



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΩΝ**

***ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ,
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ***



Επιμέλεια Διπλωματικής Εργασίας: Παχυλάκης Μανώλης
Υπεύθυνος Καθηγητής: Λεώπουλος Βρασίδης

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΩΝ**

***ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ,
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ***

Για την πολύτιμη βοήθεια τους και τη στήριξη στη διεξαγωγή και τελική ετοιμασία της εργασίας αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Βρασίδα Λεώπουλο και το διδακτορικό φοιτητή και Διπλωματούχο Μηχανολόγο Μηχανικό κ. Χαράλαμπο Τσόγκα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦ.		Σελ.
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2.	ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΑ ΥΠΟ ΚΛΙΜΑΚΑ	18
2.1	ΟΥΣΙΑΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	18
2.2	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΕΣ ΡΑΒΔΟΙ, ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΙ ΤΑΙΝΙΕΣ	21
2.3	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΑ ΥΠΟ ΚΛΙΜΑΚΑ ΠΑΧΥΜΕΤΡΑ	27
2.4	ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΑ	33
3.	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	48
3.1	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	48
3.2	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	50
3.3	ΚΥΡΙΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	51
3.4	ΑΡΧΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΩΝ	53
3.5	ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΗΚΟΥΣ	55
3.6	ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΩΝ	58
3.7	ΠΡΟΤΥΠΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	64
3.8	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	68
4.	ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	75
4.1	ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	75
4.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	77
4.3	ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ	84
4.4	Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	87
4.5	ΣΕΤ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥΣ	88
4.6	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	94
4.7	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	99
5.	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	109
5.1	ΓΕΝΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	109
5.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗΣ	114
5.3	ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	116
5.4	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	127
5.5	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΓΙΑ ΤΕΣΤ	131
5.6	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ	136
5.7	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	148
5.8	ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	161
5.9	ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΙΑΚΗΣ ΘΕΣΗΣ	166

5.10	ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕ ΟΠΤΙΚΗ ΒΟΗΘΕΙΑ	168
6.	ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	173
6.1	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	173
6.2	ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	180
6.3	ΟΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	184
6.4	ΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΜΕΛΗ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	196
6.5	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	206
7.	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	214
7.1	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	214
7.2	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	219
7.3	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	224
7.4	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΨΟΥΣ	227
7.5	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	231
7.6	ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	237
7.7	ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΑΝΕΥ ΕΠΑΦΗΣ	242
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	245

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο επίπεδο της βιομηχανίας, ο όρος «μετρήσεις διαστάσεων» αφορά διαδικασίες προσδιορισμού γραμμικών και γωνιακών μεγεθών, τεμαχίων, προϊόντων βιομηχανικής κατασκευής, ή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τους. Αυτά τα μεγέθη μετρώνται και εκφράζονται από τυποποιημένες μονάδες μήκους και γωνίας. Σε ένα πιο διευρυμένο επίπεδο, ο όρος μετρήσεις διαστάσεων επίσης αναφέρεται σε διαδικασίες εκτίμησης αρμόδιων γεωμετρικών χαρακτηριστικών που μπορούν να επηρεάσουν τόσο την αξιοπιστία των μετρήσεων ενός κομματιού όσο και τη λειτουργική επάρκειά του. Τέτοιες μετρήσεις αφορούν παρεκκλίσεις από μία ιδεατή μορφή ή από μία επιφάνεια θεωρητικά λεία, χωρίς ευδιάκριτη υφή.

Ο βασικός σκοπός των μετρήσεων αυτών, στη διαδικασία παραγωγής, είναι η επιβεβαίωση και διασφάλιση του προϊόντος με τις προδιαγραφές της σχεδίασης. Παρόλα αυτά σε βιομηχανικές εφαρμογές, μπορεί να εξυπηρετούν και άλλους σκοπούς, όπως για παράδειγμα την έρευνα και εξέλιξη του προϊόντος, αλλά και της παραγωγής. Σε τελική ανάλυση όλες αυτές οι χρήσεις σχετίζονται με έναν κοινό στόχο: την οικονομική παραγωγή τεμαχίων σε συνάρτηση με τις σχεδιαστικές δεσμεύσεις οι οποίες έχουν καταρτισθεί για να εγγυηθούν τη σωστή λειτουργία και τις υπηρεσίες του παραγόμενου προϊόντος.

Για το λόγο αυτό ένα εγχειρίδιο για τη μέτρηση των διαστάσεων σχεδιασμένο για μηχανικούς και τεχνικούς που απασχολούνται σε διάφορους τομείς της παραγωγής, θα εξυπηρετήσει καλύτερα τους σκοπούς του όταν αντανακλά τη διάθεση να μελετήσει τις διαδικασίες μετρήσεων από την οπτική γωνία του τελικού σκοπού και των πρακτικών εφαρμογών.

Μελετώντας τη συνεχή πρόοδο στη μοντέρνα βιομηχανική παραγωγή σχετικά με τη μεγαλύτερη ακρίβεια και την πιο αξιόπιστη λειτουργία των προϊόντων, είναι προφανές ότι τέτοιοι πρακτικοί στόχοι δε θα εναντιωθούν στον υψηλό βαθμό επιστημονικής γνώσης την οποία απαιτούν οι μετρήσεις μεγεθών. Το αποτέλεσμα τόσο προοδευτικών μεθόδων μέτρησης, συναντάται στη βιομηχανία με τον όρο ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑ. Ο όρος αυτός επίσης αναφέρεται στο σχεδιασμό μιας επιστημονικής βάσης μετρήσεων, η οποία διακρίνεται από τις εμπειρικές εξελίξεις προηγούμενων εφαρμογών. Ο ειδικευμένος μηχανικός που ασχολείται με τη Μετρολογία αναφέρεται ως Μετρολόγος Μηχανικός και ορισμένα χαρακτηριστικά του θα αναφερθούν παρακάτω.

ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΠΕΔΙΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στις μεταλλικές κατασκευές και σε συγγενή βιομηχανικά πεδία, οι προσπάθειες κατευθύνονται στην παραγωγή τεμαχίων συγκεκριμένης μορφής και διαστάσεων. Με τη βοήθεια των μετρήσεων διαστάσεων οι προσπάθειες αυτές καθοδηγούνται, συνεργάζονται και υλοποιούνται. Για το λόγο αυτό οι μηχανικοί που απασχολούνται στα διάφορα στάδια παραγωγής τέτοιων κατασκευών θα πρέπει να διαθέτουν την οικειότητα ή έστω τη στοιχειώδη γνώση που απαιτούν τέτοιες μέθοδοι. Μερικά παραδείγματα αναδεικνύουν τη συγκεκριμένη ανάγκη.

Ο Μηχανικός προϊόντος, στοχεύει στην αντίληψη των βασικών ή κρίσιμων διαστάσεων με δεδομένα, προερχόμενα από αναλύσεις τεστ στα οποία υποβάλλει τα τεμάχια. Η στοιχειώδης γνώση της τεχνολογίας γύρω από τη μέτρηση διαστάσεων αποτελεί προσόν για τις μελέτες του σε μια βάση υπολογισμών και εκτιμήσεων μεγεθών τα οποία μπορούν με αξιοπιστία να μετρηθούν.

Ο σχεδιαστής θα πρέπει να είναι οικείος με τις ικανότητες του εξοπλισμού μέτρησης διαστάσεων που υπάρχει, καθώς επίσης και με τις αρχές που διέπουν τις μετρήσεις αυτές, ώστε να δώσει σωστή διαστασιολόγηση και ανοχές διαστάσεων του προϊόντος, τις οποίες με τη σειρά του θα είναι σε θέση να υλοποιήσει ο κατασκευαστής του προϊόντος.

Ο Μηχανικός του τομέα κατασκευής προκειμένου να μην έχει σκάρτα ή εκτός προδιαγραφών προϊόντα, τα οποία ανεβάζουν το κόστος, θα πρέπει να είναι καλά καταρτισμένος πάνω στον εξοπλισμό διαστασιολόγησης και τις μεθόδους που θα πρέπει να ακολουθήσει για εξαγωγή σωστών αποτελεσμάτων από τη χρήση τους.

Ο Μηχανικός έρευνας της παραγωγής και ο τομέας αρμοδιότητάς του αποτελούν ένα ακόμα παράδειγμα εφαρμογής των μεθόδων μέτρησης διαστάσεων. Η διενέργεια τεστ με τη βοήθεια ακτίνων laser, οι μελέτες ικανότητας μεθόδων που αφορούν μετρήσεις με καλύτερη διακριτικότητα από αυτές που χρησιμοποιούνται συνήθως και η συγκρισιμότητα μετρήσεων γεωμετρικών συνθηκών και υψής επιφανειών τεμαχίων, κατεργασμένων με διαφορετικές μεθόδους, είναι τρία παραδείγματα της χρήσης μεθόδων μέτρησης διαστάσεων.

Ο υπεύθυνος Μηχανικός ποιοτικού ελέγχου εργάζεται σε έναν τομέα, ο οποίος παραδοσιακά ασχολείται με τη μέτρηση διαστάσεων. Ειδικά στον τομέα των μεταλλικών κατασκευών, ο τομέας αυτός αποτελεί το κυρίαρχο μέρος στην επιθεώρηση της εργασίας. Ο τομέας αυτός είναι υπεύθυνος για την αποδοχή ή μη του προϊόντος, συνεπώς, η άριστη γνώση των μεθόδων και του εξοπλισμού για την εργασία αυτή, αποτελεί βασικό προσόν του Μηχανικού-υπεύθυνου, επιτρέποντάς του ακριβείς ελέγχους αλλά και τη δυνατότητα να εκπαιδεύσει τους ελεγκτές.

ΟΙ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΣΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η πρόοδος στην ακρίβεια των μετρήσεων, στη βιομηχανία, είναι συνεχής ακόμα και πριν από τον εμφύλιο αμερικανικό πόλεμο. Η πραγματική άνθιση, όμως, εκδηλώθηκε στις δεκαετίες μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Τα μετρητικά όργανα στις βιομηχανικές εφαρμογές έγιναν αρκετά ευαίσθητα με δυνατότητα μέτρησης και του εκατομμυριοστού της ίντσας.

Ο παγκόσμιος ανταγωνισμός επέφερε μια επανάσταση στην ποιότητα των βιομηχανικά κατασκευαζόμενων προϊόντων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την τεχνολογική άνθιση σε διάφορους τομείς, οδηγεί στην ανάγκη αυξημένης ακρίβειας των μετρήσεων διαστάσεων. Ακολουθεί μια σειρά από τάσεις που εκδηλώθηκαν και αποτελούν καλό παράδειγμα της συγκεκριμένης ανάγκης.

1. Διαστασιοποίηση των συνθετικών του προϊόντος πιο κοντά στα θεωρητικά όρια της απαιτούμενης αντοχής και ελαχιστοποίηση των κατασκευαστικών ανοχών, ώστε να εξοικονομηθεί υλικό και βάρος για λειτουργικούς και οικονομικούς λόγους.

2. Μείωση των διαστάσεων των συσκευασιών που χρησιμοποιούνται για το πακετάρισμα τεμαχίων και ολοκληρωμένων προϊόντων και πιο συγκεκριμένα σε εφαρμογές που αφορούν Η/Υ και άλλες σύνθετες ηλεκτρονικές συσκευές.

3. Σωστός υπολογισμός των τάσεων και εντάσεων των υλικών, για τη διασφάλιση βέλτιστης συμπεριφοράς έναντι ελαστικών παραμορφώσεων που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργία.

4. Μεγαλύτερη λειτουργική ακρίβεια και βελτίωση της λειτουργίας συστημάτων, όπως κιβώτια ταχυτήτων, γρανάζια και ρουλεμάν, τα οποία επιτυγχάνονται προσδιορίζοντας σφιχτές ανοχές μεγέθους, γεωμετρικής μορφής και υφής επιφανειών.

5. Αυτόματες συνδέσεις που πραγματοποιούνται συνήθως, πέρα από τα όρια της οπτικής αντίληψης, θα πρέπει να εμπνέουν εμπιστοσύνη κατά την προσαρμογή, τη διευθέτηση και το διαχωρισμό τους. Σε αυτό το επίπεδο είναι αναγκαία η χρήση υλικών των οποίων η ακρίβεια κατασκευής τους είναι σε υψηλότερο σημείο από τις συνήθειες εφαρμογές.

6. Συγγενικής λειτουργίας εξοπλισμός, συχνά εγκρίνεται για τεμάχια που κατασκευάζονται και συνδέονται με συνέπεια, σε στενά όρια μεγέθους και μορφής.

7. Ακριβείς αναφορές σε πληροφορίες που αφορούν διαστάσεις απαιτούνται από τους προμηθευτές των βιομηχανιών, ώστε να χρησιμοποιηθούν σε στατιστικές αναλύσεις.

8. Τα συστήματα διασφάλισης ποιότητας, όπως το ISO 9000, αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο για να διασφαλίζουν ότι τα κατασκευαζόμενα προϊόντα συνάδουν με σχεδιαστικές, λειτουργικές και ποιοτικές λεπτομέρειες.

Από την παραπάνω λίστα γίνεται προφανές ότι η συνεχής προσπάθεια για πιο ακριβείς μετρήσεις είναι πάνω απ' όλα μια άσκηση στην εξειδίκευση. Αποτελεί ουσιαστικό πρόοδο με σκοπό την ικανοποίηση των πραγματικών αναγκών, προβάλλοντας τις απαραίτητες πληροφορίες γύρω από διαστάσεις, χωρίς τις οποίες δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί η τεχνολογική άνθιση.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η πρόοδος στην τεχνολογία μέτρησης διαστάσεων δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί χωρίς ουσιαστικές βελτιώσεις των υπαρχόντων τύπων και την εισαγωγή εντελώς νέων συστημάτων στα μετρητικά όργανα. Μερικά παραδείγματα αυτής της εξέλιξης θα αναφερθούν με σκοπό να αναδείξουν τις δυνατότητες για βελτιωμένες τεχνικές μέτρησης που προσφέρονται από τα μοντέρνα μετρητικά όργανα.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές μετρήσεων αναπτύχθηκαν παράλληλα με τη φαινομενική πρόοδο στο πεδίο της ηλεκτρονικής και εισήγαγαν την έννοια της μικροϊντσας στις μετρήσεις των διαστάσεων.

Οι πνευματικές συσκευές βγήκαν από το πειραματικό στάδιο και αποτελούν σήμερα τη ραχοκοκαλιά των μεθόδων μέτρησης, όπου η χωρίς επαφή αίσθηση, οι ανεπαίσθητα μικρές διαστάσεις, οι μεγάλες ενισχύσεις και τα ευκόλως εκτελούμενα πολλαπλάσια κυκλώματα, χαρακτηριστικά που εκμεταλλεύονται αυτές οι συσκευές, αποδεικνύονται εξαιρετικά επωφελή.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούν την οπτική, προσφέρουν τα μέσα για μεγενθυμένη παρακολούθηση σε μικροσκόπια και οπτικούς projectors, κατέχοντας μοναδικά μετρητικά προνόμια που στις μέρες μας χρησιμοποιούνται συχνά.

Οι συσκευές παραγωγής κυμάτων λειτουργούν με τις επιδράσεις από την παρέμβαση των ακτίνων του φωτός ή διακεκριμένους επαγωγικούς παλμούς και από κύματα που επεμβαίνουν και παράγονται από ακτίνες λέιζερ. Οι συσκευές αυτές βρίσκουν εφαρμογή στις μετρήσεις διαστάσεων είτε με οπτικό υπολογισμό των κυμάτων είτε με ηλεκτρονικά μέσα υπολογισμού αυτών και όργανα ανάλυσης. Τέτοιοι εξοπλισμοί που μεταφράζουν τα φυσικά φαινόμενα σε βιομηχανικά εφαρμόσιμα εργαλεία, μεγάλης ακρίβειας και σταθερότητας, ανοίγουν νέους ορίζοντες στις μετρήσεις ακόμα και πολύ μεγάλων αποστάσεων, με μεγάλη ταχύτητα και συχνά συνοδεύονται και από ψηφιακές οθόνες μεγάλης διακριτικής ικανότητας.

Οι συσκευές μετάδοσης, αναφοράς και χρήσης σήματος που λειτουργούν σε συνδυασμό με αρκετά μετρητικά όργανα βρίσκουν ποικίλες εφαρμογές. Λειτουργούν άμεσα, από τις διαφορές ρεύματος ή τάσης που γεννάνε ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές είτε έμμεσα, μετατρέποντας άλλων ειδών ενέργειες σε ηλεκτρικά διαφορικά.

Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι θα πρέπει να τονισθεί ο σημαντικός ρόλος που πολλά παραδοσιακά μετρητικά όργανα κατέχουν ακόμα και στις μέρες μας. Για το λόγο αυτό κανένα βιβλίο για την τεχνολογία των μετρητικών οργάνων δε θα είναι επαρκώς κατανοητό αν δεν δώσει την πρέπουσα προσοχή στα συνήθη μέσα και μεθόδους.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Για να καλύψει τους σκοπούς της, η μέτρηση θα πρέπει να είναι σωστή σε βαθμό ανάλογο με τις δοσμένες ανοχές και τον απαιτούμενο λειτουργικό ρόλο του προϊόντος. Δύο βασικοί παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό της ορθότητας των μετρήσεων στα τεμάχια: α) η ακρίβεια των οργάνων και β) ο σωστός εντοπισμός της μετρούμενης διάστασης στο φυσικό τεμάχιο.

Ο παράγων της ακρίβειας ανήκει στην κοινή λογική. Προσδιορίζει το βαθμό συμφωνίας του μετρούμενου μεγέθους με το πραγματικό, όπως εκφράζεται με τις τυπικές μονάδες μέτρησης.

Ο δεύτερος παράγοντας και η σημασία του είναι συνήθως λιγότερο κατανοητός. Στην πραγματικότητα, ακατάλληλα εντοπισμένες διαστάσεις, μπορεί να έχουν μεγαλύτερη επίδραση στις μετρήσεις από λάθη οφειλόμενα σε ανεπαρκώς δηλωμένη ακρίβεια μετρήσεων. Ο παράγων αυτός είναι ένα χαρακτηριστικό του εκάστοτε μετρητικού οργάνου, το οποίο ενυπάρχει και μπορεί εύκολα να εκτιμηθεί.

Το κατάλληλα διαστασιολογημένο μηχανολογικό σχέδιο πρέπει να ορίζει ξεκάθαρα το σημείο και τον προσανατολισμό της διάστασης που θα μετρηθεί στο τεμάχιο. Παρόλα αυτά, κάποιος βαθμός ασυμφωνίας δύσκολα θα αποφευχθεί μεταξύ του πως εκφράζεται, η σε δύο διαστάσεις σχεδίαση ενός αντικειμένου και της μεταφοράς του σχεδίου σε φυσικό μέγεθος. Για τη μείωση της ασυμφωνίας αυτής, το μηχανολογικό σχέδιο θα πρέπει είτε να ορίζει ξεκάθαρα είτε να παρουσιάζει με ευκρινώς κατανοητά συμπεράσματα τα δεδομένα στοιχεία που ανά θέση συνδέονται με τις προσδιορισμένες διαστάσεις και οι οποίες με φυσικό τρόπο παρουσιάζονται στο τεμάχιο.

Η ικανότητα των μετρητικών οργάνων να ανακαλύπτουν και να αναδεικνύουν ακόμα και πολύ μικρές διαφοροποιήσεις της μετρούμενης διάστασης από την

ονομαστική τιμή της, είναι ένα σημαντικό λειτουργικό χαρακτηριστικό. Το μέτρο αυτής της ικανότητας είναι το ελάχιστο μέγεθος διαφοράς που ανιχνεύεται ή εμφανίζεται επί της οθόνης του οργάνου μέτρησης ευκρινώς και στην πραγματική του τιμή. Για όργανα που χρησιμοποιούν δείκτες καταγραφής αποτελεσμάτων, ο όρος ευαισθησία χρησιμοποιείται γενικά για να εκφράσει την παραπάνω ιδιότητα, ενώ για εκείνα που χρησιμοποιούν οθόνες παρουσίασης, οι όροι ανάλυση και διακριτική ικανότητα την περιγράφουν καλύτερα.

Οι ενδείξεις του οργάνου πρέπει να είναι συνεπείς και η βαθμονόμησή του θα πρέπει να γίνεται ανά τακτά διαστήματα. Ο όρος σταθερότητα αναφέρεται στην ικανότητα του οργάνου για συνεπείς ενδείξεις. Σε σύνθετα όργανα μέτρησης των οποίων η λειτουργία περιλαμβάνει διάφορες δυναμικές πηγές σφάλματος, ο όρος επαναλαμβανόμενη ακρίβεια εκφράζει το αριθμητικό ισοδύναμο της κατάστασης ως τη μέγιστη παρέκκλιση της επανάληψης.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στο σχεδιασμό, διενέργεια και αξιολόγηση των μετρήσεων, αναγκαία έμφαση πρέπει συχνά να δοθεί σε συνθήκες που μπορεί να επηρεάσουν την εκτέλεση ή τα αποτελέσματά τους. Επίσης, απαιτούν προσοχή πρακτικές που έχουν αναπτυχθεί για την ασφάλεια της καλύτερης απόδοσης και της μέγιστης σταθερότητας κατά τη διαδικασία των μετρήσεων. Ακολουθούν παραδείγματα που καταδεικνύουν την ανάγκη αυξημένης προσοχής.

Με τον όρο κατάσταση υλικού, κατά τη σχεδίαση, περιγράφεται η σχέση της καθορισμένης διάστασης με το τυποποιημένο μέγεθος του τεμαχίου. Αυτός το θεωρητικό μέγεθος θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την άρτια γεωμετρική μορφή του εξεταζόμενου τεμαχίου (για παράδειγμα ένας κυλινδρικό τεμάχιο και η αντιστοιχία οπή εφαρμογής του) σε μέγεθος που οριακά αγγίζει το maximum ή minimum της φυσικής επιφάνειας.

Maximum κατάσταση υλικού, όπως αυτή ορίζεται από το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης, είναι ένας προσδιορισμός που αποδίδεται σε δοσμένο χαρακτηριστικό (οπή, σπείρωμα, κλπ) ή τεμάχιο για να δείξει ότι η διάσταση ή οι διαστάσεις του αφορούν τη μέγιστη δυνατή τιμή που μπορεί να έχει το υλικό για να λάβει το τέλειο σχήμα. Έτσι, maximum κατάσταση υλικού για μία ονομαστικά στρογγυλή οπή θεωρείται, όταν η διάμετρός της βρίσκεται στο προκαθορισμένο ελάχιστο όριο και η οπή είναι γεωμετρικά ένας τέλειος κύλινδρος. Αντίστροφα, η maximum κατάσταση υλικού για το εξωτερικό σπείρωμα κοχλία, θεωρείται όταν διαθέτει το τέλειο σχήμα και οι διαστάσεις των διαμέτρων είναι στο προκαθορισμένο μέγιστο όριο.

Maximum όριο υλικού θεωρείται το μέγιστο όριο μεγέθους μιας εξωτερικής διάστασης ή το ελάχιστο όριο μιας εσωτερικής.

Η σημασία των γεωμετρικών συνθηκών για συσχετιζόμενες μετρήσεις διαστάσεων. Στα σχέδια, οι διαστάσεις των τεμαχίων δηλώνονται στη γεωμετρική μορφή τους και στην υφή των επιφανειών τους, των οποίων ο βαθμός ομαλότητας είναι ανάλογος με τις προσδιορισμένες ανοχές. Όταν αυτός ο βαθμός δεν είναι γνωστός θα πρέπει να αναμένεται ότι θα επηρεαστεί η αξιοπιστία των μετρήσεων. Οι περισσότερες από αυτές

τις δυσκολίες που προκύπτουν μπορούν να καταχωρηθούν σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες:

1. Οι γεωμετρικές μορφές και οι συσχετίσεις των επιφανειών περιγράφονται από όρους, όπως ευθυγραμμικότητα, παραλληλισμός, συμμετρία κλπ.
2. Οι μικρογεωμετρικές αποκλίσεις της επιφάνειας, από την κοινώς αντιληπτή μορφή, συχνά περιγράφονται ως μετατοπίσεις από την ευθυγράμμιση και την κυκλικότητα των χαρακτηριστικών στοιχείων της επιφάνειας.
3. Η μικροϋφή της επιφάνειας που περιγράφεται ως τραχύτητα δηλώνει τις διαφορές από τη θεωρητικά λεία επιφάνεια.

Η λειτουργική επίδραση των γεωμετρικών ελλείψεων λαμβάνει την αναγκαία προσοχή παγκοσμίως και βασίζεται κατά ένα μέρος σε εμπειρικά ευρήματα και κατά ένα άλλο σε αποτελέσματα μελετών και τεστ σε τομείς όπως η λίπανση και η τριβή, η κατανομή τάσεων και κοπώσεων κλπ. Υψηλότερες απαιτήσεις για συνέπεια με την ομαλότητα προκύπτουν για την κατασκευή όταν αυτή εκτελείται υπό άνευ όρων εναλλαξιμότητα και αυτόματη σύνδεση. Ίσως η αντίληψη των βλαβερών επιδράσεων που τέτοιες ελλείψεις προκαλούν στην ακρίβεια των βασικών μετρήσεων είναι λιγότερο γενική.

Οι παραπάνω υπολογίσιμες γεωμετρικές συνθήκες, θα πρέπει να θεωρούνται ως συμπληρωματικές διαδικασίες των γνωστών μεθόδων γραμμικών και γωνιακών μετρήσεων για την επίτευξη της λειτουργικής επάρκειας, της κατασκευαστικής διαμόρφωσης και της αξιοπιστίας των μετρήσεων των διαστάσεων. Η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να θεωρηθεί ως η λειτουργία των σφαλμάτων που εμφανίζονται και των αξιολογήσεών τους. Τα σφάλματα στις μετρήσεις και στα όργανα κατηγοριοποιούνται σε μία από τις εξής κατηγορίες:

α) Τυχαία σφάλματα. Είναι πρωτίστως, αλλά όχι αποκλειστικά συνδεδεμένα με το ανθρώπινο στοιχείο και θεωρούνται ως αποτέλεσμα ανακριβών κλιμάκων ανάγνωσης, ακατάλληλων δειγμάτων που έρχονται στο προσκήνιο, σφαλμάτων ανάγνωσης κλπ. Επειδή τέτοια σφάλματα δεν είναι δυνατόν ούτε να προβλεφθούν ούτε και να εξαλειφθούν, το πιθανό μέγεθός τους και η σχετική συχνότητά τους αξιολογούνται στατιστικά για να καθορίσουν την πιθανή ακρίβεια της διαδικασίας. Ο όρος *τυπική απόκλιση* χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η ακρίβεια της διαδικασίας ή του οργάνου. Το μέγεθος αυτό καθορίζεται μαθηματικά από έναν κατάλληλο αριθμό μετρήσεων, με τρόπο ώστε περίπου το 68% των αποτελεσμάτων να κυμαίνεται σε συγκεκριμένο εύρος, θετικά ή αρνητικά, γύρω από μια μέση τιμή. Το εύρος αυτό ονομάζεται τυπική απόκλιση και συμβολίζεται με το γράμμα σ . Με σκοπό να διασφαλιστεί ότι η αναφερόμενη τιμή μέτρησης είναι αληθινή, η ακρίβεια της διαδικασίας μέτρησης συχνά εκτιμάται θεωρώντας μία ζώνη αμφιβολίας εκτεινόμενη στο $\pm 2\sigma$ από τη μέση τιμή και η οποία συμπεριλαμβάνει θεωρητικά το 95,45% των μετρήσεων ή στο $\pm 3\sigma$ γύρω από τη μέση τιμή συμπεριλαμβάνοντας θεωρητικά το 99,73%.

Υποθέτοντας ότι οι αποκλίσεις των μετρήσεων από τη μέση τιμή, ακολουθούν καμπύλη κανονικής κατανομής, χρησιμοποιούμε την παρακάτω σχέση για να προσδιορίσουμε την τυπική απόκλιση.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_n - \bar{x})^2}{n}}$$

όπου x_n : η τιμή μέτρησης

\bar{x} : η μέση τιμή

n : το πλήθος των διαφορετικών μετρήσεων

β) Συστηματικά σφάλματα είναι αυτά που σχετίζονται με τις ικανότητες των μετρητικών οργάνων, το περιβάλλον και άλλους εξωγενείς παράγοντες, οι οποίοι είναι ελέγξιμοι ή τουλάχιστον μετρήσιμοι.

Οι ικανότητες των μετρητικών οργάνων. Όταν οι απαιτήσεις της διαδικασίας των μετρήσεων διασφαλιστούν επαρκώς, έγκειται στην ικανότητα του οργάνου η αξιοπιστία της μέτρησης. Η αξιοπιστία αυτή, επηρεάζεται και από άλλα δύο μεγέθη, την επαναληψιμότητα και αναπαραγωγικότητα του οργάνου. Η επαναληψιμότητα μετράται έχοντας το ίδιο άτομο να πραγματοποιεί μετρήσεις, σε τεμάχια, εις διπλούν. Οι μετρήσεις του καταγράφονται και το εύρος των αποτελεσμάτων του για κάθε τεμάχιο υπολογίζεται και μετά χρησιμοποιείται για να ορίσει την επαναληψιμότητα του οργάνου. Για το λόγο αυτό, το μέγεθος του σφάλματος επαναληψιμότητας συνδέεται με τις διαφορές που προκύπτουν κατά τις δύο μετρήσεις του ίδιου τεμαχίου, από το ίδιο όργανο και με το ίδιο άτομο να το χειρίζεται. Ο όρος αναπαραγωγικότητα χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του σφάλματος που προκύπτει όταν το ίδιο τεμάχιο εξετάζεται από δύο διαφορετικά άτομα. Σαν βασικό κανόνα θεωρούμε το ότι οι συνεπείς ενδείξεις του οργάνου πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσες αν όχι καλύτερες από τη μικρότερη διαβάθμιση της κλίμακας που χρησιμοποιείται για τα εξαγόμενα από τη μέτρηση.

Οι ιδιαίτερες απαιτήσεις ή οι τυποποιήσεις που θέτει ο κατασκευαστής, όταν είναι διαθέσιμες, μπορούν να ορίσουν, για παράδειγμα όταν αφορούν τους δείκτες κλίμακας, το βαθμό της ακρίβειας ενδείξεων που θα πρέπει να αναμένεται από το όργανο. Παρόλα αυτά, η επαλήθευση της κανονικής λειτουργίας, κατά τη χρήση, κρίνεται σκόπιμη. Τέτοιες επαληθεύσεις κρίνονται επιτακτικές για κρίσιμες μετρήσεις ή και όταν το επίπεδο ακριβείας του οργάνου βρίσκεται κοντά σε εκείνο που απαιτείται από την εκάστοτε διαδικασία μέτρησης.

Η επαλήθευση στην ακρίβεια των οργάνων τόσο σε κατάσταση ηρεμίας όσο και κατά τη χρήση τους τελειοποιείται από κατάλληλα σχεδιασμένες διαδικασίες. Στην πορεία του συγγράμματος αναφέρονται πολλές μέθοδοι βαθμονόμησης των οργάνων με σκοπό την επίτευξη και διασφάλιση της σχετικής ακρίβειας των μετρήσεων.

Η ακρίβεια στην ένδειξη, εκφράζει το βαθμό αναλογίας με τον οποίο οι αποκλίσεις από ένα αυθαίρετα επιλεγμένο μέγεθος αναφοράς παρουσιάζονται στην κλίμακα του οργάνου. Το τυποποιημένο μέγεθος της διάστασης αναφοράς με το οποίο το όργανο θα βαθμονομηθεί, θα πρέπει να είναι συγκρίσιμο με ένα τυπικό μέγεθος αναφοράς μήκους, όπως είναι το πλακίδιο πρότυπου μήκους.

Η επίδραση του περιβάλλοντος στις μετρήσεις. Απόλυτη σταθερότητα δεν διασφαλίζεται ακόμα και σε τόσο φαινομενικά καθορισμένες ύλες, όπως για παράδειγμα οι βράχοι. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία και την υγρασία ασκούν συνεχή επιρροή στη γεωμετρία των τεμαχίων. Οι επιδράσεις αυτές στο σχήμα, το μέγεθος, αλλά και τις συνθήκες ζεύξης των συνδέσεων είναι ευρέως γνωστές, αν και σε πολλές περιπτώσεις δεν λαμβάνονται υπόψη ή δεν εκτιμώνται κατάλληλα.

Οι περιβαλλοντικές αλλαγές δεν αφήνουν ανεπηρέαστες ούτε τις μετρήσεις των διαστάσεων. Ακόμα και κατά τις μετρήσεις στο επίπεδο της παραγωγής, ενδείκνυται διαφοροποιήσεις και απότομες μεταβολές θερμοκρασίας να αποφεύγονται. Στις μετρήσεις υψηλής ανάλυσης κρίσιμων διαστάσεων, τέτοιες μεταβολές μπορεί να επηρεάσουν σοβαρά την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Για το λόγο αυτό, τέτοιες μετρήσεις φροντίζουμε να πραγματοποιούνται σε χώρους όπου εξασφαλίζεται σταθερή θερμοκρασία 20° C με αποκλίσεις της τάξης του $\pm 0,1^\circ$ C. Τέτοιοι χώροι σχεδιάζονται και καλούνται εργαστήρια Μετροτεχνίας. Προσφέρουν στο χώρο τους συνεχείς εναλλαγές αέρα παράλληλης ροής και σε τέτοιο βαθμό, ώστε να επιτρέπονται οι απαραίτητες διορθώσεις των διαφορετικών θερμοκρασιών που μπορεί να προκύψουν. Ο εισερχόμενος αέρας φιλτράρεται και αφυγραίνεται ως το επίπεδο του 35%÷45% υγρασίας. Η πίεση στο θάλαμο των εργαστηρίων διατηρείται ελάχιστα υψηλότερα από την εξωτερική και η στεγάνωση τέτοιων χώρων πραγματοποιείται με διπλές πόρτες και τζάμια. Ο φωτισμός πρέπει να είναι ομοιόμορφος, να μην επιτρέπει τη δημιουργία σκιών και να είναι επίσης εξαιρετικής ευαισθησίας για λεπτομερή εργασία, ώστε να μειώνονται οι επιδράσεις της ακτινοβολούμενης θερμότητας. Παρόλο που η τοποθέτηση τέτοιων εργαστηρίων επιλέγεται με στόχο τη μείωση της έκθεσης σε δονήσεις είναι συχνά απαραίτητο το χτίσιμο ξεχωριστής θεμελίωσης για ολόκληρο το δωμάτιο ή έστω για ορισμένα ευαίσθητα όργανα όπως τα μικροσκόπια και άλλα οπτικά όργανα.

Τυποποίηση. Η Μετρολογία των διαστάσεων είναι ένα χαρακτηριστικό πεδίο όπου η τυποποίηση μπορεί να αποδειχθεί επωφελής στον όγκο των προσπαθειών που πρέπει να βασιστούν σε αξιόπιστες μετρήσεις γεωμετρικών συνθηκών. Η τυποποίηση των διαδικασιών μέτρησης και του εξοπλισμού, συμπεριλαμβάνει όλες ή κάποιες από τις παρακάτω όψεις.

- α) Ικανότητες του οργάνου και διαστάσεις που συνδέονται μεταξύ τους
- β) Ευαισθησία, ακρίβεια, σταθερότητα και άλλα χαρακτηριστικά του οργάνου που σχετίζονται με τη λειτουργία και την αξιοπιστία του
- γ) Ακρίβεια των ενδείξεων και μεθόδους πιστοποίησης των διαδικασιών βαθμονόμησης
- δ) Η μέθοδος μέτρησης, που περιλαμβάνει την επιλογή του οργάνου, τις εφαρμοζόμενες τεχνικές, τα προτεινόμενα μεγέθη που συμπληρώνουν την απαιτούμενη ανάλυση, την αξιολόγηση των ενδείξεων και την εκτίμηση των μετρώμενων συνθηκών.

Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και οργάνου. Ανάλογα με την εκάστοτε περίπτωση και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες η μέτρηση θα εκτελεστεί, υπάρχει μία μέθοδος ή μια μικρή ομάδα μεθόδων οι οποίες είναι κατάλληλες τεχνολογικά και συμφέρουσες οικονομικά. Για να αναγνωρίζει σε κάθε περίπτωση την κατάλληλη ο ειδικευμένος Μηχανικός, είναι απαραίτητη η συνεχής επανάληψη των εναλλακτικών δυνατοτήτων που κάθε μέθοδος του παρέχει.

Με σκοπό τη βοήθεια στην επιλογή μεθόδου και εργαλείων που απαιτούνται για την εκτέλεσή της έχουν καταρτισθεί πίνακες για πολλές διαδικασίες και όργανα. Σε αυτούς τους πίνακες δεν έγινε καμία προσπάθεια για να εισαχθούν όλες οι εναλλακτικές. Αν και παρουσιάζονται πληροφορίες που έχουν να κάνουν με συγκρίσιμα στοιχεία, η λίστα των δεδομένων περιορίστηκε στα αναγκαία με στόχο την αποφυγή όγκου λεπτομερειών και την γρήγορη αναζήτηση συγκρίσιμων εκτιμήσεων.

Όπου οι πίνακες συνοδεύονται από φωτογραφίες είναι για να παρουσιάσουν οπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά των αντίστοιχων συστημάτων συνεισφέροντας έτσι στην αποτελεσματικότερη επιλογή μεθόδου.

METΡΟΤΕΧΝΙΑ

Με την αύξηση του απαιτούμενου επιπέδου ακριβείας των μετρήσεων και με αυξημένη σημασία να αποδίδεται στην αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, ο όρος Μετρολογία έγινε κομμάτι της γενικής τεχνικής πρακτικής. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο να εξεταστούν οι έννοιές του όρου και το αντικείμενο του Μηχανικού, ειδικευμένου στον τομέα της Μετρολογίας.

Η Μετρολογία είναι μία ευρεία έννοια που προσδιορίζει την επιστήμη όλων των μετρήσεων που γίνονται με σύγκριση των μετρούμενων διαστάσεων των στερεών ή των διάφορων φυσικών φαινομένων με γενικά τυποποιημένες μονάδες μέτρησης. Κατά μία άλλη έννοια, είναι ένας κλάδος της τεχνολογίας που ασχολείται με τις μετρήσεις γεωμετρικά ορισμένων διαστάσεων τεμαχίων. Αυτή η εκδοχή, είναι γνωστή με τον όρο Μετροτεχνία και θα μας απασχολήσει στη συνέχεια.

Στην πραγματικότητα, η Μετρολογία αφορά μετρήσεις που πραγματοποιούνται από διεθνείς οργανισμούς και αφορούν τυποποιημένες μονάδες αναφοράς. Η συνδυασμένη επίδραση των δύο τάσεων που συντρέχουν (ταχέως αυξανόμενη βιομηχανική ανάγκη για μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας και διαθεσιμότητα των οργάνων σε επίπεδο ακρίβειας και ευαισθησίας που παλαιότερα συναντούσαμε μόνο σε λίγα εργαστήρια) συνέβαλαν στη διευρυμένη εφαρμογή των τεχνικών μέτρησης.

Η Μετρολογία, όταν αφορά μετρήσεις διαστάσεων στη βιομηχανία, περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα μετρητικών μεθόδων, οι οποίες διακρίνονται από πιο επιστημονικό σχεδιασμό, εκτέλεση και εκτιμήσεις, απ' ότι στις κοινώς χρησιμοποιούμενες πρακτικές. Οι ευθύνες των περισσότερων Μηχανικών σε βιομηχανίες κατασκευών που αναπτύσσονται σήμερα, απαιτούν τη βαθιά κατανόηση του τομέα των μετρήσεων καθώς οι Μηχανικοί αντιπροσωπεύουν το συνδετικό κρίκο μεταξύ των σχεδίων των τεμαχίων στα οποία παρουσιάζονται οι διαστάσεις και οι ανοχές τους και του πραγματικού τελικού προϊόντος. Είναι αυτή η βασική σχέση ανάμεσα στις λεπτομέρειες που εξάγονται από τα σχέδια και στα τελικά προϊόντα που έρχονται από την παραγωγική διαδικασία, η οποία καθιστά τη Μετροτεχνία ένα απαραίτητο συστατικό στις σύγχρονες κατασκευές. Τα παραγόμενα τεμάχια μετρώνται και οι μετρήσεις αναλύονται στατιστικά για να προσδιορίσουν την ικανότητα της συγκεκριμένης κατασκευαστικής διάταξης. Για κάθε δοσμένη διάσταση, η ικανότητα γίνεται δεκτή, όταν το αποτέλεσμα της μέτρησης βρίσκεται στο $\pm 3\sigma$ γύρω από τη μέση τιμή. Στη συνέχεια συγκρίνεται με την ολική επιτρεπόμενη ανοχή που καθορίζεται από τα σχέδια και βρίσκεται από τη διαφορά της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής της διάστασης. Διαιρώντας τη (αφορά το μέγεθος 6σ)

με την παραπάνω ανοχή καθορίζεται ο δείκτης ικανότητας Cr. Ο μικρότερος επιτρεπόμενος δείκτης θεωρείται το 1,33.

Παράλληλα με την κατανόηση των μετρήσεων αναγκαία θεωρείται και η εύρεση του ειδικευμένου Μηχανικού ο οποίος επιβαρύνεται με την εξέλιξη, την καθοδήγηση και την αξιολόγηση των μεθόδων μέτρησης.

Συμπεράσματα παλαιότερων πρακτικών δείχνουν ότι ο όρος ειδικός στη Μετρολογία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό εκείνου που ασχολείται με τις μετρήσεις και την κατάρτιση των τυποποιημένων επιπέδων αναφοράς που χρησιμοποιούνται στο χώρο των μετρήσεων.

Αν και η εφαρμογή της επιστήμης των μετρήσεων στην εξέλιξη και βαθμονόμηση των τυποποιήσεων, θεωρείται καταλυτική για τη μοντέρνα τεχνολογία, απαιτείται, επίσης, και τεχνική κατάρτιση για την αξιόπιστη μεταφορά των τυποποιήσεων στα κατασκευασμένα προϊόντα. Η συνετή αυτή μεταφορά απαιτεί έναν ειδικό ο οποίος ονομάζεται ειδικός στη Μετροτεχνία.

Οι ιδιαιτερότητες των δύο ειδικών δεν διαχωρίζονται πλήρως. Στην πραγματικότητα, τα αντικείμενά τους αλληλοσυμπληρώνονται και είναι και οι δυο απαραίτητοι για να επιτευχθεί η αξιόπιστη ακρίβεια στα προϊόντα που κατασκευάζονται. Για να κατανοηθούν οι διαφορές των δύο αυτών κατηγοριών, παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας.

Ειδικός Μετρολογίας στις τυποποιήσεις	Ειδικός Μετρολογίας σε εφαρμογές
Ενδιαφέρεται για τον απόλυτο, το μέγιστο βαθμό εφικτής ακρίβειας	Ενδιαφέρεται για το βέλτιστο που δύναται να επιτευχθεί και τη συνετή ακρίβεια που απαιτείται σε συγκεκριμένη περίπτωση
Μετρά μια ευκρινώς καθορισμένη διάσταση μη δίνοντας σημασία σε άλλες διαστάσεις του τεμαχίου	Λαμβάνει υπόψη τη λειτουργικότητα του προϊόντος, η οποία είναι αποτέλεσμα των αλληλοσυσχετίσεων των διαστάσεων
Απαιτεί τεμάχια κατασκευασμένα να ενσωματώσουν μια συγκεκριμένη διάσταση. Η κατεργασία τους απαιτεί τελειότητα	Χειρίζεται τεμάχια, το επίπεδο κατεργασίας των οποίων, εξαρτάται από τη λειτουργική ανάγκη ενώ μεταχειρίζεται μεθόδους μέτρησης που συμφωνούν με την ανάγκη αυτή
Μετρά καλά καθορισμένες διαστάσεις, μόνο σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει καμία αμφιβολία για την τοποθέτηση πάνω στο τεμάχιο της μετρούμενης διάστασης	Οι καθορισμένες διαστάσεις είναι το μέσο μεταφοράς του ενδιαφέροντος του σχεδιαστή να λάβει υπόψη το λειτουργικής σημασίας σχήμα και μέγεθος του τεμαχίου
Απαιτεί βέλτιστες συνθήκες και το υψηλότερο επίπεδο επαγγελματικότητας	Ενδιαφέρεται για την πρακτικότητα. Πρέπει να προσαρμόσει τον εαυτό του και τις μεθόδους που χρησιμοποιεί στις συνθήκες και το προσωπικό που διαθέτει
Η συνετή τήρηση των διαδικαστικών οδηγιών αποτελεί ουσιαστική εγγύηση για την επαναληψιμότητα στο τελευταίο σημαντικό ψηφίο. Ασυμβίβαστη προσκόλληση σε τυποποιημένες μεθόδους χαρακτηρίζει τις μετρήσεις διαστάσεων των τεμαχίων αναφοράς.	Οι μέθοδοι μέτρησης πρέπει να εξελίσσονται για να αντιμετωπίσουν ιδιαιτερότητες του αντικείμενου ή τοποθεσίες κρίσιμων διαστάσεων, συνυπολογίζοντας τις λειτουργικής σημασίας αλληλοσυσχετίσεις. Βασικά χαρακτηριστικά του ειδικού θεωρούνται η ευφυΐα και η ικανότητα λήψης αποφάσεων.

Στόχος: συνεχής προσπάθεια για καλύτερη προσέγγιση της τελειότητας.

Στόχος: διασφάλιση αξιόπιστων πληροφοριών στο επιθυμητό επίπεδο ακριβείας λαμβάνοντας υπόψη τον οικονομικό παράγοντα

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την προηγούμενη σύντομη αναφορά στις διάφορες και σχετικές με τη μέτρηση των διαστάσεων απόψεις, προκύπτει καταφανώς, ότι, στο επίπεδο που η Μετροτεχνία εφαρμόζεται, καλύπτει μεγαλύτερη έκταση δραστηριοτήτων από τη σωστή χρήση των μετρητικών οργάνων και τις ορθές αναφορές που προκύπτουν από τις ενδείξεις αυτών. Οι σωστά σχεδιασμένες και εκτελεσμένες μετρήσεις μπορούν να θεωρηθούν και ως μεθοδολογίες για τη βαθύτερη κατανόηση σημαντικών παραγόντων όπως οι ακόλουθοι:

- α) Ο σκοπός των μετρήσεων, συμπεριλαμβανομένων και του επιθυμητού επιπέδου ακριβείας και αξιοπιστίας.
- β) Ο λειτουργικός σκοπός που οι διαστάσεις και ανοχές που εμφανίζονται στο μηχανολογικό σχέδιο του τεμαχίου σκοπεύουν να διασφαλίσουν.
- γ) Οι λειτουργικές απαιτήσεις της μεθόδου μέτρησης που χρησιμοποιείται, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα, το χειρισμό, τη διατηρησιμότητα, τις ενδείξεις, τη μετάδοση σημάτων, τις αναφορές, την επεξεργασία των πληροφοριών και την ενεργοποίηση του ελέγχου
- δ) Η τεχνολογία της μεθόδου που χρησιμοποιείται και η σωστή χρήση των οργάνων και του εξοπλισμού
- ε) Οι ικανότητες της μεθόδου και των οργάνων για την επίτευξη της πιστοποίησης και ακρίβειας της απαιτούμενης τυποποίησης.

Για ευκολία αναζήτησης πληροφοριών από τον αναγνώστη, τα κεφάλαια κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τα μετρητικά όργανα. Παρόλα αυτά, ο στόχος μιας πειστικής παρουσίασης δεν θα πρέπει να αποτρέπει τον αναγνώστη από το να αποδίδει τη δέουσα σημασία που απαιτείται για τον καθορισμό της απαραίτητης μεθόδου και των απαιτήσεών της. Η επιλογή οργάνων και εξαρτημάτων αποτελεί τη δεύτερη φάση της μηχανικής των μετρήσεων. Οι πίνακες αξιολόγησης των κατηγοριών οργάνων θα πρέπει να αποδειχθούν χρήσιμοι στη σύγκριση διαφορετικών τύπων οργάνων, ώστε να ταιριάζουν καλύτερα με τις απαιτήσεις της μεθόδου.

Το συγκεκριμένο βιβλίο, καταβάλει προσπάθεια να βοηθήσει στην εξέλιξη μιας μηχανικής προσέγγισης του σχεδιασμού, της επινόησης και της εκτέλεσης των μετρήσεων διαστάσεων. Πιστεύεται ότι υπάρχει αυξημένη ανάγκη για πρακτικές, που θα συμπορεύονται με την ταχύτατη βιομηχανική και επιστημονική πρόοδο που παρατηρείται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΑ ΥΠΟ ΚΛΙΜΑΚΑ

2.1 ΟΥΣΙΑΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Τα βαθμονομημένα σε κλίμακα γεωμετρικά τεμάχια, των οποίων τα διαστήματα βαθμονόμησης αντιπροσωπεύουν γνωστές διαστάσεις, αποτελούν τη βάση των απ' ευθείας μετρήσεων συγκεκριμένων διαστάσεων. Φαίνεται, ότι τα όργανα που αποτελούνται από τέτοια τεμάχια, μπορούν να θεωρηθούν ως το μόνο μηχανικό μέσο ικανό να εξάγει απ' ευθείας μετρήσεις χωρίς τη βοήθεια συμπληρωματικού εξοπλισμού ή διαδικασιών.

Η βασική ικανότητα τέτοιων οργάνων είναι η μέτρηση οποιασδήποτε διάστασης εντός του εύρους των δυνατοτήτων τους. Αυτή η διακριτική τους ικανότητα δεν εξαρτάται από την ευαισθησία που διαθέτουν ή από την ακρίβεια των μετρήσεών τους.

Η ευαισθησία που επιτυγχάνουν τα μετρητικά όργανα εξαρτάται πρωτίστως, από το σχεδιασμό τους. Όσο μικρότερη είναι η παρρέκλιση των βαθμονομήσεων των στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του οργάνου και των αποτελεσμάτων που εμφανίζονται στις συμπληρωματικές συσκευές των οργάνων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία που επιτυγχάνουμε.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων των οργάνων είναι η ακρίβεια της διαδικασίας βαθμονόμησης, το επίπεδο ακριβείας της κλίμακας βαθμονόμησης, ο σχεδιασμός του οργάνου και ο βαθμός κατεργασίας που υπέστη κατά την κατασκευή του.


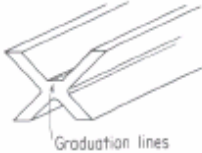
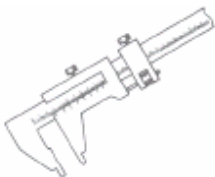

Οι συνθήκες που σχετίζονται με την ευαισθησία του οργάνου και την ακρίβεια των μετρήσεων θα αναλυθούν για τις περισσότερες κατηγορίες βαθμονομημένων σε κλίμακα μετρητικών οργάνων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

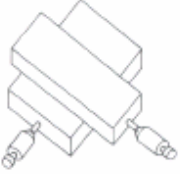


Συστατικά βαθμονομημένα σε κλίμακα, χρησιμοποιούνται σε πολλούς και διαφορετικούς τύπους οργάνων. Διαφορές παρατηρούνται σε τομείς, όπως η χρήση για την οποία προορίζονται, η σχεδιαζόμενη ευαισθησία, η ακρίβεια της εκτέλεσης, το επίπεδο εμπειρίας κλπ. Το συστατικό αυτό, μπορεί να αποτελεί όργανο μέτρησης από μόνο του, όπως για παράδειγμα ένας κανόνας. Σε πολλούς σημαντικούς τύπους οργάνων, όπως τα παχύμετρα και τα μικρόμετρα, το συστατικό αυτό συνοδεύεται και από άλλα ενώ είναι εξοπλισμένο με συσκευές για την εκτίμηση των διαστημάτων βαθμονόμησης. Οι κλίμακες, αντιπροσωπεύουν γραμμικές διαστάσεις, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε διαστήματα υπό γωνία. Τέλος, τυποποιημένα τέτοια συστατικά, χρησιμοποιούνται σε πολλούς τύπους οπτικών μετρητικών οργάνων. Σε αυτές τις εφαρμογές, το οπτικό τμήμα και η σχεδιαζόμενη ειδική χρήση των οργάνων, θεωρούνται τα κύρια χαρακτηριστικά.

Τα μετρητικά όργανα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τα συστήματα στα οποία η βασική αρχή, των τυποποιημένων και ακολουθούμενων βαθμονόμησης υπό κλίμακα συστατικών, χρησιμοποιείται για την επίτευξη γραμμικών ή γωνιακών μετρήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΩΝ ΥΠΟ ΚΛΙΜΑΚΑ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΥΠΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΕΥΑΙΔΙΣΘΗΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
<p><u>Βαθμονομημένοι κανόνες και ταινίες</u></p> <p>Άμεση σύγκριση μήκους</p>		<p>Χαλύβδινοι κανόνες και ταινίες διατίθενται σε ποικίλες διαφορετικές κατηγορίες για να ταιριάζουν με τις διαφορετικές απαιτήσεις για τα μετρητικά εργαλεία. Οι βαθμονομημένοι κανόνες από μη μεταλλικά υλικά χρησιμοποιούνται σε δευτερεύουσες εφαρμογές. Βοηθητικές συσκευές εκτείνουν το πεδίο εφαρμογών.</p>	<p>Συνήθως, κλασματική 1/32_ο ή 1/64_ο της ίντσας. Κατασκευάζονται, επίσης, και με δεκαδικές βαθμονομήσεις με μικρότερη διαβάθμιση 1/50_ο της ίντσας.</p>
<p><u>Βαθμονομημένες ράβδοι</u></p> <p>Άμεση σύγκριση με τη βοήθεια βοηθητικών συσκευών ευθυγράμμισης</p>		<p>Το βασικό χαρακτηριστικό είναι η συντηρούμενη ακρίβεια των βαθμονομήσεων και όχι η ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση. Τα διαστήματα μπορούν να υποδιαιρεθούν από δευτερεύοντα συνεργαζόμενο εξοπλισμό.</p>	<p>Η υψηλή ανάλυση δεν είναι ο σκοπός γιατί θεωρείται πρότυπο αναφοράς. Η ακρίβεια της φαίνεται στον Πίν. 2-2.</p>
<p><u>Παχύμετρα</u></p> <p>Θετική επαφή που μεταφέρεται σε βαθμονομημένη κλίμακα</p>		<p>Τα ράμφη καθορίζουν το μετρούμενο μήκος με θετική επαφή. Ένα από αυτά είναι ακέραιο με τη βαθμονομημένη ράβδο, ενώ το άλλο φέρει σημάδια που δείχνουν την αντίστοιχη θέση της κλίμακας. Ο βερνιέρος βελτιώνει τη μετρητική ακρίβεια.</p>	<p>Με βερνιέρο 0,001 ίντσες.</p>
<p><u>Μικρόμετρα</u></p> <p>Κλίμακα άμεσης ανάγνωσης με μεταδιδόμενη κίνηση για την υποδιαίρεση των ενδιάμεσων αποστάσεων</p>		<p>Η περιστροφή του κοχλιωτού άξονα προκαλεί ελεγχόμενη μετατόπιση του επαφέα σε σχέση με τη σταθερή επιφάνεια αναφοράς. Η αξονική μετατόπιση φαίνεται σε κλίμακα με διαστήματα ίσα με το βήμα του κοχλία, ενώ η κλασματική μετατόπιση, που προκαλείται από την τμηματική περιστροφή του άξονα, εμφανίζεται σε περιφερειακή κλίμακα, η οποία διαβάζεται, συνήθως, από βερνιέρο.</p>	<p>Με επίπεδα σημάδια αναφοράς 0,001 ίντσες.</p> <p>Με βαθμονόμηση βερνιέρου 0,0001 ίντσες.</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1. (Συνέχεια)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΥΠΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΕΥΑΙΑΣΘΗΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
<p><u>Εφαρμογές μικρομετρικού κοχλία</u></p> <p>Ελεγχόμενη μετατόπιση</p>		<p>Οι αρχές του μικρομέτρου εφαρμόζονται σε εργαλειομηχανές και όργανα για την παραγωγή ελεγχόμενης μετατόπισης, σε μία ή και δύο κατευθύνσεις, αμοιβαία κάθετες. Συχνά, οι μικρομετρικές κεφαλές ενεργούν σε ολισθητήρες υπό την επίδραση ελατηρίου. Τότε έχουν τη διπλή λειτουργία της μετατόπισης του μέλους και της ένδειξης της μετατόπισής του.</p>	<p>Με κλίμακα βερνιέρου ή απ' ευθείας ενδείξεις με μεγάλο κυκλικό κανόνα, 0,001 ίντσες ή 0,0001 ίντσες.</p>
<p><u>Πρότυπες βαθμονομημένες κλίμακες</u></p> <p>Καλής ποιότητας γραμμές αναφοράς βαθμονομήσεων που μεγεθύνονται οπτικά για παρατήρηση και ευθυγράμμιση.</p>		<p>Η λειτουργία των οπτικών οργάνων απόλυτων μετρήσεων βασίζεται στην ακρίβεια των βαθμονομημένων γραμμών της κλίμακας. Η αυξημένη ανάλυση της βαθμονόμησης της κλίμακας με στόχο την καλή υποδιαίρεση των διαβαθμίσεων επιτυγχάνεται μέσω οπτικής ενίσχυσης της κύριας κλίμακας και της προβολής της σε οθόνη εφοδιασμένη με συσκευή υποδιαίρεσης.</p>	<p>0,000025 ίντσες</p>
<p><u>Δίκτυα διάθλασης</u></p> <p>Βαθμονομημένες γραμμές γνωστού διαστήματος χωρίς αντίστοιχες αριθμητικές τιμές</p>		<p>Τα δίκτυα διάθλασης είναι πυκνά τοποθετημένες, παράλληλες γραμμές, χαραγμένες σε επίπεδες γυάλινες οπτικές επιφάνειες. Ένα τέτοιο δίκτυο με ελαφρά κεκλιμένες γραμμές, παράγει κύματα παρεμβολής, με θέση που εξαρτάται από τη θέση των δικτύων. Η λειτουργία συγκεκριμένων μετρητικών μηχανών βασίζεται στην οπτική παρατήρηση των μεταβολών των κυμάτων.</p>	<p>0,00025 ίντσες (με φωτοηλεκτρικό αισθητήρα και ηλεκτρονικό μετρητή)</p>

Ο παραπάνω πίνακας, παρουσιάζει μια επισκόπηση των κυριότερων τύπων οργάνων, των οποίων η λειτουργία βασίζεται στη χρήση συστατικών που βρίσκονται υπό βαθμονομημένη κλίμακα.

2.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΕΣ ΡΑΒΔΟΙ, ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΙ ΤΑΙΝΙΕΣ

Οι μετρήσεις μήκους πραγματοποιούνται με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται με μία γνωστή μονάδα μήκους. Όργανα μέτρησης με βαθμονομημένες υποδιαιρέσεις της μονάδας μήκους, χρησιμοποιούνται για τους σκοπούς αυτών των συγκρίσεων. Ξεκινώντας από το καθορισμένο μηδενικό σημείο, το οποίο ευθυγραμμίζεται με τη μία άκρη της μετρούμενης διάστασης, παρατηρούμε ποιο σημείο της κλίμακας αντιστοιχεί στην άλλη άκρη της διάστασης που μετράται. Με τη βοήθεια αριθμών και γραμμών πάνω στην κλίμακα, αποδίδεται σε κάθε σημείο της μια αριθμητική τιμή.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ

Η απλότητα της μεθόδου μέτρησης δεν μπορεί να κρύψει τους διάφορους περιορισμούς που ενυπάρχουν στις μετρήσεις μήκους με απ' ευθείας σύγκριση. Θα πρέπει να αναμένονται ανακρίβειες στις μετρήσεις μηκών από τέτοια όργανα όταν δε συνοδεύονται από άλλο βοηθητικό εξοπλισμό. Οι ανακρίβειες αυτές οφείλονται σε πολλούς παράγοντες:

- Περιορισμοί του οργάνου
Γεωμετρικές ελλείψεις προερχόμενες από λάθη ομαλότητας και παραλληλισμού ή από παρεκκλίσεις
- Ανακρίβειες της κλίμακας βαθμονόμησης
Υπερβολικά παχιές ή ισχνά ορισμένες γραμμές πάνω στην κλίμακα του οργάνου
Ευαισθησία που περιορίζεται από την ελάχιστη ένδειξη της κλίμακας του οργάνου
- Λάθη παρατήρησης
Λανθασμένη ευθυγράμμιση, οφειλόμενη σε ακατάλληλη σύμπτωση των ορίων της μετρούμενης απόστασης με την κλίμακα που χρησιμοποιείται.
Λάθη παραλληλισμού κατά την παρατήρηση της κλίμακας και του αντικειμένου από ακατάλληλη οπτική γωνία.

ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΩΝ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΩΝ

Ενώ τα λάθη παρατήρησης μπορούν να μειωθούν, με τη χρήση βοηθητικών συσκευών που βελτιώνουν την ευθυγράμμιση των παρατηρήσεων και διατηρούν τη λειτουργία της μέτρησης υπό έλεγχο, τα λάθη του οργάνου αποτελούν αδυναμίες της μεθόδου και ενυπάρχουν σε αυτή. Για το λόγο αυτό, τα βαθμονομημένα συστατικά των οργάνων πρέπει να έχουν ακρίβεια που να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης μεθόδου. Αν και οι απαιτήσεις ακριβείας αυτού του τύπου των οργάνων δεν έχουν ακόμα καταρτισθεί από τα αμερικανικά πρότυπα, οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2-2, καταδεικνύουν τις ακρίβειες των οργάνων σε διαφορετικά επίπεδα. Τέτοια ή παρόμοια επίπεδα μπορούν να θεωρηθούν ως βαθμίδες ή

τάξεις και η ευκρινής δήλωσή τους στο όργανο, μπορεί να αποτελέσει οδηγία στην εκτίμηση της εφικτής ακρίβειας της μέτρησης που πραγματοποιείται με το συγκεκριμένο όργανο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΡΑΒΔΟΥΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ

(οι τιμές είναι ενδεικτικές, η πραγματική ακρίβεια και μάλιστα για τις ράβδους αναφοράς μπορεί να διαφέρει από αυτές που παρουσιάζονται)

ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΜΗΚΟΣ ΙΝΤΣΕΣ	ΜΕΓΙΣΤΟ ΑΝΕΚΤΟ ΣΦΑΛΜΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ (ΙΝΤΣΕΣ)			
	ΡΑΒΔΟΙ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΡΑΒΔΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ	ΚΑΝΟΝΕΣ ΒΑΘΜΙΔΑΣ I	ΚΑΝΟΝΕΣ ΒΑΘΜΙΔΑΣ II
4	0,00022	0,00044	0,00088	0,0022
8	0,00024	0,00048	0,00096	0,0024
20	0,00030	0,00060	0,00120	0,0030
40	0,00040	0,00080	0,00160	0,0040
ΓΕΝΙΚΗ ΦΟΡΜΟΥΛΑ : L = ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ	0,0002+L/200000	0,0004+L/100000	0,0008+L/50000	0,002+L/20000

ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΡΑΒΔΟΙ ΜΕ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Αν και όταν κανείς συζητά για μετρητικά όργανα που φέρουν βαθμονομημένη κλίμακα, έχει στο μυαλό του τους κανόνες. Υφίστανται, όμως, και βαθμονομημένες ράβδοι, των οποίων το επίπεδο ακριβείας είναι αρκετά υψηλό. Στην πραγματικότητα για πολλές δεκαετίες, τη βάση για όλες τις ακριβείς μετρήσεις μήκους αποτελούσε η διεθνής ράβδος του ενός μέτρου, μια ράβδος που όμως δεν έφερε ενδιάμεση βαθμονόμηση με γραμμές και αριθμούς.

Τα εργαστήρια Μετρολογίας που εξυπηρετούν επιστημονικούς ή και βιομηχανικούς οργανισμούς, δίνουν στις ράβδους αναφοράς δυναμικές εφαρμογές. Ένας σημαντικός σκοπός που αυτές οι τυποποιημένες αναφορές εξυπηρετούν είναι η ρύθμιση των οργάνων που αποτελούνται από συστατικά με βαθμονομημένες κλίμακες. Σε τέτοιες διαδικασίες ρυθμίσεως, η απ' ευθείας σύγκριση μηκών με τη βοήθεια μόνο της οπτικής παρατήρησης δεν είναι συμβατή με την ακρίβεια που απαιτείται. Οι βοηθητικές συσκευές που χρησιμοποιούν τις υψηλής ακρίβειας ενδείξεις των τυποποιημένων ράβδων με τη βοήθεια ενός μικροσκοπίου, παρέχουν ακριβή ευθυγράμμιση και ευαισθησία της παρακολούθησης των βαθμονομήσεων.

Στις ράβδους που εξυπηρετούν υψηλά επίπεδα ακριβείας, οι αποκλίσεις μπορεί να είναι μια πηγή βασικών σφαλμάτων, εκτός αν συγκρατούνται από κατάλληλο σχεδιασμό. Οι τυποποιημένες ράβδοι κατασκευάζονται σε μορφή εγκάρσιας διατομής H, U ή X και οι βαθμονομημένες γραμμές τους εφαρμόζονται σε εκείνο το τμήμα της επιφάνειας που βρίσκεται το ουδέτερο επίπεδο της εγκάρσιας διατομής.

Οι βαθμονομήσεις δεν πρέπει να εκτείνονται ως τα άκρα των ράβδων, η επιφάνειά τους πρέπει να είναι επίπεδη σε βαθμό δεκάτου του χιλιοστού της ίντσας και οι

γράμμες βαθμονόμησης πρέπει να είναι, με ακρίβεια, παράλληλες μεταξύ τους. Ειδικές προφυλάξεις πρέπει να ληφθούν για την αποφυγή της επίδρασης από κάμψη.

ΡΑΒΔΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΜΕ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Ο βασικός σκοπός της χρήσης αυτών των ράβδων είναι η επιθεώρηση της ακρίβειας των κοίτως χρησιμοποιούμενων κανόνων (χάρακες), όπως αυτά που διαθέτουν οι κατασκευαστές εργαλείων και οι μηχανικοί. Κατασκευάζονται σε τετραγωνικής εγκάρσιας διατομής μορφή και το μήκος της πλευράς ποικίλει. Το πραγματικό μήκος τους πρέπει να εκτείνεται και στα δύο άκρα μεταξύ των βαθμονομημένων γραμμών που φέρουν. Οι γραμμές είναι χαραγμένες, ώστε να εφάπτονται στο άκρο της ράβδου σε μία από τις διαμήκης πλευρές. Οι αριθμοί πάνω στη ράβδο χαραζονται στο πιο απομακρυσμένο σημείο των γραμμών. Αυτή η διάταξη διευκολύνει τη σύγκριση, φέρνοντας τα άκρα της ράβδου και του κανόνα κοντά το ένα με το άλλο. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων η ράβδος και ο κανόνας πρέπει να βρίσκονται πάνω σε μια επιφάνεια εξαιρετικά επίπεδη και ομαλή για την αποφυγή αποκλίσεων.

ΚΑΝΟΝΕΣ (ΧΑΡΑΚΕΣ) ΜΕ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Αυτά τα εργαλεία εξυπηρετούν αναφορές μεταφοράς διαστάσεων μήκους (π.χ. ενός διαβήτη) ή απ' ευθείας μετρήσεις με την άκρη του κανόνα να έρχεται σε επαφή με το αντικείμενο που μετράται. Το σχήμα της εγκάρσιας διατομής τους είναι ορθογωνικό με σχέση πάχους και πλάτους στο 1:5. Ανάλογα με το βασικό σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιούνται, κατασκευάζονται σε δύο διαφορετικές βαθμίδες ακριβείας, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2-2.

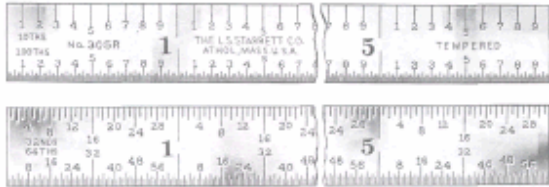
Σημείωση: Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται συγκρινόμενοι με αυτούς που ορίζονται ως τάξης II, βρίσκονται ποιοτικά σε πολύ χαμηλότερο επίπεδο. Υπάρχουν και χρησιμοποιούνται πολύ χαμηλότερης ακριβείας κανόνες με τυπωμένες ή χαραγμένες βαθμονομήσεις, και είναι κατασκευασμένοι από μεταλλικά ή μη υλικά. Αυτοί οι τύποι κανόνων, πάντως, δεν προορίζονται για μετρήσεις ακριβείας και δεν θα συζητηθούν στο παρόν βιβλίο.

Οι βαθμονομήσεις εφαρμόζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε οι κανόνες να είναι κατάλληλοι για την εργασία που εξυπηρετούν. Για τους σκοπούς των διαστάσεων αναφοράς στους κανόνες της τάξης I, η βαθμονόμηση ξεκινά εσωτερικά του άκρου του σώματος του κανόνα. Για τους σκοπούς των απ' ευθείας μετρήσεων, οι κανόνες της τάξης II, έχουν το σημείο 0 της βαθμονομήσής τους να συμπίπτει με το άκρο του σώματος του κανόνα. Η διαφορετική αυτή διάταξη βοηθά στον εμφανή διαχωρισμό των κανόνων στις δύο τάξεις.

Η χάραξη των βαθμονομήσεων σε ελεγχόμενης ακρίβειας χαλύβδινους κανόνες πραγματοποιείται σε ειδικές μηχανές, ωστέ να ταιριάζει, έντος των θεσπισμένων ανοχών, με εκείνη των ράβδων των κατασκευαστών. Οι ράβδοι αυτοί θα πρέπει να είναι έγκυροι με τις τυποποιήσεις του National Bureau of Standards.

Οι περισσότεροι τύποι κανόνων, φέρουν βαθμονομήσεις και στις δύο πλευρές του κανόνα ή και επιπλέον στις δύο όψεις του, προσφέροντας έτσι διαφορετικής κλίμακας βαθμονομήσεις, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2-1. Συχνά χρησιμοποιούμενη

βαθμονόμηση σε κλασματική κλίμακα είναι σε 32^α ή 64^α της ίντσας, ενώ σε δεκαδική σε 10^α και 50^α, κάποιες φορές και σε 1000^α της ίντσας.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-1: Χαλύβδινος κανόνας με βαθμονομήσεις και στις τέσσερις πλευρές (μπρος και πίσω). Δεκαδικές βαθμονομήσεις σε 10^α και 1000^α. Κλασματικές σε 32^α και 64^α.

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ

Όταν χρησιμοποιούμε τον κανόνα για μετρήσεις μήκους, η κατάλληλη τοποθέτηση του σε σχέση με το μετρούμενο τεμάχιο, έχει μεγάλη επίδραση στην τελική αξιοπιστία της μέτρησης. Υπάρχουν πολλά εξαρτήματα στη διαθεσή εκείνου που πραγματοποιεί τις μετρήσεις, που μπορεί να βοηθήσουν στη βελτίωση της ακρίβειας της σωστής τοποθέτησης του κανόνα.

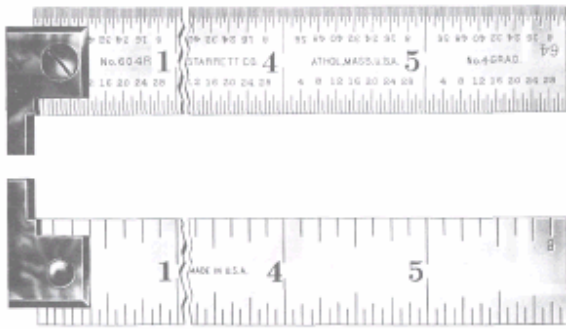
Αγκίστρα, είτε συγκεκριμένου μήκους είτε ρυθμιζόμενης προέκτασης (Σχ. 2-2), δίνουν στο άκρο του κανόνα ανάστροφη προέκταση, εξασφαλίζοντας σωστή ευθυγράμμιση του σημείου 0 της κλίμακας με το όριο της επιφάνειας του αντικειμένου. Επίσης, βοηθούν στη διατήρηση του κανόνα στη σωστή προς το άκρο της επιφάνειας θέση.

Σφιγκτήρας με κορμό, για τη συγκράτηση μικρών τμημάτων κανόνων (Σχ. 2-3). Επιτρέπουν τις μετρήσεις σε περιορισμένους, από τα τοιχώματα του τεμαχίου, χώρους, όπου οι κανονικοί χάρακες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Παράλληλοι σφιγκτήρες (Σχ. 2-4). Επιτρέπουν τη χρήση του κανόνα σε εφαρμογές χάραξης, σε κυλινδρικές επιφάνειες, γραμμών παράλληλων με τον άξονα του αντικειμένου και σε μήκος μετρούμενο από τον βαθμονομημένο κανόνα.

Στηρίγματα ποδιών. Επιτρέπουν στους κανόνες να βρίσκονται σε κατακόρυφη θέση με την αρχή της κλίμακάς τους στο επίπεδο στήριξης της έδρασης.

Τετραγωνικές κεφαλές και διατάξεις εντοπισμού κέντρου (Σχ. 2-5). Χρησιμοποιούνται σε εργασίες σχεδιασμού, όταν ο κανόνας χρησιμοποιείται για τη χάραξη γραμμών ή μετρούμενων διαστάσεων κάθετων προς τις πλευρές του αντικειμένου ή διαμέσω του κέντρου μιας κυκλικής επιφάνειας.



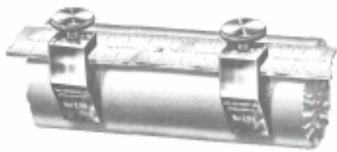
The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-2: Ανατρεπόμενα και αφαιρούμενα άγκιστρα τοποθετημένα σε χαλύβδινους κανόνες, για ευθυγράμμιση του αρχικού σημείου του κανόνα με την πλευρά του αντικειμένου.



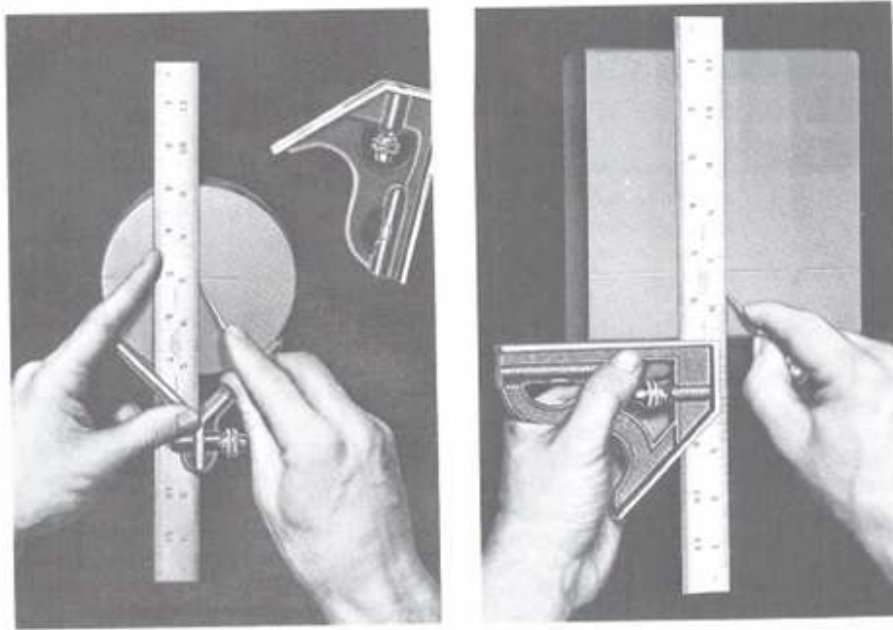
The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-3: Σφιγκτήρας με κορμό για τη συγκράτηση κοντών κανόνων σε σωστή θέση.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-4: Παράλληλοι σφιγκτήρες για την ευθυγράμμιση Κανόνων με τον άξονα κυλινδρικών αντικειμένων.



Σχ. 2-5: (Αριστερά) Διατάξεις εντοπισμού κέντρου σε χαλύβδινους κανόνες. Επιτρέπουν τη χάραξη των καθέτων που διέρχονται από το κέντρο κυκλικών επιφανειών. (Δεξιά) Τετραγωνικές κεφαλές ευθυγράμμισης κανόνων, παράλληλες προς την πλευρά του αντικειμένου.

ΧΑΛΥΒΔΙΝΕΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΤΑΙΝΙΕΣ

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος μέτρησης μηκών τα οποία εκτείνονται σε πολλές γιάρδες ή πόδια, είναι με τη βοήθεια των μετρητικών ταινιών. Οι βιομηχανικών προδιαγραφών χαλύβδινες ταινίες, αντίθετα με εκείνες του εμπορίου, κατασκευάζονται από χαλύβδινα ειδικού τύπου φύλλα, που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία και επαναφορά για τη διασφάλιση της ελαστικότητας και σταθερότητας που απαιτείται στα μετρητικά εργαλεία.

Μορφές, μεγέθη και βαθμονόμηση. Για χάρη άνεσης χειρισμού καθώς επίσης και για προστασία των ταινιών, περικλείονται σε θήκες, ως ακέραιο σώμα. Αυτές οι θήκες διαθέτουν μηχανισμό για να τυλίγεται και να ξετυλίγεται η ταινία, ενώ η επαναφορά της πραγματοποιείται με περιστροφή του άξονα τύλιξης. Οι μικρού μεγέθους ταινίες διαθέτουν συνήθως μηχανισμό με ελατήρια για την επαναφορά της ταινίας.

Οι βιομηχανικές μετρητικές ταινίες κατασκευάζονται συνήθως με μήκος 25, 50, 75 και 100 ποδιών. Οι μικρού μεγέθους φτάνουν σε μήκος, συνήθως, τα 6 ή 8 πόδια αν και τα μεγέθη τους ποικίλλουν. Η βαθμονόμηση πραγματοποιείται στο 1/8 της ίντσας στις περισσότερες βιομηχανικές και στο 1/16 της ίντσας, στις μικρές. Οι ίντσες αριθμούνται συνεχώς αλλά ξεκινούν σε κάθε απόσταση ποδός (η συνεχής αρίθμηση σε ίντσες χρησιμοποιείται για τις μικρού μεγέθους ταινίες). Ο αριθμός του ποδιού προηγείται εκείνου της ίντσας και εμφανίζεται ευδιάκριτα (Σχ.2-6). Η βαθμονόμηση και οι αριθμοί πάνω στην ταινία μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με χάραξη είτε με τύπωση, ανάλογα με τη χρήση της ταινίας εξασφαλίζοντας, όμως, αναγνωσιμότητα στο χρήστη και διάρκεια ζωής των ενδείξεων.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-6: Τμήματα χαλύβδινης ταινίας που παρουσιάζουν το σύστημα βαθμονόμησης.

Ακρίβεια των μετρητικών ταινιών. Το National Bureau of Standards διαθέτει εξαιρετικά μέσα και διαδικασίες για να εκτιμήσει και να πιστοποιήσει τις πρότυπες ταινίες, οι οποίες με τη σειρά τους θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τυποποιήσεις για τους κατασκευαστές μετρητικών ταινιών. Εξαιτίας των σχετικά μεγάλων μεγεθών που εμπλέκονται η ακρίβεια των ταινιών είναι ευαίσθητη (εξαιτίας των φαινομένων συστολής και διαστολής) στις αποκλίσεις της θερμοκρασίας από την πρότυπη των 20° C.

Οι ταινίες όταν δε στηρίζονται κατά μήκος του χρησιμοποιούμενου τμήματός τους, κάμπτονται και το γεγονός αυτό επιδρά άμεσα στην ορθότητα της μέτρησης. Για το λόγο αυτό το χρησιμοποιούμενο τμήμα θα πρέπει να στηρίζεται σε μια αρκετά επίπεδη επιφάνεια. Επίπλέον, μια μέτρια δύναμη θα πρέπει να εξασφαλίζει την έκταση της ταινίας. Η τυποποιημένη τάση για ταινίες ως και 100 πόδια μήκος σε οριζόντιο επίπεδο είναι 10 pounds. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, οι ταινίες ελεγχμένης ποιότητας αναμένονται σε επίπεδα ακριβείας μετρήσεων της τάξης 1/10.000 της ονομαστικής τους τιμής.

2.3 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΑ ΥΠΟ ΚΛΙΜΑΚΑ ΠΑΧΥΜΕΤΡΑ

ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Κατά τη χρήση των κανόνων για μέτρηση διαστάσεων μήκους σε φυσικά αντικείμενα, μοναδική και κύρια πηγή σφαλμάτων είναι η μη ευθυγράμμιση των βαθμονομημένων ενδείξεων του κανόνα με τα μετρούμενα όρια. Η επιρροή αυτών των σφαλμάτων, μειώνεται με τη βοήθεια των θετικής επαφής μελών του παχυμέτρου, τα οποία ονομάζονται ράμφη. Το παχύμετρο, αποτελείται από τα ακόλυθα συστατικά:

- α) Τη δοκό, που είναι στην πραγματικότητα ένας βαθμονομημένος με γραμμές κανόνας, κατάλληλης εγκάρσιας διατομής
- β) Το σταθερό ράμφος ή βάση ή κάθετο άξονα, συνήθως αέριο με το βαθμονομημένο άξονα το οποίο αποτελεί το αρχικό σημείο της μέτρησης
- γ) Το ολισθαίνων ράμφος ή επαφάς, το οποίο κινείται κατά μήκος του βαθμονομημένου άξονα με έναν καλά προσαρμοσμένο ολισθητήρα. Αυτός φέρει σημάδια αναφοράς, τα οποία έχουν σκοπό την ευθυγράμμιση με τις βαθμονομήσεις του άξονα. Η σύμπτωση τους με συγκεκριμένες γραμμές του βαθμονομημένου κανόνα προσδιορίζει τη θέση του ολισθαίνοντος ράμφους με το σταθερό.

Επιπλέον συστατικά των διαφόρων τύπων παχυμέτρων που προσθέτουν τις ικανότητές τους κατά την εφαρμογή τους και αυξάνουν την ακρίβεια των μετρήσεων θα συζητηθούν παρακάτω.

Η χρήση των παχυμέτρων αποτελεί σημαντική εξέλιξη στη μέτρηση διαστάσεων μήκους και παρέχουν σαφώς ακριβέστερα αποτελέσματα σε σχέση με τους κανόνες. Η εξέλιξη αυτή ερμηνεύται από τις παρακάτω συνθήκες:

1) Το αρχικό σημείο της μέτρησης συμπίπτει με ακρίβεια με ένα από τα όρια της μετρούμενης διάστασης

2) Ο ολισθαίνων επαφάς επιτυγχάνει θετική επαφή με το άλλο άκρο της μετρούμενης διάστασης του αντικειμένου (φυσικό όριο), γεγονός μεγάλης σημασίας για τις μετρήσεις στη βιομηχανία

3) Η επισταμένη παρατήρηση, ώστε οι ενδείξεις του ολισθητήρα να ευθυγραμμίζονται με μία συγκεκριμένη τιμή της κλίμακας του άξονα, μειώνει ουσιαστικά την έκταση των σφαλμάτων ευθυγράμμισης

Παρόλο που αυτή η εξέλιξη στην ακρίβεια των μετρήσεων επεκτείνει το πεδίο των δυναμικών εφαρμογών για τις βαθμονομημένες κλίμακες, το βασικό πλεονέκτημα της απ'ευθείας ανάγνωσης των διαστάσεων μήκους περιορίζεται από τις δυνατότητες του οργάνου. Τέτοια πλεονεκτήματα είναι που κάνουν τα παχύμετρα χρήσιμα όργανα ταχύτατων μετρήσεων είτε για τον τελικό προσδιορισμό μηκών είτε για την επίτευξη κοντινών προσεγγίσεων.

ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΚΑΙ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΠΑΧΥΜΕΤΡΟΥ ΜΕ ΒΕΡΝΙΕΡΟ

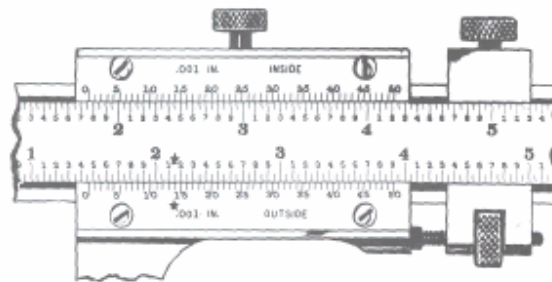
Η ευαισθησία στις μετρήσεις αυτού του τύπου παχυμέτρων μπορεί να αξιολογηθεί στη βάση της ικανότητας τους να συνδέσουν τη μετρούμενη θέση των δύο ραμφών με τη βαθμονομημένη κλίμακα που ανταποκρίνεται στο πραγματικό μέγεθος της μετρούμενης διάστασης. Η θέση των βαθμονομημένων σημείων αναφοράς του βερνιέρου πάνω σε λοξοτομημένο τμήμα του, καταλήγει στο ίδιο επίπεδο με τις βαθμονομήσεις της δοκού, μειώνοντας έτσι τα σφάλματα παραλληλισμού.

Με λίγες εξαιρέσεις, όλα τα παχύμετρα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, έχουν τις βαθμονομήσεις του βερνιέρου, ως σημεία αναφοράς για το κινούμενο σώμα τους. Η βασική βαθμονόμηση του άξονα του παχυμέτρου γίνεται σε 20^α ή 40^α της ίντσας (0,05 και 0,025 ίντσες) (Σχ.2-7), και ο βερνιέρος φέρει 50 ή 25 βαθμονομημένες γραμμές οι οποίες υποδιαιρούν καθεμία από τις βαθμονομημένες γραμμές του σταθερού άξονα, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται στο αποτέλεσμα ανάλυση χιλιοστού της ίντσας.

Η πραγματική δυνατότητα της ανάλυσης του παχυμέτρου αυτού, εξαρτάται από το πλάτος και την ευκρίνεια των βαθμονομημένων σημείων. Παρατηρείται ότι στα παχύμετρα τα οποία προμηθεύονται εμπορικά μαγαζιά οι γραμμές είναι πιο έντονες από εκείνες στα επιστημονικά παχύμετρα.

Η πολύ καλής ποιότητας κατεργασία με χρώμιο των καλύτερης τάξης παχυμέτρων περιορίζει τη γυαλάδα των μετάλλων και ο υψηλών προδιαγραφών χάλυβας με τον οποίο κατασκευάζονται μειώνει τη διάβρωση με αποτέλεσμα να διατηρείται η καθαρότητα των βαθμονομήσεων. Η ικανότητα του παχυμέτρου να εξάγει ασφαλείς μετρήσεις συνδέεται πρωτίστως με την ακρίβεια των βαθμονομήσεων της κλίμακας. Επιπλέον, όμως, εξαρτάται και από το σχεδιασμό του ολισθαίνων σώματος, τον παραλληλισμό των πλευρών των ραμφών που έρχονται σε επαφή με το αντικείμενο και την καθετότητα αυτών προς τον άξονα του παχυμέτρου καθώς επίσης και τη γενικότερη κατεργασία του οργάνου.

Η ακρίβεια μέτρησης του οργάνου μπορεί να εκφραστεί από το μέγιστο σφάλμα που εμφανίζεται για συγκεκριμένο πεδίο μετρήσεων. Πληροφορικά, εκτιμάται ότι τα σφάλματα μετρήσεων που οφείλονται στο όργανο, για μετρούμενα μήκη ως 4 ίντσες και κατηγορία επαγγελματικών και όχι εμπορικών παχυμέτρων, δεν ξεπερνούν το 0,001 της ίντσας. Στα εμπορικά, το σφάλμα αυτό μπορεί να είναι τρεις φορές μεγαλύτερο.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-7: Ο ολισθητήρας ενός παχυμέτρου με βερνιέρο εσωτερικών και εξωτερικών μετρήσεων. Η ράβδος είναι βαθμονομημένη κατά 0,050 ίντσες και η επιφάνεια του βερνιέρου φέρει 50 γραμμές βαθμονόμησης σε μήκος 49 γραμμών της ράβδου. Όταν σε μία διαδικασία μέτρησης, το σημείο μηδέν του ολισθητήρα δεν είναι ευθυγραμμισμένο με μία γραμμή της ράβδου, η τιμή που προηγείται του σημείου μηδέν πρέπει να συμπληρωθεί με την τιμή ένδειξης του βερνιέρου. Η τελευταία τιμή παρουσιάζεται ως ο αριθμός της μοναδικής γραμμής του βερνιέρου που συμπίπτει απόλυτα με μια γραμμή της ράβδου. Στην εικόνα με το αστεράκι μαρκάρεται η 14^η τιμή του βερνιέρου με αποτέλεσμα η τελική τιμή ένδειξης να είναι 1,464 ίντσες.

Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΧΥΜΕΤΡΩΝ ΜΕ ΒΕΡΝΙΕΡΟ

Τα παχύμετρα κατασκευάζονται σε διαφορετικά μεγέθη ξεκινώντας τα πλέον συνηθισμένα από τις 5 ίντσες και φθάνοντας ως και τις 48 ή κατ' εξαίρεση και σε μεγαλύτερα μεγέθη. Το μέγεθος των ραμφών, επίσης, ποικίλει και δε βρίσκεται σε γραμμική εξάρτηση με το εύρος των μετρήσεων. Το σχήμα τους μπορεί να σχεδιαστεί για εξωτερικές διαστάσεις τεμαχίων ή μπορεί να εξοπλιστεί με βοηθητικά συστατικά που επιτρέπουν και τις μετρήσεις εσωτερικών διαστάσεων. Οι μετρήσεις εσωτερικών επιφανειών πραγματοποιούνται είτε με την ακμή των ραμφών (Σχ. 2-8) είτε από βοηθητικά ράμφη τύπου κόψης μαχαιριού (Σχ. 2-9) τα οποία μπορούν να υπερβούν το ένα το άλλο, με σκοπό τη μέτρηση ακόμα και πολύ μικρών διαστάσεων. Κατά τη μέτρηση εσωτερικών επιφανειών, με τις ακμές του παχυμέτρου, το πάχος των ακμών θα πρέπει να συνυπολογιστεί στη μετρούμενη διάσταση εκτός αν ο άξονας φέρει χωριστή κλίμακα βαθμονόμησης για εσωτερικές μετρήσεις (Σχ. 2-7).

Τα παχύμετρα με βερνιέρο που χρησιμοποιούνται σε γενικές εφαρμογές, κατασκευάζονται με καθαρές και ομαλές πλευρές και συνήθως εξοπλίζονται με εσωτερικής σύσφιξης ελατήρια (Σχ. 2-9), ενώ για μετρήσεις ακριβείας, προτιμώνται οι συνδυασμένοι ολισθητήρες. Οι τελευταίοι, έχουν ενά κινούμενο σφιγκτήρα που κλειδώνει και εξυπηρετεί ως παξιμάδι για την καλή συμπεριφορά στη σύσφιξη του ολισθητήρα (Σχ. 2-7).

Ορισμένα παχύμετρα φέρουν και μια βοηθητική ράβδο για μετρήσεις βάθους (Σχ 2-9). Το συστατικό αυτό είναι χρήσιμο για μια γρήγορη εκτίμηση αλλά η ακρίβεια του δεν είναι ανάλογη με εκείνη που παρέχουν τα ράμφη του οργάνου.

Ο στόχος της ύπαρξης του κοχλίου που κλειδώνει σε θέση είναι να διατηρεί ένα συγκεκριμένο άνοιγμα στα ράμφη για συνεχείς μετρήσεις σε τεμάχια με το ίδιο ονομαστικό μέγεθος, μετατρέποντας το παχύμετρο σε μετρητή ορίων. Πάντως, δε θα πρέπει να θεωρηθούν ως τέτοιοι μετρητές πρωτίστως, επειδή η ρυθμισμένη ακρίβεια του παχυμέτρου είναι κατώτερη εκείνης με την οποία κατασκευάζονται οι μετρητές ορίων. Ο κοχλίας πρέπει να βρίσκεται στο επάνω μέρος του βερνιέρου, ώστε να τον έλκει έναντι της κάτω πλευράς του άξονα. Το κάτω άκρο του κοχλίου δε θα πρέπει να έρχεται σε άμεση επαφή με τον άξονα, άλλα να μεταδίδει τη δύναμη μανδάλωσης σε ειδικά κατασκευασμένη εσοχή πάνω στον άξονα.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-8: (Αριστερά) Σε εξωτερικές επιφάνειες. (Δεξιά) Σε εσωτερική επιφάνεια χρησιμοποιώντας ακμή των ραμφών.



Etalon/Alina Corp.

Σχ. 2-9: Διεθνή παχύμετρα με βερνιέρο με άκρα ραμφών όμοια με την κόψη του μαχαιριού για εσωτερικές μετρήσεις και βοηθητική ράβδο για μετρήσεις βάθους.

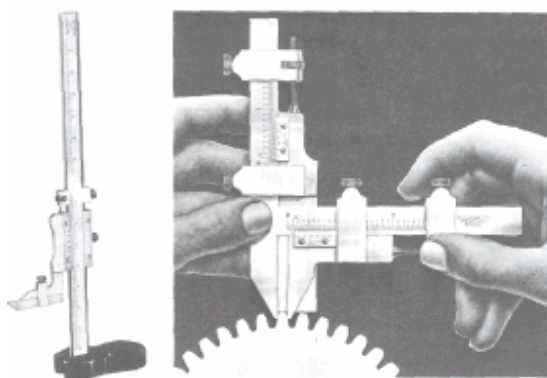
ΠΑΧΥΜΕΤΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΨΟΥΣ

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού των παχυμέτρων με βερνιέρο διέπουν και εκείνα που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του ύψους ενός αντικειμένου. Τα παχύμετρα αυτά χρησιμοποιούνται σε κατεργασίες επιφανειών ως εργαλείο για τη σήμανση κατακόρυφων αποστάσεων και σε μετρήσεις υψομετρικών διαφορών μεταξύ σκαλοπατιών σε διαφορετικά επίπεδα.

Μια διαφορά τους με τα παχύμετρα, που έχουν ήδη εξεταστεί, είναι το γεγονός ότι αποτελούνται από ένα μόνο ράμφος διότι η επιφάνεια εργασίας πάνω στην οποία τοποθετείται το παχύμετρο, λειτουργεί ως το επίπεδο αναφοράς της μέτρησης.

Το επίπεδο αναφοράς απαιτεί μεγάλη σταθερότητα θέσης και ολοκληρωτική ακαμψία των μετρητών ύψους, με σκοπό να διασφαλίσει ότι η θέση του άξονα θα είναι ουσιαστικά κάθετη με την πλάκα εφαρμογής. Κατά συνέπεια, τα παχύμετρα μέτρησης ύψους με βερνιέρο κατασκευάζονται με βάσεις μεγάλου πλάτους και άξονες σκληρής διατομής που φέρουν βαθμονόμηση με γραμμές (Σχ. 2-10).

Για το σκοπό της σήμανσης, χαρακτες μπορούν να τοποθετηθούν στο ράμφος επαφής. Οι χαρακτες αυτοί σχεδιάζονται, ώστε να έχουν την ακμή τους σε ανάλογο επίπεδο με την επιφάνεια επαφής του ραμφους και να χαράζουν τη γραμμή σε συμφωνία με τη διάσταση που εμφανίζει το όργανο.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-10: (Αριστερά) Παχύμετρο μέτρησης ύψους με επιφάνεια εργασίας ως βάση αναφοράς των μετρήσεων.

Ένας χαρακτήρας ενσωματώνεται στο ράμφος του οργάνου.

Σχ. 2-11: (Δεξιά) Εφαρμογή παχυμέτρου οδόντων γραναζιών με τον ολισθητήρα να βρίσκεται στην κορυφή του οδόντος.

ΠΑΧΥΜΕΤΡΟ ΟΔΟΝΤΩΝ ΓΡΑΝΑΖΙΩΝ ΜΕ ΒΕΡΝΙΕΡΟ

Μια επιπλέον εφαρμογή των αρχών που διέπουν τα παχυμέτρα με βερνιέρο είναι στους οδόντες των γραναζιών. Αυτά τα μετρητικά όργανα χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν το πάχος του βήματος του οδόντος μετρώντας τη χορδή του οδόντος σε συγκεκριμένη απόσταση από την κορυφή του. Αν και πιθανά σφάλματα κατά τη διαδικασία μέτρησεων μειώνουν την ακρίβεια τους χαμηλότερα από εκείνη που αναμένεται από τη χρήση του βερνιέρου με ευαισθησία χιλιοστού της ίντσας, αυτή η μέθοδος επιθεώρησης γραναζιών βρίσκει εφαρμογές σε εμπορικές πρακτικές.

Ο μετρητής αποτελείται από δύο ανεξάρτητα κινούμενα κομμάτια καθένα από τα οποία έχει το δικό του ολισθαίνων σώμα, αλλά οι άξονες και τα σταθερά ράμφη κατασκευάζονται ως ακέραιο τεμάχιο (Σχ. 2-11). Ένα από τα ολισθαίνοντα σώματα έχει τη μορφή πλάκας και έρχεται σε επαφή με την κορυφή του οδόντος. Μετακινώντας αυτό το ολισθαίνων σώμα, το όργανο, προσαρμόζεται στην απόσταση του επιθυμητού ύψους κεφαλής. Το δεύτερο ολισθαίνων σώμα, ακέραιο με το μετακινούμενο ράμφος υπολογίζει το πάχος του οδόντος στο δεδομένο βήμα.

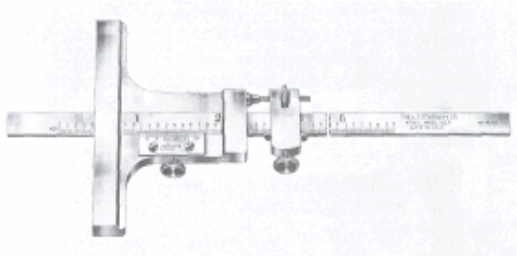
ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΒΑΘΟΥΣ ΜΕ ΒΕΡΝΙΕΡΟ

Τα μετρητικά όργανα με βερνιέρο που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του βάθους ενός αντικειμένου (Σχ. 2-12) διαφέρουν στη βασική ιδέα του σχεδιασμού που διέπει όλες τις προηγούμενες κατηγορίες οργάνων που έχουν αναφερθεί. Στην πραγματικότητα ανατρέπουν τη συνηθισμένη διαδικασία με τους εξής τρόπους:

1. Ο βερνιέρος συνδέεται με τον κάθετο άξονα του οργάνου και έτσι με την επαφή ενός επιπέδου αναφοράς στην επιφάνεια του αντικειμένου λαμβάνεται το σημείο έναρξης της μέτρησης

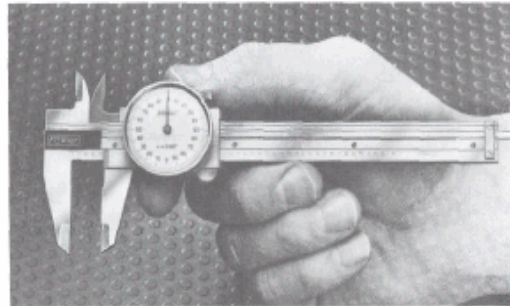
2. Η μια άκρη του άξονα λειτουργεί ως το κινούμενο ράμφος, το οποίο έρχεται σε επαφή με το σημείο εκείνο του αντικειμένου του οποίου η απόσταση από το σημείο έναρξης της μέτρησης μας ενδιαφέρει.

Η χρήση τους δεν περιορίζεται μόνο σε μετρήσεις βάθους αν και η βασική εφαρμογή τους είναι αυτή. Αποστάσεις αναφοράς από μια επίπεδη επιφάνεια του αντικειμένου μπορούν να μετρηθούν με ευκολία με τη βοήθεια των οργάνων αυτών.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-12: Τα παχύμετρα μέτρησης βάθους με βερνιέρο αποτελούν τροποποιημένη εκδοχή των συμβατικών παχυμέτρων, αντικαθιστώντας την επιφάνεια της ράβδου για το σταθερό ράμφος και χρησιμοποιώντας μια κεφαλή για τον ολισθητήρα.

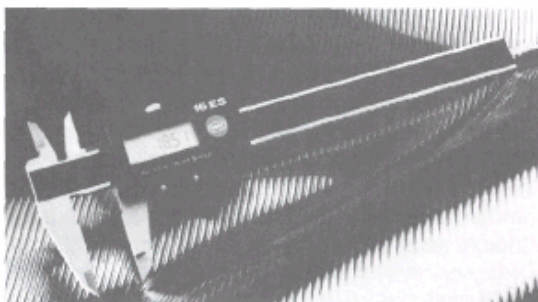


Fred V. Fowler Co. Inc.

Σχ. 2-13: Αναλογικό παχύμετρο

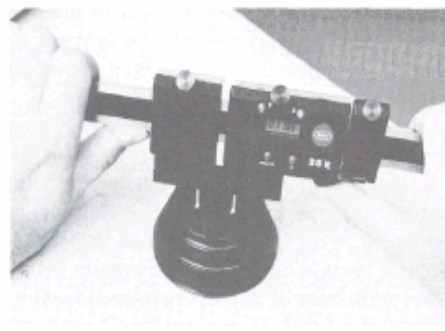
ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΑΧΥΜΕΤΡΩΝ

Το αναλογικό παχύμετρο (Σχ. 2-13), μοιάζει και χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο, όπως και το παραδοσιακό με βερνιέρο. Τη θέση του βερνιέρου, στο αναλογικό καταλαμβάνει ένα αναλόγιο με δείκτη, με αποτέλεσμα την ευκολότερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων της μέτρησης. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται τα προερχόμενα από ανάγνωση σφάλματα και αυξάνεται η ταχύτητα της μέτρησης.



Mahr Gage Co. Inc.

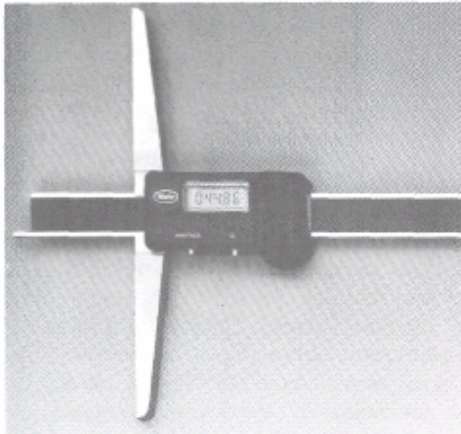
Σχ. 2-14: Ψηφιακό παχύμετρο



Mahr Gage Co. Inc.

Σχ. 2-15: Διεθνές ψηφιακό παχύμετρο

Πρόσφατα, το παχύμετρο διείσδυσε στην ηλεκτρονική εποχή και έτσι υπάρχουν σήμερα και ψηφιακά παχύμετρα (Σχ. 2-14). Το ψηφιακό παχύμετρο πάντως, διατηρεί τα χαρακτηριστικά του απλού παχυμέτρου αν και δε φέρει βαθμονομημένη κλίμακα. Η μέτρηση γίνεται ηλεκτρονικά και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε οθόνη με ψηφιακό τρόπο. Σε επόμενο κεφάλαιο, θα συζητηθούν εκτενέστερα τα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης. Η ψηφιακή τεχνολογία έχει εφαρμοστεί και σε άλλου τύπου παχύμετρα, όπως το μεγάλο παγκόσμιο παχύμετρο (Σχ. 2-15) και το παχύμετρο για μετρήσεις βάθους (Σχ. 2-16).



Mahr Gage Co. Inc.

Σχ. 2-16: Ψηφιακό παχύμετρο μέτρησης βάθους



Mahr Gage Co. Inc.

Σχ. 2-17: Ψηφιακό παχύμετρο με μικροϋπολογιστή

Το ψηφιακό παχύμετρο, σε σχέση με το παραδοσιακό ή το αναλογικό, προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα όπως: α) η μέτρηση πραγματοποιείται βηματικά, β) είναι δυνατή η ρύθμιση του μηδενός για κάθε θέση μέτρησης, γ) η μετάβαση από το αγγλικό σύστημα μέτρησης στο μετρητικό πραγματοποιείται με το πάτημα ενός κουμπιού, δ) είναι δυνατή η σύνδεση του ψηφιακού παχυμέτρου με Η/Υ για επεξεργασία και στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων (Σχ. 2-17).

2.4 ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΑ

Μόλις πριν από μερικές δεκαετίες, τα μικρόμετρα θεωρούνταν το ιδανικό όργανο για ακριβείς μετρήσεις μήκους. Ακόμα και οι μετρητικές μηχανές που χρησιμοποιούνταν στα μετρητικά εργαστήρια, λειτουργούσαν σύμφωνα με τις αρχές λειτουργίας του μικρομέτρου.

Ακόμα πιο ευαίσθητα όργανα αναπτύχθηκαν για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις για μεγαλύτερη ακρίβεια, αντικαθιστώντας έτσι τα μικρόμετρα σε πολλές εφαρμογές. Τα περισσότερα, πάντως, από αυτά τα πιο ακριβή όργανα είναι τύπου σύγκρισης αποτελεσμάτων απαιτώντας με τον τρόπο αυτό κύριες ρυθμίσεις για τα επίπεδα αναφοράς. Επίσης, εκτείνονται σε μικρό εύρος μετρήσεων και με μερικές εξαιρέσεις, είναι κυρίως αμετακίνητα. Αυτά και πολλά άλλα χαρακτηριστικά, αποτελούν προφανή μειονεκτήματα σε σύγκριση με τα μετακινούμενα μικρόμετρα και την ικανότητά τους για μέτρηση πραγματικών διαστάσεων μήκους με απ' ευθείας ένδειξη σε ουσιαστικό πεδίο

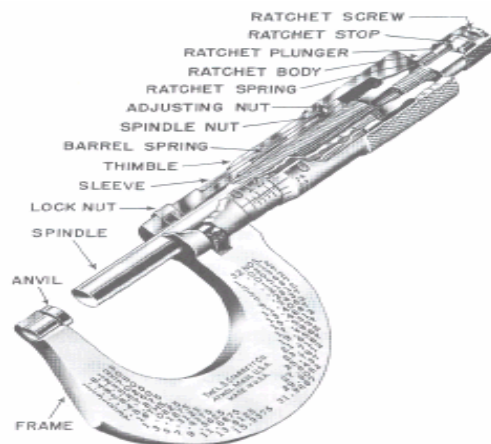
μετρήσεων. Εξ' αιτίας αυτών των πλεονεκτημάτων που διαθέτει το μικρόμετρο και της σχετικά χαμηλής τιμής του πραγματοποιούνται πολλές προσπάθειες βελτίωσης του σχεδιασμού και της κατασκευής του, ώστε να συνεχίσουν να κατέχουν σημαντικό ρόλο στις μετρήσεις διαστάσεων μήκους.

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ

Το βασικό συστατικό των οργάνων που λειτουργούν βασιζόμενα στις αρχές του μικρομέτρου είναι ένας κοχλίας, με ελεγχόμενο οδηγό ακριβείας, ο οποίος φέρει συνήθως αλλά όχι και απαραίτητα 40 σπειρώματα ανά ίντσα. Ο κοχλίας βρίσκεται σε αναλογία με την άτρακτο επαφής, της οποίας η μία επιφάνεια έρχεται σε επαφή με το αντικείμενο. Η απόσταση της επιφάνειας επαφής από την επιφάνεια αναφοράς ορίζει το μετρούμενο μήκος, το οποίο εμφανίζεται στην κλίμακα βαθμονομήσεως του μικρομέτρου.

Το μικρόμετρο έχει δύο κλίμακες. Η πρώτη είναι μια γραμμική κλίμακα για την απ' ευθείας μέτρηση της αξονικής μετατόπισης της ατράκτου σε αρκετά μεγάλες διαβαθμίσεις για να παρέχουν ανάγνωση με ευκρίνεια των βαθμονομημένων γραμμών. Οι βαθμονομήσεις αυτής της κλίμακας είναι συνήθως ταυτόσημες με το βήμα του κοχλίου του οργάνου. Η δεύτερη είναι μια περιφερειακή κλίμακα γύρω από έναν κυλινδρικό κανόνα που μανδάλώνει στον κοχλία για να δείξει το μέγεθος της μερικής περιστροφής, όταν η τελευταία στροφή του κοχλίου, κατά τη διαδικασία μέτρησης, είναι μικρότερη από μια πλήρη περιστροφή. Τα μικρόμετρα που σχεδιάζονται για μετρήσεις ιδιαίτερος μικρών διαβαθμίσεων διαθέτουν και μια κλίμακα βερνιέρου που επιτρέπει την εκτίμηση των κλασμάτων των περιφερειακών βαθμονομήσεων.

Στο Σχήμα 2-18 παρουσιάζεται μια όψη μικρομέτρου για να φανεί ο τρόπος με τον οποίο οι λειτουργικές αρχές εφαρμόζονται στο σχεδιασμό του οργάνου. Στο σχήμα φαίνεται επίσης η ονοματολογία των βασικών συστατικών του οργάνου. Συσχετίζοντας τις ονομασίες του συγκεκριμένου μοντέλου με τους γενικούς όρους που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των αρχών της μετρητικής διαδικασίας, ανακαλύπτουμε ότι ο σταθερός επαφείας-πέλμα έχει το ρόλο του επιπέδου αναφοράς, το περικόχλιο (περίβλημα) φέρει την κλίμακα των αξονικών μετατοπίσεων, καθώς επίσης και τα σημάδια αναφοράς για την περιφερειακή βαθμονόμηση. Τα σημάδια αυτά χαράσσονται στον κυλινδρικό κανόνα.



