το όργανο αυτό και με περιοδικές εύκολες μετρήσεις, μπορεί κανείς να παρακολουθεί πως εξελίσσεται η λειτουργικότητα μιας μηχανής και οι φθορές αυτής.

2η Κατηγορία. Σε ένα εργοστάσιο που υπάρχουν πολλές μηχανές και έχει σημασία η ταχύτητα και η ακρίβεια ανίχνευσης / πρόγνωσης βλαβών και καθορισμός του άριστου χρόνου συντήρησης της κάθε μηχανής, η BRUEL & KJAER έχει τα κατάλληλα όργανα γρήγορης και ακριβούς αναλύσεως κατά συχνότητα, που βασίζονται στην ανάλυση της υπογραφής δονήσεων της κάθε μηχανής, όπως ο φορητός τύπος 2031 (βλέπε σχήμα 1.64).

Για ένα μεγάλο σχετικά εργοστάσιο ή για περισσότερα εργοστάσια της αυτής εταιρίας, η εφαρμογή της μεθόδου με όργανα της κατηγορίας αυτής αποτελεί την πιο οικονομική λύση.

Πίνακας 1.11

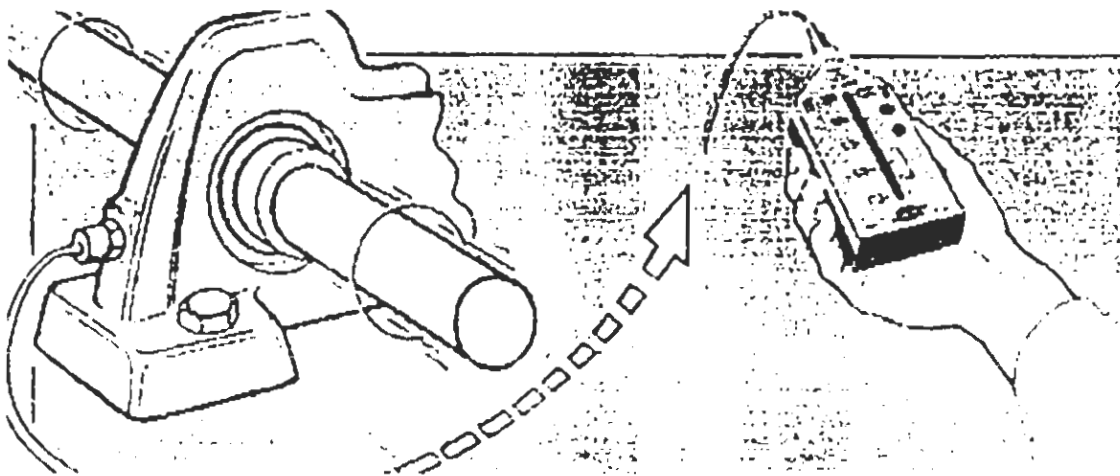
Οικονομικά οφέλη κατά την εφαρμογή της μεθόδου “προληπτικός έλεγχος / διάγνωση βλαβών”

Κόστος εφαρμογής της μεθόδου	Οικονομικά οφέλη κατά την εφαρμογή της μεθόδου
<ul style="list-style-type: none"> • εργασίες επιλογής των μηχανών για το πρόγραμμα, καθορισμός των σημείων μέτρησης και λοιπές προεργασίες • επιλογή και αγορά οργάνων • εκπαίδευση τεχνικού για λήψη μετρήσεων • εκπαίδευση μηχανικού για την αξιολόγηση των μετρήσεων 	<ul style="list-style-type: none"> • ελάττωση αριθμού στάσεων μηχανών για επισκευή (αύξηση παραγωγικότητας και ελάττωση κόστους συντήρησης και ανταλλακτικών) • περιορισμός απρόβλεπτων ζημιών σε μηχανές (αύξηση αξιοπιστίας και παραγωγικότητας) • περιορισμός δευτερογενών ζημιών (π.χ. καταστροφή σε ένα ρουλεμάν δεν θα οδηγήσει σε καταστροφή άλλου μέρους της μηχανής) • περιορισμός ανθρωποωρών επισκευής και στοκ ανταλλακτικών (ελάττωση εξόδων) • προγραμματισμός σταματημάτων μηχανών για επισκευή (αύξηση παραγωγικότητας) • ελάττωση διάρκειας επισκευών

Επί παραδειγματι, σε ένα εργοστάσιο με πολλές μηχανές, ένας τεχνίτης άνευ ειδικών γνώσεων, περιφέρεται

από μηχανή σε μηχανή, κατά προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα - π.χ. κάθε μήνα και καταγράφει στον φορητό αναλυτή την υπογραφή δονήσεων / κραδασμών της κάθε μηχανής.

Εν συνεχεία, σε ένα κεντρικό γραφείο του εργοστασίου, μεταφέρονται οι υπογραφές σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, κασετόφωνο, σχεδιογράφο ή καταγραφικό εύρους ταλάντωσης (βλέπε σχήμα 1.65) και συγκρίνονται με τις προηγούμενες υπογραφές της κάθε μηχανής, εκτυπώνοντας ταυτόχρονα τα αποτελέσματά, τα οποία δίνουν σε ποια λειτουργική κατάσταση είναι η κάθε μηχανή, αν έχει ανιχνευθεί και εντοπιστεί μια βλάβη, σε πια κατάσταση βρίσκεται και τότε θα δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα για την μηχανή, οπότε να τη σταματήσουμε για συντήρηση και τι ανταλλακτικά θα χρειαστούμε.

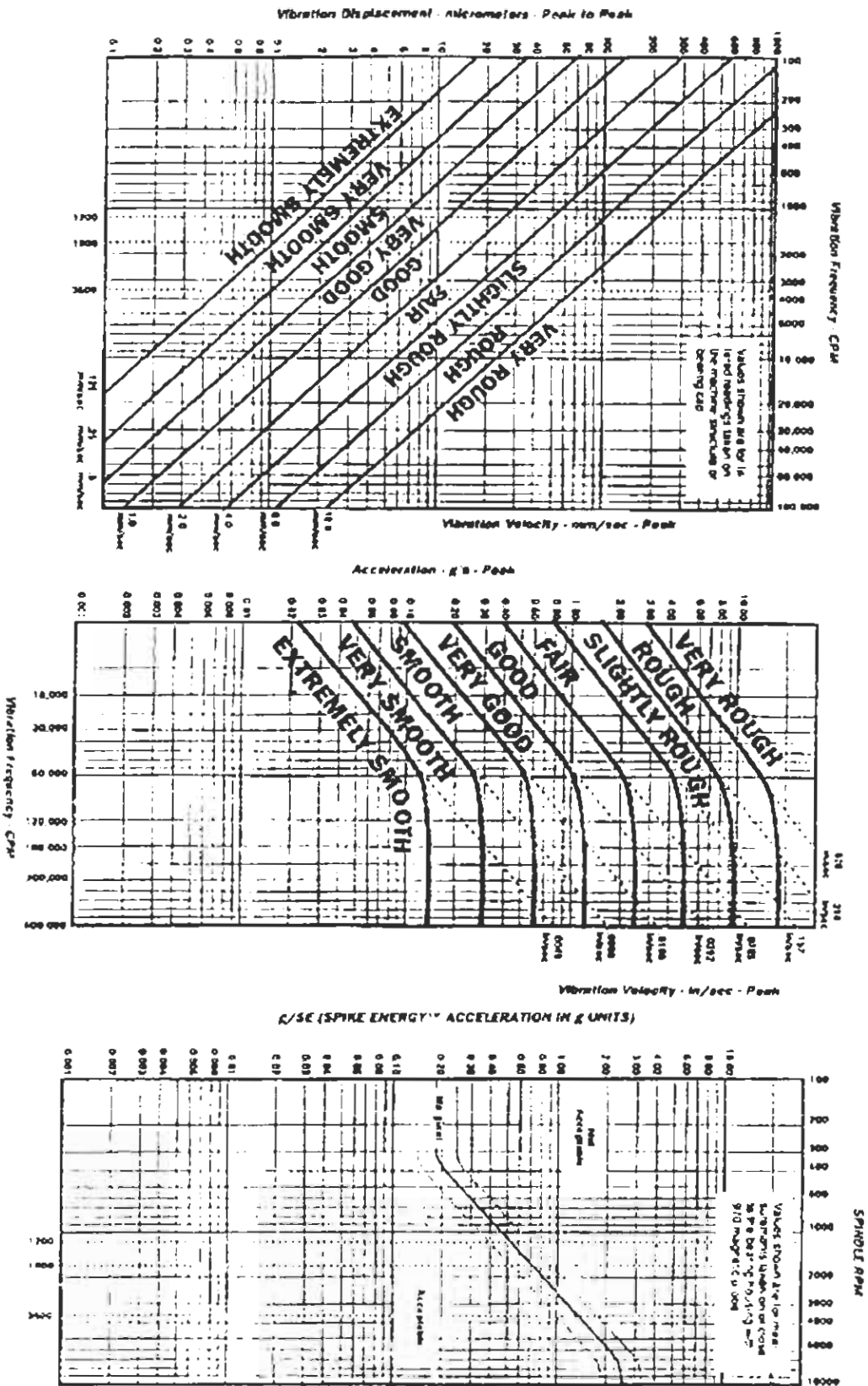


Σχήμα 1.62 Φορητό δονησιόμετρο τύπου 2513 της BRUEL & KJAER.

Για τα πολύ μικρά εργοστάσια που έχουν λίγες και πολύ απλές μηχανές, η χρήση ενός δονησιόμετρο τύπου 2513, μόνο του ή με ένα καταγραφικό, είναι μια πολύ καλή και οικονομική αρχή. Το κόστος ενός δονησιόμετρο 2513, είναι της τάξεως των 930.000 δραχμών.

Επίσης, μεγάλα εργοστάσια μπορούν να εγκαταστήσουν ένα αριθμό αισθητηρίων που καταλήγουν σε μια κεντρική κονσόλα συναγερμού τύπου 2211 (βλέπε σχήμα 1.66) ή να επιλέξουν την ακριβέστερη λύση του κεντρικού φασματικού αναλυτή τύπου 3347 και του επιλογέα καναλιών τύπου 5619 (βλέπε σχήμα 1.67).

Το όργανο αυτό είναι το πλέον οικονομικό, ευέλικτο, με πλήθος εφαρμογών. Το όργανο 2513 παρέχει μετρήσεις δονήσεων / κραδασμών σε μονάδες επιταχύνσεως και ταχύτητας σε τιμές κορυφής (Peak) και ισοδύναμης στάθμης (RMS) ενέργειας δονήσεων (βλέπε σχήμα 1.68), ολοκληρωμένης για 60 δευτερόλεπτα.



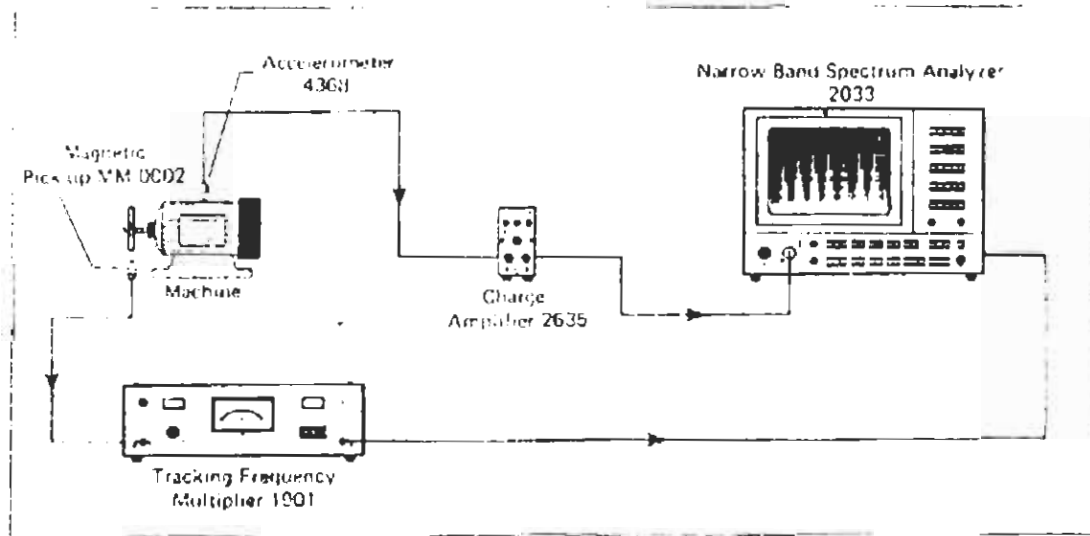
Σχήμα 1.63 Νομογραφήματα οδυνηρότητας δονήσεων, βασισμένα στο εύρος, την επιτάχυνση και την ενέργεια ταλάντωσης, αντίστοιχα.

Πίνακας 1.12 Προτεινόμενα κατώφλια συναγερμού για διάφορους τύπους μηχανών.

MACHINE TYPE	GOOD	FAIR	ALARM
COOLING TOWER DRIVES	0 - 9.5	9.5 - 15	15
COMPRESSORS			
Reciprocating	0 - 8	8 - 13	13
Rotary Screw	0 - 7	7 - 11	11
Centrifugal with or without External Gearbox	0 - 5	5 - 7.5	7.5
Centrifugal - Integral Gear (Axial Meas.)	0 - 5	5 - 7.5	7.5
Centrifugal - Integral Gear (Radial Meas.)	0 - 4	4 - 6.5	6.5
BLOWERS FANS			
Lobe - Type Rotary	0 - 7.5	7.5 - 11.5	11.5
Belt - Driven Blower	0 - 7	7 - 11	11
General Direct Drive Fans	0 - 6.5	6.5 - 9.5	9.5
Primary Air Fans	0 - 6.5	6.5 - 9.5	9.5
Large Forced Draft Fans	0 - 5	5 - 7.5	7.5
Large Induced Draft Fans	0 - 4.5	4.5 - 7	7
Shaft - Mounted Integral Fan	0 - 4.5	4.5 - 7	7
MOTOR/GENERATOR SETS			
Bell - Driven	0 - 7	7 - 11	11
Direct Coupled	0 - 5	5 - 7.5	7.5
CHILLERS			
Reciprocating	0 - 6.5	6.5 - 10	10
Centrifugal (Open - Air)			
Centrifugal (Hermetic)			
LARGE TURBINE/GENERATORS			
3600 RPM Turbine/Generators	0 - 6.5	6.5 - 9.5	9.5
1800 RPM Turbine/Generators	0 - 4.5	4.5 - 7	7
CENTRIFUGAL PUMPS			
Vertical Pumps (12' - 20')	0 - 9.5	9.5 - 15	15
Vertical Pumps (8' - 12' Height)	0 - 8	8 - 13	13
Vertical Pumps (5' - 8' Height)	0 - 6.5	6.5 - 10	10
Vertical Pumps (0' - 5' Height)	0 - 5	5 - 7.5	7.5
General Purpose Horizontal	0 - 5	5 - 7.5	7.5
Boiler Feed Pumps	0 - 5	5 - 7.5	7.5
Hydraulic Pumps	0 - 3	3 - 5	5

Οι μετρήσεις γίνονται στην περιοχή συχνοτήτων 10-1000 Hz ή 10-10000 Hz. Το όργανο κάνει ταυτόχρονα μετρήσεις κορυφής και ισοδύναμης στάθμης και τις απομνημονεύει.

Το αισθητήριο του οργάνου είναι ένα επιταχυνσιόμετρο, όπως αυτά του σχήματος 1.69. Η επιλογή του καταλληλότερου τρόπου τοποθέτησης και του καταλληλότερου επιταχυνσιόμετρου, ανάλογα με την εφαρμογή, γίνεται με την βοήθεια του σχήματος 1.70 και του νομογραφήματος του σχήματος 1.71.



Σχήμα 1.64 Φορητός αναλυτής τύπου 2031 της BRUEL & KJAER

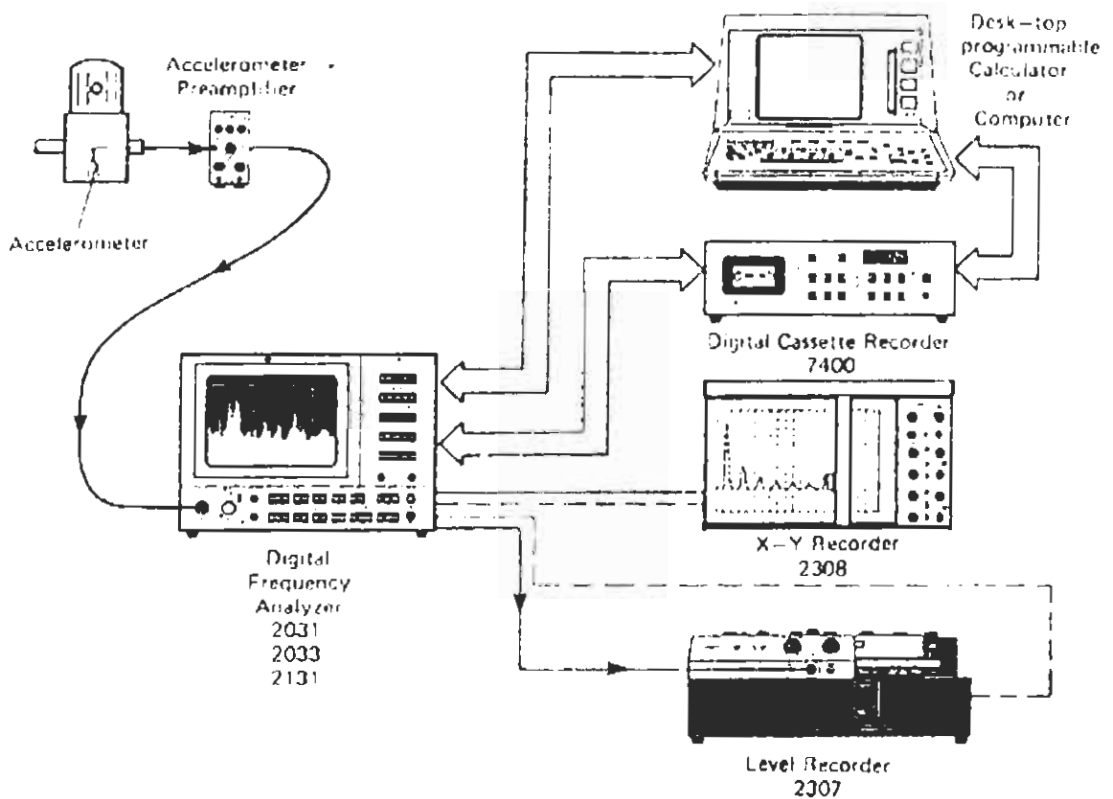
Μερικές εφαρμογές του καταπληκτικού αυτού οργάνου είναι οι εξής :

1. Ανίχνευση / εντόπιση διαρροών υπογείων σωλήνων διανομής νερού, καυσίμων ή αερίων. Το επιταχυνσιόμετρο του οργάνου τοποθετείται στο άκρο ενός ραβδιού και το ακουμπάμε στο έδαφος, όπου υποπτευόμαστε διαρροές σωλήνων.

Με ακουσικά στην έξοδο του οργάνου που τοποθετούμε στα αυτιά μας, προσπαθούμε να ακούσουμε τον ασθενή συριγμό (200-1000Hz), που κάνει το υγρό ή αέριο καθώς

φεύγει από τον υπόγειο σωλήνα και διαδίδεται μέσω του εδάφους.

2. Μέτρηση δονήσεων / κραδασμών που επάγονται στα χέρια του εργαζομένου. Σύμφωνα με τον νόμο Νο. 1568/1985, που ισχύει για τα Ελληνικά εργοστάσια από της 1ης Ιανουαρίου 1986 “περί υγείας των εργαζομένων” μια μέτρηση που πρέπει να γίνεται, είναι των δονήσεων / κραδασμών, που επάγονται στα χέρια του εργαζομένου, όταν χρησιμοποιεί ηλεκτρικά εργαλεία ή πεπιεσμένου αέρος, π.χ. τρυπάνια, τροχιστικά, κ.λ.π. ή όταν η μηχανή στην οποία εργάζεται στα χέρια του δονήσεις.



Σχήμα 1.65 Καταγραφή και περαιτέρω επεξεργασία της φασματικής υπογραφής μιας μηχανής.

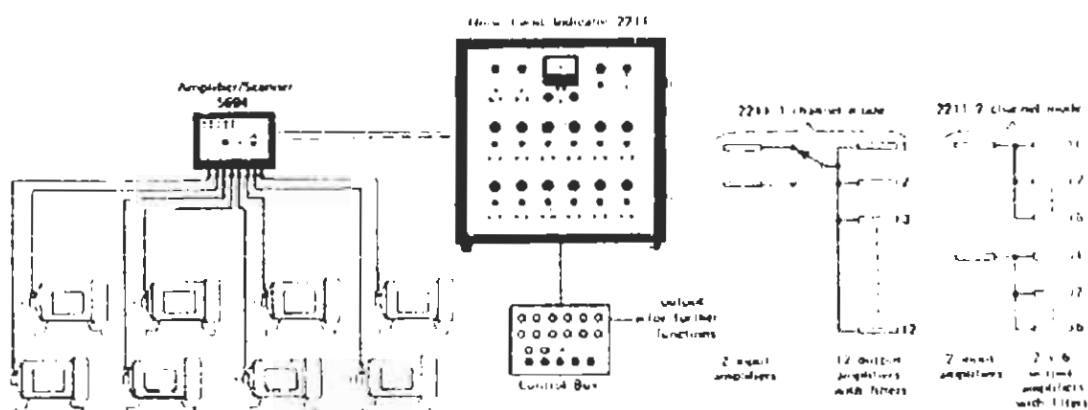
Το όργανο 2513 είναι ίσως το μοναδικό στο κόσμο, που μπορεί να κάνει τις μετρήσεις αυτές στα χέρια των

εργαζομένων και πληροί τους κανονισμούς ISO/DP 5349. Δονήσεις / κραδασμοί υψηλής στάθμης στα χέρια, μπορεί να δημιουργήσουν σε μερικούς μήνες ή χρόνια την ασθένεια του REYNOLDS, που μπορεί να οδηγήσει σε πόνους, μουδιάσματα, ακαμψία των δακτύλων, γάγγραινα και ακρήστευση των χεριών.

3. Μέτρηση στάθμης δονήσεων / κραδασμών για προληπτική διάγνωση βλαβών μηχανών. Για το σκοπό αυτό, το όργανο 2513 χρησιμοποιείται όπως το ακουστικό ή ο ηλεκτροκαρδιογράφος από τον γιατρό.

Το επιταχυνσιόμετρο του οργάνου τοποθετείται πάντοτε στο ίδιο σημείο (π.χ. στις βάσεις των εδράνων) της κάθε υπό παρακολούθηση μηχανής και μετράται η στάθμη δονήσεων / κραδασμών στο σημείο αυτό (βλέπε σχήμα 1.72).

Η μέτρηση καταγράφεται σε ένα φύλλο παρακολούθησης της κάθε μηχανής, όπως στο σχήμα 1.73.



Σχήμα 1.66 Πολυκάναλη διάταξη παρακολούθησης οδονηρότητας ταλαντώσεων τύπου 2211 της BRUEL & KJAER

Υπάρχουν διεθνείς πίνακες (βλέπε Πίνακα 1.12) και πρακτικοί κανόνες που ανάλογα με τον τύπο και την υποδύναμη της μηχανής, μας λένε πόσο επιτρέπεται να ανέβει η στάθμη δονήσεων σε μια μηχανή (βλέπε σχήμα

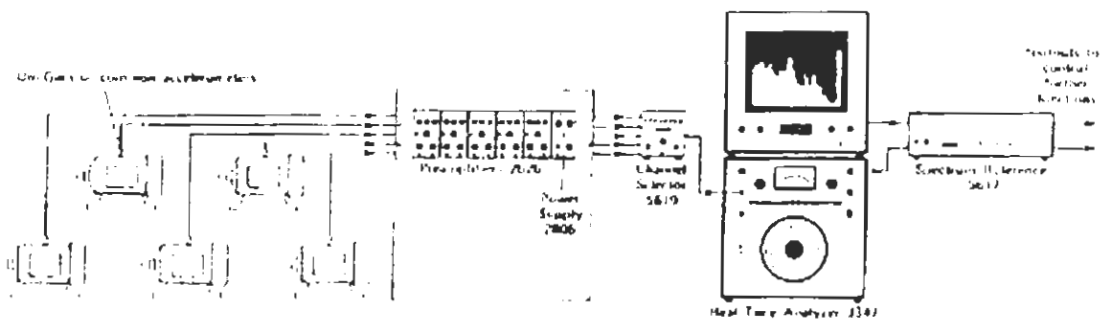
1.63), λόγω φθοράς ή βλάβης, για να αναγκασθούμε να προγραμματίσουμε διακοπή της μηχανής για συντήρηση.

Συνήθως αν η στάθμη δονήσεως ανέβει κατά δέκα φορές από την αρχική στάθμη (όταν δηλαδή η μηχανή είναι σε πολύ καλή κατάσταση), πρέπει να την σταματήσουμε για συντήρηση. Η απλή αυτή γρήγορη μέθοδος που εκτελείται με το οικονομικό όργανο 2513, βέβαια δεν μπορεί να μας δώσει με ακρίβεια τον χρόνο που πρέπει να σταματήσουμε την μηχανή, ούτε και να μας προβλέψει ποια είναι η βλάβη και ποιο είναι το εξάρτημα που πρέπει να αντικαταστήσουμε και πότε.

Για να πετύχουμε αυτά πρέπει να χρησιμοποιήσουμε όργανα που κάνουν ανάλυση κατά συχνότητα με ανάλυση της υπογραφής δονήσεων της μηχανής, όπως θα δούμε αργότερα.

4. Προληπτικός έλεγχος / διάγνωση βλαβών ρουλεμάν. Τα πιο κοινά εξαρτήματα σε περιστρεφόμενες μηχανές, είναι τα ρουλεμάν που υφίστανται φθορές και χρειάζονται αντικατάσταση.

Στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι πολύ σημαντικό να μπορούμε να προβλέψουμε πότε πρέπει να αντικαταστήσουμε τα ρουλεμάν, διότι αν δεν τα αντικαταστήσουμε εγκαίρως, μπορούν να δημιουργήσουν δαπανηρές ζημιές σε ορισμένες μηχανές.



Σχήμα 1.67 Πολυκάναλη διάταξη παρακολούθησης φασματικών υπογραφών τύπου 3347 της BRUEL & KJAER

Το όργανο 2513 μόνο του, είναι το πιο ιδανικό για να μας προβλέψει τον χρόνο που πρέπει να αντικαταστήσουμε το κάθε ρουλεμάν.

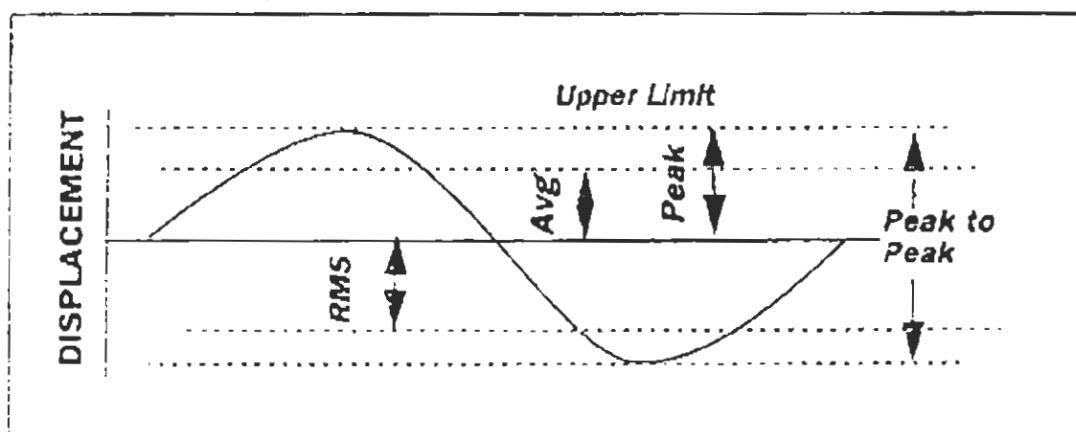
Στην πράξη κατά τακτά χρονικά διαστήματα, τοποθετούμε το επιταχυνσιόμετρο του οργάνου στο ίδιο πάντα σημείο, κοντά στο ρουλεμάν (βλέπε σχήμα 1.72).

Με το όργανο μετράμε ταυτόχρονα την τιμή κορυφής και ισοδύναμης στάθμης της δόνησης στο σημείο αυτό και καταγράφουμε το λόγο στο φύλλο ελέγχου του κάθε ρουλεμάν, όπως στο σχήμα 1.73. Κατά τις διαδοχικές μας μετρήσεις, αν ο λόγος αυτός άρχισε από χαμηλές τιμές π.χ. 3:1 και ανεβαίνει προς υψηλές, αυτό σημαίνει ότι το ρουλεμάν είναι ακόμα καινούργιο (βλέπε σχήμα 1.74).

Αν αντιθέτως κατά τις διαδοχικές μας μετρήσεις ο λόγος αυτός άρχισε από υψηλές τιμές π.χ. 5-15:1 και αρχίζει να κατεβαίνει, σημαίνει ότι το ρουλεμάν οδεύει προς την καταστροφή του.

Το αξιοσημείωτο είναι ότι όταν φθάσει ο λόγος αυτός την τιμή 3:1, πρέπει οπωσδήποτε να σταματήσουμε την μηχανή και να αλλάξουμε ρουλεμάν, γιατί αλλιώς θα καταστραφεί.

Με την μέθοδο αυτή μπορούμε να προβλέψουμε προ πολλών μηνών την ημερομηνία που πρέπει να αντικαταστήσουμε το ρουλεμάν.



Σχήμα 1.68 Τιμές κορυφής (Peak) και ισοδύναμης στάθμης (RMS) σε διαγραμματική (μετατόπισης-χρόνου) αρμονικής ταλάντωσης.















Εφαρμογή της μεθόδου με όργανα δεύτερης κατηγορίας.

- A)** Τα πλεονεκτήματα της αναλύσεως κατά συχνότητα είναι έγκαιρη ανίχνευση βλαβών, διάγνωση και πρόβλεψη καταστροφής της μηχανής, πρόβλεψη χρόνου αντικατάστασης εξαρτημάτων.

Απλά όργανα όπως το 2513 της πρώτης κατηγορίας, μετρούν την στάθμη μόνο της δόνησης, συναρτήσκει του χρόνου, σε ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων.

Η συνολική αυτή στάθμη οφείλεται κυρίως στα πιο σημαντικά πλάτη των συχνοτήτων του φάσματος της υπογραφής δονήσεων της μηχανής. Αλλά όταν η ίδια στάθμη δονήσεων αναλύεται κατά συχνότητα και το προκύπτον φάσμα καταγράφεται συναρτήσκει συχνότητας (βλέπε σχήμα 1.75), μας δίνεται η ευκαιρία να αναγνωρίσουμε πολλές άλλες συνιστώσες συχνότητας που αν και έχουν μικρά πλάτη, έχουν όμως μεγάλη σημασία για την έγκαιρη εντόπιση της βλάβης.

1. Έγκαιρη πρόγνωση βλάβης. Παρατηρείστε στο σχήμα 1.76, ότι επειδή οι συνιστώσες “B” κυρίως προσδιορίζουν την ολική στάθμη δόνησης, συναρτήσκει του χρόνου, αυξήσεις πλάτους άλλων σημαντικών συνιστωσών, όπως “A”, δεν επηρεάζουν πολύ την ολική στάθμη για να γίνουν αντιληπτές.

Accelerometer Type	Weight (grams)	Charge Sensitivity ($\mu\text{C}/\text{m/s}^2$)	Mounted Resonance Frequency (kHz)	Important Characteristics	Application Areas
4366  A	28	~ 4.5	27	Delta Shear [®] Construction having good all round characteristics and particularly low sensitivity to temperature transients and base strains	General shock and vibration measurements. Vibration testing and control.
4367  A	13	~ 2	32		
4368  A	30	~ 4.5	27		
4369  A	14	~ 2	32		
4371  A	11	$1 \pm 2\%$	35	Delta Shear [®] types as above. Also have Uni-Gain [®] sensitivity for simple system calibration and interchangeability	General vibration measurements. High sensitivity for low level measurements
4370  A	54	$10 \pm 2\%$	18		
4375  A	2 excl. cable	~ 0.3	60	Miniature size, low weight Delta Shear [®] type. High resonance frequency	High level and high freq. vibr. measurements. Ideal for delicate structures, panels etc. and in confined spaces
4374  A	0.7 excl. cable	~ 0.1	75	Subminiature size, low weight shear type. Very high resonant frequency	
8309  A	3 excl. cable	~ 0.004	180	Miniature size. Integral fixing stud. Integral cable.	Shock measurements up to 1 million ms^{-2} . High frequency vibr. measurements
4321  A	55	$1 \pm 2\%$	40	Three Delta Shear [®] Uni-Gain [®] accelerometers combined in one unit	Vibration measurements in three mutually perpendicular directions
8305  "	40	~ 0.12	30	Quartz element for high stability. Laser calibrated to $\pm 0.5\%$ accuracy	Reference standard for comparison calibration of accelerometers
8308  "	500	1000	1 kHz LP filter built in	Very High Uni-Gain [®] sensitivity. Built-in Preamp and LP filter. Requires 28V 2mA DC power supply	Ultra low level (down to 0.000 002 g) and low freq. vibration measurements on large structures
8308  "	100	$1 \pm 2\%$	20	Robust construction. Balanced Uni-Gain [®] output. Max. Temp. 400°C	Permanent vibration monitoring. High temp. vibr. measurements. Aeronautical, industrial and nuclear use. Used with preamp. Type 2634
8310  "	100 excl. cable	$1 \pm 20\%$	20	As Type 8308 but with integral high temp. (800°C) cable	

* Multiply by 0.81 for sensitivity in $\mu\text{C/g}$

A Shear Types

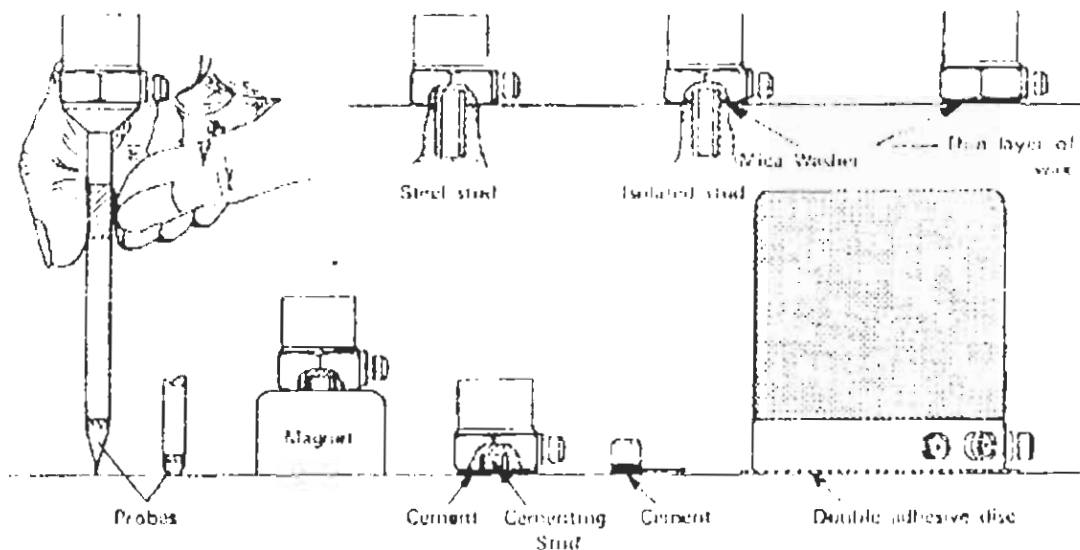
C Compression Types 291117

Σχήμα 1.69 Κύρια χαρακτηριστικά και εφαρμογές διαφόρων επιταχυνσιομέτρων της εταιρίας B & K.

Ο μόνος τρόπος οι συνιστώσες “A” να γίνουν αντιληπτές εγκαίρως, είναι με ανάλυση κατά συχνότητα. Παρατηρείστε επίσης στο Σχήμα 1.76, ότι όσο μεγάλη διακριτότητα έχει ο

αναλυτής μας, τόσο πιο εύκολα μπορούν να διαχωριστούν γραμμές του φάσματος, που σημαίνει ότι τόσο πιο έγκαιρα

μπορούμε να αντιληφθούμε / εντοπίσουμε βλάβες που μόλις αρχίζουν. Από την άλλη πλευρά όμως, όσο αυξάνεται η διακριτότητα του συστήματος αναλύσεως, παίρνει και περισσότερο χρόνο να μελετήσουμε την ανάλυση, εκτός αν χρησιμοποιήσουμε Η/Υ, όπως θα δούμε παρακάτω.

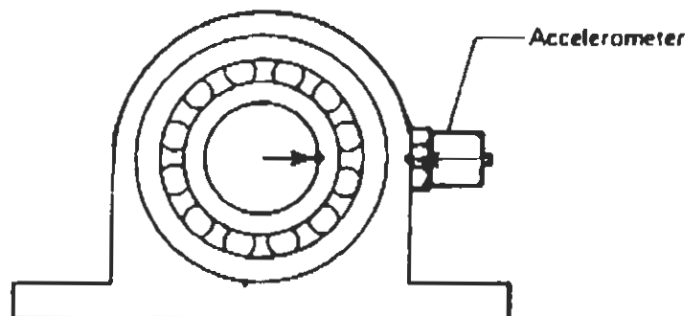


Σχήμα 1.70 Διάφοροι τρόποι τοποθέτησης επιταχυνσιομέτρου επί της μηχανής.

2. Διάγνωση βλάβης και εντόπιση του εξαρτήματος που την προκαλεί. Όχι μόνο τα πλάτη των συνιστωσών συχνότητας στο φάσμα δίνουν έγκαιρα προειδοποίηση βλάβης, αλλά και οι συχνότητες στις οποίες εμφανίζονται μας λένε ποια είναι τα εξαρτήματα που αρχίζουν να χαλούν. Στην απλή διάταξη του σχήματος 1.77 φαίνεται από κάτω η υπογραφή δονήσεων της συναρτήσεως συχνότητας. Παρατηρείστε ότι η κάθε συχνότητα του φάσματος και το πλάτος της, αντιστοιχούν σε ένα αντίστοιχο κινούμενο εξάρτημα της μηχανής.

Ένας μηχανικός, από την πείρα που θα αποκτήσει μελετώντας εις υπογραφές των μηχανών, μαθαίνει πολλά για τα εξαρτήματα που δημιουργούν τις συχνότητες του φάσματος.

Μελέτη του φάσματος ή πινάκων εντοπισμού βλαβών, μπορούν να μας υποδεικνύουν τον τύπο της βλάβης ως κακή ζυγοστάθμιση, κακή ευθυγράμμιση, φθορά ρουλεμάν, καταστροφή γραναζιών, κ.λ.π.



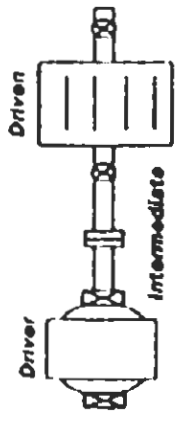
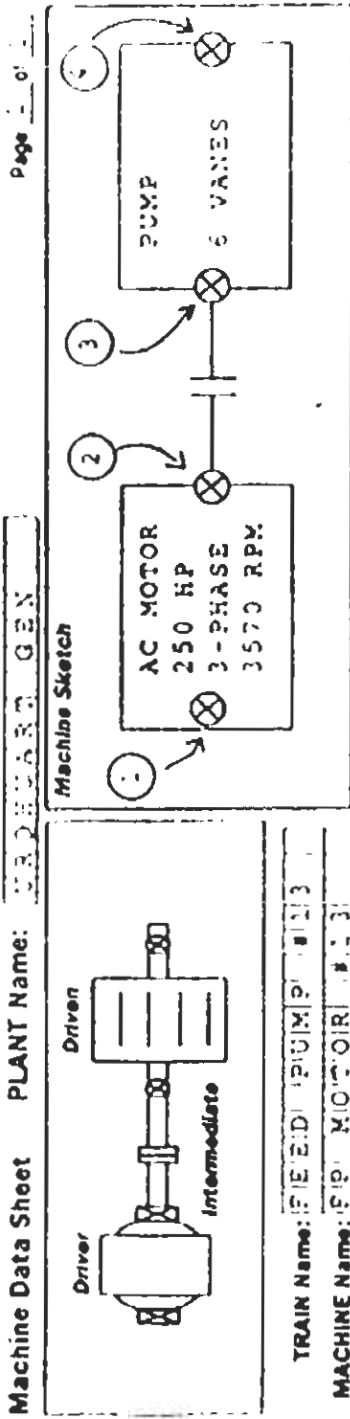
Σχήμα 1.72 Τοποθέτηση επιταχυνσιομέτρου επί βάσεως εδράνου μηχανής.

3. Χρονική πρόβλεψη βλάβης και χρόνου αντικατάστασης καλασμένου εξαρτήματος. Πάνω σε ένα χαρτί καταγράφοντας τις μεταβολές πλάτους, της κάθε συχνότητας του φάσματος που αντιστοιχεί σε κάθε εξάρτημα (βλέπε σχήμα 1.77 κάτω), μπορούμε να παρακολουθήσουμε την εξέλιξη της φθοράς του εξαρτήματος και να προβλέψουμε με την τεχνική **EXTRAPOLATION**, πότε το εξάρτημα θα καταστραφεί και επομένως πότε πρέπει να σταματήσουμε την μηχανή για να το αλλάξουμε, όταν θα το έχουμε ήδη στο εργοστάσιο.

B) Σύστημα οργάνων της δεύτερης κατηγορίας ανεπτυγμένης τεχνολογίας με Η/Υ για μέθοδο με ανάλυση κατά κατηγορία.

Σε πιο μεγάλα εργοστάσια ή εγκαταστάσεις, όπου υπάρχουν πολλές μηχανές ή λίγες, αλλά πολύπλοκες ή δαπανηρές, συνιστάται η εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης

κατά συχνότητα με σύστημα οργάνων της 2ης κατηγορίας, που διαθέτουν ένα αναλυτή πραγματικού χρόνου σπενής ζώνης, όπως είναι ο τύπος 2526 της BRUEL & KJAER και ένα οικονομικό Η/Υ με πρόγραμμα 7107M της BRUEL & KJAER.



TRAIN Name: **FIELD PUMP #123**

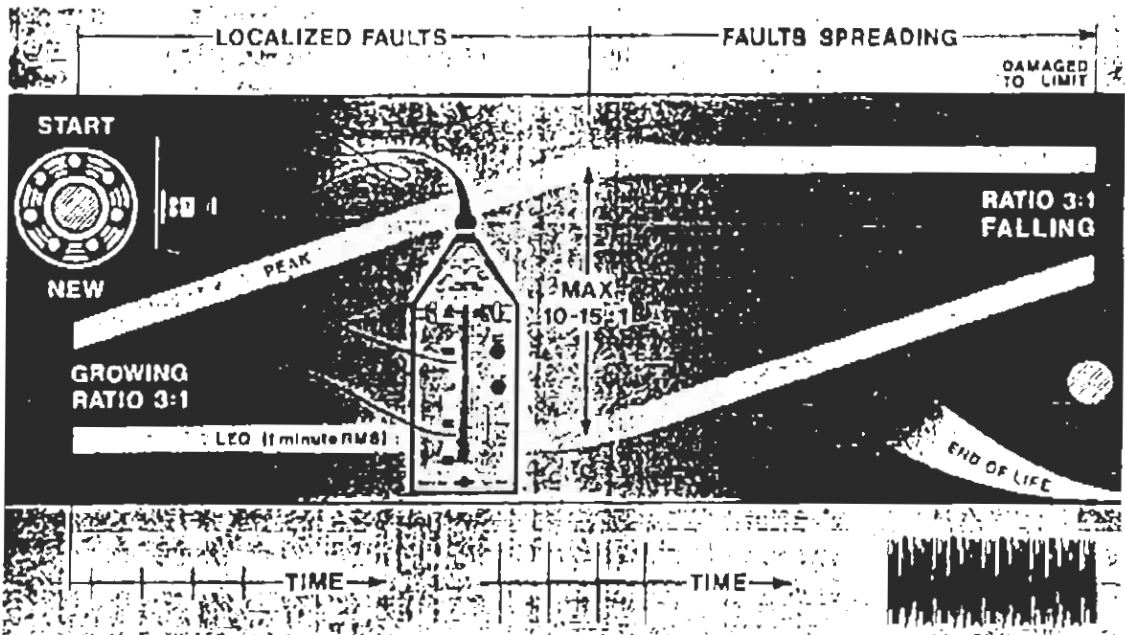
MACHINE Name: **FIELD MOTOR #123**

Description: **250 HP MOTOR**

Position	Direction (H, V, A, O)	Units	Point Identification	Coupling Type	RPM	Number of teeth		Bearings	No of Beams or Series
						Gr 1	Gr 2		
		H	IN/S MITR 10B VIEL	FLXK	3570			BE11	SKF 6205
		H	G/SE MITR 10B ISIP1 KIE						
		V	IN/S MITR 10B VIEL						
		H	IN/S MITR 11B VIEL						SKF 6202
		H	G/SE MITR 11B ISIP1 KIE						
		V	IN/S MITR 11B VIEL	V					

Σχήμα 1.73 Φύλλο παρακολούθησης δονήσεων μηχανής.

Το κόστος δαπάνης του συστήματος αυτού είναι της τάξης των 10 εκατομμυρίων δραχμών. Το κόστος αυτό δεν είναι υψηλό αν σκεφτεί κανείς τα οικονομικά οφέλη εφαρμογής της μεθόδου που μπορεί να ανέρχονται σε πολλά εκατομμύρια δραχμές ανά έτος.

