



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &**  
**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**  
**ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΣΕ**  
**ΜΗΧΑΝΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**  
**ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ (Μ.Μ.Σ.)**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΕΡΣΕΙΔΗΣ ΕΛ. ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ**

**Καθηγητής : Β.Ι.Ν Λεώπουλος**

Αθήνα, Νοέμβριος 2007



Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## *Ευχαριστίες*

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον κ. Β.Ι.Ν Λεώπουλο, Επίκουρο καθηγητή του τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας και για το άριστο κλίμα συνεργασίας καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Τσόγκα Χαράλαμπο, διπλωματούχο Μηχανολόγο Μηχανικό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφερε πρόθυμα και αδιάκοπα, αλλά και για την ηθική στήριξη καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας. Τον ευχαριστώ για το υλικό που μου παρείχε, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται και τμήμα της ενδιάμεσης κρίσης της διδακτορικής διατριβής του.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω επίσης προς τον Δρα Γεωργίου, Διδάσκοντα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την υποστήριξη του κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, για τις εύστοχες επισημάνσεις του σε καίρια σημεία της εργασίας μου καθώς και για την βοήθειά του να ξεπεραστούν με επιτυχία ορισμένες σημαντικές δυσκολίες που συνάντησα σε κρίσιμα σημεία της προσπάθειάς μου.

Επιπλέον ευχαριστίες στο Γεώργιο Καϊσαρλή, Δρ. Μηχανολόγο Μηχανικό ΕΜΠ για τη σημαντική συμβολή και βοήθεια για την εκπλήρωση και ολοκλήρωση των μετρήσεων με τη χρήση της Μηχανής Μέτρησης Συντεταγμένων στο Εργαστήριο ΤΚΠ-Ε&ΑΣ - Τομέας ΜΚ&ΑΕ, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, που καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, με στήριξαν ηθικά και υλικά, όντας δίπλα μου στην όλη προσπάθειά μου.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΟΛΩΝ</b> .....	<b>11</b>
1.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΠΡΟΒΟΛΗΣ .....	14
1.2 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΠΡΟΒΟΛΗΣ .....	18
1.2.1 Γενική Διάταξη .....	18
1.2.2 Πίνακας ελέγχου για την διάταξη εργασίας και την τοποθέτηση .....	19
1.2.3 Οπτικό Σύστημα – Μεγεθύνσεις .....	20
1.2.4 Οθόνη προβολής .....	21
1.2.5 Μέτρηση Χωρητικότητας .....	22
1.3 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ .....	22
1.3.1 Επιλεκτικός Εξοπλισμός Συσκευής .....	23
1.3.1.1 Μετρήσεις κινήσεων .....	23
1.3.1.2 Φακοί συσκευής .....	23
1.3.1.3 Φωτεινότητα .....	24
1.3.1.4 Ειδικός εξοπλισμός .....	24
1.3.2 Σταθερά προσαρτήματα αντικειμένων .....	24
1.3.3 Βοηθήματα για την ανάλυση της εικόνας στην οθόνη .....	26
1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ .....	28
1.4.1 Προβαλλόμενη και αντανακλώμενη εικόνα του αντικειμένου .....	29
1.5 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΠΡΟΒΟΛΩΝ .....	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>32</b>
<b>2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΩΝΙΩΝ</b> .....	<b>32</b>
2.1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΓΩΝΙΩΝ .....	32
2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΠΟΥ ΜΕΤΡΟΥΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΓΩΝΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ .....	33
2.3 ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΓΩΝΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ .....	34
2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΓΩΝΙΑΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ .....	37
2.4.1 Σταθερός τύπος γωνιακών σωμάτων .....	38
2.4.2 Σταθερά κωνικά διαμετρήματα .....	38
2.4.3 Καλούπι διαμετρημάτων γωνίας .....	39
2.4.4 Ρυθμιζόμενη γωνιακή αναφορά σωμάτων .....	41
2.4.5 Μέτρηση των κωνικών τεχνικών κομματιών σε σύγκριση με ένα εικονικό σώμα ή από τις ιδιότητες ..	45
2.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΩΝΙΑΣ ΜΕ ΑΜΕΣΗ ΥΠΟΔΕΙΞΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ .....	47
2.5.1 Άμεση μέτρηση γωνίας με μηχανική επαφή .....	47
2.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΑΚΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΚΥΚΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ .....	49
2.6.1 Συστήματα οργάνων για ελεγχόμενη περιστροφική κίνηση .....	51
2.6.2 Περιγραφή των χαρακτηριστικών οργάνων διαίρεσης .....	54
2.6.3 Πίνακες ένδειξης με δικτυωτή ακτινωτή οδόντωση .....	56
2.6.4 Οπτικές κεφαλές διαίρεσης και περιστροφικοί πίνακες .....	58
2.6.5 Βαθμολόγηση των κυκλικών οργάνων διαίρεσης .....	59
2.6.6 Προηγμένη αυτοματοποιημένη κύρια βαθμολόγηση γωνίας .....	60
2.6.7 Ηλεκτρονικά επίπεδα .....	61
2.6.8 Κλινόμετρο .....	62
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>63</b>
<b>3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΥΘΥΤΗΤΑΣ, ΤΗΣ ΕΠΙΠΕΔΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΘΕΤΟΤΗΤΑΣ</b> .....	<b>63</b>
3.1 ΟΠΤΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ .....	64
3.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΥΘΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ .....	72
3.2.1 Το τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης .....	78
3.2.2 Συσκευή κατασκευής προτύπων .....	81
3.2.3 Οπτικά επίπεδα .....	82
3.2.4 Ο θεοδόλιχος εφαρμοσμένης μηχανικής .....	83
3.2.5 Βοηθητικός εξοπλισμός για την οπτική σχεδίαση .....	84

3.3	ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΠΕΔΟΤΗΤΑΣ .....	88
3.3.1	Επίπεδοι κατασκευαστές εργαλείων .....	91
3.3.2	Οπτικά επίπεδα .....	91
3.3.3	Πλάκες επιφάνειας.....	92
3.3.3.1	Υλικό.....	93
3.3.3.2	Σκληρότητα .....	93
3.3.3.3	Αντοχή .....	93
3.3.3.4	Μεγέθη.....	93
3.3.3.5	Άκρες στερέωσης.....	93
3.3.3.6	Ακρίβεια της επιφάνειας εργασίας .....	94
3.3.4	Η επιθεώρηση των πλακών επιφάνειας για την επιπεδότητα .....	95
3.4	Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΘΕΤΟΤΗΤΑΣ.....	98
3.4.1	Μηχανικά μέσα επιθεώρησης της ευθύτητας.....	99
3.5	ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	100
3.5.1	Τύποι βαρελοειδών σωλήνων οπτικών οργάνων.....	104
3.5.2	Διπλωμένος τύπος σωλήνα ακτινών.....	105
3.5.3	Σύγκριση σωλήνων οπτικών οργάνων .....	107
3.5.4	Φωτοηλεκτρικός αυτόματος σωλήνας οπτικών συσκευών.....	107
3.5.5	Αυτόματη θέση του αισθητήρα οπτικού σωλήνα.....	109
3.5.6	Αυτόματο σωλήνας οπτικών οργάνων με συνεχής ρύθμιση σερβομηχανισμού .....	109
3.5.7	Το οπτικό τετράγωνο (Pentaprism).....	110
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....</b>		<b>112</b>
<b>4</b>	<b>ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ .....</b>	<b>112</b>
4.1	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	113
4.2	ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΑΞΟΝΑ .....	116
4.2.1	Μηχανές μέτρησης οπτικού μήκους στη κατακόρυφη διάταξη.....	122
4.2.2	Μηχανές μέτρησης μηχανικού μήκους στην οριζόντια ρύθμιση.....	123
4.2.3	Μηχανές μέτρησης οπτικού μήκους στην οριζόντια ρύθμιση.....	124
4.2.4	Η Zeiss-Jena μηχανή μέτρησης μήκους.....	125
4.3	ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ .....	126
4.3.1	Συσκευές μέτρησης μετατοπίσεων με χρήση φράγματος περίθλασης .....	126
4.3.2	Inductosyn .....	128
4.3.3	Τύποι μηχανών μέτρησης συντεταγμένων-CMM (Coordinate Measuring Machines).....	130
4.3.4	Έλεγχος.....	131
4.3.5	Εξαρτήματα .....	135
4.3.6	Απόφαση αγορών και CMM πρότυπα .....	136
4.3.7	Παρουσίαση διαδικασίας και εκτέλεσης μετρήσεων ΜΜΣ.....	137
4.3.7.1	Μέσα και συνθήκες διεξαγωγής.....	137
4.3.7.2	Αποτελέσματα – Τυπική Αναφορά Μέτρησης ΜΜΣ.....	139
4.4	ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ .....	140
4.5	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....	147
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....</b>		<b>149</b>
<b>5</b>	<b>ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....</b>	<b>149</b>
5.1	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	153
5.1.1	Τα συστήματα και το σχέδιο των οργάνων σχεδιαγραμμάτων καθορισμού.....	155
5.1.2	Πλεονεκτήματα των συστημάτων που χρησιμοποιούν το διατρεχόμενο στάδιο εργασίας .....	157
5.1.3	Πλεονεκτήματα των συστημάτων που χρησιμοποιούν τους διατρεχόμενους αισθητήρες .....	158
5.1.4	Η κεφαλή αισθητήρα και η γραφίδα της.....	161
5.2	Η ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ Η ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	163
5.2.1	Εφαρμογές της τεχνικής καθορισμού σχεδιαγράμματος.....	167
5.2.2	Διαστατικές μετρήσεις των τεχνικών κομματιών με την βοήθεια του καθορισμού σχεδιαγράμματος.....	173
5.3	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	174
5.4	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ .....	183
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....</b>		<b>190</b>
<b>6</b>	<b>Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ....</b>	<b>190</b>
6.1	Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ .....	190

6.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ .....	192
6.3	Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ .....	196
6.3.1	<i>Κυλινδρική και ομοαξονική καμπυλότητα των αλληλένδετων επιφανειών .....</i>	<i>197</i>
6.4	ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ .....	198
6.4.1	<i>Πλεονεκτήματα της εσωτερικής καμπυλότητας στοιχείων συστημάτων μέτρησης .....</i>	<i>199</i>
6.4.2	<i>Πλεονεκτήματα της εξωτερικής καμπυλότητας στοιχείων συστημάτων μέτρησης.....</i>	<i>199</i>
6.5	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ.....	200
6.5.1	<i>Μετρήσεις διαμέτρου της καμπυλότητας .....</i>	<i>200</i>
6.5.1.1	<i>Επιθεώρηση καμπυλότητας με τη σύγκριση των πραγματικών μηκών διάφορων διαμέτρων.....</i>	<i>202</i>
6.5.1.2	<i>Καμπυλότητα που διαμετρά από υποδειγμένες ποίκιλες διαμέτρους.....</i>	<i>202</i>
6.5.2	<i>Επιθεώρηση καμπυλότητας με αναφορά από υποστηριγμένα στοιχεία επιφάνειας Vee-φραγμού .....</i>	<i>204</i>
6.5.2.1	<i>Εφαρμογές που υποστηρίζουν τον Vee-φραγμό επιθεώρησης καμπυλότητας.....</i>	<i>206</i>
6.5.2.2	<i>Γεωμετρική ανάλυση των πληροφοριών που λαμβάνονται στον Vee-φραγμό επιθεώρησης καμπυλότητας. 208</i>	
6.5.3	<i>Μετρήσεις καμπυλότητας μεταξύ των κέντρων.....</i>	<i>210</i>
6.5.3.1	<i>Πρακτικές εφαρμογές της τεχνικής.....</i>	<i>212</i>
6.5.4	<i>Μετρήσεις καμπυλότητας σε σχέση με τον κύκλο αναφοράς – Διαδικασία κυκλικής σχεδίασης .....</i>	<i>213</i>
6.5.4.1	<i>Οι λειτουργικές αρχές της κυκλικής διαδικασίας καθορισμού.....</i>	<i>214</i>
6.5.4.2	<i>Συγκριτική αξιολόγηση των δύο βασικών συστημάτων των κυκλικών οργάνων καθορισμού.....</i>	<i>216</i>
6.5.4.2.1	<i>Σχετικά πλεονεκτήματα του περιστρεφόμενου άξονα συστήματος.....</i>	<i>216</i>
6.5.4.2.2	<i>Σχετικά πλεονεκτήματα του περιστρεφόμενου επιτραπέζιου συστήματος.....</i>	<i>217</i>
6.5.4.3	<i>Οι δυνατότητες εφαρμογής της κυκλικής διαδικασίας καθορισμού .....</i>	<i>217</i>
6.5.4.4	<i>Η αξιολόγηση του όρου καμπυλότητας.....</i>	<i>218</i>
6.5.5	<i>Τα όργανα και η τεχνολογία μέτρησης καμπυλότητας με την κυκλική σχεδίαση .....</i>	<i>219</i>
6.5.5.1	<i>Μηχανές μέτρησης καμπυλότητας – Χαρακτηριστικά αντιπροσωπευτικών μοντέλων .....</i>	<i>220</i>
6.5.5.2	<i>Κυκλικό-τόξο μετρήσεις καμπυλότητας .....</i>	<i>224</i>
6.5.5.3	<i>Διαγράμματα καταγραφής -Αξιολόγηση οργάνων των διάφορων τύπων και των χαρακτηριστικών.....</i>	<i>224</i>
6.5.5.4	<i>Η προετοιμασία των προτύπων για την επιθεώρηση καμπυλότητας με τον κυκλικό καθορισμό .....</i>	<i>227</i>
6.5.5.5	<i>Γραφίδα του οργάνου μέτρησης καμπυλότητας.....</i>	<i>227</i>
6.5.5.6	<i>Η απόκριση συχνότητας του οργάνου μέτρησης καμπυλότητας.....</i>	<i>228</i>
6.5.6	<i>Η αξιολόγηση καθορισμού καμπυλότητας.....</i>	<i>229</i>
6.5.6.1	<i>Παραμόρφωση στη γραφική απεικόνιση των όρων καμπυλότητας .....</i>	<i>231</i>
6.5.6.2	<i>Η επιβεβαίωση της απόδοσης των μηχανών μέτρησης της καμπυλότητας .....</i>	<i>232</i>
<b>7</b>	<b>ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ.....</b>	<b>234</b>
<b>8</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>236</b>

## Εισαγωγή

Η μέτρηση είναι μια από τις πλέον συνηθισμένες δραστηριότητες σε όλα τα επίπεδα της κοινωνικής και οικονομικής ζωής (εμπορικές συναλλαγές, βιομηχανικές μετρήσεις, έλεγχος προϊόντων και διεργασιών, εργαστηριακές μετρήσεις στις δοκιμές και στην έρευνα, ιατρικές και λοιπές εξετάσεις, περιβαλλοντικές μετρήσεις, κλπ.). Στις ανεπτυγμένες χώρες εκτιμάται ότι ένα ποσοστό 6-7% του ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) τους αντιστοιχεί σε όλες τις παραπάνω δραστηριότητες μέτρησης.

Κάθε μέτρηση πραγματοποιείται με τη χρήση ενός μετρητικού οργάνου, μετρητικής διάταξης ή συσκευής προκειμένου να μετρηθεί ένα η περισσότερα χαρακτηριστικά ή ιδιότητες και να αποτυπωθούν οι αντίστοιχες ενδείξεις των μετρήσεων. Σε κάθε περίπτωση ωστόσο είναι γεγονός ότι το αποτέλεσμα μιας μέτρησης μπορεί να παρουσιάζει μικρές ή μεγάλες αποκλίσεις από την πραγματική τιμή της ιδιότητας ή του μεγέθους που μετρείται. Η αβεβαιότητα κατά συνέπεια μιας μέτρησης κρίνει την αξιοπιστία της και την εγγύτητα της στην πραγματική τιμή του μετρούμενου μεγέθους.

Οι συνέπειες μη αξιόπιστων μετρήσεων μπορεί να είναι μεγάλες ή μικρές, εμφανείς ή μη εμφανείς στις εμπορικές συναλλαγές, στην προστασία του καταναλωτή, στην ποιότητα των προϊόντων, στο κόστος παραγωγής, στην ασφάλεια και στην υγεία. Είναι ενδεικτικό ότι μια μικρή αβεβαιότητα ή απόκλιση της τάξης του 1 g σε ζυγίσεις μάζας 1 kg είναι αμελητέα σε επίπεδο μιας μεμονωμένης μέτρησης όσον αφορά στις οικονομικές επιπτώσεις για τους συναλλασσόμενους, αλλά σε ένα μεγάλο αριθμό επαναλαμβανόμενων τέτοιων μετρήσεων (π.χ. 100.000 μετρήσεων) οι οικονομικές συνέπειες μπορεί να είναι σημαντικές ως απόλυτη τιμή ανάλογα βέβαια και με το κόστος μονάδας του μεγέθους που μετρείται (υλικό ή ενέργεια). Κατά συνέπεια, το αποτέλεσμα κάθε μέτρησης έχει ένα βαθμό αβεβαιότητας - απόκλισης από την πραγματική τιμή.

Τα ερωτήματα που τίθενται πάντα είναι:

- Ποιος είναι ο βαθμός αβεβαιότητας της μέτρησης.
- Τι μπορεί να γίνει προκειμένου να μειωθεί η αβεβαιότητα ώστε η μέτρηση να είναι περισσότερο ακριβής, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι όποιες συνέπειες;

Η Μετρολογία είναι η επιστήμη που έχει ως αντικείμενο τη μέτρηση, τη μελέτη της αξιοπιστίας των μετρήσεων και την εφαρμογή των αρχών της στους τομείς της καθημερινής ζωής στις συναλλαγές, στη βιομηχανική παραγωγή, στο εργαστήριο, στον έλεγχο ποιότητας, στην ασφάλεια και στην υγεία. Η Μετρολογία διακρίνεται:



Στη **Βιομηχανική ή Επιστημονική Μετρολογία**, αντικείμενο της οποίας είναι:

- Ο ορισμός και η υλοποίηση των βασικών μονάδων μέτρησης μέσω της ανάπτυξης και τήρησης των κατάλληλων προτύπων και διατάξεων.
- Η μελέτη των παραγόντων εκείνων που επιδρούν και επηρεάζουν την αξιοπιστία των μετρήσεων.
- Η ανάπτυξη μεθόδων, τεχνικών, διατάξεων και συστημάτων μέτρησης, οι οποίες μπορούν να εξασφαλίζουν αξιόπιστα αποτελέσματα μετρήσεων.
- Η ανάπτυξη των κατάλληλων μεθόδων διακρίβωσης μετρητικού εξοπλισμού, δηλαδή ο έλεγχος του με ένα άλλο κατάλληλο πρότυπο υψηλότερης ακρίβειας και ο υπολογισμός της αβεβαιότητας.

Η εφαρμογή της Βιομηχανικής ή Επιστημονικής Μετρολογίας επιβάλλεται από την ανάγκη ικανοποίησης προτύπων και προδιαγραφών, μείωσης του κόστους και βελτίωσης της ποιότητας. Η εφαρμογή της Βιομηχανικής ή Επιστημονικής Μετρολογίας συνίσταται ουσιαστικά στην εφαρμογή των απαραίτητων εκείνων διαδικασιών, μέσων και αρχών ώστε σε κάθε μέτρηση να γίνεται:

- Χρήση κατάλληλου μετρητικού οργάνου και κατάλληλα ελεγχόμενου ως προς την μετρητική του αξιοπιστία, δηλ. κατάλληλα διακριβωμένου με ακριβή έκφραση της αβεβαιότητας.
- Χρήση της κατάλληλης μεθόδου ή αρχής μέτρησης από τον κατάλληλο χρήστη ή χειριστή.
- Κατάλληλη ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μέτρησης.

Στη **Νομική Μετρολογία**, αντικείμενο της οποίας είναι η θέσπιση και εφαρμογή υποχρεωτικών κανόνων, νόμων και κανονισμών με βάση κατάλληλη επιστημονική επεξεργασία και μελέτη ώστε να διασφαλίζεται η αξιοπιστία των συναλλαγών σε εγχώριο και διεθνές επίπεδο και η προστασία του καταναλωτή.

Η εργασία αυτή αποτελεί τη διπλωματική εργασία του φοιτητή Περσεΐδη Στυλιανού του Ελευθερίου, για την απόκτηση του διπλώματος του Μηχανολόγου Μηχανικού του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Σκοπός της εργασίας αυτής, είναι η μελέτη των μεθόδων μέτρησης και επιθεώρησης και πιο συγκεκριμένα:

1. Στο Κεφ. 1 παρουσιάζεται η χρήση των οπτικών συσκευών, οι εφαρμογές, οι λειτουργικές αρχές τους, ο εξοπλισμός και τα χαρακτηριστικά τους.

2. Στο Κεφ.2 παρουσιάζονται αρχικά οι συσκευές για τη μέτρηση των γωνιών, η έρευνα και οι τεχνικές για τη μέτρηση γωνίας των συστημάτων καθώς και η λεπτομερής ορολογία που χρησιμοποιείται.
3. Στο Κεφ.3 παρουσιάζεται ο σκοπός των μετρήσεων ευθύτητας, λειότητας και καθετότητας. Εμφανίζονται παραδείγματα μηχανολογικών μετρήσεων από οπτικό εξοπλισμό, παραδείγματα μεθόδων για επιθεώρηση ευθύτητας καθώς και το τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης. Τέλος παρουσιάζονται τα συστήματα και οι εφαρμογές αυτόματων σωλήνων οπτικών οργάνων.
4. Στο Κεφ.4 παρουσιάζονται τα συστήματα και οι εφαρμογές των μηχανών μέτρησης, τα γενικά χαρακτηριστικά και οι ικανότητες τους, οι μηχανές μέτρησης συντεταγμένων και παραδείγματα εφαρμογής. Τέλος παρουσιάζονται επιγραμματικά οι μηχανές μέτρησης κατασκευής προτύπων.
5. Στο Κεφ.5 παρουσιάζεται η κατανομή των μετρήσεων, δηλαδή το μέρος του περιγράμματος ενός τεχνικού κομματιού που παρατηρείται ως γραμμή ορίου του σε ένα σημαντικό λειτουργικό επίπεδο. Επίσης δίνονται οι μέθοδοι των μετρήσεων περιγράμματος, ο καθορισμός σχεδιαγράμματος, η βαθμολόγηση των οργάνων καθορισμού του σχεδιαγράμματος και εφαρμογές της τεχνικής αυτής και τέλος τεχνικές διαδικασίες καθορισμού σχεδιαγραμμάτων και διαγράμματα οργάνων καταγραφής.
6. Στο Κεφ. 6 παρουσιάζεται η μέτρηση της καμπυλότητας και των κυκλικών περιγραμμάτων αφού εισάγεται πρώτα η έννοια της καμπυλότητας, οι χαρακτηριστικές μορφές ανεπάρκειας, η λειτουργική ανάγκη της καμπυλότητας, τα διάφορα συστήματα μέτρησης καμπυλότητας, καθώς και πιθανές πηγές λάθους στην επιθεώρηση καμπυλότητας μεταξύ των κέντρων.

# Κεφάλαιο 1

## 1 Συσκευές οπτικών προβολών

Η παρατήρηση και η μέτρηση των αντικειμένων με την βοήθεια της οπτικής μεγέθυνσης δεν περιορίζεται στην εξέταση μέσω ενός φακού, όπως το μικροσκόπιο. Η μεγεθυνόμενη εικόνα ενός αντικειμένου μπορεί επίσης να προβληθεί σε μία οθόνη γυαλιού, όπου από εκεί μπορεί να παρατηρηθεί από μια βολική απόσταση. Με την προβολή της μεγεθυνόμενης εικόνας, η οπτική εντύπωση μετατρέπεται σε φυσική πραγματικότητα, σε τέτοιο βαθμό, ώστε οι διαστάσεις και οι γεωμετρικοί τύποι όπως εμφανίζονται στην οθόνη, να μπορούν να συγκριθούν κατευθείαν με το φυσικό πρωτότυπο, το οποίο είναι ανάλογο του δείγματος της εικόνας που έχει μεγεθύνει.

Ιστορικά, η πρώτη συσκευή οπτικών προβολών αναπτύχθηκε σύντομα μετά τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, για λόγους ελέγχου του τύπου κοχλιών και εργαλείων. Εν τούτοις, τα πρώτα μηχανήματα είχαν διάφορα μειονεκτήματα, όπως η απαίτηση ενός σκοτεινού δωματίου για να μπορούν να βλέπουν, καθώς και το γεγονός ότι η οθόνη ήταν αρκετά μακριά από το μηχάνημα για την κατάλληλη σύγκριση της εικόνας αντιγράφου με το πρωτότυπο διάγραμμα. Διαδοχικά, τοποθετήθηκε ένας καθρέφτης στο διάδρομο του προβαλλόμενου αντιγράφου, για να αντανακλά την εικόνα στην οθόνη μπροστά από το μηχάνημα. Συμπεριλαμβάνοντας όλο το σύστημα σε ένα προστατευτικό περίβλημα, η ανάγκη για το σκοτεινό δωμάτιο περιορίστηκε.

Παρόλο που οι πρώτοι χρήστες των οπτικών συσκευών ήταν οι εφευρέτες των κοχλιοεργαλείων και των υψηλής ποιότητας κομματιών αυτών, η εφαρμογή αυτού του καινούργιου οπτικού εργαλείου, δεν παρέμεινε περιορισμένη στο συγκεκριμένο τμήμα της μεταλλουργικής βιομηχανίας. Η οπτική συσκευή, σαν χρήσιμο και αξιόπιστης επίβλεψης εργαλείο, επεκτάθηκε γρήγορα σε διάφορες εφαρμογές, και επί του παρόντος τα διάφορα μοντέλα των οπτικών συσκευών προβολής αποτελούν απαραίτητο εξοπλισμό σε πολλά πεδία της μηχανολογίας.

Οι κύριοι λόγοι για την γρήγορη εξάπλωση των εφαρμογών των οπτικών μηχανημάτων μπορούν να εντοπιστούν σε δύο παράλληλα εξελισσόμενες απόψεις:

α. Η ανάγκη της βιομηχανίας για επιθεώρηση, επιτήρηση, με εργαλεία μέτρησης ικανά για διαφορετικές απαιτήσεις, για ακρίβεια και συνέπεια

β. Οι πολλές βελτιώσεις που αναπτύχθηκαν από τους εφευρέτες των οπτικών συσκευών προβολών και ενσωματώθηκαν με τα προϊόντα τους.

Η χρησιμότητα αυτών των οργάνων συνήθως δίνεται από χαρακτηριστικά, αποτελούμενα από μεγάλης ποικιλίας ρυθμιζόμενους μηχανισμούς, ενσωματωμένες συσκευές, εξαρτήματα και προσαρτήματα. Όλα αυτά αναγκαστικά αυξάνουν το κόστος του εξοπλισμού και οικονομικές μελέτες θα μπορούσαν να εμποδίσουν τις εφαρμογές. Ευτυχώς, οι κατασκευαστές των οπτικών μηχανημάτων, προσφέρουν αυτά τα εργαλεία σε πολλές ποικιλίες του βασικού σχεδιασμού και σε ευρεία ακτίνα για εναλλακτικό εξοπλισμό.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1-1. ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΟΛΕΩΝ**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ	ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ
Οπτικό σύστημα από το οποίο παράγεται η εικόνα της οθόνης	(α) Προβολή-αντίγραφο (β) Αντανάκλαση-πρότυπο αντίγραφο της επιφάνειας (γ) Συνδυασμός και των δύο-προβολή και αντανάκλαση
Εφαρμογή για την επιθεώρηση μέσω της παρατήρησης	(α) Ιδιότητα-σύσταση επιφάνειας, συνθήκες επιφάνειας (ρωγμές, γρατσουνιές, εγκοπές, κοιλότητες, κλπ) (β) Γενικό περίγραμμα-ευθύτητα, σταθερότητα της κυρτότητας, συνδυασμός, κ.λπ. (γ) Σχέδια επαφών με την ένωση των κομματιών
Επιθεώρηση σε σύγκριση με τα κύρια διαγράμματα	(α) Διαγράμματα οθόνης, ανταλλάξιμα με την κανονική οθόνη, για επιθεώρηση των τυποποιημένων τύπων, π.χ., γωνίες, ακτίνες, κοχλίες, έντυπα εργαλείων, κ.λπ. (β) Διαγράμματα επικαλύψεων, που προετοιμάζονται για τις συγκεκριμένες εφαρμογές καθεμιάς όπως απλά διαγράμματα περιγράμματος ή διαγράμματα με τις ζώνες ανοχής
Επιθεώρηση από τις άμεσες μετρήσεις στην εικόνα οθόνης	(α) Γραμμικές μετρήσεις (αποστάσεις)-που χρησιμοποιούν τους κλιμακωτούς χάρακες ή κλίμακες γυαλιού (β) Μέτρηση γωνιών-Χρησιμοποιώντας μοιρογνωμόνια μέτρησης γωνίας (γ) Ακτίνα-χρησιμοποιώντας διαφανή πρότυπα (δ) Ανιχνεύοντας τις γραμμές περιγράμματος σε διαφανές χαρτί που τοποθετείται στην οθόνη για την επόμενη ανάλυση.
Επιθεώρηση με τις συσκευές μέτρησης ενσωματωμένες στον οπτικό προβολέα	(α) Ισότιμες επιτραπέζιες μετακινήσεις (κατά μήκος των αξόνων X και Y διαβάζοντας την απόσταση μετατοπίσεων στο μικρόμετρο – για γραμμικές διαστάσεις (β) Δαχτυλίδια οθόνης που συνδυάζονται με τον βερνιέρο για τις μετρήσεις γωνίας.
Επιθεώρηση με την ενίσχυση και ειδικές συνδέσεις	(α) Ρύθμιση γωνίας ελίκων του πίνακα για την προβολή σειρά τύπων, κ.λπ., κανονικά στο επίπεδο του περιγράμματος (β) Μεταφορά των διαστάσεων με τη βοήθεια των διαγραμμάτων με τα σημεία αναφοράς (γ) Οπτικός διαχωρισμός με ειδικό φωτισμό

Οι οπτικές συσκευές στις εφαρμογές τους σαν εργαλεία επιθεώρησης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις παρακάτω χρήσεις:

1. Η προβαλλόμενη εικόνα μπορεί να παρατηρηθεί από πολλά άτομα ταυτοχρόνως, επομένως αυτή η μέθοδος επιτρέπει την ομαδική ανάλυση.
2. Αρκετές διαστάσεις και χαρακτηριστικοί τύποι ενός παραδείγματος μπορούν να παρατηρηθούν, να συγκριθούν και να αξιολογηθούν σε απλό φόντο
3. Ο αριθμός των διαστάσεων που ελέγχονται πάνω σε ένα κομμάτι, είτε ατομικά είτε σε συνδυασμό με άλλες διαστάσεις στο ίδιο κομμάτι, μπορεί να αυξηθεί χωρίς την ανάγκη επιπλέον εργαλείων ή οργάνων, όσο αυτές οι διαστάσεις περιέχονται σε ένα κοινό επίπεδο παρατήρησης.
4. Τα καθιερωμένα διαγράμματα συσκευών σύγκρισης, ειδικά για επαναλαμβανόμενους τύπους όπως κυκλικά τόξα, με διαφορετικές γωνίες, τύπους κοχλιών κτλ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οθόνες οπτικών συσκευών.
5. Άμεσες μετρήσεις διαστάσεων από διαφορετικές αποστάσεις μπορούν να γίνουν πάνω στην εικόνα όπως εμφανίζεται στην οθόνη, χρησιμοποιώντας διαβαθμισμένους χάρακες. Παρομοίως, οι γωνίες μπορούν να ελεγχθούν από πρόχειρο μοιρογνωμόνιο.
6. Τα μηχανικά όργανα μέτρησης προκαλούν πιέσεις επαφής. Οι μετρήσεις στις οπτικές συσκευές σύγκρισης, όπου δεν χρειάζονται φυσικές επαφές, είναι απαλλαγμένες από ενδεχόμενα λάθη.
7. Τα μηχανικά όργανα μέτρησης είναι ευάλωτα στην αντοχή.
8. Συσχετίζοντας τα στοιχεία επιφάνειας, των οποίων η τοποθέτηση μπορεί να γίνει σε ένα ισοδύναμο σύστημα 2 διαστάσεων, εύκολα γίνεται έλεγχος σε μια οπτική συσκευή εξοπλισμένη με πίνακα μετρήσεων χωρίς την ανάγκη ακριβών ειδικών εξαρτημάτων. Παρομοίως, άμεσες μετρήσεις γωνιών μπορούν να επιτευχθούν με ενσωματωμένο μοιρογνωμόνιο, το οποίο διαθέτουν πολλές οπτικές συσκευές.
9. Η χρήση του τοποθετημένου προσαρμογέα σε σύνδεση με την οπτική συσκευή προβολής, παρέχει τρόπους μέτρησης ανεξάρτητων διαστάσεων ή χαρακτηριστικά σε μια απόλυτα καθορισμένη σχέση αναφοράς στοιχείων στο τεμάχιο.
10. Η σχεδίαση στοιχείων επιφάνειας οπτικά αποκλεισμένων και η εφαρμογή αυτών παρέχει τρόπους για την ακριβή μέτρηση των διαστάσεων, όπου η επιθεώρηση από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο πέρα από την οπτική προβολή είναι πολύ δύσκολη ή πρακτικά αδύνατη. Άλλη τεχνική για την επιθεώρηση σε μια προβολή της οπτικά κρυμμένης επιφάνειας είναι με τη μέθοδο του αντιγράφου, χρησιμοποιώντας αρκετά εφαρμόσιμα σύνθετα αντίγραφα.

11. Η παρατήρηση των χαρακτηριστικών της επιφάνειας από την αντανάκλαση του φωτός, χρησιμοποιώντας είτε κανονικό είτε έμμεσο φωτισμό, πραγματικά διευρύνει τις διαδικασίες του πεδίου επιθεώρησης που μπορούν να επιτευχθούν με τρόπους της οπτικής προβολής.

Η απαρίθμηση των διαφόρων χρήσιμων χαρακτηριστικών της διαδικασίας επιτεύχθηκε από μοντέρνες οπτικές προβολές που δεν προτίθενται να αναφερθούν.

Οποσδήποτε, μεταφέρει τη γενική ιδέα των ικανοτήτων των οπτικών προβολών σαν ένα τρόπο επιτήρησης και μέτρησης διαστάσεων. Την ίδια στιγμή εντοπίζει τα πεδία των εφαρμογών όπου οι οπτικές προβολές απεικονίζουν τον τύπο των εργαλείων που ταιριάζουν καλύτερα στις ανάλογες εξειδικευμένες εργασίες. Περισσότερες αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με τις ικανότητες των οπτικών προβολών θα χρειαστεί να καταλήξουμε από την ακόλουθη περιγραφή του τυπικού εξοπλισμού, τις λειτουργίες του, τα εξαρτήματα και τις χαρακτηριστικές εφαρμογές.

### **1.1 Λειτουργικές αρχές οπτικών συσκευών προβολής**

Η επίτευξη ενός μη παραμορφωμένου και μεγεθυνόμενου αντιγράφου ή μιας εικόνα αντανάκλασης για ένα αντικείμενο πάνω σε μία οθόνη, όπου μπορεί εύκολα να παρατηρηθεί, αποτελεί πρώτο σκοπό για μια οπτική συσκευή. Για να πετύχει κάποιος αυτό το στόχο, χρειάζονται τα παρακάτω βασικά στοιχεία:

1. Η πηγή φωτός, συνήθως μεγάλης έντασης, για να παράγει μία καθαρή και καθορισμένη προβολή, ακόμα και όταν είναι σε μεγάλο βαθμό μεγέθυνσης.

2. Οι ευθυγραμμισμένοι φακοί, των οποίων ο ρόλος είναι να διαθλούν το φως σε μια δέσμη με παράλληλες ακτίνες, σε μια σχεδόν αμετάβλητη ένταση σε ολόκληρη την περιοχή της φωτεινότητας του αντικειμένου. Μερικές φορές, αυτό το στοιχείο ονομάζεται συμπυκνωτής φωτός.

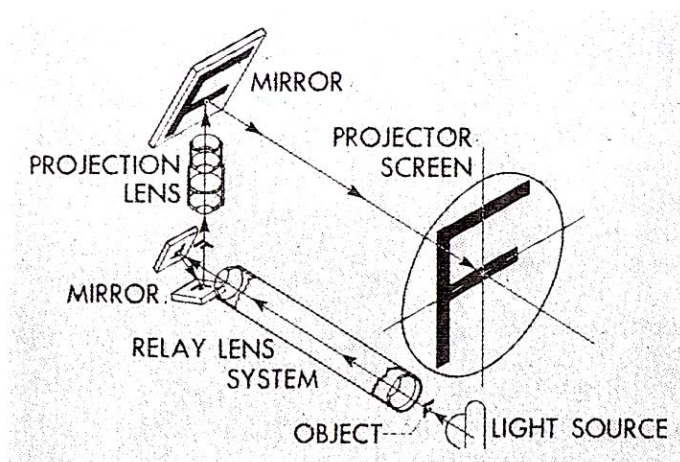
3. Το σύστημα προβολής φακών που μεγεθύνουν και εκπέμπουν το περίγραμμα του αντικειμένου ή της εικόνας.

4. Η οθόνη προβολής, στην οποία τα προβαλλόμενα περιγράμματα ή εικόνες του αντικειμένου εμφανίζονται και εκτίθενται για επιθεώρηση.

Η σχηματική διάταξη αυτών των βασικών στοιχείων παρουσιάζεται στο Σχ. 1-1 όπου η διαδρομή της πορείας του φωτός απεικονίζεται από τα βελάκια. Οι ακτίνες φωτός που δημιουργούνται από την πηγή του φωτός βρίσκουν το αντικείμενο, του οποίου το φυσικό σώμα δημιουργεί ένα αντίγραφο κατευθυνόμενο από το ακριβή περίγραμμα του αντικειμένου όταν παρατηρείται στη διεύθυνση των ακτινών φωτός. Αυτό το αντίγραφο έπειτα μεγεθύνεται από το σύστημα φακών και προβάλλεται στην οθόνη

προβολής. Στο συγκεκριμένο σύστημα που παρουσιάζεται στο Σχ.1-1, ένα βοηθητικό στοιχείο (ένας φακός), χρησιμοποιείται για την μεταφορά του αντιγράφου στους προβλλόμενους φακούς.

Οι καθρέφτες που τοποθετούνται μπροστά και πίσω από τους φακούς προβολής, χρησιμεύουν στην αλλαγή της πορείας των ακτινών φωτός για το λόγο της μείωσης ολόκληρου του όγκου του εξοπλισμού. Η συνολική απόσταση της διαδρομής των ακτινών φωτός, είναι σταθερή για οποιοδήποτε σύστημα φακών και μεγέθυνσης. Το σύστημα με τους καθρέφτες παρέχει το επιπλέον πλεονέκτημα της επιστροφής του αντικειμένου κοντά στον χειριστή, κατά συνέπεια μετατρέπει την παρατήρηση του αντικειμένου πιο άνετη και πιο ακριβής.



Σχ. 1-1 Σχηματική άποψη του οπτικού συστήματος σε μία τυπική οπτική συσκευή που σχεδιάστηκε να παράγει μία μεγεθυνόμενη σκιά του αντικειμένου στην οθόνη.

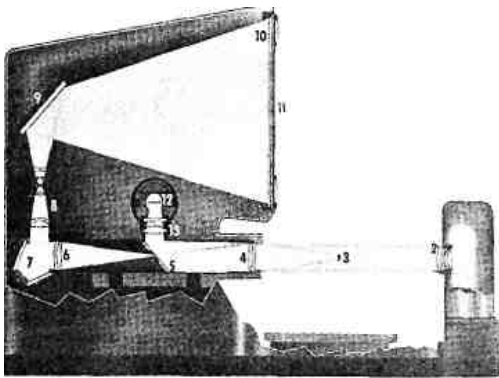
Λαμβάνοντας υπόψη τα βασικά αρχεία από κοντά, μπορούν να επισημανθούν διάφορες συγκεκριμένες απαιτήσεις. Ο βαθμός που αυτές οι απαιτήσεις ικανοποιούνται, επηρεάζει τα επιχειρησιακά χαρακτηριστικά της οπτικής προβολής.

Η πηγή φωτός συνήθως είναι μια ισχυρή λάμπα μέχρι 1000 Watts, που τοποθετείται πριν από τον καμπυλωμένο καθρέφτη αντανάκλασης. Οι σύγχρονοι λαμπτήρες τόξου υδρογόνου παράγουν σταθερό φωτισμό χωρίς να τρεμοπαίζει, αλλά χρειάζεται αρκετά ακριβή χωριστή μονάδα ισχύς.

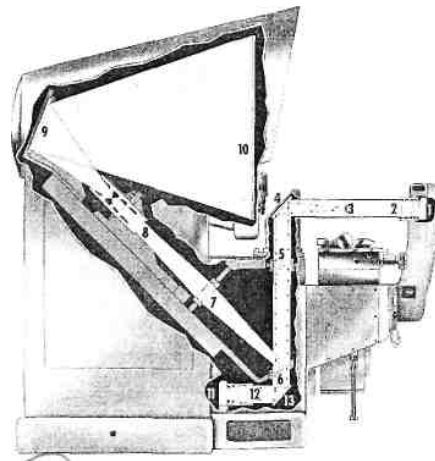
Οι πηγές φωτός σχεδιάζονται για την αποφυγή μεταφοράς βλαβερής θερμότητας στο οπτικό σύστημα, και στα επιχειρησιακά στοιχεία του μηχανήματος. Για το λόγο αυτό, οι πηγές φωτός συνήθως αυξάνονται εξωτερικά για να απομονώσουν την μεταφορά θερμότητας και είναι εξοπλισμένες με ένα ισχυρό ανεμιστήρα.

Οι εικόνες 1-2, 1-3, και 1-4 επεξηγούν το οπτικό σύστημα διαφορετικών τύπων και μοντέλων των οπτικών συσκευών, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με κομμάτια αντανάκλασης. Συνήθως, η προβολή και η αντανάκλαση μπορούν να επιχειρηθούν διαφορετικά, ανάλογα με τον τύπο της επιθεώρησης στην οποία η φωτεινότητα του αντικειμένου θα εφαρμοστεί. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη χρήση και τη δυναμικότητα της επιφάνειας εξερεύνησης από την αντανάκλαση του φωτός θα συζητηθεί σε εφαρμογές του οπτικού προβολέα.

Οι σύγχρονοι οπτικοί προβολείς παρέχουν την ευκαιρία διαφορετικής μεγέθυνσης, και είναι εξοπλισμένοι με διακόπτες φωτός για να ελέγχουν την ένταση του φωτός. Με αυτό τον τρόπο παράγουν το καλύτερο επίπεδο της φωτεινότητας για οποιαδήποτε μεγέθυνση.

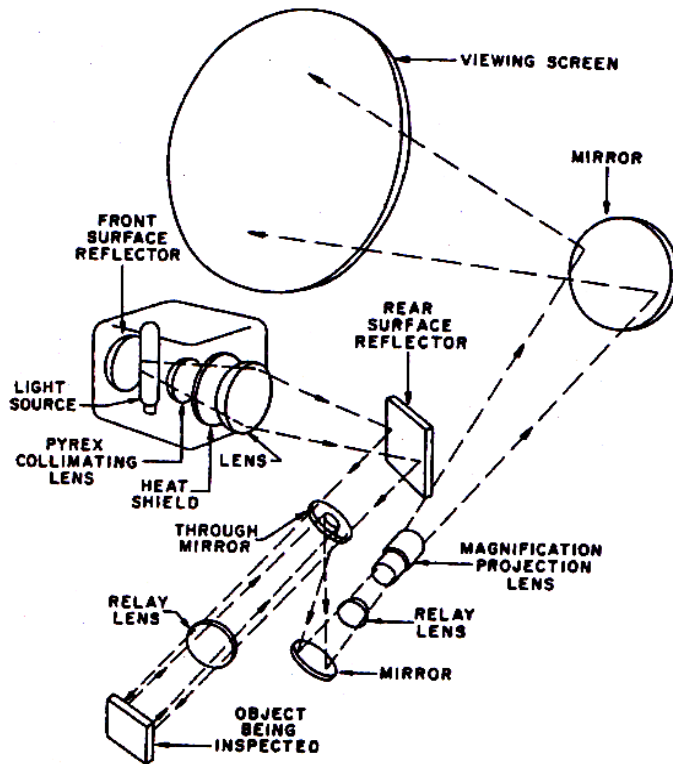


Σχ. 1-2 Ρύθμιση του οπτικού συστήματος σε ένα στερεωμένο σε πάγκο τύπο προβολέα, εφοδιασμένο για τον φωτισμό των προβαλλόμενων και αντανακλώμενων εικόνων.



Σχ. 1-3. Σχηματική όψη του οπτικού συστήματος μέσα σε μία συσκευή στερεωμένη στο πάτωμα, παρέχοντας για την προβολή της σκιάς και της αντανακλώμενης επιφάνειας προβολής.





Σχ. 1-4. Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας προβολής του αντανακλώμενου φωτός. Βέλη δείχνουν τη διαδρομή του φωτός και της αντανακλώμενης επιφάνειας κατά μήκος του οπτικού συστήματος, που τελικά προβάλλει την μεγεθυνόμενη εικόνα του φωτισμένου αντικειμένου στην οθόνη.

Ο σωλήνας του οπτικού οργάνου τοποθετείται στο μέρος των φακών και φτιάχνεται από τζάμι αντοχής θερμότητας, εξαιτίας της εκπομπής θερμότητας της κοντινής λάμπας.

Το σύστημα μεγέθυνσης φακών σχεδιάστηκε για να παρέχει μία κάθετη, όχι ανεστραμμένη εικόνα στο κομμάτι της οθόνης. Τα πιο περίπλοκα μοντέλα, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για να εξυπηρετούν μηχανές μέτρησης, είναι εξοπλισμένα με αρκετά συστήματα φακών για διαφορετικές μεγεθύνσεις.

Οι φακοί αυτοί έχουν υψηλή ανάλυση για να παρουσιάσουν με ευκρίνεια το αντικείμενο και για την επιπλέον μεταφορά φωτός. Όταν αρκετά συστήματα φακών περιλαμβάνονται σε ένα κοινό πυργίσκο, οι ανεξάρτητοι φακοί ανεβαίνουν στις κατάλληλες θέσεις, για να αποφύγουν την ανάγκη επαναλαμβανόμενης συγκέντρωσης για διαφορετικές μεγεθύνσεις.

Η οθόνη είναι φτιαγμένη από γυαλί με σαγρέ υφή, για να παρέχει μία φωτεινή, χωρίς θάμπωμα εικόνα. Μια οθόνη καλής ποιότητας, όταν συνδυάζεται με μια καλοσχεδιασμένη οπτική συσκευή, δεν έχει θερμό σημείο μηχανής εσωτερικής καύσης, και πρέπει να παρουσιάσει μια εικόνα εύκολη να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια χωρίς να

προκαλεί κόπωση στον χειριστή. Πρέπει να επιτρέπει την παρατήρηση της εικόνας χωρίς παραμόρφωση, ακόμα και από διαφορετικές γωνίες εάν παρατηρείται από ομάδα ανθρώπων.

Οι βασικές επιχειρησιακές αρχές είναι απαραίτητες στους περισσότερους τύπους των οπτικών συσκευών.

## **1.2 Τα βασικά στοιχεία των οπτικών συσκευών προβολής**

Παρόλο που οι οπτικές συσκευές προβολής κατασκευάζονται σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών, με χωριστό εξοπλισμό, εξυπηρετώντας ένα μεγάλο βαθμό σκοπών, υπάρχουν αρκετά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που είναι κοινά στα περισσότερα μοντέλα αυτής της κατηγορίας των οργάνων μέτρησης.

### *1.2.1 Γενική Διάταξη*

Το οπτικό σύστημα της συσκευής δουλεύει αντίθετα με τη θέση στην οποία το όργανο έχει τακτοποιηθεί, είτε κάθετα, είτε οριζόντια, είτε οποιαδήποτε άλλη γωνία.

Η επιλογή των καλύτερων θέσεων εξαρτάται από :

1. Απαιτήσεις αποστάσεων : για την πλειονότητα των οπτικών συσκευών προβολής προτιμάται ο οριζόντιος διάδρομος. Οι εφαρμογές του κατακόρυφου ρυθμίζονται από τον κατακόρυφο άξονα και γενικά περιορίζονται σε μικρά και μεσαίου μεγέθους όργανα.

2. Καταλληλότητα της οθόνης παρακολούθησης: όταν η εικόνα εμφανίζεται σε μία κάθετη θέση, η ομαδική παρακολούθηση είναι πιο εύκολη από όταν τα μέλη της ομάδας πρέπει να γέρνουν πάνω σε μια οριζόντια οθόνη. Για το λόγο αυτό, οι περισσότεροι τύποι των οπτικών μηχανημάτων έχουν κυρίως κατακόρυφες οθόνες.

3. Διάταξη εργασίας : στο οριζόντιο διάδρομο προβολής, το εστιακό επίπεδο του οπτικού συστήματος είναι σε κατακόρυφη θέση. Αυτή είναι και η πιο κατάλληλη θέση, κυρίως όταν έχουμε βαριά αντικείμενα. Ωστόσο, η οριζόντια θέση χρειάζεται κατακόρυφη τοποθέτηση, δηλαδή παρουσιάζει μειονέκτημα όταν λεπτά αντικείμενα με μικρή δυσκαμψία χρειάζεται να κρατηθούν. Παράδειγμα υπάρχει στο Σχ. 1-5

Σχ.1-5 Οπτική συσκευή μέτρησης οριζοντίου άξονα στερεωμένη στο πάτωμα



### 1.2.2 Πίνακας ελέγχου για την διάταξη εργασίας και την τοποθέτηση

Η πλειονότητα των οπτικών συσκευών προβολής δημιουργήθηκε για εφαρμογές γενικής χρήσης. Είναι εξοπλισμένα με διαφάνειες για προβολή και έχουν ελεγχόμενη εγκάρσια κίνηση μέσω του κοχλία μικρομέτρου. Συνήθως, οι κινήσεις κατά τους τρεις άξονες παρέχονται για τη διάταξη: δύο από αυτά σχεδιάζονται σαν X και Y και είναι για μέτρηση και ο τρίτος Z είναι για την εστίαση. Μερικοί κατασκευαστές προσφέρουν μετρήσεις κατά μήκος του άξονα εστίασης, η ακρίβεια των μετρήσεων σε αυτή τη κατεύθυνση, εξαρτάται από την αντίληψη της βέλτιστης θέσης εστίασης. Τα ενεργά στοιχεία παρέχουν τρόπους να ελέγχουν τους μηχανισμούς μέτρησης που βασίζονται στη ξεχωριστή ένδειξη θέσης. Για την κίνηση εστίασης τα περισσότερα όργανα είναι εξοπλισμένα με ένα κοχλία που έχει ένα τροχό, ώστε να επιτρέπει την ευαίσθητη ρύθμιση της επιφάνειας που επιτηρούμε στο εστιακό επίπεδο.

Ανάλογα με την ταξινόμηση του μηχανήματος, το εστιακό επίπεδο είναι στην οριζόντια ή στην κάθετη θέση και οι τρόποι μετακίνησης είναι διαφορετικοί. Στις οπτικές συσκευές με οριζόντιο εστιακό επίπεδο, όπου το αντικείμενο κείται επίπεδα, η κίνηση κατά μήκος του X και Y άξονα μπορεί να ολοκληρωθεί από απλή αντίθετη ολισθήση. Διαφορετική μετακίνηση μηχανισμού χρειάζεται για τους οπτικούς μηχανισμούς, των οποίων το εστιακό επίπεδο είναι κάθετο.

Παρόλο που μερικές πολύ βαριές μηχανές έχουν μετατόπιση ισχύς, για την παρεμπόδιση της ρύθμισης, η μετατόπιση συνήθως ολοκληρώνεται με το χέρι.

Για μικρού μεγέθους αντίθετες ολισθήσεις οι κοχλίες των μικρομέτρων εξυπηρετούν επίσης τα ενεργά μέλη του πίνακα κίνησης.

Παρόλο που οι περισσότεροι κοχλίες έχουν άμεσο πεδίο μέτρησης της μόνο μία ίντσας, μπορούν να διαβαστούν ακριβείς μετρήσεις πάνω από μεγάλες αποστάσεις διευρύνοντας το πεδίο μέτρησης του μικρομέτρου.

Υπάρχουν διαθέσιμοι πίνακες μέτρησης για συγκεκριμένα μοντέλα των οπτικών συσκευών προβολής, που είναι απαλλαγμένο από τις υπάρχουσες ανακρίβειες και οριοθετεί τη πιθανή ανάγνωση λαθών στους κοχλίες του μικρομέτρου.

### 1.2.3 Οπτικό Σύστημα – Μεγεθύνσεις

Όταν επιλέγουμε την προτιμητέα μεγέθυνση για την παρατήρηση του αντικειμένου, δύο αντίθετες απόψεις πρέπει να έρθουν στην κατάλληλη ισορροπία:

- Όσο μεγαλύτερη μεγέθυνση έχουμε, τόσο καλύτερη ευκρίνεια των περιπλοκών λεπτομερειών του αντικειμένου πρέπει να πετύχουμε.
- Όσο μικρότερη μεγέθυνση έχουμε, τόσο μεγαλύτερο πεδίο διαμέτρου θα έχουμε, σε εκείνη την περιοχή του αντικειμένου που μπορεί να προβληθεί πάνω στην οθόνη.

Αυτή η σχέση μπορεί να εκφραστεί από την ακόλουθη απλή φόρμουλα :

$$\text{Πεδίο διαμέτρου} = \text{διάμετρος οθόνης} / \text{μεγέθυνση φακών}$$

Παρόλο τις ιδιαίτερες εφαρμογές, υπάρχει μόνο μια βέλτιστη μεγέθυνση. Τα οπτικά μηχανήματα γενικά έχουν ως σκοπό την επιτήρηση των ανεστραμμένων αντικειμένων που χρειάζονται διάφορες μεγεθύνσεις. Για το λόγο αυτό, οι περισσότεροι τύποι των οπτικών συσκευών προβολής, δημιουργούνται με ένα οπτικό σύστημα, το οποίο επιτρέπει να εναλλάσσει τους φακούς, σε μερικά μοντέλα ακόμη χωρίς να επηρεάζει την εστίαση του αντικειμένου.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεγεθύνσεις στα οπτικά μηχανήματα είναι 5x, 10x, 20x, 25x, 30x, 31.25x, 50x, 62.5x, 100x, και 125x. Αυτή η λίστα αναφέρεται στην δυνατή μεγέθυνση σε διαφορετικούς τύπους των οπτικών συσκευών, αλλά ποτέ όλα αυτά δεν χρησιμοποιούνται σε ένα απλό μοντέλο. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να προτιμήσει το 30x, τη στιγμή που κάποιος άλλος θα προτιμήσει μεγέθυνση 31.25x .

Για το σκοπό της επιλογής και κυρίως της χρήσης της προτιμητέας διαθέσιμης μεγέθυνσης στη συσκευή, με τη λιγότερη προσπάθεια και χρόνο που χρειάζεται, οι σύγχρονες οπτικές συσκευές ενσωματώνουν μετατροπής φακών. Αυτές οι συσκευές περιέχουν διάφορους φακούς σε ένα πυργίσκο, και οι φακοί τους οποίους επιθυμούμε,

μπορούν να υπάρξουν σε επιχειρησιακή θέση είτε μέσω της κίνησης ολίσθησης είτε περιστρέφοντας το πυργίσκο.

#### 1.2.4 Οθόνη προβολής

Η οθόνη στην οποία η εικόνα του αντικειμένου, προβάλλεται ένα αντίγραφο, είναι συνήθως φτιαγμένη από τζάμι. Ανάλογα με τη σχεδίαση του οπτικού συστήματος, η θέση της οθόνης μπορεί να είναι οριζόντια ή κάθετη αλλά πολλοί κατασκευαστές των οργάνων προτιμούν να σχεδιάζουν με ασήμαντη κλίση-συνήθως 10 μοίρες- τη θέση της οθόνης.

Οι περισσότεροι τύποι των οπτικών συσκευών έχουν κυκλική οθόνη επειδή ο τύπος χρησιμοποιεί με τα καλύτερα αποτελέσματα την εικόνα που παράγεται από το οπτικό σύστημα. Σε ειδικές περιπτώσεις, όπως σε μεγάλου μεγέθους συσκευές, χρησιμοποιούνται ορθογώνιες οθόνες. Οι πιο συνηθισμένες είναι αυτές με 8, 10, 14, 20, και 30 ίντσες στη διάμετρο.

Οι οθόνες γυαλιού έχουν ακριβές άκρες που ταιριάζουν στο δακτυλίδι της οθόνης της συσκευής. Η χρήση αυτού είναι για:

- α. να εντοπίζει την οθόνη στο σωστό οπτικό επίπεδο του συστήματος
- β. αξιόπιστη υποστήριξη για τη συνεργασία θέσης για μετρήσεις και
- γ. διαβεβαίωση της εναλλαξιμότητας της κανονικής οθόνης γυαλιού με διάφορους τύπους διαγραμμάτων οθόνων.

Ο δακτύλιος της οθόνης μπορεί να είναι σταθερός ή περιστρεπτός. Για τους περιστρεπτούς τύπους, ο δακτύλιος της οθόνης οδηγείται ακριβώς στο να εξασφαλίσει το επίπεδο κατά την περιστροφή. Έχει γωνιακές διαβαθμίσεις γύρω από ολόκληρη την περιφέρεια συνήθως μια ή μιάμιση μοίρα.

Ο αριθμός των διαβαθμίσεων είναι συνήθως από 1 ως 90 μοίρες σε κάθε ένα από τα τέσσερα ορθογώνια τμήματα.

Ο εξοπλισμός που περιγράφηκε, έχει σχεδιαστεί σαν μοιρογνωμόνιο οθόνης που επιτρέπει τις γωνιακές μετρήσεις της εικόνας της οθόνης. Ωστόσο, χρειάζεται να θυμηθούμε ότι εκτός από την ανάγνωση, η απόλυτη ακρίβεια των μετρήσεων της γωνίας εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία η λεπτή γραμμή της οθόνης συμπίπτει με το περίγραμμα γραμμών της εικόνας, το οποίο απεικονίζει το βραχίονα της γωνίας που μετρήθηκε.

### 1.2.5 Μέτρηση Χωρητικότητας

Για την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους της οπτικής συσκευής, η διάμετρος της οθόνης μπορεί να θεωρηθεί όπως τα περισσότερα χαρακτηριστικά, απλής διάστασης. Από ένα σημείο εφαρμογής, είναι η χαρακτηριστική διάσταση, η διάμετρος της κυκλικής οθόνης που ορίζει τη περιοχή του αντικειμένου, το οποίο μπορεί να περιέχεται στην εικόνα της οθόνης σε οποιαδήποτε ειδική μεγέθυνση. Παρόλο που είναι εφικτό να μετακινηθεί το αντικείμενο και να φέρει τα διάφορα κομμάτια στο πεδίο του συστήματος για πολλές εφαρμογές, είναι επιθυμητό να έχουμε το υπόλοιπο αντικείμενο μέσα στην οθόνη.

Το μέγεθος του μεγαλύτερου αντικειμένου που μπορεί να αυξηθεί στο χώρο της συσκευής χρειάζεται να ερευνηθεί. Αυτή είναι η περίπτωση όπου το αντικείμενο έχει διαφορετική θέση, λεπτομέρειες που χρειάζεται να ερευνηθούν από την οπτική προβολή, ή ακόμα να μετρηθούν σε ελεγχόμενη διαστασιολογική σχέση μεταξύ τους.

Οι αναλύσεις που χρειάζονται να ελεγχθούν σε μερικές περιπτώσεις είναι οι ακόλουθες:

- Η απόσταση εργασίας του οπτικού συστήματος- η απόσταση του εστιακού επιπέδου από τους φακούς. Οι φακοί είναι πίσω από το αντικείμενο, οι οποίοι σηκώνουν την εικόνα του κομματιού και την μεταφέρουν στο μεγεθυνόμενο σύστημα φακών
- Η εκκαθάριση οπής- η ελεύθερη απόσταση μεταξύ της πηγής φωτός πυκνωτή και των φακών.
- Η κατακόρυφη εκκαθάριση – η μέγιστη απόσταση μεταξύ ανώτατου πίνακα και των φακών
- Ο βαθμός των συνεργαζόμενων κινήσεων είναι μια άλλη σημαντική άποψη για την αποτίμηση της χωρητικότητας των οπτικών συσκευών

Ο σκοπός της συνεργασίας κινήσεων είναι να φέρει με διάφορους τρόπους το ελεγχόμενο εκτόπισμα, μακρινές λεπτομέρειες του αντικειμένου μέσα στο εστιακό πεδίο. Τα παρακάτω είναι τυπική χωρητικότητα πληροφοριών για διάφορα μεγέθη μοντέλων των οπτικών συσκευών.

### 1.3 Συμπληρωματικός εξοπλισμός για τις οπτικές συσκευές

Οι ανάγκες του εξοπλισμού έχουν ευρύ φάσμα κυρίως λόγω των ποικίλων εφαρμογών των οπτικών συσκευών. Το μέγεθος και η χωρητικότητα μέτρησης της συσκευής,

απεικονίζει μία άποψη μόνο. Ανάλογα με τον σκοπό που έχει επιλεγεί, οι οπτικές συσκευές μπορεί να χρειάζονται στην μια περίπτωση για να εκτελέσουν ολόκληρο το χρόνο ένα μόνο απλό θέμα, για παράδειγμα την σύγκριση των περιγραμμάτων αντικειμένων σε διαγράμματα οθόνης.

### *1.3.1 Επιλεκτικός Εξοπλισμός Συσκευής*

Υπάρχουν συνήθως ενσωματωμένες συσκευές που μπορεί να μετατραπούν σε εσωτερικά στοιχεία της βασικής μηχανής:

#### *1.3.1.1 Μετρήσεις κινήσεων*

α. Η συνεργαζόμενη κίνηση του επιπέδου κατά μήκος των αξόνων X και Y. Ανάλογα με τη βασική διευθέτηση της συσκευής, αυτοί οι άξονες περιέχονται είτε στο οριζόντιο είτε στον κατακόρυφο άξονα. Τα μικρόμετρα ή οι δείκτες χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν την ποσότητα του εκτοπίσματος στην κατεύθυνση των συνεργαζόμενων αξόνων.

β. Εστιακή κίνηση με ολίσθηση ενεργοποιημένη από τον κοχλία. Όταν αυτή η συσκευή δεν είναι κομμάτι της μηχανής, η εστίαση πετυχαίνεται με την κίνηση του αντικειμένου κατά μήκος των αξόνων του οπτικού συστήματος.

γ. Περιστροφή ρυθμίσεων στη διάταξη. Αυτή η ρύθμιση αρχικά χρειάζεται όταν κομμάτια με νορμάλ περίγραμμα στην ελικοειδή γωνία έχουν επιθεωρηθεί.

#### *1.3.1.2 Φακοί συσκευής*

Οι εφαρμογές που προορίζονται από την οπτική συσκευή, πρέπει να είναι ο παράγοντας για την επιλογή μιας από τις παρακάτω εναλλακτικές μελέτες:

α. Απλή μεγέθυνση από τους σταθερούς φακούς. Επιλέγετε όταν η συσκευή θα εφαρμοστεί σε μια συνεχή εφαρμογή που απαιτεί την ίδια μεγέθυνση.

β. Ευμετάβλητη μεγέθυνση από εναλλακτικούς φακούς. Είναι ο κατάλληλος εξοπλισμός όταν γίνεται επιθεώρηση και απαιτούνται διαφορετικές μεγεθύνσεις.

γ. Ευμετάβλητη μεγέθυνση από τους επιλεγμένους φακούς. Είναι για γενικές εφαρμογές, με βολικό εξοπλισμό και σε σύντομο χρονικό διάστημα

### 1.3.1.3 Φωτεινότητα

α. Μετωπική φωτεινότητα από λάμπα ηλεκτρονικής λυχνίας. Είναι ο βασικός εξοπλισμός των οπτικών συσκευών για να παράγουν το αντίγραφο του αντικειμένου στην οθόνη προβολής.

β. Φωτεινότητα αντανάκλασης – κατευθείαν από την πίσω πλευρά του αντικειμένου που βλέπει τον πυκνωτή και παράγει την εικόνα αντανάκλασης αυτής της φωτεινής πλευράς.

γ. Πλάγια επιφάνεια φωτεινότητας- προαιρετικός εξοπλισμός που μπορεί να παράγει σημαντικές εικόνες όταν η κανονική αντανάκλαση φωτεινότητας , που κατευθύνεται κανονικά στη πλευρά του αντικειμένου, θα αποτύχει.

δ. Πηγή λαμπτήρα τόξου υδρογόνου- για την παραγωγή έξτρα υψηλή ένταση της φωτεινότητας για την μεγέθυνση της άνω απόστασης.

ε. Κατακόρυφη φωτεινότητα για κανονικό οριζόντιο διάδρομο προβολών. Αποτελεί προαιρετικό εξοπλισμό για να περιέχει μικρά αντικείμενα τα οποία είναι τοποθετημένα στο οριζόντιο άξονα.

### 1.3.1.4 Ειδικός εξοπλισμός

Οι κατασκευαστές των οπτικών συσκευών είναι σε θέση να παρέχουν διαφόρων ειδών εξοπλισμό σχεδιασμένο για ειδικούς σκοπούς. Τέτοια παραδείγματα είναι :

α. Οπτικός διαχωριστής, χωρίζοντας το συγκεντρωμένο πλάγιο φως από μια ως δύο διευθύνσεις

β. Ανίχνευση των κρυμμένων επιφανειών και παρατηρώντας τις μεταβατικές θέσεις πάνω στην οθόνη που μπορούν να συγκριθούν με τη γραμμή αναφοράς ενός διαγράμματος οθόνης που απεικονίζει τη μεγεθυνόμενη σχεδίαση του περιγράμματος της εξεταζόμενης επιφάνειας.

### 1.3.2 Σταθερά προσαρτήματα αντικειμένων

Σε μερικές εφαρμογές μπορεί να αρκεί να τοποθετήσεις το αντικείμενο πάνω στη διάταξη σε τέτοια θέση όπου το περίγραμμα να ερευνηθεί στο οπτικό επίπεδο της συσκευής.



Σε μερικές περιπτώσεις , μερικά είδη συσκευών είναι επιθυμητά ή υποχρεωτικά.

Μερικά τυπικά στοιχεία που χρειάζεται αντικείμενο στερεωμένο σε μόνιμο εξάρτημα παρουσιάζονται παρακάτω :

1. Ασφαλή στερέωση του αντικειμένου όπου η βαρύτητα από μόνη της δεν είναι επαρκής
2. Προσανατολισμού του αντικειμένου για να το φέρει στην περιοχή που θα ερευνηθεί μέσα στο οπτικό επίπεδο της συσκευής
3. Να μειώσει το χρόνο προετοιμασίας για επαναλαμβανόμενη επιθεώρηση ή σύνολο από αναγνωρισμένα κομμάτια
4. Να εντοπίσει το αντικείμενο από μια επιφάνεια που είναι εκτός του πεδίου όψης της συσκευής
5. Το εντοιχισμένο εξάρτημα είναι αναγκαίο για να ολοκληρωθεί η κίνηση του αντικειμένου.

Τα διαφορετικά απαραίτητα εξαρτήματα χρησιμοποιούνται σε οπτικές συσκευές που παρατίθενται παρακάτω ανάλογα με τις λειτουργίες και κάτω από τις αντίστοιχες κατηγορίες :

1. Σταθερές βάσεις που εξυπηρετούν δύο σκοπούς :
  - Τοποθετούν το μόνιμο προσάρτημα σε ελεγχόμενη σχέση με την επιφάνεια.
  - Αυξάνουν το επίπεδο του μόνιμου προσαρτήματος όπου χρειάζεται, για να φέρουν μικρά αντικείμενα μέσα στο οπτικό επίπεδο του συστήματος φακών.
2. Περιστρεφόμενα επίπεδα, με γωνία διαβάθμισης, να προσανατολίζει το αντικείμενο που ελέγχεται σε διαφορετικά επίπεδα και θέσεις γωνιών
3. Ειδικά εξαρτήματα με ενσωματωμένες επιφάνειες τοποθέτησης. Χρειάζεται παροχή για μετατόπιση προς τα πάνω από ελεγχόμενες αποστάσεις και γωνίες.

### 1.3.3 Βοηθήματα για την ανάλυση της εικόνας στην οθόνη

Πρόσθετα για ανάλυση της εικόνας οθόνης παρατίθενται παραδείγματα παρακάτω :

1. Διαγράμματα κλίμακας που χρησιμοποιούνται για να τοποθετήσουν και να εξασφαλίσουν επικαλυμμένα διαγράμματα πάνω στην οθόνη σε μια σωστά ευθυγραμμισμένη και ασφαλή θέση.

2. Βαθμίδα και περίγραμμα φακού επιτρέπουν την γρήγορη και άμεση μέτρηση πάνω στην εικόνα της οθόνης. Αυτές οι βαθμίδες είναι διαθέσιμες σε κλασματικές και δεκαδικές διαιρέσεις ώστε να επιτρέπουν τον έλεγχο των αποστάσεων σε οποιαδήποτε μεγέθυνση. Το περίγραμμα των φακών χρησιμοποιείται για να ελέγξει αξονικές ή κυκλικές καμπύλες τόξων στην προβαλλόμενη εικόνα.

3. Προσαρτήματα ολίσθησης όπου τοποθετούνται στο δακτύλιο της οθόνης αντικαθιστώντας το φακό οθόνης, επιχειρούν με ένα παρόμοιο τρόπο, με ένα φακό επαφής του εκτυπωτή, για να φτιάξουν ακριβή αντίτυπα της εικόνας οθόνης.

4. Διαγράμματα οθόνης μπορούν να φτιαχτούν να είναι εναλλάξιμα με το πρωτότυπο φακό της οθόνης της συσκευής.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1-2 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΘΟΝΗΣ  
ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΟΛΕΩΝ**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Γραμμή αναφοράς διαγραμμάτων	Συνήθως διαγώνιες μικρές αποστάσεις μέσω του κέντρου της οθόνης, με μία πρόσθετη 30/60 μοίρα ακτινωτή γραμμή.	Χρησιμοποιείται για να ευθυγραμμίσει εκείνο το τμήμα περιγράμματος της οθόνης, εικόνα που επιλέγεται για τη βάση αναφοράς. Κατόπιν το αντικείμενο επανεπιτοπίζεται με την κίνηση του σταθερού πίνακα ένα ή δύο άξονες μέχρι το αλληλένδετο περίγραμμα της γραμμής της εικόνας να συμπίπτει με την ίδια οθόνη. Η απόσταση της μετατόπισης διαβάζεται επάνω στα κεφάλια του μικρομέτρου. Για τις μετρήσεις γωνίας το δαχτυλίδι οθόνης περιστρέφεται και η διάσταση διαβάζεται στο μοιρογνωμόνιο οθόνης.
Βασικοί τύποι διαγραμμάτων	Ακτίνες υπό μορφή πλήρους κύκλου διαγράμματα ακτίνας ή κυκλικά τόξα για τις μεγάλες ακτίνες. Διαγράμματα μοιρογνωμόνιων, διαγράμματα πλέγματος.	Ενίσχυση διαγραμμάτων ακτίνας στον έλεγχο της ομοιομορφίας, κυρτότητες με τα κυκλικά τόξα της γνωστής ακτίνας. Άλλος βασικός τύπος διαγραμμάτων επιτρέπει γωνίες και ισοδύναμες μετρήσεις συντεταγμένων, με το να τις διαβάζει άμεσα από την οθόνη.
Συνδυασμός διαγραμμάτων μορφής	Ακτίνες και διαγώνιες λεπτές γραμμές στο ίδιο διάγραμμα.	Αυτοί περιέχουν και οι δύο, βασικές μορφές για σύγκριση και λεπτές γραμμές για την παραπομπή σχετικά με μετρήσεις συντεταγμένων και μοιρογνωμόνιων.
Τυποποιημένο έντυπο διαγραμμάτων	Περιέχει όλες τις κρίσιμες παραμέτρους από το αντικείμενο που μπορεί να παρατηρηθεί σε ένα ενιαίο επίπεδο.	Διαστάσεις και μορφές τυποποιημένων κομματιών με διάφορες διευκρινισμένες παραμέτρους επιθεωρούνται με αυτά τα διαγράμματα, τα οποία είναι διαθέσιμα, π.χ., για τα περισσότερα από τις τυποποιημένες μορφές σπειρώματα, σε διαφορετική μεγέθυνση. Είτε μονής γραμμής διαγράμματα ή διαγράμματα διπλών γραμμών παρέχουν τις ζώνες ανοχής που χρησιμοποιούνται.
Συνδυασμός τύπων διαγραμμάτων	Συνδυασμός χαρακτηριστικών μορφών από διάφορα μεγέθη των κομματιών που αναφέρονται στον ίδιο τύπο προϊόντος.	Η εφαρμογή της οπτικής επιθεώρησης προβολέων μπορεί να περιοριστεί στις παραμέτρους για τις οποίες καμία άλλη κατάλληλη μέθοδος επιθεώρησης είναι γνωστή. Σε αυτή τη περίπτωση η κρίσιμη μορφή τμήματος-π.χ. σπειρώματα, γωνίες, ρίζες, κ.λπ.- μιας σειράς ενός συγκεκριμένου τύπου προϊόντος μπορεί να συνδυαστεί σε ένα ενιαίο διάγραμμα.
Συγκεκριμένο αντικείμενο επιθεώρησης διαγραμμάτων	Από το σχεδιάγραμμα από εξειδικευμένο προμηθευτή για να παρουσιάζει όλες τις σχετικές διαστάσεις οποιουδήποτε αντικειμένου κατάλληλου για επιθεώρηση οπτικών προβολέων.	Χρησιμοποιημένος για την επαναλαμβανόμενη επιθεώρηση για να μειώσει το χρόνο από τις ισότιμες μετρήσεις. Επιτρέπει την παρατήρηση με μια ενιαία ματιά συγκρίνοντας την εικόνα του περιγράμματος με τις γραμμές διαγραμμάτων.

Για τα υλικά των διαγραμμάτων των οθόνων, μπορούν να επιλεγούν μια από τις παρακάτω επιλογές, ανάλογα ποια ταιριάζει για κάθε εφαρμογή :

1. Τα διαγράμματα των οθόνων έχουν το πλεονέκτημα των πολύ καθαρών γραμμών διαγραμμάτων. Ωστόσο είναι αρκετά ακριβά και απαιτούν μεγάλη φροντίδα στο χειρισμό και την αποθήκευση.

2. Πλαστικά διαγράμματα φτιαγμένα από βινύλιο μπορεί να είναι είτε αλύγιστα είτε εύκαμπτα για να προσαρμόζονται στον συνδετήρα. Τα πλαστικά διαγράμματα είναι πιο φωτεινά, λιγότερα ευαίσθητα στο χειρισμό, εύκολα στην αποθήκευση και επηρεάζονται λίγο από την θερμοκρασία και την υγρασία.

3. Διαγράμματα διάφανων χαρτιών χρησιμοποιούνται για γρήγορες επιθεωρήσεις σε σύντομες παραγωγές και προετοιμάζονται να παρέχουν πληροφορίες, σε γενικές γραμμές για την σύγκριση της εικόνας. Διάφανα χαρτιά επίσης χρησιμοποιούνται για την αντιγραφή της εικόνας της οθόνης για να πετύχουν ένα μόνιμο αρχείο για την περαιτέρω μελέτη.

#### **1.4 Εφαρμογές των οπτικών συσκευών**

Ο χειρισμός των λειτουργιών και των μετρήσεων των διαστάσεων που μπορεί να πραγματοποιηθούν με την οπτική συσκευή, είναι παρόμοιος με τα μηχανολογικά μικροσκόπια. Παρόλα αυτά, υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ των δύο ειδών των οργάνων των οπτικών μετρήσεων, με αναφορά στις δυνατότητες και την καταλληλότητα για συγκεκριμένες εφαρμογές και συνθήκες.

Τα μικροσκόπια είναι όργανα που χρειάζονται συγκεκριμένο βαθμό δυνατοτήτων και εμπειρίας για την αποτελεσματική λειτουργία.

Οι οπτικές συσκευές είναι βασικά όργανα παραγωγής προσανατολισμού και στην πραγματικότητα χρησιμοποιούνται από χειριστές εργαλείων μηχανών ή εκπαιδευμένους επιθεωρητές. Οι οπτικές συσκευές είναι λιγότερο ευαίσθητες από τα μικροσκόπια, πιο εύκολες στη λειτουργία, και ακόμη προσωπικό το οποίο δεν έχει τις δυνατότητες μπορεί να εκπαιδευτεί γρήγορα για να εκτελέσει τις λειτουργίες και επιθεωρήσεις αυτών των οργάνων.

Οι οπτικές συσκευές παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα εφαρμογών σε πολλούς τομείς, σε σχέση με τις δυνατότητες των μηχανολογικών μικροσκοπίων. Παραδείγματα τέτοιων χαρακτηριστικών και συνθήκες λειτουργίας παρατίθενται κάτω:

1. Όγκος και βάρος του εξεταζόμενου κομματιού.

2. Πεδίο ορατότητας του αντικειμένου. Ένα μεγάλο πεδίο ορατότητας επιτρέπει την συνοπτική παρατήρηση της περιοχής στην επιφάνεια εργασίας, μειώνει την ανάγκη εκτοπίσματος του αντικειμένου και προσφέρει περισσότερες λειτουργίες για επιθεωρήσεις μέσω σύγκρισης περιγραμμάτων χωρίς την πραγματοποίηση μετρήσεων

3. Η ανοιχτή οθόνη, στο επίπεδο του ματιού, επιτρέπει την ομαδική παρατήρηση της εικόνας σε απεριόριστη θέση κάτω από πιο φυσικές συνθήκες από την παρατήρηση μέσω μικροσκοπίου.

4. Εφαρμογές εργαλείων μηχανών για την συνεχή παρατήρηση της διαδικασίας της εργασίας, με τη βοήθεια διαγραμμάτων οθόνης, χωρίς την παρεμπόδιση της κίνησης των εργαλείων της μηχανής

5. Ανεξάρτητα διαγράμματα οθόνης για καθαρή παρατήρηση των κομματιών που αντέχουν, μπορούν να ετοιμαστούν και να τοποθετηθούν στην οθόνη σύμφωνα με τις ανάγκες της σχεδιασμένης λειτουργίας επιθεώρησης.

6. Αναπαραγωγή από φωτογραφία χρειάζεται μόνο την ανταλλαγή της οθόνης με μια πλάκα πλαισίου, για την προετοιμασία ενός περιγράμματος φωτογραφίας ακριβώς στο μέγεθος στο οποίο η εικόνα εμφανίζεται στην οθόνη. Η εικόνα του περιγράμματος μπορεί επίσης να αναπαραχθεί στο σχετικό διάγραμμα οθόνης, και τα αποτελέσματα να κρατηθούν για περαιτέρω ανάλυση.

7. Αντιγραφή του σχεδίου του περιγράμματος, τοποθετώντας το χαρτί πάνω στο φακό της οθόνης, το περίγραμμα του κομματιού που επιθεωρούμε, μπορεί να ανιχνευθεί με ένα μολύβι, και η ανίχνευση αυτή να εξυπηρετήσει σκοπούς αρχείων.

8. Παραγωγή των ηλεκτρονικών ευθύγραμμων μετρήσεων, με την χρήση δυο απλών αξόνων ψηφιακής ηλεκτρονικής οθόνης.

#### *1.4.1 Προβαλλόμενη και αντανακλώμενη εικόνα του αντικειμένου*

Μία βασική λειτουργία των οπτικών συσκευών είναι η φωτεινότητα των δειγμάτων για το σκοπό της παραγωγής μιας επαρκούς εικόνας της οθόνης. Αυτή η εικόνα πρέπει να έχει χαρακτηριστικά που ταιριάζουν καλύτερα στην επιθεώρηση των τύπων, των μεγεθών ή της επιφάνειας του τεμαχίου. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τέτοια εικόνα μπορεί να είναι το περίγραμμα της προβολής, μια επιφάνεια αντανάκλασης, ή συνδυασμός και των δύο. Παρόλο που ένας επιθεωρητής έμπειρος στη λειτουργία της οπτικής συσκευής καθορίζει είτε προκαταβολικά είτε με πειραματισμούς το πιο κατάλληλο τύπο του αντικειμένου φωτεινότητας, μερικές μελέτες παρουσιάζονται στο παρακάτω συμπλήρωμα της γενικής συζήτησης των χρήσεων των οπτικών συσκευών

Η πιο κοινή εφαρμογή των οπτικών συσκευών βασίζεται στην προβολή του αντιγράφου της εικόνας του αντικειμένου στην οθόνη προβολής. Το αντίγραφο απεικονίζει το περίγραμμα του αντικειμένου σε αυτό το επίπεδο, το οποίο συμπίπτει με το εστιακό επίπεδο του οπτικού συστήματος. Για καμπύλα αντικείμενα, θα μπορεί να αναγνωριστεί με το επίπεδο διαμέτρου, όπου η προβολή του περιγράμματος αντιπροσωπεύει το μετατοπισμένο μέρος του κομματιού.

Λαμβάνοντας υπόψη τις πολλές εφαρμογές του αντιγράφου που προβάλλεται, και λόγω του σχετικού απλού οπτικού συστήματος, και της συγκρατημένης έντασης του φωτός, από την οποία μερικές προβολές μπορούν να παραχθούν, οι ξεκάθαροι και λιγότερο ακριβοί τύποι των οπτικών προβολών έχουν σχεδιαστεί μεμονωμένα για την παρουσίαση των αντιγράφων των εικόνων.

Η αντανακλώμενη εικόνα του αντικειμένου αποτελεί βασικά ένα μη αναστρέψιμο και μεγεθυνόμενο πρότυπο αντίγραφο αυτής της επιφάνειας του αντικειμένου, που έχει τοποθετηθεί στο εστιακό επίπεδο του οπτικού συστήματος. Μπορεί επίσης να συγκριθεί με μία μεγεθυνόμενη φωτογραφία, παρόλο που είναι διαφορετικές απόψεις:

α. Η εικόνα που εμφανίζεται στην οθόνη είναι το αντίγραφο αυτού του μέρους της επιφάνειας του αντικειμένου το οποίο τοποθετήθηκε στο εστιακό επίπεδο.

β. Η αντανακλασμένη εικόνα της οθόνης παράγεται με τη βοήθεια παράλληλων δεσμών φωτός χωρίς την προοπτική επίδραση που δημιουργείται στην ολίσθηση. Η χρήση των παράλληλων δεσμών φωτός εξυπηρετεί το σημαντικό σκοπό της παραγωγής αντανακλασμένης εικόνας απαραμόρφωτων διαστάσεων και σε ακριβή ελεγχόμενη μεγέθυνση.

Οι αντανακλασμένες εικόνες ουσιαστικά επεκτείνουν το πεδίο των εφαρμογών των οπτικών συσκευών επιτρέποντας την επιτήρηση των χαρακτηριστικών του αντικειμένου τα οποία δεν εντοπίζονται πάνω στο αντίγραφο της εικόνας.

Η παρατήρηση από αντανάκλαση συνήθως συνδυάζει και τις δύο μεθόδους της φωτεινότητας : από την πίσω πλευρά του αντικειμένου, για να παράγει την διαμόρφωση του περιγράμματος, και από την μπροστινή πλευρά για την αντανάκλαση του φωτός από την πρόσοψη του αντικειμένου.

Μερικές τυπικές εφαρμογές της παρατήρησης του αντανακλώμενου φωτός στις οπτικές συσκευές είναι :

1. Επιφάνειες όπου οι διαστάσεις και ο συνδυασμός των θέσεων των οπών, των εγκοπών, κ.α. είναι για να επιθεωρηθούν και να μετρηθούν για παράδειγμα το καλούπι της πλάκας και τα επίπεδα διαμετρήματα..

2. Επιφάνειες με ανάγλυφες ή πεπλατυσμένες μορφές, για παράδειγμα, το καλούπι των χαρακτήρων ή αποτυπωμένα γράμματα που παράγονται στις επιφάνειες εργασίας.

3. Επιφάνειες όπου μηχανισμοί εφαρμόζουν περίπλοκα πρότυπα τα οποία πρέπει να συγκριθούν με ένα πρωτότυπο σε σταθερή μεγέθυνση

4. Τα σταυρωτά τμήματα της βαθιάς απεικόνισης ή διαμορφωμένα στοιχεία, όπου το πάχος της εσωτερικής επιφάνειας και οι διάφορες διαστάσεις μπορούν να παρατηρηθούν και να συγκριθούν

5. Το κατώτατο σημείο των κοιλοτήτων, οι σκεπασμένες οπές, μπορούν να παρατηρηθούν από ευθυγράμμιση του επιπέδου αξόνων με την κατεύθυνση της δέσμης φωτός και εστίαση στο επίπεδο που παρατηρείται

6. Ιδιότητες επιφανειών, η βασική δομή, η παρουσία ρωγμών, μπορεί να παρατηρηθεί είτε κάτω από την κανονική κατεύθυνση του φωτός προς την επιφάνεια, ή σε μια έντονη γωνία άφιξης στο επίπεδο

### **1.5 Αποτίμηση των χαρακτηριστικών των οπτικών συσκευών προβολών**

Η προηγούμενη αναφορά των οπτικών συσκευών προβολών γενικά, από την προσαρμοστικότητα σε ποικίλα έργα μέτρησης, μπορεί να μεταφέρει την εντύπωση μεγάλων πλεονεκτημάτων σε σχέση με άλλα συστήματα οργάνων μέτρησης.

Χωρίς να υπάρχει πρόθεση να μειωθούν τα χαρακτηριστικά των οπτικών συσκευών προβολών σαν εργαλεία επιθεώρησης, μια ρεαλιστική αποτίμηση της θέσης των οπτικών συσκευών προβολών θα επιχειρηθεί.

Η αποτίμηση θα αποδειχθεί αρκετά βοηθητική καθώς καθορίζει τις κατάλληλες επιφάνειες της εφαρμογής, διαφορετικά από άλλους τύπους οργάνων μέτρησης, τα οποία μπορεί να είναι τεχνικά κατάλληλα για την επίτευξη του έργου μέτρησης.

Καμία κατηγορία οργάνων μέτρησης δεν μπορεί να οριστεί με κανόνες ίσους με όλα τα μέλη της ομάδας. Για το λόγο αυτό, η αποτίμηση σύμφωνα με το δυναμικό της κατηγορίας βασίζεται σε βελτιωμένους τύπους των οργάνων.

Αυτή η συνοψισμένη ανασκόπηση δεν προτίθεται να αποτελέσει αυστηρό οδηγό, αλλά μπορεί να υποδείξει διαφορετικές θέσεις που μπορούν να μελετηθούν στην επιλογή του κατάλληλου έργου επιθεώρησης μια συγκεκριμένη κατηγορία οργάνων μέτρησης, όπως τις οπτικές συσκευές προβολών.

# Κεφάλαιο 2

## 2 Μετρήσεις γωνιών

### 2.1 Συσκευές για την μέτρηση γωνιών

Ενώ για την μέτρηση της απόστασης χρειάζεται η εκλογή ενός βασικού προτύπου, είτε υλικό είτε φυσικό, οι μετρήσεις των γωνιών μπορούν να επαληθευτούν από την υποδιαίρεση του κύκλου.

Το μέγεθος των γωνιών, οι οποίες παράγονται από την υποδιαίρεση του κύκλου έχει για μια βασική συσκευή τη σωστή γωνία, ως αποτέλεσμα από την διχοτόμηση των δύο κοινών κατακόρυφων επίπεδων γραμμών. Το σημείο της διχοτόμησης θεωρείται ότι συμπίπτει με το κέντρο του νοητού κύκλου που έχει διχοτομηθεί.

Υπάρχουν δυο γνωστά συστήματα για την διχοτόμηση της κατάλληλης γωνίας σε γωνιακά κομμάτια: το εξηκοστό και το εκατοστιαίο

- Το εξηκοστό είναι γενικά το σύστημα το οποίο δουλεύουμε, για τις τεχνικές μετρήσεις των γωνιών. Αυτό το σύστημα χωρίζει την κατάλληλη γωνία σε 90 κομμάτια, γνωστά ως μοίρες. Κάθε μοίρα είναι χωρισμένη σε 60 λεπτά και κάθε λεπτό σε 60 δευτερόλεπτα .

- Το εκατοστιαίο σύστημα, το οποίο χρησιμοποιείται σπάνια, χωρίζει την κατάλληλη γωνία σε 100 κομμάτια που ονομάζονται βαθμίδες, κάθε βαθμίδα περιέχει 100 λεπτά και κάθε λεπτό 100 δευτερόλεπτα.

Σε πολλές θεωρητικές εφαρμογές η γωνία μετριέται σαν κομμάτι ενός κύκλου, που περιλαμβάνεται σε ένα τόξο από ορισμένη απόσταση και το μέγεθος αυτής της γωνίας εκφράζεται σαν την αναλογία

#### *Απόσταση του περιλαμβανόμενου τόξου της γωνίας / ακτίνα του κύκλου*

Ένα σύστημα βασισμένο στο ακτίνιο χρησιμοποιείται επίσης για στρατιωτικούς λόγους. Αυτό είναι γνωστό ως σύστημα millieme ή mil, που έχει ως μονάδα μια γωνιακή διάσταση ίση με ένα περίπου χιλιοστό μέρος ενός ακτινίου. Στις πρακτικές εφαρμογές, το mil ορίζεται ως ένα 6400ο μέρος ενός κύκλου, αντί της διαίρεσης του κύκλου σε 6283.18 μέρη, τα οποία θα αντιστοιχούσαν ακριβώς στο ένα-χιλιοστό μέρος ενός ακτινίου.

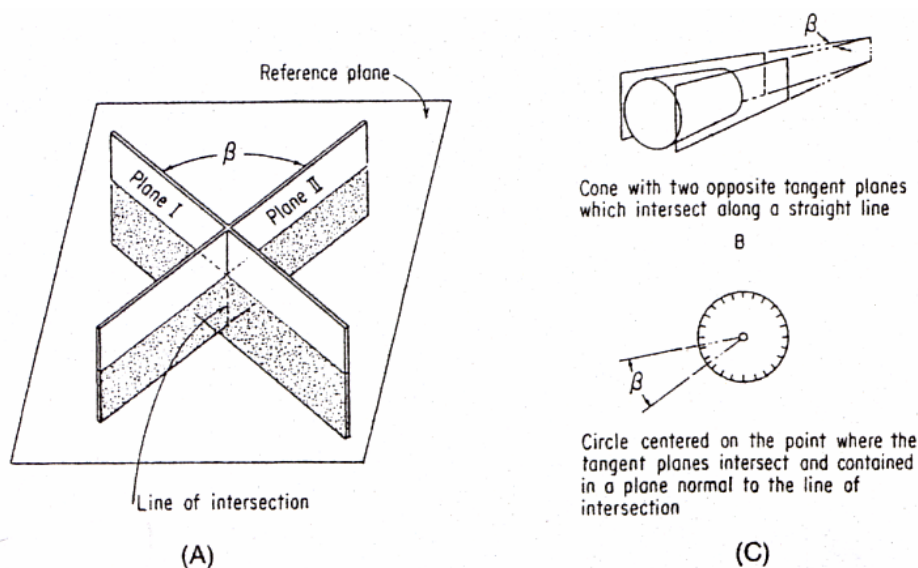
Στις τεχνικές μετρήσεις είναι συχνά κατάλληλο να καθοριστεί ή να εκφραστεί ένα γωνιακό μέγεθος από την άποψη των τριγωνομετρικών λειτουργιών του, του ημιτό-



νου, του συνημίτονου και της εφαπτομένης που είναι πολύ συχνά χρησιμοποιούμενα. Για αυτό τον λόγο η λειτουργία διάφορων συστημάτων της γωνιακής μέτρησης είναι βασισμένη στην εφαρμογή των τριγωνομετρικών λειτουργιών.

## 2.2 Γεωμετρικοί όροι που μετρούνται στις γωνιακές μονάδες

Δύο τεμνόμενες ευθείες γραμμές διαμορφώνουν μια γωνία, αυτές οι γραμμές μπορούν να είναι στοιχεία από δύο πραγματικά ή φανταστικά επίπεδα. (σχέδιο 10-1). Όταν αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνονται επίσης σε ένα τρίτο επίπεδο που είναι κανονικό στη γραμμή διατομής των δύο μη παράλληλων επιπέδων, τότε η γωνία που χωρίζει τις δύο γραμμές στοιχείων θα απεικονίζει το μέγεθος της διέδρης γωνίας που δημιουργείται με τα τεμνόμενα επίπεδα.



Σχ.2-1 Παραδείγματα γεωμετρικών συνθηκών που ορίζονται σαν γωνιακοί διαχωρισμοί

Στις μεταλλουργικές βιομηχανίες πολλά μέρη και χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι οριακά κοντά, ή έχουν για τις εφαπτόμενες, κομμένα επίπεδα των οποίων η προβολή σε ένα τρίτο επίπεδο θα οδηγήσει σε δύο τεμνόμενες ευθείες γραμμές. Η αμοιβαία θέση αυτών των επιπέδων καθορίζεται σε γωνιακές μονάδες.

Για να εκφράσει το διαχωρισμό της διατομής των γραμμών στις γωνιακές μονάδες, το σημείο της διατομής τους λαμβάνεται σαν το κέντρο ενός φανταστικού κύκλου που περιέχεται στο κοινό επίπεδο της διατομής των δύο τεμνόμενων ευθειών. Το μέγεθος της κεντρικής γωνίας που δύο τεμνόμενες γραμμές παρεμποδίζουν θα είναι το μέτρο του γωνιακού διαχωρισμού που ορίζει τη σχέση θέσης των γραμμών ή των επιπέδων.

Οι γεωμετρικοί όροι των σύνθετων γωνιών καθορίζονται επίσης με τη μέτρηση του γωνιακού διαχωρισμού των οριοθετημένων επιπέδων. Εντούτοις, στην περίπτωση των σύνθετων γωνιών πρέπει να καθιερωθούν περισσότερα από ένα επίπεδα αναφοράς, χρησιμοποιώντας μία ανεξάρτητη μέτρηση γωνίας, και στη συνέχεια να καθοριστεί ο γωνιακός διαχωρισμός των επιπέδων αναφοράς.

Οι γωνιακές μονάδες χρησιμοποιούνται επίσης για να μετρήσουν τους όρους διαστήματος που συσχετίζονται με έναν κύκλο. Η γωνιακή διάταξη εφαρμόζεται συχνά στην εφαρμοσμένη μηχανική για να διευκρινίσει τους όρους που προκύπτουν από το τμήμα ενός κύκλου.

Μία περαιτέρω εφαρμογή όπου οι γωνιακές μονάδες χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τους γεωμετρικούς όρους είναι η μέτρηση των παρεκκλίσεων από μια ευθεία γραμμή, ένα επίπεδο ή μια ονομαστική αμοιβαία σχέση.

Επειδή τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων γεωμετρικών όρων που πρόκειται να μετρηθούν στις γωνιακές μονάδες ελέγχουν τις εφαρμόσιμες μεθόδους και τον εξοπλισμό, μια έρευνα για αυτούς τους όρους πρέπει να προηγηθεί της αναφοράς των διαδικασιών των γωνιακών οργάνων μέτρησης.



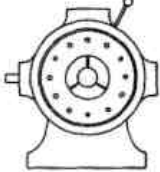
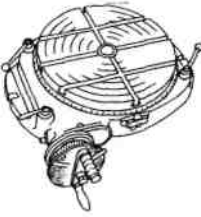
### **2.3 Έρευνα για τη μέτρηση γωνίας συστημάτων και τις τεχνικές**

Η ευρεία ποικιλία των γεωμετρικών όρων που καθορίζονται στις γωνιακές συσκευές απαιτεί διαφορετικούς τύπους, μεθόδους μέτρησης γωνίας και εξοπλισμό. Εντούτοις, η διαφορά των γεωμετρικών όρων, καθορίζει την επιλογή του κατάλληλου συστήματος της μέτρησης. Υπάρχουν επίσης, πολλοί πρόσθετοι παράγοντες, για παράδειγμα, το μέγεθος και η γενική μορφή του τεμαχίου, η τοποθέτηση, η αναμενόμενη σειρά των μεταβολών γωνίας, η απαραίτητη ευαισθησία, η ακρίβεια των μετρήσεων και διάφορες άλλες.

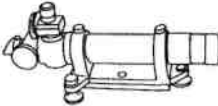
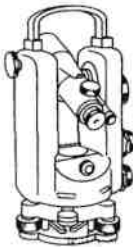

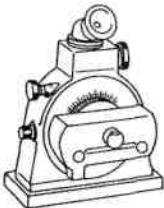
Οι πολλοί όροι που καθορίζουν τις απαραίτητες ή επιθυμητές ικανότητες των εφαρμοσμένων μεθόδων μέτρησης και του εξοπλισμού, προέτρεψαν την ανάπτυξη πολλών διαφορετικών συστημάτων και τεχνικών γωνιακών μετρήσεων. Αυτές οι τεχνικές είναι βασισμένες στη χρήση των διαφορετικών οργάνων μέτρησης, που κυμαίνονται από τα γενικής χρήσης εργαλεία μέτρησης, που συμπληρώνονται με τις βοηθητικές συσκευές, στην ειδική γωνία που σχεδιάζεται για τις πολύ ακριβείς διαδικασίες.