Σχ. 2-18: Όψη μικρομέτρου με βερνιέρο

Άλλα συστατικά του οργάνου που εμφανίζονται στο σχήμα και έχουν βοηθητική λειτουργία είναι τα παρακάτω:

Ο μηχανισμός με αναστολέα που διασφαλίζει ομοιόμορφα κατανεμημένη ισχύ, η οποία είναι δύσκολο να επιτευχθεί με την αφή και είναι αποτέλεσμα των σπουδαίων μηχανολογικών πλεονεκτημάτων που προέρχονται από έναν τέλειου βήματος κοχλία. Ο αναστολέας ελέγχει τη ροπή στρέψης που μεταφέρεται στην άτρακτο, περιορίζοντας έτσι την ισχύ σε μία προρυθμισμένη τιμή, π.χ 2 rounds. Σε άλλου τύπου μικρόμετρα χρησιμοποιείται ένας κοχλίας κινούμενος μέσω τριβής αντί του μηχανισμού με αναστολέα.

Το προσαρμοσμένο περικόχλιο (εσωτερικά του περιβλήματος), το οποίο συμπλέκεται με την κοχλιωτή άτρακτο χρησιμοποιείται για να μειώνει το διάκενο που θα αναπτυχθεί μετά από παρατεταμένη χρήση του μικρομέτρου.

Το περικόχλιο διατηρείται σε θέση από ένα ελατήριο και παρέχει το μέσο με το οποίο διευθετείται ότι το σημείο μηδέν του κυλινδρικού κανόνα δε θα συμπίπτει με το σημείο αναφοράς του περικοχλίου, όταν οι επιφάνειες μέτρησης βρίσκονται σε επαφή η μία με την άλλη.

Ο ρικνωτός ασφαλιστικός δακτύλιος, επιτρέπει τη μανδάλωση της ατράκτου στην επιθυμητή θέση που ορίζει η κλίμακα ανάγνωσης, ώστε στη συνέχεια το μικρόμετρο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά το τρόπο ανάλογο με ένα μετρητή ορίων.

ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΟΥ

Εκτιμώντας την ευρεία χρήση των μικρομέτρων με κοχλία, είναι επιθυμητό να γνωρίζουμε το βαθμό εμπιστοσύνης που τα αποτελέσματα των μετρήσεων τους παρέχουν. Η επαναλαμβανόμενη ακρίβεια των μετρήσεων με τα όργανα αυτά εξαρτάται από δύο σετ παραγόντων: την ακρίβεια που εμπεριέχεται στο όργανο και τη συνδυασμένη επίδραση των σφαλμάτων της διαδικασίας.

Η ακρίβεια των μετρήσεων θα ελεγχθεί πρωτίστως από τους ακόλουθους δύο παράγοντες:

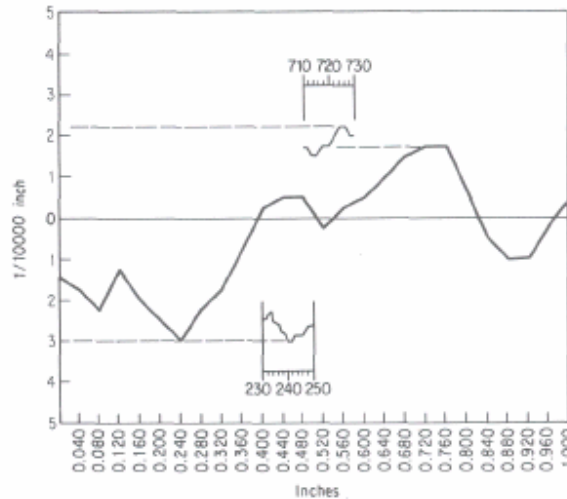
1. Ο βαθμός ρύθμισης της κίνησης της ατράκτου επηρεάζεται από τα σφάλματα του οδηγού του κοχλία. Η επίδραση είναι συσσωρευτική και αυξάνει ανάλογα με τη μετακίνηση της ατράκτου.

2. Η γραμμικότητα της κίνησης της ατράκτου απαιτεί σε κάθε κλασματική περιστροφή του κοχλία να πραγματοποιείται ανάλογη μετατόπιση της ατράκτου. Κολλήματα και γλιστρήματα του κοχλία στο περικόχλιο θα φέρουν αντίθετα αποτελέσματα. Η ελειμματική γραμμικότητα θα επιδεινώσει την κατάσταση όταν προστεθεί στα κύρια σφάλματα ρύθμισης.

Η ακρίβεια του οργάνου βελτιώνεται ουσιαστικά με την κατασκευή ατράκτων από καλά σταθεροποιημένα υλικά, που φέρουν οδοντώσεις κατάλληλα διαμορφωμένες και έχουν υποστεί σκλήρυνση, με τη χρήση περικοχλίων που έχουν υποστεί λείανση και γενικότερα με την εφαρμογή υψηλού επιπέδου κατεργασίας κατά την κατασκευή τους.

Η διαδικασία βαθμονόμησης είναι ένας αξιόπιστος τρόπος για την επίτευξη της ακρίβειας στις ενδείξεις του μικρομέτρου. Η μέθοδος συνιστά τη συνεχή μέτρηση με το μικρόμετρο πλακιδίων πρότυπου μήκους, γνωστού μεγέθους. Τα μετρούμενα πλακίδια επιλέγονται να αντιπροσωπεύουν διαστάσεις στις οποίες η άτρακτος μετακινείται για

ολόκληρη ή μιση περιστροφή του κοχλία. Σε κάθε βήμα, η μετρούμενη διάσταση από το όργανο καταγράφεται σε ένα διάγραμμα βαθμονόμησης (Σχ. 2-19). Το σημείο μηδέν του διαγράμματος ορίζει την ονομαστική τιμή κάθε ανάγνωσης και οι αποκλίσεις από τις πραγματικές ενδείξεις τυπώνονται με αυτή τη λογική και με κλίμακα που συντάσσει το διάγραμμα.

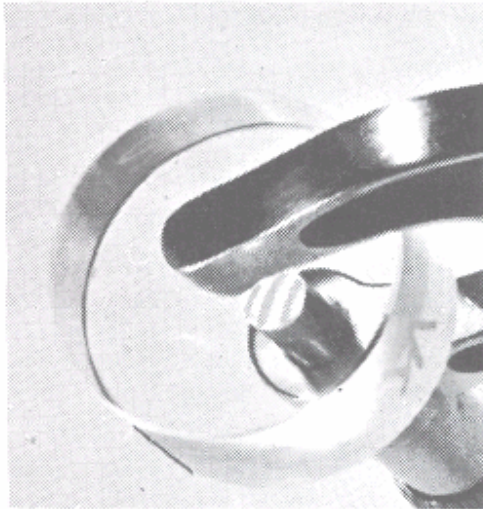


Σχ. 2-19: Διάγραμμα βαθμονόμησης για μικρόμετρο εξωτερικών διαστάσεων Κατηγορίας I και πεδίο μετρήσεων 0 – 1 ίντσα.

Οι καταγραφές του διαγράμματος παρουσιάζουν ακμές που αντιπροσωπεύουν τα σημεία των μέγιστων αποκλίσεων από την ονομαστική τιμή. Σε δεύτερο επίπεδο, οι μετρήσεις θα πρέπει να επαναληφθούν σε πλήρη περιστροφή του κοχλία καλύπτοντας μια απόσταση συμμετρικά διαμοιρασμένη και στις δύο πλευρές των μέγιστων αποκλίσεων που παρατηρούνται σε κάθε κατεύθυνση, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2-19. Η επαναλαμβανόμενη αυτή μέτρηση, πρέπει να πραγματοποιηθεί με μεγαλύτερη ανάλυση από εκείνη της πραγματικής ρύθμισης. Ενδιάμεσες θέσεις που ανακαλύπτονται από τη δεύτερη μέτρηση μπορούν να αποκαλύψουν πως η πραγματική μέγιστη απόκλιση είναι ακόμα μεγαλύτερη από την αρχικά εμφανιζόμενη.

Για την εκτίμηση της ακρίβειας του οργάνου, η έκταση των αποκλίσεων πάνω στον άξονα συντεταγμένων μπορεί να θεωρηθεί ως η σημαντική διάσταση. Τα σφάλματα που καταγράφονται στο διάγραμμα συμπεριλαμβάνουν τη συνδιασμένη επίδραση όλων των παραγόντων που σχετίζονται με την ακρίβεια των μετρήσεων του μικρομέτρου. Οι σημαντικότεροι παράγοντες είναι οι ακόλουθοι:

Η ομαλότητα και ο παραλληλισμός των επιφανειών μέτρησης. Η ακριβής μέθοδος για την επιθεώρηση αυτών των παραγόντων είναι με τη βοήθεια μιας οπτικής σφήνας, όπως εμφανίζεται στο Σχ. 2-20. Σαν γενικό κανόνα, θεωρούμε ότι ο αριθμός των ορατών γραμμών παρεμβολής σε μονοχρωματικό φως δε θα πρέπει να υπερβαίνει τις ακόλουθες τιμές: α) δύο μήκη κύματος για την ομαλότητα (κατά τον έλεγχο καθεμίας επιφάνειας) και β) έξι μήκη κύματος για συνδυασμό ομαλότητας και παραλληλισμού (φέροντας σε ταυτόχρονη επαφή τις δύο επιφάνειες μέτρησης του οργάνου με την οπτική σφήνα που έχει τις δύο πλευρές της επίπεδες και παράλληλες).



The Van Keuren Co.

Σχ. 2-20: Οπτική σφήνα για τον έλεγχο της ομαλότητας και του παραλληλισμού των επιφανειών μέτρησης του μικρομέτρου.

Αλλαγές του σκελετού. Η εφαρμοζόμενη δύναμη κατά τη μέτρηση προκαλεί αλλαγές στο σκελετό με αποτέλεσμα το διαχωρισμό των επιφανειών μέτρησης. Η επίδραση αυτή μειώνεται με κατάλληλο σχεδιασμό του σκελετού και με περιορισμό της εφαρμοζόμενης δύναμης κατά τη μέτρηση στην τιμή των 2 rounds, με τη βοήθεια αναστολέα ή κοχλία κινούμενου μέσω τριβής. Όταν ελέγχεται κατάλληλα, το δυναμικό σφάλμα που προέρχεται από αλλαγές του σκελετού μπορεί να διατηρηθεί κάτω από τις 50 μικροϊντσες για τα μικρόμετρα με πεδίο μετρήσεων έως μία ίντσα. Η τιμή της αλλαγής αυτής θα είναι μεγαλύτερη, για μικρόμετρα με μεγαλύτερο σκελετό και για μικρόμετρα με μεγαλύτερο πεδίο μετρήσεων.

Συνυπολογίζοντας το πλήθος των παραγόντων που επηρεάζουν την ακρίβεια των μικρομέτρων, καταλήγουμε στο ότι μια έκταση δυναμικών σφαλμάτων που δεν υπερβαίνει τις 0,000150 ίντσες θα είναι ενδεικτική τιμή για την καλή ποιότητα των μικρομέτρων μίας ίντσας. Ως βοήθημα, η ακόλουθη σχέση δίνει την αναμενόμενη ακρίβεια για ένα μικρόμετρο εξωτερικών διαστάσεων

$$\Delta = (150 + 10 L) \text{ μικροϊντσες}$$

όπου: Δ = η συνολική ακρίβεια μέτρησης σε όλο το πεδίο μετρήσεων του μικρομέτρου

L = το ονομαστικό μέγεθος (μέγιστο μήκος μέτρησης) του μικρομέτρου σε ίντσες

Τα σφάλματα διαδικασίας στις μετρήσεις μικρομέτρου μπορούν να προκληθούν από μεταφορά θερμότητας κατά τη χρήση του οργάνου, από σφάλματα ανάγνωσης, από ανεπαρκή ευθυγράμμιση ή σταθερότητα στη θέση επαφής οργάνου και αντικειμένου, από φθορές και από αρκετές άλλες καταστάσεις.

Ποικίλες βελτιώσεις στο σχεδιασμό προκαλούν μείωση της επίδρασης αυτών των σφαλμάτων. Συγκεκριμένα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που οδηγούν σε αύξηση της αξιοπιστίας της διαδικασίας, μειώνοντας τις επιδράσεις των σφαλμάτων θα αναλυθούν παρακάτω και αναφέρονται στην πηγή πρόκλησής τους.

Η μεταφορά θερμότητας μπορεί να μειωθεί με τη χρήση πλαστικών μονωτικών λαβών στο σκελετό. Με μερικές εξαιρέσεις, ο σκελετός των μικρομέτρων κατασκευάζεται από σφυρηλατημένο ατσάλι, υλικό με τον ίδιο πρακτικά συντελεστή θερμικής διαστολής με τα περισσότερα μετρούμενα τεμάχια. Εξαιτίας του διαφορετικού βαθμού θερμικής διαστολής, σκελετοί αλουμινίου, αν και πιο ελαφρείς σπάνια χρησιμοποιούνται στα μικρόμετρα.

Τα σφάλματα ανάγνωσης, περιορίζονται δραστικά από τα εξής σχεδιαστικά χαρακτηριστικά:

α) Τελική κατεργασία επιφανειών με χρώμιο για τον περιορισμό της γυαλάδας

β) Ευκρινείς γραμμές βαθμονόμησης σε λοξοτομημένη επιφάνεια του κυλινδρικού κανόνα για τη διευκόλυνση των αναγνώσεων με το ελάχιστο σφάλμα παραλληλισμού. Μερικοί τύποι μικρομέτρων έχουν την επιφάνεια που φέρει τις βαθμονομήσεις του κυλίνδρου και του περιβλήματος του περικοχλίου αμοιβαία στοιχισμένες.

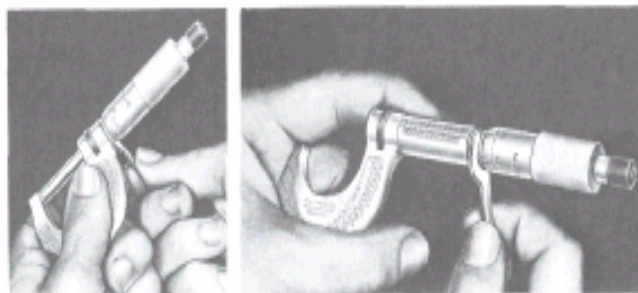
γ) Ένας τύπος μικρομέτρου φέρει πάνω στον κυλινδρικό κανόνα οθόνη, όπου ψηφιακά εμφανίζονται τα ψηφία εκατοστού και χιλιοστού της μετρούμενης διάστασης και μόνο το ψηφίο του δεκάτου της ίντσας πρέπει να αναγνωστεί από τις γραμμές της κλίμακας βαθμονόμησης

δ) Χρήση κυλινδρικών κανόνων μεγαλύτερης διαμέτρου για απ' ευθείας ανάγνωση του ψηφίου των δεκάτων του χιλιοστού, με βαθμονομημένες γραμμές που συμπίπτουν με ένα σημάδι αναφοράς, με σκοπό τη μείωση της επίδρασης από τη χρήση του βερνιέρου.

Η σταθερότητα και η ευθυγράμμιση μπορούν να βελτιωθούν στις μετρήσεις μικρών διαστάσεων με τη χρήση ενός στηρίγματος που υποβοηθά το μικρόμετρο χειρός. Για επαναληπτική μέτρηση ελαφρών τεμαχίων τα μικρόμετρα πάγκου παρουσιάζουν πλεονεκτήματα.

Η εφαρμοζόμενη δύναμη στις μετρήσεις, περιορίζεται συνήθως από αναστολέα ή από κοχλία τριβής. Όταν απαιτείται ελεγχόμενη στατική δύναμη μέτρησης θα πρέπει να προτιμώνται τα μικρόμετρα με δείκτες για τα οποία θα συζητήσουμε παρακάτω.

Η φθορά συχνότερα εμφανίζεται στις επιφάνειες μέτρησης εξαιτίας της απ' ευθείας επαφής τους με το αντικείμενο. Άξονες και άτρακτοι με επιφάνειες καρβιδίων μειώνουν σημαντικά τις φθορές αυτών των επιφανειών, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό για μεγαλύτερη περίοδο χρήσης, την αρχική ρύθμιση του μικρομέτρου, όπως και τον παραλληλισμό των επιφανειών επαφής. Έπειτα από παρατεταμένη χρήση του μικρομέτρου, φθορά θα εμφανιστεί στις επιφάνειες των σπειρωμάτων με αποτέλεσμα την επίδραση στις αρχικές ρυθμίσεις και την ακρίβεια του μικρομέτρου. Ρυθμίζοντας εκ νέου τη θέση του κυλινδρικού κανόνα στην αρχική του θέση (Σχ. 2-21) και επαναπροσαρμόζοντας τα διάκενα στην κίνηση της ατράκτου σφίγγοντας το περικόχλιο (Σχ. 2-22), επιτυγχάνουμε βελτίωση της λειτουργίας του οργάνου σε επίπεδο ισοδύναμο ή έστω συγκρίσιμο με την πραγματική του ακρίβεια.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-21: (Αριστερά) Ρύθμιση του κυλινδρικού κανόνα ενός μικρομέτρου στην αρχική τιμή.

Σχ. 2-22: (Δεξιά) Επαναπροσαρμογή του περικογλίου της ατράκτου ενός μικρομέτρου Για τον περιορισμό του τζόγου μεταξύ των μελών του.

ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

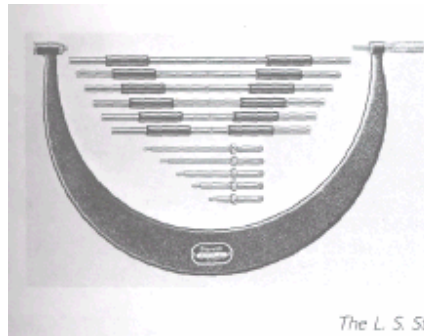
Η πιο κοινή εφαρμογή των μικρομέτρων είναι η μέτρηση διαστάσεων μήκους μεταξύ δυο παράλληλων επιφανειών στην εξωτερική πλευρά του αντικειμένου. Το μικρόμετρο είναι ένα βολικό όργανο για μετρήσεις εξωτερικών διαστάσεων διότι: 1) παρέχει επαρκώς την επιθυμητή πληροφορία μεγέθους, 2) διαθέτει ένα σχετικά ευρύ πεδίο μετρήσεων (για παράδειγμα 10.000 φορές την ελάχιστη διαβάθμιση της κλίμακας του), 3) η χρήση του δεν απαιτεί ειδικά προσόντα και 4) είναι εύκολα προσαρμόσιμο σε διαφορετικά σχήματα. Αυτά και πολλά ακόμα πλεονεκτήματα ορίζουν την ευρεία εφαρμογή των μικρομέτρων στην παραγωγή και την επιθεώρηση. Λογική συνέπεια αυτής της εκτεταμένης χρήσης τους είναι η απαίτηση και η κατασκευή τους σε ποικιλίες μεγέθους, μορφής και τάξης ακριβείας.

Με τον όρο μέγεθος, αναφερόμαστε στα όρια του φάσματος των μετρήσεών τους. Τα πιο κοινά είναι εκείνα της μίας ίντσας που επιτρέπουν μετρήσεις στο πεδίο από μηδέν έως μία ίντσα. Το φάσμα της μίας ίντσας μπορεί να καλυφθεί και από άλλα όρια με συναρμογή του μηχανισμού οδόντωσης σε άλλες διαστάσεις πλαισίου. Επομένως, τα μικρόμετρα εξωτερικών διαστάσεων κατασκευάζονται και σε μεγέθη από 1 σε 2 ίντσες, από 2 σε 3, κλπ μέχρι του ορίου των 24 ιντσών ενώ κατ'εξάιρεση φθάνουν και παραπάνω. Επειδή τα μικρόμετρα των οποίων το ελάχιστο όριο είναι μεγαλύτερο από το μηδέν δεν μπορούν να φέρουν σε άμεση επαφή την επιφάνεια της ατράκτου και του επιπέδου αναφοράς τους (πέλμα), στις διαδικασίες ρύθμισης πρέπει να χρησιμοποιηθούν ρυθμιστικά πρότυπα. Αυτά θα πρέπει να είναι σε μέγεθος ισοδύναμο με το χαμηλότερο όριο του φάσματος που καλύπτει το μικρόμετρο και συνήθως προμηθεύονται μαζί με το όργανο.

Τα μεγαλύτερου μεγέθους μικρόμετρα, διατίθενται σε σετ συνοδευόμενα από τα ρυθμιστικά και συνήθως σε θήκες με ανεξάρτητες θέσεις για τα όργανα, επιτρέποντας έτσι μετρήσεις διαστάσεων σε ένα ευρύ φάσμα μηκών από μηδέν έως το μέγιστο μέγεθος του μεγαλύτερου οργάνου του σετ.

Αν και το βασικό σχήμα του πλαισίου των μικρομέτρων της κατηγορίας είναι ένα τόξο, με την άτρακτο στη μία πλευρά και το σταθερό επαφέα στην άλλη,

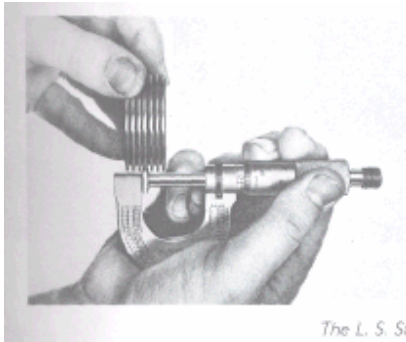
διαφορετικότητες στο σχεδιασμό είναι συχνές, ιδίως σε εκείνα των μεγαλύτερων διαστάσεων. Τα κοινά μικρόμετρα έχουν σταθερές ατράκτους περιορίζοντας το πεδίο των μετρήσεων τους στο μήκος της μετατόπισης του κοχλίου. Παρόλα αυτά στο Σχήμα 2-23 παρουσιάζεται τύπος μικρομέτρου με δυνατότητα χρήσης προσαρμοζόμενων ή εναλλάξιμων ατράκτων με αποτέλεσμα το εκτεταμένο φάσμα μετρήσεων.



Σχ. 2-23: Εξωτερικά μικρόμετρα για διευρυμένα πεδία μετρήσεων με εναλλάξιμους επαφείς και ρυθμιστικά πρότυπα

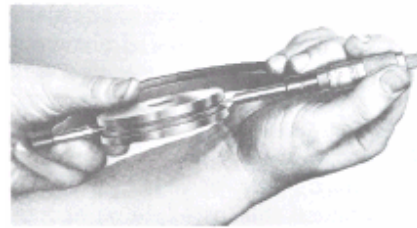
Αν και στα κοινά μικρόμετρα οι επιφάνειες επαφής της ατράκτου και του πέλματος έχουν κυλινδρική μορφή, υπάρχουν άλλα στα οποία αυτές οι επιφάνειες έχουν ιδιαίτερη μορφή. Τέτοια παραδείγματα είναι:

1. Τα μικρόμετρα δισκοειδούς μορφής για μετρήσεις πάχους σε αντικείμενα που διαθέτουν μικρά διάκενα και επιτρέπουν την εισχώρηση μόνο των επιφανειών επαφής του οργάνου (Σχ.2-24).
2. Τα μικρόμετρα με πολύ λεπτές επιφάνειες επαφής για μέτρηση διαμέτρων στο εσωτερικό μικρών διακένων (Σχ- 2-25).
3. Τα μικρόμετρα κοχλίου που έχουν άτρακτο μορφής V και πέλμα κωνικής ακμής για τη μέτρηση διαμέτρων σπειρώματος.
4. Τα μικρόμετρα σημειακής επαφής με κωνικές ακμές πολύ μικρού επιπέδου στην άτρακτο και το πέλμα για μέτρηση εσωτερικών κοιλωμάτων, εκεί όπου άλλες επιφάνειες δεν μπορούν να εισχωρήσουν.
5. Τα μικρόμετρα με σφαιρικές επιφάνειες επαφής για τον υπολογισμό του πάχους τοιχώματος κυλινδρικών σωμάτων. Συνήθως το σφαιρικό πέλμα προσαρτάται στα τυπικά μικρόμετρα εξωτερικών διαστάσεων. Η διάμετρος της σφαίρας είναι συνήθως 0,2 ίντσες και πρέπει να αφαιρεθεί από την τιμή ανάγνωσης του οργάνου.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-24: Το μικρόμετρο δισκοειδούς μορφής, σχεδιασμένο για τη μέτρηση του πάχους μικρών διακένων.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-25: Μικρόμετρα πολύ λεπτών επιφανειών επαφής για εργασίες μέτρησης στη βάση των πολύ μικρών διακένων.

Είναι σύνηθες να προσδιορίζεται η τάξη ή το επίπεδο ποιότητας των μικρομέτρων με βάση τη μικρότερη διαβάθμιση της τιμής ανάγνωσης τους. Αν και τα περισσότερα μικρόμετρα έχουν κοχλίες με 40 σπειρώματα ανά ίντσα, με αποτέλεσμα τη μετατόπιση της ατράκτου κατά 0,025 ίντσες σε κάθε πλήρη περιστροφή του κοχλία, οι βαθμονομήσεις του κυλινδρικού κανόνα μπορεί να διαφέρουν, προσφέροντας έτσι διαφορετικές υποδιαίρεσεις για κάθε πλήρη περιστροφή. Μία σαφής βαθμονόμηση 25 γραμμών στην περιφέρεια του κυλίνδρου και ένα μοναδικό σημάδι αναφοράς στο περίβλημα του περικοχλίου θα επιτρέψουν την ανάγνωση της μετατόπισης της ατράκτου ακόμα και κατά 0,001 ίντσες. Αυτού του τύπου τα μικρόμετρα, συνήθως, αποκαλούνται «τάξης χιλιοστού». Αντικαθιστώντας το ένα και μοναδικό σημάδι αναφοράς στο περίβλημα με μια κλίμακα βερνιέρου επιτυγχάνεται υποδιαίρεση της κάθε μίας γραμμής του κυλινδρικού κανόνα σε δέκα μέρη με αποτέλεσμα τα μικρόμετρα «τάξης δεκάτου του χιλιοστού». Παρόμοιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με τη διατήρηση ενός σημάδιου αναφοράς, άλλα με την υποδιαίρεση καθεμίας από τις 25 γραμμές του κυλίνδρου σε 10 ίσα μέρη. Η διάταξη αυτή επιτρέπει αναγνώσεις με ακρίβεια δεκάτου του χιλιοστού περιορίζοντας τα σφάλματα που προέρχονται από τις αναγνώσεις του βερνιέρου. Για πρακτικούς λόγους, πάντως, υποδιαίρεση των βασικών βαθμονομήσεων του κυλινδρικού κανόνα εφαρμόζεται μόνο σε εκείνους με διάμετρο μεγαλύτερη των 2 ίντσών.

Αν και η ελάχιστη βαθμονόμηση δεν είναι ανάλογη με την ακρίβεια, είναι κοινή πρακτική των κατασκευαστών μικρομέτρων να προσδιορίζουν τα όργανα με την τελειότερη διαβάθμιση κλίμακας, σε υψηλότερη βαθμίδα ακριβείας συνοδεύοντας τα με κατάλληλο σχεδιασμό και κατεργασία.

ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα μικρόμετρα έχουν χρήσιμες εφαρμογές και στη μέτρηση εσωτερικών διαστάσεων, επίσης. Οι εφαρμογές αυτές αφορούν μετρήσεις διαστάσεων αντικειμένου που εγκλωβίζεται σε τοιχώματα με παραλληλία στο επίπεδο των μετρήσεων. Τέτοιες είναι η διάμετρος μιας κυλινδρικής οπής ή το πλάτος ενός αυλακίου με παράλληλα τοιχώματα.

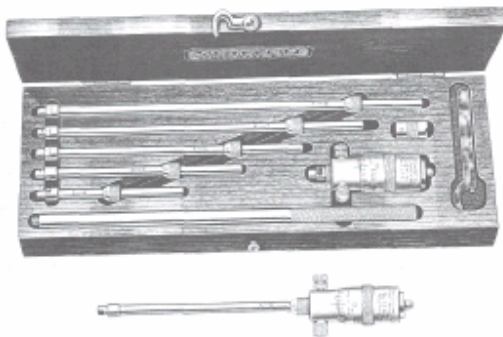
Οι μετρήσεις εσωτερικών διαστάσεων, κυρίως της διαμέτρου οπών, επηρεάζονται από πολλές περισσότερες μεταβλητές από ότι στις μετρήσεις εξωτερικών διαστάσεων.

Μικρού μεγέθους οπές εμποδίζουν την είσοδο του μικρομέτρου. Το βάθος της οπής, όταν ενδιαφερόμαστε για μετρήσεις σε απόσταση μεγαλύτερη από την ελεύθερη επιφάνεια μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες. Τέλος η απαίτηση για τη μέτρηση ενός κυλινδρικού αντικειμένου κατά μήκος του άξονά του και σε επίπεδο παράλληλο σε αυτόν απαιτεί συνθήκες που επιτυγχάνονται μόνο κατά ένα μέρος, όταν βασίζονται στις ικανότητες μόνο του χειριστή, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ένα επίπεδο μικρόμετρο εσωτερικών διαστάσεων.

Τα παραπάνω δημιούργησαν την ανάγκη ποικιλίας οργάνων για μετρήσεις εσωτερικών διαστάσεων βασιζόμενα στις αρχές λειτουργίας των μικρομέτρων ή συνδυαζόμενα κατά τη χρήση τους με μικρόμετρα μέτρησης εξωτερικών διαστάσεων.

Τα μικρόμετρα αυτά αποτελούνται από την κεφαλή, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και ο κοχλίας και από ανεξάρτητες μετρητικές ράβδους. Οι ράβδοι είναι κατασκευασμένοι σε διαφορετικά μήκη σε βήμα μιας ίντσας και μπορούν να ενωθούν με την κεφαλή με σπείρωμα. Ο κοχλίας της μικρότερου μεγέθους κεφαλής μετατοπίζεται κατά μισή ίντσα και οι ράβδοι προσαρμόζονται είτε απ' ευθείας είτε με τη βοήθεια ενός ενδιάμεσου δακτυλίου, ο οποίος προμηθεύεται μαζί με το όργανο. Σε όργανα που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις οπών με διάμετρο μεγαλύτερη από 8 ίντσες, οι κοχλίες των κεφαλών μετατοπίζονται κατά μία ίντσα.

Η μικρότερη μετρούμενη διάμετρος με αυτού του τύπου τα μικρόμετρα είναι 2 ίντσες (κατ' εξαίρεση έως και 1½ ίντσα), ενώ η μέγιστη εξαρτάται από τις διαθέσιμες ράβδους. Συνήθως ένα τέτοιο ανώτατο όριο είναι οι 32 ίντσες. Με τη βοήθεια λαβής που προσαρτάται στην κεφαλή, επιτρέπεται η μέτρηση διαμέτρων εντός οπών σε μεγαλύτερο βάθος (Σχ. 2-26).



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-26: Σετ εσωτερικού μικρομέτρου με εναλλάξιμες μετρητικές ράβδους και λαβή για την εισχώρηση του οργάνου σε βαθύτερες οπές.

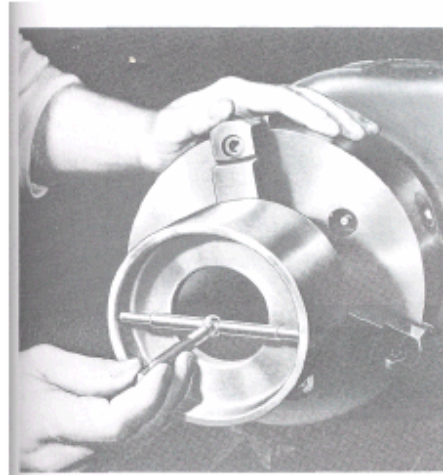
Μετρήσεις διαμέτρων οπών με μεταφορά. Μικρές οπές δεν μπορούν να μετρηθούν απ' ευθείας εξαιτίας περιορισμών χώρου. Είναι δυνατόν πάντως να μεταφέρουμε την εσωτερική διάσταση που θέλουμε να μετρηθεί με τη βοήθεια κατάλληλου μέσου που παριστά το αντεστραμμένο ομοίωμα του εσωτερικού μήκους. Το εξωτερικό πλέον μέγεθος μπορεί να μετρηθεί με ένα τυπικό εξωτερικών διαστάσεων μικρόμετρο. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών μεταφοράς είναι οι εξής:

Οι συσκευές μικρών οπών (Σχ. 2-27), αποτελούνται από μία διαιρούμενη σφαίρα που μπορεί να επεκταθεί στην επιθυμητή μετρούμενη διάμετρο. Περιστρέφοντας το ραβδωτό μοχλό της λαβής μετατοπίζεται ο εσωτερικός κοχλίας του οποίου το κωνικό άκρο προκαλεί το διαχωρισμό των ημισφαιρίων της σφαίρας, έως την απαιτούμενη έκταση. Ο πραγματικός διαχωρισμός των ημισφαιρίων είναι μικρός, στα επίπεδα του 1/8 της ίντσας και για το λόγο αυτό τέτοιες συσκευές πωλούνται σε σετ που περιλαμβάνουν ευρύ φάσμα διαστάσεων.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-27: Συσκευές μικρών οπών για τη μεταφορά πραγματικής διάστασης της οπής, η οποία στη συνέχεια μετράται με συμβατικού τύπου μικρόμετρο.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-28: Η χρήση τηλεσκοπικών συσκευών για τη μεταφορά της διάστασης μιας οπής και τη μέτρηση στη συνέχεια με εξωτερικό μικρόμετρο.

Οι τηλεσκοπικές συσκευές (Σχ. 2-28) έχουν ένα σωληνοειδές μέλος που συνδέεται με μια λαβή από τη δεξιά πλευρά του. Το σωληνοειδές φέρει ένα ή και δύο έμβολα τα οποία συγκρατούνται με τη βοήθεια ελατηρίων. Τα ελεύθερα άκρα των εμβόλων, ή στην περίπτωση του ενός εμβόλου η τελική επιφάνεια του σταθερού μέλους, έχουν σφαιρική μορφή και έχουν υποστεί σκλήρυνση για να εξυπηρετήσουν το σκοπό τους ως επιφάνειες επαφής. Κατά την εισχώρησή τους στην οπή, τα αρχικώς συσπειρωμένα έμβολα, ελευθερώνονται και εκτείνονται σε μήκος ισοδύναμο με τη διάμετρο του αντικειμένου. Σε αυτή τη θέση τα έμβολα κλειδώνουν ξανά με τη βοήθεια ενός κοχλίας στο άκρο της λαβής. Το σταθερό πλέον μήκος της ράβδου μπορεί να μετρηθεί και πάλι με τη βοήθεια ενός μικρομέτρου εξωτερικών διαστάσεων.

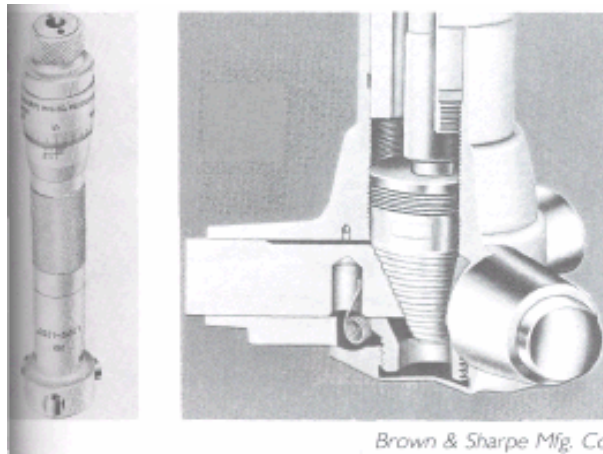
Μικρόμετρο εσωτερικών διαστάσεων με επαφή τριών σημείων. Αρκετές από τις δυσκολίες που συνδέονται με τις μετρήσεις διαμέτρων οπών με μικρόμετρα, μπορούν να ελαττωθούν με τη χρήση του μικρομέτρου τριών επαφών εσωτερικά (Σχ. 2-29). Η ικανότητα να ευθυγραμμίζεται από μόνο του είναι ιδιαίτερως χρήσιμη σε μετρήσεις μεγάλου βάθους και για το σκοπό αυτό μια προέκταση μπορεί να προσαρτηθεί στο κύριο όργανο.

Ένα σπирάλ στη βάση μιας κωνικής επιφάνειας λειτουργεί ως έδραση για τους άξονες των τριών αυτοευθυγραμμιζόμενων μετρητικών σημείων. Αυτά περιλαμβάνονται στην κεφαλή του οργάνου και απέχουν μεταξύ τους 120° . Μετατοπίζοντας τον κώνο

κατά τον άξονά του, απλώνονται ακτινικά τα σημεία επαφής με αποτέλεσμα την κάλυψη μεγαλύτερης επιφάνειας ένω ή αντίστροφη κίνηση προκαλεί στα ελατήρια των σημείων επαφής την επιστροφή τους. Ο κώνος βρίσκεται σε επαφή με μία άτρακτο της οποίας η αξονική θέση εμφανίζεται στο περίβλημα και τον κυλινδρικό κανόνα του μικρομέτρου. Η μικρότερη βαθμονόμηση του μικρομέτρου ποικίλει από 0,0001 σε 0,0005 ίντσες, ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθος του οργάνου.

Τα μικρόμετρα αυτού του τύπου διατίθενται σε μεγέθη για μέτρηση διαμέτρων από 0,275 έως 8 ίντσες. Ανεξάρτητα βοηθητικά εργαλεία καλύπτουν φάσμα μετρήσεων από 0,075 έως 1 ίντσα. Συνήθως, στην αγορά τα βρίσκει κανείς σε σετ ώστε να καλύπτεται ακόμα πιο ευρύ φάσμα μετρήσεων.

Οι περιοδικοί έλεγχοι και οι ρυθμίσεις αυτών των οργάνων με τη βοήθεια ενός τυποποιημένου δακτυλίου και την εφαρμογή των διαδικασιών προσαρμογής του απλού μικρομέτρου (Σχ. 2-21 και 2-22) κρίνεται σκόπιμη.



**Σχ. 2-29: Μικρόμετρο εσωτερικών διαστάσεων τριών επαφών με ιδιότητες αυτό κεντραρίσματος.
(Αριστερά) Γενική όψη
(Δεξιά) Τμηματική τομή που παρουσιάζει το μηχανισμό ελεγχόμενης έκτασης των εμβόλων επαφής.**

ΕΙΔΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΑ ΣΤΑ ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΑ

Τα ακόλουθα παραδείγματα οργάνων που βασίζονται στη χρήση του κοχλίας ως μετρητικό στέλεχος σκιαγραφούν τις εκτεταμένες χρήσεις της αρχής λειτουργίας του μικρομέτρου.

Μικρόμετρα με δείκτη (Σχ. 2-30). Ο δείκτης που βρίσκεται σε συμφωνία με την κίνηση της ατράκτου του μικρομέτρου φέρει διαβαθμίσεις σε 100 ή 50 μικροίντσες. Η μικρότερη διαβάθμιση του κυλινδρικού κανόνα είναι σε χιλιοστά και το περίβλημα του εικονιζόμενου οργάνου δεν έχει βαθμονομήσεις βερνιέρου. Υπάρχουν, όμως, άλλοι τύποι που διαθέτουν βερνιέρο στο περίβλημα και σε αυτούς ο δείκτης λειτουργεί ως όργανο επιβεβαίωσης.

Στις μετρήσεις με τα όργανα που δε διαθέτουν βερνιέρο, ο κοχλίας μετακινείται σε επίπεδο χιλιοστού κοντά στο τελικό μέγεθος το οποίο ανιχνεύει ο δείκτης, όταν βρίσκεται σε θέση ηρεμίας. Στην περίπτωση αυτή, το μετρούμενο μέγεθος προκύπτει από

συνδυασμό της τιμής που εμφανίζεται στον κυλινδρικό κανόνα και εκείνης από το δείκτη του οργάνου. Ο ενσωματωμένος δείκτης βελτιώνει την επαναληπτική ακρίβεια του μικρομέτρου και βοηθά στην προσαρμοστικότητα του οργάνου, εξαιτίας των παρακάτω:

α) Η σταθερή δύναμη εφαρμογής κατά τη μέτρηση, η οποία ελέγχεται από την κίνηση του δείκτη, είναι πολύτιμη για συγκριτικές ή επαναληπτικές μετρήσεις.

β) Σφάλματα που προκύπτουν από εσφαλμένη εκτίμηση της θέσης του βερνιέρου εξαλείφονται.

γ) Το μικρόμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας ρυθμιζόμενος μετρητής διακένων με πρόσθετες δυνατότητες ενδείξεων, όταν το εύρος των διαφορών μεγεθών δεν υπερβαίνει το πεδίο ενδείξεων του δείκτη. Ένας μοχλός επιτρέπει την επιστροφή της ατράκτου, όταν τοποθετούμε το αντικείμενο, με σκοπό να μην καταστρέψει την επιφάνειά του.

δ) Εσφαλμένες μετρήσεις διαμέτρων οφειλόμενες σε κεκλιμένη τοποθέτηση του οργάνου, αντί αυτό να είναι σε συμφωνία με τον άξονα, αποφεύγονται ευκολότερα.

(Η ελάχιστη παρατηρούμενη τιμή μέτρησης από το μικρόμετρο θεωρείται ως η πραγματική τιμή για τη διάμετρο και προκύπτει κατά τη μέτρηση στο αξονικό επίπεδο ενός κυλινδρικού αντικειμένου.)



Federal Products Corp.

Σχ. 2-30: Μικρόμετρο με δείκτη και προσαρμοζόμενους δείκτες ορίων ανοχών. Χρήσιμο ως συμβατικό μικρόμετρο και επίσης ως όργανο ένδειξης του ενδιάμεσου κενού.



The L. S. Starrett Co.

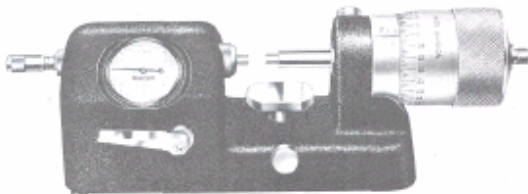
Σχ. 2-31: Μικρόμετρο βάθους για τη μέτρηση της απόστασης εξέχοντων επιφανειών από επίπεδη επιφάνεια Αναφοράς.

Τα μικρόμετρα βάθους χρησιμοποιούνται για μετρήσεις αποστάσεων επιφανειών του αντικειμένου από μια επίπεδη επιφάνεια αναφοράς (Σχ. 2-31). Παραδείγματα εφαρμογών είναι η μέτρηση του ύψους σκαλοπατιών, το βάθος προεξοχών ή της κατώτερης επιφάνειας μιας οπής και το ύψος μιας επιφάνειας του αντικειμένου σε σχέση με μια επιφάνεια αναφοράς.

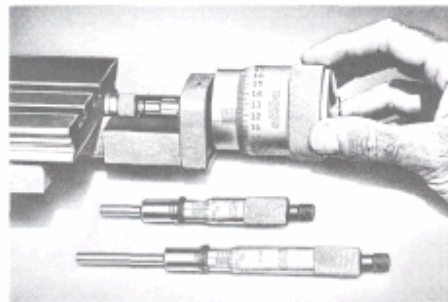
Τα μικρόμετρα με τράπεζα εργασίας (Σχ. 2-32) μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων και συγκεκριμένα όταν αυτές αφορούν μικρά αντικείμενα. Η σταθερή θέση του οργάνου κατά τη διαδικασία της μέτρησης επιτρέπει πιο ακριβή εργασία και η βαριά βάση προσδίδει στο όργανο ακαμψία. Τα μικρόμετρα αυτού του τύπου φέρουν μεγάλης διαμέτρου άτρακτο και κυλινδρικό κανόνα, επιτρέποντας έτσι

καλύτερο βήμα σπειρώματος και επομένως μεγαλύτερη ακρίβεια και απ' ευθείας ενδείξεις σε δέκατα του χιλιοστού ή και μικρότερες.

Οι κεφαλές μικρομέτρων χωρίς τη συνεργασία των σκελετών βρίσκουν εφαρμογές στο πεδίο κατασκευής οργάνων. Μια από τις συχνότερες χρήσεις είναι η ελεγχόμενη μετατόπιση ολισθητήρων είτε μεμονομένων είτε διασταυρούμενων (Σχ. 2-33). Στην κοινή πρακτική, το μικρόμετρο θα μετακινήσει τον ολισθητήρα αντίθετα από την εφαρμοζόμενη μέσω ελατηρίου πίεση, η οποία εφαρμόζεται για τη διασφάλιση θετικής επαφής ανάμεσα στην άτρακτο του οργάνου και του σημείου επαφής στον ολισθητήρα. Τα ελατήρια που ασκούν ομοιόμορφη δύναμη κατά μήκος της ολοκληρωμένης μετατόπισης του ολισθητήρα, είναι προτιμότερα.



Σχ. 2-30: Μικρόμετρο με τράπεζα εργασίας για ευαίσθητες μετρήσεις μικρών τεμαχίων. Το ενδεικτικό όργανο εξυπηρετεί βοηθητικές λειτουργίες, όπως η διασφάλιση της ομοιόμορφης κατανομής της δύναμης και η χρήση της συσκευής για συγκριτικές μετρήσεις



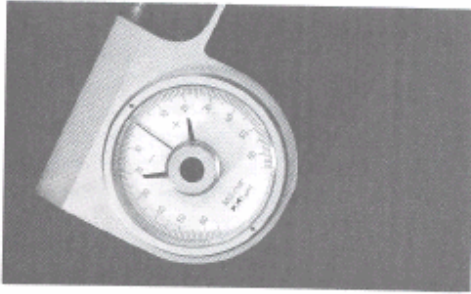
The L. S. Starrett Co.

Σχ. 2-31: Κεφαλές μικρομέτρων ως ανεξάρτητες μονάδες, τοποθετημένες στον ολισθητήρα του οργάνου.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΟΥ

Η τεχνολογική πρόοδος της παρουσίασης των ενδείξεων σε αναλογικά όργανα και σε ψηφιακά ηλεκτρονικά, η οποία συζητήθηκε και στο κομμάτι των παχυμέτρων ενσωματώθηκε και στα μικρόμετρα. Το μικρόμετρο συγκρίσεων με αναλόγιο (Σχ. 2-34) φέρει έναν δείκτη αντί της κλίμακας βερνιέρου που υπάρχει στο περίβλημα του περικοχλίου και τον κυλινδρικό κανόνα των κοινών μικρομέτρων, ο οποίος προσθέτει στα αποτελέσματα των μετρήσεων ακρίβεια και ταχύτητα.

Το ψηφιακό μικρόμετρο (Σχ. 2-35) το οποίο φέρει οθόνη, δε διαθέτει κλίμακα βαθμονομήσεων. Η ανάγνωση των αποτελεσμάτων είναι εύκολη μέσω της οθόνης, η οποία πρέπει έπειτα από κάθε θέση μέτρησης να ξαναρυθμιστεί στο μηδέν. Επιπλέον, υπάρχει η επιλογή της ανάγνωσης σε ίντσες ή σε χιλιοστά του μέτρου. Τέλος, εξαιτίας της παρέμβασης της ηλεκτρονικής, τα μικρόμετρα αυτά μπορούν σε συνεργασία με υπολογιστές να χρησιμοποιηθούν σε στατιστικές εκτιμήσεις και συλλογή δεδομένων (Σχ. 2-36).



Mahr Gage Co. Inc. **Σχ. 2-34: Μικρόμετρο συγκρίσεων με αναλόγιο**



Mahr Gage Co. Inc. **Σχ. 2-35: Ψηφιακό μικρόμετρο**



Mahr Gage Co. Inc. **Σχ. 2-36: Ψηφιακό μικρόμετρο με μικροϋπολογιστή**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα βοηθητικά πρότυπα όργανα μέτρησης ενσωματώνουν το άμεσο ή αντίστροφο φυσικό ομοίωμα της διάστασης του αντικειμένου που θέλουμε να μετρήσουμε. Το όργανο μπορεί να αντιπροσωπεύει είτε τη διάσταση στην ονομαστική της τιμή (κύρια μετρητικά όργανα) είτε μία από τις οριακές τιμές ως αποτέλεσμα των καθορισμένων ανοχών της διάστασης (μετρητής ορίων).

Οι κύριοι μετρητές που αποτελούν άμεσο ομοίωμα χρησιμοποιούνται πρωτίστως για τη ρύθμιση οργάνων σύγκρισης μετρούμενων διαστάσεων ή ως πρότυπα αναφοράς για τις περιοδικές ρυθμίσεις των οργάνων που τις απαιτούν. Διαστασιολογούνται για να αντιπροσωπεύσουν τη μετρούμενη διάσταση είτε στην κανινική της τιμή είτε στη μέση τιμή του εύρους των ανοχών.

Οι μετρητές ορίων κατασκευάζονται να περιέχουν το αντίστροφο ομοίωμα της διάστασης και χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση ελέγχων. Επειδή τα τεμάχια κατασκευάζονται, κατά κανόνα, με συγκεκριμένες ανοχές, το αποδεκτό μέγεθος του τεμαχίου προσδιορίζεται από τις οριακές τιμές των διαστάσεων. Σύμφωνα με αυτό, για τον έλεγχο από πρότυπα όργανα μέτρησης των κρίσιμων διαστάσεων σε ένα τεμάχιο απαιτούνται δύο όργανα και χρησιμοποιούνται για να αποτελέσουν τα σχεδιαστικά όρια της διάστασης.


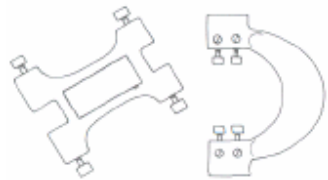



Το τμήμα του οργάνου που πραγματοποιεί τη μέτρηση κατασκευάζεται ώστε να διατηρεί συγκεκριμένο μέγεθος. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται με τη βοήθεια άκαμπτων συστατικών που τοποθετούνται στο όργανο, παρόλο που όργανα με ρυθμιζόμενα μέλη χρησιμοποιούνται επίσης ως πρότυπα ιδιαίτερα σε εφαρμογές μετρήσεων ορίων. Για το σκοπό της κατάταξης των πρότυπων συσκευών, πάντως, ουσιαστικό χαρακτηριστικό θα πρέπει να θεωρηθεί η λειτουργική εξυπηρέτησή τους. Όργανα που αντιπροσωπεύουν σταθερά μεγέθη κατά τη διάρκεια της σχεδιαζόμενης χρήσης τους, ανήκουν στη μεγάλη κατηγορία των πρότυπων οργάνων.

Τα όργανα μέτρησης ορίων μπορούν να σχεδιαστούν για τον έλεγχο μεμονωμένης απόστασης (μήκος ή διάμετρος) ή μπορούν να εξυπηρετήσουν ελέγχους σύνθετων διαστάσεων. Έτσι μπορεί να περιλαμβάνουν περιφέρειες σε συνδυασμό με διαστάσεις μήκους, ανεξάρτητα σχήματα ή σε συνδυασμό με διαστάσεις μήκους, όπως κώνοι και κύλινδροι ή ακόμα και συσχετισμό διαφόρων σχημάτων και μεγεθών και την τοποθέτησή τους σε μεμονωμένους ή συνδεδεμένους σκελετούς οργάνων.

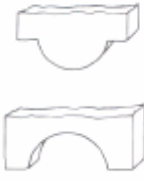

3.1 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Ο Πίνακας 3-1 παρουσιάζει τους πιο κοινούς τύπους πρότυπων οργάνων και τα καταχωρεί σε κάποιες αυθαίρετες κατηγορίες. Αυτές οι κατηγορίες δε βασίζονται σε τυπική κατάταξη αλλά επιλέχθηκαν για τη διευκόλυνση της επιθεώρησης της πολυπλοκότητας των εργαλείων που υπόκεινται στη γενική αρχή των πρότυπων οργάνων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΝΗΘΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΧΕΔΙΟ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΠΑΡΑΔΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Κύρια μετρητικά όργανα		Ονομαστικές διαστάσεις ή όρια μετρητικού πεδίου	Ρύθμιση μετρητικών οργάνων συγκριτικού τύπου, βαθμονόμηση πνευματικών οργάνων, ρύθμιση μικρομέτρων, έλεγχος ελεγκτήρων ορίων
Μετρητικά όργανα οριακού μήκους		Διάσταση μήκους ή διάμετρος	Έλεγχος διαμέτρου κυκλικών εξωτερικών ή εσωτερικών επιφανειών ή της απόστασης μεταξύ παράλληλων οριακών επιφανειών. Η μέτρηση διεξάγεται με εφαρμογή ακολούθως των ελεγκτήρων ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ της διάστασης.
Κυλινδρικοί ελεγκτήρες ορίων		Μέγιστη και ελάχιστη κατάσταση υλικού κυκλικών τεμαχίων. Η μέτρηση διεξάγεται σε δακτυλιοειδή ζώνη ανοχών	Έλεγχος της συνδυασμένης επίδρασης των μεταβολών μεγέθους και των γεωμετρικών ανωμαλιών κυκλικών εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών.
Ελεγκτήρες γεωμετρικής μορφής		Τυπικές γεωμετρικές μορφές ανεξάρτητες ή σε συνδυασμό με μεγέθη	Έλεγχος ευθύτητας, καθετότητας κλπ, με ευθείες πλευρές, κύβους. Γεωμετρικά σώματα, όπως κώνοι με κωνικούς ελεγκτήρες.
Ελεγκτήρες πολλαπλών διαστάσεων		Επιφάνειες των οποίων η ακρίβεια καθορίζεται από τη συνδυασμένη επίδραση πολλών παραμέτρων.	Σπειρώματα, οδοντώσεις, σφήνες κλπ, των οποίων η μορφή της επιφάνειας, οι κρίσιμες διαστάσεις και η σχετική θέση τους πρέπει να ελεγχθεί, ως συσσωρευτική επίδραση στο ενεργό μέγεθος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1. (Συνέχεια)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΧΕΔΙΟ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΠΑΡΑΔΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Περιμετρικοί ελεγκτήρες		Η συμμόρφωση της περιμέτρου του αντικειμένου με τον ελεγκτήρα	Έλεγχος ακτίνων, κοιλοτήτων, βήματος σπειρώματος κοχλιών, περίμετρος οδοντώσεων κλπ, με σύζευξη οργάνου και αντικειμένου και στη συνέχεια παρατήρηση των καταστάσεων σύμπτωσης είτε άμεσα είτε με τη βοήθεια οπτικών μεγεθύνσεων
Ελεγκτήρες συναρμολογήσεων		Μέγεθος και γεωμετρική μορφή ανεξάρτητων επιφανειών, όπως και των συσχετίσεών τους, δηλαδή την ομοαξονικότητα, την ευθυγράμμιση κλπ	Στελέχη με αρκετές ομοαξονικές σπές. Μέγεθος, ευθυγράμμιση και θέση εγκοπών, εύρεση θέσης αυλακώσεων κλπ.

3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Τα πρότυπα όργανα αποτελούν σημαντικό βοήθημα για τις εναλλακτικές κατασκευές. Η ξεχωριστή θέση στους ελέγχους των εναλλακτικών κατασκευών, που απολαμβάνουν τα όργανα αυτά, ανταγωνίζεται εκείνη των ενδείξεων των οργάνων σύγκρισης. Τα όργανα σύγκρισης έχουν δύο πλεονεκτήματα: (1) μεγαλύτερη και πιο αξιόπιστη ευαισθησία από την κρίση και τις ικανότητες του χειριστή των πρότυπων οργάνων και (2) την ικανότητα προσδιορισμού σε θετικές τιμές της απόκλισης από μια ονομαστική διάσταση.

Τα τελευταία αυτά όργανα, πάντως, απλά αντικαθιστούν τα πρότυπα σε κάποιες εφαρμογές τους ως όργανα εργασίας ή ελέγχου. Ακόμα και τα πιο ευαίσθητα, όμως, όργανα σύγκρισης για τη ρύθμισή τους χρειάζονται τα πρότυπα.

Τα πρότυπα παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα και ο σημαντικός τους ρόλος τα καθιστά αναγκαία για την παραγωγική διαδικασία. Κάποια από αυτά τα πλεονεκτήματα είναι:

1) *Συνέπεια σε σχήμα και μέγεθος.* Σφάλματα οφειλόμενα σε αποκλίσεις από την αρχική ρύθμιση, σε λανθασμένες ευθυγραμμίσεις, σε επίδραση διαφοροποιήσεων της δύναμης και σε άλλους εξωγενείς παράγοντες που επιβάλλει η αρχική ρύθμιση και η

περιοδική διόρθωση πολλών οργάνων σύγκρισης, στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν στα πρότυπα.

2) *Θετική πληροφόρηση για διαστάσεις.* Οι συσκευές ορίων παρέχουν σαφείς θετικές ή αρνητικές αποφάσεις, παρατηρώντας την αποδοχή του εξεταζόμενου τεμαχίου. Εκτός από τη λογική φροντίδα στο χειρισμό του οργάνου, ο ανθρώπινος παράγοντας ελάχιστα επηρεάζει την κρίση.

3) *Φορητότητα και ανεξαρτησία από πηγές ενέργειας.* Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε τμήμα του εργοστασίου και να μεταφερθούν ή αποσταλούν χωρίς την ανάγκη για βοηθητικό εξοπλισμό και ρυθμίσεις.

4) *Έλεγχος σύνθετων σχημάτων και συσχετίσεων.* Τα πρότυπα όργανα μπορούν να σχεδιαστούν να ελέγχουν συνδυασμούς διαφόρων διαστάσεων που περιλαμβάνουν μήκη, διαμέτρους και γωνίες. Άλλοι τύποι χρησιμοποιούνται για την εξέταση αλληλοσχετιζόμενων χαρακτηριστικών μεγέθους, τοποθεσίας, σχήματος, ευθυγράμμισης κλπ. Στην τελευταία αυτή περίπτωση, το όργανο ελέγχει τη συνδυασμένη επίδραση αυτών των παραμέτρων ως προς τη λειτουργική ακρίβεια των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών, καθορίζοντας μια συνθήκη γνωστή ως *ιδεατό μέγεθος*.

5) *Λειτουργικός έλεγχος.* Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στον έλεγχο τμημάτων του τεμαχίου του οποίου οι σημαντικές γεωμετρικές ανωμαλίες δεν μπορούν να ανιχνευθούν από όργανα που δεν παρέχουν ολοκληρωμένο αντεστραμμένο ομοίωμα του κρίσιμου σημείου του τεμαχίου.

6) *Ομοιόμορφα πρότυπα αναφοράς.* Για απλά ή και σύνθετα σχήματα, ακόμα και με πολλαπλές διαστάσεις ανοχών, τα πρότυπα όργανα θεωρούνται σημαντικά για συσχετιζόμενες μετρήσεις μεταξύ του σταδίου της κατασκευής και του ελέγχου, μεταξύ προμηθευτή και παραλαμβάνοντος, παράλληλης ή συμπληρωματικής παραγωγής εναλλακτικών τεμαχίων σε διαφορετικά εργοστάσια κλπ.

7) *Οικονομία.* Το σχετικά μέτριο κόστος των πρότυπων οργάνων συχνά θέτει τον έλεγχο τεμαχίων με τη βοήθεια αυτών ως την πιο οικονομική λύση για τη διεξαγωγή επαναληπτικών μετρήσεων.

3.3 ΚΥΡΙΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

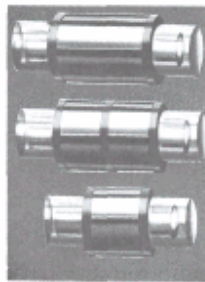
Ο προσδιορισμός κύρια μετρητικά όργανα αναφέρεται στις εφαρμογές των οργάνων και όχι στο ποιοτικό τους επίπεδο, αν και τα πρότυπα όργανα σε κύριες εφαρμογές απαιτείται να ανήκουν στις υψηλότερες τάξεις ποιότητας κατασκευής. Η προσδιορισμένη ακρίβεια τους, πάντως, μπορεί να θεωρηθεί ως η συνέπεια με την οποία αναμένεται να εργαστούν.

Χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές εκ των οποίων, όμως, καμία δεν περιλαμβάνει απ' ευθείας μετρήσεις παραγόμενων τεμαχίων. Είναι πρότυπα αναφοράς και χρησιμοποιούνται για την αρχική ρύθμιση, τον έλεγχο, την προσαρμογή και τις περιοδικές ρυθμίσεις διαφορετικού τύπου μετρητικών οργάνων περιλαμβάνοντας και τους μετρητές ορίων.

Για κάθε ονομαστική διάσταση χρησιμοποιείται συνήθως ένα κύριο μετρητικό όργανο. Υπάρχουν βέβαια και κάποιες εξαιρέσεις στο γενικό αυτό κανόνα, όπως στην περίπτωση συγκεκριμένων τύπων πνευματικών οργάνων με προσαρμοζόμενες ενισχύσεις. Στις περιπτώσεις αυτές, τα κύρια όργανα απαιτείται να είναι σε ζευγάρια ή να

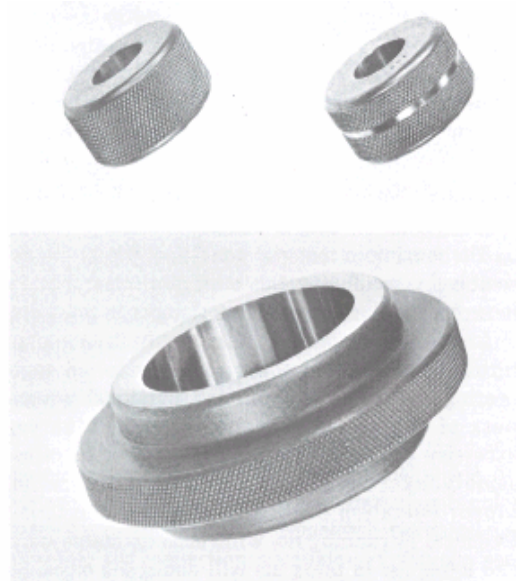
περιλαμβάνουν δύο διαστάσεις, αντιπροσωπεύοντας το εύρος ρύθμισης ενός συγκεκριμένου οργάνου σύγκρισης.

Στον Πίνακα 3-2 φαίνονται μερικές τυπικές εφαρμογές για τα κύρια μετρητικά όργανα. Για κάθε κατηγορία εφαρμογών ο πίνακας δίνει παραδείγματα αρχών διαστασιολόγησης, αν και δε θα πρέπει να θεωρηθούν στερεότυπα. Τέλος, στον πίνακα αναφέρονται χαρακτηριστικοί τύποι κυρίων οργάνων, τα οποία παρουσιάζονται στα Σχήματα 3-1 έως 3-4.



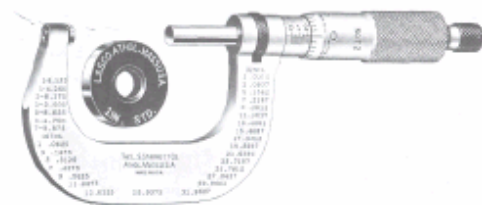
Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 3-1: (Αριστερά) Κύριοι ρυθμιστικοί δίσκοι σε τρεις βασικές μορφές. Οι σχεδιασμοί μόνης διαμέτρου χρησιμοποιούνται για συγκριτικά όργανα και οι διπλής, για τη ρύθμιση ηλεκτήρων αξόνων.
Σχ. 3-2: (Δεξιά) Κύριος ηλεκτήρας τρυμάτων.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 3-3: Κύριοι ρυθμιστικοί δακτύλιοι για τη ρύθμιση πνευματικών οργάνων. (Πάνω) Ένα ζευγος δακτυλίων για μικρές διαμέτρους. (Κάτω) Ρυθμιστικός δακτύλιος μεγάλων.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 3-4: Κύριος ρυθμιστικός δακτύλιος διαμέτρου μίας ίντσας. Χρησιμοποιείται ως πρότυπο για μικρόμετρα με πεδίο μέτρησης 1-2 ίντσες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΡΧΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	ΤΥΠΙΚΟ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟ ΟΡΓΑΝΟ	
		ΜΟΡΦΗ	ΣΧΗΜΑ
Ρύθμιση μετρητικού οργάνου τύπου σύγκρισης	Το μέγεθος σχεδιασμού του μετρούμενου αντικειμένου ή της μέσης τιμής του αναμενόμενου εύρους μεγέθους κλπ στην περίπτωση των μετρήσεων για διαχωρισμό	Κύριος ρυθμιστικός δίσκος	3-1
Έλεγχος μετρητών ορίων	Το μέγεθος σχεδιασμού του κυρίου μετρητικού οργάνου θα είναι ανάλογο με το οριακό μέγεθός του μετρητή ορίων με σκοπό τον έλεγχο της μέγιστης κατάστασης υλικού του μετρητή	Κωνοειδή κύρια δακτυλίδια για τον έλεγχο κωνοειδών μετρητών, τύπου ελεγκτήρων τρυμάτων	3-2
Δημιουργία πεδίου ρυθμίσεων για προσαρμογές πνευματικών μετρητικών οργάνων	Τα όρια του μεγέθους αποτελούν ένα άνοιγμα το οποίο α) συμπεριλαμβάνει την αναμενόμενη διασπορά του πραγματικού μεγέθους του τεμαχίου και β) προσαρμόζεται στο πεδίο ενδείξεων του οργάνου στην επιλεγμένη διεύρυνση	Κύρια ρυθμιστικά δακτυλίδια για ρυθμίσεις πνευματικών μετρητικών οργάνων	3-3
Τυποποιήσεις ρυθμίσεως μετρητικών οργάνων	Το ονομαστικό μέγεθος της διάστασης αναφοράς	Η τυποποιημένη ίντσα για τη ρύθμιση του πεδίου των μικρομέτρων από 1 σε 2 ίντσες	3-4

3.4 ΑΡΧΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΩΝ

Οι μετρητές αυτοί κατασκευάζονται σε μεγέθη ενδεικτικά των οριακών μεγεθών σχεδίασης της εξεταζόμενης διάστασης. Όταν το μέγεθος του τεμαχίου ή το σχήμα του διαφέρει από τις αντίστοιχες διαστάσεις του οργάνου μία από τις παρακάτω περιπτώσεις θα υφίσταται ανάλογα με τις συνθήκες διαστασιολόγησης του τεμαχίου.

α) Το στοιχείο του τεμαχίου που εξετάζεται είναι μικρότερο από τα ανεκτά όρια που καθορίζονται από το σχέδιο. Στην περίπτωση αυτή, είναι πιθανή η σύζευξη τεμαχίου και οργάνου, αν και η επαφή θα είναι τμηματική και στο υπόλοιπο των επιφανειών επαφής θα υπάρχει κενό.

β) Το στοιχείο του τεμαχίου που εξετάζεται είναι μεγαλύτερο από τα προσδιορισμένα σχέδια. Εξέχων τμήμα στο τεμάχιο θα εμποδίσει τη σύζευξη τεμαχίου και οργάνου.

Όποτε ένας συγκεκριμένος μετρητής ορίων μπορεί να εισχωρήσει σε ένα τεμάχιο ή το τεμάχιο να εισχωρήσει σε αυτόν, η σύζευξη του εξεταζόμενου τεμαχίου με ένα άλλο, του οποίου τα αντίστοιχα όρια δεν υπερβαίνουν εκείνα του μετρητή, μπορεί να πραγματοποιηθεί. Κατά συνέπεια το τεμάχιο γίνεται αποδεκτό για συναρμολόγηση. Στο εξής, οι μετρητές ορίων οι οποίοι κατά τη σύζευξή τους με το τεμάχιο καθορίζουν τις παραπάνω συνθήκες αποδοχής θα ονομάζονται μετρητές ΠΕΡΝΑ.

Ορισμός: Οι μετρητές ορίων ΠΕΡΝΑ, περιέχουν το αντεστραμμένο ομοίωμα της μετρούμενης διάστασης στη μέγιστη ανεκτή συνθήκη του υλικού. Το όριο αυτής της

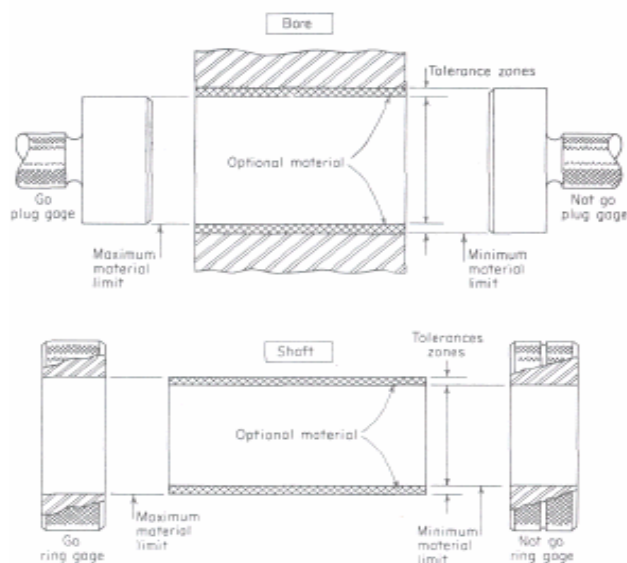
συνθήκης είναι: (α) το ελάχιστο μέγεθος μιας εσωτερικής επιφάνειας και (β) το μέγιστο όριο μιας εξωτερικής και επηρεάζει τη σύζευξη δίνοντας το ελάχιστο διάκενο σε ελεύθερες συναρμογές και τη μέγιστη παρεμβολή σε συναρμογές υπό πίεση.

Με σκοπό να διασφαλιστεί συναρμογή κατά την κατασκευή, οι απαιτήσεις για τις διαστάσεις ενός τεμαχίου πρέπει να εξασφαλίζουν τη λειτουργικότητα των στοιχείων που συνδέονται. Ενώ η υπερβολική σύσφιξη μπορεί να εμποδίσει τη διαδικασία σύζευξης, η υπερβολική χαλαρότητα θα θέσει σε κίνδυνο τη σωστή λειτουργία των συνδεόμενων τεμαχίων. Σε κινούμενες συναρμογές, μάλιστα, η υπερβολική χαλαρότητα θα προκαλέσει υπερβολικό τζογάρισμα ενώ σε συναρμογές υπό πίεση θα υπερνικήσει το ζητούμενο της παρατεταμένης στερεής σύνδεσης.

Γίνεται, επομένως, κατανοητό, ότι για τη διασφάλιση της λειτουργικής ακρίβειας του τεμαχίου, η ελάχιστη συνθήκη του υλικού θα πρέπει να ελέγχεται. Το συστατικό του τεμαχίου στην ελάχιστη κατάσταση υλικού πρέπει τουλάχιστον να συμπληρώνει το κενό του οποίου οι διαστάσεις είναι καθορισμένες ως το ελάχιστο όριο του υλικού, κατά το σχεδιασμό του προϊόντος. Όταν ένα πρότυπο όργανο μετρήσεων κατασκευάζεται ακριβώς στο οριακό μέγεθος, το τεμάχιο δε θα συζευχθεί εύκολα με αυτό εκτός αν η πραγματική κατάσταση υλικού του συστατικού του τεμαχίου είναι μικρότερη από την καθορισμένη ελάχιστη τιμή. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, πάντως, το τεμάχιο δε γίνεται αποδεκτό για λειτουργικούς σκοπούς. Το όργανο που εξετάζει την ελαττωματική αυτή συνθήκη με την εισχώρηση του στο τεμάχιο ή με την εισχώρηση του τεμαχίου σε αυτό είναι γνωστό με την ονομασία ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ μετρητής, σε αντίθεση με τον ΠΕΡΝΑ μετρητή που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Ορισμός: Οι ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ μετρητές ορίων περιέχουν το αντεστραμμένο ομοίωμα της μετρούμενης διάστασης στην ελάχιστη αποδεκτή κατάσταση υλικού. Αν ο μετρητής αυτός συζευχθεί με το εξεταζόμενο τεμάχιο, προκύπτει ότι η εξεταζόμενη διάσταση είναι λάθος και απορρίπτεται.

Οι βασικές αρχές των ελέγχων με τη βοήθεια των μετρητών ορίων παρουσιάζονται σχηματικά στο Σχήμα 3-5 χρησιμοποιώντας για το παράδειγμα κυλινδρικά τεμάχια.



Σχ. 3-5: Σχηματική απεικόνιση των αρχών διαστασιολόγησης των ελεγκτήρων ορίων.

3.5 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΗΚΟΥΣ

Η λειτουργία αυτών των μετρητών είναι ο έλεγχος της εξεταζόμενης κρίσιμης διαμέτρου του αντικειμένου, ώστε να βρίσκεται εντός των προσδιορισμένων ορίων. Για την εξακρίβωση της αποδοχής, το αντικείμενο πρέπει να ελεγχθεί και στα δύο όρια της διάστασης με τη βοήθεια συνήθως των μετρητών ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ.

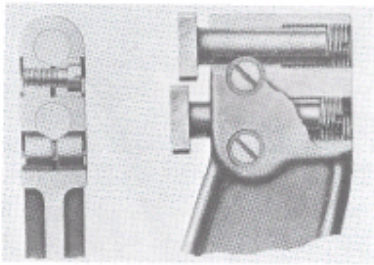
Ο έλεγχος των οριακών μεγεθών της διάστασης επιτυγχάνεται με δύο ξεχωριστές συσκευές, αλλά οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι σχεδιασμοί μετρητών επιτρέπουν την εκτέλεση των λειτουργιών ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ με τα κατάλληλα μέλη μιας και μόνο συσκευής. Τα μέλη αυτά μπορεί να τοποθετηθούν σε αντικριστές θέσεις πάνω στο όργανο ή και ως ένα σώμα σε μοναδικό μέλος που περιέχει και τα δύο μεγέθη ευθυγραμμισμένα. Το μέγεθος ΠΕΡΝΑ μπροστά και το μέγεθος ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ πίσω. Η συγκεκριμένη ποικιλία συνδυασμών ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ συσκευών είναι επίσης γνωστή ως «προοδευτικοί μετρητές».

Η διάσταση μήκους που ελέγχεται μπορεί να είναι η απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων επιφανειών ή η διάμετρος μιας κυλινδρικής επιφάνειας. Οι διαστάσεις αυτές μπορεί να ορίζονται είτε από εσωτερικά τοιχώματα (εξωτερική διάσταση) είτε από εξωτερικά τοιχώματα (εσωτερική διάσταση). Τα εξωτερικά μήκη ελέγχονται με μετρητές ορίου αξόνων μεγίστου-ελαχίστου και τα εσωτερικά μήκη με ελεγκτήρες τρυμάτων μεγίστου-ελαχίστου.

Οι μετρητές ορίων για τον έλεγχο μίας μόνο διάστασης μπορούν να κατασκευαστούν ως σταθερά ή ως ρυθμιζόμενα όργανα. Τα τελευταία επιτρέπουν προσαρμογή των επιφανειών επαφής σε συγκεκριμένα όρια διαστάσεων.

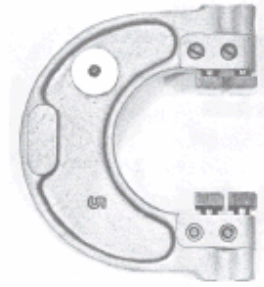
Αρχικά, οι επίπεδες συσκευές μέτρησις διαστάσεων μήκους κατασκευάζονταν μόνο ως σταθερά όργανα. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν οι σταθεροί μετρητές ορίων αξόνων, με ένα ή δύο ράμφη και οι ράβδοι υπολογισμού της τελικής επιφάνειας του αντικειμένου. Στη συνέχεια εξελίχθηκαν οι μηχανισμοί προσαρμογής, προσφέροντας αξιόπιστο προσανατολισμό και στέρεα μανδάλωση των επιφανειών επαφής, σε συνδυασμό με μέσα ευαίσθητων ρυθμίσεων (Σχ. 3-6). Το εύρος των ρυθμίσεων των επιφανειών επαφής, γνωστά επίσης και ως κομβία, ποικίλει σύμφωνα με το σχεδιασμό. Συνήθως, το εύρος είναι της τάξης του 1/8 της ίντσας για τους μετρητές εσωτερικών διαστάσεων και 1/4 της ίντσας για εκείνους των εξωτερικών, αλλά συχνά μπορεί να είναι μεγαλύτερο, όπως στους μετρητές μεγάλων μεγεθών.

Τα πλεονεκτήματα των ρυθμιζόμενων μετρητών είναι προφανή αν αναλογιστούμε τη μεγάλη ποικιλία μεγεθών που προκύπτουν από τις διαφορετικού σκοπού συναρμογές. Επιπλέον πλεονεκτήματα προκύπτουν από την ικανότητά τους να αποκαταστήσουν φθορές των επιφανειών με εκ νέου ρύθμισή τους. Συνέπεια των παραπάνω είναι να έχουν αντικαταστήσει στις περισσότερες εφαρμογές που αφορούν μοναδική εξεταζόμενη διάσταση μήκους, τα σταθερά όργανα. Παρόλα αυτά πάντως τα τελευταία προτιμώνται σε κάποιες συγκεκριμένες περιπτώσεις είτε για οικονομικούς λόγους είτε για την ανθεκτικότητά τους έναντι αδέξιων χειρισμών.



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 3-6: Η συσκευή προσαρμογής και μανδάλωσης για τους ρυθμιζόμενους ελεγκτήρες αξόνων. Ο τέλειου βήματος ρυθμιστικός κοχλίας επιτρέπει την ευαίσθητη μεταβολή της θέσης των μετρητικών κομβίων, τα οποία στη συνέχεια κλειδώνουν στην επιθυμητή θέση.

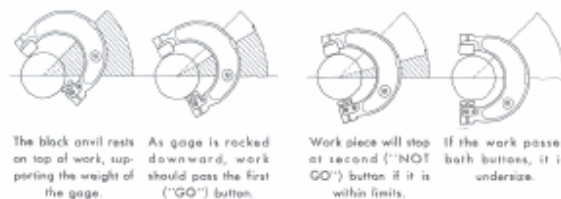


Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 3-7: Ελεγκτήρες αξόνων μέγιστου-ελαχίστου με τέσσερα ανεξάρτητα ρυθμιζόμενα κομβία. Στο σχήμα τα κομβία είναι τετραγωνικής κεφαλής, αλλά διατίθενται και κυκλικής.

ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΙ ΕΛΕΓΚΤΗΡΕΣ ΑΞΟΝΩΝ ΜΕΓΙΣΤΟΥ-ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ

Ένα παραδειγμα τέτοιου μετρητή φαίνεται στο Σχήμα 3-7. Κατασκευάζονται σε διαφορετικές μορφές και μεγέθη, αλλά οι περισσότεροι σχεδιασμοί έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά. Ο μετρητής έχει σκελετό σε μορφή C, με ρυθμιζόμενα μέλη για τις μετρήσεις στο ράμφος του σκελετού. Αυτά μπορεί να ρυθμιστούν εντός συγκεκριμένου πεδίου παρέχοντας μέγεθος μέτρησης που ανταποκρίνεται στο οριακό μέγεθος της μετρούμενης διάστασης. Οι αποστάσεις που δημιουργούνται από τα ρυθμιζόμενα μέλη, τοποθετούνται η μία πίσω από την άλλη για προοδευτική μέτρηση. Η τοποθέτηση αυτή επιτρέπει τη διεξαγωγή της μέτρησης του οριακού μεγέθους του αντικείμενου με μία μόνο κίνηση. Η κίνηση μπορεί να αφορά τη στρέψη του οργάνου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-8. Το όργανο μπορεί να κατασκευαστεί και με μεγαλύτερης έκτασης πέλμα (Σχ. 3-9), εξυπηρετώντας σαν οδηγός όταν μετακινείται προς τη θέση μέτρησης.

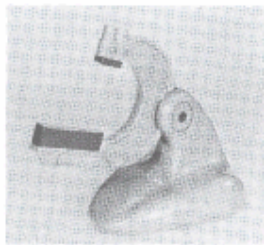
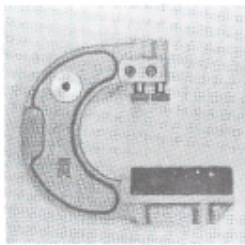


Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 3-8: η διαδικασία ελέγχου της διαμέτρου ενός κυλινδρικού τεμαχίου με τη βοήθεια των ελεγκτήρων αξόνων ΠΕΡΝΑ-ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ. Το πέλμα διατηρείται πάνω στο αντικείμενο και τα δύο κομβία στη συνέχεια σέρχονται και αυτά σε επαφή.

Ανάλογα με τη μορφή, οι ρυθμιζόμενοι αυτοί μετρητές είναι διαθέσιμοι για μεγέθη έως 12 ίντσες. Το πεδίο των ρυθμίσεων ποικίλει ως αποτέλεσμα του μεγέθους

του σκελετού. Οι μικρότεροι μετρητές μπορούν να δεχθούν ρύθμιση έως 0,2 ίντσες ενώ οι μεγαλύτεροι έως και 1 ίντσα. Το σχήμα των επιφανειών επαφής επιλέγεται ώστε να ταιριάζει καλύτερα στις συνθήκες που απαιτούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του αντικειμένου. Μεμονωμένα ρυθμιζόμενα κομβία (Σχ. 3-7) μπορεί να έχουν διαφορετικό σχήμα και σημεία επαφής, ανάλογα με τον τρόπο χρήσης τους, για παράδειγμα σε μικρές επιφάνειες μέτρησης ή κοντά σε σώμα στήριξης. Για τις περισσότερες εφαρμογές προτιμώνται μετρητές αξόνων μεγιστου-ελαχίστου, με μόνο δύο ρυθμιζόμενα κουμπιά και ένα σταθερό πέλμα. Όταν ονομαστικά όμοια τεμάχια πρόκειται να ελεγχθούν συνεχόμενα, τα πέλματα με μεγαλύτερη έκταση (Σχ. 3-9) προσφέρουν ουσιαστικά πλεονεκτήματα ελαττώνοντας το χρόνο μέτρησης και δίνοντας στο όργανο μεγαλύτερη διάρκεια ζωής έναντι φθοράς. Οι μετρητές, μάλιστα, με στηρίγματα (Σχ. 3-10) μπορούν να πραγματοποιήσουν μετρήσεις μικρών τεμαχίων σε ακόμα πιο σύντομο χρονικό διάστημα απαιτώντας λιγότερο φυσικό κόπο από το χειριστή τους από ότι τα κοινά.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 3-9: (Αριστερά) Ελεγκτήρας αξόνων με πέλμα μεγάλης έκτασης.

Σχ. 3-10: (Δεξιά) Ελεγκτήρας αξόνων με στήριξη και τσιμπίδα σύσφιξης.



Giddings & Lewis Measurement System

Σχ. 3-11: Ρυθμιζόμενος μετρητής μήκους προοδευτικού σχεδιασμού με ανεξάρτητα ρυθμιζόμενα μετρητικά κομβία.

ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΜΗΚΟΥΣ

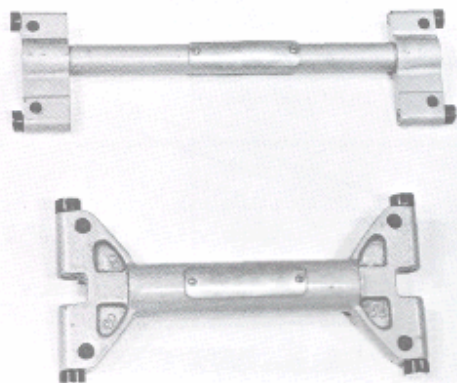
Ο βασικός σχεδιασμός των μετρητών αυτών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-11, ομοιάζει με εκείνον που αναλύθηκε προηγουμένως για τους μετρητές τύπου ενδιάμεσου κενού, επιτρέποντας και πάλι ευκολία στη ρύθμιση και το χειρισμό του οργάνου. Αν και δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί που να αφορούν το μικρότερο μέγεθός τους, το μέγιστο μέγεθος στο οποίο κατασκευάζονται είναι οι 40 ίντσες.

Οι μετρήσεις εξωτερικών και εσωτερικών διαστάσεων επιτυγχάνονται εξαιτίας των διαφοροποιήσεων που μπορούν να λάβουν χώρα στο όργανο. Οι εξωτερικές διαστάσεις περιλαμβάνουν εξωτερικές διαμέτρους και τα εσωτερικά μήκη, κατά κύριο λόγο, αποστάσεις μεταξύ παραλλήλων τοιχωμάτων, όπως τα πέλματα εντός φρεατίων. Τα ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ μεγέθη που περιλαμβάνονται στο ίδιο όργανο, επιτυγχάνονται είτε με μετρητικές κεφαλές διπλής όψης είτε με προοδευτικό σχεδιασμό. Για το σκοπό αυτό, τα μετρητικά κομβία μπορούν να τοποθετηθούν σε σειρά πάνω στον ίδιο βραχίονα του οργάνου ή σε πηρουνοειδείς βραχίονες διατηρώντας τα κομβία επαφής για μετρήσεις οριακών μεγεθών σε κοντινή απόσταση το ένα πίσω από το άλλο.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΤΡΥΜΜΑΤΩΝ

Οι ρυθμιζόμενοι αυτοί μετρητές παρουσιάζονται στο Σχήμα 3-12. Εξυπηρετούν σε ελέγχους αποστάσεων μεταξύ παράλληλων επιφανειών ή για μετρήσεις διαμέτρων οπών μεγάλων διαστάσεων. Οι επιφάνειες επαφής των κομβίων είναι επιπεδες ή σφαιρικές με τις σφαιρικές να είναι επιτακτικές για μετρήσεις οπών. Οι μετρητές έχουν ένα ζευγάρι κομβίων επαφής σε κάθε πλευρά της λαβής. Τα κομβία ρυθμίζονται κατ' ακολουθία στα όρια GO και NOT GO της εξεταζόμενης διάστασης.

Οι μετρητές αυτοί διατίθενται σε δύο τύπους με διαφορετικά πεδία ρυθμίσεων. Ο ένας αφορά μικρότερες αποστάσεις και ποικίλει από τις 2 ½ ίντσες στις 4 ή 4 ½ ίντσες, σε διαβαθμίσεις του ¼ της ίντσας, οι οποίες επιτυγχάνονται από το πεδίο ρυθμίσεων των ανεξάρτητων μετρητών. Ο άλλος τύπος αφορά μεγαλύτερες αποστάσεις έως και 12 ίντσες και προσφέρει πεδίο ρυθμίσεως ½ της ίντσας για κάθε όργανο.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 3-12: Ρυθμιζόμενοι ελεγκτήρες τρυμμάτων για τον έλεγχο διαμέτρων έως 12 ίντσες.

3.6 ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΩΝ

Εξ' ορισμού, η διάμετρος ενός κυλινδρικού αντικειμένου είναι μια μοναδική διάσταση μήκους. Η εμπειρία δείχνει, όμως, ότι η σύζευξη κυλινδρικών αντικειμένων με ονομαστικές διαμέτρους, που θα έπρεπε να παρέχουν κατάλληλες συνθήκες συναρμογής, συνήθως δεν μπορεί να υλοποιηθεί ή δεν παράγει την απαιτούμενη παρεμβολή. Αυτό μπορεί να συμβεί ακόμα κι αν τα λειτουργικά αταίριαστα τεμάχια έχουν ελεγχθεί με ελεγκτή ορίων ικανό να ελέγχει μοναδικές διαστάσεις μήκους και έχουν βρεθεί στο προσδιορισμένο μέγεθος.

Τέτοιες συνθήκες μη ανταπόκρισης ανάμεσα στη μετρούμενη διάσταση και το λειτουργικό μέγεθος του τεμαχίου οφείλονται γενικά σε ανωμαλίες της μορφής του τεμαχίου. Μια μοναδική διάμετρος ορίζει το μέγεθος ενός κυλινδρικού αντικειμένου μόνο όταν η εγκάρσια διατομή του είναι εντελώς στρογγυλή. Το λειτουργικό μέγεθος ενός κατά βάση κυλινδρικού αντικειμένου μπορεί να εκφραστεί από τη διάμετρο ενός ιδεατού κυλίνδρου που περιέχει όλα τα συστατικά της επιφάνειας που ορίζουν τη μέγιστη κατάσταση υλικού. Πρακτικά, η συνθήκη αυτή ικανοποιείται για εξωτερικές επιφάνειες

με τον ιδεατό κύλινδρο ελαχίστου μεγέθους και για εσωτερικές επιφάνειες με τον ιδεατό κύλινδρο μεγίστου μεγέθους.

Ο πρότυπος κυλινδρικός μετρητής είτε με μορφή στομίου οπών είτε με μορφή δακτυλίου, αποτελεί τον ιδεατό κύλινδρο του οποίου η σχέση με τα όρια υλικού του αντικειμένου μπορεί να ελεγχθεί αξιόπιστα με τη βοήθεια της δυνατής (ΠΕΡΝΑ) ή της αδύνατης (ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ) σύζευξης με το τεμάχιο.

Επιπροσθέτως της σημαντικής ικανότητάς τους να παρέχουν ένα ρεαλιστικό προσδιορισμό του εξεταζόμενου μεγέθους του τεμαχίου, οι κυλινδρικοί μετρητές ορίων έχουν ποικίλα άλλα πλεονεκτήματα. Μη συνεχόμενες επιφάνειες, αποτέλεσμα διακοπών από σχισμές ή συνέπεια ύπαρξης νευρώσεων, διαθέτουν μόνο εικονική διάμετρο και πρέπει να ελεγχθούν με ολοκληρωμένους κυλινδρικούς μετρητές ορίων.

Όταν επιθυμούμε την εξέταση του μεγέθους μικρών οπών, οι περιορισμοί χώρου αποκλείουν τη χρήση οποιουδήποτε άλλου μετρητή εκτός από τον κυλινδρικό και μάλιστα εκείνον του τύπου στομίου οπών. Η σταθερή κατασκευή του, επιτρέπει τη διασφάλιση της συνεπούς διαστασιολόγησης και το μέσο αποφυγής εσκεμμένων ή απρόσεκτων μεταβολών στο μέγεθος μέτρησης.

Από την άλλη πλευρά, οι μετρητές αυτοί έχουν συγκεκριμένους περιορισμούς που μπορεί να επηρεάσουν τόσο το χρόνο μέτρησης όσο και το κόστος της διαδικασίας ελέγχου.

Τα οριακά μεγέθη συνδυάζονται κατ' εξαίρεση σε ένα μεμονωμένο κυλινδρικό μετρητικό μέλος. Συνήθως, δύο μετρητές ή δύο μετρητικά μέλη απαιτούνται για τη λειτουργία του ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ μετρητή. Η χρήση των δύο μελών, επακόλουθα, απαιτεί περισσότερο χρόνο για τη διαδικασία μέτρησης από τον απαιτούμενο για προοδευτικά τοποθετημένα μετρητικά μέλη.

Για κάθε οριακό μέγεθος, απαιτείται ένας ξεχωριστός κυλινδρικός σκελετός και όταν εμφανίζεται υπερβολική φθορά στην επιφάνεια του μετρητή είτε πρέπει να εφαρμοστεί μια δαπανηρή διαδικασία επισκευής είτε ο μετρητής πρέπει να απορριφθεί. Αυτό είναι ένα οικονομικό μειονέκτημα σε σύγκριση με τους ρυθμιζόμενους μετρητές ορίων για οπές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά τεμάχια με σχεδόν όμοιες διαστάσεις.

ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΟΥ ΤΡΥΜΜΑΤΩΝ

Οι μετρητές αυτοί χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των οριακών μεγεθών στρογγυλών οπών και περιστασιακά για αυλακώσεις με παράλληλα τοιχώματα. Όταν χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές οριακών μετρήσεων προτιμώνται σε σχεδιασμό χρήσης και των δύο πλευρών του οργάνου (Σχ. 3-13). Σε συγκεκριμένες συνθήκες ελέγχου, πάντως, οι μετρητές με σχεδιασμό χρήσης μόνο της μίας πλευράς μπορεί να πλεονεκτούν. Οι προοδευτικοί μετρητές αυτού του τύπου (Σχ. 3-14), που μπορούν και συνδυάζουν και τα δύο οριακά μεγέθη σε ένα και μόνο μετρητικό μέλος μπορούν επίσης να επιλεγθούν αντί των κοινών με ένα οριακό μέγεθος ανά μέλος.



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 3-13: (Αριστερά) Ελεγκτήρες ορίου τρυμμάτων δύο πλευρών με εναλλάξιμα μετρητικά μέλη.

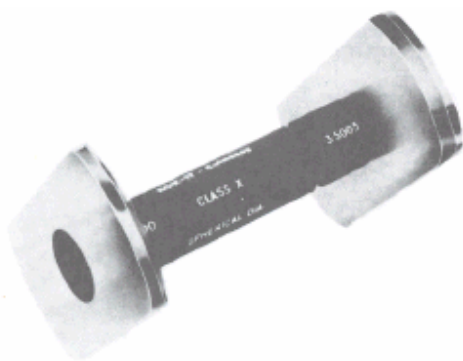
Σχ. 3-14: (Δεξιά) Ελεγκτήρες ορίου τρυμμάτων προοδευτικού τύπου με το στέλεχος ΠΕΡΝΑ μπροστά και το στέλεχος ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ να ακολουθεί. Και εδώ τα μέλη είναι εναλλάξιμα.

Αρχικά οι μετρητές κατασκευάζονταν από ένα μοναδικό κομμάτι χάλυβα. Ο σχεδιασμός αυτός αντικαταστάθηκε από τους μετρητές που αποτελούνται από χωριστά μετρητικά μέλη και μία λαβή συνδεδεμένα μεταξύ τους με στοιχεία στερέωσης. Τα πλεονεκτήματα του σχεδιασμού αυτού είναι προφανή και αφορούν την ελεύθερη επιλογή του κατάλληλου υλικού για κάθε μέλος, την ανταλλακτικότητα των τεμαχίων και την αντιστρεψιμότητα των μετρητικών μελών για παρατεταμένη διάρκεια ζωής με συντήρηση.

Εξαιτίας της χρήσης τους σε διευρυμένο πεδίο μεγεθών δε θα ήταν πρακτική η ύπαρξη ενός μόνο βασικού σχεδιασμού. Για παράδειγμα, σε μεγέθη άνω των 8 ίντσών διαμέτρου, το βάρος ενός μετρητή, του συνήθως χρησιμοποιούμενου τύπου, θα ήταν υπερβολικό για την πραγματοποίηση της μέτρησης με την αναγκαία ευαισθησία, προκειμένου η μέτρηση να θεωρηθεί αξιόπιστη, από ένα και μόνο χέρι που θα το χειριζόταν. Έτσι, για μεγέθη διαμέτρων από 8 σε 12 ίντσες, σχεδιάστηκαν μετρητές δακτυλιοειδούς τύπου (όμοια με αυτό του Σχ. 3-18). Οι μετρητές αυτοί έχουν δύο σφαιρικές λαβές κόντα στην περιφέρεια του σκελετού του οργάνου και σε απόσταση 180° η μία από την άλλη. Ο Πίνακας 3-3 παρουσιάζει τους διαφορετικού τύπου μετρητές αυτής της κατηγορίας που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία.

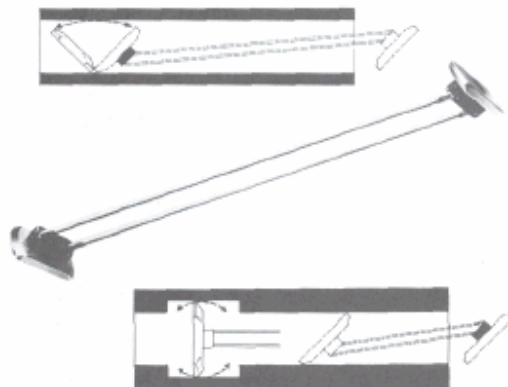
ΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΤΡΥΜΜΑΤΩΝ

Οι συγκεκριμένοι μετρητές (Σχ. 3-15) αποτελούν ειδικό και μοναδικό τύπο κυλινδρικών μετρητών ορίου τρυμμάτων. Η σφαιρική μορφή του μετρητικού μέλους περιορίζει πολλά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η χρήση των συμβατικών κυλινδρικών μετρητών. Το στόμιο σφαιρικής διαμέτρου εισέρχεται στην εξεταζόμενη οπή σε πλάγια θέση. Όταν βρίσκεται στο εσωτερικό μετακινείται σε κάθετη θέση και ο μετρητής ΠΕΡΝΑ δε θα συναντήσει αντίσταση ενώ ο ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ θα συναντήσει, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό ότι η οπή που ελέγχεται βρίσκεται εντός των ανοχών. Τα στόμια σφαιρικής διαμέτρου επιτρέπουν τον έλεγχο κωνικών, κυλινδρικών, ατέρμονων και ελλειπτικών σχημάτων. Επίσης, όταν ο μετρητής εφοδιάζεται με το σύστημα FLEXBAR (Σχ. 3-16) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο οπών μεγάλου μήκους, για εσωτερικά κοιλώματα, θαλάμους και υποκοπές στο εσωτερικό της οπής.



Flexbar Machine Corporation

Σχ. 3-15: Ελεγκτήρας τρυμμάτων σφαιρικής διαμέτρου με δύο μετρητικά άκρα.



Flexbar Machine Corporation

Σχ. 3-16: Ελεγκτήρας τρυμμάτων σφαιρικής διαμέτρου με δύο μετρητικά άκρα και FLEXBAR.

ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΟΥ ΤΥΠΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ

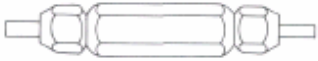
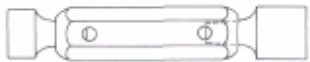
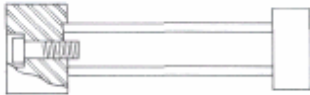
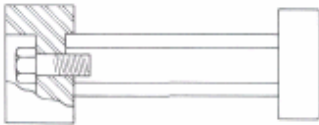

Κρίσιμες διαστάσεις βασικών κυκλικών επιφανειών μπορούν να διασφαλιστούν λειτουργικά για σύζευξη ή λειτουργία όταν καθοριστούν σφιχτές ανοχές για το μέγεθος και τη γεωμετρία τους. Πολύ συχνά κρίνεται σκόπιμο και πρακτικό αυτές οι δύο παράμετροι να συνδυάζονται σε μία διάσταση για τους σκοπούς του ελέγχου. Τα οριακά μεγέθη για την θεμιτή διάμετρο ενός κυλινδρικού άξονα μπορούν να ελεγχθούν εύκολα και αξιόπιστα με τη βοήθεια των κυλινδρικών μετρητών ορίου τύπου δακτυλίου.

Η χρήση τους συνήθως περιορίζεται σε εφαρμογές, όπου πρέπει να ελεγχθεί η αποτελεσματική διάμετρος του τεμαχίου ή σε άλλες όπου η σταθερή κατασκευή τους προτιμάται εξαιτίας της συνεπούς ρύθμισης που προσφέρουν. Κάτα τ' άλλα, η μέτρηση της διαμέτρου αξόνων με ρυθμιζόμενους μετρητές ορίου τύπου ενδιάμεσου κενού είναι οικονομικότερη και πιο γρήγορη.

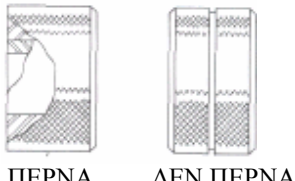
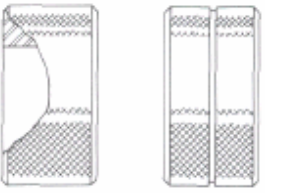
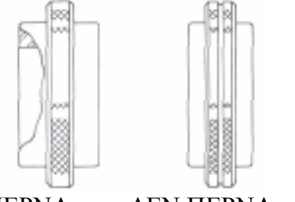
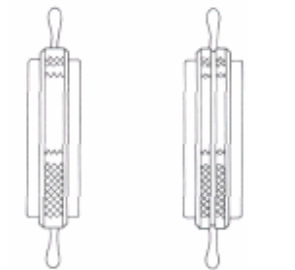
Οι μετρητές αυτοί διατίθενται σε μεγέθη από 0,06 ίντσες έως 12 ίντσες διάμετρο. Ο σχεδιασμός των σκελετών τους ποικίλει ανάλογα με το πεδίο μεγέθους στο οποίο αναφέρονται. Στον Πίνακα 3-4 εμφανίζονται οι σχεδιασμοί των κοινότερων χρησιμοποιούμενων μετρητών αυτού του τύπου. Επειδή χρησιμοποιούνται συχνά και για τα δύο μεγέθη GO και NOT GO, κατασκευάζεται μια περιφερειακή αυλάκωση στην περιφέρεια του NOT GO μετρητή σαν διακριτικό σημάδι.

Η μέτρηση των ικανών επίπεδων εσωτερικών διαμέτρων για να χρησιμοποιηθούν ως πρότυποι δακτύλιοι ή σε μετρητές τύπου δακτυλίου, καθορίζεται στο American National Standard B89.1.6M-1984 (R1988).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3. ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΕΛΕΓΚΤΗΡΩΝ ΤΡΥΜΜΑΤΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΟ ΠΕΔΙΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (ΙΝΤΣΕΣ)	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
[0.03 , 0.76]	Σχεδιασμός οργάνου τύπου αγωγού		Τα μέλη του οργάνου συγκρατούνται από δακτύλιο στερέωσης με λαβή, ο οποίος θα διατηρήσει σταθερά τα μετρητικά στελέχη σε περισσότερο ή λιγότερο εκτεταμένη θέση.
(0.059 , 1.510]	Σχεδιασμός οργάνου κωνικής μανδάλωσης		Τα μετρητικά μέλη διαθέτουν κωνικά άκρα, ώστε να εισχωρούν εντός της λαβής και να μανδαλώνουν εξασφαλίζοντας έμια σταθερή κατασκευή. Η οπή ολίσθησης επιτρέπει την απομάκρυνση των μελών από τη λαβή.
(0,76 , 2.51]	Σχεδιασμός οργάνου τριπλής μανδάλωσης		Οι τελικές επιφάνειες της λαβής διαθέτουν τρεις, ακτινικά διατεταγμένες, σφηνοειδούς διάταξης, ακμές μανδάλωσης, οι οποίες παντρεύονται με τις αυλακώσεις στην επιφάνεια του μετρητικού μέλους. Και οι δύο επιφάνειες των μετρητικών μελών, διαθέτουν όμοιες αυλακώσεις επιτρέποντας την αντικατάσταση των φθαρμένων ελεγκτήρων. Ένας κοχλίας ασφαλίσει τα συστατικά, διατηρώντας τα σε σταθερή θέση.
(2.51 , 8.01]			
(8,01 , 12.01]	Σχεδιασμός δακτυλοειδούς οργάνου		Ο αντικειμενικός σκοπός αυτού του οργάνου είναι η μείωση του βάρους των μεγάλων ελεγκτήρων στο οριακά συνεπές. Αποτελείται από ένα άκρο, ως μετρητικό μέλος και ένα βοηθητικό έλασμα για σταθερότητα. Το κέντρο του ελάσματος διανοίγεται για τη μείωση του βάρους. Σπειροειδείς οπές στο τμήμα αυτό, δέχονται σφαιρικές λαβές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-4. ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΕΛΕΓΚΤΗΡΩΝ ΤΥΠΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΟ ΠΕΔΙΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (ΙΝΤΣΕΣ)	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
(0.059 , 0.510]	Σχεδιασμός δακτυλίου με αντιτριβικό δακτύλιο ως μετρητικό μέλος	 ΠΕΡΝΑ ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ	Χρησιμοποιώντας ένα αντιτριβικό δακτύλιο από σκληρυμένο χάλυβα, επιτρέπει την κατασκευή του στελέχους του οργάνου από μαλακό χάλυβα, διευκολύνοντας έτσι την κατασκευή του
(0.510 , 1.510]	Σταθερός ελεγκτήρας τύπου δακτυλίου επίπεδης κυλινδρικής μορφής	 ΠΕΡΝΑ ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ	Τα όργανα κατασκευάζονται από ένα χαλύβδινο τεμάχιο που έχει υποστεί σκλήρυνση, και θεωρούνται υποχρεωτικά για μεγέθη μεγαλύτερα από 0,510 ίντσες και προαιρετικά για μικρότερες διαστάσεις.
(1.510 , 5.510]	Σταθερά όργανα με εξέχουσα περιφέρεια	 ΠΕΡΝΑ ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ	Ο βασικός σχεδιασμός των οργάνων για μετρήσεις μεγεθών πάνω από 1,510 ίντσες. Κάποιοι κατασκευαστές τα προσφέρουν ως εναλλακτικό τύπο ρυθμιστικού δακτυλίου για διαμέτρους έως 4 ίντσες, σε λεπτότερο σχεδιασμό, για ευκολία χρήσης, με ένα δακτύλιο νεοπρενίου αντί της χαλύβδινης περιφέρειας.
(5.510 , 12.260]	Σταθεροί ελεγκτήρες τύπου δακτυλίου με σφαιρικούς μοχλούς στην περιφέρεια.	 ΠΕΡΝΑ ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ	Για διευκόλυνση του χειρισμού κατά τη διάρκεια της μέτρησης, τα όργανα για μετρήσεις πάνω από 5,510 ίντσες έχουν δύο σφαιρικούς μοχλούς.

3.7 ΠΡΟΤΥΠΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Για τεμάχια ή επιφάνειες που έχουν μια τυπική γεωμετρική μορφή, όπως οι στρογγυλές ή αυτές που ορίζονται από δύο παράλληλα επίπεδα, η μέτρηση μιας μοναδικής διάστασης συνήθως επαρκεί για τον καθορισμό της ακρίβειας διαστασιολόγησης του τεμαχίου. Άλλοι τύποι σωμάτων τεμαχίων, επίσης χρησιμοποιούμενοι ή έστω τυποποιημένοι, έχουν μορφή που απαιτεί διάφορες διαστάσεις για τον καθορισμό του πραγματικού μεγέθους. Οι πολλαπλές διαστάσεις που ορίζουν το μέγεθος και τη μορφή του τεμαχίου μπορεί να περιλαμβάνουν μήκη, γωνίες, περιφέρειες ή συνδυασμό αυτών των παραμέτρων.

Αποκλίσεις του πραγματικού μεγέθους από το ονομαστικό για τις διαστάσεις αυτές θα επιδράσουν είτε προκαλώντας συσσωρευτικά σφάλματα είτε τμηματικές ακυρώσεις, με αποτελέσματα πάνω στο ενεργό μέγεθος του τεμαχίου.

Αν και ο σχεδιασμός του προϊόντος συνήθως καθορίζει τις ανοχές των ανεξάρτητων διαστάσεων, η λειτουργική ακρίβεια του τεμαχίου μπορεί συχνά να αξιολογηθεί από το ενεργό του μέγεθος. Με βάση τις ανεξάρτητες ανοχές, οι οριακές διαστάσεις του τεμαχίου μπορούν να σχηματίσουν ένα οριακό επίπεδο γύρω από το ονομαστικό μέγεθος της επιφάνειας του τεμαχίου. Για τα αποδεκτά τεμάχια όλα τα επιμέρους τμήματα της επιφάνειας που αποτελούν το ενεργό μέγεθος πρέπει να βρίσκονται εντός αυτού του επιπέδου.

Τα όργανα μέτρησης των ορίων πολλαπλών διαστάσεων αποτελούν το αντεστραμμένο ομοίωμα των εξωτερικών και εσωτερικών οριακών επιφανειών του λεγόμενου οριακού επιπέδου. Τα όργανα που ικανοποιούν τις συνθήκες που περιγράφηκαν θα ελέγχουν το οριακό μέγεθος του τεμαχίου αποφεύγοντας έτσι τις μετρήσεις των ανεξάρτητων διαστάσεων.

Τα όργανα αυτά, χρησιμοποιούνται για τους ελέγχους διαφόρων τυπικών σχημάτων και ειδικών μετρητικών συσκευών, επίσης. Στην κατηγορία των τυπικών σχημάτων των οποίων το ενεργό μέγεθος ελέγχεται συχνά με μετρητές ορίων είναι τα σπειρώματα, οι κώνοι και οι αυλακώσεις. Ακολουθεί μια σύντομη συζήτηση για μετρητικά όργανα αυτών των τύπων σχηματικών μορφών. Πρέπει να σημειωθεί, πάντως, ότι επειδή οι μετρητές ορίων ελέγχουν το ενεργό μέλος των τεμαχίων, ο έλεγχος πολλαπλών διαστάσεων με αυτούς, εφαρμόζεται πρακτικά και σε πολλές άλλες σχηματικές μορφές ή συσχετιζόμενα τεμάχια.

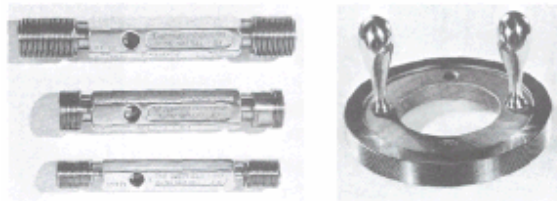
ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΩΝ ΣΠΕΙΡΩΜΑΤΩΝ

Οι μετρητές αυτοί κατασκευάζονται για τη μέτρηση των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών του σπειρώματος, όπως οι οπές των περικοχλίων και το εξωτερικό σπείρωμα των κοχλίων. Σύμφωνα με το σχεδιασμό των μετρήσεων ορίων, αυτά τα μετρητικά μέλη διατίθενται σε μεγέθη ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ επιβεβαιώνοντας σχετικά τα μέγιστα ή ελάχιστα όρια υλικού του εξεταζόμενου τεμαχίου.