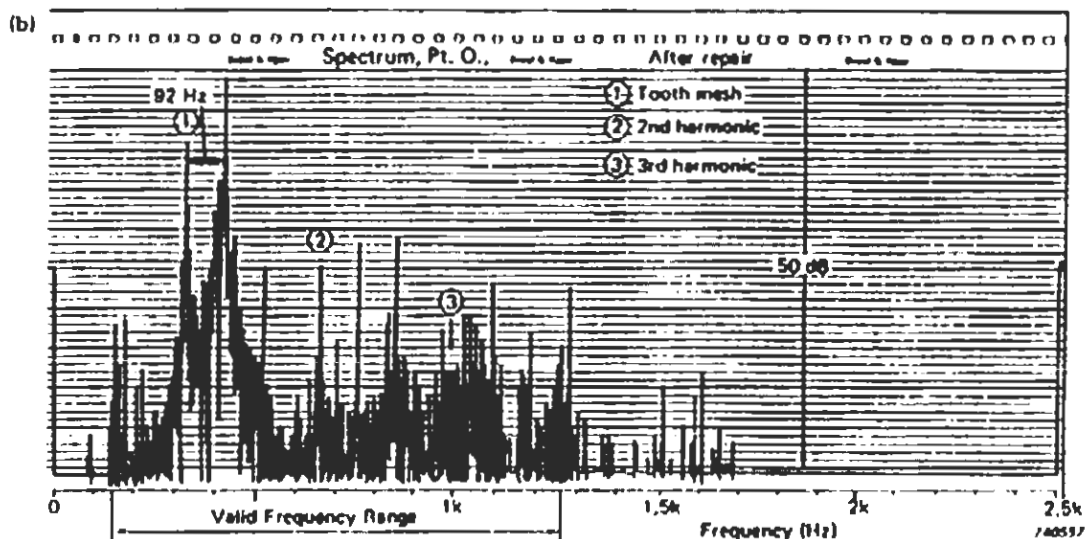
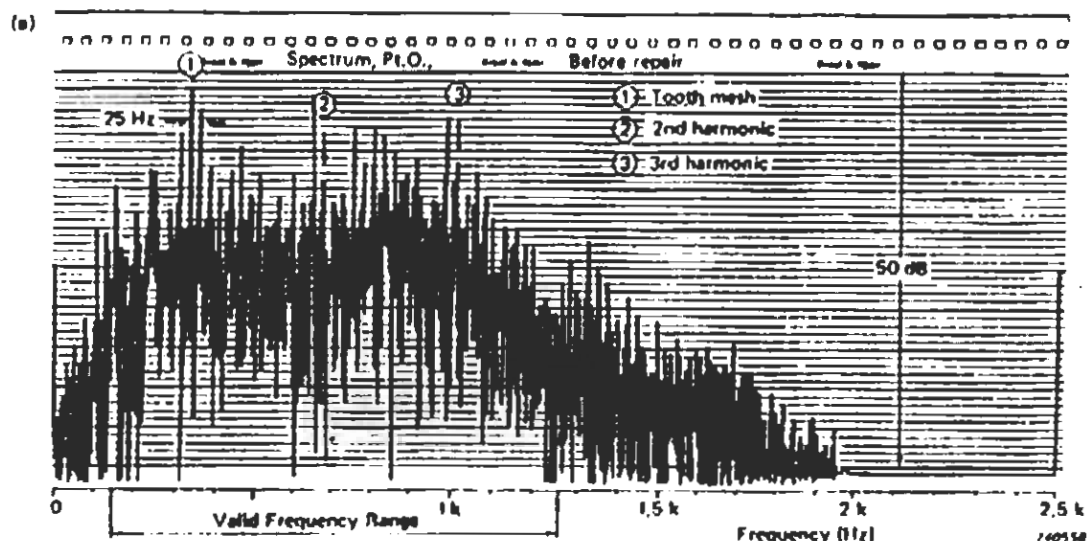


Σχήμα 1.74 Πρόβλεψη διάρκειας ζωής ρουλεμάν και χρόνου αντικατάστασης αυτού.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου, το σύστημα H/Y με πρόγραμμα υπάρχει σε ένα κεντρικό γραφείο του εργοστασίου, όπου γίνονται όλες οι αναλύσεις των υπογραφών δονήσεων / κραδασμών όλων των μηχανών του εργοστασίου ή των εργοστασίων της αυτής εταιρίας που τυχόν υπάρχουν σε άλλες πόλεις.

Ένας υπάλληλος άνευ ειδικών γνώσεων, πηγαίνει από μηχανή σε μηχανή και με τον φορητό αναλυτή 2526 μαζεύει τις υπογραφές δονήσεων της κάθε μηχανής, αφού πρώτα τοποθετήσει το αισθητήριο επιταχυνσιόμετρο στην προκαθορισθείσα θέση στην κάθε μηχανή.

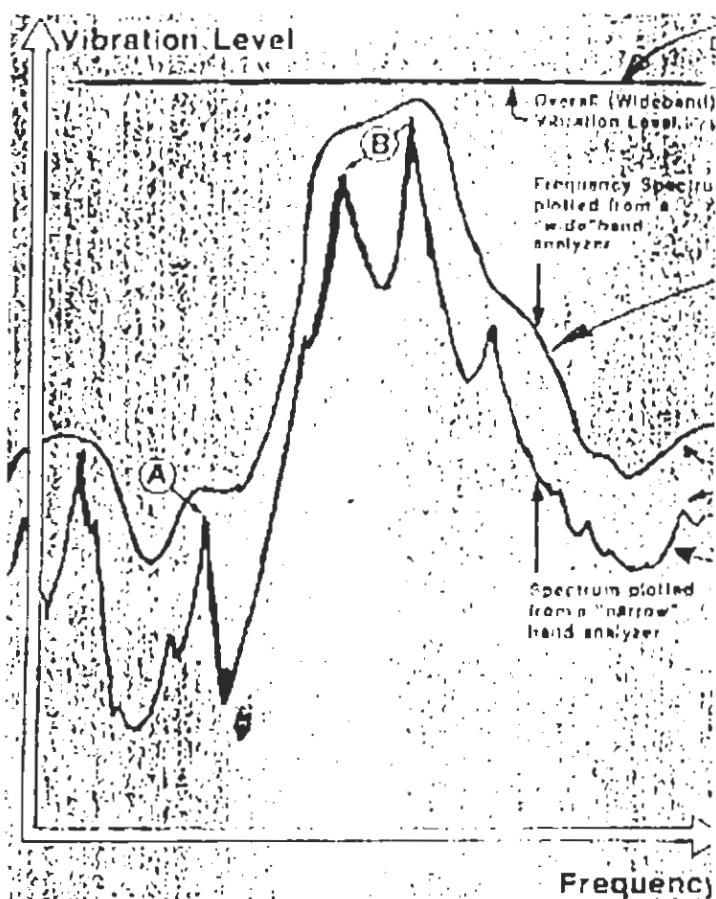
Η κάθε υπογραφή λαμβάνεται σε ελάχιστο χρόνο, της τάξεως του ενός χιλιοστού του λεπτού. Ο αναλυτής μπορεί να αποθηκεύσει ένα πολύ μεγάλο αριθμό υπογραφών από όλες τις μηχανές του εργοστασίου.



Σχήμα 1.75 Φάσμα συχνοτήτων κιβωτίου ταχυτήτων πριν και μετά την επισκευή

Εν συνεχεία οι υπογραφές μεταφέρονται στον Η/Υ. Η συλλεγείσα υπογραφή της κάθε μηχανής, συγκρίνεται με την αρχική υπογραφή αναφοράς της ίδιας μηχανής από τον Η/Υ

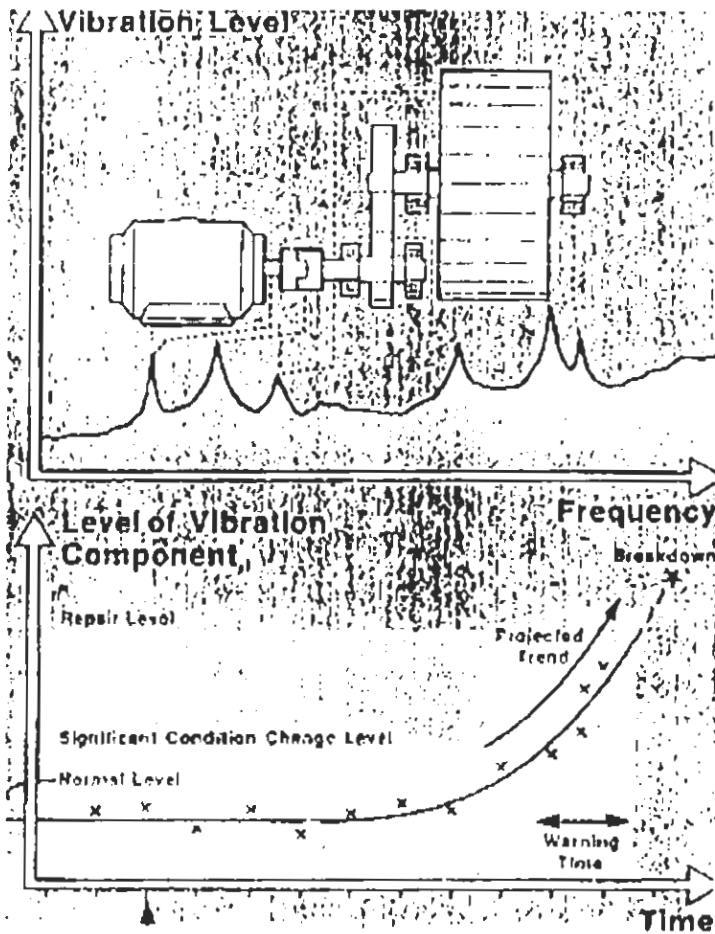
και εφόσον υπάρχουν διαφορές, ο Η/Υ εκτυπώνει πρόβλεψη των εξαρτημάτων που υφίστανται σημαντικές φθορές και τότε πρέπει να αντικατασταθούν.



Σχήμα 1.76 Υπογραφή μηχανής με αναλυτή μεγάλης και μικρής ευκρίνειας.

Ο αναλυτής στενής ζώνης 2526, διαθέτει γραμμική κλίμακα συχνότητας και έτσι δίνει λεπτομερή εικόνα όλων των συνιστωσών συχνοτήτων της υπογραφής και των πλευρικών συχνοτήτων αυτών που είναι βασικά στοιχεία για την διάγνωση-πρόβλεψη βλαβών.

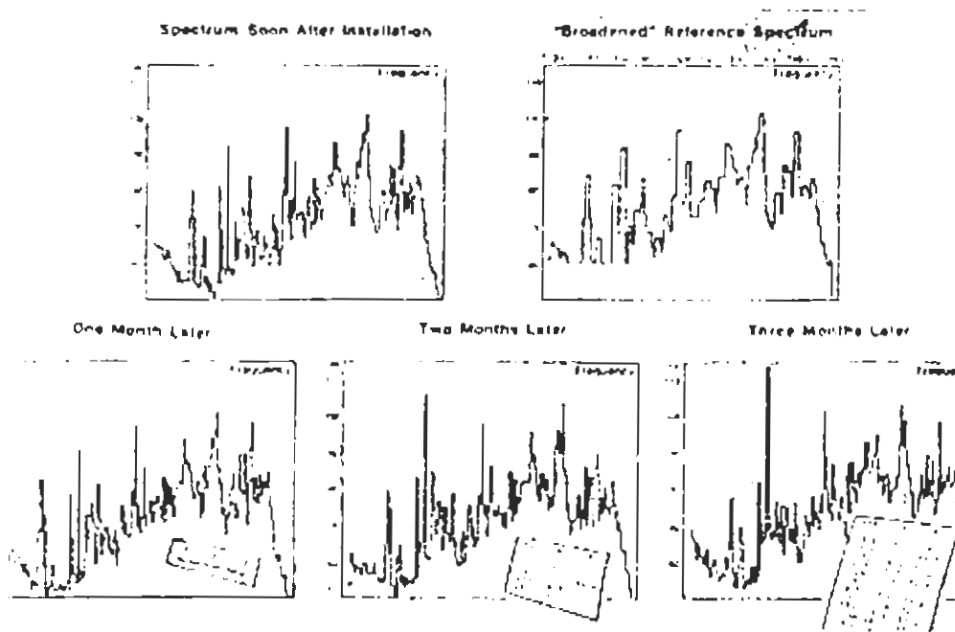
Ο αναλυτής επίσης διαθέτει δυνατότητα μεγέθυνσης και έτσι η κάθε λεπτομέρεια της υπογραφής δονήσεων μπορεί να μεγεθυνθεί.



Σχήμα 1.77 Υπογραφή απλής μηχανής και πρόβλεψη χρόνου σταματήματος για επισκευή και συντήρηση.

Ο αναλυτής 2526 είναι ο μοναδικός που εκτελεί δύο πρωτοπόρες τεχνικές υψίστης σημασίας για την εντόπιση βλαβών που εφηύρε η BRUEL & KJAER.

Η μια είναι η τεχνική “εύρους σταθερού ποσοστού” και η άλλη η “αντίστροφη φασματική ανάλυση”. Η πρώτη τεχνική εκτελεί εύρυνση των πλατών του φάσματος αναφοράς εις τρόπον ώστε κατά την σύγκριση των υπογραφών, μεταβολές μέχρι 10% της ταχύτητας της μηχανής να μην επηρεάζουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων πρόγνωσης. Ένα τέτοιο φάσμα αναφοράς (δεύτερο εξ αριστερών προς τα δεξιά άνω) φαίνεται στο σχήμα 1.78.

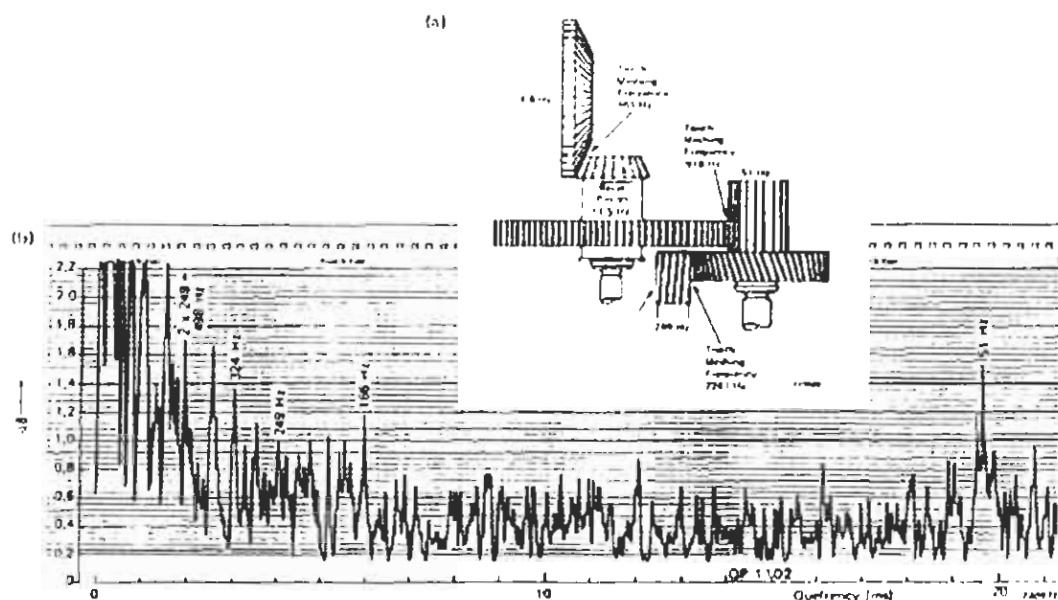


Σχήμα 1.78 Αυτόματη σύγκριση υπογραφών κιβωτίου από τον Η/Υ

Η άλλη τεχνική μετασχηματίζει μια υπογραφή φάσματος από το πεδίο συχνότητας στο πεδίο του χρόνου, όπως απεικονίζεται και στο σχήμα 1.79 για την περίπτωση του κιβωτίου ταχυτήτων που αναφέραμε προηγουμένως.

Η τεχνική αυτή επιτρέπει μεγαλύτερη διακριτικότητα στην εντόπιση δύσκολων βλαβών και πρόβλεψη εξαρτημάτων που χρειάζονται αντικατάσταση.

Το ειδικό πρόγραμμα 7107M καθιστά τον Η/Υ ικανό να εξετάσει μεγάλο αριθμό πολύπλοκων υπογραφών δόνησης. Το πρόγραμμα αυτό μετασχηματίζει τις συλλεχθείσες υπογραφές δονήσεων, για να μεγεθύνει και να αναγνωρίσει μικρές λεπτομέρειες πλατών / συχνοτήτων του φάσματος της κάθε υπογραφής. Ο δίσκος του Η/Υ μπορεί να αποθηκεύσει χιλιάδες υπογραφές.



Σχήμα 1.79 Αντίστροφο φάσμα (Cepstrum) κιβωτίου ταχυτήτων με τις χαρακτηριστικές συχνότητες οδοντώσεων.

Το πρόγραμμα δίνει εντολές στον Η/Υ να εντοπίσει στην σύγκριση μιας υπογραφής με την υπογραφή αναφοράς, τις συχνότητες εκείνες στις οποίες επήλθαν μεταβολές πλάτους που αντιστοιχούν σε προχωρημένες βλάβες εξαρτημάτων και να εκτυπώσει τα αποτελέσματα προβλέψεων.

Η σύγκριση των υπογραφών γίνεται αυτόματα από τον Η/Υ σε μεγάλη ταχύτητα.

Το σχήμα 1.78 δείχνει διαδοχικές υπογραφές δονήσεων ενός κιβωτίου ταχυτήτων που αυξάνει τις 3.000 σαλ (50Hz) ενός κινητήρα σε 7260 σαλ (121Hz) για την κίνηση ενός φυγοκεντρικού συμπιεστή.

Οι υπογραφές που έχουν ανωμαλίες, αναλύονται αυτόματα από το σύστημα.

Το πακέτο προγράμματος 7107M παρέχει “αντίστροφη φασματική ανάλυση” σε κιβώτια ταχυτήτων, διάγνωση / πρόγνωση βλαβών, μέτρηση ακριβείας αρμονικών και πλευρικών συχνοτήτων, κ.λ.π.

1.5 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗ

Καθώς η συντήρηση περιλαμβάνει μια ακολουθία ενεργειών, διαδικασιών και εργασιών, υπεισέρχονται προβλήματα ασφάλειας, ατυχημάτων και πρόκλησης επιπρόσθετων βλαβών που οφείλονται πολλές φορές σε λανθασμένους χειρισμούς.

Η συντήρηση εξάλλου μπορεί να θεωρηθεί ως παροχή υπηρεσίας, οπότε είναι απαραίτητη η εκτίμηση του κόστους της, η αποδοχή και ο έλεγχος των εργασιών και η πιστοποίηση του αποτελέσματος της συντήρησης.

Επομένως στα όρια των διοικητικών δραστηριοτήτων που άπτονται της συντήρησης περιλαμβάνονται και θέματα ασφάλειας του εξοπλισμού και πρωτίστως του προσωπικού.

Στη συνέχεια θα αναπτυχθούν μερικά από τα θέματα αυτά ώστε ο αναγνώστης να είναι ενήμερος με τους κανόνες ασφάλειας που πρέπει να τηρούνται πριν, κατά και μετά την συντήρηση.

Στα επόμενα θα εξετάσουμε την ένδυση και τον εξοπλισμό των συντηρητών, τους κανόνες ασφαλούς συντήρησης του εξοπλισμού και του προσωπικού, τα εργατικά ατυχήματα και τις επαγγελματικές ασθένειες και τέλος τον ποιοτικό έλεγχο, την πιστοποίηση και την αποδοχή των εργασιών της συντήρησης.

1.5.1 Ασφάλεια προσωπικού

Όταν δεν είναι δυνατόν να εξαφανιστούν οι κίνδυνοι στην πηγή τους με προστατευτικά μέτρα, που αφορούν τα εξαρτήματα και τον μηχανολογικό εξοπλισμό, τα ατομικά

μέτρα προστασίας είναι πλέον αναγκαία για την προστασία του προσωπικού που θα ασχοληθεί με τη συντήρηση.

Οι συντηρητές και το προσωπικό συντήρησης πρέπει να λαμβάνουν μια σειρά από προληπτικά και προφυλακτικά μέτρα τα οποία αφορούν την ασφάλεια αυτών.

Τα Μέσα Ατομικής Προστασίας (Μ.Α.Π.) πρέπει:

- Να πληρούν τις κατασκευαστικές προδιαγραφές, που απαιτεί το είδος της προστασίας και η φύση της εργασίας για την οποία προορίζονται.
- Να προσαρμόζονται κατά το δυνατόν στα ιδιαίτερα ατομικά χαρακτηριστικά των εργαζομένων, ώστε να εφαρμόζονται καλά και να τους προστατεύουν, χωρίς να τους δημιουργούν δύσφορία, ή να εμποδίζουν την ομαλή εκτέλεση της εργασίας τους, ή να τους εκθέτουν σε άλλους κινδύνους.
- Να είναι σε καλή κατάσταση, χωρίς ελαττώματα, καθαρά και έτοιμα για άμεση χρήση.

Στα μέσα ατομικής προστασίας περιλαμβάνονται :

Ενδύματα και υποδήματα εργασίας

Όταν κατά τη διάρκεια της εργασίας της συντήρησης υπάρχει κίνδυνος να λερωθούν ή να καταστραφούν τα κανονικά ρούχα, πρέπει οι συντηρητές να εφοδιάζονται με κατάλληλα ενδύματα και υποδήματα. Συντηρητές κάτω από βροχή ή άλλες ανάλογες συνθήκες υγρασίας, πρέπει να εφοδιάζονται με ενδύματα, υποδήματα και καλύμματα κεφαλής αδιάβροχα. Τα παραπάνω μετά από τη χρήση τους πρέπει να στεγνώνονται και να φυλάσσονται σε καλά αεριζόμενο χώρο, μακριά από πηγές θερμότητας.

Προστασία κεφαλιού

Σε περίπτωση που οι συντηρητές εκτίθενται σε κίνδυνο τραυματισμού του κεφαλιού τους, πρέπει να εφοδιάζονται με

κατάλληλο κράνος ασφαλείας. Σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας τα κράνη πρέπει να είναι από μονωτικό υλικό.

Προστασία ματιών και προσώπου

Οι συντηρητές πρέπει να εφοδιάζονται με κατάλληλη προσωπίδα, οθόνη, γυαλιά (με έγχρωμα ή άχρωμα κρύσταλλα) ή άλλο κατάλληλο, ανάλογα με τη φύση της εργασίας, ατομικό μέσο προστασίας, όταν υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού του προσώπου και των ματιών ή βλάβης της όρασης από : εκτινασσόμενα σωματίδια, επικίνδυνες ουσίες (καυστικά, ερεθιστικά υγρά, ατμούς, κ.λ.π.) και επικίνδυνες ακτινοβολίες Σχήμα 1.80.

Προστασία των αναπνευστικών οδών

Τα μέσα προστασίας της αναπνοής διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- Αναπνευστήρες με φίλτρο για τον καθαρισμό του εισπνεόμενου αέρα του άμεσου περιβάλλοντος από τα αιωρούμενα τοξικά αέρια ή τη σκόνη.
- Αυτοδύναμες αναπνευστικές συσκευές.
- Αναπνευστικές συσκευές με συνεχή παροχή καθαρού αέρα, μέσω σωλήνα από το εξωτερικό περιβάλλον, εκτός του μολυσμένου χώρου εργασίας.



Σχήμα 1.80 Προστασία ματιών και χεριών.

Προστασία χεριών και βραχιόνων

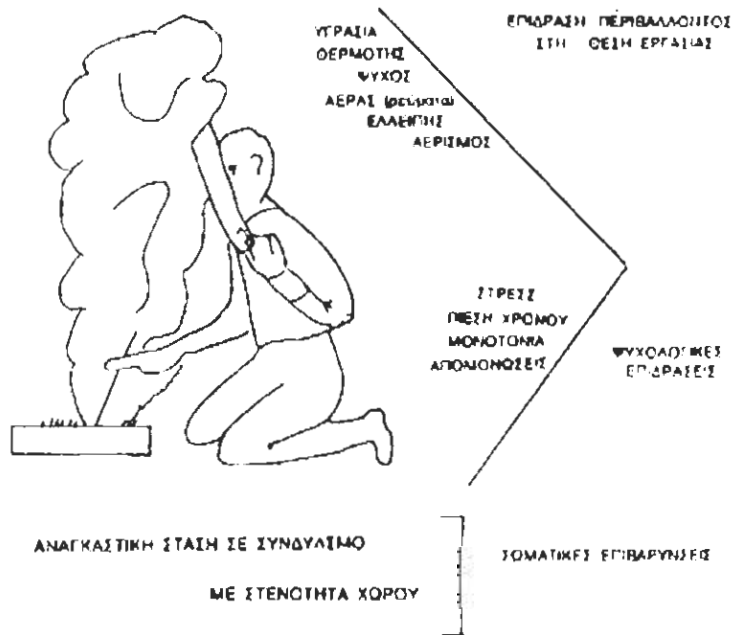
Οι συντηρητές πρέπει να εφοδιάζονται με κατάλληλα γάντια και όταν χρειάζεται με καλύμματα βραχιόνων, ή να τους χορηγούνται ειδικές προστατευτικές κρέμες, ανάλογα με τη φύση της εργασίας, το είδος και το βαθμό του επαγγελματικού κινδύνου, για την προστασία τους από : ουσίες θερμές, τοξικές, ερεθιστικές ή διαβρωτικές, εκτινάξεις διάπυρων ή αιχμηρών σωματιδίων, κίνδυνο ηλεκτροπληξίας κ.λ.π., Σχήμα 1.81

Προστασία ποδιών

Οι συντηρητές που κινδυνεύουν να τραυματισθούν στα πόδια, πρέπει να εφοδιάζονται με υποδήματα ασφαλείας, τέτοια ώστε να τους προφυλάσσουν από πτώση αντικειμένων, πρόσκρουση ή σύνθλιψη, από ουσίες θερμές, τοξικές, ερεθιστικές ή διαβρωτικές, καρφιά ή άλλα αιχμηρά υλικά, ή επιφάνειες, από εργαλεία με κοφτερές ακμές και ολισθηρές επιφάνειες, Σχήμα 1.82.

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

ΑΕΡΙΑ
ΚΑΠΝΟΙ
ΑΝΤΙΝΟΒΟΛΙΑ
ΗΛ ΡΕΥΜΑ
ΚΙΝΗΛΥΝΟΙ ΕΚΚΡΗΣΕΩΣ
ΠΥΡΚΑΙΕΣ
ΕΓΧΑΥΜΑΤΑ
ΟΟΡΥΒΟΙ
ΑΝΑΤΡΟΠΕΣ
ΜΟΛΟΝΙΣΜΟΙ



Σχήμα 1.81 Κίνδυνοι από συγκόλληση

Προστασία από πτώσεις

Σχοινιά και ζώνες ασφαλείας, πρέπει να χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό Σχήμα 1.83

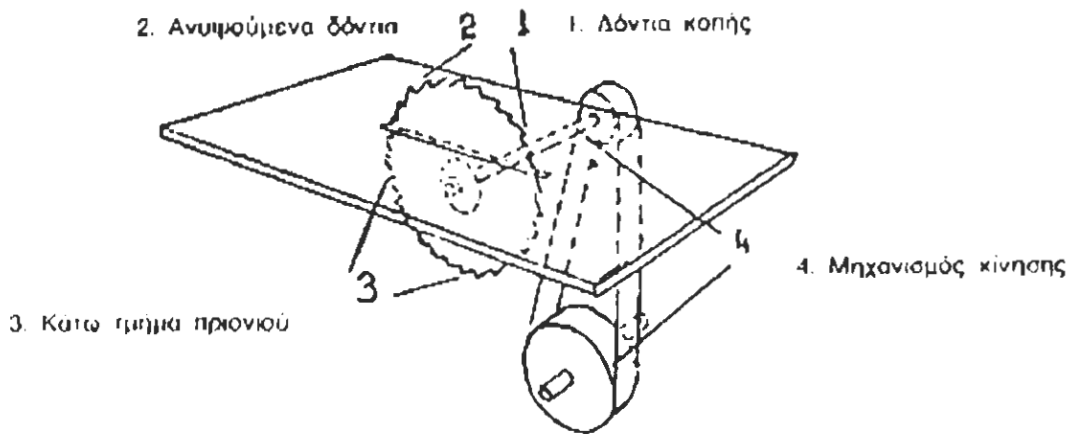
Προστασία από κινούμενα οχήματα

Πρέπει να εφοδιάζονται με : ειδικά ευδιάκριτα ακόμη και σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας, ενδύματα χρώματος ζωηρού κίτρινου ή πορτοκαλί, όπως και μέσα ή εξαρτήματα που ανακλούν το φως, Σχήμα 1.84.

Επαγγελματικές ασθένειες

Οι συνθήκες εργασίας (χώροι, ανθυγιεινό περιβάλλον κ.λ.π.) αλλά και το ίδιο το αντικείμενο εργασίας (π.χ. βαριές εργασίες), είναι δυνατόν να προξενήσουν βλάβες στην υγεία των εργαζομένων. Εκείνες λοιπόν οι ασθένειες που αποδεδειγμένα προξενούνται από ορισμένες εργασίες ή τις συνθήκες εργασίας, καλούνται επαγγελματικές ασθένειες.

Η βαρύτητα των επαγγελματικών ασθενειών ποικίλει από οξεία ή υποξεία αναπνευστικά συμπτώματα του τύπου της υποξείας ή της ασθματικής βρογχίτιδας, μέχρι του καρκίνου. Στον Πίνακα 1.13 μπορεί κανείς να διαπιστώσει τις κυριότερες επαγγελματικές ασθένειες και τα αίτια τους. Στον Πίνακα 1.14 παραθέτονται οι επαγγελματικοί καρκίνοι.



Σχήμα 1.82 Επικίνδυνα σημεία ενός κυκλικού πριονιού.

1.5.2 Ασφάλεια εξοπλισμού

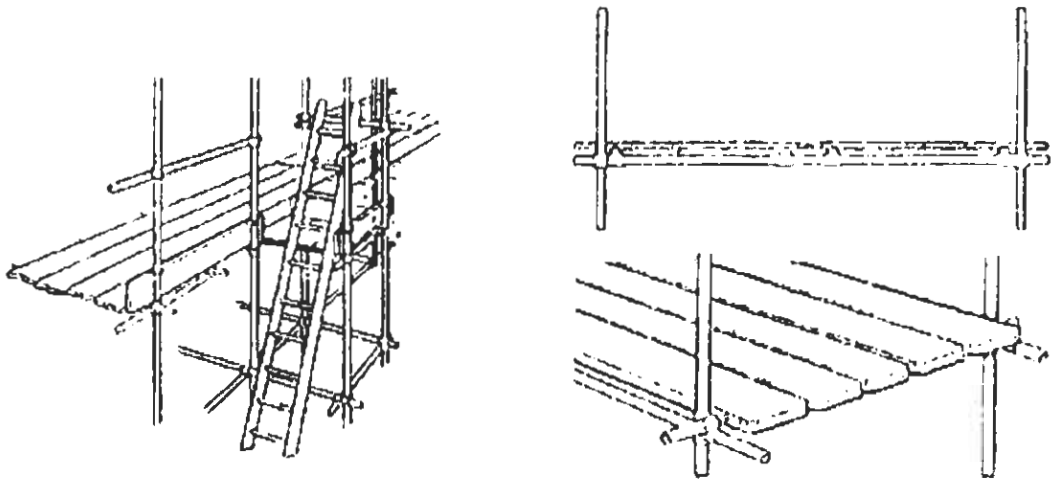
Συνήθως, πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα και για να εξασφαλισθεί η καλή λειτουργία του εξοπλισμού, να αποφευχθούν οι προκλήσεις βλαβών από τη συντήρηση και να αποφευχθούν τα ατυχήματα του προσωπικού.

Είναι ζωτικής σημασίας να αποκλεισθεί οποιαδήποτε απροσδόκητη κίνηση των τμημάτων του μηχανήματος ή ακόμα και η διόδος ηλεκτρικού ρεύματος ανεπιθύμητου, κατά τη διάρκεια των εργασιών. Συνήθως λέμε, ότι ο διακόπτης παροχής ισχύος προς το μηχάνημα πρέπει να τεθεί και να κλειδωθεί στη θέση εκτός.

Πρέπει ακόμη να αναρτηθούν πινακίδες που να ενημερώνουν για τις εργασίες που γίνονται, ώστε να μην επιχειρήσει κάποιος να ξεκλειδώσει τον διακόπτη και να αποκαταστήσει τη λειτουργία του μηχανήματος.

Όλα αυτά είναι βεβαίως απαραίτητα, όμως μπορεί να μην επαρκούν, γιατί στο μηχάνημα μπορεί να υπάρχουν :

- Υδραυλικά υγρά υπό πίεση
- Συμπιεσμένος αέρας
- Ενέργεια αποθηκευμένη σε ελατήρια
- Δυναμική ενέργεια. (Κάποιο κινούμενο τμήμα του μηχανήματος ή του εξοπλισμού μπορεί να έχει ακινητοποιηθεί σε θέση υψηλότερης εκείνης, που αντιστοιχεί στην ελάχιστη τιμή δυναμικής ενέργειας).
- Ηλεκτρική ενέργεια αποθηκευμένη λόγω υψηλών τιμών χωρητικότητας τμήματος του εξοπλισμού
- Άλλου είδους πηγές ενέργειας, που μπορεί να προκαλέσουν απροσδόκητες κινήσεις των μερών του μηχανήματος.



Σχήμα 1.83 Σχηματική διάταξη με σκάλα σε ικρίωμα, Τα πέρατα των μαδεριών δεν πρέπει να εξέχουν κατά μήκος μεγαλύτερο από το τετραπλάσιο του πάχους τους.

Όλες αυτές οι ενεργειακές πηγές πρέπει να εξουδετερωθούν, για να εκτελεσθούν οι εργασίες συντήρησης με ασφάλεια.

Όταν το μηχάνημα έχει απομονωθεί από την πηγή ισχύος, ο κύριος διακόπτης παροχής ισχύος έχει κλειδωθεί στη θέση εκτός και αν όλες οι παραπάνω πηγές ενέργειας έχουν εξουδετερωθεί, λέμε ότι το μηχάνημα έχει τεθεί σε μηδενική μηχανική κατάσταση (Μ.Μ.Κ.).

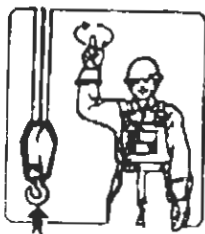
Πίνακας 1.13 Οι κυριότερες επαγγελματικές ασθένειες και τα αίτια τους

	Επαγγελματική Ασθένεια	Υπεύθυνος	Παθήσεις
1	Πυριτίαση	Διοξειδίο του Πυριτίου	Παθήσεις πνευμόνων
2	Αμιάντος	Ίνες αμιάντου	Καρκίνος πνευμόνων, μεσοθηλίωμα, αμιντίαση
3	Ταλκ	Ίνες αμιάντου	Πνευμονίτιδα, ίνωση, πλευρίτιδα
4	Άνθρακας	Άνθρακας	Πνευμοκονίαση

5	Βαγιάσωση	Κόνις BAGASSE (Σακχαροκ.)	Βήκας, αιμόπτυση
6	Βυσοίνωση	Βαμβάκι	Απόφραξη αεροφόρων οδών
7	Ερεθιστική αέρια	Nox, SO ₂ , NH ₃ , O ₃ , CC1 ₄ , HCl, καπνός	Οξεία χημική πνευμονίτιδα
8	Τοξικά μέταλλα	Βηρύλλιο	Κοκκιωμίωση
9	Οργανικές ενώσεις	Δεισσκυανικό τολουένιο (ΤΔΙ)	Χημική βρογχίτιδα

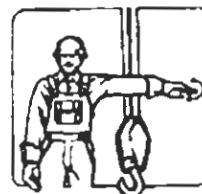
Οι εργασίες συντήρησης του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων και των μηχανημάτων είναι απαραίτητες και για τη διατήρηση σταθερού επιπέδου συγκέντρωσης τοξικών παραγόντων στους χώρους εργασίας.

Αυτό, γιατί η διαδικασία επεξεργασίας επικίνδυνων υλών, γίνεται συνήθως “εν κλειστώ” και η ποσότητα των διαρροών εξαρτάται από τη κατάσταση του εξοπλισμού (φλάντζες, βαλβίδες, κ.λ.π.)



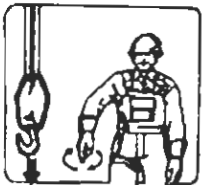
1. ΑΝΥΨΩΣΗ

Βραχίον κατακόρυφα κεκαμμένος.
Μέ τον δείκτη του χεριού προς
τά πάνω σχηματίζουμε μικρούς
οριζόντιους κύκλους.



4. ΣΤΑΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Τό χέρι σε οριζόντια θέση έκτασης.
Ή παλάμη προς τέ κάτω.
Κάνουμε γρήγορος κινήσεις
του χεριού μας δεξιά - αριστερά.



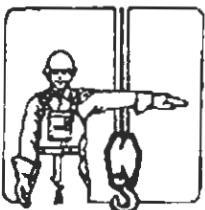
2. ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΗ

Τό χέρι μας προς τέ κάτω.
Μέ τον δείκτη του χεριού προς
τέ κάτω σχηματίζουμε μικρούς
οριζόντιους κύκλους.



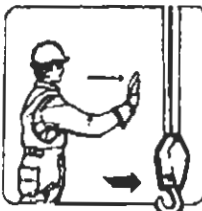
5. ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΕΙΟΥ

Βραχίον κεκαμμένος, ή παλάμη
κλειστή προς τέ πάνω.
Κινούμε τό χέρι μας δείχνοντας μέ
τον αντίχειρα τήν κατεύθυνση πού
θέλουμε νά κινηθεί.



3. ΣΤΑΣΗ

Τό χέρι σε οριζόντια θέση έκτασης.
Ή παλάμη προς τέ κάτω.
Άκίνητος.



6. ΚΙΝΗΣΗ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑΣ

Μέ τό χέρι τεντωμένο προς τέ
έμπρός και λίγο σηκωμένο κάνουμε
κινήσεις προς τήν κατεύθυνση πού
θέλουμε νά κινηθεί.

Σχήμα 1.84 Ένδυση και σήματα λεβαδόρου.

Συμβαίνει όμως να έχουμε μια διαρροή ασυνήθιστα μεγάλων ποσοτήτων, που μπορεί να οφείλεται σε ρωγμή ή άλλη βλάβη.

Είναι επίσης δυνατόν, για την επισκευή κάποιας βλάβης, να χρειαστεί να ανοίξει η εγκατάσταση, που συνήθως είναι κλειστή. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει, εκτός από τα άλλα μέτρα ασφαλείας που θα πάρουμε, να μηδενίσουμε την εσωτερική πίεση του συστήματος, πριν αρχίσουμε τις εργασίες επισκευών.

Υποχρεώσεις του κατασκευαστή

Οι κατασκευαστές, εισαγωγείς και προμηθευτές μηχανών, εργαλείων και συσκευών έχουν υποχρέωση να χορηγούν τις απαιτούμενες γραπτές οδηγίες χρήσης και συντήρησης, επισημαίνοντας τους πιθανούς κινδύνους από τη χρήση των προϊόντων τους.

Στις οδηγίες αυτές πρέπει να περιλαμβάνεται και η διαδικασία για να τεθούν τα μηχανήματα σε μηδενική μηχανική κατάσταση (Οδηγίες συντήρησης).

Υποχρεώσεις του εργοδότη

Ο εργοδότης πρέπει να προγραμματίζει τις επιθεωρήσεις που αποκαλύπτουν τους κινδύνους, που έχουν αιτία την ηλικία, την υπερφόρτωση, τη διάβρωση, το μέγεθος της ακαταλληλότητας του εξοπλισμού και τις εργασίες συντήρησης και επισκευών.

Ο εργοδότης πρέπει να εξειδικεύει και να καθορίζει λεπτομερώς τις διαδικασίες αυτών των εργασιών. Είναι επίσης ευθύνη του, να προσλαμβάνει κατάλληλο προσωπικό για την συντήρηση του εξοπλισμού, ικανοποιώντας και τις απαιτήσεις της νομοθεσίας. Το προσωπικό συντήρησης πρέπει να έχει το απαραίτητο υπόβαθρο τεχνικών γνώσεων, ώστε να καταλαβαίνει τις πληροφορίες που περιέχονται στα εγχειρίδια συντήρησης των μηχανημάτων.

Ο εργοδότης πρέπει να διαθέτει μέσα για να επικοινωνεί και να παρακολουθεί τους εργαζόμενους, που εκτελούν εργασίες συντήρησης, επισκευής ή αναζήτησης βλαβών, μόνοι σε απομονωμένα μέρη.

Ο εργοδότης πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός στην αγορά μεταχειρισμένου εξοπλισμού. Τα συστήματα ελέγχου μπορεί να μην είναι σε καλή κατάσταση, οι μηχανισμοί ενδοασφαλείας μπορεί να έχουν βγει και η όλη αλληλουχία του μηχανισμού μπορεί να αλλαχθεί.

Υποχρεώσεις προσωπικού συντήρησης

Οι εργαζόμενοι στη συντήρηση πρέπει να χρησιμοποιούν όλα τα ειδικά εργαλεία, που δίνει ο εργοδότης για να εκτελούν την εργασία τους με λιγότερο επικίνδυνο τρόπο. Η επιθυμία να επιστρέψουμε τα μηχανήματα σε παραγωγική διαδικασία, δεν πρέπει να παρακινήσει κανέναν να χρησιμοποιήσει, να ενθαρρύνει, ή να παραβλέψει τη χρήση επικίνδυνων μεθόδων ή ακατάλληλων εργαλείων.

Πριν το προσωπικό συντήρησης επιστρέψει τη μηχανή ή τον εξοπλισμό στην παραγωγή, πρέπει να έχει βεβαιωθεί, ότι η μηχανή ή ο εξοπλισμός είναι σε κατάλληλη κατάσταση για λειτουργία με όλους τους προφυλακτήρες στην κανονική τους θέση.

Πίνακας 1.13 Επαγγελματικοί καρκίνοι.

Παράγοντας	Επάγγελμα	Εντόπιση
1. Ιονίζουσες ακτινοβολίες RADON	Μεταλλωρύχοι ουρανίου Fluorspar Haematite	Βρόγχοι
2. Ακτίνες - Χ ραδίου	Ακτινολόγοι	Δέρμα
3. Ράδιο	Βαφείς ειδ. πλακών	Οστά
4. Υπεριώδεις ακτινοβολία	Γεωργοί, ναυτικοί	Δέρμα
5. Πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες στην αιθάλη, πίσσα, Πετρέλαιο	Καπν/στές, ασχολούμενοι στη βιομηχανία πετρωαερίων και συναφή επαγγελμάτων	Δέρμα, βρόγχοι
6α) Ναφθαλίνη	Εργ. Χημ. ουσιών	Ουροδ. Κύστις
6β) Ναφθαλίνη	Εργ. Ελαστικών	Ουροδ. Κύστις
6γ) Βενζίνη	Εργ. Χημ. Ουσιών	Ουροδ. Κύστις
7. Αμιάντος	Εργάτες αμιάντου	Βρόγχοι, υπεζωκώς
8. Αρσενικό	Βυροοδεψές, χύτες Ορυκτών, μεταλλευμάτων	Δέρμα, βρόγχοι
9. Διχλωρομεθυλικό αιθέρα BSI (Chloromethyl) ETHER	Κατασκευαστές ουσιών ανταλλαγής ιόντων	Βρόγχοι

10. Βενζόλιο	Εργάτες βερνικιών	Μυελός οστών
11. Δηλητηριώδη αέρια	Κατασκευαστές δηλητηριωδών αερίων	Βρόγχοι – λάρυγγας παραρινικές κοιλότητες
12. Βινυλοχλωρίδιο	Εργάτες ανάλογης βιομηχανίας	Αγγειοσάρκωμα ήπατος
13. Μεταλλ\τα χρωμίου	Ασχολούμενοι με τη χρωμίωση	Βρόγχοι
14. Μεταλλεύματα	Ασχολούμενοι με το νικέλιο	Βρόγχοι και ρινικές κοιλότητες
15. Ειδικοί παράγοντες άγνωστοι ακόμη	Εργάτες δερμάτων	Παραρινικές κοιλότητες

Πολιτική για εφαρμογή Μ.Μ.Κ. (μηδενικής μηχανικής κατάστασης)

Επειδή κατά τις εργασίες συντήρησης πολλοί εργαζόμενοι εκτελούν καθήκοντα του ίδιου τύπου και κάθε ομάδα εργαζομένων έχει έναν επικεφαλής με τις δικές του αντιλήψεις για την ασφάλεια της εργασίας, είναι χρήσιμο οι οδηγίες για την ασφαλή εκτέλεση εργασιών συντήρησης να είναι γραπτές.

Για να γραφούν οι οδηγίες εφαρμογής μηδενικής κατάστασης πρέπει να υπάρχουν διαγραμματικά σχέδια του ηλεκτρικού μέρους της εγκατάστασης, καθώς και υδραυλικά ή πνευματικά διαγράμματα ροής. Πρέπει επίσης να αποφασιστεί, ποια θέση θα έχει το κάθε κινούμενο μέρος.

Αν η θέση που εξυπηρετεί, δεν είναι εκείνη της ελάχιστης δυναμικής ενέργειας, πρέπει να προδιαγραφεί ο τρόπος υποστήριξης ή συγκράτησης του. Πρέπει επίσης να προσεχθεί ιδιαίτερα η πίεση που διατηρείται από κλειστές βαλβίδες. Η διαδικασία κλεισίματος κάθε πηγής ενέργειας και εκτόνωσης κάθε πίεσης μπορεί να προκαλέσει μια κίνηση των μερών της μηχανής.

Η κίνηση αυτή πρέπει να περιγραφεί λεπτομερώς. Λεπτομερώς πρέπει να καταγραφούν και οι προφυλάξεις που

πρέπει να ληφθούν, για να μην προκαλέσει η κίνηση ατύχημα. Υλικό σε κοάνες και τεμάχια εργασίας που ενδεχομένως έχουν παραμείνει στο μηχάνημα, θα θεωρούνται και θα αντιμετωπίζονται σαν ελεύθερα κινούμενα τμήματα του μηχανήματος.