Με βάση τέτοια κοινά χαρακτηριστικά, η σημαντικότερη γωνία που μετρά τις τεχνικές ορίζεται στις συγκεκριμένες ομάδες, που απεικονίζουν ένα ιδιαίτερο σύστημα της μέτρησης. Αυτό, παρουσιάζεται στο Πίν. 2-1, το οποίο παρουσιάζει μια συνοπτική αναθεώρηση των συστημάτων και των διαδικασιών των μετρήσεων γωνίας.

**ΠΙΝ 2-1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΩΝ ΓΩΝΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-1**

Κατηγορία Συστήματος	Μέθοδος	Διαγραμματικό σχέδιο	Παράδειγμα εξοπλισμού	Συζήτηση
Άμεση μέτρηση της γωνίας η οποία ορίζεται από την αντίθετη επιφάνεια στοιχείων του κομματιού	Μέτρηση άμεσης επαφής		Μοιρογνωμόνιο χειρός, είτε με άμεση είτε με οπτική παρατηρούμενη γωνιακή βαθμίδα	Λειτουργεί με εγκατάσταση της μηχανικής γραμμής επαφής ταυτόχρονα με δύο αντίθετα στοιχεία της επιφάνειας, τα οποία για τα μέρη της περιστροφής πρέπει να περιέχονται στο αξονικό επίπεδο του κομματιού.
	Οπτική σύγκριση		Οπτική συσκευή με μοιρογνωμόνιο δακτυλιδιού γύρω από την οθόνη ή μικροσκόπιο μέτρησης με γωνιόμετρο προσοφθάλμιο φακό	Οι μετρήσεις του γωνιακού διαχωρισμού μεταξύ των γραμμών περιγράμματος της εικόνας του αντικείμενου που πρέπει να παραχθεί από το κομμάτι του οποίου είναι ο κάθετος άξονας στον οπτικό άξονα του οργάνου
Παράγει περιστροφικό εκτόπισμα ελεγχόμενο μηχανικά ή οπτικά	Επαυξητική περιστροφική τοποθέτηση		Χωρισμένες κεφαλές ή τοποθέτηση δεικτών στη πλάκα περιστροφής	Ενδείξεις σε ξεχωριστές θέσεις με την βοήθεια των κυκλικά χωρισμένων μηχανικών στοιχείων.
	Συνεχής περιστροφική τοποθέτηση		Πλάκα περιστροφής με μηχανικό ή οπτικό σύστημα μέτρησης	Ευαίσθητη περιστροφή παράγει γωνιακά διαστήματα είτε οδηγείτε από μια οπτικά παρατηρούμενη κυκλική βαθμίδα

ΠΙΝ 2-2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΩΝ ΓΩΝΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-2

Κατηγορία Συστήματος	Μέθοδος	Διαγραμματικό σχέδιο	Παράδειγμα εξοπλισμού	Συζήτηση
Οπτική μέτρηση της γωνίας των άμεσων παρεκβάσεων	Μετρήσεις από αντανάκλαση από μικρές αποκλίσεις ενός επιπέδου σε μια επιλεγόμενη θέση.		Αυτόματη συσκευή –είτε για καθαρή είτε για συνδυασμένη ηλεκτρονική ευαισθησία	Μετρήσεις με μεγάλη ευαισθησία μικρών αποκλίσεων από την κάθετη θέση του αντανακλώμενου στόχου.
	Χρησιμοποιεί μια γραμμή για να μετρήσει την γωνιακή τιμή του εκτόπισματος στη θέση του στόχου.		Θεοδολίτες— με διαφορετικούς βαθμούς ευαισθησίας	Μετρήσεις σε πολλά επίπεδα της γωνιακής θέσης μιας γραμμής που συνδέεται με το όργανο σε ένα στόχο στο αντικείμενο, αναφέροντας το γωνιακό εκτόπισμα αμοιβαία ή από ένα προ εγκατεστημένο επίπεδο.
Γωνιακή μέτρηση των αποκλίσεων από μια σχετική θέση	Επίγνωση με ευαισθησία για οριακές μετρήσεις αποκλίσεων από το οριζόντιο στο διάνυσμα βαρύτητας.		Επίπεδο με άμεση παρατηρούμενη φούσκα	Μετρήσεις με μικρές αποκλίσεις από τον οριζόντιο άξονα ενός επιπέδου ή μια κυλινδρικής υποστηριζόμενης επιφάνειας.
	Μετρήσεις της κλίσης που δείχνουν τις γωνιακές τιμές από το μηδέν στο οριζόντιο επίπεδο μέχρι την ορθή γωνία.		Κλινόμετρο- ένα περιστρεφόμενο όργανο μέτρησης γωνίας συνδυασμένο με το επίπεδο για την εγκατάσταση του επιπέδου αναφοράς	Μετρήσεις της γωνίας της υποστηριζόμενης επιφάνειας πάνω από μια εκτεταμένη ακτίνα, κοινώς από το οριζόντιο στο διανυσματικό.

## 2.4 Μετρήσεις γωνίας σε σύγκριση με τα γωνιακά σώματα αναφοράς

Μια από τις ευρύτερα χρησιμοποιημένες ομάδες μετρήσεων γωνίας είναι βασισμένη στη σύγκριση συνθηκών ενός τεμαχίου ή ενός χαρακτηριστικού γνωρίσματος με το γνωστό μέγεθος. Η επιθεώρηση αποτελείται από τον έλεγχο της συμμόρφωσης ή από τον καθορισμό του μεγέθους της απόκλισης μεταξύ του πρωτότυπου και του αντικειμένου. Για την τελευταία λειτουργία απαιτούνται συνήθως πρόσθετα όργανα μέτρησης.

Η γωνία αναφοράς εφαρμόσιμη σε αυτόν τον τύπο μέτρησης μπορεί να απεικονιστεί από διαφορετικά στοιχεία, φυσικά, εικονικά ή φανταστικά σώματα. Είναι καλό να θυμηθούμε ότι οι περισσότεροι τύποι των γωνιακών μετρήσεων βασίζονται στη χρήση των σωμάτων αναφοράς και στηρίζονται στις παρόμοιες τεχνικές αντίληψης.

Για να ορίσουν τις θετικές έννοιες στους όρους που χρησιμοποιούνται στη συζήτηση των γωνιακών οργανισμών αναφοράς, οι ορισμοί μερικών σημαντικών όρων παρατίθενται στον Πίνακα 2-3. Αυτοί οι ορισμοί, αν και με έναν κώνο, ισχύουν επίσης σε άλλους τύπους συμμετρικών αριθμών και σωμάτων.

**ΠΙΝ. 2-3 ΛΕΠΤΟΜΕΡΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ**

ΟΡΟΣ		ΣΥΜΒΟΛΑ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ		ΟΡΙΣΜΟΣ
		ΚΩΝΟΣ	ΚΟΛΟΥΡΟΣ	
Κωνική κλίση		$D : l$	$(D-d) : h$	Η κωνική κλίση επιδιώκει τη σχέση της διαμέτρου $D$ στο αξονικό μήκος $l$ του κώνου. Η κωνική κλίση συνήθως εκφράζεται από την ελάττωση του $D$ στο $l$ (ένα).
		Ελαττωμένο στη μονάδα: $1 : x = 2 \tan \frac{\gamma}{2}$		
Κωνική γωνία		$\gamma$		Ο όρος κωνική γωνία ( $\gamma$ ) αναφέρεται στη γωνία που τέμνεται από τις δυο πλευρές στοιχείων των κώνων που περιέχονται σε ένα κοινό αξονικό επίπεδο.
Κλίση		$\frac{D}{2} = l$	$\frac{D-d}{2} : h$	Η κλίση του κώνου εκφράζεται από τη σχέση μεταξύ του μισού της διαμέτρου του αξονικού της μήκους. Ο όρος εφαρμόζεται επίσης σε ένα μη-συμμετρικό γωνιακό σώμα, που σχεδιάζει την τιμή του διαχωρισμού της πλευράς του στοιχείου από τη γραμμή της βάσης.
		Ελαττωμένο στη μονάδα: $1 : 2x = \tan \frac{\gamma}{2}$		
Κλίση γωνίας		$\frac{\gamma}{2}$		Η κλίση της γωνίας ( $\gamma/2$ ) τέμνεται από μια πλευρά στοιχείου και του άξονα του κώνου. Όταν εφαρμόζεται σε ένα μη-συμμετρικό σώμα, εκφράζει τη γωνία του διαχωρισμού μεταξύ στοιχείου της πλευράς και της γραμμής βάσης.

#### 2.4.1 Σταθερός τύπος γωνιακών σωμάτων

Για τον έλεγχο των γωνιακών όρων των κομματιών που κατασκευάστηκαν στις τυποποιημένες διαστάσεις, ή σε οποιοδήποτε άλλο θετικά διευκρινισμένο μέγεθος, η διαστατική επιθεώρηση με την ενίσχυση των σταθερών τύπων σωμάτων αναφοράς παρέχει πλεονεκτήματα. Αυτά είναι ο υψηλός βαθμός ενσωματωμένης ακρίβειας που μπορεί να επιτευχθεί και η ανεξαρτησία από τον καθορισμό των λαθών, τα οποία είναι παρόντα οπουδήποτε περιλαμβάνεται το ανθρώπινο στοιχείο στην καθιέρωση μιας διάστασης αναφοράς από τη ρύθμιση. Σε περιπτώσεις όπου το μήκος ή η διάμετρος πρέπει επίσης να απεικονιστεί από το πρωτότυπο αναφοράς, εκτός από μια ενιαία γωνιακή διάσταση, πολύ συχνά ορισμένοι τύποι σταθερών σωμάτων αναφοράς, χρησιμοποιούμενοι άμεσα ή για τη ρύθμιση διαμετρημάτων, αποτελούν τη μόνη εφαρμόσιμη επιλογή.

#### 2.4.2 Σταθερά κωνικά διαμετρήματα

Η εργαλειομηχανή είναι ο τύπος τεχνικού κομματιού που επιθεωρείται πολύ συχνά με τα σταθερά μυτερά διαμετρήματα. Γενικά, οι τυποποιημένες διαστάσεις χρησιμοποιούνται, εντούτοις, υπάρχουν διάφορα συστήματα των προτύπων που γίνονται αποδεκτά στην πράξη. Για παράδειγμα, οι κνήμες εργαλείων γίνονται με:

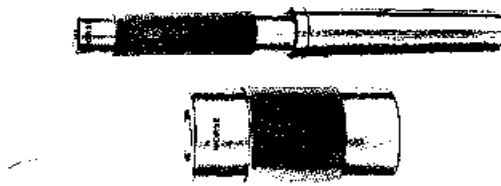
α. Καφετί & κοφτερή κωνικότητα (περίπου μισή ίντσα ανά κωνικότητα ποδιών εκτός από ένα μέγεθος που έχει μια ελαφρώς μεγάλη κωνικότητα).

β. Κωνικότητα Μορς (περίπου 5/8 ίντσας ανά πόδι, όχι όμως με συνέπεια το ίδιο πράγμα για όλα τα τρέχοντα μεγέθη).

γ. Μετρική κωνικότητα τυποποιημένη από την οργάνωση διεθνών προτύπων, ISO (κωνικότητα 1:20).

Μέσα σε κάθε σύστημα υπάρχουν διαφορετικά μεγέθη των τυποποιημένων διαμέτρων και των μηκών, που προσδιορίζονται με τη διαδοχική αρίθμηση. Εκτός από τις κνήμες εργαλείων, η βιομηχανία εργαλειομηχανών χρησιμοποιεί επίσης τυποποιημένες κωνικότητες για τη σύνδεση άλλων ειδών αποσπásiσιμων στοιχείων εργαλειομηχανών.

Στις πρακτικές εφαρμογές τα μυτερά διαμετρήματα εργαλειομηχανών λειτουργούν ως άμεσα εργαλεία ελέγχου, και σχεδιάζονται για να απεικονίσουν το στοιχείο της επιθεώρησης του τεμαχίου (τα διαμετρήματα βουλωμάτων για εκλεπτυσμένες οπές, και διαμετρήματα δαχτυλιδιών ή μανικιών για τις εκλεπτυσμένες κνήμες σχέδιο 2-2).



*Morse Twist Drill & Machine Co.*  
Σχ. 2-2 Η κωνική κλίση του μη-  
χανισμού και των δακτυλιδιών  
διαμετρημάτων για την επιθεώρηση της  
γωνίας της εργαλειομηχανής. Το  
χαραγμένο δακτυλίδι βοηθάει ή ελέγχει  
τη μέγιστη διάμετρο των εσωτερικών  
κωνικών κλίσεων.

Μια άλλη σημαντική χρήση για τα σταθερά διαμετρήματα γωνίας είναι ο καθορισμός των προτύπων. Για την επιθεώρηση των γωνιακών κομματιών και των χαρακτηριστικών γωνισμάτων, στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες, η συγκριτική μέτρηση μπορεί να παρέχει πλεονεκτήματα. Για πολλούς τύπους εκλεπτυσμένων τεμαχίων, η συγκριτική διαμέτρηση επιτρέπει μεγάλη ακρίβεια και πολύ σύντομο λειτουργικό χρόνο. Επιτρέπει επίσης το συνδυασμό του ελέγχου της γωνίας με την επιθεώρηση των γραμμικών διαστάσεων.

Η ρύθμιση των διαμετρημάτων συγκριτών για γωνιακές μετρήσεις ολοκληρώνεται με τη χρησιμοποίηση των πρωτοτύπων, σταθερά γωνιακά κομμάτια αναφοράς που γίνονται για να απεικονίσουν τα τεμάχια που επιθεωρούνται. Το όργανο, που μετρά συνήθως δύο διαμέτρους κατά μήκος του άξονα του τεμαχίου, δείχνει την επίδραση των μυτερών μεταβολών μεταξύ του κυρίου και του γραμμικού τεμαχίου και όχι τις γωνιακές τιμές. Με τη γνώση του αξονικού διαχωρισμού των δύο μετρημένων διαμέτρων, οι ενδείξεις διαμετρημάτων μπορούν να μεταφραστούν εύκολα στις γωνιακές τιμές.

#### 2.4.3 Καλούπι διαμετρημάτων γωνίας

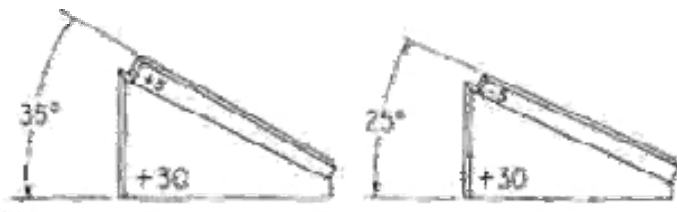
Ένα φυσικό σώμα που αποτελεί μια γωνία αναφοράς της συγκεκριμένης γωνιακής διάστασης μπορεί επίσης να παραχθεί με μια συνδυαστική μέθοδο χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα ανεξάρτητα μέλη. Η διαδικασία της συνέλευσης είναι παρόμοια, και σε γενικές γραμμές και στην τεχνική, με την προετοιμασία πολλών καλουπιών διαμετρημάτων με το στρίψιμο. Το μεμονωμένο κομμάτι μιας συνέλευσης, που πρόκειται να απεικονίσει μια συγκεκριμένη γωνία, είναι τα καλούπια διαμετρημάτων γωνίας.

Τα καλούπια διαμετρημάτων γωνίας συνήθως περιλαμβάνονται συγκεντρωμένα όλα μαζί (Σχήμα 2-3), και περιέχουν διαφορετικά καλούπια που επιτρέπουν την ανάπτυξη από τη συνέλευση οποιασδήποτε γωνίας από 0 σε 90 βαθμούς. Ο αριθμός μεμονωμένων καλουπιών που περιλαμβάνονται σε ένα σύνολο εξαρτάται από τη μικρότερη αύξηση στην οποία οποιαδήποτε γωνία μέσα στα εν λόγω όρια πρέπει να παρασχεθεί.:



Σχέδιο 2-3. Σύνολο φραγμών διαμετρημάτων γωνίας που περιέχει 16 μεμονωμένους φραγμούς για τον καθορισμό οποιασδήποτε γωνίας, από μηδέν έως 90 βαθμούς, στις αυξήσεις  $\frac{1}{2}$  του τόξου

Ο σχετικά μικρός αριθμός μεμονωμένων καλουπιών έπρεπε να παράγει μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών γωνιών, παραδείγματος χάριν, 16 καλούπια για έναν συνολικό αριθμό 324.000 γωνιών. Ένας άλλος παράγοντας που συμβάλλει στον περιορισμό του αριθμού των απαραίτητων μεμονωμένων μελών είναι η ικανότητα των καλουπιών διαμετρημάτων γωνίας που χρησιμοποιούνται σε καθεμία θέση: (α) προσθέτοντας τη συνδυασμένη γωνιακή τιμή των προηγούμενων καλουπιών στο σύνολο, ή (β) όταν αναποδογυρισμένο δίπλα, αφαιρώντας από τη συνολική γωνιακή τιμή (σχέδιο 2-4).



The L. S. Starrett Co

Σχέδιο 2-4. Διάγραμμα που παρουσιάζει πρόσθετες και αφαιρετικές συναρμολογήσεις του ίδιου ζευγαριού των φραγμών διαμετρημάτων γωνίας.

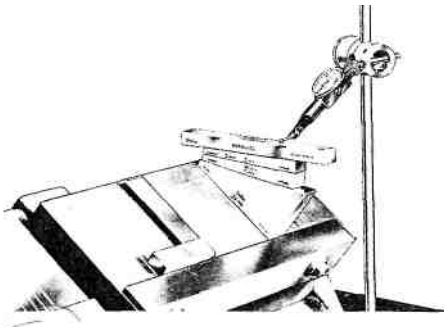
Τα καλούπια διαμετρημάτων γωνίας είναι διαθέσιμα στους διαφορετικούς βαθμούς ακρίβειας, οι οποίοι επιλέγονται σύμφωνα με την προοριζόμενη εφαρμογή. Όταν διάφορα καλούπια διαμετρημάτων γωνίας συστρέφονται μαζί, μικρά λάθη μπορούν να εμφανιστούν στην προκύπτουσα γωνία λόγω της σύνθεσης εάν τα καλούπια δεν ευθυγραμμίζονται κατάλληλα.

Οι εφαρμογές της γωνίας διαμέτρου των καλουπιών είναι πολλαπλάσιες, αν και κατά πολύ μη συγκρίσιμες με αυτές του κανονικού καλουπιού που χρησιμοποιείται ως πρότυπο μήκους. Μερικά παραδείγματα των εφαρμογών καλουπιών διαμετρημάτων γωνίας :



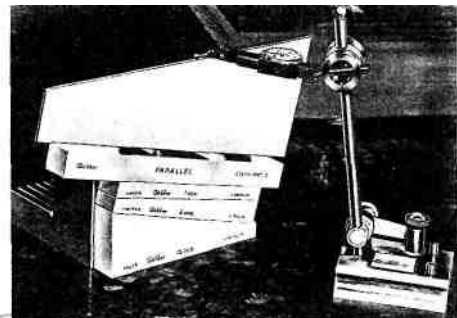
A.. Έλεγχος της κυκλικής ακρίβειας διαίρεσης περιστροφικών πινάκων και των κεφαλών διαίρεσης.

B. Καθορισμός ενός μαγνητικού τσοκ στην απαραίτητη θέση κλίσης (βλ. το σχέδιο 2-5).



*The L S Starrett Co.*

Σχέδιο 2-5. Εφαρμογή των φραγμών διαμετρημάτων γωνίας στον καθορισμό ενός κεκλιμένου μαγνητικού chuck.



*The L S Starrett Co.*

Σχέδιο 2-6. Σωρός φραγμών διαμετρημάτων γωνίας που υποστηρίζει ένα γωνιακό κομμάτι για την επιθεώρηση της πραγματικής γωνίας του

Γ. Επιθεώρηση και καθορισμός της ακρίβειας των πινάκων κλίσης με τα κλιμακωτά τμήματα και

Δ. Παρέχοντας μια γωνία αναφοράς, ή μια αντισταθμισμένη γωνία, για την επιθεώρηση των γωνιακών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων στα κομμάτια προς κατεργασία, των οποίων η διαμόρφωση τους καθιστά προσαρμόσιμους για την επιθεώρηση με την ενίσχυση των καλουπιών διαμετρημάτων γωνίας (σχέδιο 2-6).

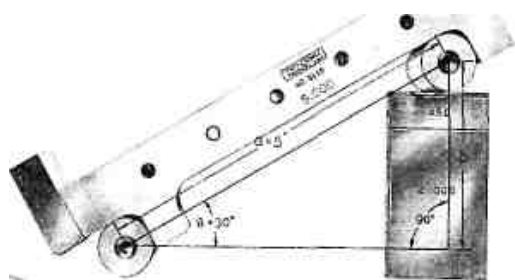
#### 2.4.4 Ρυθμιζόμενη γωνιακή αναφορά σωμάτων

Τα σημαντικότερα μέλη των στοιχείων μιας κυκλικής αναφοράς είναι οι φραγμοί ημιτόνου. Οι φραγμοί εφαπτομένης, λόγω της περιορισμένης χρήσης τους, επισημαίνονται μόνο χάριν της πληρότητας.

Προκειμένου να καταστεί μια γωνία ρυθμιζόμενη, ένα από τα οριοθετημένα στοιχεία του πρέπει να είναι κινητό. Για να είναι κατάλληλη μια γωνία ως σώμα αναφοράς, η εν λόγω μετακίνηση του στοιχείου ορίου πρέπει να ελεγχθεί ακριβώς, επιπλέον, οποιαδήποτε επιλεγμένη αμοιβαία θέση των στοιχείων ορίου πρέπει να οδηγήσει σε ένα γωνιακό διαχωρισμό, θετικό και σπουδαίο από άποψη μεγέθους.

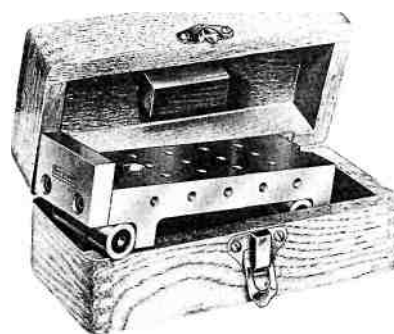
Αυτοί οι όροι ικανοποιούνται από μια συσκευή γνωστή ως φραγμός ημιτόνου, όταν χρησιμοποιείται από κοινού με τους φραγμούς επίπεδων πλακών και διαμετρημάτων. Η λειτουργία του φραγμού ημιτόνου, είναι βασισμένη στη γνωστή τριγωνομετρική σχέση μεταξύ των πλευρών και των γωνιών ενός ορθογώνιου τριγώνου, όπου οι διαστάσεις των δύο πλευρών καθορίζουν το μέγεθος της τρίτης πλευράς και των δύο οξείων γωνιών.

Στην πραγματική εφαρμογή του φραγμού ημιτόνου χρησιμοποιήθηκε μια ακτίνα του σταθερού μήκους  $a$  (σχέδιο 2-7) και για να ποικίλει το ύψος του σωρού φραγμών διαμετρημάτων, σύμφωνα με το μέγεθος της επιθυμητής γωνίας  $b$ , βασισμένο στην απλή τριγωνομετρική σχέση:  $\sin B = b / a$  ως εκ τούτου ο φραγμός ημιτόνου προσδιορισμού.



*The Taft-Peirce Mfg. Co.*

Σχέδιο 2-7 Δόντια περιγράμματος ενός τριγώνου που τοποθετείται στην ολίσθηση ένας φραγμός ημιτόνου που τίθεται ως στόχος για  $B =$  γωνία 30 μοίρες, επεξηγήσει τις εφαρμοσμένες βασικές τριγωνομετρικές σχέσεις.



*The Taft-Peirce Mfg. Co.*

Σχέδιο 2-8 Φραγμός ημιτόνου που εξοπλίζεται με τη πλάκα ακρών για να βοηθήσει την εργασία προσδιορισμού θέσης. Οι οπές στις κορυφαίες και δευτερεύοντες όψεις επιλέγονται για να συνδέσουν βοηθητικά τα στοιχεία εντόπισης και στερέωσης.

Τα καλούπια και οι φραγμοί ημιτόνου (βλ. το σχέδιο 2-8) κατασκευάζονται συνήθως σε μήκη 5 ή 10 ιντσών, που απεικονίζουν την απόσταση μεταξύ των αξόνων των δύο ενισχυτικών ρόλων. Η σταθερή απόσταση στα ολοκληρώματα της ίντσας διευκολύνει τη ρύθμιση του φραγμού ή το φραγμό στην επιθυμητή γωνία, βασισμένη στις τιμές που βρίσκονται στους κανονικούς πίνακες ημιτόνου.

Από το διαμέτρημα οι φραγμοί, που αποτελούν μια ομάδα στοιχείων στην τακτοποίηση, ενσωματώνουν έναν πολύ υψηλό βαθμό γραμμικής και γωνιακής ακρίβειας, η αξιοπιστία των μετρήσεων γωνίας με τη βοήθεια των φραγμών ημιτόνου εξαρτάται ουσιαστικά από την ακρίβεια του ίδιου του φραγμού ημιτόνου.

Λαμβάνοντας υπόψη το σημαντικό ρόλο του ημιτόνου οι φραγμοί και οι σχετιζόμενες συσκευές στον τομέα του διαστατικού μέτρου, ένα εμπορικό πρότυπο (αριθ. 141-47),

που εκδόθηκε από το Αμερικάνικο τμήμα εμπορίου, σε συνεργασία με το Εθνικό Γραφείο των Προτύπων, καθορίζει την απαραίτητη ακρίβεια διάφορων λειτουργικά απαραίτητων στοιχείων των φραγμών ημιτόνου. Το τυποποιημένο διακρίνει δύο ιδιότητες ή βαθμούς, που υποδεικνύονται ως εμπορική κατηγορία και εργαστηριακή κατηγορία, αντίστοιχα. Οι ανοχές αυτών των δύο βαθμών καθιερώνονται γενικά στις 2:1. Τα πραγματικά όρια ανοχής, που διευκρινίζονται από τα πρότυπα και υιοθετούνται από τους αξιόπιστους κατασκευαστές του εξοπλισμού επιθεώρησης, παρατίθενται στον πίνακα 2-4

**ΠΙΝ 2-4. ΑΝΟΧΕΣ ΓΙΑ ΦΡΑΓΜΟΥΣ, ΦΡΑΓΜΟΥΣ ΚΑΙ ΠΙΑΤΑ ΗΜΙΤΟΝΟΥ  
(Commercial Standard 141-47)**

Μέγεθος	Μονάδα	Πλήκτρα ή κύλινδροι		
	Κατάλληλη επιφάνεια για να γίνει επίπεδη, ορθογώνια με όψεις και παράλληλα εσωτερικά	Κύλινδροι για να γίνουν κυκλικοί, και ευθείς, εσωτερικά	Κύλινδροι, να είναι παράλληλοι με άλλους και με την κατάλληλη επιφάνεια της μονάδας εσωτερικά	Κύλινδροι να είναι στο ονομαστικό κέντρο απόστασης ( $\pm$ ) -
Εμπορική Κατηγορία				
<i>Inch</i>	<i>Inch</i>	<i>Inch</i>	<i>Inch</i>	<i>Inch</i>
5 10 20	0.00010 .00015 .00020	0.00005 .00005 .00006	0.00010 .00015 .00020	0.0002 .0003 .0004
Εργαστηριακή Κατηγορία				
<i>Inch</i>	<i>Inch</i>	<i>Inch</i>	<i>Inch</i>	<i>Inch</i>
5 10 20	0.000 050 .000 075 .000100	0.00003 .00003 .00004	0.000050 .000 075 .000100	0.00010 .00015 .00020

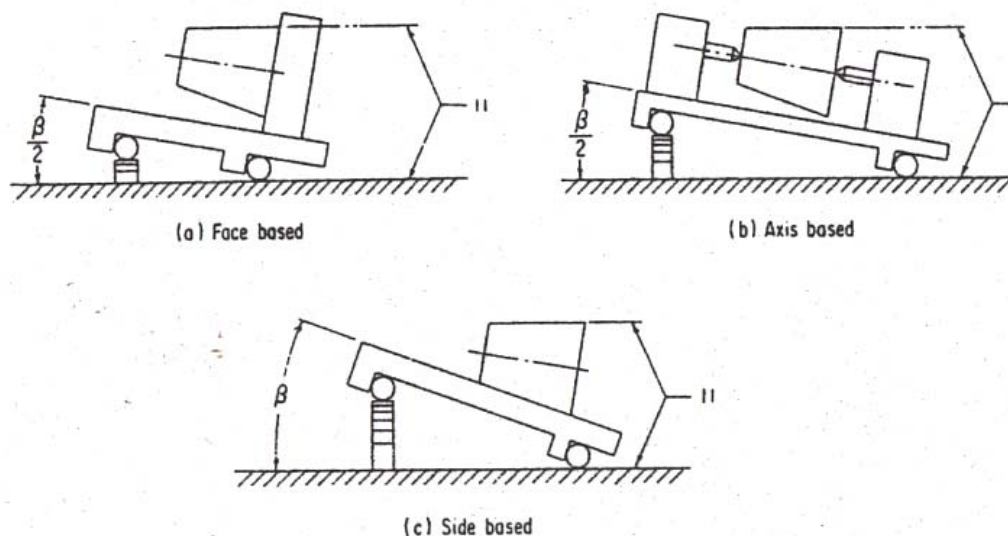
Τα ουσιαστικά απλά στοιχεία από τα οποία μια οργάνωση φραγμών ημιτόνου αποτελείται, επιτρέπουν σε έναν υψηλό βαθμό ακρίβειας να ολοκληρωθεί με σχετικά ανέξοδα μέσα. Η κλίση της κορυφαίας επιφάνειας ενός φραγμού ημιτόνου εργαστηριακού βαθμού από κοινού με το διαμέτρημα, βαθμού Α ή καλύτερο, θα είχε ένα πιθανό λάθος 5 έως 10 δευτερολέπτων του τόξου, ή ακόμα λιγότερο, όσον αφορά το επιλεγμένο βασικό μέγεθος γωνίας. Αυτό το επίπεδο ακρίβειας αναφέρεται στις γωνίες

σε 0-30 μοίρες , επάνω από αυτό το μέγεθος η ακρίβεια που έχουμε θέσει των φραγμών ημιτόνου βαθμιαία ελαττώνεται, συνεπεία τριγωνομετρικών σχέσεων.

Πρέπει να αναφερθεί ότι ο φραγμός ημιτόνου δεν είναι ένα όργανο μέτρησης, αλλά μόνο μια σύνδεση, αν και σημαντική, στη διαδικασία μέτρησης της γωνίας. Η πραγματική μέτρηση συνίσταται στη σύγκριση του επιπέδου του κορυφαίου στοιχείου του κομματιού με το επίπεδο της πλάκας επιφάνειας. Για τη λήψη αυτής της μέτρησης, χρησιμοποιούνται τα διαμετρήματα ύψους, μηχανικά ή ηλεκτρονικά. Οι μεταβολές ύψους μεταξύ των διαφορετικών σημείων κατά μήκος του κορυφαίου στοιχείου του κομματιού είναι ενδεικτικές των γωνιακών λαθών. Για τον καθορισμό του μεγέθους αυτών των λαθών, η αναλογία της μετρημένης διαφοράς  $e$  ύψους στο μήκος  $m$  εκφράζει τη γωνιακή τιμή  $\delta$  της απόκλισης από τη βασική γωνία με την απλή σχέση

$$e\delta = \varepsilon / m \text{ (} \varepsilon \text{ και } m \text{ στις ίντσες)}$$

Η έννοια της μετρημένης γωνιακής απόκλισης θα εξαρτηθεί από το σύστημα από το οποίο το αντικείμενο βρίσκεται στο φραγμό ημιτόνου (σχέδιο 2-9) , όπου μπορεί να απεικονίσει τις μεταβολές της γωνίας κλίσεων.



Σχέδιο 2-9 Μέτρηση γωνίας κώνων με την υποστήριξη του κομματιού σε έναν φραγμό ημιτόνου. Ο καθορισμός της γωνίας φραγμών ημιτόνου σε σχέση με τη μυτερή γωνία  $\beta$  του κομματιού ποικίλλει, ανάλογα με το επιλεγμένο σύστημα της εργασίας εντοπισμού.

Η ακρίβεια με την οποία οι γωνιακές μεταβολές μπορούν να μετρηθούν με την ενίσχυση ενός φραγμού ημιτόνου είναι, πιθανώς, λιγότερη από τις προηγούμενες ακρίβειες που έθεσε ο ίδιος ο φραγμός. Το τελικό αποτέλεσμα των μετρήσεων επηρεάζεται από το μοντάρισμα του δείγματος στο φραγμό ημιτόνου (η μη ευθυγράμμιση προκαλεί τα λάθη συνημίτονου) η επιπεδότητα της βασικής επιφάνειας πλάκας, η ευαι-

σθησία, η ακρίβεια του διαμετρήματος ύψους και η ακρίβεια με την οποία η απόσταση διαμέτρησης (ο παράγοντας  $\mu$ ) μετριέται.

#### *2.4.5 Μέτρηση των κωνικών τεχνικών κομματιών σε σύγκριση με ένα εικονικό σώμα ή από τις ιδιότητες*

Ο κώνος είναι η βασική μορφή ενός εκλεπτυσμένου σώματος της περιστροφής. Η μυτερή γωνία ενός κανονικού κώνου μπορεί να καθοριστεί από την αλληλένδετη θέση ενός περιορισμένου αριθμού σημείων που περιλαμβάνονται σε ένα κοινό αξονικό επίπεδο εκείνου του κώνου.

Υπάρχουν διάφοροι πρακτικοί λόγοι για την χρήση, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, εικονικών σωμάτων αντί για σταθερά, σαν σώματα αναφοράς στη γωνιακή διαμέτρηση. Τέτοιοι λόγοι είναι:

1. Τα εικονικά τεμάχια μπορούν να ενισχυθούν από τα τυποποιημένα στοιχεία, ενώ τα στερεά πρέπει να κατασκευαστούν χωριστά για κάθε συγκεκριμένη ομάδα γωνίας και μεγέθους περιορισμένης σειράς.

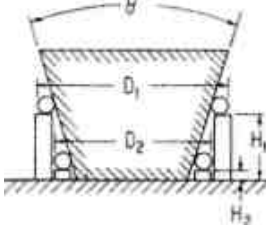
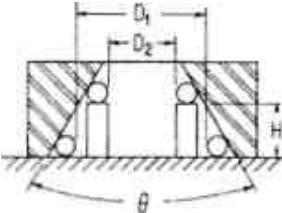
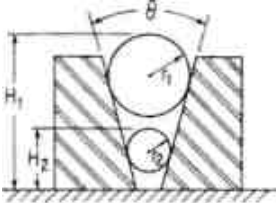
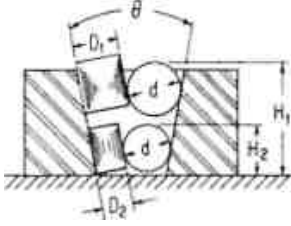
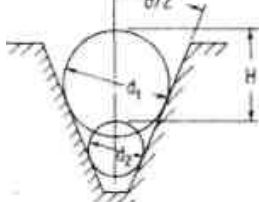
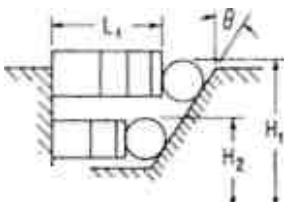
2. Τα εικονικά τεμάχια μπορούν να επιτρέψουν την διερεύνηση των διαστάσεων.

3. Τα εικονικά τεμάχια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση των σημαντικών γραμμικών διαστάσεων, οι οποίες απεικονίζουν τις γωνιακές ή διαμετρικές μεταβολές μεγέθους ενός κωνικού τεμαχίου..

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν τα εικονικά τεμάχια για τη διαμέτρηση των κωνικών κομματιών είναι σφαίρες, κύλινδροι και φραγμοί διαμετρημάτων. Η αληθινή γεωμετρική μορφή και το αξιόπιστο μέγεθος αυτών των στοιχείων είναι ουσιαστικές, για αυτόν τον λόγο η χρήση των σφαιρών ακρίβειας και των ποιοτικών καρφίτσων ή των κυλίνδρων διαμετρημάτων συστήνεται.

Τα κωνικά τεχνικά κομμάτια που μπορούν να μετρηθούν με τη βοήθεια ενός εικονικού τεμαχίου ή από τις ιδιότητες μπορούν να έχουν τις διαφορετικές μορφές και άλλα χαρακτηριστικά. Η μέθοδος που εφαρμόζεται θα ποικίλει ανάλογα με τις σημαντικές διαστάσεις που πρέπει να ελεγχθούν ή να μετρηθούν. Τα αποτελέσματα που θα συγκριθούν μπορούν, σε ορισμένες περιπτώσεις, να είναι ολοκληρωμένα με διαφορετικές μεθόδους, που ποικίλλουν από τους τύπους και τους συνδυασμούς στοιχείων διαμετρημάτων. Ενώ μια πλήρης έρευνα για αυτές τις μεθόδους θα ήταν μη πρακτική, μερικά παραδείγματα των συχνά χρησιμοποιημένων τεχνικών, παρουσιάζονται στον πίνακα 2-5, και δείχνουν τις δυνατότητες, καθώς επίσης και τους περιορισμούς, αυτού του συστήματος μέτρησης γωνιών.

**ΠΙΝ. 2-5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΕΝΑΝ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΚΩΝΟ**

Σχεδίαση των διαστάσεων μέτρησης	Διάγραμμα	Εφαρμοσμένος τύπος	Βοηθητικά στοιχεία
<p>Η γωνία της κλίσης ενός κεκλιμένου βύσματος από την αναλογία δύο διαμέτρων που είναι σε γνωστή απόσταση ξεχωριστά</p>		$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2(H_1 - H_2)}$	<p>Μέγεθος πειρών ίσων διαμέτρων και 2 ζευγών δέσμης διαμετρημάτων</p>
<p>Η γωνία μιας εσωτερικής κλίσης από το βαθμό των δύο συγκεκριμένων διαμέτρων</p>		$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2H}$	<p>Ακρίβεια μπίλιας δυο ίσων μεγεθών με 2 ζεύγη δέσμης διαμετρημάτων</p>
<p>Η γωνία μιας λεπτής κωνικής διαμέτρου από την αξονικό διαχωρισμό των δυο σφαιρών γνωστής διαμέτρου</p>		$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{r_1 - r_2}{(H_1 - r_1) - (H_2 - r_2)}$	<p>Δύο διαφορετικά μεγέθη ακρίβειας σφαίρας της κατάλληλης διαμέτρου</p>
<p>Η γωνία μιας εσωτερικής κωνικής κλίσης από τον χωριζόμενο άξονα των δυο σφαιρών, ο καθένας στέκεται πάνω στον κύλινδρο, όλα τα στοιχεία της γνωστής διαμέτρου</p>		$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2(H_1 - H_2)}$	<p>Δύο ίσες σφαίρες δύο διαμετρημάτων ποιότητας κυλίνδρου με διαφορετικές διαμέτρους</p>
<p>Η γωνία μια Vee-εγκοπής από την αξονική απόσταση μεταξύ των ψηλότερων στοιχείων των δυο διαμετρημάτων κυλίνδρου</p>		$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{d_1 - d_2}{2H(d_1 - d_2)}$	<p>Δύο διαμετρήματα κυλίνδρου διαφορετικών διαμέτρων</p>
<p>Κλίση γωνίας μιας εγκοπής με μια κεκλιμένη και μία κατακόρυφη πλευρά, με σφαίρες ή κυλίνδρους που στηρίζονται στη δέσμη διαμετρημάτων</p>		$\tan \theta = \frac{H_1 - H_2}{L_1 - L_2}$	<p>Δύο σφαίρες ή κυλίνδροι ίσων διαμέτρων</p>

## 2.5 Μετρήσεις γωνίας με άμεση υπόδειξη των οργάνων

Το μέγεθος ενός γωνιακού διαχωρισμού μπορεί να μετρηθεί άμεσα με τη βοήθεια ενός οργάνου που είναι εξοπλισμένο με μια κλίμακα που βαθμολογείται στις γωνιακές μονάδες. Επειδή το γωνιακό μέτρο προκύπτει από την υποδιαίρεση του κύκλου, μια κλίμακα που βαθμολογείται σε ισοδιάστατες μονάδες πρέπει να έχει κυκλική μορφή. Η κλίμακα μπορεί να επεκταθεί πέρα από ένα πλήρες κύκλο, περιλαμβάνοντας 360 μοίρες, ή πάνω σε ένα κομμάτι του κύκλου, για παράδειγμα στο τμήμα 90 ή 45 μοίρες.

Για την ανάλυση των λειτουργικών αρχών της διαδικασίας, πρέπει να αναφερθεί ότι στη μέτρηση των γραμμικών διαστάσεων τα στοιχεία της επιφάνειας του κομματιού, της οποίας ο διαχωρισμός πρόκειται να μετρηθεί, πρέπει να επιλεγούν και να σχετιστούν έπειτα με τις βαθμολογήσεις κλίμακας του οργάνου μέτρησης. Αυτή η ευθυγράμμιση των στοιχείων ορίου με τη βαθμολόγηση κλίμακας μπορεί να επηρεαστεί από την άμεση επαφή, όπως στην περίπτωση των κλιμακωτών κανόνων και παχυμετρικών διαβητών βερνιέρων, ή από την οπτική ευθυγράμμιση, όπως στους οπτικούς προβολείς και τα μικροσκόπια.

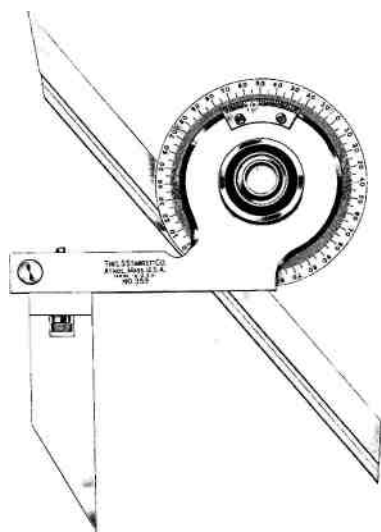
Για την άμεση μέτρηση του γωνιακού διαχωρισμού, ουσιαστικά εφαρμόζονται οι παρόμοιες αρχές, όμως οι τεχνικές παραπομπής πρέπει να διαφέρουν. Ενώ δύο ενιαία σημεία καθορίζουν μια σαφή γραμμική απόσταση, δύο στοιχεία ευθειών γραμμών απαιτούνται για να παρεμποδίσουν μια γωνία συνεπώς, τα ευθυγραμμιζόμενα μέλη του οργάνου μέτρησης γωνίας πρέπει να κατέχουν το λειτουργικό στοιχείο που αντιπροσωπεύει μια ευθεία γραμμή. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τις άμεσες γωνιακές μετρήσεις μπορούν να ανήκουν σε μία από τις δύο βασικές κατηγορίες: (α) μετρώντας με τη μηχανική επαφή, και (β) μετρώντας με την οπτική ευθυγράμμιση.

### 2.5.1 Άμεση μέτρηση γωνίας με μηχανική επαφή

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για άμεσες μετρήσεις γωνιών μέσω μηχανικής επαφής είναι κοινώς γνωστό σαν μοιρογνωμόνιο. Μερικοί τύποι μοιρογνωμονίων είναι απλά όργανα, που έχουν ελεγχόμενη ακρίβεια. Εν τούτοις, τα όργανα που γενικά χρησιμοποιούνται από κατασκευαστές εργαλείων, είναι τα γενικής χρήσεως μοιρογνωμόνια, μια μορφή των οποίων παρουσιάζεται στο σχέδιο 2-10. Η σχεδίαση γενικά αναφέρεται στην ικανότητα του οργάνου να είναι προσαρμόσιμο σε μια μεγάλη ποικιλία διαμορφώσεων εργασίας και γωνιακών αμοιβαίων σχέσεων.

Τα γενικής χρήσης μοιρογνωμόνια λοξοτμήσεων είναι εξοπλισμένα με μια πλήρη κυκλική κλίμακα που βαθμολογείται σε 360 βαθμούς, και που συμπληρώνεται από μια κλίμακα βερνιέρων που εφαρμόζεται σε ένα τμήμα. Το τμήμα έχει 12 γραμμές βαθμολόγησης με το ειδικό διάστημα σε καθεμία κατεύθυνση (σχέδιο 2-11) για να επι-

τρέφει την υποδιαίρεση κάθε διαστήματος στην κύρια κλίμακα σε 12 ίσα μέρη, που αντιστοιχούν στο μισό μέρος ενός βαθμού, δηλαδή 5 λεπτά.

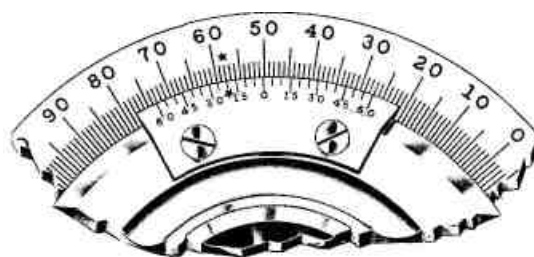


*The L. S. Starrett Co.*

*Σχέδιο 2-10. Γενικής χρήσης μοιρογνωμόνιο λοξοτμήσεων με το καρύδι αντίχειρων για τη λεπτή ρύθμιση και το κλείδωμα. Το τμήμα βερνιέρων επιτρέπει τη γωνιακή ανάγνωση πέντε λεπτών στις αυξήσεις, η βοηθητική λεπίδα βοηθά στη μέτρηση των οξειών γωνιών.*

*The L. S. Starrett Co*

*Σχέδιο 2-11. Τμήμα κλίμακας βερνιέρων ενός μοιρογνωμονίου λοξοτμήσεων με - δώδεκα βαθμολογήσεις, και στις δύο κατευθύνσεις από το κέντρο, απεικονίζοντας 1/12 βαθμού = βήματα πέντε λεπτών. Η γραμμή κλίμακας βερνιέρων, που συμπίπτει με μια από τις κύριες βαθμολογήσεις κλίμακας, δείχνει τη σημαντική τιμή. Στο διευκρινισμένο παράδειγμα 20 λεπτά πρέπει να προστεθούν στη θέση 50-βαθμού της κύριας κλίμακας, στην οποία το σημάδι 0 αναφοράς του τμήματος μόλις έχει περάσει.*



Αυτή η ομάδα οργάνων, που περιλαμβάνει το μικροσκόπιο και τον οπτικό προβολέα, δεν σχεδιάστηκε αρχικά με σκοπό τις μετρήσεις γωνίας, αλλά τα περισσότερα πρότυπα είναι εξοπλισμένα για να μετρήσουν τους γωνιακούς διαχωρισμούς. Με την ενίσχυση ειδικού εξαρτήματος-οπτικής περιστροφικής πλάκας-που είναι διαθέσιμη για ορισμένους τύπους μικροσκοπίων, τα κυκλικά τμήματα μπορούν επίσης να μετρηθούν.

Λόγω του στάσιμου χαρακτήρα των μικροσκοπίων και των οπτικών προβολέων, οι κλίμακες μοιρογνωμονίων είναι μεγαλύτερες και παρέχουν ένα καλύτερο αποτέλεσμα από ότι τα μοιρογνωμόνια χειρός. Για αυτόν τον λόγο, οι βερνιέροι ή οι οπτικές κλίμακες των μοιρογνωμονίων στα στάσιμα όργανα είναι συνήθως βαθμολογημένες στα ενιαία πρακτικά.



## 2.6 Μέτρηση των γωνιακών διαστημάτων από το κυκλικό τμήμα

Πολλά μέρη εφαρμοσμένης μηχανικής σχεδιάζονται με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που τακτοποιούνται στις θέσεις που προκύπτουν από το τμήμα ενός κοινού κύκλου αναφοράς. Το διάστημα αυτών των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων καθορίζεται με την ένωση τους με τις σχετικές ακτίνες του κύκλου αναφοράς και τη διευκρίνιση των κεντρικών γωνιών που αυτές οι ακτίνες παρεμποδίζουν.

Για να ερμηνευτούν τέτοιες έννοιες σχεδίου σε κατασκευασμένα κομμάτια, η εργασία πρέπει να περιστραφεί με έναν ελεγχόμενο τρόπο για να φέρει τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα στο επίπεδο της δράσης του μεταλλουργικού εργαλείου σύμφωνα με τα απαραίτητα γωνιακά διαστήματα. Ομοίως, για τον έλεγχο της ακρίβειας της γωνιακής θέσης τους, αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα πρέπει να παρουσιαστούν στο ευαίσθητο μέλος ενός οργάνου μέτρησης για ακριβή αντιστοιχία με τις βασικές τιμές των διευκρινισμένων γωνιακών διαστημάτων.

Πολλές συσκευές είναι γνωστές ως κεφαλές διαίρεσης και περιστροφικοί πίνακες. Έχουν σχεδιαστεί και οι δύο για την ίδια λειτουργία. Αρχικά, η διαφορά είναι στη θέση του περιστροφικού άξονα: οριζόντιος για τα κεφάλια διαίρεσης και κατακόρυφος για τους περιστροφικούς πίνακες. Αυτή η διαφορά, εντούτοις, δεν είναι αποκλειστικά διακριτή, επειδή υπάρχουν ορισμένα σχέδια των κεφαλιών διαίρεσης και των περιστροφικών πινάκων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τους άξονές τους είτε στην οριζόντια είτε στην κάθετη θέση.

Οι εκτιμήσεις σχετικές με την εργασία που μετριέται θα καθοδηγήσουν συχνά την επιλογή μεταξύ του κεφαλιού διαίρεσης και του περιστροφικού πίνακα. Τα παραδείγματα αυτών των πτυχών είναι το βάρος και ο όγκος του κομματιού που μπορεί να απαιτήσει την πλήρη υποστήριξη σε έναν περιστροφικό πίνακα, η μορφή ενός μακροχρόνιου κομματιού αναγκάζοντας το να είναι πιο εύχρηστο σε μια οριζόντια θέση μεταξύ των κέντρων και, γενικά, η δυνατότητα πρόσβασης των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που επεξεργάζονται τη μηχανή ή που επιθεωρούνται, κάνοντας είτε μια κάθετη είτε μια οριζόντια θέση για τον καταλληλότερο άξονα του κομματιού.

Οι εφαρμογές για τις κεφαλές διαίρεσης και τους περιστροφικούς πίνακες είναι πολλαπλάσιες, λαμβάνοντας υπόψη τα πολλά διαφορετικά είδη κομματιών εφαρμοσμένης μηχανικής των οποίων οι προδιαγραφές σχεδίου συσχετίζονται με τα κυκλικά τμήματα. (τέμνοντα εργαλεία, έκκεντρα) .

Η χρήση των κυκλικών συσκευών διαίρεσης με σκοπό τις μετρήσεις γωνίας, πρόκειται να αναθεωρήσει τους γεωμετρικούς όρους που διευκρινίζονται στις γωνιακές μονάδες και επιθεωρούνται με την ενίσχυση των εν λόγω οργάνων. Τα κυκλικά τμήματα χρησιμοποιούνται για να διευκρινίσουν δύο κατηγορίες γεωμετρικών όρων:

1. Ο γωνιακός διαχωρισμός των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των οποίων η θέση συνδέεται άμεσα με τις ακτίνες ενός κοινού κύκλου αναφοράς, όπως τα δόντια ενός εργαλείου, και

2. Οι συμπεριλαμβανόμενες γωνίες μεταξύ των αμοιβαία κεκλιμένων επιπέδων ορίου, όπως οι πλευρές ενός πολυγώνου ή ο φραγμός.

Στην περίπτωση των γωνιακών διαχωρισμών, το ποσό από το οποίο η κυκλική συσκευή διαίρεσης πρέπει να περιστραφεί είναι ίδιο με το ονομαστικό μέγεθος εκείνου του διαχωρισμού. Εντούτοις, για τη μέτρηση της αμοιβαίας γωνίας κλίσεων της οριοθετημένης πρόσοψης ενός γωνιακού κομματιού που τοποθετείται σε μια κεντροθετημένη θέση σε ένα κυκλικό όργανο διαίρεσης, η απαραίτητη περιστροφή πρέπει να είναι ίση με τη συμπληρωματική γωνία της γωνίας κλίσεων. Για παράδειγμα, υποθέτουμε την επιθεώρηση ενός πολυγώνου του οποίου η πρόσοψη κλίνει αμοιβαία από 108 μοίρες, η αντίστοιχη γωνία της περιστροφής για την κυκλική συσκευή διαίρεσης θα είναι  $180 - 108 = 72$  μοίρες.

Πολύ συχνά, η επιθεώρηση πραγματοποιείται με τους δείκτες, μηχανικούς ή ηλεκτρονικούς, αναφέροντας ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα σε ένα σημείο που περιλαμβάνεται σε μια κυκλική πορεία που είναι κοινή για όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που επιθεωρούνται.

Η κατεύθυνση του δείκτη πρέπει να είναι επαφτόμενη στο σημείο της επαφής στην κυκλική πορεία της επιθεώρησης, προκειμένου να ληφθούν οι γραμμικές ενδείξεις που μπορούν να μετατραπούν εύκολα σε γωνιακές τιμές.

Μια άλλη μέθοδος επιθεώρησης, που χαρακτηρίζεται από έναν πολύ υψηλό βαθμό ευαισθησίας και ακρίβειας, είναι η παρατήρηση της γωνιακής σύμπτωσης με την ενίσχυση ενός αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου. Αυτή η διαδικασία είναι εφαρμόσιμη αρχικά στις γωνίες των οποίων τα επίπεδα ορίου απεικονίζουν οριζόντια τις επιφάνειες και είναι προσιτά για να κατευθύνουν την οπτική παρατήρηση. Στην περίπτωση ενός κώνου είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν δύο στοιχεία της οριοθετημένης επιφάνειας, που περιλαμβάνονται σε ένα κοινό αξονικό επίπεδο, για την εντόπιση ειδικών ανακλαστήρων. Αυτοί οι ανακλαστήρες λειτουργούν ως βοηθητικά μέλη και απεικονίζουν τα επίπεδα επαφτομένης στα επιλεγμένα στοιχεία γραμμών της επιφάνειας του κώνου.

Κατά την μέτρηση με ένα μικροσκόπιο ή έναν οπτικό προβολέα, ο οποίος είναι εξοπλισμένος με έναν περιστροφικό πίνακα, η σύμπτωση μεταξύ ιδιαίτερων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και του ονομαστικού γωνιακού διαστήματος μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα οπτικά, χρησιμοποιώντας τη διαγώνια ολίσθηση είτε έναν αριθμό προτύπων για την αναφορά.. Η ευρύτερη δυνατότητα εφαρμογής της οπτικής παρατήρη-

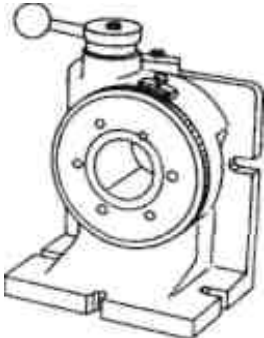
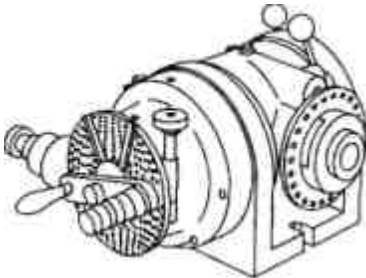
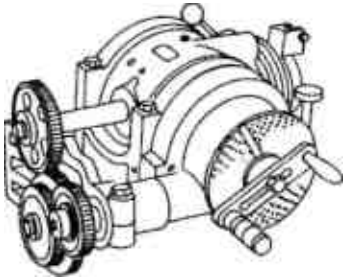
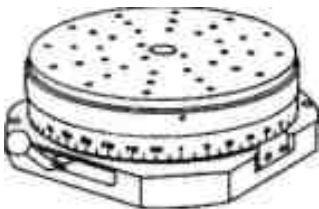
σης στην επιθεώρηση των κυκλικών τμημάτων περιορίζεται από ένα αποδεκτό μέγεθος κομματιών.

#### *2.6.1 Συστήματα οργάνων για ελεγχόμενη περιστροφική κίνηση*


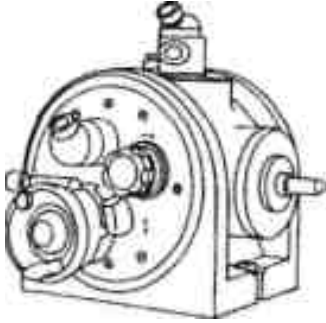
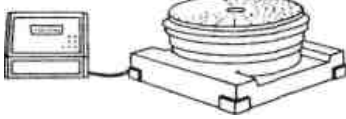
Διαφορετικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ατομικά ή σε συνδυασμό, για να ελέγξουν την περιστροφή των διαχωρισμένων κεφαλών και των περιστροφικών πινάκων, για την ολοκλήρωση των γωνιακών μετατοπίσεων των οποίων το μέγεθος καθορίζεται στις βασικές μονάδες της γωνιακής μέτρησης. Η λειτουργία αυτών των συστημάτων μπορεί να διαφέρει από διάφορες απόψεις, οι οποίες θα καθοδηγήσουν την επιλογή για μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

Τα βασικά συστήματα της περιστροφικής μετακίνησης στις κυκλικές συσκευές διαίρεσης ερευνώνται στον Πίνακα 2-6, μαζί με τα σχετικά χαρακτηριστικά απόδοσης κάθε συστήματος.

**ΠΙΝ. 2-6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ - 1**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΕΞΕΤΑΣΗ
Αυξητική τοποθέτηση δεικτών	<p><u>Άμεση τοποθέτηση δεικτών</u> με τη βοήθεια ενός δακτυλίου με περιφερειακές εγκοπές μιας πλάκας με έναν ενιαίο κύκλο οπών, τοποθετημένο στον κύριο άξονα και πιασμένο σε μια σταθερή θέση</p>		<p>Κάθε δακτύλιος δείκτης ή πλάκα παρέχει ένα οριοθετημένο και σταθερό αριθμό θέσεων γύρω από το κύκλο που απεικονίζει μια ολόκληρη περιστροφή. Για διαφορετικούς διαχωρισμούς ο δακτύλιος δείκτης πρέπει να ανταλλάσσεται. Συχνή χρήση των δακτύλιων δεικτών ή των πλακών έχουν 24 ή 36 ίσων χωρισμένων θέσεων.</p>
	<p><u>Έμμεση τοποθέτηση δεικτών</u> με την περιστροφή ενός εσωτερικού άξονα ο οποίος κρατάει ένα σπείρωμα κοχλία σε σύνδεση με ένα μηχανισμό μετάδοσης στον κύριο άξονα.</p>		<p>Χρήση ανταλλάξιμου δείκτη πλακών, κάθε ένα έχει διάφορους χωρισμένους κύκλους με διαφορετικούς αριθμούς οπών. Δείκτες με κράτημα των πειρών του εσωτερικού εκκεντρικού άξονα στην επιλεγμένη οπή της πλάκας δεικτών. Με τη χρήση τριών πλακών δεικτών πάνω από 100 διαφορετικές τοποθετήσεις δεικτών μπορούν να ολοκληρωθούν.</p>
	<p><u>Διαφορική τοποθέτηση δεικτών</u> παρόμοια με τον προηγούμενο τύπο, εκτός από την ακολουθία μηχανισμού μετάδοσης την οποία μεταβλητοί βαθμοί παραρτήματος παρέχονται από το σπείρωμα που βασίζεται στην έμμεση τοποθέτηση δεικτών.</p>		<p>Οι ικανότητες του προηγούμενου τύπου επεκτείνονται από την επέμβαση μιας αλληλουχίας μηχανισμού μετάδοσης με αλλαγές για να τροποποιήσει το αποτέλεσμα της εισροής από μια διαφορική δράση. Μερικά μοντέλα ολοκληρώνουν τον αριθμό των θέσεων τοποθετήσεων δεικτών στο 400. Η αλληλουχία του μηχανισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει περιστροφή για ελικοειδή οδόντωση.</p>
	<p><u>Άμεση τοποθέτηση δεικτών</u> από χωρισμένα ζεύγη μηχανισμών μετάδοσης που παράγουν ένα λάθος-αντισταθμιστικό-πολλαπλή συμπλοκή από την ταυτόχρονη σύνδεση όλων των δοντιών</p>		<p>Η πιθανή εύρεση θέσης καθορίζεται από τον αριθμό των δοντιών του αριθμού οδόντωσης (συνήθως 360, πιο σπάνια 720 ή 1440). Βοηθητικές συσκευές, όπως μια πλάκα ημιτόνου, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να παράγουν ενδιάμεσες θέσεις. Η ταυτόχρονη συμπλοκή εξασφαλίζει ένα υψηλό βαθμό ακρίβειας και επιβεβαίωσης αξιοπιστίας.</p>

ΠΙΝ. 2-6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ - 2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΕΞΕΤΑΣΗ
Συνεχής περιστροφικός προσδιορισμός θέσης	<p><u>Σπείρωμα οδήγηση με τύμπανο μικρόμετρο</u></p> <p>Συνεχής κατευθυνόμενη τοποθέτηση από ένα βαθμιαίο τύμπανο του άξονα του σπειρώματος. Παρομοίως, στις αρχές του σχεδίου, με την έμμεση εύρεση τύπου, εκτός από το κλιμακωτό τύμπανο που αντικαθιστά τα πιάτα δεικτών, παρέχει και μια σχεδόν αόριστη περιστροφή του προσδιορισμού θέσης.</p>		<p>Ανάλογα με το πρότυπο, οι διαφορετικές αναλογίες σπειρωμάτων χρησιμοποιούνται στις 40:1 ως 180:1. Η υψηλότερη αναλογία βελτιώνει την ανάλυση ευαισθησίας και κλίμακα περιστροφής αλλά απαιτεί περισσότερο χειροκίνητο για την ίδια μετατόπιση. Οι τιμές βαθμολόγησης κλίμακας ποικίλλουν, ανάλογα με το σχέδιο, από περίπου 6 λεπτά (1/10th βαθμός) στο μισό λεπτό, και όταν εξοπλίζονται με το βερνιέρο η περιστροφή ανάγνωσης μπορεί να επεκταθεί σε ένα πρακτικό μέγιστο 2 δευτερολέπτων του τόξου.</p>
	<p>Οπτική διαίρεση κεφαλής ή περιστροφικός πίνακας. Συνεχής προσδιορισμός θέσης που καθοδηγείται από ένα κλιμακωτό κύριο δαχτυλίδι που παρατηρείται μέσω ενός οπτικού συστήματος (μικροσκόπιο ή οθόνη προβολής). Εκείνο το σύστημα περιλαμβάνει επίσης μια συσκευή μικρόμετρο για τα οπτικά ενισχυμένα διαστήματα της κύριας κλίμακας.</p>		<p>Δείχνει την πραγματική θέση του περιστρεφόμενου μέλους του οργάνου, ανεξάρτητα από την κατεύθυνση προσέγγισης ή τον όρο των ενεργών στοιχείων. Το διπλό οπτικό σύστημα επανάληψης, όταν εφαρμόζεται, αντισταθμίζει τα δευτερεύοντα λάθη εκκεντρότητας στο μοντάρισμα της κύριας κλίμακας. Η ακρίβεια του οργάνου δεν επηρεάζεται από την φθορά στα μηχανικά μέλη. Μέγιστη διάκριση της τάξεως ενός δευτερολέπτου του τόξου.</p>
	<p>Οι περιστροφικοί κωδικοποιητές γωνίας με τα οπτικά ή επαγωγικά φράγματα παρέχουν τις ψηφιακές αναγνώσεις για τα γωνιακά διαστήματα των περιστροφικών μετατοπίσεων. Εξετάζοντας πρακτικά μια συνεχής τοποθέτηση συσκευής λαμβάνοντας υπόψη την υψηλής επίλυσης ικανότητά του.</p>		<p>Ανάλογα με το επιλεγμένο σύστημα του αναλυτή η διακριτική ικανότητα μπορεί να ποικίλει από έναν βαθμό σε ένα μέρος ενός δευτερολέπτου του τόξου, με την ακρίβεια ενός δευτερολέπτου. Ο κωδικοποιητής δεν είναι ένα όργανο μέτρησης, αλλά ενσωματωμένος σε μια κατάλληλη μηχανική συσκευή μπορεί να παρέχει τις μοναδικές ικανότητες μέτρησης και καταγραφής για τα κυκλικά τμήματα.</p>

Οι αιτήσεις των διαφορετικών συστημάτων ενός γωνιακού ελέγχου μετατοπίσεων στο σχέδιο οργάνων εξετάζονται στον Πίνακα 2-7, ο οποίος περιγράφει τους γενικούς τύπους κυκλικών οργάνων διαίρεσης.

#### *2.6.2 Περιγραφή των χαρακτηριστικών οργάνων διαίρεσης*

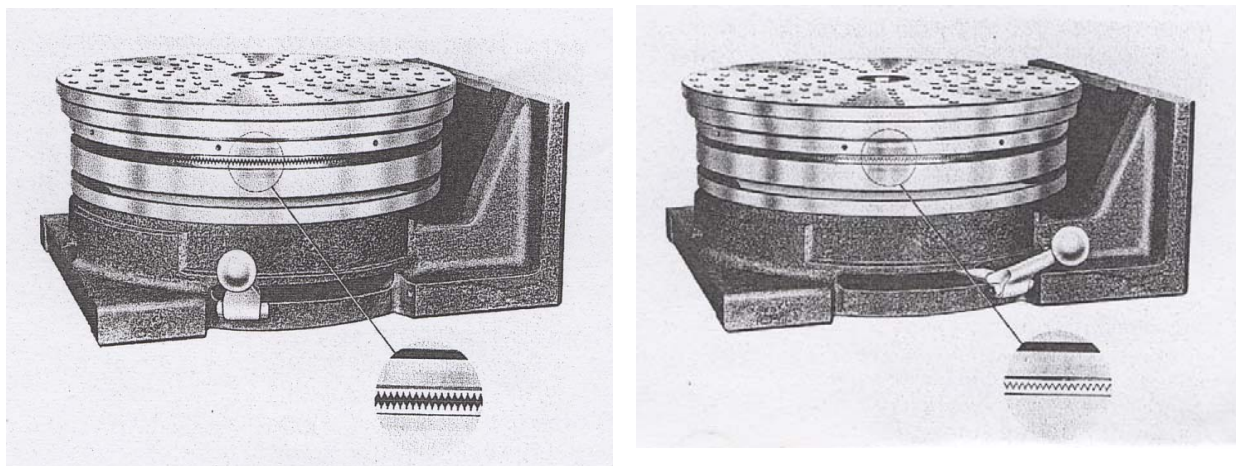
Στον Πίνακα 2-7, οι λειτουργικές αρχές των διαφορετικών οργάνων διαίρεσης εξετάστηκαν, χωρίς συζήτηση των συγκεκριμένων προτύπων. Ο τρόπος στον οποίο αυτές οι αρχές εφαρμόζονται στο σχέδιο των πραγματικών οργάνων μπορεί καλύτερα να καταδειχθεί με την περιγραφή μερικών προτύπων που είναι χαρακτηριστικοί και ευρέως χρησιμοποιημένοι αντιπρόσωποι των διάφορων κατηγοριών συστημάτων.

**ΠΙΝ. 2-7. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΩΝΙΑΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΚΥΚΛΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
<u>Δείκτης</u> περιστροφικής μετατόπισης από τις ιδιαίτερες αυξήσεις	Άμεσα κλειδωμένο πιάτο διαίρεσης με τις περιφερειακές εγκοπές ή τις οπές.	Οι απομακρυσμένες εγκοπές δεσμεύονται ενιαία, καστάνια ή μια καρφίτσα παρέχει την αμεσότερη μέθοδο κυκλικού τμήματος.	Η γρηγορότερη μέθοδος σε έναν περιορισμένο αριθμό θέσεων, συνήθως που δεν υπερβαίνει 30 ανά κύκλο.
	Διαίρεση του δίσκου σε έναν βοηθητικό άξονα εισαγωγής με το σπείρωμα για τη κίνηση στον κύριο άξονα	Το σπείρωμα μειώνει την περιστροφή αξόνων εισαγωγής από μια σταθερή αναλογία, π.χ., 1:40, παρέχοντας κατά συνέπεια έναν πιο ευαίσθητο προσδιορισμό θέσης απ' ό,τι από το άμεσο τμήμα.	Αυτό είναι το βασικό σχέδιο για τις μηχανές οδόντωσης, που παρέχουν μια μεγάλη ποικιλία των τμημάτων, καθώς επίσης και συνεχή περιστροφή μέσω των εργαλείων στα ποσοστά που προσαρμόζονται στο επιτραπέζιο πέραςμα.
	Ο πλήρης κύκλος των ίδιων ακτινωτών δοντιών στις όψεις των ζευγών πλακών των δεικτών	Η κατά μέσο όρο υπολογισμένη ταυτόχρονη επίδραση των δοντιών βεβαιώνει τη μοναδική ακρίβεια δεικτών που αυτοβελτιώνεται με την τυχαία τοποθέτηση δεικτών.	Το ακριβέστερο σύστημα για τα κυκλικά τμήματα στις αυξήσεις, μη μικρότερες από το βαθμό τετάρτου.
<u>Συνεχής</u> περιστροφικός προσδιορισμός θέσης  Το μέλος εισαγωγής δείχνει τη γωνία της περιστροφής	Λειτουργεί από την ακρίβεια του κοχλίου με τη χαμηλή γωνία βαθμού κλίσης με συνέπεια μια υψηλή αναλογία μείωσης (π.χ., 1:180) το κλιμακωτό τύμπανο κλειδώνεται άμεσα στον άξονα σπειρώματος.	Ανάλογα με το σχέδιο και την ακρίβεια της εκτέλεσης του κοχλίου, οι περιστροφικοί πίνακες αυτού του συστήματος μπορούν να έχουν τις διακριτικές ικανότητες για την περιστροφική ρύθμιση στις αυξήσεις, π.χ., 12 ..5 ή 2 δευτερολέπτων του τόξου, που διαβάζονται στο τύμπανο σε συνδυασμό με έναν βερνιέρο.	Για τη βεβαίωση της ομαλής περιστροφικής μετακίνησης ένα λογικό ποσό κίνησης απαιτείται μεταξύ του κοχλίου και του εργαλείου επομένως η κατεύθυνση της περιστροφής πρέπει να είναι ίδια αναγνωρίσιμη στις αρχικές και στις ολοκληρωμένες θέσεις αναφοράς της περιστροφικής ρύθμισης.
<u>Συνεχής</u> περιστροφικός προσδιορισμός θέσης  Το κλιμακωτό κύριο δαχτυλίδι που κλειδώνεται στον κύριο άξονα δείχνει την κυκλική θέση διαστήματος	Η περιστροφική μετατόπιση από την εξασφάλιση ευαίσθητης ρύθμισης κοχλίου, αλλά η κυκλική θέση που καθορίζεται από τις περιφερειακές βαθμολογήσεις του κύριου δαχτυλιδιού, οι οποίες παρατηρούνται οπτικά μέσω μιας συσκευής μικρόμετρου για τις επαυξητικές θέσεις μεταξύ των κύριων βαθμίδων κλίμακας.	Το κύριο δαχτυλίδι, συνήθως του οπτικού γυαλιού βαθμού, φέρνει τις αριθμημένες βαθμολογήσεις στα διαστήματα ενός βαθμού ή βαθμού ενός τρίτου, μέσω του μικροσκοπίου ή προβλλόμενου σε μια οθόνη. Η παρατήρηση ενσωματώνει ένα μικρόμετρο, παρέχοντας διάκριση κλίμακας στα δευτερόλεπτα του τόξου (π.χ., δευτερόλεπτα ..2 ή 1 5).	Η εκκεντρικότητα μεταξύ του άξονα της περιστροφής και του κέντρου του τοποθετημένου κύριου δαχτυλιδιού επηρεάζει την ακρίβεια μέτρησης, εντούτοις αυτό μπορεί να διορθωθεί από τη διπλή μικροσκοπική επανάληψη με την εικόνα. Η ανάλυση που λαμβάνεται με το οπτικό σύστημα παρατήρησης καθορίζει την ευαισθησία. Το σύστημα είναι απαλλαγμένο από τα αποτελέσματα της σπασμωδικής κίνησης ή της μηχανικής φθοράς.

### 2.6.3 Πίνακες ένδειξης με δικτυωτή ακτινωτή οδόντωση

Τα απαραίτητα στοιχεία στην εύρεση των πινάκων με την εμπλοκή ακτινωτών οδοντώσεων, είναι ένα σύστημα του κυκλικού διαχωρισμού συσκευών. Όταν είναι σε θέση εμπλοκής οι οδοντώσεις, παρέχουν μια θετική δέσμευση κλειδώματος των δαχτυλιδιών, τα οποία είναι στερεά συνδεδεμένα με δύο ομόκεντρα καθοδηγημένα μέλη της συσκευής διαίρεσης. Με την ανύψωση του κορυφαίου μέλους, οι οδοντώσεις αποσυνδέονται και το μέλος μπορεί να περιστραφεί από οποιαδήποτε κυκλική απόσταση της οποίας η γωνιακή τιμή απεικονίζει έναν ακέραιο αριθμό διαστημάτων οδοντώσεων. Με τη μείωση του κορυφαίου μέλους, οι οδοντώσεις γίνονται πάλι δεσμευμένες και τοποθετούνται σε μια θέση κλειδώματος της οποίας η ακρίβεια είναι απρόσβλητη είτε από την κατεύθυνση είτε από την απόσταση της περιστροφής. Ο μηχανισμός οδοντώσεων παρουσιάζεται στο σχέδιο 2-12.



*A A Gage Div., US I*

Σχέδιο 2-12. Πίνακας τοποθέτησης δεικτών με αλληλοσύνδεση ακτινωτών οδοντώσεων, τα σχέδια παρεμβολών παρουσιάζουν διαγραμματικά απόσυνδεμένες και δεσμευμένες θέσεις.

(Αριστερά) ανοικτή θέση.

(Δεξιά) κλειστή θέση.

Το σύστημα οδοντώσεων, λόγω της βασικής μηχανικής απλότητάς του, παραχωρεί στις κυκλικές συσκευές διαίρεσης, πολύ καλή λειτουργική ακρίβεια που υπερβαίνει το βαθμό ακρίβειας στη φάση κατασκευής. Αυτό προκύπτει από τα ακόλουθα σημαντικά χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος:

α. Τα λάθη διαίρεσης που εμφανίστηκαν στην παραγωγή των κομμένων δαχτυλιδιών τείνουν να αντισταθμίστουν λόγω της ταυτόχρονης δέσμευσης όλων των οδοντώσεων γύρω από την περιφέρεια των δαχτυλιδιών

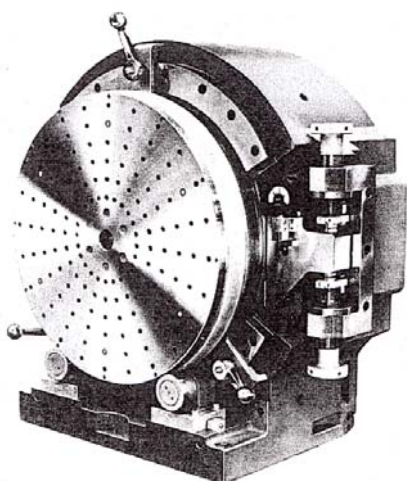


β. Η επαναλαμβανόμενη διαδικασία της αποδέσμευσης -δέσμευσης κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της συσκευής, ιδιαίτερα όταν παράγονται τα τυχαία τμήματα, δημιουργεί μια δράση περιτύλιξης που διορθώνει βαθμιαία τα υπόλοιπα λάθη διαίρεσης και βελτιώνει τις ιδιότητες των οδοντώσεων αντίστασης. Η προκύπτουσα συνεχής αναβάθμιση της ένδειξης ακρίβειας είναι μια αξιοπρόσεκτη κυριότητα αυτού του συστήματος, ιδιαίτερα όταν συγκρίνεται με άλλα μηχανικά συστήματα διαίρεσης.

Σαν αποτέλεσμα του υψηλού βαθμού ακρίβειας κατασκευής, που συνδυάζεται με τις έμφυτες ευεργετικές ιδιότητες του συστήματος, η ένδειξη ακρίβειας των περιστροφικών πινάκων των ακτινωτών οδοντώσεων είναι συχνά σε παραγγελία  $\pm 1/4$  δευτέρο του τόξου, στα ειδικά πρότυπα ακόμα και τόσο υψηλά όσο το  $\pm 0,1$  δευτέρο του τόξου. Αυτός ο υψηλός βαθμός ακρίβειας ισχύει για οποιοδήποτε κυκλικό τμήμα που αντιπροσωπεύει ένα πολλαπλάσιο ακέραιων αριθμών του διαστήματος οδοντώσεων.

Τα περισσότερα πρότυπα των περιστροφικών πινάκων αυτού του συστήματος έχουν 360 οδοντώσεις και μπορούν συνεπώς να συνταχθούν από τις αυξήσεις ενός βαθμού ή από οποιοδήποτε πολλαπλάσιο αυτού του διαστήματος, όπως καθοδηγείται από ένα κλιμακωτό δαχτυλίδι και ένα σημάδι δεικτών, αντίστοιχα, στην περιφέρεια των αμοιβαία περιστρεφόμενων μελών.

Αν και αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται περισσότερο για τις συσκευές με τους κάθετους άξονες, με ορισμένους περιορισμούς μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στα όργανα κεφαλών διαίρεσης οριζοντίου τύπου. Στην τελευταία περίπτωση, εντούτοις, ένα πρόσθετο κεντρικό ρουλεμάν απαιτείται, το οποίο βοηθιέται από τους κυλίνδρους υποστήριξης στους οποίους προηγείται η κυλινδρική περιφέρεια του κινητού μέρους οργάνων (σχέδιο 2-13).



*A A Cage Div, US I*

*Σχ. 2-13. Πίνακας ένδειξης της ακτινωτής οδόντωσης τύπου, που σχεδιάζεται ειδικά για τις εφαρμογές που απαιτούν τη ρύθμιση με τον οριζόντιο άξονα. Στην αποσυνδεδεμένη κατάσταση του, ο πίνακας υποστηρίζεται με την ενίσχυση*

*δύο εξωτερικών κυλίνδρων. Αυτό το πρότυπο είναι επίσης εξοπλισμένο με μια συσκευή ημιτόνου για τις ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ των παρακείμενων ακέραιων βημάτων βαθμού.*

#### 2.6.4 Οπτικές κεφαλές διαίρεσης και περιστροφικοί πίνακες

Οι οπτικές κεφαλές διαίρεσης και οι περιστροφικοί πίνακες χρησιμοποιούν διαβαθμισμένα κύρια δαχτυλίδια ή δίσκους, συνήθως του γυαλιού, ομόκεντρα κεντρικά τοποθετημένα και σταθερά συνδεδεμένα με τον περιστρεφόμενο άξονα του κυκλικού οργάνου διαίρεσης. Οι συγκεκριμένες διαβαθμίσεις της κύριας κλίμακας, που δείχνουν την πραγματική κυκλική θέση του περιστρεφόμενου μέλους, μπορούν να παρατηρηθούν μέσω ενός μικροσκοπίου, που απεικονίζει ένα αναπόσπαστο τμήμα του οργάνου που είναι εξοπλισμένο με μια ρυθμιζόμενη κλίμακα οπτικού οργάνου. Η ρύθμιση της διάστασης χρησιμοποιείται για να πετύχει σύμπτωση μεταξύ του βαθμού αναφοράς και της κλίμακας βαθμίδας που παρατηρείται. Το ποσό ρύθμισης διαστάσεων επιδεικνύεται σε μια βοηθητική κλίμακα, τον βερνιέρο, ο οποίος δείχνει την κλασματική αξία που προστίθεται στην παρατηρηθείσα κύρια βαθμολόγηση κλίμακας. Αυτές οι τελευταίες ενδείξεις χωρίζονται κατά διαστήματα συνήθως στο  $1/3$  ή στο  $1/6$  του πλήρη βαθμού.

Η διαδικασία μπορεί επίσης να αντιστραφεί θέτοντας πρώτα την κλίμακα βερνιέρων στην απαραίτητη κλασματική τιμή και έπειτα περιστρέφοντας τη συσκευή διαίρεσης μέχρι το επιθυμητό σημείο βαθμολόγησης στη σύμπτωση με το σημάδι αναφοράς. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των οπτικών συσκευών διαίρεσης που χρησιμοποιούν τα κύρια κλιμακωτά δαχτυλίδια είναι η απεριόριστη αντιστροφή της διαδικασίας ή αλλαγή της κατεύθυνση της περιστροφής, χωρίς το γεγονός της παλινδρομικής κίνησης ή της υστέρησης, το οποίο θα μπορούσε να παρεμποδίσει την υπάρχουσα ακρίβεια των στοιχείων των οργάνων.

Υπάρχει ένα πιθανό αδύνατο σημείο στη χρήση των κύριων δαχτυλιδιών που κατασκευάζονται χωριστά και τοποθετούνται έπειτα στο περιστρεφόμενο μέρος της διαίρεμένης συσκευής: ακόμη και ένα πολύ μικρό ποσό εκκεντρικότητας μεταξύ του άξονα της περιστροφής και του κέντρου της τοποθετημένης κλίμακας δαχτυλιδιού έχει επιπτώσεις στην ακρίβεια της λειτουργίας του οργάνου. Η εκκεντρικότητα στο μοντάρισμα προκαλεί ένα ημιτονοειδές λάθος τμήματος που μπορεί να είναι αρκετά ουσιαστικό ακόμη και για μια σχετικά μικρή μετατόπιση στη θέση ενός από τα κέντρα. Δεδομένου ότι ένα παράδειγμα, εκκεντρικότητας 0.0003 της ίντσας σε μια 6-ίντσών κλίμακα κυκλικής διαμέτρου θα προκαλέσει, στην εντονότερη θέση του, ένα λάθος παραπάνω από 20 δευτερόλεπτα του τόξου μεταξύ δύο αντίθετων διαμετρικών θέσεων.

Οι κυκλικές κύριες κλίμακες που χρησιμοποιούνται στα πιο προηγμένα σχέδια των οπτικών συσκευών διαίρεσης είναι ακριβείς σε ένα μέγιστο λάθος συν ή μείον ενός δευτερολέπτου του τόξου. Όργανα που εξοπλίζονται με διπλή επανάληψη για την παρατήρηση και με μικροσκόπια έχουν την κατάλληλη αποτελεσματική ισχύ που πετυχαίνουν επιχειρησιακή ακρίβεια εκφρασμένη από τον παρακάτω τύπο :

$$\Delta = [2 + 8/R \times \sin \alpha/2 (1 + A/8) ]$$

$\Delta$  = αβεβαιότητα εργασίας, στα δευτερόλεπτα του τόξου

$R$  = ακτίνα του διαιρεμένου κύκλου στο μέρος, σε ίντσες

$A$  = αξονική απόσταση της μετρημένης επιφάνειας από τη πρόσοψη της κεφαλής διαίρεσης, σε ίντσες

$\alpha$  = γωνία του διαστήματος, σε μοίρες.

Οι οπτικοί περιστροφικοί πίνακες γίνονται επίσης με την κίνηση δύναμης και την ψηφιακή ανάγνωση, εντούτοις, η χρήση αυτών των περίπλοκων τύπων οργάνων επιτρέπεται για ειδικές εφαρμογές μόνο.

#### 2.6.5 Βαθμολόγηση των κυκλικών οργάνων διαίρεσης

Τα λάθη που προκύπτουν από τους περιορισμούς οργάνων δεν είναι συνήθως ενός τέτοιου μεγέθους που θα μπορούσε σημαντικά να έχει επιπτώσεις στην αναμενόμενη ακρίβεια των συγκεκριμένων διαδικασιών μέτρησης. Παρόλα αυτά, για τη βεβαίωση της αξιοπιστίας των μετρήσεων, είναι απαραίτητο να καθοριστεί η λειτουργική ακρίβεια των κυκλικών οργάνων διαίρεσης με τη βοήθεια της διαδικασίας βαθμολόγησης.

Για τη βαθμολόγηση των περιστροφικών πινάκων η γενικότερα χρησιμοποιημένη, και συγχρόνως πολύ ακριβής μέθοδος, είναι βασισμένη στη χρήση των πολυγώνων και των αυτόματων σωλήνων οπτικών οργάνων. Τα πολύγωνα είναι τα τεμάχια, τα οποία αποτελούνται συνήθως από χάλυβα ή γυαλί, είτε ως μονό κομμάτι, είτε αποτελούμενα από σταθερά συγκεντρωμένα στοιχεία. Τα πολύγωνα, που απεικονίζουν τα κύρια διαμετρήματα ενός πολύ υψηλού βαθμού ακρίβειας, γίνονται με τους διαφορετικούς αριθμούς πλευρών, τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα έχουν πλευρές 3 ..5 ..6 , 9 , 12 ..18 ..36 ή 72. Οι πλευρές είναι ισοδιάστατες γύρω από έναν κοινό κύκλο, που παράγει τα γωνιακά διαστήματα μεταξύ των παρακείμενων πλευρών, οι οποίες ισοναμούν 360 μοίρες, που διαιρούνται με τον αριθμό των πλευρών. Η ακρίβεια των γωνιακών διαστημάτων είναι, για την πλειονότητα των τύπων, καλύτερη από 2 δευτερόλεπτα του τόξου. Τα πολύγωνα που χρησιμοποιούνται για τις κρίσιμες μετρήσεις τους παρέχουν τα πιστοποιητικά της βαθμολόγησης, που εξηγεί το πραγματικό λάθος στο διάστημα μεταξύ κάθε ζευγαριού των προσόψεων στις αυξήσεις 0,2 του δεύτερου του τόξου.

Οι αυτόματοι σωλήνες οπτικών οργάνων είναι όργανα οπτικών μετρήσεων, παρόμοια με τα τηλεσκόπια. Η ακτίνα φωτός που αφήνει ο αυτόματος σωλήνας οπτικών οργάνων περνά μέσω ενός δικτύου, το οποίο λαμβάνει επίσης την απεικονισμένη εικόνα. Εκείνη η απεικονισμένη εικόνα θα συμπέσει με τα αρχικά σημάρδια δικτύων μόνο ό-

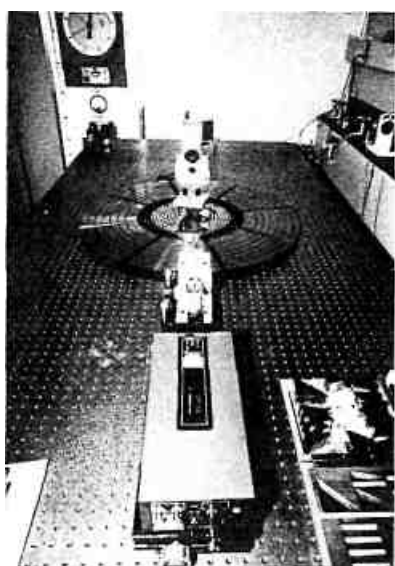
ταν η απεικονιζόμενη επιφάνεια είναι κάθετη στην εκπεμπόμενη ακτίνα φωτός, το ποσό της μη σύμπτωσης που επιδεικνύεται στις γωνιακές μονάδες μπορεί να διαβαστεί μέσω του προσοφθαλμίου μικροσκοπίου .

Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας βαθμολόγησης, το πολύγωνο τοποθετείται κεντρικά στη πρόσοψη του περιστροφικού πίνακα, και ο αυτόματος σωλήνας οπτικών οργάνων ρυθμίζεται για να αντιμετωπίσει μια από τις πλευρές πολυγώνων, σε μια ακριβώς κάθετη κατεύθυνση. Με τη σημείωση της τιμής βαθμολόγησης του περιστροφικού πίνακα στην αρχική θέση, ο πίνακας περιστρέφεται τώρα από το ποσό του ονομαστικού δευτερεύοντος διαστήματος πολυγώνων, και η αντανάκλαση της επόμενης πλευράς πολυγώνων παρατηρείται από τον αυτόματο σωλήνα οπτικών οργάνων. Σε περίπτωση μη σύμπτωσης, μπορεί να ανιχνευθεί και μετρηθεί ακριβώς, άμεσα στις γωνιακές τιμές. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έπειτα για τις επόμενες πλευρές του πολυγώνου.

Μια μέθοδος περιστροφικής επιτραπέζιας βαθμολόγησης, μάλλον σπάνια χρησιμοποιούμενη, αλλά που κατέχει το πλεονέκτημα της μη απαίτησης των πολυγώνων, στηρίζεται στη χρήση των φραγμών διαμετρημάτων γωνίας. Εντούτοις, αυτή η μέθοδος έχει διάφορους περιορισμούς, συνδέει εν μέρει τα πιθανά λάθη ως αποτέλεσμα της επαναλαμβανόμενης ανταλλαγής των φραγμών διαμετρημάτων γωνίας.

#### 2.6.6 Προηγμένη αυτοματοποιημένη κύρια βαθμολόγηση γωνίας

Πρόσφατα, η κατάσταση προόδου στη βαθμονόμηση της κύριας γωνίας επεκτάθηκε με την ανάπτυξη του προηγμένου αυτοματοποιημένου κύριου συστήματος βαθμολόγησης γωνίας, AAMACS (βλ. το σχέδιο 2-14). Αυτό το κομμάτι του εξοπλισμού κάνει τις μετρήσεις γωνίας που είναι δέκα φορές ακριβέστερο από αυτό των προηγούμενων τεχνολογιών.



*A.G. Davis Gage & Engineering Co.*

*Σχέδιο 2-14. Το προηγμένο αυτοματοποιημένο κύριο σύστημα βαθμολόγησης γωνίας (AAMACS) στην υπηρεσία της εφαρμοσμένης μηχανικής ακρίβειας διαχωρισμού του Εθνικού Ιδρύματος Προτύπων και Τεχνολογίας, Gaithersburg, Μέρυλαντ, ΗΠΑ.*

Μέσω της χρήσης ενός ιδιόκτητου τριπλού διαφορικού συστήματος δεικτών, 379.080.000 ασυνεχής μηχανολογικές θέσεις είναι δυνατές. Αυτό το σύστημα των ασυνεχών θέσεων παράγει μια ακρίβεια μέτρησης 0,25 του δεύτερου του τόξου, μια ανάλυση

0.0034 του δευτέρου του τόξου, και μια επαναληψιμότητα 0,005 του δευτέρου του τόξου. Το AAMACS χρησιμοποιείται τώρα για να βαθμολογήσει τον αυτόματο σωλήνα οπτικών οργάνων, τα οπτικά πολύγωνα, τους φραγμούς γωνίας οι οποίοι στη συνέχεια χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των εργαλειομηχανών.

Το AAMACS σχεδιάστηκε συγκεκριμένα για να διευθύνει τέσσερα κύρια προβλήματα που έχουν επηρεάσει την ακρίβεια της μέτρησης γωνίας στο παρελθόν. Αυτά τα προβλήματα είναι:

(1) διάθλαση που επηρεάζει την πορεία φωτός των φωτοηλεκτρικών συστημάτων των αυτόματων σωλήνων οπτικών οργάνων

(2) σεισμικές και ακουστικές διαταραχές που προκαλούν τη μετακίνηση μεταξύ των μηχανικών συστατικών των οπτικών συστημάτων

(3) θερμική κλίση που προκαλείται από την εγγύτητα ενός χειριστή κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης περιόδου μέτρησης και

(4) λάθη των αυτόματων σωλήνων των οπτικών οργάνων που προκαλούνται από τα προβλήματα βαθμολόγησης χαρακτηριστικών με αυτό το σύστημα της μέτρησης γωνίας.

#### 2.6.7 Ηλεκτρονικά επίπεδα

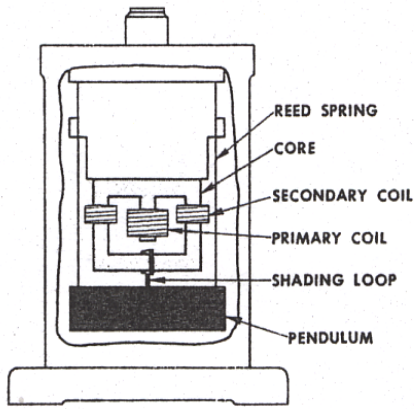
Το απαραίτητο στοιχείο του ηλεκτρονικού επιπέδου είναι ένα εκκρεμές που αναστέλλεται μέσα σε ένα πλαίσιο. Εκείνο το πλαίσιο τοποθετείται σε ένα βάθρο με τα πόδια σε μια συγκεκριμένη απόσταση χώρα, συνήθως εκτεινόμενο πέρα από ένα μήκος 5 ιντσών. Η βάση του οργάνου συνιστά ένα επίπεδο που αντιπροσωπεύει, σε γενικές γραμμές, το οριζόντιο, όταν το εκκρεμές είναι στην κεντρική του θέση.

Η χρήση των ηλεκτρονικών και η έκθεση των γωνιακών τιμών των μηχανικών εκτροπών του εκκρεμούς βεβαιώνει διάφορες ευνοϊκές ιδιότητες για αυτόν τον τύπο οργάνου μέτρησης γωνίας, όπως παρακάτω:

α. Μακρινή παρατήρηση-συνήθως μερικά πόδια από τη θέση του στοιχείου αντίληψης, αν και δεν υπάρχει κανένας λόγος για τον οποίο οι μεγαλύτερες αποστάσεις, μέχρι εκατό πόδια, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, εάν είναι απαραίτητο.

β. Γρήγορη ανταπόκριση, με την υψηλή επαναλαμβανόμενη ακρίβεια.

γ. Υψηλή ενίσχυση για τις ευαίσθητες μετρήσεις.



Federal Products Corp.

Σχέδιο 2-16. Διάγραμμα που επεξηγεί τις αρχές λειτουργίας ενός τύπου ηλεκτρονικού επιπέδου, που χρησιμοποιεί έναν σκιάζοντα βρόχο που συνδέθηκε με το εκκρεμές για να μεταφέρει στα ηλεκτρικά σήματα τις βαρύτητα-προκληθείσες μετακινήσεις των τελευταίων.

### 2.6.8 Κλινόμετρο

Τα κλινόμετρα είναι όργανα για τη μέτρηση, στο κάθετο επίπεδο, της κλίσης των επιφανειών σε σχέση με το βασικό οριζόντιο επίπεδο, πέρα από μια εκτεταμένη σειρά. Τα λειτουργικά στοιχεία αυτών των οργάνων είναι το ευαίσθητο φιαλίδιο που τοποθετείται σε περιστρέψιμο δίσκο, ο οποίος φέρνει ένα κλιμακωτό δαχτυλίδι με τον οριζόντιο άξονα που υποστηρίζεται στην κάλυψη του οργάνου. Όταν το κλινόμετρο τοποθετείται σε ένα ακριβώς οριζόντιο επίπεδο, η φυσαλίδα του φιαλιδίου είναι στην κεντρική θέση της εφ' όσον η κλίμακα του περιστρέψιμου δίσκου είναι σε μηδενική βαθμολόγηση. Τοποθετώντας το όργανο σε μια κλίση, η φυσαλίδα μπορεί πάλι να παρουσιαστεί στην κεντρική θέση της με την περιστροφή του δίσκου, το ποσό περιστροφικής εκτοπίσματος μπορεί να διαβαστεί στην κλίμακα, δείχνοντας την απόκλιση από το οριζόντιο επίπεδο στην επιφάνεια που μετρήθηκε.

Τα κλινόμετρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καθεμία από τις δυο παρακάτω κατηγορίες μέτρησης, οι οποίες επίσης ορίζουν την τεχνική που χρησιμοποιείται, δηλαδή:

α. Η μέτρηση μιας κεκλιμένης επιφάνειας σε σχέση με τον οριζόντιο. Με την τοποθέτηση του οργάνου στην επιφάνεια που μετριέται και την περιστροφή του κλιμακωτού δίσκου της για να παράγει μηδενική ένδειξη στην πρότυπη φυσαλίδα, η τιμή κλίμακας της θέσης δίσκων θα είναι ίση με τη γωνία της κλίσης και

β. Η μέτρηση της σχετικής θέσης δύο αμοιβαία κεκλιμένων επιφανειών. Με την τοποθέτηση του κλινόμετρου σε κάθε μια από τις επιφάνειες, και τη λήψη των αναγνώσεων με αναφορά στον οριζόντιο, η διαφορά των δύο αναγνώσεων θα δείξει τη γωνιακή τιμή της σχετικής κλίσης.

Στην πραγματοποίηση αυτών των μετρήσεων πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα να κρατήσουμε τον άξονα του περιστρέψιμου δίσκου παράλληλο στη γραμμή αρθρώσεων της κλίσης, αυτός ο προσδιορισμός θέσης βοηθιέται από το διαγώνιο φιαλίδιο του οργάνου.