Τα οριακά μεγέθη για τις επιμέρους διαστάσεις σπειρώματος τυποποιούνται σε διαφορετικές κλάσεις, προκειμένου για τον ορισμό προσδιορισμένης ακρίβειας. Τα μεγέθη σχεδιασμού της μετρητικής επιφάνειας των ελεγκτήρων σπειρωμάτων βασίζονται

σε αυτές τις οριακές διαστάσεις. Σχεδιάζοντας τις διαστάσεις του μετρητή, οι πιθανές παρεμβολές που μπορούν να προκύψουν κατά την εξέταση διάφορων διαστάσεων ταυτόχρονα από ένα και μόνο όργανο πρέπει, επίσης, να ληφθούν υπόψη.

Οι μετρητές της κατηγορίας αυτής και τύπου ενδιάμεσου κενού (Σχ. 3-17) μοιάζουν στο σχεδιασμό με τα κενά που φέρουν οι επίπεδοι μετρητές ορίων τύπου ενδιάμεσου κενού. Οι μετρητές τύπου ενδιάμεσου κενού κατασκευάζονται, επίσης, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3-3, σε σχηματικές μορφές αγωγού, κωνοειδούς μανδάλωσης, μανδάλωσης τριών σημείων και δακτυλίου (Σχ. 3-18) και σε συνδυασμό με πεδία μεγεθών για την επιλογή του κατάλληλου κάθε φορά τύπου. Μια ειδική κατηγορία αυτού του τύπου μετρητών είναι ο ρυθμιζόμενος μετρητής κενού. Αν και όμοιο στην εμφάνιση με τους κοινούς μετρητές της κατηγορίας δεν αποσκοπεί στη μέτρηση των οπών σπειρωμάτων σε κατασκευασμένα τεμάχια. Η λειτουργία του έχει να κάνει με την θέση του ως πρότυπου αναφοράς για τη ρύθμιση, ρυθμιζόμενων μετρητών σπειρώματος τύπου δακτυλίου. Η σπειροειδής μορφή των ρυθμιζόμενων μετρητών είναι ελλειπτική με την κεφαλή και τη μύτη του σπειρώματος να αντικαθίστανται για την αποφυγή παρεμβολών με τα αντίστοιχα στοιχεία των μετρητών σπειρώματος τύπου δακτυλίου και για τη διασφάλιση της πραγματικής επαφής των λειτουργικά σημαντικών ελεύθερων επιφανειών του σπειρώματος.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 3-17: (Αριστερά) Ελεγκτήρες ορίων τρυμμάτων για σπειρώματα με σχεδιασμό δύο άκρων και αφαιρούμενα μετρητικά μέλη.

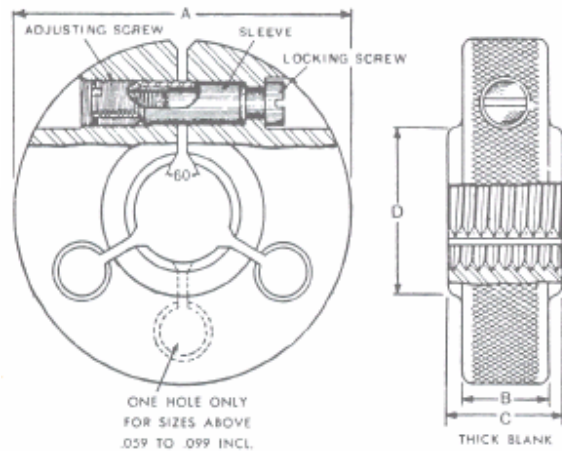
Σχ. 3-18: (Δεξιά) Ελεγκτήρες τρυμμάτων σπειρώματος τύπου δακτυλίου για μετρήσεις διαμέτρων οπών πάνω από 8 ίντσες.

Οι μετρητές τύπου δακτυλίου (Σχ. 3-19) κατασκευάζονται με ρυθμιζόμενο μηχανισμό και διαφέρουν από τους επίπεδους κυλινδρικούς μετρητές τύπου δακτυλίου που αντιπροσωπεύουν μία στέρεου τύπου κατασκευή. Για την κατασκευή των ρυθμιζόμενων μετρητών τα ακατέργαστα κομμάτια των μετρητών έχουν τρεις ακτινικές σχισμές, δύο από τις οποίες καταλήγουν σε τελικές οπές και η τρίτη είναι διαμήκης. Η διαμήκης σχισμή γεφυρώνεται από τη συσκευή προσαρμογών (Σχ. 3-20), η οποία αποτελείται από τον κοχλία προσαρμογής με μία ανοιχτή κοιλότητα και ο οποίος ενεργεί μέσω ενός περιβλήματος στο απέναντι άκρο της σχισμής. Στρέφοντας τον κοχλία επιτυγχάνεται διάνοιξη της σχισμής προσαρμογής και επομένως έκταση της διαμέτρου της οπής μέτρησης. Ένας κοχλίας μανδάλωσης στην απέναντι πλευρά του περιβλήματος με την ανοιχτή κοιλότητα στο οποίο βρίσκεται και ο κοχλίας προσαρμογής, ενεργεί για να κλειδώσει σε θέση τον κοχλία προσαρμογής δίχως την άσκηση έκκεντρης δύναμης που θα μπορούσε να μεταβάλλει την προσαρμογή ή να επηρεάσει τη μέτρηση.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 3-19: Ελεγκτήρες σπειρώματος τύπου δακτυλίου. Προσαρμοζόμενο μοντέλο. (Αριστερά) Τύπου ΠΕΡΝΑ (Δεξιά) Τύπου ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 3-20: Συσκευή ρύθμισης και μανδάλωσης για προσαρμοζόμενους ελεγκτήρες σπειρώματος, τύπου δακτυλίου.

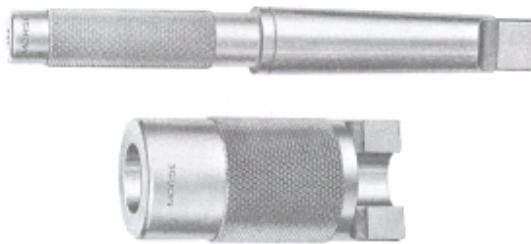
ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΤΡΥΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΜΕ ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ

Οι αφαιρούμενοι σφηνοειδείς σχηματισμοί σκελετού χρησιμοποιούνται ευρέως για την επίτευξη απόλυτα ευθυγραμμισμένων αν και αποσπώμενων συνδέσεων μεταξύ μηχανολογικών μελών και πιο συγκεκριμένα στα μηχανουργικά εργαλεία. Συχνά απαιτείται, επίσης, αυτές οι συνδέσεις να διασφαλίζουν τις αμοιβαίες τοποθετήσεις των συνδεόμενων μελών στην αξονική διεύθυνση.

Οι κρίσιμες διαστάσεις των κώνων προσαρμογής των εργαλείων είναι η γωνία που περιλαμβάνεται και η διάμετρος σε συγκεκριμένο επίπεδο αναφοράς. Η τελευταία αυτή διάσταση συχνά ορίζεται στο μετρητικό κώνο από ένα κατάλληλο σημάδι αναφοράς. Για λόγους που σχετίζονται με τις απαιτήσεις των εφαρμογών τους, οι κώνοι προσαρμογής φέρουν γλωσσίδια περιστροφικής ακινητοποίησης. Το μέγεθος και η θέση αυτών των βοηθητικών στελεχών πάνω στα όργανα είναι πρόσθετες διαστάσεις που χρειάζεται να εξεταστούν κατά τη μετρητική διαδικασία.

Οι μετρητές ορίων κωνοειδούς μορφής για τους κώνους προσαρμογής των εργαλείων κατασκευάζονται τόσο για εσωτερικών όσο και για εξωτερικών διαστάσεων κώνους σε μορφή ενδιάμεσου κενού και δακτυλίου αντίστοιχα. Σε εξάρτηση με το αν πρόκειται να εξετασθούν κώνοι προσαρμογής με ή χωρίς γλωσσίδια, κατασκευάζονται οι κωνικοί μετρητές ορίων για οποιαδήποτε εφαρμογή (Σχ. 3-21).

Οι κώνοι προσαρμογής διαφέρουν αρκετά σε μέγεθος, γωνία και άλλα χαρακτηριστικά που οφείλονται στη λειτουργία των εφαρμογών τους. Αυτοί μπορεί να ποικίλλουν από μια μικρή ελικοειδή άτρακτο τρυπανιού σε μια μεγάλη μύτη ατράκτου μηχανής αλέσεως. Σχεδιαστικές διαφοροποιήσεις παρατηρούνται επίσης μεταξύ κώνων που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές και εκείνων που υιοθετεί η βιομηχανία ως πρότυπους για συγκεκριμένες κατηγορίες προϊόντων.



Morse Twist Drill & Machine Co.

Σχ. 3-21: Ελεγκτήρες τρυμμάτων και δακτυλίων σε αφαιρούμενους σχεδιασμούς με γλωσσίδα περιστροφικής ακινητοποίησης.

Η μεγάλη ποικιλία σχεδιασμών και μεγεθών μπορεί να θεωρηθεί μειονέκτημα από την πλευρά των εφαρμογών των πρότυπων οργάνων μέτρησης. Πάντως, τα πολλά ενυπάρχοντα πλεονεκτήματα των ελέγχων πολλαπλών διαστάσεων με τη βοήθεια των πρότυπων μετρητών ορίων, συνήθως, υπερτερούν των μειονεκτημάτων. Για το λόγο αυτό, οι κωνικοί μετρητές ορίων είναι γενικά βολικά και αξιόπιστα μέσα για τον έλεγχο των διαστάσεων των κώνων προσαρμογής εργαλείων.

ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΤΡΥΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ ΜΕ ΑΥΛΑΚΩΣΕΙΣ

Οι αυλακώσεις είναι στην πραγματικότητα πολύπλοκα κλειδιά. Η λειτουργία τους είναι να συγκρατούν τη σχετική περιστροφή ενός άξονα και ενός συζευγμένου μέλους με οπή, καθώς επίσης, και να μεταφέρουν ισχύ. Η συναρμογή μεταξύ των μελών μπορεί να παράγει στέρεα σύνδεση ή μπορεί να είναι χαλαρή επιτρέποντας σχετική αξονική μετατόπιση, όπως για παραδειγμα, το κιβώτιο ταχυτήτων ενός αυλακωτού άξονα. Οι διαφορετικές συναρμογές απαιτούν συγκεκριμένα μεγέθη για τις αντίστοιχες διαστάσεις των μελών που τις αποτελούν (Σχ. 3-22).

Ανάλογα με τους σχεδιαστικούς προσδιορισμούς που διέπονται από τέτοιους παράγοντες, όπως το σύνολο των διαστάσεων και η μεταφερόμενη ισχύς, ο σχεδιασμός του τεμαχίου και οι κατασκευαστικές θεωρήσεις, θα επιλεγεί μία από τις διαφορετικές τυπικές μορφές αυλακώσεων (με εμπλεκόμενα μέλη, με οδόντωση, με επίπεδα άκρα). Οι συνθήκες συναρμογής, που είναι αποτέλεσμα της κατάστασης ανάμεσα στα τεμάχια που φέρουν τις αυλακώσεις, θα επηρεαστούν από τις πραγματικές διαστάσεις και το σχήμα των συστατικών των αυλακώσεων, όπως οι διάμετροι, το πάχος των οδόντων, η απόσταση κενού και άλλα. Οι πολλές συμμετέχουσες διαστάσεις μιας αυλακωτής συναρμογής θα καθιστούσαν μάλλον ανιαρό το έργο του καθορισμού των αποτελεσματικών συνθηκών συναρμογής μετρώντας τις ανεξάρτητες διαστάσεις. Κατά συνέπεια, ο έλεγχος με τη μέτρηση του ενεργού μεγέθους ολόκληρου του τεμαχίου με πρότυπα μετρητικά όργανα είναι ιδιαίτερα εξασφαλισμένος τόσο για τις εσωτερικές όσο και για τις εξωτερικές αυλακώσεις.

Οι μετρητές τύπου ενδιάμεσου κενού κατασκευάζονται από ακατέργαστα τεμάχια των οποίων οι σχεδιασμοί ποικίλουν ανάλογα με το πεδίο μεγέθους που πρόκειται να καλύψουν. Τα όργανα που φέρουν ακέραιες λαβές χρησιμοποιούνται για μεγέθη έως 2 ίντσες, αν και για μεγέθη άνω των 1,5 ίντσών μπορούν να κατασκευαστούν μετρητικά όργανα με αποσπώμενα αυλακωτά μέλη. Έως και 8 ίντσες διάμετρο, μπορούν να

χρησιμοποιηθούν είτε οδηγία μέλη είτε όργανα μέτρησης με κωνικούς οδόντες. Τα τελευταία κατασκευάζονται με ακέραιες ή αποσπώμενες λαβές.

Οι μετρητές τύπου δακτυλίου κατασκευάζονται σε ποικιλία επίπεδων ή οδηγών τύπων, για μεγέθη διαμέτρου έως και 8 ίντσες. Άλλοι τύποι αυτών των οργάνων, συνήθως εκείνα που φέρουν μυτερά άκρα, έχουν ως σκοπό τον έλεγχο της ευθυγράμμισης ή του πάχους των αυλακώσεων.



Σχ. 3-22: (Αριστερά) Σταθερός ελεγκτήρας τύπου δακτυλίου συγκεκριμένου ονομαστικού μεγέθους με αυλακώσεις. Τέτοιοι ελεγκτήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον άμεσο έλεγχο κατασκευασμένων τεμαχίων, ως ελεγκτήρες ορίων. (Δεξιά) Ή μπορούν να λειτουργήσουν ως ρυθμιστικά πρότυπα ελεγκτήρων τρυμμάτων με ενδεικτικό όργανο, όπως αυτό του σχήματος.

3.8 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Η αναμενόμενη λειτουργία των πρότυπων μετρητικών οργάνων και των μετρούμενων διαστάσεων είναι μεταβλητές που απαραίτητα απαιτούν μεγάλη ποικιλία μετρητικών οργάνων. Τα όργανα που ικανοποιούν τις ίδιες λειτουργικές απαιτήσεις μπορούν να σχεδιαστούν με διαφορετικούς τρόπους, με στέρεα ή απόσπώμενα μετρητικά μέλη και διαφοροποιήσεις στο σχήμα, τις εξωτερικές διαστάσεις και και το σχεδιασμό των συνδεδεμένων συστατικών. Η πολυπλοκότητα των μεταβλητών απαιτεί μια συστηματική και ευρέως αποδεκτή προσέγγιση για την αποτροπή χαοτικών συνθηκών στο σχεδιασμό και την κατασκευή των βασικών εργαλείων για τους ελέγχους των διαστάσεων.

Αποτελεί επιτυχία που ένα βασικό σύστημα σχεδιασμού μετρητικών οργάνων έχει αναπτυχθεί από την Αμερικανική Επιτροπή Σχεδιασμού Μετρητικών Οργάνων και αποτελεί μια προσπάθεια συνεργασίας μεταξύ των κατασκευαστών, των χρηστών και των μη βιομηχανικών οργανισμών. Το έργο της επιτροπής είχε ως αποτέλεσμα ένα περιεκτικό πρότυπο σχεδιασμού μετρητικών οργάνων, το οποίο καθορίζει την κατασκευαστική διαμόρφωση και τις εξωτερικές διαστάσεις των πρότυπων μετρητικών οργάνων που θα χρησιμοποιηθούν για τις διάφορες εφαρμογές και τα διάφορα πεδία

μεγεθών. Το πρότυπο, επίσης, παρέχει λεπτομερή πληροφόρηση για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση των συνδεδεμένων χαρακτηριστικών για όργανα με αποσπώμενα μέλη. Τα δεδομένα που παρέχονται σε προηγούμενα τμήματα του κεφαλαίου για τον τύπο οργάνων διαφορετικών κατηγοριών μεγεθών, βασίζονται στο πρότυπο αυτό. Προσδιορισμοί στη λειτουργική διαστασιολόγηση των μετρητικών μελών και στις εφαρμοζόμενες ανοχές στα μεγέθη, δεν αποτελούν αντικείμενο του προτύπου της επιτροπής.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Οι σημαντικότερες ιδιότητες του υλικού στις εφαρμογές των πρότυπων μετρητικών οργάνων είναι η σταθερότητα και η αντοχή έναντι φθοράς. Σύγχρονες μέθοδοι θερμικής κατεργασίας, συμπεριλαμβανομένου κατάψυξης σε χαμηλή θερμοκρασία, όταν εφαρμόζονται συνετά σε κατάλληλα επιλεγμένης βαθμίδας χάλυβα, μπορούν να παρέχουν σταθερότητα υψηλού βαθμού. Επιπρόσθετα στην πρόοδο των διαδικασιών θερμικής κατεργασίας, οι αναμίξεις συστατικών στις κατηγορίες χάλυβα που έχουν επιλεγεί για την κατασκευή των οργάνων βελτιώνει ουσιαστικά την αντοχή, έναντι φθοράς, των μετρητικών μελών του οργάνου, επεκτείνοντας με τον τρόπο αυτό, τη διάρκεια ζωής του. Αντιλαμβανόμενοι τη βλαβερή επίδραση της τραχύτητας της επιφάνειας στην αντοχή έναντι της φθοράς από την τριβή, οι κορυφαίοι κατασκευαστές μετρητικών οργάνων χρησιμοποιούν ειδικές διαδικασίες λείανσης για να παράγουν μια υπερβολικά τελειοποιημένη, λεία επιφάνεια, καθώς επίσης και να βελτιώσουν τη γεωμετρία των μετρητικών μελών.

Αν και για την πλειοψηφία των εφαρμογών τα μέλη των πρότυπων οργάνων μέτρησης που κατασκευάζονται από κράματα χάλυβα αποδεικνύονται ικανοποιητικότερα, υπάρχουν συγκεκριμένες εφαρμογές που απαιτούν εγγυήσεις ακόμα πιο ανθεκτικών υλικών έναντι φθοράς. Τέτοιες συνθήκες μπορεί να υπάρχουν για όργανα που χρησιμοποιούνται εκτεταμένα για τον έλεγχο διαστάσεων πολύ περιορισμένων ζωνών ανοχών ή για μετρητικά μέλη με ασυνήθιστες ιδιότητες προεσρχόμενες από τη λείανση.

Για εφαρμογές που απαιτούν συγκεκριμένη, μεγάλη αντοχή έναντι φθοράς, τα μετρητικά όργανα κατασκευάζονται, επίσης, από υλικά ή ειδικές διαδικασίες, παραδείγματα των οποίων ακολουθούν παρακάτω:

1. Το γαλβάνισμα με χρώμιο αυξάνει την αντοχή έναντι φθοράς μειώνοντας τις τριβές και συντελώντας ευεργετικά στη λειτουργία της μέτρησης. Μια άλλη εφαρμογή της επιχρωμίωσης είναι η ανάκτηση «φαγωμένων» οργάνων στο κανονικό τους μέγεθος, στα πλαίσια διαδικασίας ανακύκλωσης.

2. Το γαλβάνισμα υπό φλόγα με καρβίδιο του βολφραμίου που παράγει, επίσης, μια επικάλυψη πάχους μερικών χιλιοστών της ίντσας μπορεί να βελτιώσει ουσιαστικά τη διάρκεια ζωής των πρότυπων μετρητικών οργάνων.

3. Υλικά από καρβίδιο του βολφραμίου, για στέρεα μετρητικά μέλη τύπου ενδιάμεσου κενού, παρέχουν πολύ μεγάλη σταθερότητα και αντοχή έναντι φθοράς. Η σχετικά υψηλή τιμή τους και η ευαισθησία σε εξομάλυνση περιορίζει τη χρήση τους. Παρόλα αυτά, τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου η διευρυμένη χρήση ή η παρουσία ιδιαίτερα λείων επιφανειών εργασίας παρέχει την οικονομική δικαιολογία για την επιλογή των καρβιδίων ως υλικών των μετρητικών οργάνων.

Επειδή ο συντελεστής θερμικής διαστολής των καρβιδίων βολφραμίου διαφέρει από εκείνο του χάλυβα, μπορεί να απαιτείται ένα ελεγχόμενο θερμοκρασιακό περιβάλλον κατά τη μέτρηση διαστάσεων, με τη συμμετοχή μετρητικών μελών από καρβίδια του βολφραμίου, σε σφιχτές ζώνες ανοχών τεμαχίων από χάλυβα.

4. Τα κεραμικά μετρητικά μέλη θεωρείται ότι παρέχουν τον υψηλότερο βαθμό αντοχής. Παρόλα αυτά, μερικά από τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν για τα υλικά από καρβίδια του βολφραμίου παρατηρούνται σε μεγαλύτερο βαθμό και στα κεραμικά και πιο συγκεκριμένα το γεγονός του ότι είναι αρκετά εύθραυστα και ότι διαθέτουν διαφορετικό συντελεστή θερμικής διαστολής.

ΟΙ ΑΝΟΧΕΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Τα οριακά μεγέθη της διάστασης ενός τεμαχίου, όπως προσδιορίζονται από το σχέδιο του προϊόντος, επιτρέπουν ένα συγκεκριμένο εύρος ανοχών για αποκλίσεις στη διαδικασία κατασκευής. Τα πρότυπα μετρητικά όργανα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των οριακών συνθηκών στα τεμάχια έχουν, επίσης, απαραίτητα συγκεκριμένο βαθμό αποκλίσεων μεγέθους για τον οποίο πρέπει να ρυθμιστούν οι κατάλληλες ανοχές.

Εμμένοντας στην αρχή ότι κανένα τεμάχιο του οποίου το πραγματικό μέγεθος είναι εκτός των σχεδιαστικών ορίων, δεν πρέπει να φθάσει στο στάδιο των ελέγχων, οι ανοχές του οργάνου θα πρέπει να κατανεμηθούν εντός των σχεδιαστικών ορίων του τεμαχίου. Αυτή η συνθήκη θα ελαττώσει το πεδίο των ανεκτών κατασκευαστικών αποκλίσεων και θα επηρεάσει το κόστος παραγωγής του τεμαχίου. Για το λόγο αυτό, είναι επιθυμητό να διατηρείται το μεγαλύτερο δυνατό κομμάτι των σχεδιαστικών ανοχών για κατασκευαστικούς σκοπούς, οι οποίοι μπορούν να επιτευχθούν με σύσφιξη των ανοχών του κατασκευαστή του μετρητικού οργάνου. Επειδή η τελευταία αυτή προσέγγιση αντανακλά, αναγκαστικά, στο κόστος του οργάνου, προκύπτουν αλληλοσυγκρουόμενοι στόχοι που απαιτούν λύσεις συμβιβασμού και επίτευξη συνθηκών πολύ κοντά στη βέλτιστη ισορροπία κόστους.

Ομοίως με τις βασικές ανοχές του τεμαχίου, οι ανοχές του κατασκευαστή του μετρητικού οργάνου που χρησιμοποιούνται κάθε φορά έχουν επίσης διάφορες κλάσεις και κατηγοριοποιούνται για διαφορετικά γκρουπ μεγεθών. Ο Πίνακας 3-5 δίνει τις ευρέως αποδεκτές ανοχές για τους κατασκευαστές οργάνων, επίπεδων και κυλινδρικών, στα οποία μόνο μία διάσταση έχει ανοχές. Οι ανοχές των μετρητικών οργάνων σπειρωμάτων για πολλές σημαντικές διαστάσεις, από την άλλη, καθορίζονται σε σειρά με τις βασικές αρχές των μετρήσεων πολλαπλών διαστάσεων.

Για την επιλογή της επιθυμητής κλάσης ανοχών του κατασκευαστή του μετρητικού οργάνου δεν υπάρχουν θεσπισμένοι αυστηροί κανόνες. Πάντως, από οικονομικής απόψεως, εφαρμόζονται συγκεκριμένες αρχές, οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν, όπως παρακάτω. Οι ανοχές που επιλέγονται είτε για το ΠΕΡΝΑ είτε για το ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ μετρητικό μέλος πρέπει να απορροφά το 5% και να μην υπερβαίνει το 10% των ολικών σχεδιαστικών ανοχών για τη διάσταση του μετρούμενου τεμαχίου. Για διαστάσεις τεμαχίων με πολύ ελεύθερες σχεδιαστικές ανοχές που καταρτίστηκαν για να εξυπηρετήσουν λειτουργικούς σκοπούς, ακόμα και λιγότερο από το 5% της συνολικής ζώνης ανοχών θα απορροφηθεί από τις επιλεγμένες κατασκευαστικές ανοχές σε κάθε άκρο του πεδίου ανοχών του τεμαχίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-5: ΑΝΟΧΕΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΤΥΠΟΥ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΚΕΝΟΥ ΚΑΙ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ

ΕΥΡΟΣ ΚΑΙ ΑΝΟΧΕΣ					
ΕΥΡΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ		ΚΛΑΣΗ XX	ΚΛΑΣΗ X	ΚΛΑΣΗ Y	ΚΛΑΣΗ Z
ΑΠΟ	ΕΩΣ				
0,029	0,825	0,000020	0,00004	0,00007	0,00010
0,825	1,510	0,00003	0,00005	0,00009	0,00012
1,510	2,510	0,00004	0,00008	0,00012	0,00016
2,510	4,510	0,00005	0,00010	0,00015	0,00020
4,510	6,510	0,000065	0,00013	0,00019	0,00025
6,510	9,010	0,00008	0,00016	0,00024	0,00032

Σημείωση: Τα κύρια ρυθμιστικά όργανα τύπου δακτυλίου για τη ρύθμιση πνευματικών μετρητικών οργάνων υψηλών ενισχύσεων κατασκευάζονται επίσης στην Κλάση XXX, με τις μισές ανοχές από αυτές της Κλάσης XX. Για ιδιαίτερες εφαρμογές, τα μετρητικά όργανα τύπου δακτυλίου σε μεγέθη έως 1 ίντσα, διατίθενται στην Κλάση XXXX, με ανοχές ακριβώς τις μισές εκείνων της Κλάσης XXX.

ΕΛΑΦΡΥΝΣΕΙΣ ΕΝΑΝΤΙ ΦΘΟΡΑΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΟΡΙΩΝ

Όταν ένας ΠΕΡΝΑ μετρητής κατασκευάζεται ακριβώς στο μέγιστο οριακό μέγεθος υλικού της μετρούμενης διάστασης, η μικρότερη φθορά του μετρητικού μέλους θα προκαλέσει το πέρασμα του μεγέθους του οργάνου από το σχεδιαστικό όριο του αντικειμένου. Η συνθήκη αυτή θα απαιτήσει από το μετρητή στη συνέχεια να αποσυρθεί από τη διαδικασία είτε έως ότου επιδιορθωθεί είτε ολοκληρωτικά.

Για λόγους οικονομίας των μετρήσεων, είναι σύνηθες να προβλέπεται συγκεκριμένη τιμή φθοράς κατά τη διαστασιολόγηση του οργάνου, εκτός αν συγκεκριμένες κατασκευαστικές συνθήκες του μετρούμενου προϊόντος θέτουν αυτήν την εφαρμογή σωτηρίας έναντι της ταχείας απόσυρσης του οργάνου άσκοπη. Η πρόβλεψη έναντι φθοράς του οργάνου επιτυγχάνεται με την αλλαγή του σχεδιαστικού μεγέθους του μετρητικού οργάνου προς μία προσαυξημένη συνθήκη υλικού του οργάνου, όπως η μεγαλύτερη εξωτερική διάμετρος για ένα μετρητή τύπου ενδιάμεσου κενού και μια μικρότερη διάμετρο οπής για ένα μετρητή τύπου δακτυλίου.

Η αλλαγή στο μέγεθος σχεδιασμού του οργάνου για τους σκοπούς της αποφυγής φθοράς εφαρμόζεται μόνο στους μετρητές ΠΕΡΝΑ. Οι μετρητές ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ δε χρειάζονται καμία ελάφρυνση έναντι φθοράς. Σε αυτούς η φθορά εξελίσσεται προς την κατεύθυνση της ασφάλειας, γεγονός που γίνεται αισθητό, εκεί όπου ο μετρητής τείνει να

απορρίπτει τεμάχια, με μεγάλη αυστηρότητα, μειώνοντας αυτόματα το χρήσιμο πεδίο των κατασκευαστικών ανοχών.

Ως γενικός κανόνας, οι ελαφρύνσεις έναντι φθοράς που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό των οριακών μετρητών ΠΕΡΝΑ είναι ανάλογη του 5% του συνολικού εύρους ανοχών που απονέμεται στη διάσταση του μετρούμενου τεμαχίου. Αν και με την αλλαγή του σχεδιαστικού μεγέθους του οργάνου, ελαττώνουν το χρήσιμο εύρος ανοχών του τεμαχίου σε συνδυασμό με την όμοια δυναμική επίδραση των ανοχών του κατασκευαστή του οργάνου, η εφαρμογή των ελαφρύνσεων είναι εγγυημένη σε πολλές περιπτώσεις και πιο συγκεκριμένα όταν αναμένεται σημαντική φθορά του οργάνου.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΑΝΟΧΩΝ ΤΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ ΤΟΥ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Αποκλίσεις από τη διάσταση του σχεδίου δεν μπορούν να αποφευχθούν τελείως ακόμα και όταν εφαρμόζεται μεγάλη φροντίδα και εξαιρετικές κατασκευαστικές τεχνικές συνθήκες στις πρακτικές κατασκευής μετρητικών οργάνων. Παρόλα αυτά, είναι δυνατός ο περιορισμός του μεγέθους των αποκλίσεων καθορίζοντας ανοχές, και επίσης είναι δυνατή η μείωση η και η πλήρης εξάλειψη των βλαβερών επιδράσεων αυτών των ανοχών στο λειτουργικό σκοπό της μέτρησης. Ο τελευταίος αυτός στόχος μπορεί να επιτευχθεί με την κατάλληλη κατανομή των κατασκευαστικών ανοχών του οργάνου.

Για τους μετρητές ορίων, οι κατασκευαστικές αυτές ανοχές πρέπει να κατανεμηθούν με τρόπο που δε θα αφαιρεί τη σχετικότητα της διαδικασίας ελέγχου. Για το λόγο αυτό, οι ανοχές των μετρητών ορίων κατανέμονται γενικά μονόπλευρα, βασισμένες στο οριακό μέγεθος της μετρούμενης διάστασης και με κατεύθυνση προς τη σύσφιξη των κατασκευαστικών ανοχών. Η κατεύθυνση αυτή, της κατανομής ανοχών έχει ως αποτέλεσμα τις ακόλουθες έννοιες ανεκτών αποκλίσεων:

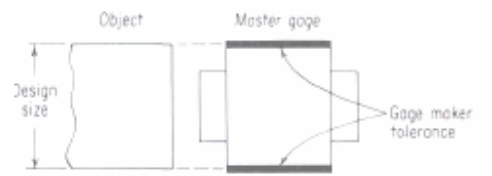
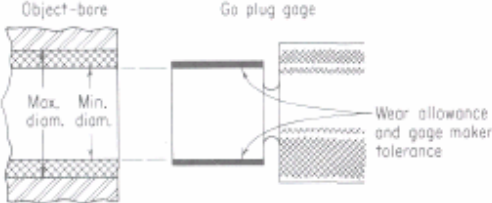
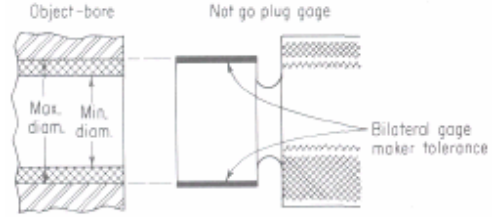
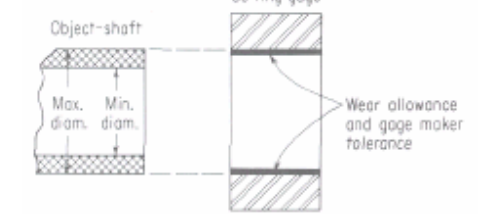
Σε μετρητές GO, όπου παρατηρείται αυξημένη συνθήκη υλικού σε αυτούς	<ul style="list-style-type: none">▪ Η διάμετρος ενδιάμεσου κενου μπορεί να είναι μεγαλύτερη▪ Η διάμετρος δακτυλίου της οπής μπορεί να είναι μικρότερη
Σε μετρητές NOT GO, όπου παρατηρείται η μικρότερη συνθήκη υλικού σε αυτούς	<ul style="list-style-type: none">▪ Η διάμετρος ενδιάμεσου κενου μπορεί να είναι μικρότερη▪ Η διάμετρος δακτυλίου της οπής μπορεί να είναι μεγαλύτερη

Κάποιοι κατασκευαστές εφαρμόζουν δίπλευρες ανοχές στη διαστασιολόγηση των ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ μετρητών, χωρίζοντας τη ζώνη ανοχών του οργάνου συμμετρικά στις δύο πλευρές του σχεδιαστικού ορίου του μετρητή. Η πρακτική αυτή υποστηρίζεται από τη θεώρηση ότι η φθορά του μετρητή τείνει να ελαττώσει εκείνη την πλευρά της ζώνης ανοχών του οργάνου που αποτελεί επέκταση των καθορισμένων ανοχών του τεμαχίου. Η υιοθέτηση των δίπλευρων ανοχών για τους μετρητές αυτούς μπορεί να τύχουν της επιδοκιμασίας του πελάτη, όταν εμπλέκονται κρίσιμες συζεύξεις τεμαχίων.

Στην περίπτωση των οργάνων ρύθμισης η δίπλευρη κατανομή των κατασκευαστικών ανοχών εφαρμόζεται, συνήθως, με σκοπό τη μείωση της δυναμικής απόλυτης τιμής του σφάλματος της μέτρησης. Προσδιορίζοντας την επιλεγμένη ζώνη ανοχών να είναι συμμετρική προς την ονομαστική τιμή, οι αποκλίσεις που θα προκύψουν εντός των ανεκτών ορίων δε θα υπερβαίνουν το μισό του συνολικού πεδίου ανοχών.

Οι αρχές της κατανομής των ελαφρύνσεων έναντι φθοράς και των κατασκευαστικών ανοχών του μετρητικού οργάνου στη διαστασιολόγηση των πρότυπων μετρητικών οργάνων εμφανίζεται διαγραμματικά στον Πίνακα 3-6.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-6. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΑΦΡΥΝΣΕΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΦΘΟΡΑΣ ΚΑΙ ΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΟΧΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΡΓΑΝΟΥ	ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ
Κύριο πρότυπο (Ρύθμιση ελεγκτήρα για όργανα συγκρίσεως)	Οι κατασκευαστικές ανοχές καθορισμένες διμερώς, χρησιμοποιούν για τα βασικά μεγέθη του οργάνου: α) το σχεδιαστικό μέγεθος του αντικειμένου ή β) το ενδιάμεσο μέγεθος των επιτρεπτών ορίων του μεγέθους του αντικειμένου	
Ελεγκτήρες ορίων τρυμμάτων ΠΕΡΝΑ	Βασικό μέγεθος οργάνου: το ελάχιστο όριο του μεγέθους του αντικειμένου. Ελαφρύνσεις έναντι φθοράς (προαιρετικά) προστίθενται στο μέγεθος του οργάνου. Οι κατασκευαστικές ανοχές προστίθενται αυτόνομα στο βασικό μέγεθος του οργάνου.	
Ελεγκτήρες ορίων τρυμμάτων ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ	Βασικό μέγεθος οργάνου: το μέγιστο όριο του μεγέθους του αντικειμένου. Οι κατασκευαστικές ανοχές: α) αφαιρούνται αυτόνομα από το βασικό μέγεθος του οργάνου, β) χωρίζονται διμερώς, διαχωρίζοντας το μέγεθος του οργάνου, γ) (κατ' εξαίρεση) προστίθενται αυτόματα στο μέγεθος του οργάνου	
Ελεγκτήρες ορίων αξόνων ΠΕΡΝΑ	Βασικό μέγεθος οργάνου: το μέγιστο όριο του μεγέθους του αντικειμένου. Ελαφρύνσεις έναντι φθοράς (προαιρετικά) αφαιρούνται από το μέγεθος του οργάνου. Οι κατασκευαστικές ανοχές αφαιρούνται αυτόνομα από το βασικό μέγεθος του οργάνου.	

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΡΓΑΝΟΥ	ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ
Ελεγκτήρες ορίων αξόνων ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ	Βασικό μέγεθος οργάνου: το ελάχιστο όριο του μεγέθους του αντικειμένου. Οι κατασκευαστικές ανοχές: α) προστίθενται αυτόνομα στο βασικό μέγεθος του οργάνου, β) χωρίζονται διμερώς, διαχωρίζοντας το μέγεθος του οργάνου, γ) (κατ' εξαίρεση) αφαιρούνται αυτόματα από το μέγεθος του οργάνου	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Η ΑΝΑΓΚΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Όλες οι διαστάσεις μήκους στη βιομηχανία και τις επιστήμες εκφράζονται σε μεγέθη βασιζόμενα στις πρότυπες μονάδες μέτρησης διαστάσεων, όπως η ίντσα ή το μέτρο.

Η βασική μονάδα αναφοράς είναι ο διεθνής κανόνας μέτρου. Είναι διαθέσιμος, μαζί με επίσημα αντίγραφα, ως το αρχικό πρότυπο μήκους σε περιορισμένο αριθμό διεθνών εργαστηρίων τυποποίησης. Στις μέρες μας, η χρήση συγκεκριμένου μήκους κύματος φωτός, ως το διεθνές βασικό πρότυπο μήκους αύξησε τα πεδία εφαρμογής ενός απόλυτου προτύπου. Παρόλα αυτά, το υψηλό κόστος του αναγκαίου εξοπλισμού για τη διεξαγωγή μετρήσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο την κατέστησε απαγορευτική για τις κατασκευές.

Αν και θεωρητικά γίνεται αντιληπτό ότι όλα τα μετρητικά όργανα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές και τους ελέγχους πρέπει να ελέγχονται με τη χρήση προτύπων μήκους, η διαδικασία προφανώς δεν είναι πρακτική αν αναλογιστεί κανείς τα εκατομμύρια των οργάνων σε συνεχή χρήση σε όλα τα επίπεδα της βιομηχανίας. Για το λόγο αυτό, τα κύρια πρότυπα, πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση δευτερευόντων προτύπων υψηλής ποιότητας, πιστών αντίγραφων των πρώτων. Τα δευτερεύοντα αποτελούν τη βάση για τη δημιουργία αξιόπιστων συνδέσμων ανάμεσα στα αρχικά πρότυπα και στα όργανα που χρησιμοποιούνται στο χώρο των μετρήσεων βιομηχανικών προϊόντων.

Αναλογιζόμενοι το ενυπάρχων μικρό πεδίο μετρήσεων των συγκριτικών οργάνων υψηλής μεγέθυνσης, με τη βοήθεια των οποίων επιτυγχάνεται ακριβής σύγκριση ανάμεσα στα μήκη των φυσικών αντικειμένων και στα τεμάχια αναφοράς, θα πρέπει να διατίθενται με πολύ μικρές υποδιαίρεσεις, όπως 1/10000 της ίντσας ή και μικρότερες. Εξαιτίας του ότι το πεδίο των, με ακρίβεια, μετρούμενων διαστάσεων σε κάθε τεμάχιο, συχνά θα εκτείνεται σε αρκετές ίντσες, θα έπρεπε να εξασφαλίζεται η προμήθεια και η χρήση αρκετών δεκάδων χιλιάδων βασικών τεμαχίων αναφοράς. Ευτυχώς, το πρόβλημα αυτό, επιλύθηκε από ένα σχεδιασμό ο οποίος αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε στα τέλη του 18^{ου} αιώνα από ένα σουηδό Μηχανικό, τον Καρλ Ε. Γιόχανσον, το όνομα του οποίου από τότε συνδέθηκε στενά με τη σημαντική του εφεύρεση, τα πλακίδια πρότυπου μήκους.

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Ιστορικά, από πηγές αναφορών, κατά τη μελέτη των μεθόδων των εναλλακτικών κατασκευών στη βιομηχανία κατασκευής όπλων Mauser στη Γερμανία, το 1895 ένα μέλος της σουηδικής αντιπροσωπείας, ο Καρλ Ε. Γιόχανσον, έδειξε στην πράξη τον τεράστιο αριθμό ειδικών μετρητικών οργάνων που χρησιμοποιούνταν για αυτήν την κατασκευή. Συνέλαβε την ιδέα της αντικατάστασης αυτών με τη βοήθεια σύνθετων οργάνων που αποτελούνταν από ανεξάρτητα πλακίδια. Ο Γιόχανσον συνειδητοποίησε ότι με κατάλληλη επιλογή των μεγεθών των ανεξάρτητων πλακιδίων θα μπορούσε με

συνδυασμό τους να καλύψει ένα μεγάλο πεδίο διαφορετικών διαστάσεων μήκους σε πολύ μικρές υποδιαίρεσεις. Οι αρχικοί συνδυασμοί που επινοήσε και κατασκευάστηκαν από μια ειδικά ανεπτυγμένη διαδικασία λείανσης, περιελάμβαναν 102 πλακίδια τακτοποιημένα σε τρεις σειρές.

Παρόλο που η αρχική διαδικασία λείανσης στην οποία ο εφευρέτης έπρεπε να βασιστεί, περιελάμβανε ένα χυτοσιδηρό δίσκο προσαρμοσμένο στο πλαίσιο μιας ραπτομηχανής, τα πρώτα πλακίδια πρότυπου μήκους χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στην κατασκευή τουφεκιών. Η αρχική αυτή επιτυχία σήμανε τη ραγδαία εξάπλωση της χρήσης των πλακιδίων. Το 1911, ο Γιόχανσον ίδρυσε το δικό του εργοστάσιο μετρήσεων στη Σουηδία, προμηθεύοντας με εκτεταμένες διευκολύνσεις την κατασκευή πρότυπων πλακιδίων.

Για ένα διάστημα τα πρότυπα πλακίδια χρησιμοποιούνταν, μονάχα και σπάνια στην κατασκευή. Το συγκεκριμένο γίνεται κατανοητό αν αναλογιστεί κανείς τις ιδιαίτερες ικανότητες και την εκτεταμένη χειροτεχνία που απαιτεί η ακριβής κατασκευή τους. Καταλυτική βοήθεια για την ευρεία εφαρμογή του σημαντικού αυτού εργαλείου διαδραμάτισε η εξέλιξη συγκεκριμένων κατασκευαστικών μεθόδων και πιο συγκεκριμένα η εφαρμογή της μηχανικής λείανσης, η οποία κατέστησε λιγότερο εξαρτώμενη την ακριβή κατασκευή των πλακιδίων από τις ικανότητες του ατόμου. Η δουλειά του Γουίλιαμ Ε. Χόουκ, ο οποίος διετέλεσε υπεύθυνος του Τμήματος Μετρήσεων του Αμερικανικού Οργανισμού Τυποποίησης, υπήρξε πρωτοπόρα για τη σημαντική αυτή κατασκευαστική εξέλιξη, που οδήγησε τελικά στη σημερινή γενική χρήση των πλακιδίων πρότυπου μήκους στα περισσότερα επίπεδα της παραγωγής.

ΚΥΡΙΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Ο ουσιαστικός σκοπός των πλακιδίων είναι η δημιουργία διαθέσιμων τελικών προτύπων συγκεκριμένου μήκους με προσωρινούς συνδυασμούς διάφορων ανεξάρτητων στοιχείων, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει μία καθορισμένη διάσταση, σε μία ράβδο μετρήσεων. Ο συνδυασμός των μεμονωμένων πλακιδίων πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα μια ράβδο με λογική συνοχή, της οποίας η πραγματική διάσταση αντιπροσωπεύει πιστά, εντός συγκεκριμένων ορίων, την ονομαστική διάσταση που απαιτείται για συγκεκριμένη εφαρμογή. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες κύριες απαιτήσεις.

α) Τα ανεξάρτητα στοιχεία πρέπει να διατείνονται σε διαστάσεις ικανές για τη δημιουργία κάθε συνδυασμού μεγέθους εντός του σχεδιαζόμενου πεδίου και της βαθμονόμησης του σετ των πλακιδίων.

β) Η ακρίβεια των ανεξάρτητων πλακιδίων, με κάθε σημαντική εκτίμηση, πρέπει να βρίσκεται εντός αποδεκτών ορίων ανοχής

γ) Στους σύνθετους συνδυασμούς, τα ανεξάρτητα πλακίδια πρέπει να βρίσκονται σε τόσο στενή επαφή, ώστε η ράβδος που δημιουργούν να έχει μήκος ισοδύναμο με τα μεγέθη των πλακιδίων που λαμβάνουν μέρος στη σύζευξη

δ) Η επαφή ανάμεσα στα στοιχεία πρέπει να είναι αρκετά σταθερή για την επίτευξη του λογικού χειρισμού τους ως μονάδα και όταν διαχωρίζονται τα ανεξάρτητα τεμάχια πρέπει να είναι επαναχρησιμοποιήσιμα χωρίς καταστροφές στο αρχικό τους μέγεθος ή σε άλλες βασικές ιδιότητες.

Για την ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων τα σετ των πλακιδίων αποτελούνται από συστατικά σε αριθμητικά καθορισμένα μεγέθη που είναι κατασκευασμένα σε αυστηρά προσκολλημένες ιδιαιτερότητες διαστάσεων και γεωμετρίας που θα συζητηθούν σε ακόλουθους τομείς. Η παροδική, αν και λογικά σταθερή και πρακτικά δίχως κενό, επαφή των ανεξάρτητων πλακιδίων μεταξύ τους επιτυγχάνεται με συστροφή. Οι προϋποθέσεις, το αποτέλεσμα και η τεχνική αυτής της διαδικασίας παροδικής επαφής περιγράφονται σε παρακάτω σημείο του κεφαλαίου.

4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

ΟΡΙΑΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Ο αμερικανικός οργανισμός τυποποίησης για τα πλακίδια πρότυπου μήκους ANSI B89.1.9 M-1984 (R1989), καθορίζει τρεις βασικές μορφές, ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, κύβο και σφαίρα. Οι δύο κοινότεροι τύποι φαίνονται στο Σχήμα 4-1 και 4-2. Η Τυποποίηση καθορίζει τις οριακές διαστάσεις, τις εφαρμόσιμες ανοχές μεγέθους και το σχεδιασμό των εγκάρσιων οπών των ράβδων σύνδεσης αυτών των τύπων πλακιδίων που περιέχουν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

Ο Πίνακας 4-1 παρουσιάζει τις εγκάρσιες διαστάσεις και ανοχές των πλακιδίων πρότυπου μήκους όπως καθορίζονται από την Τυποποίηση. Όλοι οι κατασκευαστές συμφωνούν με αυτούς τους λεπτομερείς όρους.

Η μορφή ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου είναι η ευρέως χρησιμοποιούμενη σε ολόκληρο τον κόσμο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποιοι κατασκευαστές που επιπρόσθετα της γραμμής παραγωγής πλακιδίων αυτής της μορφής, κατασκευάζουν και κυβικά. Σε συγκεκριμένες εφαρμογές προτιμώνται τα τελευταία, αν και είναι ακριβότερα. Αυτό συμβαίνει διότι, εξαιτίας της μεγάλης επιφάνειας επαφής τους, έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και προσκολλώνται καλύτερα μεταξύ τους κατά τη συστροφή τους στη δημιουργία μεγαλύτερων μηκών. Κάποιοι κατασκευαστές δημιουργούν σε αυτά οπές στο κέντρο με στόχο να επιτρέψουν τη χρήση ράβδων σύνδεσης ως πρόσθετη ασφάλεια για την αποκόλληση των προσκολλημένων τεμαχίων κατά το χειρισμό, ειδικότερα των πλακιδίων εμπορικού τύπου.

Τα ορθογώνια παραλληλεπίπεδα πλακίδια είναι λιγότερο ακριβά στην κατασκευή τους και προσαρμόζονται καλύτερα σε εφαρμογές όπου η δημιουργία κενού απαγορεύεται ή το υπερβολικό βάρος πρέπει να αποφεύγεται.

Αν και τα πλακίδια πρότυπου μήκους είναι στην πλειοψηφία τους προϊόντα κατασκευασμένα με αυστηρές προδιαγραφές, η μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στις δύο επιφάνειες μέτρησης στις απέναντι μεταξύ τους πλευρές των πλακιδίων.



Σχ. 4-1: (Αριστερά) Ορθογώνια παραλληλεπίπεδα πλακίδια πρότυπου μήκους.
Σχ. 4-2: (Δεξιά) Κυβικά πλακίδια πρότυπου μήκους με κεντρική οπή.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1. ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΟΧΕΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΙΝΤΣΕΣ**

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	
		ΒΑΘΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ
< 0,01	ορθογώνιο παραλ/πεδο	0,355 +0,005, -0,010	0,787 +0,450, -0,229
0,01 - 0,20	ορθογώνιο παραλ/πεδο	0,355 +0,020, -0,010	1,181 +0,074, -0,084
0,20 - 20	ορθογώνιο παραλ/πεδο	0,355 +/- 0,010	1,378 +0,010, -0,207
0,05 - 20	ορθογώνιο παραλ/πεδο (1)	0,531 +/- 0,005	1,500 +/-0,010
0,01 - 20	κυβικά με οπή 0,265 +/- 0,005 (με κωνική διεύρυνση από 70 έως 84 μοίρες) (2)	0,950 +/- 0,010	0,950 +/-0,010
> 2	στρογγυλά	0,875 +/- 0,01 (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ)	
3, 4, 5 και 6	στρογγυλά	1,25 +/- 0,01 (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ)	

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΧΙΛΙΟΣΤΑ ΤΟΥ ΜΕΤΡΟΥ

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	
		ΒΑΘΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ
< 0,3	ορθογώνιο παραλ/πεδο	9 +0,13, -0,26	20 +11,4, -5,8
0,3 - 10	ορθογώνιο παραλ/πεδο	9 +0,5, -0,26	30 + 1,9, -2,1
10 - 500	ορθογώνιο παραλ/πεδο	9 +0,5, -0,26	35 + 0,26, -5,9
> 500	κυβικό (3)	0,531 +/- 0,005	24,1 +/-0,2

- (1) Τα πλακίδια 1 ίντσας έχουν μια οπή 0,25 ίντσες σε κάθε πλευρά ενώ εκείνα με μεγαλύτερο μέγεθος έχουν δύο οπές 0,25 ιντσών σε κάθε πλευρα.
- (2) Τα κυβικά πλακίδια με μέγεθος 0,2 ίντσες ή μεγαλύτερο, θα πρέπει να φρεζαριστούν για διεύρυνση οπής και στις δύο πλευρές, εκείνα με μέγεθος μικρότερο από 0,2 ίντσες δεν φρεζάρονται, ενώ εκείνα από καρβίδια με μέγεθος 0,1 ίντσες φρεζάρονται μόνο από τη μία πλευρά.
- (3) Τα πλακίδια αυτής της μορφής έχουν κεντρική οπή 6,7 +/- 0,1 χιλιοστά. Για τα πλακίδια με μήκος 5 χιλιοστά ή μεγαλύτερο, η οπή και στις δύο πλευρές διευρύνεται κωνικά υπό γωνία 70° έως 84°. Εκείνα με μήκος μικρότερο από 5 χιλιοστά δεν φρεζάρονται, ενώ εκείνα από καρβίδια με μήκος 2,5 χιλιοστά φρεζάρονται μόνο στη μία πλευρα.

ΜΗΚΟΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ – Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

Για τα τελικά πρότυπα, όπως είναι και τα πλακίδια, η απόσταση μεταξύ των επιφανειών μέτρησης αντιπροσωπεύει την ονομαστική διάσταση. Στην ορολογία των μετρήσεων, η απόσταση αυτή είναι γνωστή ως το μήκος των πλακιδίων πρότυπου μήκους. Η διάσταση αυτή δεν είναι απαραίτητα η μεγαλύτερη οριακή διάσταση του πλακιδίου, του οποίου το ονομαστικό μέγεθος μπορεί να είναι και μικρότερο από 0,1 ίντσες.

Το μήκος τους είναι η πιο σημαντική διάσταση. Το πόσο κοντά είναι το πραγματικό τους μέγεθος με την ονομαστική διάσταση, καθορίζει την ακρίβεια αυτού του προτύπου.

Αν και κάποιοι κατασκευαστές έχουν από καιρό καθορίσει τις δικές τους τιμές για τις επιτρεπτές αποκλίσεις από την ονομαστική διάσταση, είναι ενδεικτικές ή βρίσκονται στενά συδεδεμένες με εκείνες τις ανοχές που καθορίζονται από τον αμερικανικό οργανισμό τυποποίησης ANSI B89.1.9 M-1984 (R1989), «Ακρίβεια στην κατασκευή των πλακιδίων πρότυπου μήκους».

Τα πλακίδια του Μετρικού συστήματος, που γενικά κατασκευάζονται με μορφή ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου, χρησιμοποιούνται σε αρκετές εφαρμογές της αμερικανικής βιομηχανίας σε συμφωνία με την πρόσφατη μετάβασή της στο Μετρικό σύστημα. Παρόλα αυτά, οι ανοχές των διαστάσεων και ποικίλες άλλες προδιαγραφές των πλακιδίων αυτού του συστήματος συμφωνούν με εκείνα του Αγγλόσαξονικού αντίστοιχων διαστάσεων. Το ANSI B89.1.9 M-1984 (R1989), όπως και οι Ομοσπονδιακές Προδιαγραφές GGG-G-15C, καθορίζουν τέσσερις κατηγορίες ακριβείας για τα πλακίδια, οι οποίες εμφανίζονται παρακάτω (εντός των παρενθέσεων φαίνεται η πρότερη κατάταξη).

- | | |
|---|---|
| • Κατηγορία ανοχών 0,5
(Πρότερα AAA) | Χρησιμοποιούνται για πρότυπα αναφοράς σε εργαστήρια βαθμονομήσεως και ρύθμισης. |
| • Κατηγορία ανοχών 1
(Πρότερα AA) | Χρησιμοποιούνται για πλακίδια αναφοράς πρότυπου μήκους. |
| • Κατηγορία ανοχών 2
(Πρότερα A+) | Χρησιμοποιούνται γενικά από τον έλεγχο ποιότητας για τη ρύθμιση και τον έλεγχο των οργάνων ενδείξεων και των ελεγκτήρων ορίων που εξυπηρετούν επιθεωρήσεις. |
| • Κατηγορία ανοχών 3
(Μεταξύ των πρότερων A και B) | Χρησιμοποιούνται για χρήση σε χώρους εργαλείων και στην παραγωγή. |

Ο πίνακας 4-2 παρουσιάζει τις ανοχές για τα πλακίδια, όπως καθορίζονται από την Τυποποίηση, με τις μέγιστες τιμές των πρόσθετων αποκλίσεων τόσο για τα πλακίδια του Αγγλοσαξονικού συστήματος μέτρησης όσο και του Μετρικού.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 ΑΝΟΧΕΣ ΜΗΚΟΥΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΟΧΩΝ ΣΕ ΜΙΚΡΟΪΝΤΣΕΣ**

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ (ΙΝΤΣΕΣ)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΟΧΩΝ			
	0,5	1	2	3
1	+/- 1	+/- 2	+4, -2	+8, -4
2	+/- 2	+/- 4	+8, -4	+16, -8
3	+/- 3	+/- 5	+10, -5	+20, -10
4	+/- 4	+/- 6	+12, -6	+24, -12
5		+/- 7	+14, -7	+28, -14
6		+/- 8	+16, -8	+32, -16
7		+/- 9	+18, -9	+36, -18
8		+/- 10	+20, -10	+40, -20
10		+/- 12	+24, -12	+48, -24
12		+/- 14	+28, -14	+56, -28
16		+/- 18	+36, -18	+72, -36
20		+/- 20	+40, -20	+80, -40

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΟΧΩΝ ΣΕ ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΑ

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ (ΧΙΛΙΟΣΤΑ)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΟΧΩΝ			
	0,5	1	2	3
10	+/- 0,03	+/- 0,05	+0,10, -0,05	+0,20, -0,10
25	+/- 0,03	+/- 0,05	+0,10, -0,05	+0,30, -0,15
50	+/- 0,05	+/- 0,010	+0,20, -0,10	+0,40, -0,20
75	+/- 0,08	+/- 0,13	+0,25, -0,13	+0,45, -0,23
100	+/- 0,10	+/- 0,15	+0,30, -0,15	+0,60, -0,30
125		+/- 0,18	+0,36, -0,18	+0,70, -0,35
150		+/- 0,20	+0,41, -0,20	+0,80, -0,40
175		+/- 0,23	+0,46, -0,23	+0,90, -0,45
200		+/- 0,25	+0,51, -0,25	+1,00, -0,50
250		+/- 0,30	+0,60, -0,30	+1,20, -0,60
300		+/- 0,35	+0,70, -0,35	+1,40, -0,70
400		+/- 0,45	+0,90, -0,45	+1,80, -0,90
500		+/- 0,50	+1,00, -0,50	+2,00, -1,00

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ

Οι ανοχές μήκους των πλακιδίων έχουν σημασία μόνο όταν οι επιφάνειες μέτρησης των οποίων η απόσταση μεταξύ τους αποτελεί το μετρούμενο μήκος είναι ουσιαστικά επίπεδες και παράλληλες. Ως γενικός κανόνας, η ολική τιμή των σφαλμάτων ομαλότητας και της παραλληλότητας δε θα πρέπει να υπερβαίνουν το μέγιστο εύρος των ανοχών μήκους που επιτρέπεται για τα πλακίδια της κάθε βαθμίδας. Οι θεωρήσεις αυτές αντανακλούν στις ανοχές ομαλότητας και παραλληλισμού που καθορίζει ο Αμερικανικός Οργανισμός Τυποποίησης και φαίνονται στον Πίνακα 4-3.

Τα σφάλματα ομαλότητας πρέπει να ελαχιστοποιούνται, επιπρόσθετα της επίδρασής τους στην ακρίβεια του μήκους και για διάφορους άλλους λόγους. Αυτοί είναι:

α) Τα ελαττώματα στην ομαλότητα συγκρούονται με την ακριβή μέτρηση του μήκους.

β) Η ελλιπής ομαλότητα εμποδίζει την ικανότητα συστροφής, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο τα πλακίδια έρχονται σε επαφή μεταξύ τους.

γ) Αποκλίσεις στην ομαλότητα με ταυτόχρονη μείωση της επιφάνειας επαφής των πλακιδίων μπορεί να περιορίσει τη διάρκεια ζωής τους

Αν και οι ανοχές ομαλότητας εφαρμόζονται στην περιοχή των επιφανειών μέτρησης παραλείποντας μια οριακή ζώνη των 0,02 ιντσών από τις πλευρικές επιφάνειες, το επίπεδο της οριακής ζώνης δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από το επίπεδο της επιφάνειας μέτρησης. Αν και οι πλευρές του πλακιδίου δεν επηρεάζουν τη διάσταση του μήκους θα πρέπει, επίσης, να διατηρείται ένα λογικό επίπεδο ακριβείας. Η απαίτηση αυτή αναφέρεται πρωταρχικά στην κυβικότητα που σχετίζεται με τις επιφάνειες μέτρησης, καθώς επίσης και ανάμεσά τους. Τα σφάλματα στην κυβικότητα δε θα πρέπει να υπερβαίνουν για τα πλακίδια με μήκος 0,4 ίντσες και παραπάνω τα 5 πρώτα λεπτά της μοίρας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-3. ΑΝΟΧΕΣ ΟΜΑΛΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΟΧΩΝ ΣΕ ΜΙΚΡΟΪΝΤΣΕΣ

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ (ΙΝΤΣΕΣ)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΟΧΩΝ			
	0,5	1	2	3
1	1	2	4	5
2	1	2	4	5
3	1	3	4	5
4	1	3	4	5
5		3	4	5
6		3	4	5
7		3	4	5
8		3	4	5
10		4	5	6
12		4	5	6
16		4	5	6
20		4	5	6

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΟΧΩΝ ΣΕ ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΑ

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ (ΧΙΛΙΟΣΤΑ)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΟΧΩΝ			
	0,5	1	2	3
10	0,03	0,05	0,10	0,13
25	0,03	0,05	0,10	0,13
50	0,03	0,05	0,10	0,13
75	0,03	0,08	0,10	0,13
100	0,03	0,08	0,10	0,13
125		0,08	0,10	0,13
150		0,08	0,10	0,13
175		0,08	0,10	0,13
200		0,08	0,10	0,13
250		0,10	0,13	0,15
300		0,10	0,13	0,15
400		0,10	0,13	0,15
500		0,10	0,13	0,15

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Πολλοί είναι οι λόγοι που καθιστούν σημαντική την υψηλού βαθμού λείανση για τις επιφάνειες μέτρησης και παρουσιάζονται παρακάτω:

α) Η αξιόπιστη μέτρηση του μήκους των πλακιδίων με τη βοήθεια οργάνων επαφής (ηλεκτρονικοί συγκριτές) θα πρέπει να μένει ανεπηρέαστη από συνθήκες τραχύτητας των επιφανειών, όπως κορυφώσεις σημαντικού μεγέθους που εξέχουν από τη μέση φυσική επιφάνεια.

β) Η υψηλού βαθμού λείανση απαιτείται για τη δημιουργία επιφάνειας καλής ανάκλασης με μεγάλη σημασία για τις συμβολομετρικές μετρήσεις μήκους (Σχ. 4-3).

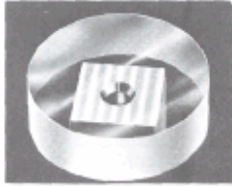
γ) Η τραχύτητα των επιφανειών που υπερβαίνει τις επιτρεπτές τιμές για τα πλακίδια συγκεκριμένων βαθμίδων μπορεί να εμποδίσει την αξιοπιστία της διάστασης αναφοράς, όταν χρησιμοποιείται για ρυθμίσεις σύγκρισης.

δ) Η τραχύτητα των επιφανειών μειώνει, επίσης, την ικανότητα συστροφής και την αντοχή των επιφανειών ενάντια σε φθορές και διάβρωση.

Αν και μερικές εκδορές ελάχιστου βάθους μπορεί να μην επηρεάσουν τη λειτουργική ακρίβεια του πλακιδίου, αρκεί να μην εμφανίζονται άγριες προεξοχές, η εμφάνισή τους είναι απαράδεκτη. Άσχημες λειτουργικές επιδράσεις μπορεί να αναμένονται όταν το πλήθος, τα κενά και ο αριθμός των αμυχών και των αυλακώσεων υπερβαίνει ένα ελάχιστο επίπεδο. Για το λόγο αυτό, οι Ομοσπονδιακές Προδιαγραφές καθορίζουν το μέγιστο αποδεκτό όριο τους στην επιφάνεια μέτρησης. Οι βλάβες αυτές προκαλούνται από χονδροειδείς λειαντικούς κόκκους κατά τη διαδικασία λείανσης. Τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια για αυτές τις επιφανειακές ατέλειες παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-3.

Πρόσφατη πρόοδος στην ανάλυση και τη μέτρηση της επιφανειακής τραχύτητας αποκαλύπτει τους περιορισμούς των μέσων τιμών ως ένα μέσο ένδειξης των σημαντικών χαρακτηριστικών ιδιαίτερα λείων επιφανειών. Η εξέλιξη αυτή δε θα συζητηθεί διεξοδικά στο παρόν σύγγραμμα, αλλά αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι η καθορισμένη μέση τιμή τραχύτητας επιφανειών θεωρείται ως η ελάχιστη απαίτηση και ότι οι πιο διακριτικές

μέθοδοι ανάλυσης επιφανειών, συγκεκριμένα η μικροσυμβολομετρία, εφαρμόζονται ευρέως για την επιθεώρηση των συνθηκών επιφάνειας των πλακιδίων των υψηλότερων κατηγοριών.



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 4-3: Η επιφάνεια ενός πλακιδίου μέσω οπτικού επιπέδου. Οι ευθείες γραμμές των οπτικών κυμάτων φανερώνουν την εξαιρετική ομαλότητα της επιφάνειας.

ΜΗ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΜΕΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

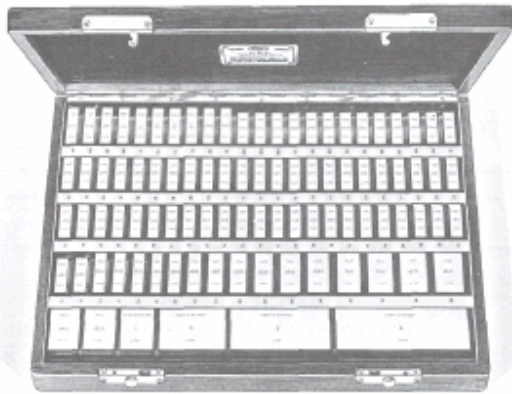
Υπάρχουν ποικίλες παράμετροι και συνθήκες των πλακιδίων που αξίζουν προσοχής και φροντίδας, αν και δεν επηρεάζουν άμεσα τη διάσταση που αντιπροσωπεύεται από αυτά. Κάποιες από αυτές τις συνθήκες σχετίζονται μόνο με την εμφάνιση, ενώ άλλες μπορεί να συγκρούονται με την ενδεδειγμένη χρήση ή με τις σημαντικές προαπαιτήσεις για τη συμπεριφορά του αξιόπιστου μετρητικού συστήματος.

α) *Εμφάνιση.* Αξιοσημείωτα ελαττώματα επιφάνειας είναι κατά κανόνα ανεπιθύμητα. Σίγουρα, κανενός είδους γρέζι δεν μπορεί να γίνει ανεκτό στις επιφάνειες μέτρησης. Για την αποφυγή «τραυματισμών» των επιφανειών αυτών κατά τις εργασίες χειρισμού ή συντήρησης δεν γίνονται ανεκτές κοφτερές ακμές εργαλείων. Τα άκρα των επιφανειών πρέπει να έχουν στρογγυλεμένη λείανση.

β) *Ομοιογένεια των επιφανειών μέτρησης.* Πλακίδια από καρβίδια, που κατασκευάζονται από μεταλλουργικές διαδικασίες κονιοποίησης μπορεί να έχουν λιγότερο ομογενοποιημένες επιφάνειες από τα χαλύβδινα. Γενικά, ελαφριά ύπαρξη πόρων στην επιφάνεια δύσκολα επηρεάζει το μήκος των πλακιδίων. Παρόλα αυτά κορυφώσεις στην επιφάνεια μπορούν σπάνια να προξενήσουν προβλήματα στα όργανα ένδειξης με στρογγυλεμένα άκρα, εξαιτίας του ότι μπορεί να εργάζονται σε διαφορετικό επίπεδο επιφάνειας από το πραγματικό. Για τη μείωση των αποτελεσμάτων από τις εσφαλμένες μετρήσεις που οφείλονται στη συγκεκριμένη συνθήκη, η διάμετρος, το μήκος ή το πλάτος των κορυφώσεων δε θα πρέπει να υπερβαίνει τις 0,001 ίντσες.

γ) *Σημάδι ταυτοποίησης.* Κάθε πλακίδιο πρέπει να φέρει σήμανση στην οποία να αναφέρονται το ονομαστικό του μέγεθος, ο κατασκευαστής και ο σειριακός αριθμός που πρέπει να είναι ο ίδιος για πλακίδια του ίδιου σετ. Η σήμανση πρέπει να είναι ευανάγνωστη και να βρίσκεται σε θέση που δεν συγκρούεται με την χρησιμότητα του πλακιδίου και δεν μπορεί να ξεθωριάσει εύκολα.

Παρόμοια σημάδια ταυτοποίησης απαιτούνται και για τις ξύλινες ή πλαστικές θήκες στις οποίες αποθηκεύονται τα πλακίδια πρότυπου μήκους, με χωριστές θέσεις για κάθε ένα μεμονωμένα (Σχ. 4-4).



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 4-4: Μεγάλο σετ πλακιδίων πρότυπου μήκους εντός θήκης, με ανεξάρτητες και σημειωμένες θέσεις για κάθε πλακίδιο.

4.3 ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ

Για αρκετές δεκαετίες τα πλακίδια κατασκευάζονταν αποκλειστικά από χάλυβα. Γενικά, χρησιμοποιούνταν ένα ισχυρό καρβίδιο, κράμα χρωμίου και χάλυβα, όμοιο με τη σύνθεση που επελέγετο για την κατασκευή συστατικών σύνδεσης άνευ τριβών. Ανακαλύφθηκε ότι αυτή η ποιότητα χάλυβα παρείχε αρκετές ευεργετικές ιδιότητες στα πλακίδια, όπως μεγάλη σκληρότητα, ελάχιστες παραμορφώσεις από την αποπύρωση και λογική διάρκεια ζωής έναντι φθορών. Εξαιτίας των επιθυμητών αυτών ιδιοτήτων στις οποίες πρέπει να προστεθεί το χαμηλό κόστος κατασκευής και συγκεκριμένα της λείανσης, η ίδια ποιότητα χάλυβα ακόμα χρησιμοποιείται για την κατασκευή της πλειοψηφίας των πλακιδίων που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εφαρμογές.

Βελτιώνοντας την καθαρότητα του βασικού υλικού χάλυβα, ελέγχοντας στενά τη σύνθεσή του και εφαρμόζοντας ειδικές διαδικασίες θερμικής κατεργασίας, σημαντικές ιδιότητες, όπως η σκληρότητα, η ομοιογένεια και η σταθερότητα έχουν βελτιωθεί επιπλέον. Η σταθερότητα αφορά την ιδιότητα εκείνη των πλακιδίων να συγκρατούν το αρχικό τους μέγεθος με ελάχιστες μεταβολές που προέρχονται από την αλλαγή φάσης του μεταλλικού υλικού. Όταν δεν ελέγχεται ικανοποιητικά, η αλλαγή φάσης μπορεί να επηρεάσει σοβαρά την αρχική ακρίβεια διαστασιολόγησης των πλακιδίων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου αρκετών μηνών ή ετών.

Κάποιοι κατασκευαστές παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των χαλύβδινων εφαρμόζοντας επιχρωμίωση στην επιφάνεια και βελτιώνοντας με τον τρόπο αυτό την ανθεκτικότητα της βαφής. Σε μερικά σπάνια παραδείγματα, η επιχρωμίωση χρησιμοποιείται για τη διάσωση των πλακιδίων που χάνουν το μέγεθός τους εξαιτίας τριβών, αν και η οικονομική και τεχνική άποψη μιας τέτοιας διαδικασίας αφήνει ερωτηματικά. Κατά τη διαδικασία της επιχρωμίωσης θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή, ώστε να αποφευχθεί ξεφλούδισμα των επιφανειών κατά τη χρήση.

Οι αξιόλογες ιδιότητες του χρωμίου ως συστατικό πρόσμιξης του χάλυβα, συνδυαζόμενο με αυτές του νικελίου, χρησιμοποιούνται για την επίτευξη μεγάλων

πλεονεκτημάτων στην κατασκευή πλακιδίων από ανοξείδωτο χάλυβα. Η χρήση του ανοξείδωτου χάλυβα στην κατασκευή, τους διασφαλίζει επιθυμητές ιδιότητες, συγκρινόμενες με εκείνες της επιχρωμίωσης με πρόσθετα χαρακτηριστικά σκληρότητας και σταθερότητας ολόκληρου του σώματος του πλακιδίου. Συγκεκριμένες συνθέσεις του υλικού αυτού επιτρέπουν επίσης, την εμφάνιση εξαιρετικά λείων επιφανειών, γεγονός υψίστης σημασίας για τα πλακίδια πρότυπου μήκους.

Εξαιτίας της εξέλιξης στη μεταλλουργική τεχνολογία, η οποία συμβάλλει στην ευρεία εφαρμογή των μεταλλικών καρβιδίων, έγιναν προσπάθειες για χρήση της εξαιρετικής αντοχής έναντι φθοράς κάποιων συντετηγμένων καρβιδίων στην κατασκευή πλακιδίων. Υπάρχουν δύο τύποι καρβιδίων που χρησιμοποιούνται πρωταρχικά για τα πλακίδια και τα εξαρτήματά τους: *τα καρβίδια βολφραμίου και τα καρβίδια χρωμίου*. Αν και θεωρούνται ακριβότερα από τα χαλύβδινα, σε ορισμένες εφαρμογές όπου η φθορά είναι καταλυτικός παράγοντας, όπως σε κάποιες περιπτώσεις λείανσης, η αντοχή των πλακιδίων από καρβίδιο επιβάλλει τη χρήση τους. Όταν επιλέγονται τα πλακίδια από καρβίδια, ιδιαίτερη προσοχή οφείλουμε να επιδεικνύουμε στο διαφορικό συντελεστή θερμικής διαστολής σε σχέση με εκείνα από χάλυβα (Πιν. 4-4), στην τάση εξομάλυνσης και στην όχι πάντα ομογενή υφή επιφάνειας των συντετηγμένων πλακιδίων από καρβίδια. Για τη σωστή εκτίμηση θα πρέπει να καθορισθούν οι περιοχές όπου τα πλεονεκτήματα των καρβιδίων υπερκαλύπτουν τους γνωστούς τους περιορισμούς.

Τα τελευταία χρόνια, το σταθεροποιημένο ζirkόνιο (οξειδίο του ζirkονίου) χρησιμοποιείται ως υλικό κατασκευής πλακιδίων. Είναι ένα λευκό κρυσταλλικό μίγμα, δύσπηκτο, κεραμικό με πολλές φυσικές ιδιότητες που ιδεατά ταιριάζουν απόλυτα για την καινούρια αυτή χρήση. Τα πλακίδια που κατασκευάζονται από το υλικό αυτό είναι ελαφριά, πιο ανθεκτικά έναντι φθοράς από εκείνα από καρβίδια, εντελώς ανθεκτικά έναντι διάβρωσης, παρουσιάζουν σταθερότητα μακράς διάρκειας και συντελεστή θερμικής διαστολής κοντά σε εκείνο του χάλυβα (Πιν. 4-4). Παρόλα αυτά, εμφανίζουν πιο αργές μεταβολές σε περικλείουσες θερμοκρασίες σε σχέση με τα χαλύβδινα και για το λόγο αυτό θα πρέπει να εμποτίζονται στην προβλεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας πριν τη χρήση τους. Η αργή αυτή προσαρμογή στη θερμοκρασιακή μεταβολή θα πρέπει να θεωρηθεί ευεργετική, καθώς τα κεραμικά πλακίδια τείνουν να είναι λιγότερα δεκτικά, από τα χαλύβδινα, στις ανακρίβειες διαστασιολόγησης που προκαλούνται από την παρεμβολή της θερμοκρασίας του σώματος κατά το χειρισμό τους. Τα κεραμικά πλακίδια όταν ενώνονται μεταξύ τους ή με τα χαλύβδινα εμφανίζουν καλή συστροφή. Τα γρέζια που μπορεί να εμφανιστούν στα πλακίδια από ζirkόνιο και οφείλονται στη συνηθισμένη χρήση τους μπορούν να καθαριστούν με τρίψιμο σε πέτρα, όπως συμβαίνει και με τα χαλύβδινα (Σχ. 4-17).

Υπάρχουν και άλλα υλικά που επιλέγονται για την κατασκευή των πλακιδίων, αλλά στην πραγματικότητα η χρήση τους είναι περιορισμένη. Πλακίδια κατασκευασμένα από τηγμένο χαλαζία εμφανίζουν αντοχή έναντι φθοράς και μπορούν να καθαρισθούν σε υψηλό βαθμό με μεθόδους όμοιες εκείνων που χρησιμοποιούνται για τους φακούς επαφής. Η διαφάνεια που εμφανίζει ο χαλαζίας έχει πλεονεκτήματα στον έλεγχο της κατάλληλης συστροφής των πλακιδίων. Ένα άλλο διακριτικό χαρακτηριστικό τους είναι η ιδιότητα παραγωγής μη εξέχοντων γρεζιών, όταν χαράσσονται κατά τη χρήση τους. Από την άλλη πλευρά, ο πολύ χαμηλός συντελεστής θερμικής διαστολής που παρουσιάζουν (Πιν. 4-4) μπορεί να αποτελέσει πηγή δυναμικών σφαλμάτων όταν χρησιμοποιούνται σε μη κανονικές θερμοκρασίες.

ΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Όπως φάνηκε και παραπάνω, ανάλογα με το υλικό κατασκευής των πλακιδίων οι ιδιοτητές τους είναι πολλές και διαφορετικές. Κάποιες είναι καθαρά τεχνικές στη φύση τους και άλλες, όπως το αρχικό κόστος και η διάρκεια ζωής, κρίνονται από οικονομικής απόψεως. Παρόλα αυτά, υπάρχει ένας σημαντικός παράγοντας που δε θα πρέπει να μείνει απαρατήρητος εξαιτίας της άμεσης σχέσης του με την αξιοπιστία των μετρήσεων: *ο συντελεστής θερμικής διαστολής.*

Όλα τα πλακίδια πρότυπου μήκους ρυθμίζονται στην κανονική θερμοκρασία των 20° C. Όταν χρησιμοποιούνται ως πρότυπα αναφοράς σε συνθήκες όπου όλα τα συστατικά της μέτρησης, το όργανο, το πρότυπο και το δείγμα, διατηρούνται με ακρίβεια στην κανονική θερμοκρασία δε θα πρέπει να αναμένεται κανένα σφάλμα οφειλόμενο σε θερμική διαστολή. Παρόλα αυτά, αν κάποιος από τα συστατικά έχει θερμοκρασία διαφορετική από την κανονική, το μήκος του θα αλλάξει με διαστολή ή συστολή.

Τα πλακίδια πρότυπου μήκους μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως στοιχεία αναφοράς για συγκριτικές μετρήσεις σε τεμάχια που δυναμικά μοιάζουν σε μάζα και σχήμα με αυτά και κατασκευάζονται από το ίδιο είδος υλικού μεταχειριζόμενο σε συγκρίσιμη σκληρότητα. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, ισοδύναμες διαφοροποιήσεις από την κανονική θερμοκρασία του προτύπου και του δείγματος δε θα επηρεάσει την ακρίβεια της συγκριτικής μέτρησης. Σε πρακτικές εφαρμογές, αυτή μπορεί να είναι η συνθήκη για τη μέτρηση χαλύβδινων τεμαχίων που έχουν υποστεί σκλήρυνση με τη βοήθεια χαλύβδινων πλακιδίων πρότυπου μήκους, σε σταθερό θερμοκρασιακό περιβάλλον.

Αναλογιζόμενοι την ποικιλία υλικών κατασκευής των πλακιδίων, καθώς και των τεμαχίων που πρέπει με ακρίβεια να μετρηθούν, αποκλίσεις από την κανονική θερμοκρασία θα προκαλέσουν διαφορετικές τιμές μεταβολών διαστάσεων στο τεμάχιο αναφοράς και το αντικείμενο. Για το λόγο αυτό, κρίνεται επιτακτικό για κρίσιμες μετρήσεις μήκους να αποκατασταθεί η διαφορά στις αποκλίσεις μήκους που οφείλονται στις ανομοιόμορφες τιμές θερμικής διαστολής. Ο Πίνακας 4-4 δίνει τις μέσες τιμές για τους συντελεστές θερμικής διαστολής των υλικών κατασκευής των πλακιδίων που αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο και για κάποια υλικά κατασκευής των συνεργαζόμενων τεμαχίων. Μια απλή μαθηματική φόρμουλα που παρουσιάζεται, επίσης, στον Πίνακα, παρέχει τον υπολογισμό της αποκατάστασης των σφαλμάτων σε μετρήσεις, που εκδηλώνονται από τις διαφορετικές μεταβολές διαστάσεων σε θερμοκρασίες διαφορετικές από την κανονική.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-4. ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΕΥΡΕΩΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (x 10 ⁻⁶ inch/inch/°F)
Χάλυβας υπο σκλήρυνση	6,4
Ανοξείδωτος χάλυβας (410)	5,5
Καρβίδιο βολφραμίου	3,0
Καρβίδιο χρωμίου	4,5
Τηγμένος χαλαζίας	0,3
Χαλκός	9,4
Αλουμίνιο	12,8
Ζιρκόνιο	3,1

ΣΧΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΟΜΟΙΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΑΠΟ ΤΟΥΣ 68° F (20° C)

$$MD = L \cdot \Delta k \cdot \Delta T \quad \text{όπου}$$

MD : η μετρούμενη διαφορά σε μικροΐντσες
L : το μήκος
Δk : η διαφορά του συντελεστή θερμικής διαστολής του πλακιδίου και του υλικού του αντικειμένου
ΔT : η διαφορά από τη θερμοκρασία των 68° F (20° C)

4.4 Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Η κατασκευή των πλακιδίων ιδιαίτερα στα τελευταία στάδια της διαδικασίας είναι ιδιαίτερα κρίσιμη. Τα στάδια της διαδικασίας, αναλογιζόμενοι την απλή μορφή αυτών των προτύπων, πραγματοποιούνται από συμβατικές μεθόδους επεξεργασίας μετάλλων. Παρόλα αυτά, η θερμική επεξεργασία, ξεκινώντας από την αρχική αποσκλήρυνση έως και τα επιτυχημένα στάδια της σκλήρυνσης, της αναθέρμανσης και της σχετικής σταθεροποίησης, είναι καίριας σημασίας για την απόλυτη ακρίβεια των πλακιδίων. Οι διαδικασίες της, φυσικά, πρέπει να προσαρμόζονται στον εκάστοτε τύπο και κατηγορία χάλυβα που χρησιμοποιείται στην κατασκευή και οι επιφανείς κατασκευαστές έχουν εξελίξει τις κατάλληλες τεχνικές για τη βέλτιστη επίτευξη των στόχων της αντοχής έναντι φθοράς και της σταθερότητας.

Έχει μεγάλη σημασία να αναφερθεί ότι ουσιαστικές βελτιώσεις επιτυγχάνονται από επιστημονικά ανεπτυγμένες μεθόδους σταθερότητας που μειώνουν τις παραμορφώσεις ακόμα και των λεπτότερων συνηθισμένων πλακιδίων και αποφεύγουν τις μεταβολές διαστάσεων που οφείλονται στις μεταφορές φάσεων του σκληρυμένου υλικού τους. Οι μεταβολές αυτές σε ακατάλληλα σταθεροποιημένα πλακίδια μπορούν να μετρηθούν σε μερικά χιλιοστά της ίντσας άνα ίντσα μήκους, κατά τη διάρκεια μιας

περιόδου ενός ή περισσότερων ετών, ενέχοντας κίνδυνο, με τον τρόπο αυτό, για την πραγματική ακρίβεια κατά το στάδιο κατασκευής.

Το τελικό στάδιο της επεξεργασίας μετάλλου για τα πλακίδια είναι η λείανση. Το τελικό αυτό στάδιο πρέπει να βελτιώσει τις ακόλουθες κρίσιμες παραμέτρους για τα πλακίδια:

α) Τη γεωμετρία του σχήματος και συγκεκριμένα την ομαλότητα και παραλληλότητα των επιφανειών μέτρησης.

β) Τη συνθήκη επιφάνειας (υφή) των εργαζόμενων πλευρών.

γ) Την απόσταση ανάμεσα στις παράλληλες επιφάνειες μέτρησης, ή αλλιώς το μήκος των πλακιδίων πρότυπου μήκους.

Προτεραιότητα στο στάδιο αυτό είναι τα πλακίδια να πλησιάζουν την τελική μορφή και μέγεθος με ανοχή διαστάσεων περίπου 0,0005 της ίντσας. Οι περισσότεροι κατασκευαστές εφαρμόζουν τρία στάδια λείανσης: ξεχόνδρισμα, πρώιμη κατεργασία και κατεργασία τελειοποίησης. Το υλικό που απομακρύνεται στα διαδοχικά αυτά στάδια κατανέμεται περίπου σε ποσοστό 60%, 36% και 4% αντίστοιχα, αφήνοντας με τον τρόπο αυτό για το βήμα της τελικής επεξεργασίας, περίπου, μονάχα 20 χιλιοστά της ίντσας υλικού για απομάκρυνση.

Χρησιμοποιούνται ειδικές μηχανές λείανσης με λεπτόκοκκους χυτοσιδηρούς δίσκους λείανσης, συνήθως σε οριζόντια θέση. Ο μικρότερος δίσκος, υποστηρίζει τα πλακίδια και τον μεγαλύτερο δίσκο που βρίσκεται στην κορυφή των πλακιδίων. Ένα ειδικό υποστήριγμα με κατάλληλα ανοίγματα για να συγκρατήσει τα ανεξάρτητα πλακίδια τοποθετείται μεταξύ των δύο λειαντικών δίσκων. Με τη βοήθεια κιβωτίου ταχυτήτων ένας συνδυασμός έκκεντρων και περιστροφικών κινήσεων σε διάφορες ταχύτητες και μεταβαλλόμενες κατευθύνσεις μεταδίδεται μέσω του υποστηρίγματος στα πλακίδια. Οι παρεκκλίσεις του εξαγόμενου προτύπου και η συχνή, έντος της διαδικασίας εναλλαγή θέσεων των ανεξάρτητων πλακιδίων συμβάλλουν στα επιθυμητά τελικά αποτελέσματα. Ένας επιπλέον παράγοντας κύριας σημασίας είναι η επιλογή και η φροντίδα των λειαντικών δίσκων, οι οποίοι κατασκευάζονται από εξαιρετικά αιχμηρούς κόκκους και έχουν υποστεί αυστηρό ποιοτικό έλεγχο.

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΦΑΓΩΜΕΝΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ

Η ελλιπής επίβλεψη από τον κατασκευαστή των πλακιδίων, ιδιαίτερα στις αναφορές των λεπτομερώς καθορισμένων και ελεγμένων επιτρεπόμενων ανοχών λείανσης στα στάδια της τελικής επεξεργασίας, εξηγεί τη σπάνια πρακτική επανεπεξεργασίας φθαρμένων τεμαχίων στο επόμενο μικρότερο μέγεθος ή την ανάκτησή τους με επιχρωμίωση. Τα κρίσιμότερα και υψηλότερου κόστους στάδια είναι εκείνα με τα οποία οι τελικές διαστάσεις αποδίδονται στα πλακίδια.

4.5 ΣΕΤ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥΣ

Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΣΕΤ

Τα πλακίδια πρότυπου μήκους προμηθεύονται και χρησιμοποιούνται συχνότερα σε σετ που συνδυάζουν συγκεκριμένο αριθμό πλακιδίων σε διαφορετικά μεγέθη. Τα

ονομαστικά μεγέθη καθορίζονται μαθηματικά, με σκοπό να επιτρέψουν τη συναρμογή κάθε συνδυασμού μήκους από το μήκος του μικρότερου πλακιδίου έως το συνολικό εύρος του σετ, σε διαβαθμίσεις ας πούμε 0,0001 της ίντσας ή και μικρότερες. Στο εμπόριο διατίθενται σε μικρότερους ή μεγαλύτερους συνδυασμούς ανάλογα με το επιθυμητό εύρος κάλυψης και τη διαβάθμιση. Στον Πίνακα 4-5 παρουσιάζονται ως παράδειγμα οι συνδυασμοί μερικών τυπικών σετ. Παρεκκλίσεις από τα συγκεκριμένα παραδείγματα είναι αρκετά συνηθισμένες.

Τα μεγαλύτερα σετ εμφανίζουν, επίσης, το πλεονέκτημα της επίτευξης συναρμογών διαφόρων συνδυασμών, ταυτόχρονα, σε ισοδύναμα ή διαφορετικά ολικά μήκη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-5. Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΤΥΠΙΚΩΝ ΣΕΤ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Παρουσιάζονται τα συνιστώμενα σετ, αλλά διατίθενται πολλά και διαφορετικά

ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΤ	ΤΕΜΑΧΙΑ ΣΕΤ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΣΕΤ	ΠΕΔΙΟ ΜΕΓΕΘΩΝ (ΙΝΤΣΕΣ)	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ (ΙΝΤΣΕΣ)
Τυπικό σετ 81 πλακιδίων	81	9 49 19 4	0,1001 – 0,1009 0,101 – 0,149 0,050 – 0,950 1,000 – 4,000	0,0001 0,0010 0,050 1,000
Περιορισμένο σετ 36 πλακιδίων	36	9 9 9 1 5 2 1	0,1001 – 0,1009 0,101 – 0,109 0,110 – 0,190 0,050 0,100 – 0,500 1,000 – 2,000 4,000	0,0001 0,001 0,010 0,050 0,100 1,000 4,000
Μικρό σετ 28 πλακιδίων	28	1 9 9 9	0,02005 0,0201 – 0,0209 0,021 – 0,029 0,010 – 0,090	0,00005 0,0001 0,001 0,010
Μικρό σετ 21 πλακιδίων	21	1 9 11	0,01005 0,0101 – 0,0109 0,010 – 0,020	0,00005 0,0001 0,001
Σετ 8 μεγάλων πλακιδίων	8	4 2 2	5 – 8 10 – 12 16 – 20	1,00 2,00 4,00

ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ

Για την επιλογή των ανεξάρτητων πλακιδίων, που χρειάζεται να έρθουν σε συναρμογή για τη δημιουργία συγκεκριμένου μήκους, είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί η βοήθεια που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-6. Μετά την επιλογή έρχονται σε

συναρμογή ωστέ να αποτελέσουν ένα σώμα με τη βοήθεια μιας τεχνικής που ονομάζεται *συστροφή*. Με την τεχνική αυτή, τα πλακίδια ερχονται σε επαφή μεταξύ τους με εφαρμογή αξιοσημείωτης δύναμης ικανή να υπερκαλύψει την έλξη από τη βαρύτητα που εμφανίζεται στο συσσωμάτωμα (Σχ. 4-5). Τα σωστά τοποθετημένα, μέσω της τεχνικής αυτής, τεμάχια έρχονται σε τόσο στενή επαφή μεταξύ τους που, για πρακτικούς σκοπούς, το κενό ανάμεσά τους μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο και το συνολικό μήκος ισοδύναμο με το άθροισμα των επιμέρους μηκών των πλακιδίων. Το φαινόμενο της επαφής μέσω συστροφής αποδίδεται στη συνδυασμένη επίδραση της έλξης των μορίων και της κολλώδους δράσης, η οποία οφείλεται στο πολύ λεπτό στρώμα λιπαντικού ή υγρασίας. Η τεχνική αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-6.



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 4-5: Όταν τα πλακίδια πρότυπου μήκους βρίσκονται σε εξαιρετική κατάσταση συστρέφονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα η μεταξύ τους δύναμη να είναι ικανή να αντέξει τη δύναμη βαρύτητας του συσσωματώματος.



CEJ Gage Company

Σχ. 4-6: Τα βήματα της συστροφής ορθογώνιων παραλληλεπίπεδων πλακιδίων.
(Αριστερά) Κάθετη τοποθέτηση των πλακιδίων και άσκηση ελαφράς πίεσης, ενώ πραγματοποιείται μια μικρή κάθετη μεταξύ τους κίνηση και τα πλακίδια γίνονται ένα σώμα.
(Κέντρο) Με την εφαρμογή μικρής πίεσης τα πλακίδια στρέφονται, ώστε να βρεθούν σε παράλληλη θέση.
(Δεξιά) Τα πλακίδια σχηματίζουν μια μονάδα για το σκοπό της ρύθμισης οργάνων και για μετρήσεις

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4-6. ΣΥΖΕΥΞΗ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΣΕ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑ
ΠΡΟΤΙΝΟΜΕΝΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ
ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΟΥ ΘΑ ΣΥΝΔΥΑΣΤΟΥΝ ΓΙΑ ΤΟ
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ**

ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ

- α. Προσκόλληση σε σύστημα διαδικασίας και αποφυγή άλλων μεθόδων
- β. Καταγραφή της επιθυμητής διάστασης σε ένα χαρτί και εν συνεχεία καταγραφή των μεγεθών των επιλεγμένων πλακιδίων και της απομένουσας διάστασης
- γ. Αρχικός περιορισμός των τελευταίων δεκαδικών ψηφίων της επιθυμητής διάστασης, επιλέγοντας πλακίδια με ίδιο αριθμό στο αντίστοιχο δεκαδικό ψηφίο.
- δ. Εξακολούθηση της διαδικασίας με τη μέθοδο αυτή μέχρι η συνδυαζόμενη τιμή των μεγεθών των επιλεγμένων πλακιδίων να είναι ίση με την επιθυμητή διάσταση.

Γενικά, είναι προτιμότερο να προσεγγίζεται η επιθυμητή διάσταση με το μικρότερο αριθμό πλακιδίων, εκτός και αν υπάρχει ανάγκη για περισσότερους από δύο ταυτόχρονους συνδυασμούς. Στην περίπτωση αυτή, το ζητούμενο είναι μία «ισορροπημένη συνθήκη», με ακριβώς τον ίδιο αριθμό πλακιδίων σε κάθε συνδυασμό συγκρίσιμου ονομαστικού μήκους.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ : Συνδυασμός πλακιδίων με συγκεκριμένο ολικό μήκος. Τυπικό σετ 81 πλακιδίων. Επιθυμητή διάσταση: 1,7865 ίντσες.

ΕΝΑΣ ΜΟΝΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ		ΔΥΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΜΗΚΟΥΣ			
		ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ Α		ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ Β	
ΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ	ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ	ΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ	ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ	ΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ	ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΠΛΑΚΙΔΙΑ
1.7865		1.7865		1.7865	
- 0.1005	0,1005	- 0.1005	0,1005	- 0.1003	0,1003
<u>1.686</u>		<u>1.686</u>		<u>1.6862</u>	
- 0.136	0,136	- 0.146	0,146	- 0.1002	0,1002
<u>1.550</u>		<u>1.540</u>		<u>1.586</u>	
- 0.550	0,550	- 0.240	0,240	- 0.136	0,136
<u>1.000</u>		<u>1.300</u>		<u>1.450</u>	
- 1.000	1,000	- 0.300	0,300	- 0.650	0,650
<u>0.000</u>		<u>1.000</u>		<u>0.800</u>	
		- 1.000	1,000	- 0.800	0,800
		<u>0.000</u>		<u>0.000</u>	

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Υπάρχουν δύο τρόποι για το σκοπό της μεταφοράς της ακριβής διάστασης μήκους που αντιπροσωπεύει ένας συγκεκριμένος συνδυασμός πλακιδίων σε ένα τεμάχιο, στο οποίο πρέπει και να αποδοθεί:

- α. Απ' ευθείας μεταφορά, χρησιμοποιώντας ανεξάρτητα ή συνδυασμένα πλακίδια
- β. Μεταφορά μέσω βοηθητικών στοιχείων

Τα βοηθητικά αυτά στοιχεία πρέπει να ικανοποιούν κάποιες απαιτήσεις.

1. Να προστατεύουν το συσσωμάτωμα πλακιδίων έναντι αποκόλλησης οφειλόμενη σε απρόσεκτα χτυπήματα κατά τη χρήση τους.
2. Να αντιπροσωπεύουν κατά το δυνατόν όσο καλύτερα γίνεται το μήκος του συσσωματώματος των πλακιδίων όταν μεταφέρουν τη διάστασή του.
3. Να παρέχουν ικανοποιητική βοήθεια κατά τη μεταφορά μήκους για διάφορες εφαρμογές ποικίλων συνθηκών διαθέσιμου χώρου και γεωμετρικών διαμορφώσεων του αντικειμένου.

Στο Σχήμα 4-7 απεικονίζεται ένα σετ συχνά χρησιμοποιούμενων εξαρτημάτων. Το περιεχόμενο των σετ επιλέγεται με σκοπό το χειρισμό της πλειοψηφίας των εφαρμογών που απαιτούν έμμεση μεταφορά του μήκους των πλακιδίων. Ένα τυπικό σετ θα πρέπει πάντως να περιέχει τα ακόλουθα:

1. Ράμφη διαφορετικών μεγεθών και όλων των μηκών. Τα ράμφη, συνήθως, συναντώνται σε ονομαστικά μεγέθη 0,100, 0,200, 0,250, 0,500 και 0,625 της ίντσας με μήκη να ποικίλουν, επομένως, από $1 \frac{5}{8}$ της ίντσας έως και 4 ίντσες. Τα άκρα μέτρησης είναι επίπεδα από τη μία πλευρά και κυρτά από την άλλη, εξυπηρετώντας με τον τρόπο αυτό μετρήσεις στο εσωτερικό οπών.

2. Δοκοί εγκάρσιας διατομής I, ονομαστικού μεγέθους 0,750 της ίντσας και μήκους 4 και 6 ιντσών. Οι δοκοί είναι χρήσιμοι για τη ρύθμιση επιπέδων αναφοράς σε εφαρμογές μέτρησης ύψους, καθώς επίσης, για τη θέσπιση αποστάσεων αναφοράς για εσωτερικές προσαρμογές οργάνων μέτρησης με δείκτη.

3. Χαράκτες για εργασίες σχεδίασης

4. Κεντρικά σημεία που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του βήματος κοχλιωτών τεμαχίων. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της θέσης του άξονα μικρών οπών με τη βοήθεια ενός επιπέδου αναφοράς.

5. Πατήματα πλακιδίων, απαραίτητα για εφαρμογές όπου το συσσωμάτωμα χρησιμοποιείται σε μέτρηση ύψους, με σκοπό την απόδοση της ακριβούς απόστασης στην κορυφή του επιπέδου της επιφάνειας.

6. Προσαρμοζόμενα στηρίγματα που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με καθένα από τα υπόλοιπα εξαρτήματα για την ένωσή τους με τα πλακίδια σε ένα σώμα. Τα στηρίγματα δεν αντικαθιστούν την ιδιότητα συστροφής των πλακιδίων, διότι η στενή επαφή μεταξύ των πλακιδίων λαμβάνει χώρα καλύτερα με τη συστροφή. Μετά τη σύνδεση των πλακιδίων, το συσσωμάτωμα τοποθετείται σε στηρίγματα κατάλληλου μεγέθους και προστίθενται τα επιλεγμένα εξαρτήματα. Τα στηρίγματα συναντώνται σε διαφορετικά μήκη για τη διευκόλυνση συσσωματωμάτων πλακιδίων ποικίλων ονομαστικών μεγεθών. Το χρήσιμο μέγεθος καθορίζεται από το μέγεθος του ανοίγματος και τη μετατόπιση του ρυθμιστικού κοχλία. Εξαιρώντας τα μικρότερα μεγέθη, τα στηρίγματα εφοδιάζονται, συνήθως, με χωριστά παξιμάδια για μείωση του χρόνου προσαρμογής.

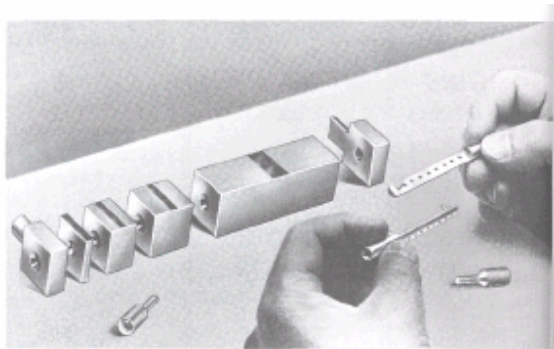
7. Ράβδοι δεσίματος που αντικαθιστούν τα στηρίγματα στην περίπτωση των κυβικών πλακιδίων με κεντρικές οπές. Το Σχήμα 4-8 παρουσιάζει τη χρήση τους. Η σφιχτή προσαρμογή τους επιτυγχάνεται εξαιτίας των πολύ μικρών οπών και η τελική προσαρμογή συντελείται με τη βοήθεια του κοχλία. Η δυνατότητα αποφυγής εξωτερικών σφικτήρων αποδεικνύεται πολύτιμη για τα κυβικά πλακίδια, όταν ο λειτουργικός χώρος είναι περιορισμένος.

8. Κανόνες διεύθυνσης. Αν και είναι ένα εξάρτημα που δεν μπορεί, όπως συμβαίνει με τα προηγούμενα αναφερθέντα, να συνδεθεί με τα πλακίδια, συχνά παρέχονται, ιδίως εκείνοι με τριγωνική μορφή, στα σετ των εξαρτημάτων. Τα μήκη των συνήθως χρησιμοποιούμενων κανόνων είναι $1\frac{1}{2}$, 3 και $5\frac{1}{2}$ ίντσες και τα άκρα τους είναι ελαφρώς στρογγυλεμένα για να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των οργάνων. Οι εφαρμογές τους περιορίζονται στην παροχή βοήθειας για τις μετρήσεις με πλακίδια. Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της σύμπτωσης της τελικής επιφάνειας του πλακιδίου και εκείνης του τεμαχίου. Η χρήση τους αυτή περιορίζεται σε εφαρμογές όπου δεν υπάρχει ανάγκη πιο ευαίσθητων μετρήσεων ή σε εκείνες που οι περιορισμοί χώρου δεν επιτρέπουν τη χρήση οργάνων με ενδείξεις.



CEJ Gage Company

Σχ. 4-7: Συνήθεις χρησιμοποιούμενοι τύποι εξαρτημάτων πλακιδίων τοποθετημένοι σε σετ, που περιλαμβάνει ράμφη, χαράκτες, κεντρικά σημεία, βάσεις πλακιδίων και στηρίγματα διαφόρων μεγεθών.



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 4-8: Κυβικά πλακίδια πρότυπου μήκους με κεντρικές οπές, συνδεδεμένα σε συσσωμάτωμα με τη βοήθεια ράβδων δεσίματος, για το σκοπό μετρήσεων εσωτερικών διαστάσεων.

ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Τα μέλη μεταφοράς μήκους σε μετρήσεις με τη χρήση πλακιδίων πρότυπου μήκους πρέπει να διαθέτουν ακρίβεια συγκρίσιμη με εκείνη των βασικών στοιχείων μήκους. Παρόλα αυτά, η σχέση αυτή δεν περιλαμβάνει απαραίτητα μεγέθη ισοδύναμης τάξης. Στην πραγματικότητα, η απαιτούμενη ακρίβεια των εξαρτημάτων προσδιορίζεται σε εκείνη την τάξη μεγέθους που συμμορφώνεται με τις ανάγκες της συγκεκριμένης διαδικασίας μέτρησης για την οποία χρησιμοποιούνται γενικά τα εξαρτήματα. Για παράδειγμα, όταν το πραγματικό πάχος, που αντιπροσωπεύει την ονομαστική διάσταση μήκους, των ράμφων μέτρησης δεν πρέπει να αποκλίνει από το ονομαστικό μέγεθος περισσότερο από 0,00003 της ίντσας, τα κεντρικά σημεία απαιτείται να έχουν ακρίβεια

μόνο 0,0003 της ίντσας. Τα επιτρεπτό ύψος των πατημάτων των πλακιδίων απαιτείται να έχει απόκλιση 0,0001 της ίντσας.

ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ

Αν και χρησιμοποιούνται ως εξάρτημα συναντώνται και ως πλακίδια πρότυπου μήκους στρογγυλοποιημένου ονομαστικού μεγέθους (0,1 ή 0,05 ίντσες μήκος) κατασκευασμένα από χάλυβα ή καρβίδια. Τοποθετούνται και στα δύο άκρα των συσσωματωμάτων σε εφαρμογές όπου αναμένεται εμφάνιση ουσιαστικής φθοράς από τριβή. Όταν φθαρούν μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν και η πραγματική ακρίβεια των τυπικών στοιχείων του σετ μπορεί να διατηρηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

4.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Τα πεδία εφαρμογών των πλακιδίων πρότυπου μήκους, όπου τα πρότυπα αυτής της τάξης θεωρούνται ως τα πλέον κατάλληλα ή τα μόνα μέσα ακριβών μετρήσεων, είναι πάρα πολλά για να απαριθμηθούν. Για το λόγο αυτό, είναι δυνατόν απλά να αναφέρουμε μερικές τυπικές εφαρμογές. Τα παραδείγματα αυτά παρουσιάζονται σε γκρουπ, περιλαμβάνοντας μετρήσεις κοινώς πραγματοποιούμενες με πλακίδια συγκεκριμένης κατηγορίας. Παρόλα αυτά, πρέπει να ειπωθεί και πάλι ότι η κατηγορία των πλακιδίων που θα επιλεγούν για συγκεκριμένη εργασία πρέπει πάντα να ελέγχεται από τις απαιτήσεις ακριβείας της λειτουργίας. Κατά συνέπεια, η ακόλουθη συσχέτιση συγκεκριμένης κατηγορίας και εφαρμογών εξυπηρετεί το σκοπό της παρουσίασης τυπικών παραδειγμάτων και δε θα πρέπει να θεωρηθεί ως κανόνας.

1. Εφαρμογές για τα πλακίδια των κατηγοριών 1 και 0,5.

α. Βασικά πρότυπα αναφοράς. Τα πλακίδια της υψηλότερης αυτής κατηγορίας ακριβείας είναι τα ιδεατά και γενικώς χρησιμοποιούμενα με σκοπό να δημιουργήσουν ένα σύνδεσμο με τα εθνικά πρότυπα μήκους. Σε αυτή την εφαρμογή ένα συγκεκριμένο σετ πλακιδίων αναγνωρίζεται ως το κύριο πρότυπο ενός εργοστασίου ή ενός εργαστηρίου. Οι διαστάσεις μήκους αυτού του σετ πρέπει να ακολουθούν άμεσα εκείνες των προτύπων του Εθνικού Οργανισμού Τυποποίησης.

β. Πρότυπα αναφοράς για τη ρύθμιση μετρητικών οργάνων. Για τη ρύθμιση των χρησιμοποιούμενων πλακιδίων και άλλων τύπων οργάνων αναφοράς, χρησιμοποιούνται συγκριτικές μετρήσεις με σκοπό τη σύγκριση του πραγματικού μεγέθους των δευτερευόντων εργοστασιακών προτύπων με τα πρότυπα αναφοράς ισοδύναμου ονομαστικού μήκους. Συγκριτικές μετρήσεις με μοντέρνα ηλεκτρονικά μετρητικά όργανα διεξάγονται με πολύ υψηλό βαθμό ευαισθησίας και επαναλαμβανόμενης ακρίβειας. Κατά συνέπεια, η ακρίβεια των τελικών αποτελεσμάτων συντελείται πρωτίστως από την περιέχουσα ακρίβεια των προτύπων αναφοράς στην οποία βασίζονται και οι μετρήσεις..

γ. Ρύθμιση ευαίσθητων μετρητικών οργάνων. Η επαναλαμβανόμενη ακρίβεια και η γραμμικότητα των ενδείξεων των ευαίσθητων μετρητικών οργάνων σύγκρισης πρέπει να ελέγχεται με πρότυπα των οποίων η ακρίβεια του μήκους και η γεωμετρική μορφή εναρμονίζεται με με την αναμενόμενη συνέπεια της ρύθμισης. Τα

πλακίδια διαφορετικού μεγέθους με διαβάθμιση μήκους κατανεμημένη στο πεδίο ενδείξεων του οργάνου είναι ένα εξαιρετικό και εύκολα διαθέσιμο μέσο ελέγχου της ακρίβειας αποκρίσεως των οργάνων σύγκρισης.

2. Εφαρμογές για πλακίδια κατηγορίας 2

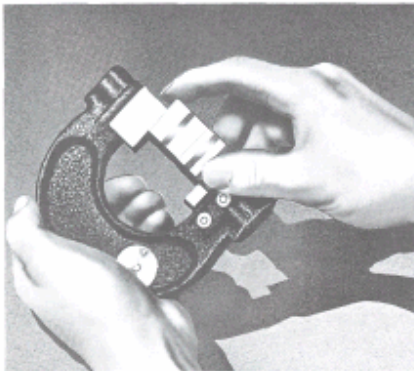
α. Έλεγχος ελεγκτήρων ορίων. Τόσο οι ελεγκτήρες εσωτερικών όσο και οι ελεγκτήρες εξωτερικών ορίων μπορούν να ελεγχθούν για το μέγεθός τους με μεγάλη ακρίβεια από τα πλακίδια πρότυπου μήκους. Ο έλεγχος αφορά τον καθορισμό του κατά πόσο η μετρούμενη διάσταση του ελεγκτήρα είναι ισοδύναμη με τη διάσταση σχεδιασμού του.

Η διαδικασία απαιτεί συγκεκριμένες ικανότητες για τη διατήρηση των πλακιδίων σε κατάλληλα ευθυγραμμισμένη θέση σε σχέση με τις υπό έλεγχο επιφάνειες μέτρησης του οργάνου, καθώς, επίσης, και για τον εντοπισμό των αποκλίσεων της διάστασης. Οι ελεγκτήρες αξόνων και τρυμάτων ελέγχονται άμεσα με ένα συσσωμάτωμα πλακιδίων, αν και για τα φθαρμένα πλακίδια που χρησιμοποιούνται συχνά για τέτοιους ελέγχους είναι σκόπιμη η στήριξή τους. Πρέπει να χρησιμοποιηθούν για αυτό τον έλεγχο και διάφορα εξαρτήματα, όπως ράμφη ή άλλοι τύποι άκρων επαφής, συνδεδεμένα με τον απαιτούμενο συνδυασμό πλακιδίων.