1.5.3 Συντήρηση σε επικίνδυνο περιβάλλον

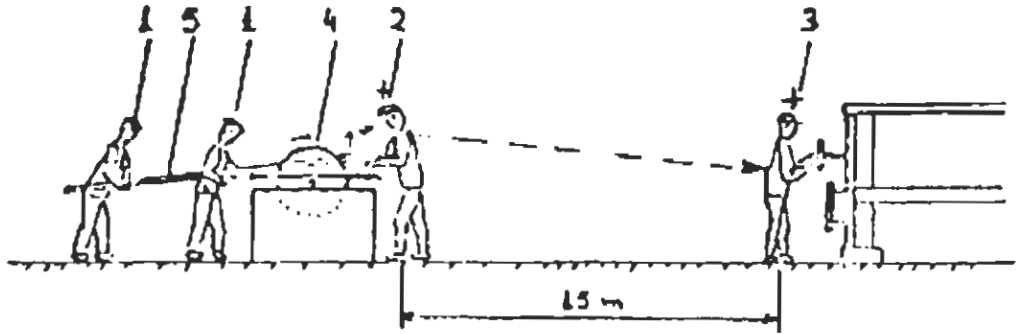
Εργατικά ατυχήματα

Ολόκληρος ο κόσμος πληρώνει πανάκριβα τα εκατομμύρια εργατικά ατυχήματα που συμβαίνουν κάθε χρόνο και έχουν σαν αποτέλεσμα το θάνατο χιλιάδων εργαζομένων, ή την ανικανότητα προς εργασία.

Σαν εργατικά ατυχήματα θα μπορούσαν να ορισθούν εκείνα τα απρόβλεπτα, βίαια, ξαφνικά και δυσάρεστα γεγονότα που συμβαίνουν στον εργαζόμενο κατά την απασχόληση του στο χώρο εργασίας, με επιπτώσεις τόσο στην υγεία του, όσο και στο περιβάλλον γενικά.

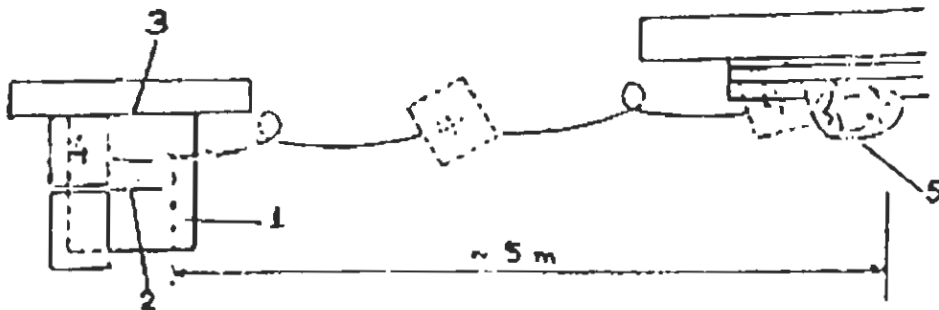
Επιπλέον είναι δυνατόν να χωριστούν σε:

- 1) μικροατυχήματα, από τα οποία ο εργαζόμενος δε μπορεί να εργαστεί για διάστημα μέχρι τριών ημερών,
- 2) ατυχήματα, εξαιτίας των οποίων ο εργαζόμενος δε μπορεί να εργαστεί για διάστημα 4 - 30 ημερών και
- 3) σοβαρά ατυχήματα που αφορούν μεγαλύτερο χρόνο ανικανότητας προς εργασία και επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και στην ακεραιότητα του εργαζομένου.



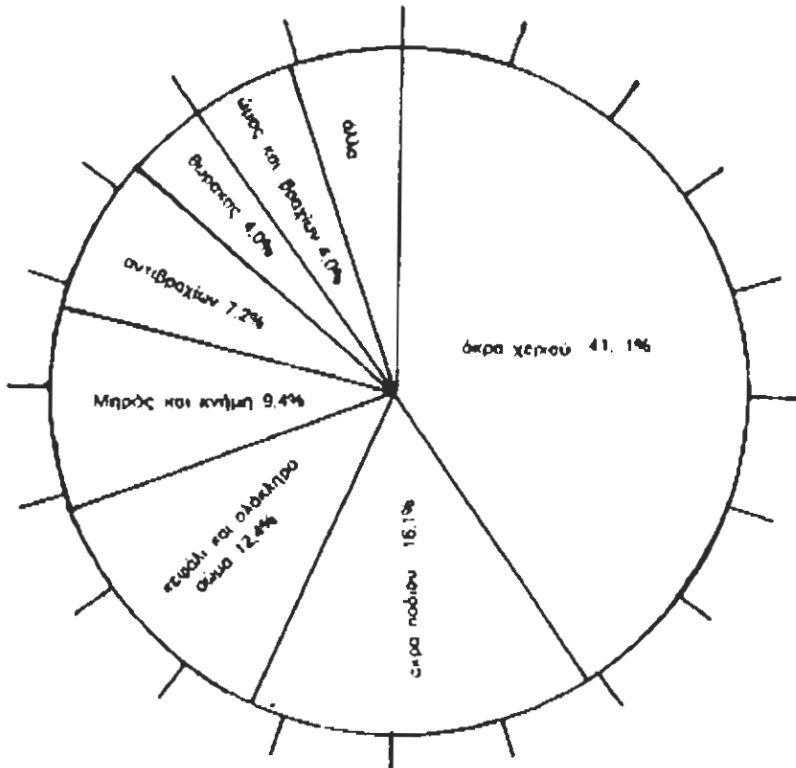
Σχήμα 1.85 Θανατηφόρο ατύχημα (2 νεκροί). 1. Βοηθοί 2. Χειρηστής 3. Άλλος εργάτης 4. Δισκοπρίονο 5. Σανίδα 8x10x350cm 6. Πορεία σανίδας

Καταλαβαίνουμε λοιπόν τη σημασία που έχει η σωστή συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού, για τη διασφάλιση της υγείας των εργαζομένων, των υλικών, του εξοπλισμού και την ομαλή συνέχεια της παραγωγικής διαδικασίας.



Σχήμα 1.86 Σοβαρό ατύχημα. 1. Δισκοπρίονο 2. Λεπίδα 3. Οδηγός 4. Κομμάτι ξύλου που εκτοξεύτηκε 5. Άλλος εργάτης.

Παρακάτω παραθέτουμε ορισμένα στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων, όπως δημοσιεύτηκαν από τις υπηρεσίες εκείνες που ασχολούνται με τη μελέτη των εργατικών ατυχημάτων στη βιομηχανία (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας, ΙΚΑ).



Σχήμα 1.87 Προσβληθέν μέρος του σώματος.

Παράγοντες επικινδυνότητας του εργασιακό χώρο της συντήρησης

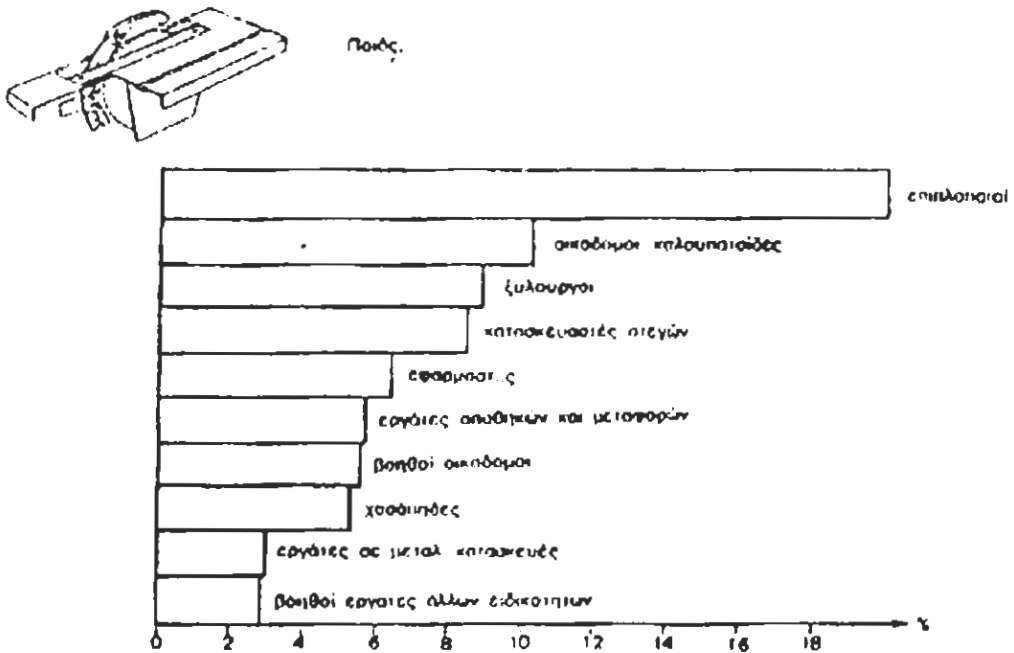
Οι φυσικοί και χημικοί παράγοντες που ευθύνονται για την εκδήλωση των επαγγελματικών ασθενειών και των ατυχημάτων, ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. **Πυρκαγιές** Ένα πολύ συχνό φαινόμενο με ολέθριες συνέπειες στη βιομηχανία είναι η εκδήλωση πυρκαγιών. Συχνές αιτίες που τις προκαλούν είναι ο ηλεκτρισμός, οι εύφλεκτες ύλες, οι σπινθήρες, τα φυσικά και χημικά φαινόμενα, οι εκρήξεις - αναφλέξεις αερίων ατμών, υγρών καυσίμων και στερεών.
2. **Ακτινοβολίες** Όταν μια ακτινοβολία περνά μέσα από έναν ιστό, ένα μέρος ή το σύνολο της ενέργειας της μεταφέρεται με μια τυχαία κατανομή στα μόρια που συναντά στη διαδρομή της, προκαλώντας τη διέγερση ή τον ιονισμό τους. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια μια σειρά από αντιδράσεις, που καταλήγουν σε αλλοιώσεις ζωτικών για τη

Λειτουργία του κυττάρου μεγαλομορίων (πρωτεϊνών, νουκλεινικών οξέων κ.λ.π.).

Τα αποτελέσματα της επίδρασης είναι σωματικά και γενετικά. Τα μέγιστα επιτρεπτά όρια ισοδυνάμων δόσεων που εφαρμόζονται διεθνώς, δίνονται στον πίνακα 1.16.

Πίνακας 1.16 Μέγιστα επιτρεπτά όρια ακτινοβολιών.



Σχήμα 1.88 Κατανομή ατυχημάτων σε πριόνια κατά ειδικότητα.

3. Θόρυβος Μεγάλα προβλήματα στην ακοή των εργαζομένων προκαλεί ο θόρυβος, όταν είναι σχεδόν συνεχής ή όταν περιέχει υψηλού επιπέδου παλμούς. Οι πηγές θορύβου μέσα στους χώρους εργασίας είναι ο κτύπος, η τριβή, ο συντονισμός, ο στροβιλισμός και η σπηλαιώση. Σε σχήματα παρακάτω παρουσιάζονται πηγές θορύβου, με ποιο τρόπο φτάνει ο ήχος στα αυτιά μας καθώς και ορισμένοι τύποι ωτοασπίδων για την προστασία των αυτιών κατά του θορύβου.

4. Ταλαντώσεις Οι ταλαντώσεις (κραδασμοί) από εργαλεία (π.χ. ηλεκτρικά πριόνια με αλυσίδα κ.λ.π.) μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στα μαλακά μέρη των χεριών, πόνους στις αρθρώσεις, στομαχικές διαταραχές και βλάβες, κύστη, κενोटόπια, κ.λ.π. Η κυριότερη επαγγελματική βλάβη είναι το φαινόμενο ταλαντωτική λευκοδατύλωση, η οποία παρουσιάζεται μετά από αρκετά χρόνια και αρχίζει με μουδιάσματα και πόνους στα δάχτυλα του χεριού που υποστηρίζει το εργαλείο.

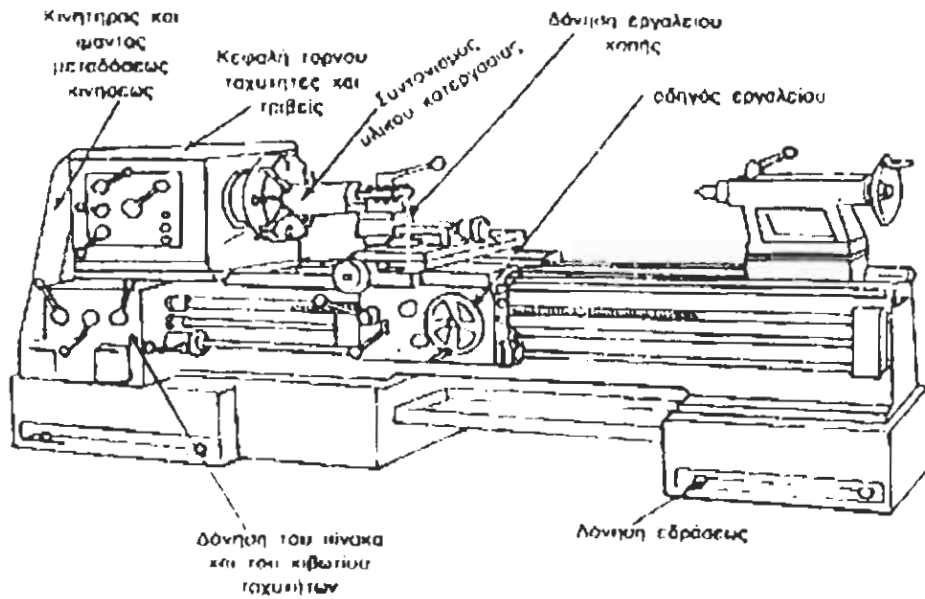
Η βλάβη αυτή δημιουργείται όταν ο εργαζόμενος εκτίθεται σε κραδασμούς φάσματος 2000 - 4000 Hz. Προληπτικά αντικραδαστικά μέτρα πρέπει να λαμβάνονται κατά το σχεδιασμό των εργαλείων και μηχανών, καθώς και κατά την εγκατάστασή τους. Επίσης εφαρμόζονται διάφορα προστατευτικά μέσα για τον εργαζόμενο (όπως ειδικά γάντια, υλικά που μετριάζουν τους κραδασμούς κ.λ.π.)

Πίνακας 1.17 Πίνακες εργατικού ατυχήματος των αμέσως ασφαλισμένων στο Ι.Κ.Α

	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Ασφαλ.	1.141.0 00	1.176.0 00	1.222.0 00	1.280.0 00	1.356.0 00	1.431.0 00
Εργ.Ατυχ	44.952	44.987	46.594	47.115	46.976	44.950
Ποσοστό %	3,9	3,8	3,8	3,7	3,5	3,1

5. Τοξικές-καρκινογόνες ουσίες Οι κίνδυνοι οι οποίοι ενέχονται, συνδέονται άμεσα με τις συνθήκες χρήσης τους.

Μια τοξική - καρκινογόνα ουσία μπορεί να εισέλθει στον οργανισμό ενός εργαζομένου κυρίως με την απορρόφηση μέσω του δέρματος, την κατάποση και την εισπνοή (αέρια, ατμοί, σκόνες, κ.λ.π.).



Σχήμα 1.90 Πηγές θορύβου σε μια εργαλειομηχανή.

6. Διαβρωτικές - ερεθιστικές ουσίες Οι διαβρωτικές ουσίες δρουν πάνω στους ιστούς του σώματος, μετά από κατάποση, εισπνοή και άμεση επαφή με το δέρμα και τα μάτια, δια μέσου :

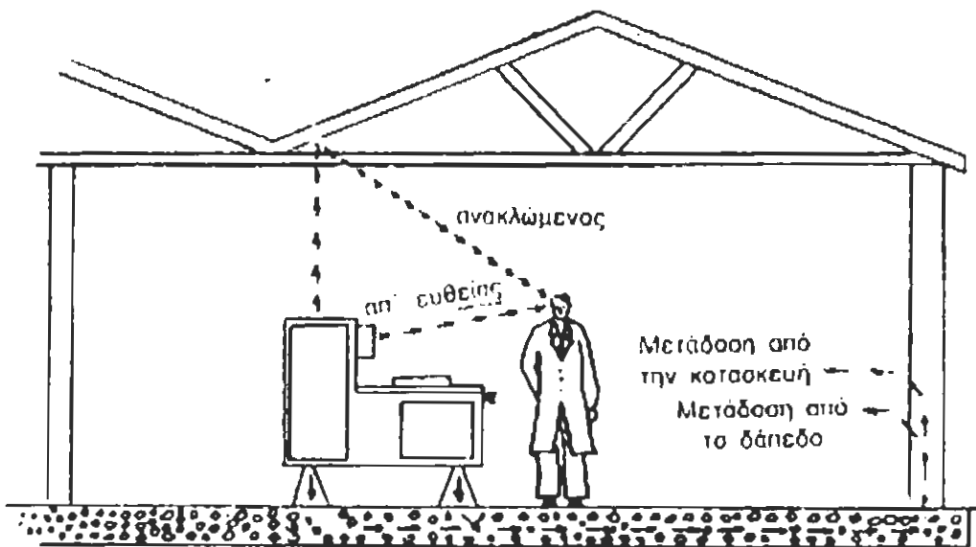
- Άμεσης χημικής αντίδρασης
- Διάλυσης βασικών συστατικών
- Αποικοδόμησης των πρωτεϊνών
- Διάρρηξης των κυτταρικών μεμβρανών

Διαβρωτικές ουσίες μπορούν να υπάρξουν και στις τρεις φυσικές καταστάσεις :

στερεή, υγρή και αέρια.

Πίνακας 1.18 Κατάταξη τοξικών χημικών ουσιών.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΟΞΙΚΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ			
Κατηγορία	LD50 Απορροφούμενη δια του στόματος σε ποντικούς (mg/kg)	LD50 Απορροφούμενη δια του δέρματος σε ποντικούς ή κουνέλια	LC50 Απορροφούμενη διά της εισπνοής (mg/l/4h)
Πολύ τοξική	25	50	0,5
Τοξική	25 - 200	50 - 400	0,5 - 2
Επιβλαβής	200 - 2000	400 - 2000	2 - 20

**Σχήμα 1.91** Δρόμοι μετάδοσης του θορύβου.

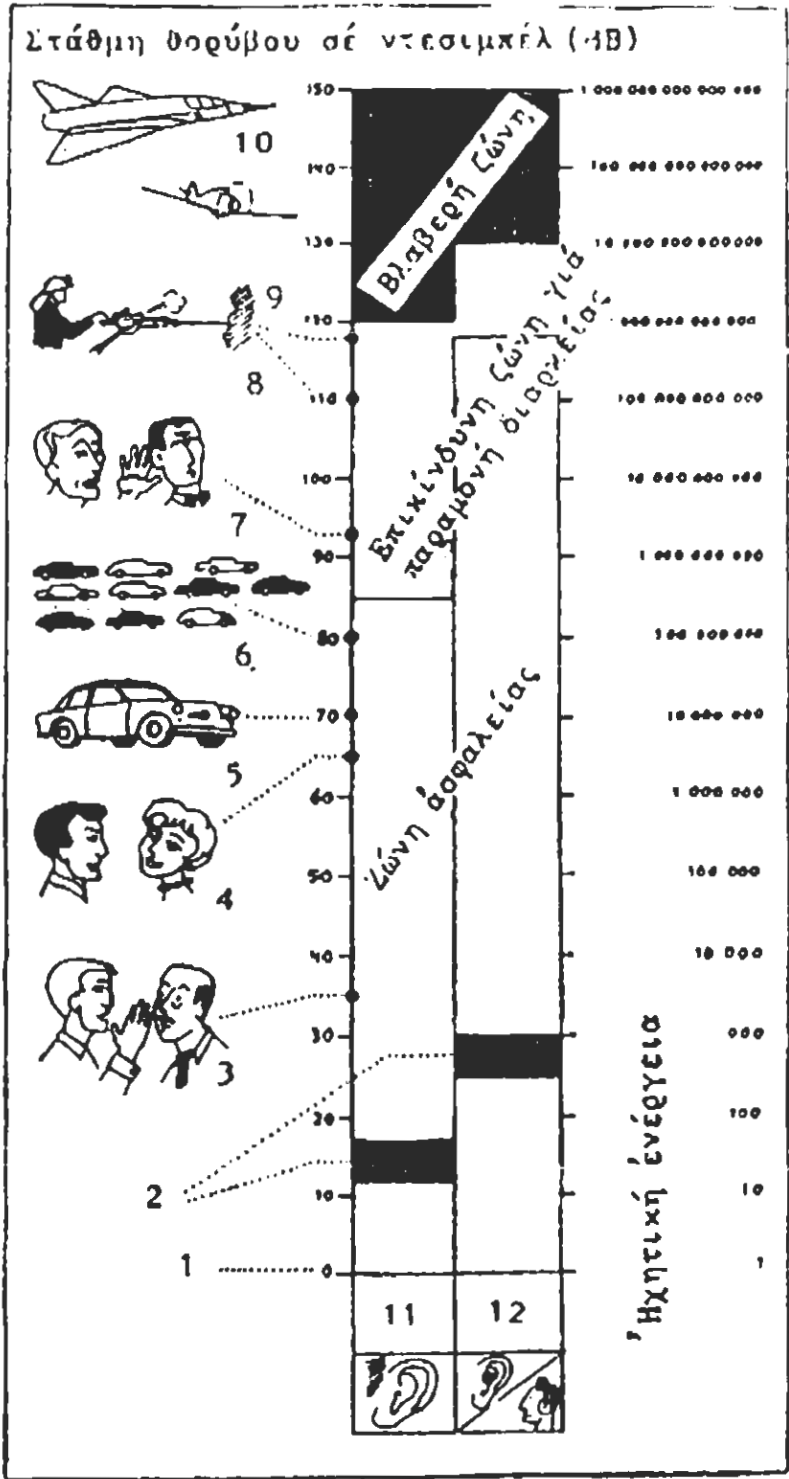
1.5.4 Έλεγχος και πιστοποίηση συντήρησης

Τρεις αρχές διέπουν τη φιλοσοφία λειτουργίας της συντήρησης. Η συντήρηση πρέπει να διευθύνεται από το ίδιο πρόσωπο που διευθύνει και όλες τις προηγούμενες προληπτικές και κανονικές συντηρήσεις.

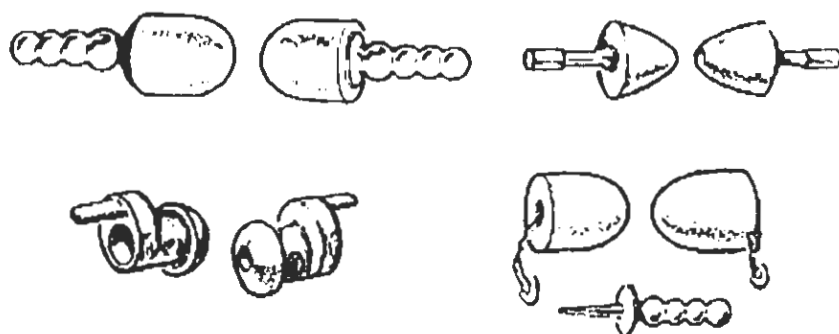
Η δουλειά ρουτίνας της προληπτικής συντήρησης πρέπει να ακολουθεί τις ίδιες διαχειριστικές αρχές, όπως και η κανονική συντήρηση.

Οι εργασίες της συντήρησης δεν πρέπει να διακόπτονται από άλλες εργασίες. Η αυστηρή τήρηση του προγράμματος θα ελαττώσει τις βλάβες και θα ελευθερώσει αρκετό προσωπικό από τις επισκευές.

Ο άνθρωπος που επιθεωρεί και πιστοποιεί την ποιότητα των εργασιών της συντήρησης, ονομάζεται επιθεωρητής συντήρησης και πρέπει να είναι ένας τεχνίτης με υψηλά προσόντα, με ικανότητα δοκίμων, ρυθμίσεων και επισκευών των μονάδων που επιθεωρεί. Οι επιθεωρητές προέρχονται από την υπάρχουσα δύναμη και επιμορφώνονται στη φιλοσοφία της συντήρησης.



Σχήμα 1.92 Στάθμη θορύβου διαφόρων ηχητικών πηγών.



Σχήμα 1.93 Ωτοασπίδες και διάφοροι τύπου βυσμάτων.

Πίνακας 1.19 Τοξικά και κανονικά επίπεδα χημικών ουσιών στο αίμα

ΧΗΜΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (1) mgr %	ΤΟΞΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (2) mgr %
Ακετόνη	0	30
Ασπιρίνη	5	40
Αρσενικό	<40.002	1
Αιθανόλη	0	250
Αιθέρας	100	150
Κυανιούχα	0.01	0.2
Μόλυβδος	<0.01	0.1
Μονοξείδιο του άνθρακα	1	30
Οξαλικό οξύ	0.2	2

- (1) Τα κανονικά επίπεδα περιλαμβάνουν τα θεραπευτικά επίπεδα για τις περιπτώσεις αυτών των χημικών ουσιών.
- (2) Αυτά τα επίπεδα μπορεί να είναι θανατηφόρα. Ορατά συμπτώματα τοξικότητας συμβαίνουν συνήθως σε χαμηλότερα επίπεδα.

TYPE OF MACHINE	APPLICATION OF FORCE	FORCE-TIME FUNCTION	FREQUENCY RANGE	MAXIMUM AMPLITUDE	REF NO.
SHAKE TABLE			MECHANICAL 0-50 CPS	UP TO 15g	10 2
			ELECTRODYNAMIC 15-1000 CPS		
VERTICAL ACCELERATOR			0-10 CPS	±40 FT, 37g PEAK	11
SHOCK MACHINE			DOWN TO T = 0.016 SEC T = 2.10 ⁻¹ SEC	PEAK AMPLITUDE 10 ⁻⁷ TO 10 ⁻¹¹ CM	12
HORIZONTAL OR VERTICAL DECELERATOR OR ACCELERATOR (WHEELS ON TRACKS, CAR, DROP-TOWER)			RATE OF ACCELERATION UP TO 1400 1/SEC	40g PEAK	3 13 14 15
BLAST TUBE FIELD EXPLOSION					11, 18 5 17
SIREN (AIRBORNE SOUND)			25-100,000 CPS	160-170 DB PE 0.0002 μBAR	
RESPIRATOR			0-15 CPS		19
VIBRATOR (SMALL PISTON)			0-10 MCPS		20 3 21
SHAKER ON CENTRIFUGE	ALTERNATING ϕ FORCE IN ADDITION TO STATIC ϕ FIELD		0-3 CPS		22
HEAD IMPACT MACHINE FOR DUMMY HEADS			DEPENDING ON STRUCTURE STRUCK	IMPACT VELOCITY 140 FT/SEC	23

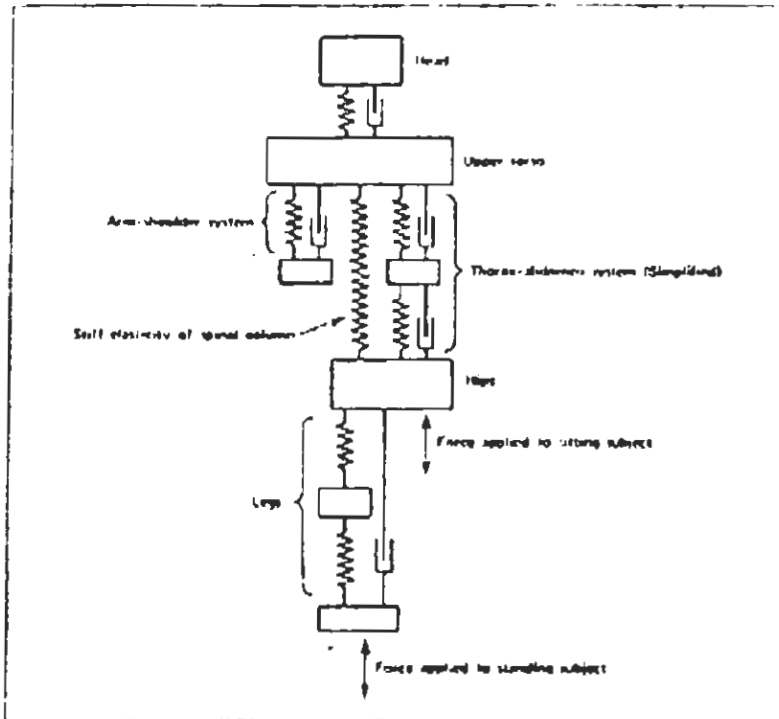
Σχήμα 1.94 Πειραματικά αποτελέσματα των δονήσεων και ταλαντώσεων στον άνθρωπο και τα ζώα.

Αναντικατάστατο στοιχείο των επιθεωρήσεων είναι τα δελτία αναφορών τους. Αυτά πρέπει να απαντούν στις εξής τρεις ερωτήσεις :

- Ποια είναι η αιτία της βλάβης ή του ελαττώματος
- Ποια είναι η πορεία της αποκατάστασης
- Ποιες είναι οι ιδέες για τη βελτίωση της μηχανής, του εξοπλισμού, των μεθόδων επιθεώρησης και των εργαλείων.

Σε μερικά εργοστάσια οι αναφορές υπόκεινται στην κρίση των επισιτών συντήρησης, αλλού στην κρίση του ομαδάρχη των επιθεωρητών και σε σοβαρές περιπτώσεις εγκρίνει ο επικεφαλής της συντήρησης, για θέματα συντονισμού, σοβαρότητας και επείγοντος.

Για ανασφαλής καταστάσεις ή μεγάλες ζημιές ακολουθείται ειδική διαδικασία κατεπείγοντος.



Σχήμα 1.95 Απλοποιημένο μηχανικό σύστημα προσομοίωσης ανθρώπινου σώματος που δέχεται κάθετες ταλαντώσεις.

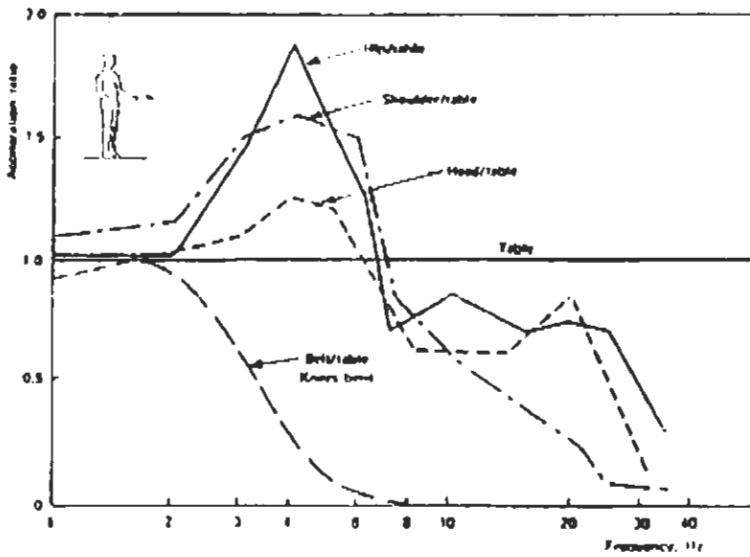
Ο έλεγχος των επιθεωρητών γίνεται από τον επικεφαλής της συντήρησης, είτε δειγματοληπτικά, αν ακολουθούνται οι σωστές διαδικασίες, είτε από την έρευνα που ακολουθεί για απότομη αύξηση βλαβών.

Για παραλείψεις επισκευών ελέγχονται οι αναφορές, με τον κατάλληλο μηχανισμό υπενθύμισης εκτέλεσης των εκκρεμούντων εντολών.

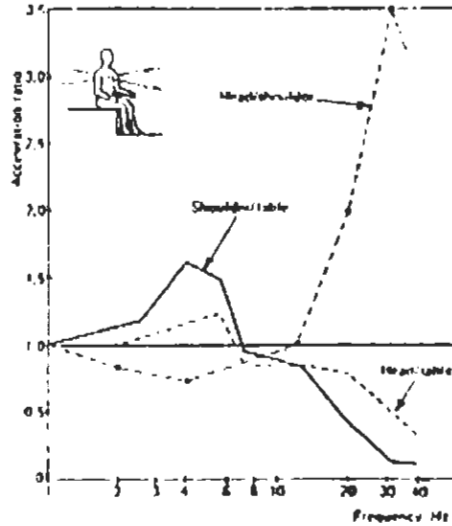
Ένας καλός σχεδιασμός βήμα προς βήμα βοηθά στην αποτελεσματικότητα των εργασιών της συντήρησης.

Σημειώνουμε τα ακόλουθα βήματα :

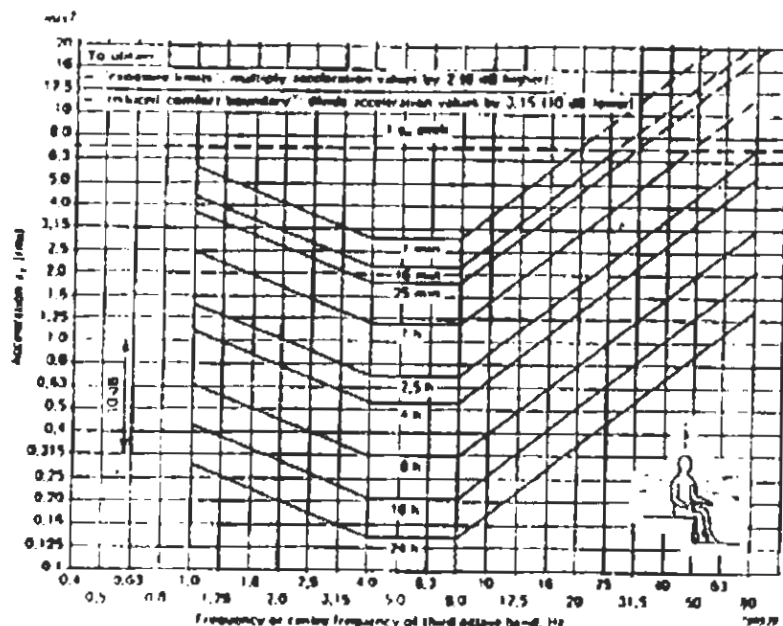
- Μελέτη των μεθόδων επιθεώρησης και σέρβις για καλύτερη και γρηγορότερη εργασία (π.χ. μια κεντρική λίπανση).
- Σχεδιασμός μικρότερων διαδρόμων και έλεγχος σε σειρά διαφόρων λειτουργιών.



Σχήμα 1.96 Μεταδοτικότητα των κάθετων ταλαντώσεων σε διάφορα μέρη του σώματος, ενός όρθιου ατόμου, σε συνάρτηση με την συχνότητα.

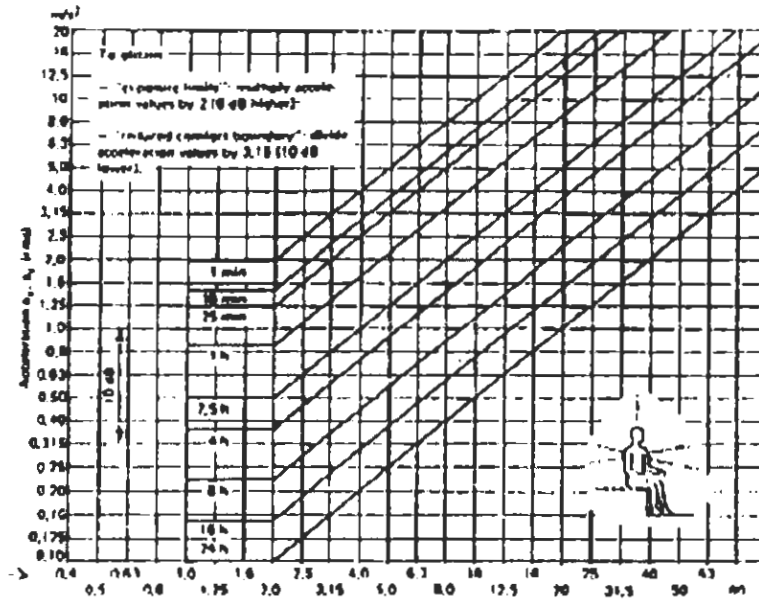


Σχήμα 1.97 Μεταδοτικότητα των κάθετων ταλαντώσεων σε διάφορα μέρη του σώματος, ενός καθιστού ατόμου, σε συνάρτηση με την συχνότητα.

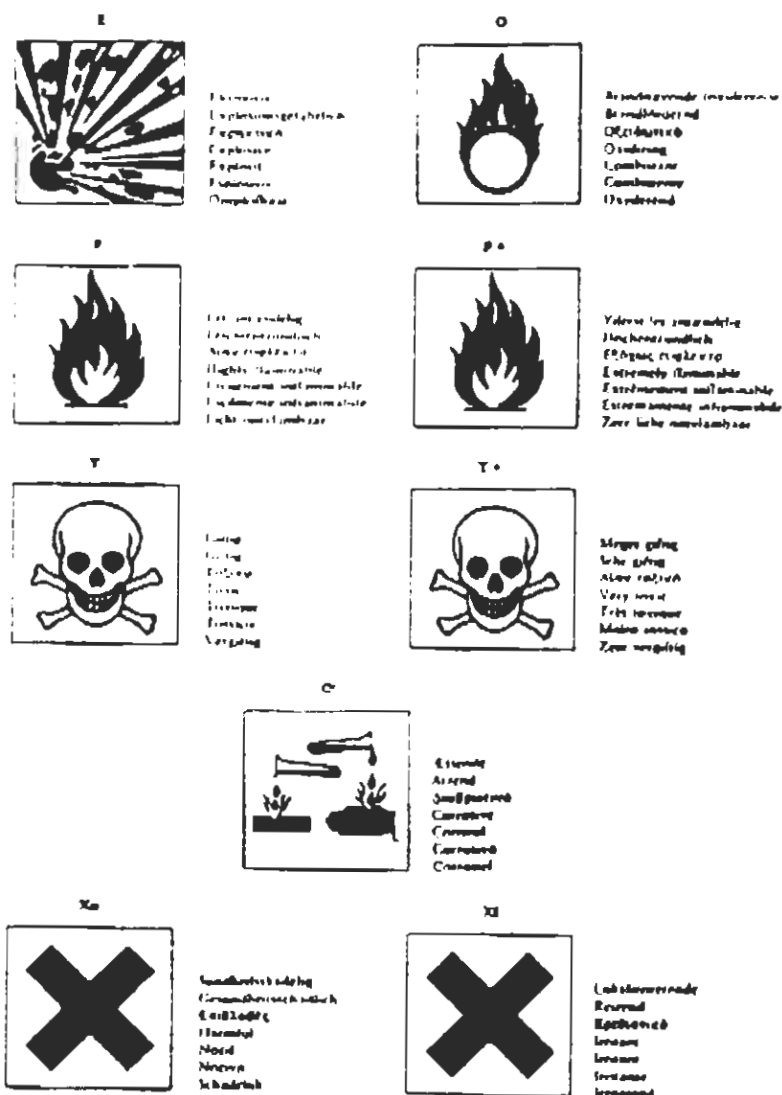


Σχήμα 1.98 Εκθετικές καμπύλες κάθετων ταλαντώσεων που ορίζουν τα ισοδύναμα ελάχιστα όρια κόπωσης του ανθρώπου.

- Σχεδιασμός ασφαλών ενεργειών και αναγκαίου εξοπλισμού.
- Σχεδιασμός γενικών επισκευών για συντόμευση των στάσεων, συνεπάγεται συντονισμό ειδικοτήτων και χρήση προκατασκευασμένων υποκατάστατων.
- Αναθεώρηση των μεγαλύτερων επαναλαμβανόμενων γενικών επισκευών μετά από κάθε ολοκλήρωση, με στόχο τη βελτίωση του σχεδιασμού των επόμενων.
- Πρόβλεψη για καλύτερα εργαλεία ή όργανα δοκιμών.
- Επανασχεδιασμός του εξοπλισμού ώστε να επιταχύνονται οι επιθεωρήσεις.
- Χρησιμοποίηση τεχνητών φυλλαδίων οδηγιών που δεν περιορίζονται μόνο στις οδηγίες επιθεώρησης, αλλά παρέχουν λεπτομερείς υποδείξεις και πρακτικές σχεδόν για κάθε στάδιο. (Εγκατάσταση, λειτουργία, σέρβις, μέτρα ασφαλείας, είδος εργαλείων που πρέπει να χρησιμοποιούνται).



Σχήμα 1.99 Εκθετικές καμπύλες πλαγίων ταλαντώσεων που ορίζουν τα ισοδύναμα ελάχιστα όρια κόπωσης του ανθρώπου.



Σχήμα 1.100 Κατάταξη των χημικών ουσιών σύμφωνα με τους φυσικούς κινδύνους.

Κανονισμοί

Σε πίνακες που ακολουθούν, μπορεί κανείς να δει την ισχύουσα εργατική νομοθεσία, γύρω από θέματα υγιεινής και ασφάλειας στους χώρους εργασίας.

Κεφάλαιο 2

2.1 ΦΟΡΕΙΣ

Οι εδράσεις, οι θεμελιώσεις και τα κελύφη ονομάζονται φορείς. Οι μηχανικοί φορείς καταλαμβάνουν ένα αρκετά σημαντικό τμήμα του συνολικού βάρους των μηχανών. Για παράδειγμα στις μηχανές - εργαλεία καταλαμβάνουν το 70-90% του συνολικού τους βάρους.

Είναι επομένως φανερό ότι η μείωση του βάρους μιας μηχανής, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το υλικό και τις διαστάσεις των μηχανικών φορέων.

Οι φορείς ταξινομούνται με βάση το σχήμα τους και την αρχή λειτουργίας τους στους ακόλουθους δυο τύπους φορέων.

Πίνακας 2.1 Τύποι φορέων.

ΑΠΛΟΙ ΦΟΡΕΙΣ	ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΦΟΡΕΙΣ
Δοκοί	Φέρουσες Κατασκευές
Πλάκες	Μηχανισμοί
Δίσκοι	Αμαξώματα
Κελύφη κ.λ.π	Γέφυρες
	Κελύφη Μηχανών
	Πλαίσια κ.λ.π

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φορέων ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες :

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

ΜΕΤΑΛΛΑ	<ul style="list-style-type: none"> ■ Χάλυβες, χρησιμοποιούνται στα μορφοελάσματα ■ Χυτοσίδηροι ή χυτοχάλυβες ■ Ελαφρά κράματα
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	- Πλαστικά υλικά, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στη συσκευή του τηλεφώνου και στο ταμπλό του αυτοκινήτου.
ΣΥΝΘΕΤΑ	<ul style="list-style-type: none"> ■ Οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν) ■ Μήτρα εποξικής ρητίνης / ίνες

ΕΥΛΑ	- Στην τυπική τους πλειοψηφία οι μηχανικοί φορείς λειτουργούν κάτω από συνθήκες σύνθετης τάσης, όπως για παράδειγμα υποβάλλονται ταυτόχρονα σε λυγισμό, στρέψη και εφελκυσμό.
------	---

Άλλοι επίσης διαχωρισμοί που γίνονται είναι οι εξής :

- **Με βάση το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιούνται:**
 Εδράσεις, πλαίσια, φέρουσες κατασκευές
 Θεμελιώσεις, πλάκες.
 Κελύφη (Κελύφη μηχανών, πυλώνες, κολώνες, υποστηρίγματα, αμαξώματα κλπ)
- **Με βάση τη μορφή τους:**
 Στοιχεία στα οποία η μια διάστασή τους ξεπερνά τις άλλες δύο (έδρανα μηχανών, γλίστρες, κλπ)
 Στοιχεία στα οποία η μια διάστασή τους είναι μικρότερη από τις άλλες δύο (πλάκες, τράπεζες, κλπ)
 Στοιχεία στα οποία όλες οι διαστάσεις τους είναι ίδιες (κελύφη και άλλα παρόμοια στοιχεία).
- **Με βάση τις συνθήκες λειτουργίας:**
 Στατικοί
 Κινητοί
- **Με βάση τη μέθοδο κατασκευής:**
 Χύτευση
 Διέλευση
 Συνδυασμός

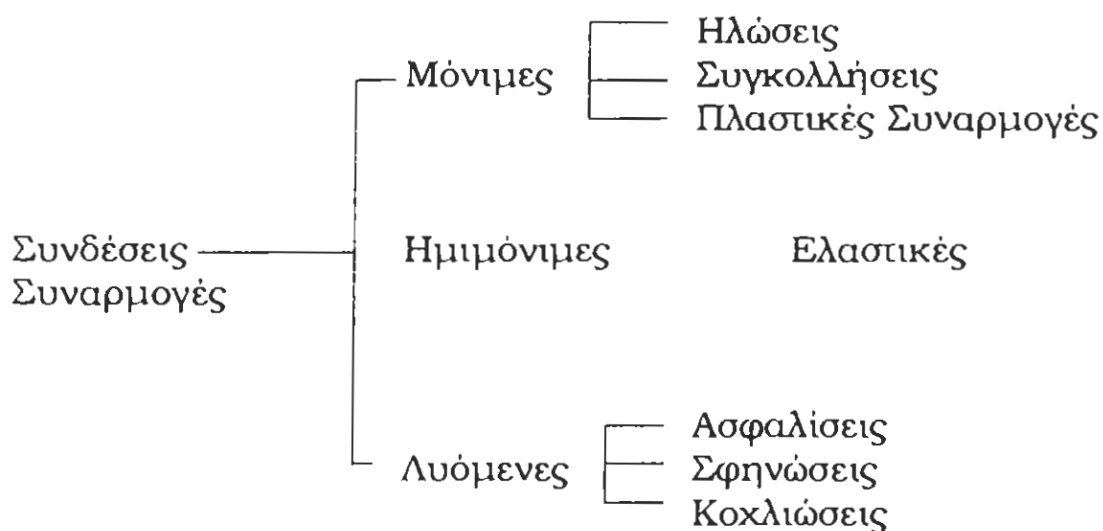
2.1.1 Αστοχίες Φορέων

Οι κυριότερες αστοχίες των φορέων κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες :

- Πλαστική διαρροή
- Υποχώρηση εδράσεων
- Σεισμός
- Συντονισμός - Ταλαντώσεις
- Διάβρωση - Οξείδωση
- Περιβαλλοντική απομείωση

2.1.2 Συνδέσεις

Τα στοιχεία που συνδέουν, στηρίζουν, ασφαλίζουν, αγκυρώνουν ή συσσωματώνουν άλλα στοιχεία λέγονται στοιχεία σύνδεσης και η αντίστοιχη λειτουργία λέγεται σύνδεση. Η ταξινόμησή τους φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.1 Ταξινόμηση συνδέσεων.