## Κεφάλαιο 3

### 3 Μέτρηση της ευθύτητας, της επιπεδότητας και της καθετότητας

Η χρήση των γωνιακών συσκευών διαφέρει από τον ρόλο που έχουν οι ακριβείς μετρήσεις γωνιών. Οι μετρήσεις αυτές συζητήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχοντας σαν κύριο θέμα τους, τους κοινούς γωνιακούς διαχωρισμούς που αναφέρθηκαν, όπως γωνιακά διαστήματα, σαν αποτέλεσμα της υποδιαίρεσης του κύκλου.

Ο σκοπός των μετρήσεων που σχετίζονται με την κατευθυνόμενη ή την καθοριζόμενη παρέκβαση είναι εξαιρετικά ευρύς και ποικίλος. Οι μέθοδοι και τα όργανα μέτρησης, που αναφέρονται σε αυτό το κεφάλαιο σχετίζονται με τρεις βασικούς όρους :

1. Ευθύτητα, που σχετίζεται με την ευθεία γραμμή
2. Επιπεδότητα,, που σχετίζεται με το πλήρες επίπεδο
3. Καθετότητα, που σχετίζεται με τις άκρες ή τις προσόψεις του τέλειου κύβου

Αυτή η απεικόνιση των συνθηκών, δεν λαμβάνεται σαν σταθερή κατηγοριοποίηση, αλλά περισσότερο σαν σκοπιμότητα που διευκολύνει την αναθεώρηση αυτής της περίπλοκης περιοχής της διαστασιακής μετρολογίας. Βασικά, η γενική ιδέα της ευθύτητας, της επιπεδότητας και της καθετότητας, συνδέεται στενά με πολλά από τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά για την μέτρηση περισσότερων από μιας κατηγορίας.

Η ευθύτητα, η επιπεδότητα και η καθετότητα είναι οι βασικοί όροι πολλών γεωμετρικών ιδεών, που εφαρμόζονται στο μηχανολογικό σχέδιο και την εφαρμοσμένη μηχανική. Συνεπώς, οι μετρήσεις που συνδέονται με οποιουσδήποτε από αυτούς τους όρους είναι ποικίλες και διαφέρουν από πολλές απόψεις. Τέτοιες μετρήσεις μπορούν να κατευθυνθούν προς τον έλεγχο της συμμόρφωσης του αντικειμένου με τις συγκεκριμένες γεωμετρικές απαιτήσεις, ή ένας από αυτούς τους βασικούς όρους καθιερώνεται για να χρησιμεύσει ως μέσο για τη μέτρηση των σχετικών όρων. Τα χαρακτηριστικά παραδείγματα της εφαρμογής του τελευταίου είδους μέτρησης είναι η καθιέρωση μιας ευθείας γραμμής για τον έλεγχο της ευθυγράμμισης, ή της επιπεδότητας, και για την επιθεώρηση της καθετότητας.

Λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλομορφία των μετρολογικών χρήσεων, μια λεπτομερής κατηγοριοποίηση θα ήταν μη πρακτική. Εντούτοις, για να δείξουμε το πεδίο των μετρολογικών διαδικασιών που κατευθύνονται ή αφορούν την ευθύτητα, την επιπεδότητα και την καθετότητα, τα μεμονωμένα τμήματα αυτού του κεφαλαίου συνοδεύονται

από τους ταξινομημένους πίνακες έρευνας για τις χρησιμοποιημένες μεθόδους μέτρησης. Αυτές οι έρευνες πρέπει να βοηθήσουν τον αναγνώστη στην απεικόνιση του ευρύ τομέα των τεχνικών μέτρησης που συνδέονται με αυτούς τους βασικούς γεωμετρικούς όρους.

### 3.1 Οπτική σχεδίαση

Ο όρος οπτική σχεδίαση χρησιμοποιείται συχνά για μια συγκεκριμένη κατηγορία εφαρμοσμένης μηχανικής μετρώντας τις διαδικασίες στις οποίες η οπτική παρατήρηση αντικαθιστά τη μηχανική, ερχόμενη σε επαφή. Η οπτική σχεδίαση είναι ιδιαίτερα συμφέρουσα για τα μεγάλα αντικείμενα, όπου οι ουσιαστικές αποστάσεις περιλαμβάνονται μεταξύ των αλληλένδετων επιφανειών ενός μέρους ή μιας δομής, ή όταν απαιτείται μια μακρινή θέση του οργάνου μέτρησης. Η οπτική σχεδίαση χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή των εργαλειομηχανών, μηχανών και γενικά μηχανημάτων, στα αεροσκάφη και τις βιομηχανίες ναυπηγικής, επίσης για τον αεροδιαστημικό εξοπλισμό παραγωγής και ανέγερσης. Εντούτοις, η χρήση της οπτικής σχεδίασης δεν είναι περιορισμένη στη μετρολογία μεγάλης κλίμακας, η μέτρηση των αυστηρά διαστασιοποιημένων μερών του μέσου και μικρού μεγέθους προσφέρει επίσης έναν αυξανόμενο αριθμό προνομιακών εφαρμογών.

Αυτές οι διαδικασίες στηρίζονται σε ορισμένους φυσικούς κατάλληλους δεσμούς του φωτός, όπως η ευθεία πορεία διάδοσής του, ο παραλληλισμός των δεσμών φωτός που είναι παράλληλες με την ενίσχυση των κατάλληλων φακών, τα αξιόπιστα χαρακτηριστικά της αντανάκλασης και διάθλασης, και διάφορα άλλα. Οι πρόοδοι στην οπτική, στην επιστήμη και στον κλάδο της κατασκευής, που δημιουργεί πολλούς νέους τύπους οργάνων βασισμένων στην οπτική μόνο ή σε συνδυασμό με την ηλεκτρονική, συνέβαλαν κατά ένα μεγάλο μέρος στη γρήγορη επέκταση της οπτικής σχεδίασης σε πολλούς τομείς των διαστατικών μετρήσεων. Πιο πρόσφατα, οι πολλές εφαρμογές των λέιζερ, ως πηγή εξαρτώμενου και συνεπούς φωτός και υψηλής έντασης, υπόσχονται περισσότερη πρόοδο στην ακρίβεια και στο πεδίο της οπτικής σχεδίασης.

Στο στάδιο της οπτικής σχεδίασης, οι σίγουρα τοποθετημένες και απευθείας εικονικές γραμμές (η γραμμή όψης) και τα επίπεδα είναι εγκατεστημένα και έπειτα παρατηρούνται είτε άμεσα είτε στην αντανάκλασή τους. Τα επιλεγμένα στοιχεία στην επιφάνεια αντικειμένου παρατηρούνται στη σχέση τους με αυτές τις οπτικές γραμμές ή επίπεδα και, στην περίπτωση μη συγκυρίας, το ποσό παρέκκλισης μπορεί να μετρηθεί με ευαισθησία με την ενίσχυση του οπτικού οργάνου παρατήρησης.

Τα στοιχεία που παρατηρούνται μπορούν να είναι συγκεκριμένα σημεία ή τομείς της πραγματικής επιφάνειας του αντικειμένου, αν και συχνότερα, τα ενδιάμεσα μέλη χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση του στοιχείου χαρακτηριστικών γνωρισμάτων

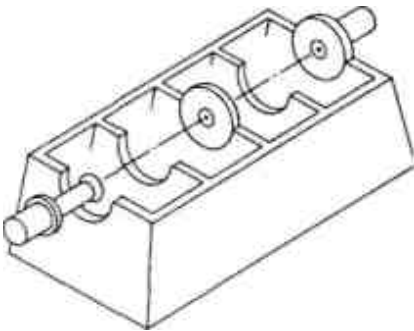
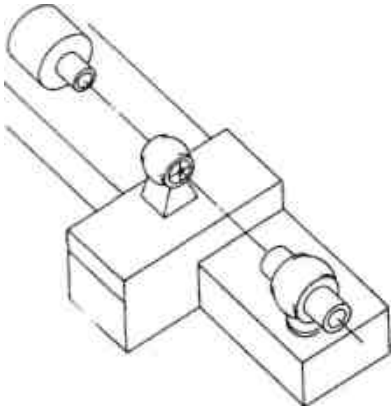
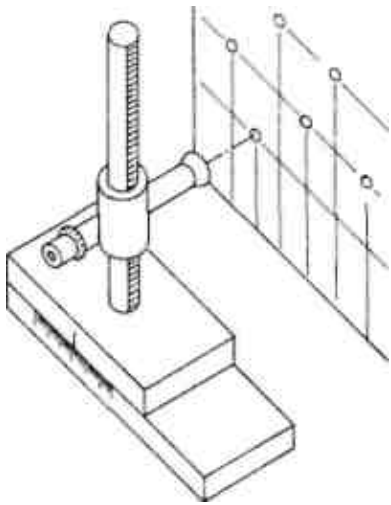


ή επιφάνειας που ερευνάται, κατά τρόπο ευαίσθητο στην αξιόπιστη παρατήρηση με το εφαρμοσμένο οπτικό όργανο.

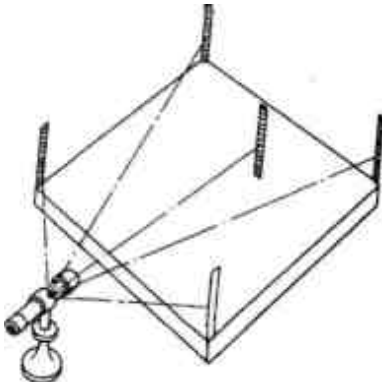
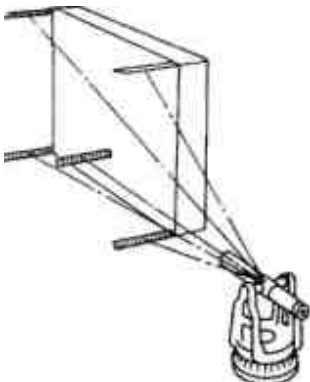
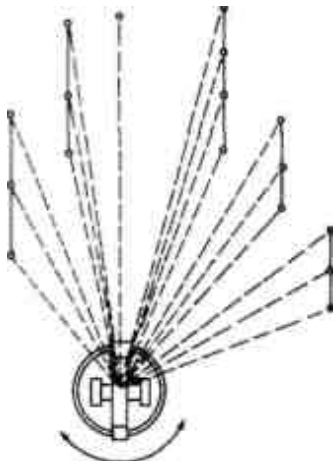
Τα σημαντικά όργανα της οπτικής σχεδίασης είναι τηλεσκόπια ευθυγράμμισης, μοντέλο διελεύσεων, οπτικά επίπεδα, θεοδόλιχοι και αυτόματοι σωλήνες οπτικών οργάνων. Αυτά τα όργανα χρησιμοποιούνται γενικά από κοινού με τις διαφορετικές συσκευές, όπως οι λυχνίες, οι κατευθυντήρες, οι ανακλαστήρες και τα πρίσματα. Αρκετά από αυτά τα όργανα και διάφορα εξαρτήματα αναφέρονται λεπτομερώς στα τμήματα αυτού του κεφαλαίου, και δίνονται μερικές ενδείξεις σχετικά με τις χαρακτηριστικές αιτήσεις τους.

Μια συνοπτική έρευνα για την πιο κοινή εφαρμογή για την οπτική σχεδίαση παρουσιάζεται στον πίνακα 3-1, που επεξηγεί τις αρχές διαδικασίας βασισμένες στη χρήση των διάφορων συστημάτων οργάνων. Αν και οι διαφορετικές χρήσεις των αυτόματων σωλήνων οπτικών οργάνων εμπίπτουν επίσης στη γενική κατηγορία της οπτικής σχεδίασης, αυτές θα αναθεωρηθούν μαζί με άλλες εφαρμογές αυτόματων σωλήνων οπτικών οργάνων στους πίνακες 3-2.

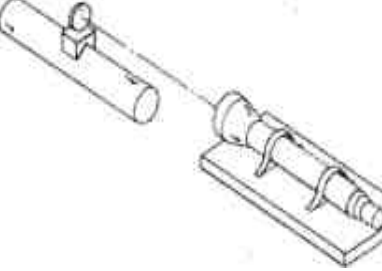
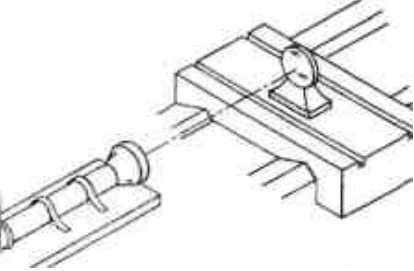
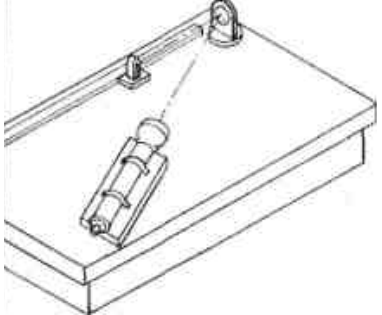
**ΠΙΝ. 3-1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΠΟ ΟΠΤΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ- 1**

ΜΕΘΟΔΟΣ Η ΣΚΟΠΟΣ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΑΝΑΦΟΡΑ
Δοκιμή ευθυγράμμισης	Τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης με τον κατευθυντήρα και τους ενδιάμεσους στόχους		Η μέτρηση της ευθυγράμμισης των ονομαστικά ομοαξονικών οπών με την καθιέρωση μιας οπτικής γραμμής αναφοράς μεταξύ του άκρου δύο οπών, μια κρατάει το τηλεσκόπιο και η άλλη τον κατευθυντήρα. Ένας δεύτερος στόχος τοποθετείται διαδοχικά στις ενδιάμεσες οπές και η κατεύθυνση της πλευρικής μετατόπισης, όταν μέτριοι με το μικρόμετρο προσοφθαλμίων του τηλεσκοπίου.
Ευθύτητα της παράλληλης μετατόπισης ενός στοιχείου μηχανών	Τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης με τον κατευθυντήρα και το στόχο		Η ευθύτητα της πορείας μετατοπίσεων μιας μεταφοράς εργαλειομηχανών (τόρνος) σε σχέση με τη γραμμή όψης που απεικονίζει τον κοινό άξονα του κύριου άξονα και επιθεωρείται με την παρατήρηση του βαθμού σύμπτωσης του στόχου στη μεταφορά στις διαφορετικές θέσεις κατά μήκος ίχνων καθοδήγησης.
Οπτική μεταφορά των ισότιμων καθιερωμένων αποστάσεων που τοποθετούνται σε ένα μακρινό επίπεδο μέτρησης	Καθετόμετρο - ένα τηλεσκόπιο που τοποθετείται για την κατακόρυφο μετατόπιση κατά μήκος μιας κλιμακωτής στήλης που είναι συνδεδεμένη με μια οριζόντια διαφάνεια		Ένας κάθετος φραγμός με τις βαθμολογήσεις και το βερνιέρο για την ανάγνωση 0,001-ίντσας καθοδηγεί ένα υποστήριγμα στο οποίο ένα τηλεσκόπιο τοποθετείται. Ο φραγμός μπορεί να τοποθετηθεί οριζόντια κατά μήκος των ίχνων καθοδήγησης μιας διαφάνειας που κρατά το φραγμό, οι αποστάσεις αυτής της μετακίνησης που είναι επίσης μετρήσιμοι. Η ευθυγράμμιση ενός επιλεγμένου χαρακτηριστικού γνωρίσματος κομματιού με την ισότιμη θέση του τηλεσκοπίου καθιερώνεται εξ αποστάσεως με την ενίσχυση μιας γραμμής όψης.

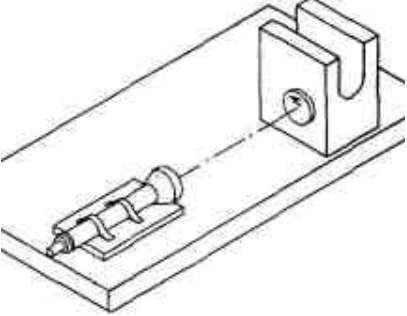
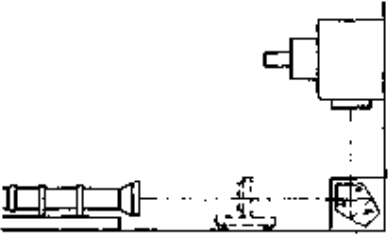
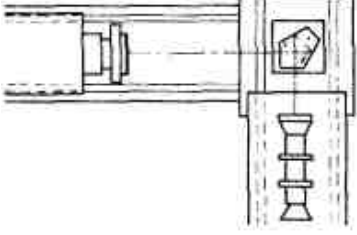
**ΠΙΝ. 3-1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΠΟ ΟΠΤΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ – 2**

ΜΕΘΟΔΟΣ Η ΣΚΟΠΟΣ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
Καθιέρωση οπτικά ενός οριζόντιου επιπέδου αναφοράς	Οπτικό επίπεδο (Τηλεσκόπιο περιστρεπτό γύρω από έναν κάθετο άξονα)		Για τη σύσταση των μεγάλων μελών μηχανών στις θέσεις σχετικές με τον οριζόντιο, ένα οπτικό επίπεδο αναφοράς μπορεί να καθιερωθεί από τη καμπύλη κίνηση ενός τηλεσκοπίου που περιστρέφεται γύρω από έναν ακριβώς κάθετο άξονα, οι κλίμακες ή οι στόχοι που στηρίζονται στην επιφάνεια του κομματιού παρατηρούνται και οι παρεκκλίσεις από το επίπεδο στοιχείων μετριοούνται ακριβώς.
Καθιέρωση οπτικά ενός κάθετου επιπέδου αναφοράς	Διέλευση συσκευής κατασκευής προτύπων  (Τηλεσκόπιο περιστρέψιμο γύρω από έναν οριζόντιο άξονα)		Η ανέγερση των βαριών μηχανημάτων και των παρόμοιων δομών μπορεί να καθοδηγηθεί αξιόπιστα με ένα κάθετο επίπεδο στοιχείων που στερεώνεται οπτικά με τη βοήθεια μιας συσκευής κατασκευής προτύπων. Ο προσανατολισμός εκείνου του κανονικού επιπέδου σε μια άλλη κατεύθυνση στοιχείων βεβαιώνεται από έναν καθρέφτη αξόνων που τοποθετείται στη συσκευή κατασκευής προτύπων. Μια ακριβής γραμμή βαριδίων μπορεί επίσης να καθιερωθεί.
Η καθιέρωση κατευθυνόμενων ελεγχόμενων γραμμών αναφοράς σε οποιαδήποτε γωνία κλίσης και σε οποιοδήποτε προσανατολισμό	Θεοδόλιχος εφαρμοσμένης μηχανικής  (Περιστρέψιμοι περίπου δύο άξονες τηλεσκοπίων - κάθετοι και οριζόντιοι και οι δύο περιστροφές μετρήσιμες με την υψηλή ακρίβεια)		Όταν διάφορα κάθετα επίπεδα αναφοράς πρέπει να καθιερωθούν στα διαφορετικά γωνιακά διαστήματα, και οι γωνίες ανύψωσης των διαφορετικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων κομματιών σε εκείνα τα επίπεδα πρέπει να μετρηθούν σε σχέση με ένα κοινό επίπεδο στοιχείων, ο θεοδόλιχος εφαρμοσμένης μηχανικής πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Η γωνιακή ακρίβειά της είναι μοναδική και μπορεί επίσης να εξοπλιστεί για τη μέτρηση των μικρών γραμμικών παρεκκλίσεων.

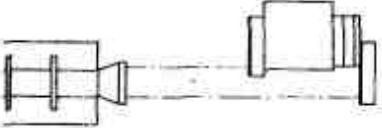
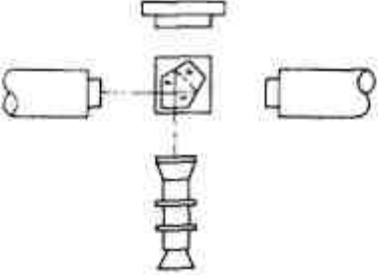
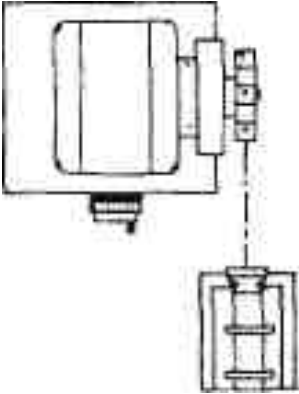
**ΠΙΝ. 3-2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑ- 1**

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΝΘΗΚΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
Ευθύτητα ενός στοιχείου επιφάνειας	Η ευθύτητα ενός στρογγυλού άξονα		Μια Vee-βάση που φέρνει ένα ανακλαστήρα μπορεί να κινηθεί προς τις διαφορετικές θέσεις κατά μήκος του άξονα όταν παρατηρείτε μέσω ενός αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου. Το κρέμασμα ή το λύγισμα του άξονα θα ανιχνευθεί εύκολα και θα μετρηθεί ως γωνιακή εκτροπή ενός τμήματος ίσου με το μήκος της Vee-βάσης, στη σχέση της με το επιλεγμένο τμήμα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε για το μηδενισμό στο αυτόματο σωλήνα οπτικού οργάνου.
Ευθύτητα μιας παράλληλης μετακίνησης	Η αποτελεσματική ευθύτητα ιχνών καθοδήγησης εργαλειομηχανών		Ένας ανακλαστήρας που τοποθετείται στη μεταφορά ενός τόννου και που αντιμετωπίζεται μέσω ενός αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου θα επιτρέψει την επιθεώρηση της αποτελεσματικής ευθύτητας, με τη μέτρηση των εκτροπών του ανακλαστήρα ενώ η μεταφορά κινείται προς τις διαφορετικές θέσεις κατά μήκος του κρεβατιού τόννου.
Λειότητα μιας επιφάνειας	Η λειότητα ενός πιάτου επιφάνειας που αξιολογείται από τον πυρήνα που αφορά την ευθύτητα των αλληλένδετων διαδρομών		Με τη μέτρηση της ευθύτητας διάφορων διαδρομών που καθιερώνονται σε ένα συγκεκριμένο σχέδιο σε μια ονομαστικά επίπεδη επιφάνεια και την παραπομπή από ένα κοινό επίπεδο στοιχείων, οι γωνιακές εκτροπές ενός ανακλαστήρα του γνωστού μήκους βάσεων καθιερώνονται, επιτρέποντας τις ανάλογες διαφορές να μετρηθούν.

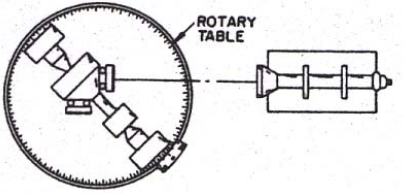
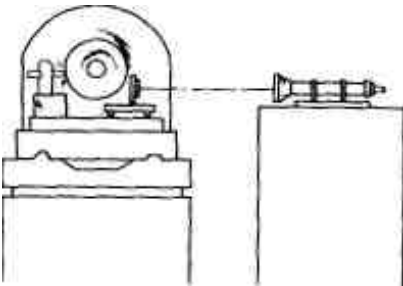
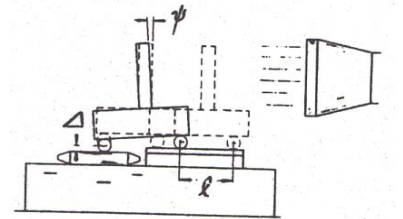
**ΠΙΝ. 3-2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑ - 2**

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΝΘΗΚΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
Ευθύτητα των αλληλένδετων επιφανειών ενός τεχνικού κομματιού	Μέτρηση ευθύτητας των πλευρών ενός στοιχείου μηχανών		<p>Η ευθύτητα δύο πλευρών ενός κομματιού μπορεί να επιβεωρηθεί με την οργάνωση του κομματιού με μια από τις πλευρές που στηρίζονται σε ένα πιάτο επιφάνειας και που συνδέουν έναν παράλληλο καθρέφτη επιπέδων με την άλλη πλευρά για την αναγνώριση με ένα αυτόματο σωλήνα οπτικού οργάνου του οποίου ο οπτικός άξονας είναι παράλληλος στη πλάκα επιφάνειας. Τα μικρά λάθη ευθύτητας μετριοούνται ακριβώς με το μικρόμετρο του αυτόματου σωλήνα οπτικών οργάνων.</p>
Καθετότητα μιας παράλληλης μετακίνησης	Η κατανομή μιας ολίσθησης ίχνους καθοδήγησης σε σχέση με τα ίχνη καθοδήγησης του πίνακα		<p>Η παράλληλη μετακίνηση μιας ολίσθησης κατά μήκος κάθετων ίχνων καθοδήγησης μπορεί να ελεγχθεί για ευθύτητα στο έδρανο εργαλειομηχανών αφού πρώτα ευθυγραμμιστεί ο αυτόματος σωλήνας οπτικού οργάνου με την οριζόντια επιφάνεια και έπειτα να παρατηρήσει τον ανακλαστήρα που συνδέεται με την ολίσθηση μέσω ενός πενταπρίσματος που στηρίζεται στο έδρανο ίχνων καθοδήγησης</p>
Ευθύτητα ενός περιστροφικού άξονα σε μια κατεύθυνση αναφοράς	Συνεπής καθετότητα ενός άξονα εργαλειομηχανών στην κατεύθυνση μιας μετακίνησης ολίσθησης		<p>Ένας μπροστινός καθρέφτης που τοποθετήθηκε σε μια ακριβώς τετραγωνική πλάκα δοκιμής που παρεμβάλλεται στον άξονα άντεξε και παρατηρείται με τη βοήθεια ενός αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου είτε άμεσα είτε μέσω ενός πενταπρίσματος, θα ανιχνεύσει τα λάθη ευθυγράμμισης όταν ο άξονας παρουσιαστεί στις διαφορετικές περιστροφικές θέσεις.</p>

**ΠΙΝ. 3-2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑ - 3**

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΝΘΗΚΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
Παραλληλισμός των εξωτερικών επιφανειών	Φραγμοί διαμετρημάτων που συστρέφονται σε έναν κύριο κύβο για να παράγουν ένα διαμέτρημα ρύθμισης για τις εσωτερικές μετρήσεις		Οι φραγμοί διαμετρημάτων του βαθμολογημένου παραλληλισμού χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν απέναντι από τις επιφάνειες, σε μια κοινή κατεύθυνση της αναγνώρισης, όπου αντιμετωπίζονται κατά συνέπεια με ένα αυτόματο σωλήνα οπτικού οργάνου, με προσωρινή προστασία της μη παρατηρηθείσας επιφάνειας. Ο παραλληλισμός απαιτείται για να βεβαιώσει την ακρίβεια της μεταφοράς μήκους για την οποία αυτή η συνέλευση χρησιμοποιείται.
Παραλληλισμός των εσωτερικών επιφανειών	Ο παραλληλισμός δύο αμοιβαία απέναντι επιφανειών, όπως οι όψεις επαφής ενός μεγάλου μικρομέτρου		Μετά από την καθιέρωση ενός επιπέδου αναφοράς με τη βοήθεια ενός ανακλαστήρα και ενός αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου, οι δύο επιφάνειες που αντιμετωπίζουν η μια την άλλη ελέγχονται, κατά συνέπεια για ευθύτητα με την κατεύθυνση αναφοράς, με την περιστροφή του πενταπρίσματος. Τα αποτελέσματα των δύο μετρήσεων ευθύτητας συσχετίζονται για να καθορίσουν το βαθμό παραλληλισμού.
Επιθεώρηση των κυκλικών διαστημάτων	Ο έλεγχος της καθορισμένης ακρίβειας ενός κεφαλιού διαίρεσης με την βοήθεια ενός οπτικού πολυγώνου παρατηρείται από ένα αυτόματο σωλήνα οπτικού οργάνου.		Ένα οπτικό πολύγωνο που τοποθετείται στην όψη της πλάκας ενός κεφαλιού διαίρεσης ή στην κορυφαία επιφάνεια ενός περιστροφικού πίνακα, παρατηρείται με τη βοήθεια ενός αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου για να καθορίσει το συσχετισμό ή το λάθος μεταξύ της πραγματικής περιστροφικής μετακίνησης και της υποδεδειγμένης μετατόπισης της συσκευής, στα βήματα που αντιστοιχούν στις κεντρικές γωνίες του πολυγώνου.

**ΠΙΝ. 3-2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑ - 4**

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΝΘΗΚΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
Επιθεώρηση του γωνιακού διαχωρισμού	Ελέγχοντας τη συμπεριλαμβανόμενη γωνία ενός κώνου συγκρίνοντας οπτικά το διάστημα των πλευρών με τις αντίστοιχες τοποθετήσεις ενός περιστροφικού πίνακα.		Ο γωνιακός διαχωρισμός μεταξύ των αντίθετων όψεων ή των δευτερευόντων στοιχείων ενός εκλεπτυσμένου σώματος μπορεί να μετρηθεί με την περιστροφή του σώματος όταν τοποθετείται σε μια κυκλική συσκευή διαίρεσης μέσω μιας συμπληρωματικής γωνία στην ονομαστική γωνία του σώματος. Η παρουσία και το ποσό απόκλισης μεταξύ των ονομαστικών και πραγματικών συμπληρωματικών γωνιών μετριοούνται από τον αυτόματο σωλήνα οπτικού οργάνου.
Γωνιακές μεταβολές λόγω της εκτροπής	Κρέμασμα ενός εδράνου εργαλειομηχανών λόγω του βάρους ή/και της δύναμης		Το κρέμασμα ενός εδράνου εργαλειομηχανών λόγω της τέμνουσας δύναμης ή το βάρος του φορτωμένου μέλους μπορεί να καθοριστεί με τη μέτρηση της προκύπτουσας γωνιακής εκτροπής όπως επιδεικνύεται από έναν καθρέφτη και παρατηρείται με ένα αυτόματο σωλήνα οπτικού οργάνου, σε σχέση με έναν όρο αναφοράς που καθιερώθηκε πριν από τη δράση των εν λόγω δυνάμεων.
Σύγκριση μήκους	Διαφορά ύψους μεταξύ ενός κυρίου και ενός δείγματος που μετριοούνται από την κλίση ενός καθρέφτη που και τα δύο αντικείμενα υποστηρίζουν ταυτόχρονα	 <p align="center"><math>\Delta = \text{SIN } \psi \times \ell</math></p>	Μια βάση καθρεφτών που έχει για τα πόδια δύο κυλίνδρους, παράλληλους και ίσου μεγέθους, σε γνωστή απόσταση μακριά, θα επιτρέψει τη σύγκριση του μήκους ενός αντικειμένου ενός φραγμού διαμετρημάτων καθορισμένου όταν υποστηρίζει κάθε ένα από αυτά τα μέλη ένα από τα πόδια. Η διαφορά ύψους προκαλεί γωνιακότητα μετρήσιμη από τη κλίση καθρεφτών, που καθορίζεται από ένα αυτόματο σωλήνα οπτικών οργάνων του οποίου η κατεύθυνση αναγνώρισης πρέπει να μείνει παράλληλη στο επίπεδο στοιχείων.

### 3.2 Μετρήσεις ευθύτητας και ευθυγράμμισης

Η ευθεία γραμμή απεικονίζει την πορεία όλων των γραμμικών διαστάσεων. Η εξέταση της προϋπόθεσης ότι η σύντομη απόσταση μεταξύ δύο σημείων είναι σύμφωνη με μια ευθεία γραμμή, ότι η πορεία δεν είναι απαραίτητως παρούσα υπό μια φυσική έννοια στο μέρος που μετριέται για το μέγεθος, αλλά αυτό πρέπει να ενσωματωθεί στο όργανο μέτρησης μήκους. Η ευθύτητα, που είναι μια θεμελιώδης έννοια των γραμμικών μετρήσεων, είναι επίσης ένας λειτουργικά σημαντικός όρος πολλών προϊόντων εφαρμοσμένης μηχανικής. Σαν μέσο εισαγωγής στη συζήτηση ευθύτητας των μετρήσεων, γίνεται μια έρευνα για μερικές βασικές μεθόδους στον Πίνακα 3-3.

Η προφανής μέθοδος για την ευθύτητα ενός στοιχείου επιφάνειας γίνεται με τη βοήθεια της σύγκρισης άμεσων επαφών με ένα εργαλείο της γνωστής και επαρκούς ευθύτητας. Η ευαισθησία τέτοιας άμεσης σύγκρισης είναι, φυσικά, περιορισμένη. Η ευθεία άκρη αντιπροσωπεύει το συνηθέστερο χρησιμοποιημένο εργαλείο για εκείνο τον τύπο μέτρησης περιορισμένης ευθύτητας ευαισθησίας. Αποτελείται από έναν ορθογώνιο φραγμό χάλυβα της διατομής σειρών, με μια ακριβώς επεξεργασμένη άκρη στη μηχανή, η οποία είναι ευθεία μέσα στα τυποποιημένα ή εγγυημένα όρια.

Η ακρίβεια της ευθύτητας θα εξαρτηθεί από τα μέσα χρήσης της ευθείας άκρης. Ο ακόλουθος τύπος, έχοντας τα ξένα πρότυπα (DIN) για την πηγή, αλλά εκφρασμένος σε μονάδες ίντσας, θα είναι ενδεικτικός του βαθμού ευθύτητας που μπορεί να αναμένεται από αυτόν τον τύπο εργαλείου:

Ολικός βαθμός ακρίβειας	Μέση απόκλιση από το μέσο επίπεδο οποιαδήποτε σημείου κατά μήκος της μετρούμενης επιφάνειας
Αναφορά ποιότητας ευθείας άκρης	$\pm (0.000,040 + L / 200.000 \text{ inches})$
Ποιότητα εργαλειομηχανής ευθείας άκρης	$\pm (0.000,080 + L / 100.000 \text{ inches})$

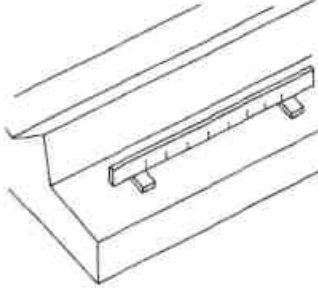
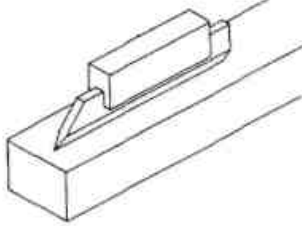
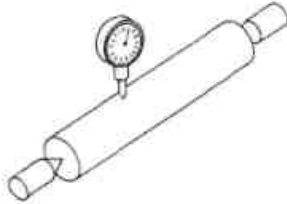
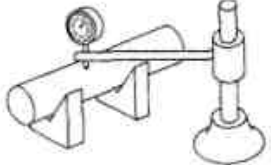
όπου το L απεικονίζει το μήκος του εργαλείου σε ίντσες. Η χρήση αυτών των τύπων εμφανίζεται στο παρακάτω παράδειγμα.

Μια αναφορά ευθείας άκρη 20 inches στο μήκος πρέπει να έχει μια ακρίβεια ευθύτητας

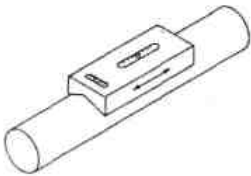
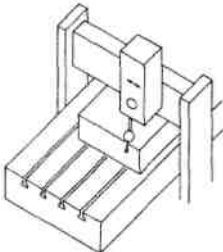
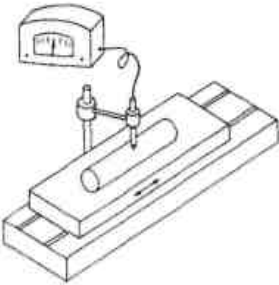
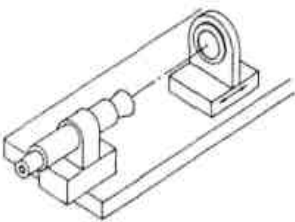
$$0.000,040 + 20 / 200.000 = 0.000,140 \text{ ίντσες.}$$



**ΠΙΝ. 3-3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ  
ΕΥΘΥΤΗΤΑΣ -1**

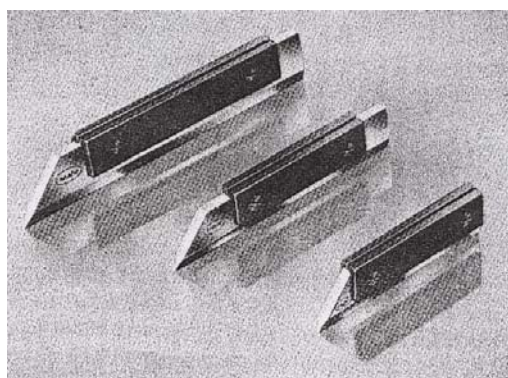
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
Ευθύτητα ενός στοιχείου επιφάνειας που καθορίζεται από τον παραλληλισμό του σε μια ευθεία άκρη της γνωστής ακρίβειας	Ευθείς φραγμοί ακρών και διαμετρημάτων		Το άνισο ύψος των ενισχυτικών στοιχείων δημιουργεί μια ελεγχόμενη απόκλιση από τον αληθινό παραλληλισμό. Οι φραγμοί διαμετρημάτων χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν εάν οι παρεκκλίσεις από τον παράλληλο στα ενδιάμεσα σημεία, αντιστοιχούν στις υπολογισμένες τιμές.
Η ευθύτητα ενός στοιχείου επιφάνειας που επιθεωρείται από την άμεση επαφή με ένα εργαλείο της βαθμολογημένης ευθύτητας	Κανόνας ακρών μαχαιριών		Ένας κανόνας ακρών μαχαιριών που εφαρμόζεται ενάντια στο στοιχείο επιφάνειας που επιθεωρείται, θα δείξει την παρουσία και το πλάτος του κενού φωτός της έλλειψης επαφής που προκαλείται από την ανεπαρκή ευθύτητα.
Ευθύτητα ενός άξονα που καθορίζεται από την περιστροφή στις σταθερές υποστηρίξεις.	Κέντρα πάγκων ή Vee-φραγμοί και στάση δεικτών		Χρησιμοποιώντας τον άξονα του κομματιού (μεταξύ των κέντρων) ή την επιφάνειά της (που υποστηρίζεται στους Vee-φραγμούς) για ένα στοιχείο, οι ενδείξεις πρέπει να αξιολογηθούν σε σχέση με το επιλεγμένο δεδομένο στοιχείων.
Η ευθύτητα ενός κυλίνδρου που επιθεωρείται από έναν δείκτη που υποστηρίζεται σε μια πλάκα επιφάνειας	Πλάκα επιφάνειας και ένας δείκτης που κρατιέται σε μια κινητή στάση		Χρησιμοποιώντας μια πλάκα επιφάνειας για ένα επίπεδο αναφοράς ολόκληρο το μήκος ενός στοιχείου επιφάνειας του κομματιού μπορεί να επιθεωρηθεί σε σχέση με τα επιλεγμένα ενισχυτικά σημεία.

**ΠΙΝ. 3-3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΥΘΥΤΗΤΑΣ -2**

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
<p>Ευθύτητα ενός άξονα που ελέγχεται με τη σύγκριση του με τον οριζόντιο</p>	<p>Επίπεδο φραγμών με την Vee -βάση</p>		<p>Με την επαναφορά δύο τμημάτων αναφοράς ενός μακρού άξονα σε μια οριζόντια θέση, η ευθύτητα πέρα από ολόκληρο το μήκος της μπορεί να ελεγχθεί με το συσχετισμό της κλίσης, όταν η παρουσία, των ενδιάμεσων τμημάτων με βασικό τον οριζόντιο, χρησιμοποιεί τις ενδείξεις ενός επιπέδου ακρίβειας Vee -βάσεων.</p>
<p>Ευθύτητα ενός στοιχείου επιφάνειας που καθορίζεται με τη μέτρηση των θέσεων των ιδιαίτερων σημείων</p>	<p>Μηχανή μέτρησης με το δείκτη ευαισθησίας στο μετατοπισμένο κεφάλι μέτρησης</p>		<p>Η ακρίβεια τροχιάς μέτρησης των διαφανειών μηχανών επιτρέπει τον καθορισμό, με έναν υψηλό βαθμό ανάλυσης, των θέσεων των μεμονωμένων σημείων κατά μήκος της επιλεγμένης επιφάνειας και πετυχαίνει τα αριθμητικά στοιχεία όσον αφορά τις συνθήκες μη ευθύτητας.</p>
<p>Η μετρημένη ευθύτητα με σύγκριση στην παράλληλη πορεία μιας ακριβούς ολίσθησης</p>	<p>Ολίσθηση ακρίβειας και ευαίσθητος δείκτης</p>		<p>Οι ολισθήσεις ακρίβειας που γίνονται για τα όργανα κατέχουν την ευθύτητα της κίνησης της οποίας ο βαθμός της ακρίβειας είναι πολύ υψηλότερο από αυτό που αναμένεται από το κομμάτι. Όταν δύο απόμακρα σημεία ενός στοιχείου επιφάνειας του κομματιού ευθυγραμμίζονται με τη διαδρομή ολίσθησης, ένας δείκτης θα επιδείξει τις μεταβολές από τον ευθύ.</p>
<p>Η ευθύτητα μετριέται με την παρατήρηση ενός υποστηριγμένου στόχου σε σχέση με μια οπτική γραμμή (οπτική σχεδίαση)</p>	<p>Τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης και ένας στόχος σε μια κατάλληλη βάση</p>		<p>Μια βάση σε επαφή και καθοδηγημένη από την ολίσθηση που επιθεωρείται θα διαβιβάσει στο στόχο που φέρνει τις μεταβολές από την ευθεία της ενισχυτικής επιφάνειας. Οι μετατοπίσεις του στόχου μετριούνται με το οφθαλμικό μικροσκόπιο του τηλεσκοπίου ευθυγράμμισης.</p>

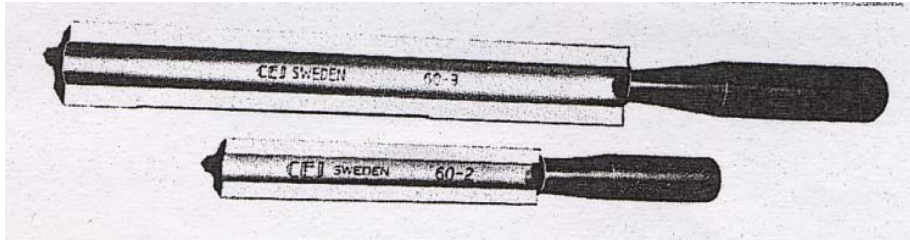
Η πραγματική χρήση των ακρών των ευθειών για τον έλεγχο της ευθύτητας ή της επιπεδότητας των τεχνικών επιφανειών στηρίζεται συνήθως σε τέτοιες τεχνικές όπως το λουλακίασμα για τη παρατήρηση της αναλογίας της επαφής. Μια άλλη μέθοδος συνίσταται στην υποστήριξη της άκρης ευθείας στην επιφάνεια για να επιθεωρείται με την ενίσχυση δύο φραγμών διαμετρημάτων των ελαφρώς διαφορετικών μηκών (παραδείγματος χάριν, 0,150 και 0,151 ίντσα), τα οποία τοποθετούνται σε μια γνωστή απόσταση διαφορετικά. Το στερεωμένο διαμορφωμένο χάσμα που δημιουργείται έτσι μπορεί έπειτα να εξερευνηθεί με τη χρήση των φραγμών διαμετρημάτων των ενδιάμεσων μεγεθών, τα οποία πρέπει να καλύψουν το κενό στις συγκεκριμένες αποστάσεις από τα σημεία υποστήριξης.

Άλλοι τύποι εργαλείων για τον έλεγχο άμεσων επαφών της ευθύτητας είναι η κορυφο-γραμμή (σχέδιο 3-1) και η τριγωνική ευθεία άκρη (σχέδιο 3-2). Και οι δύο τύποι εργαλείων έχουν στενές άκρες μέτρησης και βασίζονται σε μια μικρή ακτίνα για να αποφύγουν τη σμίλευση των ακρών. Αυτά τα εργαλεία χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ευθύτητας μιας επιφάνειας, ή τη σύμπτωση των γραμμών επαφόμενης σε δύο μέρη των ονομαστικά ίσων μηκών, με την παρατήρηση του κενό φωτός που μπορεί να εμφανιστεί μεταξύ της επιφάνειας μερών και της κορυφογραμμής σε ορισμένα τμήματα του μήκους επαφών. Με την κατάλληλη ικανότητα και τον επαρκή φωτισμό, είναι προτιμότερο ένα διασκορπισμένο φως, τα χάσματα 0.0001 του πλάτους ίντσας μπορούν να ανιχνευθούν ευδιάκριτα. Με το μειωμένο πλάτος χάσματος, το χρώμα των αλλαγών φιλτραρίσματος φωτός, εμφανίζεται κόκκινο από 0.00007 έως 0.00005 σε ίντσες, και έπειτα αλλάζει σε γαλάζιο όταν μειώνεται το χάσμα σε περίπου 0.00003 ίντσα. Η διάθλαση του λευκού φωτός που χρησιμοποιείται για τη φώτιση του υποβάθρου προκαλεί αυτές τις αλλαγές χρώματος, οι οποίες μπορούν να χρησιμεύσουν ως έναν οδηγός για τον υπολογισμό του πλάτους του παρατηρηθέντος χάσματος.



*Mahr Gage Co.*

*Σχέδιο 3 -1, Άκρες μαχαιριών εργαλειομηχανής.*



CEJGageCo.

Σχέδιο 3 -2, Τριγωνικές ευθείες άκρες.

Ο ακόλουθος τύπος εκφράζει την ακρίβεια ευθύτητας, η οποία μπορεί να αναμένεται από τις κορυφογραμμές και τις τριγωνικές ευθείες άκρες που γίνονται από τους αξιόπιστους κατασκευαστές:

$$\sim(0.000,020 + L / 500.000) \text{ σε ίντσες}$$

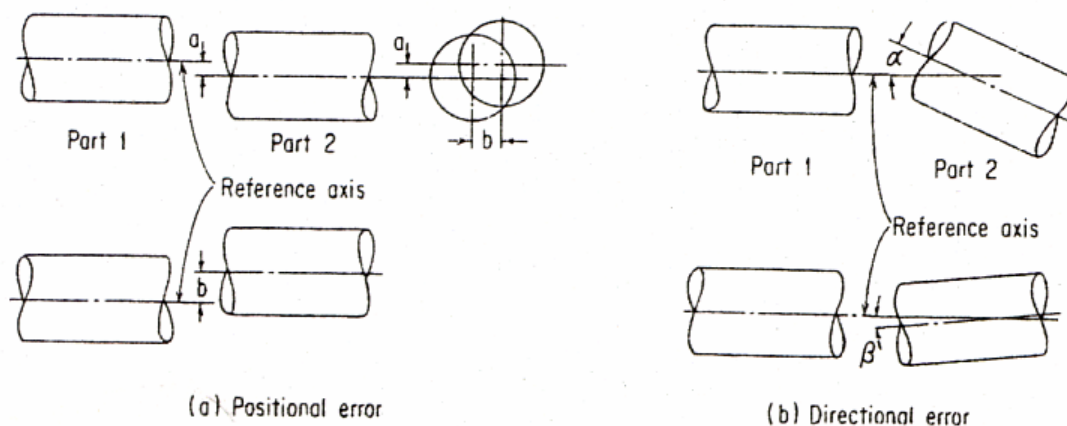
Για παράδειγμα: μια κορυφογραμμή 4 ιντσών στο μήκος πρέπει να έχει μια ακρίβεια ευθύτητας

$$+ 0.000020 + 4/500,000$$

δηλαδή σε ίντσα :0.000028 ίντσες .

Η ευθεία γραμμή απεικονίζει τον άξονα των συμμετρικών οργανισμών ή τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, όπως οι κύλινδροι, κυλινδρικές οπές, τετραγωνικοί ή ορθογώνιοι φραγμοί, κώνοι και πολλοί άλλοι. Υποθέτοντας μια κανονική μορφή, η θέση και ο προσανατολισμός του άξονα θα απεικονίσουν τη θέση εκείνου του σώματος ή χαρακτηριστικού γνωρίσματος σε σχέση με το συγκεκριμένο στοιχείο.

Μια πολύ συχνή περίπτωση του καθορισμού θέσης άξονα είναι γνωστή ως ευθυγράμμιση δύο ή περισσότερων αξόνων, όπως εκείνοι των οπών που υποστηρίζουν έναν κοινό άξονα. Η ευθυγράμμιση εκφράζει έναν όρο όπου οι επιθεωρημένοι άξονες βρίσκονται σε μια κοινή ευθεία γραμμή. Οι αποκλίσεις από εκείνο τον θεωρητικό όρο μπορούν να είναι δύο βασικών τύπων (βλ. το σχέδιο 3-3), είτε ο όποιος μπορεί να εμφανιστεί ατομικά είτε σε συνδυασμό. Αυτές οι αποκλίσεις από το βασικό όρο διακρίνονται όπως: (α) πλευρική τοποθέτηση και (β) γωνιακή μετατόπιση (λάθος κατεύθυνσης).



Σχέδιο 3-3 Μη ευθύτητα των αξόνων που παρουσιάζονται κατά τις κορυφαίες και πλάγιες όψεις.

Μια ευθεία γραμμή κατά μήκος μιας επιφάνειας ή σε μια συγκεκριμένη απόσταση από εκείνη την επιφάνεια μπορεί επίσης να χρησιμεύσει ως ένα στοιχείο για τη μέτρηση της μορφής, τη θέση και τη κλίση των στοιχείων επιφάνειας που αφορούν εκείνη την ευθεία γραμμή αναφοράς. Για τέτοιες εφαρμογές, καθώς επίσης και για τις μετρήσεις ευθυγράμμισης, μια ευρέως εφαρμοσμένη μέθοδος συνίσταται στην καθιέρωση μιας εικονικής γραμμής, γνωστής ως γραμμή αντίληψης, με τη βοήθεια ενός οπτικού κατάλληλου οργάνου, όπως ένα τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης.

Τα τηλεσκόπια μπορούν να τοποθετηθούν μακριά από το αντικείμενο, με τη χρησιμοποίηση ενός πλαισίου, με τους οδηγούς για τις ολισθήσεις για τις οποίες παρέχεται η ερμηνεία της μετακίνησης πέρα από την ελεγχόμενη επιφάνεια. Σε τέτοιες ρυθμίσεις, τα στοιχεία επιφάνειας του αντικειμένου που παρατηρούνται είναι σχετικά με τις συγκεκριμένες θέσεις ολίσθησης κατά μήκος των ιχνών καθοδήγησης. Αυτές είναι οι λειτουργικές αρχές των οπτικών φραγμών και των καθετόμετρων σχεδίασης.

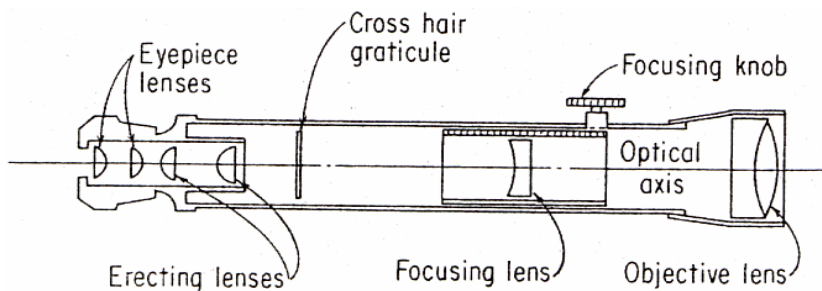
Με την υποστήριξη του τηλεσκοπίου σε μια ακριβή περιστροφική μετακίνηση επιτρέπεται η ακριβής περιστροφική κίνηση των οργάνων γύρω από έναν άξονα, που κόβει τον οπτικό άξονα κάθετα, μια ευρεία κίνηση μπορεί να παράγει ένα εικονικό επίπεδο ως τομέα ανίχνευσης της γραμμής παρατήρησης. Τέτοια οπτικά επίπεδα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως στοιχεία για τις διαστατικές μετρήσεις με την οπτική σχεδίαση. Το οπτικό επίπεδο στοιχείων μπορεί να βρεθεί στο κατακόρυφο ή στον οριζόντιο.

Τέλος, είναι επίσης δυνατό να μετρηθούν με τη βοήθεια της οπτικής παρατήρησης οι γωνιακοί διαχωρισμοί μεταξύ των γραμμών επιθεώρησης που κατευθύνονται στα ιδιαίτερα σημεία. Το όργανο που χρησιμοποιείται για τέτοιες κατευθυντικές μετρήσεις είναι η εφαρμοσμένη μηχανική θεοδόλιχου.

### 3.2.1 Το τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης

Το τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης αναπτύχθηκε στις βιομηχανικές εφαρμογές από το βασικό τηλεσκόπιο αναγνώρισης. Ο αρχικός σκοπός του είναι να καθιερώσει μια ευθεία γραμμή παρατήρησης σε μια ιδιαίτερη θέση για να χρησιμεύσει ως μια βασική γραμμή αναφοράς ή ένα στοιχείο για τις διαστατικές μετρήσεις.

Τα οπτικά στοιχεία του τηλεσκοπίου ευθυγράμμισης περιλαμβάνονται σε ένα σωληνοειδή κάλυμμα, γνωστό ως βαρέλι, που τοποθετείται ακριβώς κυλινδρικά σε μια τυποποιημένη διάμετρο, ονομαστικά 2,25 ίντσες, και η κεντρική γραμμή του, συμπίπτει με τον οπτικό άξονα του οργάνου μέσα στα πολύ στενά όρια (σχέδιο 3-4). Το οπτικό σύστημα περιλαμβάνει έναν ρυθμιζόμενο αντικειμενικό φακό που μπορεί να στραφεί από το μηδέν ως το άπειρο. Η ενίσχυση που αποκτά ποικίλλει με την απόσταση εστίασης, που είναι περίπου 4 X μπροστά από το φακό και περίπου 35 έως 50 X, ανάλογα με το ιδιαίτερα πρότυπο και το προσοφθάλμιο, όταν τοποθετείτε στο άπειρο. Το προσοφθάλμιο συμφωνεί συνήθως με την κατεύθυνση της αναγνώρισης, αν και μερικά πρότυπα μπορούν να εξοπλιστούν με την προσοφθάλμια γωνίας. Επίσης περιλαμβάνεται στο οπτικό σύστημα μια διάσταση ολίσθησης, η οποία χρησιμεύει ως στοιχείο αναφοράς.



Σχέδιο 3-4 Διάγραμμα των κύριων οπτικών στοιχείων σε ένα τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης.

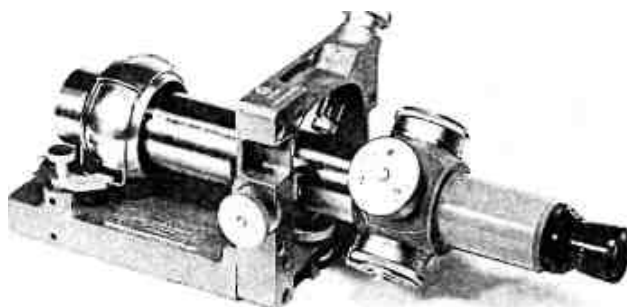
Η διάσταση μπορεί να διαπεραστεί πέρα από τις μικρές αποστάσεις σε δύο, αμοιβαία κανονικές κατευθύνσεις για μέτρηση της μετατόπισης του στόχου από τη γραμμή επιθεώρησης. Το πέρασμα είναι είτε μια πραγματική παράλληλη μετακίνηση, είτε μια εικονική μετατόπιση της εικόνας ολίσθησης, ανάλογα με εάν το όργανο είναι εξοπλισμένο με ένα μηχανικό ή οπτικό μικρόμετρο. Οι πιο κοινές χρησιμοποιούμενες τιμές για αυτή τη ρύθμιση είναι ο βαθμός  $\pm 0,050$  ίντσας ή  $\pm 0.100$ , στις αυξήσεις 0,001 ίντσες, αν και τα μικρόμετρα είναι επίσης διαθέσιμα με μια ανάγνωση 0.0002 που μετρούν λιγότερη βαθμολόγηση.

Τα βιομηχανικά τηλεσκόπια γίνονται επίσης χωρίς ρύθμιση κλίμακας οπτικού οργάνου για τις συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως στη λειτουργία ως βασική γραμμή αναφοράς επιθεώρησης. Αυτά τα όργανα βρίσκουν ότι οι περαιτέρω εφαρμογές για την

οπτική ερμηνεία μιας καθορισμένης θέσης ολίσθησης είναι εγκατεστημένες από ένα καθετόμετρο ή από ένα μετρολογικό οπτικό σύστημα φραγμών. Αυτά τα οπτικά όργανα είναι γνωστά όπως αντίληψης, ή τηλεσκόπια οπτικής επαφής.

Η άριστη κυλινδρική μορφή του βαρελιού τηλεσκοπίων και ακριβής ευθυγράμμισής της και όσον αφορά την συγκέντρωση και τον παραλληλισμό σε σχέση με το οπτικό άξονα του οργάνου, επιτρέπει να καθοδηγηθεί από το βαρέλι στην καθιέρωση μιας παράλληλης γραμμής επιθεώρησης σε μια επιφάνεια μηχανών.

Για πολλές οπτικές εφαρμογές σχεδίασης είναι συμφέρον να καθιερωθεί μια γραμμή επιθεώρησης μεταξύ δύο επιλεγμένων απόμακρων σημείων, ένα που περιλαμβάνεται στον οπτικό άξονα του τηλεσκοπίου και άλλο που απεικονίζεται από έναν κατάλληλα τοποθετημένο στόχο. Για τον καθορισμό της γραμμής επιθεώρησης, το τηλεσκόπιο πρέπει να στοχεύσει χωρίς απώλεια του επιλεγμένου σημείου αναφοράς από τη θέση της στον οπτικό άξονα. Αυτό ολοκληρώνεται με την περιστροφή του τηλεσκοπίου γύρω από εκείνο το σημείο με την ενίσχυση ενός σφαιρικού υποστηρίγματος. Όπως φαίνεται στο σχέδιο 3-5, τα πρόσθετα ενισχυτικά μέλη είναι μια βάση με μια κάθετα διευθετήσιμη κοίλη στήλη στο κέντρο του, και το υποστήριγμα επέκτασης, με τους λεπτούς ρυθμιζόμενους κοχλίες, οι οποίοι παρέχουν μια υποστήριξη για το βαρέλι μεταξύ του σφαιρικού υποστηρίγματος και του προσοφθάλμιου φακού.



*Rank-Taylor-Hobson Engis Equipment Co.*

Σχ.. 3-5 Τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης που κρατιέται σε μια σφαίρα, υποστηριζόμενο από μια οριζόντια βάση που εξοπλίζεται με το υποστήριγμα ρύθμισης.

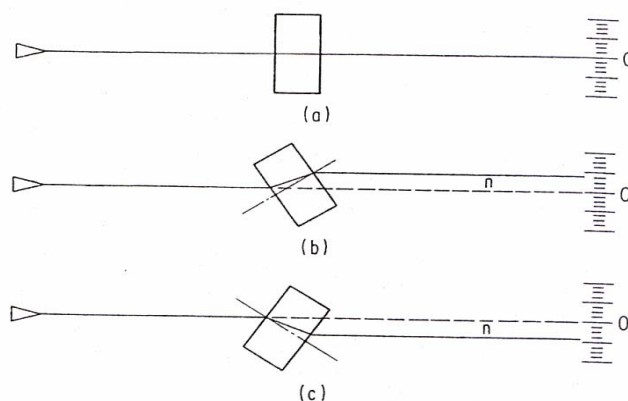
Μπορεί να απαιτηθεί να καθιερωθεί η γραμμή επιθεώρησης ακριβώς σε ένα οριζόντιο επίπεδο, και για εκείνο τον σκοπό να ρυθμιστεί κάθετα το τηλεσκόπιο. Ένα πολύ ακριβές επίπεδο, συχνά του τύπου σύμπτωσης με ευαισθησία σε παραγγελία 2 δευτερολέπτων του τόξου, χρησιμοποιείται ως οδηγός για τέτοια ρύθμιση.

Ένα οπτικό τετράγωνο (pentaprism) μπορεί να τοποθετηθεί στο τέλος αντικειμενικών φακών του τηλεσκοπίου ευθυγράμμισης για να καθιερώσει μια γραμμή παρατήρησης που είναι κάθετη στη βασική γραμμή επιθεώρησης. Ορισμένοι τύποι οπτικών τετραγώνων είναι ακριβείς σε ένα δευτερόλεπτο του τόξου και επιτρέπουν την παρατήρη-

ση σύμφωνα με τη βασική γραμμή επιθεώρησης . Ανάλογα με τον τύπο οπτικού τετραγώνου, η απόκλιση της γραμμής επιθεώρησης μπορεί να δημιουργηθεί στο γεωμετρικό κέντρο του σφαιρικού υποστηρίγματος, ή μπορεί να αντισταθμιστεί από αυτό το σημείο από μια συγκεκριμένη απόσταση, παραδείγματος χάριν, 4 ίντσες. Ο τελευταίος τύπος επιτρέπει μια πλήρης οπτική στροφή 360 μοιρών.

*Τα μικρόμετρα προσοφθαλμίων.* Το τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης απεικονίζει μια από τις διάφορες κατηγορίες οπτικών οργάνων των οποίων η λειτουργία απαιτεί την ακριβή μέτρηση των γραμμικών μετατοπίσεων ενός μεγεθυνόμενου σημαδιού αναφοράς ή μιας απεικονισμένης εικόνας όσον αφορά μια βασική θέση, όπως ο οπτικός άξονας του οργάνου.

Η λειτουργία του οπτικού μικρομέτρου είναι βασισμένη στις γνωστές διαθλαστικές ιδιότητες του οπτικού γυαλιού. Ένα επίπεδο και ένας παράλληλος-πλαισιωμένος φραγμός γυαλιού που τοποθετούνται στην πορεία μιας ακτίνας φωτός θα επιτρέψει στο φως να περάσει κατ' ευθείαν μέσω του φραγμού εφ' όσον η πρόσοψη του φραγμού είναι σε ένα επίπεδο κανονική στην κατεύθυνση του φωτός. Εντούτοις, όταν χτυπά το φως το φραγμό εκτός από μια ορθή γωνία, θα διαθλαστεί και θα ακολουθήσει, κατά τη διάρκεια της μετάβασής του μέσω του φραγμού, μια πορεία διαφορετική από την αρχική του. Κατά την αναχώρηση του φραγμού, το φως θα διαθλαστεί πάλι από ένα ποσό ίσο με αυτό που διαθλάται όταν εισαχθεί, αλλά στην αντίθετη κατεύθυνση. Συνεπώς, η ακτίνα φωτός θα επαναλάβει την αρχική κατεύθυνσή της, αν και θα έχει μετατοπιστεί πλευρικά από ένα ποσό που είναι μια λειτουργία του διαθλαστικού δείκτη του υλικού φραγμών και το μήκος της μετάβασης μέσω του φραγμού (βλ. το σχέδιο 3-6).



Σχέδιο 3-6 Οι λειτουργούσες αρχές του οπτικού μικρομέτρου, (α) ακτίνες φωτός που χτυπούνε κάθετα στις πλευρές ενός παράλληλου-πλαισιωμένου φραγμού συνεχίζονται σε μια ευθεία γραμμή, (το b και c) η κλίση του φραγμού προκαλούν μετατόπιση  $n$  της εικόνας, λόγω της διάθλασης του φωτός που περνά μέσω του φραγμού.



Για πρακτικούς λόγους η γραμμική απόσταση της μετατόπισης μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη προς τη γωνία της πρόσπτωσης του φωτός, εφ' όσον εκείνη η γωνία παραμένει μικρή, δηλαδή της τάξεως μερικών βαθμών.

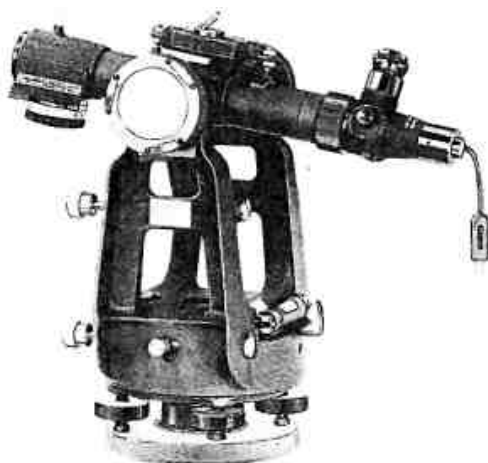
Στο οπτικό μικρόμετρο, ο επίπεδος-παράλληλος φραγμός είναι περιστρέψιμος γύρω από έναν άξονα που είναι κάθετος στην κατεύθυνση του φωτός. Μια συσκευή μικρομέτρου χρησιμοποιείται για να παράγει μια ελεγχόμενη και μετρήσιμη κλίση ή να τοποθετήσει την άκρη του φραγμού, αναγκάζοντας την πορεία της ακτίνας φωτός που περνά μέσω του φραγμού να μετατοπιστεί από ένα γνωστό ποσό σε κατεύθυνση από το βασικό και σε ένα επίπεδο κανονικό στον περιστροφικό άξονα του φραγμού.

Ένας υψηλός βαθμός ακρίβειας μπορεί να επιτευχθεί με το οπτικό μικρόμετρο, λόγω του σταθερού άξονα και των εγγενώς σταθερών διαθλαστικών ιδιοτήτων του οπτικού γυαλιού της γνωστής σύνθεσης.

### 3.2.2 Συσκευή κατασκευής προτύπων

Η συσκευή κατασκευής προτύπων είναι ένα οπτικό όργανο για την εγκατάσταση ενός κάθετου επιπέδου αναγνώρισης. Η κύρια εφαρμογή της στην οπτική μετρολογία είναι ο καθορισμός της θέσης των συγκεκριμένων στοιχείων επιφάνειας ενός μεγάλου αντικειμένου σε σχέση με ένα οπτικά ανιχνευμένο κάθετο επίπεδο αναφοράς. Οι οπτικές κλίμακες είναι αυτές που συνηθέστερα χρησιμοποιούνται για τα βοηθητικά μέλη για να συσχετίσουν τα επιλεγμένα στοιχεία της επιφάνειας αντικειμένου με οπτικές αναφορές του επιπέδου. Μια άλλη μέθοδος συνίσταται να τοποθετήσει τη συσκευή κατασκευής προτύπων σε ένα οριζόντιο σύστημα φραγμών, το οποίο επιτρέπει την μετατόπιση του οργάνου πέρα από τις συγκεκριμένες αποστάσεις και σε μια κατεύθυνση που είναι ακριβώς κάθετη στο καθιερωμένο κάθετο επίπεδο αναφοράς.

Η συσκευή κατασκευής προτύπων (βλ. το σχέδιο 3-7) αποτελείται από ένα τηλεσκόπιο που τοποθετείται στερεά σε έναν άξονα που υποστηρίζεται σε ένα σταθερό πλαίσιο με έναν τέτοιο τρόπο ώστε να επιτραπεί η ελεύθερη περιστροφή του άξονα.



*Keuffel & Esser Co.*

Σχέδιο 3-7 Συσκευή κατασκευής προτύπων για να καθιερώσει οπτικά τα κάθετα επίπεδα αναφοράς και τις γραμμές βαριδιών, είναι εξοπλισμένο με έναν καθρέφτη που τοποθετείται στον άξονα για να καθορίσει την ευθύτητα σε μια γραμμή θέασης.

Το κάθετο επίπεδο αναφοράς που καθιερώνεται από την περιστροφή της συσκευής τηλεσκοπίου κατασκευής προτύπων μπορεί να βρεθεί σε έναν προσανατολισμό ακριβώς κανονικό σε μια οριζόντια γραμμή επιθεώρησης, όταν καθοδηγείται από τους καθρέφτες αυτόματης αντανάκλασης, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι ακριβώς σε κάθε τέλος του άξονα.

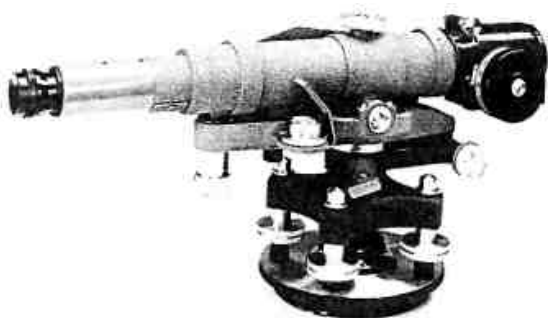
Ορισμένοι τύποι συσκευών κατασκευής προτύπων έχουν μια κοίλη βάση που επιτρέπει τη χρήση του τηλεσκοπίου για να επιθεωρήσει μέσω του οργάνου και, σε εκείνη την θέση, λειτουργίες σαν οδηγός στην οργάνωση της συσκευής κατασκευής προτύπων πέρα από ένα συγκεκριμένο σημείο σταθμών.

Ένα οπτικό μικρόμετρο, όταν τοποθετείται στο τηλεσκόπιο, θα μετρήσει τη μετατόπιση του παρατηρούμενου σημείου από το επίπεδο της παρατήρησης. Ο κοινός βαθμός τέτοιων μικρομέτρων είναι  $\cdot t$  0,100 ίντσα, με τις ενδείξεις στις αυξήσεις 0,001 ίντσας.

Σε περίπτωση ανάγκης από την εργασία για την οποία η συσκευή κατασκευής προτύπων χρησιμοποιείται, τα διάφορα εξαρτήματα μπορούν να προστεθούν στο βασικό εξοπλισμό, με αυτόν τον τρόπο επεκτείνοντας την προσαρμοστικότητα των οργάνων. Τα παραδείγματα τέτοιων εξαρτημάτων είναι διαφορετικοί τύποι ευαίσθητων επιπέδων, και μονάδων μετατροπής αυτόματων σωλήνων οπτικών οργάνων.

### 3.2.3 Οπτικά επίπεδα

Ο λειτουργικός σκοπός του οπτικού επιπέδου, ή της επιθεώρησης, είναι παρόμοιος με αυτόν της συσκευής κατασκευής προτύπων, εντούτοις, με την ουσιαστική διαφορά που αυτό το όργανο τοποθετεί το οπτικό επίπεδο αναφοράς οριζόντια. Το ιδιαίτερο πρότυπο του οργάνου που παρουσιάζεται στο σχέδιο 3-8 σχεδιάζεται για να καθιερώσει, από την περιστροφή του γύρω από έναν κάθετο άξονα, ένα επίπεδο στο διάστημα που είναι οριζόντιο μέσα σε ένα δευτερόλεπτο από το τόξο. Το όργανο είναι εξοπλισμένο με ένα σύστημα επιπέδων δύο σταδίων, αποτελούμενο από ένα κυκλικό επίπεδο με ευαισθησία 10 λεπτών για την τραχιά επιπεδότητα, και ένα επίπεδο τύπων σύμπτωσης για τη λεπτή επιπεδότητα μέσα σε ένα δευτερόλεπτο από το τόξο.



*Keuffel & Esser Co. Σχέδιο 3-8*

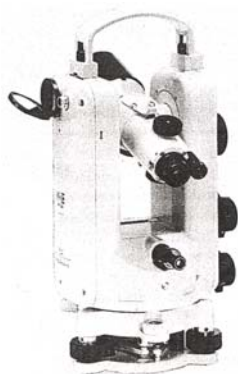
*Οπτικό επίπεδο με τη ρύθμιση κλίσης για να καθιερώσει ένα επίπεδο-in space σε ένα δευτερόλεπτο του τόξου.*

Το τηλεσκόπιο που χρησιμοποιείται για το διευκρινισμένο τύπο του οργάνου έχει μια σειρά από 4 ίντσες στο άπειρο, και επιτρέπει τη διαδοχική παρατήρηση κάθε ιδιαίτερης βαθμολόγησης κλίμακας, η οποία είναι ευθύγραμμη με τον οπτικό άξονα του οργάνου.

### 3.2.4 Ο θεοδόλιχος εφαρμοσμένης μηχανικής

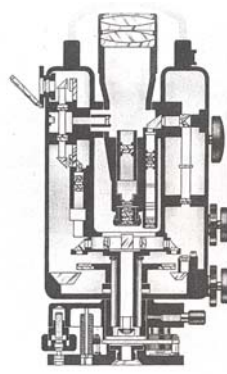
Στη μετρολογία μεγάλης κλίμακας, οι συγκεκριμένοι στόχοι μπορούν να απαιτούν συγκεκριμένο σκοπό μετρήσεων από αυτούς που παρέχεται από το τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης του οποίου η εφαρμογή είναι περιορισμένη σε μια σταθερή γραμμή επιθέωσης ή, όταν τοποθετείται σε μια συσκευή κατασκευής προτύπων ή ένα οπτικό επίπεδο, στην ανάλυση ενός ενιαίου επιπέδου. Με τη χρησιμοποίηση ενός απλού σημείου της παρατήρησης, που συμπληρώνεται με την αναφορά ενός ακριβούς οριζόντιου επιπέδου, ένα ευρύ φάσμα των μετρήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα οπτικό όργανο που είναι περιστρέψιμο και στα οριζόντια και στα κάθετα επίπεδα, περίπου δύο αμοιβαία κάθετους και τεμνόμενους άξονες.

Ένα τέτοιο όργανο είναι ο θεοδόλιχος εφαρμοσμένης μηχανικής. Ο θεοδόλιχος συνδυάζει δύο οπτικά όργανα διαίρεσης σε μια στάση που κρατά, ως ακέραιο μέλος, ένα τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης για την εξέταση των συγκεκριμένων στόχων. Στο σχέδιο 3-10, μια ολίσθηση του οπτικού συστήματος του διευκρινισμένου θεοδολίου παρουσιάζει το συσχετισμό του οπτικού άξονα του τηλεσκοπίου με τους περιστροφικούς άξονες της στάσης θεοδολίων.



*Keuffel & Esser Co.*

Σχέδιο 3-9 Χερσαίος θεοδόλιχος εφαρμοσμένης μηχανικής με 30x τηλεσκόπιο ενίσχυσης και την κατευθυντική ρύθμιση, με τη γωνιακή ανάγνωση σε ένα δευτερόλεπτο του τόξου και στους κάθετους και οριζόντιους κύκλους, παρατηρείται ταυτόχρονα μέσω του μικροσκοπίου δίπλα στο τηλεσκόπιο.



*Keuffel & Esser Co.*

Σχέδιο 3-10. Διάγραμμα του θεοδολίου που παρουσιάζεται στο σχήμα 3-9.

Λαμβάνοντας υπόψη τον κρίσιμο χαρακτήρα των εφαρμογών για τις οποίες οι θεοδόλιχοι είναι σπουδαίες, τα στοιχεία αυτών των οργάνων τα οποία λειτουργούν σχεδιάζονται συνήθως για να βεβαιώσουν έναν πολύ υψηλό βαθμό μέτρησης της ακρίβειας. Για τις γωνιακές μετρήσεις θέσης και γύρω από τους δύο περιστροφικούς άξονες, οι πολύ ευαίσθητες οπτικές συσκευές διαίρεσης παρέχονται σε διάφορους τύπους θεοδολίχων. Σε τέτοια υψηλά ακριβή πρότυπα, η επίδραση των μικρών λαθών εκκεντρικότητας στο μοντάρισμα των κύκλων διαίρεσης εξαλείφεται με την χρήση ενός διπλού συστήματος εξέτασης, παρόμοιου με τις αρχές αυτού που περιγράφεται στο προηγούμενο κεφάλαιο από κοινού με τα οπτικά κεφάλια διαίρεσης.

Οι θεοδόλιχοι τοποθετούνται συνήθως στο οριζόντιο επίπεδο ενός τρίποδου έτσι ώστε η ευρεία σειρά ρύθμισης εκείνου του ευπροσάρμοστου τύπου οπτικής παρατήρησης και οργάνου μέτρησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλήρως.

### *3.2.5 Βοηθητικός εξοπλισμός για την οπτική σχεδίαση*

Για να εγκαταστήσει τις κατάλληλες συνδέσεις μεταξύ του παραχθέντος οπτικά και των παρατηρηθέντων γραμμών παρατήρησης τα σχετικά στοιχεία επιφάνειας του αντικειμένου που είναι μετρημένα, διάφορα κομμάτια του βοηθητικού εξοπλισμού χρησιμοποιούνται στην οπτική σχεδίαση. Μερικά από αυτά λαμβάνονται όπως τα εξαρτήματα οργάνων, παραδείγματος χάριν, τα ενισχυτικά μέλη των τηλεσκοπίων ευθυγράμμισης. Άλλος εξοπλισμός, που χρησιμοποιείται από κοινού με αρκετά από τα περιγεγραμμένα οπτικά όργανα αναγνώρισης, θα εξεταστεί εν συντομία. Ενώ η σειρά του βοηθητικού εξοπλισμού για την οπτική σχεδίαση είναι αρκετά εκτενής, οι σημαντικότερες λειτουργίες καλύπτονται από τους κατευθυντήρες, από τις κλίμακες και από βοηθητικές συσκευές όπως οι στάσεις και τα μετρολογικά συστήματα φραγμών.

Κάθοδος λυχνίας ακτινών X. Η αρχική λειτουργία αυτών, που χρησιμοποιούνται στην οπτική σχεδίαση είναι να παρασχεθεί ένα οπτικά αισθητό σημείο σε μια συγκεκριμένη απόσταση από την επιφάνεια αντικειμένου.

Όταν τοποθετείται σε μια υποδοχή, το κέντρο της καθόδου λυχνίας ακτινών X είναι σε μια ακριβώς διατηρημένη συγκεκριμένη απόσταση από τη βάση που θα υποστηριχθεί από τη μερίδα της επιφάνειας αντικειμένου. Οι υποδοχές της καθόδου λυχνίας ακτινών X είναι συνήθως σταθερού σχεδίου, αν και οι υποδοχές σφαιρών είναι επίσης διαθέσιμες για να δεχτούν τις λυχνίες που τοποθετούνται στους σφαιρικούς προσαρμοστές που επιτρέπουν τη λυχνία να περιστραφεί γύρω από το κέντρο του (σχέδιο 3-11).

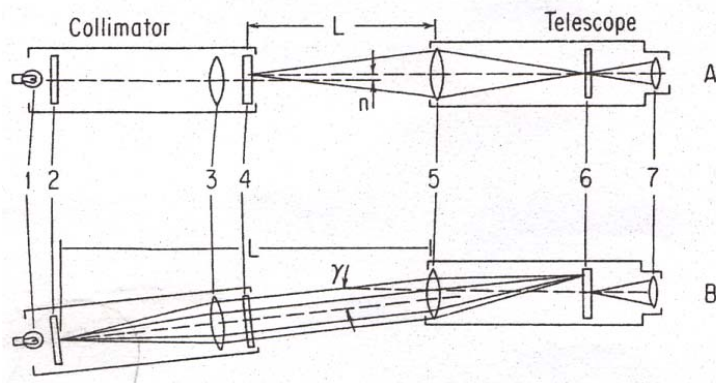


Rank- Taylor-Hobson/Engis Equipment Co.

Σχέδιο 3-11 Κυκλική λυχνία σχεδίων που εσωκλείεται σε ένα σφαιρικό υποστήριγμα και που εξοπλίζεται με το φωτιστή.

Οι λυχνίες αποτελούνται από γυαλί, πλαστικό, αργίλιο ή άλλο κατάλληλο υλικό, ανάλογα με το διαφανές, ή αντανακλαστικό στήριγμα όπου απαιτείται. Για τις χρήσεις όπου η λυχνία πρέπει να παρατηρηθεί σε διάφορες θέσεις κατά την γραμμική επιθεώρησης, οι ανοικτές λυχνίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αυτοί έχουν τις διαγώνιες αποστάσεις από νάυλον-μονό συνθετικό δίχτυ στα δαχτυλίδια χάλυβα που είναι εγκατεστημένα στις κανονικές βάσεις λυχνιών.

*Κατευθυντήρες.* Οι κατευθυντήρες είναι όργανα στόχων που χρησιμοποιούνται συνήθως από κοινού με τα τηλεσκόπια για τις μετρήσεις ευθυγράμμισης. Οι αρχές της λειτουργίας τους παρουσιάζονται διαγραμματικά στο σχέδιο 3-12. Οι κατευθυντήρες παρέχουν τα στοιχεία αναφοράς και για την πλευρική και γωνιακή σύμπτωση με μια σταθερή γραμμή επιθεώρησης.



Σχέδιο 3-12 Λειτουργικές αρχές ενός κατευθυντήρα που αντιμετωπίζεται μέσω ενός τηλεσκοπίου ευθυγράμμισης.

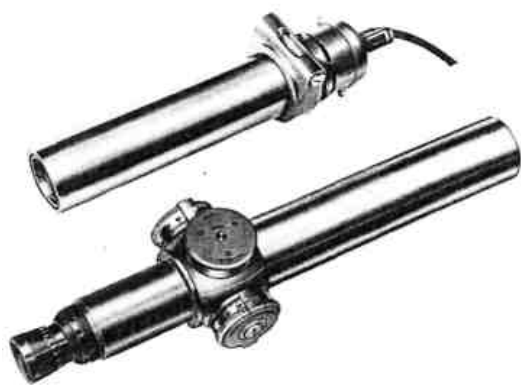
(Α) Μέτρηση της πλευρικής μετατόπισης (ως προς την τοποθεσία μετατόπισης).

(Β) Μέτρηση της γωνιακής μετατόπισης (κατευθυντική μη ευθυγράμμιση).

$L$  = απόσταση στόχων  $n$  = πλευρική μετατόπιση  $\gamma$  = γωνιακή μετατόπιση.

Στοιχεία: (1) πηγή φωτός του κατευθυντήρα (2) κατευθυντική διάσταση (3) στόχος κατευθυντήρων (4) διάσταση στόχων (5) στόχος τηλεσκοπίων (6) διάσταση μικρόμετρου και (7) προσοφθάλμιο τηλεσκοπίων.

Η στέγαση κατευθυντήρων είναι ένας ακριβώς σταθερός σωλήνας χάλυβα, παρόμοιος στην εμφάνιση και της ίδιας διαμέτρου με το σωλήνα του τηλεσκοπίου (βλ. το σχέδιο 3-13). Στο μπροστινό μέρος του, ο κατευθυντήρας φέρνει μια λυχνία με τις ακτινωτές γραμμές για τον καθορισμό του κέντρου. Πίσω από το μέτωπο της λυχνίας είναι ένας παράλληλος φακός με μια φωτεινή λυχνία που τοποθετείται στο εστιακό επίπεδο του. Η εικόνα εκείνης της δεύτερης λυχνίας προβάλλονται μέσω του φακού ως παράλληλες ακτίνες. Τα κέντρα των δύο λυχνιών απεικονίζουν τον οπτικό άξονα του κατευθυντήρα που, σε έναν υψηλό βαθμό ακρίβειας, έχουν παραχθεί παράλληλα με την εξωτερική επιφάνεια της στέγασης.



*Rank- Taylor-Hobson/Engis Equipment Co.*

*Σχέδιο 3-13 Όργανα της οπτικής μέτρησης ευθυγράμμισης.*

*(Άνω) κατευθυντήρας με το κυλινδρικό βαρέλι και πηγή φωτός για το φωτισμό στόχων.*

*(Κάτω) τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης, επίσης με το κυλινδρικό βαρέλι.*

Οι κατευθυντήρες χρησιμοποιούνται για τη δοκιμή ευθυγράμμισης πέρα από τις μεγάλες αποστάσεις, ιδιαίτερα την εσωτερική οπή. Με το τηλεσκόπιο επιτρέπουν την ακριβή μέτρηση και των δύο τύπων λαθών ευθυγράμμισης, πλευρικός και γωνιακός, εφ' όσον δεν υπερβαίνει η έκταση αυτών των λαθών το βαθμό παρατήρησης του τηλεσκοπίου ευθυγράμμισης για το οποίο ο κατευθυντήρας χρησιμεύει ως ο στόχος.

Κλίμακες για την οπτική μετρολογία. Υπάρχουν δύο σημαντικές κατηγορίες εφαρμογής για τις κλίμακες που σκοπό έχουν να παρατηρηθούν μέσω ενός τηλεσκοπίου:

1. Κλίμακες λυχνιών, που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της απόστασης μεταξύ μιας γραμμής επιθεώρησης και την επιφάνεια του αντικειμένου ενάντια στις οποίες η κλίμακα τίθεται και

2. Οι κλίμακες μέτρησης απόστασης πορείας, για τον καθορισμό του διαχωρισμού μεταξύ των παρατηρουμένων σημείων κατά μήκος ενός οπτικού φραγμού σχεδίασης.

Και οι δύο κλίμακες γίνονται με τα σημάδια 0,050 ή 0,100 ίντσα διαφορετικά, που αριθμείται στις πλήρεις και δεκαδικές ίντσες, με τις βαθμολογήσεις που βρίσκονται

ακριβώς μέσα στην ίντσα  $\pm 0.001$ . Εντούτοις, οι σκοποί εφαρμογής απαιτούν τα διαφορετικά σχέδια κλίμακας.

Η κλίμακα μέτρησης απόστασης πορείας είναι γενικά συνδεδεμένη με τις μετρολογικές διαδρομές φραγμών και παρατηρείται από μια στενή απόσταση. Επομένως, αυτός ο τύπος κλίμακας έχει μια ενιαία σειρά των διπλών γραμμών βαθμολόγησης μόνο.

Οι κλίμακες για τις οπτικές εφαρμογές μετρολογίας γίνονται από τα διαφορετικά υλικά. Ένας ευρέως χρησιμοποιημένος τύπος κατασκευάζεται από χάλυβα εργαλείων με την άσπρη επιφάνεια μεταλλινών για να βεβαιώσει τη μέγιστη αντίθεση για τα σημάδια και τους αριθμούς γραμμών φραγμών.

*Μετρολογικά συστήματα φραγμών.* Για να παρέχουν τρόπους για την εξωτερική παραπομπή με την οργάνωση της αναγνώρισης στα όργανα που αποσυνδέονται από το αντικείμενο, τα μετρολογικά συστήματα φραγμών χρησιμοποιούνται συχνά στην οπτική μετρολογία. Αυτοί μπορούν να συγκεντρωθούν από τα τυποποιημένα συστατικά για να ταιριάξουν τις συγκεκριμένες απαιτήσεις.

Τα συστήματα φραγμών, που οργανώνονται συνήθως γύρω από το αντικείμενο, παρέχουν ένα ανεξάρτητο πλαίσιο για τη συγκράτηση και κίνηση οπτικών οργάνων σχεδίασης κατά μήκος των σταθερών πορειών και πέρα από τις ελεγχόμενες αποστάσεις είτε σε μια οριζόντια είτε κάθετη κατεύθυνση.

Τα κύρια συστατικά των μετρολογικών συστημάτων φραγμών είναι κάθετα ρυθμιζόμενες στάσεις που υποστηρίζουν τις διαδρομές, παρέχοντας ίχνη καθοδήγησης για τις μεταφορές στις οποίες τα οπτικά όργανα μπορούν να τοποθετηθούν. Για τη μέτρηση των αποστάσεων της κίνησης, οι οπτικές κλίμακες εγκαθίστανται στις διαδρομές. Αυτές μπορούν να συμπληρωθούν με τους φραγμούς δεικτών όταν απαιτούνται οι μετρήσεις μήκους πέρα από τις αποστάσεις που υπερβαίνουν το μήκος των διαβαθμισμένων κλιμάκων ( γενικά 10 ίντσες ).

Ενώ τα στοιχεία του συστήματος φραγμών παρέχουν έναν λογικό βαθμό ακρίβειας, οι μετρήσεις με την οπτική σχεδίαση ελέγχονται με την έμφυτη στοχοθέτηση, την ευθυγράμμιση, την επιπέδωση και την τακτοποίηση των ικανοτήτων των οργάνων αναγνώρισης. Για εκείνο το λόγο η τελική τοποθετημένη ρύθμιση των οργάνων μετά από τη μηχανική μετατόπισή τους πραγματοποιείται συνήθως με τη στήριξη στα οπτικά μέσα.

Για τις μετρήσεις απόστασης, χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός του συστήματος φραγμών και των ικανοτήτων οργάνων. Οι οπτικές κλίμακες του συστήματος φραγμών θα δείξουν την απόσταση που διανύεται στα βήματα 0,050 ή 0,100 ίντσας. Μόλις κινηθεί το όργανο προς τη βαθμολόγηση κλίμακας πλησιέστερα στο στόχο, η υπόλοιπη απόσταση γεφυρώνεται από τη ρύθμιση του μικρόμετρου προσοφθαλμίων οργάνου αναγνώρισης, το οποίο είναι συνήθως βαθμολογημένο στις αυξήσεις 0,001-

ίντσας. Ενώ, τα μικρόμετρα προσοφθαλμίων με βαθμολογήσεις 0,0001-ίντσας μπορούν επίσης να παρασχεθούν, η πρακτική χρησιμότητά τους είναι περιορισμένη εξετάζοντας τη διάκριση αναγνώρισης του τηλεσκοπίου γενικά σε σειρά 0,001 ίντσας.

### **3.3 Μέτρηση της επιπεδότητας**

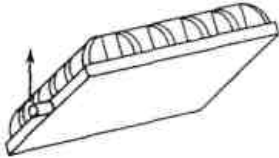
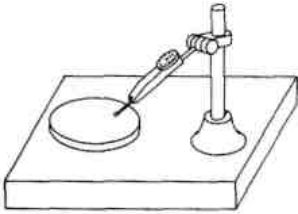
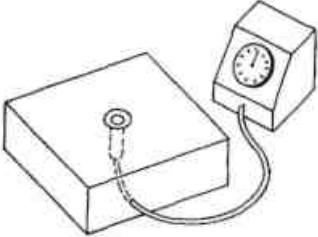
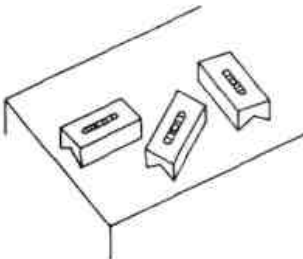
Η επιπεδότητα απεικονίζει τη γεωμετρική έννοια του επιπέδου, όταν εφαρμόζεται σε μια στερεή επιφάνεια όπου γίνεται μετρήσιμη με τα μηχανικά μέσα, είτε άμεσα είτε σε συνδυασμό με τα οπτικά όργανα. Η επιπεδότητα είναι ένας λειτουργικά σημαντικός όρος σε πολλές τεχνικές συσκευές για λόγους σχετικούς με την υπηρεσία εκείνης της συσκευής.

Εξετάζοντας το λειτουργικό ρόλο της επιπεδότητας, η μέτρηση εκείνου του όρου στις λειτουργούσες επιφάνειες των κατασκευασμένων κομματιών είναι συχνά μια σημαντική λειτουργία της διαστατικής διαδικασίας επιθεώρησης. Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου μέτρησης επιπεδότητας ρυθμίζεται από τους διάφορους παράγοντες, όπως το μέγεθος και τη μορφή του κομματιού, η περιοχή που επιθεωρείται, η δυνατότητα πρόσβασης και οι αμοιβαίες σχέσεις με άλλες επιφάνειες και ο επιθυμητός βαθμός μέτρησης της ακρίβειας.

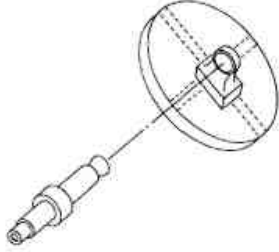
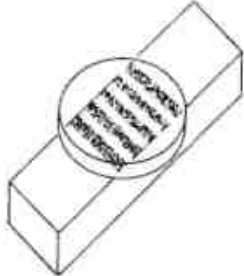
Ο πίνακας 3-4 παρουσιάζει τα παραδείγματα των διαφορετικών μεθόδων μέτρησης στις τεχνικές επιφάνειες, αυτές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των κατηγοριών οργάνων και των βαθμών ευαισθησίας.



**ΠΙΝ. 3-4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ  
ΕΠΙΠΕΔΟΤΗΤΑΣ - 1**

ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
Άμεση επαφή με μια πλάκα αναφοράς γνωστής λειότητας	Πλάκα επιφάνειας χυτοσιδήρου		Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται πολύ από τις εργαλειομηχανές, ακόμα εφαρμόζεται για την παραγωγή ξυμένων με το χέρι επίπεδων επιφανειών και επίσης στην κατασκευή των πλακών επιφάνειας. Σε αυτήν την μέθοδο, τρεις πλάκες παρουσιάζονται διαδοχικά στην επαφή, χρησιμοποιώντας την μπλε χρωστική ουσία για να δείξουν τη θέση των μεγάλων σημείων.
Παράλληλη κίνηση του επιπέδου μιας πλάκας επιφάνειας της γνωστής λειότητας με τη βοήθεια ενός δείκτη	Μια βάση δεικτών και μια πλάκα επιφάνειας		Μετρά τις συνδυασμένες επιδράσεις των λαθών στη λειότητα και τον παραλληλισμό. Για τις μετρήσεις επιπεδότητας το κομμάτι πρέπει να οργανωθεί με την κορυφαία επιφάνεια απαραίτητη παράλληλη στο επίπεδο αναφοράς.
Μέτρηση των διαβαθμίσεων των ανεξάρτητων σημείων στην επιφάνεια από ένα εφαπτόμενο επίπεδο.	Η πλάκα επιφάνειας με τα διαμετρήματα αέρα ελέγχει τη βάση τοποθέτησης		Για ένα κομμάτι που στηρίζεται στη πλάκα επιφάνειας, θα αποτελέσει ένα επίπεδο εφαπτομένης, σε σχέση με το οποίο η θέση των μεμονωμένων τομέων της επιφάνειας του κομματιού μετριέται περνώντας πέρα από το εκτεινόμενο σημείο επαφής ενός τοποθετημένου ελέγχου διαμετρημάτων αέρα.
Συσχετίζοντας την επιφάνεια που επιθεωρείται στον οριζόντιο	Επίπεδο φραγμών ακρίβειας ή ηλεκτρονικό επίπεδο		Η γενική συνθήκη επιπεδότητας μιας μεγάλης επιφάνειας που είναι ακριβώς, ή κοντά στην οριζόντια θέση, μπορεί να ελεγχθεί με ένα ευαίσθητο όργανο επιπέδων, που τοποθετείται στην επιφάνεια στις διαφορετικές θέσεις και τους προσανατολισμούς. Η ασυνέπεια της γωνίας κλίσεων είναι ενδεικτική της φτωχής λειότητας.

**TABLE 3-4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΤΗΤΑΣ - 2**

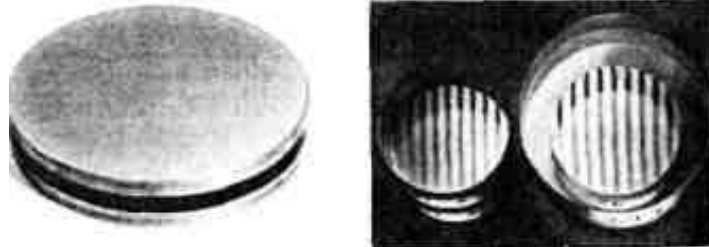
ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
<p>Οπτική μέτρηση των μεταβολών στη γωνιακή θέση μιας βάσης καθρέφτη που μετατοπίζεται στην επιφάνεια</p>	<p>Ο αυτόματος σωλήνας οπτικής συσκευής και ο ανακλαστήρας με τη βάση έχουν τον κατάλληλο χωρισμό εξέδρας</p>		<p>Ενώ μια τέλεια επίπεδη επιφάνεια θα υποστηρίξει ένα μέλος σε αμετάβλητη γωνιακή θέση σε οποιαδήποτε θέση, εφ' όσον ο προσανατολισμός παραμένει ο ίδιος, οι παρεκκλίσεις από τη λειότητα μπορούν να μετρηθούν από ένα αυτόματο σωλήνα οπτικής συσκευής που βλέπει έναν ανακλαστήρα που τοποθετείται κατά συνέπεια στις διαφορετικές θέσεις κατά μήκος διάφορων διαδρομών στην επιφάνεια.</p>
<p>Παράγοντας τα περιθώρια φωτός παρέμβασης που προέρχονται από την επιφάνεια που επιθεωρείται</p>	<p>Οπτικό επίπεδο με το μονοχρωματικό φως</p>		<p>Μια σφήνα αέρα της πολύ μικρής γωνίας μεταξύ ενός οπτικού γυαλιού επίπεδου και μιας αντανακλαστικής επιφάνειας αντικειμένου παράγει ένα σχέδιο περιθωρίου χωρίζοντας κατά διαστήματα ίσο στο μισό μήκος κύματος του μονοχρωματικού φωτός. Οι αποκλίσεις από την τέλεια λειότητα της επιφάνειας αντικειμένου προκαλούν τις παρεκκλίσεις στον παραλληλισμό των περιθωρίων, ανάλογο προς το λάθος λειότητας.</p>

Στη διαστατική μετρολογία, οι διάφοροι τύποι βοηθητικών εξοπλισμών χρησιμοποιούνται για να παρέχουν μια αξιόπιστη επίπεδη επιφάνεια που μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα επίπεδο στοιχείων για τη μέτρηση των γραμμικών διαστάσεων ή των γεωμετρικών όρων. Δύο βασικοί τύποι εξοπλισμών που αποτελούν τις μηχανικές αντιπροσωπεύσεις μιας επιφάνειας επιπέδων είναι σημαντικής σπουδαιότητας για τις διαστατικές μετρήσεις, δηλαδή:

- α. Κατασκευαστής εργαλείων και τα οπτικά επίπεδα
- β. Πλάκες επιφάνειας

### 3.3.1 Επίπεδοι κατασκευαστές εργαλείων

Οι επίπεδοι κατασκευαστές εργαλείων είναι δίσκοι χάλυβα, που τοποθετούνται και περιτυλίγονται και στις δύο προσόψεις σε έναν υψηλό βαθμό επιπεδότητας, συγκρίσιμο με την επιφάνεια μέτρησης ενός φραγμού διαμετρημάτων (βλ. το σχέδιο 3-14). Ο αρχικός σκοπός των επιπέδων κατασκευαστών εργαλείων είναι να χρησιμεύσει ως μια τοποθετημένη επιφάνεια για τις συνελεύσεις φραγμών διαμετρημάτων και τα παρόμοια στοιχεία υψηλής ακρίβειας των διαστατικών μετρήσεων. Η επιπεδότητα και το τέλος μιας επιθεώρησης ποιότητας επιπέδων κατασκευαστών εργαλείων πρέπει να επιτρέψουν το άμεσο στρίψιμο των φραγμών διαμετρημάτων σε καθεμία επιφάνεια, με αυτόν τον τρόπο προλαμβάνεται η ανάγκη για τη μηχανική στερέωση. Τα συχνά χρησιμοποιημένα μεγέθη των επιπέδων κατασκευαστών εργαλείων είναι διάμετροι 2-ιντσών και 4-ιντσών.