β. Ρύθμιση προσαρμοζόμενων ελεγκτήρων ορίου. Η διαδικασία είναι όμοια με εκείνη των σταθερών ελεγκτήρων αν και απαιτεί την πρόσθετη διαδικασία προσαρμογής των μελών επαφής του οργάνου σε συμφωνία με τη διάσταση σχεδιασμού που αντιπροσωπεύει η συναρμογή των πλακιδίων (Σχ. 4-9).

γ. Μέτρηση ρυθμιστικών οργάνων. Τα ρυθμιστικά όργανα, όπως εκείνα για την προσαρμογή των συγκριτικών οργάνων όλων των τύπων τα οποία εκτελούν επαναληπτικές μετρήσεις, ελέγχονται για το μέγεθός τους, κατά βάση, σε ειδικούς χώρους με πρότυπο, το συσσωμάτωμα πλακιδίων.

δ. Χρήση ως όργανα ρύθμισης συγκριτικών οργάνων (Σχ. 4-10). Τα όργανα ρύθμισης για μη συμβατικό τύπο συγκριτικών οργάνων μπορεί να μην είναι διαθέσιμα στα καταστήματα ή η απαιτούμενη ακρίβεια μπορεί να υπερβαίνει τα όρια κατασκευής των κοινών ρυθμιστικών οργάνων. Η ευκολία στη χρήση των πλακιδίων για το σκοπό αυτό είναι προφανής παρέχοντας αξιοσέβαστο επίπεδο διαθεσιμότητας για τις περισσότερες απαιτούμενες διαστάσεις μήκους και ακριβείας μετρήσεων. Παρόλα αυτά, τα συμβατικά συγκριτικά όργανα προτιμώνται για απλές χρήσεις, λόγω οικονομικών θεωρήσεων και καλύτερου ελέγχου της διαδικασίας.



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries

Σχ. 4-9: Ένας προσαρμοζόμενος ελεγκτήρας αξόνων, που ρυθμίζεται στο ακριβές άνοιγμα με τη βοήθεια πλακιδίων πρότυπου μήκους.



CEJ Gage Company

Σχ. 4-10: (Αριστερά) Ρύθμιση ενός συγκριτικού οργάνου με τη βοήθεια πλακιδίων. (Δεξιά) Ρύθμιση ειδικού οργάνου στην επιθυμητή γωνία με τη βοήθεια κατάλληλων πλακιδίων.

3. Εφαρμογές για πλακίδια κατηγορίας 3

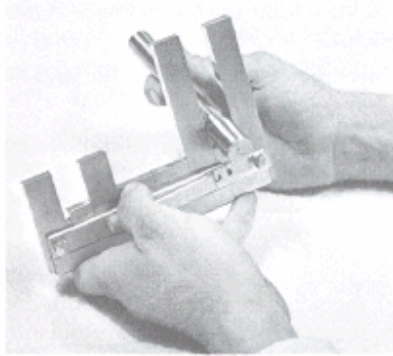
Η χρήση των πλακιδίων αυτής της κατηγορίας είναι η πλέον διαδεδομένη. Με τη συνεχόμενη σμίκρυνση των ανοχών κατασκευής των προϊόντων και, επίσης, με τη χρήση ιδιαίτερα ευαίσθητων συγκριτικών οργάνων, η εφαρμογή των πλακιδίων στην κατασκευή εργαλείων και την παραγωγή προϊόντων έγινε ολοένα και πιο διαδεδομένη.

α. Άμεση μέτρηση αποστάσεων μεταξύ παραλλήλων επιφανειών, όπως για παράδειγμα, πλάτη αυλακώσεων, σχισμών, εγκοπών κλπ. Η απ' ευθείας χρήση των πλακιδίων για τον έλεγχο της συμμόρφωσης των διαστάσεων κενών με τις προδιαγραφές διευκολύνει ιδιαίτερα στις στενές αυλακώσεις ή εκεί όπου περιορισμοί χώρου (όπως σε εσωτερικές επιφάνειες) δυσχεραίνουν τη χρήση ογκοδέστερων μετρητικών εργαλείων. Ένα άλλο παράδειγμα άμεσης χρήσης πλακιδίων φαίνεται στο Σχήμα 4-11, μόνο που στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται συσσωμάτωμα πλακιδίων.

β. Έλεγχος και ρύθμιση των μετρητικών εργαλείων του μηχανικού. Η γραμμικότητα των μικρομέτρων, η οποία μπορεί να επηρεαστεί από φθορά του σπειρώματος του κοχλία, μπορεί να ελεγχθεί από πλακίδια διαφορετικών μεγεθών που εναλλάσσονται εντός του πεδίου μετρήσεων του οργάνου. Χρησιμοποιούνται, επίσης, για το μηδενισμό των μικρομέτρων με πεδίο μέτρησης που υπερβαίνει τη μετατόπιση του κοχλία και η οποία, συνήθως, είναι 1 ίντσα. Στα μικρόμετρα αυτά, ο κινητός επαφείας δεν έρχεται σε επαφή με το σταθερό, ακόμα και όταν έρχονται στην κοντινότερη θέση τους. Με τοποθέτηση στο κενό που δημιουργείται, των κατάλληλων πλακιδίων πρότυπου μήκους, εύκολα πραγματοποιείται η ρύθμιση.

γ. Ελεγκτήρες ορίων αποτελούμενοι από πλακίδια και άλλα εξαρτήματα. Στους συγκριτές αυτούς τα πλακίδια χρησιμοποιούνται ως μετρητές αποστάσεων και συνοδεύονται από στελέχη επαφής, αποτελώντας ένα σώμα με τη βοήθεια κατάλληλου στηρίγματος. Παρέχουν μεγάλη ικανότητα προσαρμογής και αν και συνδέονται πολύ γρήγορα, χαρακτηρίζονται από μεγάλη ακρίβεια (Σχ. 4-12). Ο συνδυασμός των διαστάσεων ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ του απαιτούμενου ελεγκτήρα σε ένα σώμα πραγματοποιείται εύκολα, με τη χρήση δυο ζευγών ράμφων και των κατάλληλων πλακιδίων πάνω σε κοινή στήριξη. Παρόλα αυτά, σε πραγματικούς χώρους μετρήσεων ή

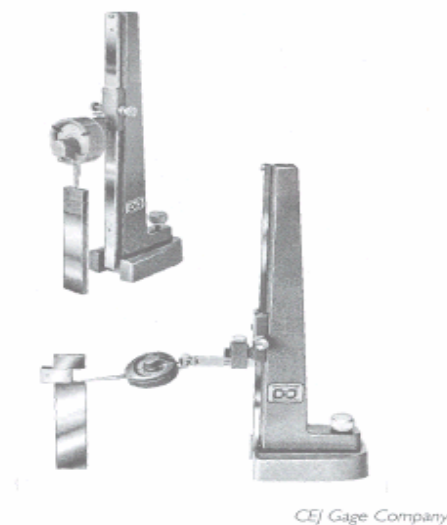
στην εμπορική πρακτική, η χρήση τέτοιων ελεγκτήρων εξυπηρετεί σύντομης διάρκειας εφαρμογές. Θεωρείται αντιοικονομικό το δέσιμο, για μεγάλο χρονικό διάστημα, συστατικών ενός ολόκληρου σετ πλακιδίων για τον επαναληπτικό έλεγχο μιας και μόνο διάστασης.



Do ALL Company

Σχ. 4-12: Πλακίδια πρότυπου μήκους συνδεδεμένα με ράμφη σελεγκτήρα ορίων με ανοίγματα ΠΕΡΝΑ και ΠΕΝ ΠΕΡΝΑ.

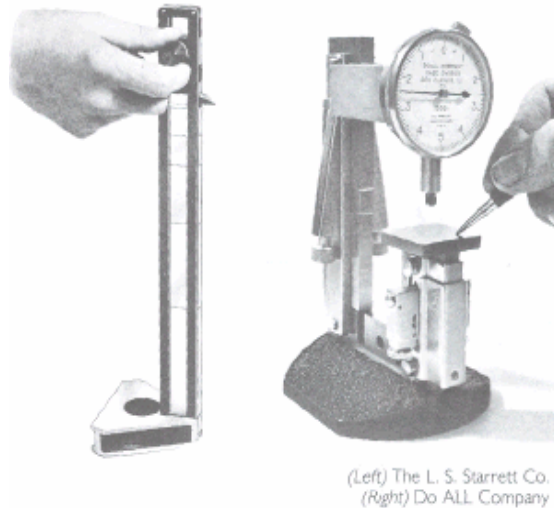
δ. Καθιέρωση αποστάσεων αναφοράς για τη μεταφορά διαστάσεων. Τα πλακίδια χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή αυτή, εκεί όπου το αντικείμενο και η απόσταση αναφοράς βασίζονται σε κοινό επίπεδο. Το κοινό επίπεδο αναφοράς μπορεί να συμπεριλάβει ταυτόχρονα και τα τρία σημαντικά στοιχεία της διαδικασίας: το αντικείμενο, το τεμάχιο αναφοράς και το όργανο μεταφοράς της διάστασης. Η πιο κοινή εφαρμογή για αυτού του είδους μέτρηση μέσω σύγκρισης είναι η τοποθέτηση πάνω σε επίπεδη επιφάνεια εργασίας. Τα τεμάχια αναφοράς που χρησιμοποιούνται εδώ ως πλακίδια πρότυπου μήκους είναι είτε σε μορφή απλών συσσωματωμάτων (Σχ. 4-13) είτε μαζί με στήριγμα συμπεριλαμβάνοντας και μια επίπεδη βάση (Σχ. 4-14).



CEJ Gage Company

Σχ. 4-13: Καθορισμός μηκών αναφοράς με τη βοήθεια πλακιδίων πρότυπου μήκους, για όργανα μεταφοράς ύψους.

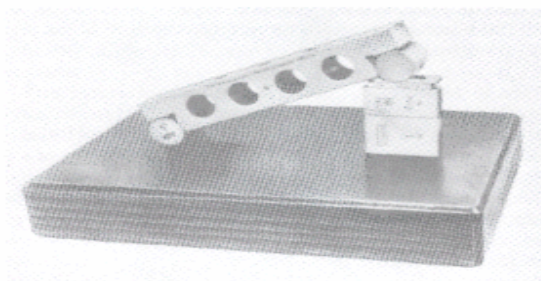
Όταν οι απαιτήσεις αφορούν μέσης ποιότητας ακρίβεια σύγκρισης, μπορούν να αποφεύγονται τα όργανα μεταφοράς με ενδείξεις και η μεταφορά να πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός ράμφους που έρχεται σε επαφή με τα πλακίδια. Μερικοί κατασκευαστές προμηθεύουν ακόμα και δείκτες που μπορούν απ' ευθείας να έρθουν σε επαφή με το συσσωμάτωμα πλακιδίων και στηριγμάτων για χρήσεις όπου οι μηχανικές οθόνες παροχής ενδείξεων θεωρούνται επαρκείς (Σχ. 4-15).



Σχ. 4-14: (Αριστερά) Πλακίδια συνδεδεμένα με επίπεδη βάση και ράμφος με χαρακτή για εργασίες σε επίπεδες επιφάνειες.

Σχ. 4-15: (Δεξιά) Ταχύτητα συνδεδεμένο συγκριτικό όργανο, αποτελούμενο από συσσωμάτωμα πλακιδίων σε συνδυασμό με αναλογικό ενδεικτικό όργανο

ε. Μέτρηση γωνιών με τη βοήθεια ράβδων ημιτόνου. Η εκτέλεση της μεθόδου της ράβδου ημιτόνου για ακριβείς μετρήσεις γωνιών βασίζεται στον υπολογισμό ενός ημιτόνου με μεγάλη ακρίβεια αποτελέσματος. Η σωστή γωνία που σχηματίζεται έχει το άνοιγμα μιας υποτεινουσας γνωστού μεγέθους που αντιπροσωπεύεται από τη ράβδο του ημιτόνου. Η διπλή απαίτηση ακριβούς μέτρησης και καθετότητας στη βάση στήριξης επιτυγχάνεται καλύτερα με τη βοήθεια πλακιδίων πρότυπου μήκους, των οποίων το συνδυασμένο μήκος επιλέγεται εύκολα για να πραγματοποιηθεί η επιθυμητή κλίση της ράβδου του ημιτόνου (Σχ. 4-16).



Brown & Sharpe Mfg. Co.

Σχ. 4-16: Ράβδος ημιτόνου, υποστηριζόμενοι από πλακίδια, παρέχει ελεγχόμενη με ακρίβεια κεκλιμένη επιφάνεια.

4.7 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

ΜΕΙΩΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ

Η αρχική ακρίβεια των πλακιδίων μπορεί να υποβαθμιστεί από τρεις κύριες αιτίες:

1. Την αστάθεια διαστάσεων του υλικού των πλακιδίων (χάλυβας ή μεταλλικά καρβίδια)

2. Φθορά οφειλόμενη σε φυσική επαφή με άλλες μεταλλικές επιφάνειες, όπως μετρητικά σημεία επαφής ή στις τριβές που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της συτροφής των πλακιδίων. Η επισκευή των φθορών είναι αναπόφευκτη, αν και ελεγχόμενη, συνέπεια της συμβατικής χρήσης των πλακιδίων.

3. Φθορές που σημειώνονται στα πλακίδια κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και του χειρισμού (διάβρωση, χάραξη, γδάρισμα κλπ)

Καθένας από αυτούς τους παράγοντες μπορούν να ζημιώσουν την αρχική ακρίβεια επηρεάζοντας τελικά τις διαστάσεις και μεταβάλλοντας τις σε όρια κάτω από εκείνα των ανοχών της κατηγορίας στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο πλακίδιο. Εκτός από τραυματισμούς που προκαλούνται από αδέξιους χειρισμούς, οι μεταβολές διαστάσεων δεν εμφανίζονται ξαφνικά. Κάποια πλακίδια ενός συγκεκριμένου σετ μπορεί να μην επηρεαστούν σημαντικά. Κάποια άλλα μπορεί να χρειαστούν αρκετούς μήνες ή χρόνια συνεχόμενων επισκευών πριν η υποβάθμιση κατηγορίας της αρχικής ακρίβειας εξελιχθεί σε ένα απαράδεκτο μέγεθος. Οι συνθήκες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά της αρχικής ακρίβειας είναι πολλοί και ποικίλουν. Τέτοια παραδείγματα είναι η ενυπόχουσα σταθερότητα διαστάσεων του υλικού κατασκευής των πλακιδίων, η αντοχή του έναντι φθοράς, η συχνότητα χρήσης τους, το είδος των επιφανειών με τις οποίες έρχονται σε επαφή τα πλακίδια κατά τη χρήση τους, οι συνθήκες του περιβάλλοντος (σκόνη, υγρασία, ατμόσφαιρα που εξυπηρετεί διάβρωση κλπ) και ίσως ο πλέον σημαντικός παράγοντας, η ικανότητα και η φροντίδα που εφαρμόζεται στο χειρισμό των πλακιδίων.

ΠΕΡΙΟΔΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ

Τα πλακίδια πρότυπου μήκους, εξαιτίας της χρήσης τους ως κύρια πρότυπα αναφοράς, πρέπει να είναι αξιόπιστα ακριβή, εντός των καθορισμένων ορίων της κατάταξής τους. Αναλογιζόμενοι την επικράτηση των συγκριτικών οργάνων στις μετρήσεις, όποτε απαιτείται υψηλή ευαισθησία μέτρησης, το επίπεδο ακριβείας, που απαιτείται σε συγκεκριμένους τομείς της παραγωγής ή σε ολόκληρο το εργοστάσιο μπορεί να σχετίζεται με τα κύρια πρότυπα αναφοράς που χρησιμοποιεί.

Από τη σκοπιά των διάφορων παραγόντων που μπορεί να βλάψουν τη συνεπή ακρίβεια των πλακιδίων, αυτά τα πρότυπα αναφοράς πρέπει να ελεγχθούν σε τυπικά διαστήματα. Τέτοιοι περιοδικοί έλεγχοι, που αναφέρονται ως συντήρηση, πρέπει να αποτελούν κομμάτι ενός προγράμματος παρακολούθησης των μετρήσεων, το οποίο να καθορίζεται και να ακολουθείται από κάθε εργοστάσιο κατασκευών στο οποίο απαιτούνται ακριβείς μετρήσεις.

Η απαιτούμενη συχνότητα των συντηρήσεων εξαρτάται, συνήθως, από δύο σετ παραγόντων:

- α) Την κατηγορία ακριβείας στην οποία ανήκουν τα πλακίδια

β) Την έκταση της μείωσης των διαστάσεων που συντελείται και μπορεί να προληφθεί από τη σκοπιά των συνθηκών χρήσης των πλακιδίων

Δοκιμαστικά, μπορεί να καταριστεί μια περίοδος συντηρήσεων ανά έξι μήνες. Οι πραγματικές εμπειρίες που βασίζονται σε αποτελέσματα περιοδικών ελέγχων ή συμβατικών δεσμεύσεων, μπορεί να καταδείξει μεταβολή του προγράμματος συντηρήσεων. Σε κάποιες περιπτώσεις η συντήρηση των πλακιδίων σε διαστήματα τριών μηνών κρίνεται επιθυμητή, ενώ σε άλλες εφαρμογές η περίοδος ενός χρόνου αποδεικνύεται επαρκής. Οποιοδήποτε πρόγραμμα, πάντως και αν καταριστεί θα πρέπει να ακολουθηθεί με αυστηρότητα.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Αναλογιζόμενοι τη μεγάλη σημασία αξιόπιστης ακρίβειας για τα πλακίδια, η συντήρησή τους πρέπει να ακολουθεί αυστηρά πρότυπα. Πρότυπες πρακτικές για τη συντήρηση τους περιλαμβάνουν τα ακόλουθα βήματα ελέγχου που πρέπει να προηγούνται, αλλά όχι απαραίτητα με τη σειρά που απαριθμούνται, της μέτρησης της επιθυμητής διάστασης μήκους:

1. Προετοιμασία, που, συνήθως, περιλαμβάνει:
 - α. Καθαρισμό, ο οποίος στις μέρες μας, γενικά, πραγματοποιείται σε υπερηχητικά ενισχυόμενα πλυντήρια διάλυσης
 - β. Εξισορρόπηση και σταθεροποίηση της θερμοκρασίας, διατηρώντας τα πλακίδια σε μια πλάκα εμποτισμού (γνωστή ως απαγωγέας θερμότητας) για κατάλληλο χρονικό διάστημα. Σκόπος είναι ο περιορισμός των θερμοκρασιακών διαφορών ανάμεσα στα βασικά πρότυπα και τα πλακίδια που ελέγχονται. Το στάδιο προετοιμασίας αυτό πρέπει άμεσα να προηγείται της μέτρησης της διάστασης και συνηθίζεται η διατήρηση της πλάκας εμποτισμού σε εγγύτητα με το όργανο σύγκρισεως.
2. Ο οπτικός έλεγχος κατευθύνεται πρωτίστως στον έλεγχο αμυχών, εγχοπών και άλλων παρόμοιων ελαττωμάτων που προκαλούνται κατά τη διάρκεια της χρήσης και του χειρισμού των πλακιδίων. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός μεγεθυντικού φακού, αλλά όταν υπάρχει αμφιβολία σχετικά με την αποδεκτή κατάσταση της επιφάνειας μέτρησης, η τραχύτητα ή οι αμυχές πρέπει να εξετάζονται με τη βοήθεια οργάνου ιχνογράφησης υψηλής ευαισθησίας ή με μέσα μικροσυμβολομετρίας. Ο οπτικός έλεγχος πρέπει να αφορά και την κατάσταση των γωνιών. Η ύπαρξη γρεζιού είναι ιδιαίτερα βλαβερή για τη λειτουργική ακρίβεια των πλακιδίων και μπορεί να προκαλέσει ζημιά και σε άλλα πλακίδια κατά τη συστροφή για τη μεταξύ τους ένωση. Τα μικρά γρέζια μπορούν να απομακρυνθούν με τη βοήθεια μιας λεπτόκοκκης πέτρας ακονίσματος από φυσικό υλικό (Σχ. 4-17).
3. Έλεγχος της γεωμετρίας των πλακιδίων. Δύο κύριες παράμετροι απαιτούν έλεγχο κατά τη συντήρηση. Η ομαλότητα και ο παραλληλισμός.
 - α. Η ομαλότητα μπορεί να ελεγχθεί καλύτερα με ένα οπτικό επίπεδο κάτω από μονοχρωματικό φως. Παρεκκλίσεις των φωτεινών ζωνών συμβολής από το κανονικό είναι ενδεικτικές της ελλιπούς ομαλότητας. Η έκταση των παρεκκλίσεων εκτιμάται σε πλάτη διαλείψεων ή σε κλάσματα τα οποία θα πρέπει να συγκριθούν με τις ανοχές των σφαλμάτων ομαλότητας.

β. Ο παραλληλισμός μπορεί να ελεγχθεί, επίσης, με τη χρήση ενός ζεύγους οπτικών επιπέδων και ενός κύριου πρότυπου πλακιδίου με ονομαστικό μέγεθος ισοδύναμο εκείνου του ελεγχόμενου πλακιδίου. Ο παραλληλισμός του κύριου προτύπου αξιολογείται ότι είναι καλός και εντός των απαιτήσεων ανοχών. Ο έλεγχος πραγματοποιείται σε αρκετά βήματα και απαιτεί ιδιαίτερες ικανότητες. Ο παραλληλισμός μπορεί, επίσης, να ελεγχθεί, σε συνδυασμό με τον έλεγχο διάστασης ενός οργάνου συγκρίσεως. Κατά τις διάφορες μετρήσεις μήκους, κατά μήκος της επιφάνειας μέτρησης, διαφορές στα μεγέθη είναι ενδεικτικές των σφαλμάτων παραλληλισμού.

4. Λειτουργικά τεστ – Έλεγχος της ποιότητας συστροφής. Η ικανότητα των πλακιδίων να ενώνονται μεταξύ τους με τη βοήθεια της συστροφής, χωρίς την ύπαρξη σημαντικού κενού και να αποτελούν ένα ακέραιο συσσωμάτωμα γνωστού μεγέθους, είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά πάνω στα οποία στηρίζονται πολλές εφαρμογές των τελικών πλακιδίων πρότυπου μήκους. Επειδή η ικανότητα συστροφής μπορεί να επηρεαστεί, δυστυχώς, κατά τη λειτουργία, είναι επιθυμητός ο περιοδικός έλεγχός της. Έμπειροι χειριστές μπορούν να πραγματοποιήσουν αυτό το τεστ συστρέφοντας τα πλακίδια που ελέγχονται με κύρια πλακίδια γνωστής ποιότητας. Ένα πιο αξιόπιστο τεστ συνιστά τη συστροφή του εξεταζόμενου πλακιδίου πάνω σε οπτικό επίπεδο και τον κατόπιν έλεγχο της επιφάνειας για παρουσία χρωματισμών. Ο χρωματισμός καταδεικνύει την ύπαρξη κενού και η περιοχή που καταλαμβάνει πάνω στην επιφάνεια δε θα πρέπει να υπερβαίνει το 5% αυτής.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 4-17: Η χρήση πέτρας ακονίσματος για την απομάκρυνση μικρών γραζιών από την επιφάνεια επαφής των πλακιδίων

ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΜΕΣΩ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ

Η μέθοδος συνιστά τη σύγκριση του μήκους του πλακιδίου που ελέγχεται με το μήκος του κύριου προτύπου με το ίδιο ονομαστικό μέγεθος. Το τελευταίο πρέπει να είναι ακριβές σε μεγάλο βαθμό (κατηγορία 1 ή και μεγαλύτερη). Παρά τη μεγάλη ενυπάρχουσα ακρίβεια αυτού, πάντως, η απόκλιση την οποία έχει από το ονομαστικό μέγεθος, θα πρέπει να συνυπολογιστεί κατά την εκτίμηση της μέτρησης μέσω σύγκρισης. Άλλες παράμετροι του κυρίου προτύπου που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ακρίβεια

της διάστασης του μήκους του θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ισοδύναμες με τις προδιαγραφές της κατηγορίας 1.

Το μετρούμενο μήκος θα πρέπει να είναι η κάθετη απόσταση μεταξύ των δύο επιφανειών μέτρησης του πλακιδίου. Όταν χρησιμοποιείται όργανο σύγκρισης ενός σημείου, θα πρέπει να τοποθετείται κατά το δυνατόν στη μέση της επιφάνειας. Στα κυβικά πλακίδια με κεντρική οπή, ενδείκνυται η διενέργεια δύο μετρήσεων σε σημεία αντιδιαμετρικά αντίθετα της οπής, στο μέσο της απόστασης από τις πλαϊνές πλευρές και στη συνέχεια η εύρεση της μέσης τιμής τους.

Το όργανο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο πρέπει να είναι ηλεκτρονικό με μεγάλη ευαισθησία και σταθερότητα. Η ελάχιστη βαθμονόμηση πρέπει να είναι μία μικροϊντσα ή και λιγότερο. Η στήριξη του οργάνου πρέπει να είναι σταθερού σχεδιασμού, από καλά σταθεροποιημένο υλικό και εξαιρετικά κατεργασμένο, με ιδιαίτερη έμφαση στη συνεπή καθετότητα του μετρητικού επαφέα ως προς την επιφάνεια εργασίας (Σχ. 4-18).



Brown & Sharpe Mfg. Co.

Σχ. 4-18: Ηλεκτρονικά συγκριτικά όργανα πλακιδίων με ελάχιστη βαθμονόμηση ενός χιλιοστού της ίντσας, συνοδευόμενα από ψηφιακές οθόνες και συνεργαζόμενα με υπολογιστή και εκτυπωτή.

Το δυναμικό σφάλμα στην ακρίβεια της μέτρησης, το οποίο οφείλεται σε πολύ μικρά σφάλματα ομαλότητας της επιφάνειας εργασίας ή στα στιγμιαία σωματίδια σκόνης που συσσωρεύονται, μπορεί να μειωθεί σημαντικά περιορίζοντας τη βάση του οργάνου σε σημεία που εξέχουν από το επίπεδο της επιφάνειας εργασίας. Μερικοί κατασκευαστές τέτοιων οργάνων προτιμούν τρία σημεία βάσης για την πραγματοποίηση των μετρήσεων, ενώ άλλοι ένα μοναδικό σημείο τοποθέτησης σε σχήμα κύβου με μέγεθος 1/32 της ίντσας. Η ακριβής γραμμικότητα του μετρητικού επαφέα με το σημείο στήριξης απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.

Η λογική που προτιμάται για την αποφυγή πιθανού βλαβερού αποτελέσματος στην ακρίβεια μέτρησης των σφαλμάτων της κυβικότητας ή την ομαλότητα της βάσης στήριξης, συνιστά τον αποκλεισμό του ρόλου της από τη μετρητική διαδικασία. Το συγκεκριμένο μπορεί να επιτευχθεί μέσω διαφορικών μετρήσεων, με χρήση δύο αισθητήριων κεφαλών στο όργανο, τέλεια ευθυγραμμισμένων και τοποθετημένων απέναντι η μία από την άλλη. Περισσότερες λεπτομέρειες θα συζητηθούν στο Κεφάλαιο

7. Με τη χρήση οργάνων σύγκρισης του διαφορικού συστήματος, η μετρούμενη διάσταση θα είναι η απόσταση ανάμεσα στις δύο αντιτασσόμενες μετρητικές κεφαλές.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΜΕΣΩ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ

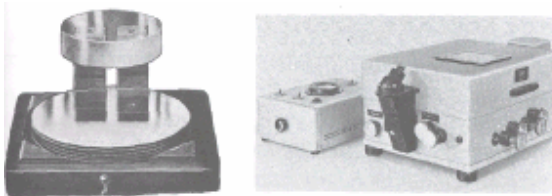
Ενώ η μέτρηση με όργανα σύγκρισης παρέχουν την αριθμητική τιμή των αποκλίσεων από τη διάσταση του κυρίου προτύπου, εκφρασμένη σε μικροΐντσες, οι μετρήσεις με φωτεινές παρεμβολές πρέπει να ερμηνευθούν. Αν και η ερμηνεία αυτή μπορεί να διευκολύνεται και να αυξάνεται σε ακρίβεια με τη βοήθεια συσκευών υψηλής τεχνολογίας (μετρητές παρεμβολών) που βρίσκονται σε επαφή με το βασικό οπτικό όργανο, η απ' ευθείας ανάγνωση του αποτελέσματος σε μικροΐντσες δεν είναι ένα από τα χαρακτηριστικά των οργάνων αυτών. Από την άλλη, όταν χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των πλακιδίων, παρουσιάζουν διακριτά πλεονεκτήματα:

1. Ακρίβεια με αξιοπιστία που διασφαλίζεται από τη διαδικασία, η οποία βασίζεται σε φυσικές τιμές, τα μήκη κύματος μονοχρωματικού φωτός που προέρχονται από γνωστές πηγές εκπομπής.

2. Ευαισθησία, σε διάκριση μιας μικροΐντσας ή και μικρότερης τάξης μεγέθους που επιτυγχάνεται με κατάλληλο εξοπλισμό, ικανό για την παραγωγή διακριτών παρεμβολών και βοηθητικές συσκευές ακριβούς εκτίμησης του κλάσματος των παρεμβολών.

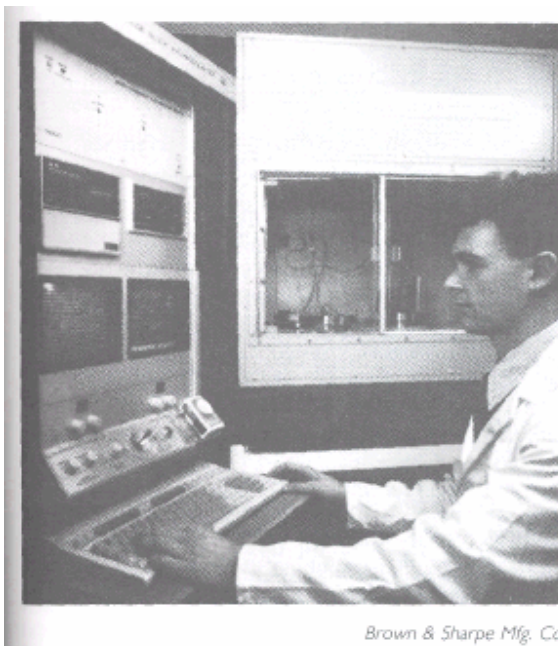
3. Ευκολία προσαρμογής. Η μέθοδος φωτεινών παρεμβολών και το μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου εξοπλισμού επιτρέπουν την εξερεύνηση των σημαντικών χαρακτηριστικών των πλακιδίων και όχι μόνο της διάστασης μήκους αυτών. Οι ακόλουθες σχετικές παράμετροι μπορούν να ελεγχθούν και να μετρηθούν με τέτοια όργανα, με σάρωση μέσω των κυματοειδών παρεμβολών της επιφάνειας μέτρησης: α) ομαλότητα, β) παραλληλισμός και γ) υφή της επιφάνειας.

Διατίθεται, επίσης, ειδικός εξοπλισμός που λειτουργεί σύμφωνα με της αρχές των παρεμβολών φωτεινών κυμάτων, για το σκοπό της λεπτομερούς ανάλυσης της υφής της επιφάνειας (μικροσυμβολομετρία). Παρόλα αυτά, τα όργανα αυτά δε σχεδιάζονται για τη διενέργεια μετρήσεων μήκους. Στον Πίνακα 4-7, παρουσιάζεται μια επισκόπηση των μεθόδων και του εξοπλισμού των φωτεινών παρεμβολών που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση και τον έλεγχο των πλακιδίων πρότυπου μήκους (Σχ. 4-19, 4-20 και 4-21).



*Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div., Colt Industries
Carl Zeiss, Inc.*

Σχ. 4-19: (Αριστερά) Πλακίδια πρότυπου μήκους και ισοδύναμου μεγέθους, όταν συστρέφονται με κοινή βάση και παρατήρονται από οπτικό επίπεδο ελέγχονται, με τη βοήθεια των οπτικών κυμάτων.
Σχ. 4-20: (Δεξιά) Το συμβολόμετρο Zeiss για μετρήσεις πλακιδίων πρότυπου μήκους.



Brown & Sharpe Mfg. Co.

Σχ. 4-21: Αυτόματο laser συμβολόμετρο κατασκευασμένο από την TESA metrology.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-7. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΜΕ ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ

ΒΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΡΓΑΝΩΝ	ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΜΕΤΗΣΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΜΕΣΩ ΣΥΓΚΡΙΣΕΩΣ	Οπτικοί φακοί	Η απλούστερη, αλλά και πιο αποτελεσματική εφαρμογή του φαινομένου των φωτεινών παρεμβολών. Ένα κύριο πρότυπο δεδομένης ακριβείας και το πλακίδιο εξετάζονται ταυτόχρονα κάτω από ένα κοινό οπτικό φακό. Αποκλίσεις των παρεμβολών από τις ομοιόμορφες αποστάσεις και τη μορφή εκείνων του δείγματος είναι ενδεικτικές των υπομετρικών διαφορών και των γεωμετρικών σφαλμάτων. Ο χαρακτήρας και το μέγεθος των σφαλμάτων μπορούν να εκτιμηθούν με κατάλληλη προσέγγιση της οποίας η ακρίβεια εξαρτάται από τις ικανότητες του οργάνου (Σχ. 4-19).
	Όργανα συγκρίσεως φωτεινών παρεμβολών σε πλακίδια	Το όργανο αποτελείται από ένα οπτικό σύστημα που παράγει φωτεινές παρεμβολές στην ανακλώμενη εικόνα του δείγματος. Ως τεμάχιο αναφοράς χρησιμοποιείται ένα κύριο πρότυπο δεδομένης ακριβείας και ιδίου ονομαστικού μεγέθους με το εξεταζόμενο πλακίδιο. Για μετρήσεις με οπτική βοήθεια σύγκρισης, τόσο το κύριο πρότυπο όσο και το πλακίδιο συστρέφονται πάνω στον επίπεδο οπτικό φακό του οργάνου. Το όργανο παρουσιάζει τις εικόνες παρεμβολής και των δύο πλακιδίων σε μία, επενδεδυμένη. Οι μετατοπίσεις των παρεμβολών που ανιχνεύονται αποτελούν την αντανάκλαση της έλλειψης γεωμετρικής ομοιότητας (Σχ. 4-20).
ΑΜΕΣΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ	Οπτική εκτίμηση εκτοπίσεως παρεμβολών	Τα συμβολόμετρα απόλυτης μέτρησης μήκους, όπως το Αυτόματο Λείζερ-Συμβολόμετρο της TESA metrology (Σχ. 4-21), χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του μήκους στερεών σωμάτων σε σχέση με μια δεδομένη φυσική μονάδα. Το μήκος κύματος του φωτός παράγεται από μία συγκεκριμένη πηγή (π.χ. λέιζερ). Εξαιτίας των κρίσιμων συνθηκών κάτω από τις οποίες πραγματοποιούνται αυτές οι μετρήσεις, η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται κατ'εξάιρεση για τα πλακίδια μετρήσεων. Παράδειγμα εφαρμογής είναι η μέτρηση των βασικών προτύπων αναφοράς του Εθνικού Οργανισμού Τυποποίησης.
	Ηλεκτρονικοί υπολογιστές παρεμβολών με ψηφιακή οθόνη	Απόλυτες μετρήσεις μήκους επιτυγχάνονται με συνέπεια από ένα όργανο γνωστό ως μικρόμετρο υπολογισμού παρεμβολών. Το όργανο μετρά αυτόματα τα φωτεινά σήματα στην απόσταση που ο μηχανικός άξονας πρέπει να μετατοπιστεί για να έρθει σε επαφή με την άνω επιφάνεια του αντικειμένου. Τα διαστήματα των ανεξάρτητων σημάτων κάτω από τις πραγματικές περικλείουσες συνθήκες

		της μέτρησης σχετίζονται με τις δεδομένες διαστάσεις ενός πιστοποιημένου κύριου προτύπου. Ο αριθμός των μετρούμενων σημάτων είναι ο παράγοντας που θα πολλαπλασιαστεί με το διάστημα τους για να δώσει την τελική ολική διάσταση. Η ακρίβεια της μέτρησης θεωρείται καλύτερη από +/- 2 μικροϊντσες.
--	--	---

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ

α) Το σχέδιο της εξιχνίασης. Η ρύθμιση των πλακιδίων, εκτός κι αν βασίζεται σε τιμές φυσικών σταθερών, πρέπει να είναι αποτέλεσμα της σύγκρισης με πρότυπα αναφοράς, των οποίων η ρύθμιση είναι εξιχνιάσιμη από τον Εθνικό Οργανισμό Τυποποίησης. Με τον όρο εξιχνιάσιμη εννοείται στο σημείο αυτό, η διαθεσιμότητα αποδείξεων βασιζόμενων σε έγγραφα για το αποτέλεσμα του ότι τα πρότυπα αναφοράς που χρησιμοποιούνται στις ρυθμίσεις, ελέγχθηκαν και πιστοποιήθηκαν από τον Οργανισμό. Η ρύθμιση των κύριων προτύπων θα πρέπει να πραγματοποιείται σε διάστημα όχι μεγαλύτερο από 6 μήνες πριν από τη χρήση τους ως πρότυπα αναφοράς περαιτέρω ρυθμίσεων πλακιδίων.

β) Πιστοποιήσεις των ρυθμίσεων. Η πιστοποίηση θα πρέπει να προέρχεται από το εργαστήριο που πραγματοποίησε αυτό το συστηματικό έλεγχο στα πλακίδια πρότυπου μήκους. Η πιστοποίηση θα πρέπει να επικυρώνει την ακρίβεια και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εξάγονται τα αναφερόμενα αποτελέσματα, και, επίσης, να επιβεβαιώνει την ικανότητα εξιχνίασης των προτύπων αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν. Η πιστοποίηση παρουσιάζει τα ανεξάρτητα πλακίδια, τα μεγέθη τους και τους σειριακούς αριθμούς τους, καθώς επίσης, την τιμή της απόκλισης, θετική ή αρνητική, από το ονομαστικό μέγεθος.

Αποτελεί κοινή πρακτική στις ρυθμίσεις, η σημείωση πάνω στην πιστοποίηση των ανεξάρτητων πλακιδίων, των οποίων το μήκος ή άλλη σχετική διάσταση δε συμφωνούν με τις υπάρχουσες προδιαγραφές. Η πιστοποίηση καταδεικνύει, επίσης, την κατηγορία ακριβείας των ελεγχόμενων πλακιδίων. Η σημείωση των ανεπαρκών πλακιδίων βασίζεται στις ανοχές της αντίστοιχης αυτής κατηγορίας.

ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ

Τα ανεξάρτητα πλακίδια, που βρέθηκαν από τη διαδικασία συντηρήσεως να υστερούν σε σχέση με τις απαιτήσεις προδιαγραφών, πρέπει να αντικαθίστανται. Είναι ανεπίτρεπτη η περαιτέρω χρήση φθαρμένων ή κατεστραμμένων στις αρχικές τους εφαρμογές. Η εμμονή στον κανόνα της επιτακτικής αντικατάστασης δε θα πρέπει να χαλαρώνει ούτε με τη χρήση ως καταφύγιο ενός συστήματος αποζημίωσης στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της μέτρησης.

Η χρήση των φθαρμένων πλακιδίων στις εφαρμογές μιας χαμηλότερης κατηγορίας ακριβείας επιτρέπεται σε κάποιες περιπτώσεις, αν οι μετρούμενες διαστάσεις συμφωνούν με τις προδιαγραφές που υπάρχουν για αυτή. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή για την αποφυγή σύγχυσης γύρω από την πραγματική ποιότητα

των επαναχρησιμοποιούμενων πλακιδίων. Συμβουλευεται αλλαγή του σειριακού αριθμού του υποβιβαζόμενου πλακιδίου και η προσθήκη ενός κατάλληλου σημαδιού.

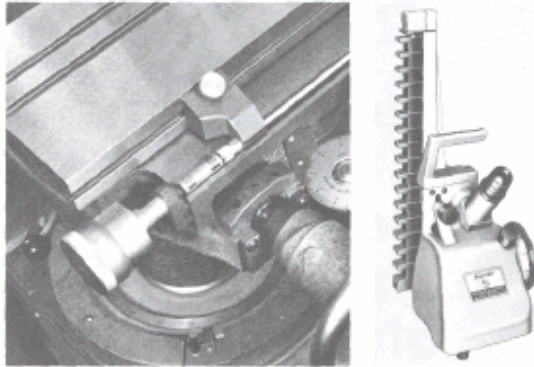
4.8 ΤΕΛΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΚΟΠΟΥ

Η λειτουργία ενός τελικού προτύπου του οποίου οι μετρητικές επιφάνειες αντιπροσωπεύουν τα όρια μιας συγκριμένης διάστασης ή ενός γεωμετρικού σχήματος δεν περιορίζεται σε πλακίδια συμβατικού σχεδιασμού. Αν και τα πλακίδια είναι τα πιο ευέλικτα τελικά πρότυπα υπάρχουν εφαρμογές όπου ταιριάζουν καλύτερα πρότυπα διαστάσεων άλλων μορφών. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από αυτά.

1. Μετρητικές ράβδοι, στρογγυλεμένες, είναι ιδιαίτερα χρήσιμες όταν τα επίπεδα αναφοράς πρέπει να μεταφερθούν πέρα από το πεδίο μετρήσεων του κοχλίου των μικρομέτρων ή παρόμοιων μετρητικών συσκευών μεγάλης ευαισθησίας. Ένα παράδειγμα αυτής της εφαρμογής είναι τα μετρητικά τραπέζια των οπτικών οργάνων (οπτικές μηχανές προβολής), των οποίων ο μικρομετρητικός κοχλίας καλύπτει πεδίο μετρήσεων μιας μόνο ίντσας, ενώ η χρήσιμη κίνηση του τραπέζιου είναι πολλαπλάσια αυτής της διάστασης. Τα ενδιάμεσα μήκη υπολογίζονται εύκολα με την τοποθέτηση μετρητικών ράβδων, που διατίθενται σε ακέραια μεγέθη της ίντσας, μεταξύ του κινητού και του ακίνητου επαφά του μικρομέτρου, μεταφέροντας με τον τρόπο αυτό τα επίπεδα αναφοράς για τον κινητό επαφά από τα απαιτούμενα πολλαπλάσια της μίας ίντσας (Σχ. 4-22).

2. Κλιμακωτά πλακίδια που είτε αποτελούνται από μία σειρά πλακιδίων, τοποθετημένα με εναλλασσόμενο τρόπο για την παροχή βημάτων σταθερών διαστημάτων είτε είναι κατασκευασμένα σε μια ενιαία χαλύβδινη δοκό. Χρησιμοποιούνται σε καποιους τύπους οργάνων μετρήσεων και, επίσης, ως στοιχεία αναφοράς για τον έλεγχο της ακρίβειας του βήματος του σπειρώματος κοχλίων. Μια τυπική εφαρμογή τους βρίσκεται στην επιφανειακή επεξεργασία αντικειμένων, όπου τα επιθυμητά επίπεδα ύψους για μεταφορά διαστάσεων μπορούν γρήγορα και με ακρίβεια να καταρτισθούν με όργανα που χρησιμοποιούν τέτοιες κλιμακωτές ράβδους (Σχ. 4-23). Κάθε «σκαλί» της ράβδου αντιπροσωπεύει την απόσταση μιας ίντσας από τη βάση όταν το όργανο ενδείξεων βρίσκεται στη θέση μηδέν. Κάθε ενδιάμεση διάσταση, σε διαβάθμιση 1/10000 της ίντσας, μπορεί να πραγματοποιηθεί ανεβάζοντας ολόκληρη τη ράβδο με τη βοήθεια ενσωματωμένου κοχλίου μικρομέτρου. Τότε, η ονομαστική τιμή του επιλεγμένου σκαλοπατιού προστιθέμενη στο μήκος ανύψωσης της ράβδου, δίνει το απαιτούμενο επίπεδο μεταφοράς ύψους, με τη βοήθεια καταλλήλου οργάνου μέτρησης ύψους.

3. Γωνιακά πλακίδια. Υπάρχουν ποικίλες συνθήκες όπου η γωνιακή θέση μιας επιφάνειας σε σχέση με το επίπεδο αναφοράς μπορεί να ελεγχθεί καλύτερα προσθέτοντας τη γωνία αντισταθμίσεως στη μετρούμενη επιφάνεια. Τα γωνιακά πλακίδια, με γνωστές τιμές, είναι τα κατάλληλα μέσα για να παρέχουν την επιθυμητή αυτή γωνία, με τη μορφή φυσικού τεμαχίου. Τα γωνιακά πλακίδια παρέχονται σε σετ που επιτρέπουν κάθε συνδυασμό γωνίας από 0° έως 90° ή και 100°, σε διαβαθμίσεις 1' της μοίρας ή ½ τόξου, ανάλογα με τον αριθμό των ανεξάρτητων πλακιδίων που αποτελούν το σετ.



*Jones & Lamson / Textron
The L. S. Starrett Co.*

Σχ. 4-22: (Αριστερά) Μετρητικές ράβδοι τοποθετημένες μεταξύ του πέλματος και της ατράκτου του μικρομετρικού κοχλία μπορούν να εκτείνουν την ικανότητα μέτρησης ενός οπτικού projector κατά αρκετές ίντσες.

Σχ. 4-23: (Δεξιά) Οπτικοί μετρητές ύψους με μια σειρά πλακιδίων για το βηματικό πρότυπο. Το οπτικό τμήμα του οργάνου χρησιμοποιείται για την υποδιαίρεση των αποστάσεων μιας ίντσας, που προέρχονται από τα ανεξάρτητα συστατικά του συσσωματώματος πλακιδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

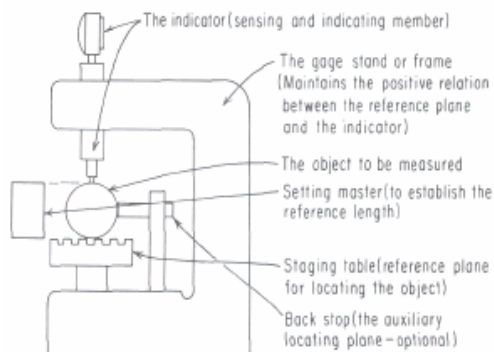
ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ

Τα ενδεικτικά όργανα ανιχνεύουν, μεγενθύνουν και παρουσιάζουν μετατοπίσεις. Ο σκοπός τους είναι: (α) να ανιχνεύουν διαφοροποιήσεις σε μία συγκεκριμένη απόσταση, όπως αυτή ορίζεται από ένα επίπεδο αναφοράς σε συγκεκριμένη θέση ως προς το όργανο και από ένα σημείο μετρήσεως στην επιφάνεια του αντικειμένου και (β) να παρουσιάζουν σε μια οθόνη αναλογική, με βαθμονόμηση ή σε μία ψηφιακή την μεγενθυμένη εκδοχή των ανιχνευμένων διαφοροποιήσεων της διάστασης.

Όταν το αντικείμενο της διαδικασίας είναι η μέτρηση του μήκους, το ενδεικτικό όργανο, μηχανικό ή ηλεκτρονικό, θα χρησιμοποιηθεί φυσιολογικά για να συγκρίνει το πραγματικό μήκος του δείγματος με ένα άλλο φυσικό σώμα. Έτσι λοιπόν, τα όργανα αυτά συνδέονται και χρησιμοποιούνται με τη διαδικασία της συγκριτικής μέτρησης. Παρόλα αυτά, πρόσφατες βελτιώσεις στα ηλεκτρονικά ενδεικτικά όργανα, όπως θα συζητηθεί και στη συνέχεια του κεφαλαίου, καθιστούν δυνατές τις άμεσες μετρήσεις μήκους. Ακόμα, πάντως, και όταν χρησιμοποιούνται σε συγκριτικές μετρήσεις, την ονομαστική τιμή του μετρούμενου μεγέθους την αντικαθιστά ένα πρότυπο δεδομένου μεγέθους. Έτσι, το ενδεικτικό όργανο μετράει μόνο την τιμή και εμφανίζει την απόκλιση που μπορεί να υπάρχει σε σχέση με το ονομαστικό μέγεθος.

Κατά την αξιολόγηση μετρήσεων με ενδεικτικά όργανα δε θα πρέπει να λησμονείται ότι από μόνο του αυτό δεν αποτελεί άμεσο όργανο μέτρησης. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5-1, το όργανο πρέπει να συνεργαστεί με συσκευές που εξυπηρετούν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- α) Τοποθέτηση του αντικειμένου σε ένα επίπεδο αναφοράς που συμπίπτει με το ένα άκρο της μετρούμενης διάστασης (η βάση δεδομένων των μετρήσεων)
- β) Στήριξη του οργάνου ενδείξεως σε θετική θέση ως προς το επίπεδο αναφοράς με τη λειτουργική μετατόπιση του μετρητικού κινούμενου επαφέα σε ευθυγραμμία με τη μετρούμενη διάσταση.



Σχ. 5-1: Σχηματική απεικόνιση θεμελιωδών συστατικών στις συγκριτικές μετρήσεις μήκους

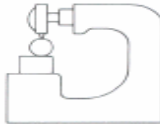

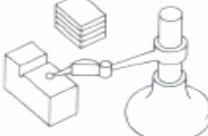

Η χρήση τους περιορίζεται σε επίπεδες μετρήσεις μήκους. Πολλές άλλες γεωμετρικές συνθήκες μπορούν να ανιχνευτούν και να μετρηθούν χρησιμοποιώντας τα όργανα αυτά για ανίχνευση και αναφορά στοιχείων. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση αποκλίσεων από την ονομαστική τιμή μιας απόστασης που ξεκινά από ένα επίπεδο αναφοράς που δε συμπίπτει κατ' ανάγκη με το απέναντι οριακό επίπεδο του αντικειμένου. Τα επίπεδα αναφοράς που θα πρέπει να επιλεγούν είναι π.χ άξονες ή κάποιο άλλο επιφανειακό τμήμα του αντικειμένου. Σε κάποιες εφαρμογές μπορεί να επιλεγεί σαν επίπεδο αναφοράς ακόμα και μια άσχετη με το αντικείμενο επιφάνεια με την οποία όμως σχετίζεται όταν βρίσκεται σε συγκεκριμένη θέση.

Τα ενδεικτικά όργανα δεν περιορίζονται σε σταθερές θέσεις. Όταν η γεωμετρία του αντικειμένου είναι τέτοια που η μετρούμενη απόσταση έχει το ίδιο ονομαστικό μέγεθος για κάθε θέση σε συγκεκριμένη κατεύθυνση από τη βάση, τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται για συνεχόμενες μετρήσεις σε μετακινούμενα αντικείμενα, π.χ μετρήσεις εκτροπής περιστρεφόμενων στοιχείων μηχανών.



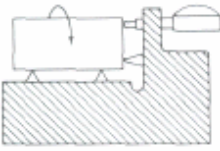
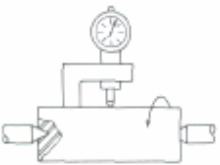
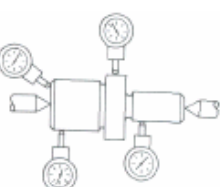
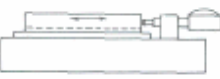
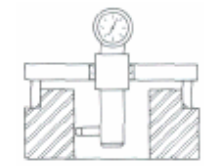
ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Ο Πίνακας 5-1 παρουσιάζει ορισμένες χαρακτηριστικές εφαρμογές των ενδεικτικών οργάνων. Αν και απεικονίζονται με αναλογικές βαθμονομημένες κλίμακες και συνδεδεμένα με μηχανικά στοιχεία, οι κατηγορίες αυτές εφαρμόζονται, επίσης, σε ηλεκτρονικά όργανα με ψηφιακές οθόνες.


ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ		ΑΝΑΦΟΡΑ
	ΣΧΕΔΙΟ	ΟΡΓΑΝΟ	
Συγκριτικές μετρήσεις μήκους		Συγκριτικό όργανο εξωτερικών μετρήσεων	Η βασική εφαρμογή είναι για συγκριτικές μετρήσεις σε σταθερά όργανα, ρυθμισμένα στο ονομαστικό μέγεθος με σταθερά πρότυπα.
Συγκριτικές μετρήσεις μεγέθους οπών		Ελεγκτήρας τρυμμάτων με ενδεικτικό όργανο	Κυλινδρικά τμήματα εκτείνονται για να έρθουν σε επαφή με τα τοιχώματα της οπής. Το ενδεικτικό όργανο παρουσιάζει τη θέση των τμημάτων. Το όργανο ρυθμίζεται αρχικά με πρότυπο δακτύλιο και παρουσιάζει το μετρούμενο μέγεθος σε σχέση με το εκείνο του προτύπου.
Σύγκριση μεγέθους με μεταφερόμενη απόσταση		Ενδεικτικά όργανα για τεστ σε εργασίες επίπεδης επιφάνειας	Χρησιμοποιώντας κοινό επίπεδο αναφοράς, το μέγεθος του προτύπου, όπως τα πλακίδια μπορεί να συγκριθεί με αυτό του αντικειμένου
Απόσταση από σταθερό επίπεδο αναφοράς.		Ενδεικτικό όργανο μέτρησης βάθους	Συγκρίνει την απόσταση μιας επιφάνειας αναφοράς, από μια άλλη στην οποία εντοπίζεται η μετρούμενη διάσταση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1. (Συνέχεια)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ		ΑΝΑΦΟΡΑ
	ΣΧΕΔΙΟ	ΟΡΓΑΝΟ	
Μέτρηση οριακού μεγέθους		Ελεγκτήρας αξόνων με ενδεικτικό όργανο	Για τον επαναληπτικό έλεγχο διαστάσεων μήκους, συγκεκριμένα διαμέτρων, σε τεμάχια των οποίων η μέτρηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα όργανο μελαβή
Σύγκριση μεγέθους οπής και μέτρηση μεταβολών διαμέτρου		Μετρητής οπών με ενδεικτικό όργανο	Για τη συγκριτική μέτρηση διαμέτρων οπών και την ταυτόχρονη ανίχνευση των μεταβολών διαμέτρου κατά μήκος και γύρω από την επιφάνεια της οπής.
Συνεπής απόσταση μιας επιφάνειας από μια επιφάνεια αναφοράς		Ενδεικτικό όργανο μέτρησης κυβικότητας	Τεμάχια τοποθετημένα, ώστε να επιτρέπουν ένα βαθμό ελευθερίας περιστροφής ή ολίσθησης σε σχέση με θετικά επίπεδα αναφοράς, ελέγχονται με ενδεικτικά όργανα
Εκκεντρότητα περιστρεφόμενων σωμάτων		Συσκευές κεντραρίσματος με ενδεικτικό όργανο σε ρυθμιζόμενη θέση	Τεμάχια περιστρεφόμενα γύρω από τον άξονά τους, θα αποκαλύψουν την τιμή των μεταβολών της ακτίνας με την κίνηση του δείκτη του ενδεικτικού οργάνου, που βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια του αντικειμένου.
Μέτρηση πολλαπλών διαστάσεων		Ενδεικτικό όργανο πολλαπλών διαστάσεων αποτελούμενο από τυπικά συστατικά	Διάφορες διαστάσεις είτε με σταθερά σημεία ως σημεία αναφοράς είτε με τις συσχετίσεις τους, μετρώνται ταυτόχρονα σε ειδικά όργανα χρησιμοποιώντας ενδεικτικά όργανα για μετρητικά μέλη
Αποστάσεις κινήσεων παλινδρόμησης		Εγκάρσιος ολισθητήρας σε μηχανήματα ακριβείας που ενώνονται με ενδεικτικό όργανο	Ενδεικτικά όργανα μεγάλης κλίμακας σε επαφή με την επιφάνεια ενός εργαλείου ή ολισθητήρα οργάνου, αποτελούν μια αποτελεσματική μέθοδο μέτρησης αποστάσεων κινήσεων παλινδρόμησης από σταθερές θέσεις αναφοράς.
Αμοιβαίες θέσεις συσχετιζόμενων επιφανειών		Ενδεικτικό όργανο ομοκεντρότητας με στοιχείο τοποθέτησης και καθοδήγησης	Η θέση και η γεωμετρία μιας οπής σε σχέση με άλλες επιφάνειες του ίδιου αντικειμένου μετρώνται αποτελεσματικά με ειδικά ενδεικτικά όργανα

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1. (Συνέχεια)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ		ΑΝΑΦΟΡΑ
	ΣΧΕΔΙΟ	ΟΡΓΑΝΟ	
Μετρήσεις εντός της διαδικασίας ρύθμισης		Λειαντικό όργανο μέτρησης τύπου Arnold	Η μέτρηση των κρίσιμων διαστάσεων ενός αντικειμένου, ενώ βρίσκεται σε διαδικασία ρύθμισης είναι εύκολη, με τη βοήθεια ειδικών ενδεικτικών οργάνων.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Η μεγάλη κατηγορία των μηχανικών ενδεικτικών οργάνων περιλαμβάνει κάποιους βασικούς τύπους που ανήκουν στα πλέον χρησιμοποιούμενα εργαλεία μέτρησης διαστάσεων στην παραγωγική διαδικασία κατεργασίας μετάλλων. Αν και υπάρχουν ποικίλα άλλα συστήματα ερμηνείας μετατοπίσεων, όπως θα δούμε στα επόμενα δύο κεφάλαια, η μηχανική ερμηνεία παρέχει πολλά πλεονεκτήματα σε εφαρμογές ενδεικτικών οργάνων.

Κάποια από αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-2, με κύριο σκοπό να καταδείξουν συγκεκριμένες απόψεις που αξίζει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή του κατάλληλου τύπου οργάνου για δεδομένες συνθήκες μέτρησης. Πρέπει, παρόλα αυτά, να γίνει αντιληπτό ότι δεν αναφέρονται όλα τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται στον πίνακα σε όλους τους τύπους οργάνων. Ούτε ότι αποτελούν αποκλειστικά χαρακτηριστικά των μηχανικών ενδεικτικών οργάνων, αν και το μηχανικό σύστημα μεγέθυνσης είναι καλύτερο για τη χρήση των δυναμικών των περιγραφόμενων ευεγερτικών χαρακτηριστικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-2.

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ**

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΑΝΑΦΟΡΑ
Μεγάλο πεδίο μετρήσεων	Τα μηχανικά ενδεικτικά όργανα, ιδιαίτερα εκείνα που λειτουργούν με σύστημα οδοντωτού κανόνα και πινιόν, έχουν πεδίο μέτρησης που εκτείνονται σε αρκετές στροφές (σε ορισμένα μοντέλα μέχρι 20 ή ακόμα περισσότερες) του δείκτη πάνω στο αναλόγιο. Αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει μετρήσεις σε μικρές διαβαθμίσεις των διαστάσεων, που δεν προσεγγίζονται από κάποιο άλλο σύστημα ενδεικτικών οργάνων.
Μικρό μέγεθος	Το μικρό μέγεθος ολόκληρου του οργάνου, συμπεριλαμβανομένου του ανιχνευτή, της ενίσχυσης και των ενδείξεων των στοιχείων, αποτελεί πλεονέκτημα για τις μετρήσεις σε περιορισμένο χώρο, ή κατά την τοποθέτηση διαφόρων ενδεικτικών οργάνων σε κοντινή μεταξύ τους απόσταση.
Θετική επαφή και ελεγχόμενη δύναμη μέτρησης	Η δυνατότητα επιλογής οργάνων των οποίων η δύναμη επαφής είναι καταλληλότερη για μια ιδιαίτερη εφαρμογή μπορεί να είναι κρίσιμης σπουδαιότητας. Σε μερικά μοντέλα, μηχανικών ενδεικτικών οργάνων, η δύναμη μέτρησης μπορεί να ποικίλει και να ρυθμίζεται μέσα σε ένα ουσιαστικό πεδίο.
Αντοχή	Ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται σε εμπορικές χρήσεις ή στις λειτουργούσες μηχανές, όπου εμφανίζονται ουσιαστικές δονήσεις, η σχετική αντοχή σε σοκ των διαφόρων τύπων μηχανικών ενδεικτικών οργάνων, μπορεί να είναι ένας παράγοντας απόφασης για την επιλογή οργάνων. Οι περισσότεροι τύποι είναι λιγότερο ευαίσθητοι σε ακούσια προκαλούμενη μετατόπιση, από άλλα συγκρίσιμα όργανα διαφορετικών συστημάτων.
Ανεξαρτησία από πηγή ρεύματος	Η λειτουργία δεν περιορίζεται σε κάποια ιδιαίτερη θέση. Επομένως τα μετρητικά όργανα, που περιλαμβάνουν μηχανικά ενδεικτικά όργανα, μπορούν να ρυθμιστούν οπουδήποτε μέσα στο εργοστάσιο ή να χρησιμοποιηθούν στο ύπαιθρο. Τα καλώδια ρεύματος δεν παρεμποδίζουν την τοποθέτηση του οργάνου στη βέλτιστη θέση μέτρησης και οι διακυμάνσεις της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος δεν έχουν επιπτώσεις στην ενυπάρχουσα ακρίβεια ένδειξης των οργάνων.
Σταθερότητα και επαναληψιμότητα ενδείξεων	Η ολίσθηση που θα μπορούσε να εμφανιστεί στα όργανα, των οποίων η λειτουργία είναι βασισμένη στη μετατροπή των γραμμικών μετατοπίσεων του αισθητήρα, σε ηλεκτρική ή σε πίεση ρευστού, δεν εμφανίζεται στα μηχανικά ενδεικτικά όργανα. Τα σφάλματα των οργάνων, όταν οφείλονται σε μηχανικά αίτια, π.χ. εμπλοκή, φθορά, τζογάρισμα, κ.λπ, συνήθως, εμφανίζονται με συνέπεια, επιτρέποντας τη γρήγορη ανίχνευση και διόρθωση ή κάποιο βαθμό αντιστάθμισης.
Οικονομικά πλεονεκτήματα	Το αρχικό κόστος των μηχανικών ενδεικτικών οργάνων συγκρίσιμης ευαισθησίας, είναι συνήθως μικρότερο από αυτό άλλων συστημάτων, παρά τη διαθεσιμότητα ενός ευρέος φάσματος λιγότερο ευαίσθητων μοντέλων με μέρη του κόστους, των οργάνων ακριβείας. Τα βασικά μοντέλα των μηχανικών ενδεικτικών οργάνων, πρωτίστως τα αναλόγια, μπορούν να συντηρηθούν και να επισκευαστούν στις εγκαταστάσεις του χρήστη, σε λογικό κόστος. Τυποποιημένα τμήματα αντικατάστασης είναι άμεσα διαθέσιμα. Διάφοροι τύποι μηχανικών ενδεικτικών οργάνων ακριβείας λειτουργούν σχεδόν χωρίς άνευ τριβής και απώλεια ακριβείας, κατά τη διάρκεια πολλών ετών συνεχούς χρήσης.

5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗΣ

Τα μηχανικά ενδεικτικά όργανα εργάζονται με διαφορετικά συστήματα μεγέθυνσης των μετατοπίσεων, τα οποία μπορεί να αποτελούνται από συστήματα οδοντωτών τροχών, μοχλούς, στρεπτικές ταινίες, καλάμια ή ένα συνδυασμό αυτών ή άλλων συστημάτων.


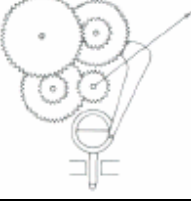


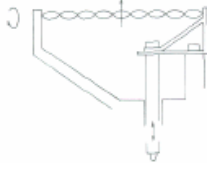
Η κατεύθυνση της πραγματικής μετατόπισης που μπορεί να ανιχνευθεί από το ενδεικτικό όργανο μπορεί να βρίσκεται σε ευθυγραμμία με τον άξονα του κινητού επαφέα του οργάνου ή να είναι κανονική προς το μοχλό επαφής που αιωρείται πάνω από μια πολύ μικρή γωνία, της οποίας το μήκος του τόξου και της χορδής θεωρούνται πρακτικά ισοδύναμα. Θα πρέπει, επίσης, να χρησιμοποιηθούν επαφείς ή στην πραγματικότητα εσωτερικά μέλη για να επανακατευθύνουν τη μεγέθυνση της πραγματικής μετατόπισης, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς της στα στοιχεία επαφής του οργάνου. Αυτοί μπορούν να εξυπηρετήσουν είτε την αναστροφή της κατεύθυνσης της πραγματικής κίνησης με τη βοήθεια ενός μοχλοβραχίονα είτε να τη μεταφράσουν σε κατάλληλη γωνία, χρησιμοποιώντας μια συσκευή τύπου γωνιομοχλού.

Οι δείκτες των μηχανικών ενδεικτικών οργάνων στρέφονται, γενικά, γύρω από έναν άξονα ανάρτησης. Η κίνηση αυτή μπορεί να εκτείνεται σε έναν ολόκληρο κύκλο, ακόμα και αν περιλαμβάνει αρκετές στροφές, απαιτώντας, έτσι, μια αναλογική κλίμακα. Αυτή είναι η πλέον συνηθισμένη μορφή ενδείξεων στα μηχανικά ενδεικτικά όργανα. Οι κλίμακες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται και σε αρκετούς τύπους ενδεικτικών οργάνων ακριβείας, με σχετικά μεγάλο πεδίο μετρήσεων, τα οποία απαιτούν διευρυμένες κλίμακες. Τέτοια κίνηση μπορεί καλύτερα να αποδοθεί σε κυκλική διάταξη, ακόμα και αν η λειτουργική σάρωση του επαφέα δεν περιλαμβάνει ολοκληρωμένη στροφή.

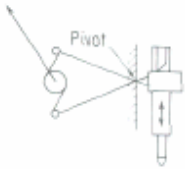
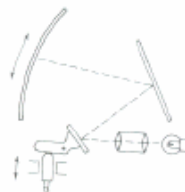
Άλλοι τύποι τέτοιων οργάνων ακριβείας έχουν μικρό πεδίο μετρήσεων και κάποιες φορές δεν επεκτείνονται σε περισσότερες από 20 ή 25 διαβαθμίσεις της κλίμακας προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Τα όργανα με μικρό πεδίο μετρήσεων έχουν τμηματικού τύπου κεφαλές ενδείξεως και χρησιμοποιούν μακρείς δείκτες για αύξηση της τελικής εκτίμησης της μεγέθυνσης της μετατόπισης. Ένας άλλος τύπος ενδείξεων αποτελεσμάτων με εφαρμογές που περιορίζονται, όμως, μόνο στα στατικά όργανα συγκρίσεως, αποτελείται από μια κλίμακα που εφαρμόζεται στην περιφέρεια ενός τμήματος με αρκετά μεγάλη ακτίνα, ξανά ως πρόσθετο μέσο ερμηνείας των μετατοπίσεων.

Αν και η μεγάλη και συνεχώς αυξανόμενη ποικιλία των συστημάτων μηχανικών ενδεικτικών οργάνων κάνει αδύνατη την καταγραφή τους σε λίστα, ο Πίνακας 5-3 παρουσιάζει τα βασικά συστήματα μεγέθυνσης μετατοπίσεων που εφαρμόζονται συχνότερα στα μηχανικά ενδεικτικά όργανα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

ΟΡΙΣΜΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ		ΜΟΡΦΗ ΟΘΟΝΗΣ	ΣΥΝΗΘΗ	
	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ (ίντσες)	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (ίντσες)
Οδοντωτός κανόνας και πινιόν		Ο μετρητικός επαφείας αποτελεί ακέραιο σώμα με ένα οδοντωτό κανόνα και συνεργάζεται με ένα πινιόν, μέλος ενός ενισχυτικού συστήματος τροχών	Αναλόγιο	Από 0,0001 Έως 0,001	Από 0,025 Έως 0,250
Έκκεντρο και σύστημα οδοντωτών τροχών		Η μετρητική ράβδος δρα σε έκκεντρο που μεταφέρει στο ενισχυτικό σύστημα οδοντωτών τροχών την κίνηση	Αναλόγιο	Από 0,00005 Έως 0,0001	Από 0,010 Έως 0,025
Μοχλός με τμήμα οδοντωτού τροχού		Ο μοχλός με το τμήμα οδοντωτού τροχού στο άκρο του, εμπλέκεται με πινιόν στη βάση μιας οδοντωτής στεφάνης, εμπλέκοντας το τελικό πινιόν	Αναλόγιο	Από 0,0001 Έως 0,001	Από 0,01 Έως 0,1
Σχηματισμός μοχλών		Ένα ζεύγος μοχλών με σύνθετη δράση ενώνονται μέσω τμημάτων τροχών και πινιόν	Αναλόγιο	Από 0,00002 Έως 0,0005	Από 0,002 Έως 0,02
Συννεστραμένες ταινίες		Η παραμόρφωση που προκαλείται από την κλίση της τράπεζας προβόλου, που βρίσκεται σε επαφή με τη μετρητική ράβδο προκαλεί τις συννεστραμένες ταινίες να περιστραφούν ανάλογα. Η κίνηση αυτή εντοπίζεται από το δείκτη.	Τμήμα αναλογίου	Από 0,00001 Έως 0,0005	Από 0,0012 Έως 0,04

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-3. (Συνέχεια)

ΟΡΙΣΜΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ		ΜΟΡΦΗ ΟΘΟΝΗΣ	ΣΥΝΗΘΗ	
	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ (ίντσες)	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (ίντσες)
Μοχλός συνδυασμένος με ιμάντα γύρω από τυμπάνο		Η κίνηση της μετρητικής ράβδου ανατρέπει το αρθρωτό μπλοκ. Αυτό προκαλεί την παρέκκλιση του σχηματισμού πηρούνας των ιμάντων, με αποτέλεσμα την περιστροφή του τυμπάνου	Μεγάλο τμήμα αναλογίου	Από 0,00001 Έως 0,0002	Από 0,0012 Έως 0,02
Ανατρεπόμενος καθρέφτης προβολής φωτεινών σημάτων		Η κίνηση του επαφέα μεταφέρεται από ένα μοχλό και ανατρέπει έναν ενδιάμεσο καθρέφτη, αλλάζοντας με τον τρόπο αυτό θέση του προβαλλόμενου φωτεινού σήματος στη βαθμονομημένη οθόνη	Βηματικά φωτεινά σήματα στην επιφάνεια ενός τμήματος αναλογίου	Από 0,000025 Έως 0,00005	Από 0,0028 Έως 0,0055

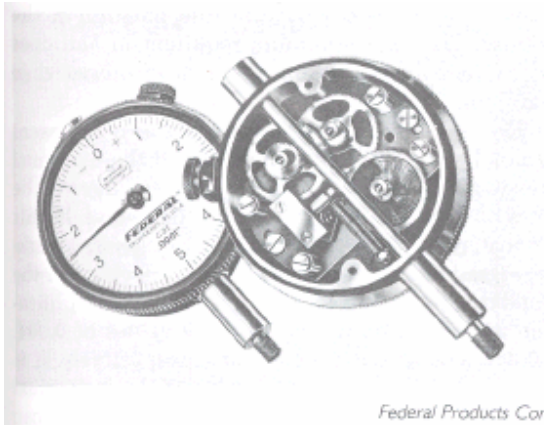
5.3 ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ

Τα όργανα αυτά είναι μηχανικά όργανα ανίχνευσης και μέτρησης διαφοροποιήσεων αποστάσεων. Ο μηχανισμός μετατρέπει την αξονική μετατόπιση του επαφέα σε περιστροφική, η οποία μεγεθύνεται από μηχανικά μέσα και τελικά παρουσιάζεται από έναν δείκτη που περιστρέφεται σε μία βαθμονομημένη αναλογική οθόνη ενδείξεων. Στα πλέον χρησιμοποιούμενα όργανα της κατηγορίας, ο μετρητικός επαφέας φέρει, συνήθως ως εσωτερικό τεμάχιο, μια οδοντωτή ράβδο που εμπλέκεται με ένα πινιόν, μέρος ενός συστήματος οδοντωτών τροχών. Ο μηχανισμός επιτυγχάνει, έτσι, τη διπλή λειτουργία της μετατροπής της γραμμικής μετατόπισης σε περιστροφική κίνηση και της μεγέθυνσης της τελευταίας με τη βοήθεια διαφόρων σετ οδόντων που εμπλέκονται με δυναμικά μικρότερα πινιόν. Το Σχήμα 5-2 δείχνει τον εσωτερικό μηχανισμό ενός αναλογικού μετρητικού ενδεικτικού οργάνου.

Τα όργανα της κατηγορίας αυτής μπορεί να χρειαστούν έναν ορισμό για τον καλύτερο διαχωρισμό τους από άλλου τύπου μηχανικά ενδεικτικά όργανα. Η οθόνη ένδειξης της μεγενθυμένης κίνησης του επαφέα που αποτελείται από ένα δείκτη σε μια βαθμονομημένη κλίμακα δεν αποτελεί αποκλειστικό χαρακτηριστικό. Υπάρχουν πολλοί άλλοι τύποι με βαθμονομημένες κλίμακες και μηχανισμό οδοντωτής ράβδου και πινιόν, αν και ο πιο κοινός σχεδιασμός συναντάται στα ενδεικτικά όργανα που περιγράψαμε.

Στην πραγματικότητα, ένα όργανο μηχανικής ένδειξης μετατοπίσεων μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στην κατηγορία αυτή, όταν ο σχεδιασμός του έρχεται σε συμφωνία με τις προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί παγκοσμίως και οι οποίες θα συζητηθούν παρακάτω. Τα διακριτικά χαρακτηριστικά που εξάγονται από αυτές τις προδιαγραφές είναι η μορφή των ενδείξεων στην οθόνη, οι ουσιαστικές οριακές διαστάσεις και το πεδίο μετρήσεων το οποίο δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2½ στροφές του δείκτη πάνω στην οθόνη.



Σχ. 5-2: Αναλογικά ενδεικτικά όργανα με αφαιρεμένο το πίσω κάλυμμα, για να ανδειχθούν τα ουσιαστικά χαρακτηριστικά του μηχανισμού του.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ

Τα όργανα με οθόνες ενδείξεων αντιπροσωπεύουν τον πλέον χρησιμοποιούμενο τύπο μηχανικών ενδεικτικών οργάνων. Υπάρχουν πολυάριθμοι λόγοι για την επικράτησή τους και παρακάτω αναφέρονται κάποιοι χαρακτηριστικοί:

α) Οι μηχανισμοί μεγέθυνσης που λειτουργούν με συστήματα οδοντωτών τροχών επιτρέπουν ανθεκτική κατασκευή, λιγότερο ευαίσθητη σε χτυπήματα και σε δονήσεις από τους περισσότερους άλλους τύπους, καθιστώντας τα, τα πλέον κατάλληλα για εμπορικές χρήσεις.

β) Έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν μεγάλο πεδίο μετρήσεων, που περιορίζεται μόνο από το πρακτικό μήκος της λειτουργικής κίνησης της οδοντωτής ράβδου. Συνήθως επιτρέπουν μια επιπλέον μετακίνηση (μετατόπιση του επαφέα πέρα από το λειτουργικό πεδίο μετρήσεων του οργάνου), δίχως να τραυματίσουν το μηχανισμό.

γ) Η αναλογική οθόνη ενδείξεων μπορεί, με αρκετές στροφές του δείκτη, να περικλείσει ένα διευρυμένο πεδίο ενδείξεων εντός συμπαγών εξωτερικών διαστάσεων,

διατηρώντας πάντοτε υψηλή διακριτική ανάλυση, με τη βοήθεια των ακριβών διαστημάτων των γραμμών βαθμονόμησης.

δ) Οι ευνοϊκοί οικονομικοί παράγοντες του αρχικού κόστους όσο και του κόστους συντήρησης είναι ένα ακόμα πλεονέκτημα. Τα όργανα των καλύτερων κατηγοριών ακριβείας σχεδιάζονται με σκοπό τη διευκόλυνση των επισκευών και την εύκολη εναλλαξιμότητα των ανταλλακτικών.

Στη συνέχεια θα αναδειχθούν και αρκετοί περιορισμοί των οργάνων αυτών για χάρη της πλήρους ενημέρωσης πριν από τη συνετή επιλογή οργάνου. Παρόλα, αυτά θα πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι η μεγάλη εξέλιξη στο σχεδιασμό και την κατασκευή, στοιχεία της οποίας αναφέρονται και παρακάτω, μπορούν να μειώσουν σημαντικά την επίδραση αυτών των περιορισμών.

α) Οι οδόντες των τροχών εμπλέκονται με κάποιο μικρό διάκενο προκαλώντας τζογάρισμα και καθυστερημένη ανταπόκριση, ιδιαίτερα όσο η φθορά τους αυξάνεται. Η ακρίβεια βελτιώνεται σημαντικά με λειτουργικές συσκευές περιορισμού του τζόγου (συνήθως με σπειροειδή ελατήρια) και οι συνέπειες από τη φθορά μειώνονται με τη θερμική επεξεργασία και την ακριβή κατεργασία των οδόντων.

β) Η επίδραση της ατελούς μορφής των οδόντων και του τζόγου τους, έχουν ως αποτέλεσμα συσσωρευτικά σφάλματα, τα οποία είναι συνήθως ανάλογα της μετατόπισης του επαφά του οργάνου. Για το λόγο αυτό τα όργανα με μεγάλο πεδίο μετρήσεων δε συνίστανται για εφαρμογές ακριβείας.

γ) Ένα μικρό διάκενο μεταξύ του μετρητικού επαφά και των οδηγών του απαιτείται για να αποτρέψει τυχόν εμπλοκές και να παράσχει την ανεμπόδιστη λειτουργική κίνηση. Το διάκενο αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τις διαφοροποιήσεις θέσεως της οδοντωτής ράβδου σε σχέση με το εμπλεκόμενο πινιόν.

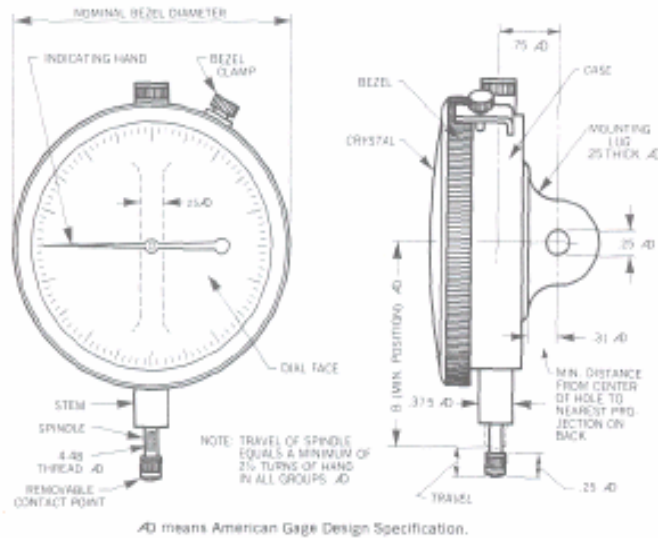
δ) Το τζογάρισμα στα ρουλεμάν του στροφέα, που οφείλεται σε ελλειματική ακρίβεια ή σε φθορά, επηρεάζει την ακρίβεια εμπλοκής των οδόντων των τροχών προκαλώντας μετρητικά σφάλματα. Τα πολύ καλής ποιότητας ρουλεμάν βελτιώνουν ουσιαστικά τη συνεπή ακρίβεια της διάταξης των οδοντώσεων.

Ο ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Ο αμερικανικός οργανισμός που ασχολείται με τη θέσπιση προδιαγραφών για τα πρότυπα μετρητικά όργανα καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις των ουσιαστικών χαρακτηριστικών για τα αναλογικά ενδεικτικά όργανα που εξυπηρετούν γραμμικές μετρήσεις. Αν και θεσπίστηκαν το 1945, ισχύουν ακόμα, όπως αναφέρεται και στο ASME/ANSI B89.1.10M-1987 και χρησιμοποιούνται ως οδηγίες για το σχεδιασμό και την επιλογή των ενδεικτικών οργάνων της κατηγορίας. Από τη σκοπία της αποδοχής των προτύπων είναι σωστό να αναφερθούμε στις ουσιώδεις προδιαγραφές.

Στο Σχήμα 5-3 φαίνεται η πρότυπη ονοματολογία των συστατικών των οργάνων. Η οθόνη που βρίσκεται στη στεφάνη συγκράτησης, πρέπει να είναι περιστρεφόμενη και με τη βοήθεια ενός σφιγκτήρα, η στεφάνη κλειδώνει στην επιθυμητή θέση. Το πρότυπο καλύπτει τέσσερα γκρουπ μεγεθών των οποίων οι κύριες διαστάσεις φαίνονται στον Πίνακα 5-4. Απαιτείται η λειτουργική μετατόπιση του επαφά να αναλογεί σε τουλάχιστον 2½ κύκλους του δείκτη. Για μηχανικούς λόγους, η λειτουργική μετατόπιση, συνήθως, ξεκινά από το 1/12 έως το 1/4 του κύκλου μετά τη θέση ηρεμίας του δείκτη.

Αυτή είναι μια ελάχιστη απαίτηση και δεν αποκλείει τη χρήση μεγαλύτερων μετρητικών πεδίων, όταν απαιτούνται από τις συνθήκες εφαρμογής.



Σχ. 5-3: Τυπική μορφή ενός αναλόγιου και των συστατικών του,

Οι βαθμονομημένες γραμμές της οθόνης αντιπροσωπεύουν δεκαδικές τιμές και η αρίθμηση της οθόνης πρέπει πάντα να δηλώνει χιλιοστά της ίντσας ανεξάρτητα από τη διαβάθμιση των γραμμών. Η σχεδιαζόμενη διαβάθμιση αναφέρεται στη μικρότερη τιμή βαθμονόμησης. Το πρότυπο προδιαγράφει τέσσερις κατηγορίες διαβαθμίσεων που αντιπροσωπεύουν διαφορετικές τιμές ερμηνείας των μετρήσεων με αποτέλεσμα οι βαθμονομημένες γραμμές να αναφέρονται σε 0.001, 0.0005, 0.0001 και 0.00005 της ίντσας ανάλογα με την κατηγορία. Ως επακόλουθο, όσο μικρότερη είναι η διαβάθμιση των γραμμών τόσο μικραίνει το πεδίο μετρήσεων που μπορεί να καλύψει ο δείκτης με τους 2½ κύκλους του. Οι περισσότερες οθόνες φέρουν 100 γραμμές βαθμονόμησης σχεδιασμένες στην περιφέρεια. Κατά συνέπεια, το χρήσιμο πεδίο μετρήσεων είναι 250 φορές μεγαλύτερο από την τιμή διαβάθμισης του οργάνου. Παρόλα αυτά, από τη σκοπία της αλληλοσυσχέτισης ανάμεσα στη διάμετρο της οθόνης και στην εφαρμοζόμενη βαθμονόμηση, κάποιοι τύποι οργάνων φέρουν περισσότερες ή λιγότερες από 100 γραμμές στην περιφέρειά τους.

Το πρότυπο περιέχει, επίσης, προδιαγραφές αναφορικά με τις διαστάσεις των στηριγμάτων των οργάνων (Σχ. 5-3). Εμμένοντας σε αυτές τις προδιαγραφές τα ενδεικτικά όργανα διαφορετικών κατασκευαστών, μπορούν να παρέχουν εναλλαξιμότητα των μηχανισμών στήριξής τους.

Μια πρόσθετη εξέλιξη στον τομέα της εναλλαξιμότητας των βιομηχανικών μετρητικών οργάνων είναι ότι οι διαστάσεις των διατάξεων στερέωσης του προτύπου συχνά υιοθετούνται σε πολλούς άλλους τύπους ενδεικτικών οργάνων είτε μηχανικούς είτε εκείνους που χρησιμοποιούν κάποιο άλλο σύστημα ερμηνείας αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-4. ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΟΥ (ΣΤΕΦΑΝΗ) ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΕΦΑΝΗΣ (ίντσες)		ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΤΟΥ ΑΝΑΛΟΓΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΚΡΗΣ ΤΟΥ ΕΠΑΦΕΑ (ίντσες)	ΤΙΜΗ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ	
	Από	Έως και		(ίντσες)	(mm)
1	1 ³ / ₄	2	1 ⁵ / ₈	0,0001 0,0005 0,001	0,005 0,01
2	2	2 ³ / ₈	2	0,00005 0,0001 0,0005 0,001	0,001 0,002 0,005 0,01
3	2 ³ / ₈	3	2 ¹ / ₈	0,0001 0,0005 0,001	0,001 0,002 0,005 0,01
4	3	3 ³ / ₄	2 9/16	0,00005 0,0001 0,0005 0,001	0,001 0,002 0,005 0,01

Η ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Ο αμερικανικός οργανισμός που ασχολείται με τη θέσπιση προδιαγραφών για τα πρότυπα μετρητικά όργανα ορίζει δύο κατηγορίες δυναμικών σφαλμάτων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση της ακριβείας των αναλογικών ενδεικτικών οργάνων:

α) Επανάληψιμότητα της ανάγνωσης των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο κανόνα: «Η ανάγνωση σε κάθε θέση θα πρέπει να αναπαράγεται μέσω επιτυχημένων μετρήσεων του επαφέα στο +/- 1/5 της βαθμονόμησης».

β) Ακρίβεια. Αναφέρεται στην ακρίβεια των ρυθμίσεων, γνωστή επίσης, ως ευθυγράμμιση των ενδείξεων. Ο πρότυπος κανόνας αναφέρει: «Η οθόνη παροχής ενδείξεων πρέπει να είναι ακριβής εντός +/- 1 βαθμονόμησης, σε κάθε θέση, από εκείνη που προσεγγίζει τον δείκτη ενός ρολογιού όταν είναι 10 η ώρα έως την τελική που προσεγγίζει τον δείκτη ρολογιού όταν είναι 2 η ώρα (2 1/3 κύκλους)». Η προδιαγραφή απαιτεί ότι η διαφοροποίηση του πραγματικού αντικειμένου σε σχέση με το πρότυπο ρυθμίσεως πρέπει να εμφανίζεται από τη θέση του δείκτη στην οθόνη με μέγιστο σφάλμα +/- 1 βαθμονόμησης, σε κάθε θέση του λειτουργικού πεδίου μετρήσεων των 2 1/3 κύκλων. Η ακρίβεια της ρύθμισης καθορίζει το βαθμό εμπιστοσύνης που μπορεί να λάβει χώρα στις μετρήσεις διαφοροποιήσεων μεγέθους που πραγματοποιούνται από το όργανο.

Το πρότυπο δεν καθορίζει πως μπορεί να επέλθει η έκταση αυτή του επιτρεπτού σφάλματος ένδειξης. Μπορεί είτε να είναι βαθμιαίο κέρδος ή απώλεια, με τα μεγέθη σε

πλήρη αναλογία με τη μετατόπιση του κινητού επαφεία, είτε μπορεί να εμφανίζεται περιοδικά ή και σπάνια εντός των ορίων της ζώνης ανοχών των ρυθμίσεων.

Το Σχήμα 5-4 απεικονίζει την ερμηνεία αυτών των προδιαγραφών για αυθαίρετα αλλά και στενά συνδεδεμένες επιλεγμένες περιπτώσεις, όπου οι αποκλίσεις των ενδείξεων του δείκτη σε σχέση με το πραγματικό μέγεθος εμφανίζονται σε ένα μόνο κύκλο κατά μήκος του πεδίου μετρήσεων (Σχ. 5-4A) ή εμφανίζονται σαν περιοδικό φαινόμενο που επαναλαμβάνεται σε κάθε κύκλο του δείκτη (Σχ. 5-4B). Η πραγματική ακρίβεια ενός δείκτη μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια μιας ολοκληρωμένης διαδικασίας ρυθμίσεων, όπως αυτή εξηγείται στην περίπτωση της ρύθμισης των μικρομέτρων, στο Κεφ. 2.

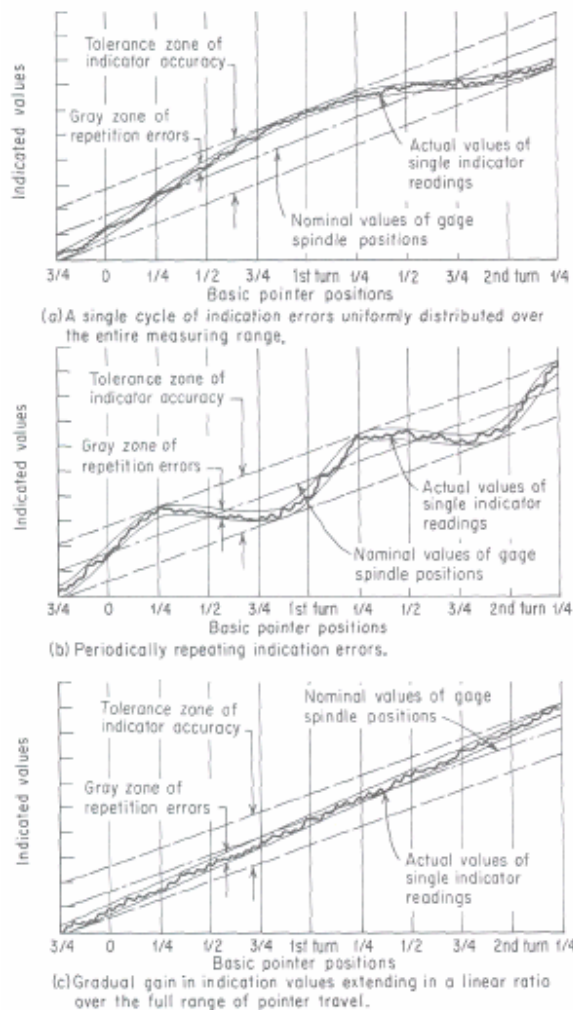
Λαμβάνοντας ως τυπικές τις συνθήκες που εμφανίζονται στο Σχήμα 5-4, οι ακόλουθες γενικές κατευθύνσεις μπορούν να ληφθούν υπόψη για το σκοπό της μείωσης των επιδράσεων των σφαλμάτων ρύθμισης του οργάνου στο αποτέλεσμα των ενδείξεων:

α) Συμβουλευεται να ρυθμίζεται ο δείκτης σε μια διάσταση που προσεγγίζει το μέσο της έκτασης που αναμένεται να κυμαίνεται το πραγματικό μέγεθος του αντικειμένου.

β) Ενδείκνυται η χρήση ενός ενδεικτικού οργάνου με οθόνη εκείνης της κατηγορίας μεγέθυνσης (αντιπροσωπεύεται από την τιμή των βαθμονομημένων γραμμών), στην οποία οι αναμενόμενες διαφοροποιήσεις του μετρούμενου μεγέθους θα εκτείνονται μόνο σε ένα περιορισμένο τμήμα του ολικού πεδίου ενδείξεων (περίπου στο 1/3 ή και λιγότερο του κύκλου). Από τα τυπικά σφάλματα του Σχήματος 5-4, προκύπτει προφανώς, ότι με την προσέγγιση αυτή η επιρροή των σφαλμάτων ρύθμισης διατηρούνται μεταξύ στενότερων ορίων από ότι το ολικό πεδίο ανοχών ρύθμισης του οργάνου.

γ) Όταν είναι διαθέσιμο ένα πραγματικό διάγραμμα ρυθμίσεων του δείκτη, όμοιο με εκείνο που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2-19 για το μικρόμετρο, μπορεί να επιλεγεί η περιοχή με την καλύτερη γραμμικότητα εντός του πεδίου ενδείξεων για την πραγματική μέτρηση, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τις ανακρίβειες που προέρχονται από τα σφάλματα ρύθμισης του οργάνου.

Παρόλα αυτά, οι παραπάνω κατευθύνσεις δεν πρέπει να αποτελούν γενικό κανόνα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, με εξαίρεση τις ιδιαίτερα κρίσιμες μετρήσεις, η απαιτούμενη ακρίβεια θα είναι μικρότερη από το συστηματικό σφάλμα του συνετά επιλεγμένου ενδεικτικού οργάνου, προλαμβάνοντας με τον τρόπο αυτό κάθε ιδιαίτερο περιορισμό αναφορικά με το χρήσιμο τμήμα του μετρητικού πεδίου του. Εν τούτοις συγκεντρώνοντας τις μετρήσεις σε ένα σχετικά μικρό τμήμα του πεδίου ενδείξεων, μακριά από τα όρια αυτού, αποδεικνύεται, γενικά, ευεργετικό για την επίτευξη ακριβών ενδείξεων με μεγαλύτερη συνέπεια.



Σχ. 5-4: Ερμηνεία των ορισμών «επαναληψιμότητα ανάγνωσης» και «ακρίβεια βαθμονόμησης», βασισμένη σε φανταστικά, αν και τυπικά παραδείγματα αναλογικών οργάνων.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ, ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΑΦΕΙΣ

Η ποικιλία εφαρμογών των αναλογικών οργάνων και των απαιτήσεων που προέρχονται από τις διαφορετικές χρήσεις και σκοπούς, οδήγησε σε ένα διευρυμένο πεδίο εναλλακτικών σχεδιασμών τους. Ενώ αρκετές από τις κύριες διαστάσεις του οργάνου καθορίζονται από τις προδιαγραφές του προτύπου, που αναφέρθηκε παραπάνω, υπάρχει μια ελαστικότητα στο σχεδιασμό πολλών άλλων λεπτομερειών των συστατικών.

Παρακάτω θα αναφερθούν ορισμένοι σχεδιασμοί για τις πλέον σημαντικές κατηγορίες συστατικών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τους κύριους κατασκευαστές αναλογικών οργάνων.

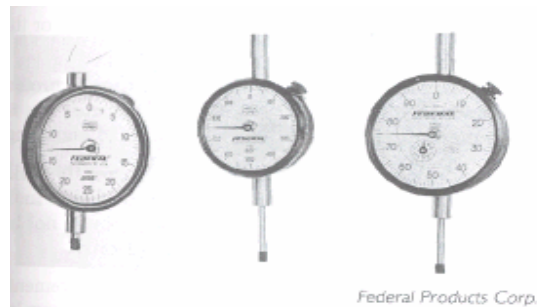
Αναλόγια. Αν και ο σχεδιασμός του αναλόγιου με τις 100 βαθμονομήσεις πάνω στην περιφέρειά του είναι ο πιο κοινός, σε διαφορετικού τύπου όργανα χρησιμοποιούνται αναλόγια με 200, 80, 60, 50, 40 ή 20 βαθμονομήσεις. Ο μεγαλύτερος αριθμός βαθμονομήσεων αντανακλά σε ευρύτερο μετρητικό πεδίο της ίδιας τιμής, ενώ το διευρυμένο διάστημα μεταξύ των βαθμονομήσεων παρέχει καλύτερη ανάλυση. Το μέγεθος του αναλόγιου είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την επιλογή της βαθμονόμησης που ταιριάζει καλύτερα στη σχεδιαζόμενη χρήση και τις συνθήκες εφαρμογής. Σύμφωνα με το τελευταίο, μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στις συνθήκες παρατήρησης των ενδείξεων, συμπεριλαμβανομένου της απόστασης του αναλόγιου από την τυπική θέση εργασίας και του σκοπού της μέτρησης, π.χ αν αναφέρεται σε μεμονωμένη εργασία μέτρησης ή σε συνεχόμενη λειτουργία ελέγχων.

Η αρίθμηση εφαρμόζεται συνήθως σε κάθε δέκατη βαθμονόμηση, με εξαίρεση τα αναλόγια των οποίων η μεμονωμένη βαθμονόμηση δεν αντιπροσωπεύει δεκαδικό κλάσμα της ίντσας. Παράδειγμα τέτοιου είναι το αναλόγιο με βαθμονόμηση στο 0,0005 της ίντσας, στο οποίο η αρίθμηση εφαρμόζεται σε κάθε δωδέκατη γραμμή. Σύμφωνα με το πρότυπο, η αρίθμηση εκφράζει, σε χιλιοστά της ίντσας, τη μετατόπιση της ράβδου στο επάνω μέρος του αναλόγιου. Οι αριθμοί βρίσκονται σε αύξουσα σειρά, ξεκινώντας από το μηδέν και υπάρχουν δύο βασικοί τύποι τοποθέτησης της ακολουθίας των αριθμών:

1. Αναλόγια συμμετρικών ενδείξεων (Σχ. 5-5). Φέρουν αρίθμηση συμμετρικά τοποθετημένη και στις δύο κατευθύνσεις από την αρχή μηδέν και το μεγαλύτερο αριθμό κοινό και για τις δύο κατευθύνσεις, στις περισσότερες περιπτώσεις, και σε θέση απέναντι από την τιμή μηδέν. Η μία κατεύθυνση, συνήθως, σημειώνεται με (+) και η άλλη με (-), δηλώνοντας την αίσθηση της μετρούμενης απόκλισης από τη βασική θέση. Τα αναλόγια αυτού του τύπου προτιμώνται για τις συγκριτικές μετρήσεις, όπου το όργανο ρυθμίζεται στη θέση μηδέν, αντανακλώντας το μέγεθος της ονομαστικής διάστασης και ο σκοπός της μέτρησης είναι ο καθορισμός της τιμής και της κατεύθυνσης της απόκλισης από αυτή τη βάση.

Σχ. 5-5: (Αριστερά) Αναλογικά όργανα συμμετρικών ενδείξεων, βαθμονομημένα σε 5/10.000^α της ίντσας.

Σχ. 5-6: (Δεξιά) Αναλόγια μεγάλων πεδίων μετρήσεων με συνεχείς ενδείξεις. Αριστερά, με βαθμονομήσεις σε 0,001 ίντσες και δεξιά με βαθμονομήσεις σε 0,01 ίντσες.

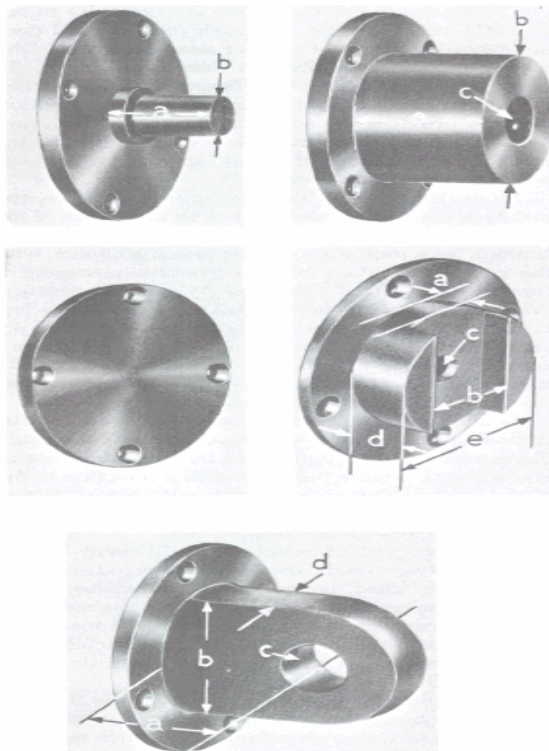


2. Αναλόγια συνεχόμενων ενδείξεων (Σχ. 5-6). Φέρουν την αρίθμηση γύρω από το αναλόγιο σε ακολουθητική σειρά, συνήθως, ακολουθώντας την κατεύθυνση των δεικτών του ρολογιού. Η διάταξη αυτή ενδείκνυται για τη μέτρηση γραμμικών μετατοπίσεων, όπως τη μετατόπιση κινούμενων αξόνων μηχανών ή οργάνων. Προτιμάται ιδιαίτερα σε όργανα με αρκετά μεγάλο πεδίο μετρήσεων, όπου το κύριο αναλόγιο εφοδιάζεται με μια συμπληρωματική συσκευή, ένα στροφόμετρο.

Εδράσεις. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι έδρασης των αναλογικών οργάνων: α) από το στέλεχος και β) από την πίσω πλευρά.

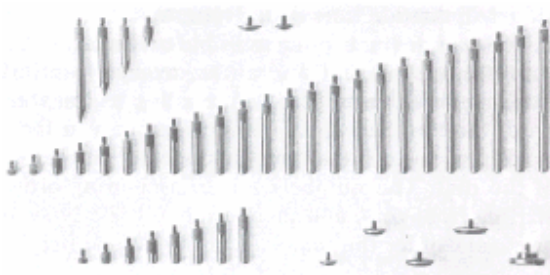
Τα στελέχη των αναλογικών οργάνων είναι, συνήθως, στρογγυλά με διάμετρο 3/8 της ίντσας, αν και το Πρότυπο δεν αποκλείει και στελέχη μικρότερης διαμέτρου. Τα όργανα που κατασκευάζονται στην Ευρώπη, με το μετρικό σύστημα, έχουν διάμετρο στελέχους 8 χιλιοστών, συνήθως. Η έδραση από το στέλεχος είναι πιο διαδεδομένη από εκείνη από την πίσω πλευρά και παρέχει τα πλεονεκτήματα της εύκολης ρύθμισης της αξονικής κατεύθυνσης και της περιστροφής του οργάνου γύρω από τον άξονά του για την καλύτερη παρατήρηση του αναλόγιου.

Η έδραση από την πίσω πλευρά προτιμάται όταν τα μέσα της ρύθμισης διασφαλίζονται από τη σχεδίαση του μηχανισμού έδρασης. Σε ορισμένες εφαρμογές, όπου ο χώρος είναι περιορισμένος, η έδραση αυτή μπορεί να είναι η μοναδική λύση, με το πρόσθετο πλεονέκτημα καλύτερης συγκράτησης του οργάνου από εκείνη που παρέχει η έδραση από το στέλεχος. Ενώ ο κατακόρυφος κεντρικός ορθοστάτης, ή μοχλός στήριξης, είναι ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος και τυπικός παρεχόμενος σχεδιασμός, διατίθενται άμεσα και άλλοι τύποι εδράσεως που ταιριάζουν σε ποικίλες συνθήκες εφαρμογών. Το Σχήμα 5-7 παρουσιάζει τους εναλλακτικούς διατιθέμενους σχεδιασμούς για εδράσεις της πίσω πλευράς των αναλογικών οργάνων.



Σχ. 5-7: Διάφοροι τύποι τυπικών εδράσεων πίσω πλευράς με τις αντίστοιχες διαστάσεις: (a), (b), κλπ. (Πάνω αριστερά) Πλάκα έδρασης με ράβδο. (a) 5/16 ίντσας και (b) 7/32 ίντσας. (Πάνω δεξιά) Πλάκα έδρασης με κοχλία. (a) 1/2 ίντσας, (b) 11/16 ίντσας και (c) 1/4 ίντσας - 28. (Κέντρο αριστερά) Επίπεδη πλάκα (Κέντρο δεξιά) Προσαρμοζόμενη πλάκα. (a) 1/8 ίντσες, (b) 3/8 ίντσες, (c) 8-32, (d) 1/4 ίντσες και (e) 11/16 ίντσες. (Κάτω κέντρο) Πλάκα έδρασης με διαμορφωμένη κάθετη επιφάνεια, στο κέντρο της. (a) 1/2 ίντσας, (b) 11/16 ίντσας και (c) 1/4 ίντσας.

Σημεία επαφής. Η τελική επιφάνεια του κινητού επαφεία των τυπικών αναλογικών οργάνων έχει ένα λαιμό με σπείρωμα Νο. 4-48 και τα εναλλάξιμα σημεία επαφής κατασκευάζονται από ένα στέλεχος κοχλία που ταιριάζει. Το Σχήμα 5-8 παρουσιάζει μια επιλογή εναλλακτικών σημείων επαφής που διαφέρουν χάρη σε δύο κύρια χαρακτηριστικά: το μήκος του στελέχους επαφής και τη μορφή της επιφάνειας επαφής.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-8: Δείγματα εναλλάξιμων σημείων επαφής για αναλογικά όργανα διαφορετικών μεγεθών εμφάνισης με άκρα σφαιρικά, κωνικά, επίπεδα κλπ.

Αν και διατίθενται στην αγορά στελέχη επαφής διαφορετικών μηκών, εκείνα που χρησιμοποιούνται συχνότερα έχουν μήκος $\frac{1}{4}$ της ίντσας. Μακρύτερα στελέχη απαιτούνται όταν οι περιορισμοί χώρου δεν επιτρέπουν την έδραση του οργάνου κοντά στην επιφάνεια που μετράται. Η πολύ μικρή ακαμψία των μακρύτερων στελεχών επαφής είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο αποφεύγεται η χρήση τους εκτός και αν διασφαλίζεται από τις συνθήκες εφαρμογής.

Η κύρια μορφή της επιφάνειας επαφής είναι αυτή ενός σφαιρικού τμήματος ακτίνας $\frac{3}{16}$ της ίντσας. Η μορφή αυτή παρέχει τη δυναμική επαφή ενός σημείου, με την επιφάνεια του αντικειμένου που έρχεται σε επαφή και παράλληλα κανεί την μετρητική επιφάνεια λιγότερο ευαίσθητη στην ελάχιστη κακή ευθυγράμμιση της κοινής θέσης εργασίας και οργάνου.

Τα επίπεδα σημεία επαφής προτιμώνται για μετρήσεις διαμέτρων σε καμπύλες επιφάνειες, όπως σφαίρες, κύλινδροι και κώνοι, ώστε το ακριβές κεντράρισμα του αντικειμένου να γίνει λιγότερο κρίσιμο στη διατήρηση της σωστής ανάγνωσης του οργάνου. Παρόλα αυτά, οι επίπεδες επιφάνειες είναι ευαίσθητες σε σφάλματα ευθυγράμμισης, σε ένα επίπεδο κάθετο στην κατεύθυνση της μέτρησης. Για το λόγο αυτό ενδείκνυται να αποφεύγεται η χρήση των επίπεδων σημείων επαφής, εκτός και αν η επιφάνειά τους μπορεί να τοποθετηθεί με ακρίβεια σε σχέση με τον κινητό επαφέα του οργάνου (κάθετα) και την επιφάνεια μέτρησης (παράλληλα). Όταν δεν μπορεί να διασφαλιστεί η κατάλληλη τοποθέτηση, μια ενδιάμεση μορφή σημείου επαφής με ακτίνα μεγαλύτερη από την τυπική, μπορεί να είναι η καλύτερη επιλογή.

Τα κωνικά σημεία επαφής επιτρέπουν τις μετρήσεις στο κάτω μέρος μιας οπής, στη βάση του οδόντος ενός τροχού κλπ, και όπου αλλού τα συμβατικά σημεία επαφής δεν μπορούν να ενεργήσουν.

Ειδικά σημεία επαφής μπορεί να επιλεγούν για συγκεκριμένες εφαρμογές με απαιτήσεις ως προς τη γεωμετρία (σχήμα και μέγεθος) και το υλικό κατασκευής. Τα άκρα των σημείων επαφής μπορεί να έχουν υποστεί σκλήρυνση με χρώμιο και να είναι κατασκευασμένα από καρβίδιο του βολφραμίου, ζεφύρι ή ακόμα και διαμάντι για τη διασφάλιση υψηλού βαθμού αντοχής έναντι φθοράς για συνεχόμενες μετρήσεις σε τραχείες επιφάνειες ή σε επιφάνειες που κινούνται.

Εξαρτήματα αναλογικού οργάνου. Είναι πολλά και διαφορετικά προαιρετικά συστατικά που όταν έρθουν σε επαφή με το όργανο γίνονται εσωτερικά τμήματά του. Ακολουθούν παραδείγματα τέτοιων σύνηθων εξαρτημάτων:

α) Ρυθμιζόμενοι δείκτες ορίου ανοχών ως βοήθεια στον έλεγχο των διαστάσεων προϊόντων που αποτελούνται από ονομαστικά πανομοιότυπα τεμάχια

β) Ανυψωτικός μοχλός για την οδοντωτή ράβδο κατά την είσοδο του τεμαχίου στη θέση μετρήσεως, αποφεύγοντας έτσι, φθορά των σημείων επαφής του οργάνου ή τον τραυματισμό της επιφάνειας του αντικειμένου

γ) Προσαρμογείς, προστατευτικά και αντιτριβικοί δακτύλιοι στο στέλεχος για την προστασία του επαφέα του οργάνου, όταν πρέπει να αντέξει αντίξοες συνθήκες στη χρήση του ή στη συγκράτησή του.

Επαφείς αναλογικών ενδεικτικών οργάνων. Οι διαθέσιμοι επαφείς εξυπηρετούν στην προσαρμογή των τυπικών αναλογικών οργάνων σε συνθήκες εφαρμογής που δεν θα ήταν δυνατόν να διαχειριστούν με χρήση μονάχα του βασικού οργάνου.

α) Επαφείς οπών για μετρήσεις σε εσωτερικές επιφάνειες που τα συμβατικά αναλογικά όργανα δεν είναι προσβάσιμα ή εκεί όπου το όργανο θα ήταν δύσκολο να παρατηρηθούν, όταν τοποθετούνται, έτσι ώστε να φθάσουν στο εσωτερικό της οπής (Σχ. 5-9). Ο επαφέας αποτελείται από έναν ισοδύναμο μοχλοβραχίονα που στρέφεται γύρω από έναν πείρο άρθρωσης, τοποθετημένο σε έναν οδηγό που μπορεί να έρθει σε επαφή με το στέλεχος του οργάνου.