2.2 Λίπανση

Με τον όρο **λίπανση** εννοούμε πολύ απλά τη χρήση ενός υλικού για τη βελτίωση της κίνησης ανάμεσα σε δυο επιφάνειες, ενώ το υλικό που χρησιμοποιείται γι' αυτό το σκοπό ονομάζεται **λιπαντικό**.

Τα λιπαντικά είναι συνήθως υγρά, ή ημίρρευστα, αλλά μπορεί ακόμη και να είναι στερεά ή αέρια ή ακόμη και συνδυασμός υγρών στερεών και αερίων.

Έτσι με τη χρήση των λιπαντικών περιορίζουμε ή ελέγχουμε την αναπτυσσόμενη τριβή με αποτέλεσμα να αποτρέπουμε την φθορά την υπερθέρμανση και τη διάβρωση των επιφανειών που έρχονται σε επαφή.

Στην πραγματικότητα δυο στερεές επιφάνειες που αγγίζουν η μια την άλλη έρχονται σε επαφή μόνο στις αιχμές των ανωμαλιών που παρουσιάζονται λόγω της τραχύτητας των επιφανιών τους.

Οι λειτουργίες των λιπαντικών συνοψίζονται παρακάτω :

- Απομακρύνουν την σκόνη
- Μεταφέρουν την ισχύ
- Απομακρύνουν την θερμότητα
- Προφυλάσσουν από οξείδωση
- Μειώνουν τη φθορά

2.2.1 Είδη λίπανσης

Υγρή λίπανση

Ο τρόπος με τον οποίο τα υγρά λιπαίνουν, εξηγείται πολύ απλά θεωρώντας ένα σύστημα άξονα - ρουλεμάν.

Καθώς ο άξονας περιστρέφεται στο ρουλεμάν το λιπαντικό λάδι εισέρχεται στη περιοχή καταπόνησης με αποτέλεσμα η πίεση και ο όγκος του λαδιού να αυξάνονται.

Η πίεση τότε αυξάνεται και έτσι το πάχος του φιλμ λαδιού εξαρτάται από την ταχύτητα του άξονα και το ιξώδες του λιπαντικού.

Υδροδυναμική λίπανση

Υδροδυναμική λίπανση απλά σημαίνει εκείνη η λίπανση που επιτυγχάνεται με την κίνηση ενός υγρού. Για την περίπτωση του απλού άξονα με το ρουλεμάν η περιστροφή του άξονα οδηγεί το λιπαντικό μέσα στην περιοχή καταπόνησης.

Έτσι η καταπόνηση περιορίζεται σε εκείνο το σημείο στο οποίο οι επιφάνειες του άξονα και του ρουλεμάν είναι κοντά η μια στην άλλη και η είσοδος σε αυτή θυμίζει στη μορφή μια καμπυλόμορφη σφήνα.

2.2.2 Η επιλογή του λιπαντικού

Τα λιπαντικά διακρίνονται στους ακόλουθους βασικούς τύπους:

- **Λάδια:** Με τον όρο αυτό καλύπτουμε όλα τα υγρά λιπαντικά, όπως για παράδειγμα τα ορυκτέλαια, τα φυσικά λάδια, τα συνθετικά ή τα εμπλουτισμένα.
- **Γράσα:** Τεχνικά, αυτά είναι λάδια που περιέχουν ένα συμπυκνωτικό παράγοντα που τα κάνει ημιστερεά.
- **Στεγνά λιπαντικά:** Περιέχουν όλα τα λιπαντικά σε στερεή μορφή.
- **Αέρια:** Το αέριο που συνήθως χρησιμοποιείται στα ρουλεμάν αερίου είναι ο αέρας, αλλά και οποιαδήποτε άλλο που δεν διαβρώνει το ρουλεμάν.

2.2.3 Μέθοδοι Λίπανσης

Οι κυριότερες μέθοδοι λίπανσης είναι:

- Λίπανση με λίπος
- Λίπανση με λάδι

Πρέπει να τονίσουμε ότι η σημαντικότερη ιδιότητα των λιπαντικών είναι το **ιξώδες**. Με τον όρο ιξώδες ορίζουμε το βαθμό δυσκολίας που έχει στο να ρέει ένα υγρό. Καταλαβαίνουμε λοιπόν, ότι ανάλογα με τις απαιτήσεις σε λίπανση, επιλέγουμε εκείνο το λιπαντικό με το επιθυμητό ιξώδες.

Στο λιπαντικό αναπτύσσεται μια κατανομή πίεσης, μέσω του οποίου παραλαμβάνονται τα αναπτυσσόμενα φορτία με αποτέλεσμα την απρόσκοπτη λειτουργία της μηχανής.

2.2.4 Συντήρηση Λιπαντικών

Οι επιδράσεις της αποσύνθεσης των λιπαντικών έχουν σαν συνέπεια τα εξής παρακάτω δυσάρεστα αποτελέσματα:

- Την οξείδωση, που οδηγεί σε διάβρωση
- Οξείδωση, εξάτμιση και μόλυνση, που αλλάζουν το ιξώδες, με αποτέλεσμα να έχουμε προβλήματα ροής ή αστοχίας του λιπαντικού
- Δημιουργία στερεών ουσιών που προκαλούν γδάρισμα των ρουλεμάν ή των γραναζιών, μπλοκάρισμα των φίλτρων ή ελάτπωση του ιξώδους

Έτσι λοιπόν οφείλουμε να ελέγχουμε τα λιπαντικά και να τα αντικαθιστούμε όταν αυτά παρουσιάζουν τα παρακάτω γενικά γνωρίσματα:

- Μαύρα λάδια ή σκοτεινότερου χρώματος από τα αντίστοιχα καινούργια

- Μειωμένη ροή των λιπαντικών από εκείνη των αντίστοιχων καινούριων
- Παρουσία καφέ σημαδιών ή μαύρο φιλμ βερνικιού στα κινούμενα μέρη
- Διάβρωση των μεταλλικών μερών
- Δυνατή ή δυσάρεστη μυρωδιά
- Λάδια με υφή σαν λάσπη

2.2.5 Διαχείριση των Παλιών Λιπαντικών

Η διαδικασία αποθήκευσης των χρησιμοποιούμενων λιπαντικών εξαρτάται από τον όγκο και τους τύπους των λιπαντικών που εμπλέκονται.

Γι' αυτό κατάλληλα μέσα αποθήκευσης έχουν επινοηθεί σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2 Μοντέλο για την συλλογή των διαρρέοντων λαδιών.

Σκοπός τους είναι η προστασία του περιβάλλοντος καθώς και η επαναχρησιμοποίησή τους, η οποία αποφέρει σημαντικά οικονομικά κέρδη.

2.2.6 Γράσα

Η πιο σημαντική ιδιότητα των γράσων είναι η ημιστερεά φύση τους. Έτσι τα γράσα ποικίλουν από πολύ μαλακά (κρέμες), ή ημίρρευστα, σε πολύ σκληρά και η αντίστοιχη σκληρότητα ή μαλακότητά τους ονομάζεται **συνοχή**.

2.2.7 Προτερήματα και Ελαττώματα των Γράσων

Τα κυριότερα προτερήματα των γράσων είναι ότι αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τα παρακάτω προβλήματα:

- Το πρόβλημα διακοπής - έναρξης του μηχανήματος
- Τη συμπίεση του φιλμ του λιπαντικού
- Τα προβλήματα στεγανότητας
- Τη τροφοδοσία του πλεονάζοντος λιπαντικού
- Την αποσύνθεση
- Τη δημιουργία στερεών ουσιών

Τα κυριότερα ελαττώματα των γράσων είναι τα εξής:

- Μειώνουν τη μεταφορά θερμότητας / ψύξης
- Θέτουν περιορισμούς στην ταχύτητα του ρουλμάν
- Έχουν μικρή σταθερότητα αποθήκευσης
- Στερούνται ομοιογένειας
- Παρουσιάζουν μικρή αντίσταση στην οξείδωση

2.2.8 Στεγανοποίηση

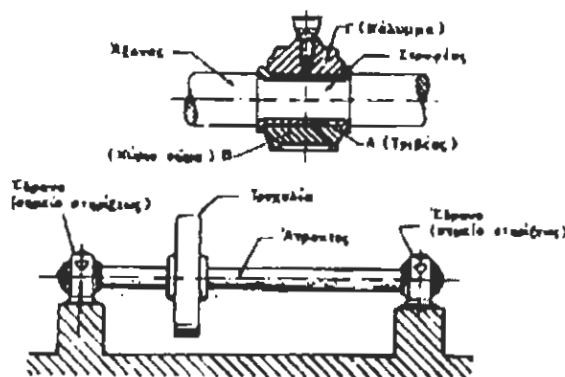
Με τον όρο στεγανοποίηση εννοούμε τη διαδικασία που ακολουθούμε για να αποτρέψουμε την διαρροή ενός ρευστού από ένα μέρος σε ένα άλλο.

Τα κυριότερα είδη στεγανοποίησης είναι:

- Στατική στεγανοποίηση
- Ημιστατική στεγανοποίηση
- Περιστρεφόμενη στεγανοποίηση
- Περιστροφική στεγανοποίηση

2.2 ΕΔΡΑΝΑ ΚΑΙ ΕΔΡΑΣΕΙΣ

Τα **έδρανα** σχήμα 2.3 είναι τα στοιχεία της μηχανής στα οποία στηρίζονται οι άτρακτοι και επιτυγχάνεται έτσι η περιστροφή και η ταλάντωσή τους. Επιπλέον με αυτά μεταβιβάζονται στο έδαφος ή σε άλλες κατασκευές οι δυνάμεις που εφαρμόζονται στις ατράκτους.



Σχήμα 2.3 Έδρανα

Τα έδρανα κατατάσσονται:

- Ανάλογα με τη θέση των ατράκτων σε εγκάρσια και αξονικά. Οι οριζόντιες άτρακτοι στηρίζονται σε εγκάρσια έδρανα, ενώ οι κατακόρυφες άτρακτοι σε αξονικά.
- Ανάλογα με το είδος της τριβής που αναπτύσσονται σε αυτά διακρίνονται σε έδρανα ολίσθησης και έδρανα κύλισης
- Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους χαρακτηρίζονται σε έδρανα αυτορρυθμιστα και έδρανα σταθερά

Στα έδρανα ολίσθησης αναπτύσσεται κατά την περιστροφή της ατράκτου τριβή ολίσθησης. Στα έδρανα κύλισης αντίθετα αναπτύσσεται τριβή κύλισης.

Ένα έδρανο αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Ο τριβέας Α (κοινά μαξιλάρι) το οποίο είναι ένα κυλινδρικό σώμα με οπή στο μέσο που συνήθως αποτελείται από δυο μέρη
- Το σώμα Β επάνω στο οποίο στερεώνεται ο τριβέας
- Το κάλυμμα Γ που αποτελεί το πάνω μέρος του σώματος του εδράνου
- Οι κοχλίες σύσφιξης Δ οι οποίοι ενώνουν σε ένα σώμα, το κάλυμμα του τριβέα και το κυρίως σώμα
- Η πλάκα έδρασης Ζ επάνω στην οποία τοποθετείται το έδρανο
- Το σύστημα λίπανσης

Ως υλικό του τριβέα στα έδρανα ολίσθησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

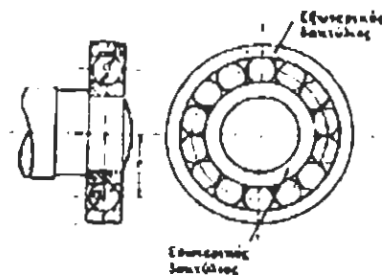
- Χυτοσίδηρος
- Μπρούτζος ή κράμα από ορείχαλκο και ψευδάργυρο
- Λευκό μέταλλο (WIM)
- Κράμα μολύβδου - ορειχάλκου
- Ελατά ή συμπιεστά ή ολκωτά κράματα
- Μη μέταλλα

2.3.1 Έδρανα Ολίσθησης και Έδρανα Κύλισης

Έδρανα ολίσθησης

Τα έδρανα αυτά διαιρούνται σε έδρανα που ολισθαίνουν σε πλήρη επιφάνεια και σε έδρανα που ολισθαίνουν σε επιφάνεια δακτυλιδιού.

Για εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη κατανομή της αξονικής πίεσης στις επιφάνειες επαφής πρέπει ο άξονας των δυνάμεων να **συμπίπτει** με τον άξονα του στροφέα, οι δε επίπεδες επιφάνειες ολίσθησης να είναι **κάθετες** προς τον άξονα περιστροφής. Ένας τέτοιος τύπος εδράνου φαίνεται στο σχήμα 2.4



Σχήμα 2.4 Έδρανο ολίσθησης (τύπος αξονικός)

Η επιφάνεια που παραλαμβάνει τις πιέσεις (τριβέας) ακινητοποιείται στη βάση του εδράνου με δυο πείρους. Για τον τύπο αυτό των εδράνων η επιφάνεια έδρασης κατασκευάζεται από σκληρό κάλυβα.

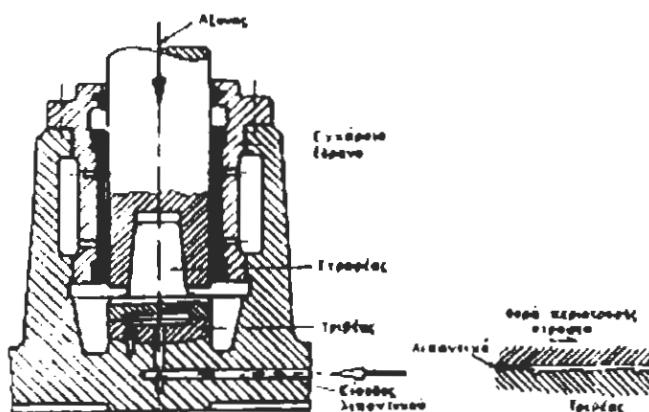
Η λίπανση τους είναι υδροδυναμική, που σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ο άξονας κολυμπά σε λεπτό φιλμ λιπαντικού, με συνέπεια την ελάχιστη τριβή και διάβρωση.

Να σημειωθεί ότι το ελάχιστο πάχος λιπαντικού δεν είναι το ίδιο με τη χάρη του εδράνου. Το πρώτο είναι της τάξης μερικών χιλιοστών της ίντσας, ενώ το δεύτερο της τάξης του δεκάκις χιλιοστού της ίντσας. Τα έδρανα ολίσθησης μπορεί να έχουν άπειρη διάρκεια ζωής, με την προϋπόθεση να συντηρούνται σωστά. Όταν η αντικατάσταση κριθεί αναγκαία, η εφαρμογή των σωστών διαδικασιών θα εξασφαλίσει παρατεταμένη διάρκεια ζωής των κομματιών, που αντικαθίστανται.

Έδρανα κύλισης

Στα έδρανα αυτά βασικό χαρακτηριστικό είναι η αντικατάσταση της τριβής ολίσθησης με την τριβή κύλισης. Ο τριβέας στα έδρανα αυτά αποτελείται από δύο ομόκεντρους δακτυλίους, έναν **εξωτερικό** και έναν **εσωτερικό**, των οποίων το ενδιάμεσο διάστημα τοποθετούνται **σφαίρες, ή κύλινδροι, ή βαρελάκια**.

Με την κύλιση αυτών αναπτύσσεται επάνω στους δακτυλίους η τριβή κύλισης. Ο ένας από τους δυο δακτυλίους σχήμα 2.5 του τριβέα μένει σταθερός ενώ ο δεύτερος περιστρέφεται. Με την περιστροφή του παρασύρει και τις σφαίρες που παρεμβάλλονται, οι οποίες αρχίζουν έτσι να κυλούν επάνω στην εσωτερική επιφάνεια του σταθερού δακτυλίου.

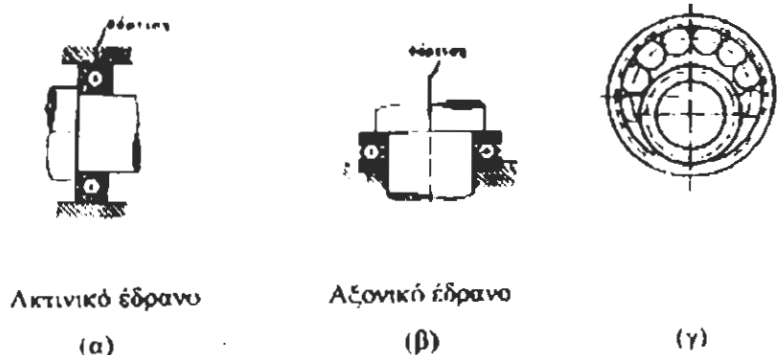


Σχήμα 2.5 Έδρανο κύλισης

Η τριβή κύλισης όπως γνωρίζουμε, είναι πολύ μικρότερη από την τριβή ολίσθησης και γι' αυτό προσπαθούμε τα έδρανα ολίσθησης με τα έδρανα κύλισης, για να έχουμε μικρότερες απώλειες σε ενέργεια και τα μηχανήματά μας να εργάζονται με καλύτερη απόδοση.

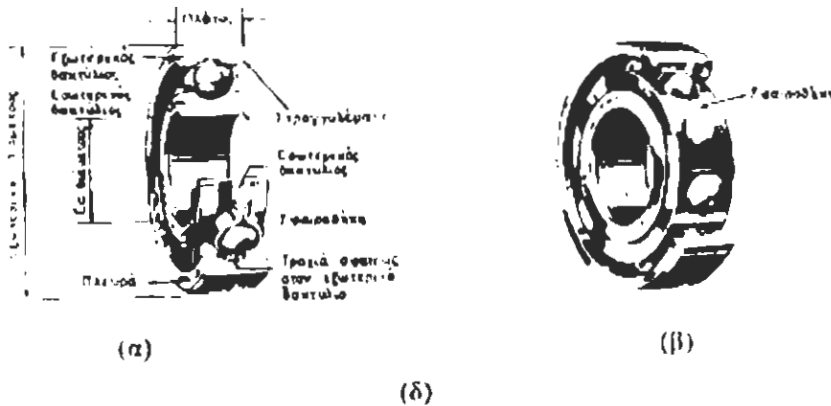
Όπως στα έδρανα ολίσθησης, έτσι και εδώ έχουμε έδρανα διαφόρων τύπων. Οι τύποι αυτοί χαρακτηρίζονται από το είδος του τριβέα που περιέχουν. Έτσι τα έδρανα κύλισης διακρίνονται σε:

- **Ακτινικά** που χρησιμοποιούνται για οριζόντιες ατράκτους και γενικότερα για ατράκτους που μεταβιβάζουν τις πιέσεις κατά τη διεύθυνση της ακτίνας του ρουλεμάν σχήμα 2.6α.



Σχήμα 2.6 Περιπτώσεις α, β, γ .

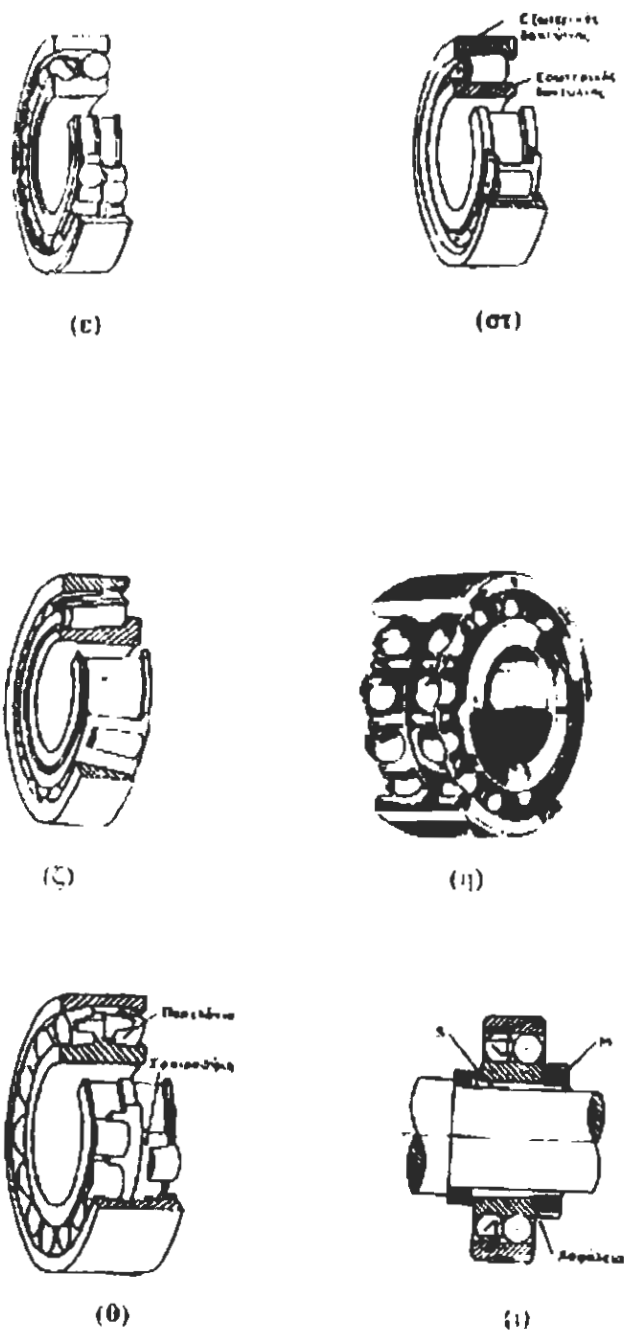
- **Αξονικά** τα οποία χρησιμοποιούνται για κατακόρυφες ατράκτους ή γενικότερα για ατράκτους που παραλαμβάνουν και δυνάμεις κατά την κατεύθυνση του άξονα της ατράκτου σχήμα 2.6β.



Σχήμα 2.7 Περίπτωση δ.

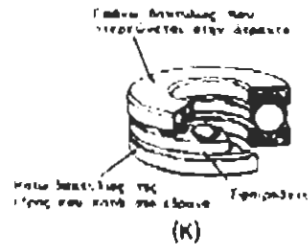
Τα ακτινικά ρουλεμάν διακρίνονται σε:

- Μονόσφαιρα σχήμα 2.7δα.
- Μονόσφαιρα ρουλεμάν με πλάγια επαφή σχήμα 2.7 δβ.
- Δίσφαιρα αυτορυθμιζόμενα ρουλεμάν σχήμα 2.8 ε.
- Μονοκύλινδρα ρουλεμάν σχήμα 2.8 στ.
- Κωνικά ρουλεμάν σχήμα 2.8 ζ.
- Δίσφαιρα σταθερά ρουλεμάν με πλάγια επαφή σχήμα 2.9
- Δικύλινδρα αυτορρυθμιζόμενα ρουλεμάν σχήμα 2.8 θ.
- Ρουλεμάν με σφιγκτήρα σχήμα 2.8 ι.



Σχήμα 2.8 Περιπτώσεις ε, στ, ζ, η, θ και ι.

Τα απλά αξονικά ρουλεμάν σχήμα 2.9 αποτελούνται από δυο δακτυλίους (ροδέλες) και μια σειρά από σφαίρες που συγκρατούνται μέσα σε μια σφαιροθήκη. Τα απλά αξονικά ρουλεμάν αναλαμβάνουν μόνο αξονικά φορτία απλής διευθύνσεις.

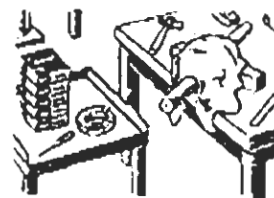


Σχήμα 2.9 Περίπτωση κ.

2.3.2 Αρχές Λειτουργίας

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται και να εφαρμόζονται προσεκτικά για τη σωστή συντήρηση και λειτουργία των εδράνων, είναι τα ακόλουθα:

- Όταν σταματούμε την εργασία μας για μερικές ώρες ή την αφήνουμε για την επόμενη ημέρα, πρέπει να την καλύπτουμε. Ξανατυλίγουμε το κάθε έδρανο, ώστε να το διατηρούμε καθαρό και υγρό. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε λαδόκολλα. Αν δεν προσέξουμε ώστε να τηρούνται οι παραπάνω κανόνες κατά τη διάρκεια της συντήρησης και εγκατάστασης των εδράνων, αυτά δεν θα κρατήσουν πολύ σχήμα 2.10.



Σχήμα 2.10 Κανόνας 1^{ος}

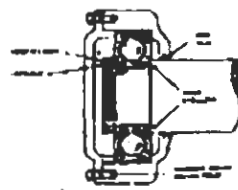
- Το τι τύπου λιπαντικό θα χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας, που δίνονται από τον κατασκευαστή. Όταν χρησιμοποιείται λάδι, αυτό καλύπτει περίπου το μισό της σφαίρας ή του κυλίνδρου. Χρησιμοποιείται ακόμα και ένας μετρητής λαδιού, πράγμα που γίνεται μόνο όταν το έδρανο

βρίσκεται στη φάση λειτουργίας. Αυτό βοηθά στο να υπολογίσουμε πόσο επιπλέον λάδι χρειάζεται σχήμα 2.11.



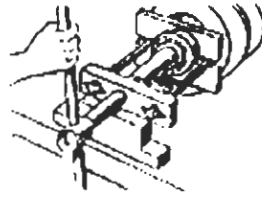
Σχήμα 2.11 Κανόνας 2^{ος} .

- Σιγουρευόμαστε ότι το έδρανο εναρμονίζεται και συνδέεται σφικτά με την άτρακτο. Το ασφαλίζουμε με φλάντζα και ροδέλα. Οι στεγανές επικαλύψεις πρέπει να είναι σφικτές για να κρατούν τη λίπανση και να μην επιτρέπουν την είσοδο της βρωμιάς. Αφού συνδέσουμε το έδρανο πρέπει να το τοποθετούμε. Το ελεύθερο έδρανο πρέπει να κεντράρεται σε κάθε στεγανό, ώστε να επιτρέπει τη διαστολή και τη συστολή της άτρακτου σχήμα 2.12.



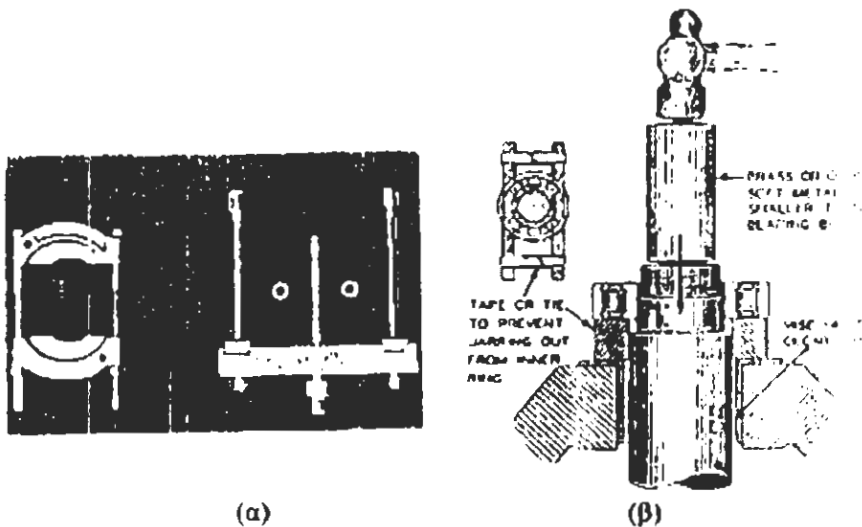
Σχήμα 2.12 Κανόνας 3^{ος} .

- Δια να απομακρύνουμε ένα έδρανο από τον άξονα, αποσπούμε το εσωτερικό δακτύλιο με πίεση ή τραβούμε την μπάρα και το δίσκο. Ο άξονας πρέπει να είναι μικρότερος από τον εσωτερικό δακτύλιο, ώστε να είμαστε σίγουροι για την αποσυναρμολόγηση σχήμα 2.13



Σχήμα 2.13 Κανόνας 4^{ος} .

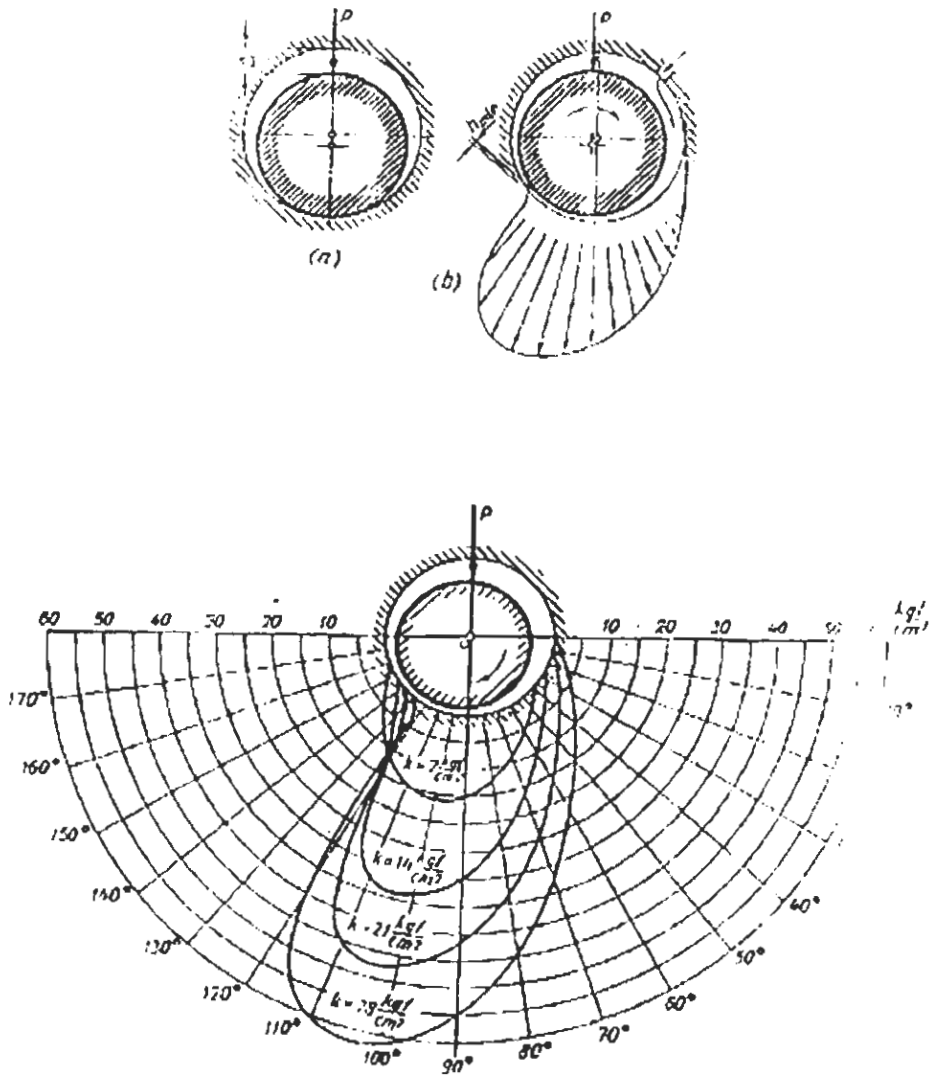
- Μια σειρά από εξωλκείς είναι διαθέσιμοι για το σκοπό αυτό, ώστε να αποφεύγεται τυχόν βλάβη του εδράνου σχήμα 2.14.



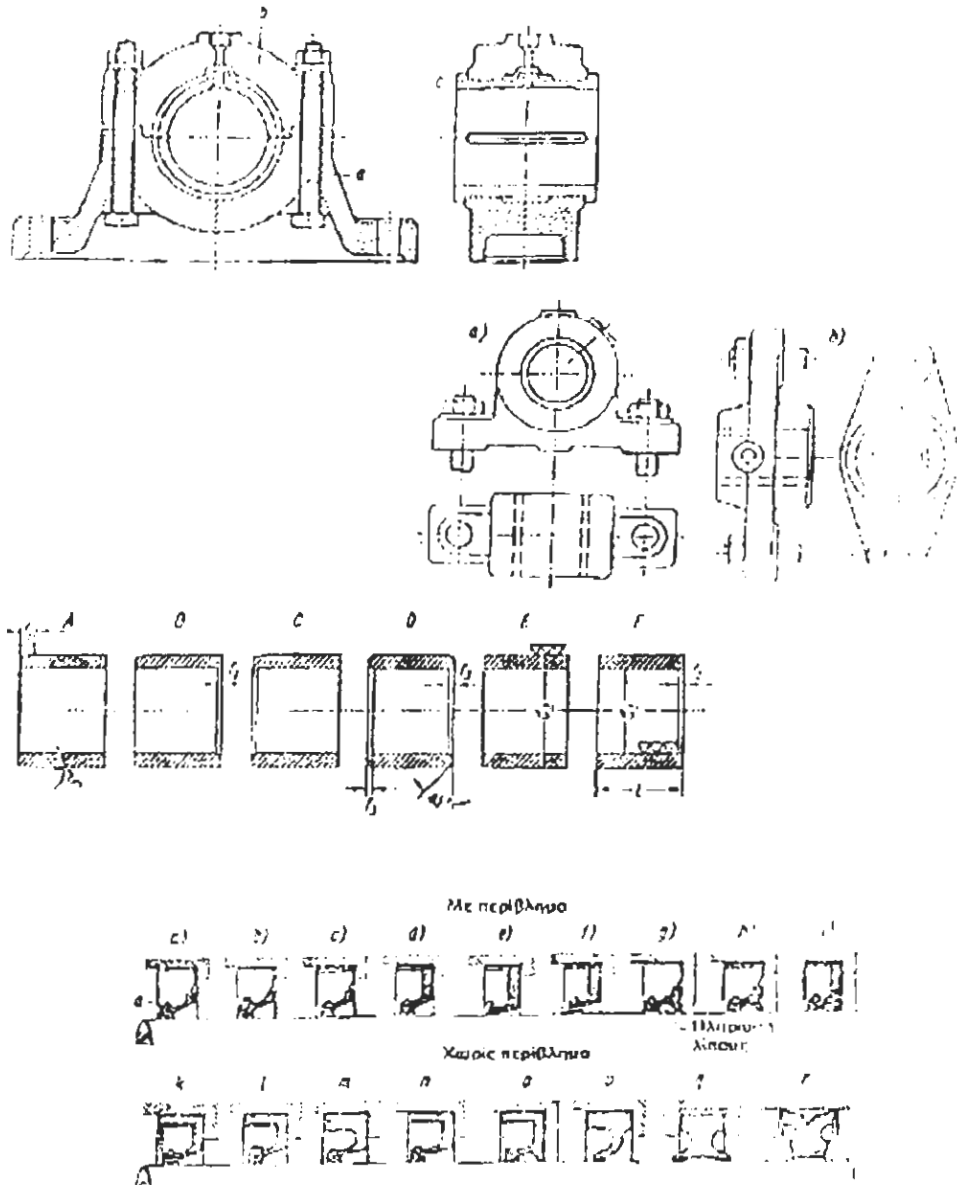
Σχήμα 2.14 α) Τυπικοί εξωλκείς εδράνων β) Μέθοδος εξαγωγής οδηγού άξονα από το έδρανο.

2.3.3 Ταξινόμηση - Τυποποίηση

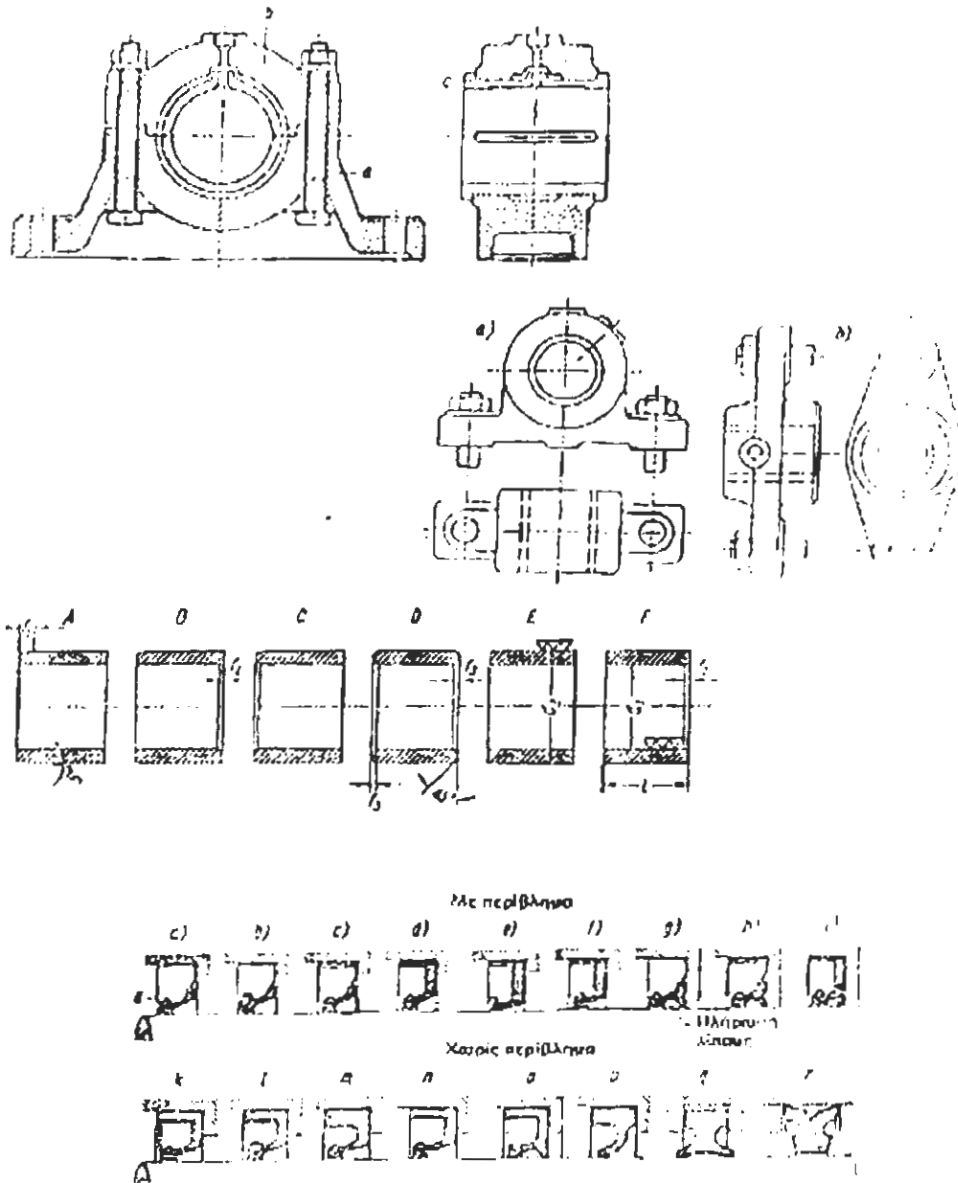
Ορισμένοι τύποι εδράνων κύλισης και ολίσθησης παραθέτονται στα σχήματα 2.15, 2.16, 2.17 και 2.18.



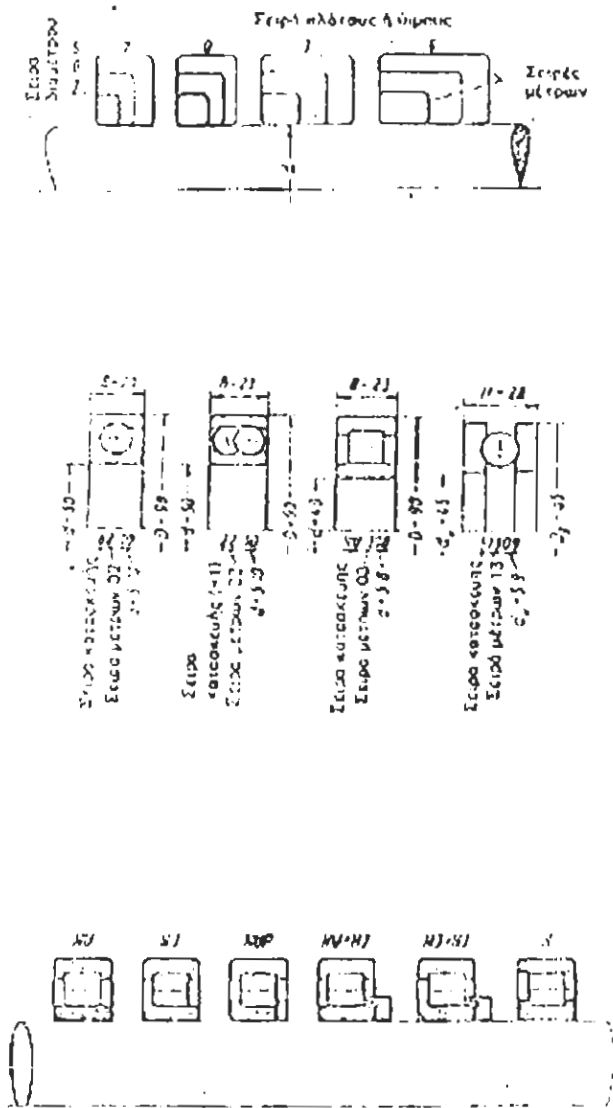
Σχήμα 2.15 Έδρανα ολίσθησης.



Σχήμα 2.16 τυποποίηση εδράνων ολίσθησης και στεγανωτικοί δακτύλιοι.



Σχήμα 2.17 Τύποι εδράνων κύλισης.



Σχήμα 2.18 Τυποποίηση εδράνων κύλισης.

2.3.4 Ορθή Συναρμολόγηση

Τα έδρανα συχνά αντικαθίστανται είτε λόγω φθοράς ή λόγω μερικής καταστροφής τους οπότε δεν είναι σε θέση να λειτουργήσουν όσο εντατικά απαιτείται.

Αν η αντικατάσταση γίνει χωρίς να εντοπισθεί η αιτία του προβλήματος, το πιθανότερο είναι ότι το νέο κομμάτι θα καταστραφεί από την ίδια την αιτία.

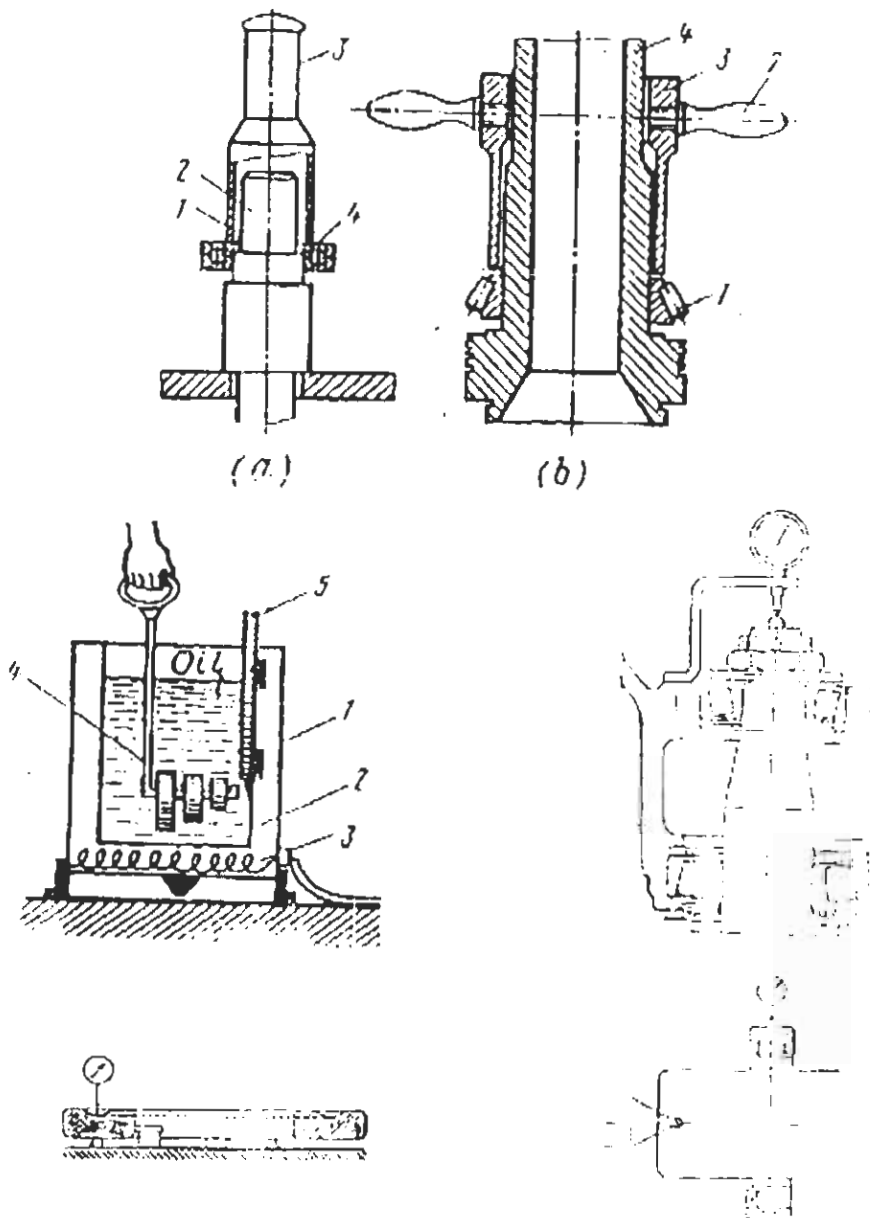
Η αποσυναρμολόγηση μιας μηχανής προκειμένου να εξετασθούν τα έδρανα προϋποθέτει δύο πολύ σημαντικά πράγματα.

Πρώτον, η εργασία πρέπει να γίνει σε πολύ καθαρό περιβάλλον διότι η σκόνη είναι θανάσιμος εχθρός των εσωτερικών της μηχανής.