Σχέδιο 3-14 Επίπεδος κατασκευαστής εργαλείων, ουσιαστικά ένας δίσκος χάλυβα, που είναι, σκληρυνθείς, στερεωμένος και ακριβής που περιτυλίγεται σε μια λειότητα μέσα σε μερικά εκατομμυριοστά μιας ίντσας.

Σχέδιο 3-15 Οπτικά επίπεδα φτιαγμένα από σαφή, λιωμένο χαλαζία, που συσσωρεύονται ανά τα ζευγάρια και που παρατηρούνται κάτω από το μονοχρωματικό φως. Η ευθύτητα του ορατού φωτός δείχνει την άριστη λειότητα των επιφανειών αμοιβαία επαφής.

### 3.3.2 Οπτικά επίπεδα

Τα οπτικά επίπεδα που χρησιμοποιούνται για τις μετρολογικές εφαρμογές αποτελούνται συνήθως από λιωμένο χαλαζία, αν και οι εμπορικές ιδιότητες φτιαγμένες είτε από χαλαζία είτε από pyrex είναι επίσης διαθέσιμες. Μια από τις σημαντικές χρήσεις για τα οπτικά επίπεδα είναι η μέτρηση της επιπεδότητας με την τοποθέτηση του διαφανούς επιπέδου στην επιφάνεια που επιθεωρείται με έναν τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθούν οι ζώνες παρέμβασης ευδιάκριτες κάτω από το μονοχρωματικό φως.

Η διαστατική μετρολογία προσφέρει πολλές άλλες εφαρμογές για τα οπτικά επίπεδα. Μια άλλη χρήση για τα οπτικά επίπεδα μέσα στη μετρολογία είναι να καθοδηγήσει ένα κινούμενο μέλος οργάνων στη μετατόπισή της, η οποία πρέπει να είναι αυστηρά περιορισμένη σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο.

Τα οπτικά επίπεδα γίνονται σε ένα ευρύ φάσμα των μεγεθών, συνήθως από 1 ίντσα σε 12 ίντσες στη διάμετρο, ή μεγαλύτερες, και στα πάχη που προσαρμόζονται στις διαμέτρους, ποικίλλουν από ¼ ίντσας σε 2 ίντσες. Διάφοροι βαθμοί ή ιδιότητες παράγονται, έχοντας διαφορετικούς βαθμούς επιπεδότητας, στις μικροΐντσες η μέγιστη απόκλιση από το τέλειο επίπεδο. Οι βιομηχανικού επιπέδου βαθμοί είναι ο βαθμός αναφοράς με 1- μικροΐντσα, ο κύριος βαθμός με τις 2-μικροΐντσες, και ο βαθμός εργασίας με τη λειότητα 4-μικροΐντσών. Υπάρχουν επίσης οπτικά επίπεδα εμπορικού βαθμού των οποίων η ακρίβεια είναι συνήθως ένα δεύτερο αυτού του βαθμού εργασίας, δηλαδή επιπεδότητα 8-μικροΐντσών.

Ανάλογα με την χρήση που προορίζονται, τα οπτικά επίπεδα παρέχονται με τις απλές ή διπλές επιφάνειες μέτρησης.

### 3.3.3 Πλάκες επιφάνειας

Η έννοια της επιπεδότητας, στα μυαλά εκείνου που ανακατεύεται στη μεταλλουργική παραγωγή, σχετίζεται εύκολα με τις πλάκες επιφάνειας. Ενώ οι πλάκες επιφάνειας χρησιμοποιούνται σπάνια για να μετρήσουν άμεσα, αντιπροσωπεύουν τα γενικότερα εφαρμοσμένα μέσα για ένα στερεό επίπεδο στοιχείων με σκοπό ένα πολύ ευρύ φάσμα των διαστατικών μετρήσεων. Εντούτοις, όλες οι μέθοδοι χαρακτηρίζονται από την παροχή, για μια σύνδεση μεταξύ του αντικειμένου και του οργάνου μέτρησης, ένα κοινό επίπεδο αναφοράς από την πλάκα επιφάνειας.

Οι πλάκες επιφάνειας κατασκευάστηκαν αρχικά από χυτοσίδηρο με τις διαγώνιες-ραβδωτές βάσεις για να μειώσουν το βάρος και για να αυξήσουν την αντίσταση. Παρόλο που ο χυτοσίδηρος, ιδιαίτερα στα μικρότερα μεγέθη, είναι ακόμα σε χρήση και κατασκευάζεται, οι πλάκες επιφάνειας πετρών φτιάχτηκαν από διαφορετικούς τύπους σκληρών και ομοιογενών γρανιτών και έχουν γίνει βασικός εξοπλισμός για τις διαστατικές μετρήσεις, βασισμένες σε ένα στερεό επίπεδο αναφοράς.

Οι πλάκες επιφάνειας γρανίτη κατέχουν διάφορες πολύτιμες ιδιότητες που δικαιολογούν την προνομιακή χρήση τους σε πολλές εφαρμογές. Τέτοιες ιδιότητες είναι: η μεγάλη σκληρότητα, η διαστατική σταθερότητα, καμία οξείδωση ή επιδείνωση κάτω από περιβαλλοντολογικές συνθήκες.

Τα ακόλουθα κυριότερα σημεία έχουν επιλεγεί ειδικότερα όσον αφορά τη λειτουργική επάρκεια των πλακών επιφάνειας.

### 3.3.3.1 Υλικό

Ο γρανίτης από τις διαφορετικές πηγές λαμβάνεται και δύο κατηγορίες καθιερώνονται βασισμένες στον τύπο βράχου, τις φυσικές ιδιότητες και τα ορυκτά συστατικά.

### 3.3.3.2 Σκληρότητα

Για τη μέτρηση της σκληρότητας μία scleroscope δοκιμή ορίζεται και λαμβάνονται διαφορετικοί αριθμοί σκληρότητας για τους βαθμούς Α και Β. Για το βαθμό Α, που προορίζεται για την υψηλής ποιότητας εργασία επιθεώρησης, μια μέση σκληρότητα των 90 βαθμών απαιτείται. Η ελάχιστη σκληρότητα ποικίλλει σύμφωνα με την κατηγορία, που σχετίζεται με την ομοιογένεια του υλικού.

(Σημείωση: στην προδιαγραφή, η κατηγορία όρου αναφέρεται στις υλικές ιδιότητες, όπως η αντοχή ο βαθμός όρου υποδεικνύει το επίπεδο ακρίβειας.)

### 3.3.3.3 Αντοχή

Αυτή είναι ακόμα μια άλλη σημαντική ιδιότητα του υλικού γρανίτη. Η απαιτούμενη δοκιμή συνίσταται στην επισήμανση μιας όχι λιγότερο από μία ίντσα πορείας ευθειών γραμμών 1 στην επιφάνεια πλακών με ένα Rockwell C διεισδυόντων διαμάντι κάτω από 3 λίβρες φορτίου προκαλώντας να εκτελέσει παλινδρομική κίνηση κατά τη διάρκεια μιας τριώρης περιόδου για να ολοκληρώσει 1238 κύκλους.

### 3.3.3.4 Μεγέθη

Αυτά δεν καθορίζονται στην ομοσπονδιακή προδιαγραφή σαν τυποποιημένες απαιτήσεις. Η λίστα των διαστάσεων επιφάνειας εργασίας στην προδιαγραφή, που αναπαράγεται στον Πίνακα 3-5, χρησιμεύει για να καθιερώσει τις κατηγορίες για τις ελάχιστες προδιαγραφές της επιφάνειας ακρίβειας εργασίας.

### 3.3.3.5 Ακρες στερέωσης

Αυτές απαιτούνται από την προδιαγραφή και για τις τέσσερις πλευρές των πλακών επιφάνειας, με την επιφύλαξη τυχόν διαφορετικής ρύθμισης στη σύμβαση. Από τη δημοσίευση της προδιαγραφής, μια αυξανόμενη τάση μπορεί να παρατηρηθεί προς τη μείωση της χρήσης των προεξοχών για τη στερέωση εξαρτημάτων και των οργάνων με τη βοήθεια των σφιγκτηρών. Η επιπεδότητα της επιφάνειας πλακών κοντά στην

περίμετρο δεν είναι γενικά ίση με τη μέση επιπεδότητα του υπολοίπου της επιφάνειας πλακών. Κατά την χρησιμοποίηση των σφικκτηρών που αντέχουν ενάντια στις προεξοχές της πλάκας επιφάνειας, η δύναμη στερέωσης ασκείται σε εκείνο τον απομακρυσμένο τομέα της ακρίβειας λειότητας.

### 3.3.3.6 Ακρίβεια της επιφάνειας εργασίας

Τα παρακάτω είναι η διατύπωση της προδιαγραφής: "Κανένα σημείο στην επιφάνεια εργασίας δεν θα ποικίλει από ένα μέσο επίπεδο επ' αυτού περισσότερο από το ποσό που διευκρινίζεται" (βλ. τον πίνακα 3 -5).

**ΠΙΝ. 3-5 ΠΡΟΣΦΑΤΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΠΙΑΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΓΡΑΝΙΤΗ ΜΕ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΛΕΙΟΤΗΤΑΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ GGG-P-463b**

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ σε Ίντσες		ΑΝΟΧΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ σε μικροϊντσες			
Πλάτος	Μήκος	Βαθμός AAA	Βαθμός AA	Βαθμός A	Βαθμός B
12	12	25	50	100	200
12	18	25	50	100	200
18	18	25	50	100	200
18	24	50	100	200	400
24	36	50	100	200	400
24	48	75	150	300	600
36	36	75	150	300	600
36	48	100	200	400	800
36	60	125	250	500	1000
36	72	150	300	600	1200
48	48	100	200	400	800
48	60	150	300	600	1200
48	72	175	350	700	1400
48	96	250	500	1000	2000
48	120	350	700	1400	2800
60	120	375	750	1500	3000
72	96	300	600	1200	2400
72	144	550	1100	2200	4400

Αυτή η απαίτηση, αν και λογική στην έννοιά της, δημιουργεί το ερώτημα εάν παρεκκλίσεις από τον θεωρητικό μέσο όρο πρόκειται να θεωρηθούν εξίσου σημαντικές, κατά την εμφάνιση προεξέχουσων κορυφογραμμών.

### 3.3.4 Η επιθεώρηση των πλακών επιφάνειας για την επιπεδότητα

Η επιπεδότητα είναι το αρχικό λειτουργικό χαρακτηριστικό των πλακών επιφάνειας και έχει επιπτώσεις άμεσα στην ακρίβεια των μετρήσεων βασισμένων σε εκείνο τον όρο. Για εκείνο τον λόγο είναι απαραίτητο να καθοριστεί ο βαθμός επιπεδότητας των πλακών επιφάνειας, στην αρχική διαδικασία επιθεώρησης και στις περιοδικές επαναδιακριβώσεις.

Οι υψηλές απαιτήσεις ακρίβειας των πλακών επιφάνειας που χρησιμοποιούνται αυτήν την περίοδο στις διαστατικές διαδικασίες μέτρησης αποκλείουν την εφαρμογή των προηγούμενων μεθόδων κατασκευαστών εργαλείων επιθεώρησης επιπεδότητας, που στηρίζεται στις ευθείες άκρες ή στον αμοιβαίο έλεγχο, συνήθως τρεις πλάκες επιφάνειας. Δύο συστήματα της επιθεώρησης πλακών επιφάνειας θα αναφερθούν μετά από, ευρύτατα εφαρμοσμένη μέθοδο αυτόματων σωλήνων οπτικών οργάνων .

Ελεγκτές πλακών επιφάνειας τύπων δεικτών. Αυτό το όργανο λειτουργεί, σε γενικές γραμμές, με την επιλογή μιας μερίδας της επιφάνειας πλακών ως επίπεδο αναφοράς και χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει ένα μέλος του οργάνου. Ένα άλλο μέλος του ίδιου οργάνου είτε φέρνει είτε χρησιμεύει ως το αμόνι ενός ευαίσθητου μηχανικού δείκτη με 50 είτε 20-μικροϊντσες βαθμολογήσεις. Ο έλεγχος εκείνου του δείκτη παρουσιάζεται στην επαφή, είτε άμεσα είτε μέσω ενός ενδιάμεσου στοιχείου, με τη μερίδα επιφάνειας γειτονεύοντας με αυτήν που επιλέγεται για ένα επίπεδο αναφοράς. Οι αποκλίσεις μεταξύ εκείνου του τελευταίου και της ανιχνευμένης περιοχής θα προκαλέσουν τις ενδείξεις από το όργανο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γρήγορος έλεγχος της ομοιόμορφης επιπεδότητας της επιφάνειας πλακών.

Το υποστηριγμένο μέλος μπορεί να είναι μια ευθεία άκρη γρανίτη, που προσφέρει ένα χάσμα επάνω από το επιλεγμένο στοιχείο της επιφάνειας πλάκας για τη μέτρηση από το δείκτη.

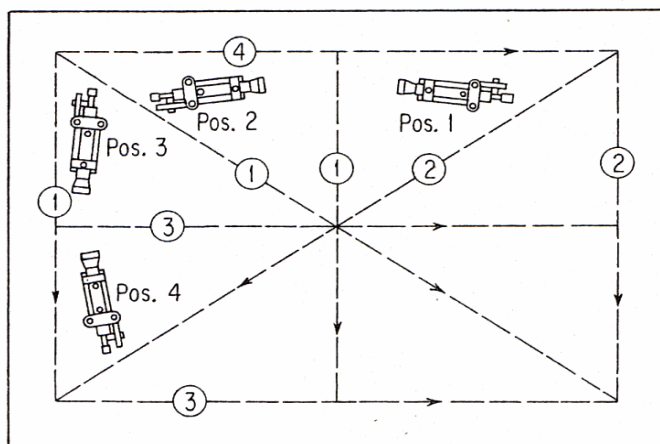
Αυτά τα όργανα δεν συστήνονται για την ακριβή μέτρηση των όρων επιπεδότητας πέρα από ολόκληρη την επιφάνεια πλακών. Εντούτοις, μπορούν να είναι αρκετά χρήσιμα για τους γρήγορους ελέγχους των οποίων τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να δείξουν την ανάγκη για μια περιεκτικότερη διαδικασία βαθμολόγησης.

Επιθεώρηση των πλακών επιφάνειας για τη επιπεδότητα από την αυτόματη ευθυγράμμιση. Η επιπεδότητα μιας πλάκας επιφάνειας είναι ένας όρος που πρέπει να επιθεωρηθεί σύμφωνα με το σκοπό ότι η πλάκα προορίζεται να εξυπηρετήσει, δηλαδή: σαν ενισχυτικό μέλος σε μια διαδικασία μέτρησης που παρέχει ένα κοινό και κοντά στην τελειότητα επίπεδο, συνεπώς, η αποτελεσματική επιφάνεια, και όχι η πραγματική επιφάνεια του επιπέδου με όλες μικρές λεπτομέρειές της, είναι το σημαντικό χαρακτηριστικό. Η αποτελεσματική επιφάνεια μπορεί να απεικονιστεί ως επίπεδο εφαρμοσμένης στο φυσικό όριο της επιφάνειας πλακών.

Οι βάσεις των οργάνων μέτρησης, καθώς επίσης και των κομματιών προς κατεργασία και των στηριγμάτων εξαρτημάτων, γίνονται για να επεκταθούν πέρα από τις περιοχές για την υποστήριξη του βάρους του οργάνου χωρίς αδικαιολόγητη πίεση ως αποτέλεσμα της υπερβολικής συγκέντρωσης φορτίων. Μια τέτοια επιφάνεια βάσεων, ακόμα και όταν μειώνεται σε τρεις ή τέσσερις προστατευτικές επικαλύψεις, δεν θα διαπεράσει στις στενές τομές δύο συγκλινουσών επιφανειών ή τους μικρούς κρατήρες της επιφάνειας πλακών, αλλά οδηγεί στα προεξέχοντα στοιχεία της, δηλαδή θα υποστηρίξει τη θέση ενός επιπέδου εφαπτομένης.

Αυτές οι λειτουργικές εκτιμήσεις λαμβάνονται υπόψη στις περισσότερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται ευρύτατα και είναι γενικά αποδεκτές, της μεθόδου επιθεώρησης πλακών επιφάνειας: μέτρηση επιπεδότητας από τους ανακλαστήρες και ένα αυτόματο σωλήνα οπτικών οργάνων. Μια λεπτομερής περιγραφή αυτών των εργαλείων δίνεται στο επόμενο τμήμα, η ακόλουθη είναι μια συμπυκνωμένη εξήγηση των αρχών και των τεχνικών διαδικασίας.

Σε αυτήν την μέθοδο οι γωνιακές εκτροπές γειτονεύουν με γειτονικά τμήματα που μετρούνται κατά μήκος των συγκεκριμένων διαδρομών στην επιφάνεια πλακών, και τα αποτελέσματα αξιολογούνται σε σχέση με το επιλεγμένο επίπεδο αναφοράς. Το σχήμα 3-16 παρουσιάζει οκτώ γραμμές που χρησιμοποιούνται συνήθως ως διαδρομές των γωνιακών μετρήσεων εκτροπής. Αυτές είναι τέσσερις περίμετροι, δύο διαγώνιες και δύο κεντρικές γραμμές. Το όργανο που χρησιμοποιείται για την μέτρηση των γωνιακών εκτροπών είναι ο αυτόματος σωλήνας οπτικών οργάνων, το οποίο χρησιμοποιείται για να παρατηρήσει έναν ανακλαστήρα που τοποθετείται στις διαδοχικές θέσεις κατά μήκος κάθε μιας από τις μετρηθείσες διαδρομές. Όπως υποδεικνύεται στο σχέδιο 3-16, ο αυτόματος σωλήνας οπτικών οργάνων δεν στοχεύει στη μετατόπιση του ανακλαστήρα άμεσα, αλλά μέσω ενός ενδιάμεσου καθρέφτη που τοποθετείται κοντά στη γωνία της πλάκας.

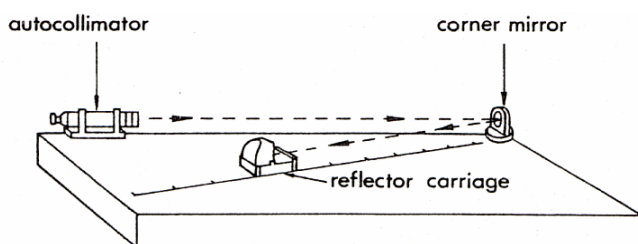


Σχέδιο 3-16 Το σχέδιο των διαδρομών που ερευνάται στη δοκιμή της λειότητας των πλακών επιφάνειας. Παρουσιάζονται τέσσερις θέσεις του αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου, που κατευθύνονται προς τις συγκεκριμένες γωνίες στην επιφάνεια πλακών. Ένας καθρέφτης απόκλισης τοποθετημένος σε εκείνες τις γωνίες που επιτρέπουν την παρατήρηση του ανακλαστήρα καθώς κινείται κατά

μήκος δύο διαδρομών που προέρχονται από κάθε μια από τις γωνίες, όπως υποδεικνύεται από τα κατευθυντικά βέλη.



Αυτή η ρύθμιση δύο ανακλαστήρων έχει τον πλεονέκτημα ότι ο αυτόματος σωλήνας οπτικών οργάνων μπορεί να τοποθετηθεί σε εκείνη την ιδιαίτερη θέση πάνω στην επιφάνεια πλακών όπου το όργανο μπορεί να είναι πιο εύκολο να χρησιμοποιηθεί, αλλά χωρίς να παρεμποδίζεται η εξερεύνηση ολόκληρου του μήκους διαδρομής από τον ανακλαστήρα. Το σχήμα 3-17 παρουσιάζει την οργάνωση ενός αυτόματου σωλήνα οπτικών οργάνων με έναν γωνιακό καθρέφτη και μία ορθογώνια βάση ανακλαστήρα, που τακτοποιούνται για την εκτροπή των μετρήσεων κατά μήκος μιας περιμέτρου της πλάκας επιφάνειας.



*Hilger & Wattsstingjs Equipment Co.*

*Σχέδιο 3-17 Η ρύθμιση του αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου και του καθρέφτη γωνιών όσον αφορά τον ανακλαστήρα, ο οποίος μετατοπίζεται κατά μήκος μιας μετρημένης διαδρομής στην επιφάνεια της πλάκας. Η διαστιγμένη γραμμή δείχνει τη γραμμή όψης.*

Η ορθογώνια βάση του μετατοπισμένου ανακλαστήρα υποστηρίζεται σε τρεις προστατευτικές επικαλύψεις, δύο από τις οποίες είναι τοποθετημένες παράλληλα στην καθοδηγημένη άκρη, σύμφωνα με την κατεύθυνση του ανακλαστήρα της μετατόπισης. Η τρίτη επικάλυψη, στα μισά του δρόμου μεταξύ των δύο προηγούμενων και στη αντίθετη άκρη της βάσης, θα υποστηρίξει τον ανακλαστήρα κάθετα στην κατεύθυνση. Αυτή η υποστηριζόμενη ενέργεια δεν παρεμποδίζει τον ελεύθερο προσδιορισμό θέσης των δύο προστατευτικών επικαλύψεων σύμφωνα με τη γραμμή μετατόπισης, όπου αλλάζει στα σχετικά επίπεδα των προστατευτικών επικαλύψεων και προκαλεί εγκατάλειψη καθρεφτών ανάλογα προς τις αποκλίσεις από τη επιπεδότητα του επιθεωρημένου στοιχείου επιφάνειας.

Η κεντρική απόσταση μεταξύ των δύο ευθυγραμμισμένων προστατευτικών επικαλύψεων είναι συνήθως μια τιμή ίντσας ακέραιων αριθμών, παραδείγματος χάριν, 4 ..5 ή 6 ίντσες, που επιλέγονται για να επιτρέψουν την υποδιαίρεση του μήκους διαδρομής μέτρησης σε έναν συγκεκριμένο αριθμό ίσων τμημάτων. Για την καθοδήγηση του ανακλαστήρα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μέτρησης, μια ευθεία άκρη στερεώνεται στην επιφάνεια πλάκας κατά μήκος της διαδρομής που επιθεωρείται και ο ανακλαστήρας τοποθετείται βήμα προς βήμα στις γειτονικές θέσεις.

Οι διάφορες μέθοδοι, αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται για την καταγραφή, τον υπολογισμό και την αξιολόγηση της σειράς γωνιακών ενδείξεων του αυτόματου σω-

λήνα οπτικού οργάνου. Οι αναγνώσεις που λαμβάνονται κατά μήκος των μεμονωμένων διαδρομών συσχετίζονται σε ένα επίπεδο αναφοράς στη φάση υπολογισμού της αξιολόγησης. Εκείνο το επίπεδο αναφοράς περιλαμβάνει τρία σημαντικά σημεία στην επιφάνεια πλάκας, όπως τρεις γωνίες της πλάκας, ή το κέντρο και δύο γωνίες στις άκρες της μεγαλύτερης περιμέτρου.

Ο περιγεγραμμένος τύπος χάρτη είναι επίσης χρήσιμος για το καθορισμό εκείνης της μερίδας της επιφάνειας πλάκας που έχει τους καλύτερους όρους επιπεδότητας για τη χρήση στις μετρήσεις που απαιτούν τον υψηλότερο βαθμό ακρίβειας εξοπλισμού. Η τεχνική για τη μέθοδο μέτρησης επιπεδότητας πλάκας επιφάνειας, περιλαμβάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς και τα απαιτούμενα σχέδια των μορφών ταξινόμησης

### 3.4 Η μέτρηση της καθετότητας

Η ορθή γωνία θεωρείται δημιουργία του ανθρώπινου μυαλού, επειδή στη φύση η παρουσία της δεν είναι σκόπιμη. Στα προϊόντα της ανθρώπινης προσπάθειας, εντούτοις, είτε στην αρχιτεκτονική, στο εμπόριο είτε στη βιομηχανία, στα μηχανικά έργα και ακόμη και στις γεωργικές δραστηριότητες, η ορθή γωνία, ως αποτέλεσμα της αμοιβαίας καθετότητας των γραμμών και των επιφανειών, ήταν παρούσα από τους αρχαίους χρόνους. Οι λόγοι για τις πολλές και εκτενείς εφαρμογές της ορθής γωνίας είναι πολλοί.

Ενώ οι περιστάσεις που δημιουργήθηκαν μπορούσαν να είναι θέμα υπόθεσης, η παρουσία της ορθής γωνίας και ο βασικός ρόλος της στο σχέδιο εφαρμοσμένης μηχανικής είναι πολύ πραγματικοί. Συνεπώς, η καθετότητα αντιπροσωπεύει μια συνθήκη που πρέπει να μετρηθεί.

Υπάρχουν διάφοροι όροι στην τρέχουσα χρήση στο σχεδιασμό της καθοριζόμενης σχέσης δύο ή περισσότερων φυσικά καθορισμένων στοιχείων κάθετα το ένα στο άλλο. Αυτοί οι όροι είναι η καθετότητα, η ομαλότητα, η ευθύτητα ή, εκφρασμένη στις γωνιακές μονάδες, 90 μοιρών. Οι έννοιες σχετικές με τις φυσικές δυνάμεις χρησιμοποιούνται επίσης για να διευκρινίσουν την αμοιβαία θέση καθετότητας. Πραγματικά, η δύναμη βαρύτητας χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει στα όργανα μέτρησης μια πολύ αξιόπιστη απεικόνιση του οριζώντιου δηλαδή τα επίπεδα επιφάνειας των υγρών κάτω από την επίδραση της βαρύτητας. (Σημείωση: το βαρίδι και το επίπεδο μπορούν να θεωρηθούν ως κάθετα για τους περισσότερους πρακτικούς λόγους, μην λαμβάνοντας υπόψη τη σφαιρική μορφή της σφαίρας.)

Ακόμη και στα προϊόντα εφαρμοσμένης μηχανικής που δεν έχουν τις αμοιβαία κάθετες επιφάνειες, η ορθή γωνία είναι παρούσα να διαστασιολογήσει τα όργανα, στην πλειοψηφία των σχεδίων εφαρμοσμένης μηχανικής οι γραμμικές διαστάσεις συσχετίζονται κατά τρόπο συγκρίσιμο με ένα σύστημα των ορθογώνιων συντεταγμένων.

### 3.4.1 Μηχανικά μέσα επιθεώρησης της ευθύτητας

*Τετράγωνα χάλυβα.* Μια προφανής μέθοδος για τη καθετότητα μεταξύ τους, γενικά είναι οι γειτονικές επιφάνειες με την άμεση σύγκριση με εργαλεία γνωστής ευθύτητας. Τέτοια εργαλεία είναι διαφορετικών τύπων τετραγώνου χάλυβα τα οποία παράγονται από κράμα χάλυβα, σκληρυντική ουσία. Τα τετράγωνα χάλυβα φτιάχνονται είτε από ένα κομμάτι, είτε από μια ευρύτερη ακτίνα. Τα τετράγωνα μονών κομματιών συνήθως έχουν γωνίασμα στις άκρες (κορυφογραμμή), ενώ οι άκρες των τοποθετημένων λεπίδων είναι επίπεδες.

Ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση, τα τετράγωνα χάλυβα επιλέγονται βάσει διαφορετικών βαθμών ακρίβειας. Η ακρίβεια μετριέται από το ποσό της μέγιστης απόκλισης της άκρης του ελάσματος από την καθετότητα στο επίπεδο της ακτίνας μεγέθυνσης και εκφράζεται ως γραμμική διάσταση στη λειτουργία του μήκους ελάσματος.

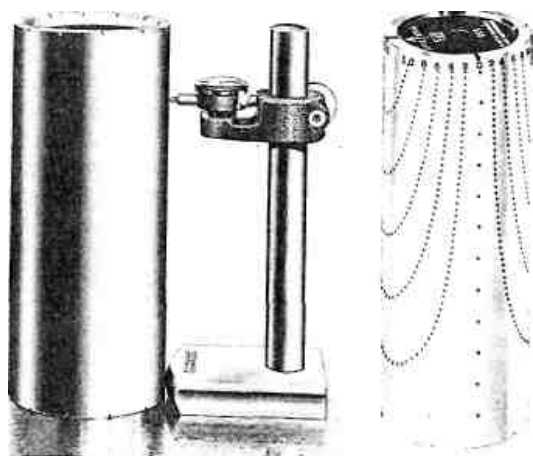
Τα τετράγωνα χάλυβα χρησιμοποιούνται σπάνια για άμεσες μετρήσεις από την άποψη να φέρουν και τους δυο βραχίονες στην επαφή με δύο ονομαστικά κάθετες επιφάνειες ενός κομματιού. Μια πιο κοινή μέθοδος χρήσης συνίσταται σε ηρεμία της ακτίνας του τετραγώνου χάλυβα και μιας από τις αλληλένδετες επιφάνειες του οργάνου, σε μία πλάκα επιφάνειας. Σε εκείνη την θέση του οργάνου και του εργαλείου, ένα στοιχείο της κάθετης επιφάνειας που επιθεωρείται έρχεται σε επαφή με τη λεπίδα του τετραγώνου. Στην περίπτωση της ελλιπούς επαφής λόγω λαθών ευθύτητας στο όργανο, είτε το προκύπτον κενό φωτός μπορεί να παρατηρηθεί οπτικά και το πλάτος του να εκτιμηθεί, ή ένα διαμέτρημα ανιχνευτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περισσότερες θετικές μετρήσεις. Ένας επιθεωρητής μπορεί να προσφύγει σε άλλες τεχνικές σύγκρισης, ίσως που προσαρμόζονται καλύτερα στην ιδιαίτερη διαμόρφωση του οργάνου.

Πρέπει να γίνει αντιληπτό, εντούτοις, ότι η εφικτή ακρίβεια από οποιοσδήποτε από αυτές τις διαδικασίες περιορίζεται, εκτός από τα λάθη στα τετράγωνα χάλυβα, από διάφορους άλλους παράγοντες, ιδιαίτερα από τις αβεβαιότητες στη μέτρηση των κενών επαφών και τη μεγάλη εμπιστοσύνη στην ικανότητα του χειριστή.

*Κυλινδρικά τετράγωνα.* Μια μάλλον ευρέως χρησιμοποιημένη μέθοδος μέτρησης καθετότητας στις πλάκες επιφάνειας, συνίσταται στον καθορισμό εάν δύο επιλεγμένα σημεία στην κάθετη επιφάνεια του οργάνου περιλαμβάνονται σε ένα κοινό επίπεδο κάθετο στην επιφάνεια πλακών. Τα δύο σημεία στο όργανο έρχονται σε επαφή με δύο στοιχεία επιφάνειας μιας ειδικής στάσης διαμετρημάτων, δηλαδή, το σφαιρικό μέτωπο της βάσης και ο έλεγχος ενός δείκτη που κρατιέται σε ένα κάθετο υποστήριγμα, όπως φαίνεται στο σχέδιο 3-18.

Τα κυλινδρικά τετράγωνα για τη ρύθμιση δεικτών αποτελούνται από χάλυβα κραμάτων, σε διαφορετικούς διαμέτρους και ύψη, 5 ίντσες από 12 ίντσες που είναι ένα προτιμημένο μέγεθος για ακριβείς μετρήσεις. Η ευθύτητα ακρίβεια είναι στη σειρά 2 δευτερολέπτων του τόξου. Ένα τοποθετημένο σχέδιο της κυλινδρικής βάσης έχει ως σκοπό τις αυτοκαθοριζόμενες ιδιότητες ενώ κινείται κατά μήκος της κορυφής μιας επιφάνειας.

Για την άμεση μέτρηση της καθετότητας σε μια πλάκα επιφάνειας με την ενίσχυση ενός κυλινδρικού τετραγώνου, ένας ειδικός τύπος εργαλείου είναι διαθέσιμος. Αυτό είναι ένα άμεσο κυλινδρικό τετράγωνο ανάγνωσης (βλ. το σχέδιο 3-19) που είναι τοποθετημένο τετράγωνο στο τέλος, το άλλο τοποθετείται σε μια σταθερή γωνία σε σχέση με τις πλευρές. Όταν ο κύλινδρος στέκεται στη λοξή πρόσοψη του μπορεί να περιστραφεί σε έναν προσανατολισμό όπου ένα στοιχείο της πλευράς του είναι στην πιο κοντινή επαφή με την επιφάνεια των οργάνων που δεν είναι ακριβώς κάθετη στη πλάκα επιφάνειας.



*The Taft-Peirce Mfg. Co.*

*Brown & Sharpe Mfg. Co.*

Σχ. 3-18 (αριστερά) Τετράγωνο κυλινδρικό χάλυβα που χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση κυρίου μηχανισμού για τον έλεγχο των δεικτών δοκιμής της ευθύτητας.

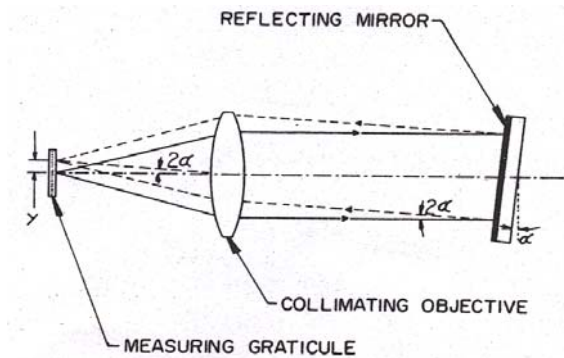
Σχ. 3-19 (δεξιά) Άμεσο κυλινδρικό τετράγωνο ανάγνωσης για τον καθορισμό των λαθών καθετότητας στις αυξήσεις 0,0002-ίντσας άνω του μήκους περίπου 6 ίντσες

### 3.5 Τα συστήματα και οι εφαρμογές αυτόματων σωλήνων οπτικών οργάνων

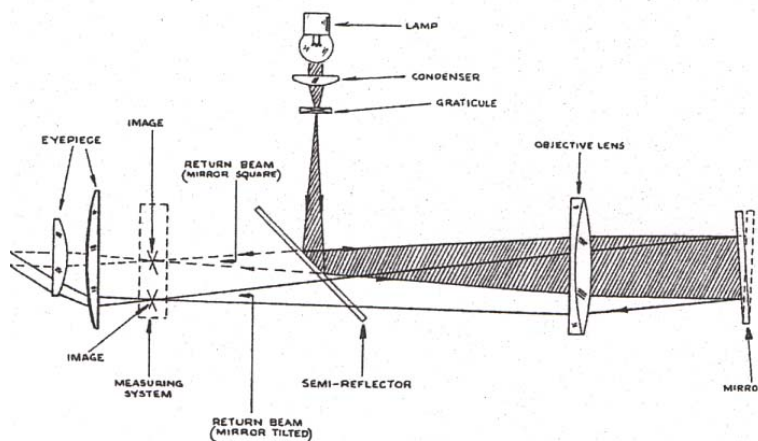
Οι αυτόματοι σωλήνες οπτικών οργάνων είναι ευαίσθητα και εγγενώς πολύ ακριβή οπτικά όργανα για τη μέτρηση μικρών γωνιακών αποκλίσεων μιας αντανακλασμένης επίπεδης επιφάνειας φωτός. Οι αυτόματοι σωλήνες οπτικών οργάνων μοιάζουν με το τηλεσκόπιο, αν και η λειτουργία τους δεν είναι περιορισμένη στη παρατήρηση ενός ξένου σημείου στόχων. Έχουν δικό τους στόχο που προβάλλεται από τις παράλληλες ακτίνες φωτός σε μια μακρινά τοποθετημένη επιφάνεια και η απεικονισμένη εικόνα στόχων παρατηρείται στον προσοφθάλμιο φακό του οργάνου.

Το σχήμα 3-20 επεξηγεί την οπτική αρχή του αυτόματου σωλήνα οπτικών οργάνων. Ο φωτισμένος στόχος προβάλλεται μέσω ενός αντικειμένου υπό μορφή παράλληλων ακτίνων επάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια που ενεργεί όπως ένας καθρέφτης. Η απεικονισμένη εικόνα, που περνά μέσω του στόχου του σωλήνα, εμφανίζεται σε μια διά-

σταση και παρατηρείται μέσω του ενισχύοντα προσοφθάλμιου φακού του οργάνου. Η θέση της απεικονισμένης εικόνας, σε σχέση με το σημάδι αναφοράς της διάστασης, δείχνει εάν η επιφάνεια ανακλαστήρων είναι κανονική στις προβαλλόμενες ακτίνες φωτός.



Σχέδιο 3-20 Οι οπτικές αρχές του αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου: ευθυγράμμιση του στόχου: καθρέφτης απεικόνισης και διάσταση μέτρησης



Hilger & WattvEngis Equipment Co.

Σχ. 3-21, Διάγραμμα που επεξηγεί τη γενική οπτική αρχή του αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου

Τα βασικά λειτουργικά στοιχεία του οπτικού σωλήνα οργάνων είναι τα ακόλουθα (βλ. επίσης το σχέδιο 3-21).

1. Μια πηγή σημείου φωτός στην εστίαση ενός φακού που φωτίζει μια διάγωνα γραμμή.
2. Ένας ευθύγραμμος αντικειμενικός φακός που έχει τα καλώδια στόχων στην εστίασή του και που εκπέμπει, από τις παράλληλες ακτίνες, την εικόνα του φωτισμένου στόχου σε έναν εξωτερικό ανακλαστήρα.

3. Μια διάσταση γραμμών αναφοράς, στο εστιακό επίπεδο του στόχου, στο οποίο η απεικονισμένη εικόνα εμφανίζεται σε μια θέση που τοποθετείτε στη γωνιακή θέση του ανακλαστήρα όσον αφορά την κατεύθυνση των παράλληλων ακτινών φωτός.

4. Ένα προσοφθάλμιο μικροσκόπιο μικρομέτρου για την ενισχυμένη παρατήρηση της διάστασης και για μέτρηση της απόστασης της μετατόπισης εικόνας που προκαλείται από την κλίση του ανακλαστήρα από τη θέση αναφοράς.

Αυτά τα λειτουργικά στοιχεία του σωλήνα μπορούν να τακτοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με την σχεδίαση των οργάνων. Πραγματικά, είναι δυνατό να συνδεθούν μερικά πρόσθετα οπτικά στοιχεία με ένα τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης και με αυτά τα εξαρτήματα να μετατρέψουν το τηλεσκόπιο και να λειτουργήσει ως αυτόματος κατευθυντήρας.

Στην εξωτερική εμφάνισή τους, διάφορα πρότυπα των σωλήνων μοιάζουν με το τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης, σε αυτό τα περισσότερα από τα στοιχεία του οπτικού συστήματός τακτοποιούνται στη γραμμή και τοποθετούνται σε μια κυλινδρική στέγαση, το βαρέλι. Αυτό το σύστημα καλείται σωλήνας τύπων βαρελιών.

Για τη μέτρηση της απόστασης του εκτοπίσματος της εικόνας στο σχέδιο, χρησιμοποιούνται ουσιαστικά δύο διαφορετικά συστήματα σχεδίου: (α) ένα μικρόμετρο προσοφθάλμιων χρησιμεύει να ρυθμίσει τη θέση είτε της εικόνας, είτε του σχεδίου για να καθιερώσει τη σύμπτωση της εικόνας λεπτής διαγώνιας γραμμής με το σημάδι αναφοράς ή (β) το σχέδιο έχει, αντί ενός σημαδιού αναφοράς, μια ολοκληρωμένη κλίμακα με τη βοήθεια της οποίας η θέση της εικόνας μπορεί να μετρηθεί. Και τα δύο συστήματα έχουν βαθμολογήσεις σε γωνιακές μονάδες για να δείξουν, άμεσα, το ποσό κλίσης που παρήγαγε η παρατηρηθείσα γραμμική μετατόπιση της εικόνας. Οι πρόσθετες λεπτομέρειες αυτών των συστημάτων μέτρησης συζητούνται αργότερα από κοινού με τους τύπους οργάνων για τους οποίους χρησιμοποιούνται.

Σε πολλές εφαρμογές μέτρησης, η γωνιακή απόκλιση του αντικειμένου εμφανίζεται σε μια κατεύθυνση μόνο, ή οι ταυτόχρονες εκτροπές σε άλλες κατευθύνσεις δεν θεωρούνται σημαντικές. Σε τέτοιες περιπτώσεις η μετατόπιση της εικόνας στόχων αξιολογείται κατά μήκος ενός ενιαίου άξονα μέτρησης μόνο. Η λειτουργία πολλών οπτικών σωλήνων περιορίζεται σε αυτόν τον τύπο μέτρησης, και τέτοια όργανα είναι γνωστά ως σωλήνες μονού άξονα. Για να επιτρέψει τη μέτρηση είτε κεκλιμένων είτε περιστροφικών μετατοπίσεων με ένα σωλήνα μονού άξονα, ολόκληρο το βαρέλι του κυλινδρικού τύπου σωλήνα μπορεί να περιστραφεί στη συσκευή συγκράτησης του γύρω από τον οπτικό άξονα του οργάνου, από 90 μοίρες, που καθιερώνονται συνήθως από τις μηχανικές στάσεις.

Για τις εφαρμογές όπου και η κλίση και η περιστροφή πρέπει να μετρηθούν ταυτόχρονα, χρησιμοποιούνται σωλήνες δύο αξόνων. Αυτά τα όργανα μπορούν να μετρήσουν και την κάθετη και την οριζόντια μετατόπιση της εικόνας στόχων στην ίδια ρύθμιση. Για αυτόν το λόγο οι σωλήνες δύο αξόνων είναι εξοπλισμένοι είτε με δύο ανεξάρτητα μικρόμετρα είτε, όταν χρησιμοποιούνται οι κλίμακες διαστάσεων, με ένα ενιαίο κοχλία μικρόμετρου για τη ρύθμιση της διάστασης σε μια συμμετρική διαγώνια κατεύθυνση.

Λόγω της δράσης του φακού του αντικειμένου οι εκπεμπόμενες ακτίνες φωτός είναι παράλληλες, και το απεικονισμένο φως αποτελείται επίσης από τις παράλληλες ακτίνες. Ακολουθούν ότι όλα τα στοιχεία της απεικονισμένης εικόνας φέρονται από αντανακλώμενες ακτίνες που χτυπούν τον φακό του αντικειμένου στην ίδια γωνία συνεπώς, η απόσταση της επιφάνειας από τον σωλήνα δεν έχει καμία επίδραση στη μετρημένη τιμή της γωνιακής εκτροπής. Για αυτόν τον λόγο, ενώ είναι ικανά να εντοπίζουν τη γωνιακή εκτροπή με έναν πολύ υψηλό βαθμό ευαισθησίας, ο σωλήνας είναι σχεδόν απαθής στις μεταβολές απόστασης.

Η απόσταση της επιφάνειας που απεικονίζεται από το σωλήνα έχει επιπτώσεις στη διαδικασία μέτρησης, σε τουλάχιστον δύο τεχνικές πτυχές:

1. Όταν η απόσταση επεκτείνεται, ή/και όταν η γωνία κλίσης του αντικειμένου γίνεται μεγαλύτερη, οι περισσότερες από τις ακτίνες επιστροφής θα περάσουν το στόχο χωρίς να τον χτυπήσουν. Αυτός ο όρος μπορεί να φθάσει σε έναν βαθμό όπου η απεικονισμένη εικόνα γίνεται μόλις αντιληπτή, ή εξαφανίζεται πραγματικά από τη διάσταση του οργάνου. Συνεπώς, η απόσταση και η παρέκκλιση του αντικειμένου είναι περιοριστικοί παράγοντες όσον αφορά το βαθμό μέτρησης του σωλήνα και

2. Η φωτεινότητα της απεικονισμένης εικόνας θα μειώσει σε ένα ποσοστό ίσο με το τετράγωνο της απόστασης. Αυτός ο όρος έχει τα καταστρεπτικά αποτελέσματα στο διαχωρισμό που απαιτείται για την ακριβή ευθυγράμμιση της εικόνας στόχων με το σημάδι αναφοράς της διάστασης.

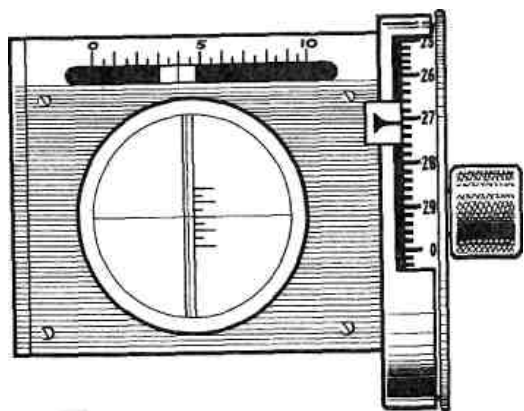
Για αυτούς τους λόγους το πρακτικό όριο της απόστασης του αντικειμένου από το στόχο ενός κανονικού αυτόματου κατευθυντήρα τύπων με την οπτική παρατήρηση είναι περίπου 100 πόδια, το πραγματικό όριο που εξαρτάται από παράγοντες ως αποτελεσματικό άνοιγμα του αντικειμένου, η δύναμη της πηγής φωτός και το μέγεθος και η ανακλαστικότητα της επιφάνειας αντικειμένου. Είναι μια ορθή πρακτική να κρατηθεί η απόσταση μεταξύ του οργάνου και του αντικειμένου κοντά (για πρακτικούς λόγους). Εντούτοις, με ένα λείζερ που προσαρμόζεται ως πηγή φωτός σωλήνα, η χρησιμοποιήσιμη απόσταση μεταξύ του οργάνου και του αντικειμένου είναι σημαντικά εκτεταμένες.

Η ευαισθησία του σωλήνα στην ανίχνευση των γωνιακών εκτροπών και το επίπεδο ακρίβειας αυτό παρέχει για τη μέτρηση των γωνιών κλίσης μεγάλη ποικιλία οργάνων που χρησιμοποιούνται ευρέως στη μετρολογία για την επίλυση των διαφορετικών προβλημάτων μέτρησης. Η αυξανόμενη ανάγκη για ακριβείς μετρήσεις υποκινεί πολλούς επινοητικούς μετρολόγους στις νέες χρήσιμες εφαρμογές και στην ανάπτυξη των σωλήνων μέτρησης.

### 3.5.1 Τύποι βαρελοειδών σωλήνων οπτικών οργάνων

Σαν γενική κατηγορία, ο τύπος βαρελιών περιλαμβάνει τους περισσότερους χρησιμοποιούμενους τύπους σωλήνων. Αυτά τα όργανα έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την ομοιότητα σε ένα τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης, η πλειονότητα των οπτικών στοιχείων που τακτοποιούνται στη γραμμή, τοποθετούνται σε μια σωληνοειδή στέγαση που φέρνει επίσης το προσοφθάλμιο με το κοχλία μικρόμετρου για τη μετακίνηση του σχεδίου αναφοράς.

Το σχήμα 3-21 παρουσιάζει τις αρχές σχεδίου του οπτικού συστήματος σε ένα σωλήνα με την εικόνα στόχος-καλωδίων, και το σχέδιο 3-22 επεξηγεί το οπτικό πεδίο και το μικρόμετρο μέτρησης του ίδιου οργάνου. Ο περιγεγραμμένος τύπος σωλήνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μέτρηση των μικρών, γωνιακών αποκλίσεων από ένα επίπεδο αναφοράς, που μπορεί να είναι είτε οριζόντιο είτε κάθετο, απλά με την περιστροφή του προσοφθαλμίου μικρόμετρου μέσω 90 βαθμών.

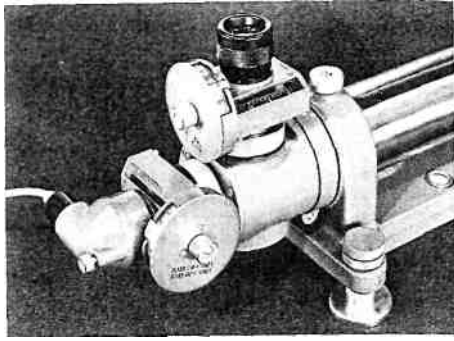


*Hilger & Watts/Engis Equipment Co.*

Σχ. 3-22 Οπτικό πεδίο του μικρόμετρου μέτρησης ενός ενιαίου – άξονα αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου. Η σημαντική γραμμή στόχων (σε αυτήν την περίπτωση η κατακόρυφος) διασκελίζεται από τις διπλές γραμμές τοποθέτησης. Ο μετρητής(κορυφή) διαβάζει 4 λεπτά, και το μικρόμετρο παρουσιάζει 27,1 δευτερόλεπτα του τόζου

Οι ίδιοι βασικοί τύποι σωλήνων είναι επίσης διαθέσιμοι για την ταυτόχρονη μέτρηση των γωνιακών αποκλίσεων και στα οριζόντια και στα κάθετα επίπεδα. Για εκείνο τον σκοπό η μονάδα προσοφθαλμίων έχει δύο μικρόμετρα για τη ρύθμιση των διαστάσεων ανάγνωσης σε δύο διευθύνσεις, κάθετα η μια στην άλλη. Το σχήμα 3-23 είναι η λεπτομερειακή απεικόνιση της μονάδας προσοφθαλμίων των δύο κατευθυντικών μικρομέτρων εξοπλισμένο με τον σωλήνα βαρελιού.





*Hilger & Watts/Engis Equipment Co*

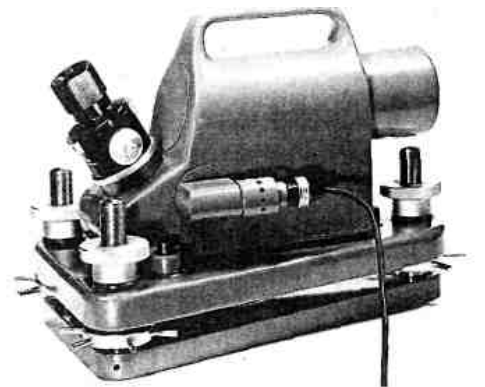
Σχ. 3-23 Πρώτο πλάνο σχεδίου του διπλού προσοφθαλμίου μικρομέτρου ενός διπλού κατευθυντικού αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου.

### 3.5.2 Διπλωμένος τύπος σωλήνα ακτινών

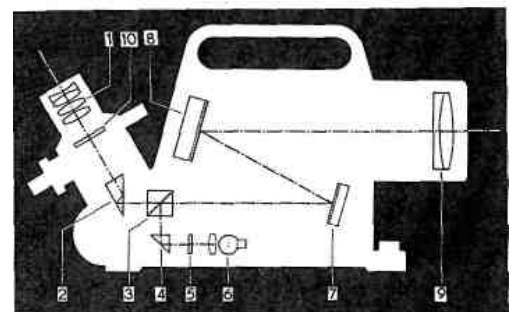
Ένα αντιπροσωπευτικό πρότυπο αυτού του τύπου σωλήνα παρουσιάζεται στο σχέδιο 3-24, και το σχέδιο 3-25 που παρουσιάζει διαγραμματικά τα σημαντικότερα οπτικά στοιχεία αυτού του οργάνου. Το διπλωμένο σχέδιο ακτινών παρέχει σε ένα αποτελεσματικό εστιακό μήκος 20 ιντσών ένα κοντό και συμπαγές όργανο, το οποίο είναι αρκετά εύρωστο για τη χρήση εργαστηρίων και μπορεί να κουβαληθεί εύκολα. Λόγω του διπλωμένου σχεδίου ακτινών το προσοφθαλμίο του οργάνου μπορεί να τακτοποιηθεί σε μια γωνία κλίσης που είναι η καταλληλότερη για την εξέταση των εφαρμογών των σωλήνων.

*Leitz/Opto-Metnc Tools. Inc.*

Σχέδιο 3-24, (άνω) ο διπλωμένος αυτόματος σωλήνας οπτικών οργάνων ακτινικού τύπου τοποθετείται κάθετα σε μια ρυθμιζόμενη, κάθετη διπλής-σειράς βάση.



Σχέδιο 3-25, (κάτω) Το οπτικό σύστημα ενός διπλωμένου ακτινικού αυτόματου σωλήνα οπτικών οργάνων: (1) μέτρηση του προσοφθαλμίου (2) εκτροπή του πρίσματος (3) κύβος διαχωρισμού ακτινών (4) εκτροπή του πρίσματος (5) λεπτή γραμμή λυχνίας (6) πηγή φωτός (7) πρώτος καθρέφτης ακτίνα-παρέκκλισης (8) δεύτερος καθρέφτης ακτίνα-παρέκκλισης (9) αντικειμενικός φακός και (10) διάσταση.



Αυτός ο τύπος σωλήνα έχει έναν εξαιρετικά ευρύ βαθμό μέτρησης: 30 λεπτά για την ανάγνωση σε 0,5 δευτερόλεπτα της αύξησης τόξων, ή 16 λεπτά όταν 0,1 δεύτερα του τόξου με ελάχιστη διαβάθμιση του σχεδίου απαιτούνται. Η κεντρική διάσταση του προσοφθαλμίου καθορίζεται, με εξαίρεση μια περιορισμένη σειρά μηδενικής ρύθμισης στην έναρξη της διαδικασίας μέτρησης. Αυτή η σταθερή διάσταση φέρνει μια κλίμακα για ολόκληρη την σειρά των μικρών βαθμολογήσεων, οι οποίες απεικονίζονται από τις διπλές γραμμές ή τους φραγμούς που παρέχουν τα στενά κενά για τον ακριβή προσδιορισμό θέσης της απεικονισμένης διαγώνιας λεπτής γραμμής. Εκείνη η εικόνα μπορεί να είναι τοποθετημένη από το σπείρωμα του οπτικού μικρομέτρου για να το φέρει σε μια κεντρική θέση στο κοντινότερο διαβαθμισμένο κενό. Το μέγεθος εκείνης της θέσης ρύθμισης υποδεικνύεται από μια συμπληρωματική διάσταση της μορφής, η οποία είναι περιστρέψιμη γύρω από την κεντρική διάσταση. Οι περιφερειακές βαθμολογήσεις μιας διάστασης είναι σε 0,5 ή 0,1 το δεύτερο του τόξου και μπορούν να διαβαστούν ταυτόχρονα με την κλίμακα της κεντρικής διάστασης.

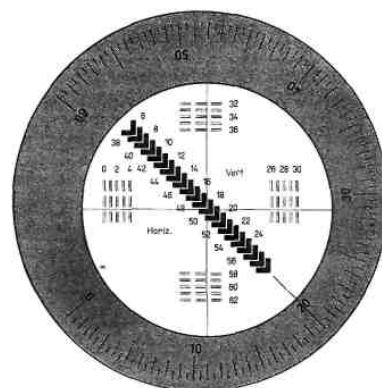
Αυτός ο τύπος σωλήνα γίνεται ως μονός άξονας ή πρότυπο διπλός-άξονα, και τα δύο χρησιμοποιούν ουσιαστικά τα ίδια συστήματα των προσοφθάλμιων φακών που, εντούτοις, διαφέρουν από τις ακόλουθες απόψεις:

α. Στην έκδοση μονού-άξονα, ο προσοφθάλμιος φακός μπορεί να γυριστεί άνω των 90 βαθμών, για να μετρήσει είτε την κλίση είτε την περιστροφική μετατόπιση του αντικειμένου.

β. Για το όργανο διπλού-άξονα ένας σταθερός προσοφθάλμιος φακός που είναι εξοπλισμένος με μια ισόβαθμη διάσταση, που φέρνει τις βαθμολογήσεις χρησιμοποιείται κατά μήκος των κάθετων και οριζόντιων αξόνων (βλ. το σχέδιο 3-26). Η εικόνα λεπτής διαγώνιας γραμμής που εμφανίζεται στη διάσταση μπορεί να παρουσιαστεί συνεχόμενα στην θέση βαθμολόγησης με τη βοήθεια του οπτικού μικρομέτρου. Με αυτήν την διαδικασία και οι κάθετες και οριζόντιες μεταβολές της εικόνας λεπτής διαγώνιας γραμμής, όσον αφορά μια αρχική ρύθμιση, μπορούν να καθοριστούν από μια μηχανική δράση, χωρίς επιρροή της θέσης εικόνας. Ο διευκρινισμένος τύπος σωλήνα μπορεί να τοποθετηθεί σε μια ισόπεδη βάση, εκτός αν είναι τοποθετημένος άμεσα σε μια επιφάνεια που απεικονίζει το επίπεδο στοιχείων της μέτρησης, όπως μια πλάκα επιφάνειας, η οποία υποστηρίζει και το αντικείμενο και το σωλήνα.

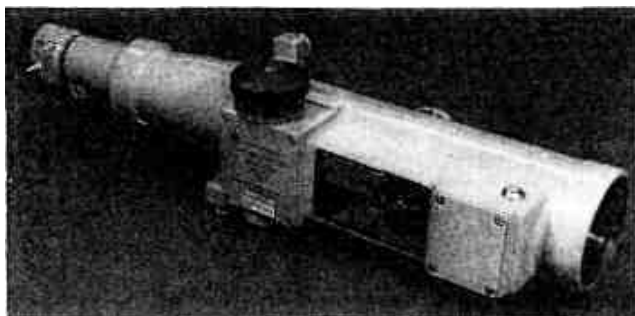
*Leitz/Opto-Metric Tools, Inc.*

Σχ. 3-26, Η διάσταση προσοφθάλμιων ενός αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου διπλού-άξονα που εξοπλίζεται με το οπτικό μικρόμετρο για τον προσδιορισμό θέσης της εικόνας



### 3.5.3 Σύγκριση σωλήνων οπτικών οργάνων

Αυτό το όργανο, που παρουσιάζεται στο σχέδιο 3-27, σκοπός του είναι η ταυτόχρονη παρατήρηση των κοντινών παράλληλων δύο αντανακλώμενων επιφανειών για τη μέτρηση της γωνία της απόκλισης από τα αμοιβαία παράλληλα επίπεδα.



*Davidson Optronics inc.*

Σχ3-27. Σύγκριση αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου για τη μέτρηση της γωνιακής διαφοράς μεταξύ των κοντινών παράλληλων επιφανειών αντανάκλασης.

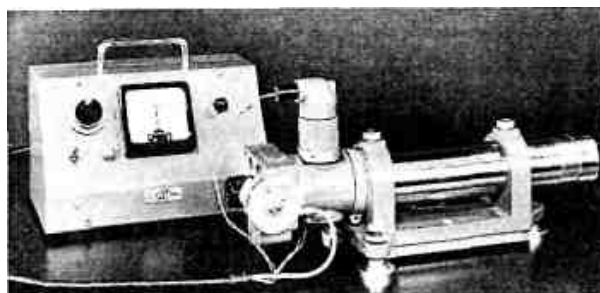
Δεν είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί η θέση του σωλήνα, παραδείγματος χάριν, με τη στερέωση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Το όργανο μπορεί να μετακινηθεί, ακούσια ή σκόπιμα, χωρίς να επηρεάζει την ακρίβεια των μετρήσεων, εφ' όσον ο μακρινά τοποθετημένος καθρέφτης αναφοράς διατηρείται σε μια αμετάβλητη θέση.

Αυτές οι συνθήκες λειτουργίας παρουσιάζουν τα ευδιάκριτα πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα για τις διαδικασίες που απαιτούν διάφορες μετρήσεις σε σχέση με ένα κοινό επίπεδο αναφοράς. Οι προνομιακές εφαρμογές μπορούν να βρεθούν στην επιθεώρηση των πλακών επιφάνειας, ή στη μέτρηση των γωνιακών διαχωρισμών στις οργανώσεις που συνδυάζουν έναν περιστροφικό πίνακα με έναν στάσιμο καθρέφτη αναφοράς.

### 3.5.4 Φωτοηλεκτρικός αυτόματος σωλήνας οπτικών συσκευών

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η μέτρηση των μικρών γωνιακών αποκλίσεων με την ενίσχυση ενός σωλήνα απαιτεί την οπτική παρατήρηση της αντανακλώμενης εικόνας λεπτής διαγώνιας γραμμής μέσω του προσοφθαλμίου του οργάνου. Στη μέτρηση των διαδικασιών που περιλαμβάνουν τη συνεχή χρήση των σωλήνων, όπως για παράδειγμα τη βαθμολόγηση των πολυγώνων, ο έλεγχος των περιστροφικών πινάκων και ούτω καθ'εξής, εξετάζεται παρατεταμένα μέσω του προσοφθαλμίου και μπορεί να γίνει αρκετά κουραστικός.

Ο φωτοηλεκτρικό σωλήνας (σχέδιο 3-28) καθιστά την εξέταση μέσω του προσοφθαλμίου μη απαραίτητη, ο δείκτης στη πρόσοψη των μετρητών μιας μονάδας ενισχυτών δείχνει την μηδενική θέση που απεικονίζεται εικόνα λεπτής διαγώνια γραμμής και είναι ακριβώς κεντροθετημένη στον πεδίο της παρατήρησης. Η μη ένδειξη ολοκληρώνεται με τη βοήθεια ενός φωτοηλεκτρικού ανιχνευτή που χτίζεται στη μονάδα προσοφθαλμίων. Εκείνη η συσκευή περιλαμβάνει μια σχισμή που δονείται, όταν κεντροθετείται ακριβώς πέρα από τη γραμμή εικόνας της λεπτής διαγώνια γραμμής, διαβιβάζει τα διαλείποντα φωτεινά σήματα στο φωτοκύτταρο. Ένας διευκρινιστής συχνότητας λαμβάνει την ενισχυμένη παραγωγή του φωτοκυττάρου και παράγει μια μηδενική ένδειξη στο μετρητή όταν η συχνότητα των σημάτων είναι ίδια με τη συχνότητα της τάσης αναφοράς. Η κεντροθετημένη θέση της εικόνας λεπτής διαγώνια γραμμής ολοκληρώνεται στη διαδικασία μέτρησης με τη διενέργεια των ρυθμίσεων, όταν απαιτείται, ο κοχλίας μικρομέτρου, του οποίου οι βαθμολογήσεις τυμπάνων κατόπιν εμφανίζουν στις γωνιακές τιμές, την απόκλιση του επιπέδου που απεικονίζεται από τη θέση οργάνωσης.



*Hilger & Watts/Engts Equipment Co.*

*Σχέδιο 3-28. Φωτοηλεκτρικός αυτόματος σωλήνας οπτικού οργάνου με τη ρύθμιση μικρόμετρου στο όργανο, και ένδειξη μηδέν-θέσης στο μετρητή ενός μακρινά τοποθετημένου ενισχυτή.*

Η φωτοηλεκτρική μηδενική ένδειξη παρέχει τα περαιτέρω πλεονεκτήματα σε ορισμένους τύπους χρήσεων σωλήνων. Για παράδειγμα, κατά τη μέτρηση του γωνιακού διαχωρισμού των προσόψεων ενός αντικειμένου που τοποθετείται σε έναν περιστρεφόμενο πίνακα εργαστηριακών τύπων με ένα δευτερόλεπτο των βαθμολογήσεων τόξων, ο επιθεωρητής μπορεί να περιστρέψει τον πίνακα έως ότου εμφανιστεί η μηδενική ένδειξη στο τηλεκατευθυνόμενο μετρητή. Η συνολική τιμή μετατόπισης της περιστροφής θα διαβαστεί έπειτα στις επιτραπέζιες κλίμακες χωρίς την ανάγκη των ρυθμίσεων στο μικρόμετρο του σωλήνα. Η ακρίβεια επανάληψης της φωτοηλεκτρικής ρύθμισης του οργάνου θεωρείται ότι είναι 0,05 δεύτερο του τόξου.

Για τις εξαιρετικά κρίσιμες εφαρμογές, οι φωτοηλεκτρικοί σωλήνες με τη μονοχρωματική πηγή φωτός είναι επίσης διαθέσιμοι. Ο μονοχρωματικός φωτοηλεκτρικός σωλήνας Hilger & Watt έχει έναν λαμπτήρα υψηλής έντασης με το μονοχρωματικό φίλτρο για να παράγει ένα φως του μήκους κύματος 7100 Å, το οποίο αντιστοιχεί στη μέγιστη φασματική αντίδραση του φωτοκυττάρου. Ενώ στο φωτοηλεκτρικό σωλήνα

ο ανιχνευτής σχισμών συνδέεται με το κοχλία μικρόμετρου, το μονοχρωματικό πρότυπο έχει ένα ειδικό οπτικό μικρόμετρο που μετατοπίζει την οπτική πορεία της απεικονισμένης εικόνας, αποφεύγοντας κατά συνέπεια έναν μηχανικό σύνδεσμο μεταξύ της φωτοηλεκτρικής συγκέντρωσης ακρίβειας και του μικρόμετρου.

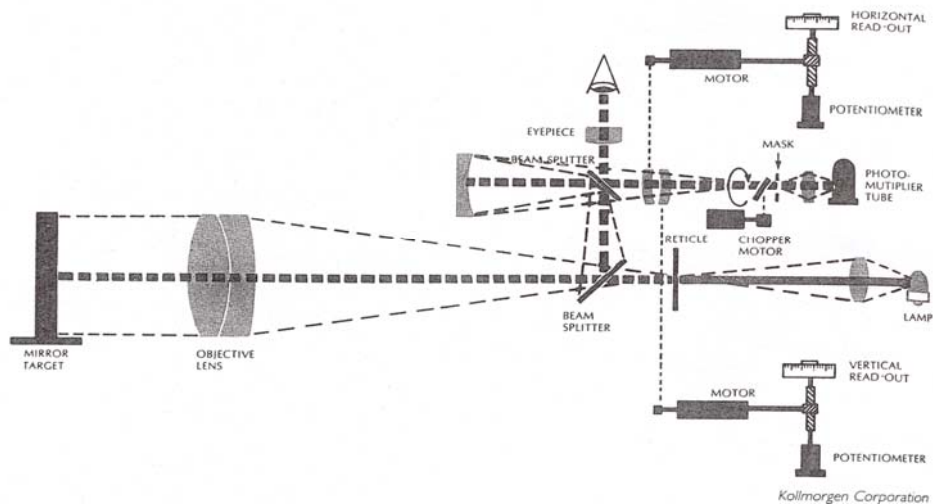
### *3.5.5 Αυτόματη θέση του αισθητήρα οπτικού σωλήνα*

Ενώ ο φωτοηλεκτρικό σωλήνας δείχνει τη θέση της ακριβούς καθετότητας του παρατηρούμενου επιπέδου όσον αφορά τον οπτικό άξονα του οργάνου, οποιαδήποτε απόκλιση από εκείνο τον βασικό όρο πρέπει να αντισταθμιστεί από τη ρύθμιση της γωνίας μέτρησης του οργάνου, είτε στο σωλήνα είτε στο τέλος της οργάνωσης. Επομένως, η χρήση του φωτοηλεκτρικού σωλήνα, είναι παρόμοια με τους σωλήνες που χρησιμοποιούνται από την οπτική παρατήρηση, περιορίζονται στη μέτρηση της ιδιαίτερης γωνιακής τοποθέτησης σε τέτοιες εφαρμογές όπου ο επαρκής χρόνος είναι διαθέσιμος για την πραγματοποίηση της απαραίτητης ρύθμισης και για την ανάγνωση των τιμών τους.

Μερικά από τα βασικά συστατικά του αισθητήρα οπτικού σωλήνα θέσης είναι παρόμοια με εκείνα του προηγούμενου φωτοηλεκτρικού τύπου, δηλαδή, η σχισμή, που δονείται από μια ηλεκτρομαγνητική σπείρα που διαβιβάζει τις ωθήσεις φωτός σε ένα φωτοκύτταρο με την ουσιαστική διαφορά, εντούτοις, ότι η θέση σχισμών μπορεί να προκαταληφθεί. Όταν οι ταλαντώσεις της σχισμής δεν είναι συμμετρικές στην απεικονισμένη εικόνα λεπτής διαγώνιας γραμμής, εκείνος ο όρος θα ανιχνευθεί από το διευκρινιστή που παράγει μια συνεχή παραγωγή με το εύρος και την πολικότητα ανάλογη προς την μη ευθυγράμμιση.

### *3.5.6 Αυτόματο σωλήνας οπτικών οργάνων με συνεχής ρύθμιση σερβομηχανισμού*

Η ρύθμιση των λειτουργικών στοιχείων του οργάνου παρουσιάζεται επίσης διαγραμματικά στο σχέδιο 3-29. Μια παράλληλη ακτίνα φωτός που προέρχεται από μια απλή πηγή, προβάλλεται επάνω σε έναν καθρέφτη που απεικονίζει την επιφάνεια αντικειμένου που επιθεωρείται. Το απεικονισμένο φως επικεντρώνεται εκ νέου μέσω των σερβο-οδηγημένων φακών σε ένα επίπεδο εικόνας όπου η θέση κεντραρίσματος της μπορεί να παρατηρηθεί οπτικά, καθώς επίσης και με την ενίσχυση ενός σωλήνα φωτοπολλαπλασιαστών.



*Kollmorgen Corporation*

Σχ. 3-29, Οπτικό σχηματικό διάγραμμα του αυτόματου σωλήνα οπτικού οργάνου διπλού-άξονα που παρουσιάζει τις πορείες των εκπεμπόμενων και απεικονισμένων ακτίνων φωτός.

Για τη συνεχή καταγραφή των αντισταθμισμένων γωνιακών αποκλίσεων, οι σερβοκινητήρες οδηγούν επίσης τα μεμονωμένα ποτενσιόμετρα των οποίων η παραγωγή μπορεί να διοχετευθεί στα κατάλληλα όργανα καταγραφής διαγραμμάτων.

Οι σημαντικότερες εφαρμογές για αυτά τα όργανα βρίσκονται στην επιθεώρηση των συστημάτων καθοδήγησης. Υπάρχουν διάφορες λιγότερο περίπλοκες χρήσεις για τους αυτόματους σωλήνες στη μετρολογία εφαρμοσμένης μηχανικής γενικά .

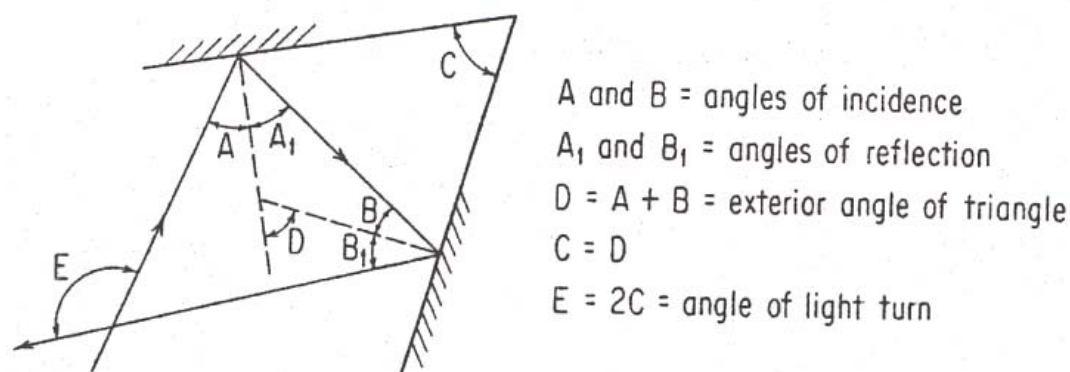
### 3.5.7 Το οπτικό τετράγωνο (Pentaprism)

Οι ανακλαστήρες που χρησιμοποιούνται από κοινού με τη λειτουργία των σωλήνων είναι διάφορων σχεδίων όσον αφορά στο μέγεθός τους, τη μορφή στέγασης τους. Πάντα, όσον αφορά τις σχετικές οπτικές αρχές, τα σχέδια περιλαμβάνουν έναν καθρέφτη, παρόλο την τέλεια επιπεδότητα και ανακλαστικότητα. Πραγματικά, σε πολλές περιπτώσεις οι επίπεδες αντανακλαστικές επιφάνειες των φραγμών διαμετρημάτων αντικαθιστούν τους καθρέφτες στις μετρήσεις οπτικών οργάνων. Για αυτόν τον λόγο μόνο ένας ιδιαίτερος τύπος ανακλαστήρα συζητείται λεπτομερώς, ένας που συνδυάζει την αντανάκλαση με την εκτροπή (κάμψη του φωτός από μια σταθερή γωνία).

Η κατασκευή του οπτικού τετραγώνου είναι βασισμένη σε μια οπτική και γεωμετρική έννοια συγκεκριμένα:

1. Ο οπτικός νόμος της αντανάκλασης, σύμφωνα με τον οποίο η γωνία της πρόσπτωσης και η γωνία αντανάκλασης είναι ίσες και συμμετρικές όσον αφορά ένα επίπεδο που απεικονίζει την κάθετη επιφάνεια

2. Το γεωμετρικό θεώρημα ότι η εξωτερική γωνία ενός τριγώνου είναι ίση με το ποσό των δύο αντίθετων εσωτερικών γωνιών (σχέδιο 3-30).



Σχ. 3-30 Οι αρχές της αντανάκλασης φωτός από δύο αντίθετους καθρέφτες που περιλαμβάνουν μια οξεία γωνία.

Η λειτουργία ενός οπτικού τετραγώνου στην ανάφλεξη του φωτός στις ορθές γωνίες θα μπορούσε να ολοκληρωθεί με την βοήθεια δύο καθρεφτών που τίθενται ακριβώς σε 45 βαθμούς ο ένας στον άλλο. Εντούτοις, είναι πρακτικότερο και αξιόπιστο να παραχθούν αυτοί οι καθρέφτες σαν ένα μονό κομμάτι, υπό μορφή πρίσματος με δύο αντίθετες πλευρές συμπεριλαμβανομένης μιας γωνίας 45-μοιρών. Η προκύπτουσα οπτική συσκευή είναι ένα σταθερό πρίσμα, το οποίο παράγει μια αμετάβλητη γωνία της αντανάκλασης.

Υπάρχει ένα σημείο που πρέπει να εξεταστεί στη χρήση των οπτικών τετραγώνων. Αν και η ευθύτητα της απεικονισμένης ακτίνας φωτός επηρεάζει ασήμαντα τη διάθλαση, λόγω της περιστροφής του πρίσματος, η εισερχόμενη ακτίνα φωτός δεν είναι ακριβώς κάθετη στην πλευρά που αντιμετωπίζει το φως, μια κλίση της άκρης κορυφής από την κανονική στην κατεύθυνση του φωτός θα αλλάξει τη γωνία, συνθέτοντας τις 90 μοίρες με τη γωνία κλίσης. Για να αποφύγουν τα λάθη από τέτοιες αιτίες παρέχονται οι στεγάσεις των διαθέσιμων οπτικών τετραγώνων για τις βιομηχανικές εφαρμογές με την εντόπιση των οδηγών για σωστή θέση του οπτικού τετραγώνου.

Νωρίτερα σε αυτό το τμήμα δηλώθηκε ότι τα οπτικά τετράγωνα αποτελούνται από ένα μονό κομμάτι. Πραγματικά, τα περισσότερα οπτικά τετράγωνα έχουν μια στερεά σφήνα διορθώσεων σε μια από τις προσόψεις με σκοπό τη διόρθωση των δευτερευόντων λαθών που είναι σχεδόν αναπόφευκτα στη επιπεδότητα και την περιτύλιξη των προσόψεων που απεικονίζονται σε μια ακριβή γωνία 45 μοιρών.

## Κεφάλαιο 4

### 4 Τα συστήματα και οι εφαρμογές των μηχανών μέτρησης

Η διαμόρφωση και το μέγεθος των τεχνικών κομματιών καθορίζονται από μια ενιαία διάσταση. Οι περισσότερες από αυτές τις διαστάσεις είναι αλληλοεξαρτώμενες όσον αφορά τη τοποθέτηση και τη θέση τους. Οι γεωμετρικές αμοιβαίες σχέσεις, που είτε προκύπτουν είτε καθορίζονται πραγματικά, επιτρέπουν την καθιέρωση λειτουργικά σημαντικών διαστασιακών συνθηκών για ένα κατασκευασμένο κομμάτι με το ελάχιστο των πληροφοριών.

Στα σχέδια εφαρμοσμένης μηχανικής, οι απαραίτητες αμοιβαίες σχέσεις των γεωμετρικών διαστάσεων συνήθως εκφράζονται με τρόπους δεδομένων στοιχείων, όπως τα σημεία, τις γραμμές, ή τα επίπεδα στην επιφάνεια του κομματιού. Οι καθορισμένες διαστάσεις πρέπει έπειτα να μετρηθούν σε σχέση με το σχετικό στοιχείο. Στην κοινή πρακτική σχεδίου, το στοιχείο μπορεί να είναι φυσικά παρόν στην επιφάνεια του κομματιού ή να απεικονίζεται από ένα εικονικό στοιχείο. Τα παραδείγματα των τελευταίων είναι ο άξονας εσωτερικής διαμέτρου σωλήνα ή ενός σώματος της περιστροφής, το κέντρο ενός κυκλικού στοιχείου τόξων, η γραμμή τομής ως αποτέλεσμα της φανταστικής επέκτασης των δευτερευουσών επιφανειών και ούτω καθ'εξής.

Στις φάσεις επιθεώρησης συνεχούς κατασκευής, τέτοιες γεωμετρικές αμοιβαίες σχέσεις είναι: (1) υποτιθέμενες να συνυπάρχουν με συνέπεια στη διαδικασία κατασκευής ή (2) έλεγχος σε χωριστές διαδικασίες επιθεώρησης ή (3) τα μέσα της επιθεώρησής τους μπορούν να ενσωματωθούν στην οργάνωση για τη διαστατική μέτρηση.

Μια κλασσική μέθοδος επιθεώρησης στις τελευταίες περιπτώσεις που αναφερθήκανε συνίσταται στην καθιέρωση των βοηθητικών επιφανειών στοιχείων από τις οποίες οι μετρημένες διαστάσεις μπορούν να αναφερθούν. Οι πλάκες επιφάνειας χρησιμοποιούνται συνηθέστερα για τέτοιους λόγους. Εντούτοις, οι περιορισμοί της προσαρμοστικότητας και της ακρίβειας, καθώς επίσης και η κούραση και τα πιθανά λάθη της εργασίας πλακών επιφάνειας στην επιθεώρηση σύνθετων κομματιών με διαστάσεις αντοχής, είναι ευρέως γνωστοί.

Η μηχανή μέτρησης, με το συνδυασμό των λειτουργιών της εντοπισμένης ελεγχόμενης εργασίας και της διαστατικής μέτρησης σε μια ενιαία μονάδα, μπορεί να παρέχει μοναδικά μέσα για τις γραμμικές διαστάσεις, και σε μερικές περιπτώσεις, γωνιακές διαστάσεις. Αυτές οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με την εντόπιση και τον προσανατολισμό του κομματιού σύμφωνα με τις θεωρητικές απαιτήσεις σχεδίου.

Τέτοια χαρακτηριστικά όπως η υπάρχουσα ακρίβεια, η προσαρμοστικότητα στις διαφορετικές διαμορφώσεις κομματιών και η μεταβλητότητα όσον αφορά τις εφαρμόσι-



μες διαδικασίες, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την ανωτερότητα της μέτρησης των μηχανών σε σύγκριση με άλλους τύπους οργάνων μέτρησης.

Στα προηγούμενα χρόνια, οι εφαρμογές των μηχανών μέτρησης είχαν επεκταθεί σε ένα αυξανόμενο ποσοστό σε πολλούς κλάδους της βιομηχανικής παραγωγής. Είναι προφανές ότι οι πρόοδοι στη σχεδίαση οργάνου καθώς επίσης και ο ευρύς βαθμός των διαθέσιμων τύπων οργάνων είχε έναν σημαντικό ρόλο σε εκείνη την χρήση, αντιθέτως, είναι επίσης πιθανό ότι η τεχνική ανάγκη είναι ένας σημαντικός παράγοντας σε αυτήν την ανάπτυξη.

Τα παρακάτω είναι μερικά από τα πιο κύρια σημεία, ενδεικτικά των πρόσφατων τάσεων:

1. Συνδυάζοντας τα μηχανικά όργανα με την ηλεκτρονική αντίληψη, δείχνοντας και καταγράφοντας συσκευές, για τις καθοδηγητικές καθώς επίσης και για πραγματικές λειτουργίες μέτρησης

2. Πρόοδοι στις οπτικές συσκευές μέτρησης μετατοπίσεων, συμπεριλαμβανομένων των καλύτερα διακριτικών οπτικών μικρόμετρων και βελτιωμένες ικανότητες εντοπισμού

3. Αριθμητική επίδειξη των μετατοπίσεων αποστάσεων και

4. Η ανάπτυξη των ιδιαίτερα σταθερών δομικών υλικών, καθώς επίσης και πρόοδοι στις τεχνικές κατασκευής και επιθεώρησης, για τα μηχανικά στοιχεία των μηχανών μέτρησης.

Ο σκοπός της ακόλουθης αναθεώρησης των μηχανών μέτρησης είναι να αναλυθούν οι δυνατότητες εφαρμογής αυτής της κατηγορίας οργάνων για τους διαφορετικούς στόχους στη διαστατική μετρολογία.

#### **4.1 Καθορισμός και γενική αξιολόγηση**

Οι μηχανές μέτρησης είναι στάσιμα όργανα που υιοθετούν τα πρότυπά τους για τη λήψη των διαστατικών μετρήσεων, και σχεδιάζονται για εργασία σε έναν υψηλό βαθμό ακρίβειας. Η εμπιστοσύνη στα πρότυπα που είναι ακέραια στοιχεία της μηχανής υπονοεί τη διαβεβαίωση των ακριβώς ελεγχόμενων πορειών μετατοπίσεων για τα κινητά ευαίσθητα μέλη.

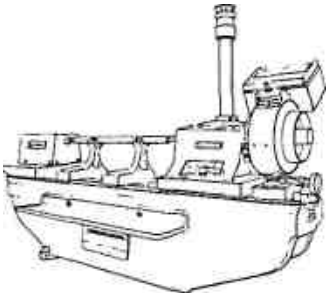

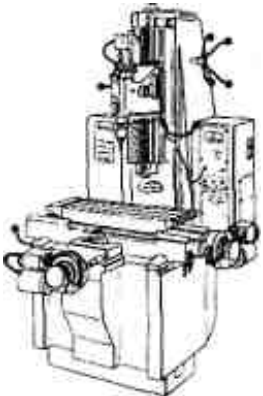
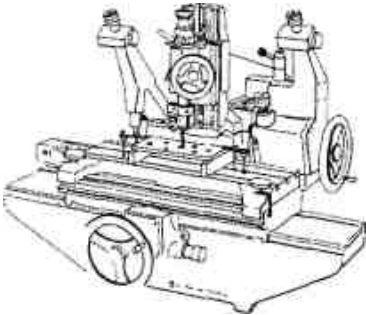
Η μέτρηση των μηχανών που λειτουργούν κατά μήκος ενός ενιαίου άξονα πρέπει επίσης να έχει μετατόπιση και όταν ένα αναπόσπαστο τμήμα του συστήματος περιστροφικών μετακινήσεων, των οποίων οι πορείες είναι σε αμοιβαία γεωμετρική σχέση,

ελέγχεται σε έναν βαθμό ισόμετρο με την προοριζόμενη ακρίβεια μέτρησης του οργάνου.

Για την έρευνα μιας γενικής ομάδας οργάνων, που περιλαμβάνει μια μεγάλη σειρά προτύπων που διαφέρουν από πολλές απόψεις, είναι κατάλληλο να επιλεγεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για την καθιέρωση των κατηγοριών. Στην περίπτωση των μηχανών μέτρησης, μια πτυχή που ξεχωρίζει πέρα από πολλές άλλες ιδιότητες είναι το προοριζόμενο πεδίο της λειτουργίας, που εκφράζεται από τον αριθμό αξόνων, κατά μήκος ή γύρω από τον οποίο οι μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν.

Με βάση το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της μέτρησης των αξόνων, που συμπληρώνεται από χαρακτηριστικές απόψεις, μια έρευνα για τη μέτρηση των μηχανών που ταξινομούνται σε σημαντικές κατηγορίες παρουσιάζεται στον πίνακα 4-1. Διάφοροι γνωστοί τύποι μετρήσεων των μηχανών που, από αυτήν την ταξινόμηση, ανήκουν στην ίδια περιεκτική κατηγορία διαφέρουν στις αρχές του σχεδίου τους καθώς επίσης και στις ικανότητές τους ακόμα, ο βασικός σκοπός της εφαρμογής αυτών των μηχανών μπορεί να θεωρηθεί παρόμοιος.

**ΠΙΝ. 4-1 ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΙ ΣΕΙΡΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ	ΔΙΑΚΡΙΣΗ	ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
<p>Ενιαίος-άξονας μηχανών μέτρησης Ένας άξονα μέτρησης, με σταθερή ρύθμιση ενός κανονικού επιπέδου στον κύριο άξονα</p>		<p>10 μικροΐντσες</p>	<p>Για τη μέτρηση των επίπεδων διαστάσεων μήκους, γενικά στις εξωτερικές επιφάνειες, μερικοί τύποι μηχανών είναι εξοπλισμένοι επίσης για τις εσωτερικές μετρήσεις. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη σφαίρα πλεονάσματος ή μέτρηση καλωδίων των νημάτων, κ.λπ.</p>
<p>Ισότιμες μηχανές μέτρησης Μετράει κατά μήκος δύο αμοιβαία κάθετων αξόνων παράλληλων στο σταθερό επίπεδο. Ειδικά πρότυπα που εξοπλίζονται για τρίτους άξονες μέτρησης</p>		<p>100 μικροΐντσες</p>	<p>Για τη μέτρηση των αποστάσεων σε σχέση με ένα κοινό σύστημα των ορθογώνιων συντεταγμένων (γενικά δύο, εξαιρετικά τρισδιάστατο), με την ευθυγράμμιση του κινητού κεφαλιού μέτρησης με τα σημεία αναφοράς στο κομμάτι με την βοήθεια μηχανικού ελέγχου επαφής. Δείχνει τις αποστάσεις αριθμητικά, επιτρέπει την απόκτηση στοιχείων εκτός από την οπτική επίδειξη. Χαρακτηρισμένο από τη γρήγορη δράση και την απλή λειτουργία.</p>
<p>Τύπος μηχανών μέτρησης συσκευής κατασκευής προτύπων Μετράει κατά μήκος τριών αμοιβαία κάθετων αξόνων, καθώς επίσης και περιστροφική μετατόπιση</p>		<p>20 μικροΐντσες και 5 δευτερόλεπτα του τόξου</p>	<p>Χρησιμοποιώντας τον ηλεκτρονικό έλεγχο διαμετρημάτων για το μέλος επαφών μετράει τις γραμμικές αποστάσεις σε τρεις διαστάσεις, επίσης στις επιφάνειες που είναι απρόσιτες στα περισσότερα άλλα συστήματα των μηχανών μέτρησης. Μπορεί να εξοπλιστεί για τη γωνιακή και περιστροφική παραγωγή δειγμάτων. Τα γραμμικά και κυκλικά στοιχεία επιφάνειας μπορούν να επισημανθούν και να καταγραφούν. Χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη μεταβλητότητα και την προσαρμογή.</p>
<p>Οπτικές μηχανές μέτρησης "Μετράει γενικά/κατά μήκος δύο αξόνων σε ένα επίπεδο παράλληλο στο πεδίο, επίσης γωνίες και κυκλικά τμήματα</p>		<p>20 μικροΐντσες και 10 δευτερόλεπτα του τόξου</p>	<p>Χρησιμοποιεί την οπτική στοχοθέτηση για την αναφορά από τα σημεία, τα στοιχεία γραμμών ή ολόκληρα τα περιγράμματα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων στην παρατηρούμενη επιφάνεια αντικειμένου. Μετράει τους γωνιακούς διαχωρισμούς, τα κυκλικά τμήματα και τις πολικές συντεταγμένες. Εξαιρετικά, μια τρίτη ικανότητα άξονα μπορεί να προστεθεί όταν συμπληρώνεται με μηχανικό έλεγχο επαφής. Παραπέμποντας από το μικροσκόπιο, χωρίς μηχανική επαφή και με την παρατήρηση ενός τομέα της επιφάνειας.</p>

## 4.2 Μηχανές μέτρησης ενιαίου άξονα

Οι σαφείς γραμμικές αποστάσεις στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες, είναι οι περισσότερο εμφανίσιμες μετρήσεις στην εφαρμοσμένη μηχανική. Στα τεχνικά κομμάτια, η γραμμική διάσταση που μετριέται ορίζεται γενικά ως ο διαχωρισμός δύο αμοιβαία παράλληλων επιφανειών ή στοιχείων επιφάνειας, όπως το μήκος, το πλάτος και το πάχος ενός ορθογώνιου φραγμού ή η εξωτερική και εσωτερική διάμετρος ενός δαχτυλιδιού.

Η αμέλεια του συγκριτικού τύπου μέτρησης, που απαιτεί τη ρύθμιση του οργάνου με την ενίσχυση των ξένων προτύπων, μπορεί να δηλωθεί ότι, με σκοπό τη σαφή γραμμική μέτρηση, το καλύτερο διαθέσιμο σήμερα όργανο μέτρησης είναι το κλασσικό μικρόμετρο κοχλία. Αν και τα μικρόμετρα έχουν ανεκτίμητη προσφορά στο παρελθόν, και βρίσκουν πολλές χρήσιμες εφαρμογές στην τρέχουσα πρακτική, το υπάρχον όριο ακρίβειας του οργάνου που εξοπλίζεται με έναν βερνιέρο είναι 1/10.000 ίντσα.

Ακολουθεί ότι για τις μετρήσεις όπου η απαιτούμενη επαναλαμβανόμενη ακρίβεια επανάληψης είναι 1/10.000 ίντσα ή καλύτερη, ή/και όπου ο εντοπισμός του μετρημένου επιπέδου είναι κρισιμότερος από το βαθμό που μπορεί με συνέπεια να βεβαιωθεί από ένα εργαλείο χεριών, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα υψηλότερο όργανο βαθμού από το κοχλία μικρομέτρου.

Ο ενιαίος-άξονας μηχανών μέτρησης, φυσικά, δεν αναβαθμίζεται απλά με υποκατάστατα των κοχλίων μικρομέτρων, αλλά ενσωματώνει πολλά διακριτικά χαρακτηριστικά και παρέχει πρόσθετες ικανότητες. Αυτές οι ιδιότητες επιτρέπουν την μέτρηση των συγκεκριμένων γραμμικών διαστάσεων με υψηλό βαθμό ακρίβειας και στις θέσεις που συμφωνούν ακριβώς με τις γεωμετρικές έννοιες του σχεδίου.

Τρεις γενικοί τύποι μηχανών μέτρησης ενιαίου άξονα εξετάζονται, απεικονίζοντας το διακριτικό σύστημα και διαφορετικούς βαθμούς της μέτρησης των ικανοτήτων. Αυτοί οι τύποι διαφέρουν αρχικά από δύο βασικές απόψεις, δηλαδή, η οργάνωση του δείγματος και το σύστημα της μέτρησης μήκους.

Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα όργανα που χρησιμοποιεί μια κύρια κλίμακα που συνδέεται με τον αξονικό κινητό κατακόρυφο άξονα μέτρησης. Οι κατακόρυφες διευθετήσεις εντοπίζουν το δείγμα σε έναν οργανωμένο πίνακα που χρησιμεύει επίσης ως το επίπεδο στοιχείων για τη μέτρηση μήκους. Χαρακτηριστικό αυτής της ομάδας είναι το οπτικό μήκος Leitz μηχανής μέτρησης (βλ. το σχέδιο 4-1), που θα περιγραφεί αργότερα, επισημαίνοντας χαρακτηριστικά σχεδιασμού παρόμοιων οργάνων κατασκευασμένα αυτήν την περίοδο στην Αγγλία (Watt) και, πιο πρόσφατα, στην ίδια χώρα επίσης (Bausch & Lomb δείτε το σχέδιο 4-2). Παρενθετικά, τα όργανα αυτής της ομάδας μοιάζουν πολύ με τη μηχανή μέτρησης που σχεδιάστηκε το 1890 από τον Ernst Abbe, τον δημιουργό μιας αρχής μέτρησης, που συχνά ανέφερε την αδιαφιλονί-

κτη ακρίβεια, η οποία απαιτεί την ευθυγραμμισμένη ρύθμιση του δείγματος και της κυρίας κλίμακας.



*Letz/Opto-Metric Tools, Inc.*

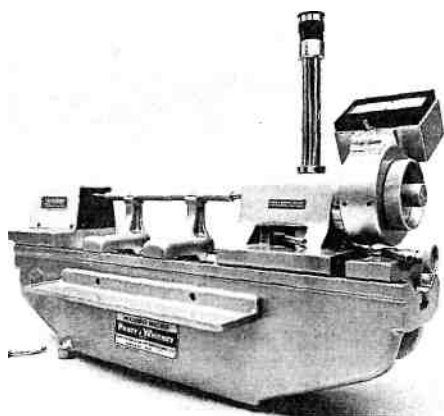
*Σχ. 4-1. Μηχανή μέτρησης κάθετου μήκους με τη βαθμίδα μικρομέτρου.*



*Bausch & Lomb, Inc.*

*Σχ. 4-2. Μηχανής μέτρησης κάθετου μήκους με τον οπτικό βερνιέρο.*

Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει το οριζόντια διευθετημένο μηχανικό μήκος των μηχανών μέτρησης. Αυτές οι μηχανές, που έχουν έναν διαγραμμισμένο άξονα μέτρησης για το κύριο στοιχείο, μοιάζουν με τις βασικές αρχές της λειτουργίας τους, αν και σε μια ιδιαίτερα καθορισμένη ποικιλία, με τις ουσιαστικά αναβαθμισμένες διακριτικές ιδιότητες. Ένας τυπικό παράδειγμα αυτής της ομάδας είναι η τυποποιημένη μηχανή μέτρησης Pratt & Whitney (σχέδιο 4-3), η οποία θα συζητηθεί επίσης λεπτομερέστερα αργότερα.

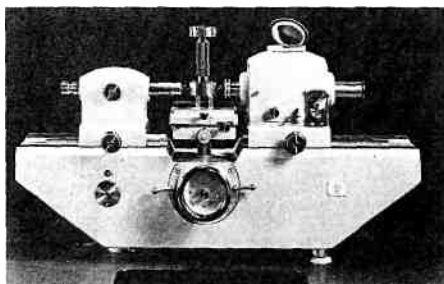


*Pratt & Whitney Cutting Tool and Gage Div.,  
Colt Industries*

*Σχ., 4-3 Μηχανή μέτρησης οριζόντιου μήκους με το υπέρ-μικρόμετρο, τον ηλεκτρονικό καθοδηγητικό δείκτη και το μικροσκόπιο σωλήνα για την παρατήρηση των σημαδιών αναφοράς σταδιαστήματα ίντσας.*

Η τρίτη ομάδα συνδυάζει τα χαρακτηριστικά της οπτικής μέτρησης απόστασης με τα πλεονεκτήματα μιας οριζόντιας οργάνωσης και ενός ανεξάρτητου μέλους στοιχείων. Αυτό το σύστημα των μηχανών μέτρησης προέρχεται από τον Carl Zeiss και εμμένει αυστηρά στο σχέδιό του στο προαναφερθέν μήκος μετρώντας τις αρχές. Οι εγκαταστάσεις Zeiss στη Γερμανία κατασκευάζουν συγχρόνως βελτιωμένες εκδόσεις αυτού

του τύπου μέτρησης της μηχανής, το πρότυπο που επιλέγεται για λεπτομερή περιγραφή είναι το οριζόντιο μετροσκόπιο (βλ. το σχέδιο 4-4).