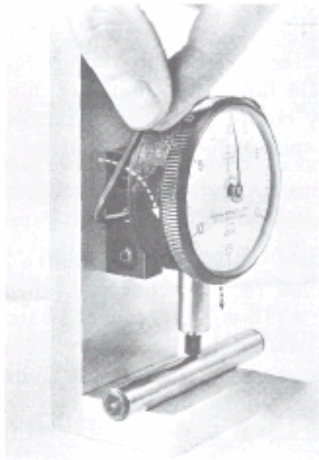
Federal Products Corp.

Σχ. 5-9: (Αριστερά) Επαφέας οπής, τοποθετημένος σε αναλόγιο για τον έλεγχο εσωτερικών επιφανειών.

Σχ. 5-10: (Δεξιά) Επαφέας δεξιάς όψης για αναλόγιο. Σχεδιασμός επίπεδου σπειροειδή στροφέα

β) Επαφείς δεξιών όψεων (Σχ. 5-10) για χρήση όταν το αναλόγιο του οργάνου πρέπει να παρατηρηθεί από δεξιάς, προς την κατεύθυνση της μέτρησης, θέσεις ή όταν περιορισμοί χώρου αποτρέπουν τη σωστή τοποθέτηση του οργάνου. Ο επαφέας εργάζεται ουσιαστικά χωρίς ανωμαλίες και παρουσιάζει από δεξιά την κατεύθυνση της αισθητής μετατόπισης πριν τη μεταφέρει στον κινητό επαφέα του οργάνου. Αυτό επιτυγχάνεται από ένα γωνιομοχλό με βραχίονες ισοδύναμου λειτουργικού μήκους. Στο σχεδιασμό του Σχήματος 5-10, ένας επίπεδος σπειροειδής στροφέας εργάζεται ως υπομόχλιο και σε συνδυασμό με έναν οδηγό τοποθετείται σε ένα τυπικό στέλεχος ενδεικτικού οργάνου. Άλλοι σχεδιασμοί χρησιμοποιούν έναν κοχλιωτό πείρο ως μοχλοβραχίονα, ο οποίος μπορεί να είναι λιγότερο ακριβής από τον, σταθερά βρισκόμενο στη θέση του, επίπεδο σπειροειδή στροφέα, αλλά επιτρέπει, με τη βοήθεια εναλλάξιμων μοχλών, τη χρήση του επαφέα δεξιάς όψεως και ως επαφέα οπής.

γ) Ρυθμιζόμενοι οδηγοί τοποθέτησης (Σχ. 5-11). Διαστασιοποιούνται για να μπορούν να δεχθούν αναλογικά όργανα με πίσω πλευρές διαμορφωμένες με τροχιές. Ολισθαίνοντας το όργανο πάνω στους οδηγούς και κλειδώνοντας το στην επιθυμητή θέση, επιτυγχάνεται ένα ουσιαστικό πεδίο ρυθμίσεων με σχετικά απλά και ανέξοδα μέσα.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-11: Οδηγός τοποθέτησης για αναλόγια, με προσαρμοζόμενη πίσω πλευρά που επιτρέπει τη ρύθμιση της θέσης του οργάνου για το συνδυασμό της με τεμάχια διαφορετικών μεγεθών.

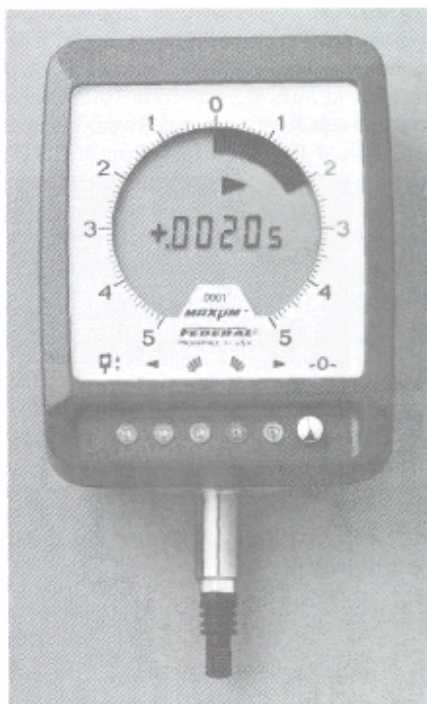
5.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ

Τα ηλεκτρονικά ενδεικτικά όργανα είναι το ψηφιακό ισοδύναμο των μηχανικών αναλογικών οργάνων. Το μέγεθος και η φυσική εμφάνιση των ψηφιακών ηλεκτρονικών οργάνων διαφοροποιούνται ελάχιστα από τα παραδοσιακά αναλογικά (Σχ. 5-12, 5-13). Η ομοιότητα αυτή δεν είναι συμπτωματική. Στις μέρες μας, το ψηφιακό όργανο χρησιμοποιείται στη θέση του παραδοσιακού αναλογικού σε πολλές περιπτώσεις ελέγχων.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-12, το ηλεκτρονικό, με τη χρήση τόσο της ψηφιακής όσο και της αναλογικής οθόνης, παρέχει και αριθμητική ένδειξη επί της μέτρησης και αναλογική κλίμακα παρουσίασης αποτελέσματος. Η ψηφιακή ένδειξη δίνει ακριβή και ευανάγνωστη αριθμητική μέτρηση, ενώ η αναλογική εξομοιώνει τη σάρωση του δείκτη ενός παραδοσιακού μηχανικού αναλογικού οργάνου. Εκεί όπου δεν κρίνεται απαραίτητη μια αναλογική ένδειξη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ηλεκτρονικό όργανο με ψηφιακή οθόνη ενδείξεων (Σχ. 5-13).

Η αξονική μετατόπιση του μετρητικού επαφέα του ηλεκτρονικού ενδεικτικού οργάνου μετατρέπει τη γραμμική μετατόπιση σε χρήσιμο ηλεκτρονικό σήμα με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή γραμμικών διαφορικών μεταβολών (LVDT). Το ηλεκτρονικό σήμα στη συνέχεια ενισχύεται και υφίσταται μια μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό για να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια σε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD). Οι τεχνολογίες αυτές θα συζητηθούν αναλυτικότερα στο Κεφ. 7.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-12: Ηλεκτρονικό ψηφιακό ενδεικτικό όργανο της εταιρίας Maxum.



Ono Sokki Technology Inc.

Σχ. 5-13: Ηλεκτρονικό ψηφιακό ενδεικτικό όργανο μετρήσεων

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Τα ηλεκτρονικά αυτά όργανα παρέχουν στο χρήστη αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά αναλογικά.

α) Η ψηφιακή οθόνη είναι ευανάγνωστη καθώς παρουσιάζει σε ελάχιστο χρονικό διάστημα μια ακριβή τιμή ανάγνωσης, περιορίζοντας έτσι την ανάγκη ερμηνείας της αναλογικής θέσης.

β) Με το πάτημα ενός κουμπιού, το ηλεκτρονικό ενδεικτικό όργανο μπορεί να αλλάξει το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιεί από ίντσες σε μέτρα.

γ) Τα ενδεικτικά όργανα χρησιμοποιούνται, συνήθως, για συγκριτικές μετρήσεις μήκους. Παρόλα αυτά, τα ηλεκτρονικά μπορούν να δώσουν και απόλυτες μετρήσεις μήκους (Σχ. 5-14).

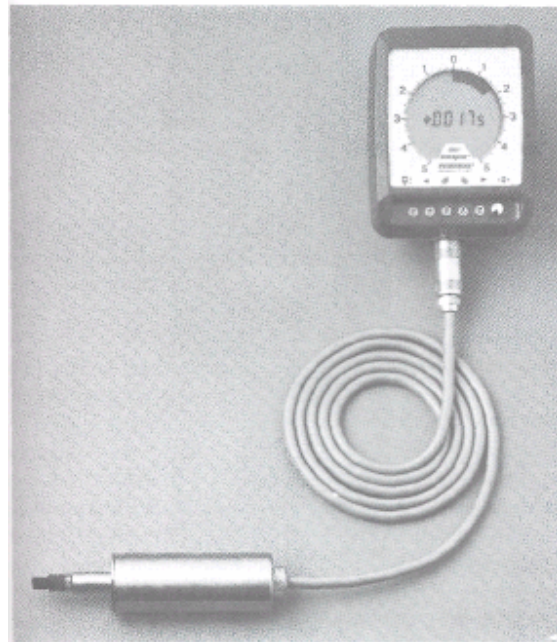
δ) Όταν εφοδιάζεται με έναν απομακρυσμένο μετατροπέα (Σχ. 5-15), το ηλεκτρονικό ενδεικτικό όργανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύκολη ανάγνωση των αποτελεσμάτων και επιπλέον σε μικρό χώρο μπορούν να συγκεντρωθούν αρκετοί μετατροπείς, γεγονός αποτρεπτικό για τα μηχανικά ενδεικτικά όργανα.

ε) Ένα ηλεκτρονικό ενδεικτικό όργανο μπορεί να συνδεθεί μέσω ενός καλωδίου RS232 με ηλεκτρονικό υπολογιστή για το σκοπό της συλλογής δεδομένων. Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον αυτόματο υπολογισμό στατιστικών διαδικασιών ελέγχου πληροφοριών, όπως τα ραβδογράμματα X και τα διαγράμματα R.



Ono Sokki Technology Inc.

Σχ. 5-14: ψηφιακό όργανο ενδείξεων με μεγάλο πεδίο μετρήσεων.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-15: Ηλεκτρονική μονάδα ενδείξεων με απομακρυσμένο μετατροπέα της εταιρίας Maxum.

Υπάρχουν και δύο βασικοί περιορισμοί στη χρήση των ηλεκτρονικών οργάνων:

1. Ένα ηλεκτρονικό όργανο, σε αντίθεση με ένα μηχανικό, απαιτεί ηλεκτρική ισχύ που σημαίνει είτε μπαταρία, είτε μια πηγή παροχής 220 Volt. Σύμφωνα με αυτά, αν δεν υπάρχει διαθέσιμη μια καινούρια ή επαναφορτιζόμενη μπαταρία, ή μια πηγή ηλεκτρικής ισχύος, ένα ηλεκτρονικό όργανο δεν μπορεί να λειτουργήσει. Η τυπική διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας ηλεκτρονικού οργάνου είναι 200 ώρες συνεχόμενης χρήσης.

2. Το ηλεκτρονικό ενδεικτικό όργανο είναι αρκετά ευαίσθητο στη θερμοκρασία. Τα περισσότερα όργανα λειτουργούν σωστά σε θερμοκρασίες μεταξύ 20 °C και 45 °C, αν και το εύρος αυτό συχνά παραβιάζεται σε εμπορικές ρυθμίσεις, όπου χρησιμοποιούνται ενδεικτικά όργανα.

Η ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, υπάρχουν δύο τύποι ηλεκτρονικών οργάνων: αυτά που παρουσιάζουν το αποτέλεσμα της μέτρησης και σε ψηφιακή μορφή και υπό μορφή αναλογικής κλίμακας και εκείνα που παρουσιάζουν μόνο ψηφιακές ενδείξεις. Καθένας από αυτούς τους κύριους τύπους διαθέτει ένα διαφορετικό επίπεδο ακριβείας και εκφράζεται και με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Ένα ηλεκτρονικό ενδεικτικό όργανο της πρώτης κατηγορίας περιορίζεται απαραίτητα στο πεδίο των δυνατών κινήσεών του. Το πεδίο αυτό ονομάζεται ψηφιακό πεδίο και δε θα πρέπει να υπερβαίνει κανονικά τις 0,08 ίντσες. Η ακρίβεια εδώ, εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό του ψηφιακού πεδίου (π.χ. 1%). Έτσι, ένα όργανο

με ψηφιακό πεδίο 0,08 ίντσες είναι ακριβές κατά 0,008 ίντσες. Όταν το πεδίο ελαττωθεί σε 0,04 ίντσες, η ακρίβεια θα είναι 0,5 %.

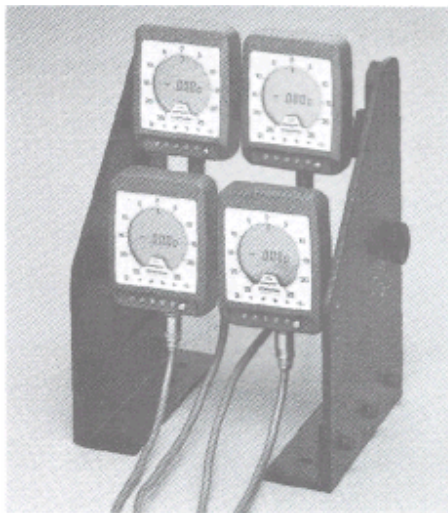
Ένα ηλεκτρονικό ενδεικτικό όργανο της δεύτερης κατηγορίας διαθέτει επίπεδο ακριβείας εκφρασμένο σε χαρακτηριστικά ανάλυσης. Εδώ, με τον όρο ανάλυση καθορίζεται η μικρότερη τιμή παρέκκλισης των μελών επαφής που θα παράγει ανάλογα σήματα (Πίν. 7-1, Κεφ. 7). Αυτού του είδους τα όργανα έχουν ανάλυση 0,0001 ίντσες και ακρίβεια +/- 1 ανάλυση από μια δεδομένη τιμή στους 30 °C.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ, ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΑΦΕΙΣ

Επειδή τα ηλεκτρονικά ενδεικτικά όργανα σχεδιάστηκαν, ώστε να αντικαταστήσουν τα μηχανικά αναλογικά του Αμερικανικού Οργανισμού Σχεδίασης Μετρητικών Οργάνων (AGD), χαρακτηριστικά, όπως οι ηλεκτρονικές πλάκες ενδείξεως και τα σημεία επαφής με σπείρωμα συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές του ANSI/AGD. Πάντως υπάρχουν και κάποια που σχεδιάστηκαν μονάχα για χρήση με τη νεότερη αυτή ηλεκτρονική τεχνολογία οργάνων, συμπεριλαμβανομένου και των παρακάτω:

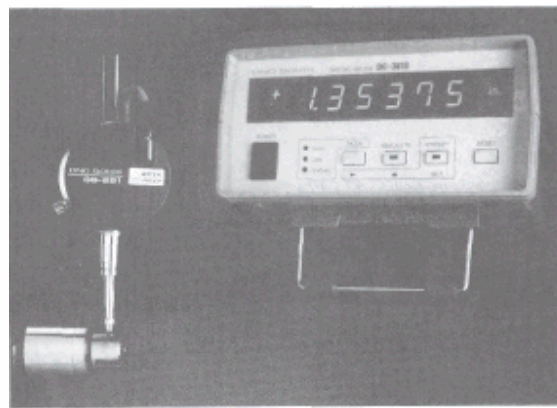
α) Αναλόγια. Για τα ηλεκτρονικά ενδεικτικά όργανα που διαθέτουν, επίσης, και αναλογικές οθόνες ενδείξεων, διατίθεται ένας αριθμός αναλογικών επιφανειών σε μεγάλη ποικιλία βαθμονομήσεων σε ίντσες ή μέτρα.

β) Θέσεις τοποθέτησης. Ένας ειδικός πάγκος τοποθέτησης (Σχ. 5-16) διατίθεται σε περιπτώσεις συγκέντρωσης πολλών οργάνων εφοδιασμένων με απομακρυσμένους μετατροπείς για ευκολία στην παρατήρηση των ενδείξεων από το χειριστή.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-16: Πάγκος τοποθέτησης για ηλεκτρονικές ενδεικτικές μονάδες



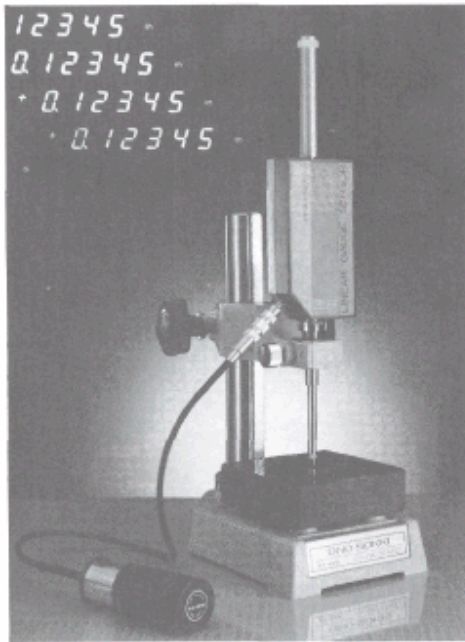
Ono Sokki Technology Inc.

Σχ. 5-14: Ηλεκτρονικό ψηφιακό όργανο ενδείξεων με θύρα RS232 για άμεση συλλογή δεδομένων μέσω ψηφιακής οθόνης ή μικροϋπολογιστή

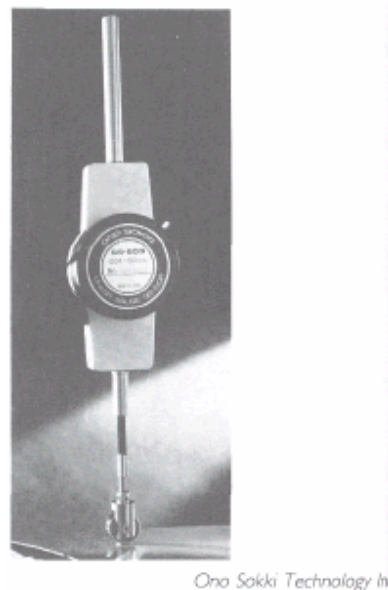
γ) Καλώδιο RS232. Τα ηλεκτρονικά όργανα μπορούν να συνδεθούν σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή οθόνης ενδείξεων χαμηλής εκπομπής (Σχ. 5-17), μέσω

καλωδίων και του βιομηχανικού προτύπου RS232 για στατιστικές διαδικασίες ελέγχου. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο αισθητήρας γραμμικών μετρήσεων (Σχ. 5-18) για την αποστολή και λήψη απομακρυσμένων αποτελεσμάτων μέτρησης.

δ) Σημεία επαφής. Τα σημεία επαφής των ηλεκτρικών οργάνων διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία τύπων επιπροσθέτως του καινούριου περιστρεφόμενου άκρου (Σχ. 5-19). Το τελευταίο σχεδιάζεται ώστε να επιτρέπει συνεχόμενες μετρήσεις πάνω σε μια επιφάνεια, καθώς επίσης, και την εύκολη τοποθέτηση λεπτών τεμαχίων (π.χ. φύλλα μετάλλου) κάτω από το σημείο επαφής δίχως την ανάγκη υπομοχλίου.



Σχ. 5-18: Αισθητήρας γραμμικών μετρήσεων με στήριξη.



Σχ. 5-19: Ολισθαίνοντα σημεία επαφής σε αισθητήρα γραμμικών μετατοπίσεων.

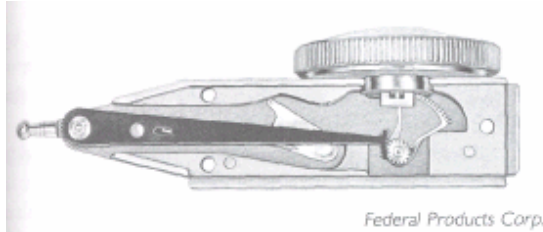
5.5 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΓΙΑ ΤΕΣΤ

Ο ΒΑΣΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΓΙΑ ΤΕΣΤ

Ο όρος αυτός προσδιορίζει έναν ειδικό τύπο ενδεικτικών οργάνων που χαρακτηρίζονται από την κατεύθυνση της αισθητής μετατόπισης. Ενώ για τους περισσότερους τύπους οργάνων αυτή είναι παράλληλη στον άξονα του κινητού επαφεία τους, τα όργανα της κατηγορίας σχεδιάζονται για να αντιλαμβάνονται και να μετράνε μετατοπίσεις σε κατεύθυνση ουσιαστικά κάθετη στον άξονα του σημείου επαφής ή χρησιμοποιώντας έναν άλλο ορισμό, στο βραχίονα εξέτασης.

Η μετατόπιση του σημείου επαφής του οργάνου που παρατηρείται στην κατεύθυνση του άξονα του βραχίονα, προκαλεί την κίνηση ταλάντωσης ενός μοχλού, του οποίου ο κοντύτερος βραχίονας είναι ο άξονας του σημείου επαφής (Σχ. 5-20). Ο μακρύτερος βραχίονας καταλήγει σε έναν οδοντωτό μηχανισμό που εμπλέκει ένα πινιόν. Το πινιόν βρίσκεται στο κέντρο ενός τμήματος με οδοντωτή περιφέρεια και ενεργεί ως

οδοντωτή στεφάνη Αυτή εμπλέκεται με ένα τελικό πινιόν που έρχεται σε επαφή με τον άξονα του δείκτη του οργάνου.

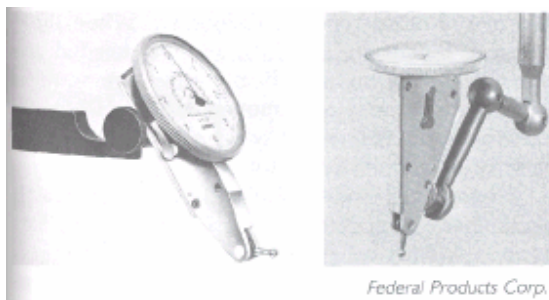


Σχ. 5-20: Όψη τομής ενδεικτικού οργάνου για τεστ, που δείχνει ένα μακρύ μοχλό με οδοντωτό μηχανισμό στο άκρο του και μία οδοντωτή στεφάνη, ως χαρακτηριστικά συστατικά του μηχανισμού ενίσχυσης.

Οι μετατοπίσεις που γίνονται αντιληπτές, στη συνέχεια μεγεθύνονται από ένα μηχανισμό μετάδοσης κίνησης που περιλαμβάνει τον κύριο μοχλό μη ισοδύναμου μήκους βραχίονα, το στέλεχος και τα δύο πινιόν. Ένα επίπεδο ελατήριο που ενεργεί στο μοχλό παρέχει τη δύναμη μέτρησης, της οποίας η κατεύθυνση μπορεί να αντιστραφεί από ένα διακόπτη μοχλού.

Αναλογιζόμενοι τη γενική μορφή του αναλόγιου και της στρεφόμενης στεφάνης, τα ενδεικτικά όργανα για τεστ ομοιάζουν με τα κοινά αναλογικά όργανα. Παρόλα αυτά, χάρη στον ειδικό σχεδιασμό του συστήματος ερμηνείας αποτελέσματος, το λειτουργικό πεδίο μετρήσεων τους σπάνια υπερβαίνει έναν πλήρη κύκλο του δείκτη και σε αρκετά μοντέλα είναι και μικρότερο. Το γεγονός αυτό, καθώς και ο βασικά λιγότερο σταθερός μηχανισμός ερμηνείας του αποτελέσματος, περιορίζει τη χρήση τους σε εφαρμογές στις οποίες η ειδική προσαρμοστικότητά τους κρίνεται απαραίτητη ή παρουσιάζει άλλα πλεονεκτήματα σε σχέση με το συμβατικό αναλογικό όργανο.

Διατίθενται με δύο διαφορετικές διατάξεις που καθορίζονται ως παράλληλης και κάθετης μορφής (Σχ. 5-21, 5-22). Όπως φαίνεται από τις εικόνες οι ορισμοί αυτοί αναφέρονται στη σχετική θέση του αναλόγιου και του κύριου μοχλού του οργάνου. Η επιλογή πρέπει να γίνεται βάση της καλύτερης δυνατής παρατήρησης των αποτελεσμάτων κατά τη διάρκεια της μέτρησης.



Σχ. 5-21: (Αριστερά) Ενδεικτικό όργανο για τεστ με παράλληλη διάταξη του αναλόγιου.

Σχ. 5-22: (Δεξιά) Αντίστοιχα, αλλά με κάθετη διάταξη.

Το αισθητήριο μέλος του οργάνου που συμπεριφέρεται ως ο κοντύτερος βραχίονας του μοχλού δεν αποτελεί εσωτερικό του κομμάτι αλλά έρχεται σε θετική επαφή με τον κεντρικό τομέα του μοχλού. Η σύνδεση δεν είναι σταθερή. Μπορεί να περιστραφεί και να μανδαλώσει στην επιλεγμένη θέση τόσο σταθερά, ώστε να αντικρούσει την εφαρμοζόμενη δύναμη από τη μέτρηση. Οι περισσότεροι τύποι τέτοιων οργάνων επιτρέπουν στο αισθητήριο μέλος περιστροφική κίνηση 180° , και είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που διασφαλίζουν την ευελιξία προσαρμογής των οργάνων αυτών. Η μεταβολή της γωνιακής θέσης του, δίχως να επηρεάζεται το αποτέλεσμα της μέτρησης, καθίσταται δυνατή εξαιτίας της γεωμετρίας των κινήσεων στις οποίες βασίζεται και ο σχεδιασμός των οργάνων αυτών.

Επειδή στους περισσότερους τύπους οργάνων της κατηγορίας η λειτουργική περιστροφική κίνηση του μοχλού για ολόκληρο το πεδίο μετρήσεων, σπάνια υπερβαίνει μία ή δύο μοίρες προς κάθε κατεύθυνση, η μετρούμενη γραμμική μετατόπιση θεωρείται ότι παράγει μια ουσιαστικά ανάλογη γωνιακή κίνηση. Η γωνιακή τιμή της κίνησης δεν επηρεάζεται από τη θέση περιστροφής του βραχίονα εξέτασης, όταν διασφαλίζεται η σύμπτωση του άξονα αυτού με το υπομόχλιο του οργάνου.

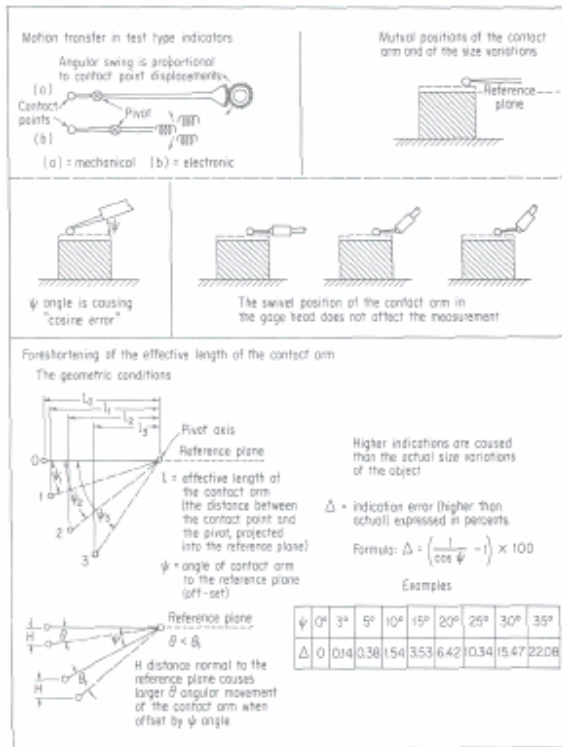
ΣΦΑΛΜΑ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ ΣΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Στους βασικούς τύπους ενδεικτικών οργάνων, είτε μορφής αναλογίου είτε μορφής τμήματος αναλογίου, η αμοιβαία ευθυγράμμιση του οργάνου και της θέσης εργασίας δεν υπόκειται σε σκόπιμες παρεκκλίσεις. Η επιφάνεια στην οποία το μέγεθος της μετατόπισης πρέπει να μετρηθεί τοποθετείται σε επίπεδο κάθετο στον άξονα του κινήτου επαφέα του οργάνου.

Τα όργανα της κατηγορίας αυτής επιτρέπουν, από την άλλη, μεγαλύτερη ελαστικότητα στη θέση του οργάνου ως προς την επιφάνεια εργασίας. Στην πραγματικότητα, σε αυτήν την ελαστικότητα ρυθμίσεως οφείλεται ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των οργάνων αυτών πάνω σε συγκεκριμένου τύπου εφαρμογές. Παρά το ότι οι μετρούμενες παρεκκλίσεις μεγέθους πρέπει να εμφανίζονται σε κατεύθυνση κάθετη προς το βραχίονα ανίχνευσης του οργάνου, μικρές αποκλίσεις από τη θεωρητικά σωστή θέση έχουν ασήμαντη επίδραση στην ακρίβεια της μέτρησης.

Οι όροι «μικρή απόκλιση» και «ασήμαντη επίδραση», περιέχουν, φυσικά, ασάφεια και επιλέχθηκαν για να καταδείξουν την παρουσία μιας κρίσιμης περιοχής που πρέπει να αξιολογηθεί σχετικά με τις πραγματικές απαιτήσεις ακριβείας ενός συγκεκριμένου μετρητικού έργου.

Τα μετρητικά σφάλματα που προέρχονται ως συνέπεια των αποκλίσεων από τη θεωρητικά σωστή αμοιβαία θέση οργάνου και αντικειμένου, επεξηγούνται στο Σχήμα 5-23. Όπως φαίνεται, αυτά τα σφάλματα προκύπτουν από τη γωνία θ της αμοιβαίας αντιστάθμισης και είναι αντιστρόφως ανάλογα του συνημιτόνου της. Στο εξής αυτή η μετρούμενη διαφορά θα αποκαλείται σφάλμα συνημιτόνου. Στο Σχήμα 5-23, φαίνεται, επίσης, σε ποσοστά επί τοις εκατό της μετρούμενης διάστασης, η τιμή παρέμβασης του σφάλματος συνημιτόνου, για διαφορετικές γωνίες αντιστάθμισης.



Federal Products Corp.

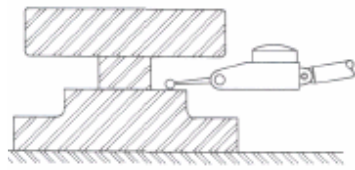

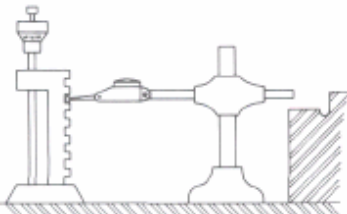
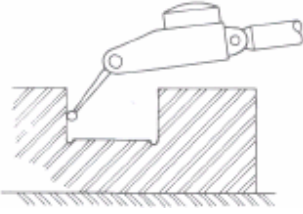
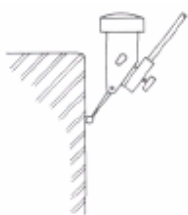

Σχ. 5-23: Γεωμετρικές συνθήκες σε μετρήσεις με ενδεικτικά όργανα και τα δυναμικά πλεονεκτήματά τους στις τελικές ενδείξεις-σφάλμα συνημιτόνου.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

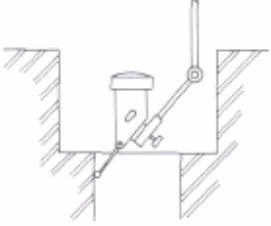
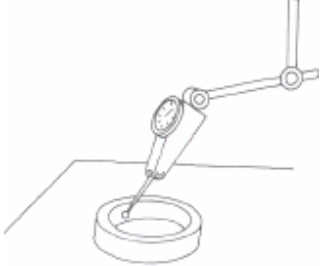
Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας δυνατών χρήσεων, μια επισκόπηση των εφαρμογών των οργάνων της κατηγορίας μπορεί να είναι μόνο πληροφοριακά χρήσιμη, χωρίς να αγγίζει καν την πληρότητα. Παρόλα αυτά, θεωρούμε ότι παραδείγματα χαρακτηριστικών εφαρμογών, όπως αυτά του Πίνακα 5-5, θα είναι χρήσιμα για την αναγνώριση εκείνων των θέσεων, όπου οι συγκριτικές μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν από τα όργανα αυτά.

Για την εκτίμηση των πλεονεκτημάτων που προσφέρονται από τα δοκιμαστικά ενδεικτικά όργανα είναι σκόπιμο να αναλογιστούμε τη χρήση των συμβατικών αναλογικών οργάνων κάτω από τις συνθήκες που παρουσιάζει ο Πίνακας. Είναι προφανές ότι χωρίς πρόσθετους επαφείς στα συμβατικά όργανα, ελάχιστες από τις μετρήσεις αυτές θα μπορούσαν να επιτευχθούν ολοκληρωτικά ή σε όσες υπάρχει πιθανότητα, τα αναλόγια θα είναι προσανατολισμένα σε κατεύθυνση αδύνατη για παρατήρηση. Πάντως και με την επιλογή πρόσθετων επαφών, δημιουργείται πρόσθετη συνδεσμολογία στην αλυσίδα μετάδοσης κίνησης, η οποία πιθανόν να λειτουργήσει αφαιρετικά προς την πραγματική ακρίβεια του οργάνου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩ ΓΙΑ ΤΕΣΤ

ΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Επαφή δυσπρόσιτων επιφανειών		Ο βασικός σχεδιασμός των οργάνων αυτών επιτρέπει στους μετρητικούς επαφείς να εισέρχονται σε επιφάνειες με στενά διάκενα, ή πίσω από εξέχουσες επιφάνειες του αντικειμένου
Μετρήσεις εσωτερικών επιφανειών		Οι μετρήσεις σε εσωτερικές επιφάνειες, σταθερών ή περιστρεφόμενων αντικειμένων, μπορούν να πραγματοποιηθούν τα ενδεικτικά όργανα για τεστ, με τρόπο που να επιτρέπει την ανεμπόδιστη παρακολούθηση του αναλογίου.
Μεταφορά διαστάσεων ύψους		Για τη μεταφορά διαστάσεων ύψους από ένα τεμάχιο αναφοράς στην επιφάνεια του αντικειμένου, προτιμώνται γενικότερα τα ενδεικτικά όργανα για τεστ και στην πραγματικότητα απαιτούνται, κατά τη χρήση βηματικών πλακιδίων αναφοράς.
Μέτρηση πλευρικών επιφανειών αυλακώσεων		Κατά τον έλεγχο των πλευρικών επιφανειών στο εσωτερικό των αυλακώσεων, για τη μέτρηση της ευθύτητας, του παραλληλισμού ή της καθετότητας, η ευέλικτη ρύθμιση των ενδεικτικών οργάνων για τεστ, συγκεκριμένα εκείνων με την περιστρεφόμενη κίνηση του βραχιονά τους, αποτελεί αναγκαία ιδιότητα του οργάνου.
Μετρήσεις κατά μήκος κάθετων επιφανειών		Τα ενδεικτικά όργανα για τον καθορισμό της ενυπάρχουσας και σχετικής γεωμετρίας κατά μήκος κάθετων επιφανειών, απαιτούν τη βέλτιστη θέση παρατήρησης για το αναλόγιο. Τα ενδεικτικά όργανα για τεστ με τη θέση αναλογίου σε επίπεδο κάθετα στην επιφάνεια ελέγχου είναι και εκείνα που προτιμώνται.
Ταυτόχρονη μέτρηση διάφορων κοντινών επιφανειών		Όταν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά διάφορων κοντινών επιφανειών πρέπει να ελεγχθούν ως προς ένα κοινό επίπεδο, επιλέγονται τα ενδεικτικά όργανα για τεστ που επιτρέπουν τον προσανατολισμό όλων των αναλογίων, ουσιαστικά, προς την ίδια κατεύθυνση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-5. (Συνέχεια)

ΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Έλεγχος της γεωμετρίας σε βαθιές πλευρικές επιφάνειες		Οι πλευρικές επιφάνειες που βρίσκονται σε μεγάλο βάθος, όπου ο χώρος είναι περιορισμένος, μπορούν να προσεγγιστούν, συχνά, μόνο με τα ενδεικτικά όργανα για τεστ. Για αυτές τις μετρήσεις, τοκαθέτου τύπου ενδεικτικό όργανο προτιμάται γενικά εξαιτίας της εύκολης παρατήρησης του αναλογίου.
Κεντράρισμα ενός περιστρεφόμενου μέλους, σχετικού με την επιφάνεια μιας οπής		Για το κεντράρισμα ατράκτων εργαλειομηχανών σε σχέση με μια οπή, τα ενδεικτικά όργανα για τεστ, διευκολύνουν τις επαφές ακόμα και σε δυσπρόσιτες επιφάνειες, ενώ την ίδια στιγμή επιτρέπουν τη βέλτιστη παρακολούθηση του οργάνου.

5.6 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ

ΓΕΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Συζητήθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, ότι για την επίτευξη μετρήσεων μήκους το ενδεικτικό όργανο πρέπει να συνοδεύεται από βοηθητικές συσκευές. Μόνο με τον καθορισμό ενός επιπέδου αναφοράς μετρήσεων και με την τοποθέτηση τόσο του αντικειμένου όσο και του οργάνου σε ορισμένη σχέση προς το κοινό επίπεδο αναφοράς, θα είναι ικανό το ενδεικτικό όργανο να παράγει μετρήσεις αποκλίσεων μήκους.

Συχνά, αυτές οι συμπληρωματικές λειτουργίες της διαδικασίας μέτρησης διασφαλίζονται με τη βοήθεια κατάλληλων ρυθμίσεων της μέτρησης, ενσωματώνοντας, επίσης, και το ενδεικτικό όργανο. Σε πολλές άλλες περιπτώσεις είναι πιο εύκολο, πιο αξιόπιστο ή και πιο οικονομικό να ενώνεται το όργανο με μέλη που εξυπηρετούν τις συμπληρωματικές λειτουργίες, αποτελώντας ένα ενιαίο όργανο γνωστό ως ενδεικτικό όργανο μετρήσεων.

Στα ακόλουθα παραδείγματα παρουσιάζονται τέτοια όργανα που κατά προτίμηση εφοδιάζονται με αναλογικά ενδεικτικά όργανα. Αν και τα αναλογικά ενδεικτικά όργανα με το μεγάλο πεδίο μετρήσεών τους, αποτελούν την πιο ταιριαστή κατηγορία οργάνων για την πλειοψηφία των εφαρμογών που αφορούν όργανα μέτρησης, οι σχεδιαστικές αρχές των τελευταίων επιτρέπουν τη χρήση και άλλου τύπου οργάνων. Όταν η εφικτή ευαισθησία το απαιτεί και το αναγκαίο μετρητικό πεδίο το επιτρέπει, τα ενδεικτικά όργανα μέτρησης εφοδιάζονται με όργανα ακριβείας τύπου τμήματος αναλογίου (κίνηση σάρωσης), γεγονός που θα συζητηθεί αναλυτικά σε παρακάτω παράγραφο του παρόντος.

Δε θα πρέπει να λησμονείται μια κοινή ιδιότητα όλων των ενδεικτικών οργάνων μέτρησης. Τα όργανα αυτά είναι τύπου συγκρίσεως μετρήσεων και απαιτούν τη χρήση ρυθμιστικής, για τον καθορισμό της βασικής θέσης μετρήσεων, συσκευής. Η λειτουργία

του οργάνου είναι να καταδεικνύει τη σύμπτωση, ή την τιμή και την κατεύθυνση της απόκλισης από το βασικό μέγεθος, όταν οι αποκλίσεις αυτές βρίσκονται εντός του μετρητικού πεδίου του οργάνου.

ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ ΟΡΙΩΝ ΜΕ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Η προσαρμοστικότητα των ελεγκτήρων ορίου συνδυάζεται με τα πλεονεκτήματα των μετρήσεων με ενδεικτικά όργανα και προκύπτουν τα όργανα της κατηγορίας αυτής. Η ιδιότητα εμφάνισης των αποτελεσμάτων επιτρέπει το συνδυασμό των λειτουργιών των ελεγκτήρων ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ σε ένα όργανο, μειώνοντας, έτσι, τα απαιτούμενα βήματα ελέγχου από δύο σε ένα. Προκειμένου να καταστεί σαφής μια καθαρή απόφαση για την αποδοχή ή την απόρριψη του τεμαχίου, με τη χρήση των οργάνων της κατηγορίας είναι δυνατή η εκτίμηση του πραγματικού μεγέθους της μετρούμενης διάστασης. Η ιδιότητα αυτή έχει ιδιαίτερη αξία στις μετρήσεις παραγωγής, επειδή μπορεί να αποτελέσει οδηγό για τη σωστή ρύθμιση των εργαλείων.

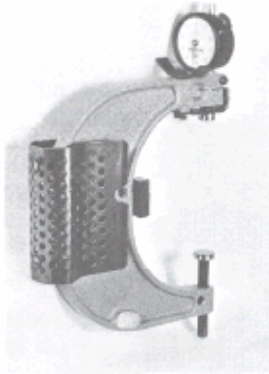
Οι ελεγκτές ορίων με ενδεικτικά όργανα κατασκευάζονται σε διάφορους σχεδιασμούς, με έμφαση στο πεδίο μετρήσεως του ενδεικτικού οργάνου, την ακρίβεια του και τη μικρότερη βαθμονόμηση του αναλογίου, ώστε να αναδείξουν κάποια άμεσα ορατά χαρακτηριστικά. Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά είναι η κατάλληλη ακρίβεια του σκελετού και ο μηχανισμός προσαρμογής, μανδάλωσης και μετάδοσης κίνησης. Παρόλα αυτά, πολλά άλλα χαρακτηριστικά, όπως αυτά που παρουσιάζονται αμέσως πιο κάτω, μπορούν να θεωρηθούν κοινά για τους περισσότερους τύπους οργάνων:

- α) Η ρύθμιση σε ένα διευρυμένο πεδίο καθιστά το όργανο προσαρμόσιμο για τεμάχια με διαφορετικές ονομαστικές διαστάσεις.
- β) Φροντίδα για μανδάλωση του στελέχους προσαρμογής στην επιλεγμένη θέση ρύθμισης.
- γ) Συσκευή επαναφοράς για την ανακούφιση της μετρητικής δύναμης, όταν το τεμάχιο ή το όργανο έρχονται στη σωστή θέση μέτρησης.
- δ) Ρυθμιζόμενο στοπ για την πλαϊνή πλευρά του τεμαχίου ως βοήθεια για τη σωστή τοποθέτησή του σε επαναληπτικές μετρήσεις, ιδιαίτερα για τη μέτρηση διαμέτρων κυκλικών τεμαχίων.

Ανάλογα με τη γενική κατασκευή τους ορίζονται τρεις τύποι οργάνων: α) όργανα σαφών ενδείξεων, β) όργανα ερμηνείας κίνησης και γ) όργανα ακριβείας, εφοδιασμένα με ενδεικτικά όργανα τμηματικού τύπου για τα μετρητικά μέλη.

Τα όργανα σαφών ενδείξεων (Σχ. 5-24) αποτελούνται βασικά από το σκελετό, ο οποίος στη γενική του μορφή ομοιάζει με εκείνο του μικρομέτρου. Στο ένα άκρο βρίσκεται το ρυθμιζόμενο πέλμα και στο άλλο το όργανο ένδειξης με τον επαφέα του ευθυγραμμισμένο με το επίπεδο του πέλματος. Στο σημείο επαφής του οργάνου ένδειξης βρίσκεται μια χαλύβδινη μπίλια είτε το σημείο χρησιμοποιείται απ' ευθείας πάνω στην επιφάνεια είτε δέχεται ένα χωριστό τεμάχιο επαφής. Κάποιοι περιορισμοί ευελιξίας εφαρμογών θα πρέπει να γίνουν αποδεκτοί σε αυτό τον όχι και ιδιαίτερα ακριβή τύπο οργάνων. Το εκτεταμένο ενδεικτικό όργανο μπορεί να υποστεί ζημιά κατά τη χρήση της συσκευής σε περιορισμένο χώρο και επομένως ολόκληρη η συσκευή είναι εκτεθειμένη. Επιπλέον, το αναλόγιο θα πρέπει να είναι κατάλληλα προσανατολισμένο για παρατήρηση των αποτελεσμάτων με ακρίβεια, ενώ και οι δυνάμεις που ενεργούν πάνω,

άλλα όχι σε ευθυγραμμία, στον επαφέα μπορούν να προκαλέσουν ανακρίβειες στη μέτρηση.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-24: (Αριστερά) Όργανο σαφών ενδείξεων σε ελεγκτήρα αξόνων, με το αναλόγιο ευθυγραμμισμένο στη μετρούμενη διάσταση.

Σχ. 5-25: (Δεξιά) Το όργανο ερμηνείας κίνησης διαθέτει έναν εσωτερικό μηχανισμό μεταφοράς κίνησης που συνδέει τον μηλότερο επαφέα με το αισθητήριο άκρο του ενδεικτικού οργάνου.

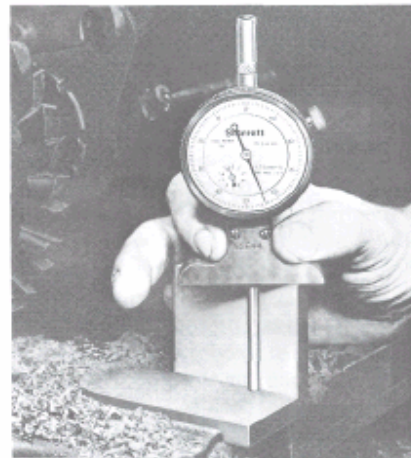
Τα όργανα ερμηνείας κίνησης (Σχ. 5-25) αποτελούνται από ένα στέλεχος που διαθέτει μια ακέραιη συσκευή μοχλού συνδεδεμένη με το στέλεχος του κινητού επαφέα, μεταφέροντας έτσι την αισθητή μετατόπιση στο ενσωματωμένο όργανο ενδείξεων. Ο σταθερός επαφέας του οργάνου έχει τη δυνατότητα προσαρμογής για τη ρύθμιση του οργάνου και στη συνέχεια κλειδώνει με ασφάλεια στην επιθυμητή θέση. Ο συμπαγής σχεδιασμός που επιτρέπει τη χρήση σε περιορισμένου χώρου εφαρμογές, η προστατευμένη θέση και η βολική τοποθέτηση του ενδεικτικού οργάνου για παρακολούθηση των αποτελεσμάτων είναι κάποια από τα χαρακτηριστικά που ορίζουν τα όργανα αυτού του τύπου.

Οι ελεγκτές ορίων, ανεξαρτήτως τύπου, μπορούν να εφοδιαστούν με ηλεκτρονικά ενδεικτικά όργανα (Σχ. 5-26). Και εδώ, όπως και στις προηγούμενες παραγράφους, η χρήση των ηλεκτρονικών οργάνων παρέχει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-26: Ελεγκτήρας αξόνων με ηλεκτρονικό ενδεικτικό όργανο και πάγκο έδρασης.



The L. S. Starrett Co.

Σχ. 5-27: Ενδεικτικό όργανο μέτρησης βάθους σε εφαρμογή όπου μετράται η κάθετη απόσταση των δύο παράλληλων επιφανειών.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΒΑΘΟΥΣ

Τα όργανα αυτά είναι όμοια στην κατασκευή τους με τα αντίστοιχα μικρόμετρα και αποτελούνται από μία βάση της οποίας η επιφάνεια λειτουργεί ως το επίπεδο αναφοράς της μέτρησης και από το μετρητικό στέλεχος με το αισθητήριο άκρο του να φθάνει κάτω από το επίπεδο αναφοράς. Αντικαθιστώντας τον κοχλία του μικρομέτρου με ένα όργανο ένδειξης, συνήθως αναλογικού τύπου, λαμβάνονται εύκολα και γρήγορα τα αποτελέσματα των μετρήσεων, γεγονός σημαντικό για τις επαναληπτικές μετρήσεις. Πάντως, κατά την επιλογή συσκευών μέτρησης βάθους οφείλεται προσοχή στους περιορισμούς που είναι κοινοί σε όλους τους τύπους ενδεικτικών οργάνων, στην ανάγκη για ρυθμιστικά πρότυπα και στο περιορισμένο πεδίο μέτρησης. Το περιορισμένο πεδίο μέτρησης μπορεί να αντισταθμιστεί δραστικά με τη χρήση αναλογικών οργάνων εκτεταμένου πεδίου και εναλλάξιμων μετρητικών ράβδων διαφορετικών μηκών.

Στο Σχήμα 5-27 φαίνεται η χρήση ενός τέτοιου οργάνου για τη μέτρηση του ύψους μιας επιφάνειας σε σχέση με την επιφάνεια της βάσης. Στην πραγματικότητα το όργανο τοποθετείται στην ψηλότερη επίπεδη επιφάνεια και η μετρούμενη διάσταση είναι το βάθος της κατώτερης επιφάνειας. Το παράδειγμα αυτό επιλέχθηκε, ώστε να απεικονίσει τις ουσιώδεις συνθήκες των εφαρμογών μέτρησης βάθους, ή αλλιώς τη μέτρηση της απόστασης ανάμεσα σε δύο επιφάνειες παράλληλων επιπέδων.

Πιο κοινές χρήσεις είναι η μέτρηση του βάθους οπών, κοιλωμάτων και αυλακώσεων. Στις εφαρμογές αυτές το επίπεδο αναφοράς του οργάνου, συνήθως, βρίσκεται σε σημεία στήριξης των οποίων η θέση είναι συμμετρική ως προς τη θέση του άκρου επαφής. Ιδιαίτερα ακριβείς μετρήσεις μπορούν να εξαχθούν με τον τρόπο αυτό ακόμα και από κυλινδρικές επιφάνειες, όταν η βάση του οργάνου ευθυγραμμιστεί με τον άξονα του αντικειμένου. Με την προσαρμογή στα όργανα μέτρησης βάθους

ηλεκτρονικού ψηφιακού οργάνου, παρέχονται είτε συγκριτικές είτε άμεσες μετρήσεις αν το επιθυμούμε.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΜΙΚΡΟ ΒΑΘΟΣ

Σε περιπτώσεις μετρήσεως διαμέτρων σε συγκεκριμένου τύπου εξωτερικές ή εσωτερικές επιφάνειες, χρησιμοποιείται μια ειδική κατηγορία ενδεικτικών οργάνων, που θεωρείται ότι ταιριάζει καλύτερα, τα όργανα μέτρησης διαμέτρων μικρού βάθους. Όπως φαίνεται στο Σχ. 5-28, το οποίο παρουσιάζει ένα βασικό τύπο τέτοιων οργάνων, η κατηγορία περιλαμβάνει όργανα με τα ακόλουθα μέλη:

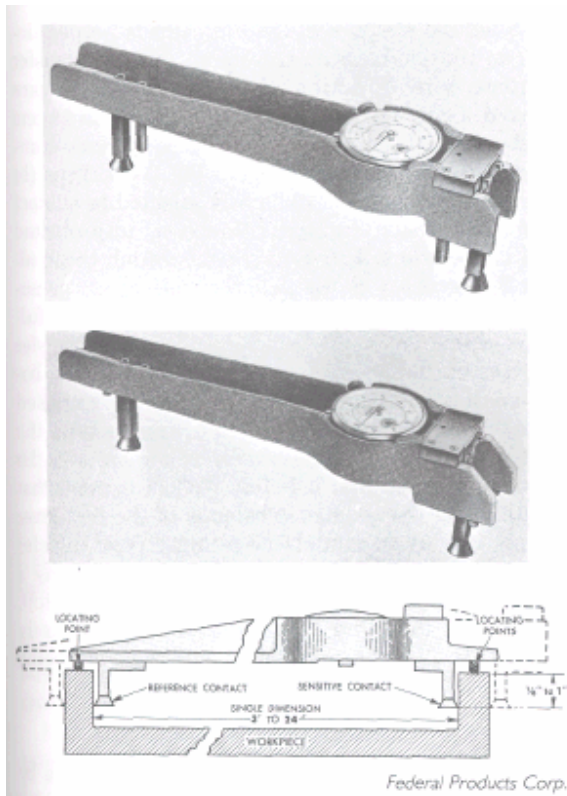
1. Το σκελετό, με μορφή σιδηροτροχιάς, ο οποίος αποτελεί τον οδηγό και τη στήριξη για τα ρυθμιζόμενα μέλη επαφής και τα υποπόδια.

2. Τον επαφέα θέσης, στον οποίο προσαρμόζεται το αναφερόμενο μέλος επαφής. Είναι ρυθμιζόμενος κατά μήκος του σκελετού, σύμφωνα με τη μετρούμενη διάσταση. Μετά την προσαρμογή του κλειδώνει στην επιλεγμένη θέση και λειτουργεί ως σταθερό στέλεχος αναφοράς κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

3. Η κεφαλή μέτρησης είναι επίσης ρυθμιζόμενη κατά μήκος του σκελετού και κλειδώνει σε σταθερή θέση. Η προσαρμογή αυτή επιτρέπει μια ουσιαστικά συμμετρική τοποθέτηση των επαφών πάνω στο σκελετό. Η κεφαλή φέρει το αισθητήριο για τη μέτρηση, καθώς και το μηχανισμό μετάδοσης για τη μεταφορά των αισθητών διαφοροποιήσεων μεγέθους στο δείκτη του οργάνου.

4. Το ενδεικτικό όργανο μπορεί να τοποθετηθεί, ανάλογα τον τύπο του οργάνου, απ' ευθείας στην κεφαλή μέτρησης ή σε ξεχωριστή βάση στο σκελετό, ρυθμιζόμενη για την ασφάλεια της επαφής με το μηχανισμό μεταφοράς κίνησης της κεφαλής.

5. Τα υποπόδια που παρέχονται μαζί με τα αισθητήρια άκρα, πρέπει να έχουν ίσα μήκη και είναι επίσης ρυθμιζόμενα κατά μήκος του σκελετού. Είναι εναλλάξιμα και μπορούν να τοποθετηθούν είτε εντός είτε εκτός των μετρητικών επαφών. Χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση και τη στήριξη του οργάνου σε ένα επίπεδο αναφοράς παράλληλο και σε προκαθορισμένη απόσταση από το επίπεδο μετρήσεως του αντικειμένου.



**Σχ. 5-28: Μετρητές διαμέτρων σε μικρό βάθος.
(Πάνω) Εξωτερικών μετρήσεων
(Κέντρο) Εσωτερικών μετρήσεων
(Κάτω) Παρουσίαση των εναλλάκτικων διατάξεων
των συστατικών για εσωτερικές και εξωτερικές
μετρήσεις.**

Η χρήση των μετρητών διαμέτρων σε μικρό βάθος περιορίζεται από δύο απαιτήσεις:

α) Η μετρούμενη διάσταση πρέπει να βρίσκεται σε μια σχετικά κοντινή απόσταση από μια επίπεδη επιφάνεια του αντικειμένου.

β) Η επιφάνεια πρέπει να είναι επίπεδη και κάθετη ως προς τον άξονα της οπής σε βαθμό συνεπή για να αποτελέσει το επίπεδο αναφοράς της μέτρησης.

Όταν ικανοποιούνται αυτές οι συνθήκες η χρήση αυτών των οργάνων μπορεί να αποφέρει αρκετά διακριτά πλεονεκτήματα, κάποια από τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

α) Ευελιξία εφαρμογών χάρη στις κατασκευαστικές αρχές που διέπουν το σχεδιασμό των περισσότερων τύπων τέτοιων οργάνων και καθιστούν το όργανο προσαρμόσιμο σε μια μεγάλη ποικιλία μετρητικών εφαρμογών, όπως για παράδειγμα, τα επίπεδα μήκη ή τις διαμέτρους σε εξωτερικές ή εσωτερικές επιφάνειες.

β) Μεγάλο εύρος ρυθμίσεων, καλύπτοντας μεγέθη που για άλλους τύπους οργάνων πιθανόν να απαιτούνταν αρκετά συστατικά.

γ) Δυνατότητα προσαρμογής στην πλειοψηφία των μετρούμενων επιφανειών, κυλινδρικών ή κωνικών, εύκολα προσβάσιμων ή όχι, εντός αυλακώσεων,

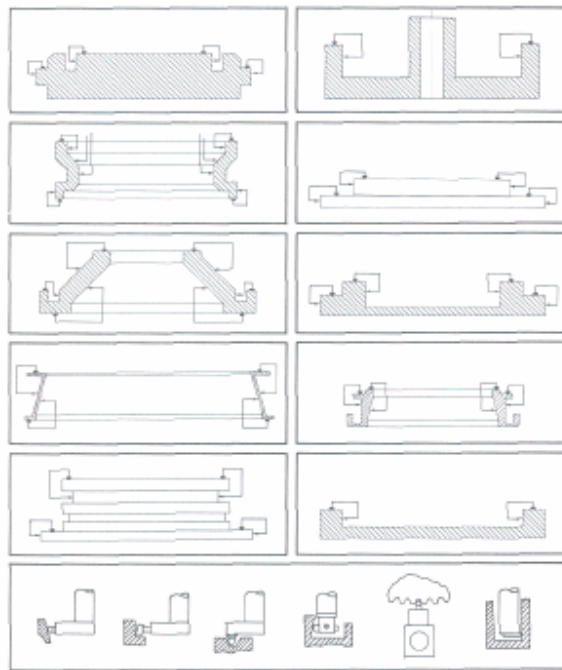
εντός πτυχώσεων κλπ, εξαιτίας των δυνατοτήτων των περισσοτέρων τύπων μετρητικών άκρων που εισάγονται στις θέσεις μέτρησης. Το Σχήμα 5-29 παρουσιάζει, ως τα πιο συχνά παραδείγματα, κάποιες ασυνήθιστες διαστάσεις που μπορούν να μετρηθούν επιτυχώς με τη βοήθεια εναλλάξιμων αισθητήριων άκρων για τοποθέτηση, αναφορά και αίσθηση.

δ) Το θετικό καθορισμό του επιπέδου μέτρησης σε σχέση με μια επιφάνεια αναφοράς στο αντικείμενο. Η διατήρηση ενός σταθερού βάθους του επιπέδου μέτρησης σε σχέση με το επίπεδο αναφοράς είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε μετρήσεις μηκών ή διαμέτρων κωνικών ή καμπύλων επιφανειών. Τοποθετώντας θετικά το όργανο με τη βοήθεια των υποπόδιών του, το επιλεγμένο επίπεδο μέτρησης θα διατηρηθεί αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό μια βασική πηγή δυναμικών σφαλμάτων στη μέτρηση διαμέτρων.

Η θέση του ενδεικτικού οργάνου μπορεί να επιλεγεί παράλληλα στο επίπεδο μέτρησης ή κάθετα σε αυτό. Η επιλογή θα ληφθεί συναρτήσει της ευκολίας παρατήρησης του αναλόγιου και του εφαρμοζόμενου μηχανισμού μετάδοσης κίνησης.

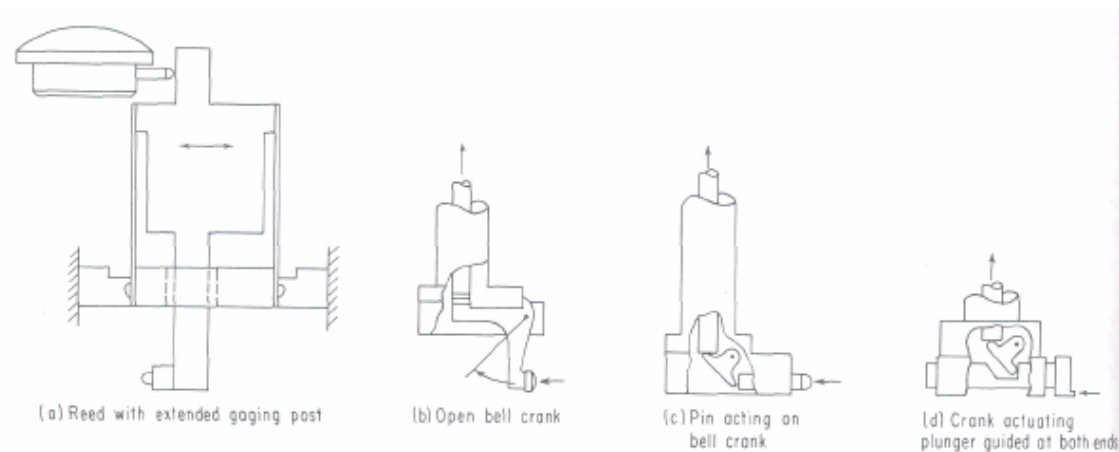
Όταν επιλεγεί παράλληλη τοποθέτησή του, ο συνήθως χρησιμοποιούμενος μηχανισμός μετάδοσης κίνησης αποτελείται από παραλληλόγραμμη συνδεσμολογία, γνωστή ως τύπου χτενιού (Σχ. 5-30Α). Αν και είναι ένα εξαιρετικό σύστημα για τη μεταφορά μικρών εκτοπίσεων και για εφαρμογές που απαιτούν μόνο ένα ενδιάμεσο μήκος για τα ελάσματα του ελατηρίου, η ερμηνεία εκτοπίσεων μέσω αυτής της διάταξης μπορεί να παρουσιάσει σημαντικές καθυστερήσεις στο σύστημα, κατά τη μετάδοση μετατοπίσεων που γίνονται αισθητές σε ουσιαστική απόσταση από το ενδεικτικό όργανο.

Όταν επιλεγεί κάθετη θέση του ενδεικτικού οργάνου προς το επίπεδο μέτρησης, απαιτούνται συσκευές μετάδοσης κίνησης με δυνατότητες αλλαγής κατεύθυνσης. Μοχλοειδής μηχανισμοί εφαρμόζονται σε κάθεμια από τις διαθέσιμες δυνατότητες. Οι συνήθως χρησιμοποιούμενοι τύποι παρουσιάζονται στο Σχήμα 5-30. Ο τύπος (B) είναι ο επίπεδος γωνιομοχλός και επιλέγεται σε περιπτώσεις επιφανειών με δυσκολία επαφής τους. Παρόλα αυτά, αν δεν προστατεύεται σωστά, είναι ευαίσθητος σε σοκ, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια του λεπτού κωνικού στροφέα που χρησιμεύει ως το θετικά τοποθετημένο σημείο περιστροφής του συστήματος μοχλού. Οι εμβολοφόρες συσκευές μεταφοράς προτιμώνται στις περισσότερες εφαρμογές γιατί είναι λιγότερο τρωτές από εκείνες που φέρουν εκτεθειμένο γωνιομοχλό. Επιπλέον, στις εμβολοφόρες, ο γωνιομοχλός δεν έρχεται σε άμεση επαφή με την επιφάνεια εργασίας με αποτέλεσμα να υπόκειται σε μικρότερη φθορά που μπορεί να επηρεάσει τη γεωμετρική ισορροπία των δύο μοχλοβραχιόνων. Δύο είναι τα βασικά μοντέλα εμβολοφόρων συσκευών που χρησιμοποιούνται. Το ένα διαθέτει επίπεδο πείρο με ελατήριο επαναφοράς για το έμβολο (Σχ. 5-30Γ), ενώ στο άλλο το έμβολο βρίσκεται σε οδηγό ακριβείας και στα δύο άκρα του και η επαφή με το γωνιομοχλό εντοπίζεται ανάμεσα στα τμήματα οδήγησης (Σχ. 5-30Δ).



Standard Gage Co.

Σχ. 5-29: Χαρακτηριστικά παραδείγματα ασυνήθιστα εντοπιζόμενα υδιαστάσεων διαμέτρων. Μπορούν να μετρηθούν με συνέπεια με κατάλληλη συσχέτιση προς την επιφάνεια αναφοράς, με τη βοήθεια των μετρητών διαμέτρων σε μικρό βάθος, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα μέλη επαφής, όπως φαίνεται στην τελευταία εικόνα.

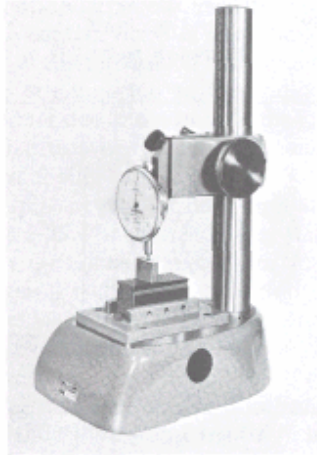


Σχ. 5-30: Αρχές μηχανισμών μεταφοράς κίνησης που χρησιμοποιούνται στους μετρητές διαμέτρων μικρού βάθους.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕ ΤΡΑΠΕΖΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα ενδεικτικά όργανα, είτε είναι μηχανικά είτε λειτουργούν με κάποιο άλλο σύστημα, όταν συνεργάζονται με μια βάση που αποτελεί την επιφάνεια τοποθέτησης για το αντικείμενο και τη θετική στήριξη του οργάνου, αποτελούν ένα τύπο οργάνου γνωστό ως συγκριτικό όργανο με τραπέζι εργασίας. Το Σχήμα 5-31 παρουσιάζει ένα επίπεδο τέτοιο όργανο εφοδιασμένο με ένα συμβατικό όργανο ενδείξεων, ενώ στο Σχήμα 5-32

παρουσιάζεται συσκευή με ηλεκτρονικά όργανα ενδείξεων. Ακολουθούν οι σημαντικές απαιτήσεις για αυτά:



Federal Products Corp.

Σχ. 5-31: Βασικός τύπος συγκριτικού οργάνου με τραπέζι εργασίας, ρυθμιζόμενο βραχίονα στήριξης και επίπεδο εργασίας τοποθετημένο στη βάση.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-32: Συγκριτικό όργανο με τραπέζι εργασίας και ηλεκτρονικό ενδεικτικό όργανο.

α) Η δυνατότητα ρύθμισης της θέσης του οργάνου σε σχέση με τη θέση ενδιαφέροντος του αντικειμένου. Συνήθως, επιτυγχάνεται σε δύο βήματα: σφιχτή τοποθέτηση του βραχίονα της συσκευής κατά μήκος της στήλης του συγκριτικού οργάνου και πολύ καλή ρύθμιση της θέσης του ενδεικτικού οργάνου στο άμεσο στέλεχος συγκράτησής του. Σε άλλους τύπους συγκριτικών οργάνων, η καλή αυτή ρύθμιση επιτυγχάνεται ανεβάζοντας ή κατεβάζοντας ένα βοηθητικό τραπέζι εργασίας.

β) Τοποθέτηση του αντικειμένου σε επίπεδο κάθετο προς εκείνο της κίνησης του μετρητικού επαφεία του οργάνου. Η επιφάνεια εργασίας θα πρέπει να είναι η κορυφή της βάσης της συσκευής, ένα τραπέζι εργασίας που έρχεται σε επαφή με τη στήλη της συσκευής, εναλλάξιμα πέλματα ή πλάκες που εφαρμόζουν στη βάση της συσκευής, καθώς και οποιουδήποτε κατάλληλου τύπου τεμάχιο.

Στις επαναληπτικές μετρήσεις, οι οποίες αντανακλούν την επικρατέστερη εφαρμογή των συγκριτικών μετρήσεων, είναι βασικό, να συνοδεύεται ο βασικός εξοπλισμός των οργάνων της κατηγορίας με βοηθητικές, για την επιφάνεια εργασίας, συσκευές. Η θετική τοποθέτηση του αντικειμένου μπορεί να βοηθηθεί και ο χρόνος εργασίας να μειωθεί με τη βοήθεια κατάλληλα επιλεγμένων επαφών οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω:

α) Τραπέζια εργασίας οδοντωτών άκρων για μείωση της επιφάνειας επαφής και αποφυγή συσσώρευσης σκόνης μεταξύ επιφάνειας και τεμαχίου.

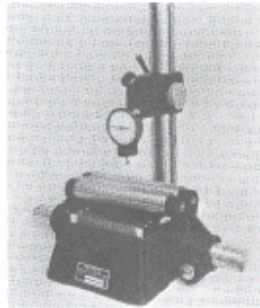
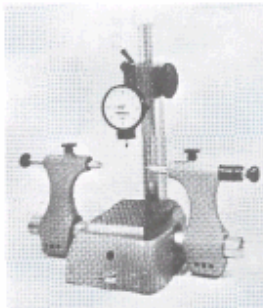
β) Στενά πέλματα που επιτρέπουν καλύτερη σύσφιξη με το τεμάχιο ή και εντοπίζουν συγκεκριμένη περιοχή στην επιφάνεια του αντικειμένου.

γ) Κεντρικοί επαφείς για να συγκρατούν το αντικείμενο κεντραρισμένο και επίσης να συγκρατούν τις διαρροές (Σχ. 5-33 αριστερά).

δ) Στοπ πίσω πλευράς ρυθμιζόμενου σχεδιασμού για να διατηρεί σε θέση κυλινδρικά τεμάχια, όπου οι άξονες του επαφεία του ενδεικτικού οργάνου και του τεμαχίου περιέχονται σε κοινό κατακόρυφο επίπεδο.

ε) Μπλοκ σε σχηματισμο V, είτε επίπεδου τοιχώματος είτε δύο κυλίνδρων (Σχ. 5-33 δεξιά), για τη θετική τοποθέτηση και την ευθυγράμμιση κυλινδρικών τεμαχίων. Αν και το σύστημα αυτό είναι βολικό, παρουσιάζει μειονεκτήματα όμοια με εκείνα της διάταξης των στοπ τύπου V και τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω.

Πρόσθετοι τύποι οργάνων της κατηγορίας θα αναφερθούν στην παράγραφο των ενδεικτικών οργάνων ακριβείας.



Federal Products Corp.

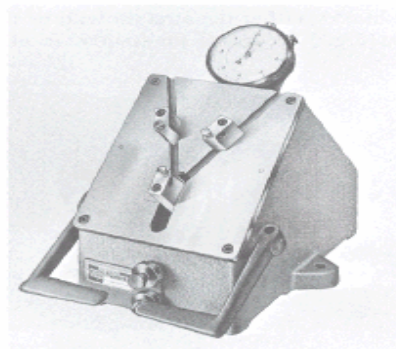
Σχ. 5-33: Βοηθητικά εξαρτήματα στήριξης τοποθετημένα σε βάση συγκριτικού οργάνου.

(Αριστερά) Κεντρικοί επαφείς

(Δεξιά) Δίδυμοι κύλινδροι που λειτουργούν ως V-μπλοκ

ΠΛΑΚΟΕΙΔΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Το Σχήμα 5-34 απεικονίζει το γενικό σχεδιασμό των πλακοειδών ενδεικτικών οργάνων, ο οποίος χρησιμοποιείται συχνά για έναν τύπο συγκριτικών οργάνων με τραπέζι εργασίας, εφοδιασμένο με μια κεκλιμένη πλάκα εργασίας στην οποία και τοποθετείται το μετρούμενο τεμάχιο. Είναι ένας βολικός σχεδιασμός για τη γρήγορη μέτρηση επίπεδων και σχετικά λεπτών τεμαχίων, συνήθως δίσκων ή δακτυλίων, όπως για παράδειγμα σφαιρικών ή κυλινδρικών δακτυλίων εδράνου, των οποίων η μέτρηση πρέπει να διεξαχθεί σε επίπεδο παράλληλο προς μία τουλάχιστον επιφάνεια του αντικείμενου.



Federal Products Corp.

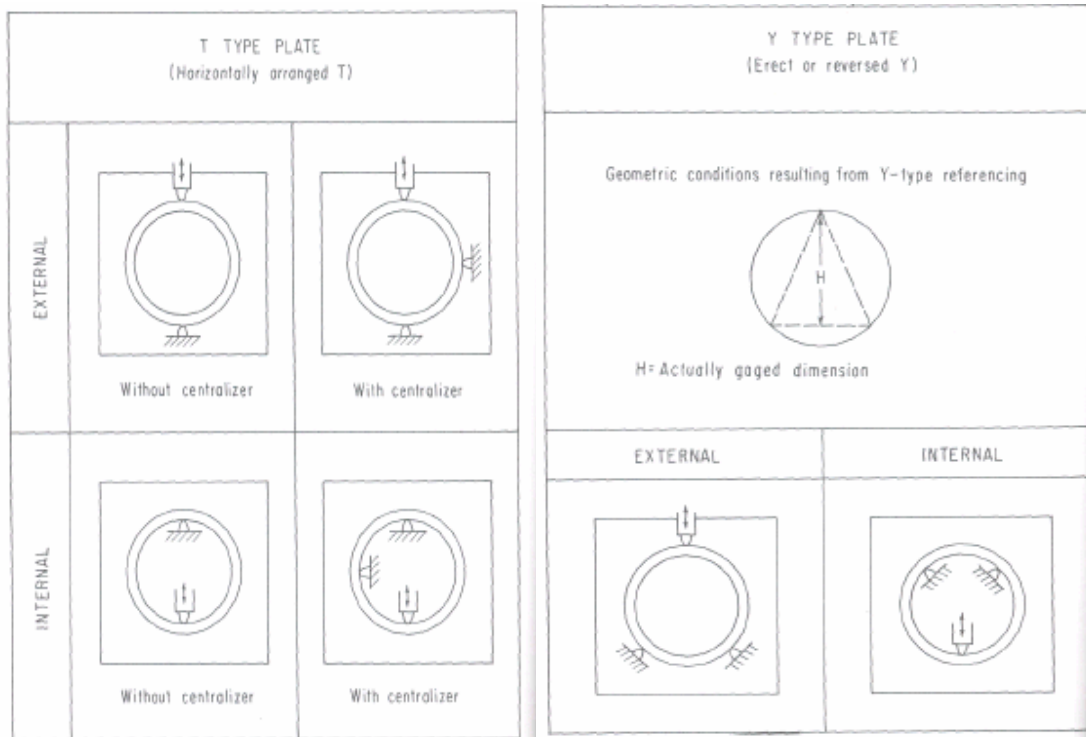
Σχ. 5-34: Πλακοειδές συγκριτικό όργανο με διάταξη αυλακώσεων Y για εσωτερικές μετρήσεις διαμέτρων. Τα τρία ρυθμιζόμενα κομβία επαφής στηρίζουν, κεντράρουν και μετρούν το αντικείμενο.

Η πλάκα έχει επίπεδη επιφάνεια, στην οποία μπορεί να υπάρχουν λωρίδες τριβής για τη δημιουργία του επιπέδου επαφής του μετρούμενου αντικειμένου. Οι λωρίδες, όταν κατασκευάζονται από χάλυβα που έχει υποστεί σκλήρυνση ή από καρβίδια, αυξάνουν τη διάρκεια ζωής έναντι φθοράς του οργάνου και επίσης, μειώνουν την πρόσπτωση βρωμιάς ή ρινισμάτων που επηρεάζουν τη σωστή τοποθέτηση του αντικειμένου.

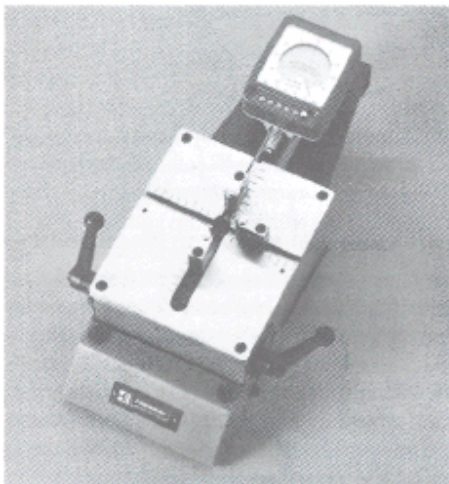
Τα πλακοειδή όργανα διαθέτουν στενά ανοίγματα διατεταγμένα είτε σε μορφή Τ οριζόντιας θέσης είτε σε μορφή Υ όρθιας ή αντεστραμμένης θέσης. Μέσα στα ανοίγματα βρίσκονται τα ρυθμιζόμενα στοπ τοποθέτησης και το ευαίσθητο σημείο επαφής. Χρησιμοποιούνται ρυθμιστικές συσκευές για την προσαρμογή των στοπ και του σημείου επαφής σε συμφωνία με το ονομαστικό μέγεθος της μετρούμενης διάστασης. Το μέλος επαφής συνδέεται με το ενδεικτικό όργανο και με τη βοήθεια ενός αρκετά μεγάλου σε μέγεθος μοχλού στο μπροστινό μέρος του οργάνου, είναι δυνατή η γρήγορη ανάκληση του για την τοποθέτηση και την αφαίρεση του αντικειμένου από το όργανο.

Οι αρχές τοποθέτησης τεμαχίων σε όργανα της κατηγορίας αυτής φαίνονται στο Σχήμα 5-35. Οι πλάκες με σχηματισμό ανοιγμάτων Τ διαθέτουν ένα στοπ απέναντι από το μέλος επαφής για μετρήσεις πραγματικών διαμέτρων, ενώ το δεύτερο στοπ στο οριζόντιο άνοιγμα χρησιμοποιείται προαιρετικά για το κεντράρισμα (Σχ. 5-36). Το πρόσθετο αυτό στοπ ελαττώνει το χρόνο σωστής τοποθέτησης και προτιμάται από λιγότερο έμπειρους χειριστές, που μπορεί να έχουν δυσκολίες στη διενέργεια της μέτρησης διαμέτρων και του εντοπισμού του κατάλληλου σημείου λήψης μέτρησης.

Οι πλάκες με σχηματισμό ανοιγμάτων Υ διαθέτουν στοπ σε καθένα από τα συγκλίνοντα ανοίγματα και τα στοπ πρέπει να ρυθμιστούν συμμετρικά προς το σημείο σύγκλισης, το οποίο και περιέχει το σημείο επαφής. Το διπλό στοπ με αποτέλεσμα εντοπισμού συγκρίσιμο προς το V-μπλοκ, επιτρέπει μια θετική και ακριβή τοποθέτηση του τεμαχίου πάνω στην πλάκα, αλλά εμφανίζει το μειονέκτημα του να δίνει μετρούμενη διάσταση που δεν αντιστοιχεί στην πραγματική διάμετρο του τεμαχίου, αλλά στο ύψος ενός ισοσκελούς τριγώνου. Όταν η γωνία που περικλείεται ανάμεσα στα ανοίγματα των στοπ είναι μικρή, η επίδραση των γεωμετρικών αυτών συνθηκών στο τελικό αποτέλεσμα της συγκριτικής μέτρησης, μπορεί να θεωρηθεί ασήμαντη. Μάλιστα, σε εμπορικές πρακτικές θεωρείται αμελητά μπροστά στα πλεονεκτήματα της θετικής τοποθέτησης του αντικειμένου που παρέχουν τα στοπ αυτά.



Σχ. 5-35: Αρχές τοποθέτησης αντικειμένου σε πλακοειδή μετρητικά όργανα.



Federal Products Corp.

Σχ. 5-36: I.D/O.D πλακοειδή ηλεκτρονικά όργανα.

5.7 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Οι συγκριτικές μετρήσεις διαστάσεων μεταξύ εσωτερικών επιφανειών διεξάγονται γενικά με όργανα που ομοιάζουν με τα ενδεικτικά όργανα εξωτερικών διαστάσεων. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ορισμένες ουσιαστικές διαφορές στις λειτουργικές απαιτήσεις που αντανακλούν και στη διαδικασία μέτρησης και στο σχεδιασμό των οργάνων.

Στις μετρήσεις εσωτερικών διαστάσεων υπάρχει μια πρακτικά ελάχιστη διάσταση μέτρησης, η οποία καθορίζεται από το διάκενο στο οποίο το όργανο ή το αισθητήριο μέλος του μπορεί να εισχωρήσει και να πραγματοποιήσει μέτρηση. Σε αντίθεση με αυτό, τα όργανα εξωτερικών μετρήσεων διαθέτουν πεδία δυνατοτήτων που συνήθως ξεκινούν από το μηδέν.

Η τοποθέτηση και η ευθυγράμμιση του οργάνου σε εσωτερικές επιφάνειες είναι συνήθως δυσκολότερη απ' ό,τι στις εξωτερικές, στις οποίες επιτυγχάνεται ανεμπόδιση παρακολούθηση των σχετικών θέσεων και της επαφής των αισθητήριων μελών. Τα προβλήματα από τη σωστή τοποθέτηση και την ευθυγράμμιση μέσα σε βαθιές οπές είναι ιδιαιτέρως γνωστά από πριν και απαιτούνται αποτελεσματικά αντίμετρα για να μειωθεί η επίδραση τους στη μέτρηση της σωστής διαμέτρου.

Μετρώντας τη διάμετρο της οπής μακριά από το αξονικό επίπεδό της, θα εμφανίσει μικρότερο μέγεθος από το πραγματικό, ενώ αν χρησιμοποιηθεί ένα επίπεδο μέτρησης που δεν είναι κάθετο στον άξονα της οπής, τείνει το παρατηρούμενο μέγεθος να αυξηθεί. Για να μειωθεί η επίδραση των δυναμικών αυτών πηγών σφαλμάτων, τα όργανα της κατηγορίας εφοδιάζονται, συνήθως, με συσκευές κεντραρίσματος που εξυπηρετούν την τοποθέτηση του οργάνου στο αξονικό επίπεδο της οπής. Στη συνέχεια, κουνώντας το στέλεχος του οργάνου (Σχ. 5-37), μπορεί να βρεθεί η κάθετη θέση του επιπέδου, όπως αποδεικνύεται από την ελάχιστη ένδειξη του αναλόγιου.

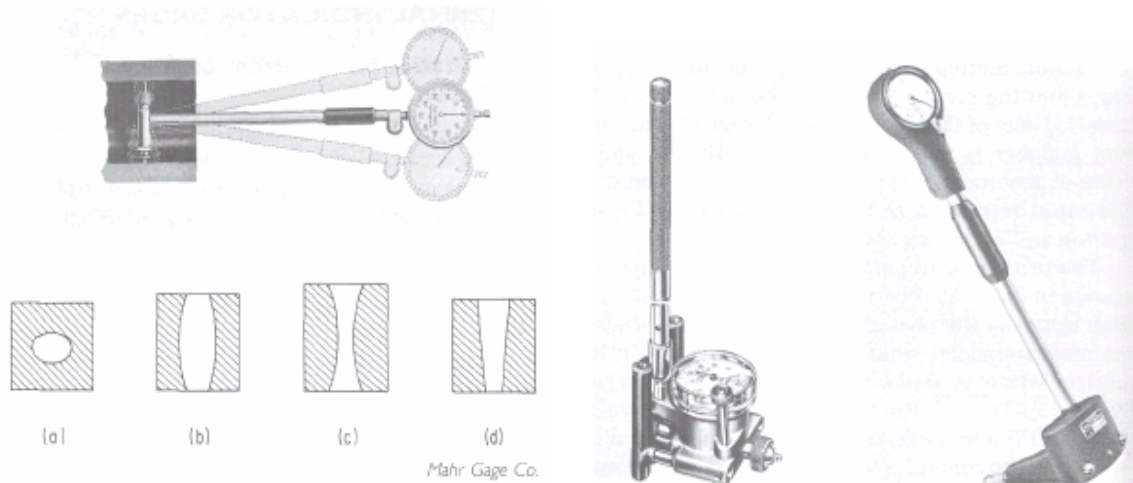
Στις κατασκευές, το να παραχθεί μια οπή ακριβούς κυλινδρικής μορφής και εντός στενών ορίων μεγέθους είναι γενικά πιο δύσκολο από το να παραχθεί μια αντίστοιχο μεγέθους επιφάνεια κυλινδρικής μορφής. Προβλήματα που συνδέονται με την ακρίβεια στις μετρήσεις των διαστάσεων των οπών μπορεί να είναι υπεύθυνα και για τη δυσκολία αυτή. Οι συνθήκες αυτές αναγνωρίζονται και από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) στις συστάσεις του για τις συναρμογές, όπου μια κατηγορία που αντιπροσωπεύει αυστηρότερες ανοχές αφορά, συνήθως, το στέλεχος και όχι τη συνεργαζόμενη οπή, για παράδειγμα τα όρια ανοχών του Αμερικανικού Οργανισμού Τυποποίησης και του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης H7/g6.

Ανακρίβειες του μεγέθους της οπής που καθορίζονται μετρώντας τη διάμετρο μπορεί να είναι αποτέλεσμα αποκλίσεων από επίπεδες διαστάσεις, αλλά και ανωμαλιών της μορφής που επηρεάζουν τη διάμετρο της οπής. Ενώ τα σφάλματα επίπεδων διαστασιολογήσεων σε μια οπή ομαλής επιφάνειας μπορούν να ανιχνευθούν μετρώντας μία και μόνο διάμετρο, οι ανωμαλίες της μορφής απαιτούν βαθύτερη έρευνα των διαστάσεων της οπής.

Τα ενδεικτικά όργανα για μετρήσεις οπών είναι αποτελεσματικά για την ανίχνευση και τη μέτρηση εκείνων των τύπων ανωμαλιών της μορφής που επηρεάζουν τη διάμετρο των οπών. Το Σχήμα 5-38 παρουσιάζει κάποιες συνήθεις συναντώμενες

ανωμαλίες οπών που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία σφαλμάτων μορφής. Τα όργανα επιτρέπουν την παρακολούθηση και τη μέτρηση αυτών των συνθηκών όταν ερευνάται η εσωτερική επιφάνεια, μετακινώντας το όργανο στην κατεύθυνση του άξονα της οπής και, για ορισμένους τύπους ανωμαλιών, με επανάληψη της διαδικασίας σε διάφορα αξονικά επίπεδα. Στην πραγματικότητα, μία από τις πρώτες εφαρμογές των οργάνων της κατηγορίας ήταν στις επισκευές μηχανών και η χρήση τους προερχόταν από την ανάγκη να ανιχνευθούν και να μετρηθούν με ακρίβεια οι αποκλίσεις της διαμέτρου των οπών με ένα φορητό όργανο (Σχ. 5-39).

Οι ανωμαλίες εμφανίζονται στο όργανο με τις εκτοπίσεις της θέσης του δείκτη πάνω στο αναλόγιο. Σε συνδυασμό με αυτές τις διαφοροποιήσεις, το όργανο δίνει πληροφορίες σχετικά με το πραγματικό μέγεθος της διαμέτρου της οπής, με τη μορφή αποκλίσεων από αυτό. Το βασικό μέγεθος της μέτρησης πρέπει να οριστεί σε προηγούμενη διαδικασία, που απαιτεί κατάλληλα ρυθμιστικά όργανα.



Σχ. 5-37: (Πάνω) Ελαφρά μετατόπιση του στελέχους ενός ενδεικτικού οργάνου οπών, στο επίπεδο των επαφών για την εύρεση της κατάλληλης θέσης μέτρησης.

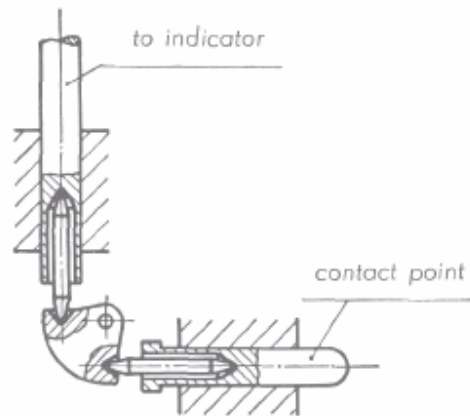
Σχ. 5-38: (Κάτω) Τυπικές μορφές ανωμαλιών κυλινδρικών οπών που μπορούν να εντοπισθούν και να μετρηθούν με τη βοήθεια των ενδεικτικών οργάνων οπών: α) οβάλ, β) βαρελοειδείς σχηματισμοί, γ) ελάττωση διαμέτρου, δ) κώνοι

ΔΙΠΛΑ

Σχ. 5-39: (Πάνω αριστερά) Κυλινδρικά όργανα παλαιότερων σχεδιασμών. Χρησιμοποιούνταν ευρέως στις επισκευές μηχανών για την εύρεση ανωμαλιών επιφάνειας σε φθαρμένους κυλίνδρους.

Σχ. 5-40: (Πάνω δεξιά) Ενδεικτικό όργανο οπών με συσκευή κεντραρίσματος και ρυθμιζόμενο σημείο αναφοράς.

Σχ. 5-41: (Κάτω) Μηχανισμός μεταφοράς κίνησης με γωνιομοχλό, για όργανα μέτρησης οπών.



The L. S. Starrett Co.
Federal Products Corp.
Mahr Gage Co.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Τα πολλά πλεονεκτήματα που μπορούν να προέλθουν από τους χρησιμοποιούμενους τύπους οργάνων εσωτερικών μετρήσεων οδήγησαν στην ευρεία αποδοχή της μετρητικής αυτής μεθόδου. Αν και μοιάζουν στις βασικές αρχές τους, οι μετρήσεις εσωτερικών διαστάσεων μπορούν να διαφέρουν αρκετά στις πραγματικές απαιτήσεις της εφαρμογής. Οι διαφοροποιήσεις στο μέγεθος και το σχήμα του τεμαχίου, στην επιθυμητή ακρίβεια και τους αντικειμενικούς σκοπούς της μέτρησης έχουν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη ενδεικτικών οργάνων εσωτερικών διαστάσεων ποικίλων σχεδιασμών.

Στον Πίνακα 5-6 παρουσιάζεται, δίχως να εναντιώνεται στην πληρότητα, μια καταμέτρηση διαφόρων συστημάτων μέτρησης που χρησιμοποιούνται συχνά για εσωτερικές μετρήσεις. Η εικόνα είναι ένα απλό σχέδιο με μοναδικό σκοπό να εμφανίσει τις ουσιαστικές αρχές που διαφοροποιούν τα συστήματα μεταξύ τους.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα όργανα που περιγράφονται στην παράγραφο αυτή, επιλέχθηκαν ως παράδειγμα, για να παρουσιάσουν τον πραγματικό σχεδιασμό των οργάνων που έχουν τις συγκεκριμένες λειτουργικές αρχές που καταγράφονται στον Πίνακα 5-6. Η πληρότητα (ένας στόχος που δύσκολα γίνεται πρακτικός από τη σκοπιά των περισσότερων εταιριών και μοντέλων) δεν έχει επιδιωχθεί, όπως επίσης ούτε κατευθύνθηκε η επιλογή από τη σχετική αξία των οργάνων. Αν και περιγράφονται πιστοποιημένα και ευρέως χρησιμοποιούμενα όργανα, για τους περισσότερους τύπους υπάρχουν ποικίλες άλλες κατασκευές συγκρίσιμης αξίας, καθώς και άλλα μοντέλα αναμφισβήτητης χρησιμότητας.

Ενώ τα επιτραπέζια όργανα μέτρησης οπών με μηχανικά ενδεικτικά όργανα χρησιμοποιούνται ακόμα και παρέχουν υπηρεσίες καλής ποιότητας, ιδιαίτερα στις εμπορικές συνθήκες εργασίας, δε θα παρουσιαστεί κανένα παράδειγμα για την κατηγορία αυτή. Ο λόγος της επιλογής αυτής είναι ότι ενώ στην περίπτωση των οργάνων χειρός για μετρήσεις οπών, το μηχανικό ενδεικτικό όργανο είναι για πολλούς λόγους ανώτερο από άλλα συστήματα σύζευξης, στην περίπτωση των στατικού τύπου οργάνων προτιμώνται πνευματικά και ηλεκτρονικά συστήματα σύζευξης, ιδιαίτερα μάλιστα για τα υψηλότερα επίπεδα ακρίβειας.

Ενδεικτικά όργανα οπών με συσκευές κεντραρίσματος. Ένας από τους πλέον χρησιμοποιούμενους τύπους οργάνων της κατηγορίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-40. Με εξαίρεση τα μικρότερα μεγέθη, όπου εξαιτίας περιορισμών χώρου, διαθέτουν μόνο ένα μέλος ελάσματος ελατηρίου για να βοηθήσει στο κεντράρισμα, το αισθητήριο άκρο τους, έχει δύο έμβολα με ελατήριο σε ισοδύναμη απόσταση από στις δύο πλευρές του σημείου επαφής. Η λειτουργία του ελατηρίου αυτών των εμβόλων βοηθά αποτελεσματικά στον ταχύτερο εντοπισμό του κεντρικού επιπέδου της οπής και τότε απαιτείται πλέον μια ελαφράς μορφής ταλάντωση για να επιτευχθεί μια ακριβής μέτρηση.

Τα τέσσερα σημεία επαφής, εκείνα των εμβόλων κεντραρίσματος, το σημείο αναφοράς και τα αισθητήρια άκρα, περιέχονται σε ένα κοινό επίπεδο και το όργανο ανιχνεύει με ευαισθησία όλες τις ανωμαλίες μορφής της οπής, οι οποίες ανακλώνται από

παρεκκλίσεις της διαμέτρου. Μια βασική απαίτηση για τα όργανα της κατηγορίας είναι ότι η ευαίσθητη και δίχως να αναπτύσσεται τζογάρισμα, μετάδοση κίνησης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός ελατηρίου παντογράφου. Άλλοι σχεδιασμοί διαθέτουν γωνιομοχλούς που κινούνται από έμβολο με το οποίο έρχεται σε επαφή το αισθητήριο άκρο (Σχ. 5-41).

Υπάρχουν κάποια μοντέλα οργάνων των οποίων οι συσκευές κεντραρίσματος διαφέρουν από τις αρχές που συζητήθηκαν παραπάνω. Η ποικιλία αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί σαν να υφίσταται ένα και μόνο έμβολο κεντραρίσματος είτε με επιφάνειες επαφής που αντιπροσωπεύουν ένα διαιρεμένο σφαιρικό τμήμα (είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε ελαφρά ανορθωμένη θέση του εμβόλου), είτε με επιφάνειες επαφής που έχουν τη μορφή κυκλικού τομέα και το εικονικό κέντρο του βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το επίπεδο αναφοράς και τους αισθητήριους επαφείς (η διάταξη αυτή διευκολύνει την ευθυγράμμιση του οργάνου σε κανονικό επίπεδο προς την οπή).

Αυτοί οι εναλλάκτικοί σχεδιασμοί για το κεντράρισμα, ενώ θέτουν την ευθυγράμμιση του οργάνου πιο εύκολη και γρήγορη, μπορεί να τείνουν να αποκρύψουν συγκεκριμένους τύπους ανωμαλιών, στις οποίες είναι πιο ευαίσθητοι. Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των διαφόρων σχεδιασμών που εξυπηρετούν ουσιαστικά τον ίδιο σκοπό μπορεί να θεωρηθούν τυπικό παράδειγμα καταστάσεων όπου η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου από αρκετά συγκρίσιμα μετρητικά όργανα, πρέπει να καθοδηγείται από τους πρωταρχικούς σκοπούς της μέτρησης.

Ελεγκτές ορίων με ενδεικτικά όργανα και εκτεινόμενα μέλη. Τα όργανα αυτά (Σχ. 5-42) ενώνουν το κεντράρισμα και και τις λειτουργίες της μέτρησης στο ίδιο σετ μελών, δύο δακτυλιοειδή τμήματα με ακτίνα λίγο μικρότερη από της μετρούμενης οπής. Τα μέλη επαφής διαθέτουν επίσης, ένα μικρό κώνο στην πίσω πλευρά, με αποτέλεσμα μειωμένη επιφάνεια επαφής σε δύο διαμετρικά αντίθετες πλευρές της οπής του τεμαχίου. Για ειδικούς σκοπούς, όπως, για παράδειγμα, η μέτρηση του βήματος εσωτερικών οδοντώσεων κυκλικής διαμέτρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητοι τύποι τμημάτων χρησιμοποιώντας τμήματα εφοδιασμένα με πείρους επαφής ή σφαιρίδια.

Η πραγματική επαφή με τα τοιχώματα της οπής επιτυγχάνεται εκτείνοντας τα μέλη με τη βοήθεια μιας εσωτερικής κωνικής τάπας του οργάνου. Μόλις ελευθερωθεί ο μοχλός επαναφοράς, ο κώνος οδεύει αξονικά υπό την πίεση ελατηρίου προκαλώντας ανάλογη έκταση των μελών προς την αξονική μετατόπιση της κωνικής τάπας. Η έκταση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη διαβάθμιση του ενδεικτικού οργάνου σε δέκατα του χιλιοστού της ίντσας και στη συνέχεια παρουσιάζεται σε αυτό η τιμή και η κατεύθυνση του μεγέθους απόκλισης της οπής, σε σχέση με το καθορισμένο μέγεθος. Αν και το πραγματικό πεδίο μετρήσεων του οργάνου είναι μόνο $\pm 0,006$ της ίντσας, η άμεση εναλλαξιμότητα της τάπας προέκτασης επιτρέπει τη χρήση της ίδιας μετρητικής κεφαλής για ένα μεγάλο πεδίο μετρήσεων. Για τον έλεγχο της ρύθμισης αυτού του τύπου οργάνου απαιτείται ένα δακτυλιοειδές πρότυπο για κάθε ονομαστικό μέγεθος και μονάχα η τελική ελάχιστη ρύθμιση μπορεί να πραγματοποιηθεί με την περιστροφή της στεφάνης του οργάνου.



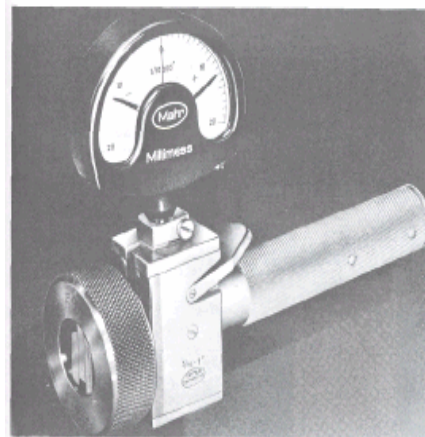
The Comtor Company

Σχ. 5-42: Ενδεικτικά όργανα οπών με εκτεινόμενα στελέχη. Με το πάτημα του κουμπιού ανακαλείται ένα εσωτερικό έμβολο, το οποίο μέσω ελατηρίου τείνεται εκτείνει το στέλεχος για την επαφή με τα τοιχώματα της μετρούμενης οπής. Στις εικόνες φαίνονται τα βήματα της διαδικασίας.

(Αριστερά) Ρύθμιση του οργάνου με δακτύλιο.

(Κέντρο) Εισχώρηση του στελέχους-επαφεία εντός της οπής.

(Δεξιά) Ο δείκτης του αναλογίου παρουσιάζει την απόκλιση από το μέγεθος ρύθμισης.



Mahr Gage Co.

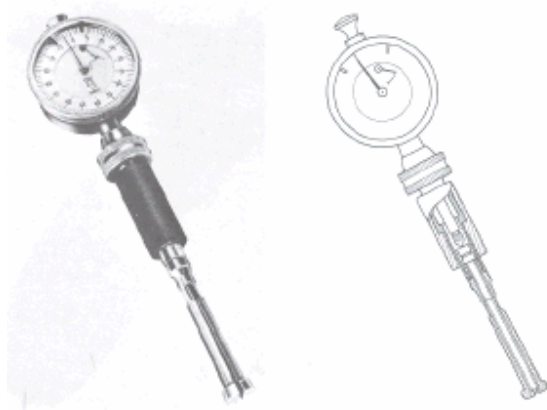
Σχ. 5-43: Ελεγκτής ορίων με ενδεικτικό όργανο και εκτεινόμενα πτερύγια. Οι κεφαλές των πτερυγίων είναι εναλλάξιμες και το όργανο υψηλής ευαισθησίας.

Ελεγκτές ορίων με ενδεικτικά όργανα και εκτεινόμενα πτερύγια (Σχ. 5-43). Συγκρίνουν τη διάμετρο οπής του αντικειμένου με τη ρυθμισμένη διάσταση, μέσω ενός επαφεία τριών σημείων, που επιτυγχάνεται από αμοιβαία εκτεινόμενα πτερύγια. Οι επιφάνειες επαφής των πτερυγίων έχουν τη μορφή κυλινδρικού τμήματος με ακτίνα μικρότερη από εκείνη της μετρούμενης οπής. Τα δύο ακριανά πτερύγια είναι σταθερά και εσωτερικά προς το σώμα του οργάνου, ενώ το κεντρικό, που έχει αντίθετες επιφάνειες επαφής από τα άλλα, πραγματοποιεί καθοδηγούμενη κίνηση σχεδόν χωρίς τριβές. Κατά την εισχώρηση του οργάνου στην οπή, το κεντρικό πτερύγιο ανασύρεται με τη βοήθεια ενός μοχλού για την αποφυγή φθοράς στις επιφάνειες. Όταν ελευθερώνεται, η δύναμη του ελατηρίου προκαλεί την έκταση του κεντρικού πτερυγίου και τότε και τα τρία πτερύγια έρχονται σε επαφή με τα τοιχώματα. Η μετατόπιση του κεντρικού, γίνεται αισθητή από το ενδεικτικό όργανο, το οποίο παρουσιάζει την τιμή και την κατεύθυνση κάθε απόκλισης από τη διάμετρο αρχικής ρύθμισης. Η εναλλαξιμότητα των πτερυγίων επιτρέπει εκτεταμένο πεδίο μετρήσεων, που ορίζεται ως κλίμακα χωρητικότητας, ενώ οι ενδιάμεσες διαστάσεις καλύπτονται από την προσεκτική και καλή ρύθμιση του ενδεικτικού οργάνου.

Ο μετρητικός επαφείας τριών σημείων, συγκρινόμενος με εκείνον των δύο επαφών, παρέχει τα πλεονεκτήματα της διευκόλυνσης της ακριβούς ευθυγράμμισης και του κεντραρίσματος, κατά τη λειτουργία του οργάνου. Χρησιμοποιώντας ειδικά πτερύγια με μορφή επιφανειών επαφής προσαρμοσμένη στις ιδιαίτερες κάθε φορά συνθήκες, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις σε εσωτερικά σπειρώματα, σε εσωτερικές αυλακώσεις, σε εσωτερικές διαμέτρους συζεύξεων με ρουλεμάν και αρκετές άλλες ασυνήθιστες περιπτώσεις. Επειδή το όργανο αυτό δε διαθέτει ευαισθησία πρακτικά, σε κάποιες συγκεκριμένες μορφές ανωμαλιών, όπως τα κωνοειδή στόμια, οι βαρελοειδείς μορφές και οι κώνοι, η χρήση του θα πρέπει να περιορίζεται σε επιφάνειες που δεν

αναμένονται τέτοιου είδους ανωμαλίες μορφής ή σε άλλες, όπου δε θεωρούνται σημαντικές.

Ενδεικτικά όργανα μικρών οπών με εκτεινόμενες κεφαλές (Σχ. 5-44). Εργάζονται με αρχές όμοιες εκείνων των οργάνων με εκτεινόμενα μέλη. Τα ελαστικά μέλη επαφής εκτείνονται ακτινικά από μια εσωτερική κωνική τάπα, της οποίας η αξονική μετατόπιση επενεργεί στο ενδεικτικό όργανο, όπως φαίνεται και στο εν λόγω Σχήμα. Στους περισσότερους τύπους των οργάνων της κατηγορίας η δύναμη του ελατηρίου που ωθεί τον επαφέα είναι ικανή να καταβάλλει την απαιτούμενη δύναμη για την έκταση των μελών επαφής. Τα τελευταία, συνήθως, έχουν σφαιρική μορφή για αποτελεσματικό κεντράρισμα. Η ευθυγράμμιση του οργάνου με τον άξονα της οπής επιτυγχάνεται με ελαφρές ταράξεις του οργάνου και παρακολουθώντας τις ενδείξεις του αναλόγιου. Για μετρήσεις διαμέτρων σε τυφλές οπές κοντά στη βάση, διατίθενται οι κεφαλές τραπεζοειδούς μορφής. Άμεσα εναλλάξιμες κεφαλές, που παρέχονται σε σετ μαζί με τους ρυθμιστικούς δακτυλίους, δίνουν τη δυνατότητα για αρκετά διευρυμένα πεδία μετρήσεων στα όργανα αυτά.


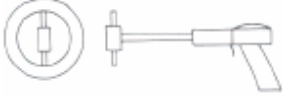
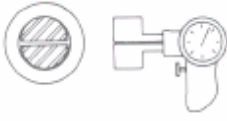

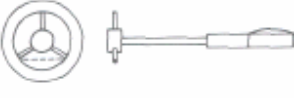


Foster Supplies Co.



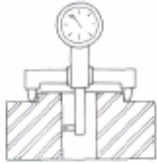
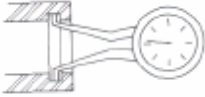
Σχ. 5-44: Ενδεικτικό όργανο μέτρησης μικρών οπών με εκτεινόμενο έμβολο από την αξονική μετατόπιση ενός κωνικού πείρου.

**(Αριστερά) Όργανο τραπεζοειδούς εμβόλου
(Δεξιά) Σχέδιο τομής του οργάνου**

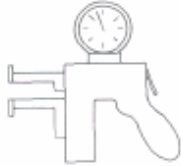
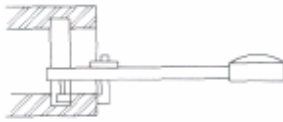
**ΠΙΝΑΚΑΣ 5-6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Φορητά ενδεικτικά όργανα μέτρησης διαμέτρων οπών	Όργανα μέτρησης οπών μικρού βάθους		Απλό όργανο, συνήθως αρθρωτού σχεδιασμού, με εκτεταμένο πεδίο μετρήσεων και μεγάλη ευελιξία προσαρμογής στις ιδιαιτερότητες του αντικειμένου. Η πάνω επιφάνεια του τεμαχίου χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση του οργάνου. Οι εφαρμογές περιορίζονται σε μικρά βάθη.
	Ενδεικτικά όργανα επίπεδων οπών με δύο αισθητήρες		Η απουσία διάταξης κεντραρίσματος, κάνει την ευθυγράμμιση του οργάνου με το αξονικό επίπεδο της οπής, δύσκολη. Η εφαρμογή περιορίζεται σε μικρά μεγέθη οπών όπου οι περιορισμοί χώρου αποτρέπουν τη χρήση διατάξεων κεντραρίσματος.
	Ενδεικτικά όργανα οπών με εκτεινόμενους τομείς		Αποτελεσματική λειτουργία κεντραρίσματος, προκύπτει από τομείς που εκτείνονται υπο την επίδραση ελατηρίου. Για να βοηθήσουν το κεντράρισμα, οι τομείς έχουν διαμέτρους ελαφρά μικρότερες από εκείνες των οπών.
	Ενδεικτικά όργανα οπών με ολισθητήρα κεντραρίσματος		Ο πλέον χρησιμοποιούμενος τύπος ενδεικτικών οργάνων οπών, με ένα ολισθητήρα υπο την επίδραση ελατηρίου του οποίου τα δύο σημεία ή οι τροχιόδρομοι, έχουν στο διάμεσο τους το έμβολο-επαφέα. Βοηθούν αποτελεσματικά στο κεντράρισμα των διαμετρικά διατεταγμένων σημείων επαφής.
	Ενδεικτικό όργανο οπής με επαφέα τριών σημείων		Η ταυτόχρονη και ομοιόμορφη έκταση των τριών εμβόλων επαφής παρέχει τη δυνατότητα γρήγορου κεντραρίσματος. Οι ενδείξεις του αναλογίου δεν αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές μεταβολές διαμέτρου. Είναι, επίσης, αποτελεσματικό για τον έλεγχο της κυκλικότητας της οπής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-6. (Συνέχεια)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Φορητά ενδεικτικά όργανα μέτρησης διαμέτρων οπών	Ενδεικτικό όργανο οπών τριών πτερυγίων		Τα δύο εξωτερικά πτερύγια είναι σταθερά και εξυπηρετούν στο κεντράρισμα, ενώ το κεντρικό μετεκινούμενο πτερύγιο ενεργεί στο όργανο που είναι προσαρμοζόμενο στο περίβλημα στερέωσής του. Καλό κεντράρισμα και ευθυγράμμιση επιτρέπει τη γρήγορη μέτρηση. Για τη ρύθμιση του ενδεικτικού οργάνου απαιτείται ρυθμιστικός δακτύλιος.
Σταθερα ενδεικτικά όργανα μέτρησης οπών	Ενδεικτικά όργανα οπών με ττραπέζι εργασίας		Οι λειτουργικές αρχές σε σύγκριση με εκείνες των οργάνων μέτρησης μικρού βάθους, χρησιμοποιούν μία πλάκα για τη στήριξη και την τοποθέτηση μιας επιφάνειας του μετρούμενου τεμαχίου. Το τεμάχιο κεντράρεται από δύο προσαρμοζόμενα στοπ, που εξυπηρετούν και ως σημεία αναφοράς της μέτρησης.
Όργανα ελέγχου της θέσης οπής	Όργανα ελέγχου της ομοκεντρότητας και της θέσης οπής.		Το σώμα του οργάνου είναι περιστρεφόμενο σε περίβλημα που τοποθετεί το όργανο σε σχέση με την επιλεγμένη επιφάνεια αναφοράς. Το όργανο παρουσιάζει τις ακτινικές μεταβολές της επιφάνειας της οπής από τον άξονα αναφοράς
Μετρήσεις διαμέτρων εσωτερικών αυλακώσεων	Ενδεικτικό όργανο μέτρησης διαμέτρου αυλακώσεων με μηχανισμό διαβήτη		Γρήγορη προσαρμογή σε μεγάλο πεδίο, γρήγορη επαναφορά για εργασία σε αυλακώσεις μεγάλου βάθους και μικρό βάρος, είναι τα πλεονεκτήματα του οργάνου αυτού. Η κίνηση διαβήτη των βραχιόνων παράγει ενδείξεις ανάλογες της μετούμενης γραμμικής απόστασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-6. (Συνέχεια)

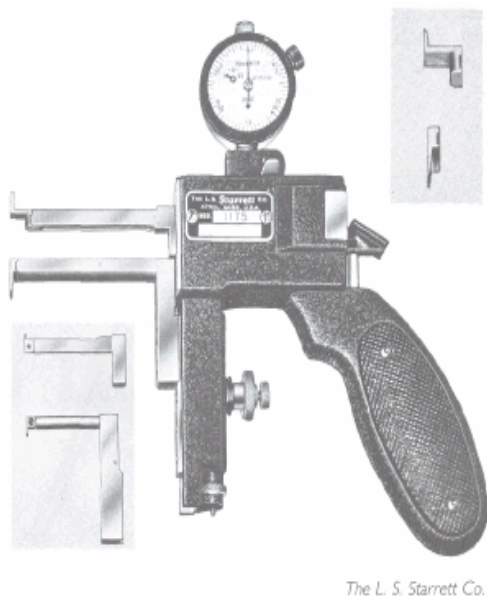
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Μετρήσεις διαμέτρων εσωτερικών αυλακώσεων	Ενδεικτικό όργανο μέτρησης διαμέτρου αυλακώσεων με παράλληλα ράμφη.		Η ρύθμιση στο ονομαστικό μέγεθος επιτυγχάνεται, ρυθμίζοντας τον ολισθητήρα του σταθερού επαφά κατά μήκος του τροχιόδρομου, σε επιθυμητή θέση. Οι κινήσεις επαναφοράς και μέτρησης είναι είτε παλινδρομικές είτε γραμμικές μετατοπίσεις του αισθητήριου βραχίονα που ενεργεί στο ενδεικτικό όργανο.
	Ενδεικτικό όργανο θέσης αυλακώσεων προσαρμοζόμενου ολισθητήρα		Για μέτρηση της αξονικής θέσης, του πλάτους αυλακώσεως ή του διαχωρισμού σε εσωτερικές επιφάνειες. Η προσαρμογή είναι όμοια με εκείνη του τύπου ακριβείας και η διαδρομή μέτρησης του επαφά είναι, συνήθως, γραμμική.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΥΛΑΚΩΣΕΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΚΙΝΗΣΗ ΡΑΜΦΟΥΣ

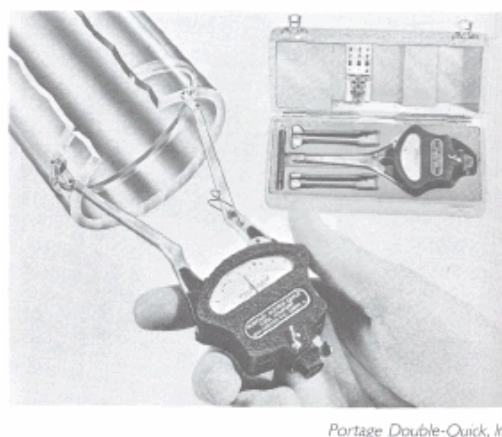
Η ακριβής μέτρηση των διαμέτρων εσωτερικών αυλακώσεων, όπως αυτές των στεγανωποιητικών δακτυλίων, των δακτυλίων συγκράτησης και άλλων τέτοιων κατασκευών, μπορεί να επιτευχθεί γρήγορα με ειδικά σχεδιασμένα ενδεικτικά όργανα. Τα όργανα αυτά πρέπει να διαθέτουν δύο συγκεκριμένες προδιαγραφές που δεν είναι απαραίτητες για τα κοινά όργανα μέτρησης οπών:

1. Αρκετά μεγάλη κίνηση ανάκλισης, ώστε να μπορούν οι επαφείς να εργαστούν σε δυσπρόσιτα σημεία.
2. Εναλλάξιμα άκρα επαφής, συμπεριλαμβανομένου και εκείνων των σταθερότερων διαστάσεων για γενικές μετρήσεις, καθώς επίσης, και μικρής διατομής για μετρήσεις σε στενές αυλακώσεις.