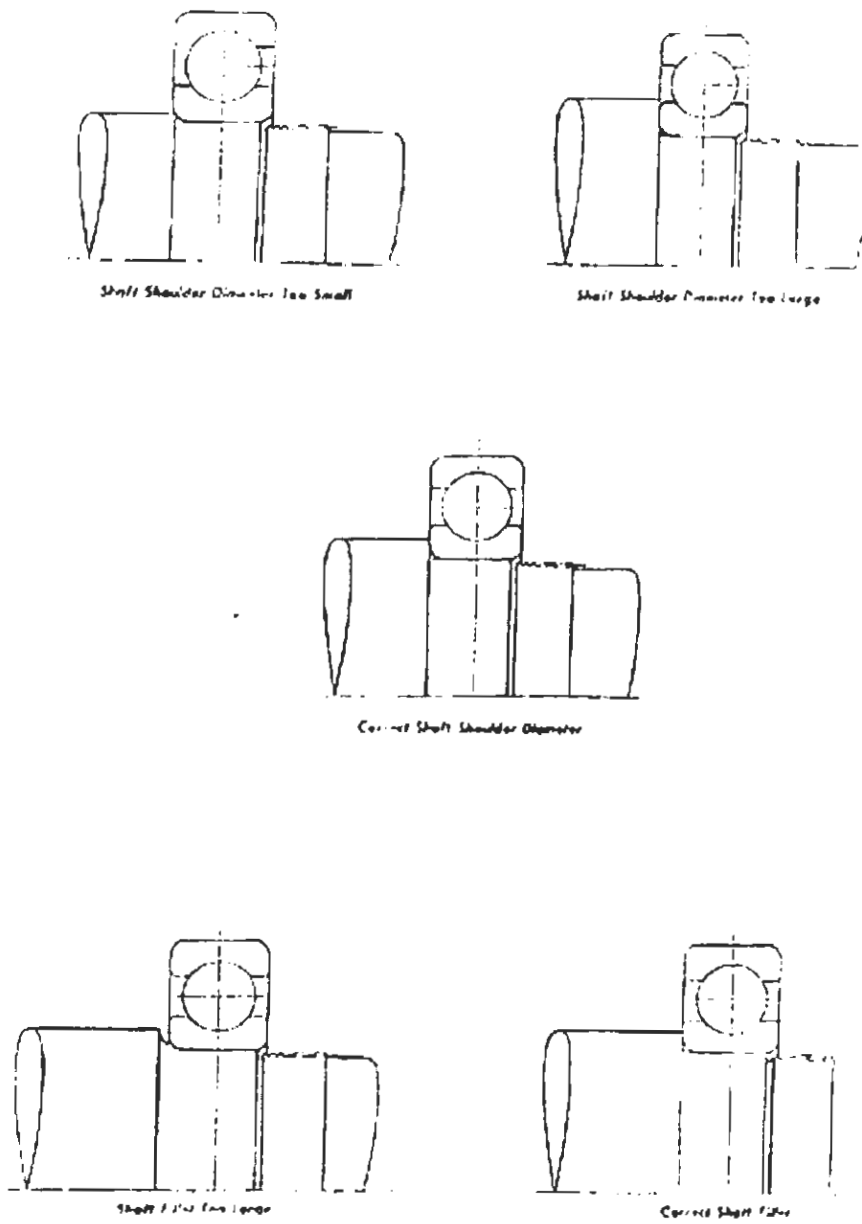
Δεύτερον, η αποσυναρμολόγηση πρέπει να γίνει με σειρά και όλα τα κομμάτια που λύνονται πρέπει να τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο και με σημάδια πάνω τους, ώστε η συναρμολόγηση να γίνει σωστά χωρίς να περισσέψουν κομμάτια.

Στο σχήμα 2.19 δίνονται ορισμένα παραδείγματα συναρμολόγησης και ανοχών που πρέπει να τηρούνται στα έδρανα.

Στο σχήμα 2.20 απεικονίζονται ορισμένα είδη συναρμογών με άξονα.



Σχήμα 2.19 Συναρμολόγηση και ανοχές.



Σχήμα 2.20 Συναρμογή εδράνων με άξονα.

2.3.5. Αστοχίες

Οι κυριότερες αστοχίες των εδράνων οφείλονται στους παρακάτω λόγους :

- Παρουσία σκόνης ή ξένων σωμάτων
- Ακατάλληλη λίπανση
- Λανθασμένη κατεργασία αξόνων και φωλεών
- Λανθασμένη στήριξη

2.3.6. Λίπανση Εδράνων

Ο κύριος σκοπός της λίπανσης των εδράνων, είναι ο διαχωρισμός των επιφανειών που έρχονται σε επαφή κύλισης και ολίσθησης.

Αυτό δε επιτυγχάνεται πάντα, με αποτέλεσμα να υπάρχει οριακή λίπανση και μερική επαφή μετάλλου με μέταλλο. Τα κυριότερα λιπαντικά είναι παράγωγα του πετρελαίου σε μορφή γράσου ή υγρού ελαίου.

Υπάρχουν όμως και συνθετικά λιπαντικά, που χρησιμοποιούνται κύρια σε εφαρμογές με υψηλές θερμοκρασίες.

2.4. ΕΛΕΓΚΤΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Οι άξονες συνήθως δεν κατασκευάζονται σε πολύ μεγάλα μήκη επειδή υπάρχει κίνδυνος να στρεβλωθούν κατά τη μεταφορά τους.

Συνηθισμένο μήκος για άξονες διαμέτρου από 30 έως 35 mm είναι τα 4 έως 6 m, ενώ το μήκος σε άξονες άνω των 50 mm φθάνει τα 7 m .

Παρουσιάζεται λοιπόν πολλές φορές η ανάγκη να συνδεθούν δύο άξονες κατά μήκος, έτσι που να είναι δυνατή η μεταφορά της ροπής στρέψης σε μεγαλύτερο μήκος. Η σύνδεση αυτή γίνεται πάντοτε μετωπικά και με τη χρήση *συνδέσμων, συμπλεκτών και φρένων*.

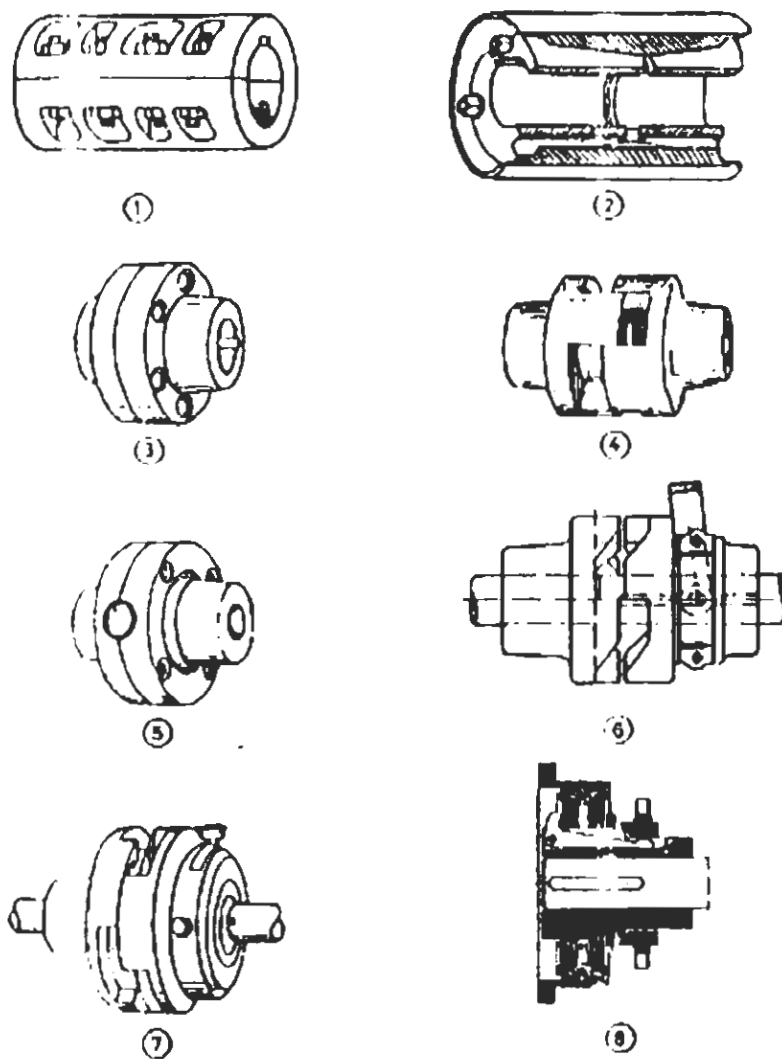
ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ: Ο ένας άξονας κινεί τον άλλον και η σύνδεση ή είναι μόνιμη ή μπορεί να λυθεί, μόνο όταν σταματήσουμε τη μηχανή.

ΣΥΜΠΛΕΚΤΗΣ: Ο ένας άξονας κινεί τον άλλον και η σύνδεση πρέπει να λύνεται με τηλεχειρισμό και όταν οι άξονες περιστρέφονται.

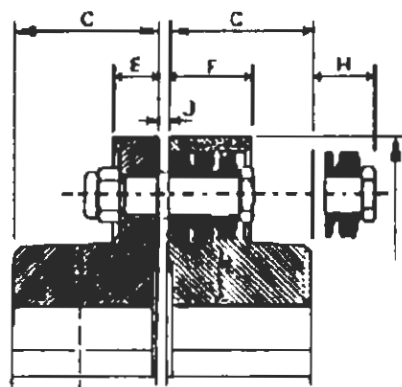
ΦΡΕΝΟ: Όταν ο ένας άξονας είναι κινούμενος και ο άλλος ακίνητος, ένας συνδετικός συμπλέκτης όταν ενεργοποιηθεί τείνει βέβαια να σταματήσει το κινούμενο τροχό.

Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετεί η σύνδεση, οι χρησιμοποιούμενοι σύνδεσμοι διακρίνονται σε:

- ΣΤΑΘΕΡΟΥΣ
- ΚΙΝΗΤΟΥΣ
- ΛΥΟΜΕΝΟΥΣ
- ΕΛΑΣΤΙΚΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ



Σχήμα 2.21 Είδη συνδέσμων. 1.Κυλινδρικός κελυφωτός, 2.Τύπου Σέλλερς, 3.Δισκοειδής, 4.Κινητός με δόντια, 5.Σταυροειδής τύπου Καρντάν, 6,7.Λυόμενος, 8.Λυόμενος τριβής.



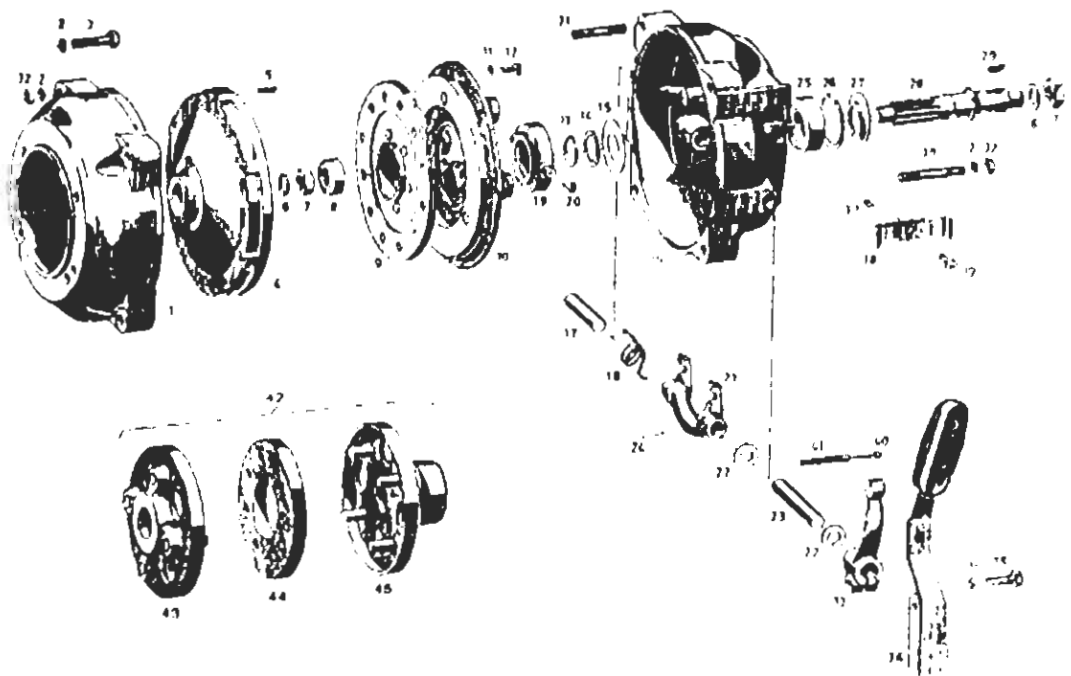
Σχήμα 2.22 Ελαστικός σύνδεσμος

2.4.1. Συμπλέκτες και φρένα

Μεταξύ μιας κινητήριας ατράκτου και μιας κινούμενης παρεμβάλλεται ένας λυόμενος σύνδεσμος ή *συμπλέκτης* για να συμπλέκει και να αποσυμπλέκει την κινούμενη άτρακτο, χωρίς να διακόπτεται η κίνηση της κινητήριας ατράκτου.

Ο *μηχανικός συμπλέκτης* είναι κατά κύριο λόγο ένα προϊόν της βιομηχανίας του αυτοκινήτου. Ειδικότερα χρησιμοποιείται στις μηχανές εσωτερικής καύσης, οι οποίες δεν ξεκινούν υπό φορτίο. Η πιο διαδεδομένη κατηγορία συμπλεκτών είναι οι *συμπλέκτες τριβής*.

Στο σχήμα 2.23 δείχνεται ένας αποσυναρμολογημένος συμπλέκτης με όλα τα εξαρτήματά του.

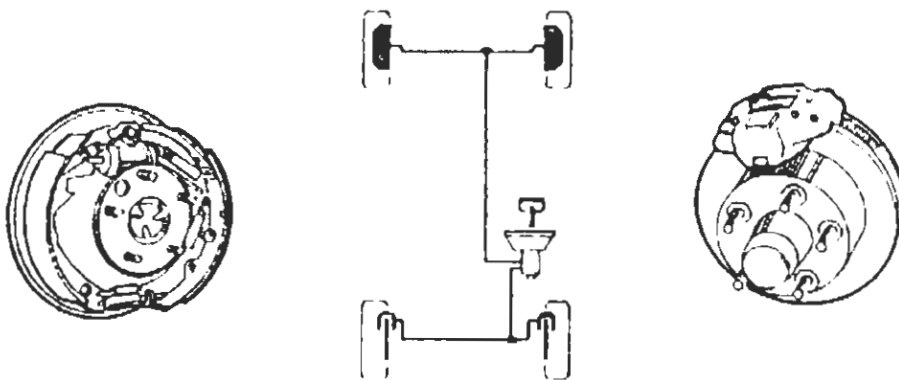


Σχήμα 2.23 Αποσυναρμολογημένος συμπλέκτης.

Όταν ο ένας άξονας είναι κινούμενος και ο άλλος ακίνητος, ένας συνδετικός συμπλέκτης όταν ενεργοποιηθεί τείνει βέβαια να σταματήσει τον κινούμενο τροχό. Τότε μιλάμε για το συνδετικό στοιχείο *φρένο*.

Μια πολύ διαδεδομένη κατηγορία είναι τα *φρένα τύμπανου*. Χρησιμοποιούνται και ειδικότερα με πολυέδρανα κατά τέτοιο τρόπο σχεδιασμένα, ώστε τα έδρανα να μετακινούνται ακτινικά από το κέντρο του τύμπανου.

Επίσης υπάρχουν *φρένα στεγνού ή υγρού τύπου* και *φρένα πλάκας ή δίσκου* ανάλογα με τις απαιτήσεις. Επίσης στο εμπόριο κυκλοφορούν *φρένα διωρρευμάτων, υστέρησης και μαγνητικών σωματιδίων* σχήμα 2.24.

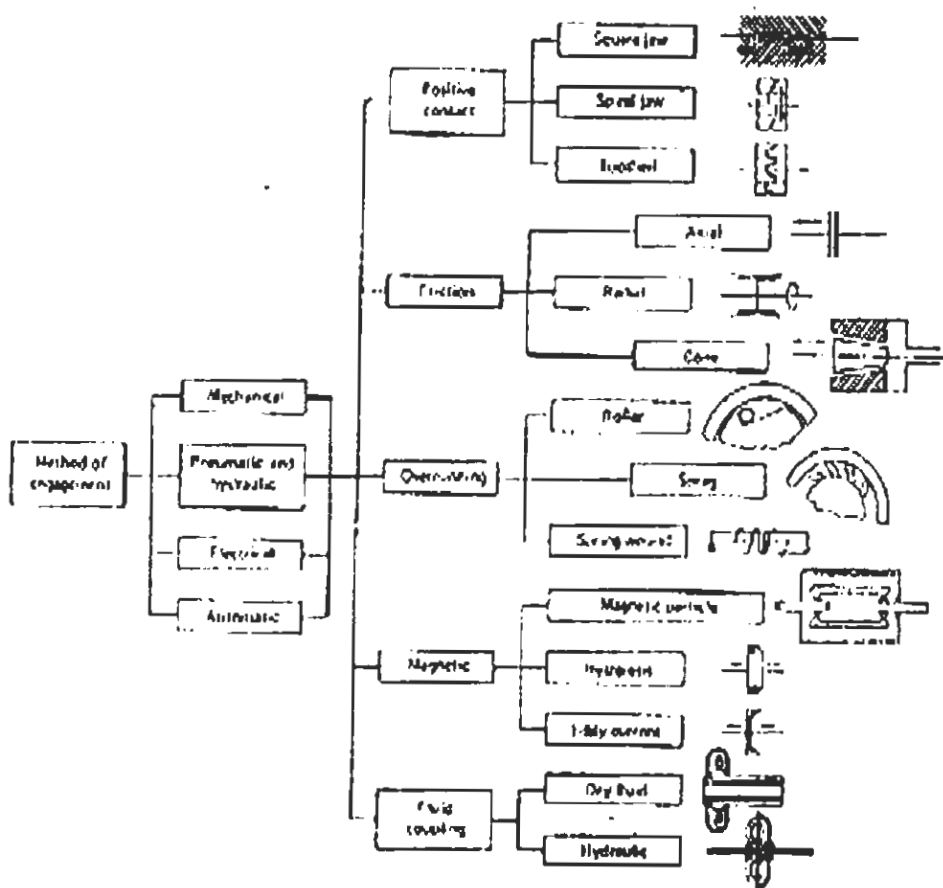


Σχήμα 2.24 Σύστημα φρένου τυμπάνου, Σύστημα φρένου δίσκου, Σύστημα φρένου αυτοκινήτου.

2.4.2. Ταξινόμηση

Τα φρένα ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Φρένα δίσκου
- Φρένα τριβής
- Φρένα τύπου ιμάντα
- Φρένα τύπου τύμπανου



Σχήμα 2.25 Ταξινόμηση των συμπλεκτών

2.4.3. Τεχνικές Ρυθμίσεις

Συμπλέκτες: Καθώς η ισχύς είναι το αποτέλεσμα της ροπής και της ταχύτητας, για οποιαδήποτε ισχύ, όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα, τόσο πιο μικρή ροπή απαιτείται. Έτσι φαίνεται λογικό να τοποθετήσουμε τον συμπλέκτη στη θέση με την υψηλότερη ταχύτητα, δηλαδή μεταξύ της μηχανής και των γραναζιών. Μάλιστα εκεί είναι το μέρος που συνήθως τοποθετείται.

Μερικές φορές ο συνδυασμός της υψηλότερης ταχύτητας με το μικρότερο φυσικό μέγεθος του συμπλέκτη, τείνει στο να μειώνει τα προβλήματα θέρμανσης και φθοράς. Έτσι επιτυγχάνουμε μικρό κόστος και μειωμένες απώλειες θερμότητας.

Φρένα: Η ικανότητα του να φρενάρει, θέτει ως προϋπόθεση να τοποθετούνται τα φρένα στους εμπρός και στους πίσω άξονες, με τέτοιο τρόπο ώστε να κλειδώνουν την ίδια στιγμή.

Ακόμη πρέπει να εστιάζεται το μεγαλύτερο μέρος του ικανότητας φρεναρίσματος στον εμπρός άξονα. Κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα. Έτσι οφείλουν τα φρένα να είναι ικανά ώστε να αντέχουν υψηλές τιμές θερμοκρασίας.

2.4.4. Αστοχίες

Οι κυριότερες αστοχίες των φρένων και των συμπλεκτών είναι οι εξής:

- Ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών
- Κακή λίπανση
- Οξειδωση που οδηγεί σε διάβρωση
- Χρονική φθορά

2.5 ΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ ΙΣΧΥΟΣ

Όταν ένα σώμα κινείται και παράλληλα μεταφέρει φορτία ή είναι φορτισμένο, λέμε ότι μεταφέρει ισχύ που είναι η μεταφερόμενη ενέργεια ή το έργο στη μονάδα του χρόνου.

Τέτοια στοιχεία είναι γενικά τα *συρματόσχοινα*, οι *άξονες*, οι *σύνδεσμοι*, οι *ιμάντες*, οι *αλυσίδες* και τα *γρανάζια*.

2.5.1 Συρματόσχοινα

Τα συρματόσχοινα δε χρησιμοποιούνται συχνά παρά μόνον όταν πρόκειται για μεταφορά σημαντικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις, ιδιαίτερα δε σε περιπτώσεις όπου η ενέργεια πρέπει να κατανεμηθεί συγχρόνως σε πολλές ατράκτους.

Διακρίνουμε καννάβινα και καλύβδινα συρματόσχοινα δια αποστάσεις μέχρι 25m χρησιμοποιούνται καννάβινα ή βαμβακερά καλώδια, ενώ για μεγαλύτερες αποστάσεις χρησιμοποιούνται καλύβδινα καλώδια.

Στο σχήμα 2.26α φαίνεται η κατανομή του αυλακιού μιας τροχαλίας για καννάβινα καλώδια ενώ στο σχήμα 2.26β η κατανομή της στεφάνης μιας τροχαλίας για καλύβδινα καλώδια.



Σχήμα 2.26 Κατανομή τροχαλίας στα καννάβινα συρματόσχοινα.

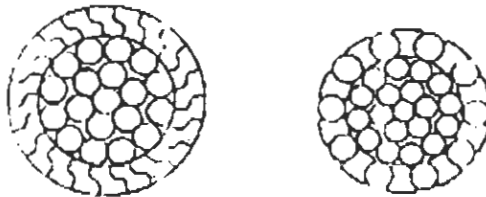
Τροχαλία με στεφάνη, που έχει πολλά αυλάκια, διευκολύνει μια άνετη και οικονομική κατανομή της κινούμενης δύναμης σε διάφορες ατράκτους της ίδιας ομάδας συρματόσχοινων.

Τα καλύβδινα συρματόσχοινα χρησιμοποιούνται πολύ τόσο στα ανυψωτικά όσο και στα μεταφορικά μέσα.

Τα συρματόσχοινα διακρίνονται σε φέροντα και σε συρματόσχοινα κίνησης.

Ακίνητα συρματόσχοινα: Τα συρματόσχοινα αυτά τα συναντάμε π.χ. στους ευ αέριους σιδηροδρόμους ως συρματόσχοινα, επάνω στα οποία κυλούν τα βαγόνια που μεταφέρουν τους ανθρώπους ή στα βαρούλκα μεταλλείων, όπου χρησιμεύουν ως οδηγεί του θαλάμου κ.λ.π.

Τα φέροντα συρματόσχοινα είναι ελικοειδή και κατασκευάζονται σε τύπους κλειστούς ή ημικλειστούς σχήμα 2.27.



Σχήμα 2.27 Συρματόσχοινο κλειστού τύπου, Συρματόσχοινο ημικλειστού τύπου.

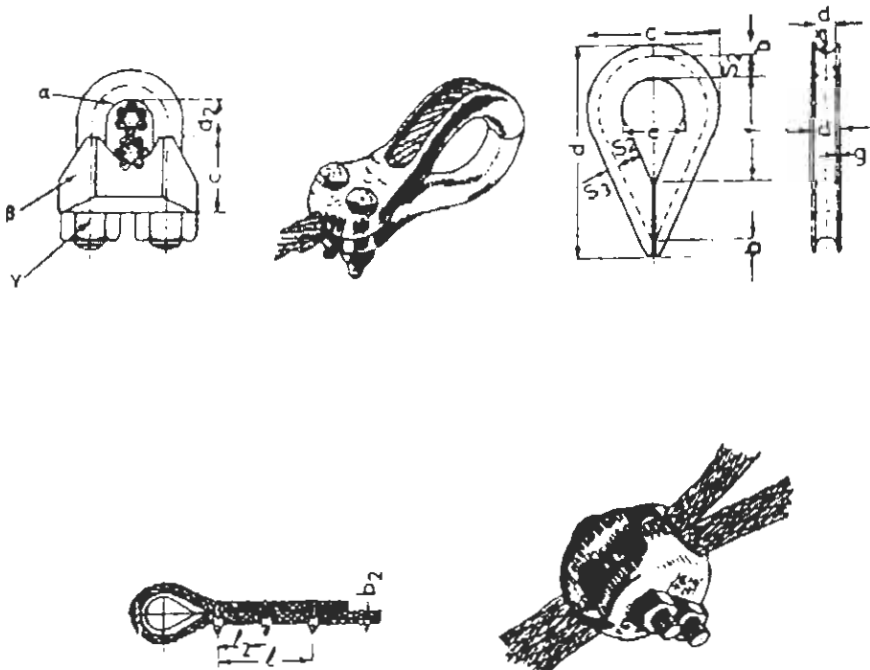
Συρματόσχοινα μετάδοσης κίνησης:

Προορίζονται για συρματόσχοινα διαδρομών σε βαρούλκα γερανών ή σε αναβατήρες ή για συρματόσχοινα έλξης σε εναέριους μεταφορείς.

Διατάξεις στερεώσεις καλωδίων:

Στο σχήμα 2.28 βλέπουμε έναν απλό συνδετήρα που λύεται εύκολα. Αποτελείται από δύο σιαγόνες α και β που συσφίγγονται με τους κοχλίες γ. Ένα άλλο στοιχείο που χρησιμοποιείται μαζί με τον συνδετήρα και βοηθά για να καμφθεί ομαλά το συρματόσχοινο, είναι η γάσσα, που φαίνεται στο ίδιο σχήμα.

Όπως επίσης και η χρησιμοποίηση τόσο της γάσσας όσο και των συνδετήρων, περίπτωση δ στο ίδιο σχήμα.



Σχήμα 2.28 Περιπτώσεις α, β, γ και δ.

2.5.2 Άξονες

Άξονας γενικά ονομάζεται κάθε μεταλλική ράβδος κοίλη ή ολόσωμη, της οποίας τα άκρα είναι οπωσδήποτε κυλινδρικά, ενώ το υπόλοιπο τμήμα της (ενδιάμεσο) μπορεί να έχει διατομή κυκλική ή άλλη κανονικά συμμετρική, π.χ. τετραγωνική, εξαγωνική κ.ο.κ.

Οι άξονες μεταφέρουν ισχύ από μια θέση σε κάποια άλλη, ενώ όλα τα υπόλοιπα στοιχεία μεταφέρουν ισχύ από άξονα σε άξονα.

Οι άξονες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

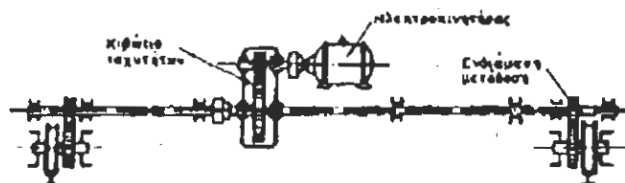
Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν όλοι εκείνοι που κατά τη λειτουργία τους, είτε μένουν ακίνητοι, είτε περιστρέφονται αλλά έχουν σαν σκοπό να βαστάζουν μόνο κάποιο βάρος υποφέρουν συνεπώς μόνο σε κάμψη, σχήμα 2.29.



Σχήμα 2.29 Άξονας πρώτης κατηγορίας.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν όλοι οι άλλοι άξονες που κύριο γνώρισμα τους είναι ότι περιστρέφονται και μεταβιβάζουν την περιστροφή τους.

Τους άξονες αυτούς τους ονομάζουμε ατράκτους. Οι άξονες άρα καταπονούνται σε κάμψη και σε στρέψη σχήμα 2.30.

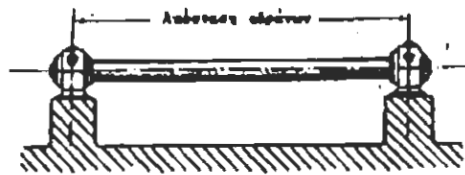


Σχήμα 2.30 Άξονας δεύτερης κατηγορίας.

Συνηθίζεται για λόγους κατασκευαστικούς η διατομή του ενδιάμεσου μήκους των αξόνων να είναι κυκλική, σπανιότερα τετραγωνική, ακόμα δε σπανιότερα άλλης μορφής.

Οι άξονες χρησιμοποιούνται κυρίως ως στοιχεία στις μηχανές. Ο άξονας για να μπορεί να περιστρέφεται πρέπει να στηρίζεται τουλάχιστον σε δύο σημεία, σχήμα 2.31, που λέγονται έδρανα ή κουζινέτα.

Όταν στρέφεται ένας άξονας, πρέπει να μην κινείται αξονικά και για τούτο ασφαρίζεται με την τοποθέτηση δακτυλίων ασφαλείας, σχήμα 2.32.



Σχήμα 2.31 Άξονας με τα σημεία στήριξής του.



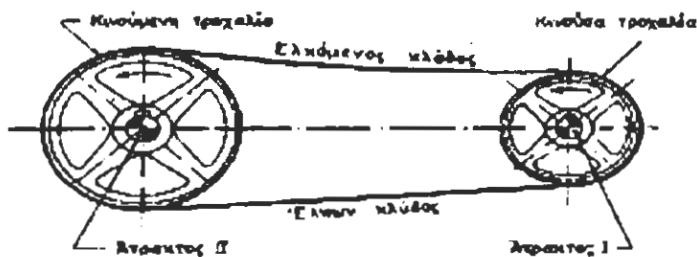
Σχήμα 2.32 Δακτύλιοι ασφαλείας.

2.5.3 Ιμάντες

Οι ιμάντες μεταφέρουν ισχύ με δύναμη τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ του ιμάντα και των τροχαλιών, στις οποίες τυλίγεται.

Οι τροχαλίες συνδέονται στους αντίστοιχους άξονες με σφήνες. Κάθε ιμάντας είναι δυνατόν να χωριστεί νοητά σε δύο κλάδους, καθώς περιστρέφει τις δύο τροχαλίες και κινείται ανάλογα με τη φορά περιστροφής που έχει η κινούσα τροχαλία.

Τον κλάδο που έλκει την κινούμενη τροχαλία και τον κλάδο που έλκεται από αυτήν. Οι δύο κλάδοι έχουν το ίδιο μήκος, σχήμα 2.33.



Σχήμα 2.33 Γενική διάταξη ιμαντοκίνησης.

2.5.3.1 Τυποποίηση

Οι ιμάντες διακρίνονται σε *επίπεδους*, *τραπεζικούς* και *οδοντωτούς*.

Οι *επίπεδοι* αποτελούνται από λεπτά επίπεδα φύλλα δέρματος υφάσματος, κάλυβα, συνθετικού υλικού κ.λ.π. και τυλίγονται σε τροχαλίες που έχουν κυλινδρική διαμόρφωση.

Οι τραπεζοειδείς ιμάντες έχουν τραπεζοειδή διατομή και τυλίγονται σε τροχαλίες με τραπεζοειδή αυλάκια.

Οι οδοντωτοί ιμάντες έχουν στην εσωτερική πλευρά δόντια και τυλίγονται σε οδοντωτές τροχαλίες με το ίδιο βήμα οδόντωσης.

Η τυποποίηση των διαφόρων ειδών ιμάντων φαίνεται στους πίνακες 2.3, 2.4 και 2.5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 Τυποποιημένες διατομές τραπεζοειδών ιμάντων και ονομαστικές διαστάσεις δοντιών, in.

Tooth angle belt section	Pitch	Degrees	Hb	Ht	Bt	Rbb	Rbt
Single side							
MXL	0.080	40	0.045	0.020	0.030	0.005	0.005
XL	0.200	50	0.090	0.050	0.054	0.015	0.015
L	0.375	40	0.14	0.075	0.128	0.020	0.020
H	0.500	40	0.16	0.090	0.175	0.040	0.040
XH	0.875	40	0.44	0.250	0.313	0.047	0.062
XXH	1.250	40	0.62	0.375	0.477	0.060	0.090
Double sided							
DXL	0.200	50	0.120	0.050	0.054	0.015	0.015
DL	0.375	40	0.180	0.075	0.128	0.020	0.020
DH	0.500	40	0.234	0.090	0.175	0.040	0.040

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 Τυποποιημένα πλάτη και ανοχές τραπεζοειδών ιμάντων, in.

Belt section	Designation	Dimensions	Up to And including 33 in.	Over 33 in. up to and including	Over 66 in.
MXL(0.080)	0.12	0.12			
	0.19	0.19	+ 0.02	-	-
	0.25	0.25	- 0.03		
XL(0.200)	0.25	0.25	+ 0.02		
	0.37	0.38	- 0.03		
L(0.375)	0.50	0.50	+ 0.03	+ 0.03	
	0.75	0.75	- 0.03	- 0.05	

	1.00	1.00			
	0.75	0.75	+ 0.03	+ 0.03	+ 0.03
	1.00	1.00	- 0.03	- 0.05	- 0.05
	1.50	1.50			
H(0.500)	2.00	2.00	+ 0.03	+ 0.05	+ 0.05
			- 0.05	- 0.05	- 0.06
	3.00	3.00	+ 0.05	+ 0.06	+ 0.06
			- 0.06	- 0.06	- 0.08
XH(0.875)	2.00	2.00		+ 0.19	+ 0.19
	3.00	3.00	-	- 0.19	- 0.19
	4.00	4.00			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 Τυποποιημένα πλάτη τραπεζοειδών τροχαλιών, in.

Belt section	Standard nominal pulley width	Standard pulley width designation	Flanged Fg	Unflanged Fg
MXL(9.080)	0.25	025	0.28	0.35
XL(0.200)	0.38	037	0.41	0.48
L(0.375)	0.50	050	0.55	0.67
	0.75	075	0.80	0.92
	1.00	100	1.05	1.17
H(0.500)	1.00	100	1.05	1.23
	1.50	150	1.55	1.73
	2.00	200	2.08	2.26
	3.00	300	3.11	3.29
XH(0.875)	2.00	200	2.23	2.46
	3.00	300	3.30	3.50
	4.00	400	4.46	4.59
XXH(1.250)	2.00	200	2.23	2.52
	3.00	300	3.30	3.59
	4.00	400	4.46	4.65
	5.00	500	5.42	5.72

2.5.3.2 Ἀξιολόγηση

Ένας καλά συντηρημένος ιμάντας θα λειτουργήσει χωρίς προβλήματα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη διάρκεια ζωής ενός ιμάντα είναι οι υψηλές ταχύτητες, τα φορτία και οι θερμοκρασίες.

Επομένως πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα μια αξιολόγηση των παραπάνω παραμέτρων και να συντηρείται ή να αντικαθίσταται ο ιμάντας.

- Σε κρίσιμα συστήματα πρέπει να γίνεται οπτικός και ακουστικός έλεγχος κάθε 1 - 2 εβδομάδες.
- Σε κανονικά συστήματα πρέπει να γίνεται οπτικός και ακουστικός έλεγχος κάθε μήνα.
- Το σύστημα πρέπει να σταματάει για έλεγχο ιμάντα, τροχαλιών και άλλων στοιχείων κάθε 3 - 6 μήνες.

Ο οπτικός και ακουστικός έλεγχος αποτελείται από τα ακόλουθα:

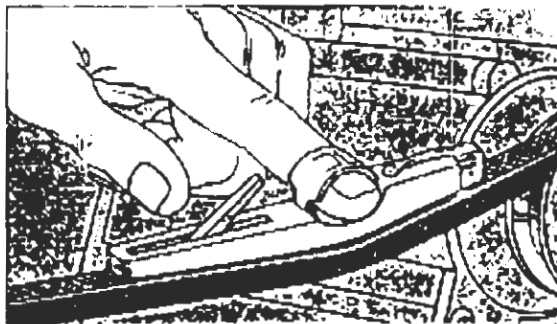
- Κοιτάμε και ακούμε για ασυνήθιστους θορύβους και ταλαντώσεις. Ένας καλοσυντηρημένος ιμάντας πρέπει να λειτουργεί αθόρυβα και ομαλά.
- Επιθεωρούμε για χαλαρότητα και ζημιές. Βεβαιωνόμαστε ότι το σύστημα είναι καθαρό. Κάθε συγκέντρωση ξένων υλικών δρα σαν μόνωση και μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση του ιμάντα.
- Ελέγχουμε για διαρροές λαδιών. Για τη σωστή αξιολόγηση όλων των παραπάνω το σύστημα πρέπει να σταματήσει.

2.5.3.3 Μέθοδοι Ορθής Συναρμολόγησης

Κατά τη συναρμολόγηση ενός ιμάντα πρέπει να ρυθμίζεται η σωστή τάνυσή του. Η τάνυση μετριέται με τη βύθιση του ιμάντα στο μέσο του, όταν εφαρμόσουμε πίεση με το χέρι, σχήμα 2.34 ή με το ειδικό όργανο, σχήμα 2.35.



Σχήμα 2.34 Μέτρηση τάνυσης ιμάντα.



Σχήμα 2.35 Όργανο μέτρησης τάνυσης ιμάντων.

Ακόμη κατά την συναρμολόγηση των ιμάντων πρέπει να ελέγχεται η παραλληλία των αξόνων, η ευθυγράμμιση των τροχαλιών, τα σπασίματα, τα χτυπήματα κ.λ.π. και η φθορά στις αυλακιές.

Πρέπει επίσης να καθαρίζονται οι ιμάντες, οι τροχαλίες και ο γύρω χώρος από λάδια, γράσσα και να εφαρμόζεται η σωστή τάνυση. Όταν κατά τη λειτουργία παρουσιάζεται ολίσθηση, να εφαρμόζεται ειδική σκόνη ή ρητίνη, που να αυξάνει το συντελεστή τριβής.

Σε μια ιμαντοκίνηση με πολλούς ιμάντες αυτοί πρέπει να αλλάζουν ταυτόχρονα όλοι οι ιμάντες και ας έχει καλάσει μόνο ο ένας. Όταν η μηχανή μένει πολύ χρόνο εκτός λειτουργίας, πρέπει να ξεσφιγγονται οι ιμάντες, ώστε να μηδενίζεται η τάνυση.

Πριν λοιπόν από το ξεκίνημα πρέπει να ξανατανύζεται πάλι ο ιμάντας. Κατά τη λειτουργία οφείλουμε να ελέγχουμε τη θερμοκρασία του ιμάντα, την ολίσθηση του και την επιφάνειά του .

2.5.3.4 Αστοχίες

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται οι συνηθέστερες αστοχίες των τραπεζοειδών ιμάντων.

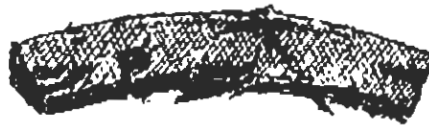
- Λιπώδες επιφάνεια ιμάντα. Προέρχεται από λάδια ή γράσσα. Μαλακώνει το υπόστρωμα των χορδών και προκαλεί ολίσθηση.



- Στιλπνή επιφάνεια με εξομαλυμένα σκληρά τμήματα των πλευρών. Προκαλεί υπερθέρμανση και ολίσθηση.



- Ξεφλούδισμα. Προκαλεί λάθος κίνηση του ιμάντα και οριστικό σπάσιμο.



- Ρωγμές στο υπόστρωμα των χορδών. Ο ιμάντας συνήθως φαίνεται καλός στην πάνω επιφάνεια.

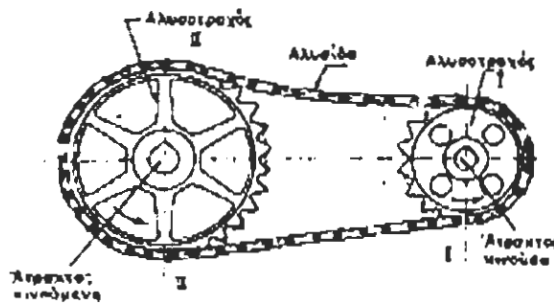


2.5.4 Αλυσίδες

Οι αλυσίδες αποτελούνται από κρίκους διάφορων τυποποιημένων μορφών και αντί για τροχαλίες, όπως συμβαίνει στους ιμάντες, τυλίγονται σε τροχούς που έχουν δόντια με αντίστοιχο βήμα.

Η ισχύς δεν μεταδίδεται με τριβή, αλλά μέσω δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των δοντιών, των τροχών και των κρίκων. Έτσι έχει νόημα η σφικτή πλευρά τις αλυσίδας που μεταφέρει τις δυνάμεις και η χαλαρή που στην ουσία έχει μηδενική δύναμη, σχήμα 2.36.

Παρόλα αυτά πρέπει να γίνεται τάνυση της αλυσίδας για να ταιριάζει το συνολικό μήκος της αλυσίδας με την απόσταση των αξόνων. Η σχέση της μετάδοσης ισούται τώρα με το λόγο του αριθμού των δοντιών, των τροχών.

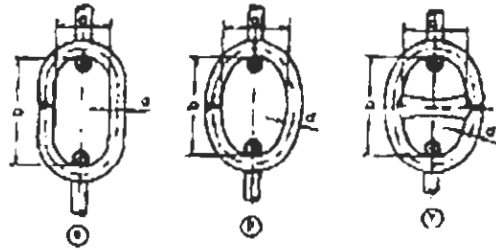


Σχήμα 2.36 Αλυσοκίνηση με τροχούς.

2.5.4.1 Τυποποίηση

Οι αλυσίδες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες

- Σε κοινές ή αλυσίδες δύναμης (αλυσίδες όμικρον), σχήμα 2.37
- Στις σύνθετες ή αλυσίδες κίνησης, σχήμα 2.38



Σχήμα 2.37 Αλυσίδες όμικρον

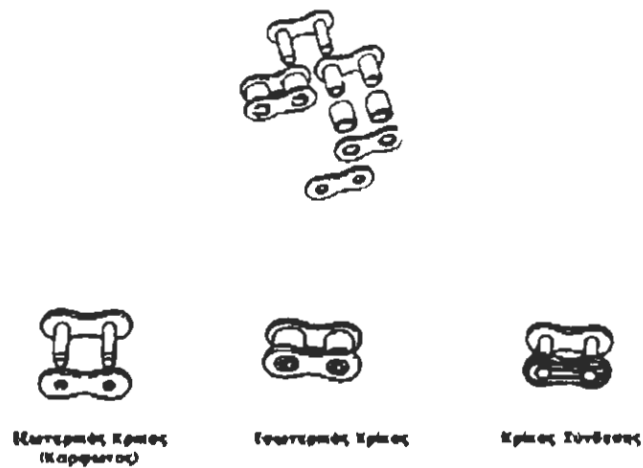


Σχήμα 2.38 Σύνθετη αλυσίδα κίνησης.

2.5.4.2 Έλεγχος Αλυσίδων

Πριν από τη συναρμολόγηση των αλυσίδων πρέπει να γίνονται κάποιοι έλεγχοι, που κυρίως αφορούν τις μεταβολές στις διαστάσεις, οι οποίες προέρχονται από τις φθορές στο, σχήμα 2.39 δείχνονται μερικοί παρόμοιοι έλεγχοι.

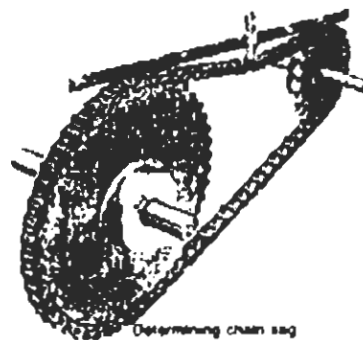
Έτσι με τη σωστή αξιολόγηση των φθορών των αλυσίδων εφαρμόζεται η κατάλληλη συντήρησή τους, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους.



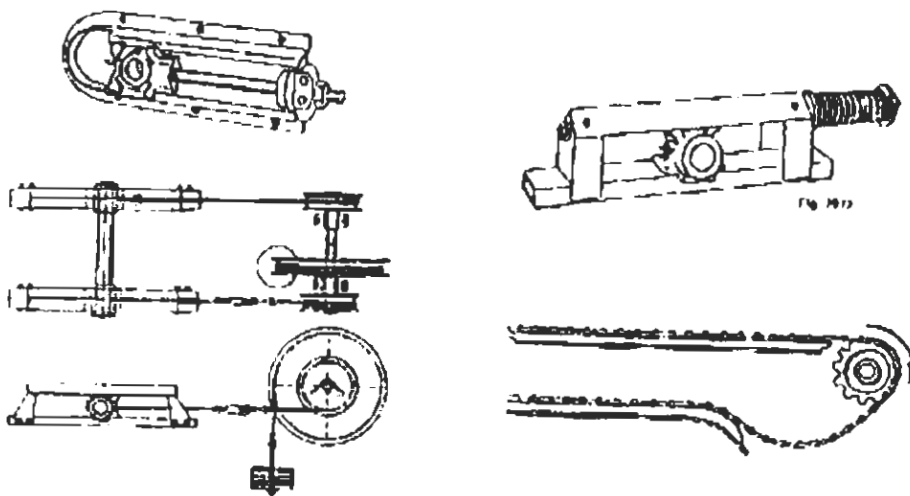
Σχήμα 2.39 Έλεγχοι αλυσίδων.

2.5.4.3 Μέθοδοι Ορθής Συναρμολόγησης

Πριν από τη συναρμολόγηση των αλυσίδων πρέπει να ελέγχεται η τάνυση της αλυσίδας ο οποίος έλεγχος είναι ίδιος με εκείνων των ιμάντων, σχήμα 2.40 και επιβάλλεται με τροχούς τάνυσης ή η αλυσίδα μαζεύεται σε ειδική σκάφη, σχήμα 2.41.