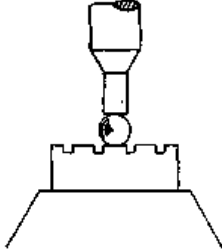

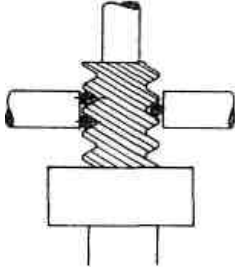
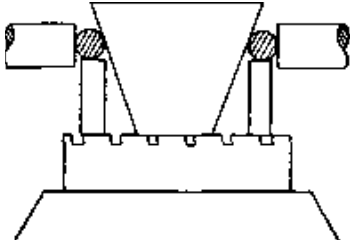
*Carl Zeiss, Inc.*

*Σχ.4- 4 Μηχανή μέτρησης οριζόντιου μήκους με την καθαρώς οπτική ανάγνωση που χρησιμοποιεί μια κύρια κλίμακα 4-ίντσων-μήκους. Εφαρμόσιμος και για τις εξωτερικές και εσωτερικές μετρήσεις, επίσης σε συνδυασμό με τα διαφορετικά εξαρτήματα.*

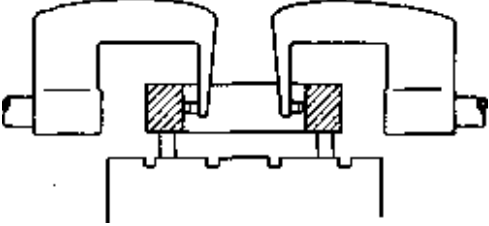
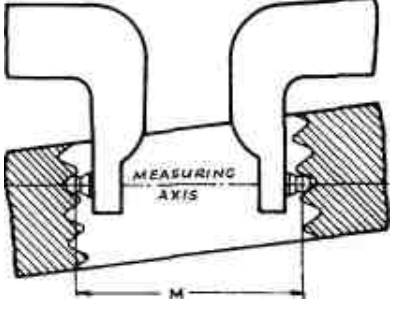
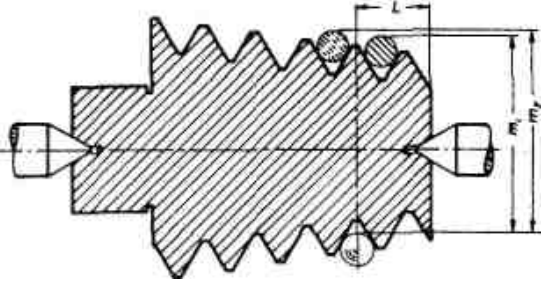
Από την άποψη του χρήστη, μια από τις ουσιαστικές πτυχές στην επιλογή των οργάνων μέτρησης, είναι το πεδίο της δυνατότητας εφαρμογής της, δηλαδή η σειρά βασικών διαδικασιών μέτρησης που μπορούν να πραγματοποιηθούν με οποιαδήποτε συγκεκριμένη κατηγορία οργάνου. Είναι αυτό το σημαντικό σημείο παρατήρησης που οι διάφοροι τύποι ενιαίων-αξόνων μηχανών μέτρησης ορίστηκαν στις συγκεκριμένες κατηγορίες. Στον πίνακα 4-2, οι λειτουργικά σημαντικές δυνατότητες εφαρμογής των διαφορετικών κατηγοριών μηχανών μέτρησης ενιαίων-αξόνων επισημαίνονται με την ενίσχυση των χαρακτηριστικών παραδειγμάτων μέτρησης. Οι διαφορετικοί τύποι μηχανών μέτρησης ενιαίων-αξόνων παρουσιάζονται στις τάξεις των αυξανόμενων ικανοτήτων.

**ΠΙΝ. 4-2, ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ  
ΑΞΟΝΑ - 1**

Τα παραδείγματα εφαρμογής παρατίθενται στη σειρά των αυξανόμενων ικανοτήτων. Κάθε μεμονωμένη διαδικασία που περιγράφεται επίσης ισχύει για όλες τις μηχανές της λίστας.

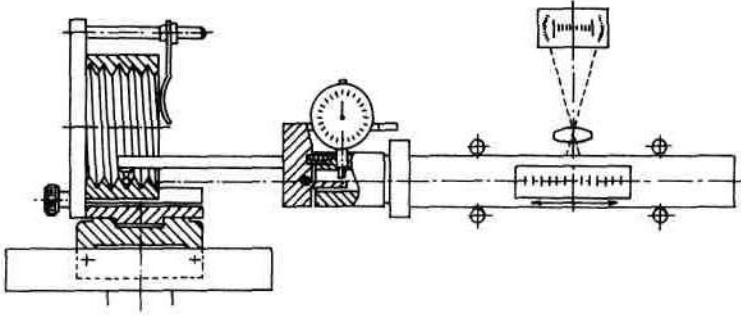
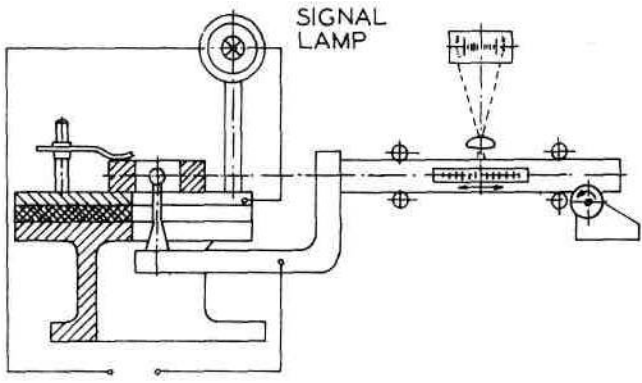
ΤΥΠΟΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
Μηχανή μέτρησης κάθετου μήκους (οπτική)		Ευθείς εξωτερικές διαστάσεις μήκους. Το κομμάτι βρίσκεται σε ένα από τα επίπεδα του ορίου μέτρησης της απόστασης.
Μηχανή μέτρησης μηχανικού μήκους στην οριζόντια ρύθμιση		Εξωτερικές μετρήσεις μήκους σε ένα επίπεδο παράλληλο στην σταθερή επιφάνεια του κομματιού, μετρήσεις σε διαφορετικά επίπεδα.
		Διάμετρος κλίσης ενός εξωτερικού σπειρώματος που μετριέται πέρα από τα καλώδια διαμετρημάτων, που χρησιμοποιούν το ειδικό σταθερό προσάρτημα.
		Η γωνία κλίσης ενός κώνου που καθορίζεται από τις μετρήσεις διαμέτρων πέρα από τα πόδια που υποστηρίζονται σε δύο παράλληλα επίπεδα στη γνωστή απόσταση.

ΠΙΝ. 4-2, ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΑΞΟΝΑ – 2

ΤΥΠΟΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
Μηχανή μέτρησης οπτικού μήκους στην οριζόντια ρύθμιση		<p>Εσωτερική διάμετρος ενός σαφούς διαμετρήματος δαχτυλιδιών που μετριέται στο αξονικό επίπεδο του με τη βοήθεια ενός επιπλέοντος σταδίου.</p>
		<p>Διάμετρος κλίσης ενός εσωτερικού κοχλία που μετριέται πάνω από τις σφαίρες. Το κομμάτι υποστηρίζεται σε ένα πεδίο μόνης ευθυγράμμιση και τα ειδικά διαμετρήματα ρύθμισης χρησιμοποιούνται για να καθιερώσουν το βασικό μέγεθος που είναι σε καθορισμένη αναλογία στη διάμετρο κλίσης.</p>
		<p>Η κλίση διαμέτρου σπειρωμάτων μετρήθηκε πάνω από δύο σύρματα και μέσα σε έναν τοποθετημένο στη σφαίρα έλεγχο σε επίπεδα σε μια συγκεκριμένη απόσταση από μια επιφάνεια στοιχείων (όψη του κομματιού).</p>



**ΠΙΝ. 4-2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ  
ΑΞΟΝΑ – 3**

ΤΥΠΟΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
<p>Μηχανή μέτρησης οπτικού μήκους στην οριζόντια ρύθμιση</p>		<p>Ο μόλυβδος ενός εσωτερικού νήματος που μετριέται με την ενίσχυση ενός κεκλιμένου βραχίονα που φέρνει μια άκρη σφαιρών και που μηδενίζεται με έναν βοηθητικό δείκτη.</p>
		<p>Μικρή οπή μέτρησης χρησιμοποιώντας φωτισμό σήματος ελέγχου με την άκρη σφαιρών και η εντόπιση του κομματιού στο ηλεκτρικά απομονωμένο πεδίο.</p>

#### 4.2.1 Μηχανές μέτρησης οπτικού μήκους στη κατακόρυφη διάταξη

Στην ακόλουθη περιγραφή, που είναι βασισμένη στο οπτικό μήκος Leitz μηχανής μέτρησης, γίνονται αναφορές επίσης στα διακριτικά χαρακτηριστικά του σχεδίου των συγκρίσιμων οργάνων διαφορετικών κατασκευών.

Ο ακριβώς καθοδηγημένος και αντισταθμισμένος άξονας μέτρησης είναι ένας κοίλος κύλινδρος και φέρνει στο κεντρικό επίπεδο του μια κύρια κλίμακα γυαλιού μήκους 4-ίντσων, με τις αριθμημένες βαθμολογήσεις σε διαστήματα 0,05-ίντσας. Η μεμονωμένη βαθμολόγηση που απεικονίζει τη μεταβατική θέση του άξονα μέτρησης, μπορεί να παρατηρηθεί οπτικά με προβαλλόμενο, περίπου 50 φορές μεγεθυνόμενο, επάνω σε μια οθόνη. Σε μερικά άλλα πρότυπα παρόμοιων οργάνων, ιδιαίτερα εκείνα των προηγούμενων σχεδίων, η παρατήρηση της κλίμακας γίνεται με την ενίσχυση ενός σωλήνα μικροσκοπίων. Η οθόνη φέρνει τις ενδιάμεσες βαθμολογήσεις στις αυξήσεις 0,005-ίντσας, που αριθμούνται χωριστά και που αντιπροσωπεύονται από τα διπλά σημάδια.

Για να ενεργοποιήσει το όργανο, ο άξονας μέτρησης πρέπει πρώτα να αυξηθεί για να καθορίσει το πεδίο, μετά τον εντοπισμού του κομματιού, ο άξονας απελευθερώνεται για να προωθηθεί προς το κομμάτι. Όταν η άκρη του άξονα μέτρησης έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια εργασίας και η μετακίνηση προσέγγισης έρχεται σε ένα στάματμα, η προβαλλόμενη γραμμή κλίμακας μπορεί να είναι σε οποιαδήποτε θέση κατά μήκος της οθόνης, εξαρτώμενη από το πραγματικό μέγεθος του κομματιού. Για να φέρει την παρατηρούμενη οπτική γραμμή βαθμολόγησης της κύριας κλίμακας σε μια κεντρική θέση μεταξύ των κοντινότερων διπλών σημαδιών οθόνης, είτε η οθόνη μπορεί να διανυθεί σε μια κατεύθυνση παράλληλη στις βαθμολογήσεις της κύριας κλίμακας (Leitz), ή η οπτική πορεία της γραμμής κλίμακας μπορεί να εκτραπεί με την κλίση ενός φραγμού παράλληλης πλάκας (Watt). Καθεμία από αυτές τις ρυθμίσεις πραγματοποιείται χειροκίνητα με τη βοήθεια ενός κοχλία αντίχειρων, ο οποίος συνδέεται μηχανικά με ένα οπτικό μικρόμετρο που δείχνει το ποσό της ρύθμισης κεντραρίσματος. Οι γραμμές βαθμολόγησης εκείνου του μικρόμετρου, ή ο βερνιέρος, αντιπροσωπεύουν τις αυξήσεις της 0,0001-ίντσας (B & L) ή 12 1/2 μικροϊντσών (Leitz). Για τον καθορισμό του μετρημένου μεγέθους, η κλίμακα οθόνης και ο βερνιέρος πρέπει να διαβαστούν από κοινού.

Η δύναμη διαμέτρησης αυτού του τύπου οργάνου είναι απαραίτητα σταθερή και διατηρείται σε επίπεδο 7 έως 10 ουγκιές, ανάλογα με το ιδιαίτερο πρότυπο. Αυτό ολοκληρώνεται είτε από έναν αντισταθμισμένο άξονα, του οποίου το ποσοστό προόδου ρυθμίζεται από ένα υδραυλικό αμορτισέρ (Leitz), ή από την ελεγχόμενη δράση της ηλεκτρικής μηχανής που οδηγεί τον άξονα (B & L)

Το μήκος των μηχανών μέτρησης που χρησιμοποιούν οπτικές κύριες κλίμακες έχει διάφορα πιθανά πλεονεκτήματα πέρα από πολλά πρότυπα των μηχανολογικών οργάνων

νων παρόμοιου σκοπού. Τα σημαντικότερα αυτών των χαρακτηριστικών είναι τα ακόλουθα:

α. Ο ολόκληρος αποτελεσματικός βαθμός μέτρησης του οπτικού συστήματος καλύπτεται από μια ενιαία κύρια κλίμακα κατά μήκος της οποίας οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν σε οποιοδήποτε τμήμα. Τα περισσότερα πρότυπα μηχανών μέτρησης του μηχανικού μήκους που λειτουργούν με τους κοχλίες μικρομέτρου περιορίζονται στις πιο σύντομες αποστάσεις και απαιτούν να επανατοποθετήσουν το μέλος εργαλείου σφυρηλάτησης για τη μέτρηση των μηκών.

β. Οι κινητές μηχανικές συσκευές, όπως οι κοχλίες, πρέπει να λειτουργήσουν με μια συγκεκριμένη ελάχιστη εκκαθάριση μεταξύ των μελών ζευγών, συνεπώς, αυτές δεν είναι απαλλαγμένες από τη παλινδρομική κίνηση, τα αποτελέσματα υστέρησης της οποίας πρέπει να αποφευχθούν από τους παρατηρηθέντες κανόνες διαδικασίας.

γ. Οι κοχλίες μικρομέτρου, όπως σ' όλες τις μηχανικές συσκευές, υπόκεινται επίσης στην καταπόνηση, ένα φαινόμενο ανύπαρκτο στις οπτικές συσκευές.

Για την αξιολόγηση των δυνατοτήτων εφαρμογής του τύπου οπτικού μήκους μηχανών μέτρησης που περιγράφηκε, πρόκειται να εξεταστούν επίσης οι περιορισμοί του συστήματος όπως: (1) η επιτεύξιμη ακρίβεια των κλιμάκων κύριων βαθμολογήσεων που, για τα εμπορικά διαθέσιμα όργανα, θεωρείται ότι είναι ~ 5 ή 10 μικροϊντσες, ανάλογα με τον ιδιαίτερο τύπο (2) η δύναμη της σταθερότητας της οπτικής παρατήρησης ότι, σε περίπου 50 X μεγέθυνση, μπορεί να είναι στη σειρά 10 μικροϊντσες και (3) οι μηχανικοί και οπτικοί περιορισμοί του μικρομέτρου που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του τελευταίου σημαντικού ψηφίου των μηχανικών ενδείξεων.

#### 4.2.2 Μηχανές μέτρησης μηχανικού μήκους στην οριζόντια ρύθμιση

Για να επεξηγηθούν οι μηχανές μέτρησης μηχανικού μήκους στην οριζόντια ρύθμιση, επιλέγεται η τυποποιημένη μηχανή μέτρησης που κατασκευάστηκε από τους Pratt & Whitney. Αυτή η μηχανή λειτουργεί συνδυάζοντας τις λειτουργίες των δύο κύριων, του φραγμού μέτρησης και του υπέρ-μικρομέτρου. Ο φραγμός μέτρησης είναι συνδεδεμένος με το έδρανο της μηχανής και χρησιμεύει ως ένα διαμέτρημα βημάτων, με τις βαθμολογήσεις στα διαστήματα μιας-ίντσας. Οι βαθμολογήσεις αντιπροσωπεύονται από τις λεπτές γραμμές που χαράσσονται στα βουλώματα ανοξείδωτου χάλυβα κατά μήκος του κύριου φραγμού, και παρατηρούνται μέσω ενός μικροσκοπίου που τοποθετείται στερεά στο κεφάλι μέτρησης. Το κεφάλι μέτρησης στεγάζει το υπερ-μικρόμετρο, που διακρίνεται από το μεγάλο κλιμακωτό τύμπανό του με τα μεμονωμένα σημάδια για τα 1/10,000 μέρη μιας ίντσας, και που συμπληρώνεται από έναν βερνιέρο που δείχνει τις αυξήσεις 10 μικροϊντσών.

Ένας κοχλίας ρύθμισης που τοποθετείται σε έναν μετατοπιζόμενο φραγμό επιτρέπει την ευαίσθητη ρύθμιση της θέσης του κεφαλιού μέτρησης κατά μήκος του εδράνου σε ένα σημείο όπου η μικρή γραμμή ενός βουλώματος στον κύριο φραγμό συμπίπτει με το κεντρικό σημάδι στον τομέα επιθεώρησης του μικροσκοπίου.

Για να κρατήσει τη δύναμη επαφών σταθερά- σημαντική απαίτηση για μηχανικά όργανα μέτρησης, ένα milliammeter χρησιμοποιείται με σκοπό ένα διαμέτρημα, δείχνοντας από τη μία θέση του δείκτη της ότι η επιλεγμένη δύναμη διαμέτρησης έχει εφαρμοστεί. Αυτή η δύναμη μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα απαραίτητο λειτουργικό επίπεδο από 2 έως 48 ουγκιές.

#### *4.2.3 Μηχανές μέτρησης οπτικού μήκους στην οριζόντια ρύθμιση*

Οι μηχανές μέτρησης οριζόντιου μήκους που χρησιμοποιούν τις παρατηρούμενες οπτικά κύριες κλίμακες παρέχουν τα μέσα για ένα εκτεταμένο πεδίο της μέτρησης των διαδικασιών, όπως υποδεικνύονται στον πίνακα 12-2. Η προσαρμοστικότητα του οργάνου σε μια μεγάλη ποικιλία μετρήσεων είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού δύο σημαντικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, δηλαδή, η οριζόντια ρύθμιση για να βεβαιωθεί ο διαχωρισμός της οργάνωσης και των λειτουργιών παραπομπής, και η χρήση της οπτικής ανάγνωσης κλίμακας της οποίας η ακρίβεια είναι απρόσβλητη από την κατεύθυνση της κίνησης του κεφαλιού διαμετρημάτων. Η τελευταία κυριότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις εσωτερικές μετρήσεις.

Η οριζόντια μηχανή μέτρησης που επεξηγείται στο σχέδιο 12-4 έχει 4 ίντσες της αποτελεσματικής κίνησης, αλλά μπορεί να προσαρμόσει τα κομμάτια μέχρι τις 24 ίντσες. Για τη μέτρηση των εξωτερικών διαστάσεων μήκους που δεν υπερβαίνουν τις 4 ίντσες, η μηχανή μπορεί να ρυθμιστεί με την εφαρμογή μιας διαδικασίας μηδενισμού. Εντούτοις, για τα εξωτερικά μήκη πάνω από 4 ίντσες, και επίσης για όλες τις εσωτερικές μετρήσεις, οι κατάλληλοι κύριοι μηχανισμοί πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να καθιερώσουν τις θέσεις αναφοράς. Οι κατάλληλοι κύριοι μηχανισμοί χρησιμοποιούμενοι γενικά είναι φραγμοί διαμετρημάτων ή διαμετρούν τις ράβδους για τις εξωτερικές μετρήσεις, και τα δαχτυλίδια διαμετρημάτων για τις εσωτερικές διαστάσεις.

Η αντιστρεψιμότητα της μετακίνησης μεταφοράς χωρίς επίδραση στην ακρίβεια μέτρησης βρίσκει μοναδική εφαρμογή στην εσωτερική μέτρηση των πολύ μικρών οπών, η οποία πραγματοποιείται με σχεδόν μηδενική δύναμη διαμέτρου. Τα απαραίτητα στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την διαδικασία παρουσιάζονται στην τελευταία απεικόνιση του πίνακα 12-2.

Ο έλεγχος, που συνδέεται με τον άξονα μέτρησης, και που έχει στην άκρη του μια σφαίρα του γνωστού μεγέθους, παρουσιάζεται διαδοχικά στην επαφή με την αντίθετη πλευρά της οπής που μετρείται. Η απόσταση που διανύεται μεταξύ των δύο θέσεων

επαφών διαβάζεται στην κλίμακα της μηχανής, αυτή η τιμή πρέπει έπειτα να συμπληρωθεί με την προσθήκη της γνωστής διαμέτρου της σφαίρας. Για να καθιερώσει την επαφή χωρίς εφαρμογή της δύναμης που θα μπορούσε να εκτρέψει τον έλεγχο, ένα ηλεκτρικό κύκλωμα χαμηλής τάσης καθιερώνεται, τροφοδοτώντας έναν λαμπτήρα σημάτων του οποίου το τρεμούλιασμα δείχνει ότι η επαφή μόλις επιτεύχθηκε μεταξύ του ελέγχου και της επιφάνειας αντικειμένου. Μια ειδική μονωμένη οργανωμένη πλατφόρμα παρέχεται για τις διαδικασίες που περιλαμβάνουν την παραπομπή από την ηλεκτρική επαφή.

Η 4-ίντσών κύρια κλίμακα της μηχανής είναι κλιμακωτή και αριθμημένη σε διαστήματα 0,05-ίντσας. Η ιδιαίτερη βαθμολόγηση κλίμακας που αντιστοιχεί στη θέση του κεφαλιού διαμετρημάτων προβάλλεται 46 φορές μεγεθυνόμενη σε μια οθόνη στο παράθυρο ανάγνωσης. Η οθόνη ενσωματώνει επίσης το οπτικό μικρόμετρο, το οποίο υποδιαιρεί τις κύριες βαθμολογήσεις κλίμακας στις αυξήσεις 50 μικροϊντσών που επιδεικνύονται με έναν βαθμό ψηφίσματος που επιτρέπει την περαιτέρω υποδιαίρεση από τους υπολογισμούς.

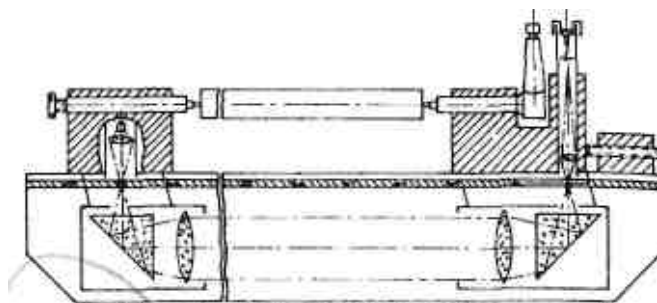
Η πολύμορφη ρύθμιση, η ανύψωση και οι παράλληλες μετατοπίσεις του πίνακα μηχανών, και η διαθεσιμότητα των πρόσθετων μόνιμων προσαρτημάτων για να προσαρμόσουν τα κομμάτια των διαφορετικών διαμορφώσεων, βεβαιώνουν τη μεγάλη μεταβλητότητα αυτού του ιδιαίτερου τύπου μήκους ενιαίου-άξονα μηχανής μέτρησης

#### *4.2.4 Η Zeiss-Jena μηχανή μέτρησης μήκους*

Για να ωφεληθούν από την έμφυτη ακρίβεια των κλιμακωτών κύριων κλιμάκων στη μέτρηση των γραμμικών αποστάσεων που υπερβαίνουν το πρακτικό μήκος 4-ίντσας των πυκνά κλιμακωτών κλιμάκων, οι ειδικές συσκευές απαιτούνται για το συνδυασμό των λειτουργιών αναφοράς δύο κύριων κλιμάκων. Σε τέτοια συστήματα, η κλίμακα φέρνει τις βαθμολογήσεις σε διαστήματα 4-ίντσών που απεικονίζονται από τις διπλές γραμμές. Με την οπτική επιβολή αυτών των διπλών σημαδιών στο παρατηρηθέν τμήμα της κλίμακας 4-ίντσών, μια οπτική σύζευξη δημιουργείται που οδηγεί σε μια ενιαία εικονική κύρια κλίμακα του μήκους, παρέχοντας λεπτές βαθμολογήσεις σε οποιαδήποτε ιδιαίτερο 4-ίντσών κομμάτι, το οποίο μπορεί να επιλεγεί με τον κατάλληλο προσδιορισμό θέσης του οργάνου.

Το σχηματικό σχέδιο στο σχήμα 4-5 επεξηγεί πώς αυτή η οπτική σύζευξη ολοκληρώνεται σε μια λειτουργικά αποτελεσματική συμφωνία με την αρχή Abbe, η οποία απαιτεί την ευθύγραμμη ρύθμιση του αντικειμένου και του κύριου μηχανισμού. Για τη ρύθμιση του οργάνου για να μετρήσει μια περίπου γνωστή διάσταση μήκους, πρέπει να κινηθεί κατά μήκος του πίνακα στο ιδιαίτερο σημάδι 4-ίντσας, το οποίο αντιστοιχεί στην απόσταση που μετριέται. Η προστατευτική περίφραξη της κύριας κλίμακας

έχει τις μικρές ενάρξεις στις θέσεις των γραμμών βαθμολογήσεων 4-ίντσας. Όταν ο οπτικός άξονας του συστήματος προβολής ευθυγραμμίζεται σε μια συγκεκριμένη γραμμή βαθμολόγησης, η εικόνα της γραμμής εμφανίζεται στον τομέα παρατήρησης του μικροσκοπίου μέσω του οποίου παρατηρείται η κύρια κλίμακα, που βαθμολογείται σε διαστήματα 0,05-ίντσας,. Για την υποδιαίρεση των διαστημάτων βαθμολόγησης 0,05-ίντσας, το μικροσκόπιο παρατήρησης του οργάνου είναι εξοπλισμένο με ένα οπτικό μικρόμετρο, παρόμοιο στο σχέδιο με αυτό που αναλύθηκε στην προηγούμενη περιγραφή του οριζόντιου μετροσκοπίου.



Σχ. 4-5 Οπτικό σύστημα σύνθεσης του Zeiss-Jena μηχανής μέτρησης μήκους. Η προβαλλόμενη εικόνα των εκτεταμένων βαθμολογήσεων κλίμακας χρησιμεύει ως το σημάδι δεικτών για την ανάγνωση υψηλής ακρίβειας του μικρομέτρου.

### 4.3 Μηχανές μέτρησης συντεταγμένων

Η ανάπτυξη των συσκευών μέτρησης μετατοπίσεων που παρέχουν την ψηφιακή ανάγνωση για την απόσταση που διανύει ένα κινητό μέλος μηχανών παρουσιάζεται σαν την ύπαρξη ενός νέου είδους μηχανών μέτρησης. Σε αυτά τα όργανα, το διακινούμενο μέλος, ή το κεφάλι διαμετρημάτων με τον τοποθετημένο αισθαντικό έλεγχο, καθοδηγείται κατά μήκος δύο πορειών ευθειών γραμμών που περιλαμβάνονται σε ένα κοινό επίπεδο και είναι αμοιβαία κάθετες, απεικονίζοντας τους άξονες του X και Y ορθογώνιου συστήματος των συντεταγμένων. Προαιρετικά, ένας τρίτος (Z) άξονας, σε μια κατεύθυνση κανονική στο επίπεδο των αξόνων X και Y, μπορεί επίσης να παραχθεί σε διάφορα πρότυπα αυτών των μηχανών.

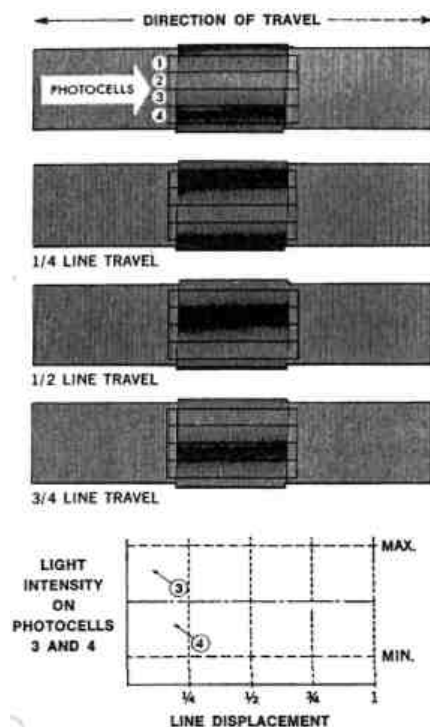
#### 4.3.1 Συσκευές μέτρησης μετατοπίσεων με χρήση φράγματος περίθλασης

Τα φράγματα περίθλασης είναι διάφανες πλάκες, συνήθως φτιαγμένες από γυαλί, που έχουν έναν μεγάλο αριθμό ισοδιάστατων παράλληλων γραμμών. Τέτοια φράγματα έχουν χρησιμοποιηθεί πολύ για τη φασματοσκοπική εργασία και είναι εμπορικά διαθέσιμα. Εντούτοις, η πραγματική παραγωγή περιορίζεται σε μερικές επιχειρήσεις στην κατοχή του πολύ ειδικού εξοπλισμού παραγωγής.

Όταν δύο ίσα φράγματα τοποθετούνται το ένα στο άλλο, με τις ευθυγραμμισμένες πλευρές τους αντικριστά, αλλά παράλληλα από μια πολύ μικρή γωνία, οι περιοδικές

διασταυρώσεις των γραμμών πάνω στις διαβαθμίσεις προκαλούν την εμφάνιση σχετικά ευρείας άκρης σε μια κατεύθυνση κανονική στις αρχικές γραμμές φράγματος. Το πλάτος και το διάστημα αυτών των σκιάσεων εναλλαγής, γνωστά ως "moire περιθώρια," είναι λειτουργίες των διαστημάτων φραγμάτων και της γωνίας κλίσης.

Εάν ένα από τα δύο φράγματα κινείται σε μια κατεύθυνση κανονική με αυτή των γραμμών φραγμάτων, κατόπιν τα περιθώρια θα εμφανιστούν να κινούνται στην κατεύθυνση των γραμμών φραγμάτων. Η αναλογία της μετατόπισης των περιθωρίων στην πλευρική μετατόπιση των γραμμών φραγμάτων είναι η ίδια με την αναλογία του διαστήματος περιθωρίου στο διάστημα γραμμών φραγμάτων. Το οπτικό φαινόμενο παράγει σχετικά απλό, όμως πολύ αξιόπιστο, εργαλείο για τη παρουσίαση μιας ενισχυμένης εικόνας μιας μετακίνησης παράλληλης μετατόπισης(βλ. το σχέδιο 4-6).



*Giddings & Lewis Measurement Systems*

Σχ. 4-6 Αρχές της μέτρησης κίνησης παράλληλων μετατοπίσεων από τα moire περιθώρια. Οι απεικονίσεις παρουσιάζουν διαγραμματικά κύριο δικτύωμα με το δικτύωμα δεικτών στις διαφορετικές σχετικές θέσεις, προκαλώντας μια μετατόπιση στις θέσεις σχεδίων περιθωρίου, οι οποίες φαίνονται από τα φωτοκύτταρα.

Με τη χρησιμοποίηση ενός φωτοκυττάρου, η σειρά περιθωρίων που περνούν μια γραμμή παρατήρησης κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένου περιόδου ή μιας ενέργειας μπορεί να μετρηθεί με την ενίσχυση των κατάλληλων ηλεκτρονικών οργάνων. Όταν το διάστημα φραγμάτων και η γωνία κλίσης επιλέγονται για να παράγουν τις αποστάσεις περιθωρίου που συνδέονται άμεσα με την τυποποιημένη μονάδα μέτρησης μήκους, η προκύπτουσα αριθμηση εκφράζει αριθμητικά την απόσταση της μετατόπισης.

Το βασικό σύστημα μέτρησης μήκους μπορεί να καθοριστεί από την περιπλοκότερη χρήση επιστημονικών οργάνων. Μερικές σημαντικές εξελίξεις, οι σκοποί και οι αρχές λειτουργίας τους αναθεωρούνται εν συντομία παρακάτω :

1. Το βασικό σύστημα δεν επηρεάζει την κατεύθυνση της μετατόπισης, το φωτοκύτταρο κάνει τις αριθμήσεις όταν η σχετική κίνηση μεταξύ των δύο φραγμών είναι ακριβώς μια εναλλαγή, και όχι συνεχής. Με την ενεργοποίηση δύο φωτοκυττάρων αντί ενός, και την τοποθέτηση τους σε έναν χωρισμό φάσης βαθμού 90, οι

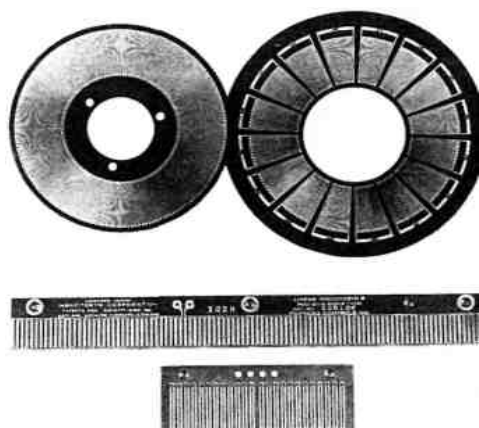
σφυγμοί που παραλαμβάνονται από αυτά τα στοιχεία θα διαφέρουν σύμφωνα με την κατεύθυνση της μετατόπισης περιθωρίου.

2. Μια σαφής αρίθμηση των περιθωρίων επιτρέπει το διαχωρισμό της απόστασης μετατοπίσεων σε αυξήσεις ίσες με αυτές του διαστήματος του φράγματος. Η προκύπτουσα αυξανόμενη ανάγνωση το καθιστά πιθανό να χρησιμοποιήσει μοίρε συσκευές αρίθμησης περιθωρίου για τις μετρήσεις στο 1/10.000 μέρος μιας ίντσας με τη χρησιμοποίηση των φραγμάτων που έχουν 1000 γραμμές ανά ίντσα.

#### 4.3.2 *Inductosyn*

Μια άλλη ομάδα επαυξητικών συσκευών μέτρησης μετατοπίσεων, που είναι γνωστή με το όνομα "Inductosyn," χρησιμοποιεί την επαγωγική σύζευξη μεταξύ των αγωγών που χωρίζονται από ένα στενό κενό αέρα. Το σύστημα είναι κατάλληλο για τη μέτρηση και τον έλεγχο της απόστασης των γραμμικών μετατοπίσεων ή τη γωνία των περιστροφικών μετακινήσεων.

Το Inductosyn παράγει τα σήματα παραγωγής που απορρέουν από τον υπολογισμό μέσου όρου του συνολικού αριθμού πόλων σε ένα γραμμικό σύστημα, με αυτόν τον τρόπο, αντισταθμίζονται τα μικρά λάθη που είναι παρόντα στα διαστήματα των ανεξάρτητων αγωγών (βλ. σχήμα. 4-7). Επειδή τα σήματα είναι καθαρώς ηλεκτρικά, μπορούν να επιδειχθούν με ψηφιακή μορφή, να καταγραφούν σε ένα διάγραμμα, να εκτυπωθούν στους αριθμούς ή να τρυπηθούν με διατρητική μηχανή στην ταινία. Ένα από τα διακριτικά πλεονεκτήματα του επαγωγικού συστήματος είναι η γρήγορη απόκριση που επιτρέπει τις εγκάρσιες ταχύτητες μέχρι 6000 ιντσών μέτρησης ανά λεπτό.



*Farrand Controls, Inc.*

*Σχέδιο 4-7. Κιγκλιδώματα Inductosyn.*

*(Άνω) γωνιακές μετρήσεις.*

*(Κάτω) γραμμικές μετρήσεις.*



Το Inductosyn, όπως άλλα ηλεκτρονικά συστήματα μέτρησης μετατόπισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις μηχανές μέτρησης για καθεμία των δύο βασικών μεθόδων επιθεώρησης: (1) εγκάρσια κίνηση ή περιστροφή του κινητού μέλους μηχανών σε ένα σημείο όπου η γραμμή ορίου του διαχωρισμού που μετριέται είναι σε σύμπτωση με τη θέση αναφοράς της αντίληψης του οργάνου, και έπειτα ανάγνωση της απόστασης της μετατόπισης (εφαρμόσιμη για τη μέτρηση των άγνωστων αποστάσεων) ή (2) αναγκάζοντας το κινητό μέλος της μηχανής να πραγματοποιήσει μια παράλληλη ή περιστροφική μετατόπιση που αντιστοιχεί στην ονομαστική τιμή του διαχωρισμού που επιθεωρείται, και ελέγχοντας έπειτα την παρουσία σύμπτωσης ή το ποσό απόκλισης με την ενίσχυση μιας κατάλληλης αισθαντικής συσκευής που ενσωματώνει τη θέση αναφοράς (συνιστώμενη μέθοδος για ορισμένους τύπους διαδικασιών επιθεώρησης). Τα παραδείγματα των αισθαντικών συσκευών είναι ο ηλεκτρονικός δείκτης για το μήκος και ο αυτόματος οπτικός σωλήνας για τη γωνία.

Η ευκολία και η ταχύτητα της λειτουργίας των διάφορων συστημάτων μηχανών μέτρησης ενισχύονται πολύ με το "floating zero" σύστημα. Αυτός ο προσδιορισμός αναφέρεται σε μια συσκευή μετατροπής με τη βοήθεια της οποίας η μηδενική ανάγνωση των αριθμητικών επιδείξεων μπορεί να αρχίσει σε οποιαδήποτε θέση κατά μήκος της αποτελεσματικής εγκάρσιας κίνησης ή της περιστρεφόμενης κλίμακας του κινητού κεφαλιού μηχανών.

Τα διακριτικά πλεονεκτήματα των συστημάτων των μηχανών μέτρησης που περιγράφτηκαν είναι η ταχύτητα της λειτουργίας και η πιθανή ελευθερία από τα λάθη, ακόμα και όταν ορίζονται οι λιγότερο πεπειραμένοι χειριστές στην εργασία επιθεώρησης που περιλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό αλληλοσυσχετισμένων διαστάσεων. Αφ' ετέρου, για να συγκεντρώσει αυτά τα πλεονεκτήματα, μια συγκεκριμένη μέθοδος εντοπισμού των ανεξάρτητων θέσεων του κομματιού είναι γενικά εφαρμοσμένη. Υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί σε αυτήν την διαδικασία εντοπισμού επειδή ο έλεγχος μπορεί να εκτραπεί.

Η αποτελεσματική χρήση αυτού του τύπου οργάνου βεβαιώνεται στα τεμάχια των οποίων οι κρίσιμες διαστάσεις διευκρινίζονται από ένα σύστημα των ορθογώνιων συντεταγμένων που αναφέρονται από ένα επίπεδο που είναι παράλληλο σε αυτό που περιέχει τους άξονες X και Y της μέτρησης. Τέλος, τα σημαντικά ανοιχτά σημεία στο κομμάτι, ακόμα και όταν σε διαφορετικά επίπεδα, πρέπει να είναι προσιτά από ένα ενιαίο επίπεδο και απεικονίζονται από τις φυσικές διαμορφώσεις, όπως οι οπές, και ούτω καθ'εξής, οι οποίοι είναι ευαίσθητοι στη θέση ταυτοποίησης από τον ενιαίο έλεγχο που επιλέγεται για μια συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης.

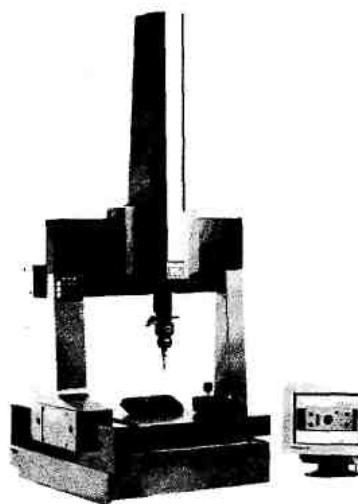
Λαμβάνοντας υπόψη τα έμφυτα πλεονεκτήματα αυτού του νέου είδους μηχανών μέτρησης, εξετάζεται η σειρά των πιθανών χρήσεων με έναν πιο λεπτομερή και συγκεκριμένο τρόπο.

### 4.3.3 Τύποι μηχανών μέτρησης συντεταγμένων-CMM (Coordinate Measuring Machines)

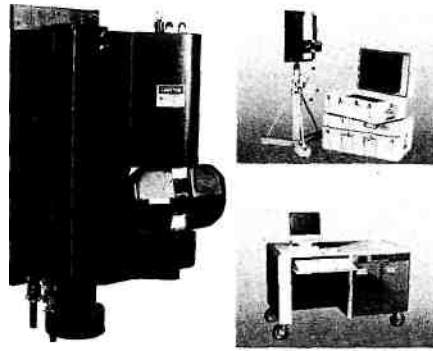
Οι μηχανές μέτρησης συντεταγμένων (CMMs) τοποθετούνται χαρακτηριστικά στη μια από τρεις βασικές κατηγορίες που βασίζονται στα μονταρίσματά τους. Οι κατηγορίες τοποθέτησης είναι: (1) τοποθετημένη στο έδαφος, (2) τοποθετημένη σε πάγκο, και (3) φορητή. Η τοποθετημένη στο έδαφος είναι μια μεγάλης χωρητικότητας στάσιμη μηχανή υψηλότερης ακρίβειας. Τα τοποθετημένα στο έδαφος CMMs υποδιαιρούνται περαιτέρω σε δύο μορφές της κατασκευής, της γέφυρας και τα αρθρωτά. Η μορφή γέφυρας χαρακτηρίζεται από την κατασκευή γέφυρας που υποστηρίζει τον κάθετα τοποθετημένο βραχίονα για μέγιστη σταθερότητα. Η αρθρωτή μορφή του CMM που παρουσιάζεται στο σχέδιο 4-8, παρέχει στο χρήστη την ευκολότερη πρόσβαση στη τράπεζα εργασίας με την υποστήριξη του ελέγχου βραχιόνων μέσω ενός αρθρωτού σχεδίου. Η τοποθετημένη σε πάγκο μορφή(σχέδιο 4-9), επίσης αναφέρεται σαν ένα προσωπικό CMM, σχεδιασμένο να παρέχει το χαμηλότερο κόστος CMM ικανότητας για εταιρείες τον οποίων τα κομμάτια θα ταιριάζουν στη μικρότερη μέτρηση των μηχανών. Η φορητή ποικιλία CMM που παρουσιάζεται στο σχέδιο 4-10 χρησιμοποιείται για να πάρει μετρήσεις σε αντικείμενα πολύ μεγάλα για να ταιριάζουν σε ένα μηχανικό CMM. Η κεφαλή του CMM εκπέμπει μια ενιαία ακτίνα λέιζερ ήλιονέου, η οποία στοχεύει σε έναν retro-ανακλαστήρα που τοποθετείται στο αντικείμενο που μετριέται



Σχ. 4-8. Μηχανή τοποθετημένη στο έδαφος, μηχανή μέτρησης συντεταγμένων.



Σχ.4 Τοποθετημένη σε πάγκο μηχανή μέτρησης.

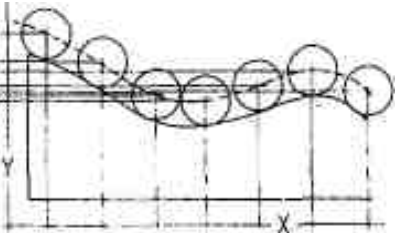

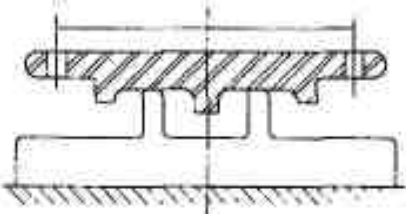
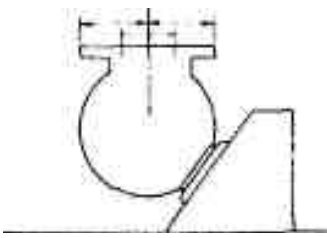
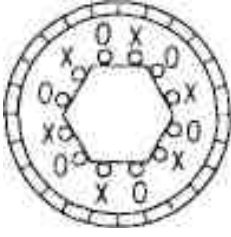


Σχ. 4-10 Φορητή μηχανή μέτρησης λέιζερ (χωρίς επαφή).

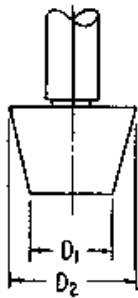
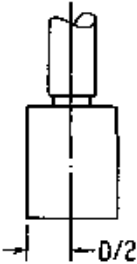
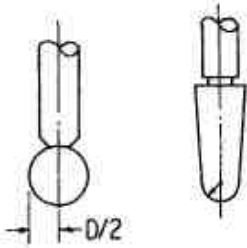
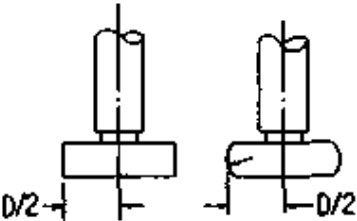
#### 4.3.4 Έλεγχος

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μελών που χρησιμοποιούνται με τις μηχανές μέτρησης συντεταγμένων. Τα παραδείγματα διάφορων τύπων ελέγχων και αισθαντικών μελών παρουσιάζονται στον πίνακα 4-3. Παραδείγματος χάριν, στις γραμμικές μετρήσεις η ακτίνα της άκρης επαφών πρέπει να εξεταστεί, προσθέτοντας την τιμή της στην υποδεικνυμένη απόσταση για τις εσωτερικές μετρήσεις, και αφαιρώντας την για τα εξωτερικά τμήματα. Όλα τα σύγχρονα CMMs είναι εξοπλισμένα με τους ειδικούς παράγοντες διορθώσεων που αντισταθμίζουν αυτόματα τη διάμετρο σφαίρας ελέγχων αφής ως εισαγωγή στον ηλεκτρονικό ελεγκτή. Τα ηλεκτρικά σήματα ως αποτέλεσμα της κεφαλής των μηχανών μέτρησης, είτε προέρχονται από τα φωτοηλεκτρικά είτε από τα επαγωγικά συστήματα, διοχετεύονται χαρακτηριστικά σε έναν έλεγχο υπολογιστών για την ηλεκτρονική ψηφιακή επίδειξη των αντιγράφων σε χαρτί μέσω ενός συνημμένου εκτυπωτή για την καταγραφή των αποστάσεων των ιδιαίτερων σημείων μέτρησης από επιλεγμένα στοιχεία.

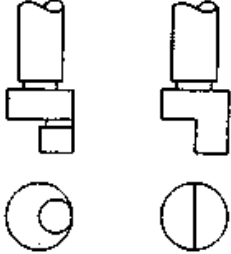

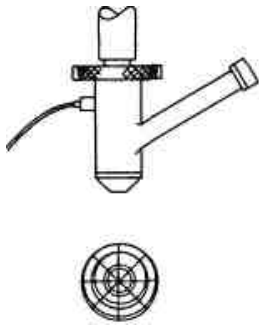

**ΠΙΝ 4-3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ**

ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΑΡΧΩΝ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
Κυρτά περιγράμματα	Τα κυρτά (ανώμαλα) περιγράμματα μπορούν να προσεγγιστούν χρησιμοποιώντας πολύ χωρισμένα κατά διαστήματα σημεία που καθορίζονται από τις συντεταγμένες		Οι προκύπτουσες ισότιμες τιμές απεικονίζουν τα στοιχεία μιας γραμμής παράλληλης στο πραγματικό περίγραμμα κομματιών, τα μεμονωμένα σημεία που είναι στην ακτίνα $r$ (= της απόστασης ελέγχων) από τη φυσική επιφάνεια σε μια κατεύθυνση κανονική στην επαπτομένη στο σημείο της επαφής. Το διάστημα σημείου μέτρησης πρέπει να βεβαιώσει τη κατάλληλη ανάλυση.
Τρισδιάστατες ισοτίμες θέσεις	Οι θέσεις των ι-διαίτερων σημείων μιας επιφάνειας που μετριέται σε ένα σύστημα των τρισδιάστατων συντεταγμένων από την επαφή με τη σφαιρική άκρη ελέγχων		Τρισδιάστατη επιθεώρηση μιας ανώμαλης επιφάνειας (π.χ., ενός σφυρηλατημένου κομματιού) με τη μέτρηση των θέσεων των συγκεκριμένων σημείων στα προκαθορισμένα διαστήματα σε διάφορα παράλληλα επίπεδα. Το κομμάτι πρέπει να σταθεροποιηθεί για να βεβαιώσει την οριζόντια θέση για το επίπεδο στοιχείων της επιφάνειας που μετριέται.
Οργανωμένη προσαρτημένη επιθεώρηση (Παραδείγματα των ασυνήθιστων χρήσεων για τη μηχανές μέτρησης.)	Βεβαιώνοντας από το ειδικό προσάρτημα υποστήριξης την οριζόντια θέση της μετρημένης επιφάνειας		Η υποστήριξη και ο προσανατολισμός για τα κομμάτια της ανώμαλης μορφής μπορούν να βεβαιωθούν από τα ειδικά μόνιμα προσάρτηματα εκμετάλλευσης, τα οποία μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως τα μέλη μεταφοράς για τα δεδομένα στοιχείων όχι άμεσα προσιτά στον έλεγχο επαφών.
	Καθιέρωση της ελεγχόμενης αμοιβαίας σχέσης μεταξύ της οργάνωσης και των επιφανειών μέτρησης		Για την παρουσίαση στο οριζόντιο επίπεδο της επιφάνειας μερών που περιλαμβάνει τα διαστασιολογημένα στοιχεία, η κεκλιμένη ενισχυτική επιφάνεια πρέπει να στηριχτεί σε ένα προσάρτημα εκμετάλλευσης που παρέχει την αναγκαία αποζημίωση θέσης.
	Παρουσιάζονται διαδοχικά οι γωνιακές συσχετισμένες επιφάνειες του κομματιού με τη βοήθεια μιας κυκλικής συσκευής διαίρεσης		Με τον έλεγχο της πραγματικής ευθυγράμμισης με μια κατεύθυνση στοιχείων των γειτονικών επιφανειών ενός αντικειμένου που περιστρέφεται κατά συνέπεια από τις ονομαστικές γωνίες διαστήματος, ο κοινός προσανατολισμός των πλευρών μπορεί να μετρηθεί. Οι περιστροφικοί πίνακες με αριθμητικές αναγνώσεις των γωνιακών θέσεων είναι επίσης διαθέσιμοι.

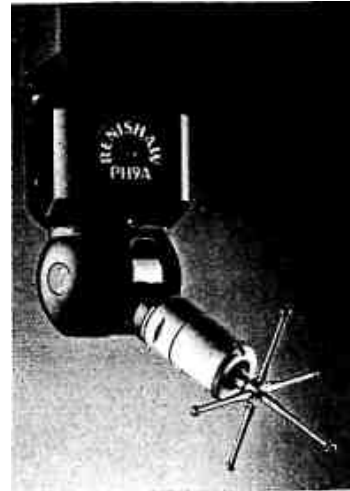
**ΠΙΝ. 4-3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΕΝΩΝ ΜΕΛΩΝ (ΕΠΑΦΩΝ) ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ - 1**

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΚΙΤΣΟ ΜΕ ΤΙΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Διαβαθμισμένος έλεγχος άκρων		Κύρια ευθυγράμμιση σε μια οπή στρογγυλής μορφής και απαλλαγμένη από τα σαλιάσματα στην άκρη που έρχεται σε επαφή με τον έλεγχο.	Η καταλληλότερη μορφή ελέγχων για τη μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ κέντρων οπών. Το στοιχείο για την ισότιμη σχέση πρέπει να απεικονιστεί από μια από τις οπές, χρησιμοποιώντας μια δεύτερη οπή για την καθιέρωση της ευθυγράμμισης με τους άξονες μέτρησης.
Έλεγχος κυλινδρικών ακρών (με τις παράλληλες πλευρές)		Έναρξη—ιση με τη μισή κυλινδρική διάμετρο -πρέπει να υπολογιστεί κατά την παρουσίαση της επεξεργασίας μέτρησης ή της αξιολόγησης των υποδειγμένων τιμών	Προτιμητέα μορφή για την επαφή των εξωτερικών επιφανειών καθώς επίσης και στις δευτερεύουσες επιφάνειες με τις μεγαλύτερες ακτίνες από αυτές του ελέγχου, όταν η επιφάνεια είναι τετραγωνική στο επίπεδο της μέτρησης.
Άκρη σφαιρών ή έλεγχος άκρης με τη σφαιρική άκρη.		Ευθυγράμμιση στο οριζόντιο επίπεδο, για τη σφαίρα μόνο, με την έναρξη ίση με τη μισή διάμετρό του. Και οι δύο επαναλαμβανόμενοι γεωμετρικοί τύποι επιτρέπουν την κάθετη κατεύθυνση (κατά μήκος του άξονα Z).	Η σφαίρα είναι η κατάλληλη μορφή για τις μετρήσεις κατά μήκος τριών αξόνων και προτιμητέα για τις επιφάνειες κάθετης κλίσης, όπως ένα κάθετο κωνικό σώμα ή μια κεκλιμένη οπή. Η μορφή σφαιρών είναι ευαίσθητη στις τοπικές μεταβολές μιας φυσικής επιφάνειας από το γενικό κάλυμμα.
Δίσκος, σαφής κυλινδρικός ή με τη σφαιρική επιφάνεια επαφών		Έναρξη ίση με τη μισή της διαμέτρου. Η στρογγυλευμένη περιμετρος (π.χ., σφαιρική ζώνη) θα προκαλέσει τη μετατόπιση της αποτελεσματικής απόστασης επαφών σχετικά με τον άξονα όταν χρησιμοποιείται στη κεκλιμένη επιφάνεια.	Επιτρέπει η ευαίσθητη επαφή να γίνει απρόσιτη στις περιοχές σε άλλες μορφές ελέγχων επειδή δεν ανοίγει προς τη κεφαλή μηχανών, όπως οι επιφάνειες πίσω από τον ώμο, με κλίση προς τα πίσω ή στο κατώτατο σημείο των αυλακιών. Η στρογγυλευμένη (σφαιρική ή σπειροειδής) ζώνη επαφών απαιτείται για τις επιφάνειες που δεν είναι παράλληλες στον άξονα ελέγχων.

**ΠΙΝ. 4-3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΕΝΩΝ ΜΕΛΩΝ (ΕΠΑΦΩΝ) ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ - 2**

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ	ΣΚΙΤΣΟ ΜΕ ΤΙΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Κύλινδρος έναρξης, ή κύλινδρος αποκοπής		<p>Βασικά ευθυγραμμισμένος σε έναν ενιαίο προσανατολισμό, η απόκλιση από τη σωστή κατεύθυνση επαφών προκαλεί το λάθος που αυξάνεται βαθμιαία για τον κύλινδρο έναρξης, και γρήγορα για τη σχεδίαση αποκοπής.</p>	<p>Η χρήση της απαιτεί τον άξονα για να καθοδηγηθεί ακριβώς στο δακτύλιο της κεφαλής, για να βεβαιώσει ότι ο άξονας ελέγχων θα παραμείνει αμετάβλητος σε οποιαδήποτε θέση προσανατολισμού που θα μπορούσε να προκύψει από την περιστροφή του ελέγχου.</p>
<p>Δείκτης κεντραρίσματος (κατά προτίμηση ηλεκτρονικός με το περιστρέψιμο υποστήριγμα)</p>		<p>Δεν έχει καμία έμφυτη δυνατότητα κεντραρίσματος αλλά θα περιστραφεί γύρω από έναν ευθυγραμμισμένο άξονα και θα δείξει την ακτινωτή τιμή των λαθών ομοαξονικότητας.</p>	<p>Χρησιμοποιημένο σε ισόβαθμες μηχανές μέτρησης σε ειδικές περιπτώσεις μόνο, όπως η κεντροθέτηση της σχετικής κεφαλής στις μεγάλες οπές. Με τη ρύθμιση και το κλείσιμο της κεφαλής μηχανών σε μια θέση που αντιστοιχεί στο βασικό κέντρο οπών, η ανίχνευση της επιφάνειας οπών με την περιστροφή του δείκτη θα παρουσιάσει ως runout λάθος την κατεύθυνση και το ποσό αξονικής μη-σύμπτωσης.</p>
Μικροσκόπιο κεντραρίσματος		<p>Η ευθυγράμμιση του επιλεγμένου στοιχείου επιφάνειας βοηθιείται από το σχέδιο της διάστασης στόχων και την μεγεθυνόμενη εικόνα της περιοχής επιφάνειας.</p>	<p>Η στοχοθέτηση της κεντρικής γραμμής της κεφαλής μέτρησης σε ένα ιδιαίτερο σημείο ενός χαρακτηριστικού γνωρίσματος επιφάνειας οριακού είτε από ευθείες είτε από κυκλικές γραμμές επιτυγχάνεται χωρίς μηχανική επαφή όταν παρουσιάζεται στην εστίαση και η σημαντική περιοχή μπορεί να καλυφθεί από το οπτικό πεδίο του μικροσκοπίου. Χρήσιμος για το κεντράρισμα στις διατομές απροσδιόριστες λόγω των ακτινών.</p>
<p>Οπτικός προβολέας με το σύστημα φακών και οθόνη που τοποθετείται στη κεφαλή μέτρησης</p>		<p>Ευθυγράμμιση με την καθιέρωση της σύμπτωσης χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της διευρυμένης εικόνας με τα σημάδια αναφοράς στο διάγραμμα οθόνης.</p>	<p>Παρόμοιο στη λειτουργία με το κεντράρισμα του μικροσκοπίου ενώ ογκωδέστερο στο μέγεθος, επιτρέπει τη μακρινή παρατήρηση της περιοχής.</p>

Ο δημοφιλέστερος και ευπροσάρμοστος έλεγχος στην αγορά σήμερα είναι ο ηλεκτρονικός έλεγχος αφής (βλ. το σχέδιο 4-11). Καθώς η βελόνα της σφαίρας του ελέγχου που έρχεται σε επαφή με το κομμάτι προς κατεργασία, η εκτροπή της καταγράφεται ηλεκτρομαγνητικά με υψηλή ανάλυση. Αυτή η εκτροπή είναι κάθετη στο κομμάτι προς κατεργασία, επομένως, η δύναμη μέτρησης είναι ανάλογη προς την εκτροπή του ελέγχου και μπορεί να καθοριστεί. Κάθε μέτρηση καταγράφεται ηλεκτρονικά και αποθηκεύεται για να τυπωθεί σε αντίγραφο σε χαρτί. Οι μόνιμες αριθμητικές πληροφορίες που παράγονται με τυπωμένη μορφή μπορεί να είναι ευδιάκριτες τιμές σε διαφορετικές διαδικασίες επιθεώρησης. Τα οφέλη που μπορούν να απορρέουν είναι (1) η διαθεσιμότητα των αξιόπιστων αρχείων μέτρησης (2) η μείωση του χρόνου λειτουργίας και επίπτωση του λάθους με την εξάλειψη της χειρωνακτικής καταγραφής και (3) στις ιδιαίτερες εφαρμογές, τα στοιχεία που αποκτήθηκαν μπορούν να συγκριθούν άμεσα με σχέδιο που γίνεται με την βοήθεια του υπολογιστή(CAD) και πληροφορίες αριθμητικού ελέγχου υπολογιστών (CNC) που προετοιμάζονται προηγουμένως.



*Renishaw Inc.*

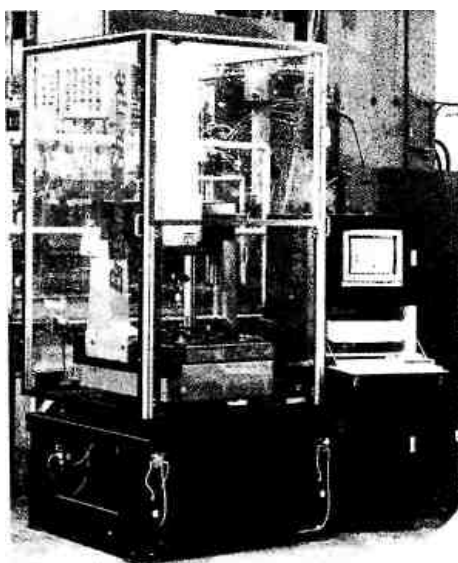
*Σχ. 4-11 Ηλεκτρονικός έλεγχος αφής για τη χρήση ισότιμων μηχανών μέτρησης*

#### *4.3.5 Εξαρτήματα*

Ποικίλα νέα εξαρτήματα έχουν καταστήσει το CMMs σήμερα πιο χρήσιμο στο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου καθώς επίσης και στο περιβάλλον εργοστασίων. Η σύγχρονη μηχανή μέτρησης συντεταγμένων είναι ελεγχόμενη από τον υπολογιστή και είναι συχνά εξοπλισμένη με τα προηγμένα στατιστικά προγράμματα εφαρμογών ελέγχου διεργασίας, με ολοκληρωμένα κυκλώματα γραφικών παραστάσεων που υποστηρίζουν το λογισμικό και μια διεπαφή χειριστών οθόνης αφής. Η καλύτερη τήρηση των αρχείων, η αυξανόμενη ακρίβεια, οι λιγότεροι χειρωνακτικοί υπολογισμοί, ο αυξανόμενος επάνω-χρόνος και οι μειωμένες ανάγκες κατάρτισης έχουν επιτραπεί μέσω της ολοκλήρωσης του λογισμικού υπολογιστών με τη σύγχρονη μηχανή μέτρησης συντεταγμένων.

Δύο πρόσθετα εξαρτήματα έχουν επιτρέψει στο CMM για να πάρουν τη θέση του στο δάπεδο εργοστασίων παράλληλα με άλλα διαμετρήματα παραγωγής. Το πρώτο αυτών των εξαρτημάτων είναι μια περιβαλλοντική περίφραξη όπως φαίνεται στο σχέδιο 4-12. Αυτή η θετική περίφραξη ροών αέρος προστατεύει και κρατά το CMM και την

επιφάνεια εργασίας του απαλλαγμένη από αέριους μολυσματικούς παράγοντες που βρίσκονται στο περιβάλλον του εργοστασίου. Η ελεγχόμενη από υπολογιστή αυτόματη αποζημίωση θερμοκρασίας είναι η δεύτερη σημαντική πρόοδος, που επιτρέπει για τη χρήση του CMM. Οι διαστάσεις και οι ανοχές στα σχέδια εφαρμόζονται σε 20°C, δεδομένου ότι δεν είναι οικονομικώς αποδοτικό να διατηρηθεί το εργοστάσιο σε 20°C. Το λογισμικό υπολογιστών είναι τώρα διαθέσιμο για CMMs που θα μετατρέψει τις πληροφορίες μέτρησης στα πρότυπα 20°C. Η θερμοκρασία του CMM και το κομμάτι που μετρείται ελέγχεται μέσω της χρήσης των αισθητήρων. Αυτές οι πληροφορίες θερμοκρασίας και μέτρησης μετατρέπονται αυτόματα στην τυποποιημένη



θερμοκρασία διαμετρημάτων που επιτρέπει τους γνωστούς συντελεστές της θερμικής επέκτασης που εισάγονται από τον επιθεωρητή. Εντούτοις, αυτό το λογισμικό δεν μπορεί να προσαρμοστεί στις γρήγορες αλλαγές θερμοκρασίας και είναι επομένως το αποτελεσματικότερο στις θερμοκρασίες μεταξύ 15°C και 35°C.

*Brown & Shape Manufacturing Co.*

*Σχ. 4-12 Περιβαλλοντική περίφραξη για προσωπικό CMM που επιτρέπει τη διαμέτρηση shop floor υψηλής ακρίβειας.*

#### 4.3.6 Απόφαση αγορών και CMM πρότυπα

Η μεταβλητότητα, η ακρίβεια και η ικανότητα τεκμηρίωσης του σύγχρονου CMM το κάνουν εργαλείο επιθεώρησης της επιλογής σε έναν συνεχώς αυξανόμενο αριθμό ακρίβειας κατασκευαστών κομματιών. Τα σύνθετα κατασκευασμένα κομμάτια και τα εργαλεία γίνονται συχνά αποδεκτά, απορρίπτονται ή επισκευάζονται απλώς με βάση CMM στοιχεία. Στην πραγματικότητα, όλο και περισσότεροι κατασκευαστές απαιτούν να παράσχουν οι προμηθευτές τους την επίσημη διαστατική τεκμηρίωση της ποιότητας μέσω CMM ως όρο για την διεκπεραίωση της εργασίας.

Διάφοροι παράγοντες πρέπει να εξεταστούν όταν πρόκειται για την αγορά ενός CMM: (1) οι απαραίτητες ικανότητες της μηχανής, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους του φακέλου εργασίας, της ακρίβειας της μονάδας και του είδους πληροφοριών που μπορούν να παραχθούν από το λογισμικό του συστήματος (2) η πείρα του προμηθευτή (3) η υπηρεσία μετά από την πώληση, η οποία πρέπει να περιλαμβάνει τη διαθεσιμότητα των αντικατεστημένων κομματιών και ενός τεχνικού υπηρεσιών (4) η απλότητα της μηχανής, που αφορά την κατάρτιση χειριστών, τύπου ελέγχων και ο



αριθμός διαφορετικών ανθρώπων που αναμένετε να χρησιμοποιήσει το CMM και (5) τιμή, η οποία σε δολάρια του 1993 κυμαίνεται από \$15.000 το ελάχιστο ως \$1.000.000 το μέγιστο. Με αυτό το είδος σειράς τιμών, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στους παράγοντες που απαριθμούνται ανωτέρω, καθώς επίσης και τις πιθανές μελλοντικές χρήσεις και καινοτομίες που μπορούν να καταστήσουν ένα δεδομένο CMM ανεπαρκές ή ξεπερασμένο.

#### 4.3.7 Παρουσίαση διαδικασίας και εκτέλεσης μετρήσεων ΜΜΣ

##### 4.3.7.1 Μέσα και συνθήκες διεξαγωγής

Έγιναν μετρήσεις με τη χρήση σταθερής Μηχανής Μέτρησης Συντεταγμένων – ΜΜΣ (CMM), σε τρία διακριβωμένα πρότυπα μήκη από χάλυβα, Σχήμα 4-13, με στόχο την εκτίμηση της αβεβαιότητας για μετρήσεις σε αντικείμενα με μήκη παρόμοια με αυτά των προτύπων. Παρακάτω παρουσιάζεται τυπική αναφορά μέτρησης ΜΜΣ για την περίπτωση του προτύπου μήκους με ονομαστική τιμή 200mm (τιμή που αναφέρεται στο πιστοποιητικό διακρίβωσης: 199.9997mm). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση της σταθερής ΜΜΣ τύπου γέφυρας (bridge type) που είναι εγκατεστημένη στο Εργαστήριο Ταχείας Κατασκευής Πρωτοτύπων και Εργαλείων & Αντίστροφου Σχεδιασμού του Τομέα ΜΚ&ΑΕ της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Σχήμα 4-14.

- i. Η εν λόγω ΜΜΣ είναι τύπου Mistral 070705 (s/n 00808) του οίκου DEA – Brown & Sharpe Inc. με αβεβαιότητα μέτρησης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 10360 – 2:

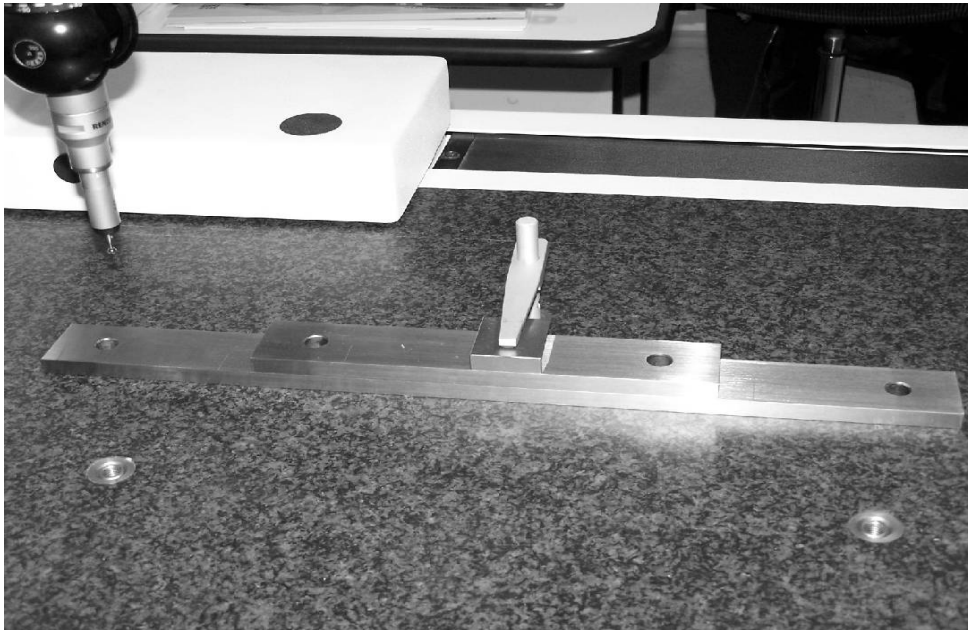
$$U_3 (\mu\text{m}) = \text{MPEE} = 3 + L(\text{mm})/250 \text{ (Volumetric length measuring uncertainty)}$$

$$R (\mu\text{m}) = \text{MPEP} = 3 \text{ (Volumetric probing uncertainty)}$$

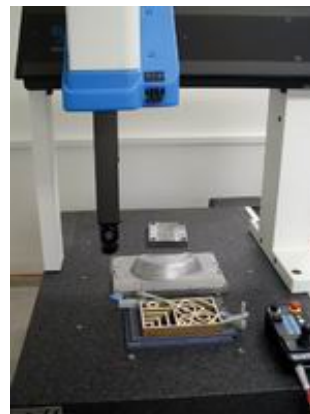
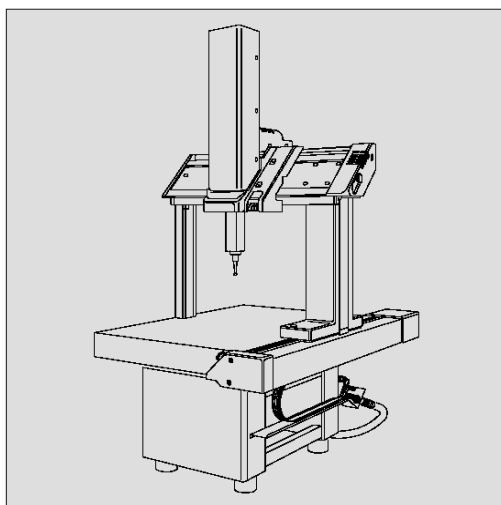
όπου L (σε mm) η μετρούμενη διάσταση και  $U_3$ , R (σε  $\mu\text{m}$ ) η αβεβαιότητα στο χώρο μέτρησης, ανεξαρτήτως διευθύνσεως, κατά τη μέτρηση διαστάσεων και σφάλματος μορφής αντίστοιχα.

- ii. Για την καταγραφή των σημείων χρησιμοποιήθηκε κεφαλή τύπου PH10M (s/n L96618) του οίκου Renishaw Ltd. σε συνδυασμό με εργαλείο αποτελούμενο από στέλεχος τύπου TP200 (s/n Z85454) του οίκου Renishaw Ltd. με απόληξη τύπου “ruby–ball tip” μήκους 20 mm και διαμέτρου 4mm.

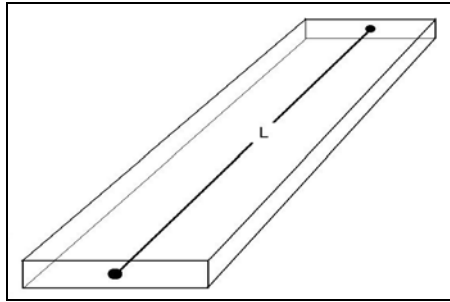
- iii. Κατά τη συνολική διεξαγωγή και επεξεργασία των μετρήσεων με την παραπάνω μηχανή CMM χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό PC - DMIS v. 3.7 της Wilcox Assoc. Inc. στο οποίο οι αλγόριθμοι μαθηματικής προσαρμογής των μετρούμενων σημείων σε γεωμετρικά στοιχεία (features) είναι πιστοποιημένοι σύμφωνα με το πρότυπο ISO 10360-5 από το ινστιτούτο PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt).
- iv. Ο αριθμός και η κατανομή των σημείων επαφής στα εξεταζόμενα στοιχεία καθορίστηκε με βάση τη στρατηγική μέτρησης του Σχ. 4-15.



Σχ. 4-13 Μέτρηση προτύπων μηκών



Σχ. 4-14 ΜΜΣ Εργαστηρίου ΤΚΠ-Ε&ΑΣ



Σχ. 4-15 Σημεία επαφής – στρατηγική μέτρησης

#### 4.3.7.2 Αποτελέσματα – Τυπική Αναφορά Μέτρησης ΜΜΣ

DATE=29/10/2007

TIME=9:21:14 μμ

PART NAME : 200 mm gage block

REV NUMBER :

SER NUMBER :

STATS COUNT : 1

M 200.0025

M 200.0015

M 200.0023

M 200.0023

M 200.0026

M 200.0015

M 200.0017

M 200.0014

M 200.0005

M 200.0003

M 200.0005

M 200.0005

M 200.0011

M 200.0008

M 200.0015

M 200.0020

M 200.0022

M 200.0022

M 200.0023

M 200.0019

END OF MEASUREMENT FOR

PN=200 mm gage block

DWG=

SN=

TOTAL # OF MEAS =20

# OUT OF TOL =0

# OF HOURS =00:04:23

#### 4.4 Μηχανές μέτρησης κατασκευής προτύπων

Η ακρίβεια μηχανικών λειτουργιών της συσκευής κατασκευής προτύπων έχει αναβαθμίσει πολύ στην προηγούμενη δεκαετία τα αποτελέσματα των βελτιώσεων στις συσκευές μέτρησης, που υποστηρίζεται από τις εξελίξεις στα υλικά και στις διαδικασίες κατασκευής των μηχανικών στοιχείων μηχανών. Οι συσκευές κατασκευής προτύπων σχεδιάζονται για την τοποθέτηση του αντικειμένου στο επίπεδο ενός συστήματος των ορθογώνιων συντεταγμένων, και κατέχουν τους συμπληρωματικούς ελέγχους στις κανονικές κατευθύνσεις σε εκείνο το επίπεδο. Επίσης όσον αφορά στην περιστροφή γύρω από τους διαφορετικούς άξονες, με όλες αυτές τις μετακινήσεις που πραγματοποιούνται σε σχέση με τα κοινά στοιχεία.

Η ευελιξία προσδιορισμού θέσης συσκευών κατασκευής προτύπων, που συνδυάστηκε με τη χρήση των πολύ ακριβών συσκευών μέτρησης για την τοποθέτηση του αντικειμένου και για τον έλεγχο των εργαλείων, επέφερε μια κατάσταση όπου τα όργανα μέτρησης στους επιθεωρητές αποδείχθηκαν ανεπαρκή, με βάση τις διαστάσεις για τον έλεγχο των σύνθετων μερών που επεξεργάστηκαν στη μηχανή κατασκευής προτύπων. Μια άλλη ανεπάρκεια αυτής της πρακτικής, όχι μόνο σε γενικές γραμμές αλλά και έχοντας επιπτώσεις στα αποτελέσματα, αποδίδεται στη χρήση των ίδιων συσκευών μέτρησης στη λειτουργία επιθεώρησης που ελέγχει την αυθεντική διαδικασία παραγωγής. Επιπλέον, καμία λύση δεν θα μπορούσε να γίνει σε τέτοιες μεθόδους στη λήψη στην επιθεώρηση των κομματιών που επεξεργάστηκαν στη μηχανή από έναν εξωτερικό προμηθευτή, ή στα σύνθετα και κρίσιμα συστατικά που κατασκευάστηκαν με τη βοήθεια του ειδικού μόνιμου προσαρτήματος χωρίς τη χρήση συσκευών κατασκευής προτύπων.

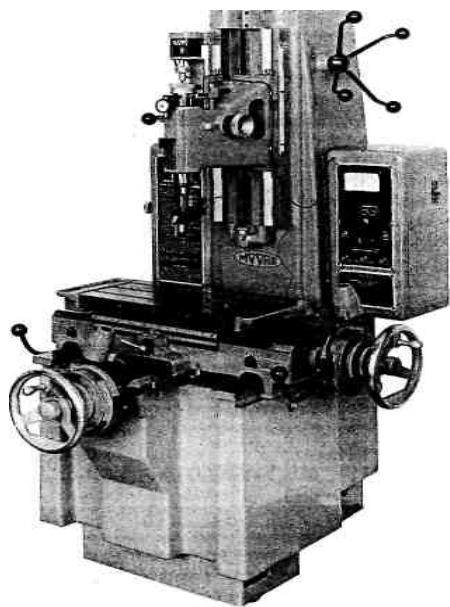
Λαμβάνοντας υπόψη τους όρους που περιγράψαμε, θα είχε φανεί μια προφανής λύση στο πρόβλημα η δημιουργία μηχανών μέτρησης που με την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών ευελιξίας της προσαρμογής των συσκευών κατασκευής προτύπων, θα κατείχαν τις ουσιαστικές ιδιότητες ενός οργάνου μέτρησης. Από αυτή την άποψη, οι σημαντικές προσθήκες θα περιλάμβαναν την άριστη ακρίβεια των εγκάρσιων και περιστροφικών μετακινήσεων, πολύ ευαίσθητες και ακριβείς συσκευές μέτρησης μετατοπίσεων καθώς επίσης και ευαίσθητα όργανα εντόπισης, κατά προτίμηση με την ένδειξη των ικανοτήτων.

Μπορεί να εμφανιστεί εκπληκτικό, αλλά αν και η πρακτική της χρησιμοποίησης συσκευών κατασκευής προτύπων ως μέσο για την ακρίβεια των σύνθετων κομματιών μας πηγαίνει στην δεκαετία του '30, μόνο τα τελευταία χρόνια ο τύπος μηχανών μέτρησης συσκευής κατασκευής προτύπων δημιουργήθηκε, αρχικά ως αμερικανική συμβολή. Ο τύπος μηχανών μέτρησης συσκευής κατασκευής προτύπων κατασκευάζεται τώρα σε αυτήν την χώρα από διάφορους κατασκευαστές εργαλειομηχανών. Η διαθέσιμη σειρά καλύπτει τα μεγέθη από 9 ως 14 ίντσες σε 24 ως 48 ίντσες. Αυτές

οι διαστάσεις εκφράζουν τις αποτελεσματικές επιτραπέζιες μετακινήσεις κατά μήκος του άξονα X και του Y, αντίστοιχα.

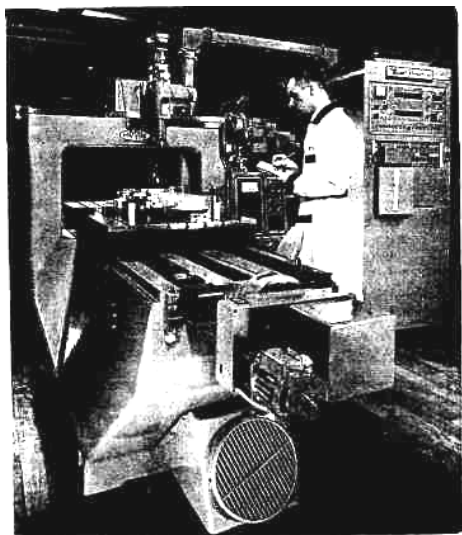
Η πρακτική της χρησιμοποίησης συσκευών κατασκευής προτύπων για την παραγωγή των μετρήσεων πιθανώς δεν είναι διακοπτόμενη. Εντούτοις, τα πλεονεκτήματα μιας απλής μηχανής μέτρησης για τις διαδικασίες που δεν περιλαμβάνουν καμία μετακίνηση τσιπ, αλλά που απαιτούν το πιο υψηλό εφικτό επίπεδο ακρίβειας, γίνονται αναγνωρίσιμες ευρύτερα.

Η αναβαθμισμένη εργασία στην παραγωγή των τμημάτων μηχανών και του καθορισμού των μετατοπίσεων των συσκευών μέτρησης της συσκευής κατασκευής προτύπων, μαζί με την προσθήκη του συμπληρωματικού εξοπλισμού, αποτέλεσε τις πρώτες φάσεις ανάπτυξης (βλ. το σχέδιο 4-16). Εντούτοις, μερικές από τις μηχανές μέτρησης αυτής της κατηγορίας αντιπροσωπεύουν τα αρχικά σχέδια και αναπτύχθηκαν γιατί η μόνη λειτουργία είναι η μέτρηση των διαστάσεων (βλ. το σχέδιο 4-17). Σε αντίθεση με τις συσκευές κατασκευής προτύπων, οι μηχανές μέτρησης δεν απαιτούν για να αντισταθούν στις δυνάμεις που εφαρμόζονται. Εντούτοις, η έννοια της επιθεώρησης υπονοεί ακρίβειες θέσεις και μετρήσεων που απεικονίζουν έναν υψηλότερο βαθμό από αυτούς που είναι διαθέσιμοι για τις φάσεις παραγωγής. Σε μερικές από τις μηχανές μέτρησης πιο πρόσφατης προέλευσης, οι απαιτήσεις αυτές έχουν ικανοποιηθεί σε ένα αξιοπρόσεκτο βαθμό με τη βοήθεια των ασυνήθιστων μεθόδων κατασκευής και ως αποτέλεσμα των διακριτικών χαρακτηριστικών σχεδίου.



Moore Special Tool Co.

*Σχ. 4-16 Τύπος μηχανής μέτρησης συσκευών κατασκευής προτύπων στο συμπαγές σχέδιο. Η παράλληλη μετακίνηση των πινάκων ωθείται και μετριέται από ένα ειδικό κοχλίας μολύβδου. Εξοπλισμένος με έναν ιδιαίτερα ακριβή περιστρεφόμενο άξονα, μπορεί επίσης να παρασχεθεί η κίνηση δύναμης και για τις παράλληλες και περιστροφικές μετακινήσεις.*



Moore Special Tool Co.

Σχ. 4-17 Η Moore αριθ. 5, καθολική μηχανή μέτρησης, που εξοπλίζεται για τη λειτουργία από τον αριθμητικό έλεγχο και για τη ψηφιακή επίδειξη της τοποθετημένης συντονισμένης θέσης.

Η μηχανή μέτρησης Superoptic είναι μοναδική όσο αφορά τις μεγάλες διαστάσεις της, με συνέπεια τους ακόλουθους βαθμούς κατά μήκος των τριών αξόνων, οι οποίοι ολοκληρώνονται με τη διατήρηση της πλήρους υποστήριξης του πίνακα πέρα από ολόκληρο το μήκος της κίνησης του: Η λειτουργία στοχοθέτησης που απαιτεί την ευθυγράμμιση του άξονα γραφίδας με τα στοιχεία των συγκεκριμένων διαστάσεων στην επιφάνεια αντικειμένου πραγματοποιείται συνήθως με την ενίσχυση ενός ηλεκτρονικού δείκτη που κρατιέται σε ένα περιστρέψιμο υποστήριγμα. Η συσκευή δεικτών διατηρείται σε έναν άξονα υψηλής ακρίβειας που μπορεί να περιστραφεί στη γραφίδα είτε με το χέρι είτε από μια κίνηση μηχανών. Για το κεντράρισμα της οπής χρησιμοποιείται ηλεκτρική περιστροφή, και για να πάρει τα συγκεκριμένα σημεία στην επιφάνεια του κομματιού ο άξονας μπορεί να κλειδωθεί σε έναν από τους οκτώ προσανατολισμούς. Ένας υψηλός βαθμός ικανότητας απαιτείται για την ολοκλήρωση της αναγκαίας λειτουργίας στοχοθέτησης με μια ακρίβεια ισόμετρη με την πολύ υψηλή ακρίβεια μέτρησης που βεβαιώνεται για τον προσδιορισμό θέσης των στοιχείων μηχανών κατά μήκος κάθε ενός από τους τρεις άξονες μέτρησης.

Κατά την εξέταση των μέσων της συνεχούς μέτρησης μετατοπίσεων που χρησιμοποιούνται στον τύπο συσκευών κατασκευής προτύπων, δύο συστήματα εμφανίζονται να εξουσιάζουν τον τομέα, δηλαδή, ο οπτικά παρατηρηθείς κύριος τύπος κλίμακας και ο τύπος κοχλία ακρίβειας. Και τα δύο συστήματα κατέχουν τα χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα, αλλά δεν βεβαιώνουν την καθορισμένη ανωτερότητα καθενός συστήματος. Διάφοροι παράγοντες, όπως ο βαθμός εργασίας, η επιλογή των υλικών, οι όροι εφαρμογής και διάφοροι άλλοι, μπορούν να έχουν μια αποφασιστική επίδραση στην ακρίβεια και την καταλληλότητα του επιλεγμένου συστήματος.

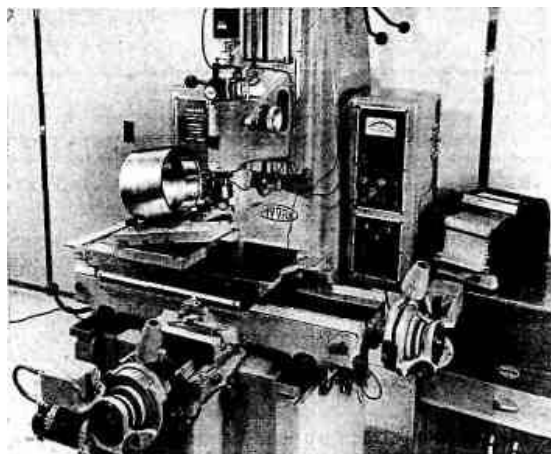
Οι οπτικές συσκευές είναι ουσιαστικά ανεξάρτητες του νερού, της πίεσης και της υστέρησης. Η πραγματική θέση του στοιχείου μηχανών τοποθέτησης επιδεικνύεται

ανεξάρτητα των όρων του διερχόμενου μηχανισμού, και της κατεύθυνσης της παράλληλης μετακίνησης.

Οι κοχλίες μόλυβδου που παράγουν την πολύ ομαλή και ευαίσθητη μετατόπιση είναι απαραίτητα στοιχεία όλων των συσκευών μέτρησης μήκους, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών συστημάτων. Η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει την κατασκευή των σπειρωμάτων βιδώματος που είναι σχεδόν χωρίς λάθη μόλυβδου, και οι πρόοδοι στη μεταλλουργία έχουν παράσχει τα ιδιαίτερα σταθερά και αντίστασης φθοράς υλικά για τους κοχλίες μόλυβδου και τα παξιμάδια. Η δύναμη της ανάλυσης ενός λεπτού κοχλία μόλυβδου πιστών που εξοπλίζεται με ένα μεγάλο κλιμακωτό τύμπανο, που παρατηρείται από κοινού με έναν βερνιέρο, μπορεί να υπερβεί το επίπεδο που πετυχαίνετε με τις οπτικές συσκευές.

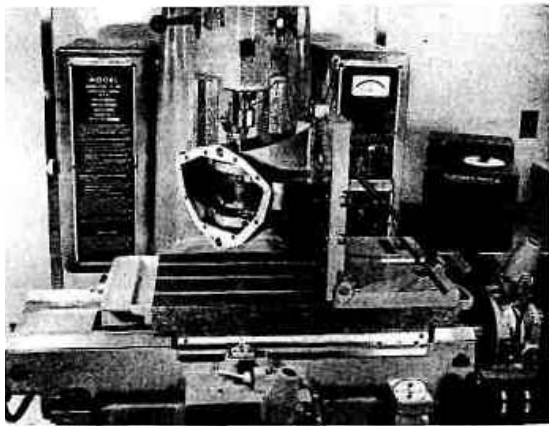
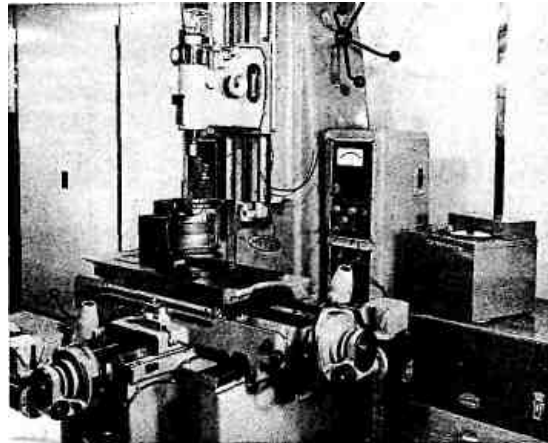
Οι παράλληλες πρόοδοι σε δύο τεχνικά ανταγωνιστικά συστήματα αποδείχθηκαν αμοιβαία ευεργετικές όπως καταδεικνύονται από την πρόοδο που επιτεύχθηκε σε αυτήν την ημερομηνία, και επιπλέον αν αναλογιστεί κανείς τις πρόσθετες βελτιώσεις που αναμένονται.

Για την απεικόνιση της χαρακτηριστικής μέτρησης δυναμικού του τύπου μηχανών μέτρησης συσκευών κατασκευής προτύπων, συζητούνται τρεις διαδικασίες επιθεώρησης και οι αντίστοιχες οργανώσεις μηχανών παρουσιάζονται στα σχ. 4-18 ως 4-20. Ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός είναι μια αριθ. 3 Moore μηχανή μέτρησης με κίνηση μηχανών παράλληλη των πινάκων και για την περιστροφή του άξονα. Ο ηλεκτρονικός δείκτης, που λειτουργεί ως αισθαντικό στοιχείο, διοχετεύει τα σήματα παραγωγής του είτε στο πολικό διάγραμμα είτε στο όργανο καταγραφής διαγραμμάτων λουρίδων, που επιλέγεται σύμφωνα με την ιδιαίτερη λειτουργία επισημάνσης. Οι μετακινήσεις των στοιχείων μηχανών και των οργάνων καταγραφής είναι συγχρονισμένες να παράγουν συνεχή καταγραφή γραμμών σε αναλογία 1:1 για το πολικό όργανο καταγραφής διαγραμμάτων ή σε μια επιλεγμένη αναλογία ενίσχυσης καταγραφής. Αυτά τα συστήματα χρησιμεύουν για να συμπληρώσουν τις ενδείξεις του δείκτη του μετρητή στις διαδικασίες όπου οι καταγραφές διαγραμμάτων είναι χρήσιμες για τη πληροφοριακή και αξιόπιστη αποτίμηση.



Σχ. 4-18. Προετοιμασία μηχανών μέτρησης γωνίας κεκλιμένου, εξωτερικού είδους ρουλεμάν κυλίνδρων, που στηρίζεται σε μια πλάκα ημιτόνου. Ένα όργανο καταγραφής διαγραμμάτων λουρίδων συνδέεται με την ηλεκτρονική κεφαλή διαμετρημάτων μέσω του ενισχυτή.

*Σχ. 4-19. Προετοιμασία μηχανών μέτρησης για τη μέτρηση της κυρτότητας ενός φέροντος προσαρμοστή και για την καταγραφή των αποκλίσεων του ιχνοστοιχείου από τη βασική μορφή του.*

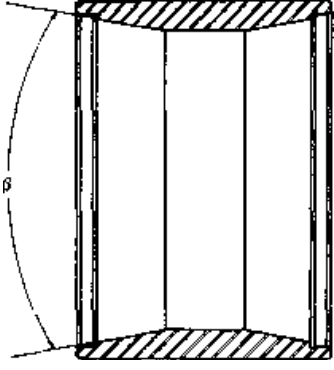
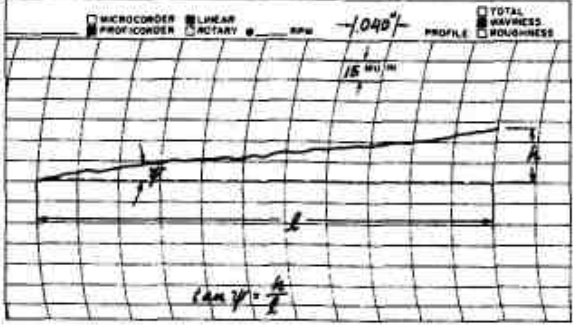


*Σχ. 4-20 Μετρώντας την κατάσταση μηχανών για τη μέτρηση της ομοαξονικότητας της συμπεριφοράς των ανοιχτών εδράνων σε μια αυτοκίνητη διαφορική κάλυψη. Ένα περιστροφικό όργανο καταγραφής χρησιμοποιείται για την προετοιμασία των πολικών διαγραμμάτων, τα οποία δείχνουν ότι οι σχετικοί όροι καθορισμού άνοιξαν τις επιφάνειες.*

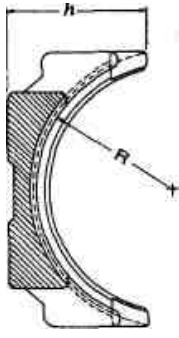
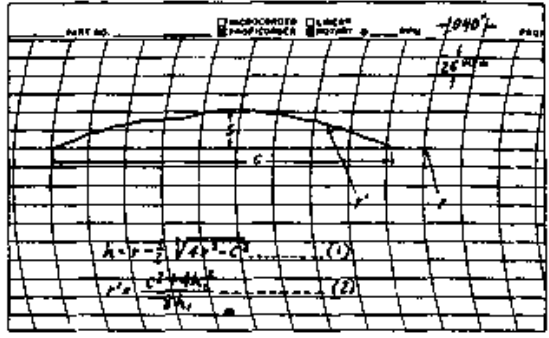


Τα επιλεγμένα παραδείγματα καταδεικνύουν το ρόλο του πολλαπλού-άξονα μηχανών μέτρησης σε διαδικασίες επιθεώρησης όπου, εκτός από τους όρους μεγέθους των καθορισμένων διαστάσεων, η γεωμετρία και η σχετική θέση τους πρέπει επίσης να καθοριστούν. Οι πίνακες 4.4 έως 4.6 περιγράφουν εν συντομία το σκοπό και τις τεχνικές αυτών των διαδικασιών επιθεώρησης, χρησιμοποιώντας τα διαγραμματικά σχέδια για να επεξηγήσουν τις μεμονωμένες διαστάσεις και άλλους γεωμετρικούς όρους που πρέπει να μετρηθούν στη διαδικασία.

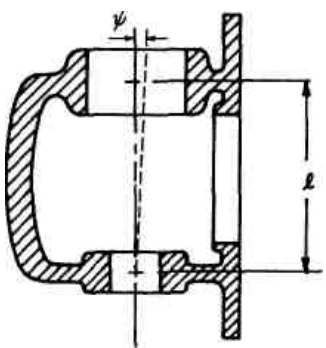
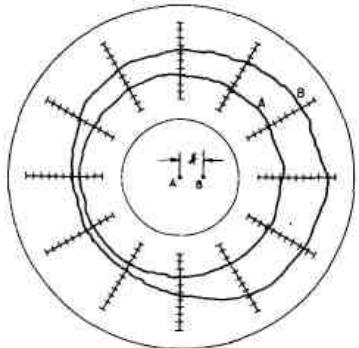
**ΠΙΝ 4-4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (ΜΗΧΑΝΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΜΕ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΛΟΥΡΙΔΩΝ**

<p>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ : Διπλή σειρά αντοχής κωνικού κυλινδρικού κυπελλοειδούς αντικειμένου</p> <p>ΜΕΤΡΗΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ: Η γωνία κλίσης της διαδρομής</p>	
<p>Διαγραμματικό σχέδιο κομματιού</p>	<p>Καταγραφή της καθορισμένης επιφάνειας</p>
	
<p>ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η συμπεριλαμβανόμενη γωνία <math>\beta</math> πρέπει να είναι για να συμφωνήσει με το βασικό μέγεθος σχεδίου μέσα σε μια μονόπλευρη ανοχή της οποίας η συνολική σειρά είναι λιγότερο από ένα λεπτό του τόξου.</p>	<p>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ: Όταν το κομμάτι κρατιέται στη γωνία <math>\beta / 2</math> η επισήμανση του στοιχείου διαβάσεων πρέπει να παράγει μια οριζόντια ευθεία γραμμή. Οι παρεκκλίσεις θα δείξουν τη μετρημένη απόκλιση από την ονομαστική γωνία</p>

**ΠΙΝ. 4-5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (ΜΗΧΑΝΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΜΕ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΛΟΥΡΙΔΩΝ**

<p>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ : Προσαρμοστές περιδικών ρουλεμάν          ΜΕΤΡΗΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ : Η κυρτότητα των επαφών επικάλυψης</p>			
<p>Διαγραμματικό σχέδιο κομματιού</p>		<p>Καταγραφή της καθορισμένης επιφάνειας</p>	
<p>ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η κυρτότητα του κυλινδρικού τμήματος πρέπει να αντιστοιχεί σε ένα κυκλικό τόξο με την ακτίνα R.</p>		<p>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ: (1) Καθορισμένη τιμή του h που υπολογίζεται με βάση το ονομαστικό r (2) Υπολογισμός του r'' (πραγματική ακτίνα) βασισμένο στο <math>h'' = h+s</math>.</p>	

**ΠΙΝ. 4-6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΞΟΝΩΝ (ΜΗΧΑΝΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΜΕ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΛΟΥΡΙΔΩΝ**

<p>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ: Αυτοκίνητη διαφορική κάλυψη          ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΠΟΥ ΜΕΤΡΙΕΤΑΙ: Ομοαξονική της συμπεριφοράς των εδρών διαμετρήματος</p>			
<p>Διαγραμματικό σχέδιο κομματιών</p>		<p>Καταγραφή της επισημασμένης επιφάνειας</p>	
<p>ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι φέρουσες οπές εδρών πρέπει να έχουν έναν κοινό άξονα σε ένα επίπεδο παράλληλο στην επιφάνεια τοποθέτησης .</p>		<p>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ: Η απόσταση K απεικονίζει τη μετατόπιση στη θέση των κέντρων διαμετρήματος των οποίων η επισημανση ήταν παραπεμφθείσα από ένα κοινό επίπεδο στοιχείων. Το συσχετισμένο K με την απόσταση l θα δείξει τη γωνία <math>\psi</math> της μη ευθυγράμμισης :</p> $\tan \psi = \tan \Psi = \frac{k}{l}$	

Η μεταβλητότητα του τύπου μηχανών μέτρησης συσκευών κατασκευής προτύπων επεκτείνεται περαιτέρω με την χρήση των περιστροφικών πινάκων ή των κεφαλών διαίρεσης. Τα κυκλικά διαστήματα και οι πολικές συντεταγμένες μπορούν να μετρηθούν, αξονικά, ή ακτινωτά, στην περίμετρο ενός στρογγυλού αντικειμένου. Με το συνδυασμό του περιστροφικού πίνακα με πλάκα ημιτόνου, τα κυκλικά γωνίσιμα, διαχωρισμένα κατά διαστήματα χαρακτηριστικά σε μια κωνική επιφάνεια μπορούν να επιθεωρηθούν για τη γωνία θέσης και άξονα.