Το Σχήμα 5-45 παρουσιάζει ένα γενικό τύπο οργάνου με παράλληλα ράμφη, για εσωτερικές μετρήσεις σε αυλακώσεις ή για εσωτερικές μετρήσεις σε δυσπρόσιτες επιφάνειες. Το όργανο διαθέτει μια λαβή όπλου με τραχεία και καλή προσαρμογή και ένα σφικτήρα ως διαστολέα ραμφών. Κατά τη διάρκεια της μετρητικής διαδικασίας το όργανο στηρίζεται από τα χαμηλότερα ράμφη αναφοράς που ακουμπούν στην επιφάνεια εργασίας. Η κίνηση του ευαίσθητου ράμφους μεταδίδεται απ' ευθείας στο όργανο ενδείξεων μέσω ενός μηχανισμού μετάδοσης άνευ τριβής. Το πεδίο ανάκλισης του συγκεκριμένου τύπου οργάνων είναι περίπου μισή ίντσα.



Σχ. 5-45: Ενδεικτικό όργανο εσωτερικών αυλακώσεων, με παράλληλα κίνηση ραμφών, εναλλάξιμα ράμφη και πρόσθετους επαφείς



Σχ. 5-46: Ενδεικτικό όργανο εσωτερικών αυλακώσεων με σχεδιασμό διαβήτη.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΑΥΛΑΚΩΣΕΩΝ ΜΕ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΔΙΑΒΗΤΗ

Η χρήση του ενδεικτικού οργάνου εσωτερικών αυλακώσεων (Σχ. 5-46) σε περιπτώσεις όπου η μετρούμενη διάσταση διευκρινίζεται σε χιλιοστά της ίντσας ή και μεγαλύτερη, ορίζεται από μια ελαστικότητα εφαρμογών. Η ρύθμιση του οργάνου εντός του μεγάλου πεδίου εργασίας του από 3/8 της ίντσας έως και τις 6 ίντσες επιτυγχάνεται στρέφοντας απλά ένα κονδυλωτό κομβίο για να επιτευχθεί μηδενική ένδειξη στο μέγεθος ρύθμισης και στη συνέχεια κλειδώνοντας τη θέση αυτή. Τα τμήματα αρθρωτών άκρων του κυρίως βραχίονα μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να ευθυγραμμίσουν τα άκρα επαφής με το επίπεδο της μέτρησης. Τα εναλλάξιμα άκρα και οι βραχίονες κεντραρίσματος επιτρέπουν τη διεξαγωγή μετρήσεων με επαφείς είτε δύο είτε τριών σημείων, δηλαδή το σχηματισμό με ή χωρίς τη χρήση επαφέα κεντραρίσματος.

Αν και οι μακρές βραχίονες του διαβήτη μειώνουν τη σταθερότητα του οργάνου με δυναμικές ζημιογόνες επιδράσεις στην ακρίβεια της μέτρησης, τη γρήγορη ρύθμιση, το εύρος του πεδίου μετρήσεων, την εύκολη παρατήρηση του δείκτη του αναλόγιου και τη διαθεσιμότητα των άκρων επαφής σε διαφορετικούς σχεδιασμούς και μεγέθη, θεωρούνται χρήσιμα χαρακτηριστικά αυτού του σχεδιασμού.

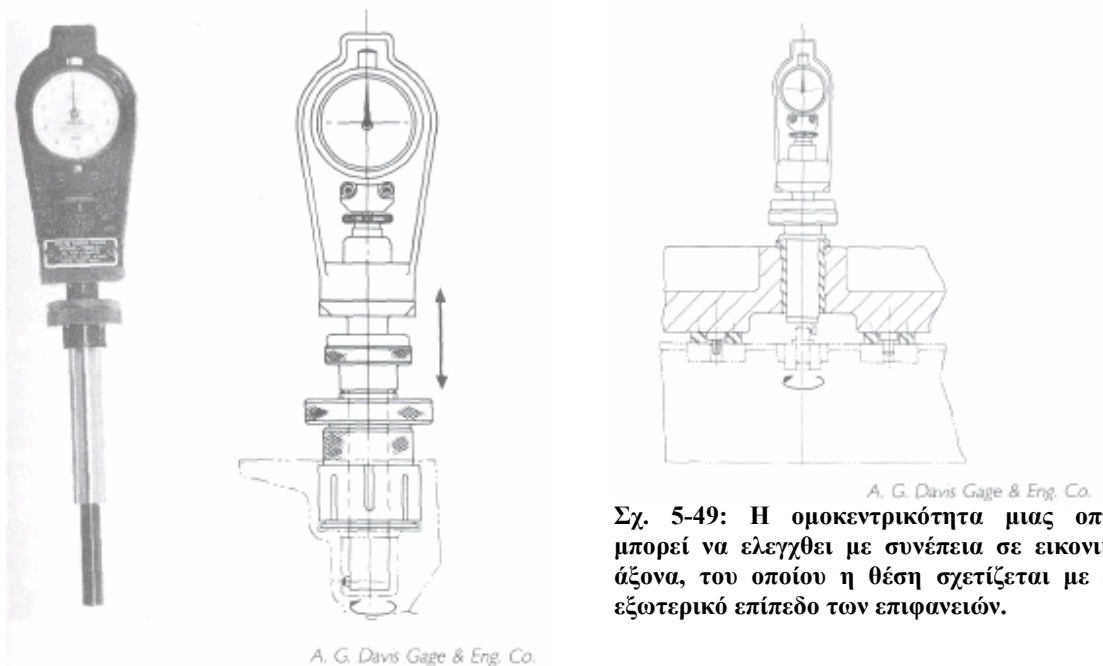
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΟΜΟΚΕΝΤΡΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΟΠΩΝ

Για μετρήσεις σε σχέση με οπές είναι διαθέσιμος ένας συγκεκριμένος τύπος ενδεικτικού οργάνου. Ορίζεται, κοινώς, ως όργανο ομοκεντρικότητας (Σχ. 5-47), λαμβάνοντας την ονομασία του από μια κατηγορία μετρήσεων που αντιπροσωπεύουν την επικρατέστερη εφαρμογή του.

Οι στρογγυλές οπές στα μηχανικά συστατικά καθορίζονται, συνήθως, με σφιχτές ανοχές για ομοκεντρικότητα και σωστή τοποθέτηση. Η ομοκεντρικότητα απαιτεί την ακριβή ευθυγράμμιση των αξόνων δύο ή περισσότερων οπών με ίσες ή όχι διαμέτρους, που βρίσκονται σε σειρά. Μία από τις οπές που συμπεριφέρεται ως τη βάση αναφοράς για την εν λόγω μέτρηση, θα τοποθετήσει στο όργανο, καθοδηγώντας το κυλινδρικό μετρητικό στέλεχος. Διαφορές των διαμέτρων της οπής αναφοράς και της μικρότερης του στελέχους, ισοσταθμίζονται με ευκολία με την τοποθέτηση ενός αντιτριβικού δακτυλίου κατάλληλων διαστάσεων εντός της οπής. Ο άξονας του οργάνου, στην πραγματικότητα μια εσωτερική προέκταση του στελέχους, διαθέτει το ρυθμιζόμενο ακτινικό μέλος επαφής που συνδέεται με το ενδεικτικό όργανο. Το σημείο επαφής μετακινείται πάνω στην επιφάνεια της οπής που ερευνάται, ενώ το όργανο περιστρέφεται καθοδηγούμενο από την οπή αναφοράς (Σχ. 5-48). Αποκλίσεις στην αξονική απόσταση της ερευνούμενης επιφάνειας οπής από τον άξονα περιστροφής του οργάνου, ανιχνεύονται από τον επαφέα και παρουσιάζονται από το ενδεικτικό όργανο ως η τιμή εκκεντρότητας της οπής. Μετακινώντας πάνω-κάτω το όργανο, εντός της οπής αναφοράς, ενώ το αισθητήριο άκρο βρίσκεται σε επαφή με τα τοιχώματα της μετρούμενης οπής, το ενδεικτικό όργανο παρουσιάζει την παρουσία και την τιμή του ανεπαρκούς παραλληλισμού των συσχετιζόμενων επιφανειών.

Τα ενδεικτικά όργανα ομοκεντρικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολύ αποτελεσματικά και για τη μέτρηση της σωστής τοποθέτησης οπών σε σχέση με φυσικές επιφάνειες του τεμαχίου που χρησιμεύουν ως επίπεδα αναφοράς. Οι ενδείξεις που είναι αποτέλεσμα αυτών των μετρήσεων ικανοποιούν τη βασική ιδέα της θέσης πραγματικής διαστασιολόγησης. Για τη διεξαγωγή αυτού του είδους των μετρήσεων απαιτείται βοηθητικός μηχανισμός σταθεροποίησης, όπου μπορεί να επιτευχθεί με φυσικό τρόπο, η τοποθέτηση του άξονα της οπής σε σχέση με την επιφάνεια αναφοράς (Σχ. 5-49). Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται ουσιαστικά από μια πλάκα εφοδιασμένη με μέλη επαφής για την τοποθέτησή της στο επίπεδο αναφοράς του αντικειμένου και με οπή ακριβείας για την καθοδήγηση του οργάνου.

Το αισθητήριο άκρο θα έρθει σε άμεση επαφή με τα τοιχώματα της ερευνούμενης οπής. Παρόλα αυτά, σε περιπτώσεις, όπου ο μόνος αντικειμενικός σκοπός της μέτρησης είναι η σωστή τοποθέτηση της οπής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, επίσης, μια μεταφερόμενη θέση οπής που εκτελείται από ένα μετρητικό πείρο που προσαρμόζεται στην ερευνούμενη οπή (Σχ. 5-49).



Σχ. 5-47: (Αριστερά) Το όργανο ομοκεντρικότητας οπής είναι ένα από τα βασικά όργανα με μακριά στελέχη για τον έλεγχο οπών μεγάλου βάθους.
Σχ. 5-48: (Δεξιά) Το όργανο ελέγχει την ομοκεντρικότητα όταν περιστρέφεται και τον παραλληλισμό των τοιχωμάτων όταν κινείται σε αξονική κατεύθυνση.

Σχ. 5-49: Η ομοκεντρικότητα μιας οπής μπορεί να ελεγχθεί με συνέπεια σε εικονικό άξονα, του οποίου η θέση σχετίζεται με το εξωτερικό επίπεδο των επιφανειών.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ

Τα ενδεικτικά όργανα μέτρησης οπών, που είναι όργανα συγκριτικού τύπου, πρέπει να ρυθμιστούν στο απαιτούμενο ονομαστικό μέγεθος, με το οποίο θα συγκριθεί στη συνέχεια το πραγματικό μέγεθος της μετρούμενης οπής. Η λειτουργία του οργάνου, και σε αυτήν την περίπτωση, είναι να ερευνά και να παρουσιάζει την τιμή και την κατεύθυνση κάθε απόκλισης από το ονομαστικό μέγεθος. Η ρύθμιση του οργάνου απαιτεί την προσαρμογή ενός μετρητικού μέλους, συνήθως του σημείου επαφής, ώστε, όταν βρίσκεται σε επαφή με το επιλεγμένο ονομαστικό μήκος, το αναλόγιο να έχει ένδειξη μηδενική.

Ο τρόπος με τον οποίο το ονομαστικό αυτό μέγεθος χρησιμοποιείται με φυσικό τρόπο για τη ρύθμιση του οργάνου ποικίλει. Οι διαφορετικές μέθοδοι έχουν τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι μέθοδοι εξετάζονται παρακάτω.

➤ Η χρήση εξωτερικού μικρομέτρου είναι η γρηγορότερη και πιο άμεσα διαθέσιμη μέθοδος, ακόμα και για συμβατικές εμπορικές συνθήκες, άλλα ενέχει περιορισμένη ακρίβεια. Οι ενυπάρχουσες ανακρίβειες των μικρομέτρων μεγαλύτερου μεγέθους και η δυσκολία επίτευξης αξιόπιστης τοποθέτησης και ευθύγραμμιας των σφαιρικών μετρητικών σημείων του οργάνου, πάνω στις μικρές επιφάνειες επαφής του

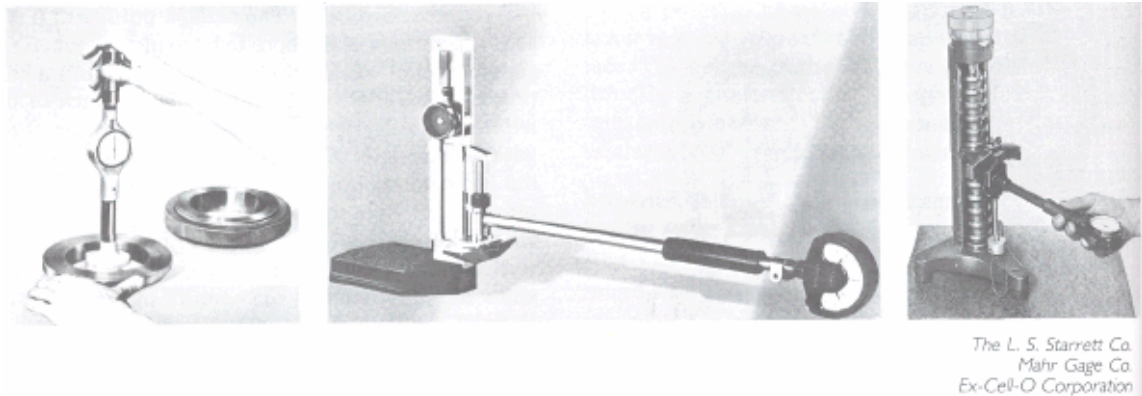
μικρομέτρου, κάνουν αυτή τη μέθοδο ρύθμισης ακατάλληλη για μετρήσεις με απαιτήσεις επαναληπτικής ακρίβειας καλύτερης από 0,001 της ίντσας.

Συγκεκριμένοι τύποι μετρητών οπών με ενδεικτικά όργανα και πιο συγκεκριμένα όσοι προορίζονται για εμπορικές εφαρμογές επιδιόρθωσης, παρέχουν μέσα για αναστροφή της διαδικασίας ρύθμισής τους από μικρόμετρα. Τέτοια όργανα (Σχ. 5-39) προσαρμόζονται χονδρικά, στην αρχή, για να ταιράξουν στην ερευνούμενη οπή και να επισημάνουν διαφοροποιήσεις στη μορφή. Στη συνέχεια, το έμβολο επαφής του οργάνου μπορεί να κλειδώσει ενώ βρίσκεται εντός της οπής, με τη βοήθεια του κονδυλωτού κομβίου, πάνω στο προεξέχον στέλεχος του σκελετού του οργάνου. Η απόσταση πάνω στους κλειδωμένους πλέον επαφείς του οργάνου μπορεί να μετρηθεί από ένα συμβατικό μικρόμετρο.

➤ Η μέθοδος που έγκειται στη χρήση μετρητικού δακτυλίου ως πρότυπο ρύθμισης είναι η λιγότερο εκτεθειμένη σε σφάλματα προσαρμογής πάνω στο μετρητικό όργανο, καθώς επίσης, η μόνη πρακτική για ακριβή ρύθμιση επαφών τριών σημείων. Η ρύθμιση μέσω της μεθόδου διευκολύνεται, όταν το όργανο έχει επίπεδη επιφάνεια παράλληλη στους άξονες των εμβόλων επαφών. Στην περίπτωση αυτή, το όργανο μπορεί να τοποθετηθεί σε επίπεδη επιφάνεια που στηρίζει επίσης και το μετρητικό δακτύλιο. Έτσι, το όργανο και το πρότυπο ρύθμισης έχουν κοινό επίπεδο αναφοράς για τη λειτουργία της ρύθμισης (Σχ. 5-50). Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ανάγκη για διαφορετικούς μετρητικούς δακτυλίους για κάθε διάσταση ρύθμισης. Κατ' εξαίρεση, οι δακτύλιοι με μέγεθος κοντά στο απαιτούμενο ονομαστικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όταν η διαφορά τους είναι μικρότερη από το μετρητικό πεδίο του ενδεικτικού οργάνου. Οι μετρητικοί δακτύλιοι ως πρότυπα ρύθμισης προτιμώνται ιδιαίτερα για συνεχόμενες ή επαναληπτικές μετρήσεις οπών ομοίου μεγέθους.

➤ Η χρήση συζεύξεων πλακιδίων πρότυπου μήκους με σφιγκτήρα και ράβδους στα δύο άκρα (Σχ. 5-51) παρέχει πρότυπο ρύθμισης υψηλής ακριβείας για ενδεικτικά όργανα εσωτερικών μετρήσεων. Μπορεί να θεωρηθεί ως η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος, όταν απαιτείται αξιόπιστη ακρίβεια των οργάνων ρύθμισης και δεν διατίθενται ειδικά ρυθμιστικά πρότυπα. Τα πλακίδια πρότυπου μήκους ανήκουν στο βασικό εξοπλισμό ενός κέντρου μετρήσεων και ελέγχου, με συνέπεια να αποτελούν μια άμεσα εφαρμοζόμενη μέθοδο ρυθμίσεως. Ένα πιθανό μειονέκτημα προκύπτει από την ανάγκη κατασκευής ενός νέου συσσωματώματος για κάθε λειτουργία ρύθμισης, το οποίο και είναι μια χρονοβόρα διαδικασία.

➤ Η χρήση ρυθμιστικών συσκευών για τα όργανα μέτρησης οπών (Σχ. 5-52) είναι μια άνετη διαδικασία για τη γρήγορη ρύθμισή τους σε κάθε επιθυμητό μέγεθος, εντός του εκτεταμένου πεδίου του βοηθητικού αυτού εξοπλισμού. Το ουσιαστικό χαρακτηριστικό της συσκευής αυτής είναι μια ράβδος βήματος με ακρίβεια πρότυπων πλακιδίων, αντιπροσωπεύοντας διάστημα μιας ίντσας. Οι ενδιάμεσες θέσεις ρυθμίζονται με τη βοήθεια ενός μεγάλου τυμπάνου μικρομέτρου με ενδείξεις σε δέκατα του χιλιοστού της ίντσας. Η ολική ακρίβεια της συσκευής είναι της τάξης του 0,0001 της ίντσας, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική για την πλειοψηφία των μετρήσεων που πραγματοποιούνται με τη βοήθεια ενδεικτικών οργάνων για μέτρηση οπών.



Σχ. 5-50: (Αριστερά) Ρύθμιση ενός ενδεικτικού οργάνου οπής με πρότυπο δακτύλιο.

Σχ. 5-51: (Κέντρο) Ρύθμιση ενδεικτικού οργάνου, με τη χρήση συσσωματώματος πλακιδίων σε σταθερή έδραση.

Σχ. 5-52: (Δεξιά) Ρύθμιση ενδεικτικού οργάνου με προσαρμοζόμενη ρυθμιστική συσκευή.

5.8 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται μηχανικά ενδεικτικά όργανα με συστήματα μεγέθυνσης αποτελέσματος σχεδιασμένα για ακριβείς μετρήσεις μικρών αποκλίσεων υπό συνθήκες που απαιτούν μικρότερη, από τη συνήθη σε κοινές πρακτικές, δύναμη επαφής. Συνήθως, εργάζονται με τη βοήθεια ενός συστήματος μοχλού με βάση για την ερμηνεία του αποτελέσματος, είναι σχεδιασμένα να αντιλαμβάνονται μετατοπίσεις στην κατεύθυνση του άξονα του επαφής και είναι παρέχουν μεγαλύτερη ευκρίνεια από άλλα ενδεικτικά όργανα που διαθέτουν μοχλό ως κύριο μέσο ερμηνείας αποτελέσματος. Τα περισσότερα μοντέλα χρησιμοποιούν μεγάλους δείκτες για την τελική ενίσχυση του σήματος, με αναλόγια τμηματικής μορφής και το δείκτη να παρουσιάζει μονό κινήσεις σάρωσης, αντί πλήρους περιστροφής. Εξαιτίας αυτών των χαρακτηριστικών, για την περιγραφή ενός οργάνου της κατηγορίας χρησιμοποιούνται και οι ορισμοί «τμηματικού τύπου ενδεικτικά όργανα» και «ενδεικτικά όργανα σάρωσης».

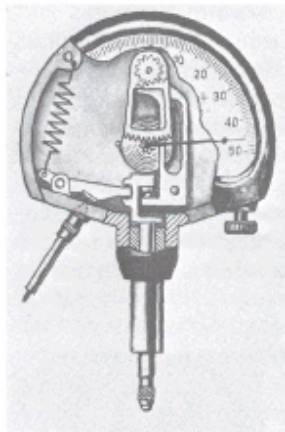
Ενώ το σύστημα μοχλού επιτρέπει μεγάλο βαθμό ενίσχυσης, όπως συμβαίνει με τα μηχανικά συστήματα, απαιτώντας λιγότερα συστατικά από ένα μηχανισμό οδόντων ιδίων χαρακτηριστικών, το μετρητικό πεδίο του είναι μικρότερο. Συνυπολογίζοντας ότι τα όργανα υψηλής ευαισθησίας επιλέγονται συνήθως για τεμάχια με σφιχτά όρια ανοχών, τα μικρά μετρητικά πεδία είναι γενικά ικανά για να περικλείουν την έκταση των ανοχών του τεμαχίου. Η πρακτική εμπειρία έχει δείξει ότι ο βαθμός ενίσχυσης του επιλεγμένου ενδεικτικού οργάνου πρέπει να επιτρέπει τη μέτρηση του τεμαχίου σε διαβαθμίσεις ίσες περίπου με το 1/10 του πεδίου ανοχών. Η επιλογή οργάνου χαμηλότερης ευαισθησίας θα επιδράσει αφαιρετικά στην επιθυμητή ακρίβεια της μέτρησης, ενώ η επιλογή οργάνου με μεγαλύτερη ευαισθησία μπορεί να έχει ως συνέπεια το πεδίο ανοχών να εκτείνεται εκτός του πεδίου μέτρησης του οργάνου.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΜΗΜΑΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ

Το Σχήμα 5-53, απεικονίζει το εσωτερικό των κύριων μηχανικών στοιχείων ενός συγκεκριμένου σχεδιασμού, που επιλέχθηκε ως χαρακτηριστικό παράδειγμα μηχανικού οργάνου τμηματικού τύπου. Ένας ειδικού τύπου μοχλός, που αποφεύγει το αναξιόπιστα κομμένο άκρο του ελατηρίου, διαθέτει τμήμα οδόντων σε επαφή με ένα μικρό πινιόν και ένα συσπειρωμένο ελατήριο ως αποσβεστήρα κραδασμών. Οι μετατοπίσεις του μετρητικού επαφέα μεταδίδονται στο μοχλό με τη βοήθεια μιας μπίλιας ακριβείας που περιστρέφεται πάνω σε μια τέλεια επικαλυμμένη από ζαφείρι, επιφάνεια. Η δύναμη μέτρησης παρέχεται από ένα τεταμένο ελατήριο που ενεργεί σε ένα μοχλοβραχίονα. Η δύναμη μπορεί προσωρινά να ανακουφιστεί από ένα μικρό έμβολο, που μέσω καλωδίου, ενεργεί για να ανορθώσει το μοχλοβραχίονα που κινείται μέσω του ελατηρίου. Ο απομακρυσμένος χειρισμός του μηχανισμού ανόρθωσης προστατεύει το όργανο από απρόσεκτες ενοχλήσεις της ρύθμισης και από την επίδραση της θερμοκρασίας του σώματος του χειριστή του οργάνου.

Το Σχήμα 5-54 παρουσιάζει τον ίδιο τύπο οργάνου τοποθετημένο σε βάση σύγκρισης, εφαρμογή που είναι χαρακτηριστική αλλά όχι αποκλειστική για τα ενδεικτικά όργανα υψηλής ευαισθησίας. Η σωστή ρύθμιση του δείκτη στη θέση μηδέν, όταν ο επαφέας βρίσκεται υπό πίεση μέτρησης πραγματοποιείται με τον κοχλία κονδυλωτής κεφαλής στη δεξιά πλευρά του οργάνου. οι βοηθητικοί δείκτες ανοχών προσαρμόζονται για να φαίνονται τα οριακά μεγέθη του μετρούμενου τεμαχίου, διευκολύνοντας με τον τρόπο αυτό τον έλεγχο τεμαχίων με το ίδιο ονομαστικό μέγεθος.

Τα ενδεικτικά όργανα ακριβείας αυτού του τύπου διατίθενται σε τρία διαφορετικά μοντέλα με μηχανισμούς ενίσχυσης σήματος 180X, 900X και 2250X και διαβαθμίσεις κλίμακας 0,0005 ίντσες, 0,00005 ίντσες και 0,00002 ίντσες αντίστοιχα.



Σχ. 5-53: (Αριστερά) Τομή οργάνου ακριβείας τμηματικού τύπου, υψηλής ευαισθησίας. Το μηχανικό ενδεικτικό όργανο παρουσιάζει τα κύρια συστατικά του μηχανισμού ενίσχυσης.

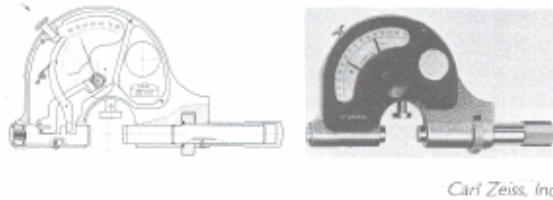
Σχ. 5-54: (Δεξιά) Ενδεικτικό όργανο ακριβείας τμηματικού τύπου, τοποθετημένο σε βάση συγκριτικού οργάνου. Το καλώδιο επιτρέπει την ανάκληση του επαφέα του οργάνου από απόσταση.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Ο μηχανισμός τμηματικού τύπου βρίσκει, επίσης, εφαρμογή σε περιπτώσεις φορητών ενδεικτικών οργάνων που απαιτούνται για τον έλεγχο διαστάσεων αντικειμένου, με σφιχτά όρια ανοχών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την κατηγορία

αυτών των οργάνων παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-55, σε τομή. Όπως φαίνεται, ένα έμβολο που περιέχει το σημείο επαφής και ενεργοποιείται από ελατήριο, ενεργεί σε ένα ειδικό μοχλό του οποίου ο μακρύτερος βραχίονας καταλήγει σε τμήμα οδόντων που βρίσκεται σε επαφή με ένα πινιόν. Ο ανακουφιστικός μοχλός με μηχανισμό κομβίου δρα πάνω στο έμβολο. Το Σχήμα 5-56 παρουσιάζει το γενικό σχεδιασμό του μοντέλου χωρητικότητας μιας ίντσας. Άλλα μοντέλα με χωρητικότητα 2, 3, 4 ίντσες και πεδίο ρυθμίσεως μίας ίντσας, υπάρχουν διαθέσιμα στο εμπόριο.

Τα όργανα αυτά είναι, στην πραγματικότητα, ρυθμιζόμενοι ελεγκτήρες ορίων με οθόνη ενδείξεων και διακριτά χαρακτηριστικά τον πολύ ακριβή και ευαίσθητο μηχανισμό μεγέθυνσης σήματος που λειτουργεί σε ένα σχετικά μεγάλο πεδίο μετρήσεων. Το αναλόγιο αυτού του τύπου οργάνων έχει ευκρινώς αναγνώσιμες διαβαθμίσεις σε κλίμακα 0,0045 της ίντσας και κάθε κάθε κενό διάστημα αντιπροσωπεύει μετατόπιση του εμβόλου επαφής κατά 0,0001 ίντσες. Το πεδίο ενδείξεων είναι +/- 0,0035 της ίντσας. Οι προσαρμοζόμενοι δείκτες ορίων ανοχών, το κομβίο ανακούφισης της πίεσης και τα εναλλάξιμα πλευρικά στοπ αποτελούν μέρος του βασικού εξοπλισμού.



Σχ. 5-55: (Αριστερά) Τομή ενδεικτικού οργάνου υψηλής ευαισθησίας. Ρυθμιζόμενος ελεγκτήρας με μηχανισμό τμηματικού τύπου ενδεικτικού οργάνου.

Σχ. 5-56: (Δεξιά) Γενική όψη του οργάνου.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟ ΣΥΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΩΝ ΤΑΙΝΙΩΝ

Ο μηχανισμός αυτός είναι ένα σύστημα μηχανικής ενίσχυσης σήματος που χρησιμοποιείται σε κάποια σουηδικά μοντέλα ενδεικτικών οργάνων. Είναι γνωστό ως φαινόμενο πως όταν μία χορδή ελαστικής μεταλλικής ταινίας συστρέφεται και επιβάλλεται στον άξονά της μια δύναμη επιμήκυνσης, το βήμα της μεταβάλλεται. Η μεταβολή αυτή της γεωμετρίας, που είναι στην πραγματικότητα μια περιστροφή της υπό έκταση ταινίας, είναι ανάλογη στις μεταβολές της επιμήκυνσης, όσο η τελευταία βρίσκεται εντός ενός συγκεκριμένου πεδίου, το μήκος του οποίου εξαρτάται από τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά των συνεστραμμένων ταινιών.

Η περιστροφή που επηρεάζεται από την επιμήκυνση, μπορεί να μετρηθεί φέρνοντας ένα δείκτη σε επαφή με την ταινία και παρατηρώντας τις αποκλίσεις του πάνω σε βαθμονομημένο τομέα που βρίσκεται σε παράλληλο επίπεδο προς τον άξονα της ταινίας. Κατά τη μεταφορά του φαινομένου σε εφαρμογές ενδεικτικών οργάνων μετρήσεων, χρησιμοποιείται ένας ορειχάλκινος διάτρητος ιμάντας, ορθογωνικής διατομής και η επιμήκυνση που προέρχεται από τη μετατόπιση του μετρητικού επαφής, μεταδίδεται μέσω ενός ειδικού μοχλού, γνωστού και ως πρόβολος. Οι αρχές λειτουργίας παρουσιάζονται διαγραμματικά στο Σχήμα 5-57. Το Σχήμα 5-58 παρουσιάζει τα ουσιαστικά λειτουργικά χαρακτηριστικά αυτού του ενδεικτικού οργάνου.

Η αρχή της ερμηνείας των μετατοπίσεων του συνεστραμμένου ιμάντα επιτρέπει ευελιξία σχεδιασμού που αντικατοπτρίζεται στο εύρος των διαθέσιμων οργάνων της κατηγορίας και στο γεγονός ότι όλα λειτουργούν υπό τις ίδιες βασικές αρχές. Ανάλογα με την ευαισθησία μπορούν να επιλεγούν ενισχύσεις σήματος που να καταδεικνύουν για κάθε βαθμονόμηση της κλίμακας διαφοροποιήσεις μεγέθους της τάξης του 0,0001 της ίντσας για τη χαμηλότερη και 0,000005 της ίντσας για την υψηλότερη. Αν και τα νούμερα αυτά είναι εντυπωσιακά, τα όργανα της κατηγορίας δεν ενδείκνυνται για μετρήσεις μεγάλου πλάτους αποκλίσεων.

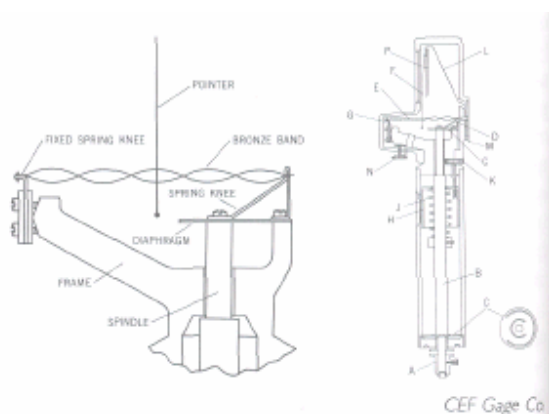
Το πραγματικό πεδίο μετρήσεων του οργάνου εξαρτάται από την κατηγορία της ενίσχυσης σήματος και από την έκταση της κλίμακας. Όσο αφορά την έκταση της κλίμακας διατίθενται δύο τύποι οργάνων. Ένας με τομέα 100 διαβαθμίσεων και ένας άλλος που καλύπτει την περιστροφή του δείκτη με 250 διαβαθμίσεις.

Η συμβατική πίεση μέτρησης των οργάνων είναι 250 γραμμάρια. Σε άλλα μοντέλα η πίεση αυτή προσαρμόζεται μεταξύ 28,5 γραμμαρίων και 1136 γραμμαρίων για γενικές μετρήσεις και από 0-30 γραμμάρια για τη μέτρηση τεμαχίων ελαφρών υλικών ή συστατικών με λεπτές διατομές. Οι χαμηλές αυτές πιέσεις επιτυγχάνονται εξαιτίας της πρακτικά άνευ τριβής λειτουργίας των οργάνων.

Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό ακριβείας. Τα περισσότερα μοντέλα έχουν ακρίβεια +/- 1% και ακόμα και στα μοντέλα ύψιστου βαθμού ενίσχυσης σήματος, το πεδίο σφαλμάτων των ενδείξεων δεν υπερβαίνει το +/- 1/2 %. Επειδή δεν υπάρχουν, πρακτικά, συστήματα τριβής στο όργανο, η αρχική ακρίβεια μπορεί να διατηρηθεί για αρκετά χρόνια χρήσης του οργάνου.

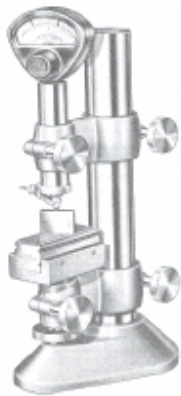
Αν και οι διαφορετικοί σχεδιασμοί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, έχουν ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο πεδίο δυναμικών εφαρμογών, η ενυπάρχουσα μορφή και τα όρια των διαστάσεων των ενδεικτικών οργάνων της κατηγορίας αποδεικνύονται περιοριστικοί παράγοντες για τη χρήση των οργάνων σε απαγορευμένες περιοχές.

Τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται και για εξωτερικές και για εσωτερικές μετρήσεις χειρός και μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν ως όργανα ελέγχου. Πάντως, η πιο κοινή εφαρμογή τους είναι στα επιτραπέζια ενδεικτικά όργανα συγκρίσεως (Σχ. 5-59), όπου μπορεί να υλοποιηθεί πλήρως η συνεπής ακρίβεια υπό την υψηλότερη ενίσχυση σήματος και με την ελάχιστη παρέμβαση των εξωγενών παραγόντων που είναι αναπόφευκτοι στις μετρήσεις με ελεύθερο χέρι.



Σχ. 5-57: (Αριστερά) Σχέδιο απεικόνισης των λειτουργικών χαρακτηριστικών των ενδεικτικών οργάνων με μηχανισμό συνεστραμμένων ταινιών.

Σχ. 5-58: (Δεξιά) Τα ουσιαστικά λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός ενδεικτικού οργάνου της εταιρίας Mikroktor: (A) αντικαταστάσιμο άκρο μέτρησης, (B) σταθερά κινούμενος άξονας επαφής, (C) χαλύβδινα διαφράγματα στήριξης, (D) σκέλος ελατηρίου, (E) ορειχάλκινος διάτρητος ιμάντας, (F) κωνικός δείκτης, (G) σταθερό στέλεχος ελατηρίου, (H) θάλαμος ελατηρίου, (J) ελατήριο μέτρησης πίεσης, (K) ρυθμιστής μέτρησης πίεσης, (L) δείκτης ανοχών, (M) ρυθμιστικά δείκτη ανοχής, (N) ρυθμιστικός κοχλίας μηδενισμού, (P) κλίμακα



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Co. Div., Colt Industries
CEJ Gage Co.

Σχ. 5-59: (Αριστερά) Ενδεικτικό όργανο, τοποθετημένο σε βάση συγκριτικού οργάνου και εφοδιασμένο με περικόχλιο ανύψωσης, για τη σωστή ρύθμιση της επιφάνειας εργασίας.

Σχ. 5-60: (Δεξιά) Γενική όψη μηχανικού συγκριτικού οργάνου.

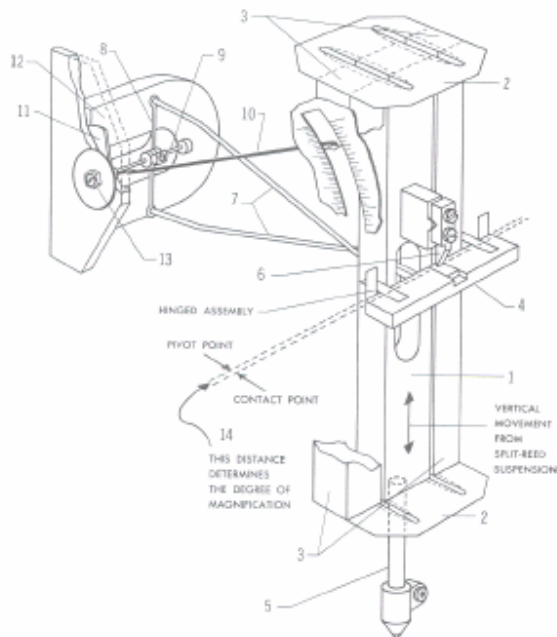
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕ ΜΟΧΛΟ ΣΕ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΕΔΡΑΣΗ

Τα ενδεικτικά όργανα της κατηγορίας αναφέρονται σε ένα απλό μηχανικό σύστημα (Σχ. 5-60) με υψηλά χαρακτηριστικά ενίσχυσης. Χρησιμοποιεί τα χαρακτηριστικά παράλληλης μετατόπισης της ανάρτησης χτενιού και τη θετική τοποθέτηση υπομόχλιου, πραγματοποιούμενη από τη μεταχείριση χαλύβδινων ταινιών άρθρωσης. Οι γραμμικές μετατοπίσεις του μετρητικού στελέχους-ανάρτηση μετατρέπονται σε κινήσεις σάρωσης μιας σύζευξης αρθρώσεων. Το αποτέλεσμα της γωνιακής μετατόπισης ενισχύεται στη συνέχεια από ένα σύστημα διπλού μοχλού, επιτρέποντας επιλογή από τάξεις ενίσχυσης 300X έως 5000X.

Το Σχήμα 5-61 απεικονίζει τις αρχές λειτουργίας του οργάνου (1,2,3) που φέρει το μετρητικό επαφά (5). Οι μετατοπίσεις του στελέχους του οργάνου μεταδίδονται μέσω της ρυθμιζόμενης σφήνας (6) στην κονσόλα με τις αρθρώσεις (4), που ορίζει το μικρότερο βραχίονα ενός συστήματος μοχλού. Προσαρμόζοντας την απόσταση (14) ανάμεσα στη γραμμή που βρίσκεται το υπομόχλιο και τη γραμμή δράσης της σφήνας, μπορεί να διαφοροποιηθεί ο λόγος ανάμεσα στη γραμμική μετατόπιση και τη γωνιακή σάρωση. Ο άλλος βραχίονας του αρθρωτού μοχλού έχει σχήμα πηρούνας (7) και το τελείωμα του, περιγράφει ένα τόξο με πολλαπλάσιο μήκος από την πραγματική μετατόπιση. Η κίνηση αυτή ενισχύεται επιπλέον από σύστημα μετάδοσης, αποτελούμενο από μια ταινία (8) σε επαφή με τα άκρα του (7), που είναι τυλιγμένη γύρω από μικρό τύμπανο. Το τύμπανο είναι ρυθμισμένο να περιστρέφεται από την κίνηση σάρωσης του βραχίονα (7). Ο άξονας του τυμπάνου φέρει το μεγάλο δείκτη (10) που παρουσιάζει κατά μήκος μιας τμηματικής κλίμακας το υψηλά ενισχυμένο σήμα της αισθητής μετατόπισης. Το κουζινέτο (13) του άξονα του δείκτη και τα στελέχη του μαγνητικού σταθεροποιητή περιστροφής (11,12) συμπληρώνουν τη λίστα των χαρακτηριστικών του οργάνου αυτού.

Ο μηχανισμός ενίσχυσης είναι προσαρμόσιμος για τη μέτρηση πολλαπλών διαστάσεων, τοποθετώντας διάφορους βασικούς μηχανισμούς σε μια σύζευξη, ώστε να

επιτυγχάνεται επαφή με τις κρίσιμες διαστάσεις του αντικειμένου. Στην εφαρμογή αυτή το πραγματικό μέγεθος των διαφορετικών διαστάσεων δεν εμφανίζεται. Ο έλεγχος έχει μοναδικό σκοπό τον καθορισμό της πραγματικής κατάστασης των μετρούμενων διαστάσεων σε σχέση με τα όρια ανοχών. Η κατάσταση μεγέθους κάθε ανεξάρτητης διάστασης παρουσιάζεται σε ένα ταμπλό με φωτεινές ενδείξεις «OK», «υπερμεγέθες» ή «υπομεγέθες». Ένα ειδικού τύπου όργανο πολλαπλών διαστάσεων της κατηγορίας, χρησιμοποιεί στήλες αέρος για την παρουσίαση των καταστάσεων των διαφορετικών διαστάσεων πάνω στο ταμπλό. Ακόμα, όμως, και σε αυτόν τον τύπο οργάνου η πραγματική μέτρηση, όπως και το βασικό σύστημα ενίσχυσης είναι απλές μηχανικές λειτουργίες.



Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Co. Div., Colt Industries

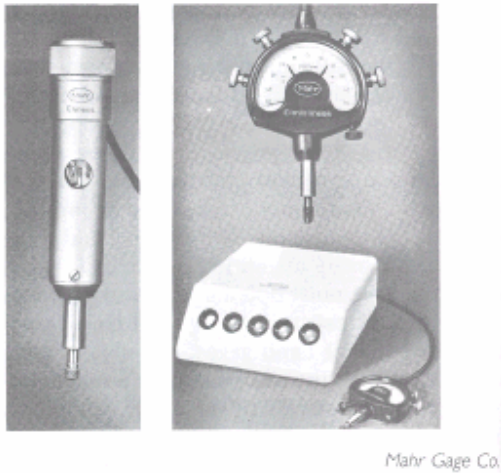
Σχ. 5-61: Σχηματική απεικόνιση των βασικών συστατικών και των λειτουργικών χαρακτηριστικών του οργάνου.

5.9 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΙΑΚΗΣ ΘΕΣΗΣ

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα όργανα που, αν και λειτουργούν ουσιαστικά ως συσκευές μηχανικής ερμηνείας μετατοπίσεων, διαφέρουν από τα συμβατικά διότι διαθέτουν μοχλό με ηλεκτρικά σημεία επαφής, τα οποία είτε:

- α) αντικαθιστούν το συμβατικό δείκτη και την κλίμακα (Σχ. 5-62)
- β) εργάζονται με τον ηλεκτρικό μοχλό ως πρόσθετο μέλος, διατηρώντας τη συμβατική τμηματική κλίμακα και το δείκτη (Σχ. 5-63)

Ενώ η απλή, ηλεκτρονικού τύπου, αιθητήρια κεφαλή παράγει σήματα μόνο στις τελικές θέσεις του πεδίου μεγέθους, το οποίο πρέπει να καθοριστεί κατά τη ρύθμιση του οργάνου, η κεφαλή που χρησιμοποιείται στην κατηγορία αυτών των οργάνων επιτρέπει παρατήρηση και μέτρηση των ενδιάμεσων μεγεθών του αντικειμένου.



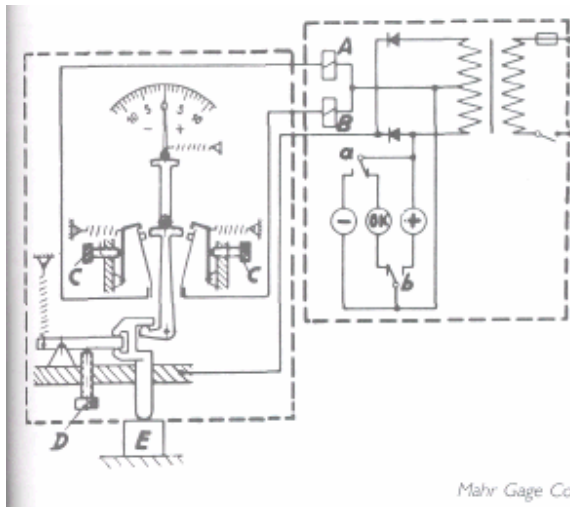
Σχ. 5-62: (Αριστερά) Μηχανικός αισθητήρας θερμότητας με προσαρμοζόμενους ηλεκτρικούς επαφείς για την ένδειξη οριακής θέσης.

Σχ. 5-63: (Δεξιά) Μηχανικά ενδεικτικά όργανα, τμηματικού τύπου, που συμπληρώνονται από ηλεκτρικές ενδείξεις οριακής θέσης σε αρμονία με τους ρυθμιζόμενους δείκτες ανοχών.

Οι συνεγαζόμενοι επαφείς του μοχλού προσαρμόζονται με σκοπό να κλείσουν τους σχετικούς διαδρόμους, όταν ένα από τα όρια ανοχών του αντικειμένου έχει προσεγγιστεί ή ξεπεραστεί. Κάποιοι κατασκευαστές απαιτούν διακριτική ευχέρεια 10 μικροϊντσών για τους μηχανικούς αισθητήρες που λειτουργούν ως οριακοί διακόπτες και παράγουν θετικά φωτεινά σήματα. Αυτά τα χαρακτηριστικά των οργάνων, έχουν ως αποτέλεσμα να καθιστούν τα όργανα, εργαλεία ελέγχου των οποίων η συμπεριφορά μπορεί δύσκολα να αντιγραφεί από τα απλά μηχανικά συγκριτικά όργανα, ακόμα και από εκείνα με τη μεγαλύτερη ευαισθησία.

Όταν χρησιμοποιούνται αισθητήριες κεφαλές χωρίς κλίμακα ενδείξεων, οι δύο οριακές θέσεις του οργάνου πρέπει να ρυθμιστούν με τη βοήθεια δύο προτύπων ή συσσωματωμάτων πλακιδίων πρότυπου μήκους, που θα αντιπροσωπεύουν τις οριακές θέσεις. Από την άλλη, τα ενδεικτικά όργανα που χρησιμοποιούν συμπληρωματικούς ηλεκτρικούς επαφείς, απαιτούν μόνο ένα ρυθμιστικό πρότυπο, που, συνήθως αλλά όχι απαραίτητα, αντιπροσωπεύει το ονομαστικό μέγεθος του τεμαχίου. Ακολουθώντας την αρχική αυτή ρύθμιση, οι δείκτες ορίου του οργάνου τοποθετούνται στην επιθυμητή οριακή θέση με τη βοήθεια των βαθμονομήσεων της κλίμακας. Επιπλέον θα ρυθμιστούν και οι συνεγαζόμενοι επαφείς, ώστε όταν ο δείκτης του οργάνου διασταυρωθεί με τα σημεία ορίων, να παραχθούν σήματα.

Το Σχήμα 5-64 παρουσιάζει ένα απλοποιημένο διάγραμμα κυκλώματος μηχανικού οργάνου με ηλεκτρικά συστατικά και συνδυάζει τις δυνατότητες των ενδείξεων σε κλίμακα και της ηλεκτρικής εμφάνισης σήματος στην οριακή θέση. Τα ηλεκτρικά σήματα που προέρχονται από την κεφαλή του οργάνου στις ρυθμισμένες οριακές θέσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορες πρόσθετες μηχανικές λειτουργίες, όπως η καταγραφή, η καταμέτρηση και η διαλογή.



Σχ. 5-64: Σχηματική απεικόνιση της ηλεκτρικής γραμμής ενός μηχανικού ενδεικτικού οργάνου σήμανσης. (A) και (B) ηλεκτρονόμοι, (C) ρυθμιστικός κοχλίας ηλεκτρικών επαφών (D) κοχλίας ανύψωσης, (E) πλακίδιο πρότυπου μήκους για ρύθμιση του μηδενός.

5.10 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕ ΟΠΤΙΚΗ ΒΟΗΘΕΙΑ

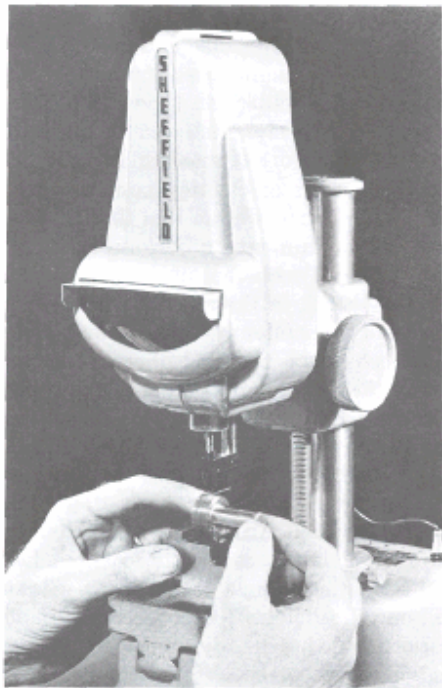
Τα όργανα που περιλαμβάνονται στην κατηγορία χρησιμοποιούν την επενέργεια μοχλού, παραγόμενη από μια φωτεινή ακτίνα που εμφανίζεται σε απομακρυσμένη οθόνη για να συμπληρώσει τις μετρούμενες μετατοπίσεις που ανιχνεύθηκαν και αρχικά μεγεθύνθηκαν από μηχανικά στελέχη. Αποτελεί ερώτημα το κατά πόσο αυτά τα όργανα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως οπτικές συσκευές ή ως ειδική κατηγορία μηχανικών συγκριτικών οργάνων.

Η κατάταξή τους στα μηχανικά συγκριτικά όργανα μπορεί να δικαιολογηθεί από τη θεώρηση ότι η φωτεινή ακτίνα χρησιμοποιείται στα όργανα για να πραγματοποιήσει μια λειτουργία, παρόμοια ουσιαστικά με εκείνη ενός μηχανικού μοχλού. Από την άλλη στα πνευματικά και ηλεκτρονικά όργανα, που κατατάσσονται ως διαφορετικές κατηγορίες οργάνων, τα φυσικά φαινόμενα, όπως η ροή ή η πίεση του αέρα ή το ηλεκτρικό ρεύμα, υπόκεινται σε μεταβολές ως αποτέλεσμα των διαφοροποιήσεων μεγέθους στο μετρούμενο αντικείμενο. Τα επηρεασμένα φυσικά αυτά φαινόμενα παράγουν, στη συνέχεια, αναλογικά σήματα σε αναλογία με τις συνθήκες μεγέθους του μετρούμενου αντικειμένου. Τελικά, τα αλλοιωμένα σήματα μεταμορφώνονται εκ νέου σε γεωμετρική μορφή, όπως είναι η μετατόπιση ενός δείκτη πάνω σε κλίμακα ή οι μετατοπίσεις ενός γραφέα πάνω στην κλιμακωτή ταινία ενός καταγραφικού οργάνου, παρουσιάζοντας την ανάλογη, αλλά αρκετά ενισχυμένη εκδοχή της αρχικής μετατόπισης.

Η ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΣΕΦΙΑΝΤ (SHEFFIELD)

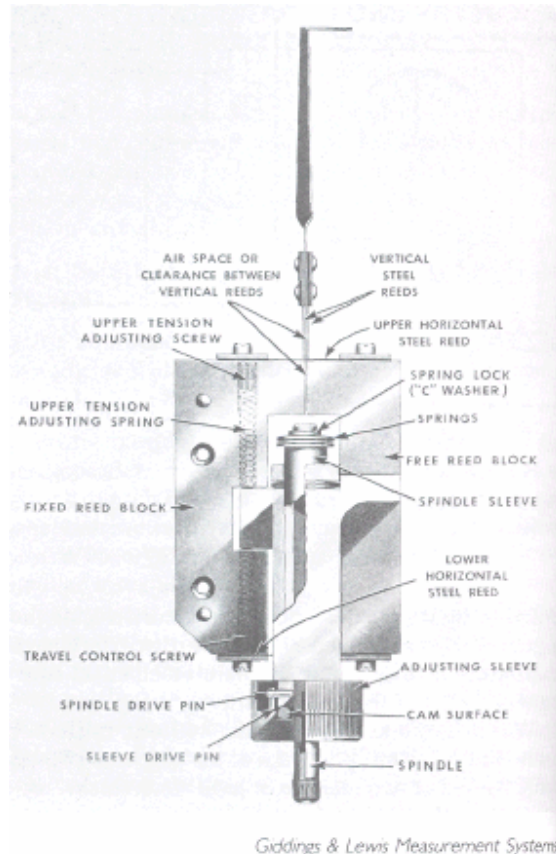
Το όργανο αυτό χρησιμοποιεί το συνδυασμό των δυνατοτήτων των μηχανικών συνδέσεων και των φωτεινών ακτίνων. Αν και ο σχεδιασμός του δεν είναι σύγχρονος, έχει αποδειχθεί ως ένα πολύ καλό όργανο που προτιμάται αρκετά λόγω των πολύτιμων

χαρακτηριστικών του. Λειτουργικά, δεν εξαρτάται από τη δύναμη, οι διακυμάνσεις της οποίας μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια της μέτρησης και χρησιμοποιεί τον ηλεκτρισμό μόνο ως πηγή παροχής της φωτεινής ακτίνας. Το Σχήμα 5-65 παρουσιάζει τη γενική όψη ενός τύπου εκτέλεσης και το Σχήμα 5-66 απεικονίζει διαγραμματικά το μηχανικό σύστημα ενίσχυσης σήματος του οργάνου.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 5-65: Γενική όψη της οπτικής μετρητικής συσκευής Sheffield, κατά την εφαρμογή μέτρησης της βηματικής διαμέτρου κοχλιωτού οργάνου.



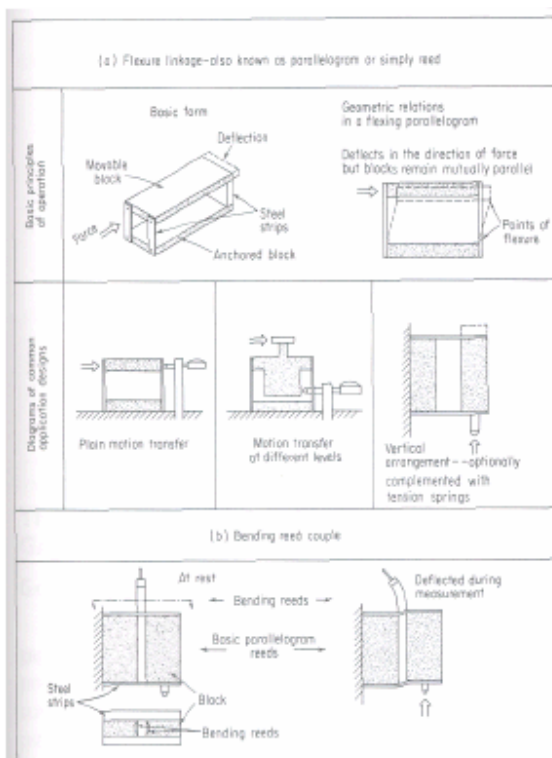
Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 5-66: Απεικόνιση της τομής της οπτικής μετρητικής συσκευής Sheffield, που παρουσιάζει τα κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Η λειτουργία των ουσιαστικών μηχανικών συστατικών του οργάνου (το οπτικό μέρος αποτελεί συμπληρωματικό βήμα ενίσχυσης) στηρίζεται σε συγκεκριμένα βασικά χαρακτηριστικά των συνδέσεων χαλύβδινων ελασμάτων υπό κάμψη, γνωστά και ως ραβδόγλυφα. Οι διακριτές ιδιότητές τους φαίνονται διαγραμματικά στο Σχήμα 5-67 και μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα:

α) Οι δύο παράλληλες πλάκες, που συνδέονται από δύο ή και περισσότερα χαλύβδινα ελάσματα ισοδύναμου μεγέθους και ακαμψίας, σχηματίζουν έναν τύπο ραβδόγλυφης σύνδεσης υπό κάμψη. Με την επένεργεια δύναμης, στο επίπεδο των ελασμάτων, πάνω σε μία από τις πλάκες, ενώ η άλλη παραμένει σταθερή στη θέση της, τα συνδεδεμένα ελάσματα θα καμφθούν, με αποτέλεσμα τη μετατόπιση της κινούμενης πλάκας. Παρόλα αυτά, η αμοιβαία παράλληλη θέση των πλακών δε θα αλλάξει, με τρόπο ώστε η τελική μορφή να είναι παραλληλόγραμμη (Σχ. 5-67α).

β) Δύο χαλύβδινα ελάσματα, παράλληλα και σε απόσταση μεταξύ τους, ώστε να εξασφαλίζεται κενό αέρος, συνδέονται στο ένα άκρο τους, ενώ τα χωριστά άκρα βρίσκονται σε επαφή με δύο ανεξάρτητες πλάκες (Σχ. 5-67). Όταν υπάρχει αμοιβαία μετατόπιση των πλακών στην κατεύθυνση των αξόνων των ελασμάτων, τα παράλληλα ελάσματα τείνουν να ολισθήσουν. Η σύνδεση των ελασμάτων στο πιο απομακρυσμένο άκρο αποτρέπει τη φυσική αυτή κίνηση και ολόκληρο το συσσωμάτωμα γέρνει σε κατεύθυνση εξαρτώμενη από την κατεύθυνση της δύναμης που δέχεται το έλασμα επαφής. Για μικρά μεγέθη μετατοπίσεων, η κάμψη του συσσωματώματος των ελασμάτων μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη με την απόσταση που μετακινήθηκαν αμοιβαία οι πλάκες.



Σχ. 5-67: Αρχές σχεδιασμού των συσκευών μεταφοράς κίνησης, τύπου ραβδόγλυφων

Όταν προσαρμοστεί ένας βραχίονας έκτασης στο σημείο σύνδεσης των ελασμάτων, η παρρέκλιση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την ταλάντωση σε τόξο μεγάλου μήκους, το οποίο αποτελεί πολλαπλάσιο μέγεθος της πραγματικής μετατόπισης των πλακών. Η σχέση αυτή είναι και η ουσία της μηχανικής ενίσχυσης που παράγεται από το όργανο αυτό.

Επιπλέον της αρχικής αυτής ενίσχυσης, που παράγεται από μηχανικά μέσα, μια περαιτέρω ενίσχυση σήματος παράγεται από το οπτικό σύστημα του οργάνου. Το τελευταίο αποτελείται από μια φωτεινή πηγή με φακούς και παράγει μια ευθύγραμμη φωτεινή ακτίνα. Η επέκταση των καμπτόμενων παράλληλων ελασμάτων μεταφέρει μια ένδειξη που εισέρχεται στην πορεία της φωτεινής ακτίνας. Η σκιά της ένδειξης εμφανίζεται στη βαθμονομημένη γυάλινη κλίμακα, η οποία είναι τοποθετημένη σε απόσταση με σκοπό να δημιουργήσει έναν οπτικό μοχλό της απαιτούμενης αναλογίας.

Η συνδυασμένη ενίσχυση σήματος του μηχανικού συστήματος ραβδόγλυφων και του οπτικού μοχλού ποικίλει από 500:1 έως 1000:1, ανάλογα με το μοντέλο του οργάνου.

Το όργανο αυτό διακρίνεται από σταθερή κατασκευή και μεγάλη ευελιξία προσαρμογής. Ο σχεδόν άνευ τριβών μηχανισμός των ραβδόγλυφων δεν είναι προορισμένος να φθαρεί εύκολα, ακόμα και μετά από χρόνια συνεχούς λειτουργίας και η πραγματική του ακρίβεια δεν επηρεάζεται από τη μακρόχρονη χρήση. Παρά το ότι συγκεκριμένοι τύποι κατασκευασμένων τεμαχίων μπορεί να απαιτούν μικρότερη δύναμη μέτρησης από αυτή που συναντάται στο όργανο της κατηγορίας αυτής, η θετική δράση του επαφά που κινείται από τα ραβδόγλυφα, αποτελεί πλεονέκτημα για την πλειοψηφία των μετρήσεων μήκους που απαιτούνται στις γενικές κατασκευές.

ΟΠΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΑΝΑΤΡΕΠΟΜΕΝΟΥ ΚΑΘΡΕΠΤΗ

Το Σχήμα 5-68 εμφανίζει ένα συγκριτικό όργανο μέτρησης μήκους, στο οποίο μόνο το αρχικό στάδιο ενίσχυσης σήματος πραγματοποιείται από μηχανικά μέσα. Η κύρια ενίσχυση επιτυγχάνεται από ένα οπτικό σύστημα.

Το αρχικό στάδιο αποτελείται από ένα μικρό μοχλό πάνω σε καθρέπτη, ο οποίος ανατρέπεται όταν το μετρητικό έμβολο δρα επί του μοχλού. Η τάξη ενίσχυσης στο στάδιο αυτό είναι 4:1,

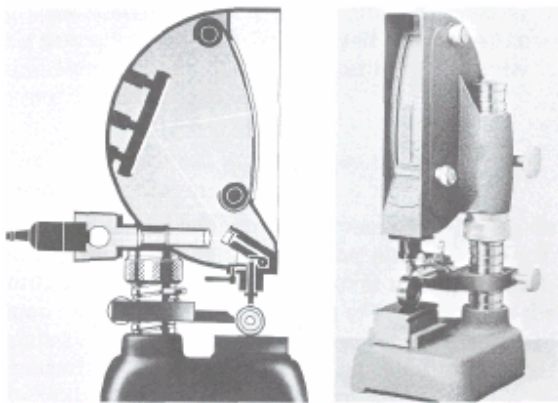
Μια πρόσθετη ενίσχυση της τάξης του 250X (ή 500X) πραγματοποιείται από απλά οπτικά μέσα, με τη βοήθεια της μπροστινής επιφάνειας καθρέπτη που αντανακλά σε βαθμονομημένη οθόνη, το φωτισμένο σημείο ένδειξης. Το σημείο αυτό προβάλλεται στον ανατρεπόμενο καθρέπτη από ένα σύστημα προβολής φωτός. Τα οριακά σημεία ανοχών πάνω στην οθόνη μπορούν να ρυθμιστούν από κοχλία με ροζέτα.

Μια βαριά βάση, εναλλάξιμοι σταθεροί επαφείς, ρυθμιζόμενα πλαϊνά στοπ και ρύθμιση ύψους του κοχλιωτού κορμού με τη βοήθεια κοχλία κονδυλωτής κεφαλής αποτελούν τα συστατικά που συμπληρώνουν τον εξοπλισμό του οργάνου.

Η εκτεταμένη χρήση των οπτικών μέσων στα συστήματα ενίσχυσης σήματος από μετρήσεις μεγέθους εμφανίζει αρκετά διακριτά πλεονεκτήματα. Με σχετικά λίγα συστατικά μέλη μπορεί να επιτευχθεί υψηλή τελική ενίσχυση της τάξης του 1000X και 2000X. Άλλα όργανα, που λειτουργούν με όμοιες βασικές αρχές, μπορούν να παρέχουν ακόμα μεγαλύτερες ενισχύσεις, αν και συνήθως αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του

πεδίου μέτρησης του οργάνου. Η ακρίβεια λειτουργίας του οπτικού συγκριτικού οργάνου με ανατρεπόμενου καθρέπτη είναι, συνήθως μεγαλύτερη από $\pm 1/2 \%$ του συνολικού πεδίου μετρήσεων. Το μοναδικό κινούμενο μέλος του μηχανισμού είναι το έμβολο με το μοχλό ανατροπής του καθρέπτη. Θα πρέπει να αναμένεται πολύ μικρή φθορά και η αρχική ακρίβεια του οργάνου διατηρείται και με παρατεταμένη χρήση του.

Το Σχήμα 5-69 παρουσιάζει το αληθινό όργανο που επελέχθει να οπτικοποιήσει την αρχή λειτουργίας των οργάνων της κατηγορίας. Ο συγκεκριμένος τύπος οργάνου διατίθεται σε δύο μοντέλα με πεδία μετρήσεων $\pm 0,002750$ ίντσες ή $0,001400$ ίντσες, τα οποία εμφανίζονται σε βαθμονομημένη οθόνη με μήκος μεγαλύτερο από 5 ίντσες. Οι μικρότερες βαθμονομήσεις της οθόνης αντιπροσωπεύουν μέγεθος 50 ή 25 μικροΐντσες, ανάλογα με την κατηγορία ενίσχυσης του συγκεκριμένου μοντέλου.



Leitz/Opto-Metric Tools, Inc.

Σχ. 5-68: (Αριστερά) Όψη σε τομή ενός μηχανο-οπτικού συγκριτικού οργάνου, τύπου ανατρεπόμενου καθρέπτη που απεικονίζει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του.

Σχ. 5-69: (Δεξιά) Μηχανικό συγκριτικό όργανο με οπτική ενίσχυση, της εταιρίας Leitz.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

6.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Η λειτουργία των πνευματικών οργάνων βασίζεται στο φαινόμενο που προκύπτει όταν πεπιεσμένος αέρας διαφεύγει από στόμιο ελεγχόμενου μεγέθους και η ελεύθερη ροή του εμποδίζεται από εγχυτήρα διασταυρούμενων ροών, έναντι σταθερής επιφάνειας. Η απόσταση αυτής της επιφάνειας από το άνοιγμα διαφυγής επηρεάζει την ταχύτητα ροής και δημιουργεί αντίθλιψη ανάντι του στομίου. Διατηρώντας σταθερή την πίεση και την ταχύτητα του αέρα του συστήματος, οι διαφοροποιήσεις προς την αντίθετη φορά κίνησης θα είναι αποτέλεσμα της παρεμπόδισης διαφυγής του. Για τη δημιουργία αποτελεσματικού εμποδίου, η στέρεη επιφάνεια στο μέτωπο του στομίου θα πρέπει να είναι τοποθετημένη αρκετά κοντά, ώστε να μειωθεί με ακρίβεια η επιφάνεια διαφυγής.

Οι μεταβολές στη ροή και την πίεση του αέρα θα είναι σχεδόν ανάλογες προς τις μεταβολές στην απόσταση μεταξύ στομίου και εμποδίου, εντός συγκεκριμένου πεδίου διαστάσεων που εξαρτάται από τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του οργάνου.



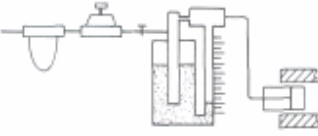

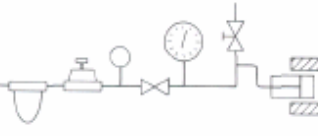
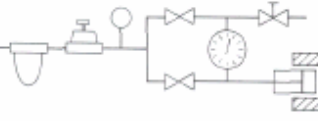
Στην πραγματικότητα, τα στόμια είναι οπές ακροφυσίων τοποθετημένες σε κατάλληλο σκελετό που διατηρεί τα ανοίγματα διαφυγής σε θετική απόσταση από τα τοιχώματα του αντικειμένου, όταν η διάσταση μετράται στο ονομαστικό της μέγεθος. Αποκλίσεις του πραγματικού μεγέθους του αντικειμένου θα τροποποιήσουν την απόσταση στομίου και εμποδίου, μεταβάλλοντας παράλληλα την ταχύτητα και την πίεση του αέρα του συστήματος. Οι μεταβολές αυτές εμφανίζονται στην κλίμακα κατάλληλου ενδεικτικού οργάνου. Οι ενδείξεις συνήθως αντιπροσωπεύουν την ερμηνεία των πραγματικών αποκλίσεων της απόστασης.

ΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΥΝΗΘΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Αν και η λειτουργία όλων των συσκευών βασίζεται σε κοινές πρακτικές, όσο αφορά τη μετατροπή των αποκλίσεων της διάστασης σε μεταβολές των χαρακτηριστικών του αέρα, τα σύγχρονα συστήματα διαφέρουν μεταξύ τους από πολλές απόψεις.

Ο Πίνακας 6-1, παρέχει τη σύγκριση των ουσιαστικών λειτουργικών χαρακτηριστικών των συχνότερα χρησιμοποιούμενων συστημάτων πνευματικών οργάνων. Η λίστα ακολουθεί κατάταξη ανά φυσικό φαινόμενο στο οποίο βασίζεται η λειτουργία κάθε τύπου συσκευών και συμπληρώνεται με μια σύντομη περιγραφή της εφαρμοζόμενης μετατροπής και της διαδικασίας ενίσχυσης και ερμηνείας του σήματος από τη μέτρηση. Η πραγματική λειτουργία των διαφορετικών συστημάτων αυτών, καθώς και κάποια από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, θα αναλυθούν στη συνέχεια του κεφαλαίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΧΗΜΑ	ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
Ροή (Ταχύτητα)		Ένας γυάλινος σωλήνας κωνικής οπής, τοποθετημένος σε βαθμονομημένη κλίμακα, εργάζεται ως ενδεικτικό όργανο. Εντός της οπής κινείται ένας πλωτήρας από τη ροή του αέρα. Η, δίχως περιορισμούς, ροή συγκρατεί τον πλωτήρα στην πιο κοντινή θέση, ενώ η ροή με περιορισμούς προκαλεί τη βύθισή του κατά μήκος του καναλιού της οπής.
		Η αλλαγή της ταχύτητας του αέρα όταν διέρχεται από το σωλήνα Venturi γεννά ένα διαφορικό πίεσης. Το εμπόδιο στον αέρα διαφυγής από τη μετρητική κεφαλή προκαλεί μεταβολές ταχύτητας που ανιχνεύονται από το όργανο.
Πίεση (Αντίθλιψη)		Χρησιμοποιεί τις ιδιότητες αυτοεξισορρόπησης των συγκοινωνούντων δοχείων και η συνεπής πίεση φανερώνεται από το ύψος της στήλης ύδατος. Το επίπεδο του υγρού στο βαθμονομημένο σωλήνα δείχνει την τιμή του εμποδίου μπροστά από τους εγχυτήρες της κεφαλής.
		Η παρεμπόδιση του αέρα διαφυγής δημιουργεί αντίθλιψη, η οποία επηρεάζει το σωλήνα Bourdon του ενδεικτικού οργάνου. Το όργανο βαθμονομείται για να δείξει τις μεταβολές μεγέθους με την επιλεγμένη τιμή ενίσχυσης.
		Το σύστημα περιέχει δύο βαλβίδες ελέγχου στη γραμμή του και επιτρέπει τη ρύθμιση της τάξης ενίσχυσης σε ένα μεγάλο πεδίο. Η δεύτερη συσκευή ελέγχου που λειτουργεί ως ρυθμιζόμενη βαλβίδα εξαέρωσης, υποστηρίζει τη λειτουργία της ρύθμισης του εμποδίου.
		Μη ρυθμιζόμενοι μετρητικοί περιοριστές παράλληλων καναλιών παρέχουν μια πίεση αναφοράς που επιτρέπει τη χρήση ενός μοναδικού ρυθμιστικού προτύπου. Διαφορετικές ενισχύσεις μπορούν να επιτευχθούν αλλάζοντας τους περιοριστές.

ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Τα δυναμικά πλεονεκτήματα αυτών των συσκευών καταδεικνύονται εμφανώς, από το γεγονός ότι, αν και η εξέλιξη των πνευματικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται, σήμερα, αφορά τις τελευταίες τρεις ή τέσσερις δεκαετίες, οι μετρήσεις διαστάσεων με τη βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα είναι πλέον αποδεκτή από ολόκληρη τη βιομηχανία μεταλλικών κατασκευών.

Προτιμώνται ιδιαίτερα για επαναληπτικές μετρήσεις ή μετρήσεις που διεξάγονται υπό συνθήκες μη ευνοϊκές για την αναγκαία ευαισθησία. Τυπικά παραδείγματα αυτών των τελευταίων αποτελούν οι μετρήσεις εντός της διαδικασίας παραγωγής. Πάντως, η χρήση των πνευματικών συσκευών δεν περιορίζεται στα ειπωμένα πεδία της προτιμητέας επιλογής. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν κάποια γενικά πεδία συγκριτικών μετρήσεων διαστάσεων, όπου οι πνευματικές συσκευές είναι δύσχρηστες ή δεν παρέχουν τις απαιτούμενες εγγυήσεις.

Τα πνευματικά όργανα περιορίζονται σε ένα συγκεκριμένο πεδίο συγκριτικών μετρήσεων όπου παρατηρούνται σχετικά μικρές αποκλίσεις διάστασης. Συνυπολογίζοντας, πάντως, ότι η πλειοψηφία των μετρήσεων διαστάσεων απαιτείται στη συνεχή ή μαζική παραγωγή και ότι αυτές οι μετρήσεις είναι συγκριτικές, με ελάχιστες εξαιρέσεις, μπορούμε να αντιληφθούμε το δυναμικό πεδίο των εφαρμογών αυτών των συστημάτων.

Ο Πίνακας 6-2 συγκρίνει τα χαρακτηριστικά των διάφορων μετρητικών οργάνων που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή του κατάλληλου για κάθε περίπτωση μετρητικού συστήματος. Η λίστα περιορίζεται σε κατηγορίες απαιτήσεων που μπορούν να επιτευχθούν επιτυχώς με πνευματικά όργανα κατάλληλου σχεδιασμού, ενώ κάποιοι παράγοντες που σε άλλα συστήματα υπερτερούν, δεν έχουν περιληφθεί καθόλου. Αυστηρή απεικόνιση συμβατότητας δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί, επειδή οι εξαιρέσεις μπορεί να εξαρτώνται από τις συνθήκες εφαρμογής, οι οποίες και δεν μπορούν να αξιολογηθούν σε γενικές συγκρίσεις.

Θα πρέπει να αναλυθούν και κάποιες άλλες σχετικές δυνατότητες των πνευματικών οργάνων, ώστε να συμπληρωθούν οι πληροφορίες του παραπάνω Πίνακα. Αυτές έχουν να κάνουν με κύρια χαρακτηριστικά τους που μπορούν να περιορίσουν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες την εφαρμοσιμότητά τους.

Το πεδίο των αποκλίσεων μεγέθους που μπορεί να μετρηθεί από τα όργανα αυτά είναι λειτουργικά μικρό. Η τάξη μεγέθους του πεδίου αυτού, όταν χρησιμοποιούνται εγχυτήρες αέρος, είναι περίπου 0,003 ίντσες, αν και η πραγματική διασπορά του μεγέθους μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το σχεδιασμό του συγκεκριμένου οργάνου. Ουσιωδώς μεγαλύτερα πεδία, της τάξης του 0,020 ίντσες και μεγαλύτερα, μπορούν να προκύψουν με τη χρήση αισθητήρων επαφής.

Τα πνευματικά όργανα του βασικού τύπου εγχυτήρα λειτουργούν αναφέροντας, ευκρινώς, τη μετρούμενη διάσταση από μια περιοχή στην επιφάνεια του αντικειμένου, από το θεωρητικά μοναδικό σημείο αναφοράς που χαρακτηρίζει τα περισσότερα όργανα με επαφείς. Κατά συνέπεια, οι ενδείξεις των πνευματικών οργάνων είναι ευαίσθητες στη γεωμετρία της περιοχής αναφοράς, και θα έχουν διαφορετική συμπεριφορά σε μια καμπύλη επιφάνεια σε σχέση με μια επίπεδη. Εξαιτίας της δυνατότητας αυτής των πνευματικών μετρήσεων, η γεωμετρία επιφάνειας των ρυθμιστικών προτύπων των

πνευματικών οργάνων πρέπει να ομοιάζει με εκείνη της επιφάνειας του αντικειμένου που μετράται. Ως παραδειγμα αναφέρουμε ότι, κατά τη μέτρηση εσωτερικών ή εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών με πνευματικά όργανα εγχυτήρων αέρος, τα συσσωματώματα των πρότυπων πλακιδίων μήκους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα ρυθμιστικών δακτύλιων διακρίβωσης ή διαμετρικών διακριβωτήρων, αν και ούτως ή άλλως η χρήση των τελευταίων θεωρείται η μοναδική διαδικασία για τα συγκριτικά όργανα τύπου επαφά.

Οι απ' ευθείας μετρήσεις με πνευματικά όργανα εγχυτήρων, σε αντίθεση με τις έμμεσες μετρήσεις που χρησιμοποιούν μηχανικούς επαφείς, γενικά δεν είναι προσαρμόσιμη σε επιφάνειες με ασυνέχειες κοντινών διαστημάτων. Παραδείγματα τέτοιων επιφανειών είναι όσες φέρουν αυλακώσεις, οδοντώσεις και σπειρώματα ή τα τεμάχια που κατασκευάζονται από πορώδη υλικά.

Όταν τα όργανα που λειτουργούν με μηχανική επαφή με την επιφάνεια του αντικειμένου ανιχνεύουν τις κορυφές μιας τραχείας επιφάνειας, η ανταπόκριση των οργάνων αντανακλά το εμπόδιο που παρουσιάζει η επιφάνεια στην ελεύθερη ροή του αέρα διαφυγής από τα ακροφύσια. Μια τραχεία επιφάνεια επιτρέπει τη διαφυγή ποσοστού αέρος, μέσω των περιοχών ανάμεσα στις κορυφές της. Κατά συνέπεια, οι ενδείξεις που εξάγονται αντικατοπτρίζουν ένα ενδιάμεσο επίπεδο της και όχι το περιβάλλον, το οποίο μετράται με τη χρήση μηχανικών οργάνων επαφής. Συνυπολογίζοντας ότι, για τους σκοπούς των περισσότερων συζευξεων, η σχέση συναρμογής των μετέχοντων τεμαχίων καθορίζεται από τη μέγιστη κατάσταση υλικού, η δυνατότητα αυτή των πνευματικών οργάνων, μπορεί να δράσει προληπτικά για τη χρήση τους σε τεμάχια με σχετικά τραχείες επιφάνειες που πρέπει να ελεγχθούν για συναρμογές σφιχτών ανοχών. Ως γενικό κανόνα, βασιζόμενοι σε προσεγγιστική αξιολόγηση των συνθηκών του αποτελέσματος, μπορούμε να θεωρήσουμε τις ακόλουθες οριακές τιμές για τις εφαρμογές οργάνων με εγχυτήρες:

Πεδίο ανοχών διάστασης (ίντσες)	Μεγιστη επιτρεπόμενη τραχύτητα επιφάνειας (μικροϊντσες)
0,0002 ÷ 0,0003	10 ÷ 15
0,0003 ÷ 0,0010	32
0,0010	50

Υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες εφαρμογές, όπου η δυνατότητα των πνευματικών οργάνων να παρέχουν ενδείξεις στο ενδιάμεσο επίπεδο επιφάνειας, αντί του περιβάλλοντος είναι επιθυμητή. Σ' αυτό το σημείο θα ήταν ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι υπάρχουν πνευματικά όργανα για μετρήσεις τραχύτητας επιφανειών, των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην πραγματικότητα, στην ευαισθησία αυτή έναντι των συνθηκών τραχύτητας των μετρούμενων επιφανειών.

Παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν τα πνευματικά όργανα έμμεσης ανίχνευσης ή επαφά επαφής. Εξαιτίας του ότι τα όργανα αυτά λειτουργούν πραγματοποιώντας μηχανική επαφή με τη μετρούμενη επιφάνεια, δεν υπολογίζονται στην περίπτωση αυτή, οι περιορισμοί εφαρμογής λόγω γεωμετρίας και υψής επιφάνειας που ισχύουν για τα όργανα με εγχυτήρες. Πάντως, στην πλειοψηφία των εφαρμογών, προτιμώνται τα τελευταία. Για το λόγο αυτό, κάποια από τα πλεονεκτήματα που

παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-2 βρίσκουν εφαρμογή μόνο στα πνευματικά όργανα εγχυτήρων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-2: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
Έλλειψη επαφής	Τα βασικά όργανα με εγχυτήρες λειτουργούν με διάκενο μεταξύ επιφάνειας αντικειμένου και αισθητήριου μέλους του οργάνου	Τα πνευματικά όργανα δεν δημιουργούν βλάβες στην επιφάνεια του αντικειμένου. Ακόμα και αν αποτελείται από μαλακά υλικά, η επιφάνεια επαφής της μετρητικής κεφαλής δε φθείρεται. Τα πνευματικά όργανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε τραχείες επιφάνειες ακόμα και όταν κινούνται.
Μη ολισθαίνοντα μέλη	Η λειτουργία των οργάνων δεν εμπλέκει, καθόλου, ολισθαίνοντες επιφάνειες στην περίπτωση της άμεσης επαφής ενώ σε μερικές περιπτώσεις έμμεσης, η χρήση τους είναι περιορισμένη. Οι ενδείξεις προκύπτουν από πλωτήρες πνευματικά υποστηριζόμενους ή από ελαστικά μέλη ενδεικτικών οργάνων	Δεν παρατηρούνται δυνάμεις τριβής κατά τη μετατροπή των ανιχνευμένων μετατοπίσεων σε ανάλογες μεταβολές της ροής αέρα. Δε θα προκύψει φθορά και η διάρκεια ζωής ή η αρχική ακρίβεια του οργάνου δε θα επηρεαστεί.
Αυτόματος καθαρισμός της περιοχής μέτρησης στην επιφάνεια του αντικειμένου	Η πίεση του αέρα που αποβάλλουν οι εγχυτήρες, εκτοξεύεται στην περιοχή μέτρησης και καθαρίζει στιγμιαία την περιοχή από ξένα σωματίδια	Οι άμεσες πνευματικές μετρήσεις, εξαιτίας της δράσης καθαρισμού είναι λιγότερο ευαίσθητες στη σκόνη και τη βρωμιά, σε υγρά λείανσης και πολτοποίησης που προκύπτουν, από κάθε σύστημα μέτρησης με επαφείς.
Μικρό μέγεθος αισθητήρων σε σχέση με άλλων συστημάτων	Οι μετρητικές κεφαλές που περιέχουν ακροφύσια διατίθενται στο εμπόριο σε μεγέθη συνήθως μικρότερα από τα αισθητήρια μέλη των περισσότερων άλλων οργάνων μέτρησης	Οι μικρές εξωτερικές διαστάσεις των αισθητήριων μελών, των ακροφυσίων, επιτρέπουν τη μέτρηση των μεταβολών μεγέθους σε δύσκολα προσεγγίσιμες επιφάνειες, καθώς και τη χρήση αρκετών αισθητήρων τοποθετημένων σε κοντινές αποστάσεις μεταξύ τους.
Αυτόματη ευθυγράμμιση και κεντράρισμα εντός οπών	Το μικρό κενό μεταξύ μετρητικής κεφαλής και τοιχώματος οπής, σε συνδυασμό με την ισορροπιστική επίδραση των πολλαπλών εγχυτήρων, πρακτικά μειώνει την επίδραση των σφαλμάτων ευθυγράμμισης και κεντραρίσματος.	Τα πνευματικά όργανα μπορεί να τα χειριστεί ανειδίκευτο προσωπικό ή να εργαστούν με αυτοματοποιημένες διαδικασίες, δίχως να επηρεάζεται η ενυπάρχουσα ακρίβεια του συστήματος. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στις ούτως ή άλλως κρίσιμες μετρήσεις οπών

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-2: (ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

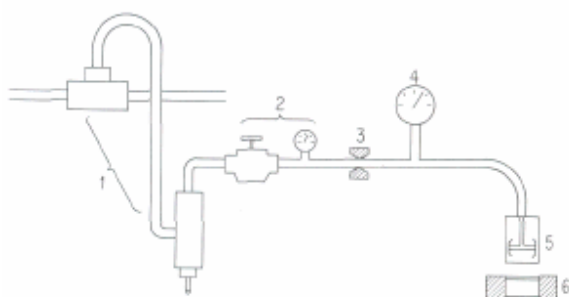
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
Μεγάλο πεδίο συστημάτων ενίσχυσης	Τα πνευματικά όργανα μπορούν να λειτουργήσουν με ενισχύσεις που ποικίλουν από 250÷20.000 φορές ή και ακόμα μεγαλύτερες	Τα πνευματικά όργανα προσαρμόζονται σε εκτεταμένο πεδίο διαφορετικών ζωνών ανοχής, χρησιμοποιώντας, συνήθως, την ίδια βασική μονάδα ενίσχυσης και αλλάζοντας μόνο τα συστατικά παρεμπόδισης της ροής και τις κλίμακες του ενδεικτικού οργάνου
Απομακρυσμένη παρακολούθηση	Οι μετρητικές κεφαλές με τα ακροφύσια συνδέονται με εύκαμπτο καλώδιο σε μονάδες ενίσχυσης και ένδειξης μετρήσεων	Ενώ η κεφαλή πρέπει να τοποθετηθεί στην κατάλληλη θέση πάνω στο αντικείμενο, η απομακρυσμένη θέση του ενισχυτή και του ενδεικτικού οργάνου προστατεύει τα πιο ευαίσθητα συστατικά του συστήματος και επιτρέπει συνεπή και ακριβή παρατήρηση των ενδείξεων
Συνεχείς ενδείξεις	Τα πνευματικά όργανα θα δώσουν ένδειξη, στις περισσότερες περιπτώσεις με μικρή καθυστέρηση, της στιγμιαίας τοποθέτησης της επιφάνειας του αντικειμένου σε σχέση με τον αισθητήρα	Η ταχύτητα απόκρισης των οργάνων στις μεταβολές της μετρούμενης διάστασης μπορεί να αυξηθεί, ώστε να επιτρέπει μετρήσεις σε κινούμενα αντικείμενα (περιστροφικά ή γραμμικά) ή σε τεμάχια που μπορούν να παραμείνουν στη θέση μέτρησης για μικρό χρονικό διάστημα. Η τελευταία κατάσταση παρατηρείται συχνά σε αυτοματοποιημένες μετρητικές διαδικασίες.
Ικανότητα συνδυασμών και εύρεσης του μέσου όρου	Τα κανάλια αέρος που τερματίζουν στα ακροφύσια εγχύσεως μπορούν να συνδυαστούν σε κοινή γραμμή που θα παρέχει ενδείξεις ενός μεγέθους στο όργανο, ως αποτέλεσμα της συνολικής ποσότητας του αέρα διαφυγής από τα ακροφύσια.	Τεχνικά στελέχη κατασκευών μπορούν να ελεγχθούν για το μέγεθος και τη συμβατότητα της μορφής τους παρατηρώντας ταυτόχρονα διάφορα σημεία της επιφάνειάς τους. Τα πνευματικά όργανα μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν ενδείξεις της υπολογισμένης τιμής των μεταβολών μεγέθους που εντοπίστηκαν από αλληλοσχετιζόμενες διαδρομές αέρα

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-2: (ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
Προσαρμοστικότητα σε πολύπλοκες μετρήσεις διαστάσεων	Το συμπαγές περίβλημα του ενδεικτικού οργάνου επιτρέπει την τοποθέτηση πολλών οργάνων ένδειξης σε παρακείμενες θέσεις, για την εύκολη παρατήρηση των μεγεθών πολύπλοκων διαστάσεων	Η διαδικασία ελέγχου τεμαχίων με διάφορες διαστάσεις διαφορετικών ανοχών μπορεί να διεξαχθεί γρηγορότερα, όταν ένας αριθμός διαστάσεων ελεγχθεί ταυτόχρονα με τη βοήθεια συνοπτικής οθόνης κλιμάκων ένδειξης, τοποθετημένων σε κοντινή απόσταση, που χρησιμοποιούν όμοια προσαρμοσμένα σημεία μηδενός για τις καταστάσεις του ονομαστικού μεγέθους και εφοδιάζονται με ανεξάρτητους δείκτες ορίων ανοχών
Εισαγωγή άλλων δυνατοτήτων	Οι αναλογικές μεταβολές της πίεσης του αέρα εντός του οργάνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα είτε μέσω ηλεκτρονόμου, για να εισάγουν και να υποστηρίξουν την επιθυμητή διαδικασία	Οι καταγραφές των μετρούμενων μεγεθών, η προσαρμογή των προηγούμενων μετρήσεων σε μια διατεταγμένη σειρά, η σηματοδότηση με φωτεινές ενδείξεις συγκεκριμένων καταστάσεων του μεγέθους, η τροφοδότηση πληροφοριών για μεταβολές διαστάσεων στηνδιαδικασία ρυθμίσεων του ελέγχου μεγέθους πάνω στο εργαλείο κατεργασίας, είναι παραδείγματα διαδικασιών και λειτουργιών που μπορούν να πραγματοποιηθούν από κατάλληλα εφοδιασμένα όργανα
Οικονομικά πλεονεκτήματα	Τα πνευματικά όργανα έχουν σχετικά μικρό αρχικό κόστος, είναι οικονομικά στη συντήρηση και εικονικά εργάζονται άνευ τριβής. Διαθέτουν, επίσης, ελαστικότητα προσαρμογής που τους επιτρέπει υψηλό βαθμό χρηστικότητας	Ο βασικά απλός σχεδιασμός τους και η δυνατότητα ευελιξίας των ρυθμίσεων μεγέθους και βαθμονόμησης, έχει ως αποτέλεσμα το χαμηλότερο αρχικό κόστος από τα περισσότερα άλλα μετρητικά συστήματα συγκρίσιμης ευαισθησίας. Η απουσία τριβών στο όργανο και τους αισθητήρες κατά τη μέτρηση περιορίζει τη φθορά τους και επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής του οργάνου

6.2 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Για τις συγκριτικές μετρήσεις των διαφοροποιήσεων διαστάσεων με τη βοήθεια πνευματικών οργάνων, απαιτείται ένα σύστημα που αποτελείται από διάφορα βασικά συστατικά. Ο σχεδιασμός και ο τρόπος λειτουργίας του πραγματικού οργάνου μπορεί να ποικίλει, αλλά κανένα πνευματικό σύστημα δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς να περιλαμβάνει καθένα από τα ακόλουθα βασικά συστατικά, τα οποία, επίσης, παρουσιάζονται στο σχέδιο του Σχ. 6-1: πεπιεσμένος αέρας, περιοριστική και ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης, μετρητική συσκευή (περιοριστική), ενδεικτικό όργανο, μετρητική κεφαλή ή αισθητήριο μέλος και ρυθμιστικό πρότυπο.



Σχ. 6-1: Βασικά χαρακτηριστικά πνευματικών συστημάτων μέτρησης: (1) συνεχή παροχή πεπιεσμένου αέρα, (2) βαλβίδα περιορισμού πίεσης, (3) μετρητική συσκευή, (4) ενδεικτικό όργανο, (5) μετρητική κεφαλή, (6) ρυθμιστικό πρότυπο.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα αναλυθούν με περισσότερες λεπτομέρειες. Η λειτουργία κάθε πνευματικού μετρητικού συστήματος βασίζεται στη συνεχή παροχή πεπιεσμένου αέρα με ελάχιστη αποδεκτή πίεση 30 psi (pounds / in²). Η πραγματική ελάχιστη απαιτούμενη πίεση και ταχύτητα αέρα εξαρτάται από το γενικό σχεδιασμό του οργάνου, καθώς και από τον αριθμό και την επιφάνεια των στομιών διαφυγής του αέρα. Ως βοήθημα για προσεγγιστικές εκτιμήσεις, μπορεί να θεωρηθεί ότι ένα ακροφύσιο με διάμετρο οπής περίπου 0,040 ίντσες επιτρέπει τη διέλευση 10 κυβικών ποδιών αέρα ανά ώρα.

Είναι υποχρεωτικό, ο παρεχόμενος από το δίκτυο αέρας για τους σκοπούς των πνευματικών μετρήσεων να είναι αρκετά καθαρός, με ελάχιστη υγρασία και άνευ λιπαντικών ουσιών. Αν δεν εξασφαλίζονται αυτές οι συνθήκες, θα πρέπει να αναμένεται ότι οι στερεές προσμίξεις και τα υγρά θα φράξουν τα φίλτρα του οργάνου, μειώνοντας σημαντικά την αποτελεσματικότητά του.

Μια ανεξάρτητη συσκευή αφύγρυνσης και φιλτραρίσματος θα πρέπει να προηγείται του πνευματικού οργάνου, ώστε να απομονώσει τον αέρα από τα στερεά σωματίδια και να απομακρύνει με αποτελεσματικό τρόπο υγρασία και λιπαντικό που μπορεί να περιέχει ο αέρας, ακόμα και μετά τον καθαρισμό του από τις συσκευές της κύριας γραμμής παροχής. Τα εμπόδια που δημιουργούνται στα στενά περάσματα των μετρητικών συστατικών του οργάνου, από συμπυκνώματα υγρασίας ή παγιδευμένα

στερεά σωματίδια, αποτελούν τη συχνότερη πηγή αναποτελεσματικής, ασταθούς ή ανακριβούς λειτουργίας των πνευματικών οργάνων.

Η ρύθμιση της πίεσης συντελείται από μια βαλβίδα ακριβείας που μπορεί να τοποθετηθεί ανεξάρτητα στο σύστημα ως τμήμα της μονάδας ελέγχου της μέτρησης. Τα περισσότερα όργανα περιλαμβάνουν ένα μανόμετρο που ακολουθεί ή είναι σε επαφή με τη βαλβίδα για τον αξιόπιστο έλεγχο της πίεσης του συστήματος.

Ο πραγματικός σχεδιασμός της μονάδας ελέγχου ποικίλει ανάλογα με τον κατασκευαστή και το μοντέλο και καθορίζεται από τον τύπο του πνευματικού συστήματος στο οποίο εφαρμόζεται (Πίν. 6-1). Πρόσθετα στα βασικά λειτουργικά συστατικά, οι μονάδες ελέγχου πνευματικών οργάνων περιέχουν συμπληρωματικές συσκευές, όπως ρυθμιστικές βαλβίδες και βαλβίδες εξαέρωσης, κατά τις απαιτήσεις του εκάστοτε συστήματος. Επειδή τα διάφορα πνευματικά συστήματα μετρήσεων, στις μέρες μας, διαφέρουν σε ουσιαστικά χαρακτηριστικά λειτουργίας και συμπεριφοράς, οι μονάδες ελέγχου θα αναλυθούν σε επόμενη παράγραφο του κεφαλαίου.

Το αισθητήριο τμήμα των συστημάτων έχει ως ουσιαστικό συστατικό τα στόμια διαφυγής, που συνήθως παρέχονται από το ελεγχόμενο μέγεθος οπών των ακροφυσίων (κάποιοι κατασκευαστές προσδιορίζουν αυτά τα συστατικά ως εγχυτήρες). Για την προστασία και την τοποθέτησή τους στην κατάλληλη θέση αναφοράς κατά τη διάρκεια της μέτρησης, τα ακροφύσια τοποθετούνται είτε σε φορητές μετρητικές κεφαλές είτε σε σταθερές συσκευές. Τα ακροφύσια των μετρητικών κεφαλών, μπορούν να αποβάλλουν τον αέρα απ' ευθείας στην επιφάνεια του αντικειμένου, λειτουργώντας ως εγχυτήρες ή σε ενδιάμεσο συστατικό του οργάνου, που θα βρίσκεται σε μηχανική επαφή με την επιφάνεια του αντικειμένου.

Συμπληρωματικά λειτουργίας των αισθητήρων είναι τα ρυθμιστικά πρότυπα, αν και στην πραγματικότητα δεν αποτελούν λειτουργικά συστατικά του πνευματικού συστήματος. Τόσο οι παράγοντες σχεδιασμού των αισθητήρων όσο και η μεγάλη ποικιλία τύπων και μεγεθών στους οποίους κατασκευάζονται για να διευκολύνουν τα διάφορα προβλήματα των μετρήσεων, τα καθιστά απαραίτητα για περισσότερη ανάλυση, η οποία θα πραγματοποιηθεί στη συνέχεια.

TACHYTHTA AΠOKPISΗΣ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Στην πλειονηφία των εφαρμογών η μετρητική κεφαλή τοποθετείται σε κάποια απόσταση από τη μονάδα ελέγχου. Λόγω αυτής της απόστασης, καθώς και της συμπεστότητας του αέρα, το αποτέλεσμα των διαφοροποιήσεων στη θέση μέτρησης δε μεταδίδεται στιγμιαία στη μονάδα ελέγχου. Ενώ οι διαφοροποιήσεις του μεγέθους του αντικειμένου θα επηρεάσουν τάχιστα τη ροή μέσω των ακροφυσίων, οι μεταβολές αυτές προς την αντίθετη κατεύθυνση θα εμφανιστούν μόνο μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Το διάστημα χρόνου ανάμεσα στην αίσθηση και την ένδειξη εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το μήκος της γραμμής προσαγωγής αέρα μεταξύ ακροφυσίων και οργάνου ενδείξεων, ο τύπος του μετρητικού συστήματος και ο σχεδιασμός της μονάδας ελέγχου.

Τα πνευματικά όργανα που βασίζονται στην ταχύτητα ροής έχουν σχετικά γρήγορη απόκριση, αλλά η χρήση τους περιορίζεται ουσιαστικά σε εφαρμογές, όπου απαιτείται μόνο οπτική παρατήρηση των ενδείξεων. Επειδή οι ενδείξεις αυτές είναι αποτέλεσμα της θέσης του πλωτήρα εντός του θαλάμου, δεν μπορεί να εξαχθεί καμία

συμπεριφορά της διαδικασίας. Το χαρακτηριστικό αυτό, πρακτικά αποκλείει τη χρήση αυτού του τύπου οργάνων, όταν η μέτρηση πρέπει να εισάγει συγκεκριμένες λειτουργίες που σχετίζονται με το μέγεθος του αντικειμένου, όπως η εκπομπή φωτεινών ή ακουστικών σημάτων, η διαδικασία διαλογής μηχανικών συστατικών, η καταγραφή των μετρούμενων μεγεθών και άλλα.

Τα πνευματικά όργανα που λειτουργούν βασιζόμενα στο φαινόμενο της αντίθλιψης εμφανίζουν πιο καθυστερημένη απόκριση εξαιτίας του ότι η συμπίεστικότητα του αέρα συμβάλλει, επίσης, στην καθυστερημένη μετάδοση των διαφοροποιήσεων που παρατηρούνται στην επιφάνεια του αντικειμένου. Η καθυστέρηση αυτή αυξάνεται περισσότερο από τις διακοπτόμενες μετρήσεις, όταν εξαιτίας των, προσωρινά, απεριόριστων στομιών, η πίεση του αέρα αφήνεται να πέσει αρκετά πιο κάτω από το πεδίο ενδείξεων.

Στα κοινά πνευματικά όργανα που λειτουργούν με μανόμετρα, ο χρόνος που παρέχεται από την αίσθηση των διαφοροποιήσεων του μεγέθους έως την εμφάνιση της ένδειξης είναι περίπου της τάξης του ενός δευτερολέπτου, χρόνος που μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτός. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν κάποια, αν και σπάνια, παραδείγματα συνεχόμενων μετρήσεων, όπου οι βραχυπρόθεσμες διαφοροποιήσεις δεν είναι σημαντικές και θεωρείται χρήσιμη η εξομάλυνση που προκύπτει από την υψηλότερη συχνότητα των ενδείξεων.

Σε διάφορες άλλες εφαρμογές μετρήσεων, πάντως, η βραδύτητα στις ενδείξεις μπορεί να είναι απαράδεκτη. Παραδείγματα τέτοιων τύπων εφαρμογών είναι: οι μετρήσεις εντός της παραγωγικής διαδικασίας σε θέσεις λειαντικών μηχανών, οι μηχανές διαχωρισμού και άλλα αυτόματα όργανα με μικρό χρόνο παραμονής του τεμαχίου στη θέση μέτρησης και ο έλεγχος αποκλίσεων μεγέθους ταχέως κινούμενων αντικειμένων.

Πολλές συσκευές αναπτύχθηκαν και κυκλοφορούν στο εμπόριο με σκοπό να αυξήσουν την αποτελεσματική ταχύτητα απόκρισης των πνευματικών οργάνων που λειτουργούν βάση του φαινομένου της αντίθλιψης. Κάποιες από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω, βάση των λειτουργιών τους:

α) Πλήρωση του θαλάμου Bourdon του πνευματικού οργάνου με ένα πρακτικά ασυμπίεστο υγρό για να μειωθεί η ταχύτητα του αέρα, η αντίθλιψη του οποίου πρέπει να αναπτυχθεί και να δώσει τις σωστές ενδείξεις.

β) Περιορισμός της ανεμπόδιστης διαφυγής του αέρα μέσω των στομιών όταν η μετρητική κεφαλή δε χρησιμοποιείται, με τη χρήση ενός περιβλήματος κάλυψης εφοδιασμένο με ελατήριο.

γ) Αντιστάθμιση της ανεμπόδιστης διαφυγής αέρα από βοηθητική συσκευή παροχής αέρα, της οποίας η λειτουργία διακόπτεται αυτόματα μόλις αναπτυχθεί συγκεκριμένη τιμή αντίθλιψης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μέτρησης.

δ) Χρήση βοηθητικής συσκευής υψηλών ταχυτήτων, ώστε να ισοσταθμίζει τις προσαυξήσεις της ταχύτητας του αέρα του συστήματος. Τέτοιες προσαυξήσεις της συνολικής ταχύτητας είναι αποτέλεσμα της επενέργειας βοηθητικών συσκευών που δρουν χρησιμοποιώντας αέρα, όπως για παράδειγμα, οι ηλεκτρο-πνευματικοί διακόπτες.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΗΜΕΙΟΥ ΕΝΑΡΞΗΣ ΕΝΔΕΙΞΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Οι περισσότεροι τύποι των μονάδων ελέγχου πνευματικών οργάνων εφοδιάζονται με κατάλληλα μέσα για διάφορες ρυθμίσεις. Δύο από αυτές τις ρυθμίσεις αξίζουν αναφοράς: η ρύθμιση του σημείου έναρξης των μετρήσεων και η προσαρμογή της ενίσχυσης και ερμηνείας του σήματος της μέτρησης.

Η πρώτη επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μιας βαλβίδας εξαέρωσης. Αποτελεί κοινή πρακτική κατά τον έλεγχο των οριακών διαστάσεων να εφαρμόζεται στο όργανο μια κλίμακα που περιορίζεται από δύο οριακές θέσεις. Η ρύθμιση του σημείου μηδέν της κλίμακας συντελείται με ρύθμιση του μέλους ένδειξης του οργάνου (δείκτης, πλωτήρας ή στάθμη ύδατος) σε εκείνο το σημείο της κλίμακας που συμπίπτει με το ονομαστικό οριακό μέγεθος και το οποίο αντιπροσωπεύεται από ένα ρυθμιστικό πρότυπο. Για ένα από τα οριακά σημεία επιλέγεται σπάνια η αντιστοίχιση του σημείου μηδέν και από αυτό προέρχεται ο ορισμός «ρύθμιση του μηδενός» για αυτού του είδους τις προσαρμογές.

Η προσαρμογή του συστήματος ενίσχυσης πραγματοποιείται με τη βοήθεια μιας άλλης βαλβίδας ακριβείας της μονάδας ελέγχου. Ο σκοπός αυτής της προσαρμογής είναι η επίτευξη ενός πεδίου ενδείξεων, όπου οι βαθμονομήσεις της κλίμακας είναι σε αντιστοιχία με το πλάτος του μεγέθους των ρυθμιστικών προτύπων. Η έκταση των θέσεων ρύθμισης είναι, συνήθως αλλά όχι απαραίτητα, ίδια με το οριακό πεδίο της ελεγχόμενης διάστασης.

Μόλις πραγματοποιηθούν οι ρυθμίσεις, αναμένεται να παραμείνουν συνεπείς για μια περίοδο χρόνου, το μέγεθος της οποίας θα εξαρτηθεί από το σχεδιασμό και την κατάσταση του οργάνου. Η εκτίμηση της σταθερότητας ρύθμισης βασίζεται στην απόκλιση των ενδείξεων που μπορεί να θεωρηθεί ανεκτή για τη διεξαγόμενη μέτρηση. Αποτελεί σωστή πρακτική, η άμεση δυνατότητα χρήσης των ρυθμιστικών προτύπων για τη διεξαγωγή περιοδικών ελέγχων κατά τη διαδικασία των ελέγχων. Τέτοιοι έλεγχοι μπορεί να περιορίζονται στη θέση μηδέν, αλλά αν κριθεί απαραίτητο πρέπει να περιλαμβάνουν και τον έλεγχο του συστήματος ενίσχυσης σήματος. Η συχνότητα των ελέγχων καθορίζεται από την εμπειρία με σκοπό την πρόληψη σφαλμάτων μέτρησης οφειλόμενων σε λανθασμένες ενδείξεις.

ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΕΣ, ΕΥΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ενώ τα μέσα για τη ρύθμιση της ενίσχυσης σήματος αποτελούν γενικά μέρος των περισσότερων μονάδων ελέγχου, υπάρχουν συστήματα που αποφεύγουν την ανάγκη, καθώς επίσης και αποκλείουν τη δυνατότητα αυτής της ρύθμισης του οργάνου.

Ένας διαφορετικός σκοπός επιτυγχάνεται από ένα σύστημα μονάδων ελέγχου που επιτρέπουν τις αποκλίσεις της ενίσχυσης σε βαθμό επιλογής από αρκετά διαφορετικές τάξεις. Ο προσδιορισμός «ευμετάβλητη ενίσχυση» χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει την ικανότητα της πραγματικής μεταβολής της ενίσχυσης, μέσω ρυθμίσεων για σκοπούς βαθμονόμησης.

Οι τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνονται οι σκοποί της σταθερής ή της ευέλικτης ενίσχυσης και η επίδρασή τους στο σχεδιασμό διαφόρων μετρητικών

συστημάτων θα αναλυθεί παρακάτω σε σχέση με τις μονάδες ελέγχου. Εδώ, οι διαφορετικές δυνατότητες θα εκτιμηθούν από τη σκοπιά των εφαρμογών των μετρήσεων.

Ευμετάβλητη ενίσχυση μπορεί να πραγματοποιηθεί από δύο βασικά διαφορετικές σχεδιαστικές προσεγγίσεις: χρησιμοποιώντας εναλλάξιμα μετρητικά μελη στη μονάδα ελέγχου ή παρέχοντας ένα αρκετά εκτεταμένο πεδίο ρύθμισης, ουσιαστικά διευρυμένο από το απαιτούμενο για τη βαθμονόμηση. Οποιαδήποτε μέθοδος χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να γίνει πρόληψη για την εύκολη εναλλαγή των κλιμάκων του οργάνου ένδειξης, ώστε να αντιστοιχούν κάθε φορά στην επιλεγμένη ενίσχυση.