Σχήμα 2.40 Μέτρηση τάνυσης αλυσίδας.

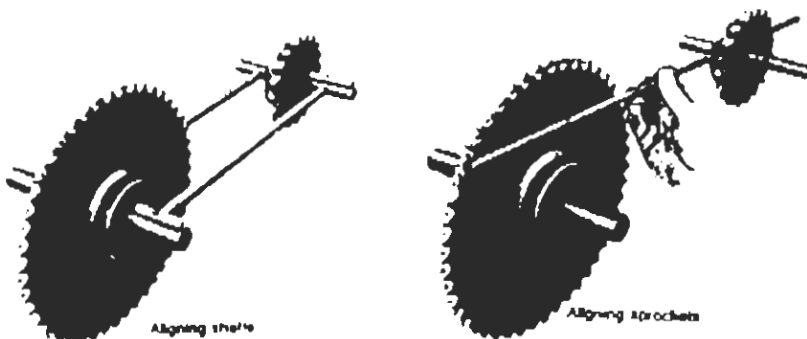


Σχήμα 2.41 Μέθοδοι τάνυσης ή μαζέματος αλυσίδας.

Η σύνδεση γίνεται με τον ειδικό κρίκο σύνδεσης πάνω στον τροχό και όχι στον αέρα, σχήμα 2.42. Κατά τη συναρμολόγηση πρέπει να ελέγχεται η παραλληλία των αξόνων, σχήμα 2.43.



Σχήμα 2.42 Συνδετικός κρίκος.

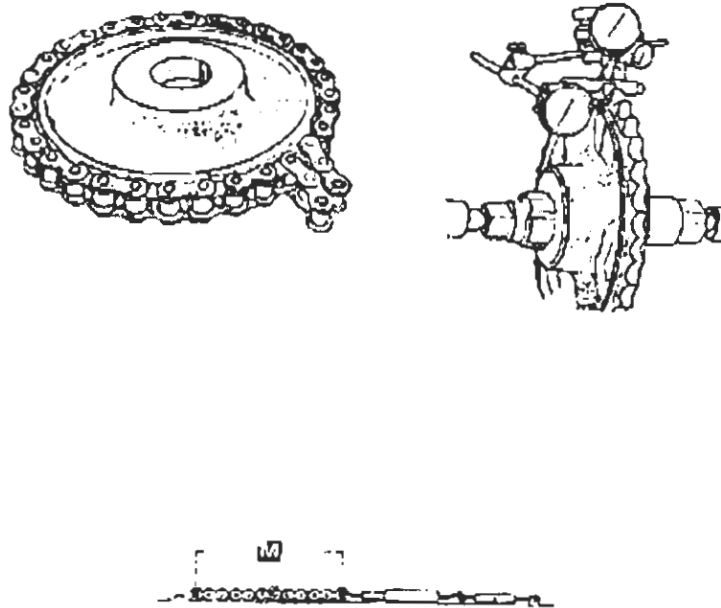


Σχήμα 2.43 Έλεγχος ευθυγράμμισης – παραλληλίας.

Ακόμα πρέπει να ελέγχεται το ταιριασμα της αλυσίδας με τροχό, μήπως λόγω των φθορών έχουν μεταβληθεί τα βήματα και δεν ταιριάζουν τα δόντια με τους κρίκους, σχήμα 2.44α.

Πρέπει να ελέγχεται η ομοκεντρότητα του άξονα του αλυσοτροχού με τις διαμέτρου του τροχού, καθώς και η καθετότητα με τη χρήση ωρολογίων και μικρομέτρων, σχήμα 2.44β.

Πρέπει να ελέγχεται το μήκος της αλυσίδας μήπως έχει μεταβληθεί λόγω φθοράς. Για το λόγο αυτό απλώνεται σε ευθεία γραμμή η αλυσίδα και φορτίζεται με κανταράκι, σχήμα 2.44γ



Σχήμα 2.44 Περιπτώσεις α, β και γ ελέγχου αλυσίδων.

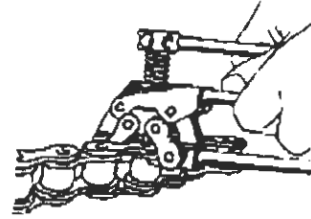
Καλό είναι να μην τοποθετούνται σε καινούργιους τροχούς παλιές αλυσίδες ή αντίστροφα.

Επίσης σε παλιά αλυσίδα να μην προστίθεται καινούργιος κρίκος, για λόγους διαφορετικών ανοχών λόγω φθοράς.

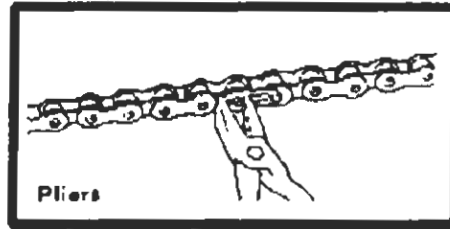
Κατά τη συναρμολόγηση και επισκευή των αλυσίδων χρησιμοποιούνται ειδικά εργαλεία, μερικά από τα οποία φαίνονται στα σχήματα 2.45 και 2.46.

Λειτουργεί με τη βοήθεια ενός κοχλίου, στο άκρο του οποίου κρυσταλλίζεται μια αιίδα (πύκνωσι κοπής. Με τη χρήση των εξολετών μας γίνεται η δυνατότητα αεροσυναρμολόγησης των εξωτερικών κρίκων (No 107) της αλυσίδας εύκαλα και χωρίς την κατανάλωση του καθενός εξαγόμενου κρίκου.

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΟΠΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ



ΤΣΙΜΓΡΑΔΑ (ΠΙΝΣΙΑ)

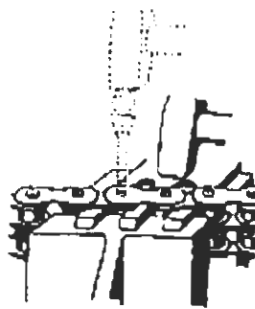


Εργαλείο με τη βοήθεια του μικροκόπτη γρήγορα και σωστά κόβει ή να τυπωθεί στις φάλλες στους κρίκους σύμφωνα με τον αριθμό των αλυσίδων.

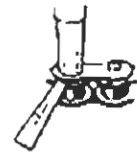
Τέλος υπάρχουν και μερικά άλλα βοηθητικά εργαλεία κοπής και συναρμολόγησης των αλυσίδων, όπως οι φουρκέτες, οι κλίροι, οι μπούτσες κλπ. όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Κόρυμμα Αλυσίδων

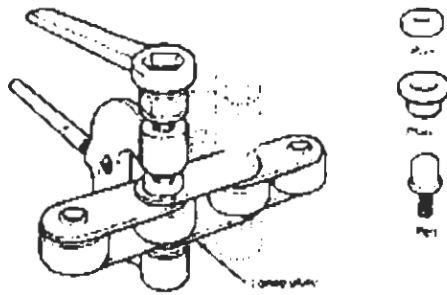
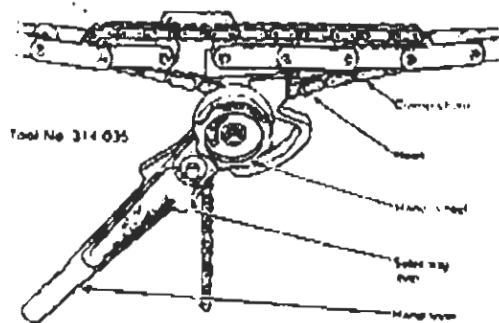


Ιωσφό Αόθος

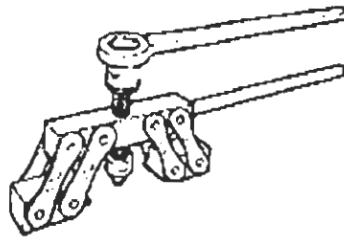


Σχήμα 2.45 Εργαλεία συναρμολόγησης και επισκευής αλυσίδων.

Τύπος αναστολέα (κοιστόνια), ο οποίος έχει σαν σκοπό να γιγίζονται τα δύο ελεύθερα άκρα της αλυσίδας και να τα συγκρατεί σε τέτοια θέση, ώστε να είναι πιο εύκολη η συνδεσή τους με τον απαιτούμενο εξωτερικό κρίκο.



Εργαλεία συναρμολόγησης αλυσίδων με συμπιεγείς ή τρέπικους κείρους

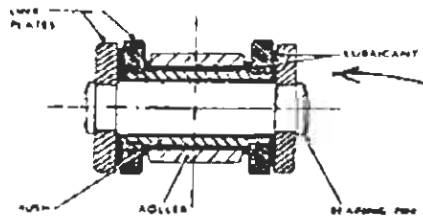


Εργαλείο κοπής αλυσίδων με συμπιεγείς ή τρέπικους κείρους

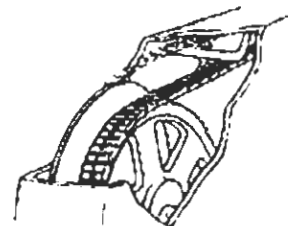
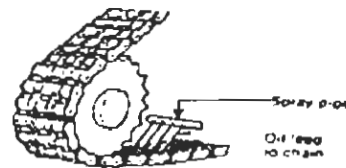
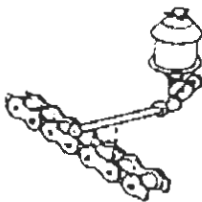
Σχήμα 2.46. Εργαλεία συναρμολόγησης και επισκευής αλυσίδων.

Η αλυσίδα πρέπει να λιπαίνεται με λάδι ή γράσο, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και τις απαιτήσεις του κατασκευαστή. Κατά τη λίπανση πρέπει να βεβαιωνόμαστε ότι το λιπαντικό διεισδύει στους πείρους και τα έδρανα των κρίκων της αλυσίδας.

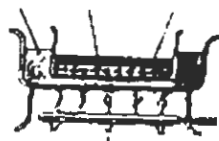
Η λίπανση γίνεται με διάφορους τρόπους: με το χέρι, το πινέλο, με σπρέι, με σταγόνες, με ψεκασμό, με Κάρτερ κ.λ.π., όπως φαίνεται στα σχήματα 2.47 και 2.48.



Το λιπαντικό πρέπει να εισχωρήσει στις μαυρισμένες θέσεις



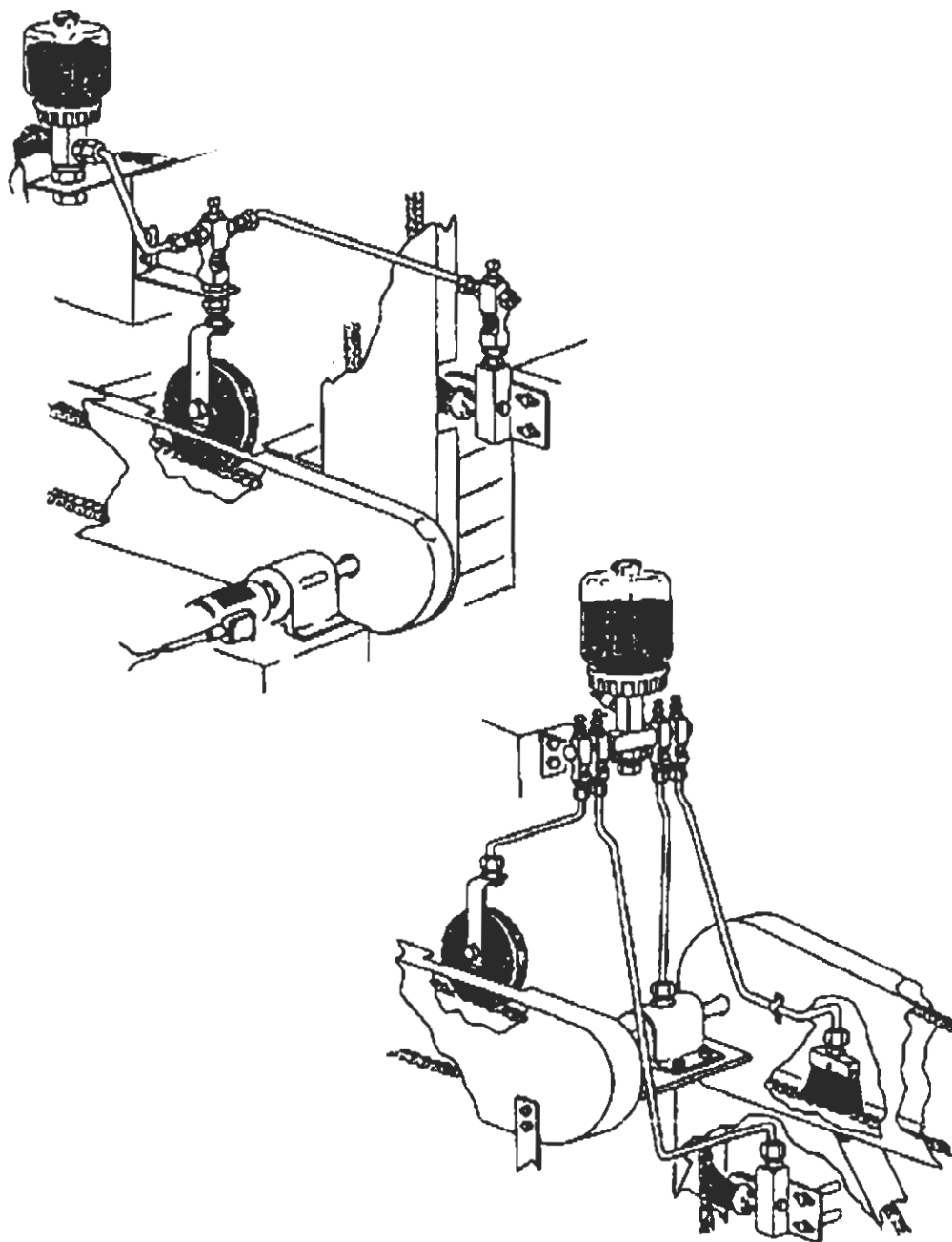
Νερό Αλυσίδα Λιπαντικό



Θερμαντήρας

Εμβάπτιση της αλυσίδας σε θερμό λακρό λαδιού, ώστε το λάδι να εισχωρήσει στις θέσεις λίπανσης.

Σχήμα 2.47 Λίπανση αλυσίδων και τεχνικές εφαρμογής της.



Σχήμα 2.48 Λίπανση αλυσίδων

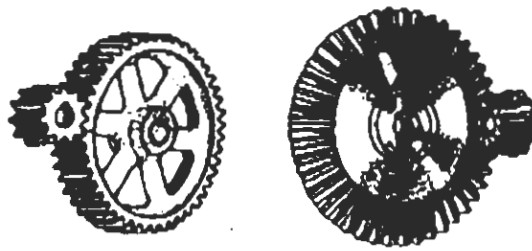
2.5.4.4 Αστοκίες

Τα βασικότερα είδη αστοχιών στις αλυσίδες είναι:

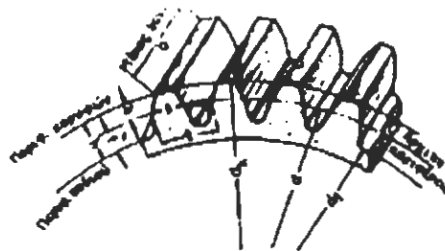
- Πολύ σφικτή εφαρμογή της αλυσίδας
- Πολύ χαλαρή εφαρμογή της αλυσίδας
- Κακή εφαρμογή της αλυσίδας με τους τροχούς λόγω φθοράς
- Κακή λίπανση των αλυσίδων
- Μεταβλημένο μήκος αλυσίδας λόγω φθοράς
- Κακή ομοκεντρικότητα του άξονα του αλυσοτροχού με τις διαμέτρου του τροχού
- Κακή ευθυγράμμιση

2.5.5. Οδοντωτοί τροχοί

Οδοντωτός τροχός, σχήμα 2.49 λέγεται κάθε μεταλλικός ή και από οποιαδήποτε άλλη αυθεντική ύλη κατασκευασμένος δίσκος που η περιφέρεια του χωρίζεται κατά κανονικά διαστήματα εσοχές και εξοχές δηλαδή σε δόντια, σχήμα 2.50. Όλα τα δόντια ενός τροχού πρέπει να έχουν την ίδια μορφή δηλαδή να έχουν το ίδιο ύψος, το ίδιο πάχος και την ίδια απόσταση μεταξύ τους.



Σχήμα 2.49 Είδη οδοντωτών τροχών.

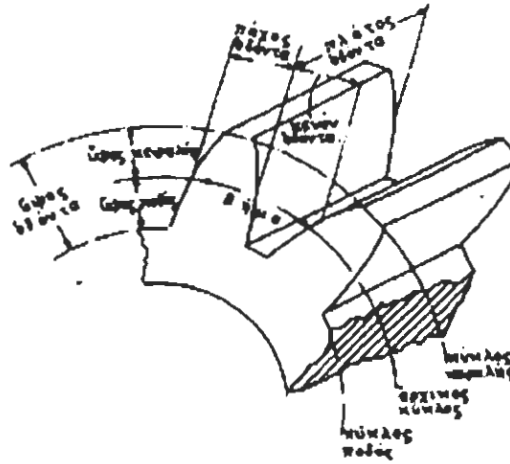


Σχήμα 2.50 Τμήμα οδοντωτής στεφάνης.

Έτσι σε κάθε οδοντωτό τροχό διακρίνουμε :

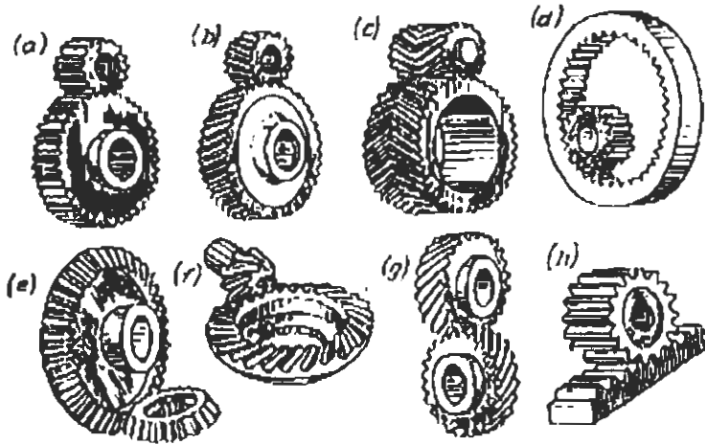
- Την περιφέρεια που διέρχεται από τις κορυφές των δοντιών και που λέγεται περιφέρεια κορυφών.
- Την περιφέρεια, που διέρχεται από το μέσο περίπου των δοντιών και ονομάζεται αρχική περιφέρεια.
- Την περιφέρεια, που αντιστοιχεί στη βάση των δοντιών και καλείται περιφέρεια ποδιών.
- Τη μεγάλη διάμετρο d_k του τροχού δηλαδή τη διάμετρο που αντιστοιχεί στην περιφέρεια των κορυφών και λέγεται διάμετρος κορυφών.
- Τη διάμετρο d της αρχικής περιφέρειας που καλείται αρχική διάμετρος.
- Τη διάμετρο d_f του τροχού, που αντιστοιχεί στη βάση των δοντιών και καλείται διάμετρος ποδιών.
- Το τμήμα k του ύψους του δοντιού, που βρίσκεται πέρα από την αρχική περιφέρεια και καλείται κεφαλή του δοντιού ή ύψος κεφαλής.
- Το υπόλοιπο τμήμα f του ύψους του δοντιού, που βρίσκεται εσωτερικά στην αρχική περιφέρεια και ονομάζεται ύψος ποδιού.
- Την απόσταση t μεταξύ δύο αντιστοιχών σημείων δύο γειτονικών δοντιών, όταν τη μετρούμε πάνω στην αρχική περιφέρεια και ονομάζεται βήμα του δοντιού.
- Το τμήμα s που ονομάζεται πάχος του δοντιού και μετριέται πάνω στην αρχική περιφέρεια.
- Το τμήμα b , που καλείται μήκος δοντιού.
- Τη διαφορά w μεταξύ βήματος και πάχους δοντιού, που ονομάζεται διάκενο δοντιού και μετριέται και αυτή πάνω στην αρχική περιφέρεια.

Στους οδοντωτούς τροχούς αντί να γίνεται παρεμβολή αλυσίδας, ακουμπά το δόντι του ενός τροχού με το δόντι του άλλου, κυλίσονται σχετικά μεταξύ τους και μεταφέρουν τις δυνάμεις. Τότε τα δόντια έχουν ειδική γεωμετρία και λέγεται εξελιγμένη, σχήμα 2.51.



Σχήμα 2.51 Γεωμετρία γραναζιών.

Χαρακτηριστικά στοιχεία ενός γραναζιού είναι η διάμετρος του αρχικού κύκλου, το βήμα που είναι ισοδύναμο με το μοντούλ και ο αριθμός των δοντιών. Ανάλογα με τη θέση των αξόνων και τη γωνία των δοντιών οι οδοντώσεις διακρίνονται σε ευθείες (spur), ελικοειδής (helical), διπλές ελικοειδής (double - helical), κωνικές (plain bevel), σπειροειδής κωνικές (spiral bevel), υποειδείς (hypoid), καμπύλες (worm), ατέρμονες (rack and pinion) και εσωτερικές (internal) οδοντώσεις, σχήμα 2.52.



Σχήμα 2.52 Διάφορα είδη οδοντώσεων

2.5.5.1 Τυποποίηση

Τα κυριότερα είδη οδοντωτών τροχών είναι τα παρακάτω:

Παράλληλοι οδοντωτοί τροχοί (ευθείες οδοντώσεις)

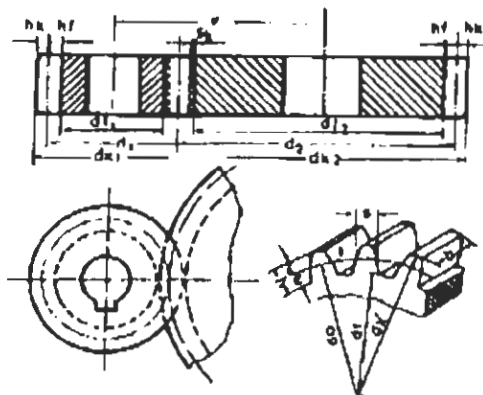
Οι παράλληλες οδοντώσεις μεταφέρουν ισχύ ανάμεσα σε παράλληλους άξονες χωρίς αξονική ή ακτινική μετατόπιση.

Όταν οι τροχοί αυτοί βρίσκονται σε κανονική εμπλοκή και εργάζονται, οι αρχικές τους περιφέρειες εφάπτονται μεταξύ τους, η Δε κίνησή τους μπορεί να εξομοιωθεί σε κύλιση της μιας αρχικής περιφέρειας επάνω στην άλλη.

Αφού λοιπόν η αρχική περιφέρεια του ενός τροχού διαμέτρου d_1 βρίσκεται συνεχώς σε επαφή με την αρχική περιφέρεια του άλλου τροχού διαμέτρου d_2 , αυτό σημαίνει ότι και οι δύο τροχοί έχουν στο σημείο επαφής τους την ίδια περιφερειακή ταχύτητα.

Χρησιμοποιώντας σε εφαρμογές μεσαίων ταχυτήτων, όπως βοηθητικούς εξοπλισμούς σε πλοία, ανυψωτικές μηχανές, υφαντουργία και καμίνια.

Η κατασκευαστική απλότητα, η απουσία αξονικού εδράνου και η γενική οικονομία στη συντήρηση είναι σοβαροί λόγοι για τη χρησιμοποίησή τους όπου είναι δυνατό, σχήμα 2.53.



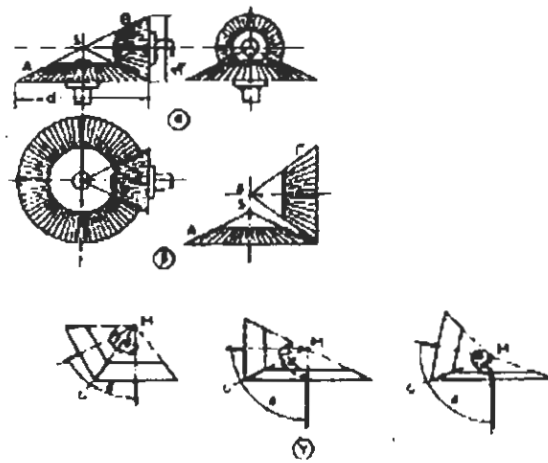
Σχήμα 2.53 Παράλληλοι οδοντωτοί τροχοί.

Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί

Όταν οι άξονες των ατράκτων των οδοντωτών τροχών τέμνονται, τότε για τη μετάδοση της κίνησης από τη μια άτρακτο στην άλλη, χρησιμοποιούνται κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με ίσια δόντια. Σ' αυτούς οι βασικοί δίσκοι κύλισης A και B είναι κόλουργοι κώνοι με κοινή κορυφή την S.

Αντί δηλαδή στην περίπτωση αυτή να έχουμε κύλιση δυο κυλίνδρων, όπως συμβαίνει με τους παράλληλους οδοντωτούς τροχούς, εδώ έχουμε κύλιση δυο κόλουργων κώνων.

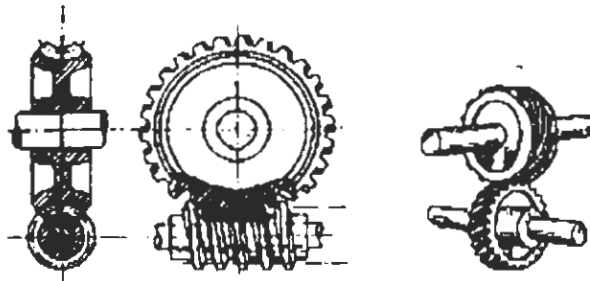
Η γωνία των αξόνων μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή συνηθίζεται όμως κατά κανόνα η τιμή των 90° , δηλαδή οι δυο άξονες να είναι κάθετοι μεταξύ τους, σχήμα 2.54.



Σχήμα 2.54 Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί.

Ελικοειδής οδοντωτοί τροχοί και ατέρμονος κοχλίας

Όταν οι άτρακτοι των οδοντωτών τροχών δε τέμνονται στο χώρο, αλλά μόνο διασταυρώνονται, τότε για τη μετάδοση της κίνησης από τη μια άτρακτο στην άλλη, χρησιμοποιούνται είτε ελικοειδής οδοντωτοί τροχοί, είτε σύστημα οδοντωτού τροχού και ατέρμονα κοχλία, σχήμα 2.55.



Σχήμα 2.55 Ελικοειδής οδοντωτοί τροχοί και ατέρμονας κοχλίας

Η σύμπλεξη ελικοειδών τροχών επιτρέπει τη συνεργασία μερικών δοντιών συγχρόνως, με αποτέλεσμα αύξηση της ικανότητας φόρτισης και εξασφάλιση μεταφοράς σταθεράς ταχύτητας. Επίσης μειώνει το θόρυβο και τις ταλαντώσεις.

Οι ελικοειδής τροχοί παράγουν αξονική δύναμη που πρέπει να παραλαμβάνεται από κατάλληλο έδρανο. Οι τροχοί αυτοί λέγονται ελικοειδής γιατί τα δόντια τους αποτελούν τμήμα έλικας. Στο σύστημα οδοντωτού τροχού αποτελούν τμήμα από σπείρωμα περικοχλίου. Συνήθως προτιμάται η διασταύρωση των ατράκτων να είναι κάθετη.

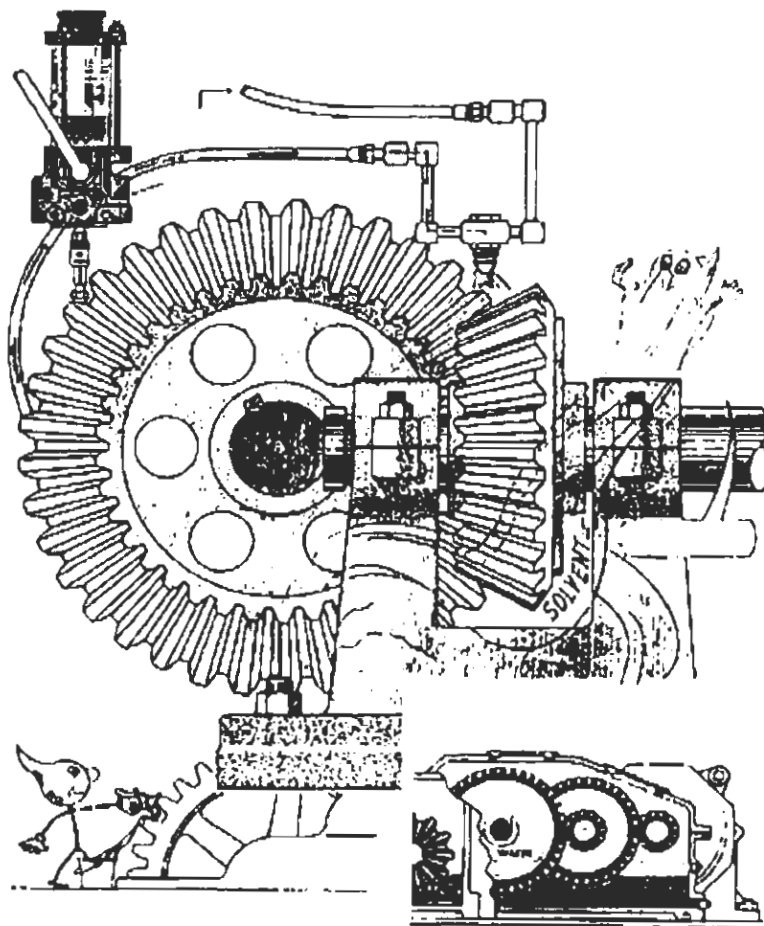
Απλές και διπλές ελικοειδής οδοντώσεις χρησιμοποιούνται όπου τα προβλεπόμενα φορτία και ταχύτητες δεν καλύπτονται από ευθείες οδοντώσεις, καθώς και σε εφαρμογές με ταλαντώσεις και ανάγκη για υψηλές σχέσεις μετάδοσης μιας βάρθμίδας. Στις διπλές οδοντώσεις η αξονική δύναμη εκμηδενίζεται λόγω της αντίστροφης φοράς των γραναζιών.

2.5.5.2 Έλεγχος Οδοντωτών Τροχών

Κατά τη διάρκεια ομαλής λειτουργίας τα γραναζωτά συστήματα πρέπει να επιθεωρούνται οπτικά καθημερινά, με παρατήρηση για διαρροές και ασυνήθιστους θορύβους.

Αν υπάρχουν διαρροές ή θόρυβοι, η μονάδα πρέπει να σταματά, να διορθώνεται η αιτία της διαρροής ή του θορύβου και να ελέγχεται η στάθμη του λιπαντικού, η οποία σε κάθε περίπτωση επιθεωρείται μια φορά την εβδομάδα.

Η θερμοκρασία λειτουργίας είναι η θερμοκρασία του λαδιού στο κιβώτιο. Υπό κανονικές συνθήκες η θερμοκρασία δε πρέπει να ξεπερνά τους 180°C. Γενικά τα λιπαντήρια διαθέτουν φίλτρο που πρέπει να καθαρίζεται συστηματικά, σχήμα 2.56.



Σχήμα 2.56 Λίπανση οδοντωτών τροχών.

2.5.5.3 Μέθοδοι Ορθής Συναρμολόγησης

Κατά την εγκατάσταση τέτοιων μονάδων πρέπει να εξασφαλίζεται η σωστή στήριξή τους, η ακριβή ευθυγράμμισή τους και η ασφαλής σερέωση για την πρόληψη αποευθυγράμμισης γραναζιών και αξόνων. Να ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή.

Πρέπει να χρησιμοποιούνται καλής ποιότητας μηχανικοί σύνδεσμοι για τη σύνδεση των αξόνων του οδηγού και του οδηγούμενου συστήματος.

Μικρές γωνιακές και γραμμικές αποευθυγραμμίσεις μπορούν να παραλαμβάνονται από εύκαμπτους συνδέσμους. Σε μερικές περιπτώσεις, στρεπτικές τάσεις στο ξεκίνημα ή κατά τη διάρκεια των υπερφορτίσεων, ξεπερνώνται με εύκαμπτους συνδέσμους.

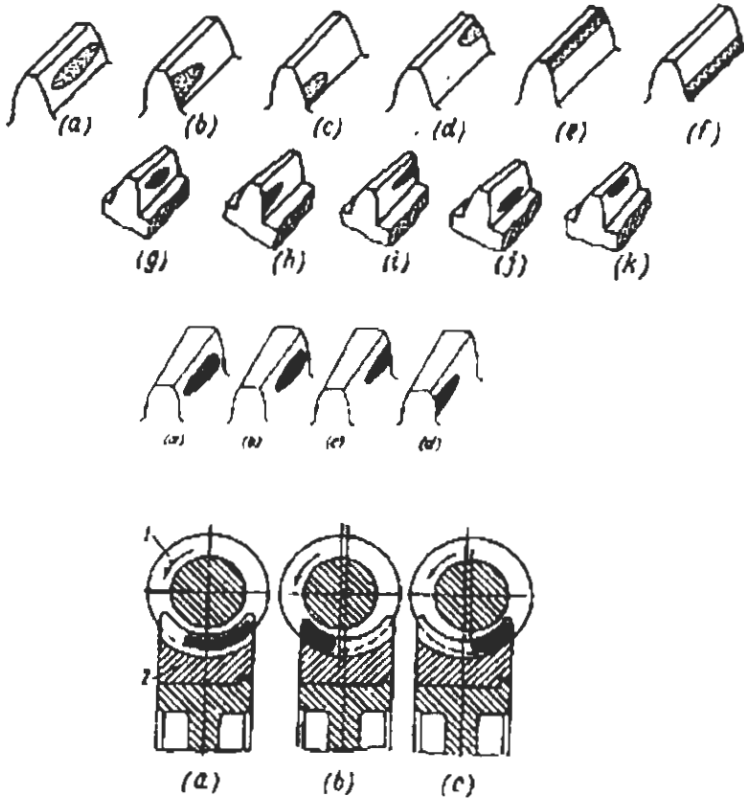
Η σωστή φόρτιση μιας μονάδας είναι βασική για τη μακροζωία της. Εκτός από τη σωστή επιλογή και εγκατάσταση, βασική είναι και η ακραία υπερφορτίσει. Μερικοί κατασκευαστές διαθέτουν σαν επιπλέον εξοπλισμό και διακόπτες υπερφόρτισης.

Τα κιβώτια τέτοιων συστημάτων είναι σχεδιασμένα για σωστή μετάδοση θερμότητας κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Δεν επιτρέπεται να λειτουργεί μια μονάδα όταν η θερμοκρασία λαδιού έχει ξεπεράσει τη συνιστώμενη από τον κατασκευαστή.

Επίσης πρέπει να ερωτάται ο κατασκευαστής όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι τέτοια, που να ελαττώνει τη μετάδοση θερμότητας.

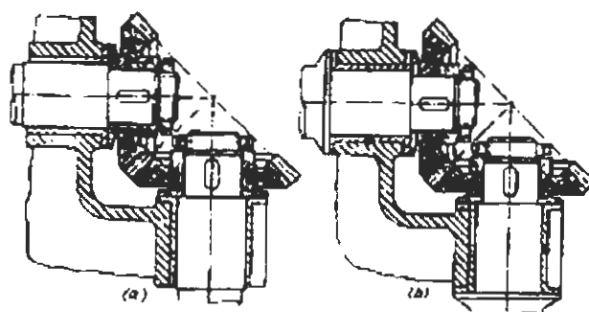
Κατά τη συναρμολόγηση των γραναζιών πρέπει να ελέγχεται το υπόδειγμα επαφής, ώστε κατά τη λειτουργία να γίνεται σωστή επαφή των δοντιών στην επαφή του αρχικού σημείου.

Αυτό επιτυγχάνεται με λεπτά φύλλα μολύβδου που προσαρμόζονται στην παρειά του δοντιού, ή με ειδικά χρώματα με τα οποία βάφονται οι παρειές των δοντιών. Κατά τη συναρμολόγηση περιστρέφονται τα γρανάζια με το χέρι και έτσι αποτυπώνεται το υπόδειγμα επαφής στο μολύβι ή αλλάζει το χρώμα βαφής, σχήμα 2.57.



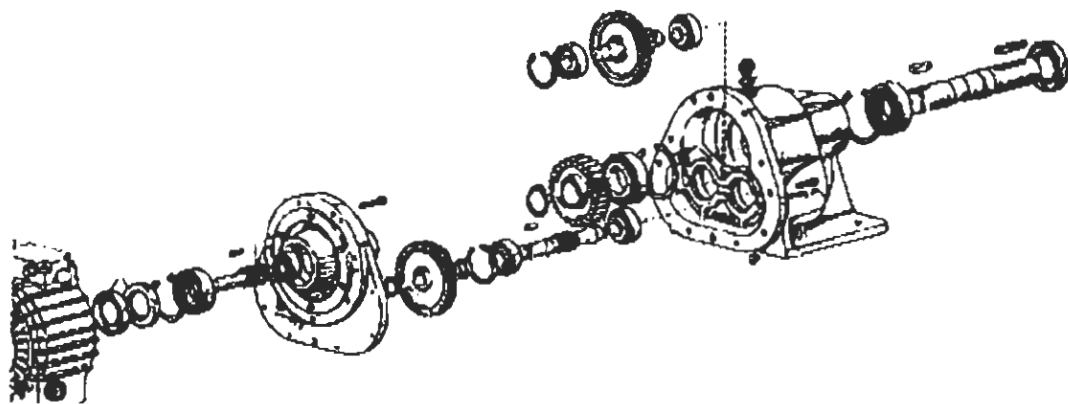
Σχήμα 2.57 Υπόδειγμα επαφής διάφορων οδοντώσεων.

Για το λόγο αυτό πολλές φορές στους άξονες των γραναζιών συνδέονται ρυθμιστές, ώστε με δοκιμές να ρυθμίζεται το αποτύπωμα επαφής, σχήμα 2.58.



Σχήμα 2.58 Ρυθμιστές θέσης επαφής σε εικονικά γρανάζια.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται αποσυναρμολογημένο ένα κιβώτιο ταχυτήτων.



Σχήμα 2.59 Κιβώτιο ταχυτήτων.

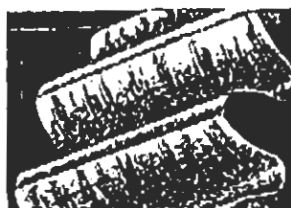
2.5.5.4 Αστοχίες

Η εμπειρία δείχνει ότι οι διάφοροι τύποι καταρρεύσεως και φθοράς μπορούν να συνοψιστούν σε εννέα λόγους, οι οποίοι διαιρούνται σε δυο κατηγορίες.

Κατηγορία Α:

Επιφανειακή Υποβάθμιση σχήμα 2.60

- Φθορά
- Πλαστική ροή
- Απόσχιση
- Επιφανειακή κόπωση
- Διάφορες επιφανειακές υποβαθμίσεις δοντιών

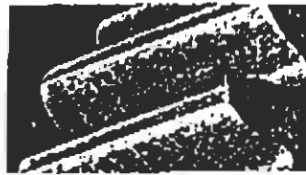


Σχήμα 2.60 Φυσιολογική φθορά, Φθορά από ξύσιμο, Αμυχές, Φθορά από υπερφόρτιση.

Κατηγορία Β:

Σπάσιμο δοντιού σχήμα 2.61

- Κόπωση
- Βαρεία φθορά
- Υπερφόρτιση
- Ρηγμάτωση



Σχήμα 2.61 Βαθιά αυλάκωση, Κυματισμός, Ελαφρά απόσχιση, Σοβαρή απόσχιση, Επιφανειακή κόπωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Η εφαρμογή ενός μηχανογραφημένου συστήματος συντήρησης εξοικονομεί ανθρώπινο δυναμικό, βελτιώνει την ποιότητα της παρεχόμενης συντήρησης και τελικά μειώνει το κόστος παραγωγής και βελτιώνει τα παραγόμενα προϊόντα.

Με τη χρήση πληροφοριακών συστημάτων καταργείται ο γραφειοκρατικός χαρακτήρας της συντήρησης, ο εξοπλισμός μπορεί να παρακολουθείται συνεχώς χωρίς την αναγκαιότητα των επιθεωρητών, οι μεταβολές στη λειτουργία ανιχνεύονται αμέσως, μπορούν να γίνουν υπολογισμοί διαγνωστικοί, αλληλεξάρτησης, επιπτώσεων, πρόγνωσης αστοχιών, χρονικός προγραμματισμός και εύκολη διαχείριση της αποθήκης, του προσωπικού και των υλικών.

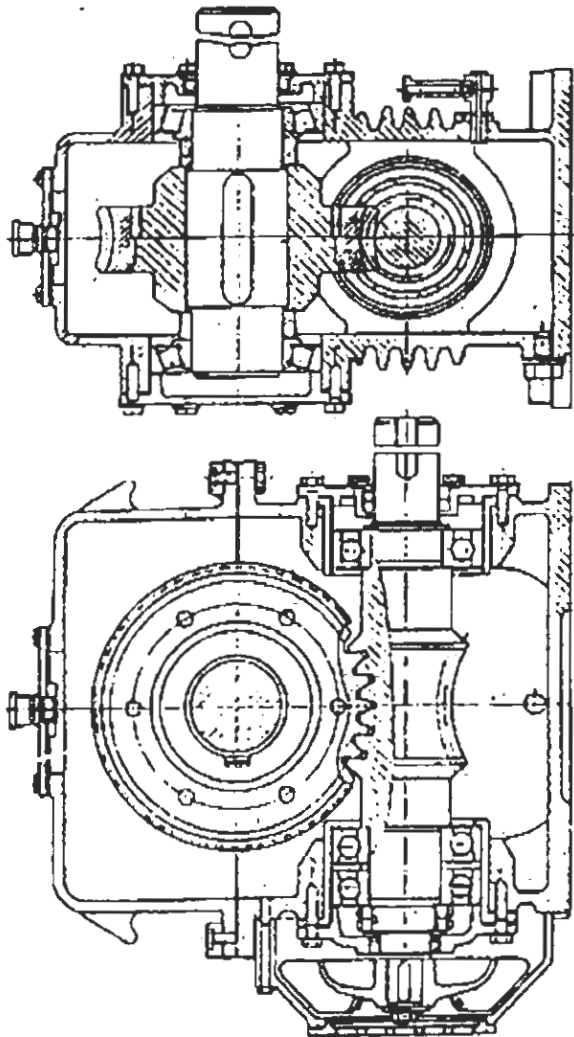
Σε άμεση δε επικοινωνία με το τμήμα παραγωγής και με άντληση δεδομένων από αυτό μπορούν να ληφθούν αποφάσεις και να γίνουν ασφαλείς προβλέψεις. Οι δυνατότητες αυτές μειώνουν σημαντικά το κόστος της συντήρησης και παραπέρα έχουν σημαντικές βελτιώσεις στην ποσότητα και ποιότητα της παραγωγής.

3.1 Λειτουργικότητα και Αξιοπιστία

Οι βλάβες που μπορεί να παρουσιαστούν σε μια μηχανή, για παράδειγμα στο σχήμα 3.1 (κιβώτιο ατέρμονα), οδηγούν:

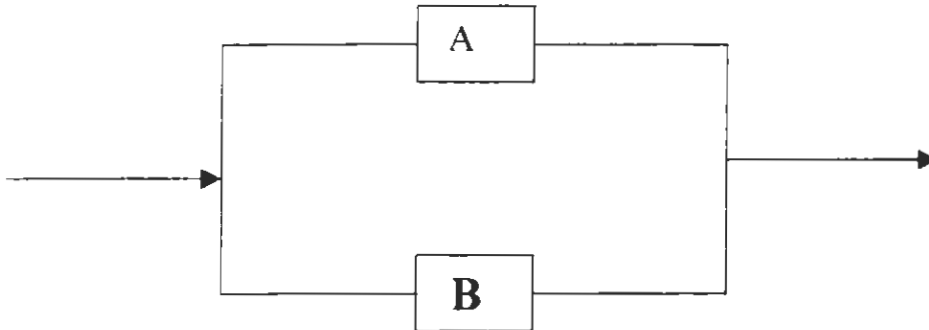
- σε εσφαλμένη λειτουργία και
- σε διακοπή της λειτουργίας

Μια σημαντική θεώρηση στη συντήρηση είναι η αξιοπιστία των στοιχείων και συνολικά του εξοπλισμού. Με τον όρο αξιοπιστία εννοούμε την ικανότητα του συστήματος ή των στοιχείων από τα οποία αποτελείται, στο να επιτελούν μια απαιτούμενη λειτουργία κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες για μια σταθερή περίοδο του χρόνου.



Σχήμα 3.1 Κιβώτιο ατέρμονα

Η συνδυασμένη αξιοπιστία δυο ιδεωδών στοιχείων μιας μηχανής σε παραλληλία, εξαρτάται από τις απαιτήσεις του συστήματος, σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2 Διάγραμμα δύο στοιχείων σε παραλληλία.

Δυο περιπτώσεις είναι πιθανές.

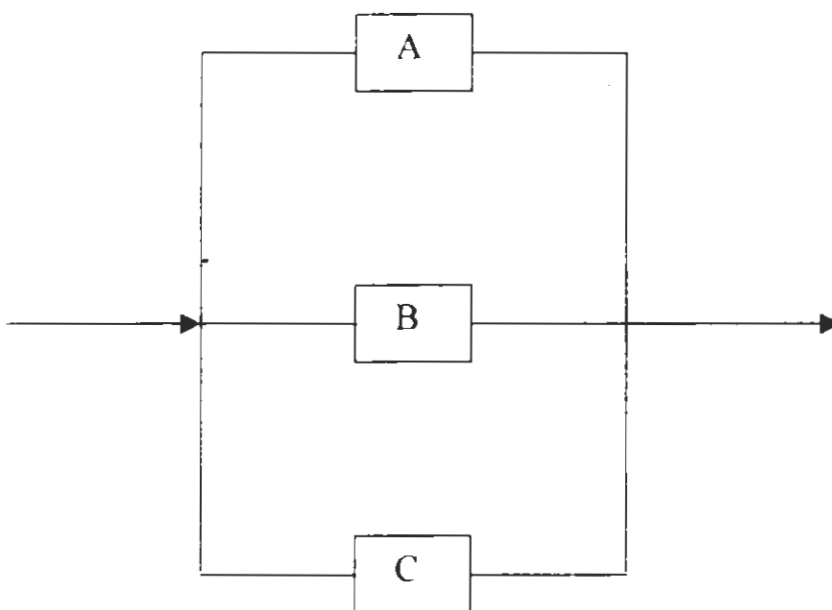
Στην πρώτη, η αστοχία και των δυο στοιχείων οδηγεί σε αστοχία του όλου συστήματος. Και το A και το B πρέπει να λειτουργούν.