#### 4.5 Συσκευές οπτικών μετρήσεων

Συσκευές οπτικών μετρήσεων δεν είναι γενικά γνωστές ως αυστηρά καθορισμένη κατηγορία. Οι οπτικές συσκευές περιστασιακά χρησιμοποιούνται σε άλλους τύπους μηχανών μέτρησης, είτε για τη μέτρηση απόστασης είτε για τη λειτουργία του κεντραρίσματος. Ο ουσιαστικός σκοπός του μηχανολογικού μικροσκοπίου συσχετίζεται με τις οπτικές ικανότητες. Τα μέσα για την μέτρηση της μετατόπισης του μικροσκοπίου παρέχουν μόνο μια δευτεροβάθμια, αν και συχνά απαραίτητη, λειτουργία που συμπληρώνει τις ευπροσάρμοστες παρατηρητικές δυνατότητες του μικροσκοπίου εφαρμοσμένης μηχανικής.

Ο σκοπός του ορισμού της κατηγορίας οργάνων μηχανών οπτικής μέτρησης είναι να βοηθηθεί η έρευνα για τις προτιμητέες χρήσεις των συγκρίσιμων τύπων οργάνου μέτρησης. Αυτά τα όργανα, ανεξάρτητα από την ομοιότητα του σκοπού και των λειτουργικών συστημάτων, προορίζονται για διαφορετικές αρχικές εφαρμογές. Επειδή το κυρίαρχο είδος διαμόρφωσης και διαστάσεων μερών είναι που πρέπει να κατευθύνει την επιλογή του καταλληλότερου τύπου οργάνου, η οπτική μηχανή μέτρησης συζητείται ως χωριστή κατηγορία οργάνων.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό σε σχέση με τα μικροσκόπια εφαρμοσμένης μηχανικής είναι η μέθοδος, μηχανική επαφή πρώτιστα που χρησιμοποιείται για αυτήν την λειτουργία στις μηχανές μέτρησης. Η μηχανική επαφή είναι η προτιμητέα μέθοδος στοχοθέτησης όταν οι σαφώς καθορισμένες επιφάνειες ορίου της κανονικής μορφής είναι παρούσες στο κομμάτι, και τα μόνα εφαρμόσιμα μέσα όταν τα σημεία ορίου της μέτρησης των διαστάσεων δεν είναι προσιτά στην οπτική παρατήρηση.

Προφανώς, τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν των οπτικών μηχανών μέτρησης, σε σύγκριση με εκείνα των μικροσκοπίων εφαρμοσμένης μηχανικής, περιλαμβάνουν το υψηλότερο κόστος που πρέπει να δικαιολογηθεί από την ανάγκη για πρόσθετες ικανότητες. Πρέπει επίσης να συνειδητοποιηθεί ότι υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία των διαμορφώσεων μερών, γεωμετρικών χαρακτηριστικών, διαστατικών κατηγοριών και της οριοθέτησης στοιχείων από ευπροσάρμοστους τρόπους των σύγχρονων μικροσκοπίων μέτρησης.

Τα μηχανικά μέλη επαφών των οπτικών μηχανών μέτρησης ανήκουν συνήθως σε έναν από τους παρακάτω βασικούς τύπους, που παρατίθενται, μαζί με μια συνοπτική συζήτηση των χαρακτηριστικών πλεονεκτημάτων και των περιορισμών τους :

α. *Μηχανικός δείκτης*. Η χρήση του περιορίζεται στους όρους όπου το ικανοποιητικό διάστημα είναι διαθέσιμο για να τοποθετήσει το δείκτη σε μια θέση που επιτρέπει την παρατήρηση του πίνακα και τις κλήσεις εφαρμογής για τη διαμέτρηση των μετατοπίσεων σε μια κατεύθυνση μόνο. Ο μηχανικός δείκτης παρέχει εκτενή σειρά μετρήσεων με επαυξητικές τιμές και στις δύο πλευρές της θέσης αναφοράς .

β. *Ηλεκτρονικός δείκτης*. Διακρίνεται από τη μεγάλη ευαισθησία, την υψηλή δύναμη επαφών ενίσχυσης, και την ανάγνωση σε έναν μακρινό μετρητή με τις ακριβείς επαυξητικές τιμές πέρα από μια διμερή σειρά του περιορισμένου βαθμού. Οι ηλεκτρονικοί δείκτες προτιμώνται επίσης για το κεντραρισμένο τύπο όταν παρέχεται ένας ακριβής περιστρεφόμενος άξονας στη κεφαλή μέτρησης της μηχανής για το μετατροπέα του υποδεικνυόμενου οργάνου.

γ. *Μικροσκόπιο ανιχνευτών*. Το μικροσκόπιο ανιχνευτών χρησιμοποιείται ως καθοδηγητικός δείκτης μόνο, στη σύμπτωση σημάτων του στοιχείου που έρχεται σε επαφή με επιφάνεια με τη θέση αναφοράς της διαμέτρησης. Λειτουργικά, περιέχει έναν καθρέφτη που συνδέεται άκαμπτα με το βραχίονα του μηχανικού σημείου επαφής. Η μετατόπιση του στοιχείου επαφών προκαλεί αιχμές του καθρέφτη, ο οποίος απεικονίζει ένα προβαλλόμενο σημάδι αναφοράς. Σε μια συγκεκριμένη θέση κλίσης του καθρέφτη, η απεικονισμένη εικόνα αναφορά-σημαδιών εμφανίζεται στον τομέα της παρατήρησης του μικροσκοπίου και παρατηρείται σε σχέση με τις διπλές γραμμές στόχων μιας κατασκευής. Το μικροσκόπιο ανιχνευτών αντιπροσωπεύει το βασικό αισθαντικό μέλος για τις οπτικές μηχανές μέτρησης, λόγω της μεγάλης ευαισθησίας του, την εξαιρετική μεταβλητότητα που βεβαιώνεται από τα ανταλλάξιμα σημεία επαφής, και ένα μοναδικό χαρακτηριστικό: ανεξαρτησία από τη σπασμωδική κίνηση ή τη μετατόπιση, ακόμα και αντιστρέφοντας την κατεύθυνση επαφών διατηρώντας την ίδια γραμμή αντίληψης.

# Κεφάλαιο 5

## 5 Κατανομή Μετρήσεων

Η κατανομή, στις πτυχές που εξετάζονται στο ακόλουθο κεφάλαιο, είναι εκείνο το μέρος του περιγράμματος ενός τεχνικού κομματιού ή ενός χαρακτηριστικού γνωρίσματος που παρατηρείται ως γραμμή ορίου του σε ένα λειτουργικά σημαντικό - επίπεδο. Τέτοια επίπεδα για τους κανονικούς γεωμετρικούς αριθμούς είναι το αξονικό επίπεδο ενός σώματος που περιστρέφεται, ή το κεντρικό επίπεδο άλλων τύπων συμμετρικών κομματιών. Από μια λειτουργική άποψη το σχεδιάγραμμα μπορεί να εξεταστεί σε ένα κάθετο επίπεδο στη λειτουργική μετατόπιση μετακίνησης, όπως το επίπεδο ίχνος καθοδήγησης κανονικό στην κατεύθυνση της παράλληλης μετατόπισης του καθοδηγημένου μέλους. Η, θα μπορούσε να είναι το εφαπτόμενο επίπεδο σε σχέση με μια περιστροφική πορεία, όπως σε ένα επιλεγμένο τμήμα μιας λεπίδας προωστήρων.

Τα βασικά σχεδιαγράμματα των κομματιών εφαρμοσμένης μηχανικής μπορούν να έχουν τις κανονικές γεωμετρικές μορφές, όπως οι ευθείες γραμμές ή κύκλοι, ένας συνδυασμός ευθειών γραμμών και κυκλικών τόξων σε συγκεκριμένη γωνιακή σχέση η μια στην άλλη, παραγόμενες μορφές, όπως οι ελικοειδείς μορφές που χρησιμοποιούνται όπως στα εργαλεία ή οι ανώμαλες μορφές που αναπτύχθηκαν για να προσαρμόσουν τις ιδιαίτερες λειτουργικές συνθήκες. Τέλος, ο λειτουργικός ρόλος ενός κομματιού μπορεί να απαιτήσει μια μορφή που ποικίλλει μέσα στην επιφάνεια, και αν και οι αλλαγές είναι βαθμιαίες και συνδυάζονται η μια με την άλλη, για πρακτικούς λόγους τέτοιες μορφές διευκρινίζονται συχνά και μετριούνται από ακριβή καθορισμένα επίπεδα, χαρακτηριστικά κομμάτια σε αυτήν την κατηγορία που είναι πτερύγια στροβίλων και οθόνες τηλεοράσεως.

Η διαστασιολόγηση των σχεδιαγραμμάτων στα σχέδια εφαρμοσμένης μηχανικής συσχετίζεται συνήθως με τη βασική μορφή τους, ή με τη συνδυασμένη εφαρμογή διάφορων βασικών μορφών που, σε ορισμένες περιπτώσεις, πρέπει να συνδυαστούν με έναν τρόπο που διευκρινίζεται ρητώς στο πρότυπο σχεδίου. Η ανοχή γενικά ορίζεται σαν τις αποκλίσεις από τη βασική μορφή, αν και για τα μη ομαλά σχεδιαγράμματα, είναι συχνά πρακτικό να εφαρμοστεί το όριο ζώνης ανοχής, απαιτώντας ότι το πραγματικό σχεδιάγραμμα περιέχεται μεταξύ δύο ουσιαστικά παράλληλων γραμμών, οι οποίες είναι σε μια συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους. Οι ζώνες ανοχής για τα σχεδιαγράμματα μπορούν επίσης να έχουν άλλες μορφές, όπως βαθμιαίες διευρυμένες περιοχές για να απεικονίσουν τον μειωμένο κίνδυνο των παρακείμενων τμημάτων. Τέλος, οι ζώνες ανοχής μπορούν να βρεθούν με την συμμετρική δρασκέλιση του βασικού περιγράμματος ή μπορούν να μετατοπιστούν σε μια πλευρά μόνο (επιτρέπο-

ντας το αυξανόμενο ή μειωμένο υλικό συνθηκών) κατά τρόπο συγκρίσιμο με την μονόπλευρη αντοχή του μεγέθους.

Λειτουργικά, τα σχεδιαγράμματα των τεχνικών κομματιών μπορούν να είναι σημαντικά στους διάφορους βαθμούς και, στις διάφορες εφαρμογές, ένα σχεδιάγραμμα θα μπορούσε να απεικονίσει τη σημαντικότερη απλή συνθήκη του κομματιού. Η ορισμένη σημασία απεικονίζεται συνήθως από τις διευκρινισμένες αντοχές, οι οποίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως οδηγός στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επιθεώρησης και του καταλληλότερου τύπου μέτρησης του οργάνου.

Η επιθεώρηση και η μέτρηση του σχεδιαγράμματος μπορούν να ολοκληρωθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος του κομματιού, τις απαραίτητες λειτουργικές ιδιότητες, το επίπεδο ακρίβειας του σχεδιαγράμματος, τα χαρακτηριστικά μορφής της και διάφορα άλλα.

Συχνά, η επιθεώρηση περιορίζεται στον έλεγχο της γενικής μορφής του σχεδιαγράμματος, είτε δεν λαμβάνει υπόψη το μέγεθος του κομματιού, είτε σε συνδυασμό με την επίδραση του σχεδιαγράμματος στο μέγεθος. Η διευκρινισμένη ανοχή μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη να επιτρέψει την οπτική επιθεώρηση σε σύγκριση με ένα αντίστροφο κύριο περίγραμμα, ή με τη διαμέτρηση των ισότιμων θέσεων μερικών επιλεγμένων σημείων ελέγχου κατά μήκος του περιγράμματος του κομματιού.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια, η διευρυμένη εξέταση θα προσφερθεί από ένα μικροσκόπιο ή από έναν οπτικό προβολέα. Το σχεδιάγραμμα μπορεί ακόμη και να είναι κρίσιμο για μια εκτεταμένη, απαιτητική, πολύ υψηλή ακρίβεια, για την επιθεώρηση υπό τη σημαντική έννοια, ενός είδους ικανότητας που παρέχεται από τη συνεχή ανίχνευση της επιφάνειας σε μια διαδικασία γνωστή ως επισήμανση σχεδιαγράμματος.

Οι διαστάσεις των ανοχών σχεδιαγράμματος είναι συχνά πιο συγκεκριμένες, απαιτώντας το σχεδιάγραμμα να περιλαμβάνει μια καθορισμένη ζώνη ανοχής, η οποία μπορεί να επιδειχθεί γραφικά σε ένα ενισχυμένο διάγραμμα περιγράμματος που καθορίζεται για τη χρήση σε μια οπτική οθόνη προβολών.

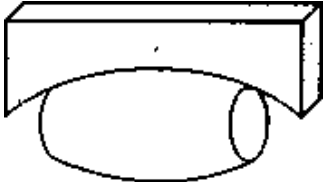
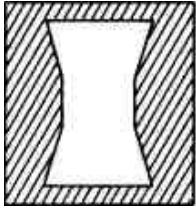
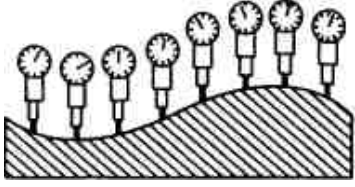
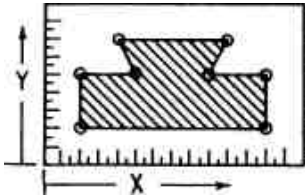
Ένας άλλος τρόπος για τις ανοχές σχεδιαγράμματος είναι με την απαίτηση της αίσθησης και της διάστασης των επιτρεπόμενων αποκλίσεων από μια γραμμή βάσεων, οι πιο συχνές είτε μια ευθεία γραμμή είτε ένα κυκλικό τόξο. Τα διαγράμματα που παράγονται με την επισήμανση σχεδιαγράμματος, είτε γραμμική είτε περιστροφική, είναι κατεξοχήν προσαρμοσμένα για την αξιολόγηση των συνθηκών του σχεδιαγράμματος σύμφωνα με το τελευταίο είδος ανοχής.

Τέλος, το σχεδιάγραμμα και η θέση του όσον αφορά ένα δεδομένο μπορούν να είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τη μέτρηση των γραμμικών ή γωνιακών διαστάσεων ενός τεχνικού κομματιού που εξετάζεται με τον καθορισμό του ποσού απόκλισης από τον ονομαστικό όρο του σχεδιαγράμματος του. Για αυτό το είδος μέτρησης χρησιμοποι-

ούνται γενικά πολύ υψηλές μέθοδοι ευαισθησίας, όπως παρέχονται από τα μικροσκόπια μετρήσεων και, ιδιαίτερα, με το σχεδιάγραμμα-καθορισμού των οργάνων.

Διάφορες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την επιθεώρηση και μέτρηση των χαρακτηριστικών σχεδιαγράμματος των διάφορων κομματιών συζητούνται από κοινού με τις διάφορες μεθόδους μέτρησης και τον εξοπλισμό. Εντούτοις, προκειμένου να παρασχεθεί μια περιεκτική αναθεώρηση των εφαρμόσιμων διαδικασιών, και ως ενίσχυση για την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου και του εξοπλισμού, μια έρευνα για το σχεδιάγραμμα που επιθεωρεί και μετρά τα συστήματα παρουσιάζεται στον Πίνακα 5-1.

**ΠΙΝ. 5-1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑΤΟΣ- 1**

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
<p>Άμεση σύγκριση με ένα κύριο μηχανισμό που έχει τον αντίστροφο τύπο του ονομαστικού περιγράμματος.</p>	<p>Διαμέτρημα περιγράμματος για τον έλεγχο της μορφής σχεδιαγράμματος ενός κυλινδρικού σωλήνα</p> 	<p>Οι παρεκκλίσεις του δείγματος περιγράμματος από αυτόν του κύριου μηχανισμού προκαλούν τα χάσματα που είναι αισθητά από την άμεση μετάδοση φωτός ή μέσω ενός σωλήνα μικροσκοπίων. Κατά εφαρμογή μιας χρωστικής ουσίας στην επιθεωρημένη επιφάνεια τα χάσματα θα είναι αισθητά ως άθικτα τμήματα. Το λειτουργικό στοιχείο του διαμετρήματος είναι συχνά φτερωτό για το βελτιωμένο καθορισμό επαφών.</p>
<p>Τα διαμετρήματα ορίου έκαναν για ολόκληρο το περίγραμμα του κομματιού με τις διαστάσεις να ανταποκρίνεται στα όρια ανοχής του σχεδίου</p>	<p>Διαμέτρημα κενού για την επιθεώρηση μιας εξωθημένης μορφής</p> 	<p>Τέτοια διαμετρήματα γίνονται συνήθως ανά ζευγάρια, απεικονίζοντας τα GO και NOT GO μεγέθη, τα οποία καθορίζονται από το μέγιστο και ελάχιστο υλικό όρο ως συνέπεια των σύνθετων αποτελεσμάτων των ανοχών μορφής και μεγέθους.</p>
<p>Οι δείκτες τοποθετούνται δίπλα-δίπλα σε ένα επίπεδο που περιέχει το σχεδιάγραμμα που επιθεωρείται</p>	<p>Επιθεώρηση του σχεδιαγράμματος ενός κομματιού με το ακανόνιστο-καμπύλο περίγραμμα</p> 	<p>Οι συνετά τοποθετημένοι δείκτες (μηχανικοί ή άλλα συστήματα) πρέπει να τεθούν με την ενίσχυση ενός κύριου μηχανισμού που απεικονίζει το ονομαστικό σχεδιάγραμμα. Με την αντικατάσταση των φυσίγιων ανίχνευσης διαμετρημάτων αέρα για τους μεμονωμένους δείκτες, οι αποκλίσεις των επιθεωρημένων σημείων από τις βασικές θέσεις μπορούν να επιδειχθούν μακρινά στις τοποθετημένες στήλες δεικτών.</p>
<p>Μέτρηση των ισότιμων θέσεων των χαρακτηριστικών σημείων περιγράμματος</p>	<p>Το σχεδιάγραμμα ενός συναρμολογημένου διαμετρήματος</p> 	<p>Το μέγεθος και η μορφή χαρακτηριστικών οριακών γνωρισμάτων από τις ουσιαστικά ευθείες γραμμές μπορούν να επιθεωρηθούν με τον έλεγχο των ισότιμων θέσεων των χαρακτηριστικών σημείων κατά μήκος του λειτουργικού σχεδιαγράμματος ή γύρω από ολόκληρο το περίγραμμα.</p>



Μερικές από αυτές τις μεθόδους μπορούν να θεωρηθούν ως συγκεκριμένες εφαρμογές γενικά χρησιμοποιούμενων συστημάτων μέτρησης και διαδικασιών. Σύμφωνα με τις λίστες του πίνακα, τα σχεδιαγράμματα που έχουν τη βασική μορφή μιας ευθείας γραμμής μπορούν να επιθεωρηθούν, με πολύ υψηλή ευαισθησία, με τη βοήθεια του σχεδιαγράμματος επισημαίνοντας, μια μέθοδο σχετικά πρόσφατης προέλευσης.

Ο καθορισμός του σχεδιαγράμματος είναι ένα ιδιαίτερο σύστημα της μέτρησης σχεδιαγράμματος. Ο καθορισμός του σχεδιαγράμματος, σαν σύστημα των διαστατικών μετρήσεων, θεωρείται τόσο μοναδικός στις ικανότητές, και τόσο ευπροσάρμοστος στις πιθανές εφαρμογές, που χρειάζεται ξεχωριστή συζήτηση. Για αυτό τον λόγο το επόμενο κομμάτι αυτού του κεφαλαίου θα επικεντρωθεί στις μεθόδους, τα όργανα και τις εφαρμογές του σχεδιαγράμματος επισημαίνοντας, μερικές αρχές των τεχνικών οργάνωσης, καθώς επίσης και της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων διαμέτρησης.

## 5.1 Καθορισμός Σχεδιαγράμματος

Σε αυτό το πλαίσιο, ο καθορισμός του σχεδιαγράμματος υποδεικνύει μια διαδικασία επιθεώρησης στην οποία ένα επιλεγμένο στοιχείο της επιφάνειας εργασίας ανιχνεύεται σε μια παράλληλα συνεχή μετακινούμενη κίνηση από τη γραφίδα που συνδέεται με ένα ηλεκτρονικό μέλος αισθητήρα, αποκαλούμενο συχνά επανάληψη. Οι εκτροπές της γραφίδας σε μια κανονική κατεύθυνση στη παράλληλη πορεία της δημιουργούν τα ηλεκτρικά σήματα που είναι ανάλογα προς τις μεταβολές επιφάνειας που προκαλούν τις γραφίδες να εκτραπούν. Η βασική παράλληλη πορεία της γραφίδας είναι συνήθως μια ευθεία γραμμή με την οποία συγκρίνεται ο καθορισμός επιφάνειας στοιχείου.

Η βασική πορεία ευθειών γραμμών καθιερώνεται σε μια θέση για να συμπέσει με το θεωρητικό περίγραμμα του κομματιού, ή με μια εννοιολογική ευθεία γραμμή με την οποία συσχετίζεται το περίγραμμα σχεδίου. Στην πράξη, εκείνος ο προσδιορισμός θέσης ολοκληρώνεται από την αμοιβαία ρύθμιση της γραφίδας πορείας και του δείγματος.

Η πορεία ευθειών γραμμών παράγεται από τη σχετική μετατόπιση του αντικειμένου και του αισθητήρα. Αυτή η σχετική μετατόπιση κατά μήκος μιας ακριβούς ελεγχόμενης διαδρομής θα προκύψει είτε από τη μετακίνηση του αισθητήρα σε σχέση με ένα στάσιμο αντικείμενο είτε από τη παράλληλη μετατόπιση του αντικειμένου μπροστά από έναν σταθερό αισθητήρα θέσης.

Οποιαδήποτε ρύθμιση που χρειάζεται για να βεβαιώσει την κατάλληλη τοποθέτηση και τον προσανατολισμό της γραφίδας πορείας πραγματοποιείται πριν από την πραγματική λειτουργία ανίχνευσης, και έπειτα κλειδώνεται. Η πορεία, μόλις ευθυγραμμιστεί, θα ακολουθείτε έκτοτε από τη σχετική παράλληλη μετακίνηση κατά μήκος μιας

πολύ ακριβούς διατηρημένης διαδρομής της οποίας οι μέγιστες παρεκκλίσεις από τη βασική ευθεία γραμμή εγγυώνται συνήθως από τον κατασκευαστή οργάνων.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του σχεδιαγράμματος, σαν διαδικασία επιθεώρησης, είναι η προετοιμασία διαγραμμάτων καθορισμού για την επίδειξη της ενισχυμένης απεικόνισης του στοιχείου επιφάνειας. Προκειμένου να υπάρχει εξαρτημένη απεικόνιση του διερευνημένου τμήματος περιγράμματος, η γραμμή καθορισμού στο διάγραμμα πρέπει να είναι ανάλογη προς το πραγματικό σχεδιάγραμμα κομματιών, όμως εκτεθειμένη στις κλίμακες της μεγέθυνσης που επιλέγονται χωριστά για κάθε μια από τις δύο βασικές κατευθύνσεις: η κατακόρυφος και η οριζόντια.

Αναθεωρώντας τα υποδεικνυμένα λειτουργικά στοιχεία της διαδικασίας, μπορεί να δηλωθεί ότι προκειμένου να είναι προσαρμόσιμα για το σχεδιάγραμμα που επισημαίνει το όργανο, πρέπει να κατέχει τα μέσα να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες λειτουργίες:

α. Για να παράγει μια σχετική μετατόπιση του κομματιού και του μέλους αισθητήρα κατά μήκος μιας πορείας που ακολουθεί με ακρίβεια μια ευθεία γραμμή.

β. Για να παρέχει τα μέσα για ρυθμίσεις των αμοιβαίων θέσεων του κομματιού και της πορείας ανίχνευσης.

γ. Για να κατέχει μια συσκευή αισθητήρα με ένα μέλος επαφών (γραφίδα) ικανό να σχεδιάζει ένα επιλεγμένο στοιχείο της επιφάνειας εργασίας και για να παράγει τα ηλεκτρικά σήματα ανάλογα προς τις αποκλίσεις της επιφάνειας από τη βασική πορεία ανίχνευσης. Αυτό το μέλος υποστηρίζεται από μια μακρινά τοποθετημένη μονάδα ενισχυτών.

δ. Για να εξοπλιστεί με ένα όργανο καταγραφής, που με την αξιοποίηση των σημάτων του κεφαλιού αισθητήρα, μπορεί να παράγει μια γραμμή επισήμανσης διαγραμμάτων που απεικονίζει με ακρίβεια την ανιχνευμένη φυσική επιφάνεια στις επιλεγμένες κάθετες και οριζόντιες ενισχύσεις.

Αν και αυτή είναι μια απαιτητική λίστα των αναγκών, είναι δυνατό, σε γενικές γραμμές, να προσαρμοστούν πολλοί τύποι μηχανών και οργάνων, ειδικά εργαλειομηχανές με παράλληλες μετακινήσεις, στο σχεδιάγραμμα καθορισμού, με τον εξοπλισμό τους με τα αναγκαία συμπληρωματικά εξαρτήματα. Στην πράξη, εντούτοις, τέτοιες προσαρμογές είναι μάλλον σπάνιες, για οικονομικούς και για τεχνικούς λόγους.

Οικονομικά, είναι γενικά αδικαιολόγητο να καθηλώσει για εργαλειομηχανές τις διαδικασίες μέτρησης των εργαλείων μηχανής που διαστασιολογήθηκαν και απαιτούνται ως εξοπλισμός παραγωγής. Μια ευαίσθητη διαδικασία μέτρησης από το σχεδιάγραμμα καθορισμού περιλαμβάνει μόνο τις ασήμαντες δυνάμεις, όμως απαιτείται ο εκτενής χρόνος οργάνωσης και ρύθμισης εκτός από την πραγματική λειτουργία καθορι-

σμού. Επιπλέον, τέτοιες βασικές μηχανές πρέπει να εξοπλιστούν με τη χρήση επιστημονικών οργάνων, των οποίων η τιμή μπορεί να απεικονίσει το μεγαλύτερο μέρος του κόστους ενός οργάνου.

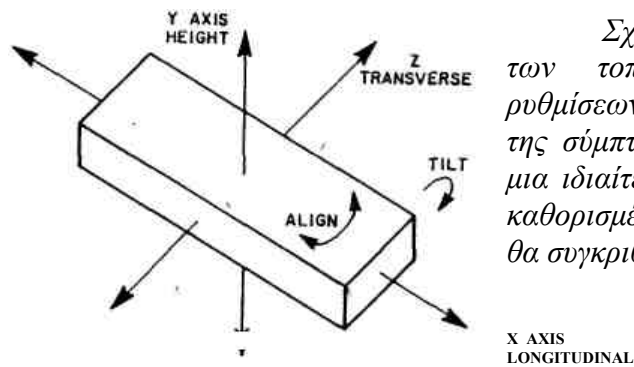
Από τεχνική άποψη, οι προσαρμογές περιορίζονται από το γεγονός ότι οι λειτουργίες των περισσότερων σχεδιαγραμμάτων καθορισμού απαιτούν έναν βαθμό ακρίβειας της παράλληλης κίνησης που υπερβαίνει το επίπεδο που κοινά απαιτείται για τις εργαλειομηχανές.

Εντούτοις, οι προσαρμογές για τον καθορισμό σχεδιαγράμματος μπορεί να χρειάζονται να δικαιολογηθούν υπό ιδιαίτερους όρους και για αυτόν τον λόγο η πιθανή δυνατότητα πραγματοποίησης ήδη παρουσιάστηκε. Πραγματικά, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες τέτοιες προσαρμογές επεκτείνουν τις αρχικές ικανότητες του βασικού εξοπλισμού, ο οποίος δεν σχεδιάστηκε αρχικά για να λειτουργήσει ως όργανο καθορισμού σχεδιαγράμματος.

#### 5.1.1 Τα συστήματα και το σχέδιο των οργάνων σχεδιαγραμμάτων καθορισμού

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η παράλληλη μετακίνηση που απαιτείται για τη συνεχή ανίχνευση του επιλεγμένου στοιχείου επιφάνειας παράγεται από τη μετατόπιση του κομματιού και του μέλους αισθητήρα. Και τα δύο βασικά συστήματα, δηλαδή, (α) ο στάσιμος αισθητήρας που επικοινωνεί με το κομμάτι στη παράλληλη μετακίνηση, ή (β) ένας κινούμενος αισθητήρας που ανιχνεύει την επιφάνεια ενός σταθερού κομματιού, είναι εξίσου ικανός να παράγει μια σχετική μετατόπιση. Εντούτοις, ο τρόπος με τον οποίο η σχετική μετατόπιση μεταξύ του κομματιού και του μέλους αισθητήρα του οργάνου δεικτών εκτελείται επηρεάζει πολλά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού των μηχανικών στοιχείων. Απεικονίζει ιδιαίτερα την ταξινόμηση των διαφόρων ρυθμίσεων κίνησης που απαιτείται για τον προσδιορισμό θέσης και ευθυγράμμισης του επιλεγμένου στοιχείου επιφάνειας του κομματιού όσον αφορά την πορεία της γραφίδας.

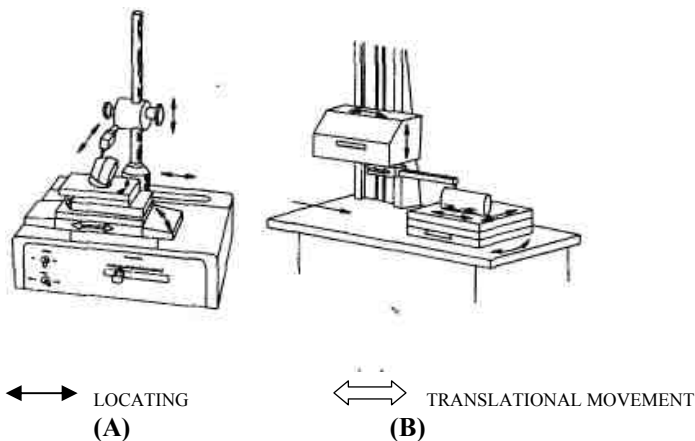
Ουσιαστικά, αυτές οι ρυθμίσεις συσχετίζονται με πέντε άξονες, τρεις από αυτούς είναι οι βασικοί άξονες ενός συστήματος των ορθογώνιων συντεταγμένων (οι άξονες X, Y και Z) και δύο είναι περιστροφικοί άξονες, και κανονικοί στην πορεία ανίχνευσης και αμοιβαία κάθετοι (βλ. το σχέδιο 5-1). Η απαραίτητη σειρά αυτών των ρυθμίσεων είναι μάλλον μικρή, ιδιαίτερα για τους περιστροφικούς άξονες που επεκτείνονται πέρα από μόνο μερικούς βαθμούς σε καθεμία κατεύθυνση από το βασικό.



Σχ. 5-1 Οι σημαντικότεροι θέσεις των τοποθετημένων και κατευθυντικών ρυθμίσεων που χρειάζονται για τη βεβαίωση της σύμπτωσης της πορείας της γραφίδας με μια ιδιαίτερη βασική γραμμή με την οποία το καθορισμένο πραγματικό στοιχείο επιφάνειας θα συγκριθεί.

Ενώ οι ρυθμίσεις κατά μήκος και γύρω από αυτούς τους άξονες απαιτούνται γενικά για τον κατάλληλο προσδιορισμό θέσης και την ευθυγράμμιση της πορείας καθορισμού κατά μήκος ενός συγκεκριμένου στοιχείου επιφάνειας του αντικειμένου, δεν παρέχει όλα τα όργανα των σχεδιαγραμμάτων-καθορισμού και τους πέντε τρόπους ρύθμισης. Μερικοί όργανα έχουν ως σκοπό ένα επίπεδο που αντικαθίσταται για δύο άξονες ρύθμισης, άλλα προσφέρουν προαιρετικά εξαρτήματα που συμπληρώνουν οι έμφυτες δυνατότητες ρύθμισης του βασικού οργάνου. Ακόμα σε άλλες περιπτώσεις, οι ελλείποντες τρόποι ρύθμισης πρέπει να αντισταθμιστούν από τα ειδικά μόνιμα προσαρτήματα ή με χειροκίνητες ρυθμίσεις. Εκτός αν οι εν λόγω δυνατότητες ρύθμισης παρέχονται με κάποιο τρόπο, η προσαρμοστικότητα του οργάνου περιορίζεται σε έναν ορισμένο τύπο σχήματος, συνήθως της κανονικής γεωμετρίας και του πολύ ελεγχόμενου μεγέθους, ή στα κομμάτια που τοποθετούνται στα ειδικά μόνιμα προσαρτήματα. Διαφορετικά, η ανεπαρκής ευθυγράμμιση θα μπορούσε να μειώσει την αξιοπιστία των μετρήσεων αποτελεσμάτων.

Οι αρχές σχεδίου των δύο βασικών τύπων των σχεδιαγραμμάτων-καθορισμού οργάνων, δηλαδή, εκείνων που λειτουργούν από τη παράλληλη μετακίνηση του αντικειμένου και εκείνων που λειτουργούν από τη παράλληλη μετακίνηση του αισθητήρα, παρουσιάζονται διαγραμματικά στα σχήματα. 5-2A και 5-2B. Αυτές οι απεικονίσεις δείχνουν επίσης τις πιθανές ταξινομήσεις για τους πέντε άξονες. Εντούτοις, οι περιγραμμένες ρυθμίσεις δεν είναι μοναδικές, οποιαδήποτε άλλη μπορεί να είναι κατάλληλη εναλλακτική λύση ικανή για τα συγκρίσιμα αποτελέσματα, και διάφορες ποικιλίες εφαρμόζονται πραγματικά για τους διαφορετικούς τύπους οργάνων στο σχεδιάγραμμα-καθορισμού.



Σχ. 5-2 Βασικοί τύποι οργάνων καθορισμού σχεδιαγράμματος: (Α) με τη παράλληλη μετακίνηση του σταδίου αντικειμένου (Β) με την εγκάρσια μετακίνηση της κεφαλής. Τα βέλη δείχνουν τις κατευθύνσεις ως προς τις τοποθετημένες ρυθμίσεις και της μετακίνησης καθορισμού.

Σ' αυτό το στάδιο που περιλαμβάνει τις αρχές σχεδίασης των διαφορετικών τύπων οργάνων, μια σύγκριση των παράλληλων συστημάτων στα οποία αυτές οι αρχές είναι βασισμένες, φαίνεται κατάλληλη. Η σύγκριση εξετάζει τις αρχές μόνο, και απαριθμεί ιδιαίτερα πλεονεκτήματα των δύο βασικών συστημάτων της παράλληλης μετακίνησης.

Ο σκοπός της αναθεώρησης αυτών των σχετικών πλεονεκτημάτων είναι να υποδειχθούν οι διαφορετικές πτυχές που επηρεάζουν την καταλληλότητα συγκεκριμένων στόχων μέτρησης ενός ιδιαίτερου συστήματος οργάνων, και επίσης για να επισημανθούν οι πιθανές ικανότητες αυτών των συστημάτων. Τα περισσότερα από τα αναφερθέντα πλεονεκτήματα ενός συστήματος σε σύγκριση με άλλα αποτελέσματα που, εντούτοις, δεν είναι απαραίτητα παρόντα σε όλα τα πρότυπα όργανα, ακόμα κι αν, από τις αρχές των διαδικασιών τους, μπορούν να ταξινομηθούν σε ένα ιδιαίτερο σύστημα. Αφ' ετέρου, είναι κατανοητό ότι με τη βοήθεια των πρόσθετων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων ή από άλλες βελτιώσεις, οι ικανότητες καθενός βασικού συστήματος μπορούν να επεκταθούν, υπερνικώντας κατά συνέπεια ορισμένους φαινομενικά έμφυτους περιορισμούς.

### 5.1.2 Πλεονεκτήματα των συστημάτων που χρησιμοποιούν το διατρεχόμενο στάδιο εργασίας

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των συστημάτων είναι :

α. Το μήκος του χαραγμένου κομματιού της επιφάνειας δεν επηρεάζεται από τα όρια του βραχίονα προβόλου ανίχνευσης, πρακτικά ισούται με την κίνηση της διαφάνειας.

β. Το μέγεθος, το βάρος και η διαμόρφωση του κομματιού που υποστηρίζεται από μια ανοιχτή διαφάνεια είναι λιγότερο οριοθετημένο από την περίπτωση του περιορισμένου οργάνου κατασκευής

γ. Η τοποθέτηση του κομματιού επιφανείας για να ανιχνευθεί, πρέπει να είναι προσιτή από την μια πλευρά της διαφάνειας

δ. Με την εγκατάσταση της τροχιάς της οριζόντια διαφάνειας, όλες οι διαδρομές ανίχνευσης θα περιέχονται σε παράλληλα επίπεδα, μια συνθήκη που επιτρέπει τη χρήση των ευαίσθητων επιπέδων spirit για την εντόπιση του κομματιού σε σχέση με μια επιφάνεια στοιχείων που συνδέεται επίσης με τον οριζόντιο.

ε. Ο παραλληλισμός διάφορων πορειών επισήμανσης στις διαφορετικές θέσεις στο κομμάτι, που διατηρείται σε μια ανενόχλητη σταθερή θέση, δεν επηρεάζεται με την επαναλαμβανόμενη ρύθμιση της στάσης αισθητήρων για την καθιέρωση γραφίδας επαφής με τα επισημασμένα στοιχεία επιφάνειας.

στ. Οι διαγώνιες ολισθήσεις της επαρκούς ακρίβειας και της αμοιβαίας καθετότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιθεώρηση ευθύτητας λειτουργικά συσχετισμένης, όχι όμως απαραίτητως παρακείμενες, επιφάνειες.

ζ. Το σύστημα επιτρέπει τη μεγάλη ευελιξία των οργάνων λόγω των αποσυνδεδεμένων κύριων στοιχείων του, τα οποία μπορούν να ανταλλαχθούν με τις μονάδες των διαφορετικών μεγεθών και των ικανοτήτων, παραδείγματος χάριν, μια ολίσθηση με τη μεγαλύτερη κίνηση, ή μια στάση με την αυξανόμενη επέκταση.

η. Το σύστημα είναι προσαρμόσιμο στις εργαλειομηχανές όταν απαιτείται η χρησιμοποίηση των διαθέσιμων παράλληλων μετακινήσεων για τον έλεγχο της ευθύτητας, του παραλληλισμού και ούτω καθ'εξής των επεξεργασμένων επιφανειών στη μηχανή.

### *5.1.3 Πλεονεκτήματα των συστημάτων που χρησιμοποιούν τους διατρεχόμενους αισθητήρες*

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των συστημάτων που χρησιμοποιούν τους διατρεχόμενους αισθητήρες είναι:

α. Το ελαφρύ βάρος του βραχίονα ανιχνευτών που φέρει το κεφάλι αισθητήρα επιτρέπει τη χρήση των οπτικών επιπέδων για τα στοιχεία οδηγών. Ένα επίπεδο, ακριβές στη σειρά μιας μικροϊντσας, μπορεί έτσι να βεβαιωθεί για τη πορεία της γραφίδας.

β. Η ακρίβεια της γραφίδας πορείας δεν επηρεάζεται από το βάρος ή το σχήμα του πρότυπου κομματιού.

γ. Η αποδεκτή καθοδήγηση και η ρύθμιση ευαισθησίας του βραχίονα επιτρέπουν την χρήση σημείων διαμαντιού για την γραφίδα.

δ. Η γραφίδα επιπλέον κάνει τα σχεδιαγράμματα ανίχνευσης προσαρμόσιμα στη τραχύτητα της επιφάνειας των μετρήσεων.

ε. Η επιφάνεια οδηγού του βραχίονα γραφίδας μπορεί επίσης να έχει άλλες μορφές από τις βασικές, όπως κυκλικό τόξο μιας συγκεκριμένης ακτίνας.

στ. Η γωνιακή τοποθέτηση της διαδρομής της γραφίδας για να συμπληρώσει ένα κομμάτι επιφάνειας με μικρή κλίση μπορεί να επιτευχθεί εύκολα και με μεγάλη ευαισθησία, όταν οι γωνιακές ρυθμίσεις του επιπέδου ανίχνευσης αποτελούν ένα από τα χαρακτηριστικά σχεδίασης του οργάνου.

ζ. Η θέση και το διατρεχόμενο τμήμα μπορούν να ρυθμιστούν ακριβώς για να ανιχνεύσουν μια στενή ή μόνο έμμεσα προσιτή επιφάνεια στοιχείου.

η. Οι επιφάνειες των εσωτερικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, όταν είναι ανοικτές στην κατεύθυνση του βραχίονα, μπορούν να ανιχνευθούν στο ουσιαστικό βάθος, ακόμη και πίσω από τις φλάντζες, με τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων γραφίδων προσαρμοστών.

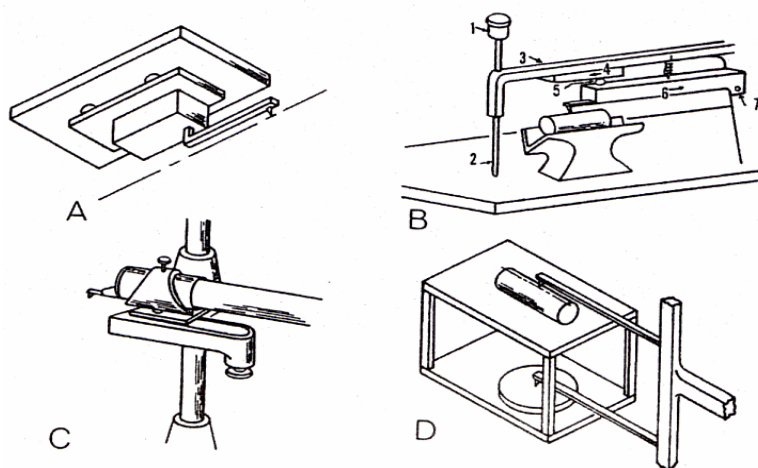
θ. Η σταθερή θέση της γραφίδας πορείας καθιστά το όργανο προσαρμόσιμο στις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις χωρίς την ανάγκη για τις μεμονωμένες ρυθμίσεις ευθυγράμμισης, όταν ουσιαστικά τα ίδια κομμάτια που κρατιούνται στην οργάνωση των προσαρμογών, πρόκειται να επισημανθούν.

Όσον αφορά την καθοδήγηση κατά μήκος μιας πορείας ευθειών γραμμών, οι μέθοδοι που εφαρμόζονται από διάφορους κατασκευαστές οργάνων διαφέρουν σε δύο σημαντικές απόψεις: βασικά, εξαρτώνται εάν ο αισθητήρας ή το πεδίο δράσης είναι το κινούμενο μέλος, και επίσης με λεπτομέρειες σχεδίου, σύμφωνα με τα προοριζόμενα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις ικανότητες.

Διάφορα συστήματα σχεδιασμού δημιουργούνται αποκλειστικά για την ανίχνευση των σχεδιαγραμμάτων. Η καταλληλότητα ενός συγκεκριμένου συστήματος ελέγχεται από διάφορες εφαρμογές, όπως το μέγεθος, το βάρος, το μήκος του επιπέδου, την

απαιτούμενη ακρίβεια όπως επίσης για τις λειτουργικές και περιβαλλοντολογικές συνθήκες.

Λειτουργικά η αποτελεσματική καθοδήγηση ευθειών γραμμών του βραχίονα επανάληψης μπορεί επίσης να ολοκληρωθεί με τη χρησιμοποίηση ενός επιπέδου αναφοράς της άριστης λειότητας που αποτυπώνεται παράλληλα με την επιφάνεια δειγμάτων με τη βοήθεια μιας δεύτερης επανάληψης. Οι δύο επαναλήψεις πρέπει να τοποθετηθούν σε μια κοινή ακτίνα, σε διαφορετικά επίπεδα στο κάθετο επίπεδο της μετακίνησης βραχιόνων. Τα σήματα που προέρχονται από τις μεμονωμένες επαναλήψεις διοχετεύονται σε ένα διαφορετικό κύκλωμα, του οποίου η απόδοση δείχνει την απόκλιση της επιφάνειας δειγμάτων από την ευθύτητα που ενσωματώνεται στο επίπεδο αναφοράς. Σε αυτήν την περίπτωση η άνοδος-και-πτώσης της ακρίβειας καθοδήγησης βραχιόνων δεν είναι κρίσιμη. Οι αρχές μιας τέτοιας ρύθμισης παρουσιάζονται στο σκίτσο (D) του σχεδίου 5-3



Σχ. 5-3 Διαγράμματα που παρουσιάζουν τις αρχές των συστημάτων οδήγησης ευθείας γραμμής που χρησιμοποιούνται στα διαφορετικά πρότυπα των σχεδιαγραμμάτων-καθορισμού οργάνων με την εγκάρσια επανάληψη.

(A) η ολίσθηση αναγκάζεται ενάντια σε ένα οπτικό επίπεδο από τα ελατήρια.

(B) ένα ενιαίο σημείο επαφής στο βραχίονα επανάληψης τραβιέται ενάντια σε μια στενή οπτική εξουσιοδότηση: (1) κοχλίας κεφαλής ρυθμιζόμενου ύψους για το σταθεροποιητή ακτίνων στοιχείων (2) ρυθμιζόμενος σταθεροποιητής-άξονας για την ακτίνα στοιχείων: (3) ακτίνα στοιχείων (4) στοιχείο οπτικών επιπέδων (5) ενιαίο σημείο επαφής (6) γραφίδα βραχίονα και (7) βάση.

(C) ο βραχίονας επανάληψης υποστηρίζεται από ένα οπτικό επίπεδο μέσω ενιαίου - σημείου επαφής.

(D) Διαδοχική ρύθμιση δύο επαναλήψεων ενός διαφορετικού διαμετρήματος. Μια επανάληψη καθορισμού την εργασία, το άλλο έρχεται σε επαφή με ένα οπτικό επίπεδο για να παρέχει το επίπεδο αναφοράς της διαδικασίας.



Η ακρίβεια της καθοδήγησης που μπορεί να εκτελεστεί με οποιοδήποτε ιδιαίτερο σύστημα ποικίλλει μέσα σε μια σειρά διάφορων μεγεθών. Εκτιμώντας ότι μερικά πρότυπα σχεδιάζονται για να παρέχουν μια ακρίβεια όχι καλύτερα από 0,001 ίντσα, τα ακριβέστερα συστήματα καθοδήγησης που χρησιμοποιούνται για το καθορισμό σχεδιαγράμματος μπορούν να διατηρήσουν μια γραφίδα πορείας από το μέγιστο μερικών μικροϊντσών από μια θεωρητική ευθεία γραμμή.

Θεωρώντας ότι κάθε σύστημα καθοδήγησης έχει τις χαρακτηριστικές αιτήσεις του, το ευρύ φάσμα των διαθέσιμων επιπέδων ακρίβειας υποδηλώνει τις ποικίλες χρήσεις του καθορισμού σχεδιαγράμματος που επισημαίνει τις διαδικασίες επιθεώρησης.

#### *5.1.4 Η κεφαλή αισθητήρα και η γραφίδα της*

Τα ηλεκτρονικά όργανα τύπων δεικτών χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον καθορισμό των διαδικασιών του σχεδιαγράμματος, αυτό είναι το μόνο διαστατικό σύστημα εντοπισμού που προσφέρει τις ακόλουθες ιδιότητες, τις σχετικά μικρές εξωτερικές διαστάσεις για το μέλος αισθητήρα, ελαφριά δύναμη επαφών, υψηλή ευαισθησία, πολύ γρήγορη απόκριση, μακρινή τοποθέτηση των μελών επίδειξης (μετρητής, όργανο καταγραφής) ένα ευρύ φάσμα των εναλλακτικών ενισχύσεων μέχρι τα πολύ υψηλά ποσοστά και παραγωγή των σημάτων που είναι αναπαραγωγίμα, γραφικά, με τη βοήθεια ενός οργάνου καταγραφής.

Όλες αυτές οι ιδιότητες, που αναφέρονται παραπάνω δεν ακολουθούν μια σειρά ανάλογης σπουδαιότητας, χρειάζονται για την επιτυχή απόδοση των λειτουργιών του καθορισμού σχεδιαγράμματος, αυτό το ευρύ φάσμα των αναγκών που εξηγεί την αποκλειστική χρήση των ηλεκτρονικών συσκευών δεικτών για τον καθορισμό σχεδιαγράμματος.

Η επανάληψη για την αντίληψη των εκτροπών γραφίδας λειτουργεί γενικά είτε από ένα LVDT (γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής) είτε από έναν επαγωγικό μετατροπέα. Το κινητό μέλος της επανάληψης συνδέεται συνήθως με ένα άκρο ενός μοχλού, του οποίου το αντίθετο άκρο φέρνει το πραγματικό στοιχείο εντοπισμού σε επαφή με την καθορισμένη επιφάνεια εργασίας.

Εκείνο το στοιχείο επαφών, που καλείται συνήθως γραφίδα, κρατιέται διά μια ελαφριά πίεση εκτίναξης για να βεβαιωθεί η παραμονή του σε οικεία επαφή με την επιφάνεια δειγμάτων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας καθορισμού. Η δύναμη της γραφίδας, ένα χαρακτηριστικό σχεδίου, καθορίζεται από την αξιολόγηση τέτοιων παραγόντων, όπως τη μορφή της άκρης της γραφίδας, η ταχύτητα που την διατρέχει και διάφορα άλλα. Οι δυνάμεις γραφίδων 0,1 γραμμαρίου ή μικρότερου, μέχρι 1 ουγγιάς (28,35 γραμμάρια) ή μεγαλύτερου βρίσκονται στα διαφορετικά πρότυπα οργάνων.

Η μορφή της άκρης γραφίδας είναι είτε μια πραγματική σφαίρα, είτε ένας κώνος με σφαιρική κορυφή. Στη κάθε περίπτωση η ακτίνα της σφαίρας είναι η διάσταση που εκφράζει το λειτουργικά σημαντικό μέγεθος της γραφίδας. Γραφίδες με άκρες διαμαντιών έχουν τις ακτίνες 0.0001- έως τη σειρά ίντσας 0.001, ενώ οι άκρες σφαιρών επιλέγονται για να παρέχουν τις ακτίνες στη ( 0.0156) ίντσα για να τελειώσουν 3/32(0.0938) τη σειρά ίντσας.

Γραφίδες με λεπτές άκρες προτιμώνται για καθορισμό στενών, σύντομων ή μερικώς εμποδισμένων τμημάτων επιφάνειας, και για τις διαδικασίες που απαιτούν έναν υψηλό βαθμό διάκρισης, συνδυάζοντας ακόμη και τη μέτρηση του σχεδιαγράμματος με τις μετρήσεις σύστασης επιφάνειας.

Οι γραφίδες σφαιρών είναι λιγότερο ευαίσθητες στους κλονισμούς, απαιτούν συχνά λιγότερους προλειτουργικούς προσδιορισμούς θέσης και μια ευθυγράμμιση. Υπάρχουν επίσης ορισμένα είδη διαδικασιών καθορισμού σχεδιαγράμματος για τα οποία η μορφή σφαιρών της άκρης της γραφίδας, με τη μεγαλύτερη ακτίνα της, είναι ευδιάκριτου λειτουργικού πλεονεκτήματος λόγω της ιδιότητας της για να γεφυρώσει τις στενές κοιλάδες και να λειάνει την επίδραση των απότομων αλλαγών στο περίγραμμα δειγμάτων. Η παραχθείσα γραμμή καθορισμού διαγραμμάτων απεικονίζει ένα είδος σχεδιαγράμματος φακέλων, επειδή οι μικρές λεπτομέρειες του πραγματικού σχεδιαγράμματος έχουν κατασταλεί. Κατά συνέπεια, η γραμμή διαγραμμάτων θα υπογραμμίσει οπτικά το γενικό χαρακτήρα της επιφάνειας γεωμετρίας..

Μια από τις ιδιότητες των ηλεκτρονικών δεικτών, όπως αναφέρθηκαν νωρίτερα, είναι η ικανότητα της παραγωγής των υψηλών και ανταλλάξιμων ποσοστών ενίσχυσης. Η υψηλή ενίσχυση επιτρέπει την επίδειξη ακόμη και των μικρών μεταβολών του επιθεωρημένου στοιχείου επιφάνειας σε σχέση με μια ευθεία γραμμή βάσεων σε ένα ακριβές ποσοστό line, που παρέχει τα αξιόπιστα μέσα για την αριθμητική αξιολόγηση των καθορισμένων όρων σχεδιαγράμματος. Η εναλλακτικότητα διάφορων ποσοστών ενίσχυσης αυξάνει αισθητά την προσαρμοστικότητα των οργάνων καθορισμού σχεδιαγράμματος. Οι επιφάνειες των διαφορετικών βαθμών ομοιομορφίας με τη δεδομένη γραμμή μπορούν να επιθεωρηθούν με τις βέλτιστες ενισχύσεις, των οποίων τα ποσοστά καθορίζονται ως ο καλύτερος συμβιβασμός μεταξύ δύο συγκρουόμενων παραγόντων: την επιθυμία της υψηλής ενίσχυσης για τη βελτιωμένη διάκριση, και την ανάγκη για την οριοθέτηση της ενίσχυσης προκειμένου να περιληφθεί η απεικόνιση των μεταβολών επιφάνειας μέσα στη διαθέσιμη σειρά καταγραφής. Ενώ τρία ποσοστά ενίσχυσης είναι αρκετά κοινά για τους ηλεκτρονικούς δείκτες, μερικοί τύποι οργάνων παρέχουν τουλάχιστον 6 ή ακόμα και 8 διαφορετικά ποσοστά.

Τα διαθέσιμα ποσοστά ενίσχυσης επιλέγονται από τους κατασκευαστές οργάνων με έναν τρόπο που επιτρέπει τον καθορισμό τιμών στις βαθμολογήσεις του διαγράμματος οργάνων καταγραφής. Τέτοιες γραμμές βαθμολόγησης, συχνά καλούμενες ως κατανομή, είναι συνήθως 0,100 ή 0,250 ίντσα χώρια. Τα συχνά χρησιμοποιούμενα πο-

σοστά ενίσχυσης είναι: 500 X, 1000 X, 2000 X, 5000 X, 10.000 X, 20.000 X, 50.000 X και 100.000 X. Τα πραγματικά ποσοστά διαθέσιμα στους διάφορους τύπους οργάνων επιλέγονται συχνά από τις τιμές που αναφέρθηκαν.

Αυτές οι ενισχύσεις αναφέρονται στις παρεκκλίσεις του στοιχείου καθορισμού επιφάνειας από τη βασική γραμμή και είναι συνήθως γνωστές σαν κάθετες μεταβολές, λόγω της γενικής ρύθμισης των οργάνων καθορισμού που σκοπό έχουν να έρθουν σε επαφή με το κορυφαίο στοιχείο της επιφάνειας του χαρακτηριστικού γνώρισματος.

Τα υψηλότερα ποσοστά, βελτιώνοντας την ανάλυση της απεικόνισης, απαιτούν ένα ουσιαστικό ποσό εγγράφου διαγραμμάτων. Οι υπερβολικά μακροχρόνιες καταγραφές διαγραμμάτων είναι επίσης αδέξιες στο χειρισμό, δύσκολο να αναπαραχθούν με το συμβατικό εξοπλισμό και μπορούν πραγματικά να είναι το μειονέκτημα κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης διαγραμμάτων. Για αυτούς τους λόγους, η διαθεσιμότητα διάφορων ποσοστών ενίσχυσης μπορεί να είναι ένα πολύτιμο χαρακτηριστικό γνώρισμα των οργάνων που χρησιμοποιείται για τους διαφορετικούς τύπους διαδικασιών επιθεώρησης.

Σ' αυτό το στάδιο της συζήτησης, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί η ευρεία διαφορετική σειρά των ενισχύσεων στην κατακόρυφο και στις οριζόντιες κατευθύνσεις. Αυτό το μοναδικό και σημαντικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας καθορισμού σχεδιαγράμματος, γενικά, θα συζητηθεί αργότερα λεπτομερέστερα.

## **5.2 Η επαλήθευση και η βαθμολόγηση των οργάνων καθορισμού σχεδιαγράμματος**

Προκειμένου να ληφθούν αξιόπιστα διαγράμματα καθορισμού, οι διάφοροι γεωμετρικοί όροι και η ένδειξη των χαρακτηριστικών των οργάνων πρέπει να βεβαιώσουν τον ισόμετρο βαθμό με την αναμενόμενη ακρίβεια της μέτρησης. Ενώ το σχέδιο και η εργασία των οργάνων είναι ικανά να παρέχουν την απαραίτητη ή εγγυημένη ακρίβεια που αναλογεί στις ευθύνες του κατασκευαστή εξοπλισμού, η δοκιμή και η περιοδική επαλήθευση της απόδοσης οργάνων πρέπει να πραγματοποιηθεί από το χρήστη. Για αυτόν τον λόγο οι βασικές απαιτήσεις ακρίβειας του καθορισμού σχεδιαγράμματος συζητούνται, από κοινού με τις κοινές και τις συνήθειες χρησιμοποιημένες μεθόδους δοκιμής και επαλήθευσης.

1. Η καθοδήγηση της μετακίνησης ανίχνευσης της οποίας ο σκοπός είναι η καθιέρωση μιας πορείας ευθειών γραμμών για την γραφίδα κατά μήκος του επιθεωρημένου στοιχείου επιφάνειας. Οι απαιτήσεις σχετικά με την ακρίβεια αυτής της μετακίνησης μπορούν καλύτερα να αναλυθούν από τους παράγοντες που σχετίζονται με τις συνθήκες που μπορούν να επηρεάσουν την ευθύτητα της προκύπτουσας παράλληλης μετακίνησης.

α. Το λάθος άνοδος-και-πτώσης αναφέρεται στις αποκλίσεις της πορείας της γραφίδας από ένα επίπεδο στοιχείων αυτού που είναι κανονικό στο επίπεδο των εκτροπών της γραφίδας κατά τη διάρκεια του καθορισμού μιας επιφάνειας. Η έκταση εκείνου του λάθους, όταν μπορεί να μετρηθεί με τον καθορισμό της επιφάνειας ενός οπτικού επιπέδου της γνωστής άριστης λειότητας, παραδείγματος χάριν, σε παραγγελία 2 έως 3 μικροίντσες ή καλύτερα, και την καταγραφή των εκτροπών γραφίδας σε ένα υψηλό ποσοστό ενίσχυσης, όπως 50.000 X

β. Το λάθος κατανομής αναφέρεται στις πλευρικές παρεκκλίσεις της γραφίδας πορείας από ένα κάθετο επίπεδο που περιέχει επίσης τις εκτροπές αντίληψης της λειτουργικής γραφίδας. Μια πρακτική και αξιόπιστη μέθοδος επαλήθευσης συνίσταται στον καθορισμό του κορυφαίου στοιχείου ενός κυλίνδρου διαμετρημάτων της γνωστής, άριστης ευθύτητας. Η καρφίτσα ή ο κύλινδρος διαμετρημάτων πρέπει να ευθυγραμμιστεί ακριβώς με τη γραφίδα πορείας, τουλάχιστον στις δύο αναλογίες άκρης του καθορισμένου τμήματος. Είναι ενδεδειγμένο να χρησιμοποιηθεί μια καρφίτσα με τη μικρότερη διάμετρο συμβατή με τον απαραίτητο βαθμό ευθύτητας, προκειμένου να αυξήσει την ευαισθησία στις πλευρικές παρεκκλίσεις.

2. Οι ενδείξεις διαγραμμάτων πρέπει να κατέχουν δύο σημαντικές ιδιότητες για να βεβαιώσουν την αξιοπιστία των μετρήσεων, δηλαδή, τη γραμμικότητα και την βαθμονόμηση της ακρίβειας.

α. Η γραμμικότητα αναφέρεται σε εκείνη την ιδιότητα ενός αυξανόμενου συστήματος από το οποίο οι μεταβολές στο "ύψος" (αντιπροσωπεύοντας τον υλικό όρο) της καθορισμένης επιφάνειας στοιχείων προκαλούν αλλαγές στην κάθετη θέση των σημαδιών στο διάγραμμα. Η τέλεια γραμμικότητα ολοκληρώνεται όταν η ενίσχυση διατηρεί το σταθερό ποσοστό πέρα από την ολόκληρη σειρά καταγραφής σε οποιαδήποτε από τα διαθέσιμα βήματα ενίσχυσης. Συνήθως, η γραμμικότητα μέσα σε μια μέγιστη απόκλιση 0,5% ή 1% του βαθμού που υποδεικνύεται μπορεί να αναμένεται από τα εμπορικά διαθέσιμα όργανα. Η γραμμικότητα της απεικόνισης μπορεί επίσης να επηρεαστεί από τις πάρα πολύ γρήγορες αλλαγές στην καθορισμένη επιφάνεια δειγμάτων, οι περιορισμοί της γραμμικότητας στις ενδείξεις που μπορούν να προκύψουν από τέτοιες περιστάσεις εξηγούνται στη συζήτηση της απόκρισης ταχύτητας.

β. Η βαθμολόγηση εκφράζει έναν όρο εξασφαλισμένου συσχετισμού μεταξύ των τιμών κλίμακας της γραμμής στο διάγραμμα και των πραγματικών μεταβολών ύψους της επιθεωρημένης επιφάνειας, την οποία η γραμμή διαγραμμάτων απεικονίζει. Οι τιμές κλίμακας της γραμμής σχεδίασης διαγραμμάτων καθορίζονται σε σχέση με τα κυρίαρχα διαγράμματα (βαθμολογήσεις ή τμήματα, που έχουν ορίσει τις διαστάσεις που εκφράζονται στις τυποποιημένες μονάδες του μήκους, συνήθως, δεκαδικά μέρη της ίντσας).

Οι ενδείξεις διαγραμμάτων μπορούν να επηρεαστούν από έναν περαιτέρω όρο, γνωστό ως ταχύτητα απόκρισης των οργάνων. Επ' αυτού, πρέπει να υπενθυμιστεί ότι ο καθορισμός σχεδιαγράμματος περιλαμβάνει μια σειρά βημάτων διαδικασίας για τη μετατροπή των μεταβολών του στοιχείου επιφάνειας που έρχεται σε επαφή από τη γραφίδα σε υψηλές ενισχυμένες γραμμές διαγραμμάτων. Οι μηχανικές εκτροπές των γραφίδων μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα, αυτά κατόπιν ενισχύονται, περιστασιακά επίσης φιλτράρονται, και παρέχονται για να ωθήσουν έναν άλλο τύπο συσκευής μετατροπών, ο οποίος αναδιαμορφώνει τις ηλεκτρικές μεταβολές στις μηχανικές κινήσεις του βραχίονα γραφίδας. Η απάντηση μονωτικών περιβλημάτων στις αισθαντικές μεταβολές του υλικού όρου του καθορισμένου στοιχείου επιφάνειας μπορεί να προκύψει από τις ηλεκτρικές αιτίες (όπως εκείνες σχετικές με τη συχνότητα μεταφορέων) και από τις μηχανικές πηγές .

Ενώ η υψηλή ταχύτητα ανταπόκρισης μπορεί να μην είναι κρίσιμη σε πολλές διαδικασίες καθορισμού σχεδιαγράμματος, σε πολλές άλλες περιπτώσεις ανεπαρκής ταχύτητας της απόκρισης μπορεί να μειώσει την αξιοπιστία της απεικόνισης επιφάνειας όπως παράγεται με τον καθορισμό σχεδιαγράμματος. Όταν η γραφίδα οργάνων καταγραφής δεν ανταποκρίνεται στις μεταβολές της καθορισμένης επιφάνειας, μια παραμορφωμένη απεικόνιση της επιθεωρημένης επιφάνειας θα είναι το αποτέλεσμα. Ο χαρακτήρας και η έκταση τέτοιων παραμορφώσεων θα επηρεαστούν από διάφορους παράγοντες, όπως η διακριτική ικανότητα του ηλεκτρικού συστήματος δεικτών, η καθυστέρηση του οργάνου καταγραφής, η καθοριζόμενη ταχύτητα, η γεωμετρία της γραφίδας και διάφοροι άλλοι παράγοντες. Οι παραμορφώσεις της γραμμής διαγραμμάτων μπορούν να οφείλονται σε μια καθυστερημένη αναπαραγωγή των μεταβολών επιφάνειας (οριζόντια μετατόπιση) ή στην επίδειξη σε μια ελλιπή κλίμακα, που εμφανίζεται ιδιαίτερα όταν έχει η επιθεωρημένη επιφάνεια τις απότομες μεταβολές που προκαλούν μια "λείανση" της γραμμής διαγραμμάτων.

Οι ξαφνικές εκτροπές της γραφίδας που οφείλονται στην συνδυασμένη επίδραση των μεταβολών επιφάνειας και στη ταχύτητα επισήμανσης , σε μερικές περιπτώσεις, μπορούν να προκαλέσουν μια "υπερανύψωση" του βραχίονα οργάνων καταγραφής, αυτό είναι ένας άλλος όρος που πρέπει να εξεταστεί κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης των ενδείξεων του οργάνου.

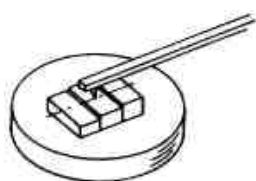
Στη συζήτηση της γραμμικότητας και της βαθμολόγησης, η αναφορά έγινε μόνο στις μεταβολές ύψους που αισθάνονται από τις γραφίδες και προκαλούν τις κάθετες μετατοπίσεις των σημαδιών γραφίδων στο διάγραμμα. Επειδή η αποκαλούμενη κατακόρυφος απεικονίζει την κρισιμότερη αίσθηση στον καθορισμό σχεδιαγράμματος, οι ενδείξεις σε εκείνη την κατεύθυνση επιλέχθηκαν για λόγους αναφοράς προκειμένου να απεικονιστεί σαφώς η γενική ιδέα. Πρέπει να επισημανθεί, εντούτοις, ότι η οριζόντια ενίσχυση, αν και απαιτείται σε μια χαμηλότερη κλίμακα μόνο, είναι επίσης ένα σημαντικό συστατικό της αξιόπιστης απεικόνισης επιφάνειας. Για εκείνο τον λόγο, οι

αρχές της γραμμικότητας και της βαθμολόγησης ισχύουν επίσης για ενδείξεις που απεικονίζουν το μήκος της καθορισμένης επιφάνειας.

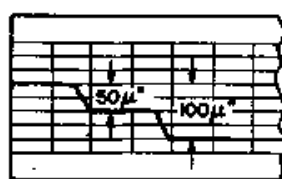
Οι διαφορετικές μέθοδοι δοκιμής μπορούν να επινοηθούν και χρησιμοποιούνται πραγματικά για την επαλήθευση και της γραμμικότητας και της ακρίβειας βαθμολόγησης του οργάνου καθορισμού του σχεδιαγράμματος. Ας θυμηθούμε ότι ενώ η γραμμικότητα, δηλαδή η αναλογικότητα των ενδείξεων, είναι συνήθως ένα έμφυτο χαρακτηριστικό ενός συγκεκριμένου οργάνου, η βαθμολόγηση (ως αποτέλεσμα μιας ιδιαίτερης ρύθμισης "κέρδους" του ηλεκτρονικού ενισχυτή) μπορεί να ρυθμιστεί. Η βαθμολόγηση, αότου έχει ρυθμιστεί για ένα από τα ποσοστά ενίσχυσης, πρέπει να είναι αποτελεσματική σε όλα τα άλλα διαθέσιμα ποσοστά εντούτοις, είναι ενδεδειγμένο να ελεγχθεί εκείνος ο συσχετισμός για να αποφευχθούν τα λάθη μέτρησης λόγω των μη ανιχνευθεισών ανεπαρκειών οργάνων

Αν και οι έννοιες της ακρίβειας γραμμικότητας και βαθμολόγησης συζητήθηκαν χωριστά, η πραγματική δοκιμή μπορεί να παγιωθεί σε μια κοινή διαδικασία. Φυσικά, η εφαρμόσιμη εξεταστική διαδικασία διαφέρει για τις κάθετες ενδείξεις (ως αποτέλεσμα των εκτροπών γραφίδων που προκαλούνται από τις μεταβολές επιφάνειας) και για τις οριζόντιες ενδείξεις (η αναλογία μεταξύ του μήκους του καθορισμένου στοιχείου επιφάνειας και του μήκους της προκύπτουσας γραμμής διαγραμμάτων).

Η κάθετη ακρίβεια βαθμολόγησης μπορεί να ελεγχθεί με την ενίσχυση ενός κύριου μηχανισμού που προετοιμάζεται με τη συστροφή ρυθμισμένων τοποθετημένων βαθμολογημένων φραγμών διαμετρημάτων των διαφορετικών μεγεθών στην επιφάνεια ενός οπτικού επιπέδου (βλ. το σχέδιο 5-4). Η διαφορά μεγέθους μεταξύ των παρακείμενων φραγμών πρέπει να δημιουργήσει τα βήματα που είναι σύμφωνα με τη σειρά καταγραφής του οργάνου στο ποσοστό ενίσχυσης που επιλέγεται για τη δοκιμή βαθμολόγησης. Είναι πρακτικό να καθιερωθούν τα διαφορετικά στάδια σε έναν κύριο μηχανισμό που μπορεί έπειτα να χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση της ακρίβειας βαθμολόγησης σε ένα περισσότερο από ενιαίο ποσοστό ενίσχυσης. Τα προκύπτοντα βήματα σε μια συνεχή γραμμή διαγραμμάτων πρέπει να απεικονίσουν τις τιμές κλίμακας του πραγματικού ύψους διαφορών των καθορισμένων φραγμών διαμετρημάτων. Η ακρίβεια της απεικόνισης πρέπει να είναι μέσα στα εγγυημένα όρια, τα οποία διευκρινίζονται συνήθως είτε ως μέγιστη απόκλιση στην απεικόνιση των παρακείμενων επιπέδων, παραδείγματος χάριν, το  $\pm 1\%$  μέγιστη διαφορά ύψους είτε ως λάθος που δεν υπερβαίνει ένα ορισμένο ποσοστό ολόκληρης της σειράς, παραδείγματος χάριν,  $\times 0.5\%$ .



(A)



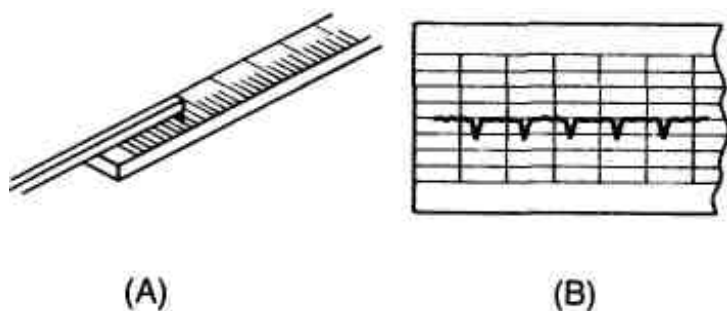
(B)

Σχ. 5-4 Οι αρχές της χρήσης των διαδικασιών βαθμολόγησης ελέγχουν την κάθετη ακρίβεια απόκρισης των οργάνων καθορισμού σχεδιαγράμματος.

(A) Φραγμοί διαμετρημάτων που συστρέφονται σε ένα οπτικό επίπεδο για να παρά-γει τα βήματα των γνωστών μεγεθών.

(B) Γραμμή διαγραμμάτων που παράγεται με τον καθορισμό στους φραγμούς βαθμολόγησης.

Η οριζόντια ακρίβεια βαθμολόγησης μπορεί να επαληθευτεί με τη βοήθεια ενός κύριου κανόνα γραμμής-βαθμολογημένου (βλ. το σχέδιο 5-5). Ορισμένοι όροι πρέπει να ικανοποιηθούν και οι προφυλάξεις που παρατηρούνται για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτού του τύπου δοκιμής. Είναι προτιμητέο να επιλεγεί μια κλίμακα με τις εκτάσεις βαθμολόγησης που αντιστοιχούν στην τιμή κλίμακας των οριζόντιων βαθμολογήσεων διαγραμμάτων. Η κύρια κλίμακα πρέπει να ευθυγραμμιστεί με ακρίβεια και παράλληλα με τη πορεία της γραφίδας προκειμένου να αποφευχθούν τα λάθη τύπων συνημιτόνου. Απαιτείται μία αιχμηρή γραφίδα που θα αποκριθεί με ευαισθησία στα πολύ στενές εγκοπές βαθμολόγησης που βρίσκονται στις κύριες κλίμακες. Μ' αυτό τον τρόπο, η επαλήθευση της σχεδίασης μπορεί να προετοιμαστεί παρέχοντας εξαρτημένες πληροφορίες και για τα δύο, για σταθμό- προς σταθμό, καθώς επίσης και για τα συσσωρευτικά λάθη κατά την οριζόντια εκτέλεση του οργάνου. Οι οριζόντιες ενισχύσεις με μια μέγιστη βαθμονόμηση λάθους 1%, ή ακόμα και 0,5%, μπορούν να αναμένονται από τα όργανα που σχεδιάζονται για τις μετρολογικές εφαρμογές



Σχ. 5-5 Μια μέθοδος για την οριζόντια μεγέθυνση ακρίβειας οργάνων καθορισμού σχεδιαγράμματος.

(A) Κύρια κλίμακα με τις χαραγμένες γραμμές βαθμολόγησης.

(B) Διάγραμμα καθορισμού ως αποτέλεσμα της ανίχνευσης κατά μήκος της κλιμακωτής μερίδας της κλίμακας.

### 5.2.1 Εφαρμογές της τεχνικής καθορισμού σχεδιαγράμματος

Ο αρχικός και προφανέστερος σκοπός της διαδικασίας καθορισμού σχεδιαγράμματος είναι να επιθεωρηθεί ένα επιλεγμένο τμήμα του περιγράμματος του κομματιού σε σχέση με μια ευθεία γραμμή ή, εξαιρετικά, έναν άλλο τύπο στοιχείου, για την καθιέ-

ρωση του βαθμού συμφωνίας. Εντούτοις, αυτές δεν πρέπει να θεωρηθούν ως οι μόνες χρήσεις της διαδικασίας στη διαστατική μετρολογία. Υπάρχουν διάφοροι τύποι διαστάσεων και γεωμετρικών όρων των οποίων οι μετρήσεις μπορεί να πραγματοποιηθούν κάτω από ασυνήθιστες περιστάσεις και σε έναν υψηλό βαθμό ακρίβειας με τη βοήθεια του καθορισμού σχεδιαγράμματος. Πραγματικά, για ορισμένους όρους γεωμετρικών τόπων, ο καθορισμός σχεδιαγράμματος απεικονίζει την καταλληλότερη και, συχνά, μόνη μέθοδο με την οποία οι σημαντικές διαστάσεις μπορούν να μετρηθούν.

Ουσιαστικά, αυτές οι μετρήσεις αποτελούνται από την σύγκριση της πραγματικής θέσης, την κατεύθυνση, το μήκος ή τη μορφή του επιλεγμένου στοιχείου επιφάνειας ενός κομματιού, σε μια ακριβή καθορισμένη θέση οργάνωσης σε μια σταθερή ευθεία γραμμή που παράγεται από την πορεία της άκρης της γραφίδας

Οι ακόλουθες χαρακτηριστικές ιδιότητες της διαδικασίας καθορισμού σχεδιαγράμματος χρησιμοποιούνται σε αυτές τις ποικίλες εφαρμογές:

1. Η πορεία καθορισμού που παράγεται από την άκρη της γραφίδας είναι μια γραμμή που είναι ευθεία σε έναν πολύ υψηλό βαθμό ακρίβειας.

2. Η θέση και η κατεύθυνση εκείνης της ευθείας γραμμής καθορίζονται όσον αφορά δύο αμοιβαία κανονικά επίπεδα στοιχείων, τα οποία η οργάνωση του κομματιού μπορεί να αφορά.

3. Οι γραφίδες, είναι περιορισμένες σε ένα επίπεδο με το οποίο το φανταστικό επίπεδο του κομματιού μπορεί να παρουσιαστεί από σύμπτωση.

4. Οι αποκλίσεις του ανιχνευμένου στοιχείου επιφάνειας από τη βασική ευθεία γραμμή ανιχνεύονται με πολύ μεγάλη ευαισθησία και μετρημένα από τις ιδιαίτερα ενισχυμένες ενδείξεις.

5. Η διαμήκης κίνηση της ανίχνευσης - συνήθως μέσα ή κοντά στο οριζόντιο επίπεδο-είναι επίσης υποδειγμένο στην αληθινή αναλογία και στις ενισχύσεις που είναι συνήθως μικρότερες από εκείνες στην κάθετη κατεύθυνση. Σαν αποτέλεσμα εκείνης της διαφοράς, το περίγραμμα της καθορισμένης επιφάνειας επιδεικνύεται σε μια ενίσχυση, που παραμορφώνεται σκόπιμα με έναν ακριβώς ελεγχόμενο τρόπο με σκοπό τη σαφήνεια.

6. Ευδιάκριτη από τις διαστατικές μετρήσεις γενικά, που συγκρίνουν ένα δείγμα και έναν κύριο μηχανισμό που κρατιούνται σε μια αμοιβαία σταθερή θέση και παράγουν μια ενιαία τιμή, ο καθορισμός σχεδιαγράμματος έχει ένα δυναμικό συστατικό, με συνέπεια μια συνεχή σειρά ενδείξεων που ενώνουν για να παράγουν μια γραμμή ως απεικόνιση ενός άπειρου αριθμού μεμονωμένων μετρήσεων.



Η ικανότητα να παράγει ενδείξεις σε μια μη ομοιόμορφη και εκλεκτική μέτρηση είναι ένα από τα μοναδικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας καθορισμού σχεδιαγράμματος, και για αυτό το λόγο αξίζει μια πιο λεπτομερή ανάλυση.

Για τα κομμάτια που απαιτούν ευαίσθητες μετρήσεις όπως παρέχεται από τα όργανα καθορισμού σχεδιαγράμματος, οι αποκλίσεις του περιγράμματος από έναν βασικό όρο είναι συνήθως πολύ μικρού μεγέθους και επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα υψηλά όργανα δεικτών ενίσχυσης.

Όταν και οι αποκλίσεις από μια θεωρητική ευθεία γραμμή και από το μήκος του εξερευνημένου τμήματος επιφάνειας ενισχύονται στην ίδια κλίμακα, όπως από έναν οπτικό προβολέα, το ποσοστό της εφαρμόσιμης ενίσχυσης περιορίζεται από το οπτικό πεδίο ή το μέγεθος οθόνης του οργάνου. Παίρνοντας, παραδείγματος χάριν, ένα τμήμα επιφάνειας του μήκους μιας-ίντσας και μια οπτική οθόνη προβολέων της διαμέτρου 20-ιντσών, η μέγιστη ενίσχυση που παρουσιάζει ένα πλήρες τμήμα είναι 20 φορές, ένα ποσοστό προφανώς πάρα πολύ μικρό για τη μέτρηση των διαβαθμίσεων της σειράς για την οποία ο καθορισμός σχεδιαγράμματος αρχικά χρησιμοποιείται.

Προκειμένου να γίνει το διάγραμμα καθορισμού γραμμής πραγματικά πληροφοριακό όσον αφορά τους όρους που ερευνώνται, η ενίσχυση των κρίσιμων αποκλίσεων πρέπει να είναι πολύ υψηλότερη από αυτή του μήκους του επιθεωρημένου στοιχείου επιφάνειας. Εκείνη η απαίτηση μπορεί να ικανοποιηθεί με την παραγωγή των ανομοιόμορφων ενισχύσεων, που σημαίνουν ένα υψηλότερο ποσοστό υπό την κρίσιμη έννοια, και ένα χαμηλότερο ποσοστό σύμφωνα με τη γραμμή βάσεων.

Οι ευπροσάρμοστες εφαρμογές της τεχνικής καθορισμού σχεδιαγράμματος καθιστούν μια πλήρη λίστα των πιθανών μη πρακτικών χρήσεων. Εντούτοις, μια έρευνα για τις γεωμετρικές συνθήκες και τις διαστάσεις που μπορούν να επιθεωρηθούν ευνοϊκά ή να μετρηθούν με την ενίσχυση του σχεδιαγράμματος μπορεί να χρησιμεύσει ως ένας οδηγός για τους ενδεχόμενους χρήστες της διαδικασίας γενικά.

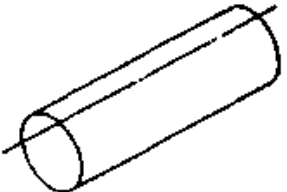
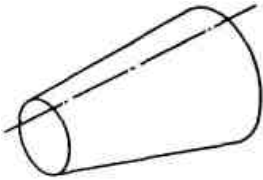
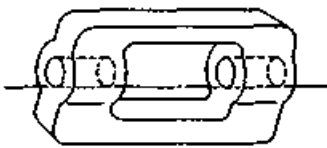
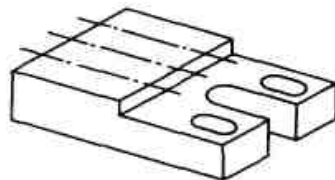
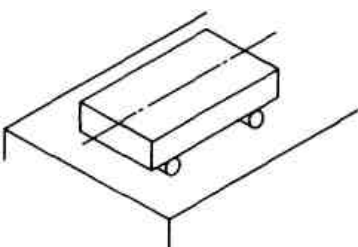
Μια τέτοια έρευνα περιλαμβάνεται στον πίνακα 5-2, για τον οποίο οι ακόλουθες συμπληρωματικές παρατηρήσεις ισχύουν:

1. Οι αρχές μόνο παρουσιάζονται, χωρίς την αναφορά σημαντικών πραγματικών προβλημάτων μέτρησης.
2. Ο εννοιολογικός ρόλος μιας ευθείας γραμμής σε ελεγχόμενη θέση θεωρείται ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της διαφορετικής διαστατικής κατηγορίας.
3. Σε αυτά τα παραδείγματα μόνο η ευθεία γραμμή αποδεικνύεται για να απεικονίσει το στοιχείο αναφοράς για την διαδικασία, αυτό δεν πρέπει να αποκλείσει τη χρήση άλλων κανονικών μορφών που μπορούν να καθιερωθούν ως γραφίδες πορείας.

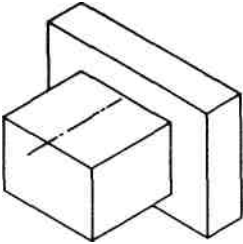
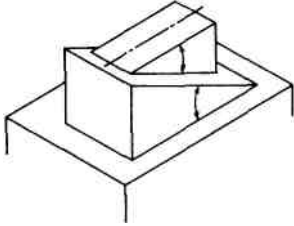
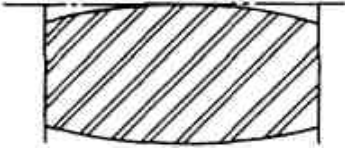
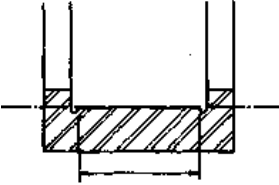

4. Καμία συγκεκριμένη αναφορά δεν αποτελείται στο σύστημα του οργάνου καθορισμού σχεδιαγράμματος, που λειτουργεί από τη παράλληλη κίνηση της εργασίας της γραφίδας. Οι περισσότερες διαδικασίες μπορούν να εφαρμοστούν με καθένα σύστημα, παρόλο που οι συνθήκες συνδέονται αρχικά με τα χαρακτηριστικά δειγμάτων ή στη θέση του στοιχείου επιφάνειας που επιθεωρείται, ένα από τα συστήματα να είναι προτιμητέα, ή ακόμα και αποκλειστικά επαρκή.

5. Τα παραδείγματα είναι βασισμένα στις δυνατότητες της διαδικασίας και όχι στις ικανότητες οποιουδήποτε συγκεκριμένου μοντέλου του οργάνου. Η δυνατότητα εφαρμογής οποιασδήποτε διαδικασίας με την βοήθεια ενός ιδιαίτερου τύπου οργάνων πρέπει να αξιολογηθεί με την εξέταση τέτοιων συγκεκριμένων καταστάσεων όπως τις ικανότητες οργάνων, τα χαρακτηριστικά των διαστάσεων γενικά και της θέσης του στοιχείου επιφάνειας, το απαραίτητο ποσοστό ενίσχυσης και μέτρησης της ακρίβειας και ούτω καθ'εξής.

**ΠΙΝ. 5-2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ  
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ  
ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΡΟΛΟ ΤΗΣ ΕΥΘΕΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ – 1**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΩΣ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ	Ο ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΟΡΟΣ ΠΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΕΙΤΑΙ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ	
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ (ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ)
Γεννήτρια επιφάνειας ενός κυλίνδρου ή μιας κυλινδρικής οπής		<u>Η ευθύτητα</u> ενός κυλίνδρου
Γεννήτρια επιφάνειας ενός κώνου ή ενός κολυρού κώνου.		<u>Η κανονικότητα της μορφής</u> (μια βασική παράμετρος) ενός κωνικού σώματος
Τα κοινά, ή παράλληλα στοιχεία των ομοαξονικών και ευθέων χαρακτηριστικών γωνισμάτων		<u>Η ευθυγράμμιση</u> (κατευθυντική) δύο ή περισσότερων οπών (των ουσιαστικά ίσων διαμέτρων)
Αρκετοί στοιχεία ευθείας γραμμής που περιλαμβάνονται σε ένα ενιαίο επίπεδο που δείχνει τη λειότητα της επιφάνειας		<u>Η λειότητα</u> μιας επιφάνειας που επιθεωρείται με τον καθορισμό κατά μήκος διάφορων πορειών που αναφέρονται από ένα κοινό επίπεδο στοιχείων
Ένα στοιχείο γραμμών της εξ ίσου απέχουσας επιφάνειας από μία άλλη ευθεία γραμμή ή επίπεδο.		<u>Ο παραλληλισμός</u> του επιθεωρημένου στοιχείου επιφάνειας με την αντίθετη επιφάνεια του κομματιού.

**ΠΙΝ. 5-2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ  
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ  
ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΡΟΛΟ ΤΗΣ ΕΥΘΕΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ – 2**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΩΣ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ	Ο ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΟΡΟΣ ΠΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΕΙΤΑΙ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ	
	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (ΚΑΙ ΠΡΟΕ- ΤΟΙΜΑΣΙΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ)
Ένα στοιχείο επιφάνειας ευθειών γραμμών κάθετα σε ένα επίπεδο		<u>Η ευθύτητα</u> ενός στοιχείου επιφάνειας σε μια άλλη επιφάνεια του κομματιού που βρίσκεται σε ένα επίπεδο στοιχείων κανονικό στην πορεία καθορισμού.
Ένα στοιχείο επιφάνειας ευθειών γραμμών μιας λεπτής μορφής παρουσιάζεται σε μια θέση θεωρητικά παράλληλη με το επίπεδο στοιχείων της καθορισμένης πορείας		<u>Η πραγματική γωνία</u> μιας σφήνας παρουσιάζεται ως απόκλιση από το θεωρητικό όρο, η σφήνα υποστηρίζεται σε μια κλίση που έχει μια γωνία κλίσεων ίση με την ονομαστική κωνικότητα
Η εφαπτομένη σε ένα κεκλιμένο στοιχείο επιφάνειας		<u>Το καμπύλο περίγραμμα</u> ενός ουσιαστικά ευθύ αλλά σκόπιμα (ή ακούσια) καμπύλο στοιχείο επιφάνειας, όπως το σχεδιάγραμμα ενός δοντιού εργαλείων
Η απόσταση μεταξύ δύο σημείων ορίου κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής απεικονίζει μια συγκεκριμένη γραμμική διάσταση		<u>Το μήκος</u> ενός κομματιού μη προσβάσιμο σε άμεσες μέτρησεις, που αξιολογείται ως συνεχής ευθεία μερίδα του καθορισμένου στοιχείου επιφάνειας
Η γραμμή στοιχείων μιας ονομαστικά επίπεδης επιφάνειας, ή ενός σώματος της περιστροφής με τα ονομαστικά ευθεία πλευρικά στοιχεία		<u>Η διακύμανση</u> ή άλλες ατέλειες μιας ουσιαστικά κανονικής επιφάνειας που αξιολογείται ως παρεκκλίσεις περιγράμματος από ένα στοιχείο ευθείας γραμμής

Τα παραδείγματα στον πίνακα περιλαμβάνουν επίσης τις διαδικασίες για τις διαστατικές μετρήσεις, και γραμμικές και γωνιακές, με τη βοήθεια του καθορισμού σχεδιαγράμματος. Τέτοιες εφαρμογές της τεχνικής καθορισμού σχεδιαγράμματος δεν είναι ούτε προφανείς ούτε χρησιμοποιημένες με μια συχνότητα συγκρίσιμη με την επιθεώρηση της μορφής σχεδιαγράμματος. Οι ασυνήθιστες απόψεις των διαστατικών μετρήσεων από το καθορισμό σχεδιαγραμμάτων εγγυάται μια λεπτομερή συζήτηση των εμπλεκόμενων αρχών, καθώς επίσης και των λόγων για την εφαρμογή του σχεδιαγράμματος που επισημαίνει για τέτοιους λόγους.

### *5.2.2 Διαστατικές μετρήσεις των τεχνικών κομματιών με την βοήθεια του καθορισμού σχεδιαγράμματος*

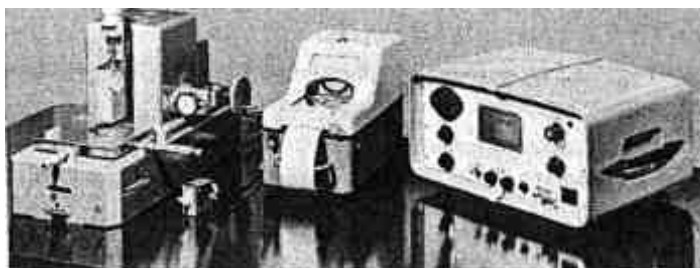
Οι μετρήσεις μήκους εκτελούνται συνήθως με τον καθορισμό του διαχωρισμού δύο σημείων που θεωρούνται ότι απεικονίζουν τις δύο επιφάνειες ή τα στοιχεία των οποίων η απόσταση της μιας από την άλλη είναι η επιδιωκόμενη διάσταση. Η γωνιακή μέτρηση των κομματιών που υποστηρίζονται σε μία πλάκα ημιτόνου πραγματοποιείται κατά τρόπο παρόμοιο όσον αφορά τον καθορισμό των θέσεων των ιδιαίτερων σημείων, σε αυτήν την περίπτωση η σχετική απόστασή τους από ένα κοινό επίπεδο στοιχείων.

Σε κομμάτια μεγάλης ανοχής, εντούτοις, η απόκλιση της επανάληψης λόγω των ατελειών επιφάνειας μπορεί να υπερβεί τα όρια των μεταβολών. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι συχνά δυνατό να παραχθούν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τους λόγους της φτωχής επανάληψης των διαστασιακών μετρήσεων με την έρευνα της γεωμετρικής μορφής των στοιχείων επιφάνειας που περιέχει τα σημεία διαμέτρησης. Πληροφορίες, που παρέχονται από το καθορισμό του σχεδιαγράμματος, μπορεί να αποδειχθούν μεγάλης αξίας στην επινόηση της πορείας των διορθωτικών ενεργειών.

Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να επιτραπεί ακόμη και μέτρηση των κρίσιμων διαστάσεων του κομματιού με την ενίσχυση του καθορισμού σχεδιαγράμματος. Μια τέτοια διαδικασία μπορεί να παρέχει πληροφορίες στην πραγματική θέση του στοιχείου επιφάνειας σε σχέση με ένα στοιχείο, σε αντίθεση με τις συμβατικές διαδικασίες μέτρησης στις οποίες μόνο ένα ενιαίο σημείο κατά μήκος του στοιχείου έρχεται σε επαφή. Τα διαγράμματα που παράγονται με τη διαδικασία καθορισμού μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν για να καθιερώσουν τη θέση ενός ορισμένου ορίου στοιχείου, ως βάση για το αποτελεσματικό λειτουργικό μέγεθος του κομματιού.

Η εικόνα στο σχέδιο 5-5 παρουσιάζει το μοναδικό παράδειγμα ενός πολύ ευαίσθητου τύπου οργάνου καθορισμού σχεδιαγράμματος που σχεδιάζεται ρητώς για τις γραμμικές μετρήσεις σε ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό ενίσχυσης. Τα ακόλουθα χαρακτη-

ριστικά απόδοσης αυτού του οργάνου επεξηγούν τις δυνατότητες των διαδικασιών καθορισμού σχεδιαγράμματος στον τομέα της μικρομετρολογίας:



*Rank-Taylor-Hobson/Engis Equipment Co.*

*Σχ. 5-5. Επιφάνεια οργάνου καθορισμού "Talystep" με τις πολύ υψηλές ενισχύσεις (μέχρι 1,000,000X), σχεδιασμένη για τη μέτρηση των διαφορών ύψους σε σειρά μιας μικροϊντσας, ή ακόμα και μικρότερες, στα διαδοχικά τμήματα επιφάνειας καθορισμού.*

Η δύναμη της γραφίδας είναι ρυθμιζόμενη από 1 έως 30 χιλιοστόγραμμα

Κάθετες ενισχύσεις, σε οκτώ βήματα, από 5000 φορές μέχρι 1.000.000 φορές

Οριζόντιες ενισχύσεις, μέχρι 2000 φορές

Η κάθετη ανάλυση αυτού του οργάνου δηλώνεται για να είναι καλύτερη από 0.000,000,02 την ίντσα (5 Angstroms).

### **5.3 Τεχνικές διαδικασίες καθορισμού σχεδιαγράμματος**

Όταν η καταγραφή σχεδιαγράμματος γίνεται με σκοπό τον έλεγχο της ακρίβειας της μορφής (γενικά η ευθύτητα) του επιθεωρημένου στοιχείου επιφάνειας, η οργάνωση του κομματιού πρέπει να ικανοποιήσει μόνο έναν περιορισμένο αριθμό απαιτήσεων. Είναι απαραίτητο να ευθυγραμμιστεί το καθορισμένο στοιχείο επιφάνειας με τη πορεία γραφίδας με έναν τρόπο που παράγει μια γραμμή γραφίδας σύμφωνα με τα όρια των ορίων του εγγράφου διαγραμμάτων, και επίσης σε μια βασική οριζόντια κατεύθυνση, για περισσότερο μιας καταλληλότερης αξιολόγησης.

Η ευθυγράμμιση που καθοδηγείται από δύο σημεία αναφοράς κοντά στις άκρες του επιθεωρημένου τμήματος επιφάνειας, αν και γενικά πρακτικά, όχι πάντα, διαβεβαιώνει την πραγματική απεικόνιση της επιλεγμένης επιφάνειας στοιχείου. Το "πλευρικό λάθος ευθυγράμμισης," που θα συζητηθεί αργότερα σε αυτό το τμήμα, μπορεί να είναι η πηγή μιας μερικώς παραμορφωμένης απεικόνισης όταν είναι μέσα οι επιφάνειες που κάμπτονται κανονικά στην πορεία ανίχνευσης. Εντούτοις, οι προκύπτουσες

παρεκκλίσεις της γραμμής γραφίδων στο διάγραμμα έχουν μια χαρακτηριστική μορφή που διαφέρει από διακύμανση και άλλες περιοδικές μεταβολές του σχεδιαγράμματος.

Οι απαιτήσεις οργάνωσης και ευθυγράμμισης θα είναι αυστηρότερες όταν χρησιμοποιούνται οι διαδικασίες καθορισμού σχεδιαγράμματος για τις διαστατικές μετρήσεις. Σε τέτοιες εφαρμογές, προκειμένου να καταστεί η γραμμή διαγραμμάτων επαρκή ,πληροφοριακή και αξιόπιστη, το κομμάτι πρέπει να παρουσιαστεί για τον καθορισμό με έναν τρόπο που βεβαιώνει τη σύμπτωση με τη γραφίδα πορείας είτε του θεωρητικού περιγράμματος του κομματιού είτε ενός στοιχείου σχεδίου που συσχετίζεται εννοιολογικά με εκείνο το περίγραμμα, όπως μια γραμμή επαπτομένης ή η χορδή ενός τόξου. Οι εκτροπές γραφίδας που προκαλούνται από τις αποκλίσεις του πραγματικού περιγράμματος του κομματιού από το θεωρητικό περίγραμμα παράγουν εκείνες τις παρεκκλίσεις της γραμμής γραφίδων στην οποία η αξιολόγηση της μέτρησης είναι βασισμένη.