Η ικανότητα της ευμετάβλητης ενίσχυσης είναι χρήσιμη σε σχεδιασμούς, όπου το ίδιο όργανο εξυπηρετεί, εναλλακτικά, διάφορους στόχους που απαιτούν διαφορετικά πεδία μετρήσεων. Μεγαλύτερη ελαστικότητα της χρήσης του οργάνου μπορεί να επιτευχθεί εάν υπάρχει επιλογή ενίσχυσης του μετρητικού πεδίου ή των πορισμάτων του. Πάντως, όταν ένα πνευματικό όργανο προορίζεται για συνεχείς μετρήσεις ενός μόνο τύπου, κανένα πλεονέκτημα δεν είναι αποτέλεσμα της πρόσθετης ικανότητας της ευμετάβλητης ενίσχυσης.

Ο πρωταρχικός στόχος των σχεδιασμών που διασφαλίζουν συνέπη ενίσχυση σήματος μετρήσεων, είναι να μην απαιτείται η χρήση δύο ρυθμιστικών προτύπων για το ίδιο ονομαστικό μέγεθος. Τα πνευματικά όργανα που διαθέτουν συνεπή ενίσχυση μπορούν να ρυθμιστούν με ένα μόνο πρότυπο με καθορισμό της θέσης μηδέν σε συγκεκριμένο σημείο της κλίμακας. Μόλις επιτευχθεί η ρύθμιση, οι ενδείξεις του οργάνου θα αντιπροσωπεύουν αποκλίσεις μεγέθους που ανταποκρίνονται στις τιμές βαθμονόμησης της κλίμακας. Εξαιτίας της σταθερής ενίσχυσης, η ρύθμιση παραμένει συνεπής, παρόλο που στις μονάδες ελέγχου ρυθμιζόμενου τύπου απαιτείται μια περιοδική συντήρηση για να δορθωθούν τυχόν παρεκκλίσεις ή έλλειψη σταθερότητας.

Συγκριτικά, εκείνοι που προτείνουν τα συστήματα ευμετάβλητης ενίσχυσης υποστηρίζουν ότι ακόμα και το καλύτερα κατεργασμένο και υπολογισμένο, συνεπές σύστημα ενίσχυσης δεν μπορεί να διαθέτει ισοδύναμη ακριβεία και αξιοπιστία με μια ακριβώς εκτελεσμένη και περιοδικά επαναλαμβανόμενη διαδικασία βαθμονόμησης.

6.3 ΟΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ενώ τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά όλων των πνευματικών οργάνων είναι ουσιαστικά κοινά, μετατρέποντας τις διαφοροποιήσεις της διάστασης σε ανάλογες μεταβολές της πίεσης ή της ταχύτητας του αέρα, οι μέθοδοι επίτευξης αυτών των μετατροπών και των ενδείξεων των μεταβολών που πραγματοποιούνται στη φυσική κατάσταση του αέρα, διαφέρουν αρκετά, ανάλογα με το σύστημα του κάθε πνευματικού οργάνου.

Όπως έχει φανεί και στον Πίνακα 6-1, υπάρχουν αρκετά σύγχρονα συστήματα, από τα οποία καθένα κατέχει τις δικές του ιδιαιτερότητες. Τα περισσότερα από αυτά συνδέονται με τα όργανα που κατασκευάζονται από επιφανείς εταιρίες. Κανένα από αυτά δεν υπερέχει έναντι κάποιου άλλου, όμως η ικανότητα καλύτερης προσαρμογής του καθενός διαφέρει ανάλογα με τις συνθήκες και τους σκοπούς της καθεμιάς διαδικασίας μετρήσεως.

Η διαφορά στην προσαρμοστικότητα ως αποτέλεσμα των συνθηκών μέτρησης απαιτεί τη σωστή πρόβλεψη από το χρήστη κατά την επιλογή ανάμεσα στα συστήματα πνευματικών οργάνων. Αν και οικονομικοί παράγοντες, όπως το αρχικό και το

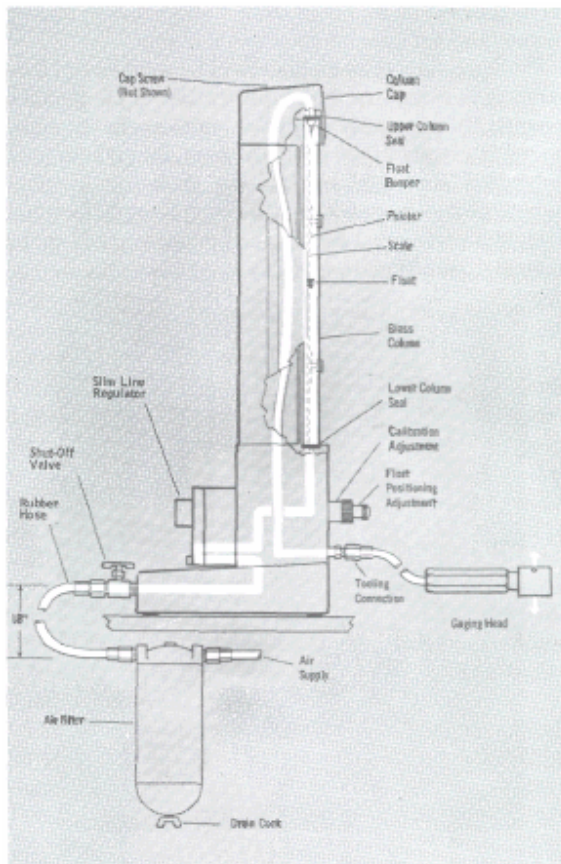
λειτουργικό κόστος, αλλά και αρκετές άλλες, όχι κατ' ανάγκη τεχνικές καταστάσεις, έχουν ιδιαίτερη αξία κατά την επιλογή, η κατανόηση των λειτουργικών διαφορών των διαφόρων συστημάτων μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο συστατικό της επιλογής αυτής. Για το λόγο αυτό, παρακάτω παρουσιάζονται περιγραφές των πλέον χρησιμοποιούμενων συστημάτων, που ενσωματώνονται στις σχετικές μονάδες ελέγχου.

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΟΗΣ

Τα πνευματικά όργανα συστήματος ροής λειτουργούν με την ανίχνευση και την ένδειξη σε κλίμακα της μονάδας ελέγχου, της στιγμιαίας τιμής της ροής αέρα. Τα πνευματικά όργανα που χρησιμοποιούν τις μεταβολές στα χαρακτηριστικά της ροής του αέρα κατατάσσονται, επίσης, στα πνευματικά συστήματα που λειτουργούν βάση του φαινομένου της ταχύτητας του αέρα.

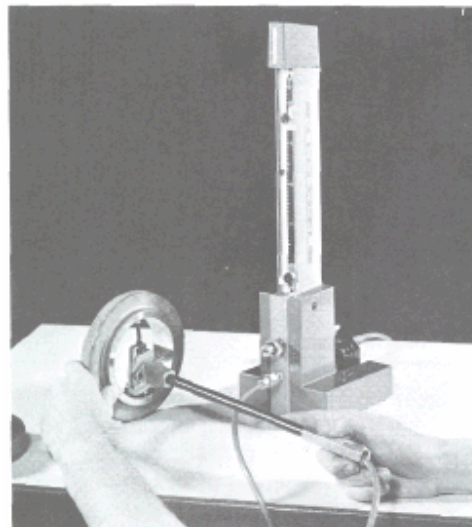
Ο πραγματικός σχεδιασμός αυτών των οργάνων μπορεί να διαφέρει. Ένας από τους γνωστότερους σχεδιασμούς θα αναλυθεί παρακάτω.

Στο σύστημα του Σχήματος 6-2, αέρας προερχόμενος από τη γραμμή τροφοδοσίας, αφού διέλθει μέσα από φίλτρο και ρυθμιστική βαλβίδα, εισέρχεται στο κατώτερο σημείο ενός κατακόρυφα διατεταγμένου ενδεικτικού οργάνου μέσω ρυθμιζόμενου περιοριστή, με τον οποίο πραγματοποιείται η ρύθμιση του οργάνου. Το ενδεικτικό όργανο ροής, αρχικά, αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα κωνικής οπής (αλλιώς, εξελιγμένος σωλήνας ή σωλήνας μέτρησης παροχής με πλωτήρα μεταβλητής διατομής) που περικλείει έναν ελεύθερα κινούμενο πλωτήρα. Ο αέρας που διέρχεται, οδηγείται με κανάλι (πλαστικός σωλήνας) στο αισθητήριο στέλεχος του οργάνου. Τα στόμια επιτρέπουν στον πεπιεσμένο αέρα να εξέλθει στην ατμόσφαιρα. Ένας ρυθμιστικός κοχλίας στην κορυφή του γυάλινου σωλήνα εξυπηρετεί για την τοποθέτηση ή το μηδενισμό του πλωτήρα, κατά τη ρύθμιση του οργάνου, με τη βοήθεια και του ρυθμιστικού προτύπου.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 6-2: Λειτουργικά χαρακτηριστικά πνευματικού οργάνου μέτρησης ροής αέρα.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 6-3: Μονάδα ελέγχου πνευματικό όργανο μέτρησης ροής αέρα που περιλαμβάνει, επιπλέον της στήλης ενδείξεων, όλα τα βασικά συστατικά περιορισμού και ρύθμισης. Παρουσιάζεται η χρήση της σε συνδυασμό με μετρητική κεφαλή οπών.

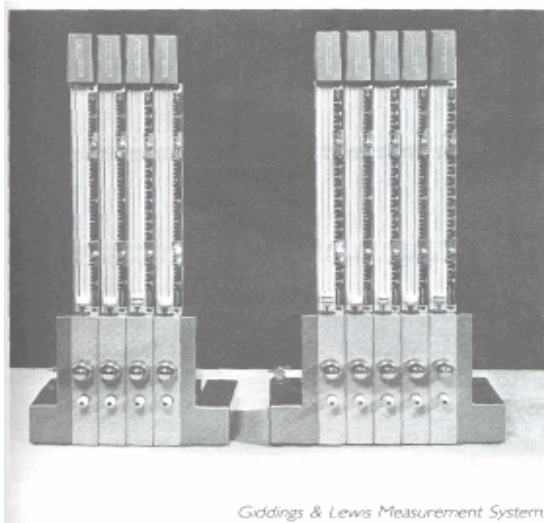
Το Σχήμα 6-3 δείχνει ένα πραγματικό όργανο που λειτουργεί με το σύστημα μέτρησης της τιμής της ροής του αέρα. Πρόσθετα των λειτουργικών συστατικών ενίσχυσης σήματος και καταγραφής ενδείξεων και των βοηθητικών συσκευών τους, το όργανο του Σχήματος περιέχει μια ειδική βαλβίδα περιορισμού πίεσης, ώστε να διασφαλίζεται η προσαγωγή του αέρα για τη λειτουργία της μέτρησης σε συνεχή, με τις ανάγκες, πίεση. Η τάξη ενίσχυσης με την οποία το όργανο παρουσιάζει τις αισθητές μεταβολές μεγέθους του αντικειμένου, πραγματοποιείται, αρχικά, από τον κώνο εντός του γυάλινου σωλήνα. Αλλάζοντας το σωλήνα και την κλίμακα, η τάξη ενίσχυσης μπορεί να μεταβληθεί, κάνοντας το όργανο προσαρμόσιμο σε διαφορετικά πεδία ανοχών. Οι κοινά χρησιμοποιούμενες ενισχύσεις για τα όργανα της κατηγορίας παίρνουν τιμές από 1000 έως 20.000 φορές και για ειδικές εφαρμογές, ακόμα μεγαλύτερες.

Όταν ένα τέτοιο όργανο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί υπό συνθήκες που απαιτούν συχνές μεταβολές της τιμής της ενίσχυσης, μπορεί να προσαρμοστεί στο όργανο του Σχήματος μια ειδική συσκευή ενισχυτή. Τα όργανα που εφοδιάζονται με αυτόν τον ενισχυτή αποφεύγουν τις εναλλαγές σωλήνων, κατά τις διαφοροποιήσεις της τιμής ενίσχυσης. Μονάχα η κλίμακα πρέπει να αντικαθίσταται για να συμφωνεί με την επιλεγμένη τιμή.

Επεξήγηση της λειτουργικής διαδικασίας των πνευματικών οργάνων ροής δίνεται στα ακόλουθα: όταν κανένα εμπόδιο δεν εμφανίζεται στη ροή του αέρα μέσω των ακροφυσίων της μετρητικής κεφαλής, η ταχύτητα ροής του αέρα διατηρεί τον πλωτήρα στην ανώτερη θέση εντός του σωλήνα και αναχαιτίζεται μηχανικά μόνο από ανασταλτήρα ή στοπ. Τμηματική παρεμπόδιση του αέρα διαφυγής μέσω των στομιών της αισθητήριας κεφαλής θα ελαττώσει τον αέρα που διέρχεται μέσω του σωλήνα. Ο αέρας διέλευσης με τη μειωμένη ταχύτητα είναι ικανός να συγκρατήσει τον πλωτήρα σε κατώτερο επίπεδο του σωλήνα και η βαθμονομημένη κλίμακα πίσω από αυτόν θα παρουσιάσει σε ίντσες τη μεταβολή στη διάσταση του αντικειμένου που προκάλεσε και τις μεταβολές στην τιμή της ροής του αέρα.

Το εμπόδιο στον αέρα διαφυγής σχετίζεται με την κατάσταση υλικού της μετρούμενης επιφάνειας. Όσο καλύτερη είναι αυτή, τόσο περισσότερο θα παρεμποδίζεται η ελεύθερη ροή του αέρα, με αποτέλεσμα τη συγκράτηση του πλωτήρα σε χαμηλότερο επίπεδο του σωλήνα. Η αντίδραση αυτή εκφράζεται στην αίσθηση των μεταβολών των διαστάσεων του αντικειμένου, ως ακολούθως: καλύτερη κατάσταση υλικού μειώνει το πραγματικό μέγεθος μιας εσωτερικής επιφάνειας, άλλα αυξάνει το μετρούμενο μέγεθος μιας εξωτερικής. Όταν τα πνευματικά όργανα ροής χρησιμοποιούνται εναλλακτικά για εσωτερικές και εξωτερικές μετρήσεις, συμβουλεύεται να χρησιμοποιούνται κλίμακες με σημάδια για την ένδειξη της αίσθησης των μεταβολών του μεγέθους που αντιστοιχούν στις μεταβολές θέσης του πλωτήρα.

Η απλότητα του συστήματος αντικατοπτρίζει το αρχικό κόστος των οργάνων αυτών και επιτρέπει τη συντήρηση του οργάνου από το χρήστη, χωρίς να απαιτεί τις αποκλειστικές δυνατότητες επιδιόρθωσης που παρέχει ο κατασκευαστής. Περαιτέρω πλεονεκτήματα είναι η ταχύτερη αντίδραση ενδείξεων, ακόμα και στην περίπτωση απομακρυσμένης τοποθέτησης της μετρητικής κεφαλής σε σχέση με το όργανο ενδείξεων. Ακόμα, η ευκρίνεια των ενδείξεων σε μεγάλη κλίμακα, η εύκολη παρατήρηση από απόσταση και ο συμπαγής σχεδιασμός που επιτρέπει τη συγκέντρωση ολόκληρης της διαδρομής του αέρα πίσω από μια λεπτή βάση. Τοποθετώντας διάφορες μονάδες ελέγχου ροής σε κοινό επίπεδο και τους ενδεικτικούς σωλήνες τον ένα δίπλα στον άλλο και σε κοντινή απόσταση, μπορεί να γίνει παρατήρηση μετρήσεων που προέρχονται από διαφορετικά σημεία μέτρησης, με απλό και εύκολο τρόπο (Σχ. 6-4).



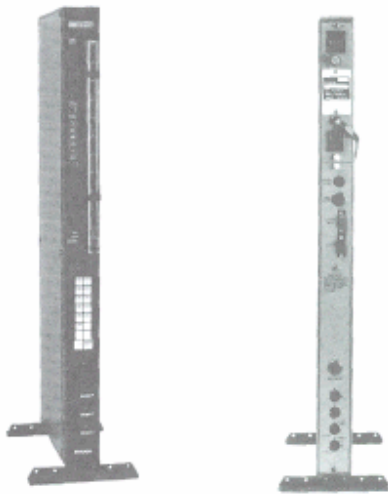
Σχ. 6-4: Μονάδες ελέγχου για τη μέτρηση της ροής αέρα, πολλαπλών διαδρομών. Η ρυθμιζόμενη τοποθέτηση αρκετών στηλών σε κοινή βάση επιτρέπει την ταυτόχρονη παρατήρηση των των ενδείξεων που προέρχονται από διαφορετικές αλλά συσχετιζόμενες θέσεις μέτρησης.

Giddings & Lewis Measurement Systems

Ενώ η διατεταγμένη τοποθέτηση και η εύκολη παρατήρηση διάφορων μετρητικών σωλήνων αποτελούν χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα των οργάνων της κατηγορίας, δεν έχουν τη δυνατότητα της συμμετοχής βοηθητικών συσκευών, όπως οι καταγραφείς και οι διακόπτες.

Τα όργανα αυτά έχουν, επίσης επηρεαστεί από την επανάσταση και την συνεχώς αυξανόμενη χρήση των ηλεκτρονικών συστημάτων στις μετρήσεις διαστάσεων. Μια ηλεκτρο-πνευματική μονάδα ελέγχου μπορεί να αντικαταστήσει την παραδοσιακή στήλη ενδείξεων με πλωτήρα (Σχ. 6-5). Η ευανάγνωστη ψηφιακή οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) και οι αναλογικές οθόνες διόδου εκπομπής φωτός (LED) παράγονται μέσω ενός γραμμικού μετατροπέα διαφορικών μεταβλητών (LVDT) και μετατροπέων πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων. Περιορισμένες φωτεινές ακτίνες βοηθούν, επίσης, τον παρατηρητή και το χειριστή τόσο στην ταχύτητα, όσο και στην ακρίβεια ανάγνωσης των ενδείξεων. Η ηλεκτρονική στήλη επιτρέπει τη χρήση μετρητικών συστημάτων και των δύο τύπων, ροής και αντίθλιψης.

Το Σχήμα 6-6 παρουσιάζει την πίσω όψη μιας ηλεκτρονικής στήλης και αναδεικνύει δύο σημαντικά χαρακτηριστικά. Πρώτον, η υποδοχή εναλλασσόμενου ρεύματος 115 volts επιτρέπει την τοποθέτηση των στηλών σε μονάδες ελέγχου πολλαπλών διαδρομών για εύκολες παρατηρήσεις. Δεύτερον, η σειριακή θύρα RS 232 επιτρέπει τη διασύνδεση της μονάδας με ηλεκτρονικό υπολογιστή για το σκοπό της συλλογής πληροφοριών.



Giddings & Lewis Measurement Systems

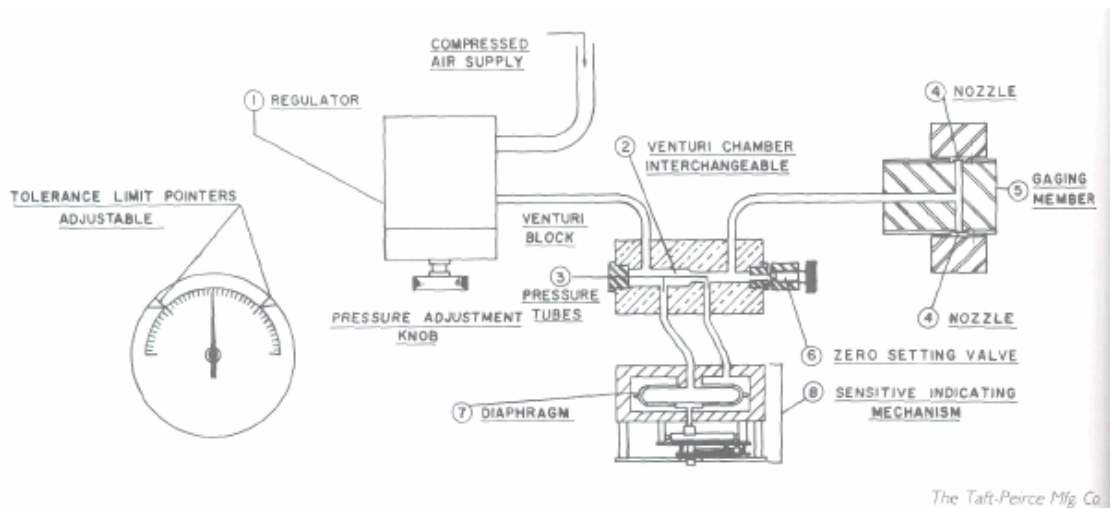
Σχ. 6-5: (Αριστερά) Ηλεκτρο-πνευματική στήλη, μπροστινή όψη.

Σχ. 6-6: (Δεξιά) Ηλεκτρο-πνευματική στήλη, πίσω όψη.

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΔΙΑΦΟΡΙΚΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Το Σχήμα 6-7 παρουσιάζει σχηματική απεικόνιση της διάταξης ενός πνευματικού συστήματος, που η λειτουργία του βασίζεται στη μέτρηση των μεταβολών της ταχύτητας του αέρα και οι οποίες προκαλούνται από τα διαφορετικά εμπόδια στη διαφυγή του αέρα. Ένας σωλήνας Venturi με δύο τομείς διαφορετικών διαμέτρων στο εσωτερικό του,

χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τις μεταβολές της ταχύτητας του αέρα σε ένα σύστημα στιγμιαίων διαφορικών πίεσης. Ένα ευαίσθητο ελαστικό διάφραγμα αντιδρά στιγμιαία στις μεταβολές πίεσης και επενεργεί μέσω κατάλληλου συνδέσμου στο δείκτη του οργάνου. Το διάφραγμα έχει ένα εσωτερικό χώρο συνδεδεμένο με τον τομέα εισόδου του Venturi, ενώ ο τομέας μειωμένης διαμέτρου του Venturi επικοινωνεί με τον εξωτερικό, του διαφράγματος, χώρο.



Σχ. 6-7: Σχηματική απεικόνιση των βασικών λειτουργικών συστατικών ενός πνευματικού οργάνου μέτρησης ταχύτητας αέρα, με χρήση σωλήνα Venturi για την παραγωγή ανάλογων αποκλίσεων πίεσης.

Όταν η ταχύτητα του αέρα διαφυγής μειώνεται εξαιτίας της εγγύτητας της επιφάνειας του αντικειμένου στα ακροφύσια του στομίου, θα μειώνεται και στον κατώτερο τομέα του Venturi, επαναπροσδιορίζοντας την ισοροπία δυνάμεων που δρουν στις δύο αντίθετες πλευρές του διαφράγματος. Ανάλογα με την αίσθηση των μεταβολών πίεσης που προκύπτουν, το διάφραγμα διαστέλεται ή συστέλεται σε βαθμό ανάλογο των μεταβολών μεγέθους του αντικειμένου που προκαλούν τις διαφορικές πιέσεις. Η τιμή ενίσχυσης αυτών των μεταβολών παρουσιάζεται, στη συνέχεια, από τη θέση του δείκτη πάνω στη βαθμονομημένη κλίμακα του αναλόγιου.

Τα μέσα ρύθμισης της βαθμονόμησης του οργάνου και της τοποθέτησης του δείκτη, κατά τη διαδικασία των ρυθμίσεων είναι εσωτερικά τμήματα του συστήματος. Η μετακίνηση της θέσης του δείκτη δε μεταβάλλει την ενίσχυση του οργάνου, η οποία πραγματοποιείται από τις σχεδιαστικές διαστάσεις του Venturi. Όταν απαιτείται διαφορετική ενίσχυση, η διάταξη Venturi πρέπει να αλλάξει και τοποθετείται και η αντίστοιχη κλίμακα στο αναλόγιο του οργάνου. Αυτή είναι μια σχετικά γρήγορη διαδικασία που μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση απλών εργαλείων. Για τη ρύθμιση και τη βαθμονόμηση του οργάνου απαιτούνται δύο πρότυπα που αντιπροσωπεύουν το μέγιστο και το ελάχιστο μέγεθος.

Το Σχήμα 6-8 απεικονίζει μια μονάδα ελέγχου πνευματικού οργάνου που λειτουργεί βάση της διαφορικής ταχύτητας και χρησιμοποιεί σωλήνα Venturi. Για τη μέτρηση πολλαπλών διαστάσεων, μπορούν να τοποθετηθούν αρκετές τέτοιες μονάδες σε κοινό επίπεδο και η θέση των δεικτών να είναι εύκολα παρατηρήσιμη.

Τα πνευματικά συστήματα που λειτουργούν με ανίχνευση των διαφορικών ταχυτήτων, αν και προορίζονται, κυρίως, για εφαρμογές που απαιτούν μόνο οπτική παρατήρηση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επίσης, σε ειδικές μονάδες ελέγχου που παράγουν ηλεκτρικά σήματα ή παλμούς για σκοπούς ελέγχου. Τα όργανα αυτά διαθέτουν διάφορα πολύτιμα χαρακτηριστικά, όπως σχετικά γρήγορη απόκριση, λειτουργία με σχετικά μεγάλο διάκενο μεταξύ ακροφυσίου και επιφάνειας αντικειμένου, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τη φθορά των μετρητικών μελών, και χαμηλή κατανάλωση αέρος. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται σε μετρήσεις που απαιτούν μεγέθυνση 500 έως 5.000 φορές.



The Taft-Perce Mig. Co.

Σχ. 6-8: Μονάδα ελέγχου πνευματικού οργάνου μέτρησης ταχύτητας αέρα.

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕ ΘΑΛΑΜΟ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Τα όργανα της κατηγορίας αντιπροσωπεύουν τον αρχικό σχεδιασμό των πνευματικών μετρήσεων χρησιμοποιώντας θάλαμο νερού για εξισσορόπηση των επιδράσεων των μεταβολών της γραμμικής πίεσης. Το σύστημα αναπτύχθηκε αρχικά από τους κατασκευαστές των καρμπρατέρ Solex για τον έλεγχο των αποτελεσματικών διαμέτρων οπών των ακροφυσίων των καρμπρατέρ, στην ελεύθερη ροή του αέρα. Η τρίτη εικόνα του Πίνακα 6-1 δείχνει διαγραμματικά τις λειτουργικές αρχές των πνευματικών οργάνων και βασίζεται στην αρχική εκδοχή του συστήματος περιορισμού πίεσης με θάλαμο νερού. Ανάλυση του συστήματος, πάντως, απαιτείται, όχι μόνο εξαιτίας της προϋστορίας, αλλά και εξαιτίας του γεγονότος ότι το σύστημα αυτό θεωρείται, ακόμα, ως ένα από τα πλέον ευαίσθητα και πολυχρηστικά συστήματα με πρόσθετο πλεονέκτημα ότι επιτρέπει τη χρήση κλιμάκων μεγάλης έκτασης και ευκρίνειας.

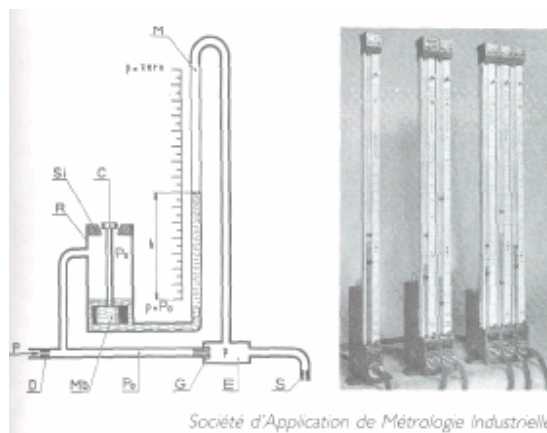
Ο μεγάλος θάλαμος νερού που χρησιμοποιούταν στους παλαιότερους σχεδιασμούς, καθιστούσε το όργανο αρκετά δυσκίνητο. Το μειονέκτημα αυτό περιορίστηκε, ενώ παρέμειναν τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος. Το Σχήμα 6-9 απεικονίζει τις λειτουργικές αρχές ενός σύγχρονου σχεδιασμού χαμηλών πιέσεων οργάνου του τύπου αυτού που διαφέρει ελάχιστα από την αντίστοιχη εκδοχή υψηλών πιέσεων.

Ο πεπιεσμένος αέρας P παρέχεται στον ελεγκτήρα και παραμένει αυστηρά σε σταθερή πίεση P_0 . Ένα ποσοστό αέρος εισέρχεται στο θάλαμο πιέσεων E και τον εγκαταλείπει, μέσω του στομίου S , το οποίο έχει τη μορφή ενός ή περισσοτέρων

ακροφυσίων έγχυσης, ή ενός από τους πολλούς μηχανικούς επαφείς. Η εγκάρσια διατομή της περιοχής G είναι σταθερή και της περιοχής S ποικίλει ανάλογα με τη διάσταση του συστατικού που μετράται. Το γεγονός αυτό προκαλεί μεταβολές στην πίεση p εντός του θαλάμου E και οι μεταβολές αυτές αντικατοπτρίζονται σε ένα μανόμετρο M, η κλίμακα του οποίου μετατρέπει τις μεταβολές στο S σε γραμμικές τιμές.

Η πίεση λειτουργίας διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια ρυθμιστικής διάταξης που αποτελείται από το θάλαμό R και ο οποίος περιέχει έναν πλωτήρα Mb, το ανώτερο τμήμα του οποίου σχηματίζει τη βαλβίδα C. Ο πεπιεσμένος αέρας P, που διέρχεται από τη στραγγαλιστική βαλβίδα D, μέχρι να φθάει στο θάλαμο E ασκεί μια πίεση στη βαλβίδα του πλωτήρα η οποία αντισταθμίζει το φαινομενικό βάρος του πλωτήρα. Η πίεση P_0 , λοιπόν, που δημιουργείται παραμένει σταθερή και εξαρτώμενη των μεταβολών της πίεσης P, η οποία προκαλεί αντίστοιχη μετατόπιση του σώματος του πλωτήρα και ακολούθως, μεταβολές στη ροή του αέρα ανάμεσα από τη βαλβίδα C και τα άκρα S1 του θαλάμου.

Ο προτιμότερος τύπος ενδεικτικού οργάνου αυτού του πνευματικού συστήματος είναι η στήλη ύδατος που παρέχει εξαιρετικές παρατηρήσεις και υψηλή ανάλυση. Η κλίμακα μεγέθους των τυπικών μοντέλων είναι 20 ίντσες, αν και διατίθενται ειδικά μοντέλα με κλίμακες μεγέθους έως και 48 ίντσες. Το Σχήμα 6-10 παρουσιάζει τυπική αναπαράσταση πνευματικών οργάνων του συστήματος. Τα όργανα αυτά διατίθενται σε σερ της μίας, δύο ή τριών μονάδων, επιτρέποντας όλους τους δυνατούς συνδυασμούς σε κοινή βάση, όταν πρέπει να ελεγχθεί μεγάλος αριθμός μετρητικών σημείων με σύμφωνο τρόπο παρατήρησης.



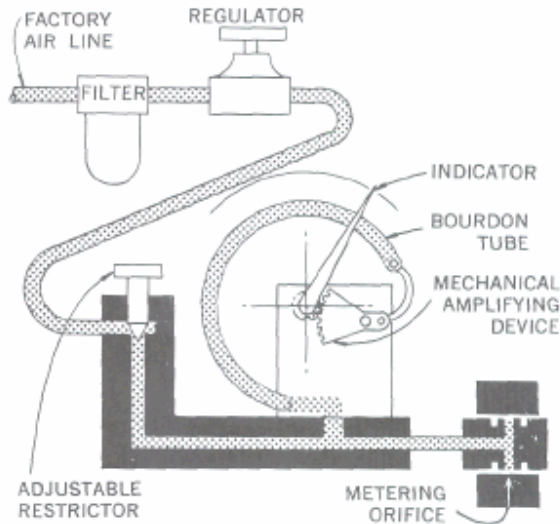
Σχ. 6-9: (Αριστερά) Λειτουργικές αρχές πνευματικού οργάνου με θάλαμο νερού για τον έλεγχο της πίεσης.

Σχ. 6-10: (Δεξιά) Στήλες ύδατος πνευματικών οργάνων με θάλαμο νερού. Μίας, δύο και τριών μονάδων ελέγχου

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΙΕΣΗΣ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Η λειτουργική διαδρομή των μονάδων ελέγχου που χρησιμοποιούνται στα βασικά μοντέλα των οργάνων αυτών παρουσιάζεται διαγραμματικά στο Σχήμα 6-11. Όταν η ελεύθερη ροή του αέρα μέσω των στομιών της μετρητικής κεφαλής παρεμποδίζεται, αναπτύσσεται πίεση αέρα στο κανάλι σύνδεσης της κεφαλής και του περιοριστή. Επειδή

η πίεση αναπτύσσεται στο ανώτερο σημείο της κεφαλής, συχνά αναφέρεται ως πίεση αντίθλιψης.



Sheffield Measurement, A Cross & Trecker Company

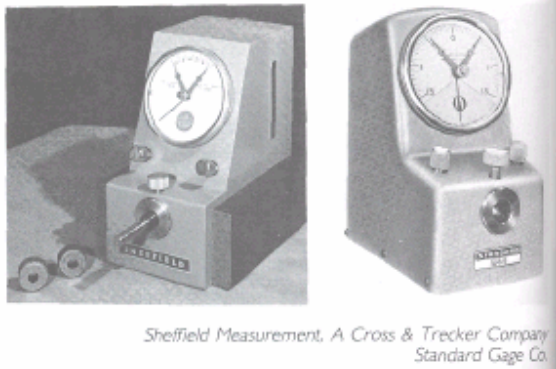
Σχ. 6-11: Λειτουργικές αρχές βασικού πνευματικού συστήματος μέτρησης της αντίθλιψης.

Ένα όργανο μέτρησης της πίεσης που επικοινωνεί με το κανάλι, όπου αναπτύσσεται η πίεση αντίθλιψης, παρουσιάζει τις μεταβολές της πίεσης του αέρα. Στο χρησιμοποιούμενο πεδίο μέτρησης, οι μεταβολές είναι ανάλογες στις μεταβολές των εμποδίων της ροής και ως συνέπεια, το ενδεικτικό όργανο παρουσιάζει τις σχετικές αποστάσεις της επιφάνειας του αντικειμένου από τα ακροφύσια της κεφαλής.

Ο δείκτης, αν και κινείται από τις μεταβολές της πίεσης, προσαρμόζεται στο να καταδεικνύει την αιτία των μεταβολών πίεσης, που είναι οι διαφορές διάστασης του αντικειμένου που μετράται και του ρυθμιστικού προτύπου. Στα όργανα της κατηγορίας αυτής διατίθενται ενδείξεις διαφορετικών μεγεθύνσεων, όπως 5.000X, 10.000X, 20.000X ή και 40.000X.

Οι ενδείξεις του οργάνου εμφανίζονται μόνο όταν το πραγματικό μέγεθος του αντικειμένου βρίσκεται εντός του πεδίου ρύθμισης του οργάνου, ειδάλως, ο δείκτης του οργάνου θα παραμείνει σε μία από τις ακραίες θέσεις της κλίμακας. Στη θέση χαμηλότερης τιμής, όταν δεν υπάρχει κανένα ή έστω πολύ μικρό εμπόδιο στη μετρητική κεφαλή και στην υψηλότερης τιμής, όταν το στόμιο ελεύθερης ροής είναι πλήρως κλεισμένο ή ελάχιστα ανοικτό, κάτω από τις ρυθμισμένες οριακές τιμές του πεδίου μετρήσεων.

Ο περιοριστής στην είσοδο του αέρα στη μονάδα ελέγχου μπορεί να ρυθμιστεί με σκοπό τη βαθμονόμηση του οργάνου, που έχει να κάνει με διορθώσεις του συστήματος μεγέθυνσης. Για τη βαθμονόμηση και τη ρύθμιση του οργάνου χρησιμοποιούνται δύο ρυθμιστικά πρότυπα γνωστού μεγέθους που είτε αντιπροσωπεύουν τα οριακά μεγέθη του πεδίου ανοχών του αντικειμένου είτε τις οριακές τιμές της κλίμακας. Το Σχήμα 6-12 απεικονίζει μια μονάδα ελέγχου πνευματικού συστήματος, όπως αυτού που περιγράφηκε παραπάνω.



Σχ. 6-12: (Αριστερά) Μονάδα ελέγχου πνευματικού οργάνου μέτρησης αντίθλιψης με βύσμα αέρος και ένα ζευγάρι ρυθμιστικών οργάνων.

Σχ. 6-13: (Δεξιά) Μονάδα ελέγχου πνευματικού οργάνου μέτρησης αντίθλιψης, ρυθμιζόμενης ενίσχυσης. Το εύκολα αφαιρούμενο αναλόγιο είναι χρήσιμο κατά τη μετάβαση σε διαφορετικές τάξεις ενίσχυσης.

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΙΕΣΗΣ ΜΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

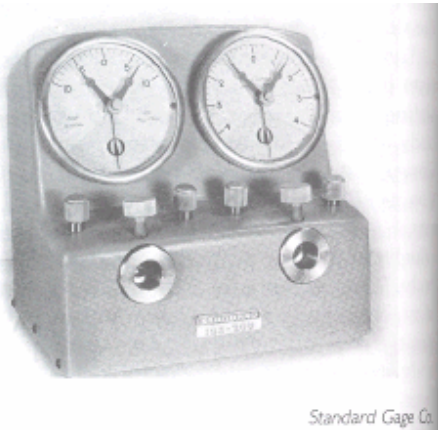
Τα όργανα της κατηγορίας αυτής μοιάζουν αρκετά με τα συνήθως χρησιμοποιούμενα πνευματικά όργανα πίεσης, με την εξαίρεση της χρήσης συμπληρωματικών συστατικών με τη βοήθεια των οποίων η τιμή της ενίσχυσης, που επιτυγχάνεται, μεταβάλλεται εντός αρκετά διευρυμένου πεδίου. Η εκτεταμένη αυτή ρύθμιση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός ρυθμιζόμενου μετρητικού περιοριστή και ενός συστήματος ανακούφισης που αποτελείται από μια ευαίσθητη ρυθμιστική βαλβίδα. Χρησιμοποιώντας δύο ρυθμιστικά πρότυπα ως αντικατάστατα των ορίων του πεδίου μεγέθους που καλύπτει το όργανο, η μετάβαση στην επιθυμητή τιμή ενίσχυσης πραγματοποιείται με ρύθμιση της δοσομετρικής και της ανακουφιστικής βαλβίδας. Είναι πρακτικό, να επιλεγεί μία σταθερή τιμή ενίσχυσης εντός του πεδίου ρύθμισης του οργάνου, για να επιτρέψει τη χρήση μιας κλίμακας τυπικής μορφής.

Το Σχήμα 6-13 απεικονίζει μια μονάδα ελέγχου πνευματικού οργάνου που λειτουργεί με το παραπάνω σύστημα. Η ενίσχυση του οργάνου αυτού μπορεί να ρυθμιστεί ακόμα και στο 28.000X, χάρη στον, υψηλών απολαβών, τύπο πνευματικής διαδρομής. Όταν χρειάζονται μικρότερες τιμές ενίσχυσης, μπορεί να επιλεγεί η ίδια μονάδα, χωρίς, όμως, να στηρίζεται στην ενίσχυση αυτή (στην περίπτωση αυτή η μέγιστη τιμή της ενίσχυσης θα είναι 4.000X). Στο σχήμα φαίνεται ότι η κλίμακα του αναλογίου είναι αποσπώμενη. Τα ευκόλως αφαιρούμενα αναλόγια επιτρέπουν την εύκολη αλλαγή κλίμακας, ώστε να εφαρμοστεί εκείνη που οι βαθμονομήσεις της αντιστοιχούν στη ρυθμισμένη τιμή μεγέθυνσης του οργάνου.

Πρόσθετα στη δυνατότητα να καλύπτει μια μεγάλη ποικιλία πεδίων ανοχών, η ευκολία προσαρμογής σε αυτό διαφόρων μονάδων ελέγχου επιτρέπει, επίσης, τη χρήση αισθητήριων μελών που, αρχικά ήταν σχεδιασμένα να λειτουργούν με άλλους τύπους οργάνων.

Το μοντέλο μονάδας ελέγχου που φαίνεται στο Σχήμα 6-14 είναι διπλού τύπου και συνδυάζει στην ίδια συσκευή δύο ανεξάρτητα όργανα υπό κοινή γραμμή αέρος και

συσκευή φιλτραρίσματος και περιορισμού. Ο τύπος αυτός είναι χρήσιμος, όταν πρόκειται να μετρηθούν δύο διαστάσεις ταυτόχρονα και οι ενδείξεις απαιτείται να είναι εύκολες στην παρατήρηση με μία ματια. Οι μετρούμενες διαστάσεις μπορεί να είναι ανεξάρτητες και να αντιπροσωπεύουν δύο διαφορετικές επιφάνειες του ίδιου αντικειμένου ή μπορεί και να σχετίζονται μεταξύ τους. Στην τελευταία περίπτωση, οι ενδείξεις δίνουν, επίσης, πληροφορίες παράλληλα με τα μεγέθη των αναξάρτητων διαστάσεων και για την αμοιβαία σχέση τους, η οποία μπορεί να είναι ενδεικτική σημαντικών γεωμετρικών καταστάσεων.



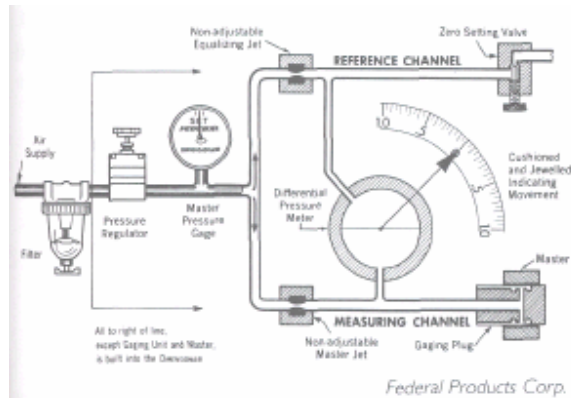
Σχ. 6-14: Διπλού τύπου μονάδα ελέγχου ρυθμιζόμενης ενίσχυσης. Επιτρέπει την παρατήρηση ενδείξεων που προέρχονται από δύο διαφορετικές διαστάσεις, οι οποίες μπορεί και να συσχετίζονται.

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΔΙΑΦΟΡΙΚΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΑ ΣΥΝΕΠΟΥΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Τα όργανα αυτά σχεδιάστηκαν για να εισάγουν ένα σχέδιο ρύθμισης οργάνων διαφορετικό από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα στα πνευματικά όργανα. Στα συστήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, η τιμή της ενίσχυσης παράγεται από τις μονάδες ελέγχου και μπορεί να ρυθμιστεί είτε για το σκοπό της βαθμονόμησης του οργάνου είτε, σε συγκεκριμένους σχεδιασμούς, για να κατορθώνει διάφορες τιμές ενίσχυσης με την ίδια μονάδα ελέγχου, χωρίς παράλληλη αλλαγή των μετρητικών συστατικών του. Πάντως, για τη ρύθμιση και τη βαθμονόμηση αυτών των μονάδων ελέγχου συμβατικού σχεδιασμού, απαιτούνται δύο πρότυπα συγκεκριμένου διαστήματος εντός του πεδίου ρύθμισης.

Όπως φαίνεται στο σχεδιασμό του Σχήματος 6-15, τα πνευματικά όργανα συνεπούς τιμής ενίσχυσης εφοδιάζονται με δύο στραγγαλιστικές βαλβίδες. Οι βαλβίδες αυτές είναι σταθερού ανοίγματος και ελέγχουν δύο παράλληλες διαδρομές αέρος, γνωστές ως γραμμή αναφοράς και γραμμή μέτρησης αντίστοιχα. Μία από αυτές, κατευθύνει τον αέρα εντός διαφράγματος και η άλλη στον κλειστό, εξωτερικό του διαφράγματος, χώρο. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του οργάνου, όταν επέλθει ισορροπία πίεσης του αέρα στα τοιχώματα του διαφράγματος, δεν παρατηρείται καμία παρρέκλιση και η συσκευή μέτρησης που δυνδέεται με το διάγραμμα δείχνει μηδέν. Οι διαταραχές στην πίεση λειτουργίας, που προκαλούνται από τις μεταβολές μεγέθους και

ανιχνεύονται από το αισθητήριο άκρο του συστήματος, θα παρεκκλίνουν τα τοιχώματα του διαφράγματος με αποτέλεσμα ανάλογες ενδείξεις του οργάνου.



Σχ. 6-15: Απεικόνιση πνευματικού συστήματος διαφορικά ελεγχόμενης συνεπούς ενίσχυσης.

Η κατάσταση ισορροπίας πρέπει να αντανακλά το ονομαστικό μέγεθος της μετρούμενης διάστασης, το οποίο είναι ενσωματωμένο στο ρυθμιστικό πρότυπο. Σε αυτή τη θέση, η πίεση αέρος της διαφορικής γραμμής πρέπει να ισορροπήσει χειροκίνητα, προσαρμόζοντας τη βαλβίδα ρύθμισης του μηδενός στη γραμμή αναφοράς. Επειδή οι βαλβίδες στραγγαλισμού στις εισόδους των παράλληλων διαδρομών είναι σταθερού ανοίγματος, η ρύθμιση αυτή δεν θα επηρεάσει την αρχική τιμή ενίσχυσης, παραμένοντας συνεπής και γραμμική σε ολόκληρο το πεδίο της κλίμακας. Αποτέλεσμα αυτού του ιδιαίτερου χαρακτηριστικού είναι το όργανο αυτό να απαιτεί ένα μόνο ρυθμιστικό πρότυπο για την επίτευξη της μηδενικής θέσης του δείκτη και κανένα για τη ρύθμιση ή τη βαθμονόμηση του συστήματος ενίσχυσης.

Η μονάδα ελέγχου του οργάνου της κατηγορίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 6-16 και φαίνεται, επίσης, ένα ρυθμιστικό πρότυπο για το σκοπό της μοναδικής ρύθμισης του συστήματος. Οι μονάδες ελέγχου διατίθενται για μεγεθύνσεις από 1.250X έως 20.000X. Το διαφορικό σύστημα παρέχει διευρυμένο πεδίο γραμμικών ενδείξεων στο αναλόγιο, επιτρέποντας έτσι σχετικά ευρεία έκταση διαστάσεων κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

Το Σχήμα 6-17 παρουσιάζει μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για πνευματικό όργανο διαφορικού τύπου. Η μονάδα αυτή παρέχει τόσο ψηφιακές όσο και αναλογικές ενδείξεις και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί των παραδοσιακών συσκευών με αναλόγιο, όπως αυτές του Σχήματος 6-16. Η ηλεκτρονική μονάδα παρέχει στο χρήστη τα πλεονεκτήματα της ακριβούς ανάγνωσης, της εξαγωγής δεδομένων και της συλλογής τους. Ανάλογα το μοντέλο η ψηφιακή μονάδα ελέγχου διαθέτει πεδίο μετρήσεων από 0,003 ίντσες έως και 0,0003 ίντσες συνολικά.



Federal Products Corp.

Σχ. 6-16: Μονάδα ελέγχου συνεπούς ενίσχυσης πνευματικού οργάνου. Η ανάγκη ενός μόνο ρυθμιστικού προτύπου φαίνεται από το μοναδικό ρυθμιστικό δακτύλιο που υπάρχει στην πλαϊνή πλευρά του οργάνου.



Federal Products Corp.

Σχ. 6-16: Ψηφιακή και αναλογική μονάδα ελέγχου πνευματικού οργάνου.

6.4 ΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΜΕΛΗ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

ΘΕΜΕΛΕΙΩΔΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΣΤΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Η λειτουργία του αισθητήριου μέλους είναι να ανιχνεύει και να σηματοδοτεί τις μεταβολές μεγέθους της μετρούμενης διάστασης, μεταβάλλοντας τη ροή του αέρα στο ανώτερο σημείο. Τέτοιες μεταβολές προκύπτουν όταν μια στέρεη επιφάνεια τοποθετείται κοντά στο άνοιγμα διαφυγής του αέρα, μειώνοντας τη διατομή της επιφάνειας του αέρα διαφυγής σε μικρότερο βαθμό από την επιφάνεια του στομίου.

Γενικά, τα πνευματικά όργανα λειτουργούν χρησιμοποιώντας σταθερά αισθητήρια μέλη για να διασφαλίσουν την ανάγκη ελεγχόμενου διαστήματος μεταξύ ακροφυσίου και εμποδίου. Εξαιρέσεις αποτελούν οι εφαρμογές, όπου μετράται η διατομή πολύ μικρής οπής. Αυτές μπορούν να διεξαχθούν με καθοδήγηση του αέρα από το ακροφύσιο απ' ευθείας στην οπή. Πάντως η διαδικασία απ' ευθείας καθοδήγησης είναι εφαρμόσιμη μόνο σε οπές με διάμετρο μικρότερη από του ακροφυσίου, δημιουργώντας έτσι αποτελεσματική παρεμπόδιση της ροής αέρα.

Η διατομή της επιφάνειας ενός τμηματικού εμποδίου που μένει ανοικτή για τον αέρα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας δακτύλιος, όταν τοποθετείται κάθετα προς το ακροφύσιο μια επίπεδη επιφάνεια παρεμπόδισης. Ο εικονικός δακτύλιος θα έχει διάμετρο ίση με την οπή του ακροφυσίου και πάχος που καθορίζεται από την απόσταση ανάμεσα σε ακροφύσιο και επιφάνεια (Σχ. 6-18). Το μεταξύ τους διάστημα πρέπει να

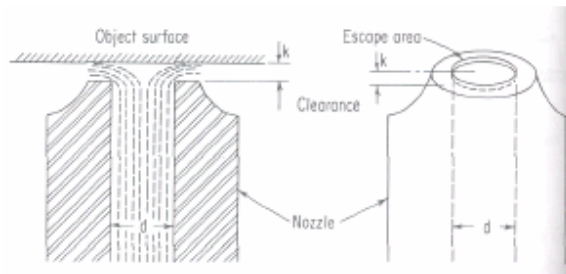
είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με το άνοιγμα του ακροφυσίου, με σκοπό την αποτελεσματική μείωση της επιφάνειας του αέρα διαφυγής.

Η μαθηματική σχέση της ισοδύναμης διάόδου, που οριοθετεί θεωρητικά τον αποτελεσματικό περιορισμό, εκφράζεται ως εξής:

$$k \cdot d \cdot \pi = d^2 \frac{\pi}{4}, \text{ όπου } k = \text{απόσταση μεταξύ του επιπέδου της εξόδου από το ακροφύσιο και της επιφάνειας παρεμπόδισης}$$

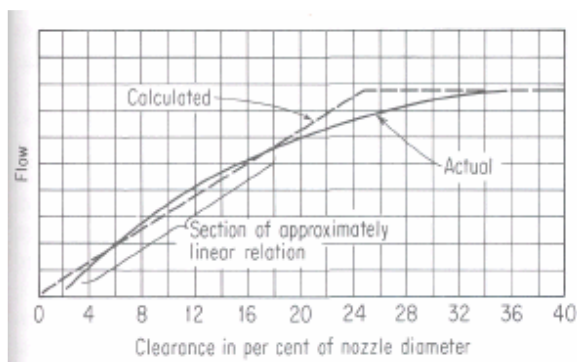
$$d = \text{διάμετρος οπής του ακροφυσίου}$$

Λύνοντας ως προς την απόσταση έχουμε $k = \frac{d}{4}$



Σχ. 6-18: Σχηματική απεικόνιση των διαστάσεων d και k που ελέγχουν την επιφάνεια του αέρα διαφυγής ενός εγχυτήρα κατά τη διαδικασία μέτρησης.

Ο αποτελεσματικός περιορισμός της ελεύθερης διαφυγής του αέρα από το ακροφύσιο, αποτέλεσμα της μείωσης του χώρου διαφυγής αέρα από το ακροφύσιο, δε βρίσκεται ακριβώς, σε γραμμική σχέση με την υπολογισμένη τιμή. Όσο η απόσταση d πλησιάζει το ισοδύναμο επίπεδο περάσματος, η ροή μειώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό από την τιμή υπολογισμού, κυρίως εξαιτίας των τριβών. Πάντως, η σχέση παραμένει σχεδόν γραμμική και αποκλίνει σε ποσοστό 1% ή 2% για ένα ουσιαστικό κομμάτι της αποτελεσματικής απόστασης περιορισμού, η οποία με τη σειρά της ενσωματώνει το 15% με 20% της διαμέτρου του ακροφυσίου (Σχ. 6-19).



Σχ. 6-19: Διάγραμμα απεικόνισης της σχέσης μεταξύ υπολογισμένης και πραγματικής ταχύτητας του αέρα διαφυγής στην ουσιαστικά γραμμική καμπύλη παροχών.

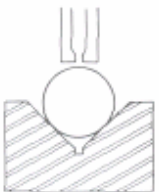
ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΜΕΛΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Η ουσιαστική λειτουργία των αισθητήριων μελών επιτυγχάνεται με τη διέλευση της ροής του αέρα μέσα από τα στόμια της κεφαλής σε βαθμό ανάλογο με τις διαφορές μεγέθους της μετρούμενης διάστασης.

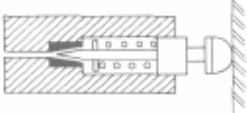
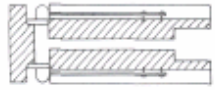
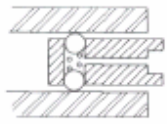
Το εμπόδιο με το οποίο επιτυγχάνεται το αποτέλεσμα του περιορισμού, μπορεί να είναι η επιφάνεια του αντικειμένου, στην οποία οι εγχυτήρες ψεκάζουν απ' ευθείας τον αέρα διαφυγής. Συγκρίσιμο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ενδιάμεσα ένα μέλος που δημιουργεί το εμπόδιο. Στην περίπτωση αυτή, η στιγμιαία θέση του μέλους αυτού σε σχέση με το ακροφύσιο του στομίου καθορίζεται από το μέγεθος του αντικειμένου, με το οποίο το μέλος έρχεται σε μηχανική επαφή. Έτσι μπορούν να ορισθούν δύο βασικές μέθοδοι ανίχνευσης στις πνευματικές μετρήσεις: α) η άμεση ή με τη βοήθεια εγχυτήρων μέθοδος και β) η έμμεση ή με τη βοήθεια επαφέα μέθοδος.

Τα πραγματικά συστατικά των πνευματικών οργάνων που χρησιμοποιούνται σε κάθε μέθοδο μπορεί να διαφέρουν στη μορφή εκτέλεσης και το σκοπό εφαρμογής τους. Ο Πίνακας 6-3 συγκεντρώνει τους πλέον χρησιμοποιούμενους σχεδιασμούς και παρουσιάζει παραδείγματα χαρακτηριστικών εφαρμογών τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-3. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ – ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΣΧΗΜΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Άμεση ανίχνευση	Ενός εγχυτήρος		Απαιτεί τη θετική τοποθέτηση του αντικειμένου στη θέση εργασίας. Η εφαρμόσιμη μετρητική διαδικασία είναι ουσιαστικά όμοια με τις συμβατικές μετρήσεις των συγκριτικών οργάνων.
	Πολλαπλών εγχυτήρων		Η συνδυασμένη επίδραση των πολλαπλών ακροφυσίων, σε συνδυασμό με το μειωμένο διάστημα μεταξύ του σώματος της κεφαλής και της επιφάνειας της οπής, προσδίδει στον αισθητήρα ιδιότητες αυτοευθυγράμμισης. Προσφέρει πληροφορίες για το μέσο όρο του μεγέθους, αλλά δεν προσεγγίζει το πολύ μεγάλο μέγεθος σε περιπτώσεις ανωμαλιών μορφής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-3. (Συνέχεια)

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΣΧΗΜΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Έμμεση ανίχνευση	Τύπου εμβόλου		Αντικαθιστά μια κωνική βαλβίδα για τις ουσιαστικά επίπεδα ή ελαφρά κεκλιμένα εμπόδια που παρουσιάζονται από τις επιφάνειες των αντικειμένων μπροστά από τους εγχυτήρες. Μια σημαντική μείωση της ενίσχυσης με ανάλογη επέκταση του πεδίου μετρήσεων μπορεί να επιτευχθεί επιλέγοντας την κατάλληλη γωνία για την κωνική βαλβίδα.
	Τύπου με ελατήρια ελάσματος		Δύο ελάσματα χάλυβα ελατηρίων συγκρατούν τα κουμπιά που καλύπτουν τα βαθιά εσοχής στόμια στο σκελετό του οργάνου. Οι εξωτερικές σφαιρικές επιφάνειες τους δημιουργούν μηχανική επαφή με την επιφάνεια του αντικειμένου και μεταφέρουν τις μεταβολές μεγέθους στο διάκενο του αέρα διαφυγής.
	Τύπου σφαιρικών επαφών		Ουσιαστικά όμοια σε λειτουργία με τα προηγούμενα, χρησιμοποιούν σφαιρίδια υπό την τάση ελατηρίου για τα συστατικά επαφής και παρεμπόδισης. Επιλέγονται ως αντικατάστατα των πνευματικών ηλεκτήρων τρυμμάτων, για άμεσες μετρήσεις, όπου η τραχύτητα της επιφάνειας ή η διακοπτόμενη σχεδίαση της απαιτούν ανίχνευση θετικής επαφής.

ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΚΕΦΑΛΩΝ ΑΜΕΣΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Το αισθητήριο μέλος του συστήματος άμεσης ανίχνευσης ή με εγχυτήρα των πνευματικών οργάνων διαθέτει τη διπλή λειτουργία του να διατηρεί και να προστατεύει το ακροφύσιο διαφυγής αέρα, καθώς και να εξασφαλίζει τη θέση των ακροφυσίων σε ελεγχόμενη απόσταση από την επιφάνεια του αντικειμένου ονομαστικής διάστασης. Η διασφάλιση της απόστασης αυτής μπορεί να επιτευχθεί και με τις δύο διαφορετικές μεθόδους.

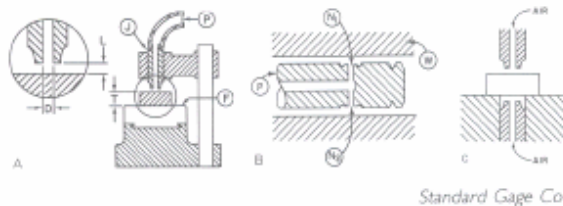
Η μία μέθοδος χρησιμοποιεί μια εξωτερική επιφάνεια αναφοράς για την εξυπηρέτηση δύο σκοπών, της τοποθέτησης του αντικειμένου και του καθορισμού της επιφάνειας αναφοράς της μέτρησης. Αυτή είναι η βασική μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιείται στις συμβατικές συγκριτικές μετρήσεις, ανεξάρτητα από τον τύπο

ενδεικτικού οργάνου που χρησιμοποιείται. Στις πνευματικές μετρήσεις, όταν εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή, απαιτείται μια μετρητική κεφαλή με ένα μόνο ακροφύσιο για την ανίχνευση των μεταβολών μεγέθους του θετικά τοποθετημένου αντικειμένου (Σχ. 6-20A).

Τα αισθητήρια μέλη κατάλληλου σχεδιασμού, των πνευματικών οργάνων, μπορούν, επίσης, να διατηρήσουν τα ακροφύσια σε λειτουργικά ελεγχόμενη απόσταση από την επιφάνεια του μετρούμενου αντικειμένου. Αυτό επιτυγχάνεται με αισθητήρια μέλη που περιέχουν περισσότερα από ένα ακροφύσια, όπως φαίνεται στο Σχ. 6-20B. Ο όρος *λειτουργικά ελεγχόμενη* αναφέρεται στη συνδυασμένη επίδραση ανίχνευσης όλων των ακροφυσίων της κεφαλής.

Μια ενδιάμεση μέθοδος παρουσιάζεται σχηματικά στο Σχ. 6-20C, με το αντικείμενο να βρίσκεται σε μια επιφάνεια που, πάντως, δεν έχει το ρόλο του επιπέδου αναφοράς. Το μέγεθος του αντικειμένου, υπολογίζεται από τη συνδυασμένη λειτουργία δύο αντίθετα τοποθετημένων ακροφυσίων.

Η λειτουργία των μετρητικών κεφαλών πολλαπλών ακροφυσίων βασίζεται ουσιαστικά στην ικανότητα των πνευματικών οργάνων να ανιχνεύουν τις μεταβολές του αέρα διαφυγής από τα ακροφύσια, ανεξάρτητα από το αν όλα τα ακροφύσια αποβάλλουν την ίδια ποσότητα αέρα.



Σχ. 6-20: Σχηματική απεικόνιση μετρητικών κεφαλών με εγχυτήρες σε διάφορες εφαρμογές. (A) Ένας εγχυτήρας για μετρήσεις σε σχέση με εξωτερικές επιφάνειες αναφοράς. Φαίνονται το φουσίγγιο έγχυσης J, η βάση σύγκρισης F, το τεμάχιο T και ο σωλήνας αέρος P. Η οπή του ακροφυσίου D και η απόσταση L, είναι παράγοντες καθορισμού της επιφάνειας διαφυγής. (B) Εγχυτήρας δύο ακροφυσίων, για μετρήσεις διαμέτρου οπών. Φαίνονται το πνευματικό όργανο ενδιάμεσου κενού P, το τεμάχιο W και τα αντιδιαμετρικά ακροφύσια N₁ και N₂. (C) Δίδυμοι εγχυτήρες για τη μέτρηση πάχους τεμαχίων, σε εξάρτηση με το επίπεδο στήριξης.

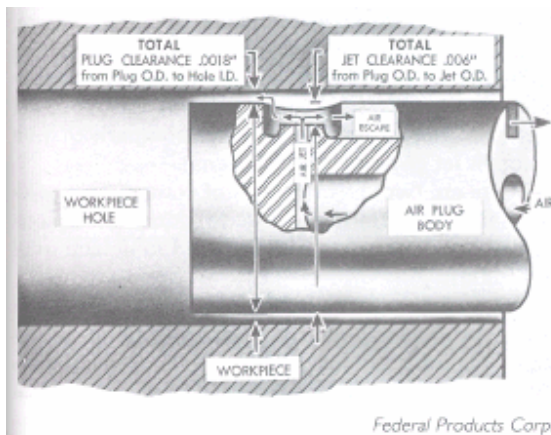
Στην πλειοψηφία εφαρμογών, ιδιαίτερα σε εσωτερικές επιφάνειες ή συνδυασμένες διαστάσεις, χρησιμοποιούνται οι κεφαλές πολλαπλών ακροφυσίων. Αυτές οι μετρήσεις προσφέρουν τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα από τα μοναδικά χαρακτηριστικά των πνευματικών οργάνων και τα οποία διασφαλίζονται από το συνδυασμένο αποτέλεσμα ανίχνευσης συνετά κατασκευασμένων ακροφυσίων.

Πάντως, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των πνευματικών οργάνων, που διασφαλίζουν συνεπή ροή αέρα όσο τα διάκενα ακροφυσίων και επιφάνειας παραμένουν τα ίδια, έχουν μόνο μια περιορισμένη ισχύ. Απαιτείται ο πραγματικός αέρας διαφυγής μέσω κάθε ακροφυσίου να διατηρείται εντός των ορίων της γραμμικής σχέσης που αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο και απεικονίζεται στο Σχ. 6-19. Η απαίτηση

αυτή πρέπει να ικανοποιείται από το σχεδιασμό της κεφαλής, η οποία καθορίζει μηχανικά όρια στις μεταβολές της σχετικής θέσης ακροφυσίων και επιφάνειας αντικειμένου.

Για την απεικόνιση της πραγματικής σημασίας αυτής της απαίτησης, υποθέτουμε ένα πνευματικό σύστημα στο οποίο υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της απόστασης ακροφυσίων-επιφάνειας και ροής αέρα σε πεδίο απόστασης από 0,003 ίντσες έως 0,005 ίντσες. Για την επίτευξη αξιόπιστων μετρήσεων, στη συνέχεια, ο κορμός του οργάνου πρέπει να διατηρεί την παραπάνω απόσταση, κατά την επαφή του με την επιφάνεια και η τελική κίνηση του κορμού πρέπει να περιορίζεται στο πεδίο των 0,002 ιντσών.

Το Σχήμα 6-21 απεικονίζει ένα πνευματικό όργανο ενδιάμεσου κενού που ικανοποιεί τις παραπάνω σχεδιαστικές αρχές για την ικανοποίηση των απαιτήσεων τοποθέτησης των ακροφυσίων. Η ελάχιστη απόσταση παρέχεται από την απομονωμένη θέση των ακροφυσίων εντός του κορμού του οργάνου και η μέγιστη απόσταση περιορίζεται από την πλευρική κίνηση του σκελετού του οργάνου εντός της οπής, δηλαδή τη διαφορά των διαμέτρων οπής και σκελετού του οργάνου.



Σχ. 6-21: Σχεδιαστικές αρχές πνευματικού οργάνου ενδιάμεσου κενού, που δείχνει τη φυτευτή τοποθέτηση των ακροφυσίων.

Αναφερόμενοι ξανά στο Σχήμα 6-21, παρατηρούμε ότι η απομονωμένη θέση των ακροφυσίων είναι χρήσιμη και για την προστασία των ευαίσθητων αυτών συστατικών από παράγοντες που μπορεί να παρεμποδίσουν τα ρυθμισμένα με ακρίβεια στόμια και να επηρεάσουν έτσι την ακρίβεια της μέτρησης. Επίσης, αξονικές αυλακώσεις στην επιφάνεια του οργάνου, που προέρχονται από τη θέση των ακροφυσίων, επιτρέπουν την ανεμπόδιστη αποβολή του αέρα μετά την έγχυσή του στην επιφάνεια του αντικειμένου και την εκπλήρωση του αντικειμενικού του σκοπού.

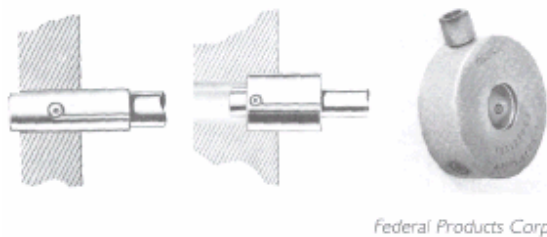
Οι κεφαλές που λειτουργούν με σύστημα εγχυτήρων μπορεί να είναι είτε τυπικά συστατικά της μέτρησης είτε ειδικά μέλη σχεδιασμένα να αντιμετωπίσουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα ελέγχου.

Οι τυπικές κεφαλές διατίθενται για ελέγχους οπών ή εξωτερικών επιφανειών κυλινδρικών τεμαχίων και μπορούν να είναι είτε τύπου ενδιάμεσου κενού είτε τύπου δακτυλίου. Αν και θεωρούνται τυπικά συστατικά, η κατάταξη αυτή αναφέρεται στο γενικό σχεδιασμό και τις δευτερεύουσες διαστάσεις μόνο. Οι λειτουργικές διαστάσεις και

διάφορες σχεδιαστικές λεπτομέρειες πρέπει να ρυθμιστούν, ώστε να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις της μετρούμενης επιφάνειας, δίνοντας σημασία στα όρια του μεγέθους, τη μορφή και τις συνθήκες μέτρησης. Συνήθως, οι μετρητικές κεφαλές διαφορετικών συστημάτων δεν μπορούν να αντικαταστήσουν η μία την άλλη, αν και ένας μικρός βαθμός εναλλαξιμότητας μπορεί να επιτευχθεί σε κάποιους τύπους μονάδων ελέγχου.

Κατά την προσαρμογή της μετρητικής κεφαλής στις ανοχές μεγέθους της επιφάνειας, είναι κοινή πρακτική η διάκριση μεταξύ της σχεδιαστικής ζώνης ανοχών, του πεδίου προσέγγισης και του πεδίου υπέρβασης, παρέχοντας για κάθε ένα πεδίο προσαρμοζόμενους τομείς στην κλίμακα του ενδεικτικού οργάνου. Μια ακόμα συμβουλή είναι να επιλέγονται κεφαλές που επιτρέπουν κατά τη χρήση του ρυθμιστικού προτύπου, την προσαρμογή των ενδείξεων στο μέσο του πεδίου, δηλαδή το σημείο με την ένδειξη μηδέν.

Είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί αν η διάμετρος του αντικειμένου θα μετρηθεί α) σε όλο το μήκος της, β) σε οποιαδήποτε θέση ή γ) σε συγκεκριμένη θέση. Παράδειγμα του τελευταίου είναι η μέτρηση μιας τυφλής οπής σε συγκεκριμένη απόσταση από τη βάση της. Το Σχήμα 6-22 απεικονίζει συμβατικά όργανα ενδιάμεσου κενού για ελέγχους διαμέσου οπών (αριστερά) και τυφλών οπών (κέντρο). Παρόμοια αποτελέσματα μπορούν να ανακύψουν κατά το σχεδιασμό και των οργάνων τύπου δακτυλίου. Συμβατικό μοντέλο για μετρήσεις εντός αντικειμένων φαίνεται στο Σχ. 6-23.



Σχ. 6-22: Αισθητήρια άκρα πνευματικών οργάνων για στρογγυλές οπές.

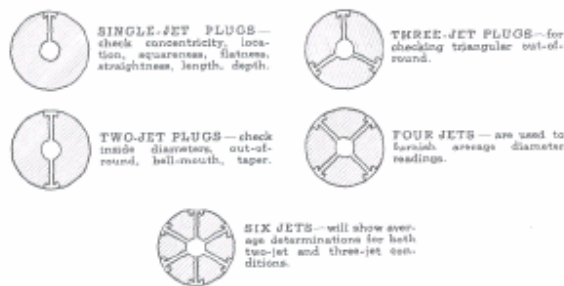
(Αριστερά) Διαμέσου της οπής

(Κέντρο) Τυφλής οπής

Σχ. 6-23: (Δεξιά) Βασικός τύπος πνευματικών δακτυλίων

για τη μέτρηση διαμέτρων ατράκτων. Το ένα ακροφύσιο είναι ορατό στην οπή του δακτυλίου.

Κατά τον έλεγχο μιας οπής με πνευματικό όργανο οι στόχοι μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με τις σημαντικές σχεδιαστικές παραμέτρους του μετρούμενου αντικειμένου. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των πνευματικών μετρήσεων βρίσκεται στην ελαστικότητα προσαρμογής του αισθητήριου μέλους στα σημαντικά χαρακτηριστικά της γεωμετρίας του οργάνου. Το Σχήμα 6-24 απεικονίζει διάφορες μορφές εγχυτήρων οργάνου τύπου ενδιάμεσου κενού με ένα ή περισσότερα ακροφύσια.



Federal Products Corp.

Σχ. 6-24: Διάταξη καναλιών αέρα και ακροφυσίων σε πνευματικά οργανά τύπου ενδιάμεσου κενού, με έναν ή πολλαπλούς εγχυτήρες.

Τα όργανα μονού ακροφυσίου επιλέγονται όταν πρέπει να ελεγχθεί η ορθότητα μιας οπής σε σχέση με ένα επίπεδο αναφοράς που καθορίζεται από τον κορμό του οργάνου. Χρησιμοποιούνται ακόμα σε περιπτώσεις ελέγχου των σχετικών θέσεων με γνώμονα τη θέση ή τη γεωμετρική σχέση, στηριζόμενοι και πάλι σε ένα συστατικό αναφοράς που προκύπτει από τη μηχανική επαφή μεταξύ οργάνου και αντικειμένου.

Τα όργανα δύο ακροφυσίων είναι τα πλέον κοινά, επειδή ελέγχουν τη διάμετρο οπής τόσο για το μέγεθος όσο και για τη συνέπεια, ανεξάρτητα από άλλες διαφοροποιήσεις μορφής που μπορεί να είναι λιγότερο σημαντικές ή αδιάφορες. Ο σχεδιασμός τριών ακροφυσίων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στις συνθήκες τριών διαδρομών της οπής, μια ανωμαλία μορφής που μπορεί να περάσει απαρατήρητη, όταν βασίζεται μόνο σε μετρήσεις διαμέτρων. Οι σχεδιασμοί τεσσάρων και έξι ακροφυσίων, πρόσθετα στο να εξυπηρετούν συγκεκριμένους σκοπούς, διαθέτουν εξαιρετικές ικανότητες καθορισμού της μέσης τιμής και είναι χρήσιμες για τη μέτρηση οπών, των οποίων οι σημαντικές διαστάσεις θεωρούνται τα ενδιάμεσα μεγέθη.

Δίχως να υπολογίζονται τα πνευματικά όργανα ενδιάμεσου κενού και δακτυλίου, οι περισσότερες κεφαλές με εγχυτήρες έχουν ειδικό σχεδιασμό. Μια ευρέως ακολουθούμενη πρακτική είναι η υποβολή των σχεδίων των τεμαχίων με τις ανοχές μεγέθους και άλλες σχετικές λεπτομέρειες στον κατασκευαστή πνευματικών μονάδων ελέγχου για το σκοπό του σχεδιασμού και της κατασκευής των κατάλληλων μετρητικών κεφαλών.

ΑΙΘΗΤΗΡΙΑ ΜΕΛΗ ΕΠΑΦΗΣ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Οι συνθήκες που απαιτούν τη χρήση αισθητήριων μελών επαφής στα πνευματικά όργανα είναι πολλαπλές και διαφορετικές. Ο Πίνακας 6-4 παρουσιάζει παραδείγματα τέτοιων συνθηκών που μπορεί να εμφανιστούν σε συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης.

Οι συνθήκες που ευνοούν την εφαρμογή των οργάνων αυτού του τύπου δεν πρέπει να θεωρηθούν ως απόδειξη της υπεροχής τους έναντι των οργάνων με εγχυτήρες. Στην πλειοψηφία των εφαρμογών προτιμώνται τα συστήματα με εγχυτήρα για έλεγχο, ενώ τα συστήματα με επαφείς μπορεί να θεωρηθούν ως μέσα επέκτασης του πεδίου εφαρμογών των πνευματικών μετρήσεων.

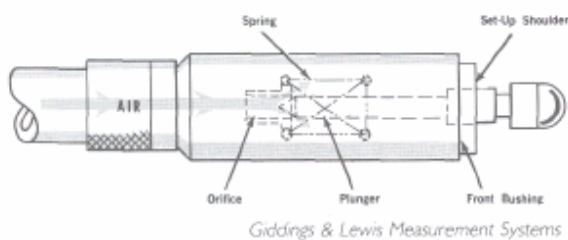
Ο πιθανότερος λόγος της μικρότερης χρήσης των τελευταίων είναι η κυρίαρχη εφαρμογή των πνευματικών οργάνων σε συνεχείς λειτουργικούς ελέγχους ονομαστικά όμοιων τεμαχίων. Ο έλεγχος τεμαχίων στην κατηγορία της μαζικής παραγωγής απαιτεί την κατασκευή ειδικών αισθητήριων συσκευών. Η ελαστικότητα σταθεροποίησης που διασφαλίζουν τα όργανα με επαφείς απαιτείται ελάχιστα.

Η συχνότερη εφαρμογή τους είναι σε μετρήσεις εξωτερικών επιφανειών, αν και θα παρουσιαστούν παραδείγματα και για εσωτερικές επιφάνειες. Πάντως, όταν πρέπει να μετρηθούν οπές μικρής διαμέτρου, οι περιορισμοί των οργάνων αυτών σε σχέση με εκείνα των εγχυτήρων είναι προφανείς.

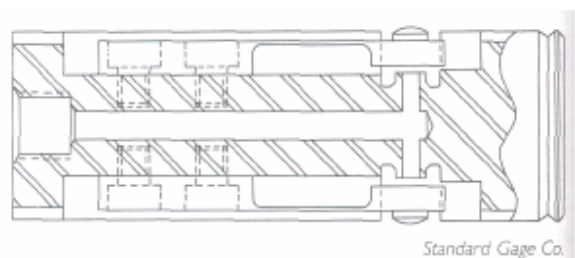
Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες αισθητήριων μελών επαφής που διαφέρουν στην κατεύθυνση των μετατοπίσεων, την οποία η κεφαλή είναι σχεδιασμένη να ελέγχει: η αξονική και η ακτινική.

Τα όργανα της πρώτης κατηγορίας γνωστά και ως φυσίγγια αέρος, έχουν ως βασικά λειτουργικά συστατικά ένα έμβολο και μια πνευματική βαλβίδα ανύψωσης (Σχ. 6-25). Η κίνηση του εμβόλου με τη βοήθεια ελατηρίου περιορίζεται στην αξονική κατεύθυνση και το εξωτερικό άκρο του λειτουργεί ως άκρο επαφής. Το άλλο άκρο λειτουργεί ως άξονας βαλβίδας και η αξονική μετατόπισή του σε σχέση με την έδραση της κωνικής βαλβίδας θα μεταβάλλει την επιφάνεια διαφυγής αέρα μέσα στη βαλβίδα. Μεταβάλλοντας την κωνική γωνία της βαλβίδας σχεδιασμού, η αναλογία ανάμεσα στην αξονική μετατόπιση του άξονα του εμβόλου και το προκύπτον διάκενο εντός της βαλβίδας, μπορεί να μεταβληθεί. Το συγκεκριμένο σχεδιαστικό χαρακτηριστικό επιτρέπει διευρυμένο πεδίο μετρήσεων των πνευματικών οργάνων, ικανό να καλύψει διάστημα δέκα ή και περισσότερων φορών μεγαλύτερο του διαθέσιμου πεδίου στα συστήματα άμεσης επαφής.

Τα πνευματικά όργανα με έμβολο, συνήθως, λειτουργούν με το στόμιο της βαλβίδας ανοικτό και η αξονική μετατόπιση του εμβόλου όταν αυτό βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια του αντικειμένου, προκαλεί μερικό κλείσιμο της βαλβίδας. Ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής, ο σχεδιασμός μπορεί, επίσης, να αντιστραφεί με αποτέλεσμα η βαλβίδα να λειτουργεί κανονικά ως κλειστή και οι μετατοπίσεις του εμβόλου να προκαλούν το τμηματικό άνοιγμα της επιφάνειας διαφυγής αέρα.



Σχ. 6-25: Λειτουργικό διάγραμμα πνευματικών οργάνων με έμβολο και μετρητική κεφαλή μηχανικής επαφής.



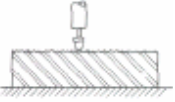
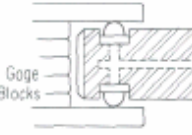




Σχ. 6-26: Σχηματική απεικόνιση αισθητήριου μέλους μηχανικής επαφής, με ελατήριο ελάσματος.

Τα αισθητήρια μέλη της ακτινικής κατηγορίας διατίθενται σε διαφορετικά μοντέλα και ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος σχεδιασμός είναι με ελατήριο ελάσματος, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6-26. Το παράδειγμα αυτό αντιπροσωπεύει ένα πνευματικό όργανο ενδιάμεσου κενού για τη μέτρηση διαμέτρων και αποτελεί μια από

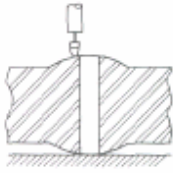
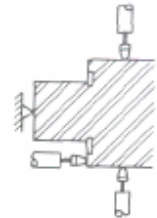

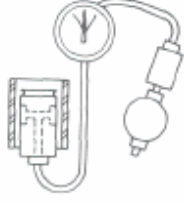


τις κύριες εφαρμογές του αισθητήριου μέλους. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα, δύο κουμπιά που υποστηρίζονται από ελατήρια, καλύπτουν τα βαθιάς εσοχής στόμια στο σκελετό του οργάνου. Οι εξωτερικές σφαιρικές επιφάνειες τους εξέχουν από την επιφάνεια του οργάνου και δημιουργούν μηχανική επαφή με την επιφάνεια της μετρούμενης οπής. Ανάλογα με το μέγεθος αυτής, η επαφή θα ωθήσει τα κουμπιά προς τα κάτω, εντός του κορμού του οργάνου, μειώνοντας ανάλογα το άνοιγμα διαφυγής αέρα μπροστά από τα στόμια.

Ανάλογα με την επιφάνεια της μετρούμενης οπής, η οποία μπορεί να είναι επικαλυμμένη, να έχει αυλακώσεις, εγκοπές, σχισμές, εγκάρσιας ή τυφλής μορφής, ο σχεδιασμός των αισθητήριων μελών πνευματικών οργάνων, που εισέρχονται σε αυτήν για την πραγματοποίηση μετρήσεων, μπορεί να είναι προσαρμόσιμος στις συνθήκες της μέτρησης. Αν και τα πνευματικά όργανα ενδιάμεσου κενού αποτελούν την κύρια εφαρμογή για τις κεφαλές με ελατήρια ελάσματος, τα μέλη αυτά διατίθενται, επίσης, με μονά ελάσματα για τη μέτρηση εξωτερικών επιφανειών και ειδικότερα όταν περιορισμοί χώρου αποτρέπουν τη χρήση των φυσιγγίων αέρος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

	<p><u>Τραχύτητα επιφάνειας</u> Ο αισθητήρας μετρά το ιδεατό μέγεθος, που είναι η σημαντική διάσταση των συναρμογών</p>		<p><u>Ρύθμιση πνευματικών ελεγκτήρων τρυμμάτων με πλακίδια πρότυπου μήκους</u> Το κόστος των ρυθμιστικών δακτυλίων μπορεί να αποφευχθεί σε μετρήσεις οπών μικρού μήκους χρησιμοποιώντας αισθητήρες μηχανικής επαφής με ελατήρια ελάσματος.</p>
	<p><u>Διακοπτόμενες επιφάνειες</u> Παρατηρώντας τη μέγιστη τιμή ανάγνωσης του οργάνου, μπορεί να καθορισθεί ανάλογα η σωστή τοποθέτηση του αισθητήρα</p>		<p><u>Διευρυμένο πεδίο μετρήσεων</u> Για την κάλυψη διευρυμένου πεδίου μετρήσεων με μικρή μεγέθυνση, πρέπει να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες επαφής τύπου εμβόλου.</p>
	<p><u>Στενές επιφάνειες</u> Εκτός και αν προσεχθεί ιδιαίτερα σε περιορισμένου πάχους επιφάνεια, οι εγγυτήρες μπορούν να προκαλέσουν εσφαλμένες ενδείξεις.</p>		<p><u>Δυσπρόσιτες θέσεις για εγγυτήρες</u> Π.χ. οι μεταβολές του πάχους τοιχώματος που μετρώνται στο εσωτερικό μιας οπής και πίσω από μια εξέχουσα επιφάνεια.</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-4. (Συνέχεια)

	<p><u>Στο άκρο μιας οπής</u> Ο εγχυτήρας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο άκρο μιας οπής, εξαιτίας της απουσίας τμήματος επιφάνειας για την πρόσκρουση του αέρα</p>		<p><u>Επιφάνεια μη συμβατικής μορφής που τοποθετείται σε ένα επίπεδο αναφοράς</u></p>
	<p><u>Πορώδη υλικά</u> Πορώδη υλικά, όπως τα προϊόντα κωνομεταλλουργίας, μπορούν να προκαλέσουν εσφαλμένες αναγνώσεις από αισθητήρες ακόμα και αν οι πόροι είναι μη ανιχνεύσιμοι με γυμνό μάτι.</p>		<p><u>Αντεστραμμένες ενδείξεις</u> Κατά τον έλεγχο των συνθηκών σύζευξης μιας οπής και μιας ατράκτου, με ενδεικτικό όργανο διπλής διαδρομής, χρησιμοποιώντας αντεστραμμένης λειτουργίας πνευματικό έμβολο για επαφή με την εξωτερική επιφάνεια</p>
	<p><u>Μέτρηση εξωτερικής διαμέτρου με πλωτήρα</u> Κατάλληλα έμβολα-επαφείς με επίπεδα άκρα μετρούν πραγματικές διαμέτρους δίχως την επίδραση των μικρών σφαλμάτων τοποθέτησης, στα οποία οι εγχυτήρες είναι ευαίσθητοι</p>		<p><u>Πνευματικοί ελεγκτήρες αξόνων</u> Ένα ευέλικτο αντικατάστατο των πνευματικών δακτυλίων, που χρησιμοποιεί αισθητήρες επαφής. Προσαρμόζεται σε διευρυμένα πεδία μετρήσεων και παρουσιάζει το μέγιστο μέγεθος της διαμέτρου.</p>

6.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα δυναμικά πεδία εφαρμογών των πνευματικών μετρήσεων καθορίζονται από ένα τουλάχιστον από τα παρακάτω γκρουπ παραγόντων:

1. Οι ενυπάρχουσες αξίες της ανίχνευσης και μεγέθυνσης σήματος των πνευματικών οργάνων, οι οποίες συζητήθηκαν προηγουμένως.

2. Η προσαρμοστικότητα των πνευματικών οργάνων σε μεγάλο πεδίο μετρητικών εφαρμογών, η οποία θα συζητηθεί στη συνέχεια.

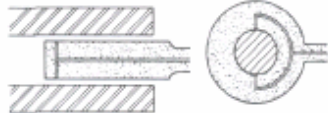
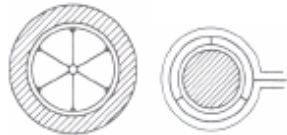
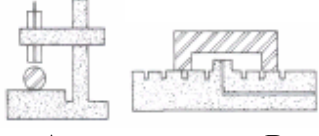
Οι αντικειμενικοί στόχοι των πνευματικών μετρήσεων, όπως και κάθε άλλου συστήματος μέτρησης διαστάσεων είναι η επιβεβαίωση και η εκτίμηση των διαστασιολογικών και γεωμετρικών καταστάσεων. Για το λόγο αυτό μια κατάλληλη προσέγγιση θεωρείται η τοποθέτηση της αναφοράς των δυναμικών πεδίων εφαρμογών στις διαφορετικές κατηγορίες διαστασιολογικών και γεωμετρικών καταστάσεων που πρέπει να ερευνηθούν και να μετρηθούν.

Ο Πίνακας 6-5 ακολουθεί αυτό το σύστημα αναφοράς, με τη συμπλήρωση παραδειγμάτων για κάθε κατηγορία συνθηκών που αναφέρεται στην καταμέτρηση αυτή. Αν και ο Πίνακας περιέχει πολλές διαφορετικές συνθήκες στις οποίες τα πνευματικά όργανα μπορούν να προσαρμοστούν για να παρέχουν μετρήσεις συστατικών ή χαρακτηριστικών αντικειμένων, η καταμέτρηση αυτή δεν επιδιώκει να αντιπροσωπεύσει μια πλήρη λίστα. Επιπλέον, τα παραδείγματα επιλέχθηκαν με μοναδικό σκοπό να απεικονίσουν τις κατηγορίες διαστασιολόγησης και είναι αντιπροσωπευτικές μόνο συγκεκριμένων γκρουπ.

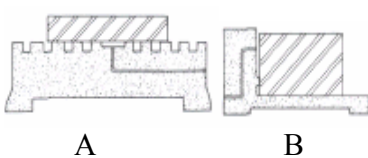
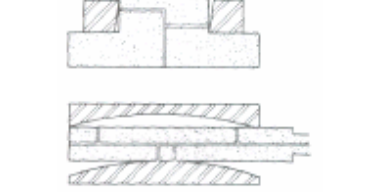
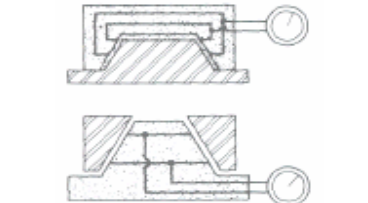
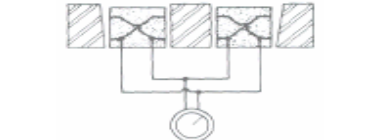
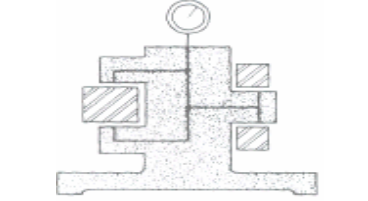
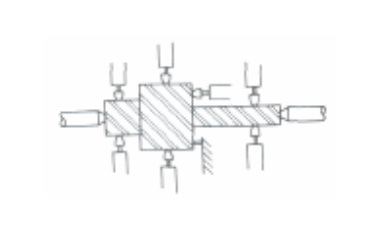
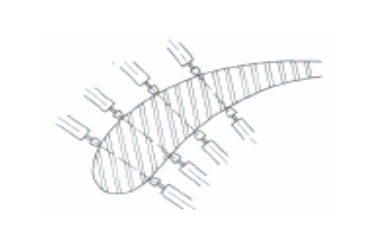
Επειδή οι πνευματικές μετρήσεις λειτουργούν με διάχυση πεπιεσμένου αέρα σε θέσεις της επιφάνειας του αντικειμένου, που ελέγχονται με ακρίβεια από το όργανο και όταν απαιτείται από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας, η επιλογή των σημείων διάχυσης και η καθοδήγηση του αέρα στα ακροφύσια είναι ουσιαστικές μεταβλητές για την προσαρμογή των οργάνων στις συγκεκριμένες συνθήκες μέτρησης. Για το λόγο αυτό οι σχεδιαστικές απεικονίσεις του Πίνακα δείχνουν τη διαδρομή της ροής του αέρα και τη θέση των ακροφυσίων διάχυσης.

Αν και η χαρακτηριστική μέθοδος για πνευματικές μετρήσεις είναι εκείνη με τους εγχυτήρες, εφαρμόζεται συχνά και εκείνη με ενδιάμεσα συστατικά που λειτουργούν με μηχανική επαφή. Η εναλλακτική αυτή μέθοδος παρουσιάστηκε σε προηγούμενη παράγραφο του κεφαλαίου. Από τη σκοπιά αυτής της επιλογής κάποια σχέδια του Πίνακα δείχνουν τη χρήση μετρητικών κεφαλών επαφής, εκεί όπου η εφαρμογή τους θεωρείται αποδεκτή ή προτιμότερη ως μέθοδος εντοπισμού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ – ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΧΝΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Διάμετροι – εσωτερικές και εξωτερικές		Το πνευματικό όργανο θα μετρήσει την πραγματική διάμετρο ανεξάρτητα από τις μικρές μεταβολές της θέσης του αντικειμένου, εξαιτίας της αντισταθμιστικής επίδρασης δύο εγχυτήρων, οι οποίοι βρίσκονται σε απέναντι θέσεις και ενεργούν από κοινό κανάλι αέρος.
Μέσο μέγεθος υλικού κυλινδρικής επιφάνειας		Οι αυτό-αντισταθμιστικές ιδιότητες των πνευματικών οργάνων επιτρέπουν την ανίχνευση της αθροιστικής επίδρασης των εμποδίων μπροστά από κάθε εγχυτήρα. Οι ενδείξεις φανερώνουν το μέσο μέγεθος του υλικού της μετρούμενης επιφάνειας.
Απόσταση από επίπεδο αναφοράς		Οι εφαρμογές των οργάνων στις συγκριτικές μετρήσεις έγκεινται σε ένα μοναδικό εγχυτήρα που διατηρείται σε θετική απόσταση (Α) από ένα εξωτερικό επίπεδο αναφοράς, που εξυπηρετεί, επίσης για την τοποθέτηση του αντικειμένου ή (Β) από μια επιφάνει αναφοράς του ίδιου του αντικειμένου

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-5. (Συνέχεια)

<p>Εκτροπές από ονομαστικό επίπεδο</p>		<p>Οι επίπεδες γεωμετρικές μορφές, με παράλληλο επίπεδο αναφοράς μπορούν να μετρηθούν αποτελεσματικά με μοναδικό εγχυτήρα ή με φυσίγγιο αέρος, που τοποθετείται σε κατάλληλη θέση στην επιφάνεια στήριξης. Π.χ (ομαλότητα), (B) κυβικότητα</p>
<p>Συνέπεια μεγέθους ή συμβατότητα μορφής</p>		<p>Άσκοπες μεταβολές του μεγέθους ή της μορφής μπορούν να ανιχνευθούν και να μετρηθούν από πνευματικά όργανα με ειδικές κεφαλές. Η διαδικασία μπορεί να απαιτεί σχετική περιστροφή ή γραμμική μετακίνηση αντικείμενου και οργάνου ή μια απλή διείσδυση της μετρητικής κεφαλής.</p>
<p>Συσχετιζόμενες διαστάσεις</p>		<p>Οι γωνιακές διαστάσεις ενός τυπικού κώνου καθορίζονται από τη διαφορά δύο διαμέτρων που εντοπίζονται σε συγκεκριμένη αξονική απόσταση μεταξύ τους. Οι συνδυασμένες αυτές διαστάσεις πρέπει να μετρηθούν με ακρίβεια και να δώσουν τις τιμές των διαμέτρων και το σχετικό μέγεθός τους, σε ένα αναλόγιο.</p>
<p>Συσχετιζόμενες θέσεις γεωμετρικών συνθηκών</p>		<p>Οι συσχετιζόμενες γεωμετρικές θέσεις καθορίζονται συχνά, ανεξάρτητα από το μέγεθος, όπως ο παραλληλισμός μιας οπής, ανεξάρτητα από τις μεταβολές της διαμέτρου.</p>
<p>Ταίριασμα μεγεθών συνεργαζόμενων τεμαχίων</p>		<p>Για το ταίριασμα τεμαχίων που πρέπει να ενωθούν με συγκεκριμένο διάκενο, τα όργανα θα παρουσιάσουν το σημαντικό σχετικό μέγεθος ως μοναδική διάσταση. Γραμμές αέρος μπορούν να ρυθμιστούν για την προσθετική παρουσίαση ενδείξεων ανεξάρτητων μεγεθών, σε χωριστά αναλόγια.</p>
<p>Πολλαπλές διαστάσεις</p>		<p>Οι πολλαπλές διαστάσεις είτε με κοινό επίπεδο αναφοράς είτε όχι προτιμάται να ελέγχονται ταυτόχρονα. Φυσίγγια αέρος τοποθετούνται κοντά στο αντικείμενο και οι μετρούμενες διαστάσεις μπορούν να παρατηρηθούν ταυτόχρονα από ενδεικτικά όργανα τοποθετημένα σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους.</p>
<p>Περιφέρεια – αποκλίσεις από τυπική μορφή</p>		<p>Η μορφή του σκελετού με καμπύλη περιφέρεια, όταν ορίζεται από αντιτιθέμενους αισθητήρες στην επιφάνειά της, μπορεί να ελεγχθεί με ενδεικτικά όργανα τοποθετημένα σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Τα όργανα θα παρουσιάσουν τις αποκλίσεις των ανεξάρτητων εγκάρσιων διατομών από την ονομαστική τους τιμή.</p>

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΛΛΗΛΟΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Έχει αναφερθεί ήδη ότι τα πνευματικά όργανα επιτρέπουν την ταυτόχρονη μέτρηση πολλών διαστάσεων, ακόμα και όταν βρίσκονται σε κοντινές αποστάσεις πάνω στο ίδιο αντικείμενο και με τα ενδεικτικά όργανα τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο για γρήγορη παρατήρηση. Αν και η μοναδική αυτή ικανότητα των οργάνων διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα κατά τη μέτρηση αλληλοσχετιζόμενων διαστάσεων, η παρατήρηση της οθόνης με τα πολλά όργανα ένδειξης, ακόμα και όταν τα αναλόγια ή οι στήλες βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους, μπορεί να γίνει κουραστική για έναν ελεγκτή που έχει μάθει σε συνεχείς μετρήσεις. Η κούραση αυτή είναι δυνατόν να οδηγήσει σε λάθη παρατήρησης.

Τα ενδεικτικά όργανα των πνευματικών οργάνων διαθέτουν, συνήθως, προσαρμοζόμενους δείκτες ανοχών και παρέχουν βοήθεια στον ελεγκτή. Πάντως στην περίπτωση των αλληλοσχετιζόμενων διαστάσεων, το πεδίο ανοχών κάθε ανεξάρτητου μεγέθους δεν είναι απαραίτητα ίδιο με τις ανοχές που καθορίζονται στις αμοιβαίες συσχετίσεις των ελεγχόμενων διαστάσεων. Στην πραγματικότητα, σε πολλές περιπτώσεις, οι αποδεκτές μεταβολές στις συσχετίσεις των διαστάσεων, που εκφράζουν τυπικότητα μορφής, κατάλληλη τοποθέτηση ή προσανατολισμό κλπ, μπορεί να αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό των ρυθμισμένων ανοχών για τις επιμέρους διαστάσεις.



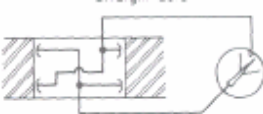


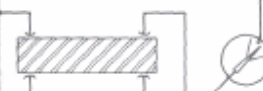
Η ελαστικότητα εφαρμογής των πνευματικών οργάνων παρέχει μια εξαιρετική λύση για τα προβλήματα των διαφορετικών ανοχών. Τα όργανα ενός συγκεκριμένου τύπου θα επιτρέψουν την ταυτόχρονη παρατήρηση και την εκτίμηση των ενδείξεων που αντιπροσωπεύουν τόσο το μέγεθος όσο και την αμοιβαία σχέση των δύο διαστάσεων.

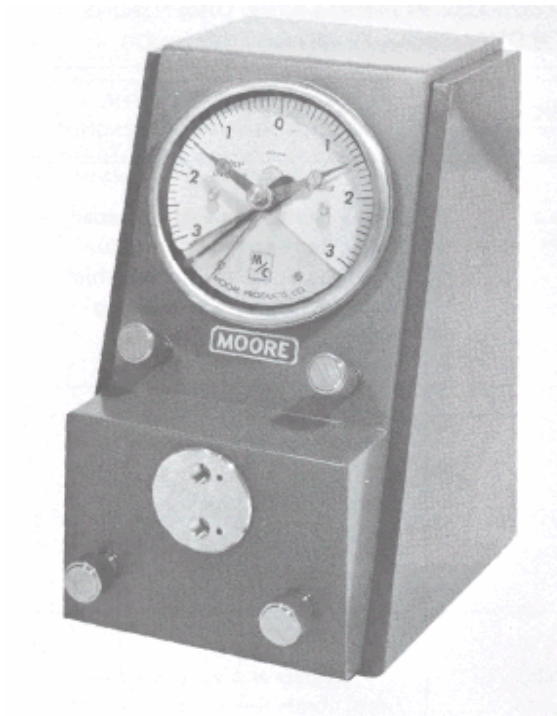
Παραδείγματα τεμαχίων και συστατικών με, ανόμοιων ανοχών, ανεξάρτητες και αλληλοσχετιζόμενες διαστάσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 6-6. Η παρουσίαση του Πίνακα θα βοηθήσει στην οπτικοποίηση συγκεκριμένων εφαρμογών, όπου η σχέση δύο διαστάσεων μπορεί να είναι πιο κρίσιμη από το απόλυτο μέγεθος κάθε επιμέρους διάστασης.

Ο τύπος των οργάνων που σχεδιάστηκε και είναι συμβατός με τις απαιτήσεις των ταυτόχρονων μετρήσεων των μεγεθών δύο ανεξάρτητων διαστάσεων, καθώς και της μεταξύ τους σχέσης, χαρακτηρίζεται συχνά ως διπλό όργανο μετρήσεων ή συγκριτικό όργανο διπλής διαδρομής. Ουσιαστικά, η διαδρομή του συστήματος αυτού αποτελείται από δύο ανεξάρτητα κανάλια, καθένα από τα οποία τροφοδοτεί κατάλληλο αριθμό ακροφυσίων για την ανίχνευση συγκεκριμένων διαστάσεων. Οι αρχές που διέπουν την τοποθέτηση αυτών των καναλιών φαίνονται στα σχέδια του Πίνακα 6-6. Οι ενισχυτές των ανεξάρτητων καναλιών τοποθετούνται σε κοινή θέση που περιέχει ένα ενδεικτικό όργανο (Σχ. 6-27). Το όργανο διαφέρει, πάντως, από τη συνηθισμένη του μορφή έχοντας δύο δείκτες, ο ένας στρεφόμενος από το κέντρο του αναλογίου και ο άλλος κινούμενος στην περιφέρειά του. Καθένας είναι το συστατικό ένδειξης του επιμέρους καναλιού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-6.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΟΙ ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΜΕΤΡΩΝΤΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΑ ΜΕ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΔΥΟ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΕΡΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΜΑΧΙΟΥ Ή ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ
	Μικρές και μεγάλες διάμετροι σε θετική απόσταση μεταξύ τους	Η γωνία του κώνου (εμφανίζεται ως γραμμική απόκλιση από την ονομαστική σχέση που εισήχθει από ένα ρυθμιστικό πρότυπο
	Πάχος τοιχώματος	Η εκκεντρότητα της οπής σε σχέση με την εξωτερική επιφάνεια, αναφέρεται ως μεταβολή του πάχους
	Διάμετροι σε διαφορετικά επίπεδα, που μετρώνται σε επίπεδα παράλληλα προς την επιφάνεια	Η ευθύτητα και η κυβικότητα της οπής, αναφέρονται ως η συμμόρφωση δύο αξονικά χωριστών διαμέτρων
	Αποστάσεις μεταξύ των απέναντι τοιχωμάτων οπής	Η απόσταση των κέντρων μεταξύ οπών, ορίζεται από τη συμμόρφωση στο πρότυπο του συνδυασμένου διαστήματος των απέναντι τοιχωμάτων
	Διάμετροι σε διαφορετικούς προσανατολισμούς	Η παρουσία ελλειπτικών διαμορφώσεων, αναφέρεται από τη διαφορά στο μέγεθος διαμέτρων που μετρώνται σε κοινό επίπεδο
	Πάχος σε διαφορετικά σημεία	Ο παραλληλισμός των απέναντι επιφανειών μετράται ως η αμοιβαία ομοιότητα του πάχους σε διαφορετικά σημεία της επιφάνειας



Moore Products Co.

Σχ. 6-27: Μονάδα ελέγχου συγκριτικού οργάνου διπλής διαδρομής με κεντρικό και περιφερειακούς δείκτες. Οι σταθεροί και οι καθοδηγούμενοι δείκτες ανοχών φαίνονται στην εικόνα.

Οι συμβατικοί δείκτες ανοχών τοποθετούνται στη γυάλινη επιφάνεια του αναλογίου και προσαρμόζονται, ώστε να παρουσιάζουν το πεδίο ανοχών του μεγέθους. Ένα άλλο ζευγάρι δείκτες, γνωστοί και ως καθοδηγούμενοι δείκτες, προσαρμόζονται στο κέντρο του μεγάλου δείκτη και μετακινούνται μαζί του. Η απόσταση μεταξύ τους (η μεταξύ τους θέση μπορεί να διαφέρει αλλά το άνοιγμα παραμένει ίδιο), αντιπροσωπεύει τη συσχέτιση των πεδίων ανοχών. Με σκοπό να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της συσχέτισης των ανοχών, οι μετρούμενες διαστάσεις πρέπει να εξασφαλίζουν τη θέση του περιφερειακού δείκτη εντός του ανοίγματος των καθοδηγούμενων δεικτών.

Αυτές είναι συγκεκριμένες συνθήκες ελέγχου όπου το μέγεθος των ανεξάρτητων διαστάσεων πρέπει να είναι αμεληθεί, επειδή θεωρείται λειτουργικά ασήμαντο ή επειδή έχει ήδη αποτελέσει το αντικείμενο προηγούμενης διαδικασίας μέτρησης. Στις περιπτώσεις αυτές, πληροφορίες που αφορούν τα ανεξάρτητα μεγέθη είναι άχρηστες ή μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση. Παραδείγματα καταστάσεων που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία ελέγχων είναι: η γωνία ενός κώνου ανεξάρτητα από την αξονική θέση του επιπέδου μέτρησης, η συμβατικότητα της μορφής όταν καθορίζεται στη μετρητική διαδικασία ως συσχέτιση διαστάσεων (κυκλικότητα, ομαλότητα, κυβικότητα), το σχετικό μέγεθος (άνοιγμα) δύο επιφανειών τεμαχίων που δε συνδέονται με συγκεκριμένη συναρμογή.

Για τις μετρήσεις αυτές, τα πνευματικά όργανα προσφέρουν τις γραμμές υπολογιστικού τύπου και τις μονάδες ελέγχου. Οι γραμμές υπολογιστικού τύπου παρέχουν το αλγεβρικό άθροισμα των ταυτόχρονα ανιχνευόμενων μεταβολών του μεγέθους, από τις μετρητικές κεφαλές δύο ανεξάρτητων διαδρομών αέρα και στη

συνέχεια παρουσιάζουν την ποσότητα αυτή ως τιμή σε επίπεδο ενδεικτικό όργανο ή ως μια γραμμή καταγραφής σε διάγραμμα. Η εργασία του ελεγκτή περιορίζεται στο να πιστοποιεί αν η θέση του δείκτη είναι εντός των οριακών δεικτών πάνω στο αναλόγιο, οι οποίοι προσαρμόστηκαν για να περικλείουν το διάστημα ανοχών της ελεγχόμενης συσχέτισης.

Οι γραμμές αέρος υπολογιστικού τύπου μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν για την πολύ ακριβή μέτρηση του μήκους μιας μόνο διάστασης με τη βοήθεια δύο αντίθετα τοποθετημένων μετρητικών κεφαλών. Στη διαδικασία αυτή, η παρατηρούμενη μεταβολή είναι εκείνη του διαστήματος ανάμεσα στα αισθητήρια άκρα. Μια απόσταση ανεξάρτητη από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο. Οι εφαρμογές των υπολογιστικών αυτών γραμμών θα συζητηθούν με περισσότερες λεπτομέρειες και στο επόμενο κεφάλαιο.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΗ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Πρόσθετα των κοινών εφαρμογών των πνευματικών οργάνων, που μπορεί να θεωρηθούν ως βασικές, υπάρχει και ένας αναπτυσσόμενος χώρος εφαρμογών τους, που εμπλέκει αρκετά περίπλοκες λειτουργίες. Χωρίς να επιθυμείται σε βάθος διερεύνηση και επεξήγηση αυτών των δυνατών εφαρμογών, δίνονται παρακάτω μερικά παραδείγματα, με σκοπό να παρουσιάσουν κάποιες δυνατότητες αυτών των οργάνων που συχνά δεν συνειδητοποιούνται πλήρως.

1. Οι αυτόματες μηχανές διαλογής και διαχωρισμού έχουν την ικανότητα να ελέγχουν αρκετές ανεξάρτητες ή αλληλοσχετιζόμενες διαστάσεις στα κατασκευασμένα τεμάχια με ρυθμό ελέγχων 4.500 τεμ./ώρα. Οι μηχανές απορρίπτουν τα εκτός μεγέθους τεμάχια και διαχωρίζουν τα αποδεκτά σε κατηγορίες που αντιπροσωπεύουν διαβαθμίσεις μεγέθους της τάξης των 0,0001 ιντσών και κατ' εξαίρεση ακόμα μικρότερες.

2. Οι αυτόματες μετρήσεις εντός ή εκτός της διαδικασίας παραγωγής που εφαρμόζονται σε εργαλεία ή ολοκληρώνονται σε γραμμές παραγωγής, παρουσιάζουν την κατάσταση των διαστάσεων του ολοκληρωμένου τεμαχίου ή εκείνου που βρίσκεται ακόμα σε διαδικασία κατεργασίας. Το όργανο θα εκπέμψει σήματα με φωτεινές ή ηχητικές προειδοποιήσεις, όταν προκύψουν ανικανοποίητες καταστάσεις. Αν και εμπλέκονται πολύπλοκότερες εγκαταστάσεις, τα πνευματικά όργανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επίσης, για τη μετάδοση της πληροφορίας από τη μέτρηση, μέσω ειδικών ηλεκτρονόμων (ηλεκτρο-πνευματικοί μεταδότες) που ελέγχουν το εργαλείο κατεργασίας, ώστε να επιτευχθούν αυτόματα διορθωτικές κινήσεις για τα παρρεκλίνοντα μεγέθη.

3. Οι πνευματικοί καταγραφείς. Τα όργανα που λειτουργούν με εντοπισμό των μεταβολών αντίθλιψης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ενεργών σημάτων σε πνευματικούς καταγραφείς κατάλληλου σχεδιασμού που παράγουν μόνιμα αρχεία των πραγματοποιούμενων μετρήσεων. Τέτοια καταγραφικά διαγράμματα επιτρέπουν την παρατήρηση της ροπής των ελέγχων ή μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα ποιοτικού ελέγχου.

Η αυτοματοποίηση των ελέγχων και των εντός της γραμμής παραγωγής παρατηρήσεων του μεγέθους αντικειμένων διευκολύνεται πάρα πολύ από τη διαθεσιμότητα συστατικών μελών, όπως οι ρυθμιστές πίεσης, ενισχυτήρων ταχύτητας, διαφορικών μεταδοτών πίεσης, διάφορων τύπων ηλεκτρονόμων και τόσα άλλα. Η

διενέργεια και ο σχεδιασμός πολύπλοκων πνευματικών μετρήσεων και ενεργών διαδρομών με στόχο να ελέγξουν συγκεκριμένου τύπου τεμάχια και να εισάγουν συγκεκριμένες λειτουργίες, τις περισσότερες φορές απαιτούν τη σημαντική εμπειρία ειδικευμένων κατασκευαστών οργάνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

7.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Είναι δύσκολο να υπερεκτιμηθεί η πρόοδος που οι ηλεκτρονικές μετρήσεις έχουν φέρει στο χώρο των μετρήσεων διαστάσεων τα τελευταία χρόνια. Η πρόοδος στη σμίκρυνση των ηλεκτρονικών συστατικών, ο σχεδιασμός και η κατασκευή των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και η ανάπτυξη του hardware και software των υπολογιστών διείσδυσαν και άλλαξαν κάθε πτυχή της Μετρολογίας που εφαρμόζεται στις βιομηχανίες. Για το λόγο αυτό, κάθε συζήτηση για τα σύγχρονα ηλεκτρονικά όργανα δεν μπορεί να περιοριστεί σε ένα μόνο κεφάλαιο. Ήδη και στα προηγούμενα κεφάλαια ηλεκτρονικά όργανα έχουν συζητηθεί και απεικονισθεί. Στις μέρες μας, τα ηλεκτρονικά όργανα θεωρούνται απλά ως η φυσική εξέλιξη συγκεκριμένων οργάνων (τα παχύμετρα με βερνιέρο μετατράπηκαν σε ηλεκτρονικά και τα μηχανικά αναλογικά ενδεικτικά όργανα μετατράπηκαν σε ψηφιακά). Πάντως, οι βασικές αρχές μέτρησης με ηλεκτρονικά όργανα πρέπει και θα συζητηθούν στο κεφάλαιο αυτό.