Δεύτερον, λειτουργία του ενός από τα δυο στοιχεία είναι αρκετή. Εδώ η αξιοπιστία του συστήματος στηρίζεται στην πιθανότητά του να λειτουργεί ή το A ή το B, ή και τα δυο.

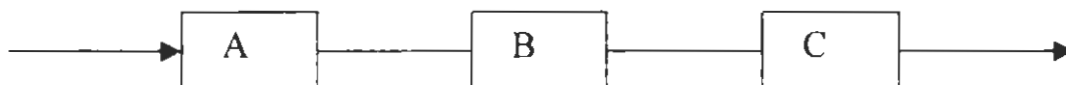
Η συνδυασμένη αξιοπιστία τριών ιδεωδών στοιχείων σε παραλληλία παρουσιάζει τις εξής πιθανότητες:

- Αστοχία οποιονδήποτε από τα τρία στοιχεία του συστήματος, οδηγεί σε αστοχία ολόκληρο το σύστημα σχήμα 3.3.
- Το σύστημα μπορεί να αντέξει την αστοχία ενός στοιχείου. Δυο ή περισσότερα στοιχεία πρέπει να λειτουργούν κανονικά.

- Το σύστημα μπορεί να αντέξει την αστοχία δυο οποιονδήποτε στοιχείων, αλλά ένα από τα τρία πρέπει να λειτουργεί.
- Θεωρούμε τώρα ένα σύστημα, σαν αυτό που φαίνεται στο σχήμα 3.4 όπου η αστοχία του ενός από τα στοιχεία του, μπορεί να προκαλέσει την αστοχία ολόκληρου του συστήματος.



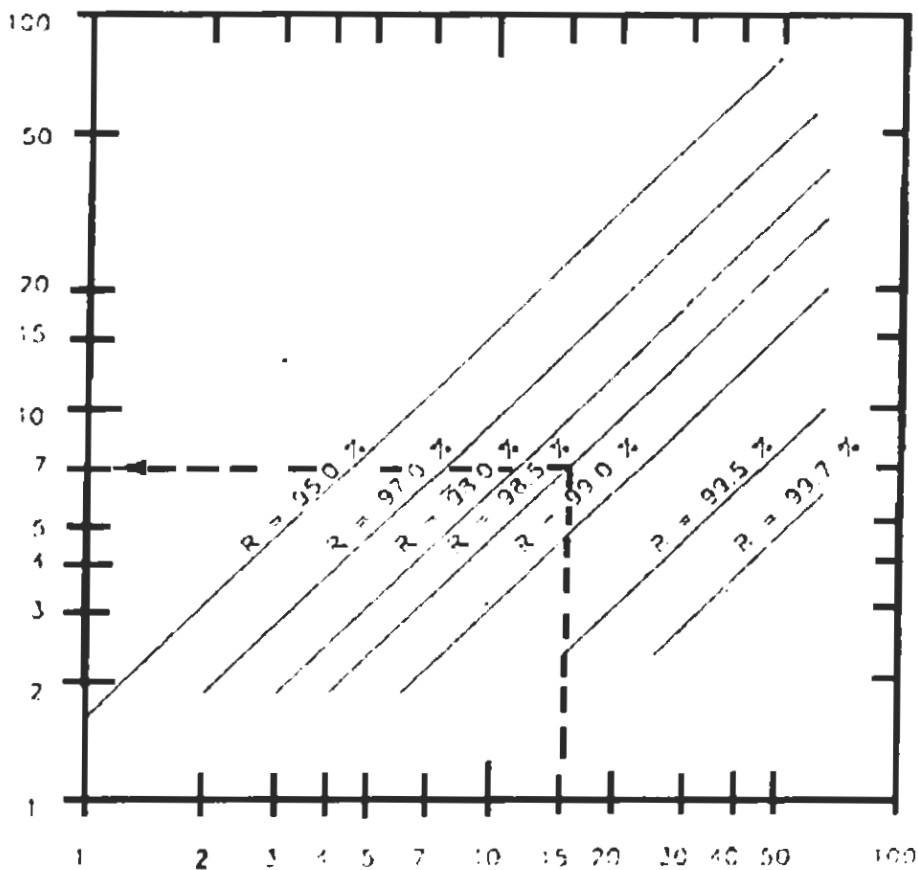
Σχήμα 3.3 Διάγραμμα τριών στοιχείων σε παραλληλία.



Σχήμα 3.4 Διάγραμμα στοιχείων σε σειρά

Πρέπει να τονίσουμε, ότι η αστοχία οποιαδήποτε τμήματος σε αυτό το σύστημα σειράς, είναι ανεξάρτητη από την αστοχία του άλλου.

Στο σχήμα 3.5 εξηγείται η σχέση μεταξύ του MTBF, (Mean Time Between Failure - Μέσος Χρόνος Μεταξύ της Αστοχίας), δηλαδή του χρόνου που απαιτείται για την αντικατάσταση ενός ανταλλακτικού και τον συνιστούμενου παράγοντα της αξιοπιστίας.



Σχήμα 3.5 Διάγραμμα αξιοπιστίας σε σχέση με το μέσο χρόνο μεταξύ της αστοχίας και το απαιτούμενο χρόνο αντικατάστασης του ανταλλακτικού.

Στον πίνακα 3.1 δίνεται πως διάφοροι λόγοι αστοχίας συσχετίζονται υποκειμενικά με τα διάφορα επίπεδα αξιοπιστίας.

Στον πίνακα 3.2 δείχνεται πως διάφορα δεδομένα αστοχιών για τα στοιχεία μιας μηχανής, λαμβάνονται από τα στατιστικά στοιχεία.

Στον πίνακα 3.3 δίνονται διάφοροι λόγοι αστοχιών, για τα στοιχεία μηχανών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

Reliability	$\lambda \times 10^6$
Extremely reliable	0.01
Highly reliable, OK in large numbers	0.01 – 0.1
Good reliability for moderate numbers	0.1 – 1.0
Average reliability, OK in small numbers	1.0 – 10
Very unreliable	10 – 100
Intolerable	> 100

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Στατιστικοί λόγοι αστοχίας.

Elements	Failures(%)	Rate per 1×10^6 h
Valves	43.0	98.4
Pistons and cylinders	19.0	43.0
Lube systems	18.0	41.0
Piston rods	10.0	22.8
Packings	10.0	22.8
Total	100	228.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 Λόγοι αστοχιών για τα στοιχεία μηχανών.

	Best $\lambda(10^{-6})$	Worst $\lambda(10^{-6})$
1.0 Transmitting elements		
1.1 Couplings		
1.1.1 Elastomeric		
1.1.2 Gear		
1.1.3 Disk / diaphragm		
1.2 Gear sets		
1.2.1 General purpose		
1.2.2 High – speed helical		
1.3 Shafts		
1.3.1 Lightly stressed		
1.3.2 Heavily stressed		
1.3.3 Crankshafts (R .C)		
1.4 Clutches		

-
- 1.4.1 Friction
 - 1.4.2 Magnetic
 - 1.5 Drive belts
 - 1.5.1 V – belts
 - 1.5.2 Timing belts
 - 1.6 Springs
 - 1.6.1 Lightly stressed
 - 1.6.2 Heavily stressed

 - 2.0 Constraining, confining, containing elements
 - 2.1 Bearings
 - 2.1.1 Sleeve bearings
 - 2.1.2 Ball bearings
 - 2.1.3 Roller bearings
 - 2.2 Seals
 - 2.2.1 O – rings
 - 2.2.2 Oil seals
 - 2.2.3 Mechanical seals
 - 2.3 Valves
 - 2.3.1 R. C. (Recip. Comp.)
 - 2.3.2 Check valves
 - 2.3.3 Manual valves
 - 2.3.4 Relief valves

 - 3.0 Fixing elements
 - 3.1 Threaded fasteners
 - 3.1.1 Bolts
 - 3.1.2 Pins
 - 3.1.3 Set screws
 - 3.1.4 Rivets

 - 4.0 Support elements
 - 4.1 Casings
 - 4.1.1 R. C. cylinder jackets
 - 4.1.2 R. C. cylinder liners
 - 4.1.3 Pump casings
 - 4.2 Vibration mounts
 - 4.2.1 Elastomeric
 - 4.2.2 Wipe rope coils
 - 4.3 Motor windings
 - 4.3.1 Small motors < 250
 - 4.3.2 Large motors > 250

 - 5.0 Basic failures modes
 - 5.1 Force / stress / impact
 - 5.1.1 Deformation
 - 5.1.2 Fracture
 - 5.1.3 Binding / seizure
-

-
- 5.1.4 Misalignment
 - 5.1.5 Displacement
 - 5.1.6 Loosening (fastener)

 - 5.2 Reactive environment
 - 5.2.1 Corrosion
 - 1. Accessible parts
 - 2. Inaccessible parts
 - 5.2.2 Fretting
 - 1. Mostly stationary
 - 2. Exposed to dirt
 - 5.3 Temperature effects (see under aging)
 - 5.4 Time effects
 - 5.4.1 Wear / relative motion
 - 1. Non – lubricated
 - 2. Lubricated
 - 5.4.2 Erosion
 - 1. Accessible parts
 - 2. Inaccessible parts
 - 5.4.3 Aging
 - 1. Lubricants
 - 2. Rubber
 - 3. Metals, thermally stressed
 - 5.4.4 Contamination
 - 1. Accessible parts
 - 2. Inaccessible parts
 - 5.4.5 Fouling / plugging
 - 1. High – velocity areas
 - 2. Low – velocity areas
-

3.2 Παρακολούθηση Διεργασιών

Όταν οι θεμελιώδεις λειτουργίες ενός παραγωγικού συστήματος διεξάγονται με τη χρήση υπολογιστών, τότε μιλάμε για ολοκληρωμένο παραγωγικό σύστημα.

Στις λειτουργίες αυτές επιτίπουν ο σχεδιασμός, οι προμήθειες, η παραγωγή η συντήρηση και η εμπορία των προϊόντων. Τότε οι λειτουργίες αυτές εκτελούνται παράλληλα και επικαλύπτουν η μια την άλλη, με χρήση τοπικών και κεντρικών υπολογιστών οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους.

Η τεχνολογία αυτή εφαρμόζεται σε μεγάλες εγκαταστάσεις που λειτουργούν σε συνθήκες μαζικής παραγωγής και στοχεύουν στην αύξηση της ποιότητας και ποσότητας της παραγωγής μέσω της αυτοματοποίησης των λειτουργιών.

Τότε τα συστήματα μετρήσεων, ελέγχων και επιθεωρήσεων αυτοματοποιούνται, αναπτύσσονται υπολογιστικά συστήματα και κατάλληλο λογισμικό διαχείρισης αυτών. Οι επιθεωρητές καταργούνται και οι συντηρητές αναλαμβάνουν επιπρόσθετα καθήκοντα, ενώ απαιτείται νέο προσωπικό με γνώσεις υπολογιστών.

Οι επιθεωρήσεις και οι δοκιμές αποτελούν μια από τις βασικές λειτουργίες στην παραγωγή, συντήρηση και το σχεδιασμό, και στοχεύουν στον ποιοτικό έλεγχο βασίζονται στα προηγμένα συστήματα δοτών που συνδυάζονται με υπολογιστές.

Στις σύγχρονες παραγωγικές εγκαταστάσεις υπάρχουν δυο είδη επιθεωρήσεων και δοκιμών αυτές που αναφέρονται στη λειτουργικότητα και αυτές που σχετίζονται με την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Αμφότερες στηρίζονται σε υπολογιστικές διαδικασίες και δίκτυα υπολογιστών. Για τη λειτουργία τους είναι απαραίτητο να εγκατασταθεί ένα δίκτυο μετρήσεων και παρακολούθησης τα των λειτουργιών που αποτελείται από δότες, υπολογιστές, καλωδιώσεις, πολυπλέκτες, κλπ ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

Το δίκτυο μετρήσεων, ελέγχων και υπολογιστών λειτουργεί με κατάλληλο λογισμικό το οποίο ελέγχει τις δειγματοληψίες, ροή πληροφοριών, αποθήκευση δεδομένων, επεξεργασία πληροφοριών, διαχείριση καταστάσεων και λήψη αποφάσεων.

Το λογισμικό αυτό αποτελείται από πολλούς εμπορικούς κώδικες οι οποίοι συνεργάζονται αρμονικά, αλλά επιτελούν τελείως διαφορετικό έργο. Διακρίνονται δε στις ακόλουθες κατηγορίες:

■ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA ACQUISITION)

Αναφέρεται στις λειτουργίες ελέγχου των δοτών, δειγματοληψίες αποθήκευση και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων. Χρησιμοποιείται τόσο για τον έλεγχο της παραγωγής όσο και για τον έλεγχο της λειτουργικότητας του εξοπλισμού σε αντικατάσταση των επιθεωρητών.

Τα συστήματα αυτά βασίζονται στις αρχές της τηλεμετρίας και των μετρήσεων με υπολογιστή, απαιτούν εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού, αλλά καταργούν τελείως τους επιθεωρητές και το έργο που επιτελούν.

Τα αποτελέσματα των ελέγχων μπορούν να παρουσιάζονται στις οθόνες των υπολογιστών σε πραγματικούς χρόνους καθώς και η ιστορική εξέλιξη αυτών. Επιπλέον είναι δυνατόν να εγείρονται διάφοροι συναγερμοί όταν μετρούνται κάποιες οριακές τιμές στις ελεγχόμενες παραμέτρους.

■ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ (MAINTENANCE)

Αναφέρεται στις λειτουργίες συντήρησης και λειτουργικότητας του εξοπλισμού σε όλη του την έκταση. Αυτό επιτυγχάνεται με δότες που μετρών ταχύτητες, ροές, θερμοκρασίες, ταλαντώσεις, θορύβους, κλπ.

Αφού συλλεχθούν και προεπεξεργασθούν με το λογισμικό που αναφέρεται προηγούμενα, οι πληροφορίες αυτές επεξεργάζονται με χρήση αριθμητικών λειτουργιών, όπως είναι οι μετασχηματισμοί *fourier*, η επεξεργασία εικόνας κλπ, και λαμβάνονται πληροφορίες σε κατάλληλη μορφή που περιγράφει τη λειτουργικότητα του εξοπλισμού.

Οι πληροφορίες αυτές αποθηκεύονται συνεχώς σε κατάλληλα αρχεία, και επομένως παρέχεται η δυνατότητα άμεσης ανάκλησής τους και ιστορική διερεύνηση της συμπεριφοράς του εξοπλισμού από τους χρήστες του συστήματος που τώρα δεν είναι γραφειοκράτες, αλλά χειριστές υπολογιστών και αναλυτές τέτοιων συστημάτων.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΤΟΧΙΩΝ (FAILURE ANALYSIS)

Στην κατηγορία αυτή εμπίπτει ειδικό λογισμικό που έχει ενσωματωμένες πληροφορίες σχετικά με όλες τις συνιστώσες της εγκατάστασης και την κρισιμότητά τους σε μια ιεράρχηση αστοχιών.

Αναφέρεται σε πιθανές μορφές αστοχίας, επιπτώσεις των αστοχιών και αλληλεξάρτηση αυτών των αστοχιών στη λειτουργία όλης της εγκατάστασης, ανάλυση κόστους, διερεύνηση και χειρισμό αστοχιών.

Χρησιμοποιεί δε ως δεδομένα τα αρχεία από τις μετρήσεις που επιτελεί η προηγούμενη κατηγορία λογισμικού, τα λογικά διαγράμματα του εξοπλισμού που έχουν αποθηκευθεί σε κατάλληλη μορφή, και τέλος τα αρχεία των δελτίων των στοιχείων και μηχανών ολόκληρης της εγκατάστασης όπως έχουν αποθηκευθεί από τους χειριστές του συστήματος.

■ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΟΡΩΝ (RESOURCE MANAGEMENT)

Στην κατηγορία αυτή, το λογισμικό είναι προσπελάσιμο από ανώτερα στελέχη, και αναφέρεται στην ανάλυση των επιπτώσεων των βλαβών και παραγωγής, στα ανταλλακτικά και το προσωπικό.

Με τη βοήθεια του λογισμικού αυτού μπορούν να γίνουν χρονικοί προγραμματισμοί, διαχείριση της αποθήκης των ανταλλακτικών, ανάλυση κόστους, κλπ και επομένως μπορούν να υποβοηθηθούν όλες οι εργασίες του υπεύθυνου διευθυντή συντήρησης.

■ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (DECISION MAKING)

Ο προγραμματισμός ενεργειών, τα χρονικά περιθώρια δράσης, η λήψη αποφάσεων και η διαχείριση κρίσιμων και επικίνδυνων καταστάσεων είναι τα αντικείμενα του αντίστοιχου λογισμικού.

Το λογισμικό αυτό είναι εγκατεστημένο στο δίκτυο υπολογιστών της επιχείρησης και είναι προσπελάσιμο από τα αντίστοιχα στελέχη της επιχείρησης.

Με τον τρόπο αυτό, ένας διευθυντής μπορεί ανά πάσα στιγμή να έχει πληροφορίες για την ποιότητα μιας παρτίδας προϊόντων, την κατάσταση μιας μηχανής παραγωγής, τις τρέχουσες βλάβες, τα διαθέσιμα ανταλλακτικά, την στιγμιαία απασχόληση του προσωπικού, το κόστος μιας επισκευής κλπ.

Επομένως, μπορούν να σχεδιασθούν βελτιώσεις της ποιότητας των προϊόντων με βάση τις σφαιρικές παρατηρήσεις από το διατιθέμενο λογισμικό και να διορθωθούν καταστάσεις που είναι επιζήμιες για την επιχείρηση.

Από την άλλη δε πλευρά, μπορούν να πραγματοποιηθούν σχεδιασμοί προϊόντων προσαρμοσμένοι απόλυτα στις τοπικές παραμέτρους της παραγωγικής εγκατάστασης λαμβάνοντας στο λογαριασμό όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της.

3.3 Ανάλυση Μορφών Αστοχίας

Αυτές οι μέθοδοι αποτελούν μια μεθοδολογία για την διερεύνηση ενδεχόμενων τρόπων αστοχίας οι οποίες μπορούν να λάβουν χώρα σε προτεινόμενους σχεδιασμούς.

Αρχικά σε αυτή τη μεθοδολογία τακτοποιούνται οι δυναμικές αστοχίες ως προς τις θεμελιώδεις μορφές αστοχίας. Στη συνέχεια, μελετάται η επίδραση στη λειτουργικότητα του ολικού συστήματος εκάστης επιμέρους μορφής αστοχίας.

Τέλος γίνεται μια ανασκόπηση των ενεργειών οι οποίες πρέπει να γίνουν ή να προγραμματισθούν ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα αστοχίας ή να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις της αστοχίας.

Τα χονδρικά διαγράμματα τα οποία παρουσιάζουν τη λειτουργία, τις σχέσεις και τις αλληλοεπιδράσεις των λειτουργικών στοιχείων στο σύστημα αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο στην ΑΜΑΕΚ (Ανάλυση Μορφών Αστοχίας Επιπτώσεων και Κρισιμότητας).

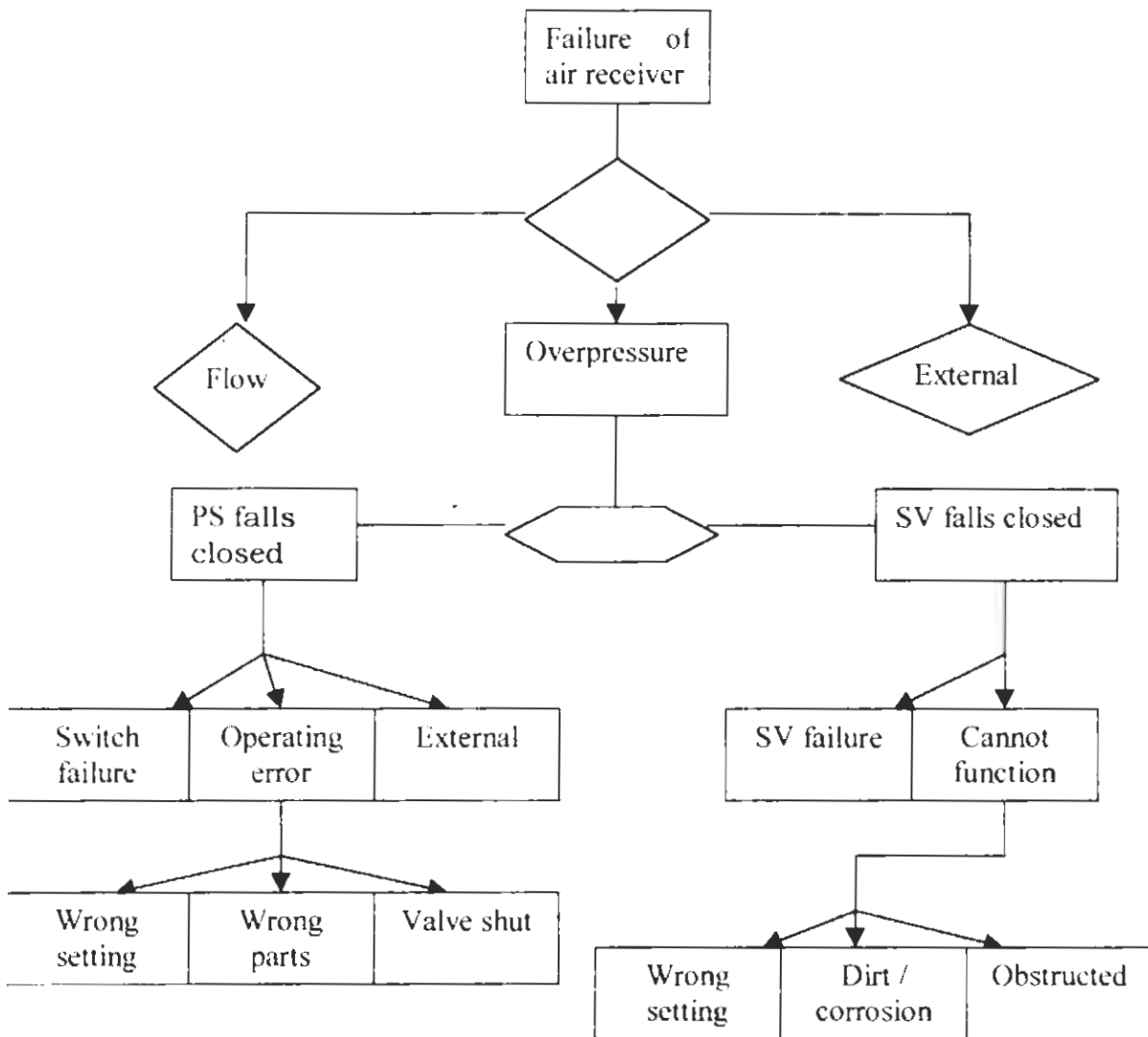
Αυτά τα διαγράμματα παρέχουν τη δυνατότητα ανίχνευσης των επιδράσεων των μορφών αστοχίας σε όλα τα επίπεδα της εγκατάστασης. Αμφότερα λειτουργικά διαγράμματα και διαγράμματα αξιοπιστίας απαιτούνται για να καταδειχθεί η ακολουθία της ροής λειτουργίας και η σειρά της εξάρτησης ή η ανεξαρτησία λειτουργιών.

Η μεθοδολογία ΑΜΑΕΚ σχήμα 3.6 μπορεί να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει επιδράσεις άλλων παραγόντων όπως είναι η ασφάλεια, downtime (ο ολικός χρόνος στη μη λειτουργική κατάσταση), uptime (ο ολικός χρόνος στη λειτουργική κατάσταση), η πρόσβαση στα ανταλλακτικά, ο προγραμματισμός συντήρησης και ο προγραμματισμός επιθεωρήσεων.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)							Seet No. ___ of ___		
System:			Component:						
System status			Component status		Operating conditions		Documation		
1 No	2 Part / function	3 Failure mode	4 Basic failure mode / possible cause	5 Failure detection	6 Available counteer - measures	7 Failure effects	8 Occu renc e Sever ity Dete ction RPN	9 10 11	12 Failure assessm ent and recomen ted actoon

Σχήμα 3.6 FMEA

Η ανάλυση του δένδρου σφαλμάτων ΑΔΣ (Fault Tree Analysis), σχήμα 3.7 είναι μια άλλη μέθοδος για τη μελέτη δυναμικών αστοχιών σε ένα σύστημα. Η ανάλυση του δένδρου σφαλμάτων διαφέρει από την ΑΜΑΕΚ σε τρία σημεία.



Σχήμα 3.7 Α.Δ.Σ.

Αρχικά, η ΑΔΣ μελετά μόνο εκείνες τις αρνητικές εκβάσεις που θεωρούνται αρκετά σημαντικές για διεξοδικότερη ανάλυση, ενώ η ΑΜΑΕΚ εξετάζει όλες τις δυναμικές μορφές αστοχιών.

Κατά δεύτερον, η ΑΔΣ μπορεί να αναλύσει καταστάσεις όπου το αρνητικό γεγονός δεν θα συμβεί εκτός αν διάφορα επιμέρους γεγονότα συμβούν πρώτα.

Τρίτον η ΑΔΣ διεξάγει μια περισσότερο ρητή εργασία παρουσιάζοντας τις σχέσεις μεταξύ των γεγονότων που έχουν αλληλεπίδραση το ένα με το άλλο.

3.4 Διαχείριση Συντήρησης

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα ενός μηχανογραφημένου συστήματος συντήρησης είναι:

- Η τυποποίηση
- Η δημιουργία δυναμικής τράπεζας δεδομένων
- Οι αναλυτικές δυνατότητες του υπολογιστή
- Η άμεση προσπέλαση στις πληροφορίες
- Η δημιουργία ηλεκτρονικών βιβλιοθηκών με τον εξοπλισμό
- Οι δυνατότητες ταυτόχρονης ανάλυσης βλαβών, κρισιμότητας, ελέγχου, παρακολούθησης και προγραμματισμού.

Το μηχανογραφημένο σύστημα συντήρησης βασίζεται σε αυστηρά κωδικοποιημένη αρχειοθέτηση του εξοπλισμού. Κάθε εξάρτημα του εξοπλισμού, ταξινομείται, ιεραρχείται και κωδικοποιείται με ένα αριθμό ταυτότητας ώστε να είναι άμεσα αναγνωρίσιμο και διακρίσιμο από τα άλλα εξαρτήματα.

Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται για τα συγκροτήματα, μηχανές, εξαρτήματα, στοιχεία κλπ. Ο κωδικός που χρησιμοποιείται είναι μοναδικός για κάθε εξάρτημα, περιέχει πληροφορίες για το εξάρτημα και είναι προσαρμόσιμος σε ομαδοποιήσεις, βελτιώσεις και αναπύξεις.

Το επόμενο βήμα στη μηχανογράφηση είναι η συλλογή στοιχείων για κάθε εξάρτημα του εξοπλισμού και η συγκρότησή τους σε χρήσιμα δελτία.

Το κυριότερο δελτίο του συστήματος είναι η καρτέλα εντολών εργασίας στην οποία αναγράφεται κατά σειρά εμφανίσεως το συγκρότημα, η θέση, η περιγραφή του εξαρτήματος και ένας σύνθετος αριθμός αποτελούμενος από το δείκτη του συγκροτήματος και τον αριθμό της διαδικασίας που πρέπει να περατωθεί.

Κάτω από αυτήν την πληροφορία ακολουθούν βήμα με βήμα οι οδηγίες εκτέλεσης της εργασίας. Στο κατώτερο τμήμα σημειώνεται το επίπεδο και η κατηγορία των τεχνικών, ο δείκτης προτεραιότητας, η θέση των ειδικών οδηγιών κλπ. Οι συντηρητές πρέπει να καταγράφουν το χρόνο απασχόλησής τους, την ημερομηνία, τον επικεφαλής και τις παρατηρήσεις που έχουν.

Η διαφορά του δελτίου εντολών εργασίας από το δελτίο παγίων εντολών συντήρησης έγκειται στο ότι το δεύτερο αναγράφονται όλες οι πάγιες εργασίες συντήρησης που προβλέπονται από τους κατασκευαστές, ενώ στο πρώτο αναγράφονται οι εργασίες που έχουν προγραμματισθεί να περατωθούν.

Στα δελτία αρχείου εξοπλισμού και αρχείου εξαρτημάτων περιέχονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν τον εξοπλισμό ή το εξάρτημα και έχουν καταχωρηθεί.

Κεφάλαιο 4

Κατά την επίσκεψή μας στο εργοστάσιο της Τσιμεντοβιομηχανίας ΤΙΤΑΝ στην περιοχή του Δρέπανου μας έγινε ξενάγηση από τον προϊστάμενο του τμήματος συντήρησης.

Σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιείται ο ασβεστόλιθος ο οποίος ψύχεται, καθώς τα αδρανή του λατομείου προκύπτουν από την θραύση και το κοσκίνισμα όγκων που αποσπώνται από πετρώδεις λόφους με χρήση εκρηκτικών.

Τα αδρανή ταξινομούνται ανά μέγεθος και σύμφωνα με την γεωλογική τους προέλευση.

Κατόπιν περνάνε από τρία στάδια πριν εισέλθουν στους κλιβάνους. 1^ο στάδιο περνάνε από τον σπαστήρα, και μετά από δύο κυλιόμενες ράβδους το τριβείο (2^ο στάδιο) και 3^ο και τελευταίο από τους μύλους χώματος.

Έπειτα το υλικό περνά μέσα από δύο μεγάλους κλιβάνους που είναι και το κύριο μέρος του εργοστασίου.

Μέσα στους κλιβάνους αυτούς αναπτύσσονται θερμοκρασίες μέχρι και 1500 C°. Κατά την εισαγωγή του υλικού μέσα στους κλιβάνους η θερμοκρασία αυξάνεται σταδιακά και φτάνει τους 1500 C° και κατά την έξοδό του το υλικό ψύχεται.

Η παραγωγή του τσιμέντου είναι συνεχείς και χαρακτηρίζεται από την εποχικότητα του όπου τους καλοκαιρινούς μήνες παρουσιάζει αύξηση.

Η παραγωγή του τσιμέντου φθάνει το 1.500.000 τόνους το χρόνο και το κέρδος φθάνει τα 50.000.000.000.

Η συντήρηση γίνεται βάση προγράμματος με ημερομηνίες και ιστορικό αρχείο. Η συντήρηση των κλιβάνων γίνεται κάθε 10 μήνες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περιβαλλοντική απόδοση βιομηχανικών εταιριών είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη συντήρησή τους. Αυτή η εργασία αποτελείται από δύο μέρη.

Το πρώτο παρουσιάζει μια σύντομη περιγραφή των βασικών μεθόδων συντήρησης (διορθωτική, προληπτική και προγνωστική) και τον βέλτιστο συνδυασμό τους, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές επιπτώσεις των βιομηχανικών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον.

Το δεύτερο μέρος παρουσιάζει συγκεκριμένα προγράμματα και μεθόδους για την κατάλληλη περιβαλλοντική διαχείριση των παραπροϊόντων συντήρησης.

Το εφαρμόσιμο των παραπάνω μεθόδων επιδεικνύεται με πραγματικά αποτελέσματα από το εφαρμόσιμο των παραπάνω μεθόδων επιδεικνύεται με πραγματικά αποτελέσματα από το εργοστάσιο Πατρών της Α.Ε. Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ.

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συντήρηση είναι μια από τις πιο σημαντικές δραστηριότητες στα βιομηχανικά μηχανήματα. Μπορεί να επιδράσει άμεσα και έμμεσα στη γενική απόδοση των μηχανημάτων, όσον αφορά στη λειτουργία, στο κόστος, στην ασφάλεια, στο περιβάλλον και στη ποιότητα.

Ειδικότερα στη συνεχή λειτουργία των βιομηχανικών μηχανημάτων (24 ώρες ανά ημέρα), οι δραστηριότητες συντήρησης θα πρέπει να βασίζονται σε μια γερή οργάνωση, αυστηρό χρονοδιάγραμμα και δυνατή τεχνική συνεννόηση γιατί ο διαθέσιμος χρόνος για συντήρηση είναι αυστηρά περιορισμένος από το χρονοδιάγραμμα παραγωγής και θα πρέπει να προσαρμοστεί κυρίως στις ετήσιες γενικές επιθεωρήσεις των μηχανημάτων.

Ειδικότερα σε μια τσιμεντοβιομηχανία, όπου τα μηχανήματα είναι βαριά, η λειτουργία είναι συνεχόμενη και η παραγωγή είναι δυναμικά απαιτητική, ανεπαρκής ή

ακατάλληλη συντήρηση μπορεί να καταλήξει στα επόμενα βασικά αρνητικά αποτελέσματα:

- Αυξημένη κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρική ή θερμική) οφειλόμενη σε ακατάλληλη λειτουργία των μηχανημάτων, απροσδόκητες και συχνές παύσεις του εξοπλισμού και κακή ποιότητα παραγωγής.
- Υψηλές ή εκτός ορίων εμπλοκές (όπως σκόνης και αερίου στις τσιμεντοβιομηχανίες) οφειλόμενες σε ανεπαρκή λειτουργία και χαμηλή απόδοση του εξοπλισμού κατακράτησης σκόνης.
- Αυξημένες ποσότητες υποπροϊόντος. Μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων και χρησιμοποιημένων λιπαντικών οφειλόμενων στις συχνές διακοπές και επισκευές των μηχανημάτων. Έκτεταμένο πλεόνασμα λιπαντικού εξαιτίας διαρροών λαδιού. Υπερθέρμανση και μόλυνση του νερού από πηγή ή θάλασσα που χρησιμοποιείται για σκοπούς ψύξεως με ξένα υλικά και λάδι.
- Υπερβολική χρήση των διαθέσιμων πόρων. Υπερκατανάλωση των ανταλλακτικών και λιπαντικών εξαιτίας των συχνών διακοπών και της ανάγκης για επισκευές. Κακή χρήση των πρώτων υλών οφειλόμενης στην ακατάλληλη λειτουργία των μηχανημάτων που καταλήγει στην κακή ποιότητα προϊόντος. Υπερβολική χρήση των πηγών νερού για σκοπούς ψύξης εξαιτίας της αυξανόμενης τριβής στα κινούμενα μέρη των μηχανημάτων.

Αυτές οι αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον σχετίζονται άμεσα με το ρυθμό, και τη σπουδαιότητα των διακοπών.

Περιορισμός ή ακόμα και εξάλειψη αυτών των αρνητικών επιδράσεων, απαιτεί την ανάπτυξη και εφαρμογή ενός μοντέλου συντήρησης βασιζόμενο στον περιορισμό των συνεπειών από τις διακοπές.

Τέτοιο μοντέλο, παρουσιάζεται στο τμήμα 2, είναι ένας ευνοϊκός συνδυασμός των τριών στοιχειωδών μεθόδων

συντήρησης, δηλαδή της διορθωτικής, προληπτικής και της προγνωστικής και καταλήγει σε μειωμένο χρόνο απόδοσης των μηχανημάτων, ελάχιστες εκπομπές, καλύτερη χρήση των ανταλλακτικών, των λιπαντικών και των πόρων, κι ελάχιστη συντήρηση και παραγωγή υποπροϊόντων.

Από την άλλη πλευρά, κατάλληλη περιβαλλοντολογική συμπεριφορά απαιτεί κατάλληλη διαχείριση της συντήρησης υποπροϊόντος κάτω από ειδικά προγράμματα; και μεθόδους που θα συζητηθούν στο τμήμα 3.

Οι μέθοδοι που παρουσιάζονται στα τμήματα 2 και 3 περιγράφονται με πρακτικά παραδείγματα και προκύπτουν από την εφαρμογή τους στην Τσιμεντοβιομηχανία ΤΙΤΑΝ Α.Ε. της Πάτρας.

Στο τμήμα 4, συνοψίζονται όλα τα θέματα που παρουσιάζονται σ' αυτή την εργασία.

4.2 Το ευνοϊκό μοντέλο συντήρησης

4.2.1 Ο πρωταρχικός σκοπός ενός τμήματος συντήρησης

Ο πρωταρχικός σκοπός ενός μοντέρνου τμήματος συντήρησης είναι να διατηρεί τον εξοπλισμό στη μέγιστη διαθεσιμότητα λειτουργίας. Πέρα από αυτά οι στόχοι είναι να επιβεβαιώσουν τη μέγιστη διάρκεια ζωής των μηχανημάτων, την πρόσφατη ζήτηση αποδεκτών ανταλλακτικών και το χαμηλότερο δυνατό κόστος προσωπικού. Με άλλα λόγια ένα πολύ πολύπλοκο έργο. Η έκβαση θα επιβεβαιώσει τη συνεχή παραγωγικότητα, την υψηλή αξιοπιστία του εξοπλισμού, τη χαμηλότερη πιθανότητα ασφάλειας και περιβαλλοντολογικών κινδύνων, λιγότερα έξοδα, λιγότερες επενδύσεις στα ανταλλακτικά, βελτιωμένη ποιότητα παραγωγής και μειωμένο συνολικά κόστος μηχανημάτων (1,2).

Για να μεταφράσουμε τα παρακάτω σ' ένα μαθηματικό τύπο, η ακόλουθη λειτουργία μπορεί να οριστεί ως:

$$C_{m,f} = (FR_{m,f}) (PF_f) \quad (1)$$

όπου: $C_{m,f}$ είναι οι συνέπειες λειτουργίας οφειλόμενης σε μια βλάβη “ f ” στη μηχανή “ m ” , $FR_{m,f}$ είναι ο ρυθμός βλάβης “ f ” στη μηχανή “ m ” , που δείχνει πόσο συχνά, μια βλάβη συμβαίνει (που καθορίζεται παρακάτω από την ισότητα 1α) και PF_f είναι ένας παράγοντας που δείχνει τη σοβαρότητα των επιδράσεων της βλάβης “ f ” στην παραγωγή, συντήρηση, ασφάλεια περιβάλλον και ποιότητα προϊόντος ονομάζεται “ ποινή ανά βλάβη ”, και καθορίζεται από ισότητα 1β.

$$FR_{m,f} = \begin{array}{l} 1 \text{ σπάνιο} \\ 2 \text{ χαμηλό} \\ 3 \text{ μέτριος} \\ 5 \text{ υψηλό} \\ 10 \text{ συχνό} \end{array} \quad (1\alpha)$$

$$PF_f = \begin{array}{l} 1 \text{ αμελητέος} \\ 2 \text{ ελαφρύς ή ελλειμματικός} \\ 3 \text{ μέτριος} \\ 5 \text{ σοβαρός} \\ 10 \text{ καταστροφικός} \end{array} \quad (1\beta)$$

Το βέλτιστο μοντέλο συντήρησης υπό συζήτηση θα καταλήξει στο να περιορίσει τις συνέπειες λειτουργίες $C_{m,f}$ για κάθε πιθανή βλάβη “ f ” που θα μπορούσε να συμβεί σε κάθε μηχανή “ m ” , της εγκατάστασης. Επομένως, ο πρωταρχικός σκοπός ενός μοντέρνου τμήματος συντήρησης είναι:

$$\sum_{m,f} C_{m,f} < C_{\min}, \text{ for } m=1,2,\dots,M \text{ and } f=1,2,\dots,F(m) \quad (2)$$

Όπου “ M ” είναι ο συνολικός αριθμός των μηχανημάτων εγκατάστασης και “ $F(m)$ ” ο συνολικός αριθμός πιθανών βλαβών της μηχανής “ m ”. C_{\min} είναι μια αποδεκτή αξία σειράς εξαρτημάτων από τη διοίκηση της εγκατάστασης, που θα πρέπει να αντιπροσωπεύει ένα προκλητικό στόχο που τείνει στο μηδέν από την εφαρμογή του μοντέλου.

Η εξίσωση (2) αλλάζει δραματικά τη φιλοσοφία της συντήρησης που υιοθετείται από μια βιομηχανική εταιρία. Μέχρι πρόσφατα, οι σημαντικοί δείκτες απόδοσης για τη συντήρηση ήταν μόνο η διαθεσιμότητα των μηχανημάτων και το κόστος (που συμπεριλαμβάνονται στην ισότητα 2).

Στις μέρες μας, εξαιτίας της αυξανόμενης ζήτησης από την κοινωνία και τη νομοθεσία, οι περισσότερες εταιρίες συγκεντρώνονται σε θέματα περιβαλλοντικά και ασφάλειας που αφορούν τις δικές τους βιομηχανικές δραστηριότητες

4.2.2 Ορισμός του βέλτιστου μοντέλου συντήρησης

Η ισότητα 2 πρέπει να ικανοποιηθεί απ' όλα τα μηχανήματα της εγκατάστασης ($m = 1, 2, \dots, M$) και από όλες τις πιθανές βλάβες [$f = 1, 2, \dots, F(m)$] αυτών των μηχανών. Λαμβάνοντας υπόψη το συνολικό αριθμό των μηχανών σε μια βαριά βιομηχανική εγκατάσταση και το συνδυασμό τους με το συνολικό αριθμό των πιθανών βλαβών, η παραπάνω μεθοδολογία φαίνεται μόνο θεωρητική.

Πρακτική εφαρμογή αυτής της προσέγγισης είναι πιθανή, εάν οι μηχανές ταξινομούνται σύμφωνα τη σπουδαιότητά τους, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Δίπλα, ο αλγόριθμος που παρουσιάζεται στο σχήμα 1, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιλεγεί η κατάλληλη στοιχειώδεις μέθοδος συντήρησης για κάθε εξάρτημα μηχανής.

Η επιλογή βασίζεται στην ταξινόμηση των μηχανών και εξέταση όλων των πιθανών βλαβών σύμφωνα με τον τύπο τους και το παραγόμενο αποτέλεσμα. Το τελικό βήμα είναι να συγκεντρωθούν οι επιλεγόμενες μέθοδοι συντήρησης για κάθε μηχανή, εγκαθιστώντας ένα πρόγραμμα συντήρησης που θα ικανοποιεί την ισότητα 2.

Οι μέθοδοι στοιχειώδους συντήρησης εμφανίζονται στον αλγόριθμο του σχήματος 1. σύντομα στις ακόλουθες

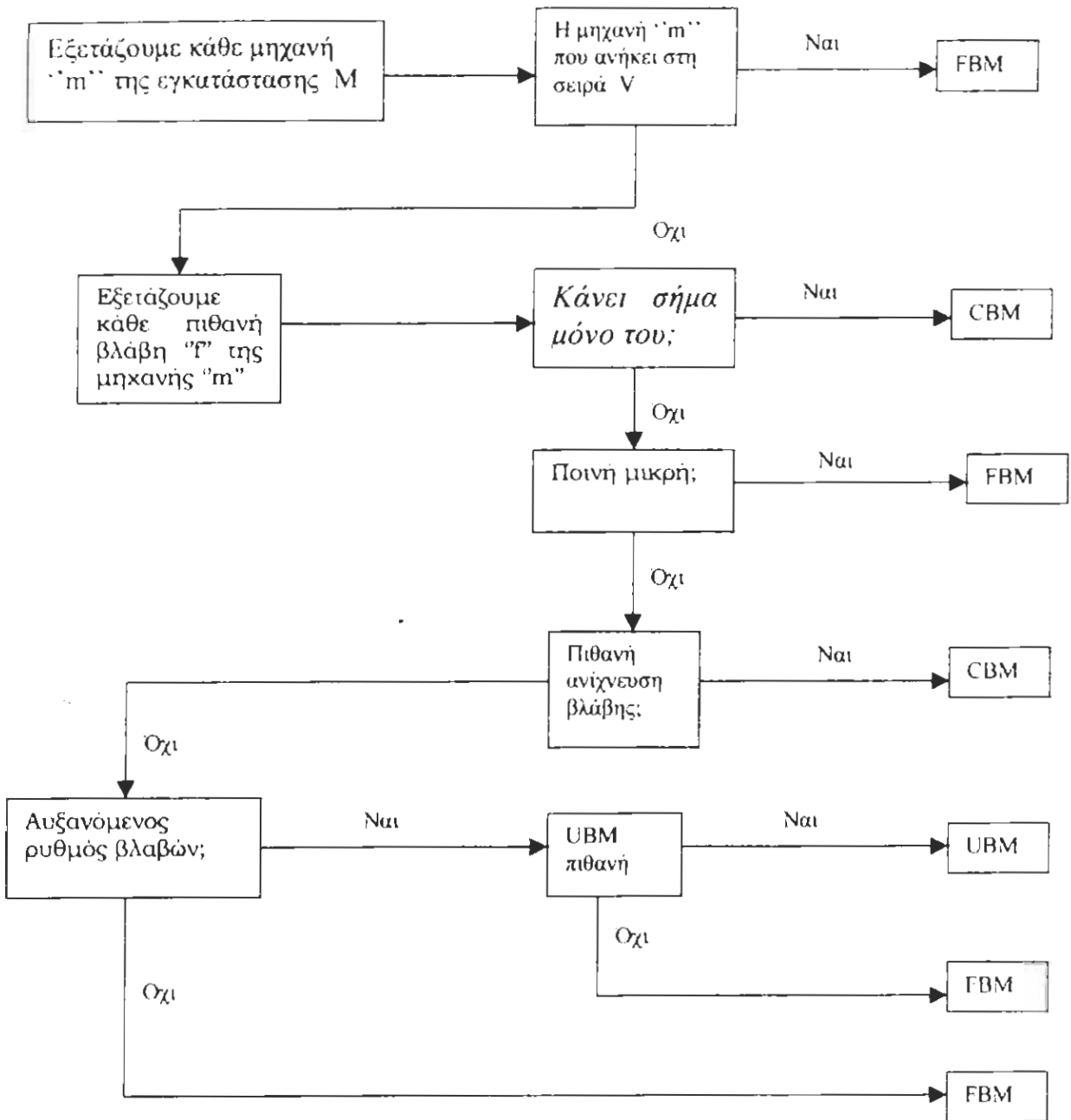
παραγράφους. Τα χαρακτηριστικά τους συζητιούνται λεπτομέρειες στο (3).