Μεγαλύτερα τεχνικά κομμάτια είναι οριακά από γεωμετρικά καθορισμένες επιφάνειες των οποίων σχετίζονται οι θέσεις. Είναι γενικά εφικτό να επιλεγεί μια ιδιαίτερη επιφάνεια στο κομμάτι που, όταν βρίσκεται κατάλληλα, παρουσιάζει το στοιχείο επιφάνειας που επιθεωρείται σε μια θέση θεωρητικά συμπίπτουσα με τη πορεία της γραφίδας. Εδώ είναι δύο παραδείγματα: μια πλευρά ενός κύβου που βρίσκεται σε ένα κάθετο επίπεδο στη πορεία της γραφίδας και παρουσιάζει μια παρακείμενη πλευρά παράλληλη σε εκείνη την πορεία, μια πλευρά μιας σφήνας που βρίσκεται σε μια κλίση ίση με τη κωνική γωνία του κομματιού παρουσιάζει την αντίθετη επιφάνεια σε ένα επίπεδο παράλληλο σε αυτό που περιέχει την πορεία μετατοπίσεων της γραφίδας.

Για να ολοκληρώσει τέτοιες ελεγχόμενες θέσεις οργάνωσης του δείγματος σε σχέση με τη γραφίδα πορείας, τα ακόλουθα βοηθητικά στοιχεία, πρέπει να παρασχεθούν:

1. Ένα επίπεδο στοιχείων, κατάλληλα η επίπεδη κορυφή ενός οργανωμένου πίνακα, σε μια θέση εξαρτώμενη παράλληλα με την πορεία μετατοπίσεων της γραφίδας.
2. Μια γραμμή στοιχείων που απεικονίζει την προβολή της γραφίδας πορείας στο επίπεδο στοιχείων. Για πρακτικούς λόγους μια φυσική επιφάνεια, όπως μια άκρη που τοποθετείται στο επίπεδο στοιχείων, αντικαθιστά εκείνο το δεδομένο στοιχείων σε μια θέση που μετατοπίζεται από μια γνωστή απόσταση από τη θεωρητική γραμμή προβολής.

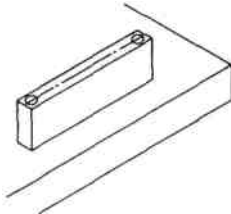
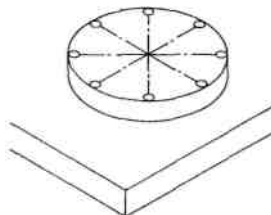
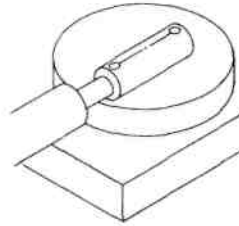
Εκτός από αυτά τα δύο θεμελιώδεις στοιχεία, που παραπέμπονται κατά μήκος της πορείας καθορισμού, μπορεί έπειτα να απαιτηθεί στις μετρήσεις για τις οποίες η ακριβής θέση του επιθεωρημένου τμήματος στην κατεύθυνση της μετατόπισης ανίχνευσης είναι επίσης κρίσιμη. Για το λόγο αυτής της παραπομπής, ένα συγκεκριμένο στοιχείο

επιφάνειας του κομματιού χρησιμοποιείται συνήθως, είτε από την άμεση επαφή με την γραφίδα είτε μέσω ενός συνημμένου βοηθητικού μέλους που χρησιμεύει να μεταφέρει το σημείο αναφοράς στην πορεία της επαφής ανίχνευσης.

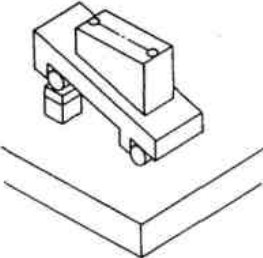
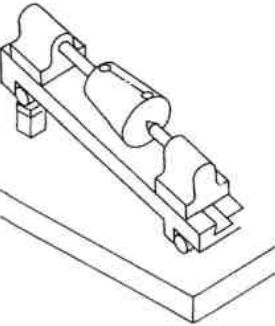
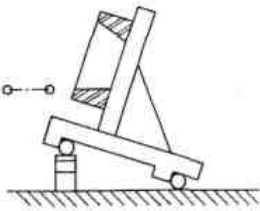
Ο ρόλος των στοιχείων αναφοράς που αναλύονται ανωτέρω στην οργάνωση των τεχνικών κομματιών για τις διαστατικές μετρήσεις με τη βοήθεια της επισήμανσης σχεδιαγράμματος δεν είναι εύκολο να απεικονιστεί βάσει των αρχών μόνο. Για αυτό το λόγο, τα διάφορα παραδείγματα για τη σωστά τοποθετημένη οργάνωση παρουσιάζονται στον πίνακα 5-3. Αν και τα σχέδια αυτού του πίνακα είναι διαγραμματικά και επεξηγούν τις αρχές μόνο, η συνοδευτική συζήτηση επεξεργάζεται τις έννοιες με τέτοιο τρόπο ώστε να βοηθήσουν στη σχεδίαση μόνιμων προσαρτημάτων για την πρακτική εφαρμογή των αρχών οργάνωσης.



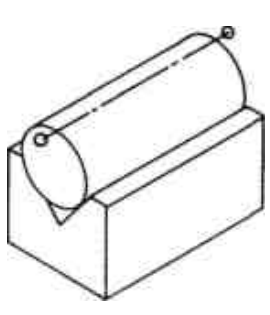
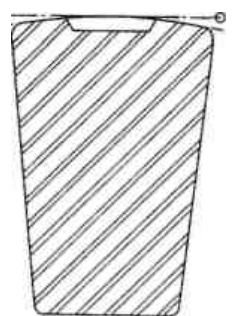
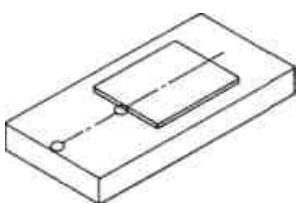
**ΠΙΝ. 5-3 ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ - 1**

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ
	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
Ευθύτητα	Ευθεία άκρη με τον καθορισμό της λειτουργικής επιφάνειας μεταξύ δύο σημείων αναφοράς	<p>0 = Σημείο αναφοράς για τον καθορισμό της πορείας ευθυγράμμισης.</p> 	Μια ευθεία επιφάνεια, όταν ανιχνεύεται από ένα όργανο καθορισμού σχεδιαγράμματος, θα παράγει μια ευθεία γραμμή στο διάγραμμα ακόμη και στην περίπτωση που τα επίπεδα της πορείας της γραφίδας και της επιφάνειας δεν είναι τελείως παράλληλα, εκτός αν χρησιμοποιείται ένα καμπυλόγραμμο όργανο καταγραφής. Για αυτό τον τελευταίο λόγο, η παράλληλη ρύθμιση είναι επιθυμητή, βασισμένη σε δύο σημεία αναφοράς στις άκρες του καθορισμένου τμήματος, να αποφύγει τις παραμορφώσεις στη γραφική απεικόνιση.
Λειότητα	Επίπεδο κατασκευαστή εργαλείων, επιθεωρημένος από τη χάραξη διάφορων τυχαίων επιλεγμένων στοιχείων επιφάνειας		Θεωρώντας μια επιφάνεια επίπεδη όταν διάφορα τυχαία επιλεγμένα στοιχεία, που βρίσκονται στις διαφορετικές κατευθύνσεις, είναι ουσιαστικά ευθείες γραμμές, ο καθορισμός τέτοιων στοιχείων θα παράγει τις γραμμές διαγραμμάτων που είναι ενδεικτικές της συνθήκης λειότητας. Προκειμένου να ληφθούν οι σημαντικές τιμές για τις αποκλίσεις από το επίπεδο, ανεξάρτητα από τις μικρότερες μεταβολές στο σταθερό επίπεδο λόγω της περιστροφής του δείγματος, τα τελικά σημεία αναφοράς για κάθε καθορισμένο τμήμα πρέπει να ρυθμιστούν για ίσες ενδείξεις.
Παραλληλισμός	Κυλινδρική ακίδα(π.χ., ένα διαμέτρημα βουλωμάτων), - με τη σύγκριση οποιασδήποτε κλίσης της καθορισμένης επιφάνειας στοιχείου με ένα επίπεδο στοιχείων στο οποίο βρίσκεται το κομμάτι		Ένα στοιχείο επιφάνειας του κομματιού σε μια θέση βασικά παράλληλη με την εφαπτομένη επιπέδων διαμετρικά απέναντι από το στοιχείο επιφάνειας, καθορισμού για να καθορίσει τον πραγματικό παραλληλισμό. Για να εφαρμόσει την έννοια, ένα οπτικό επίπεδο χρησιμοποιείται για να απεικονίσει το επίπεδο εφαπτομένης στο οποίο το κομμάτι υποστηρίζεται. Εκείνο το επίπεδο λειτουργεί επίσης ως στοιχείο για την καθιέρωση του οριζόντιου επιπέδου μετατοπίσεων γραφίδας..

**ΠΙΝ. 5-3 ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ - 2**

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ
	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
Γωνία- ενός μέρους με δύο αμοιβαία κεκλιμένες επίπεδες επιφάνειες	Σφήνα - όπως ένας φραγμός διαμετρημάτων γωνίας, με την εντόπιση της πλευράς απέναντι από την καθορισμένη σε μια κλίση της ελεγχόμενης γωνίας		Προκειμένου να βεβαιωθεί η αληθινή απεικόνιση με τον καθορισμό σχεδιαγράμματος της γωνίας σφηνών, το ανιχνευμένο στοιχείο πρέπει να βρεθεί σε ένα επίπεδο που είναι κάθετο στη γραμμή της κορυφής του κομματιού, δηλ., η φανταστική γραμμή στην οποία οι επεκτάσεις των αμοιβαία κεκλιμένων πλευρών του κομματιού κόβουν. Η υποστηριζόμενη κλίση πρέπει επίσης έτσι να βρεθεί ότι η φανταστική γραμμή της κορυφής είναι παράλληλη με αυτήν του κομματιού.
Γωνία-κλίση ενός σώματος της περιστροφής	Μυτερό διαμέτρημα βουλωμάτων - γωνία σωμάτων που καθορίζεται από μέτρηση των κλίσεων της γωνίας		Για ένα κωνικό κομμάτι, το επίπεδο εντόπισης πρέπει να είναι εφαπτομένο σε ένα στοιχείο επιφάνειας και η πορεία καθορισμού πρέπει να συμπίπτει με το διαμετρικά αντίθετο στοιχείο της επιφάνειας του κομματιού. Λαμβάνοντας υπόψη τα προβλήματα ευθυγράμμισης και εντόπισης μπορεί να είναι ευκολότερο να κρατηθεί το κομμάτι μεταξύ των κέντρων που στηρίζονται σε μια κλίση με μια γωνία κλίσεων ίση με ένα δεύτερο της γωνίας σωμάτων του κομματιού. Οι ατέλειες των οπών κέντρων και των κέντρων θα μειώσουν την ακρίβεια των μετρήσεων με αυτήν την απλουστευμένη μέθοδο εντόπισης.
Σχεδιάγραμμα και γεωμετρική σχέση όσον αφορά ένα βοηθητικό στοιχείο	Μυτερό κυλινδρικό κύπελλο αντοχής καθορισμού θέσης - σχεδιάγραμμα διαδρομής και γωνία		Όταν μια ιδιαίτερη επιφάνεια του κομματιού, που δεν είναι ένα άμεσο στοιχείο, έχει μια καθορισμένη γεωμετρική σχέση με τους βασικούς όρους της επιφάνειας που επιθεωρείται, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εντόπιση του μέρους στη διαδικασία καθορισμού σχεδιαγράμματος. Στο παράδειγμα η όψη του φέροντος κύπελλου θεωρείται κάθετη στον άξονα κομματιών σε έναν ικανοποιητικό βαθμό ακρίβειας που επιτρέπει τη χρήση του ως βοηθητικό στοιχείο ερευνώντας το σχεδιάγραμμα και τη γενική κλίση της διαδρομής.

**ΠΙΝ. 5-3 ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ - 3**

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ
	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
Ουσιαστικά ευθύ σχεδιάγραμμα με τη σκόπιμη κλίση	Κορυφαίο κυλινδρικό ρουλεμάν- σχεδιάγραμμα που μετρείται σε σχέση με ένα βασικό στοιχείο ευθειών γραμμών του σχεδίου		Το καμπύλο σχεδιάγραμμα, που κλήθηκε το περίγραμμα μιας κορυφαίας επιφάνειας, είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό σχεδίου ορισμένων δοτικών εργαλείων και φερόντων κυλίνδρων, με σκοπό την προώθηση της ομοιόμορφης διανομής πίεσης. Για τον καθορισμό της μορφής, της θέσης και των διαστάσεων του κορυφαίου σχεδιαγράμματος κομματιών, η γραμμή διαγραμμάτων πρέπει να αφορά ένα βασικό στοιχείο σχεδίου του κομματιού, π.χ., ο άξονάς της ή το δευτερεύον περίγραμμα, μια συνθήκη που πρέπει να βεβαιωθεί από το κατάλληλο στερέωμα για τον καθορισμό σχεδιαγράμματος.
Κυκλικό τόξο που φαίνεται σε σχέση με μια γραμμή επαφής	Μυτερό κυλινδρικό ρουλεμάν - το περίγραμμα της όψης της άκρης		Η συνδυασμένη περιστροφική και πλανητική μετακίνηση ενός κυλινδρικού ρουλεμάν με τον άξονά της που γέρνει προς μια κορυφή, απαιτεί το έδαφος στη πλευρά του κυλίνδρου για να αποτελέσει μια σφαιρική ζώνη. Το γενικό περίγραμμα εκείνης της ζώνης, βασικά ένα κυκλικό τόξο, μπορεί να επιθεωρηθεί με τον καθορισμό σχεδιαγράμματος, παραπέμποντας από μια φανταστική γραμμή που είναι κανονική και κόβει τον άξονα του κυλίνδρου. Είναι ενδεδειγμένο να επιλεγεί μια χαμηλή αναλογία για τις κάθετες και οριζόντιες ενισχύσεις.
Γραμμική απόσταση του πολύ μικρού μεγέθους	Απόθεμα μεμβράνης για τα ηλεκτρονικά κυκλώματα - η μέτρηση του αποθέματος πάχους του στρώματος		Προκειμένου να ληφθεί μια αξιόπιστη απεικόνιση του πάχους μεμβράνης υπό μορφή ευδιάκριτου βήματος της καταγραμμένης γραμμής διαγραμμάτων, η σχεδίαση πρέπει να διασχίσει ένα τμήμα της επιφάνειας όπου το όριο μεταξύ του υλικού βάσεων και του στρώματος που μετριοούνται καθορίζεται καλά. Η πορεία της σχεδίασης και η επιφάνεια βάσης πρέπει να ευθυγραμμιστούν για να παρέχουν σε μια γραμμή αναφοράς παράλληλη με την οριζόντια απόφαση των κυρίαρχων διαγραμμάτων.

**ΠΙΝ. 5-3 ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ - 4**

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ
	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
Μήκος των μερικών εμποδισμένων τμημάτων επιφάνειας	Το μήκος του προβαλλόμενου τμήματος μιας επιφάνειας οπής - η διαδρομή ενός κυκλικού κυλινδρικού ρουλεμάν		<p>Η θέση του ορίου μεταξύ ενός ευθέως στοιχείου επιφάνειας και του προβαλλόμενου τμήματός της, ιδιαίτερα όταν η γωνία προσέγγισης είναι πολύ μικρή, μπορεί να καθοριστεί με απaráμιλλη ακρίβεια με τη βοήθεια του σχεδιαγράμματος καθορισμού, ακόμη και σε δύσκολες να φθάσει περιοχές. Για την παραπομπή του μήκους τμημάτων από την όψη του κομματιού, ακόμη κι αν η άκρη στρογγυλεύεται, το επίπεδο του προσώπου μπορεί να μεταφερθεί στην καθορισμένη πορεία με την ενίσχυση μιας λεπίδας ακρών μαχαιριών σε επαφή με τη σημαντική επιφάνεια κομματιών.</p>

Στο διαδικασία των διαστατικών μετρήσεων από το σχεδιάγραμμα καθορισμού, όπως τα περισσότερα άλλα συστήματα των γραμμικών και γωνιακών διαδικασιών μέτρησης, η οργάνωση του δείγματος έχει επιπτώσεις άμεσα στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ένα παράδειγμα από τον τομέα των συμβατικών μετρήσεων, απεικονίζει τη σημασία της αξιόπιστης οργάνωσης. Εντούτοις, στις διαστατικές μετρήσεις από το σχεδιάγραμμα καθορισμού, η οργάνωση είναι συνήθως πιο σύνθετη από άλλες συμβατικές διαδικασίες που περιλαμβάνουν μόνο ένα σημείο επαφής.

Η ακρίβεια της μέτρησης επηρεάζεται από την οργάνωση των λαθών στους διαφορετικούς βαθμούς, ανάλογα με την κατεύθυνση στην οποία εμφανίζεται η ανακρίβεια ως προς την τοποθεσία. Κάποιος μπορεί να διακρίνει τα λάθη της πρώτης γραμμής και της δεύτερης γραμμής. Τα λάθη της πρώτης γραμμής είναι εκείνα που ουσιαστικά συμπίπτουν με την κατεύθυνση της "κάθετης ενίσχυσης," δηλαδή την αίσθηση της απόκλισης της γραφίδας. Τέτοια λάθη οργάνωσης έχουν επιπτώσεις στην ακρίβεια της μέτρησης άμεσα και συχνά στην πλήρη επίδραση του μεγέθους τους.

Τα λάθη της δεύτερης σειράς είναι εκείνα που περιλαμβάνονται σε ένα επίπεδο ουσιαστικά κανονικό στην αρχική κατεύθυνση της αντίληψης. Αυτά μπορούν να θεωρηθούν ως πλευρικής ευθυγράμμισης λάθη. Η επίδρασή τους στην ακρίβεια μέτρησης εξαρτάται από τη γενική μορφή του κομματιού που είναι μετρημένο. Εδώ είναι τέσσερα παραδείγματα:

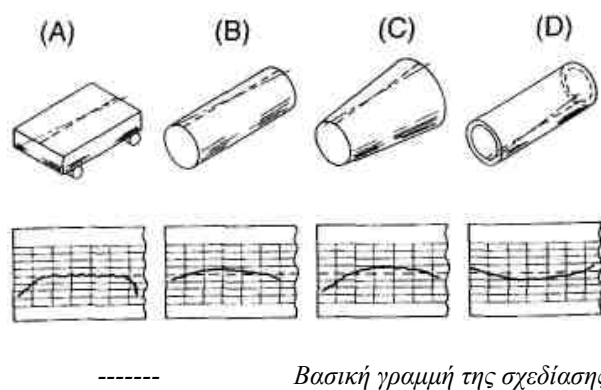
1. Οι επίπεδες επιφάνειες, όταν βρίσκονται στο οριζόντιο επίπεδο της γραφίδας πορείας, δεν είναι γενικά ευαίσθητες στα πλευρικά λάθη ευθυγράμμισης, εκτός από εκείνες που έχουν επιπτώσεις στην απεικόνιση του καθορισμένου μήκους του τμήματος. Εντούτοις, ακόμη και αυτές θεωρούνται συχνά ασήμαντες, επειδή οι προκύπτουσες αποκλίσεις είναι δεύτερης σειράς μόνο, που υποδεικνύεται συχνά ως λάθη συνημιτόνου

2. Οι κυλινδρικές επιφάνειες παράγουν υπερβολικές παρεκκλίσεις της γραμμής διαγραμμάτων όταν κλίνει η πορεία καθορισμού πέρα από το αξονικό επίπεδο του δείγματος

3. Κωνικά μέρη

4. Τα πλευρικά λάθη ευθυγράμμισης στην οργάνωση των κυρτών επιφανειών μεταδίδουν στη γραμμή διαγραμμάτων τις κυρτές παρεκκλίσεις για τα εξωτερικά στοιχεία επιφάνειας και κοίλες παρεκκλίσεις για τα εσωτερικά στοιχεία επιφάνειας.

Αυτά τα παραδείγματα των πλευρικών λαθών ευθυγράμμισης και των αποτελεσμάτων των καθορισμένων διαγραμμάτων διευκρινίζονται στο σχέδιο 5-6.



Σχ. 5-6 Παραδείγματα των πλευρικών λαθών ευθυγράμμισης και της παραμορφωμένης επίδρασης τους στις προκύπτουσες γραμμές διαγραμμάτων. (Α) Επίπεδος παραλληλισμός —έλεγχου επιφάνειας. (Το Β, C και D) κύλινδρος, κώνος, και κυλινδρική οπή —έλεγχος της ευθύτητας ενός στοιχείου επιφάνειας σε ένα βασικά αξονικό επίπεδο του κομματιού. Η κεκλιμένη πορεία της σχεδίασης που παρουσιάζεται στα σκίτσα προοπτικής των κομματιών παράγει τις υποδεικνυμένες παρεκκλίσεις της γραμμής του διαγράμματος.

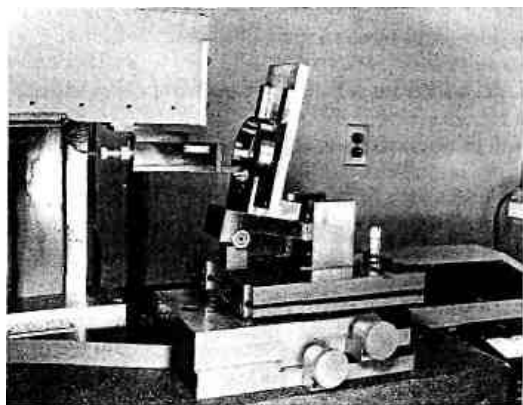
Όταν για λόγους πρακτικότητας, ή προκειμένου να ληφθούν οι πληροφορίες για ορισμένους γεωμετρικούς όρους, το κομμάτι οργανώνεται για το καθορισμό σχεδιαγράμματος σε μια βοηθητική επιφάνεια, η επιλογή εκείνης της μερίδας εντόπισης του κομματιού καθοδηγείται από διάφορες σχετικές εκτιμήσεις. Τα ακόλουθα είναι μερικά παραδείγματα των όρων που η επιλεγμένη επιφάνεια εντόπισης πρέπει να βεβαιώσει:

1. Πρέπει να παρέχει μια περιοχή ικανοποιητικής ομαλότητας για να επιτρέψει τη θετική θέση

2. Πρέπει να είναι προσαρμόσιμο για να κρατηθεί στερεά στην ενισχυτική επιφάνεια του προσαρτήματος, είτε από τη άμεση δράση, όπως ένας μαγνήτης είτε μια διαστολή, είτε με την βοήθεια της στερέωσης για να ενεργήσει σε μια επιφάνεια συγγένειας και

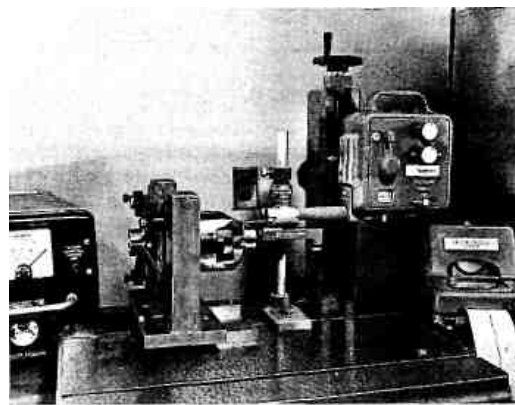
3. Πρέπει να είναι σε μια λειτουργικά καθορισμένη σχέση με την επιφάνεια που καθορίζεται πραγματικά.

Για να ικανοποιήσετε τα ανωτέρω και άλλες παρόμοιες απαιτήσεις, απαιτούνται συχνά οι ειδικές εργασίες-εντοπισμού. Τα σχήματα 5-7, 5-8 και 5-9 παρουσιάζουν παραδείγματα τέτοιων ειδικών συσκευών που σχεδιάζονται για τον καθορισμό σχεδιαγραμμάτων των διαδικασιών που παρέχουν τις πληροφορίες ταυτόχρονα για τους διαστατικούς ή γεωμετρικούς όρους του ιχνοστοιχείου, καθώς επίσης και για το σχεδιάγραμμα της επιθεωρημένης επιφάνειας



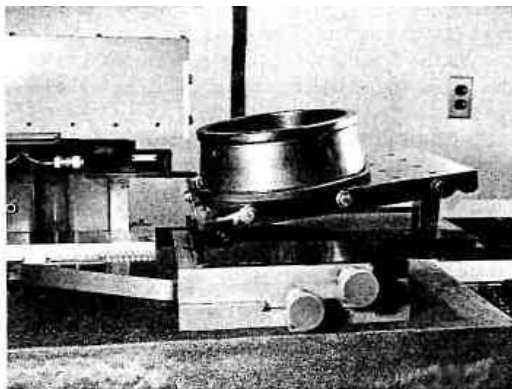
Rank-Taylor-Hobson/Engis Equipment Co.

Σχ. 5-7. Προετοιμασία για τον καθορισμό του στοιχείου διαδρομής ενός εξωτερικού κυλινδρικού ρουλεμάν, το οποίο κρατιέται σε ένα ειδικό προσάρτημα. Η βασική ανύψωση παράγεται από ένα πιάτο ημιτόνου, η κεφαλή μικρομέτρου επιτρέπει την επιπλέον επιπέδωση σε σχέση με την πορεία της γραφίδας.



Rank-Taylor-Hobson/Engis Equipment Co.

Σχ. 5-8 Προετοιμασία με ένα κάλυμμα εργαλείων που κρατιέται σε ένα ειδικό προσάρτημα για να βεβαιώσει την αξονική σχεδίαση του σχεδιαγράμματος της επιφάνειας πλημνών σε ένα κανονικό επίπεδο στην τοποθετημένη φλάντζα.



Σχ. 5-9 Προετοιμασία με ένα εσωτερικό δαχτυλίδι με κωνικούς κυλίνδρους ρουλεμάν που υποστηρίζεται σε ένα πιάτο ημιτόνου κατά τη διάρκεια της σχεδίασης της όψης πλευρών, για τη λήψη των διαστατικών πληροφοριών και για τη γωνία και για το σχεδιάγραμμα του ανιχνευμένου στοιχείου επιφάνειας.

#### 5.4 Διαγράμματα οργάνων καταγραφής και η ερμηνεία διαγραμμάτων καθορισμού

Δεδομένου ότι ο καθορισμός σχεδιαγράμματος είναι μια συνεχώς ευαίσθητη και ενδεικτική διαδικασία, δεν είναι πρακτικό να στηριχθεί, για τη λήψη των μετρημένων τιμών, στην παρατήρηση της συνεχώς μεταβαλλόμενης θέσης δεικτών ενός μετρητή. Για αυτόν τον λόγο, οι μετρητές με τους οποίους οι διάφοροι τύποι καθορισμού σχεδιαγράμματος οργάνων είναι εξοπλισμένοι, εξυπηρετούν μόνο για την καθοδήγηση στη φάση ρύθμισης της διαδικασίας, που προηγούνται της πραγματικής επισημάνσης του σχεδιαγράμματος.

Ο γενικός τρόπος εντοπισμού της διαδικασίας καθορισμού σχεδιαγράμματος είναι τα όργανα καταγραφής. Καθένα από τα δύο βασικά συστήματα χρησιμοποιείται, δηλαδή, το X-Y όργανο καταγραφής και το όργανο καταγραφής διαγραμμάτων λωρίδων. Κάθε ένα από αυτό το σύστημα έχει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες, μερικές από τις οποίες έχουν την άμεση σχέση στην επιλογή κάθε τύπου για ένα ιδιαίτερο σύνολο της εφαρμογής όρων.

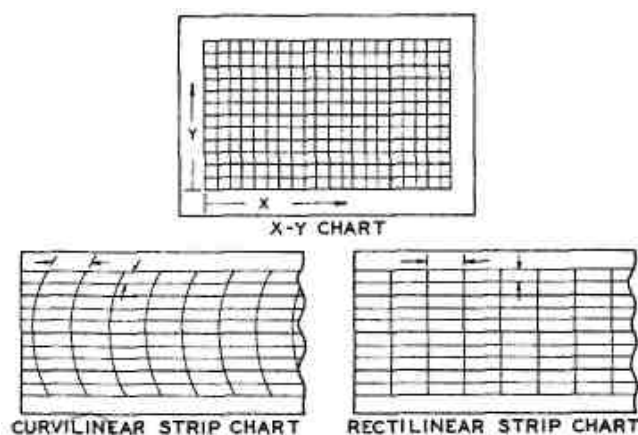
Τα X-Y όργανα καταγραφής, που καλούνται σε σχέση με τους δύο ενδεικτικούς άξονες, λειτουργούν από δύο αμοιβαία ανεξάρτητες εισαγωγές, μια που προέρχεται από την επανάληψη, που καταχωρεί τις εκτροπές της γραφίδας, η άλλη που σχετίζεται με την απόσταση της παράλληλης μετακίνησης κατά τη διάρκεια της περιόδου καταγραφής. Οι εκτροπές της γραφίδας καταγράφονται στην κάθετη κατεύθυνση, κατά μήκος του άξονα Y, ενώ η απόσταση που διανύεται απεικονίζεται οριζόντια, κατά μήκος του άξονα X. Κάθε ένας καταγράφεται σε ένα ποσοστό ενίσχυσης που τίθεται ανεξάρτητα σε καθεμία κατεύθυνση. Επειδή οι μετατοπίσεις της γραφίδας κατά μήκος του άξονα X προέρχονται από τα ηλεκτρικά σήματα που συσχετίζονται με τη στιγμιαία απόσταση του κινούμενου μέλους οργάνων (πίνακας) από το αρχικό σημείο, οι μεταβολές στην ταχύτητα καθορισμού δεν έχουν επιπτώσεις στην αναλογικότητα της καταγραφής διαγραμμάτων. Το ουσιαστικό πλάτος των περισσότερων τύ-

πων X-Y διαγραμμάτων οργάνων καταγραφής προσφέρει ένα ευρύτερο φάσμα για να καταγράψει τις εκτροπές της γραφίδας από τα διαγράμματα λωρίδων γενικά.

Τα όργανα καταγραφής διαγραμμάτων λωρίδων απαιτούν έναν μηχανισμό κίνησης που είναι αξιόπιστα συγχρονισμένος με την ταχύτητα καθορισμού σε οποιοσδήποτε από τις επιλεγμένες ενισχύσεις. Το μήκος της καταγραφής είναι σχεδόν απεριόριστο επομένως, οι πολύ υψηλές οριζόντιες ενισχύσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν απαιτούνται, και η ικανότητα καταγραφής δεν βάζει όρια της στο μήκος του επιθεωρημένου τμήματος σχεδιαγράμματος. Τα έγγραφα διαγραμμάτων λωρίδων, που παρέχονται σε καταλόγους του μήκους, είναι καταλληλότερα να χειριστούν από τα ανεξάρτητα τοποθετημένα φύλλα διαγραμμάτων, και είναι γενικά πιο οικονομικά σε περίπτωση ανάγκης για τις συνεχείς διαδικασίες καθορισμού. Τα όργανα καταγραφής διαγραμμάτων λωρίδων γίνονται σε δύο βασικούς τύπους:

1. Εκείνοι που χρησιμοποιούν τα έγγραφα διαγραμμάτων με την καμπυλόγραμμη απόφαση για να καταγράψει τις τοξοειδείς μετακινήσεις της γραφίδας και
2. Εκείνοι που χρησιμοποιούν τα έγγραφα διαγραμμάτων με την ευθύγραμμη απόφαση. Αυτός ο τύπος απαιτεί μια μετακίνηση ευθειών γραμμών της γραφίδας, η οποία ολοκληρώνεται συνήθως με την ενίσχυση ενός μηχανισμού συνδέσμων για την περιστροφική μετακίνηση του ωθούμενου στοιχείου σε ένα γραμμικό.

Το σχήμα 5-10 επεξηγεί τα κενά διαγράμματα που χρησιμοποιούνται στα προαναφερθέντα συστήματα των οργάνων καταγραφής. Αυτοί είναι οι X-Y τύποι που χρησιμοποιούν ένα ορθογώνιο διάγραμμα των σταθερών διαστάσεων ορίου, και οι δύο τύποι διαγραμμάτων λωρίδων, καμπυλόγραμμων και οι ευθύγραμμοι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα όργανα συνεχούς καταγραφής.



Σχ. 5-10 Βασικοί τύποι διαγραμμάτων που χρησιμοποιούνται στην σχεδίαση σχεδιαγραμμάτων διαδικασιών για την καταγραφή και τις εκτροπές της γραφίδας και της καθορισμένης απόστασης, κάθε μια στις ανεξάρτητα επιλεγμένες ενισχύσεις. X-Y όργανο καταγραφής - διαγραμμάτων που χρησιμοποιείται από δύο χωριστά κυκλώματα εισαγωγής. Το

καμπυλόγραμμο διάγραμμα λωρίδων, και το ευθύγραμμο όργανο καταγραφής διαγραμμάτων - λωρίδων έχουν σχετική με το χρόνο κίνηση και τα σήματα εισαγωγής λειτουργούν την κατακόρυφο μετατόπιση της γραφίδας.



Η ευθυγράμμιση των εγγράφων διαγραμμμάτων περιέχει μια απεικόνιση της επιφάνειας καθορισμού που γενικά συνδέεται πιο εύκολα από τον καμπυλόγραμμο τύπο, επειδή μπορεί να συνδεθεί εύκολα με τη γενική μορφή του περιγράμματος των κομματιών. Για παράδειγμα, το περίγραμμα κυκλικού τόξου ενός κομματιού εμφανίζεται ως συμμετρική καμπύλη σε ένα ευθύγραμμο διάγραμμα, σε αντίθεση με την ασύμμετρη γραμμή καθορισμού που εμφανίζεται σε ένα καμπυλόγραμμο διάγραμμα. Μια εξαίρεση από αυτή την άποψη είναι η αξιολόγηση διαγραμμμάτων με την ενίσχυση των διαφανών προτύπων, τα οποία μπορούν να προετοιμαστούν για να περιέχουν τις γραμμές ορίου ζωνών ανοχής. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου βεβαιώνεται στη μη παραμορφωμένη γραφική απεικόνιση του σχεδιαγράμματος στα επιλεγμένα ποσοστά κάθετων και οριζόντιων ενισχύσεων.

Ο λόγος για την ευρεία χρήση των καμπυλόγραμμων διαγραμμμάτων αποφάσεων είναι η βασική καμπυλόγραμμη διαδρομή της γραφίδας που τοποθετείται στην άκρη του βραχίονα οργάνων καταγραφής, ο οποίος ταλαντεύεται γύρω από έναν σταθερό άξονα. Για το μετασχηματισμό αυτής της τοξοειδούς διαδρομής της γραφίδας σε μια κίνηση ευθειών γραμμών, χωρίς επιρροή της αξιόπιστης αναλογικότητας της απομάκρυνσης της γραφίδας, απαιτούνται οι ειδικοί σύνδεσμοι. Τα διάφορα σχέδια αυτών των συνδέσμων μπορούν να βρεθούν στην ευθύγραμμη λωρίδα διαγραμμμάτων οργάνων καταγραφής, τα περισσότερα από τα οποία βεβαιώνουν μια πολύ καλή αναλογικότητα, πλησιάζοντας την άμεση, όμως καμπυλόγραμμη, καταγραφή. Η εισαγωγή ενός μηχανικού συνδέσμου, εντούτοις, μειώνει την ταχύτητα απόκρισης, ένας όρος που μπορεί να είναι ανεπιθύμητος για ορισμένους τύπους διαδικασιών επιθεώρησης.

Δύο τύποι χαρακτηρισμών των μέσων χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των διαγραμμμάτων καταγραφής:

1. Το μελάνι επιτρέπει τη χρήση των διαφανών εγγράφων διαγραμμμάτων που είναι προσαρμόσιμα στην αναπαραγωγή από τις συμβατικές μηχανές αναπαραγωγής σχεδίου και

2. Ο ηλεκτρικός χαρακτηρισμός απαιτεί έναν ειδικό τύπο αδιαφανούς υλικού διαγραμμμάτων, αλλά δεν χρειάζεται κανένα ξαναγέμισμα μελανιού της δεξαμενής και είναι χωρίς απόφραξη. Επί πρόσθετα, το πάχος της γραμμής χαρακτηρισμού μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη ρύθμιση της τρέχουσας εισαγωγής.

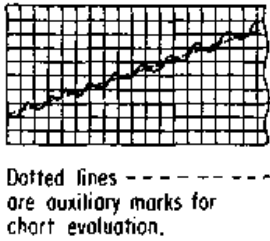

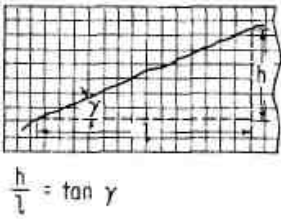
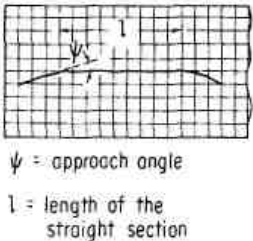
Τα απαιτούμενα μέσα της διαδικασίας καθορισμού σχεδιαγράμματος, η γραμμή που επισημαίνεται σε ένα χαρτί διαγραμμμάτων, είναι εξαιρετικά πληροφοριακά, επιδεικνύει με ένα μόνιμο τρόπο, τα αποτελέσματα των μετρήσεων που αποτελούνται από μια σειρά ανεξάρτητων τιμών και είναι ικανά για την παροχή πληροφοριών για περισσότερο από μια απλή παράμετρο. Εντούτοις, λόγω του συνδυασμού διάφορων τιμών που απεικονίζονται σε μια γραμμή καταγραφής διαγραμμμάτων, γίνεται σημαντι-

κό μόνο όταν ερμηνεύεται κατάλληλα βάσει των σχετικών μεταβλητών διαδικασίας. Τα παραδείγματα των τελευταίων δίνονται εδώ:


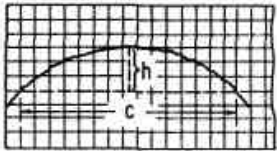
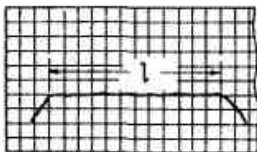
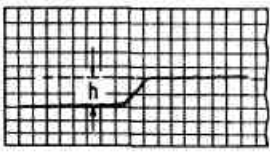
1. Τα ποσοστά ενίσχυσης σε κάθε μια από τις δύο θεμελιώδεις κατευθύνσεις
2. Οι αρχές εντόπισης που εφαρμόζονται στην οργάνωση του κομματιού και
3. Οι επιθεωρημένοι γεωμετρικοί και διαστατικοί όροι όσον αφορά τον καθορισμό διαγραμμάτων αναφέρονται για την παροχή των πληροφοριών.

Θα ήταν μετά βίας εφικτό να τεθούν οι γενικοί κανόνες για την ερμηνεία του καθορισμού-σχεδιαγράμματος διαγραμμάτων. Αντί μιας προσπάθειας να διατυπωθούν τέτοιοι κανόνες, τα χαρακτηριστικά παραδείγματα σχεδιαγράμματα των διαδικασιών επιλέχτηκαν και τα διαγράμματα είναι διευκρινισμένα διαγραμματικά στο Πιν 5-4. Προκειμένου να αποφευχθούν οι μεταβλητές που θα μπορούσαν να αφαιρέσουν τη σαφή απεικόνιση των ουσιαστικών πτυχών, όλα τα παραδείγματα είναι διευκρινισμένα με τη βοήθεια των ευθύγραμμων διαγραμμάτων λωρίδων. Τα περισσότερα από αυτά τα διαγράμματα μπορούν να επιδειχθούν σε άλλους τύπους διαγραμμάτων, επίσης, και χρειάζονται ερμηνείες παρόμοιες με εκείνες που συζητούνται στον πίνακα 5-4.

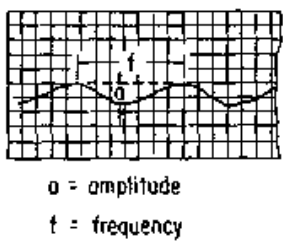
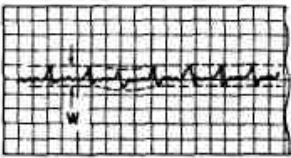
**ΠΙΝ. 5-4. Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ – 1**

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ		ΥΠΟΔΕΔΕΙΓΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ		
Ευθεία γραμμή ουσιαστικά οριζόντια, ή - υπό όρους - ανεξάρτητα από την κατεύθυνση		Η ευθύτητα της άκρης ενός χάρακα, ή μιας γραφίδας διαμετρημάτων, τα τελευταία που αξιολογούνται από ένα στοιχείο επιφάνειας που περιλαμβάνεται σε ένα αξονικό επίπεδο του κυλίνδρου.	Ενώ μια γραμμή γραφίδας παράλληλη με την οριζόντια απόφαση διαγραμμάτων είναι η προφανής επίδειξη του ανιχνευμένου στοιχείου επιφάνειας, απαιτεί την ευαίσθητη σταθερή ρύθμιση. Μια κεκλιμένη γραμμή διαγραμμάτων, είναι αποδεκτή μόνο όταν χρησιμοποιούνται τα ευθύγραμμα διαγράμματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μια ευθεία γραμμή αναφοράς που σύρεται με το χέρι ως διάμεσος της γραμμής σχεδίασης, θα βοηθήσει την ερμηνεία.
Ευθεία γραμμή βασικά παράλληλη με τις οριζόντιες αποφάσεις διαγραμμάτων		Ο παραλληλισμός (ή ευθύτητα) του κομματιού της εντοπισμένης επιφάνειας του κομματιού, όπως η σχέση των πλευρών σε έναν ορθογώνιο φραγμό	Δεδομένου ότι το οριζόντιο επίπεδο της πορείας της γραφίδας χρησιμοποιείται για το στοιχείο, είναι απαραίτητο ότι η επιφάνεια βάσεων του κομματιού με το οποίο η επιθεωρημένη επιφάνεια συσχετίζεται να είναι τοποθετημένη σε έναν ακριβώς παράλληλο επίπεδο (ή κάθετο) με αυτό το επίπεδο στοιχείων. Οποιαδήποτε κλίση της γραμμής διαγραμμάτων θα δείξει έπειτα τις αποκλίσεις της πραγματικής επιφάνειας από τη βασική γεωμετρική σχέση.
Ευθεία κεκλιμένη γραμμή στην οριζόντια απόφαση διαγραμμάτων		Αποκλίσεις ενός στοιχείου επιφάνειας από μια γωνιακή θέση συνόλου που αντιστοιχεί στη θεωρητική γωνία του κομματιού	Ο βαθμός αξιοπιστίας των ενδείξεων διαγραμμάτων που λαμβάνονται μ' αυτό τον τρόπο της επιθεώρησης γωνίας καθορίζεται από την ακρίβεια με την οποία η κλίση του επιπέδου εντόπισης σε σχέση με το στοιχείο καθιερώνεται. Η κλίση της γραμμής διαγραμμάτων θα δείξει τις γωνιακές μεταβολές του κομματιού που μπορούν να εκφραστούν στις γωνιακές μονάδες, με την αντικατάσταση των πραγματικών τιμών της κλίσης γραμμών διαγραμμάτων σε έναν τύπο εφαπτομένης.
Μία γραμμή γραφίδας ευθεία στο κεντρικό τομέα του άκμα με τις συμμετρικές καθόδους και στις δύο άκρες		Ευθύ στοιχείο επιφάνειας στο κέντρο και βαθμιαία πτώση προς τις ακρότητες - το σχεδιάγραμμα μιας άκρης-φέροντος στοιχείου	Για την ευκολότερη αξιολόγηση του καταγραμμένου σχεδιαγράμματος είναι ενδεδειγμένο να ευθυγραμμιστεί το ευθύ κεντρικό τμήμα του κομματιού με τη πορεία της γραφίδας. Το σχέδιο τέτοιων σχεδιαγραμμάτων διευκρινίζει συχνά τη μέγιστη γωνία προσέγγισης για τη μετάβαση μεταξύ των παρακείμενων τμημάτων. Αυτό μπορεί επίσης να αξιολογηθεί από το διάγραμμα με τον υπολογισμό της γωνίας της σχετικής γραμμής εφαπτομένης.

**ΠΙΝ. 5-4. Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ - 2**

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ		ΥΠΟΔΕΛΕΙΓΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ		
Συνεχής γραμμή καμπύλη στα συγκεκριμένα ποσοστά, και συμμετρικά διανεμημένη και στις δύο πλευρές ενός κεντρικού σημείου.	 <p><b>T = tolerance zone</b></p>	Σχεδιάγραμμα με σκοπό να βεβαιώσει την ομοιόμορφη διανομή πίεσης κάτω από συγκεκριμένο φορτίο, - π.χ., το περίγραμμα των κυλίνδρων αντοχής και των δοντιών εργαλείων.	Μια κατάλληλη μέθοδος αξιολόγησης τη συμφωνία του καθορισμένου σχεδιαγράμματος με τις προδιαγραφές σχεδίου που συνίσταται στη χρησιμοποίηση των διαφάνων προτύπων επικαλύψεων που περιέχουν, εκτός από το βασικό σχεδιάγραμμα, τις ζώνες ανοχής επίσης. Το πρότυπο πρέπει να χρησιμοποιηθεί στη θέση "καλύτερων συναρμολογήσεων" για την αξιολόγηση της λειτουργικής επάρκειας του επιθεωρημένου κομματιού.
Καμπύλη γραμμή με τη συνεχώς αυξανόμενη πτώση και στις δύο κατευθύνσεις από το κέντρο.	 $r = \frac{c^2 + 4h^2}{8h}$	Σχεδιάγραμμα της κυκλικής μορφής τόξων που καταγράφεται στα ανομοιόμορφα ποσοστά Μεγέθυνση - π.χ., η επιφάνεια επαφής ενός περιστρεφόμενου κομματιού στη παράλληλη μετακίνηση κατά μήκος μιας πλανητικής διαδρομής.	Το σχεδιάγραμμα που απεικονίζεται από τη γραμμή διαγραμμάτων μπορεί να επιθεωρηθεί ακριβώς με την παρουσίαση διάφορων αμοιβαία παράλληλων χορδών και τον υπολογισμό της ακτίνας του κυκλικού τόξου σχετικά με το μετρημένο χορδικό μήκος και το χορδικό ύψος κάθε τμήματος, χρησιμοποιώντας ορισμένες τιμές στις κλίμακες του διαγράμματος. Οι ίδιες ακτίνες είναι ενδεικτικές ενός κανονικού κυκλικού σχεδιαγράμματος τόξων.
Ουσιαστικά ευθεία οριακή γραμμή και στις δύο άκρες από τις απότομες αλλαγές από τη γενική κατεύθυνση.		Το μήκος ενός ευδιάκριτα οριακού τμήματος επιφάνειας στην καθορισμένη κατεύθυνση παρουσιάζεται από τη γραμμή διαγραμμάτων στα πλαίσια μιας κλίμακας που επιτρέπει την άμεση αξιολόγηση.	Το τμήμα επιφάνειας που επιθεωρείται πρέπει να επιτρέψει ανεμπόδιστα τη πορεία της γραφίδας. Η ανιχνευμένη επιφάνεια πρέπει να ευθυγραμμιστεί με την πορεία της γραφίδας προκειμένου να αποφευχθούν τα λάθη συνημιτόνου και μια αιχμηρή γραφίδα προτιμάται για τον ακριβή καθορισμό των σημείων ορίου.
Μια ενιαία γραμμή γραφίδας με δύο ουσιαστικά παράλληλα τμήματα που χωρίζονται από μια ευδιάκριτη μετατόπιση στα επίπεδά τους.		Η διαφορά ύψους μεταξύ δύο ρυθμιζόμενων και βασικού παράλληλων επιφανειών μπορούν να οριστούν από τη γραμμή διαγραμμάτων - πάχος ενός στρώματος που ουσιαστικά εφαρμόστηκε σε μια επίπεδη επιφάνεια .	Τα τμήματα επιφάνειας των οποίων τα σχετικά ύψη συγκρίνονται πρέπει να χωριστούν ευδιάκριτα το ένα από το άλλο. Αν και μια απότομη αλλαγή του ύψους δεν απαιτείται, η μετάβαση πρέπει να βρεθεί μέσα σε ένα λογικό μήκος διαγραμμάτων και τα δύο τμήματα επιφάνειας που συγκρίνονται πρέπει να καθοριστούν σαφώς.

**ΠΙΝ. 5-4. Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ - 3**

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ		ΥΠΟΔΕΔΕΙΓΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ	ΣΥΖΗΤΗΣΗ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ		
<p>Γραμμή με τις εναλλασσόμενες αποκλίσεις μιας φανταστικής διαμέσου που απεικονίζεται από μια εγγραμμένη γραμμή αναφοράς.</p>	 <p>a = amplitude f = frequency</p>	<p>Το εύρος και η συχνότητα, καθώς επίσης και ο βαθμός τακτικότητας του επιθεωρημένου σχεδιαγράμματος κομματιού παρουσιάζονται σαφώς από τη γραμμή διαγραμμάτων - μια ουσιαστικά επίπεδη επιφάνεια επαφών με όρια αποδεκτό της διακύμανσης.</p>	<p>Σε περίπτωση που η ανάλυση των συνθηκών επιφάνειας δεν ενδιαφέρεται για την τραχύτητα, οι πολύ χωρισμένες μεταβολές κατά διαστήματα σχεδιαγραμμάτων δεν πρέπει να παρουσιαστούν στο διάγραμμα. Αυτή η απαίτηση μπορεί να καλυφτεί είτε με τα μηχανικά μέσα, χρησιμοποιώντας μεγάλη ακτίνα γραφίδας (π.χ., μια άκρη σφαιρών), είτε με τα ηλεκτρονικά μέσα όπως τα φίλτρα κυμάτων.</p>
<p>Γραμμή με ασύμμετρο, πολλές φορές επαναλαμβανόμενο δείγμα, που χαρακτηρίζεται συνήθως από πολύ χωρισμένες κατά διαστήματα αποκλίσεις, από μια γενική κατεύθυνση</p>	 <p>w = roughness band width</p>	<p>Το μη ομοιόμορφο ενισχυμένο σχεδιάγραμμα παρουσιάζει μικρές παρεκκλίσεις από το βασικό περίγραμμα που υπερβάλλεται ιδιαίτερα για τη σαφήνεια - απαραίτητες πληροφορίες για τις λειτουργικές επιφάνειες ευαίσθητες στη τραχύτητα που δεν αποκαλύπτεται από το μέσο όρο της τραχύτητας.</p>	<p>Οι απομονωμένες κορυφές και η τομή δυο επιφανειών του ανιχνευμένου στοιχείου επιφάνειας απεικονίζεται με έναν τρόπο που επιτρέπει την αξιολόγηση τέτοιων χαρακτηριστικών επιφάνειας σύστασης χαρακτηριστικών όπως το πλάτος ζωνών τραχύτητας, τον αριθμό και το ύψος των κορυφών, κ.λπ., είτε που επιβάλλονται είτε που απομονώνονται (με το φιλτράρισμα) από διακύμανση. Η εφαρμόσιμη ερμηνεία ελέγχεται από τα σημαντικά χαρακτηριστικά σχεδιαγράμματος όπως διευκρινίζεται στο σχετικό σχέδιο παραγωγής.</p>

## Κεφάλαιο 6

### 6 Η μέτρηση της καμπυλότητας και των κυκλικών περιγραμμάτων

Η καμπυλότητα εκφράζει μια ιδιαίτερη γεωμετρική μορφή ενός τρισδιάστατου σχήματος, πολύ συχνά ενός σώματος περιστροφής. Το κυκλικό περίγραμμα είναι η χαρακτηριστική μορφή ολόκληρης ή της μερικής περιφέρειας ενός επίπεδου σχήματος.

Στην πρακτική μετρολογία αυτές οι δύο έννοιες συνδέονται πολύ με το προτέρημα μιας γενικά αποδεκτής τεχνικής μέτρησης καμπυλότητας, η οποία συνίσταται να καθορίσει την κυκλικότητα του περιγράμματος των επιπέδων ενός σφαιρικού κυρίως σώματος. Αυτή η τεχνολογική ένωση των δύο εννοιών είναι ο λόγος για τον τίτλο αυτού του κεφαλαίου και για την συζήτηση των θεμάτων που καλύπτει.

#### 6.1 Η έννοια της καμπυλότητας

Η καμπυλότητα, αν και προσδιορίζεται, ίσως, η πιο συχνά επαναλαμβανόμενη γεωμετρική μορφή κατασκευασμένων κομματιών, δηλώνει έναν όρο που δεν είναι μετρήσιμος από τις συγκρίσιμες μεθόδους με εκείνες που χρησιμοποιούνται για τις γραμμικές ή γωνιακές διαστάσεις. Ποσοτικά, ο βαθμός καμπυλότητας εκφράζεται από τη διάσταση της μη κυκλικότητας, δηλαδή η απόκλιση από την ιδανική μορφή. Εκείνη η διάσταση εντούτοις, δεν καθορίζεται από όρους που επιτρέπουν αξιόπιστες συγκρίσιμες μετρήσεις από οποιοδήποτε διάφορες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της καμπυλότητας. Οι λόγοι για την έλλειψη ομοιομορφίας στα συστήματα της μέτρησης και στις διαστάσεις καθορίζουν την απεικόνιση της καμπυλότητας που μπορεί να βρεθεί σε δύο αλληλεπιδρώντες πτυχές: (α) ο σκοπός ότι ο όρος της καμπυλότητας ενός τεχνικού μέρους προορίζεται να εξυπηρετήσει και (β) οι μέθοδοι μέτρησης που είναι προτιμητέες λόγω των τεχνολογικών ή οικονομικών περιστάσεων.

Σε γενικές γραμμές είναι απλό να περιγραφεί ένα τελείως κυκλικό κομμάτι, όπως έχει όλα τα σημεία της περιμέτρου του ισαπέχοντα από τον άξονα. Ή, εκφρασμένος κατά τρόπο διαφορετικό, η φανταστική διατομή ενός κυκλικού κομματιού σε ένα κάθετο επίπεδο στον άξονά της θα έχει για το περίγραμμά της, έναν τέλειο κύκλο.

Η κυκλικότητα (καμπυλότητα) είναι ένας όρος μιας επιφάνειας της περιστροφής όπου: (α) για έναν κύλινδρο ή έναν κώνο, όλα τα σημεία της επιφάνειας που κόβεται από οποιαδήποτε κάθετο επίπεδο σε έναν κοινό άξονα απέχουν εξίσου από εκείνο τον άξονα (β) για μια σφαίρα, όλα τα σημεία της επιφάνειας που κόβεται από οποιοδήποτε επίπεδο που περνά μέσω ενός κοινού κέντρου, απέχουν εξίσου από εκείνο το κέντρο.

Εντούτοις, πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι ένα τέλειο κυκλικό κομμάτι δεν μπορεί να παραχθεί με οποιαδήποτε γνωστά μέσα. Η τέλεια καμπυλότητα μπορεί να προσεγγιστεί σε διαφορετικό βαθμό, αλλά αυτό είναι ακριβώς το επίπεδο όπου η ευθύνη της μετρολογίας αναλαμβάνει: για να καθορίσει το βαθμό στον οποίο ο όρος του αντικείμενου πλησιάζει πραγματικά την τέλεια καμπυλότητα. Ή, εκφρασμένος σε πιο πρακτικούς όρους, για να καθορίσει το χαρακτήρα και τα μεγέθη της απόκλισης στο πραγματικό τύπο αντικειμένου από την τέλεια καμπυλότητα.

Η σημασία της κατάλληλης μέτρησης τέτοιων λαθών υπογραμμίζεται από το γεγονός ότι η κυκλική διατομή είναι ίσως η πιο συχνά χρησιμοποιημένη βασική μορφή στο σχέδιο εφαρμοσμένης μηχανικής. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για προτεραιότητα στο σχέδιο, στα κύρια μέρη της περιστροφής και στα καμπύλα εσωτερικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Μερικοί από αυτούς τους λόγους υπενθυμίζονται με σκοπό την επεξήγηση του ρόλου της καμπυλότητας στην εφαρμοσμένη μηχανική. Η καμπύλη μορφή:

α. Είναι απλή να διευκρινιστεί, απαιτώντας μια ενιαία διάσταση μόνο- την διάμετρο.

β. Είναι η ευκολότερη να κατασκευαστεί από μια ευρεία ποικιλία της κατεργασίας των μεθόδων, που είναι ουσιαστικά η μόνη μορφή που μπορεί εύκολα να παραχθεί από τη συνεχή πορεία του εργαλείου, είτε στη περιστροφή, στη διάτρηση, στην λείανση και ούτω καθ' εξής.

γ. Μπορεί να μετρηθεί από την άποψη της ενιαίας χαρακτηριστικής διάστασης με το λιγότερο πιθανό λάθος και με τα απλούστερα μέσα από πολλές άλλες μορφές.

δ. Έχει διάφορα λειτουργικά πλεονεκτήματα, όπως η εύκολη συνέλευση, το ομαλό κύλισμα και η ομοιόμορφη δύναμη σε οποιαδήποτε συμμετρική κατεύθυνση στον άξονα.

Οι διάφοροι σκοποί που βασικά πρέπει να εξυπηρετήσουν τα καμπύλα αντικείμενα οδηγούν σε ένα ευρύ φάσμα των απαιτήσεων καμπυλότητας. Η ποικιλομορφία των μεθόδων από την οποία τέτοια κομμάτια μπορούν να παραχθούν οδηγεί στα διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας όσον αφορά τη διάσταση και τη μορφή. Η τελευταία πτυχή των βασικών κυκλικών τεχνικών κομματιών, η ακρίβεια της μορφής και η μέτρησή της αποτελούν τα αντικείμενα αυτού του κεφαλαίου.

## 6.2 Χαρακτηριστικές μορφές ανεπάρκειας της καμπυλότητας

Η καμπυλότητα της μορφής, καθώς επίσης και τα λάθη της, δημιουργούνται στις φάσεις κατασκευής τεχνικών κομματιών. Λόγω της ευρείας ποικιλίας των κατασκευαστικών μεθόδων, του εξοπλισμού και των συνθηκών, οι ανεπάρκειες στη καμπυλότητα των κατασκευασμένων κομματιών μπορούν να διαφέρουν πέρα από μια εκτενή σειρά.

Ορισμένοι χαρακτηριστικοί τύποι εσφαλμένης καμπυλότητας μπορούν συχνά να συνδεθούν με τις χαρακτηριστικές κατασκευαστικές μεθόδους και τις περιστάσεις. Είναι ευρέως γνωστό ότι οι εσφαλμένα ευθυγραμμισμένες ή οι μη-καμπύλες οπές κέντρων απεικονίζουν στη μορφή του αντικειμένου ότι γυρίζουν ή γειώνουν μεταξύ των κέντρων. Η στερέωση σε τρία ή τέσσερα τσοκ μπορεί να παραμορφώσει τα κομμάτια σε μια έκταση όπου η απαραίτητη κυκλική μορφή που παράγεται σε συνθήκες θα παραμορφωθεί μόλις μετριάσει η δύναμη στερέωσης. Ορισμένες διαδικασίες κατεργασίας είναι επιρρεπείς σε λάθη καμπυλότητας όταν δεν ελέγχονται κατάλληλα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η άκκεντρη λείανση, από την οποία βασικά μπορούν να παραχθούν τα καμπύλα κομμάτια με τις τακτικά διανεμημένες προεξοχές, τέτοια κομμάτια που έχουν 3..5 ..7 ή κάποιους άλλους περιττούς αριθμούς λοβών. Οι δονήσεις στη μηχανή ή το κομμάτι προς κατεργασία μπορούν να προκαλέσουν διακυμάνσεις στην επεξεργασμένη επιφάνεια που, κατά την εμφάνιση της με μια υψηλή συχνότητα, θεωρούνται σημάδια chatter. Μερικοί από τους επίσημους όρους στη καμπυλότητα του ολοκληρωμένου κομματιού μπορούν να εμφανιστούν ταυτόχρονα, με συνέπεια τοποθετημένες από πάνω μορφές ανεπάρκειας καμπυλότητας.

Η πραγματική μορφή του ολοκληρωμένου περιγράμματος κομματιών, όταν συγκρίνεται με τον τέλειο κύκλο, μπορεί να διαφέρει από πολλές απόψεις. Αρχικά εξαρτάται με τον τρόπο με τον οποίο το κομμάτι έχει παραχθεί. Αν και δεν υπάρχει κανένα άκαμπτο όριο το οποίο χωρίζει τους διάφορους τύπους ανεπαρκούς καμπυλότητας, κάποια διάκριση μπορεί γενικά να γίνει όταν εξετάζονται τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά των μορφών out-of-round. Έχοντας κατανοήσει ότι οποιαδήποτε ταξινόμηση των τύπων out-of-round θα είναι αυθαίρετη ως ένα ορισμένο βαθμό, η ανάθεση των συχνότερα εμφανιζόμενων τύπων λαθών καμπυλότητας στις κατηγορίες έχει μερικές μη πρακτικές για την ανάλυση αυτών των ανεπαρειών.

Μια τέτοια ανάλυση των διάφορων τύπων μη καμπυλότητας, για να είναι επιπλέον ευεργετική στη γενική αξιολόγηση των ανεπαρειών της καμπυλότητας, θα εξυπηρετήσει διάφορους πρακτικούς σκοπούς, όπως:

1. Η χαρακτηριστική μορφή αποκλίσεων από τη βασική καμπυλότητα είναι συνήθως ενδεικτική της προέλευσής τους, της διαδικασίας κατασκευής από την οποία το κομμάτι παρήχθη. Όταν ένας ορισμένος τύπος out-of-round όρου θεωρείται απαράδεκτος λόγω της μορφής ή των διαστάσεών του, ο προσδιορισμός προέλευσης



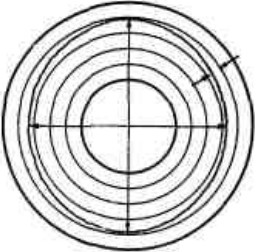
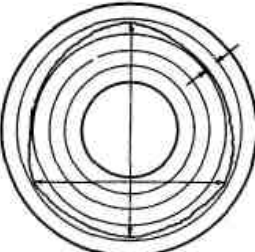
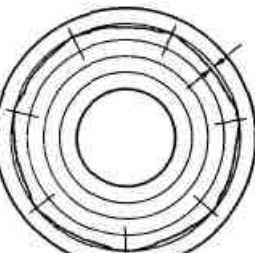
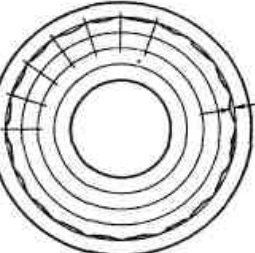
αυτών των ανεπαρκειών οδηγεί στον καθορισμό του σχεδίου δράσης που απαιτείται για την αποφυγή ή τη μείωση της πιθανότητας μιας επανάληψης.

2. Οι χρησιμοποιημένες μέθοδοι μέτρησης αυτή τη περίοδο διαφέρουν στις ικανότητές τους να ανιχνεύσουν και να μετρήσουν τις διαφορετικές μορφές out-of-roundness. Η συνειδητοποίηση της κατηγορίας στην οποία η αναμενόμενη καμπυλότητα μπορεί να αναφερθεί είναι χρήσιμη στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου μέτρησης και του εξοπλισμού.

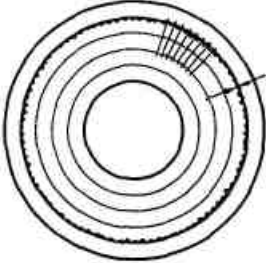
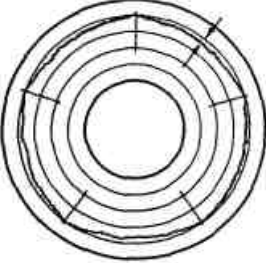
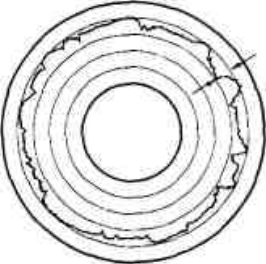
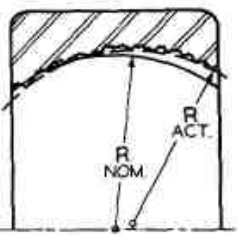
3. Η λειτουργική επίδραση των διαφορετικών μορφών out-of-roundness εξαρτάται από την εφαρμογή ή την απαραίτητη εξυπηρέτηση του κομματιού. Η κατηγορία στην οποία ανήκουν τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά της πεπειραμένης out-of-roundness είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην αξιολόγηση της επάρκειας του κομματιού για την προοριζόμενη εφαρμογή.

Ο πίνακας 6-1 απαριθμεί και επεξηγεί σχηματικά, σε ένα κλίμα των ομόκεντρων κύκλων, μερικούς από τους συχνότερα εμφανιζόμενους βασικούς τύπους out-of-roundness στα κατασκευασμένα κομμάτια. Οι προσδιορισμοί που χρησιμοποιούνται στον πίνακα δεν είναι βασισμένοι σε πρότυπα, προορίζονται μόνο να διακρίνουν ορισμένους τύπους out-of-roundness μορφών σύμφωνα με τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά τους. Οι σημαντικές διαστάσεις των λαθών καμπυλότητας, που υποδεικνύονται στις επεξηγήσεις του πίνακα, πρέπει να επισημάνουν εκείνες τις παραμέτρους που αξίζουν την αρχική προσοχή στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου μέτρησης.

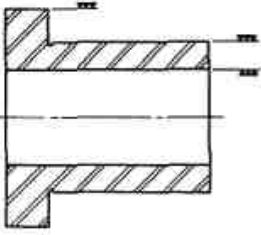
**ΠΙΝ. 6-1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ- 1**

ΔΙΑΤΟΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (ΥΠΕΡΒΑΛΛΟΝ)	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΙΘΑΝΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
	<p>Ωοειδής με άνισους άξονες περίπου κάθετους ο ένας στον άλλο και ουσιαστικά συμμετρικής θέσης.</p>	<p>Μη ευθυγράμμιση στα κέντρα εργαλειομηχανών ή/και τις κεντρικές οπές στο κομμάτι. Η σημαντική διάσταση είναι η διαφορά μεταξύ των σημαντικότερων και μικρότερων αξόνων.</p>
	<p>Η αυγοειδής διαμόρφωση, ουσιαστικά ωοειδής ακόμα οι σημαντικότεροι και μικρότεροι άξονες δεν βρίσκονται συμμετρικά.</p>	<p>Ανακριβή κέντρα ή/και καταπονημένες κεντρικές οπές. Η επίδραση στον ακτινωτό διαχωρισμό των περιτυλιγμένων κύκλων είναι συνήθως ενδεικτική για την έκταση των λειτουργικών συνεπειών. (Οι περιτυλιγμένοι κύκλοι είναι αμοιβαία ομόκεντροι και περιέχουν ακριβώς την γραμμή σχεδίασης που απεικονίζει το περίγραμμα του κομματιού στο επιθεωρημένο επίπεδο.)</p>
	<p>Γωνιακότητα που χαρακτηρίζεται από περιττό αριθμό κυματώσεων του ουσιαστικά παρόμοιου διαστήματος. Οι χαρακτηριστικοί αριθμοί κυματώσεων κατά μήκος της περιφέρειας είναι 3 ..5 ..7 και 9.</p>	<p>Η άκκεντρη λείανση, όταν δεν ελέγχεται επαρκώς, τείνει να παράγει τις μορφές που επιδεικνύουν τις χαρακτηριστικές αποκλίσεις από τον ιδανικό κύκλο. Αυτές οι παρατυπίες έχουν συνήθως λίγη επίδραση στη συνέπεια της διαμέτρου, αλλά μπορούν να ανιχνευθούν σε έναν Vee-φραγμό με την κατάλληλη συμπεριλαμβανόμενη γωνία. Ο ακτινωτός διαχωρισμός του τυλίγματος των κύκλων και ο αριθμός κυματώσεων είναι λειτουργικά σημαντικοί.</p>
	<p>Περίγραμμα κυματισμών. Οι αποκλίσεις του περιγράμματος από το βασικό κύκλο είναι ουσιαστικά συνεπείς στο διάστημα και το εύρος.</p>	<p>Παλμική κίνηση στο εργαλείο μηχανών ή την προετοιμασία, ή/και ανεπαρκής ακαμψία του κομματιού προς κατεργασία. Μετρήσιμος είτε από το εύρος των κυματισμών που εξακριβώνονται ως διαχωρισμός των περιτυλιγμένων κύκλων, είτε από τη παλμική κίνηση που αναλύει τα όργανα. Η συχνότητα των κυματισμών μπορεί επίσης να είναι λειτουργικής σημασίας.</p>

**ΠΙΝ. 6-1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ - 2**

ΔΙΑΤΟΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (ΥΠΕΡΒΑΛΛΟΝ)	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΙΘΑΝΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
	<p>Κυματισμοί υψηλής συχνότητας (που συνδέονται συχνά με την τραχύτητα επιφάνειας). Πολύ στενοί διαχωρισμένα κατά διαστήματα, χαμηλοί κυματισμοί εύρους του περιγράμματος, ανιχνεύσιμα μόνο με τα ευαίσθητα όργανα ανιχνευτών ή με τα οπτικά μέσα.</p>	<p>Συνήθης συσχετισμένη με τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας κατασκευής. Συχνά σκόπιμα κατεσταλμένα με το ηλεκτρικό ή μηχανικό φιλτράρισμα όταν προετοιμάζεται σχεδίαση καμπυλότητας, επειδή εξετάζονται ανακόλουθα σε πολλές εφαρμογές.</p>
	<p>Τραχύτητα που επιβάλλεται στη γωνιακότητα. Το βασικό γωνιακό περίγραμμα δεν είναι μια ομαλή γραμμή, αλλά επιδεικνύει διαχωρισμένες κατά διαστήματα κυματώσεις (δευτεροβάθμιες παρατυπίες μορφής).</p>	<p>Αυτός ο συνδυασμός δύο διαφορετικών τύπων παρατυπιών μορφής προέρχεται από το περιστατικό των συνθηκών, αρμόδιων για κάθε έναν χωριστά. Μια μάλλον συχνή ποικιλία των παρατυπιών καμπυλότητας, των οποίων η ακριβής ανάλυση απαιτεί σχεδίαση διαγραμμάτων που γίνονται χωρίς την καταστολή των λεπτομερειών.</p>
	<p>Τυχαίες παρατυπίες που χαρακτηρίζονται από μη περιοδικό περιστατικό των σημαντικών αποκλίσεων από τη βασική στρογγυλή μορφή.</p>	<p>Θα μπορούσε να προέλθει από διάφορες, όχι κατάλληλα ελεγχόμενες συνθήκες στη διαδικασία λείανσης, που συνδέθηκε συχνά με την ανεπαρκή σταθερότητα στην εργασία τοποθέτησης και συγκράτησης. Η πλήρης ανάλυση βεβαιώνεται στα αληθινά διαγράμματα καμπυλότητας που προετοιμάζονται από ένα όργανο που έχει ευαίσθητη απόκριση.</p>
	<p>Οι παρατυπίες μορφής βασικά καμπύλων τμημάτων επιφάνειας, των οποίων σχεδίασαν τα διατομικά περιγράμματα είναι κανονικά κυκλικά τόξα.</p>	<p>Οι αποκλίσεις από τη βασική μορφή μπορούν να είναι η συνδυασμένη επίδραση των παρατυπιών καμπυλότητας και των μετατοπισμένων κέντρων τόξων. Αυτός ο τελευταίος παράγοντας με την λανθασμένη πρόκληση της δυνατότητας, απαιτεί τη μέτρηση καμπύλης για να γίνει με τον αυστηρό έλεγχο του κέντρου τόξων και των θέσεων επιπέδων επιθεώρησης.</p>

**ΠΙΝ. 6-1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ - 3**

ΔΙΑΤΟΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (ΥΠΕΡΒΑΛΛΟΝ)	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΙΘΑΝΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
	<p>Ανεπάρκειες καμπυλότητας που επιβάλλονται στα ομοαξονικά λάθη με τη επίδραση στη λειτουργική επάρκεια του κομματιού.</p>	<p>Οι παρεκκλίσεις από ένα κοινό στοιχείο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής, θα προκαλέσουν τα λάθη της μορφής που επιβάλλονται στις ανεπάρκειες μορφής των μεμονωμένων επιφανειών. Η επάρκεια του κομματιού θα επηρεαστεί από την επακόλουθη παρατυπία. Οι μετρήσεις πρέπει να παραπεμφθούν από το λειτουργικά σωστό άξονα.</p>

**6.3 Η λειτουργική ανάγκη για την καμπυλότητα**

Προκειμένου να λειτουργήσουν κατάλληλα, ή για να καλύψουν άλλες απαιτήσεις σχετικές με την προοριζόμενη χρήση της παραγωγής, τα περισσότερα τεχνικά κομμάτια σχεδιάζονται με τις συγκεκριμένες γεωμετρικές μορφές που πρέπει να βεβαιωθούν μέσα στα προσδιορισμένα όρια. Όταν η βασική μορφή ενός τεχνικού κομματιού είναι αυτή ενός σώματος περιστροφής, μια από τις απαραίτητες γεωμετρικές συνθήκες είναι η καμπυλότητα. Οι αξιόπιστες μετρήσεις της καμπυλότητας είναι, επομένως, μια σημαντική διαδικασία για τη διαβεβαίωση των απαραίτητων λειτουργικών χαρακτηριστικών των βασικών καμπύλων κομματιών.

Εντούτοις, δεν υπάρχει καμία ανάγκη να διατηρηθεί η πραγματική μορφή με την ίση ακρίβεια για όλους τους τύπους των κομματιών που είναι, ουσιαστικά, μέρη της περιστροφής. Πραγματικά, οι απαιτήσεις καμπυλότητας στην εφαρμοσμένη μηχανική ποικίλλουν από δύο σημαντικές απόψεις:

- α. Τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά των λαθών καμπυλότητας, αυτά μπορούν να είναι είτε δυσάρεστα είτε χωρίς σημασία για έναν ιδιαίτερο τύπο εφαρμογής.
- β. Τα επιτρεπόμενα όρια των αποκλίσεων από την τέλεια καμπυλότητα, σε περίπτωση που το κομμάτι επιδεικνύει το είδος των λαθών καμπυλότητας.

Σε γενικές γραμμές, ο καθορισμός των απαιτήσεων της καμπυλότητας ανήκει στις προδιαγραφές σχεδίου και πρέπει να διαβαστεί στο σχέδιο εφαρμοσμένης μηχανικής. Εντούτοις, επειδή οι αποκλίσεις από την ιδανική καμπυλότητα μπορούν να έχουν ένα ευρύ φάσμα των διαφορετικών μορφών χαρακτηριστικών, δεν είναι συνήθως δυνατό

να καθοριστούν από μια ενιαία διάσταση, όπως προτιμάται για τις μηχανικές προδιαγραφές.

Για αυτό τον λόγο, όσοι κατέχουν από μετρολογία των λειτουργικών συνεπειών των λαθών καμπυλότητας, μπορούν να συμβάλουν στην παραγωγή μετρήσεων της καμπυλότητας περισσότερο πληροφοριακά, όσον αφορά την επιθεωρημένη επάρκεια του κομματιού για την προοριζόμενη εφαρμογή ή την εξυπηρέτηση του.

Τέτοια αντίληψη μπορεί να είναι βοηθητική από δύο σημαντικές απόψεις:

1. Στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου μέτρησης καμπυλότητας που, με τη λιγότερα προσπάθεια και το λιγότερο κόστος, μπορεί να παρέχει τις αναγκαίες πληροφορίες για τους γεωμετρικούς όρους του κομματιού και
2. Στην αξιολόγηση των μετρήσεων των αποτελεσμάτων της καμπυλότητας, από μια λειτουργική πτυχή, δίνοντας έμφαση στις διαστάσεις των σημαντικών αποκλίσεων μορφής.

### *6.3.1 Κυλινδρική και ομοαξονική καμπυλότητα των αλληλένδετων επιφανειών*

Όταν η καμπυλότητα ενός τεχνικού κομματιού είναι ένας απαιτούμενος γεωμετρικός όρος, με σκοπό την επιθεώρηση του, είναι σύνηθες να εξεταστεί το κομμάτι σε ένα από τα διατομικά επίπεδα του. Αυτή η μέθοδος διανοητικής παρατήρησης ενθαρρύνεται με τη διατύπωση των ορισμών των προτύπων, και εφαρμόζεται επίσης στην πράξη με τις περισσότερες μεθόδους μέτρησης καμπυλότητας.

Οι συνήθως χρησιμοποιημένοι ορισμοί της καμπυλότητας θεωρούν τον άξονα του αντικειμένου ως στοιχείο αναφοράς, από το οποίο όλα τα σημεία της επιφάνειας πρέπει να είναι στην ίση απόσταση. Αντιλαμβάνοντας ότι ο άξονας των περισσότερων κομματιών εφαρμοσμένης μηχανικής είναι μια γεωμετρική έννοια μόνο, τα φυσικά μετρήσιμα στοιχεία είναι οι επιφάνειες των σχημάτων της περιστροφής, στις οποίες αναφέρονται αυτές οι προδιαγραφές.

Οι γεωμετρικοί όροι που αξιολογούνται από τις μετρούμενες διαστάσεις αναφέρονται συχνά ως ομοαξονικοί. Αυτοί οι όροι, στη γενική χρήση, εφαρμόζονται συχνά στα τρισδιάστατα σχήματα με αναφορά είτε σε μια ενιαία επιφάνεια, παραδείγματος χάριν, αυτή ενός κυλίνδρου, είτε διάφορων αλληλένδετων επιφανειών. Όσον αφορά τη χρήση ομοαξονικών στις προδιαγραφές εφαρμοσμένης μηχανικής, πρέπει να επισημανθεί ότι αν και ο όρος υπονοεί τις γεωμετρικές συνθήκες σε ένα δισδιάστατο επίπεδο, όπως το φανταστικό επίπεδο μέτρησης ενός σώματος, χρησιμοποιείται επίσης για να υποδείξει τους όρους που σχετίζονται με έναν κοινό άξονα, ο όρος ομοαξονικότητα που είναι λιγότερο διαδεδομένος.

#### 6.4 Τα διαφορετικά συστήματα της μέτρησης καμπυλότητας

Υπάρχουν διάφορες ουσιαστικά μέθοδοι, για τους σκοπούς του καθορισμού της μορφής και μέτρησης των ιδιοτήτων των ονομαστικά καμπυλόγραμμων αντικείμενων.

Αν και αυτές οι μέθοδοι είναι γενικά γνωστές στους μηχανικούς ποιοτικού ελέγχου και παραγωγής στην μεταλλουργία, μια έρευνα παρουσιάζεται εδώ όσον αφορά μια ιδιαίτερη πτυχή, δηλαδή την ικανότητα οποιασδήποτε ιδιαίτερης μεθόδου να μετρηθούν οι λειτουργικά σημαντικές ιδιοτητές καμπυλότητας των επιθεωρημένων αντικειμένων.

Υπάρχουν ουσιαστικά δύο βασικά συστήματα της μέτρησης καμπυλότητας, τα οποία διαφέρουν σε σημαντικές απόψεις:

1. Το πρώτο είναι γνωστό ως συμβατικό σύστημα στο οποίο το αντικείμενο υποστηρίζεται θετικά στα επιλεγμένα σημεία της επιφάνειάς του, και ένα άλλο σημείο επιφάνειας έρχεται σε επαφή με τον έλεγχο ενός διαμετρήματος δεικτών της κατάλληλης ευαισθησίας. Όταν το κομμάτι περιστρέφεται, είτε σε συγκεκριμένες χαρακτηριστικές θέσεις είτε συνεχώς, αλλά στηρίζει τα ίδια στοιχεία υποστήριξης, η μεταβολή στη θέση των σημείων επαφής της επιφάνειας καθορίζεται από το δείκτη. Το εύρος αυτών των μεταβολών δείχνει τις διαστάσεις των ιδιοτήτων καμπυλότητας.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που εμπίπτουν σε αυτήν την ευρεία κατηγορία, όμως όλες έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: η παραπομπή για τη μέτρηση προέρχεται από ένα ή περισσότερα σημεία στην επιφάνεια του αντικειμένου.

2. Το άλλο βασικό σύστημα της μέτρησης καμπυλότητας προβλέπει τη χρησιμοποίηση οποιουδήποτε κομματιού του φυσικού αντικειμένου ως στοιχείου. Η παραπομπή ολοκληρώνεται από ένα εξωτερικό μέλος, έναν υπέρ-ακριβή άξονα με σχεδόν τέλεια περιστροφή. Ο όρος εξωτερική μέτρηση καμπυλότητας χρησιμοποιείται για αυτό το σύστημα.

Και τα δύο συστήματα έχουν τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα τους, και τους περιορισμούς τους. Η συμβατική μέθοδος του ελέγχου καμπυλότητας χρησιμοποιείται ευρύτερα, ενώ το εξωτερικό σύστημα στοιχείων παρέχει τις πληροφορίες που, για τις περισσότερες εφαρμογές είναι περισσότερο συναφείς με τους λειτουργικούς τύπους του αντικειμένου.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα καθενός από τα δύο βασικά συστήματα της μέτρησης καμπυλότητας επισημαίνονται κατωτέρω. Οι εκτιμήσεις όπως απαριθμούνται, πρέπει να ζυγιστούν κατά την επιλογή του ενός ή άλλου συστήματος για οποιαδήποτε ιδιαίτερη εφαρμογή.

#### 6.4.1 Πλεονεκτήματα της εσωτερικής καμπυλότητας στοιχείων συστημάτων μέτρησης

Τα ακόλουθα είναι τα πλεονεκτήματα της εσωτερικής καμπυλότητας στοιχείων συστημάτων μέτρησης.

1. Μη δαπανηρή εργασία με εργαλείο, που απαιτεί ένα ελάχιστο των τύπων.
2. Ο σχετικός τραχύς εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες.
3. Γρήγορο στη λειτουργία, θετικά υποστηριγμένο αντικείμενο που δεν χρειάζεται κεντράρισμα.
4. Αρκετά πληροφοριακός για πολλές εφαρμογές, όταν επιλέγονται κατάλληλα οι επικρατέστερες συνθήκες του αντικειμένου.
5. Οι τιμές προμηθειών που είναι άμεσα σημαντικές για διάφορες συγκεκριμένες εφαρμογές, ή μπορούν να συσχετιστούν με άλλες απαιτήσεις.
6. Προσαρμόσιμος για τις συνεχείς διαδικασίες μετρήσεων και για τον έλεγχο της αυτοματοποιημένης παραγωγής.

#### 6.4.2 Πλεονεκτήματα της εξωτερικής καμπυλότητας στοιχείων συστημάτων μέτρησης

Τα ακόλουθα είναι τα πλεονεκτήματα της εξωτερικής καμπυλότητας στοιχείων συστημάτων μέτρησης.

1. Παρέχουν μια αληθινή εικόνα των γεωμετρικών συνθηκών του αντικειμένου από την επιλεγόμενη ενίσχυση.
2. Τα ποσοστά ενίσχυσης και η καταστολή των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων μπορούν να είναι ποίκιλα για την ενίσχυση σημαντικών πτυχών της συνθήκης καμπυλότητας.
3. Η εικόνα του αντικειμένου που παρέχεται από το όργανο μπορεί να αξιολογηθεί με τις διαφορετικές μεθόδους ερμηνείας, επιλέγοντας την καταλληλότερη στις λειτουργικές απαιτήσεις του προϊόντος.
4. Η συνεχής σχεδίαση γύρω από ολόκληρη την επιφάνεια του επιλεγμένου επιπέδου προλαμβάνει τη δυνατότητα των παραλείψεων των λαθών που μπορούν να παραληφθούν από μετρήσεις σημείο προς σημείο.

5. Η γραφική απεικόνιση των μετρημένων όρων καμπυλότητας (διαγράμματα) είναι πολύτιμη και για τη λεπτομερή ανάλυση και για το μόνιμο αρχείο.

## **6.5 Μετρήσεις καμπυλότητας με παραπομπή από την επιφάνεια του αντικειμένου**

Σαν εισαγωγική σημείωση, εφαρμόσιμη σε όλα τα συστήματα της μέτρησης καμπυλότητας που παραπέμπουν τις ενδείξεις των οργάνων από την επιφάνεια του αντικειμένου (άμεση παραπομπή), πρέπει να επισημανθεί ότι καμία από αυτές τις μεθόδους δεν παρέχει τις πληροφορίες σε πλήρη συμφωνία με τις τυποποιημένες προδιαγραφές καμπυλότητας. Ο βαθμός διαφοράς μπορεί να ποικίλει, ανάλογα με τους γενικούς όρους των επιφανειών των κομματιών που χρησιμοποιούνται για την παραπομπή, και επίσης στο σύστημα και στην οργάνωση της διαδικασίας μέτρησης. Εντούτοις, σε όλες τις περιπτώσεις θα υπάρξουν διαφορές, δεδομένου ότι οι αρχές των μεθόδων διαφέρουν από τη θεμελιώδη έννοια της μέτρησης καμπυλότητας σε σύγκριση με έναν εξωτερικό κύκλο στοιχείων.

Μια λεπτομερής συζήτηση αυτών των μεθόδων μέτρησης καμπυλότητας επιτρέπεται από την εκτενή χρήση τους στην πρακτική κατασκευής. Όπως αναφέρεται στο προηγούμενο τμήμα, υπάρχουν διάφορες θέσεις στις οποίες η επιθεώρηση των συνθηκών καμπυλότητας με την άμεση παραπομπή είναι αποδεκτό υποκατάστατο, ή μπορεί ακόμη και να είναι προτιμητέο στην επιθεώρηση με την σχεδίαση της καμπυλότητας.

Τα τρία βασικά συστήματα της επιθεώρησης καμπυλότητας με την άμεση παραπομπή εξετάζονται χωριστά στην ακόλουθη συζήτηση.

### **6.5.1 Μετρήσεις διαμέτρου της καμπυλότητας**

Η μέτρηση διαμέτρου είναι η πιο κατάλληλη μέθοδος επιθεώρησης καμπυλότητας όταν μελετάμε μεμονωμένα την άποψη της διαμέτρησης της τεχνολογίας. Οι μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με τα πρότυπα εργαλεία μέτρησης, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που σχεδιάζονται για τη μέτρηση των γραμμικών αποστάσεων, όπως οι διάμετροι των στρογγυλών κομματιών. Οι ακόλουθες εκτιμήσεις φαίνονται να δικαιολογούν τη χρήση των μετρήσεων διαμέτρου για τον έλεγχο της καμπυλότητας:

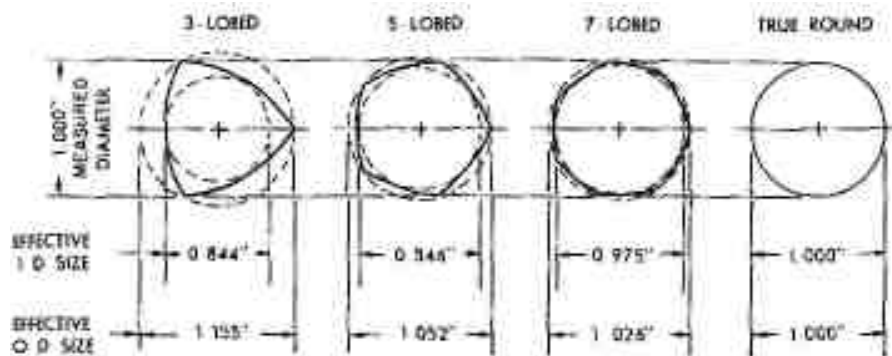
Όταν υποθέτεις ότι σε ένα ουσιαστικά στρογγυλό αντικείμενο : (1) οποιεσδήποτε δύο ακτίνες ευθυγραμμισμένες η μια στην άλλη για τη διαμόρφωση της διαμέτρου έχουν ίσα μήκη, και (2) οι ποικιλίες στις διαστάσεις διάφορων διαμέτρων που μετρούνται στο ίδιο επίπεδο απεικονίζει δύο φορές τις διαφορές στο μήκος των συνιστωσών α-



κτινών, οι προκύπτουσες τιμές συμμορφώνονται με τον τυποποιημένο καθορισμό της έννοιας, σύμφωνα με την οποία οι ποικιλίες της ακτίνας απεικονίζουν τη χαρακτηριστική διάσταση μη καμπυλότητας.

Παρόλο που αποτελεί κατάλληλη ερμηνεία, είναι μακριά από το αλάνθαστο. Ο τυποποιημένος καθορισμός, φυσικά, διευκρινίζει τον άξονα του αντικειμένου, ο οποίος υποδηλώνει έναν ενιαίο κοινό άξονα για όλες τις μετρήσεις. Εντούτοις, στην περίπτωση των μη καμπύλων σχημάτων, τα κέντρα (μέσα σημεία) διάφορων διαμέτρων που περιλαμβάνονται στο ίδιο επίπεδο δεν είναι συμπίπτοντα. Συνεπώς, οι απαιτήσεις ενός ενιαίου κοινού άξονα δεν ικανοποιούνται.

Η έλλειψη σύμπτωσης των μεσαίων σημείων των διαφόρων διαμέτρων γίνεται προφανέστερη όταν εξετάζονται οι ισοδιαμετρικές μορφές. Το σχήμα 6-2 είναι μια συμβατική απεικόνιση μερικών κοινών μορφών ισοδιαμετρικής μη καμπυλότητας. Αυτό το διαγραμματικό σχέδιο παρουσιάζει σχήματα, που παρόλο της σταθερής διαμέτρου, έχουν τις περιμέτρους με απόκλιση από έναν πραγματικό κύκλο.



Σχ. 6-2 Συμβατική αν και υπερβάλλουσα απεικόνιση της ισοδιαμετρικής μη καμπυλότητας και της επίδρασής του στις διαμέτρους που μετριοούνται μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων σε επαφή με την επιφάνεια κομματιών. Σημείωση: Το σχέδιο δείχνει τις συνθήκες που προβάλλονται με την ανάλυση ίσου διαστήματος των λοβών, και την κανονική μορφή κυκλικών τόξων των συνδεδεμένων τμημάτων περιμέτρου.

Συνεπώς, για οποιαδήποτε εφαρμογή όπου η καμπυλότητα αποτελεί μια κρίσιμη απαίτηση, και τις μη-συμμετρικές διανεμημένες αποκλίσεις από τη βασική μορφή, πρέπει να αναμένεται, η επιθεώρηση καμπυλότητας από τις μετρήσεις διαμέτρων που μπορεί να οδηγήσει στη λανθασμένη αξιολόγηση και δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Εντούτοις, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες, λόγω του λειτουργικού ρόλου του κομματιού, η σταθερή διάμετρος είναι η αρχική απαίτηση μορφής. Σε τέτοιες περιπτώσεις η διαμετρική επιθεώρηση καμπυλότητας επιτρέπεται θετικά.

Για τον έλεγχο της καμπυλότητας από τις διαμετρικές μετρήσεις, τα μεγέθη διάφορων διαμέτρων πρέπει να αποτρέπονται. Αυτές οι μετρήσεις πρέπει να περιοριστούν στο ίδιο επίπεδο και κανονικά στον άξονα του κομματιού. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός αυτών των μετρήσεων και όσο καλύτερα καλύπτει ολόκληρη την περιμετρο του αντικειμένου, τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα επιθεώρησης που αναμένονται.

Όταν η διαδικασία επιθεώρησης περιορίζεται στον καθορισμό της συνθήκης καμπυλότητας του κομματιού, μόνο οι διαστατικές μεταβολές είναι οι σημαντικές τιμές, το απόλυτο μέγεθος της διαμέτρου δεν έχει καμία άμεση έννοια. Δύο βασικές μέθοδοι μετρήσεων διαμέτρου καμπυλότητας χρησιμοποιούνται:

1. Παραγωγή των απόλυτων μετρήσεων της διαμέτρου και έπειτα σύγκριση των τιμών τους και
2. Άμεση σύγκριση των διαφόρων διαμέτρων με τη χρησιμοποίηση ενός κατάλληλου διαμετρήματος δεικτών που παρουσιάζει μόνο μεταβολές από μια προετοιμασμένη διάσταση.

#### *6.5.1.1 Επιθεώρηση καμπυλότητας με τη σύγκριση των πραγματικών μηκών διάφορων διαμέτρων.*

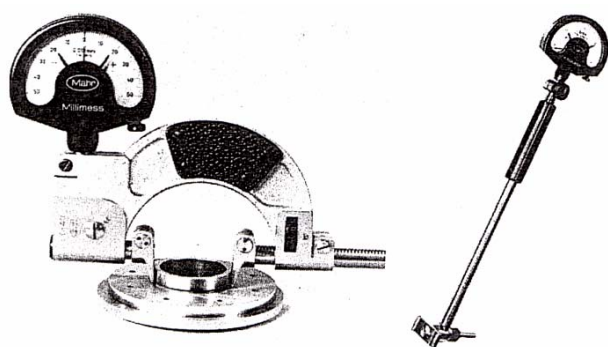
Ανάλογα με την ευαισθησία που απαιτείται από τον έλεγχο της ιδιαίτερης καμπυλότητας, οι τυποποιημένοι τύποι μηκών εργαλείων μέτρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για εξωτερικές είτε για εσωτερικές μετρήσεις. Τέτοια εργαλεία μέτρησης ταξινομούν από βερνιέρους τους διαφορετικούς τύπους εξωτερικών και εσωτερικών μικρομέτρων. Τα μειονεκτήματα αυτής της διαδικασίας είναι η περιορισμένη ευαισθησία, η ανάγκη για ικανότητα όταν μετρώνται οι τελικές αυξήσεις. Επιπλέον, οι αναγνώσεις που λαμβάνονται στις απόλυτες διαστάσεις πρέπει να απομνημονευθούν ή να σημειωθούν εγγράφως, έτσι ώστε στο τέλος της σειράς μέτρησης οι διαφορές μεταξύ των ακραίων τιμών να μπορούν να καθοριστούν.

#### *6.5.1.2 Καμπυλότητα που διαμετρά από υποδειγμένες ποίκιλες διαμέτρους.*

Αυτές οι μετρήσεις συνίστανται στην επιλογή οποιωνδήποτε από τις διαμέτρους αντικειμένου σε ένα επίπεδο διαμέτρησης, δεδομένου ότι αναφέρετε στη διάσταση, και έπειτα, φέρνοντας διάφορες άλλες διαμέτρους διαδοχικά στη θέση μέτρησης, που παρατηρεί τη σειρά των ενδείξεων των οργάνων.

Το σχήμα 6-3 παρουσιάζει δύο τύπους διαμετρημάτων που χρησιμοποιούνται συνήθως για την επιθεώρηση καμπυλότητας από την άμεση σύγκριση διαμέτρων. Για τις

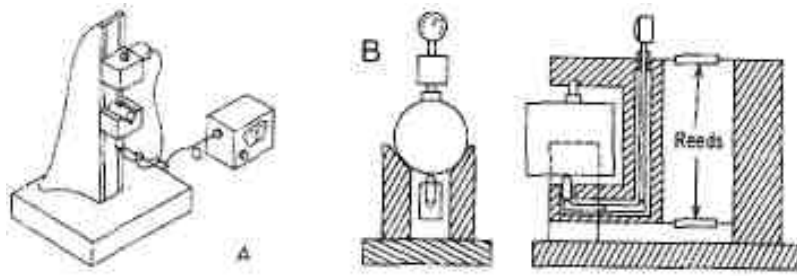
εξωτερικές επιφάνειες, είτε τα φορητά είτε τα σταθερά διαμετρήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, τα τελευταία που είναι προτιμότερα για τα μικρά κομμάτια μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν στο στάδιο συσκευών σύγκρισης. Για τις εσωτερικές επιφάνειες, τα φορητά διαμετρήματα χρησιμοποιούνται συχνότερα, αν και τα κομμάτια που έχουν επιφάνειες εντόπισης κανονικά στον άξονα πυρήνα μπορούν να ελεγχθούν σε μια εσωτερική συσκευή σύγκρισης, με όφελος της υψηλότερης ακρίβειας διαμέτρησης. Αν και τα φορητά διαμετρήματα είναι γενικά εξοπλισμένα με τις μηχανικές συσκευές σύγκρισης, ο αέρας ή οι ηλεκτρονικές συσκευές ενδείξεων προτιμάται συχνά για τις σταθερές συσκευές σύγκρισης όταν χρησιμοποιούνται για την επιθεώρηση καμπυλότητας.



Σχ. 6-3 Παραδείγματα κανονικών τύπων διαμετρημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση διαμετρικών μεταβολών των εσωτερικών και εξωτερικών κυλινδρικών προσαρτημάτων

Για τις εξωτερικές μετρήσεις προτιμώνται, τα επίπεδα ή σημεία επαφής μεγάλης ακτίνας, το κομμάτι που στηρίζεται σε ένα επίπεδο στάδιο, με αυτόν τον τρόπο η πιθανότητα των λαθών λόγω της μη μέτρησης πέρα από τη διάμετρο μπορεί να μειωθεί. Για τις εσωτερικές μετρήσεις, οι σφαιρικές άκρες επαφών, με τις ακτίνες σίγουρα μικρότερες από αυτό, πρέπει να χρησιμοποιούνται και στο αμόνι (σταθερό) και στα κινούμενα μέλη του διαμετρήματος.