Στη Μετρολογία, ο όρος ηλεκτρονικά όργανα περιλαμβάνει μια διαφορετική κατηγορία μετρητικών οργάνων ικανή να ανιχνεύσει και να παρουσιάσει μεταβολές διαστάσεων μέσω της συνδυασμένης χρήσης μηχανικών και ηλεκτρονικών συστατικών. Τέτοιες μεταβολές, τυπικά, χρησιμοποιούνται για να προκαλέσουν τη μετατόπιση ενός μηχανικά προσαρμοσμένου αισθητήρα σε σχέση με μια προηγούμενη θέση του, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ηλεκτρικά σήματα που στη συνέχεια ενισχύονται και παρουσιάζονται σε οθόνες. Μέθοδοι άνευ επαφής, που αναλύονται παρακάτω, μπορούν, επίσης, να δημιουργήσουν ηλεκτρικά σήματα. Οι μεταβολές παρουσιάζονται στην οθόνη είτε ενός μετρητή είτε μιας αναλογικής κλίμακας LCD, βαθμονομημένη σε κλασματικές τιμές της τυπικής μονάδας μήκους, ίντσας ή μέτρου. Μεταβολές μπορούν ακόμα να παρουσιαστούν σε ψηφιακή μορφή χρησιμοποιώντας LEDs ή και πάλι οθόνη LCD.

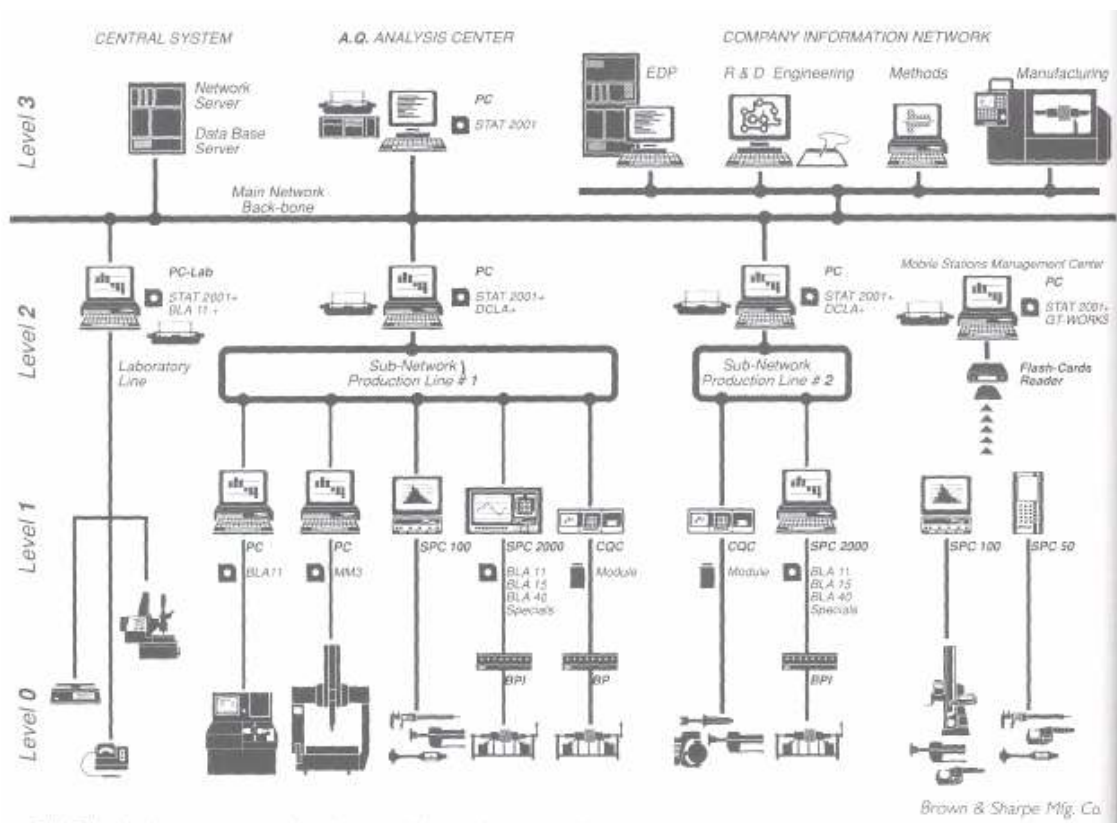
Η βασική αρχή της μετατροπής των μηχανικών μετατοπίσεων σε αναλογικές ηλεκτρικές μεταβολές που στη συνέχεια να παρουσιάζονται σε οθόνη, εφαρμόστηκε αρχικά σε ηλεκτρικά όργανα σχεδιασμένα να πραγματοποιούν τις γραμμικές μετρήσεις, με πολύ μικρές προσαυξήσεις, σε μια βάση συγκρίσεων. Τα τελευταία χρόνια, πάντως, η μεγάλη εξέλιξη στο χώρο της ηλεκτρονικής έφερε στην αγορά συστατικά προς εφαρμογή τόσο σε όργανα με προσαύξηση μετρήσεων, όσο και σε όργανα απόλυτων μετρήσεων. Τέτοια συστατικά σχηματίζουν τη βάση, η οποία εμφανίζεται ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα ποιοτικού ελέγχου και χρησιμοποιείται στις κατασκευές (Σχ. 7-1).

Τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών οργάνων, στα οποία στηρίχθηκε η ταχεία επέκταση των εφαρμογών τους, είναι πολύπλοκα και αρκετά σε αριθμό. Αν και τα περισσότερα προέρχονται από τη βασική ιδέα της χρήσης ηλεκτρονικά ενισχυμένων ηλεκτρικών σημάτων για τη μέτρηση γραμμικών μετατοπίσεων, η εκτέλεση της ιδέας αποτελεί ένα ουσιαστικό παράγοντα κατανόησης των δυνατοτήτων των οργάνων αυτών.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των πλεονεκτημάτων που εξάγονται από τη χρήση των ηλεκτρονικών οργάνων στις μετρήσεις διαστάσεων, απαιτείται ένας πίνακας που θα συμβάλλει στην κατανόηση της καταμέτρησης τους. Ο Πίνακας 7-1 δίνει τα ουσιαστικά πλεονεκτήματα των οργάνων, ταξινομημένα σε δύο γκρουπ και παρέχει πληροφορίες για τις λειτουργικές ικανότητες και τους παράγοντες εφαρμογής. Έχει σκοπό να αποτελέσει

έναν οδηγό για τη σωστή εκτίμηση της καταλληλότητας και συμβατότητας ενός ηλεκτρονικού οργάνου, για συγκεκριμένη εργασία μέτρησης.

Από τη στιγμή που τα εφικτά προνόμια εξαρτώνται από τον τρόπο εκτέλεσης της βασικής ιδέας των ηλεκτρονικών μετρήσεων, οι αναφορές των χαρακτηριστικών προδιαγραφών πρέπει να περιοριστούν στα θεμελιώδη. Στην πραγματικότητα, οι εμπορικά διαθέσιμοι τύποι ηλεκτρονικών οργάνων διαφέρουν κατά πολύ σε σχεδιασμό και κατεργασία και είναι αποτέλεσμα των στόχων που ο κατασκευαστής θέλει να επιτύχει με το συγκεκριμένο μοντέλο. Τα όργανα αυτά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και χρησιμοποιούνται για ποικιλία σκοπών, διαφορετικών αναγκών και ακρίβειας.



Σχ. 7-1: Μια συνοπτική ιδέα ενσωμάτωσης του ποιοτικού ελέγχου στην κατασκευή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1: ΕΥΝΟΪΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ	ΑΝΑΦΟΡΑ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ		
<p><u>Ευαισθησία (Ανάλυση)</u></p> <p>Εκφράζεται ως το μικρότερο δεδομένο εισαγωγής (παρέκλιση του αισθητήριου μέλους) που παράγει αναλογικά σήματα</p>	<p>Αντίδραση σε πολύ μικρά δεδομένα παραγόμενα από την παρέκκλιση του αισθητήριου μέλους (άξονα-επαφεία ή στυλό)</p>	<p>Σε πολλούς σχεδιασμούς, το αισθητήριο μέλος αποτελεί αέριο σώμα με το συστατικό του οργάνου, η μετατόπιση του οποίου παράγει τα ηλεκτρικά σήματα. Η, πρακτικά άνευ τριβής, ανάρτηση, του αισθητήριου μέλους διασφαλίζει την ανεμπόδιση μετάδοση των μεταβολών της απόστασης στα ηλεκτρονικά συστατικά των οποίων η ανάλυση θεωρείται πολύ μεγάλη. Η απόκριση είναι άμεση και πρακτικά χωρίς καθυστερήσεις.</p>
<p><u>Επαναληψιμότητα</u></p> <p>Μετράται σε γραμμικές μονάδες και υπολογίζεται με βάση το 3σ (σ = απόκλιση μέτρησης)</p>	<p>Η επανάληψη της ακριβούς θέσης του αισθητήριου μέλους θα δώσει ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα με την αρχική ένδειξη</p>	<p>Λόγω της αποφυγής μηχανικών συνδέσεων μειώνονται τα διάκενα και τα τζογαρίσματα. Οι περισσότερες αναρτήσεις των αισθητήρων, ενώ συγκρατούν αποτελεσματικά τις παρεκκλίσεις του επαφεία σε συγκεκριμένη διαδρομή, επιτρέπουν τη μετατόπισή του, υφιστάμενες μόνο μοριακή τριβή. Η απουσία μηχανικών ή ηλεκτρικών καθυστερήσεων συμβάλλει στην εξαιρετική επαναληπτική ακρίβεια των περισσότερων ηλεκτρονικών οργάνων.</p>
<p><u>Ακρίβεια βαθμονόμησης</u></p> <p>Εκφράζεται σε ποσοστό %, της παρουσιαζόμενης τιμής στην κλίμακα, αντιπροσωπεύοντας τη μέγιστη απόκλιση από την ακριβή μεταβλητή μεγέθους</p>	<p>Ο δείκτης της μετρητικής κλίμακας πρέπει να παρουσιάζει με ακρίβεια την απόσταση μετακίνησης του αισθητήρα από τη θέση αναφοράς</p>	<p>Τα ηλεκτρονικά συστατικά των οργάνων μέτρησης διαστάσεων ανήκουν σε συστήματα επιλεγμένα να παράγουν ηλεκτρικά σήματα ακριβώς ανάλογα στην απόσταση μηχανικής μετατόπισης που γεννά τις ηλεκτρικές αυτές μεταβολές. Τα ηλεκτρονικά όργανα διαθέτουν μέσα προσαρμογής των βασικών γραμμικών σημάτων για τη δημιουργία μετατοπίσεων του δείκτη. Αυτός με μεγάλη ακρίβεια εμφανίζει τη μετατόπιση του επαφεία. μόλις ρυθμιστεί, η βαθμονόμηση διατηρείται για μακρύ διάστημα συντηρήσεων</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1: (Συνέχεια)

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ	ΑΝΑΦΟΡΑ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ		
<p><u>Ενίσχυση</u></p> <p>Εκφράζεται ως ο λόγος ανάμεσα στην παρέκκλιση του δείκτη και τη μετατόπιση του επαφέα</p>	<p>Ο λόγος με τον οποίο η παρέκκλιση του δείκτη του οργάνου, εκφράζεται ως πολλαπλάσιο της μετατόπισης του επαφέα</p>	<p>Οι δυνατότητες ενίσχυσης των ηλεκτρονικών συστημάτων συμπίπτουν με τις μέγιστες απαιτήσεις των μετρήσεων μετατόπισης. Πρακτικοί περιορισμοί δημιουργούνται από τις τεχνικές ανάγκες, το σχεδιασμό των μηχανικών συστατικών του οργάνου και από το εύρος της απόστασης που θα καλύπτεται (το συγκεκριμένο είναι αντιστρόφως ανάλογο του λόγου ενίσχυσης). Σημαντικότερο πλεονέκτημά τους είναι η απλότητα στην αλλαγή των πεδίων ενίσχυσης. Σήμερα, ο μέγιστος λόγος ενίσχυσης που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης είναι 100.000:1 (ή ακόμα μεγαλύτερος για ειδικών προδιαγραφών όργανα)</p>
<p><u>Δύναμη μέτρησης</u></p> <p>Εκφράζεται σε γραμμάρια</p>	<p>Η απαιτούμενη δύναμη για την επίτευξη αξιόπιστης μηχανικής επαφής μεταξύ του αισθητήριου μέλους του οργάνου και της επιφάνειας του αντικειμένου.</p>	<p>Τα ηλεκτρονικά όργανα δε σπαταλούν μέρος της δύναμης μέτρησής τους, για τον περιορισμό των διακένων και του τζόγου μεταξύ των συνδεδεμένων συστατικών τους, όπως συμβαίνει στα μηχανικά. Η ελαφριά δύναμη, μειώνει σημαντικά την τιμή των παρεκκλίσεων στις επιφάνειες επαφής, καθώς επίσης και την εκτεταμένη τάση στα συνεργαζόμενα μηχανικά συστατικά. Και οι δύο παράγοντες μπορεί να αποτελέσουν σημαντικές πηγές σφάλματος σε μετρήσεις της τάξης κάτω του μικρομέτρου. Συγκεκριμένα μοντέλα εσωτερικών μετρήσεων διαθέτουν μέσα προσαρμογής της δύναμης επαφής, σύμφωνα με τις σύνθήκες μέτρησης.</p>
<p><u>Ταχύτητα απόκρισης</u></p> <p>Εκφράζει σε Hertz τη μετακίνηση του δείκτη στο συνολικό μήκος της κλίμακας</p>	<p>Η αντίστροφη τιμή του διαστήματος χρόνου που απαιτείται για τη μετάδοση μιας ανιχνευμένης μετατόπισης σε ολοκληρωμένο αποτέλεσμα εμφάνισης, πάνω σε μετρητή, οθόνη ή καταγραφέα</p>	<p>Πολλά είδη μετρήσεων μετατόπισης απαιτούν ενδεικτικά όργανα που πρακτικά δεν παρουσιάζουν καθυστέρηση στη μετάδοση του αποτελέσματος. Παραδείγματα τέτοια είναι οι εντός διαδικασίας μετρήσεις κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των μηχανών, της κατεργασίας των επιφανειών, της αυτόματης διαλογής κλπ. Η στιγμιαία απόκριση των ηλεκτρονικών συστημάτων, υποστηριζόμενη από την άνευ τριβής ανάρτηση των συστατικών επαφής και ένδειξης, παρέχει ταχύτητες που δεν μπορούν να προσεγγιστούν από κανένα άλλο μετρητικό σύστημα</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1: (Συνέχεια)

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ	ΑΝΑΦΟΡΑ
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		
<u>Προσαρμοστικότητα παρουσίασης</u>	Οι ενδείξεις του οργάνου μπορούν να παρουσιαστούν με διάφορα μέσα χρησιμοποιούμενα εναλλακτικά ή κάποια από αυτά ταυτόχρονα. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι μετρητές, οι καταγραφείς, οι παλμογράφοι, τα οριακά σήματα, τα ψηφιακά βολτόμετρα και οι ψηφιακές οθόνες	Ανάλογα με το σκοπό και τις συνθήκες της μέτρησης, κάποια μέθοδος παρουσίασης αποτελεσμάτων μπορεί να ταιριάζει καλύτερα, ή μπορεί, επίσης, να επιθυμούνται περισσότερες από μία μέθοδοι που να λειτουργούν σε συμφωνία. Η ποικιλία μέσων ένδειξης για την παρουσίαση των ηλεκτρικών σημάτων του οργάνου μετρήσεων με γραμμικές τιμές προσφέρει απaráμιλλη προσαρμοστικότητα στα ηλεκτρονικά όργανα. Επίσης, με το πάτημα ενός κουμπιού, η παρουσίαση μπορεί να αλλάξει από ίντσες σε χιλιοστά του μέτρου.
<u>Ευελιξία προσαρμογής</u>	Οι αισθητήρες του μετατροπέα των ηλεκτρονικών οργάνων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια μεγάλη ποικιλία μετρητικών εφαρμογών	Οι ανιχνευτές μετατόπισης των ηλεκτρονικών οργάνων είναι συμπαγείς, λειτουργούν σε διαφορετικές θέσεις και με ειδικούς σχεδιασμούς, ακόμα και σε περιβάλλοντα εχθρικά προς τα όργανα ευαίσθητων μετρήσεων. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η απομακρυσμένη τοποθέτηση της μονάδας ελέγχου. Οι ιδιότητες αυτές επιτρέπουν τη χρήση των οργάνων σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές, ακόμα και εκεί που άλλα όργανα δεν μπορούν να πραγματοποιήσουν μέτρηση ή να παρατηρηθούν
<u>Χρήση του σήματος</u>	Επιπλέον των ενδείξεων, τα ηλεκτρικά σήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εισαγωγή και τον έλεγχο διάφορων σχετιζόμενων λειτουργιών	Το άνοιγμα και το κλείσιμο θυρών διανομής κατά τη διαλογή, η ειδοποίηση για εκτός ορίων συνθήκες κατά τους ελέγχους εντός της παραγωγής, η αλλαγή της ταχύτητας πρόωσης στην αυτόματη κατεργασία, η εξισορρόπηση των κακών ρυθμίσεων της μηχανής στον αυτόματο έλεγχο διαστάσεων, είναι παραδείγματα διαδικασιών που μπορούν να εισαχθούν και να εκτελεστούν από τα αναλογικού μεγέθους σήματα των οργάνων.
<u>Λειτουργική άνεση</u>	Η αλλαγή των ενισχύσεων και η ηλεκτρική ρύθμιση του σημείου μηδέν δίνει στα ηλεκτρονικά όργανα μια λειτουργική άνεση, η οποία είναι πολύ δύσκολο να προσεγγιστεί από οποιοδήποτε άλλο σύστημα	Η αρχική ρύθμιση ενός ευαίσθητου συγκριτικού οργάνου, σε ονομαστικό μέγεθος που αντιπροσωπεύεται από ένα ρυθμιστικό όργανο, είναι λεπτεπίλεπτη και χρονοβόρα διαδικασία. Οι ξεχωριστές ιδιότητες των ηλεκτρονικών οργάνων μειώνουν το χρόνο ρύθμισης και διευκολύνουν την προσαρμογή τους στην ακριβή θέση αναφοράς

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1: (Συνέχεια)

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ	ΑΝΑΦΟΡΑ
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		
<u>Διατηρησιμότητα</u>	Η μηχανική φθορά είναι πρακτικά ανύπαρκτη στα ηλεκτρονικά όργανα και έτσι μπορούν να εργάζονται για χρόνια χωρίς την ανάγκη επισκευής	Ενώ τα περισσότερα συστήματα μετρητικών επαφών υπόκεινται στη μόνιμη επίδραση της τριβής στα σημεία σύνδεσης και περιστροφής της ενισχυτικής τους διάταξης, τα ηλεκτρονικά όργανα χρειάζονται μόνο περιοδική επαναπροσαρμογή από ένα κοχλία για την επαναφορά της αρχικής ακρίβειας. Τα περισσότερα ηλεκτρονικά συστατικά διαθέτουν μακρά διάρκεια ζωής.
<u>Ευκολία ανάγνωσης αποτελεσμάτων</u>	Οι ψηφιακές ηλεκτρονικές οθόνες ελαχιστοποιούν τα σφάλματα ανάγνωσης και ερμηνείας που συχνά παρατηρούνται σε άλλα όργανα	Οι ψηφιακές οθόνες είναι πιο ευανάγνωστες από τους μετρητές και τα αναλόγια. Όταν δε, εφοδιάζονται και με πράσινα (εντός προδιαγραφών), κίτρινα (προσοχή) και κόκκινα (εκτός προδιαγραφών) φωτεινά λαμπάκια, τα σφάλματα ελέγχου εξαλείφονται
<u>Συλλογή δεδομένων</u>	Η ηλεκτρονική συλλογή δεδομένων των διαστάσεων από μικροπολογιστή με χρήση ενός καλωδίου μεταφοράς RS232 ελαχιστοποιεί την ανάγκη καταγραφής και υπολογισμού των πληροφοριών δια χειρός	Στις μέρες μας, πολλές εταιρίες είτε εύχονται είτε είναι υποχρεωμένες να διατηρούν αναλυτικά δεδομένα ελέγχων που πραγματοποιούνται στα παραγόμενα προϊόντα και τις διαδικασίες του εργοστασίου τους. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει και έγγραφα εμφάνισης της ικανότητας των διαδικασιών ή των ελέγχων (διαγράμματα κατανομής), μεταξύ των άλλων. Μια τέτοια συλλογή δεδομένων και ανάλυση διευκολύνεται από το συνδυασμό ηλεκτρονικών οργάνων και υπολογιστών

7.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Από λειτουργικής απόψεως, τα ηλεκτρονικά όργανα είναι όργανα μέτρησης μήκους, που μετατρέπουν την απόσταση ή τη μετατόπιση σε ανάλογες μεταβολές ηλεκτρικού ρεύματος ή τάσης, με τη βοήθεια ηλεκτρομηχανικών μετατροπών. Στους μετατροπείς αυτούς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες φυσικές επιδράσεις, όπως οι παρακάτω:

α) Μεταβολή της ηλεκτρικής χωρητικότητας μεταξύ δύο μεταλλικών πλακών, που προκαλείται από μεταβολές της μεταξύ τους απόστασης. Μια από τις πλάκες είναι σταθερή και η άλλη κινείται ελεύθερα από τη μετατόπιση του αισθητήριου άκρου του οργάνου.

β) Μεταβολές της αντοχής ενός καλωδίου, οφειλόμενες σε μηχανικές τάσεις (εφαρμογές της αρχής μέτρησης τάσεων)

γ) Μεταβολές στην ηλεκτρική αντίσταση που προκαλούνται από μεταβολές της θέσης ενός κινούμενου επαφέα

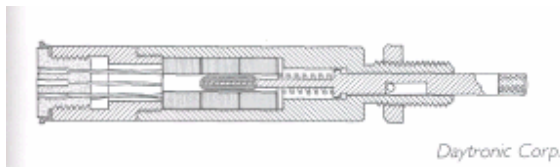
δ) Μεταβολές της αυτεπαγωγής ή της αμοιβαίας επαγωγής που προέρχονται από τις διαφορετικές θέσεις ενός κινούμενου μαγνητικού σώματος.

ε) Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από την κάμψη ενός πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Στην πλειοψηφία των σύγχρονων ηλεκτρονικών οργάνων, βρίσκεται εφαρμογή ένας συγκεκριμένος τύπος ηλεκτρομηχανικού μετατροπέα. Ο τύπος αυτός είναι ο γραμμικών μεταβολών διαφορικός μετατροπέας και στο εμπόριο έχει επικρατήσει η συντόμηση LVDT για αυτόν, από τα αρχικά της αγγλικής ονομασίας του.

Το Σχήμα 7-2 παρουσιάζει την εγκάρσια τομή ενός LVDT. Διαθέτει ένα κύριο και δύο δευτερεύοντα πηνία, ευθυγραμμισμένα και συμμετρικά. Ένας μικρός μεταλλικός πυρήνας που είναι σε επαφή με μία μη μεταλλική ράβδο, μπορεί να κινηθεί αξονικά εντός του κυλίνδρου που σχηματίζουν τα πηνία. Η ράβδος αποτελεί ακέραιο σώμα με το μετρητικό επαφέα και είναι τοποθετημένη με ακρίβεια, ακτινικά. Η αξονική θέση της διατηρείται υπό την επίδραση ελατηρίου. Η επίδραση αυτή παράγει και τη δύναμη μέτρησης, όταν το άκρο του μετρητικού επαφέα έρθει σε επαφή με την επιφάνεια μέτρησης.



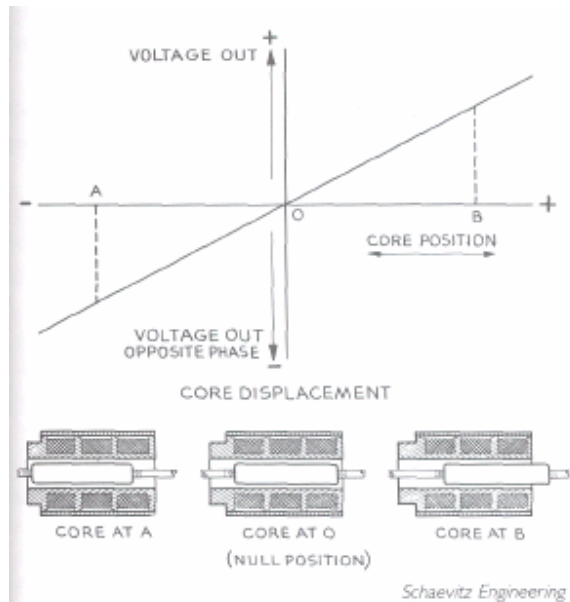
Σχ. 7-2: Σχηματική απεικόνιση τομής ενός μετατροπέα της κατηγορίας LVDT.

Στην εγκάρσια τομή του σχήματος, ο μετρητικός επαφέας διαθέτει έναν επίπεδο οδηγό με τριβέα και ένα ελλειπτικό ελατήριο για ισορροπία της θέσης του πυρήνα. Πάντως, άλλοι τύποι μετατροπέων χρησιμοποιούν ανάρτηση με ραβδόγλυφα, άνευ τριβών και για τις δύο παραπάνω λειτουργίες. Το σχήμα απεικονίζει μονάχα τις αρχές της μηχανικής διάταξης. Οι πραγματικοί σχεδιασμοί των μετρητικών κεφαλών με LVDT μετατροπείς διαφέρουν κατά πολύ στις λεπτομέρειες και είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών εφαρμογών για τους οποίους κατασκευάζονται, άλλα και των επιλογών του κατασκευαστή.

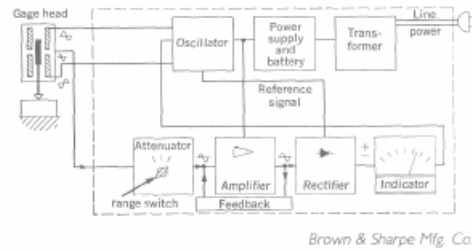
Για να λειτουργήσει ο μετατροπέας, εφαρμόζεται στο κύριο πηνίο ένα ρεύμα διέγερσης χαμηλού δυναμικού και υψηλής συχνότητας (π.χ. 6 Volt / 2,4 kHz) και όταν ο κινούμενος πυρήνας βρεθεί σε θέση κεντραρισμένη με ακρίβεια, ο διαφορικός μετατροπέας επιφέρει ίση και αντίθετη τάση στα δευτερεύοντα πηνία. Κατά την κίνηση του μετρητικού επαφέα, στη διαδικασία μέτρησης, που προκαλεί μεταβολή της θέσης του πυρήνα, η ζεύξη μεταξύ του κυρίου πηνίου και των δευτερευόντων θα μεταβληθεί. Η συγκεκριμένη αλλαγή της θέσης του πυρήνα παράγει διαφορετική τάση εξόδου, ανάλογη της απόστασης της μετατόπισης του επαφέα. Η φάση αυτού του ρεύματος θα δείξει αν το σημείο που ήρθε σε επαφή με την επιφάνεια μέτρησης βρίσκεται κάτω ή πάνω από τη

θέση αναφοράς που αρχικά, ρυθμίστηκε να ανταποκρίνεται στην μηδενική ηλεκτρική τιμή των σημάτων του LVDT (Σχ. 7-3).

Τα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης μήκους περιέχουν διάφορα βασικά συστατικά που θα συζητηθούν εν συντομία αμέσως παρακάτω. Τα συστατικά αυτά είναι τα μέλη ενός κυκλώματος, όπως αυτό του Σχήματος 7-4.



Σχ. 7-3: Συσχετίσεις μεταξύ της θέσης του πυρήνα και της διαφορικής τάσης εξόδου που ακολουθεί και της φάσης μετρητικού συστήματος μετατοπίσεων με LVDT.



Σχ. 7-4: Απλοποιημένο διάγραμμα ηλεκτρονικής διαδρομής σε συνδυασμό με μετατροπέα LVDT.

ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΚΕΦΑΛΕΣ

Η μετρητική κεφαλή με τον άξονα επαφής ή το αισθητήριο άκρο της, έρχεται σε μηχανική επαφή με το επιλεγμένο σημείο διεξαγωγής της μέτρησης πάνω στην επιφάνεια. Ο επαφείας αποτελεί ακέραιο σώμα ή είναι σταθερά συνδεδεμένος με τη ράβδο συγκράτησης του πυρήνα του LVDT (ή του λειτουργικά αντίστοιχου μέλους ενός άλλου συστήματος μετατροπής που μπορεί να χρησιμοποιείται). Η κεφαλή περιέχει, επίσης, το μετατροπέα και του παρέχει την αναγκαία μηχανική προστασία και μαγνητική ασπίδα.

Οι κεφαλές που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά όργανα κατασκευάζονται σε τρεις βασικές μορφές που επιλέγονται ανάλογα με τις συνθήκες εφαρμογής.

α) Ο τύπος κεφαλής του Σχήματος 7-5 διαθέτει μια πραγματική ανάρτηση ραβδόγλυφου, παρέχοντας έτσι την ακριβέστερη καθοδήγηση στο μετρητικό επαφεία και τον πυρήνα και πραγματοποιώντας μέτρηση με τη μικρότερη δύναμη εφαρμογής. Ο επαφείας πραγματοποιεί ακριβείς αξονικές μετατοπίσεις. Η κεφαλή αυτή χρησιμοποιείται σε συγκριτικά όργανα με στήριξη και σε παρόμοιες εφαρμογές, όπου οι υπόλοιπες διαστάσεις που προέρχονται από την ανάρτηση ραβδόγλυφου δεν είναι απαράδεκτες και επιζητείται ο υψηλότερος βαθμός ακριβείας.

β) Η κεφαλή τύπου φυσιγγίου, κυλινδρικής μορφής, έχει συνήθως, εξωτερική διάμετρο 3/8 της ίντσας. Αυτή είναι η τυπική διάμετρος για τα στελέχη των ενδεικτικών οργάνων και επιλέγεται, ώστε να επιτρέπεται η εναλλαξιμότητά τους. Τα ηλεκτρονικά όργανα αυτού του τύπου μπορούν να αντικαταστήσουν μηχανικά ενδεικτικά όργανα σε περιπτώσεις μετρήσεων, αρχικά σχεδιασμένες να λειτουργούν με αναλογικά ενδεικτικά όργανα. Ο επαφάας πραγματοποιεί αξονική κίνηση, όπως και εκείνος της κεφαλής του προηγούμενου τύπου, αλλά εξαιτίας των περιορισμών χώρου η ανάρτηση είναι είτε από περιφερειακά κομμένους χαλύβδινους δίσκους ελατηρίου είτε από ελικοειδές ελατήριο, υποστηριζόμενο από οδηγικό αντιτριβικό δακτύλιο. Η μετρητική κεφαλή τύπου φυσιγγίου φαίνεται στο Σχήμα 7-6.

γ) Η κεφαλή ελέγχου με ενδεικτικό όργανο (τύπου μοχλού) είναι εφοδιασμένη με έναν επαφάα με ανάρτηση περιστροφής. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται σε μετρήσεις ύψους ή άλλες εφαρμογές όπου ο περιστρεφόμενος επαφάας επιτρέπει καλύτερη πρόσβαση στην επιφάνεια μέτρησης από ότι ο αξονικά μετατοπισμένος μετρητικός επαφάας. Αυτός ο τύπος κεφαλής παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-7.



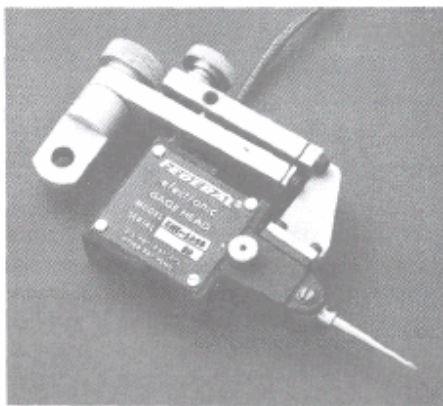
Federal Products Corp.

Σχ. 7-5: Μετρητική κεφαλή τύπου ραβδόγλουφου.



Federal Products Corp.

Σχ. 7-6: Μετρητική κεφαλή τύπου φυσιγγίου.



Federal Products Corp.

Σχ. 7-7: Μετρητική κεφαλή τύπου μοχλού.

Εξαιτίας του συγκριτικού χαρακτήρα των ηλεκτρονικών μετρήσεων μήκους, η μετρητική κεφαλή πρέπει να διατηρείται θετικά και σε σταθερή θέση σε σχέση με το επίπεδο αναφοράς. Κατά συνέπεια, η συσκευή συγκράτησης ή στερέωσης της κεφαλής αποτελεί λειτουργικό συστατικό της μετρητικής κεφαλής.

Η μονάδα ελέγχου της μετρητικής κεφαλής, συνδέεται με αυτήν μέσω καλωδίου και είναι απομακρυσμένη από το πραγματικό σημείο μέτρησης. Το μέλος αυτό του συστήματος, που συχνά ορίζεται ως ενισχυτής, αν και αυτή είναι μία μόνο από τις λειτουργικές του δυνατότητες, περιλαμβάνει συστατικά για τις ακόλουθες λειτουργίες (Σχ. 7-3):

α) Παραγωγή ρεύματος διέγερσης για το κύριο πηνίο του LVDT με τη βοήθεια ενός ταλαντωτή, και χρήση του σε όργανα με συχνότητα ρεύματος πάνω από 60 Hz.

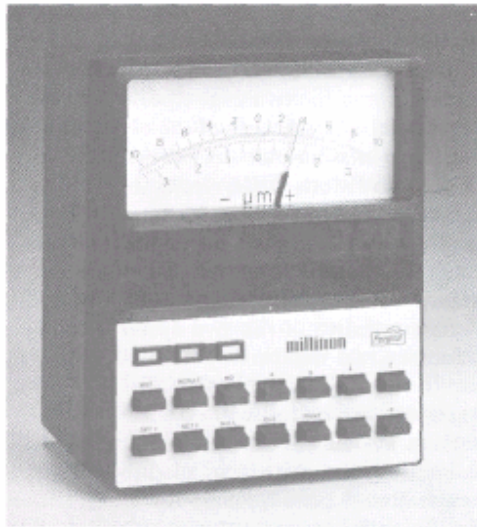
β) Ενίσχυση των σχετικά αδύναμων ηλεκτρικών σημάτων που εκπέμπει ο μετατροπέας, σε αντιστοιχία με τις εντοπιζόμενες μηχανικές μετατοπίσεις.

γ) Αποδιαμόρφωση των ενισχυμένων σημάτων, ώστε να γίνουν κατάλληλα για παρουσίαση στο μετρητή ή ως σήματα για καταγραφείς και άλλα όργανα εξωτερικής χρήσης

δ) Εξασθένηση (αλλαγή ενίσχυσης), μετακίνηση της θέσης του δείκτη (ρύθμιση του μηδενός) και ωφέλιμη προσαρμογή (βαθμονόμηση), με επιμέρους διακόπτες, λαβές και παρόμοια όργανα ελέγχου, προσβάσιμα εξωτερικά της μονάδας ελέγχου.

ε) Παρουσίαση σημάτων. Επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός μετρητή με βαθμονομημένη κλίμακα, μιας ψηφιακής οθόνης LED, μιας αναλογικής LCD σε ψηφιακή οθόνη, ή κάποιου συνδυασμού αυτών (Σχ. 7-8 και 7-9). Οι δίοδοι εκπομπής φωτεινών ακτίνων (LED) μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φωτεινή με τη βοήθεια του φαινομένου της ηλεκτροφωτοεκπομπής τριών χρωμάτων (κόκκινο, κίτρινο και πράσινο). Οι οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD) δε γεννούν φωτεινή ενέργεια. Χρησιμοποιούν το φαινόμενο ενός δυναμικού διασκορπισμού σε υπάρχων φως, κάνοντας συγκεκριμένες περιοχές να φαίνονται φωτεινές ή σκούρες (μαύρο ή ανοιχτό γκρι). Η νέα αυτή τεχνολογία ηλεκτρονικής παρουσίασης, χρησιμοποιείται πολύ σε εξοπλισμούς που λειτουργούν με μπαταρία εξαιτίας της πολύ μικρής κατανάλωσης ενέργειας.

στ) Μια μπαταρία, που χρησιμοποιείται ως εναλλακτική πηγή ενέργειας, απαιτείται, όταν προτιμάται η αυτόνομη λειτουργία του οργάνου, αφού το ανεξαρτητοποιεί από καλώδια σύνδεσης.



Mahr Gage Co.

Σχ. 7-8: Διεθνές μετρητικό όργανο με ψηφιακή και αναλογική οθόνη.



Federal Products Corp.

Σχ. 7-9: Συγκριτικό όργανο ακριβείας με θέση εργασίας και με αναλογικό και ψηφιακό ηλεκτρονικό ενισχυτή LCD.

7.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Τα συγκριτικά όργανα είναι τα βασικά όργανα σύγκρισης μηκών προερχόμενων από ηλεκτρονικά ενισχυμένες μετρήσεις μετατόπισης. Η μετρητική διαδικασία είναι ουσιαστικά όμοια με αυτήν που εφαρμόζεται στα συγκριτικά όργανα με μηχανικά όργανα ενδείξεων. Πάντως, υπάρχουν διαφορές στις εφαρμοζόμενες τεχνικές εξαιτίας των προηγούμενων αναφερθέντων δυνατοτήτων αλλά και των περιορισμών των ηλεκτρονικών μετρήσεων.

Όπως σε όλες τις διαδικασίες σύγκρισης μετρήσεων, το όργανο πρέπει αρχικά να ρυθμιστεί σε μια διάσταση αναφοράς είτε με τη βοήθεια πλακιδίων πρότυπου μήκους είτε με ένα ρυθμιστικό πρότυπο. Στα ηλεκτρονικά όργανα, η ρύθμιση διευκολύνεται κατά πολύ με τη βοήθεια της μετακίνησης του δείκτη (ρύθμιση μηδενός). Η συσκευή με την οποία συντελείται αυτή, επιτρέπει μικρές προσαρμογές απόστασης της θέσης του δείκτη με ηλεκτρονικό τρόπο, δίχως να μεταβάλλεται η μηχανική θέση του άξονα του επαφά. Η ρύθμιση μπορεί να γίνει από απομακρυσμένο σημείο με μεγάλη ευαισθησία, στρέφοντας απλά ένα κομβίο στον ενισχυτή και παρατηρώντας τη θέση του δείκτη.

Στα συγκριτικά όργανα που φέρουν ευαίσθητο μηχανικό όργανο ενδείξεων, χωρίς μέσο προσαρμογής της θέσης του δείκτη, η ρύθμιση του μηδενός κατά τη φάση ρύθμισης του οργάνου, μπορεί να εξελιχθεί σε μια πολύ κουραστική διαδικασία λόγω των αναπόφευκτων ολισθήσεων των μηχανικών συστατικών εντοπισμού θέσης. Η ασυνέπεια που προκαλείται από τις δυσκολίες αυτές, συχνά, οδηγεί στην πρακτική της εκτίμησης της σχετικής θέσης του δείκτη, για την τιμή αναφοράς, όσο είναι κοντά στη μηδενική θέση της κλίμακας καθώς και στον υπολογισμό των πραγματικών τιμών των παρατηρούμενων αποκλίσεων, στην ακολουθούμενη διαδικασία ρύθμισης. Η ρύθμιση

του μηδενός στα ηλεκτρονικά όργανα περιορίζει την ανάγκη για αυτοσχεδιασμούς στη θέση αναφοράς και αποφεύγει τα πιθανά σφάλματα υπολογισμού που εμπεριέχει η προηγούμενη πρακτική.

Η αλλαγή πεδίου, την οποία όλοι οι τύποι των εμπορικών ηλεκτρονικών συγκριτικών οργάνων παρέχουν για τους σκοπούς των ωφέλιμων ελέγχων, εξισορροπεί δραστικά τους περιορισμούς, που προέρχονται από το σχετικά μικρό διάκενο των οργάνων. Επιπλέον, η συσκευή αυτή δίνει μεγάλη ευελιξία εφαρμογών στα όργανα της κατηγορίας. Χρησιμοποιώντας το ίδιο όργανο για διαφορετικού τύπου μετρήσεις, γεγονός που επεκτείνει τη χρήση σε διαφορετικά πεδία ανοχών και απαιτεί διακριτά επίπεδα ευαισθησίας, αποκτάται ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε εφαρμογές που διαφέρουν αρκετά.

Η πολύ μικρή δύναμη μέτρησης των ηλεκτρονικών συγκριτικών οργάνων, δίχως την παρουσία τριβών για να υπερκεράσει, έχει ιδιαίτερη σημασία κατά τις μετρήσεις τεμαχίων ειδικής τελικής κατεργασίας, που θα μπορούσε να επηρεαστεί αρνητικά από μεγαλύτερες δυνάμεις. Η δύναμη αυτή είναι, επίσης, αναγκαία για τεμάχια από μαλακά υλικά ή με λεπτά τοιχώματα, ώστε να μην επέλθει μόνιμη παραμόρφωση ή ελαστικές παρεκκλίσεις κατά την εφαρμογή μεγάλης για αυτά δύναμης.

Η χρήση των διαφορικών μετρήσεων και των ηλεκτρονικών σημάτων καταγραφής είναι επιπλέον πλεονεκτήματα εφαρμογής και βοηθούν τα όργανα της κατηγορίας, ώστε συχνά να θεωρούνται ως τα πλέον κατάλληλα όργανα συγκρίσεως. Οι δυνατότητες αυτές θα συζητηθούν και παρακάτω πιο αναλυτικά.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ηλεκτρονικών συγκριτικών οργάνων φαίνεται στο Σχήμα 7-9. Η έδραση είναι ακέραια κατασκευή σχεδιασμένη να κατέχει σταθερότητα ανάλογη της μοναδικής ευαισθησίας και του υψηλού βαθμού ακρίβειας που διασφαλίζουν τα ηλεκτρονικά συστατικά του οργάνου. Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται χωριστά και συνδέεται μέσω καλωδίου μόνο με τη μετρητική κεφαλή μετατροπής, που βρίσκεται στον κάθετο προς την έδραση βραχίονα. Ο βραχίονας καθοδηγείται με ακρίβεια κατά μήκος του σκελετού στήριξης, με τη βοήθεια χειροκίνητου κοχλία καθοδήγησης για κάθετη προσαρμογή.

Η μονάδα ελέγχου του σχήματος είναι τύπου αναλογο-ψηφιακής LCD οθόνης. Ο ενισχυτής τροφοδοτείται από επαναφορτιζόμενη μπαταρία νικελίου-καδμίου, χρηστικής διάρκειας 10 ωρών. Η συγκεκριμένη μονάδα υπολογίζει ταυτόχρονα το μέγιστο, ελάχιστο, ολικό, ονομαστικό και πραγματικό σήμα της μετρητικής κεφαλής για δυναμική μετρητική χωρητικότητα. Η μονάδα διαθέτει τρία πεδία επιλογών: 1) σε ίντσες, 2) σε μέτρα και 3) αυτόματο, και επιλέγει το μικρότερο πεδίο που επιτρέπει το σήμα για την καλύτερη ανάλυση. Για τη σύνδεση με συσκευή συλλογής δεδομένων, η μονάδα φέρει μια έξοδο καλωδίου RS232.

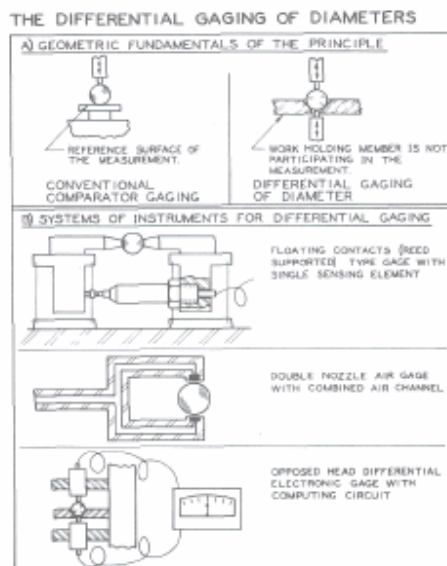
ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Οι διαφορικές μετρήσεις ορίζουν μια κατηγορία μετρήσεων, όπου δύο αισθητήρια μέλη, κατά την ταυτόχρονη επαφή τους με την επιφάνεια του αντικειμένου αναφέρουν την αμοιβαία θέση τους. Κατά συνέπεια, η μετρούμενη διάσταση αποτελεί τη μεταβολή της σχετικής θέσης των δύο αισθητήρων, όταν έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια του αντικειμένου. Όταν οι δύο κεφαλές είναι ευθυγραμμισμένες και τοποθετημένες σε απέναντι θέσεις, η ανιχνεύομενη διάσταση θα είναι η μεταβολή του

διακένου των δύο μετρητικών άκρων, όπως αυτή προκύπτει από τις διαφορές στο μήκος του αντικειμένου με το οποίο τα άκρα έρχονται σε επαφή.

Οι συνθήκες αυτές διαφέρουν από τις συνηθισμένες στις συγκριτικές μετρήσεις εξωτερικών διαστάσεων, όπου το αντικείμενο και ο μοναδικός αισθητήρας έχουν κοινό επίπεδο αναφοράς και το οποίο είναι ένα από τα όρια της μετρούμενης διάστασης. Αυτά τα διακριτά χαρακτηριστικά των δύο συστημάτων συγκριτικών μετρήσεων φαίνονται και στο Σχήμα 7-10Α, χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα ένα κυλινδρικό τεμάχιο.

Διάφορα συστήματα οργάνων διατίθενται για την εκτέλεση των αρχών των διαφορικών μετρήσεων. Οι λειτουργικές αρχές των πλέον χρησιμοποιούμενων συστημάτων παρουσιάζονται στο Σχήμα 7-10Β. Αν και για την απεικόνιση των αρχών, επιλέχθηκαν διαστάσεις μήκους, οι διαφορικές μετρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς και σε άλλα προβλήματα μέτρησης διαστάσεων, όπως η μέτρηση του παραλληλισμού (παρατήρηση των αποκλίσεων σε τοιχώματα), η συμμόρφωση της περιφέρειας του τεμαχίου σε σχέση με του προτύπου και πολλά άλλα. Οι αισθητήρες, στις διαφορικές μετρήσεις με ηλεκτρονικά συγκριτικά όργανα, μπορούν να είναι είτε αζονικά μετατοπιζόμενοι είτε περιστροφικά.



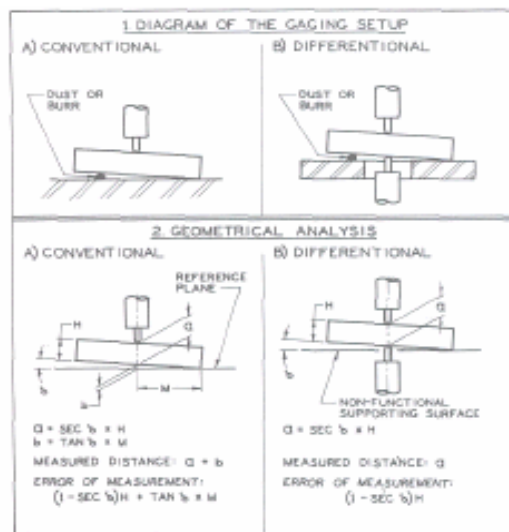
Σχ. 7-10: Αρχές οργάνων που χρησιμοποιούνται συνήθως σε διαφορικές μετρήσεις μήκους.

Τα πλεονεκτήματα της μέτρησης μηκών ή διαμέτρων δεν είναι πάντα ορατά. Όταν η μέτρηση διεξάγεται υπό ιδανικές συνθήκες, όπως το να είναι οι πλευρές του αντικειμένου απόλυτα επίπεδες και μεταξύ τους παράλληλες, πάνω σε μια τράπεζα εργασίας οργάνου εξαιρετικής ομαλότητας και τοποθετημένης ακριβώς κάθετα στον άξονα της μετρητικής κεφαλής, τότε θα πρέπει να αναμένονται ιδανικά αποτελέσματα, είτε η μέτρηση διεξάγεται με συμβατικές είτε με διαφορικής μέτρησης μεθόδους.

Οι ιδανικές συνθήκες, κατά γενική ομολογία, δε θα πρέπει να αναμένονται. Μικρές ανωμαλίες στην ομαλότητα του επιπέδου εργασίας, κόκκοι σκόνης, παγιδευμένος αέρας και παρόμοιες συνθήκες, μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια μέτρησης στις

μετρήσεις μικροϊντών. Τέτοιες συνθήκες, δύσκολα ελέγξιμες και εντοπιζόμενες, θα προκαλέσουν σφάλματα μέτρησης, που μπορούν να θεωρηθούν σφάλματα πρώτης τάξης μεγέθους (συγκρίσιμα με τα σφάλματα ημιτόνου), σφάλματα δεύτερης τάξης μεγέθους (συγκρίσιμα με τα σφάλματα συνημιτόνου) ή συνδυασμός και των δύο, εφαρμόζοντας μια γεωμετρική ανάλυση.

Τα σχέδια του Σχήματος 7-11 συγκρίνουν τις γεωμετρικές συνθήκες που δημιουργούνται από τις συμβατικές αλλά και από τις διαφορικές μετρήσεις, στην υποτιθέμενη περίπτωση όπου ένα μικρό γρέζι ή ένας κόκκος σκόνης ανατρέπει το αντικείμενο από την ιδανική του θέση, δηλαδή την κάθετη προς τον άξονα της μετρητικής κεφαλής. Ενώ στις συμβατικές μεθόδους συγκριτικών μετρήσεων και οι δύο πηγές σφαλμάτων, πρώτης και δεύτερης τάξης μεγέθους, επηρεάζουν το αποτέλεσμα, οι διαφορικές μετρήσεις ελαττώνουν τη δράση των σημαντικότερων σφαλμάτων ημιτόνου.



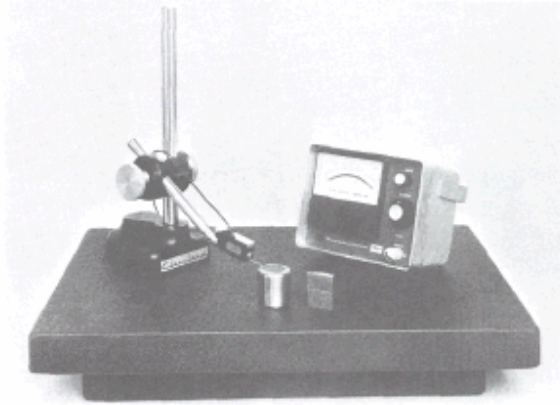
Σχ. 7-11: Σύγκριση δυναμικών σφαλμάτων σε μετρήσεις πάχους (διαμέτρων).
(Α) Με συμβατικές μετρήσεις (σφάλμα ημιτόνου)
(Β) Με διαφορικές μετρήσεις (σφάλμα συνημιτόνου)

7.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΨΟΥΣ

Τα ενδεικτικά όργανα ελέγχου με ηλεκτρονικές μετρητικές κεφαλές που βρίσκονται σε μια περιστρεφόμενη, εκτεινόμενη και κεκλιμένη, κάθετη προς την έδραση του οργάνου, ράβδο για την προσαρμογή του ελεγχόμενου ύψους, η οποία συνοδεύεται από συσκευή για τέλειες ρυθμίσεις, προσδιορίζουν ένα πολυδύναμο όργανο, γνωστό ως ηλεκτρονικό μετρητή ύψους. Αν και είναι προσαρμόσιμο σε διάφορες εφαρμογές, ο όρος μετρητής ύψους του αποδίδεται με βάση την κύρια χρήση του: μεταφορά των διαστάσεων ύψους και σύγκριση της κατακόρυφης απόστασης μεταξύ επιφανειών συγκεκριμένου τεμαχίου με σημείο αναφοράς της μέτρησης ένα κοινό επίπεδο. Ως επίπεδο αναφοράς χρησιμοποιείται, συνήθως μια κοινή βάση.

Το Σχήμα 7-12 απεικονίζει έναν τυπικό ηλεκτρονικό μετρητή ύψους αποτελούμενο από τρία βασικά μέλη: α) την έδραση του οργάνου, β) το ενδεικτικό

όργανο ελέγχου με τη μετρητική κεφαλή και γ) την ενισχυτική μονάδα με την παρουσίαση των μετρήσεων.



Giddings & Lewis Measurement Systems

Σχ. 7-12: Ηλεκτρονικοί μετρητές ύψους για έλεγχο του μήκους μεγάλων εδράνων κύλισης με κωνικούς τριβείς με σύγκριση της διάστασής τους με ένα συσσωμάτωμα πλακιδίων πρότυπου μήκους.

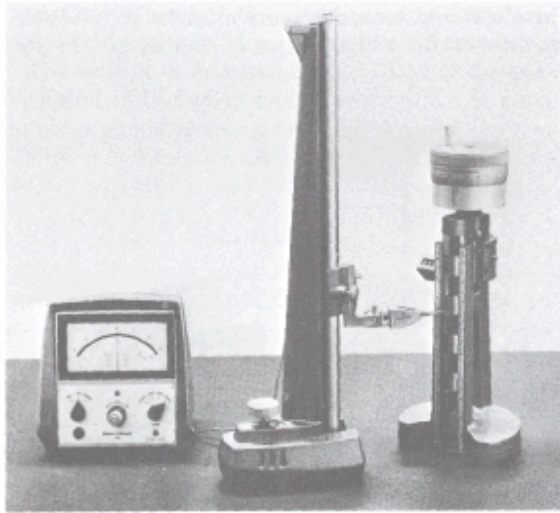
Το όργανο τοποθετείται σε επίπεδη επιφάνεια και για το λόγο αυτό η κατώτερη επιφάνεια της βάσης διαθέτει υποπόδια κατεργασμένα με ακρίβεια, τα οποία πρέπει να είναι επίπεδα και εντός κοινού επιπέδου με στενά όρια. Η έδραση για τις ηλεκτρονικές μετρήσεις πρέπει να είναι κατάλληλα διαστασιολογημένη με υψηλής τιμής αυστηρότητα και να παρέχει σταθερή στήριξη της κεφαλής ακόμα και στην πλέον εκτεταμένη θέση της ράβδου που φέρει την κεφαλή. Η θετική μανδάλωση των αρθρώσεων είναι, επίσης, πολύ κρίσιμη. Η διαστασιολόγηση της έδρασης, πάντως, δε θα πρέπει να συντελεί σε μεγάλο βάρος, το οποίο θα μπορούσε να επηρεάσει κάποιον από τους λειτουργικούς σκοπούς της, όπως η μεταφορά των διαστάσεων ύψους με τη βοήθεια της ευαίσθητης ολίσθησης της έδρασης πάνω στην επίπεδη επιφάνεια.

Για την κατακόρυφη προσαρμογή της άρθρωσης συγκράτησης της ράβδου, οι κατακόρυφες στήλες της έδρασης εφοδιάζονται συχνά με οδοντωτό κανόνα και πινιόν ή με τροχίσκο τριβής οδηγούμενου εντός αυλακώσεως. Στο μοντέλο του Σχήματος 7-12, ο κοχλίας των τελικών προσαρμογών είναι τμήμα της στήριξης της κεφαλής. Άλλα μοντέλα και ιδιαίτερα αυτά που αντί για ράβδο διαθέτουν έναν κοντό οριζόντιο βραχίονα (Σχ. 7-13), επιτυγχάνουν την τελική προσαρμογή, με τη βοήθεια ενός ελατηρίου σε κάμψη στη βάση της έδρασης, στο οποίο ενεργεί ένας χειροκίνητος κοχλίας και όταν αυτό λειτουργεί, μεταδίδει μια κίνηση ανατροπής στη στήλη έδρασης του οργάνου. Σε άλλους σχεδιασμούς, η στρέψη του κοχλίας παράγει μια ευαίσθητη κατακόρυφη κίνηση της στήλης.

Τα όργανα της κατηγορίας χρησιμοποιούνται συνήθως, για συγκριτικές μετρήσεις γραμμικών αποστάσεων σε αντικείμενα με διαμόρφωση σύμφωνη με τα εξής: α) η μετρούμενη επιφάνεια πρέπει να βρίσκεται στο οριζόντιο επίπεδο και β) η απόσταση που πρέπει να καθοριστεί πρέπει να έχει επίπεδο αναφοράς παράλληλο της επιφάνειας στην οποία πραγματοποιείται η μέτρηση. Η κατώτερη επιφάνεια του τεμαχίου δεν είναι

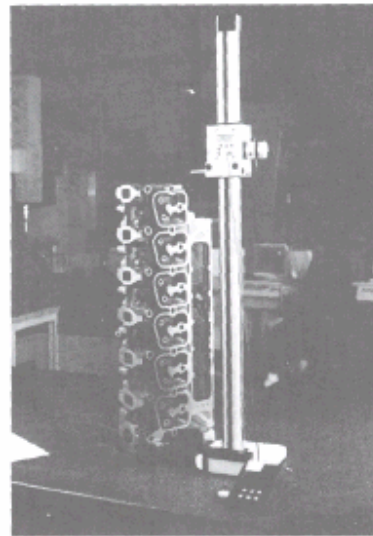
ανάγκη να βρίσκεται άμεσα τοποθετημένη στην επίπεδη επιφάνεια, άλλα μπορεί να βρίσκεται σε ενδιάμεσο παράλληλο συστατικό γνωστού πάχους. Τέτοια διάταξη απαιτείται για την τοποθέτηση επιφάνειας υποχωρημένης θέσης. Όταν χρησιμοποιούνται επαρκή πλακίδια στήριξης, η ορθότητα της διαδικασίας μέτρησης ύψους δε θα επηρεαστεί από το έμμεσο επίπεδο αναφοράς.

Η γραμμική διάσταση που μετράται σε αυτή τη διαδικασία ορίζει ύψος εξαιτίας της διάταξης της. Το μετρούμενο μέγεθος ορίζεται, συγκρίνοντάς το με το ύψος ενός συσσωματώματος πλακιδίων ή με ένα επίπεδο που προκύπτει από προσαρμοζόμενα βηματικά πλακίδια (Σχ. 7-13).



Brown & Sharpe Mfg. Co.

Σχ. 7-13: Ηλεκτρονικοί μετρητές ύψους με ευαίσθητη προσαρμογή θέσης από κοιλία στη βάση τους. Το ρυθμιζόμενο μπλοκ πλακιδίων παρέχει τα απαιτούμενα επίπεδα ύψους για μεταφορά και σύγκριση.



Mahr Gage Co.

Σχ. 7-14: Ψηφιακό όργανο μέτρησης ύψους.

Η σύγχρονη ψηφιακή ηλεκτρονική τεχνολογία επιτρέπει απόλυτες μετρήσεις ύψους, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7-14. Με το πάτημα ενός κουμπιού, η ψηφιακή οθόνη μηδενίζεται σε κάθε θέση του μετρητικού αισθητήρα (στην επίπεδη επιφάνεια βάσης, τις παράλληλές της ή σε μια επιφάνεια του τεμαχίου). Από τη μηδενική θέση, ο αισθητήρας μετακινείται για τη μέτρηση δοσμένου ύψους, με τη διαφορά της απόστασης να παρουσιάζεται στην ψηφιακή οθόνη με απόλυτες τιμές.

Μια άλλη σημαντική εφαρμογή αυτών των οργάνων είναι η επιβεβαίωση γωνιών σε σχέση με ένα επίπεδο συνημιτόνων. Στη μέτρηση αυτή, η αρχική ρύθμιση του τεμαχίου έχει ως αποτέλεσμα μια κατάσταση όπου η ανώτερή του επιφάνεια βρίσκεται σε ονομαστική οριζόντια θέση. Θέτοντας ως σημείο αναφοράς του οργάνου ένα σημείο της επιφάνειας αυτής και συγκρίνοντάς το με τα υπόλοιπα σημεία της, είναι δυνατός ο εντοπισμός και η μέτρηση κάθε απόκλισης θέσης της επιφάνειας, σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, με πολύ μεγάλη ευαισθησία.

Επίσης, βάση θεμελιωδών αρχών είναι δυνατή η χρήση των ηλεκτρονικών αυτών οργάνων για συγκριτικού τύπου μετρήσεις. Σε τέτοιες εφαρμογές, ιδιαίτερα κατά τη μέτρηση μικρών ή μεσαίων τεμαχίων, είναι πρακτικό να διατηρείται η έδραση του οργάνου σε σταθερή θέση, όσο το πρότυπο και τα τεμάχια τοποθετούνται κάτω από το αισθητήριο άκρο της κεφαλής. Η λειτουργία αυτή μπορεί να εκτελεσθεί με πολλές διατάξεις, όπως: α) ολισθαίνοντας το τεμάχιο ενώ βρίσκεται σε άμεση επαφή με την επίπεδη επιφάνεια βάσης, β) προσαρμόζοντας μια βάση κάτω από το άκρο του οργάνου, όμοια με μια τράπεζα εργασίας συγκρίσεων. Η βάση πρέπει να διαθέτει τροχιόδρομους και ένα τελικό στοπ για τη μείωση του χρόνου μέτρησης σε επαναληπτικές μετρήσεις, γ) συγκρατώντας το τεμάχιο σε θέση στήριξης, όπως με το V-μπλοκ, η οποία είναι προσαρμόσιμη για ολίσθηση σε επίπεδη επιφάνεια βάσης (στην περίπτωση αυτή ένα πρότυπο ίδιας μορφής με το τεμάχιο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση του μεγέθους αναφοράς) και δ) συγκρατώντας το τεμάχιο σε ολισθητήρα ακριβείας με εγκάρσια κίνηση που δίνεται από ένα ρυθμιστικό κοχλία.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η μετρητική κεφαλή των οργάνων της κατηγορίας έχει πολλές άλλες εφαρμογές, επιπλέον της μεταφοράς από επίπεδη επιφάνεια βάσης, που αναφέρθηκε παραπάνω. Οι εφαρμογές είναι ουσιαστικά όμοιες με εκείνες των μηχανικών ενδεικτικών οργάνων ελέγχου (Πιν. 5-5) και πειλαμβάνουν τη μέτρηση των γεωμετρικών ανωμαλιών, όπως η εκκεντρότητα, η ομαλότητα, οι μεταβολές του πάχους τοιχώματος και πολλές άλλες.

Η ομοιότητα των δυναμικών εφαρμογών, πάντως, δεν έχει ως αποτέλεσμα την ισοδύναμη πρακτικότητα και προσαρμοστικότητα. Η ουσιαστική διαφορά κόστους, της τάξης του 10:1, αποτελεί βέβαιη δικαιολογία για την επιλογή ενός ηλεκτρονικού ενδεικτικού οργάνου ελέγχου για την αντικατάσταση ενός μηχανικού οργάνου. Υπάρχουν αρκετοί τεχνικοί παράγοντες που προσδιορίζουν τη χρήση της μιας ή της άλλης βασικής κατηγορίας οργάνων. Είναι σωστό να αναλογιστούμε τα ακόλουθα διακριτά χαρακτηριστικά κάθε συστήματος:

α) Η ευαισθησία ενός ηλεκτρονικού οργάνου μπορεί να είναι ουσιαστικά υψηλότερη από εκείνη ενός μηχανικού ενδεικτικού οργάνου ελέγχων. Πρακτικοί περιορισμοί για την υψηλότερη βαθμίδα ευαισθησίας είναι της τάξης του 1/100.000 ίντσες της ελάχιστης διαβάθμισης για τα ηλεκτρονικά συστήματα και του 1/10.000 ίντσες για τα μηχανικά.

β) Το πεδίο ενδείξεων των μηχανικών ενδεικτικών οργάνων, συνήθως, εκτείνεται πάνω από 100 διαβαθμίσεις της κλίμακας, ενώ το πεδίο των περισσοτέρων τύπων ηλεκτρονικών οργάνων περιορίζεται στις 40 ή 50 διαβαθμίσεις της κλίμακας. Ο περιορισμός αυτός των ηλεκτρονικών οργάνων αντισταθμίζεται εν μέρει, από την ικανότητά τους να μεταφέρονται σε χαμηλότερη ενίσχυση που καλύπτει μεγαλύτερο εύρος μετατοπίσεων.

γ) Αν και δεν υπάρχει καμία ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στο ολικό μέγεθος του συμπαγούς μηχανικού ενδεικτικού οργάνου και του μετατροπέα της κεφαλής του ηλεκτρονικού οργάνου, το τελευταίο παρέχει απομακρυσμένη παρατήρηση, όπως και την πιθανότητα χρήσης του σήματος. Οι προδιαγραφές αυτές του ηλεκτρονικού οργάνου είναι πολύτιμες σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

7.5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Οι τεχνικές που απαιτούνται για τη μέτρηση οριοθετημένων αποστάσεων από εσωτερικές επιφάνειες διαφέρουν από πολλές απόψεις από εκείνες στη μέτρηση μήκων ή διαμέτρων εξωτερικών επιφανειών.

Κάποιες από τις χαρακτηριστικές συνθήκες που απαιτούν τη χρήση διακριτών τεχνικών μέτρησης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 7-2, χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τη μέτρηση διαμέτρων σε κυλινδρικά τεμάχια.

Ενώ για τις μετρήσεις εξωτερικών διαστάσεων με ηλεκτρονικά όργανα, μπορούν να αποδειχτούν χρήσιμα μια επίπεδη έδραση ή ένας μετρητής ύψους σε επίπεδη επιφάνεια βάση, η διεξαγωγή μετρήσεων σε εσωτερικές επιφάνειες με ίδιο βαθμό ακριβείας απαιτούν ειδικό συγκριτικό όργανο εσωτερικών διαστάσεων.

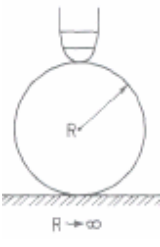
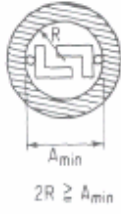
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ (ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΥΠΟΥ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΚΕΝΟΥ ΚΑΙ ΤΥΠΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ)

ΣΥΝΘΗΚΗ	ΣΧΗΜΑ		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ		
Αναφορά μέτρησης			Η εξωτερική διάμετρος έχει επίπεδο αναφοράς, το επίπεδο τοποθέτησης. Για τις εσωτερικές μετρήσεις πρέπει να καθοριστεί διαφορετικό σημείο αναφοράς.	Όταν χρησιμοποιείται σταθερό όργανο, απαραίτητο για μετρήσεις μεγάλης ακριβείας, το όργανο πρέπει να σχεδιαστεί, ώστε να διασφαλίζει την αμοιβαία αναφορά των μελών επαφής
Εξάρτηση από βοηθητικές επιφάνειες			Οι εξωτερικές μετρήσεις διεξάγονται ανεξάρτητα από άλλες επιφάνειες. Στις εσωτερικές το τεμάχιο βασίζεται σε βοηθητική επιφάνεια.	Το τεμάχιο πρέπει να κατέχει μια εξωτερική επιφάνεια παράλληλα στο επίπεδο της μέτρησης. Τα σημεία επαφής του οργάνου πρέπει να βρίσκονται στο επιλεγμένο επίπεδο μέτρησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-2. (Συνέχεια)

ΣΥΝΘΗΚΗ	ΣΧΗΜΑ		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ		
Καθορισμός της ευθείας της μέτρησης			Η εξωτερική διάμετρος είναι η απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων ευθειών, εφαπτόμενων στο τεμάχιο. Η εσωτερική είναι η απόσταση μεταξύ δύο σημείων της επιφάνειας στην τομή ενός αξονικού και ενός ακτινικού επιπέδου	Εξαιτίας αυτής της διαφοράς στις βασικές γεωμετρικές καταστάσεις, η τοποθέτηση και η ευθυγράμμιση είναι πολύ πιο κρίσιμες για τις εσωτερικές μετρήσεις. Η συγκριτική μέτρηση διαμέτρων απαιτεί ειδικά όργανα.
Μορφή σημείου επαφής			Το μοναδικό σημείο επαφής των εξωτερικών μετρήσεων, μπορεί να έχει μια μεγάλη ακτίνα, ώστε να προσεγγίζει επίπεδη μορφή. Οι εσωτερικές διάμετροι απαιτούν δύο σημεία με ακτίνες αρκετά μικρότερες από της σπής.	Το μικρότερο σημείο επαφής αντανακλά με πολλούς τρόπους τις συνθήκες της μέτρησης, απαιτώντας μια μειωμένη δύναμη μέτρησης, για τον περιορισμό της επίδρασης των ελαστικών παραμορφώσεων. Επίσης, τα σημεία αυτά είναι πιο ευαίσθητα σε σφάλματα ευθυγράμμισης.
Ακαμψία των μελών επαφής			Ο μετρητικός επαφές στις εξωτερικές μετρήσεις δεν περιορίζεται σε μέγεθος και η δύναμη ενεργεί στην αξονική κατεύθυνση. Τα πιο αδύναμα σημεία επαφής των εσωτερικών ενεργούν με ακτινική δύναμη.	Είναι ένας ακόμα λόγος για τη διατήρηση μικρής δύναμης μέτρησης στις εσωτερικές μετρήσεις. Ο ρόλος της στην τοποθέτηση του τεμαχίου πρέπει να είναι περιορισμένος για την αποφυγή βλαβών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-2. (Συνέχεια)

ΣΥΝΘΗΚΗ	ΣΧΗΜΑ		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ		
Περιορισμοί χώρου			<p>Η πρόσβαση σε εξωτερικές διαστάσεις είναι συνήθως απεριόριστη, ενώ στις εσωτερικές απαιτείται ένας επαρκής χώρος για να δεχθεί τους επαφείς.</p>	<p>Μετά την εισχώρηση των επαφών στο εσωτερικό της οπής θα πρέπει να τοποθετηθούν στην κατάλληλη θέση και στο επιλεγμένο επίπεδο αναφοράς.</p>

ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΔΥΟ ΕΠΑΦΩΝ

Αναλογιζόμενοι τις συνθήκες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7-2, ένα εσωτερικό συγκριτικό όργανα σχεδιασμένο για μετρήσεις με ευαισθησία και επαναληπτική ακρίβεια μεγαλύτερη από 10 μικροΐντσες, πρέπει να διαθέτει τα ακόλουθα συστατικά και ικανότητες:

α) Ένα επίπεδο τοποθέτησης του αντικειμένου ή μια τράπεζα εργασίας
 β) Δύο επαφείς που να μπορούν να διεισδύσουν εντός της επιφάνειας, π.χ μιας οπής. Τα άκρα των επαφών πρέπει να είναι διατεταγμένα σε κοινό επίπεδο, παράλληλο με αυτό της επιφάνειας εργασίας. Η απόσταση ανάμεσα στους επαφείς πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη κατά τη ρύθμιση μιας διαδικασίας μέτρησης, ώστε να συμβιβάζονται επιφάνειες διαφορετικών διαστάσεων εντός του πεδίου σχεδιασμού του οργάνου.

γ) Μετά την ολοκλήρωση της ρύθμισης, η θέση των επαφών πρέπει να μανδάλώσει διασφαλίζοντας ότι κάθε μεταβολή της σχετικής θέσης τους θα προκαλέσει ισοδύναμη μετατόπιση του επαφέα του μετατροπέα. Ο ακριβής παραλληλισμός του επιπέδου των επαφών και του επιπέδου εργασίας θα πρέπει να διατηρηθεί, και να μείνει ανεπηρέαστος από τη ρύθμιση και τις κινήσεις μέτρησης των άκρων των επαφών.

δ) Η δύναμη επαφής των δύο αισθητήριων άκρων πρέπει να είναι ουσιαστικά ίδια. Για το λόγο αυτό οι θέσεις τους θα πρέπει να ισορροπήσουν σε σχέση με τα τοιχώματα του αντικειμένου. Ο Πίνακας 7-3 παρουσιάζει τρεις διαφορετικές σχεδιαστικές ιδέες με κατεύθυνση τη διασφάλιση των συνθηκών εξισορρόπησης. Οι σχεδιασμοί αυτοί αφορούν ανεξάρτητες ιδέες τριών κύριων κατασκευαστών ηλεκτρονικών οργάνων εσωτερικών μετρήσεων.

ε) Επιπλέον των γραμμικών κινήσεων που απαιτούνται για τη ρύθμιση και την εξισορρόπηση της θέσης των επαφών, τα εσωτερικά όργανα πρέπει να πραγματοποιούν δύο ακόμα κινήσεις κατά μήκος αξόνων παράλληλων προς τους προηγούμενους: α) μια εγκάρσια κίνηση στην αρχική επιφάνεια εργασίας, αλλά κάθετη προς τη γραμμή επαφής, για την εύρεση της θέσης μεγίστου μήκους που είναι η

πραγματική διάμετρος μιας οπής, κατά τη μέτρηση στο αξονικό της επίπεδο, β) μια κατακόρυφη, προς το επίπεδο μέτρησης, κίνηση για τη μεταφορά του επιπέδου σε διαφορετικά επίπεδα. Η κατακόρυφη αυτή ρύθμιση απαιτείται πρωτίστως για την αρχική ρύθμιση του οργάνου, αλλά μπορεί να χρειαστεί, επίσης, για την ανίχνευση της γεωμετρίας της οπής πραγματοποιώντας μετρήσεις διαμέτρων σε διαφορετικά παράλληλα επίπεδα. Τα γεωμετρικά σφάλματα που επηρεάζουν τη διάμετρο, όπως κώνοι, βαρελοειδείς σχηματισμοί και χροανοειδή στόμια, μπορούν να εντοπιστούν και να μετρηθούν με μεγάλη ακρίβεια από μια τέτοια διαδικασία.

Η διαδικασία μέτρησης της διαμέτρου σε διαφορετικά παράλληλα επίπεδα, παρέχει ένα είδος χαρτογράφησης της γεωμετρίας της οπής. Για το σκοπό αυτό, εξυπηρετεί ο εφοδιασμός της τράπεζας του οργάνου με ενδεικτικό όργανο που θα παρουσιάζει την τιμή της κάθετης ρύθμισης της τράπεζας εργασίας. Εκτός και αν ο αρχικός σχεδιασμός του οργάνου περιέχει ένα ενδεικτικό όργανο για συγκριτικούς σκοπούς, η τοποθέτηση ενός αναλογικού οργάνου μεγάλου πεδίου μετρήσεων στην τράπεζα και η σύνδεσή του με ένα σταθερό στέλεχος, σε επαφή με την έδραση του οργάνου (Πίν. 7-3, τελευταία κατηγορία), ικανοποιεί τη συγκεκριμένη απαίτηση.

Το Σχήμα 7-15 παρουσιάζει ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο εσωτερικού οργάνου που διαθέτει συγκεκριμένο μετατροπέα τύπου φυσιγγίου, συνδεδεμένο με έναν ενισχυτή τροφοδοτούμενο από μπαταρία. Το σύστημα ανάρτησης του επαφεία του οργάνου αυτού παρουσιάζεται στη δεύτερη περίπτωση του Πίνακα 7-3. Η μικρότερη διαβάθμιση του οργάνου ενδείξεων είναι 10 μικροΐντσες, κατά τη μεγαλύτερη ενίσχυση.



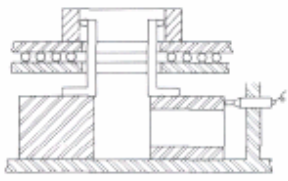
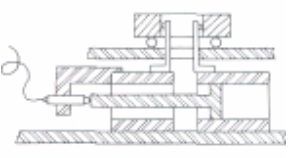
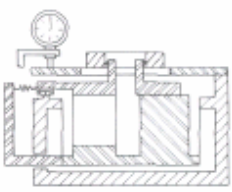
Σχ. 7-15: (Αριστερά) Ηλεκτρονικό συγκριτικό όργανο
Σχ. 7-16: (Δεξιά) Ηλεκτρονικό συγκριτικό όργανο για
εργαστηριακές εφαρμογές βαθμονόμησης με μεγεθύνσεις
μεγαλύτερες από 60.000X. Η αρχική του χρήση είναι για
εσωτερικές μετρήσεις, άλλα είναι συμβατό και με εξωτερικές.

Το όργανο μέτρησης εσωτερικών διαστάσεων που απεικονίζεται στο Σχήμα 7-16 προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή του ως «πρότυπο συγκριτικό όργανο» και περιλαμβάνει σχεδιαστικές παραμέτρους με σκοπό τη διενέργεια μετρήσεων με το μεγαλύτερο βαθμό ακριβείας και σεβασμό τόσο στην επανάληψη των ενδείξεων όσο και στις μεταβολές από το μέγεθος αναφοράς. Η ανάρτηση του επαφεία φαίνεται στην τελευταία περίπτωση του Πίνακα 7-3. Το ελικοειδές ελατήριο που ενεργεί σε έναν από τους επαφείς, όταν δε μανδαλώσει σε θέση έχει την ιδιότητα της ισόποσης κατανομής

της δύναμης επαφής, κατά τη διάρκεια των ρυθμίσεων του οργάνου και της διεξαγωγής της μέτρησης. Διασφαλίζοντας ισόποση δύναμη, η ακρίβεια της συγκριτικής μέτρησης θα επηρεαστεί λιγότερο από τις αναπόφευκτες παρεκκλίσεις των επαφών και από τη συμπεριφορά των αισθητήριων άκρων λόγω των ελαστικών παραμορφώσεων των επιφανειών επαφής. Αν και η συνδυασμένη επίδραση των παραπάνω μεταβλητών μπορεί να αντιπροσωπεύει μερικά χιλιοστά της ίντσας, οι τιμές αυτές είναι υπερβολικές για να θεωρηθούν ασήμαντες στην περίπτωση ενός οργάνου που είναι σχεδιασμένο να μετρά με διαβαθμίσεις μικροϊντσας.

Το όργανο του Σχήματος 7-16 μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί και για εξωτερικές μετρήσεις αντιστρέφοντας τη φορά των δύο αισθητήριων άκρων και της επίδρασης του ελατηρίου στους δύο επαφείς. Οι μετρήσεις εξωτερικών διαμέτρων σε οριζόντιο συγκριτικό όργανο παρουσιάζονται σε διάφορες περιπτώσεις, όπως σε τεμάχια που πρέπει να μετρηθούν σε παράλληλο επίπεδο προς μία από τις επιφάνειες, τις οποίες πρέπει να τοποθετηθεί ή σε τεμάχιο που η γενική μορφή του απαιτεί τη διεξαγωγή της μέτρησης, όταν αυτό βρίσκεται σε οριζόντια θέση, αποφεύγοντας έτσι την υπερβολική παρέκκλιση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

ΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Αυτο-κεντραριζόμενο τραπέζι εργασίας με ένα ραβδόγλυφο		Ένας από τους επαφείς είναι στέρεα στηριγμένος σε σταθερό μετρητικό μέλος, ενώ ο άλλος στηρίζεται στο ραβδόγλυφο. Το τραπέζι εργασίας του οργάνου υποστηρίζεται από σφαιρίδια με σκοπό την ελάττωση της δύναμης που προέρχεται από το ραβδόγλυφο, για τη μετακίνηση του τραπέζιου, ώστε να κεντραριστεί το αντικείμενο και να έρθει σε επαφή με το σταθερό επαφέα. Οι μεταβολές της οπής γίνονται αισθητές από τη μετρητική κεφαλή
Δύο ραβδόγλυφα σε σειρά		Δύο ραβδόγλυφα σε σειρά, εκ των οποίων καθένα διαθέτει έναν επαφέα, θα παράγουν ίση δύναμη επαφής, όταν έρθουν σε επαφή με τα τοιχώματα της οπής. Για το σκοπό αυτό το ένα ραβδόγλυφο διαθέτει οδηγούς για τη μετακίνηση του επαφέα στην επιθυμητή θέση με τη βοήθεια κοχλίου. Για βοήθεια στο κεντράρισμα το τεμάχιο πατάει σε δύο πείρους.
Δύο υπερκείμενα ραβδόγλυφα		Το ένα ραβδόγλυφο λειτουργεί ως υποδοχή για τη στήριξη ολόκληρου του αισθητήρα του οργάνου σε αυτορυθμιζόμενη ανάρτηση, σε σχέση με με το σταθερό τραπέζι. Ένα δεύτερο ραβδόγλυφο τοποθετημένο στην υποδοχή μεταφέρει τον ένα επαφέα και διασφαλίζει ισόποση κατανομή της δύναμης. Το αποτέλεσμα είναι μια πρακτικά άνευ τριβής, επαφή πλωτήρα. Η δύναμη επαφής παράγεται από το ελικοειδές ελατήριο.

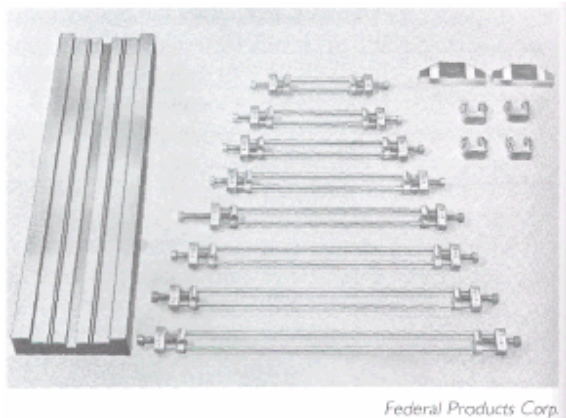
Η ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η βασική γεωμετρία των εσωτερικών διαστάσεων δεν επιτρέπει την άμεση χρήση συσσωματωμάτων πλακιδίων πρότυπου μήκους για τη ρύθμιση του οργάνου σε συγκεκριμένο ονομαστικό μέγεθος, με τον τρόπο που χρησιμοποιούνται για τα εξωτερικά όργανα. Είναι αρκετά πιθανό, ακόμα και ιδανικό, να χρησιμοποιηθούν μετρητικοί δακτύλιοι ως ρυθμιστικά πρότυπα, αν και πρακτικά η διαδικασία αυτή αποτελεί εξαίρεση και όχι κανόνα. Η συνθήκη αυτή βρίσκει εξήγηση από το κύριο πεδίο εφαρμογών των ηλεκτρονικών συγκριτικών οργάνων εσωτερικών διαστάσεων, που είναι η μέτρηση μετρητικών δακτυλίων και άλλων ανεξάρτητων τεμαχίων υψηλής ακρίβειας. Για το λόγο αυτό, δε θα πρέπει να αναμένεται, συχνά, η άμεση διαθεσιμότητα των δακτυλίων σε κατάλληλα μεγέθη.

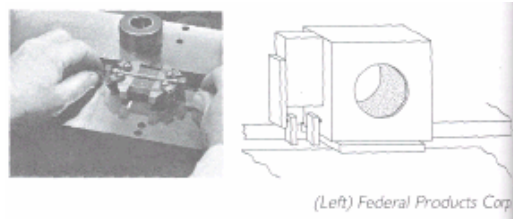
Από τη σκοπιά του υψηλού βαθμού ακριβείας για τον οποίο τα όργανα της κατηγορίας σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιούνται, θα πρέπει να διασφαλίζεται και ένα ανάλογο επίπεδο ακριβείας στη φάση της αρχικής ρύθμισης. Επιλέγονται πλακίδια πρότυπου μήκους κατάλληλης κατηγορίας, συχνά AA ή A+, και η περιεχόμενη ακρίβειά τους μεταφέρεται στα αισθητήρια άκρα του οργάνου με το μικρότερο ποσό πρόσθετου σφάλματος.

Για τη διασφάλιση της απόστασης μεταφοράς θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τελικές ράβδοι με ομαλότητα συγκρίσιμη με εκείνη της κατηγορίας των επιλεγμένων πλακιδίων. Για ρυθμίσεις εσωτερικών οργάνων χρησιμοποιούνται, συχνά, συγκεκριμένου τύπου σκελετοί συγκράτησης πλακιδίων πρότυπου μήκους για τη συγκράτηση του συσσωματώματος των πλακιδίων και των τελικών ράβδων ενωμένων. Πάντως είναι δύσκολο και αμφίβολο αξιοπιστίας, το να τοποθετείται το σετ πλακιδίων στην επιφάνεια εργασίας του οργάνου σε θέση όπου τα παράλληλα επίπεδα των επιφανειών των ράβδων είναι ακριβώς κάθετα στη γραμμή δράσης της μετατόπισης του μετρητικού σημείου.

Για τη μείωση της επίδρασης των δυναμικών σφαλμάτων στη ρύθμιση των εσωτερικών οργάνων, οι κατασκευαστές οργάνων επινόησαν και παρέχουν για την εργασία αυτή, λειτουργικά προσαρμοζόμενους σκελετούς συγκράτησης πρότυπων πλακιδίων. Το Σχήμα 7-17 απεικονίζει ένα συγκεκριμένο μοντέλο τέτοιων διαμορφώσεων σε ολοκληρωμένο σετ για να καλύπτει μεγάλο εύρος μεγεθών. Το σετ περιέχει, επίσης, ένα βοηθητικό συστατικό και έναν τροχιόδρομο ευθυγράμμισης για την τοποθέτηση των πλακιδίων, κατά τη συναρμογή τους στη συσκευή συγκράτησης. Το Σχήμα 7-18 παρουσιάζει τη χρήση του ολοκληρωμένου προτύπου για τη ρύθμιση ενός εσωτερικού συγκριτικού οργάνου. Για τη διασφάλιση του παραλληλισμού του συσσωματώματος προς την επιφάνεια εργασίας, το τελευταίο τοποθετείται σε τέσσερις σφαιρικές ρόδες ακριβείας που συγκρατούνται με στηρίγματα σε κατάλληλη απόσταση για να διασκελίσουν το κεντρικό άνοιγμα της επιφάνειας.



Σχ. 7-17: Συστατικά σετ σφιγκτήρων συγκράτησης πλακιδίων πρότυπου μήκους, με ράμφη και βοηθητικούς τροχιόδρομους ευθυγράμμισης κατά τη διάρκεια της σύνδεσης τους.



Σχ. 7-18: (Αριστερά) Η συσκευή σύσφιξης του διπλανού σχήματος, κατά τη συγκράτηση ενός συσσωματώματος πλακιδίων σε εφαρμογή ρύθμισης της απόστασης του σημείου επαφής ενός εσωτερικού συγκριτικού οργάνου.

Σχ. 7-19: (Δεξιά) Απεικόνιση συνδυασμένου ρυθμιστικού προτύπου.

Όταν πρόκειται να πραγματοποιηθούν μετρήσεις με αναμενόμενη επαναληπτική ακρίβεια καλύτερη του 1/1000 της ίντσας, τα σφάλματα παραλληλισμού των τελικών ράβδων, ακόμα και πολύ μικρού βαθμού, όπως μπορεί να εμφανιστούν και στον παραπάνω τύπο της ειδικής διαμόρφωσης, είναι απαράδεκτα. Για το σκοπό της πραγματοποίησης των ρυθμίσεων των οργάνων με το μεγαλύτερο βαθμό ακριβείας, μπορεί να θεωρηθεί η άμεση συστροφή των πλακιδίων πρότυπου μήκους σε ένα κύριο κυβικό πρότυπο. Τέτοια κυβικά πρότυπα μπορεί να κατασκευαστούν σε ισοδύναμη τάξης ακρίβεια με τα πλακίδια πρότυπου μήκους. Οι αρχές σύζευξης ενός τέτοιου ρυθμιστικού προτύπου φαίνεται στο Σχήμα 7-19. Ένα από τα πλεονεκτήματα της διάταξης αυτής είναι ο ελεγχόμενος παραλληλισμός των επιφανειών δράσης. Η αμοιβαία παράλληλη θέση των λειτουργικών συστατικών μπορεί να εκτιμηθεί με μεγάλη ακρίβεια χρησιμοποιώντας οπτικά μέσα, όπως η συμβολομετρία ή ένας αυτοδιοπτήρας.

7.6 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Τα ηλεκτρονικά μετρητικά όργανα, παράγοντας ηλεκτρικά σήματα, τα οποία μπορούν να ενισχυθούν και είναι ανάλογα της απόστασης της ανιχνευόμενης μετατόπισης, είναι προσαρμόσιμα σε μοναδικές εφαρμογές μετρήσεων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε δευτερεύουσες λειτουργίες που σχετίζονται με την ανιχνευόμενη μετατόπιση από το όργανο.

Η ποικιλία των πιθανοτήτων εφαρμογής και το πλήθος των δευτερευουσών λειτουργιών αποκλείει μια ολοκληρωμένη καταγραφή τους. Επιπλέον, μια τέτοια προσπάθεια θα ήταν εντελώς ανεπιτυχής, λόγω της συνεχούς εξέλιξης και προόδου στην εφαρμογή της ηλεκτρονικής στις μετρήσεις διαστάσεων και τους ελέγχους. Για την αναφορά των σημαντικών αυτών εφαρμογών των ηλεκτρονικών οργάνων, επιλέχθηκε η εξής διαδικασία:

α) Κατάταξη σε μορφή πίνακα με παραδείγματα χρήσης, των μοναδικών χαρακτηριστικών των ηλεκτρονικών οργάνων (Πίν. 7-4).

β) Αναφορά μερικών εφαρμογών ηλεκτρονικών οργάνων μέτρησης μετατοπίσεων και εξαγόμενων λειτουργιών που διαφέρουν από τις βασικές χρήσεις των μετρήσεων μήκους, οι οποίες έχουν συζητηθεί σε προηγούμενα εδάφια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-4: ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Παραγωγή σημάτων που μπορούν να μεταφερθούν από οποιοδήποτε κατάλληλο αγωγό του ηλεκτρισμού	Η μεταφορά των ηλεκτρικών σημάτων μέσω ενός δακτυλίου συλλέκτη επιτρέπει συνεχή περιστροφή της αισθητήριας κεφαλής επηρεάζοντας την ακρίβεια των ενδείξεων που παρουσιάζονται από ένα στάσιμο ενισχυτή
Παραγωγή μεταβολών ρεύματος ανάλογες με την απόσταση της ανιχνευόμενης μετατόπισης	Παρουσίαση των αριθμητικών τιμών της μετατόπισης σε ψηφιακό βολτόμετρο. Κατά περίπτωση, εκτύπωση των αριθμητικών τιμών από εκτυπωτή ή εγγραφή σε δίσκο για υπολογιστικές εφαρμογές
Οι ανιχνευμένες μετατοπίσεις παράγουν αναλογικές μεταβολές ηλεκτρικού ρεύματος ή δυναμικού	Τα σήματα μπορούν να μεταφερθούν σε ένα καταγραφέα που προετοιμάζει μια σταθερή καταγραφή των συνεχών μετρήσεων
Τα ελαφρά και συμπαγή αισθητήρια μέλη προσαρμόζονται στην ελεγχόμενα μετατοπισμένη και περιστροφική κίνηση και είναι λειτουργικά σε κάθε θέση	Όργανα με περιφερειακή αποτύπωση ενδείξεων, τα οποία παρουσιάζουν και καταγράφουν με μεγάλη ευαισθησία την πραγματική μορφή μιας επιφάνειας σε σύγκριση με μια ευθεία γραμμή ή έναν πρακτικά τέλειο κύκλο
Ελαφρά δύναμη μέτρησης και υπερβολικά γρήγορη απόκριση των ανιχνευόμενων μετατοπίσεων	Μετρήσεις υψής επιφανειών με όργανα ανίχνευσης που είτε παρουσιάζουν ολοκληρωμένες τιμές (εύρεση του μέσου όρου) είτε εφοδιάζουν διαγράμματα ανίχνευσης με την επιλεγμένη μεγέθυνση
Τα αναλογικά ηλεκτρικά σήματα που παράγονται από τη γραμμική μετατόπιση μπορούν να εισάγουν δευτερεύουσες λειτουργίες συνδεδεμένες με ακρίβεια με τις οριακές θέσεις του πεδίου μετατοπίσεων	Έλεγχοι εργαλειομηχανών, συχνά προσδιοριζόμενοι ως αυτόματοι έλεγχοι διαστάσεων
Το πεδίο των γραμμικών και συνεχών ηλεκτρικών μεταβολών που προκύπτει από τη μετατόπιση του αισθητήρα μπορεί να υποδιαιρεθεί ηλεκτρικά σε γειτονικούς τομείς παραγωγής βηματικών σημάτων	Αυτόματη κατανομή τεμαχίων σε διαφορετικές κατηγορίες μεγέθους

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Η ανάγνωση ενός μετρητή, με σύνδεση της θέσης του δείκτη με ένα συγκεκριμένο σημείο πάνω στην κλίμακα του μετρητή και στη συνέχεια εκφράζοντας τη θέση αυτή με αριθμητικές τιμές, συνδυάζοντας τα νούμερα που φέρει η κλίμακα και τις ενδιάμεσα βαθμονομημένες γραμμές, είναι μια διαδικασία επιβαρυνμένη με δυναμικά σφάλματα. Τα σφάλματα μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές αιτίες και οι κυριότερες είναι: α) σφάλματα παραλληλίας λόγω της γωνίας παρατήρησης του μετρητή και β) σφάλματα κατά τη μέτρηση των βαθμονομημένων γραμμών από την κοντινότερη ένδειξη αριθμού της κλίμακας. Αβεβαιότητα ενός βαθμού προέρχεται, επίσης, εξαιτίας της επέμβασης της κρίσης κατά τον προσδιορισμό μιας τιμής στις θέσεις του δείκτη που δε συμπίπτουν ακριβώς με μια γραμμή της κλίμακας.

Η χρήση ψηφιακών οθονών συνδεδεμένων με τον ενισχυτή ενός ηλεκτρονικού οργάνου μπορεί να μειώσει τις πηγές σφαλμάτων ανάγνωσης που συνδέονται με την επιφάνεια του μετρητή και τους δείκτες. Μια ψηφιακή οθόνη χρησιμοποιούμενη μαζί με εναρμονισμένο μετατροπέα και ενισχυτή, θα δίνει αναμφίβολες αριθμητικές ενδείξεις της αντίστοιχης τιμής της ανιχνευόμενης μετατόπισης.

Οι ενδείξεις της οθόνης είναι ευανάγνωστες, ακόμα και από απόσταση κατά πολύ μεγαλύτερη εκείνης για την παρατήρηση των μετρητών και δε χρειάζεται να παρατηρηθούν από συγκεκριμένη οπτική γωνία. Οι περισσότερες ψηφιακές οθόνες επιτρέπουν την εμφάνιση τεσσάρων ψηφίων, παρέχοντας πολύ μεγαλύτερη ανάλυση της μετατόπισης από ένα μετρητή με 20 ή 50 βαθμονομημένες γραμμές, αριτερά και δεξιά της θέσης μηδέν. Πολλά μοντέλα ψηφιακών οθονών διαθέτουν βαθμονομημένες γραμμές ενδείξεων μεταξύ των ελάχιστα σημαντικών ψηφίων, παρέχοντας έτσι πρόσθετη ανάλυση ανάγνωσης (Σχ. 7-20).

Η επιλογή πεδίου με το γύρισμα ενός διακόπτη συνδυασμένου με δεκαδικά σημεία, διατίθεται, επίσης, σε συγκεκριμένα μοντέλα και συνεισφέρει στην ευελιξία προσαρμογής των ψηφιακών οθονών για το σκοπό των μετρήσεων διαστάσεων. Τα περισσότερα μοντέλα διαθέτουν προσαρμοζόμενη συγκράτηση ενδείξεων, ένα χαρακτηριστικό πολύτιμο, όταν οι διαστάσεις του μετρούμενου τεμαχίου πρέπει να καταγραφούν χειροκίνητα.



Mahr Gage Co.

Σχ. 7-20: Διεθνές ψηφιακό μετρητικό όργανο.

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε μια σειρά τεμαχίων συχνά πρέπει να καταγραφούν για σκοπούς αναφοράς. Οι καταγραφές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για διαδικασίες βαθμονόμησης, όπως στην περίπτωση της επιβεβαίωσης των πλακιδίων πρότυπου μήκους.

Μερικές φορές, χρησιμοποιούνται ψηφιακές οθόνες συνδεδεμένες με εναρμονισμένους δίσκους αποθήκευσης ή εκτυπωτές. Τα όργανα αυτά μπορεί να είναι απλά ή πολύπλοκα, όπως τα συστατικά που χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση των πλακιδίων, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7-21.



Brown & Sharpe Mfg. Co.

Σχ. 7-21: Ηλεκτρονικό συγκριτικό όργανο πλακιδίων πρότυπου μήκους με ψηφιακή οθόνη και σύνδεση με υπολογιστή και εκτυπωτή.

Η βασική μετρητική λειτουργία, δηλαδή η σύγκριση ενός ελεγχόμενου τεμαχίου με ένα πρότυπο για τη ρύθμιση του οργάνου, διεξάγεται με ένα σταθερό ηλεκτρονικό συγκριτικό όργανο με πλακίδια πρότυπου μήκους. Τα επιπλέον συστατικά είναι ένα όργανο ψηφιακών ενδείξεων και ένας υπολογιστής με εκτυπωτή, με τον οποίο και συνδέεται.

Ακολουθώντας τις απαραίτητες διαδικασίες προετοιμασίας, που περιλαμβάνουν την τροφοδότηση μιας φόρμας πιστοποίησης βαθμονομήσεων για να περιέχει το όργανο όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες εκτός του πραγματικού μεγέθους των πλακιδίων που θα ελεγχθούν, μπορεί να ξεκινήσει η ημιαυτόματη διαδικασία βαθμονόμησης. Από το στάδιο αυτό και μετά, η εργασία του χειριστή περιορίζεται στη μέτρηση των ανεξάρτητων πλακιδίων συγκρίνοντας το μέγεθός τους με το αντίστοιχο του κύριου προτύπου. Η μετρούμενη διαφορά μεγέθους, όπως παρουσιάζεται από το μετρητή του ενισχυτή, μπορεί στο στάδιο αυτό να μεταφερθεί στο καταγραφικό τμήμα της διαδικασίας. Ο εκτυπωτής θα εισάγει την τιμή και το σήμα της μετρούμενης απόκλισης στο κατάλληλο κενό της φόρμας πιστοποίησης και στη συνέχεια θα κατατάξει το επόμενο μέγεθος. Ο έλεγχος των ορίων ανοχών αποτελεί ένα ακόμα κομμάτι της λειτουργίας του οργάνου, όπου όταν έχει ρυθμιστεί σε συγκεκριμένο πεδίο ανοχών, θα αναγκάσει τον εκτυπωτή να προσθέσει έναν αστερίσκο στην τιμή απόκλισης που βρίσκεται εκτός του πεδίου ανοχών.

Επιπλέον της μείωσης του χρόνου εργασίας, γεγονός πολύτιμο στην περίπτωση συνεχόμενων βαθμονομήσεων πλακιδίων, το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος έγκειται στη μείωση των πηγών σφάλματος, που συνδέονται με την καταγραφή δια χειρός και την ακολουθούμενη αντιγραφή των οπτικά παρατηρούμενων αποτελεσμάτων.

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΗΚΟΥΣ ΣΕ ΤΑΙΝΙΑ

Όταν δεν απαιτούνται οι ψηφιακές οθόνες, αλλά πρέπει να καταγραφούν μηχανικά τα συνεχή αποτελέσματα των μετρήσεων, κατά τον έλεγχο μιας σειράς ονομαστικά όμοιων τεμαχίων, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια καταγραφική ταινία.

Το Σχήμα 7-22 παρουσιάζει ένα παράδειγμα ηλεκτρονικού καταγραφικού οργάνου με ταινία καταγραφής. Τα διαφορετικά επίπεδα της γραμμής παρουσιάζουν τα μεγέθη μέτρησης των ανεξάρτητων διαστάσεων. Τέτοια διαγράμματα εκτός της εξοικονόμησης χρόνου, αποφεύγουν και τα σφάλματα της δια χειρός καταγραφής. Επιπλέον της διάθεσης μιας εύκολα αντιγράψιμης, μόνιμης καταγραφής μιας σειράς μετρήσεων, μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν για κάποιους σκοπούς του ποιοτικού ελέγχου, όπως:

α) Παρουσίαση μιας συνοπτικής εικόνας των μεγεθών ενός πλήθους τεμαχίων σε σχέση με τα αντίστοιχα όρια ανοχών, που στο διάγραμμα καταγράφονται ως δύο παράλληλα τοποθετημένες γραμμές, σε κατάλληλες θέσεις.

β) Καθορισμός του διαστήματος των αποκλίσεων μεγέθους σχεδιάζοντας παράλληλες γραμμές εφαπτόμενες στην υψηλότερη και τη χαμηλότερη τιμή καταγραφής.

γ) Γραφική παρουσίαση της τάσης συμπεριφοράς της μηχανής, για παράδειγμα ενός λειαντικού μηχανήματος, ενώνοντας τις γειτονικές κορυφές της γραμμής καταγραφής. Τα τεμάχια μετρώνται με την ίδια ακολουθητική σειρά που

παράγονται ακολουθώντας την κατεργασία ενός τροχού ή την προσαρμογή ελεγκτικών μηχανισμών.



Mahr Gage Co.

Σχ. 7-22: Ηλεκτρονικός καταγραφέας με ταινία καταγραφής.

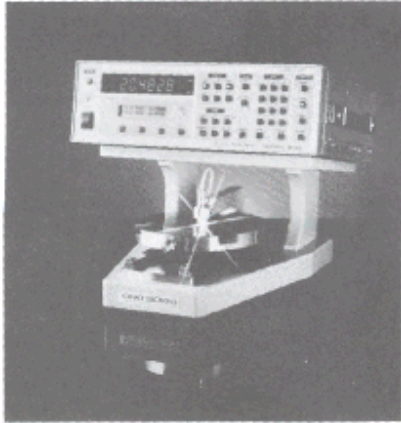
7.7 ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΑΝΕΥ ΕΠΑΦΗΣ

Μια άλλη μορφή ηλεκτρονικών οργάνων είναι οι μετρητές πάχους δίχως επαφή με το αντικείμενο, τα οποία χρησιμοποιούν μια μετρητική μέθοδο ικανή να περιορίσει τη ζημιά των επιφανειών του εξεταζόμενου αντικειμένου (Σχ. 7-23). Το πάχος υπολογίζεται με τη χρήση ανιχνευτών κενού υψηλής ακριβείας. Με τα όργανα αυτά μπορεί να ελεγχθεί το πάχος υλικών που λειτουργούν ως μονωτές, ημιαγωγοί ή και αγωγοί, οποιασδήποτε σύστασης, από χάλυβα έως και γυαλί, ακόμα και σε κατηγορίες κάτω του μικρομέτρου.

Οι αρχές πίσω από τις μετρήσεις αυτές έχουν ως εξής. Ανιχνευτές κενού (αισθητήρες) μετρούν μετατοπίσεις (κενά) υπολογίζοντας τη χωρητικότητα μεταξύ του αισθητήρα και του εξεταζόμενου τεμαχίου. Η χωρητικότητα αυτή προκύπτει από την περιοχή της επιφάνειας του αισθητήρα, το απέναντι τεμάχιο και το μεταξύ τους κενό. Υποθέτοντας ότι το τεμάχιο και η επιφάνεια του αισθητήρα κρατώνται παράλληλα και δίνοντας στο όργανο μια συγκεκριμένη τιμή περιοχής του αισθητήρα, το κενό θα είναι αντιστρόφως ανάλογο της χωρητικότητας. Στη συνέχεια, με τη χρήση διαδικαστικών ενεργειών, η ανάγκη για ευθυγράμμιση περιορίζεται και καθορίζεται μια τιμή ρεύματος ανάλογη με το κενό. Το ρεύμα αυτό μετατρέπεται στη συνέχεια σε ψηφιακό σήμα και παρουσιάζει σε οθόνη το πάχος του αντικειμένου.

Οι μετρήσεις δίχως επαφή παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με μετρητικές μεθόδους που απαιτούν επαφή. Αντικείμενα, όπως συμπαιγείς δίσκοι εγγραφής και φωτογραφικά φιλμ μπορούν να μετρηθούν, δίχως το φόβο εκδορών. Συνεχόμενα φιλμ μπορούν να μετρηθούν αυτόματα, καθώς διέρχονται από τους

αισθητήρες. Η μέθοδος αυτή, ακόμα, περιορίζει κάθε επίδραση που η επαφή μπορεί να προκαλέσει σε μαλακά ή εύκαμπτα υλικά.



Ono Sokki Technology Inc.

Σχ. 7-23: Μετρητικά συστήματα πάχους άνευ επαφής.

ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Οι υπερηχητικές μετρήσεις χρησιμοποιούν τις αρχές λειτουργίας των σόναρ του 1940. Πάντως, η εξέλιξη των ηλεκτρονικών μικροεπεξεργαστών επέτρεψε στην τεχνολογία αυτή να αποτελεί μια χρήσιμη μέθοδο για μετρήσεις πάχους. Υπέρηχοι μεγάλης συχνότητας (1MHz έως 20MHz) και χαμηλού μήκους κύματος, χρησιμοποιούνται σήμερα, στη βιομηχανία για τη διεξαγωγή μετρήσεων πάχους ακριβείας στα περισσότερα υλικά κατεργασίας (μέταλλα, πλαστικά, κεραμικά, σύνθετα, εποχικά και γυάλινα). Η μέτρηση διεξάγεται από τη μία μόνο πλευρά του αντικειμένου, καθώς τα υπερηχητικά κύματα το διαπερνούν, προσκρούουν στην αντίθετη πλευρά και επιστρέφουν στον μετατροπέα παροχής και απορρόφησής τους, ώστε να παρουσιαστούν ως το πάχος του αντικειμένου (Σχ. 7-24).

Ο μετατροπέας, μετατρέπει την ηχητική ενέργεια σε ηλεκτρική, η οποία στη συνέχεια μεταποιείται ηλεκτρονικά ως ο χρόνος μεταξύ του αρχικού παλμού και της επιστροφής του και καταγράφεται. Πάχη αντικειμένων από 0,020 ίντσες έως 10 ίντσες μπορούν να μετρηθούν με ακρίβεια $\pm 0,001$ ίντσες. Πάντως, τα διαφορετικά υλικά μεταδίδουν τον ήχο με διαφορετική ταχύτητα, με αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας το αντικείμενο που θα μετρηθεί να μπορεί να γίνει βαθμονόμηση του υπερηχητικού οργάνου.

ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ HALL

Μια άλλη εμπορικά διαθέσιμη μέθοδος μέτρησης πάχους χρησιμοποιεί το φαινόμενο Hall, δηλαδή την παραγωγή ενός εγκάρσιου ρεύματος σε αγωγό εντός μαγνητικού πεδίου. Το Σχήμα 7-25 παρουσιάζει ένα τέτοιο όργανο, το οποίο τοποθετεί ένα μαγνητικό ανιχνευτή στη μια πλευρά του μετρούμενου αντικειμένου και μια μικρή

χαλύβδινη σφαίρα ως στόχο, στην άλλη πλευρά. Ο αισθητήρας του φαινομένου μετρά το κενό μεταξύ ανιχνευτή και σφαίρας. Όλα τα μη σιδηρούχα αντικείμενα έως 0,25 ίντσες πάχος μπορούν να μετρηθούν με ακρίβεια της τάξης του +/- 1% έως +/- 3% του πάχους του αντικειμένου.



Σχ. 7-24: Υπερηχητικό όργανο μέτρησης πάχους



Panametrics Inc.

Σχ. 7-25: Ψηφιακό όργανο μέτρησης πάχους με τη βούθεια του φαινομένου Hall.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Handbook of Dimensional Measurement, Third Edition
Francis T. Farago, Mark A. Curtis, Industrial Press, Inc. Hardcover (Jan 1 1994)
- Engineered Work Measurement, Fourth Edition
Delmar W. Karger and Franklin H. Bayha , Industrial Press, Inc. (January 1st , 1987)
- An Introduction to Measurement and Calibration
Paul Campbell, Industrial Press, Inc. (January 1 , 1995)
- Inspection and Gaging, 6th edition
Clifford Kennedy, Steven Bond, Edward Hoffman, Industrial Press, Inc.
(January 1 , 1987)
- Geometric Dimensioning and Tolerancing: Applications and inspections 2nd edition, Gary K. Griffith, Prentice Hall, (May 31 , 2001)
- Dimensioning and Tolerancing Handbook,
Paul J. Drake, McGraw-Hill Professional, 1st edition (October 14, 1999)
- Μηχανουργική τεχνολογία
Λάζαρου Ε. Λαζαρίδη, Ίδρυμα Ευγενίδου (Αθήνα, 1997)