4.2.2.1 Διορθωτική ή βασιζόμενη σε βλάβη μέθοδος συντήρησης (FBM)

Τις μηχανές τις αφήνουμε να λειτουργούν μέχρι να εμφανιστεί μια βλάβη ή μια μη αποδεκτή ποιότητα προϊόντος. Εκείνη τη στιγμή, προσπαθείς γίνονται για να επισκευάσουμε τη ζημιά ή να διορθώσουμε το πρόβλημα με τα διαθέσιμα μέσα, για να συνεχιστεί η λειτουργία το δυνατό συντομότερα. FBM εφαρμόζεται, εάν οι συνέπειες της βλάβης θεωρούνται αμελητέες (π.χ. μηχανές σειράς V) ή εάν μια κρυμμένη βλάβη συμβαίνει, που δεν μπορεί να ανιχνευτεί απ' όλα τα διαθέσιμα μέσα. Στην περίπτωση αυτή “ ανάλογη της ρίζας της βλάβης ” ίσως καταλήξει στην επιλογή μιας άλλης μεθόδου συντήρησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Χάρτης κατάταξης μηχανημάτων

Κατάταξη	Περιγραφή και Παραδείγματα από τοιμενοβιομηχανία.
ΣΕΙΡΑ I Απαραίτητες	Μηχανές που πρέπει για να συνεχιστούν όλες οι διαδικασίες. Απώλεια αυτών των μηχανών θα έχει βασικό αντίκτυπο στην παραγωγικότητα και κέρδη. Συμπεριλαμβανόμενες σ' αυτή τη σειρά, είναι μηχανές με πολύ υψηλό κόστος επισκευών ή μεγάλο χρονικό διάστημα για την αντικατάσταση των ανταλλακτικών. Κλίβανοι, μύλοι, μεγάλοι ID ανεμιστήρες, ηλεκτροστατικοί κ.τ.λ. ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία εξοπλισμού.
ΣΕΙΡΑ II Κρίσιμες	Μηχανές που θα περιορίσουν την παραγωγή της κύριας γραμμής, όπως εξοπλισμός με υψηλό κόστος αρχικό ή αντικατάστασης, επίσης χρόνια προβλήματα συντήρησης. Κυλινδρικές πρέσες, θραυστήρες, δέομες καμινάδων, είναι κάποια παραδείγματα αυτής της κατηγορίας.
ΣΕΙΡΑ III Σοβαρές	Μηχανές όχι κρίσιμες για την εγκατάσταση παραγωγής αλλά που απαιτούν έλεγχο εκπομπών για να επιβεβαιώσουν την αποδεκτή απόδοση της εγκατάστασης. Ο εξοπλισμός του ελέγχου εκπομπών για την ασφάλεια και το περιβάλλον, όπως τα συστήματα πυροπροστασίας, βοηθητικές γεννήτριες, οι διακόπτες, τα φίλτρα των σάκων κ.τ.λ. ανήκουν σ' αυτή τη κατηγορία εξοπλισμού.
ΣΕΙΡΑ IV Άλλες	Υψηλές ταχύτητας ή υψηλό φορτίο μηχανές που είναι επιρρεπείς σε πρόωρη βλάβη, σαν αποτέλεσμα του αυστηρού τρόπου λειτουργίας τους, αλλά δεν θεωρούνται κρίσιμες για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Αντλίες, ανεμιστήρες, συμπιεστές κ.τ.λ. ανήκουν σ' αυτή τη κατηγορία.
ΣΕΙΡΑ V Βοηθητικές	Οποιαδήποτε άλλη μηχανή της εγκατάστασης που δεν είναι σημαντική για την παραγωγή ή που δεν έχει καμία επίδραση στην απόδοση της εγκατάστασης και στο κόστος συντήρησης. Αυτό ανταποκρίνεται σε μικρότερο εξοπλισμό που είναι εύκολο να επισκευαστεί ή ακόμα και να αντικατασταθεί.



Σχήμα 4.1 Αλγόριθμος απόφαση για την επιλογή της μεθόδου στοιχειώδους συντήρησης.

4.2.2.2 Προληπτική ή βασιζόμενη στη χρήση συντήρηση (UBM)

Αυτή η μέθοδος συντήρησης βασίζεται σε περιοδικά προγραμματισμένες δραστηριότητες στη μηχανή, μετά από συγκεκριμένες ώρες λειτουργίας. Οποιοδήποτε φθαρμένο ή ελαττωματικό εξάρτημα αντικαθίσταται και η μηχανή δίνεται προς λειτουργία.

Παρόλο που βλάβες μπορεί να μην έχουν συμβεί, τέτοια σχεδιασμένα κλεισίματα χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν τμήματα ή εξαρτήματα των μηχανών, η διάρκεια ζωής των οποίων, από εμπειρία ή οδηγίες του κατασκευαστή, πρόκειται να τελειώσει και τμήματα για τα οποία ο κίνδυνος δυσλειτουργίας υπολογίζεται επικείμενος.

UBM θα προκληθεί από το γεγονός ότι μια προκαθορισμένη ``ηλικία`` φθάνει, ανεξαρτήτως της κατάστασης εκείνης της στιγμής. UBM δικαιώνεται, εάν ο ρυθμός βλαβών εμφανίζεται να δείχνει μια σχετικά μικρή διακύμανση, ή σε περιπτώσεις που κανένα ρίσκο ή βλάβη είναι αποδεκτό (π.χ. μηχανές που ανήκουν στη κατηγορία III του πίνακα 1).

4.2.2.3 Προγνωστική ή βασιζόμενη στις συνθήκες συντήρηση (CBM)

Αυτή η μέθοδος συντήρησης χρησιμοποιεί εξοπλισμό ελέγχου εκπομπών και μοντέρνα τεχνολογία, για να διαγνώσει την κατάσταση των μηχανημάτων ενώ βρίσκονται σε λειτουργία. Ο βασικός στόχος είναι να προβλέψεις το χρόνο επιδιόρθωσης ή συντήρησης, πριν την εμφάνιση των βλαβών. Αυτή η μέθοδος βασίζεται στην εκτίμηση με συνεχή ή περιοδικά διαστήματα της κατάστασης μιας μηχανής, χρησιμοποιώντας γραφικές τάσεις επιλεγόμενων παραμέτρων μέτρησης.

Αυτές οι παράμετροι παριστάνονται γραφικά κατά τα γνωστά μηχανικά όρια για το σκοπό του ελέγχου εκπομπών, της ανάλυσης, της δοκιμής και της πρόβλεψης. Η προγνωστική συντήρηση είναι αποτελεσματική, εάν μια ιδιότητα προβλέψιμη, βλάβης είναι γνωστή. Θα προκληθεί από το γεγονός ότι μια

φυσική ιδιότητα, σχετική με τη βλάβη που μας αφορά, φτάνει σε μια κρίσιμη τιμή. CBM απαιτεί γνώση της φυσικής διαδικασίας, από την άποψη της ιδιότητας και του μοιραίου ορίου, της πιθανότητας να μετρηθεί η ιδιότητα και ενός συστηματικού συστήματος μέτρησης.

Εάν τα μοιραία όρια δεν είναι ακριβής γνωστά, οι τάσεις των ελεγχόμενων εκπομπών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη CBM μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε βλάβες που μπορούν να δώσουν οι ίδιες σήμα ή που μπορούν να παρακολουθούνται συνεχώς ή περιοδικά.

4.2.3 Ένα πρακτικό παράδειγμα που του βέλτιστου μοντέλου συντήρησης.

Για να επεξηγήσουμε την προαναφερθείσα μέθοδο, ας θεωρήσουμε είναι ηλεκτροστατικό. (φίλτρο EP) που χρησιμοποιείται για σκοπούς. στον κλίβανο της γραμμής της παραγωγής σε μια εγκατάσταση. Αυτός ο τύπος μηχανημάτων είναι ουσιαστικός στην απόδοση της εγκατάστασης (κατηγορία I) και πρέπει να είναι σε συνεχή λειτουργία ανάμεσα σε δυο επόμενες ετήσιες γενικές επιθεωρήσεις του κλιβάνου της γραμμής παραγωγής.

Ακολουθώντας την περιγραφόμενη διαδικασία στο προηγούμενο τμήμα, λαμβάνουμε ένα περιοδικό πρόγραμμα επιθεώρησης όπως φαίνεται στον πίνακα 2.

Αυτό το πρόγραμμα επιθεώρησης θα ανιχνεύσει και θα εμποδίσει επικείμενες βλάβες στα πρώτα στάδια και θα συγκεντρώσει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του μηχανήματος που θα χρησιμοποιηθούν στην επόμενη γενική επιθεώρηση.

Η συχνότητα των επιθεωρήσεων βασίζεται στην ιστορία του μηχανήματος, στη σημασία του, στη γραμμή παραγωγής και στη μείωση των πιθανών ρίσκων ή βλαβών. Σε περιπτώσεις βλαβών “ που δίνουν από μόνες τους σήμα “, ένας μηχανισμός συνεχούς ελέγχου εκπομπών, τοποθετείται και συνδέεται στη γραμμή με τον υπολογιστή ελέγχου της εγκατάστασης.

4.2.4 Αποτελέσματα από την εφαρμογή αυτού στη Τσιμεντοβιομηχανία TITAN A.E. στην εγκατάσταση Πατρών.

Εφαρμογή αυτού του μοντέλου συντήρησης στη τσιμεντοβιομηχανία TITAN A.E. στην εγκατάσταση Πατρών κατέληξε σε σταδιακά αυξανόμενη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού και μειωμένες συνέπειες βλαβών. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων αυτό το μοντέλο είναι στη μέγιστη εφαρμογή στον ουσιαστικό και κρίσιμο εξοπλισμό της εγκατάστασης - ειδικά στον εξοπλισμό. – τα ακόλουθα αποτελέσματα απαιτήθηκαν:

- Διακοπή οφειλόμενη σε μηχανικές βλάβες για τις δυο γραμμές κλιβάνων σε λιγότερο από 100 ώρες ανά χρόνο κατέληξε σε διαθεσιμότητα περισσότερο από 99,4% για κάθε γραμμή ειδικότερα για τους τέσσερις ηλεκτροστατικούς, που είναι εγκαταστημένοι στις δυο γραμμές κλιβάνων, η διακοπή η οφειλόμενη στις μηχανικές βλάβες είναι λιγότερη από 18 ώρες ανά χρόνο καταλήγοντας σε διαθεσιμότητα περισσότερο από 99,9%.
- Εκπομπές σκόνης (οφειλόμενες σε μηχανικές βλάβες στους ηλεκτροστατικού.), που υπερβαίνουν το επιτρεπόμενο όριο (που έχει τεθεί από τη νομοθεσία) είναι σχεδόν . υπολογίζονται μόνο 0,6% (70 λεπτά) από τον συνολικό επιτρεπόμενο χρόνο (12.000 λεπτά) για ολόκληρο το χρόνο.
- Οι συνέπειες των απροσδόκητων βλαβών στις δυο γραμμές παραγωγής των κλιβάνων είναι λιγότερες από 8% της μέγιστης τιμής (ίση με 500 από την εξίσωση 1α και 1β) σχετικά με όλες τις επιδράσεις στην παραγωγή, στη συντήρηση, στην ασφάλεια, στο περιβάλλον και στη ποιότητα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Πρόγραμμα περιοδικής επιθεώρησης που καθιερώνει την κατάσταση ενός ηλεκτροστατικού. Σε μια εγκατάσταση τσιμέντου. Συντελεστές ποινές ανά βλάβη από την ισότητα 1β.

Εξάρτημα Μηχανής	Σημείο ελέγχου	Περιοδικότητα	Ποινή ανά βλάβη στην παραγωγή (P), συντήρηση (M), ασφάλεια (S) και περιβάλλον (E)			
		Εβδομάδες	P	M	S	E
Ανεμιστήρας Και Αγωγοί	Λιπανση-επιθεώρηση μηχανισμών αποσβεσης	4	3	3		5
	Επιθεώρηση των αγωγών και των αρμών διαστολής	4	2	2		3
	Επιθεώρηση του περιβλήματος του ανεμιστήρα, των εδράνων, των συνδέσεων και του κινητήρα	1	5	10	5	2
	Επιθεώρηση της κατάστασης και της πυκνότητας της καπνοδόχου	48	5	5		3
	Μέτρηση των κραδασμών και ανάλυση των εδράνων του ανεμιστήρα	8	5	5	5	3
	Έλεγχος εκπομπών θερμοκρασίας και μέτρηση στα εδρανα του ανεμιστήρα	Στη γραμμή	5	3		
Γραμμή Συλλογής Σκόνης	Επιθεώρηση για διαρροή λιπαντικού και επίπεδο λιπαντικού και επίπεδο λιπαντικού στα κιβώτια ταχυτήτων των μεταφορέων κοχλιών	24		1		5
	Επιθεώρηση στους περιστροφικούς ασφαλείας τροφοδότες αέρα	1	5	3	3	5
	Επιθεώρηση της γενικής κατάστασης των μεταφορέων κοχλιών, του κιβωτίου ταχυτήτων, των συνδέσεων και των κινητήρων	1	3	3	3	3
Περιβλημα και σώμα ηλεκτροστατικού	Επιθεώρηση και μέτρηση του πάχους του περιβλήματος και κατάσταση της μόνωσης	48	5	3		5
	Επιθεώρηση των ηλεκτροδίων και των μεταλλικών πλακών συλλογής σκόνης	48	5	3		5
	Επιθεώρηση των ηλεκτροδιακών μονωτήρων της ανάρτησης	48	3	3		5
	Έλεγχος των εκπομπών του ηλεκτρικού φορτίου ανά θάλαμο. Έλεγχος εκπομπών του CO σε εκατοστιαία αναλογία στο φίλτρο	Στη γραμμή	5	2	10	5
	Επιθεώρηση της κατάλληλης λειτουργίας των κρουστικών μηχανισμών (καθαρισμός) στις μεταλλικές πλάκες συλλογής σκόνης	1	3	3		5
	Έλεγχος των εκπομπών σκόνης	Στη γραμμή				5
	Επιθεώρηση των αντλιών ψεκασμού νερού	1	5	1		5
Πύργος Ψύξης	Καθαρισμός των φίλτρων νερού στις γραμμές αντλιών ψεκασμού	1	3	1		3
	Επιθεώρηση των στομιών ψεκασμού του πύργου ψύξης	1	3			3
	Επιθεώρηση και μέτρηση πάχους του κελύφους του πύργου ψύξης. Αντικατάσταση των φθαρμένων τμημάτων	48	5	10	5	5

4.3 Περιβαλλοντολογική διαχείριση των υποπροϊόντων συντήρησης

Η συντήρηση, όπως όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες, παράγει υποπροϊόντα που απαιτούν κατάλληλη διαχείριση για να αποφύγουμε την αρνητική επίδραση στο περιβάλλον.

Τέτοια υλικά είναι:

Χρησιμοποιημένα φίλτρα σάκου, θρύμματα, πλαστικά, ελαστικοί μεταφορικοί ιμάντες, ατσάλι αντίστασης στη θέρμανση και στη τριβή, ηλεκτρικά καλώδια, υλικά καθαρισμού (όπως προϊόντα βασιζόμενα στο πετρέλαιο και άλλα υλικά απορροφητικά στα λιπαντικά), νερό ψύξης, φίλτρα μηχανών αυτοκινήτου, λάστιχα, μπαταρίες, ξύλο κ.τ.λ.

Μερικά από αυτά τα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά διαμέσου της ανακύκλωσης, ενώ τα υπόλοιπα μπορούν να καούν σε τσιμεντένιο κλίβανο χωρίς επίδραση ή σκόνη ή άλλες εκπομπές.

Σωστή μεταχείριση αυτών των υποπροϊόντων απαιτεί την ανάπτυξη και εφαρμογή ενός προγράμματος διαχείρισης διαμέσου των ακόλουθων βημάτων:

- εγκατάσταση μιας διαδικασίας συλλογής, περιοχών αποθήκευσης και διαδικασίας διάθεσης
- μόρφωση και εκπαίδευση όλου του αναμειγνυόμενου προσωπικού
- περιοδική επιθεώρηση του προγράμματος εφαρμογής
- περιοδική αξιολόγηση της γενικής απόδοσης του προγράμματος
- αναπαραγωγή του προγράμματος σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απόδοσης

Αυστηροί κανονισμοί πρέπει να εφαρμοστούν για τις διαδικασίες συλλογής και αποθήκευσης για να διατηρηθούν όλοι οι χώροι εργασίας καθαροί ακριβώς μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων συντήρησης.

Αυτοί οι κανονισμοί πρέπει να εφαρμοστούν, όχι μόνο για το προσωπικό της εγκατάστασης αλλά και από τους εξωτερικούς εργολάβους. Για παράδειγμα, στην τσιμεντοβιομηχανία ΤΙΤΑΝ της εγκατάστασης της Πάτρας, τέτοιοι κανονισμοί που αφορούν τη συλλογή και την διάθεση των υποπροϊόντων συντήρησης, είναι γραμμένοι σε κάθε τεχνική περιγραφή των εργασιών των εργολάβων και των εντολών εργασιών που εκτελούνται από το ίδιο το προσωπικό. Η εκτέλεση αυτών των κανονισμών παρακολουθούνται από επόπτες συντήρησης σε καθημερινή βάση.

4.3.1 Παραδείγματα διαχείρισης υποπροϊόντων συντήρησης σε μια εγκατάσταση τσιμέντου

4.3.1.1 Ανάκύκλωση

Τα χρησιμοποιημένα λιπαντικά αντιπροσωπεύουν τα πιο κρίσιμα υποπροϊόντα συντήρησης που αφορούν την περιβαλλοντολογική τους επίδραση.

Στις εγκαταστάσεις τσιμέντων, τα χρησιμοποιημένα λιπαντικά ανέρχονται σε χιλιάδες κιλά κάθε χρόνο και μπορούν να είναι σε υγρή (π.χ. φυσικά ή συνθετικά λάδια) ή στερεή μορφή (γράσα).

Η κύρια δυσκολία είναι η συλλογή τους, αφού μπορούν να διαφύγουν εύκολα προς το έδαφος μέσω διαρροών των μηχανημάτων ή των περιοχών αποθήκευσης. Για να αποφύγουμε αυτό, ένα πρόγραμμα περιοδικής επιθεώρησης μπορεί να εφαρμοστεί για να ανιχνεύσουμε και να επισκευάσουμε τις διαρροές αμέσως.

Σε περιπτώσεις όπου αυτό δεν είναι πιθανό ειδικές συσκευές συλλογής μπορούν να εγκατασταθούν για να συγκρατήσουν τα λάδια απ' το να διαφύγουν στο έδαφος και να τα συλλέξουν σε δεξαμενές ή βαρέλια.

Μετά από τη συλλογή και αποθήκευση σε ειδικούς χώρους, το χρησιμοποιημένο λάδι δίνεται σε εργολάβους να το μεταφέρουν σε διυλιστήρια για ανάκύκλωση.

Τέτοιο πρόγραμμα είναι ήδη σε χρήση στις εγκαταστάσεις της τσιμεντοβιομηχανίας ΤΙΤΑΝ. Στην εγκατάσταση της Πάτρας το συλλεγόμενο ποσό των χρησιμοποιημένων ελαίων υπερβαίνει το 82% (περίπου 17.000 kg) του συνολικού ποσού που καταναλώνεται κάθε χρόνο. Περισσότερο από το 65% αυτών δίνεται για ανακύκλωση στα διυλιστήρια και τα υπόλοιπα ξαναχρησιμοποιούνται σε πιο ελαφριές εφαρμογές. Το υπόλοιπο 18% του συνολικού ποσού που καταναλώνεται κάθε χρόνο, συγκεντρώνεται με απορροφητικά υλικά ελαχιστοποιώντας τις διαρροές στο περιβάλλον.

Παρόμοια διαδικασία μπορεί να εγκατασταθεί για τη διαχείριση θρυμμάτων.

Σε βαριές βιομηχανίες εγκατάστασης, το ποσό θρυμμάτων που παράγεται από τη συντήρηση, ανέρχεται σε εκατοντάδες τόνων κιλά το χρόνο.

Αυτό το υλικό συλλέγεται αφού τελειώσουν οι εργασίες και αποθηκεύεται σε ειδικούς χώρους στην εγκατάσταση. Τότε, πωλείται σε κυτήρια για ανακύκλωση. Τα θρύμματα μπορούν να ταξινομηθούν σε κοινό και ειδικό ατσάλι (όπως μαγγάνιο, χρώμιο ή ανοξείδωτος χάλυβας) που πρέπει να αποθηκευτεί σε διαφορετικούς χώρους για να βοηθήσουμε τη διαδικασία ανακύκλωσης. Στην εγκατάσταση της τσιμεντοβιομηχανίας της Πάτρας όλα τα θρυμματισμένα υλικά που παράγονται κάθε χρόνο (γύρω στα 300.000 κιλά) διατίθενται για ανακύκλωση, καταλήγοντας σε μειωμένη κατανάλωση των πρώτων υλών και μειωμένη ενέργεια για να παράγουμε καινούριο χάλυβα για βιομηχανικές ή άλλες εφαρμογές.

4.3.1.2 Καιγόμενα υποπροϊόντα σε τσιμεντένιο κλίβανο

Υλικά που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν, μπορούν τροφοδοτούνται σε τσιμεντένιους κλιβάνους για συμπίεση. Εφόσον οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό του τσιμεντένιου κλιβάνου είναι αρκετά υψηλές (περίπου 1800 C) και τα υλικά κινούνται πολύ αργά, η συμπίεση είναι καθαρή και

ολοκληρωμένη χωρίς χημικά υποπροϊόντα. Αυτή η διαδικασία είναι σε χρήση για πολλά χρόνια τώρα στις εγκαταστάσεις τσιμεντοποίησης σε όλη την Ευρώπη και σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες.

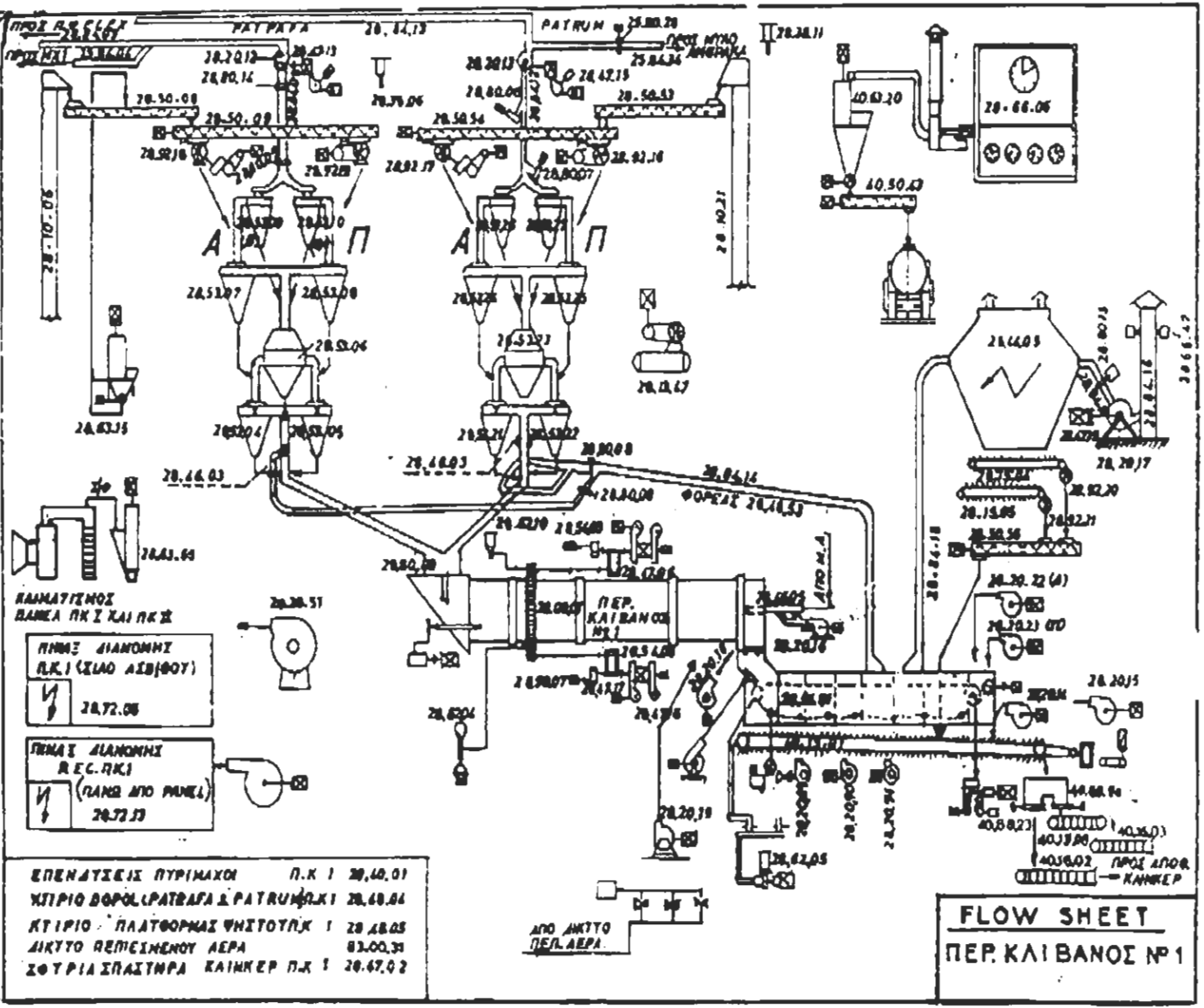
Η εγκατάσταση τσιμεντοβιομηχανίας TITAN της Πάτρας, τον προηγούμενο χρόνο έλαβε άδεια από το Υπουργείο

Περιβάλλοντος, κωροταξίας και δημοσίων έργων για καύση στους τσιμεντένιους κλιβάνους των υλικών των υποπροϊόντων όπως τα χρησιμοποιημένα φίλτρα σάκου, τα απορροφητικά υλικά λιπαντικών, τα ξύλα κ.τ.λ. Αυτά τα υλικά συλλέγονται ακριβώς μετά τις εργασίες συντήρησης και αποθηκεύονται σε ειδικούς χώρους στην εγκατάσταση. Όταν αρκετές ποσότητες συγκεντρώνονται, τροφοδοτούνται στον κλίβανο μαζί με τις πρώτες ύλες για συμπίεση. Αυτή η διαδικασία ελέγχεται συνεχώς για να επιβεβαιώνεται ότι δεν παράγονται εκπομπές.

4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Προτάσεις και παραδείγματα παρουσιάζονται στο κατά πόσο η κατάλληλη συντήρηση σε βαριές βιομηχανικές εγκαταστάσεις συνεχόμενης λειτουργίας μπορεί να ελαχιστοποιήσει ή ακόμα και να αποκλείσει σημαντικές αρνητικές επιδράσεις, όπως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, υψηλές και ανεξέλεγκτες εκπομπές, υπερπαραγωγή υποπροϊόντων μη φιλικών προς το περιβάλλον και υπερκατανάλωση των απαραίτητων πόρων. Για να ελαχιστοποιήσουμε αυτές τις αρνητικές επιδράσεις ένα βέλτιστο μοντέλο συντήρησης παρουσιάστηκε, βασισμένο στην ελαχιστοποίηση του ρυθμού και του μεγέθους όλων των πιθανών βλαβών που θα μπορούσαν να συμβούν στην εγκατάσταση των μηχανημάτων.

Αυτό το μοντέλο καταλήγει στον καλύτερο πιθανό συνδυασμό τριών στοιχειωδών μεθόδων συντήρησης, της διορθωτικής ή βασισμένης στη βλάβη συντήρηση (FBM), της προληπτικής ή βασισμένης στη χρήση συντήρησης (UBM) και της προγνωστικής ή βασισμένης στις συνθήκες συντήρησης (CBM). Η επιλογή της κατάλληλης στοιχειώδους μεθόδου



ΚΑΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΠΑΝΕΛ Π.Κ.Ι ΚΑΙ Π.Κ.ΙΙ

ΠΡΩΤΕ ΔΙΑΝΟΜΗΣ
Π.Κ.Ι (ΣΥΛΟ ΔΙΣ(ΦΟΥ)

28.72.06

ΠΡΩΤΕ ΔΙΑΝΟΜΗΣ
Π.Κ.ΙΙ (ΠΑΝΕΛ ΜΠΟ ΠΑΝΕΛ)

28.72.07

ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΥΡΙΜΑΧΩΝ Π.Κ.Ι 20.40.01
 ΧΥΤΡΙΟ ΒΟΡΟΛ/ΡΑΤΡΑΦΑ & ΡΑΤΡΟΥΜ Π.Κ.Ι 20.40.04
 ΧΥΤΡΙΟ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΨΗΣΥΤΡΩΝ 20.40.05
 ΔΙΚΤΥΟ ΡΕΠΙΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ 03.00.39
 ΣΤΟΥΡΙΑ ΣΠΑΣΤΩΡΑ ΚΑΙΝΕΡ Π.Κ.Ι 20.47.02

FLOW SHEET
ΠΕΡ. ΚΑΙ ΒΑΝΟΣ Νο 1

συντήρησης βασίζεται σ' έναν αλγόριθμο που παρουσιάζεται και περιγράφεται με ένα πρακτικό παράδειγμα σε έναν ηλεκτροστατικό.

Αποτελέσματα της εφαρμογής αυτού του μοντέλου στην εγκατάσταση της τσιμεντοβιομηχανίας ΤΙΤΑΝ της Πάτρας έδειξε την καταλληλότητα και αξία αυτού του μοντέλου.

Εκτός από την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιδράσεων στο περιβάλλον, το δεύτερο μέρος της εργασίας περιέγραψε μεθόδους και προγράμματα για την κατάλληλη περιβαλλοντολογική διαχείριση των υποπροϊόντων συντήρησης διαμέσου της ανακύκλωσης ή της συμπίεσης στο εσωτερικό τσιμεντένιων κλιβάνων. Αυτά τα προγράμματα είναι ήδη σε χρήση στην εγκατάσταση της τσιμεντοβιομηχανίας ΤΙΤΑΝ στην Πάτρα με εξαιρετικά αποτελέσματα, που υποστηρίζουν και προωθούν την περιβαλλοντολογική πολιτική της εταιρίας που αφορά τη διατήρηση και αποκατάσταση του περιβάλλοντος.

4.5 K.S.B. – BIOSEN

Κατά την επίσκεψή μας στο εργοστάσιο της εταιρίας KSB – BIOSEN την περιοχή του Αγ. Βασιλείου, ετελέσθει η σχετική ξενάγηση του χώρου από τον προϊστάμενο κύριο Τσουκαλή.

Στο εργοστάσιο αυτό τελείται η κατασκευή – επισκευή και συντήρηση των αντλιών. Εδώ επισκευάζονται και κατασκευάζονται όλα τα είδη των αντλιών. Την πρώτη ύλη την παίρνουν από χυτήρια και εκτελείται πλήρη κατασκευή και συναρμολόγηση αντλιών προς πώληση.

Η συντήρηση των μηχανών όπως τόνων – φρεζών και δραπάνων διεξάγεται βάση προγράμματος όπως σε σχετικό πίνακα που θα δούμε πιο κάτω.

Κατά την συντήρηση των μηχανών γίνεται καθημερινή λίπανση στις γλίστρες καθώς και καθημερινός έλεγχος στάθμης λαδιού στο κάρτερ. Επιπλέον διεξάγεται εβδομαδιαίο καθάρισμα μηχανημάτων και ανά εξάμηνο αντικατάσταση του λαδιού του κάρτερ.

Η λίπανση μιας φυγοκεντρικής αντλίας μέσης και χαμηλής πίεσης με βαρύ έδρανο ελαιολίπαντο γίνεται ως εξής:

- Ο άξονας της αντλίας κινείται εντός λιπαινομένων ένσφαιρων τριβέων (ρουλεμάν).
- Τα έδρανα και ο θάλαμος λαδιού της αντλίας πρέπει να καθαρισθούν με πετρέλαιο ή βενζίνη ενώ ο άξονας να κινείται αργά.
- Μετά τον καθαρισμό και την πλήρη απομάκρυνση των ανωτέρω υγρών ο θάλαμος της αντλίας πρέπει να πληρωθεί με λάδι.
- Η μέγιστη και η ελάχιστη στάθμη λαδιού καθορίζεται από τον δείκτη στάθμης λαδιού.
- Πρέπει να χρησιμοποιούνται λάδια άριστης ποιότητας και συνηθέστερο είναι το λάδι SAE 20 που είναι πλέον το πιο κατάλληλο.

Η συντήρηση των εδράνων της αντλίας γίνεται ως εξής:

Η στάθμη του λαδιού πρέπει να ελέγχεται κατά την λειτουργία μέσω του πώματος του λαδιού. Λάδι πρέπει να προστίθεται εάν η στάθμη λαδιού πλησιάζει το μικρότερο όριο του δείκτη του πώματος. Μια οπή στο πώμα αυτό προφυλάσσει την δημιουργία υδρατμών και κατά συνέπεια προφυλάσσει το λάδι από το άφρισμα.

Μετά την λειτουργία 2000 ωρών ο θάλαμος λαδιού στην βάση εδράσεως και στα έδρανα πρέπει να καθορισθεί προσεκτικά και το λάδι πρέπει να αλλαχτεί.

Τα ρουλεμάν προστατεύονται από την είσοδο νερού και ακαθαρσιών μέσω ευκόλως αντικαθισταμένων δακτυλίων. Οι δακτύλιοι αυτοί πρέπει να αλλάζονται αν παρουσιάσουν βλάβη ή φθορά.

Για να αποφύγουμε την υπερθέρμανση κατά την λειτουργία πρέπει να φροντίσουμε ώστε αυτοί να μην είναι σφικτοί. Οι πλάκες ενώσεως πρέπει να βρίσκονται στην κορυφή του άξονα.

Η θερμοκρασία των εδράνων πρέπει να είναι 50°C ψηλότερα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλά δεν πρέπει να υπερβεί τους 80°C.

Η συντήρηση του θαλάμου στυπιοθλίπτου γίνεται ως εξής:

Ο θάλαμος στυπιοθλίπτου πρέπει να εξετάζεται μετά από ορισμένο χρόνο λειτουργίας και μετά από τοποθέτηση νέας σαλαμάστρας. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ο θάλαμος στυπιοθλίπτου πρέπει να εμφανίζει μια ελαφρά διαρροή.

Εάν ο θάλαμος του στυπιοθλίπτου είναι τελείως υδατοστεγής ή αρχίσει να βγάζει καπνό οι κοχλίες πρέπει να χαλαρωθούν αμέσως. Αν η σαλαμάστρα είναι μεγαλύτερου μήκους του κανονικού πρέπει να αντικατασταθεί.

Συγχρόνως πρέπει να επιθεωρείται μήπως έχει υποστεί φθορά η επιφάνεια του άξονα ή επιφάνεια του προστατευτικού

δακτυλίου. Ο άξονας ή ο προστατευτικός δακτύλιος πρέπει να αντικατασταθούν αν η επιφάνειά τους έχει διαβρώσεις ή ανωμαλίες.

Βλάβες στις αντλίες και θεραπείες τους.

4.5.1 ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ

1. Μανομετρικό ύψος μεγαλύτερο του υπολογισθέντος.
2. Η βάνα δεν έχει πληρωθεί από νερό.
3. Φράσσεται από διάφορα ξένα αντικείμενα ο σωλήνας αναρροφήσεως και η περωτή.
4. Δημιουργία θυλάκων αέρος μέσα στους σωλήνες.
5. Ανεπαρκές θετικό ύψος αναρροφήσεως όταν η στάθμη του νερού βρίσκεται ψηλότερα του στομίου αναρροφήσεως της αντλίας.
6. Ύψος αναρροφήσεως πολύ μεγάλο.
7. Είσοδος αέρα μέσω του στυπιοθλίπτου της αντλίας.
8. Αντίστροφη περιστροφή του συγκροτήματος.
9. Λιγότερες στροφές της αντλίας.
10. Σοβαρή φθορά εσωτερικών μερών της αντλίας.
11. Το ύψος της καταθλίψεως είναι μικρότερο του υπολογισθέντος.
12. Πολλές στροφές του κινητήρα.
13. Οι βίδες οι οποίες συγκρατούν το κέλυφος μετά του εδράνου δεν έχουν σφικτεί καλά.
14. Το κάλυμμα του μανδύα ψύξεως του νερού δεν είναι βιδωμένο σφικτά.
15. Η σαλαμάστρα έχει φθαρεί ή έχει τοποθετηθεί κακώς.
16. Ο άξονας ή ο προστατευτικός δακτύλιος του άξονος έχει υποστεί ρωγμή λόγω υπερβολικού σφιξίματος του στυπιοθλίπτου.
17. Η αντλία δεν λειτουργεί ομαλώς ο άξονας έχει κραδασμούς.
18. Οι άξονες της αντλίας και του κινητήρα δεν είναι ευθυγραμμισμένοι.
19. Οι σωλήνες βρίσκονται υπο πίεση.
20. Κακή τοποθέτηση του ελαστικού συνδέσμου.
21. Ανεπάρκεια ή έλλειψη λαδιού.
22. Η αντλία δεν προστατεύεται από υπερβολικά ψυχρό καιρό.

4.5.2 Αποκατάσταση

1. Οι στροφές πρέπει να αυξηθούν.
2. Η αντλία και ο σωλήνας αναρροφήσεως πρέπει να γεμίσει με νερό και να γίνει σωστός εξαερισμός.
3. Το στόμιο αναρροφήσεως πρέπει να καθαριστεί και αν είναι απαραίτητο πρέπει να βγει και να καθαριστεί και η περωτή.
4. Αλλαγή σωλήνων και τοποθέτηση βαλβίδων εξαερισμού.
5. Ελέγχουμε την στάθμη του νερού στην παραπάνω δεξαμενή. Το σύστημα σωλήνων πρέπει να ελεγχθεί για να βρούμε σημεία υπερβολικής αντιστάσεως ροής. Η βάνα στον σωλήνα αναρροφήσεως πρέπει να είναι τελείως ανοικτή και σταθεροποιημένη στην θέση αυτή ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να μετακινηθεί.
6. Το φίλτρο αναρροφήσεως και ο σωλήνας αναρροφήσεως πρέπει να καθαρισθούν. Να εξετασθεί εάν απαιτείται μεγαλύτερη διάμετρος σωλήνα αναρροφήσεως.
7. Σφίγγουμε την σαλαμάστρα ή την αντικαθιστούμε.
8. Αλλάζουμε την διεύθυνση περιστροφής του κινητήρα. Αν η αντλία λειτουργεί ήδη προς την αντίθετη κατεύθυνση ο κοχλίας της περωτής να βιδωθεί ξανά.
9. Αν η αντλία δεν παρέχει την επιθυμητή παροχή στις πλήρεις στροφές τότε απαιτείται περωτή μεγαλύτερης διάστασης ή αντικατάσταση της αντλίας.
10. Η αντλία πρέπει να λυθεί και να καθαριστούν τα μέρη τα οποία υπόκεινται σε τριβή. Πρέπει να μετρηθεί η περωτή . πρέπει να γίνει αλλαγή των τμημάτων που υπόκεινται σε φθορά.
11. Η βάνα στον σωλήνα καταθλίψεως πρέπει να κλείσει τόσο ώστε να επιτευχθεί η ανάλογη πίεση καταθλίψεως.
12. Οι στροφές του κινητήρα πρέπει να ελεγχθούν επιμελώς. Αν δεν είναι δυνατόν να μειωθούν τότε πρέπει να τοποθετήσουμε περωτή μικρότερης διαμέτρου κατόπιν συνεννοήσεως με τον κατασκευαστή.
13. Η αντλία πρέπει να σταματήσει να λειτουργεί, η πίεση θα πέσει και οι βίδες να βιδωθούν σφικτά μετά την ψύξη της αντλίας.
14. Το έδρανο πρέπει να αποχωριστεί από την βάση εδράσεώς του και ο μανδύας ψύξεως του νερού πρέπει να βιδωθεί εκ νέου στο έδρανο.

15. Πρέπει να τοποθετήσουμε νέα σαλαμάστρα.
16. Ο άξονας ή ο προστατευτικός δακτύλιος του άξονα πρέπει να αντικατασταθούν.
17. Αν ο άξονας δεν περιστρέφεται κανονικά δεν είναι δυνατή η καλή λειτουργία του θαλάμου στυπιοθλίπτου. Πρέπει συνεπώς να ελεγχθεί ο άξονας είναι έκκεντρος και δεν παρουσιάζει ανωμαλίες στην επιφάνειά του.
18. Πρέπει να γίνει έλεγχος του ελαστικού συνδέσμου(κόμπλερ).
19. Πρέπει να αποσυνδεθούν οι σωλήνες και επανατοποθετηθούν ώστε να εξουδετερωθεί η πίεση στις φλάντζες της αντλίας.
20. Ο ελαστικός σύνδεσμος πρέπει να τοποθετηθεί στην κανονική του θέση.
21. Προσθέτουμε λάδι ή το αλλάζουμε.
22. Η αντλία πρέπει να προστατευτεί από το υπερβολικό ψύχος ή να αφαιρούμε το νερό μετά την λειτουργία αυτής.

Κωδικός: 102

Όνομασία: Τόπος

Έτος: 2000

ΕΛΕΓΧΟΙ-ΕΥΝΟΗΡΕΣΙΑ	Επίσης-Επιλογήση-Εκτέλεση-Αρμόν	Έργο-Συμβάν	Ανεπιθύμητες-Λόγος-Κατά	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟ	
				ΛΥΚΟΝΗΡΙΑ	Εξουσιοδότηση
1 2 3 4 5	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
6 7 8 9 10	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
11 12 13 14 15	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
16 17 18 19 20	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
21 22 23 24 25	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
26 27 28 29 30	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
31 32 33 34 35	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
36 37 38 39 40	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
41 42 43 44 45	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
46 47 48 49 50	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
	✓	✓			
51 52	✓	✓			
	✓	✓			
Ο Τεχνικός - Χειριστής ^{ΠΟΤΕΡΟΠΟΝΟΣ} Ο Διευθυντής Παραγωγής			ΥΠΟΥΡΧΟΣ Έπιθετών Χ. ΠΙΣΑΒΙΝΟΣ	Ημερομηνία 27-06-00	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Application of B & K Equipment to Acoustic Noise Measurements, Bruel & Kjaer.
2. Mechanical Vibration and Shock Measurements, Bruel & Kjaer.
3. Διάγνωση Βλαβών - Όργανα ελέγχου - Ρυθμίσεις. Γ. Βερναδάκης.
4. Cepstrum Analysis and Gear Box Fault Diagnosis, Bruel & Kjaer Application Notes.
5. Electronic instruments, ... first in sound and vibration, Master Catalogue 1974, Bruel & Kjaer.
6. A Versalite Pocket - Sided Vibration Meter, Bruel & Kjaer.
7. Dowidat Catalogue E69 DM, designed and manufactured to meet the most exacting requirements.
8. Διοίκηση Παραγωγής, Μιχ. Λιαρμακόπουλος.
9. Taking Roundness, Taylor - Hobson.
10. Lubrication, a practical guide to lubricant selection, A.R. Lansdows, Swansea Tribology Center, U.K.
11. IRD, Mechanalysis IQ 2000, Application Guide, IRD Part Number 36825, April 1995.
12. Εισαγωγή στην Οργανωτική των Εργοστασίων. Σωτ. Κ. Καρβούνη Επίκουρου Καθηγητή Α.Β.Σ.Π.
13. Some causes and cures for vibration in rotating machinery, E.H.Hull.
14. Applications and design of isolators, Charles E. Grede, California Institute of Technology.
15. Balancing of rotating machinery, Douglas Muster, General Electric Company.
16. Establishing Machinery Condition at Start - up Through Vibration, " Baseline " Analysis, JM SHEA, JB CATLIN.
17. Ασφάλεια των εργαζομένων στη βιομηχανία, Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών, Αθήνα 1987, Θέματα Προγραμματισμού 36, Ερευνητική Ομάδα Εργαστηρίου Στοιχείων Μηχανών, Πανεπιστημίου Πατρών.
18. Crack Depth Analysis of a Rotating Shaft by Vibration Measurements, B.O. Dirt, B.K. Schmalhorst.
19. Vibration of structures induced by seismic waves, George w. Housner, California Institute of Technology.
20. Machine design, M. MOVNIN, D. GOLTZIKER.

21. CEM SERIES electro - magnetic clutches, machine components corporation.
22. Μετάδοση Ισχύος (μετάδοση κίνησης υδροπνευματική, επεξεργασία μετάλλων, αυτοματισμοί, εργαλειομηχανές)
Μηνιαίο Τεχνικό Περιοδικό.
23. Weatherill, T. & Cameron, I. T., " Prototype expert system for hazard and operability studies ", Computers & Chemical Engineering, Vol. 13, No 11 - 12, pp. 1299 - 1234 (1989).
24. Russell, Eugene R. Sr., " Rating Countermeasures for mitigation of hazardous materials incidents ", Journal of Transportation Engineering, Vol. 119, No 2, pp.211 - 225 (1993).
25. Στοιχεία Μηχανών, Ίδρυμα Ευγενίδη.
26. Ryan, Thomas G., " Human reliability analysis. Why not turn to the human factors community? ", Reliability Engineering & System Safety.
27. Beachum, S.B. & Weir, T.J. , " Preventive maintenance optimization " , Nuclear Plant Journal.
28. Τεχνολογία των Εργαλείων, Ι. Παρίκου.
29. Fabian, H., " Experience in the performance probabilistic safety assessments ", Kerntechnik.
30. Reed, D. A. & Chen, W., " Object - oriented programming approach to safety assessment " , Engineering Structures.
31. Hirschberg, S., " Prospects for probabilistic safety assessment " , Nuclear Safety.