Το σχήμα 6-4Α παρουσιάζει τις αρχές μιας διαφορικής ηλεκτρονικής διαμέτρησης με τη βοήθεια μιας οργάνωσης διαμετρημάτων συσκευών σύγκρισης για να ελέγξει τις διαμετρικές μεταβολές των βασικών στρογγυλών κομματιών. Το διαμέτρημα λειτουργεί με δύο διαμετρικά κεφάλια που αντιμετωπίζουν το ένα το άλλο στις καλά ευθυγραμμισμένες θέσεις και σε μια απόσταση χάσματος που τίθεται ως στόχος να παράγει μια μηδενική ένδειξη για μια επιλεγμένη διάμετρο του κομματιού. Τα σήματα που προέρχονται και από τα δύο κεφάλια διοχετεύονται σε ένα ισόρροπο σύστημα, το οποίο αντισταθμίζει το ένα το άλλο. Τα σήματα προκαλούνται από τις αντίθετα κατευθυνόμενες μετατοπίσεις των αξόνων. Μόνο όταν το χάσμα μεταξύ των δύο σημείων επαφής ποικίλλει σαν συνεπεία των διαφορών στη διάμετρο των κομματιών οι αποκλίσεις θα υποδειχθούν.



Σχ. 6-4A. (A) επιθεώρηση των διαμετρικών αποκλίσεων από το διαφορικό, του οποίου η λειτουργία είναι, σε γενικές γραμμές, απρόσβλητη από την επαφή του κομματιού με το ενισχυτικό στάδιο τύπων Vee-φραγμών. (B) Οι λειτουργικές αρχές ενός υποστηριγμένου, στάσιμου διαμετρήματος με το δείκτη για την επιθεώρηση καμπυλότητας των κρατημένων κομματιών, αλλά τοποθετημένος όχι λειτουργικά, σε έναν Vee-φραγμό.

Όταν το μέγεθος και άλλα χαρακτηριστικά του κομματιού επιτρέπουν, ουσιαστικά οι παρόμοιες συνθήκες διαμέτρησης μπορούν να ολοκληρωθούν για ένα πλαίσιο που κρατά ένα ενιαίο κεφάλι διαμετρημάτων και ένα αμόνι αντίστασης (βλ. το σχέδιο 6-4B). Το προκύπτον όργανο είναι λειτουργικά παρόμοιο με ένα αιφνιδιαστικό διαμέτρημα δεικτών, εντούτοις, σε μια στάσιμη έκδοση. Όταν τα ανεξάρτητα στοιχεία οργάνωσης χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη του κομματιού, πρέπει να βεβαιωθεί ότι κατά τη διάρκεια της διαδικασίας διαμέτρησης και το αμόνι και η άκρη του κεφαλιού είναι σε επαφή με την επιφάνεια του κομματιού.

### 6.5.2 Επιθεώρηση καμπυλότητας με αναφορά από υποστηριγμένα στοιχεία επιφάνειας Vee-φραγμού

Ο συνήθως χρησιμοποιημένος όρος είναι μετρήσεις καμπυλότητας Vee-φραγμών. Λόγω της ομοιότητας των αρχών αναφοράς, η επιθεώρηση καμπυλότητας με τα φορητά όργανα ενδείξεων που έχουν δύο ενισχυτικά πόδια που στηρίζονται στην επιφάνεια του κομματιού συμπεριλαμβάνεται επίσης σε αυτήν την κατηγορία.

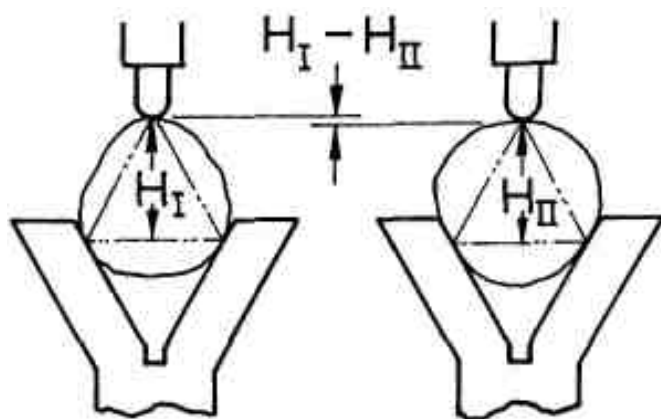
Οι συνήθως χρησιμοποιημένοι Vee-φραγμοί έχουν συνήθως τους επίπεδους τοίχους, ή τα πλευρά, τοποθετημένους συμμετρικά σε σχέση με ένα κάθετο κεντρικό επίπεδο και η συμπεριλαμβανόμενη γωνία των τοίχων είναι μια καθορισμένη διάσταση. Οι τοίχοι δεν χρειάζονται να είναι πραγματικά επίπεδες επιφάνειες, τα στοιχεία που παράγουν τις επαφές σημείου με την επιφάνεια του βασικού κυλινδρικού κομματιού, όπως οι στρογγυλές καρφίτσες ή οι σφαίρες που κρατιούνται στους σωλήνες, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν. Εντούτοις, τα αποτελεσματικά σημεία επαφής τέτοιων στοιχείων πρέπει να περιληφθούν στα φανταστικά επίπεδα των τοίχων που αντικαταστάθηκαν από τα στοιχεία επαφών των διαφορετικών μορφών.

Το κράτημα του αντικειμένου σε έναν Vee-φραγμό για την επιθεώρηση καμπυλότητας με τη βοήθεια ενός οργάνου δεικτών είναι μια κοινή διαδικασία. Υπάρχουν διά-

φοροι λειτουργικοί λόγοι και πτυχές για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου επιθεώρησης μορφής:

1. Από λειτουργική άποψη, υποστηρίζοντας το κομμάτι σε έναν Vee-φραγμό της κατάλληλης γωνίας μπορεί να είναι μια αποτελεσματική μέθοδος επιθεώρησης όταν πρέπει να ανιχνευθεί και να αξιολογηθεί η μη συμμετρική μη καμπυλότητα.
2. Προσφέρει έναν κατάλληλο τρόπο για την στερέωση καμπύλων αντικειμένων από τη πυκνότητα.
3. Είναι επίσης μια απλή, αξιόπιστη διαδικασία για τα κυλινδρικά αντικείμενα με έναν τέτοιο τρόπο που ο άξονας του κομματιού είναι περιορισμένος στο επίπεδο διχοτόμησης του Vee-φραγμού, παράγοντας κατά συνέπεια τις αυτόματα ελεγχόμενες θέσεις οργάνωσης.

Ο έλεγχος καμπυλότητας των κομματιών που υποστηρίζεται σε έναν Vee-φραγμό είναι πάντα ένα συγκριτικό είδος μέτρησης, που χρησιμοποιεί οποιοδήποτε προαιρετικό προσανατολισμό του αντικειμένου για την καθιέρωση της διάστασης αναφοράς. Η εντόπιση των στοιχείων στην επιφάνεια αντικειμένου που είναι σε επαφή με τον Vee-φραγμό, κρατιούνται σε σταθερό επίπεδο σε σχέση με τη θέση αναφοράς του σημείου διαμετρημάτων. Το σημείο διαμετρημάτων έρχεται σε επαφή με ένα τρίτο σημείο στην επιφάνεια αντικειμένου, σε μια θέση συμμετρική στα σημεία εντόπισης. Στο επίπεδο μέτρησης, αυτά τα τρία σημεία μπορούν να θεωρηθούν ως κορυφές ενός ισοσκελούς τριγώνου, του οποίου οι μεταβολές ύψους αποτελούν την πραγματικά μετρημένη διάσταση  $H_I - H_{II}$ , όπως φαίνεται στο σχέδιο 6-5.

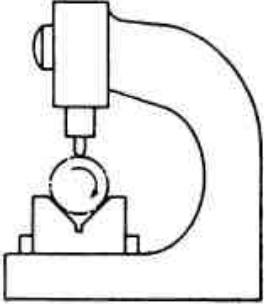
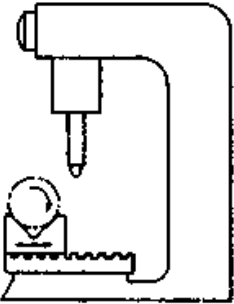
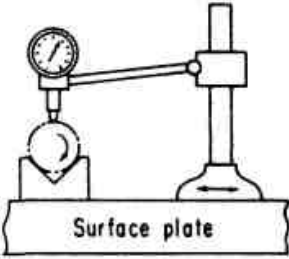


Σχ. 6-5 Σχηματική απεικόνιση των μετρημένων συνθηκών μορφής κατά την υποστήριξη ενός ημιτελούς κυκλικού κομματιού σε έναν κατάλληλο Vee-φραγμό.

#### 6.5.2.1 Εφαρμογές που υποστηρίζουν τον Vee-φραγμό επιθεώρησης καμπυλότητας.

Οι αρχές των συνήθως χρησιμοποιημένων μεθόδων και των διάφορων τεχνικών συζητούνται στον πίνακα 6-2. Αυτές οι μέθοδοι διαφέρουν όσον αφορά την περιεκτικότητα των πληροφοριών που παρέχουν, όπως καθορίζονται από την έκταση του περιγράμματος επιφάνειας που συμμετέχουν στις αισθητές ενδείξεις, και τον αριθμό θέσεων στους οποίους οι συγκριτικές μετρήσεις γίνονται. Τα τελευταία μπορούν να ποικίλουν από τη συνεχή ανίχνευση γύρω από ολόκληρη την επιφάνεια σε έναν περιορισμένο αριθμό ελέγχων στα σημεία που υποτίθεται ότι απεικονίζουν τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά της επιθεωρημένης μορφής. Ο πίνακας περιέχει επίσης τις βοηθητικές πληροφορίες στην επιλογή της εφαρμόσιμης μεθόδου επιθεώρησης.

**ΠΙΝ. 6-2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΤΟΥ VEE-ΦΡΑΓΜΟΥ  
ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ**

ΑΜΟΙΒΑΙΑ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΙΑΜΕΤΡΗΜΑΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
Και τα δύο μέλη είναι στις στάσιμες θέσεις		Ο άξονας αντικειμένου και ο άξονας διαμετρημάτων ευθυγραμμίζονται συνεχώς κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Το κομμάτι επανακατευθύνεται από την περιστροφή.	Όπου η περιστροφή του αντικειμένου μπορεί να πραγματοποιηθεί στην σταθερή θέση, επιτρέπει την παραγωγή όλων των μετρήσεων στο αξονικό επίπεδο του αντικειμένου, χωρίς την ανάγκη για τις επαναλαμβανόμενες ρυθμίσεις.
Ολίσθηση ενός από τα μέλη στη θέση διαμετρήματος (η "υψηλότερη ανάγνωση" σε κάθε θέση παρέχει τη μετρημένη διάσταση)		Το αντικείμενο παρουσιάζεται επανειλημμένα στη θέση διαμετρήματος με την ολίσθηση του σταθερού προσαρτήματος του πίνακα διαμετρημάτων. Το κομμάτι επαναπροσδιορίζεται μεταξύ των επιτυχημένων κινήσεων στη θέση διαμέτρησης.	Όπου οι αλλαγές στον προσανατολισμό αντικειμένου με τη βοήθεια της περιστροφής δεν είναι εφικτές ενώ το κομμάτι τοποθετείται κάτω από τον άξονα διαμετρημάτων.
	 <p style="text-align: center;">Surface plate</p>	Η στάση διαμετρημάτων παρουσιάζεται στη θέση διαμέτρησης με την ολίσθηση του σε ένα πιάτο επιφάνειας που υποστηρίζει επίσης τον Vee-φραγμό. Το κομμάτι επαναπροσδιορίζεται μεταξύ των διαδοχικών κινήσεων της στάσης στη θέση διαμέτρησης.	Όπου η διαμόρφωση ή ο όγκος του αντικειμένου το καθιστά προτιμητέο να κινηθεί το διαμέτρημα και να αφήσει το αντικείμενο σε μια στάσιμη θέση. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί με τη διπλή υποστήριξη Vee -φραγμών για τους μακριούς άξονες.

6.5.2.2 Γεωμετρική ανάλυση των πληροφοριών που λαμβάνονται στον Vee-φραγμό επιθεώρησης καμπυλότητας.

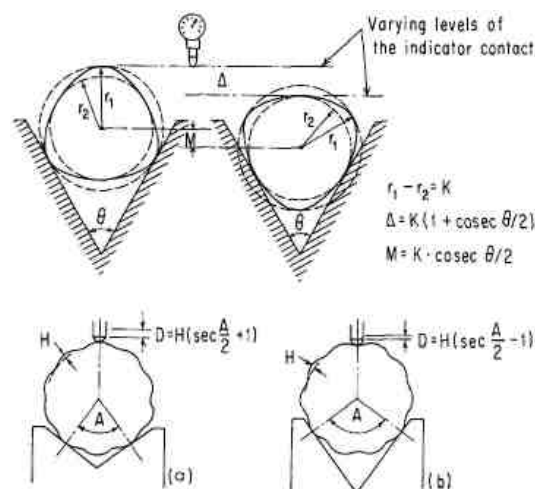
Οι πληροφορίες που παρέχονται από τον υποστηριζόμενο Vee-φραγμό επιθεώρησης καμπυλότητας στις διάφορες θέσεις του αντικειμένου είναι η συνδυασμένη τιμή δύο κατηγοριών μηκών ακτίνας:

α. Εκείνη η ακτίνα του αντικειμένου που συμπίπτει με το διαχωριστικό επίπεδο του Vee-φραγμού, αυτό είναι υποδειγμένο άμεσα σαν τις μεταβολές του πραγματικού μήκους του και

β. Οι δύο ακτίνες σχετικές με τα σημεία επαφής του αντικειμένου με τον ενισχυτικό Vee-φραγμό, αυτές είναι υποδειγμένες έμμεσα ως επίδρασή τους στο επίπεδο του άξονα αντικειμένου.

Ένας κατάλληλος τρόπος να απεικονιστεί πώς αυτές οι μεταβολές έχουν επιπτώσεις στον τύπο Vee-φραγμών, μετρήσεων καμπυλότητας είναι να εξεταστεί το δείγμα που αποτελείται από δύο μισούς κυλίνδρους που ενώνονται στο οριζόντιο επίπεδο του κοινού άξονά τους. Η ακτίνα του ανώτερου μισού μετριέται, ενώ το χαμηλότερο μισό, ή η υποστηριγμένη μερίδα, καθιερώνει το επίπεδο του φανταστικού διαιρεμένου επιπέδου.

Μια διαγραμματική απεικόνιση αυτών των όρων παρουσιάζεται στο επάνω μέρος του σχεδίου 6-6, το οποίο είναι βασισμένο σε ένα θεωρητικό μέρος που έχει τους λοβούς του ίσου ύψους και του ομοιόμορφου διαστήματος. Με σκοπό τη σαφήνεια, δύο ομόκεντροι κύκλοι, που απεικονίζουν τους περιορισμένους  $r_1$  και τους εγγεγραμμένους κύκλους  $r_2$  της διατομικής περιμέτρου, έχουν προστεθεί στο σχέδιο. Το κομμάτι παρουσιάζεται σε δύο διαφορετικούς προσανατολισμούς στον ενισχυτικό Vee-φραγμό, και στις προκύπτουσες μεταβολές στο επίπεδο του στοιχείου επιφάνειας που έρχεται σε επαφή με τη συσκευή ένδειξης, καθώς επίσης και του άξονα που καθορίζεται. Το σχέδιο παρουσιάζει επίσης εφαρμόσιμους τύπους που, εντούτοις, ισχύουν μόνο για ένα μέρος της θεωρητικά κανονικής μη στρογγυλής μορφής.



Σχ. 6-6 Γεωμετρική ανάλυση της Vee-φραγμός-υποστηριγμένης επιθεώρησης καμπυλότητας.

(Άνω) Αμοιβαίες σχέσεις του διαστήματος λοβού και της γωνίας Vee-φραγμού.

(Κάτω) Επίδραση της συμπεριλαμβανόμενης γωνίας του Vee-φραγμού ( $180^\circ$ ,  $A$ ) στις αναγνώσεις δεικτών σε σχέση με την ακτινωτή σειρά των περιφερειακών κυματισμών.



Τα παραδείγματα βασίζονται σε ίσους χωρισμένους κυματισμούς και παρουσιάζουν εφαρμοσίμους τύπους για (α) την πιο ευαίσθητη γωνία Vee-φραγμών και (β) τη λιγότερη ευαίσθητη γωνία Vee-φραγμών.

Η συνδυασμένη επίδραση στις προκύπτουσες ενδείξεις και του διαστήματος περιφερειακά κυματισμών και της συμπεριλαμβανόμενης γωνίας του ενισχυτικού Vee-φραγμού διευκρινίζονται σχηματικά στο κάτω μέρος του σχεδίου 6-6, βασισμένο πάλι στη θεωρητική συνθήκη όπου και τα ύψη και τα διαστήματα των κυματισμών είναι ομοιόμορφα. Αυτή η απεικόνιση παρουσιάζει κεντρική γωνία του δείγματος, οριακή από τις ακτίνες που είναι κανονικές στους τοίχους του Vee-φραγμού. Η κεντρική γωνία του κομματιού είναι η συμπληρωματική γωνία του Vee -φραγμού. Οι δύο ακραίες σειρές ένδειξης που παρουσιάζονται για το ίδιο κομμάτι προέρχονται από τις διαφορετικές Vee-φραγμών γωνίες.

Είναι κατάλληλο να εξεταστούν με σκοπό την ανάλυση κυματισμών του ομοιόμορφου διαστήματος και του μεγέθους, η μεταβλητή που είναι ο αριθμός των κυματισμών γύρω από την περίμετρο των κομματιών. Η κατάλληλη γωνία του Vee-φραγμού μπορεί να βρεθεί από τον απλό τύπο

$$\theta = 180 - 360 / n$$

όπου  $\theta$  = 'κατάλληλη' συμπεριλαμβανόμενη γωνία του Vee-φραγμού σε μοίρες

$n$  = ο αριθμός των ομοιόμορφων χωρισμένων κυματισμών γύρω από την επιφάνεια του κομματιού

Αριθμός ομοιόμορφα χωρισμένος κατά διαστήματα κυματισμών στο αντικείμενο επιφάνειας	"Κατάλληλη" Συμπεριλαμβανόμενη γωνία Vee-φραγμού	Παράγοντας από τον οποίο ο δείκτης αναγνώσεων αυξάνεται
3	60°	3.00
5	108°	2.24
7	128° 34 "	2.11
9	140°	2.06

### 6.5.3 Μετρήσεις καμπυλότητας μεταξύ των κέντρων

Αυτή η διαδικασία μέτρησης, σε γενικές γραμμές, παρέχει άμεσες πληροφορίες για την απαραίτητη ενιαία παράμετρο της καμπυλότητας: οι μεταβολές του μήκους ακτίνας γύρω από ολόκληρη την περίμετρο του αντικειμένου. Οι διαστάσεις που μετρήθηκαν σε αυτήν την διαδικασία είναι υποτιθέμενες για να βασιστούν σε ένα κοινό στοιχείο, τον άξονα του κομματιού, το οποίο είναι θεωρητικά σωστό και συμμορφώνεται με τη γενική ερμηνεία της έννοιας που καλείται καμπυλότητα.

Στις πρακτικές εφαρμογές, εντούτοις, αυτές οι θεωρητικές συνθήκες βεβαιώνονται μόνο μερικώς. Ο προφανής λόγος για αυτήν την απόκλιση είναι το γεγονός ότι ο άξονας του αντικειμένου, που είναι μόνο ένα φανταστικό στοιχείο, δεν είναι πραγματικά παρών στο φυσικό κομμάτι. Πρακτικά, είναι η προκύπτουσα θέση του άξονα, όπως μια συνδεδεμένη γραμμή μεταξύ κορυφών των κεντρικών οπών ή των κέντρων, η οποία θεωρείται για να απεικονίσει τον άξονα επιθεώρησης του κομματιού.

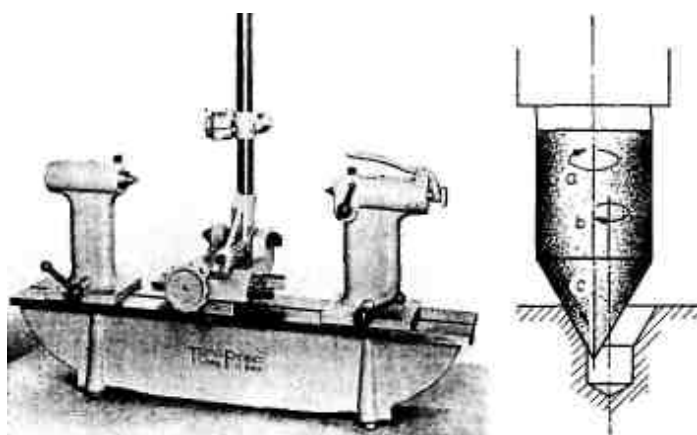
Η αξιοπιστία των μετρήσεων καμπυλότητας μεταξύ των κέντρων μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες. Οποιοσδήποτε από αυτούς, ή σε συνδυασμό με άλλους, μπορεί να οδηγήσει στις ενδείξεις που είναι γενικά παραπάνω από την πραγματική συνθήκη μη καμπυλότητας της επιθεωρημένης επιφάνειας. Αυτοί οι παράγοντες απεικονίζουν το σημαντικότερο μειονέκτημα ενός συστήματος της μέτρησης καμπυλότητας που, στις αρχές του, είναι σωστό και σχετικά απλό στην εκτέλεση. Τα παραδείγματα τέτοιων πιθανών πηγών λάθους συζητούνται στον πίνακα 6-3.

**ΠΙΝ. 6-3 ΠΙΘΑΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΛΑΘΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ  
ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ**

ΠΗΓΗ ΛΑΘΟΥΣ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (ΥΠΕΡΒΑΛΛΟΝ)	ΕΞΗΓΗΣΗ
Μη ευθυγράμμιση των κέντρων οπών και κέντρων		Οι άξονες και των τεσσάρων στοιχείων που έρχονται σε επαφή - δύο κεντρικές οπές και δύο κέντρα-πρέπει να συμπίσουν τέλεια, για να αποτρέψουν τα λάθη από αυτήν την πηγή που έχει επιπτώσεις στις μετρήσεις.
Οι γωνίες των κέντρων οπών και κέντρων διαφέρουν		Όποτε η επαφή μεταξύ των κέντρων και των κεντρικών οπών δεν επεκτείνεται πέρα από έναν επαρκή τομέα των επιφανειών ταιριάσματος, η αστάθεια της θέσης μπορεί να είναι το αποτέλεσμα.
Λάθη καμπυλότητας στα κέντρα και στις κεντρικές οπές		Τα λάθη καμπυλότητας είτε των κέντρων είτε των κεντρικών οπών έχουν επιπτώσεις στα αποτελέσματα διαμέτρησης κατά τρόπο παρόμοιο με τα πραγματικά λάθη καμπυλότητας στο επίπεδο της μέτρησης.
Μετατοπισμένη θέση των κεντρικών οπών στο αντικείμενο		Όταν οι καλά ευθυγραμμισμένες κεντρικές οπές δεν είναι ομόκεντρες σε σχέση με τον άξονα αντικειμένου, δύο φορές η μετατόπιση θα προστεθεί στην ανάγνωση δεικτών που προκαλείται από την πραγματική μη καμπυλότητα.
Ανεπαρκής όρος επιφάνειας των κέντρων οπών και κέντρων		Η κλίμακα, η διάβρωση, η σκουριά, οι εγκοπές, ακόμη και η τραχύτητα επιφάνειας είτε των κέντρων είτε των κεντρικών οπών, μπορούν να απεικονιστούν στο αποτέλεσμα των μετρήσεων καμπυλότητας.
Ελαττωματική ευθύτητα του αντικειμένου		Ένα τόξο στο αντικείμενο που πρέπει να περιστραφεί για τη μέτρηση καμπυλότητας.

### 6.5.3.1 Πρακτικές εφαρμογές της τεχνικής.

Οι μετρήσεις καμπυλότητας μεταξύ των κέντρων εφαρμόζονται συνήθως με τη στερέωση του αντικειμένου στα κέντρα πάγκων, όπως εκείνα που παρουσιάζονται στο σχέδιο 6-7. Αφότου έχει στερεωθεί το κομμάτι μεταξύ των κέντρων του πάγκου, ο έλεγχος ενός οργάνου ενδείξεων παρουσιάζεται στην επαφή με το επιλεγμένο στοιχείο της επιφάνειας για να είναι μέσα. Κατόπιν το κομμάτι περιστρέφεται, συνήθως με το χέρι, και η σειρά της ανάγνωσης δεικτών καταχωρείται ως διάσταση της ακτινωτής μη καμπυλότητας.



*The Taft-Peirce Mfg. Co.*

*Bryant Gmnder Corp.*

Σχ. 6-7 (Αριστερά) Τα κέντρα πάγκων με το δείκτη απεικονίζουν την επιθεώρηση ακτινωτού runout των αξόνων και των παρόμοιων κομματιών που τοποθετούνται μεταξύ των κέντρων.

Σχ. 6-8. (Δεξιά) Κέντρο-οπών λειτουργικών αρχών με πλανητική κίνηση του άξονα, (α) περιστροφή του κώνου λείανσης γύρω από τον άξονά του, (β) πλανητική κίνηση του άξονα μηχανών γύρω από τον άξονα του κυκλικού κέντρου οπών, (γ) εναλλασσόμενη κίνηση κατά μήκος γεννήτριας καμπύλης της λεπτής κεντρικής οπής.

Οι ακόλουθες προφυλάξεις κατά την προετοιμασία δειγμάτων και τη διαμέτρηση της οργάνωσης συμβάλλουν στην αξιοπιστία αυτού του συστήματος της επιθεώρησης καμπυλότητας:

1. Οι κεντρικές οπές του αντικειμένου πρέπει να γίνουν σε στενή συμφωνία με τη γωνία σχεδίασης (συνήθως 60 μοίρες συμπεριλαμβανομένοι). Η περιτύλιξη των κεντρικών οπών εφαρμόζεται συχνά για την αφαίρεση της κλίμακας και της μαλακής επιφάνειας όταν επεξεργαστεί με θερμότητα το κομμάτι μετά από τη διάτρηση των κεντρικών οπών. Οι αρχές της λειτουργίας της πλανητικής λείανσης κέντρου-οπών παρουσιάζονται στο σχέδιο 6-8.

2. Τα κέντρα πάγκων που χρησιμοποιούνται για την επιθεώρηση καμπυλότητας μεταξύ των κέντρων είναι διαθέσιμα στους διάφορους βαθμούς ακρίβειας. Οι λειτουργικές επιφάνειες των εδράνων μπορούν είτε να γειωθούν (επίπεδα 0.0005 μέσα στην ίντσα) είτε να ξυθούν (επίπεδα 0.00025 μέσα στην ίντσα), και οι κεντρικοί άξονες του κεφαλιού. Σε χρήση, τα κέντρα πάγκων πρέπει να οργανωθούν με το έδρανο στη θέση επιπέδων για αυτόν το λόγο οι περισσότεροι τύποι κέντρων πάγκων είναι εξοπλισμένοι με επίπεδους κοχλίες. Για τις μετρήσεις υψηλής ακρίβειας, τα κέντρα πάγκων με τις τιμές ακρίβειας που υπερβαίνουν εκείνων των χρησιμοποιημένων γενικών τύπων είναι επίσης διαθέσιμα.

3. Για το στερέωμα του κομματιού στη θέση μεταξύ των κέντρων, καθώς επίσης και για τις δυνάμεις λόγω του βάρους του κομματιού και εκείνων που εφαρμόζονται κατά την περιστροφή του, μια αξονική πηγή πίεσης ασκείται μέσω κυλινδρικού εξαρτήματος στο κεντροφορέα του τόννου. Αυτή η πίεση πρέπει να είναι επαρκής να διατηρήσει το αντικείμενο στην ευθυγραμμισμένη θέση της, όμως όχι υπερβολική ώστε να μπορέσει να προκαλέσει παραμορφώσεις στα λεπτά κομμάτια.

#### *6.5.4 Μετρήσεις καμπυλότητας σε σχέση με τον κύκλο αναφοράς – Διαδικασία κυκλικής σχεδίασης*

Η καμπυλότητα ενός στερεού θεωρείται για να απεικονιστεί από την κυκλική μορφή περιγράμματος των διατομικών επιπέδων κανονικά στον άξονα. Για τη μέτρηση της κυκλικότητας αυτού του περιγράμματος, μια συγκριτική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί που έχει μια ομοιότητα των αρχών με τη γραμμική διαδικασία μέτρησης σχεδιαγράμματος. Και οι δύο μέθοδοι λειτουργούν με τη σύγκριση του πραγματικού σχεδιαγράμματος του δείγματος με αυτό ενός κυρίου γνωστού βαθμού ακρίβειας.

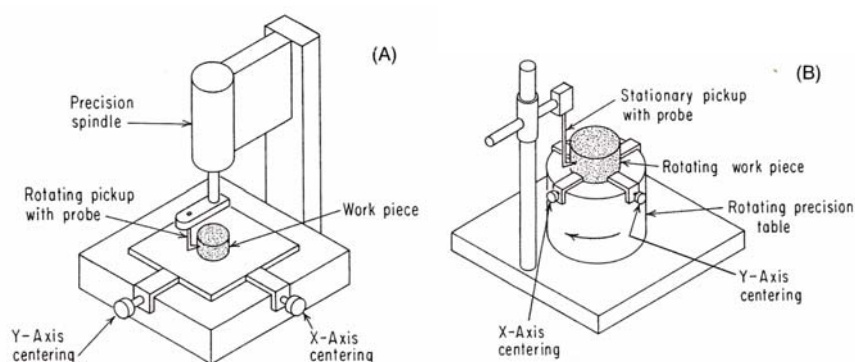
Εκείνη η σύγκριση ολοκληρώνεται από τη συνεχή ανίχνευση ενός στοιχείου απεικόνισης επιφάνειας του δείγματος, και υποδεικνύοντας ή καταγράφοντας τις αποκλίσεις της από την ιδανική γραμμή περιγράμματος. Στις μετρήσεις καμπυλότητας, η πραγματική ανίχνευση πραγματοποιείται με τον καθορισμό της επιφάνειας με γραφίδα μιας επανάληψης, σε μια συνεχή, σχετική μετατόπιση γύρω από την επιφάνεια αντικειμένου κατά μήκος μιας ακριβούς κυκλικής πορείας. Ως εκ τούτου ο συχνά χρησιμοποιημένος προσδιορισμός της διαδικασίας λέγεται κυκλικός καθορισμός.

Όπως στις μεθόδους γραμμικής μέτρησης σχεδιαγράμματος, ο κύριος μηχανισμός δεν παρουσιάζεται σε μια φυσική μορφή στο δείγμα του οποίου επιθεωρείται η γεωμετρία του περιγράμματος. Ο κύριος μηχανισμός απεικονίζεται από την αυστηρά ελεγχόμενη πορεία της μετακίνησης μετατοπίσεων που, στην περίπτωση του γραμμικού σχεδιαγράμματος είναι μια ευθεία γραμμή και στην περίπτωση του κυκλικής σχεδιαγράμματος είναι ένας σχεδόν τέλειος κύκλος.

Η ομοιότητα μεταξύ του γραμμικού και κυκλικού καθορισμού σχεδιαγράμματος υπάρχει ακόμα σε μια άλλη σημαντική πτυχή. Συνεπώς, για την κυκλική διαδικασία καθορισμού, καθένα από τα δύο συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, δηλαδή: (α) η περιστροφική μετακίνηση του δείγματος ενάντια σε μια στάσιμη, ή (β) η κυκλική μετατόπιση της επανάληψης που φέρνει την γραφίδα γύρω από ένα στάσιμο μέρος.

#### 6.5.4.1 Οι λειτουργικές αρχές της κυκλικής διαδικασίας καθορισμού

Οι αρχές της λειτουργίας των δύο βασικών συστημάτων των κυκλικών οργάνων καθορισμού διευκρινίζονται διαγραμματικά στο σχέδιο 6-9. Το απαραίτητο μέλος στη λειτουργία καθενός από αυτά τα όργανα είναι ένας άξονας ακρίβειας της πολύ υψηλής περιστροφικής ακρίβειας. Ο άξονας χρησιμεύει είτε για να φέρει την επανάληψη που συνδέεται με μια διαγώνια ακτίνα είτε για να υποστηρίξει έναν περιστροφικό πίνακα.



Σχ.6-9 Διαγραμματική επεξήγηση των δυο βασικών συστημάτων κυκλικού καθορισμού, οργάνων μέτρησης καμπυλότητας

A) Τύπος περιστροφικού εδράνου

B) Τύπος περιστροφικού άξονα

Η γραφίδα της επανάληψης, που είναι λειτουργικά συγκρίσιμη με τον έλεγχο ενός ηλεκτρονικού δείκτη δοκιμής, παρουσιάζεται στην επαφή με ένα σημείο κατά μήκος του επιλεγμένου στοιχείου επιφάνειας του κομματιού και προσαρμόζεται σε μια θέση μηδενικής ένδειξης (δείκτης στο κέντρο της κλίμακας). Από αυτήν την τυχαία επιλεγμένη θέση αναφοράς κατά μήκος του στοιχείου επιφάνειας που επιθεωρείται, η περιστροφική μετακίνηση μετατοπίσεων του οργάνου αρχίζει, και η γραφίδα παραμένει σε επαφή με την επιφάνεια του κομματιού. Μια συνεχής διαδοχή ενός άπειρου αριθμού σημείων επαφής δημιουργείται έτσι, περιγράφοντας έναν πλήρη κύκλο γύρω από την επιφάνεια του κομματιού.

Μεταβολές στην απόσταση μεταξύ του άξονα της περιστροφής και των σημείων επαφής κατά μήκος της επιφάνειας στοιχείου προκαλεί τις εκτροπές της γραφίδας. Αυτές οι εκτροπές παράγουν τα ηλεκτρικά σήματα, που ενισχύονται ηλεκτρονικά σε ένα προετοιμασμένο ποσοστό, και επιδεικνύονται έπειτα σε έναν μετρητή ή, συχνότερα, σε ένα όργανο καταγραφής. Η απόσταση μεταξύ του άξονα της περιστροφής και οποιουδήποτε σημείου επαφής στην επιφάνεια των κομματιών θεωρείται για να απεικονίσει την ακτίνα σχετικά με το σημείο προς στιγμινή ερχόμενο σε επαφή με την επιφάνεια. Οι μεταβολές των διαδοχικών ακτινών είναι το μέτρο των αποκλίσεων από την τέλεια καμπυλότητα, όπως απεικονίζονται από την πορεία μετατοπίσεων της γραφίδας.

Η λειτουργία της επιθεώρησης καμπυλότητας με τη βοήθεια του κυκλικού καθορισμού βεβαιώνεται στην ουσιαστική σύμπτωση των αξόνων σχετικά με τους δύο αριθμούς που συγκρίνονται. Αυτοί είναι: (α) ο άξονας του κύριου μηχανισμού, όπως απεικονίζεται από τον άξονα της περιστροφής του άξονα οργάνων, και (β) ο άξονας του κομματιού που απεικονίζεται από μια φανταστική ευθεία γραμμή σε ίση απόσταση από την επιφάνεια ενός βασικά κυκλικού κομματιού ή ενός χαρακτηριστικού γνωρίσματος δειγμάτων. Η σύμπτωση αυτών των δύο αξόνων πρέπει να βεβαιωθεί και από τις δύο απόψεις, δηλαδή, στην ευθυγράμμιση (κατευθυντικά), και στη θέση (πλευρικά).

Η οργάνωση του δείγματος σε συμφωνία με την απαίτηση της αξονικής σύμπτωσης είναι μια από τις κρίσιμες φάσεις μέτρησης καμπυλότητας από την κυκλική διαδικασία καθορισμού. Αυτή η λειτουργία, που προηγείται του πραγματικού καθορισμού, καλείται γενικά κεντράρισμα. Τα κυκλικά όργανα καθορισμού σχεδιάζονται για να επιτρέψουν την απαραίτητη ευθυγράμμιση (κλίση) και την πλευρική ρύθμιση της θέσης οργάνωσης του δείγματος, για να ολοκληρώσουν έναν βαθμό κεντραρίσματος ισόμετρο με την προοριζόμενη αξιοπιστία της εφαρμοσμένης μέτρησης καμπυλότητας.

Το κυκλικό όργανο καθορισμού δεν μετρά το πραγματικό μήκος της ακτίνας, αλλά επιδεικνύει τις μεταβολές του. Η διάσταση που μετριέται το μέγεθός της είναι, συνεπώς, αληθινής μορφής, συγκεκριμένα, καμπυλότητα της επιθεωρημένης επιφάνειας, και όχι το μέγεθος του.

#### *6.5.4.2 Συγκριτική αξιολόγηση των δύο βασικών συστημάτων των κυκλικών οργάνων καθορισμού*

Θεωρώντας ότι και τα δύο συστήματα των κυκλικών οργάνων καθορισμού, δηλαδή, ο περιστρεφόμενος άξονας και ο περιστρεφόμενος επιτραπέζιος τύπος, χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία, και είναι διαθέσιμα από διάφορους χαρακτηριστικούς κατασκευαστές. Η ερώτηση μπορεί να προκύψει ως προς ποιο από τα συστήματα ταιριάζει καλύτερα για τις μετρήσεις καμπυλότητας. Δεν υπάρχει καμία γενικά έγκυρη απάντηση σε αυτή την ερώτηση, επειδή η καταλληλότητα εξαρτάται από τους όρους της εφαρμογής και το λειτουργικό σκοπό της λειτουργίας του οργάνου.

Προκειμένου να βοηθήσει σε μια αξιολόγηση για τον καθορισμό της καταλληλότητας καθενός συστήματος για ένα συγκεκριμένο σύνολο χρήσεων, τα παραδείγματα των σχετικών πλεονεκτημάτων, του περιστρεφόμενου άξονα και των περιστρεφόμενων επιτραπέζιων συστημάτων, παρατίθενται ως εξής:

##### *6.5.4.2.1 Σχετικά πλεονεκτήματα του περιστρεφόμενου άξονα συστήματος*

1. Το κεντράρισμα και η ρύθμιση κλίσης του σταθερού αντικειμένου σε σχέση με την πλανητική πορεία της γραφίδας που τοποθετείται στον περιστρεφόμενο άξονα είναι μια καταλληλότερη και γρηγορότερη διαδικασία απ' ό,τι στα συστήματα όπου το κομμάτι περιστρέφεται από μόνο του. Ο στάσιμος οργανωμένος πίνακας της μηχανής περιστρεφόμενων αξόνων παραχωρεί σε ένα μηχανοκίνητο τύπο ρύθμισης που χρησιμοποιείται από τον έλεγχο, ή ακόμα και αυτόματο κεντράρισμα από ένα σερβο-σύστημα, κατά συνέπεια να μειωθεί πιο πολύ ο χρόνος κατανάλωσης του κομματιού της καμπυλότητας που μετρά τη λειτουργία.

2. Η δύναμη που ενεργεί στον άξονα ακρίβειας παραμένει σταθερή και η περιστροφική ακρίβειά της δεν επηρεάζεται από το βάρος των βαριών αντικειμένων.

3. Όταν χρειάζεται να επιθεωρηθεί το βασικό κυκλικό χαρακτηριστικό, τοποθετείται εκκεντρικά στο κομμάτι, η μέτρηση καμπυλότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς τη δυναμική δυσαναλογία που έχει επιπτώσεις στην ακρίβεια της ευαίσθητης διαδικασίας.

4. Η καταγραφή κατά μήκος ενός κυκλικού τόξου του σταθερού μήκους μπορεί να ελεγχθεί καλύτερα από τους διακόπτες ορίου απ' ό,τι στην περίπτωση ενός ογκωδέστερου περιστροφικού πίνακα.



#### 6.5.4.2.2 Σχετικά πλεονεκτήματα του περιστρεφόμενου επιτραπέζιου συστήματος.

1. Οι επαφές καθορισμού μπορούν να καθιερωθούν, χωρίς αλλαγή της αρχικής οργάνωσης, σε διαφορετικά επίπεδα και στα τμήματα των διαφορετικών διαμέτρων του ίδιου του κομματιού. Τέτοιες μετρήσεις είναι πολύτιμες για την επιθεώρηση των ομοαξονικών συνθηκών.
2. Είναι λιγότερο ευαίσθητο στις ξαφνικές μεταβολές της θερμοκρασίας, ιδιαίτερα στα σχέδια, που θα μπορούσαν να έχουν επιπτώσεις στη λειτουργική ακρίβεια του συγκρίσιμου συστήματος, απαιτώντας μια κάθετη για να στερεωθεί κεφαλή αξόνων.
3. Οι συσχετισμένες επιφάνειες, παράλληλες, κάθετες ή κεκλιμένες σε έναν κοινό άξονα, μπορούν να καθοριστούν στην ίδια οργάνωση, ή ακόμα και οι διαφορικές μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν χρησιμοποιώντας δύο γραφίδες ταυτόχρονα.
4. Δεν υπάρχει σχεδόν κανένας περιορισμός σχετικά με τη θέση του καθορισμένου τμήματος στην εξωτερική επιφάνεια των κομματιών που τοποθετούνται σε έναν περιστροφικό πίνακα.

Τα παραπάνω παραδείγματα των σχετικών πλεονεκτημάτων δεν προορίζονται, φυσικά, ως άκαμπτη σκιαγράφιση στις ικανότητες συστημάτων των οργάνων. Για την πλειονότητα των καθηκόντων των μετρήσεων της καμπυλότητας και τα δύο συστήματα είναι καλά προσαρμόσιμα, και τα εξαρτήματα αναπτύσσονται συνεχώς για να υπερνικήσουν πολλούς από τους αρχικούς περιορισμούς καθενός συστήματος.

#### 6.5.4.3 Οι δυνατότητες εφαρμογής της κυκλικής διαδικασίας καθορισμού

Αναλυμένη στις γεωμετρικές πτυχές της, η κυκλική διαδικασία καθορισμού, τοποθετείται σε χώρο, κοντά σε ένα τέλειο κύκλο, γύρω από ένα φανταστικό άξονα και σε επίπεδο κάθετο σε αυτό. Παρόλο που αναπτύχθηκαν για τον αρχικό σκοπό της επιθεώρησης της καμπυλότητας, η διαδικασία προσφέρει η ίδια στη μέτρηση μιας μεγάλης ποικιλίας γεωμετρικών συνθηκών. Αυτά μπορούν να απεικονιστούν λαμβανομένου υπόψη τη σχέση μεταξύ ενός αληθινού κύκλου στην αυστηρά ελεγχόμενη θέση και των συγκεκριμένων επιφανειών των τεχνικών κομματιών.

Συνέπεια της σημασίας που αποδίδεται στην ακρίβεια των τύπων βασικών κυκλικών κομματιών, η εκπλήρωση των χαρακτηριστικών των μηχανών μέτρησης καμπυλότητας έχουν βελτιωθεί συνεχώς τα τελευταία χρόνια. Ορισμένα πρότυπα των μηχανών μέτρησης της καμπυλότητας μπορούν να θεωρηθούν ότι απεικονίζουν ίσως τον υψη-

λότερο βαθμό ακρίβειας που ολοκληρώνεται αυτήν την περίοδο από τις εμπορικά διαθέσιμες περιστρεφόμενες συσκευές.

Οι δυνατότητες εφαρμογής, από τις οποίες το όργανο μέτρησης τύπων ανιχνευτών σε αυτή την κατηγορία ακρίβειας, αξίζει να εξεταστεί από δύο σημαντικές πτυχές, δηλαδή:

1. Ως μέσο ολοκλήρωσης των μετρήσεων σχετικών με τις διαφορετικές γεωμετρικές συνθήκες, εκτός από τις αποκλίσεις από τη καμπυλότητα και

2. Για να βρει τις εκτεταμένες εφαρμογές για τη καμπυλότητα μηχανών μέτρησης, με αυτόν τον τρόπο βεβαιώνονται η ευπροσάρμοστη χρήση αυτού του τύπου μάλλον ακριβών οργάνων μέτρησης.

Σε αυτές τις διαδικασίες οι αποκλίσεις του καθορισμένου στοιχείου επιφάνειας από τον ιδανικό κύκλο μετριοούνται ακτινωτά, ή αξονικά, ή και στις δύο κατευθύνσεις.

#### *6.5.4.4 Η αξιολόγηση του όρου καμπυλότητας*

Το κυκλικό σύστημα καθορισμού επιθεώρησης της καμπυλότητας παρέχει τις πληροφορίες για τις συνθήκες καμπυλότητας του δείγματος με έναν τρόπο που συμφωνεί με τη βασική έννοια της καμπυλότητας. Για αυτό τον λόγο, οι συμβατικές ή τυποποιημένες μέθοδοι αξιολόγησης της καμπυλότητας βεβαιώνονται στην εφαρμογή της κυκλικής τεχνικής καθορισμού ως αποδεκτή μέθοδος μέτρησης καμπυλότητας. Συνεπώς, όλα τα άλλα συστήματα επιθεώρησης της καμπυλότητας, όπως αυτά που συζητήθηκαν στο τμήμα μεθόδων παραπέμποντας από την επιφάνεια του αντικειμένου, παράγουν τιμές δηλαδή ότι (1) συσχετίζεται μόνο έμμεσα με τις αληθινές ακτινωτές μεταβολές, ή (2) είναι μεταβολές των παραμέτρων διαφορετικές από τα μήκη των σχετικών ακτινών με έναν κοινό άξονα.

Η ιδανική καμπυλότητα υποδεικνύει τη γεωμετρική μορφή ενός σώματος ή ενός χαρακτηριστικού γνωρίσματος των οποίων το σχεδιάγραμμα αποτελεί έναν τέλειο κύκλο, όλα τα κομμάτια του σχεδιαγράμματος απέχουν εξίσου από ένα κοινό σημείο, το κέντρο.

Το σχεδιάγραμμα ενός βασικά κυκλικού κομματιού αναφέρεται στο περίγραμμα ενός διατομικού επιπέδου κανονικού στον άξονα. Για μια επιφάνεια περιστροφής ο άξονας είναι μια ευθεία γραμμή εξ ίσου απέχουσα από κάθε σημείο του ιδανικού σχεδιαγράμματος.

Το μετρημένο σχεδιάγραμμα είναι η απεικόνιση του πραγματικού διατομικού περιγράμματος, το οποίο καθορίζεται συνήθως από την χρήση επιστημονικών οργάνων.

Οι αποκλίσεις από τη καμπυλότητα εκφράζονται γενικά σαν ένα βαθμό και απεικονίζουν τις αποκλίσεις του μετρημένου σχεδιαγράμματος από το ιδανικό σχεδιάγραμμα. Η διάσταση του βαθμού δηλώνεται στις γραμμικές μονάδες, που απεικονίζουν την ακτινωτή έκταση των αποκλίσεων της πραγματικής γραμμής περιγράμματος από τον κατάλληλα τοποθετημένο κύκλο αναφοράς. Στην πρακτική αξιολόγηση των αποκλίσεων από την καμπυλότητα, ο κύκλος αναφοράς απεικονίζεται συχνά από το κέντρο του, γύρω από τον οποίο σχεδιάζονται δύο ομόκεντροι κύκλοι ορίου του πραγματικού σχεδιαγράμματος.

Η τραχύτητα μπορεί να εμφανιστεί ως ένας κλειστός χωρισμένος κυματισμός, συνήθως ως δευτεροβάθμιο χαρακτηριστικό επιφάνειας που επιβάλλεται στον χωρισμένο κατά διαστήματα κυματισμό ή τους λοβούς. Διάφοροι τύποι οργάνων μέτρησης καμπυλότητας παρέχουν τα μέσα, με το ηλεκτρονικό φιλτράρισμα, για την εξάλειψη ή ουσιαστικά τη μείωση της εμφάνισης των ενδείξεων τραχύτητας καθορισμού διαγραμμάτων, όταν προετοιμάζονται με σκοπό τη μορφή επιθεώρησης.

Η διάσταση των αποκλίσεων από τη καμπυλότητα είναι η ακτινωτή απόσταση μεταξύ δύο ομόκεντρων κύκλων που περιλαμβάνουν ακριβώς όλα τα στοιχεία της γραφικά γραμμής περιγράμματος.

Η μεγέθυνση της γραφικής απεικόνισης αναφέρεται στην ακτινωτή ενίσχυση των πραγματικών αποκλίσεων σχεδιαγράμματος από την ιδανική καμπυλότητα. Η διάμετρος των διαγραμμάτων καθορισμού δεν έχει καμία σχέση με το μέγεθος του κομματιού: μπορεί να είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από την πραγματική διάμετρο κομματιών. Επειδή ο καθορισμός διαγραμμάτων επιδεικνύει την ιδιαίτερα μεγεθυμένη απεικόνιση ενός ενιαίου χαρακτήρα μορφής μόνο, οι αναλογίες της μπορούν να διαφέρουν ουσιαστικά από εκείνες του πραγματικού κομματιού.

#### *6.5.5 Τα όργανα και η τεχνολογία μέτρησης καμπυλότητας με την κυκλική σχεδίαση*

Η εφαρμογή του κυκλικού τεχνικού καθορισμού ως μέσο της ακριβούς μέτρησης καμπυλότητας είναι μια σχετικά πρόσφατη ανακάλυψη. Χωρίς μείωση της αξίας των δημιουργών αυτού του μετρολογικού συστήματος, η ανάπτυξη βεβαιώθηκε σε διάφορες ταυτόχρονες τεχνολογικές προόδους:

α. Η ανάγκη για την καλύτερη μορφή ακρίβειας του κατασκευασμένου κομματιού των βασικών καμπύλων μορφών

β. Νέες αρχές σχεδίου που επιτρέπουν τις ουσιαστικές βελτιώσεις στην ακρίβεια περιστροφής των ειδικών αξόνων εργαλειομηχανών και

γ. Η διαθεσιμότητα των διάφορων ηλεκτρονικών συσκευών στις οποίες η λειτουργία αυτών των οργάνων στηρίζεται, όπως οι μετατροπείς μετατοπίσεων, τα στοιχεία των μονάδων ενισχυτών και ακριβή όργανα καταγραφής.

Η συνεχής πρόοδος στη βιομηχανία τονίζει την ανάγκη για τα ακριβή και αξιόπιστα όργανα μέτρησης της καμπυλότητας. Οι περαιτέρω πρόοδοι, και στις εργαλειομηχανές και στην ηλεκτρονική τεχνολογία διευρύναν τη διαθεσιμότητα των απαραίτητων στοιχείων αυτού του είδους οργάνωσης. Ως αποτέλεσμα αυτής της πρόόδου μια μάλλον ευρεία επιλογή του οργάνου μέτρησης καμπυλότητας τύπων ανιχνευτών είναι διαθέσιμη μέχρι σήμερα. Αυτά τα όργανα απεικονίζουν μια ουσιαστική σειρά των διαφορετικών συστημάτων, των μεγεθών, των βαθμών ακρίβειας και των βαθμών προσαρμοστικότητας.

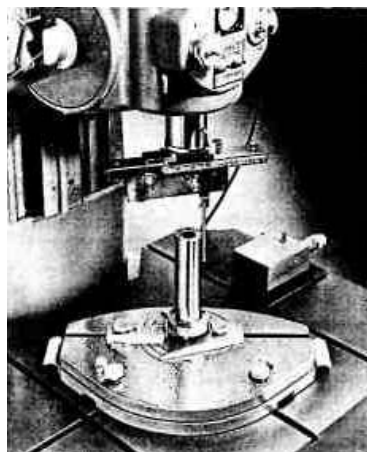
#### *6.5.5.1 Μηχανές μέτρησης καμπυλότητας – Χαρακτηριστικά αντιπροσωπευτικών μοντέλων*

Μερικά αντιπροσωπευτικά πρότυπα μηχανών μέτρησης της καμπυλότητας συζητούνται εν συντομία, ιδιαίτερα για την επεξήγηση της σειράς των ικανοτήτων που προσφέρουν οι διαθέσιμες σήμερα μηχανές. Αυτή η συζήτηση δεν έχει ως σκοπό να παρέχει μια πλήρη λίστα των πιο κοινών προτύπων της καμπυλότητας μηχανών μέτρησης. Εν πάσει περιπτώσει, αυτή θα ήταν μια ανώφελη προσπάθεια, λαμβάνοντας υπόψη τη συνεχή ανάπτυξη των νέων τύπων κυκλικών οργάνων καθορισμού που σχεδιάζονται για το κύριο σκοπό της επιθεώρησης καμπυλότητας.

Το σχήμα 6-10 επεξηγεί μια πιο πρόσφατη έκδοση του πρωτοπόρου σε αυτόν τον τομέα, το "Talyrond" πρότυπο 2. Αυτό είναι ένα περιστρεφόμενου άξονα τύπου όργανο του ιδιαίτερα στερεού σχεδίου (βάρος μηχανών περίπου ένας τόνος), που χτίζεται για την αποδοχή των βαριών και ογκωδών κομματιών, μέχρι ένα μέγιστο βάρος 1000 λιβρών. Σε αντίθεση με την σκληρότητα, η μηχανή επιτρέπει πολύ ευαίσθητες ρυθμίσεις και έχει έναν εξαιρετικά ακριβή άξονα του οποίου η μέγιστη ακτινωτή μεταβολή από έναν πραγματικό κύκλο είναι όχι περισσότερη από μια εκατομμυριοστή μιας ίντσας. Ο άξονας περιστρέφεται σε 3 περιστροφές/λεπτό για τη γραφική λειτουργία και έχει επίσης μια δεύτερη, ουσιαστικά υψηλότερη ταχύτητα (35 περιστροφές/λεπτό) για το κεντράρισμα του δείγματος.

Για την προσαρμογή μικρών- και μεσαίου μεγέθους δείγματα, ένας ελαφρύτερος τύπος μηχανής Talyrond (το πρότυπο 51) είναι επίσης διαθέσιμος. Αυτό το πρότυπο έχει την ίδια ηλεκτρονική αντίληψη και ενίσχυση, καθώς επίσης και τον εξοπλισμό καταγραφής με αυτόν της μεγαλύτερης μηχανής. Ενώ η μέγιστη μετρήσιμη διάμετρος είναι η ίδια και για τα δύο πρότυπα, δηλαδή 14 ίντσες είτε για τις εξωτερικές είτε για

τις εσωτερικές διαμέτρους, το Πρότυπο 51 έχει μια χρήσιμη ρύθμιση ύψους 16 ιντσών και το μέγιστο συνιστώμενο φορτίο στον πίνακα εργασίας είναι 150 λίβρες.



*Rank-Taylor-Hobson/Engis Equipment Co.*

*Σχ. 6-10 (Αριστερά) Μηχανή μέτρησης τύπων αξόνων περιστρεφόμενης καμπυλότητας, που σχεδιάζεται για την αποδοχή των μακροχρόνιων αξόνων και των βαριών κομματιών χωρίς επιπτώσεις στην υψηλή λειτουργική ακρίβεια του οργάνου.*

*Σχ. 6-11 (Δεξιά) Άποψη σε πρώτο πλάνο των σημαντικότερων λειτουργικών στοιχείων της μηχανής στα αριστερά, όταν εξοπλίζεται επίσης με έναν συνδυασμένο και οριζόντιο πίνακα.*

Και τα δύο πρότυπα Talyrond μπορούν να εξοπλιστούν με διάφορα προαιρετικά εξαρτήματα, τα περισσότερα από τα οποία εξυπηρετούν καθέναν από τους δύο σκοπούς :

α. Για να επεκτείνουν τη δυνατότητα εφαρμογής του οργάνου με την παροχή των διάφορων γραφίδων και μια μεταβλητή τον προενισχυτή, που απαιτείται για τον καθορισμό και την καταγραφή των επιφανειών που δεν είναι εύκολα προσιτές, ή βρίσκονται σε ένα επίπεδο κανονικό στον άξονα της περιστροφής αξόνων και

β. Για να διευκολύνει το στερέωμα, τοποθέτηση και κεντράρισμα των κομματιών των οποίων οι κυκλικές επιφάνειες πρέπει να επιθεωρηθούν. Αυτή η κατηγορία εξαρτημάτων περιλαμβάνει πίνακες και τα διάφορα μόνιμα προσαρτήματα. Το σχήμα 6-11 είναι μια άποψη σε πρώτο πλάνο των σημαντικότερων λειτουργικών στοιχείων του Talyrond, παρουσιάζοντας επίσης τη χρήση συνδυασμένου κεντραρίσματος και επιπέδωσης του πίνακα, ο οποίος τοποθετείται στον πίνακα εργασίας οργάνων. Η ελεγχόμενη θέση του κέντρου επιτραπέζιου άξονα, μιαμισή ίντσα πάνω από την επιτραπέζια επιφάνεια, διευκολύνει τις επίπεδες ρυθμίσεις.

Ένας άλλος τύπος μηχανής μέτρησης καμπυλότητας, επίσης της κατηγορίας περιστροφής αξόνων είναι μια μηχανή μικρότερων, επιτραπέζιων τύπων που σχεδιάστηκε για την παροχή ενός υψηλού βαθμού μεταβλητότητας εφαρμογής, που ολοκληρώθη-

κε εν μέρει από τη μεταβλητή περιστροφή ταχύτητα-αξόνων. Αυτός ο τύπος μηχανής μέτρησης καμπυλότητας επιτρέπει τη ρύθμιση της ταχύτητας καθορισμού στη διάμετρο του κομματιού που επιθεωρείται, προκειμένου να ληφθεί μια περίπου ομοιόμορφη ταχύτητα καθορισμού για ένα ευρύ βαθμό των διαμέτρων των προτύπων.

Η διευκρινισμένη μηχανή προσφέρει πέντε διαφορετικές ακτινωτές μεγεθύνσεις, από 250x σε 50.000 X, οι οποίες μπορούν να επιλεγούν με τη βοήθεια των κουμπιών. Επίσης με τη χρησιμοποίηση των κουμπιών, οποιοδήποτε από τους ακόλουθους τρεις ελέγχους ευαισθησίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

α. Φιλτραρισμένα σήματα για το κατασκευή επιφάνειας μετρήσεων, αποβάλλοντας από τις γραμμές καταγραφής διαγραμμάτων, τις περισσότερες από τις σημαντικότερες μεταβολές της μορφής

β. Φιλτραρισμένα σήματα για τη γεωμετρική μέτρηση μορφής (καμπυλότητα), που καταστέλλει την αναπαραγωγή των χωρισμένων κατά διαστήματα αποκλίσεων του σχεδιαγράμματος επιφάνειας και

γ. Η συνολική ευαισθησία, που επιδεικνύει το πραγματικό περιφερειακό σχεδιάγραμμα του κομματιού στην υψηλή ενίσχυση, που παρουσιάζει μεταβολές μορφής στις οποίες η απεικόνιση της σύστασης επιφάνειας επιβάλλεται.

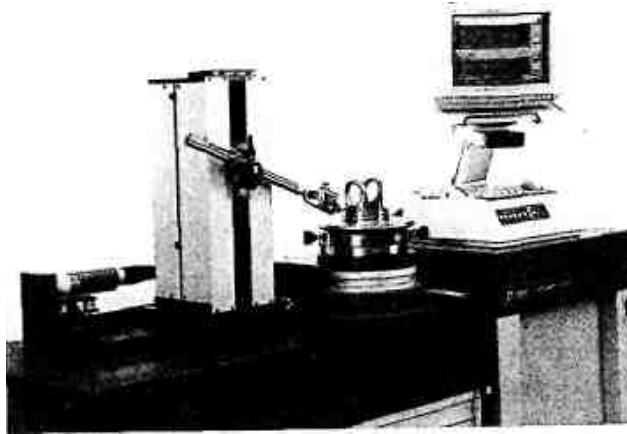
Το σχήμα 6-12 παρουσιάζει μια ρύθμιση και τις εφαρμογές των αρχών του συστήματος, που εφαρμόζονται με τη βοήθεια των μονάδων που συνδέονται μόνο ηλεκτρικά. Οι τέσσερις σημαντικές μονάδες αυτού του συστήματος οργάνων είναι οι ακόλουθες:

α. Ο περιστροφικός πίνακας που υποστηρίζεται σε ένα πνευματικό ρουλεμάν

β. Η στάση διαμετρημάτων και ο διευθετήσιμος βραχίονας

γ. Ένας προσωπικός υπολογιστής "386" με VGA 14-ίντσας οθόνη, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου οθόνης αφής γραφικής παράστασης πλήρους-χρώματος μέσω του κυκλικού και γραμμικού λογισμικού ανάλυσης γεωμετρίας και

δ. Ένας υψηλής ταχύτητας dot-matrix εκτυπωτής για να παράγει ένα μόνιμο, αντίγραφο καταγραφής των συνθηκών μέτρησης, των πολικών ή γραμμικών σχεδίων και των τιμών μέτρησης τους.



*Federal Products Corp.*

Σχ. 6-12 Περιστρεφόμενος επιτραπέζιος τύπος μέτρησης καμπυλότητας με τα αποσυνδεδεμένα ακόμα ηλεκτρικά συνδεδεμένα στοιχεία.

Διάφοροι κατασκευαστές παρέχουν τα απαραίτητα στοιχεία για τη μέτρηση της καμπυλότητας πλήρως όπως ένα ενσωματωμένο όργανο.

Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας συμπαγούς και ανεξάρτητης καμπυλότητας μηχανών μέτρησης, που απεικονίζει έναν αρθρωτό τύπο κατασκευής, παρουσιάζεται στο σχήμα 6-13. Ένα πιάτο γρανίτη είναι η βάση τοποθέτησης για τον περιστροφικό πίνακα και παρέχει επίσης το επίπεδο στοιχείων για το ύψος τύπων διαμετρημάτων. Η κονσόλα οργάνων σε αυτήν την ιδιαίτερη έκδοση του εύκαμπτου αρθρωτού σχεδίου, περιέχει έναν ενισχυτή για τη μέση ανάγνωση τραχύτητας, έναν ενισχυτή διαμέτρησης για τη μέτρηση της καμπυλότητας, ένα πολικό όργανο καταγραφής διαγραμμάτων και ένα ρυθμισμένο πίνακα οργάνων με τους απαραίτητους διακόπτες και τα εξογκώματα ρύθμισης.



*Standard Gage Co.*

Σχ. 6-13. Όργανο μέτρησης καμπυλότητας, περιστρεφόμενου επιτραπέζιου τύπου, που συγκεντρώνονται από αρθρωτές μονάδες.

#### 6.5.5.2 Κυκλικό-τόξο μετρήσεις καμπυλότητας

Υπάρχει μια ορισμένη ομάδα τεχνικών κομματιών για τα οποία η κυκλική διαδικασία καθορισμού χρησιμοποιείται για να επιθεωρήσει τη γεωμετρική μορφή ενός περιορισμένου τμήματος της περιμέτρου του κομματιού, όταν έχει εκείνο το ιδιαίτερο τμήμα ένα κυκλικό τόξο για το βασικό περίγραμμα.

Για την καταγραφή των μετρήσεων υπό μορφή συνεχούς γραμμής ιχνών το ίδιο όργανο μπορεί να εξοπλιστεί με ένα περιστροφικό ποτενσιόμετρο που τοποθετείται στην πλήμνη του βραχίονα περιστροφής. Με τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού σήματος που παράγει τις συσκευές σε ένα όργανο καταγραφής X- Y, δηλαδή, το ποτενσιόμετρο στον άξονα X, και ο ενισχυτής στον άξονα Y, ένα διάγραμμα μπορεί να παραχθεί. Το X-Y διάγραμμα παρουσιάζει μήκος τόξων (κεντρική γωνία) της καθορισμένης επιφάνειας και των εκτροπών γραφίδας, οι οποίες απεικονίζουν τις αποκλίσεις του πραγματικού σχεδιαγράμματος από το ιδανικό. Οι μετρήσεις καμπυλότητας με ευαισθησία καταγραφής σε παραγγελία 10 μικροϊντσών, ή ακόμα και λεπτότερο, μπορούν να γίνουν με αυτήν την διαδικασία, αν και για γενικές εφαρμογές ένας μικρότερος βαθμός ευαισθησίας, που αγκαλιάζει μια ευρύτερη σειρά αποκλίσεων προτιμάται συχνά.

#### 6.5.5.3 Διαγράμματα καταγραφής -Αξιολόγηση οργάνων των διάφορων τύπων και των χαρακτηριστικών

Ο κυκλικός καθορισμός περιγράμματος είναι ουσιαστικά ένας γραφικός τύπος καταγραφής διαδικασίας επιθεώρησης και οι μετρήσεις παρέχονται υπό μορφή γραμμής διαγραμμάτων με αποκλίσεις από έναν βασικό κύκλο (βλ. τον πίνακα 6-4 ως παράδειγμα για τους διαφορετικούς τύπους καθορισμού). Εξετάζοντας το ρόλο των διαγραμμάτων των οργάνων καταγραφής στις διαφορετικές εφαρμογές της κυκλικής τεχνικής καθορισμού, συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων καμπυλότητας, φαίνεται μια συνοπτική αξιολόγηση των διάφορων τύπων διαγραμμάτων οργάνων καταγραφής που χρησιμοποιούνται για τα διαφορετικά πρότυπα των οργάνων. Τα σχετικά πλεονεκτήματα των διάφορων βασικών τύπων εξετάζονται από την άποψη της εφαρμογής τους στην κυκλική διαδικασία καθορισμού.

α. Η γενική μορφή μπορεί να είναι κυκλική (πολική) ή ευθύγραμμη (λουρίδα). Τα πολικά διαγράμματα είναι πιο κοινά και έχουν το βασικό πλεονέκτημα μιας ουσιαστικά κυκλικής γραμμής καθορισμού που μπορεί να συσχετιστεί εύκολα με το πραγματικό περίγραμμα αντικειμένου. Οι μεταβολές της μορφής που παρουσιάζονται στον καθορισμό διαγραμμάτων μπορούν να συνδεθούν με τα αντίστοιχα τμήματα του φυσικού κομματιού.

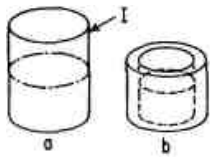

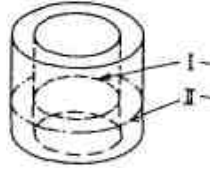
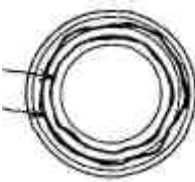
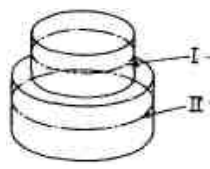
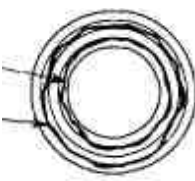
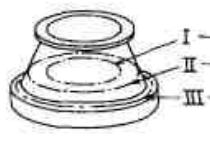

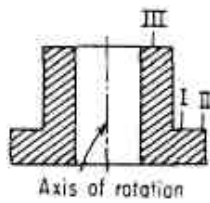
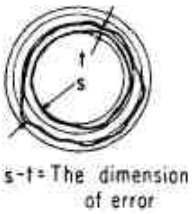

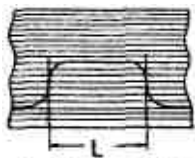


β. Το μέγεθος των πολικών διαγραμμάτων διαφέρει σύμφωνα με τον τύπο και το πρότυπο. Τα διαγράμματα 4 1/2-ίντσας διαμέτρων είναι ίσως τα πιο κοινά, προσφέροντας μια δακτυλιοειδή διαδρομή του ακτινωτού πλάτους 1-ίντσας εντούτοις, μερικά πρότυπα οργάνων λειτουργούν με τα διαγράμματα 9 ή 10-ίντσων διαμέτρου. Το μικρότερο μέγεθος έχει το χαμηλότερο αρχικό (όργανο) και λειτουργικές (έγγραφο διαγραμμάτων) δαπάνες, και μπορούν να βρεθούν καταλληλότερες για λόγους αρχειοθέτησης. Το μεγαλύτερο μέγεθος επιτρέπει μια ακριβέστερη ανάλυση και παρουσιάζει λιγότερες εικονογραφικές παραμορφώσεις για ορισμένους τύπους μεταβολών καμπυλότητας. Παράγοντες, όπως η απόκριση της ταχύτητας, υπερανύψωση γραφίδων, και ούτω καθ'εξής, πρέπει επίσης να εξεταστεί κατά τη σύγκριση της καταλληλότητας για τις συγκεκριμένες εφαρμογές.

γ. Το σύστημα γραφίδων μπορεί να είναι ηλεκτρικό (τύπος Teledeltos) ή μπορεί να χρησιμοποιήσει μελάνι. Το πρώτο δεν χρειάζεται κανένα ξαναγέμισμα του μελανοδοχείου, αλλά απαιτεί τα ακριβότερα κενά διαγραμμάτων. Οι εκτιμήσεις αναπαραγωγής θα μπορούσαν να ευνοήσουν τη γραφίδα μελανιού όταν προτιμάται η εκτύπωση από το διαφανές έγγραφο.

δ. Καμπυλόγραμμη ή ευθύγραμμη μετακίνηση γραφίδων. Το όργανο Talystond χρησιμοποιεί έναν ευθύγραμμο τύπο διεύθυνσης διαγραμμάτων, αν και η γραφίδα κινείται κατά μήκος μιας τοξοειδούς πορείας, η καμπύλη επιφάνεια της υποστήριξης διαγραμμάτων έχει μια επίδραση στην προκύπτουσα μορφή γραμμών. Άλλα συστήματα έχουν μια τοξοειδή κίνηση γραφίδων και χρησιμοποιούν έναν αποκριμένο τύπο καμπυλόγραμμου εγγράφου διαγραμμάτων προκειμένου να παραχθεί μια πραγματική διαστατική απεικόνιση των αισθανμένων αποκλίσεων του περιγράμματος ακόμη και στην περίπτωση των διαγραμμάτων μεγάλων διαμέτρων. Μεγάλα, πολικά όργανα καταγραφής διαγραμμάτων 10 ίντσων διαμέτρων, που χρησιμοποιούν το ευθύγραμμο ακτινωτό διάγραμμα, είναι επίσης διαθέσιμα, σε αυτήν την περίπτωση η γραφίδα ενεργεί μέσω ενός συνδέσμου, με συνέπεια μια ουσιαστικά ευθείας γραμμής πορεία για τις ακτινωτές παρεκβάσεις της γραφίδας.

**ΠΙΝ. 6-4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΩΝ  
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ  
ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ**

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
		<p><u>Η καμπυλότητα των εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών</u> Μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε τύπο της περιστροφής με το γενικό μέγεθος μέσα στην ικανότητα μηχανών, όταν η επιφάνεια που εξερευνείται είναι προσιτή στο όργανο της γραφίδας και μπορεί να σχεδιαστεί, χωρίς παρεμπόδιση, γύρω από έναν ολόκληρο κύκλο.</p>
		<p><u>Ομοαξονικότητα και καμπυλότητα των εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών</u> Όταν οι μετρήσεις των παράλληλων επιφανειών γίνονται στο ίδιο επίπεδο, κανονικό στον άξονα, η σχεδίαση διαγραμμάτων παρέχει επίσης τις πληροφορίες για τις παρεκκλίσεις πάχους τοίχων.</p>
		<p><u>Ομοαξονικότητα και καμπυλότητα των παράλληλων επιφανειών με διαφορετικές διαμέτρους</u> Το διάγραμμα με δύο γραμμές σχεδίασης παρέχει τις πληροφορίες και για τη καμπυλότητα των μεμονωμένων επιφανειών και για την αμοιβαία ευθυγράμμιση των αξόνων.</p>
		<p><u>Ομοαξονικότητα και καμπυλότητα των μη παράλληλων επιφανειών στους αριθμούς της περιστροφής</u> Επειδή οι γραμμές σχεδίασης περιλαμβάνονται στα συγκεκριμένα επίπεδα της μέτρησης που είναι κανονικά σε έναν κοινό άξονα, οι επιφάνειες που σχεδιάζονται δεν χρειάζονται να είναι παράλληλες στον άξονα. Εντούτοις, η θέση των επιφανειών έχει επιπτώσεις στο ποσοστό ενίσχυσης ένδειξης λάθους.</p>
 <p>Axis of rotation</p>	 <p>s-t= The dimension of error</p>	<p><u>Συνθήκη των επίπεδων επιφανειών που είναι κανονικές στον άξονα του αντικειμένου</u> Θέσεις των γραμμών σχεδίασης στα επίπεδα μέτρησης που υποδεικνύονται από το I, II, και III. Λειότητα - παράλληλες γραμμές I και II παράλληλος Παραλληλισμού-Γραμμές σχεδίασης II και III παράλληλες Ευθύτητα (καθετότητα) – γραμμές σχεδίασης II ή III ομόκεντρο στον άξονα του διαγράμματος.</p>
 <p>Barrel roller contour</p>	 <p>L=Effective roller length</p>	<p><u>Αληθινή μορφή μερών της περιστροφής με τα κυκλικά στοιχεία επιφάνειας τόξων</u> Όταν το μετρημένο στοιχείο επιφάνειας είναι μόνο ένα τμήμα ενός ολοκληρωμένου κύκλου, η υψηλή ανάλυση της σχεδίασης διαγραμμάτων είναι ουσιαστική για την ακριβή ανάλυση. Τα διαγράμματα λουρίδων, με τα εκτεταμένα μήκη σχεδίασης είναι ιδιαίτερα πληροφοριακά.</p>

#### 6.5.5.4 Η προετοιμασία των προτύπων για την επιθεώρηση καμπυλότητας με τον κυκλικό καθορισμό

Προκειμένου να ληφθεί μια ρεαλιστική απεικόνιση του καθορισμένου περιγράμματος δειγμάτων, το κέντρο του κομματιού και το κέντρο της περιστροφικής μετακίνησης που παράγει τον κύκλο αναφοράς πρέπει να συμπίπτουν. Δεν είναι πρακτικό να καλυφθεί πλήρως αυτή η απαίτηση, όμως η εκκεντρότητα των δύο κύκλων δεν πρέπει να υπερβεί ορισμένα όρια που εξαρτώνται από δύο παράγοντες:

- α. Η επιθυμητή αξιοπιστία των μετρήσεων και
- β. Η εφαρμοσμένη ενίσχυση.

#### 6.5.5.5 Γραφίδα του οργάνου μέτρησης καμπυλότητας

Η γραφίδα είναι το κομμάτι μέσω του οποίου η απόκλιση της καθορισμένης επιφάνειας από τον κύκλο βάσεων γίνεται αντιληπτή από την pickup. Η άκρη της γραφίδας είναι το στοιχείο επαφής και η μορφή της έχει επιπτώσεις στο βαθμό διάκρισης με τον οποίο οι μεταβολές του ανιχνευμένου σχεδιαγράμματος επιφάνειας διαβιβάζονται.

Για τις συνηθισμένες εφαρμογές, μια άκρη σφαιρών της διαμέτρου 1/8-ίντσας μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αυτό θα παράσχει ένα λογικό ποσό ευαισθησίας ακόμη και στην περίπτωση χωρισμένων διαστημάτων κατά διακυμάνσεις. Για ιδιαίτερους λόγους, οι γραφίδες με άκρες με σφαίρες άλλων διαμέτρων επιλέγονται, όπως μια διάμετρος 1/16 ίντσας για την αυξανόμενη διάκριση. Σε άλλες περιπτώσεις, οι σφαίρες περισσότερο από της διαμέτρου 1/8 ίντσας προτιμώνται για να καταστήσουν τις γραφίδες αναισθητες σε χωρισμένες κατά διαστήματα διακυμάνσεις που μπορούν να εξεταστούν στα σύνορα της επιφάνειας τραχύτητας, και μπορούν να παρεμποδίσουν την ευδιάκριτη απεικόνιση των μεταβολών μορφής.

Οι άκρες των γραφίδων με τις μικρότερες ακτίνες, σε παραγγελία 0,001 σε ίντσες, αποτελούνται συχνά από σάπφειρο. Όταν ο καθορισμός του κυκλικού περιγράμματος πραγματοποιείται με στόχο τη λήψη μιας συνολικής απεικόνισης του σχεδιαγράμματος, συμπεριλαμβανομένων των χωρισμένων κατά διαστήματα μεταβολών με τα μεγέθη σε παραγγελία της τραχύτητας επιφάνειας, οι άκρες των διαμαντιών που έχουν 0.0005-ίντσας ή μικρότερη διάμετρο χρησιμοποιούνται γενικά.

Η στατική δύναμη με την οποία η γραφίδα κρατιέται ενάντια στην επιφάνεια των κομματιών πρέπει να επιλεγεί σύμφωνα με την άκρη των ακτινών, λαμβάνοντας υπόψη επίσης τη σκληρότητα και το τελευταίο μέρος του κομματιού προς κατεργασία.

Κατά γενικό κανόνα, αυτή η δύναμη δεν πρέπει να υπερβεί το 1 γραμμάριο για τη μικρότερη, και 20 γραμμάρια για τη μεγαλύτερη άκρη των ακτινών.

#### 6.5.5.6 Η απόκριση συχνότητας του οργάνου μέτρησης καμπυλότητας

Η σχετική περιστροφή του δείγματος παρουσιάζει τα συνεχώς μεταβαλλόμενα σημεία γύρω από την επιφάνεια του δείγματος στη γραφίδα επαφής. Το ποσοστό στο οποίο τα παρακείμενα σημεία παρουσιάζονται είναι μια λειτουργία της περιφερειακής ταχύτητας της ανίχνευσης μετακίνησης. Ένα χρονικό σφάλμα απαιτείται για τη μετατροπή των μηχανικών εκτροπών γραφίδας στις ανάλογες μετακινήσεις του βραχίονα γραφίδας οργάνων καταγραφής. Συνεπώς, η περιφερειακή ταχύτητα της ανιχνευμένης επιφάνειας επηρεάζει την πληρότητα με την οποία οι μεταβολές της επιφάνειας από την ιδανική μορφή απεικονίζονται με τον καθορισμό των διαγραμμμάτων.

Ένας άλλος παράγοντας που έχει επιπτώσεις στη γραφική απεικόνιση της καθορισμένης επιφάνειας είναι η απόκριση συχνότητας του ηλεκτρονικού συστήματος σε συνδυασμό με την ταχύτητα της μετακίνησης σάρωσης της γραφίδας οργάνων καταγραφής.

Στην πρακτικό καθορισμό επιφάνειας είναι κοινό, να λαμβάνεται μια απεικόνιση λιγότερο από 100% των μεταβολών επιφάνειας, για τους περισσότερους πρακτικούς λόγους. Το ποσοστό πραγματικής πληρότητας είναι σε παραγγελία 85% ως 90% κοντά στη διαχωριστική γραμμή της εκτιμημένης απόκρισης συχνότητας. Για παράδειγμα: μια απόκριση συχνότητας 20-cps, στη μετάδοση 90%, εκφράζει την ικανότητα ενός οργάνου να επιδείξει στο διάγραμμα, με ένα λάθος που δεν υπερβαίνει 10% της πλήρους κλίμακας. Υποθέτοντας ένα εγκάρσιο ποσοστό 0,005 ίντσας ανά δευτερόλεπτο, οι μεταβολές επιφάνειας χωρίστηκαν κατά διαστήματα όχι πιο κοντά από

$$0,005 / 20 = 0.00025 \text{ ίντσα}$$

απεικονίζεται με ακρίβεια μέσα στο 10% της συνολικής κλίμακας.

Με σκοπό τις μετρήσεις καμπυλότητας, εντούτοις, η λεπτομερής επίδειξη των χωρισμένων κατά διαστήματα μεταβολών επιφάνειας σπάνια απαιτούνται. Συχνά, μπορεί ακόμη και να είναι ανεπιθύμητες από την άποψη της ευδιάκριτης απεικόνισης των γενικών γεωμετρικών συνθηκών για να προετοιμάσουν την γραμμή καθορισμού με πάρα πολλές μη σχετικές λεπτομέρειες.

Στη γενική καμπυλότητα, οι μεταβολές από την ιδανική μορφή δεν κρίνονται με το περιφερειακό διάστημα διακυμάνσεων, αλλά από τη συχνότητα του γεγονότος τους γύρω από ολόκληρη την επιφάνεια. Συνεπώς, η συχνότητα απόκρισης του οργάνου μέτρησης καμπυλότητας εκφράζεται συνήθως από τον αριθμό ισοδιάστατων διακυ-

μάνσεων γύρω από ολόκληρη την επιφάνεια, ανεξάρτητα από τη διάμετρο του κομματιού . Τα γενικά αποδεκτά ποσοστά απόκρισης είναι 5 ..15 ..50 ..150 και 500 συχότητες ανά περιστροφή. Τα όργανα σχεδιάζονται συνήθως για να παράγουν την απόκριση υψηλότερης συχνότητας που δηλώνεται στις σχετικές προδιαγραφές Το σχήμα 6-14 παρουσιάζει ένα διάγραμμα καμπυλότητας με τρεις καθορισμένες καμπύλες, κάθε μια που απεικονίζει την ίδια περίμετρο δειγμάτων αλλά που καταγράφει διαφορετικές συχότητες απόκρισης.

*Giddtngs & Lewis Measurement Systems*  
Σχ. 6-14. Πολικό διάγραμμα με τρεις γραμμές σχεδίασης καμπυλότητας διαφόρων βαθμών ομαλότητας. Όλες οι γραμμές σχεδίασης απεικονίζουν την ίδια επιφάνεια, όμως καταγράφηκαν με διαφορετική συχότητα διακοπής.



#### 6.5.6 Η αξιολόγηση καθορισμού καμπυλότητας

Η γραμμή καθορισμού από τη γραφίδα των οργάνων καταγραφής σε ένα πολικό διάγραμμα είναι μια ενιαία καμπύλη της ουσιαστικά κυκλικής μορφής, με τις άκρες που συναντιούνται για να διαμορφώσει έναν κλειστό βρόχο. Οι παρεκκλίσεις εκείνης της γραμμής από την αληθινή κυκλική μορφή απεικονίζουν, μια υψηλή ακτινωτή ενίσχυση, τις μεταβολές της καθορισμένης περιμέτρου του δείγματος από την ιδανική καμπύλη μορφή.

Υπάρχουν τέσσερις συνήθως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για την καθιέρωση του κέντρου των οριοθετημένων κύκλων:

α. Με την προσπάθεια να βρεθεί εκείνη η ιδιαίτερη κεντρική θέση όσον αφορά την οποία ο ακτινωτός διαχωρισμός των οριοθετημένων κύκλων θα είναι λιγότερος. Στην πράξη, εκείνος ο στόχος ολοκληρώνεται συνήθως με τον πειραματισμό με τις διαφορετικές θέσεις της μεταβλητής αναγνώσης διαγραμμάτων. Αυτή η μέθοδος εκτίμησης, σχεδιάστηκε στο MZC (ελάχιστο κέντρο ζώνης), είναι συχνά χρησιμοποιούμενη επειδή παράγει τη μικρότερη αριθμητική τιμή για τις μετρημένες μεταβολές από τη καμπυλότητα.

β. Εξετάζοντας τον καθορισμό μιας εξωτερικής επιφάνειας, μπορεί να υποτίθεται ότι από μια λειτουργική άποψη οι εξωτερικές προεξοχές της γραμμής καθορισμού απεικονίζουν εκείνους τους τομείς της επιφάνειας όπου η μηχανική επαφή με το ταίριασμα των κομματιών τελικά θα δώσει αποτελέσματα. Για την αξιολόγηση της καμπυλότητας, ένας κύκλος μπορεί να επιδιώξει ότι περιέχει ακριβώς αυτές τις

εξωτερικές προεξοχές, και οι άλλοι οριοθετημένοι κύκλοι θα είναι ομόκεντροι με αυτόν που καθοδηγεί, ανεξάρτητα από τον ακτινωτό διαχωρισμό. Αυτός ο διαχωρισμός θα μπορούσε να είναι ουσιαστικά μεγαλύτερος από αυτός που λήφθηκε από την τοποθέτηση της καλύτερης συναρμολόγησης, ή την ελάχιστη ζώνη, ομόκεντρων κύκλων.

γ. Η τρίτη συνήθως χρησιμοποιημένη μέθοδος αξιολόγησης είναι η αντιστροφή της προηγούμενης και εφαρμόζεται για τον καθορισμό απεικονίζοντας ένα περίγραμμα διαμέτρου. Αυτή η μέθοδος είναι βασισμένη στο σύστημα PGC (κέντρο διαμετρημάτων plug).

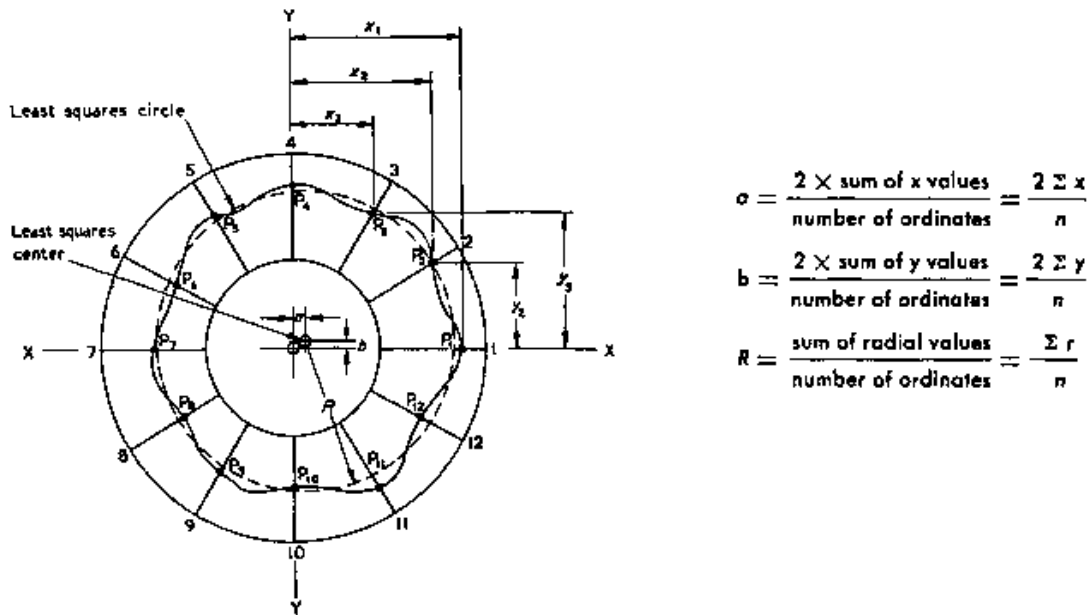
δ. Μια τέταρτη μέθοδος αξιολόγησης έχει αναπτυχθεί με το πλεονέκτημα της μοναδικότητας, δηλαδή παρέχει μια ενιαία αριθμητική τιμή και είναι ανεξάρτητη των μεταβλητών που θα μπορούσαν να προκύψουν από τον πειραματισμό που συνδέθηκε με τη χρήση της μεταβλητής ανάγνωσης διαγραμμάτων. Αυτή η μέθοδος, γνωστή ως σύστημα LSC (κέντρο λιγότερων τετραγώνων), καθιερώνει έναν "κύκλο λιγότερων τετραγώνων" ως μέση γραμμή της καθορισμένης καμπύλης, από την οποία το ποσό ενός ικανοποιητικού αριθμού ισοδιάστατων ακτινωτών συντεταγμένων έχει μια ελάχιστη τιμή.

Η αξιολόγηση του καθορισμού καμπυλότητας σύμφωνα με τις αρχές του συστήματος LSC μπορεί να ολοκληρωθεί από καθεμία από τις δύο διαδικασίες:

1. Μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την προσέγγιση με την παρουσίαση ενός ικανοποιητικού αριθμού ισοδιάστατων ακτινών τεταγμένων από το κέντρο του διαγράμματος. Οι αποστάσεις των σημείων της διατομής της πολικής γραφικής παράστασης με αυτές τις ακτινωτές συντεταγμένες μέτριοι από τους άξονες XX και YY. Οι αποκτηθείσες τιμές, λαμβάνουν υπόψη τα σημάδια, που χρησιμοποιούνται έπειτα, με τη βοήθεια των κατά προσέγγιση τύπων, για να καθορίσουν τη θέση των λιγότερων τετραγώνων κέντρου (βλ. το σχέδιο 6-15).

2. Η ίδια τιμή μπορεί να καθοριστεί γρηγορότερα απ' ό,τι με τη γραφική μέθοδο, και επίσης με τη μεγαλύτερη ακρίβεια, με την βοήθεια ενός υπολογιστή που είναι διαθέσιμος για μέτρηση καμπυλότητας τύπων Talysond.

Ο υπολογιστής μπορεί επίσης να κατευθύνει τη γραφίδα των οργάνων καταγραφής για να σύρει στο διάγραμμα που περιέχει την κυκλική καμπύλη σχεδιαγράμματος του κομματιού, ο κύκλος λιγότερων τετραγώνων ανήκει σε εκείνη την καμπύλη. Ο κύκλος αναφοράς σύρεται από τη γραφίδα των οργάνων καταγραφής κατά τη διάρκεια της επόμενης πετυχημένης περιστροφής του άξονα μηχανών.



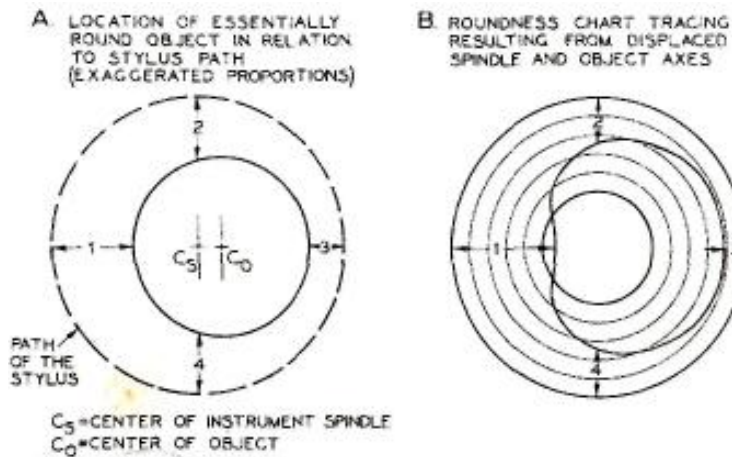
Σχ. 6-15. Σχεδιάγραμμα για τον προσδιορισμό των λιγότερων τετραγώνων κέντρου από τον υπολογισμό, όπου  $R = \eta$  ακτίνα των λιγότερων τετραγώνων.

#### 6.5.6.1 Παραμόρφωση στη γραφική απεικόνιση των όρων καμπυλότητας

Λόγω των διαστατικών περιορισμών των πολικών διαγραμμάτων και για την ενίσχυση των σημαντικών χαρακτηριστικών των επιθεωρημένων συνθηκών, η απεικόνιση διαγραμμάτων των κομματιών της ανιχνευμένης περιμέτρου σύρεται σε μια μη ομοιόμορφη κλίμακα. Η διάμετρος της καμπύλης ελέγχεται από τη διαθέσιμη απόσταση διαγραμμάτων και δεν έχει σχέση με την πραγματική διάμετρο κομματιών. Εντούτοις, οι μεταβολές της περιμέτρου κομματιών από την ιδανική στρογγυλή μορφή επιδεικνύονται στις μεγεθύνσεις που μπορούν να ποικίλουν από περίπου 500 X σε υψηλή όπως 100.000 X, ανάλογα με τις βασικές γεωμετρικές συνθήκες του κομματιού και την επιδιωκόμενη δύναμη της περιστροφής της μέτρησης.

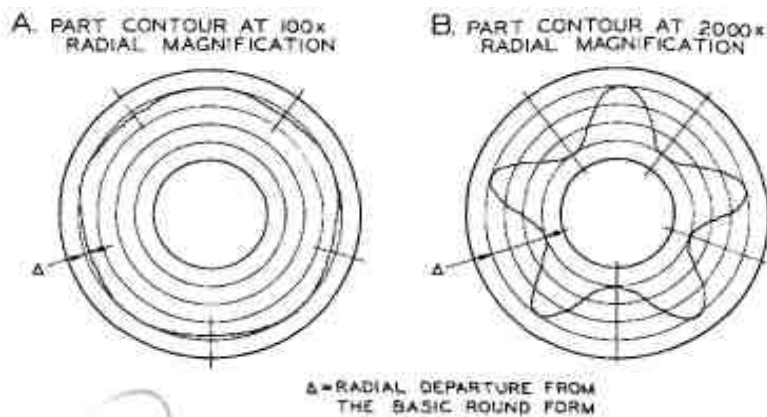
Δύο παραδείγματα των χαρακτηριστικών περιστάσεων που προκαλούν τις γραφικές παραμορφώσεις στην απεικόνιση διαγραμμάτων παρουσιάζονται διαγραμματικά, δηλαδή:

1. Παραμορφώσεις διαγραμμάτων γραμμών λόγω του εκκεντρικού παρουσίας του κομματιού (σχέδιο 6-16) και



Σχ. 6-16 Παραμορφωμένη γεωμετρική μορφή για το διάγραμμα καμπυλότητας λόγω της μη ευθυγράμμισης του άξονα αντικείμενου σε σχέση με την περιστροφή των οργάνων.

2. Παραμορφώσεις διαγραμμάτων γραμμών που τονίζονται με την αυξανόμενη ενίσχυση (σχέδιο 6-17).



Σχ. 6-17. Παραμορφωμένη γεωμετρική μορφή σε διάγραμμα καμπυλότητας για τ6 "διάφορους βαθμούς διαγραμμάτων καμπυλότητας ανομοιόμορφου ποσοστού ενίσχυσης.

### 6.5.6.2 Η επιβεβαίωση της απόδοσης των μηχανών μέτρησης της καμπυλότητας

Για τους χρήστες των μηχανών μέτρησης καμπυλότητας, είναι σημαντικό να είναι γνωστός ο βαθμός εμπιστοσύνης που μπορεί να οριστεί στα αποτελέσματα των διαδικασιών επιθεώρησης όπως απεικονίζεται με τον καθορισμό των διαγραμμάτων.

Υπάρχουν τρεις σημαντικές πτυχές που έχουν άμεση συνέπεια στην αξιοπιστία της απόδοσης των μηχανών μέτρησης της καμπυλότητας:

α. Η περιστροφική ακρίβεια του άξονα μηχανών, που εκφράζεται ως μέγιστη απόκλιση από έναν τέλειο μέσο κύκλο.

β. Οι αξονικές μετακινήσεις του άξονα που, σε συνδυασμό με την περιστροφή, μπορεί να παράγει μια ταλάντευση ή μια αξονική μετατόπιση. Τέτοιες ανεπάρκειες αξιολογούνται συχνά ως λάθη των περιστρεφόμενων πινάκων, σε σχέση με



έναν φανταστικό κώνο που απεικονίζει τη ζώνη της αβεβαιότητας στην περιστροφική ακρίβεια, σε διαφορετικά επίπεδα από την επιτραπέζια κορυφή.

γ. Η ακρίβεια των ενδείξεων που απεικονίζουν τις μεταβολές από τη καμπυλότητα της καθορισμένης περιμέτρου επιφάνειας.

Οι αρχές και οι περισσότερο χρησιμοποιημένες μέθοδοι για την ακρίβεια των μηχανών μέτρησης καμπυλότητας από τις προαναφερθείσες απόψεις είναι σχετικά και εν συντομία οι εξής:

α. Για την επιθεώρηση της περιστροφικής ακρίβειας του άξονα μηχανών, μια σφαίρα ακρίβειας χρησιμοποιείται ως κύριος μηχανισμός, και ένας καθορισμός της περιμέτρου υποβάλλεται στην υψηλότερη ενίσχυση που προσφέρουν οι μηχανές. Επιτρέποντας τις γνωστές ανακρίβειες της κύριας σφαίρας, συνήθως σε σειρά μερικών μικροϊντσών, το ποσό των μεταβολών της γραμμής διαγραμμάτων από ένα αληθινό κύκλο είναι ενδεικτικό της περιστροφικής ακρίβειας του άξονα μηχανών.

β. Η ταλάντευση, του άξονα οργάνων μπορεί να ελεγχθεί με τον καθορισμό της επιφάνειας ενός οπτικού επιπέδου που οργανώνεται σε μια ακριβή θέση στον άξονα της περιστροφής αξόνων ή πινάκων.

γ. Ένας πρακτικός κύριος μηχανισμός για την επαλήθευση των ενδείξεων ακρίβειας, και η ταχύτητα απόκρισης του οργάνου, μπορούν να προετοιμαστούν από έναν κύλινδρο διαμετρημάτων τέλει καμπυλότητας. Από τις διαδοχικές μετρήσεις κατά μήκος μιας κανονικής διαμέτρου στο επίπεδο, το χορδικό ύψος του μετακινούμενου τμήματος μπορεί να καθοριστεί ακριβώς. Μια καθορισμένη καμπύλη της περιμέτρου που περνά μέσω του επιπέδου, παρουσιάζει τη γραμμή μεταβολών διαγραμμάτων από το βασικό κύκλο. Το ακτινωτό βάθος αυτών των μεταβολών πρέπει να απεικονιστεί, στην κλίμακα του διαγράμματος, τη διάσταση του προηγούμενου μετρημένου χορδικού ύψους.

## **7 Ορολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία**

Coordinate Measuring Machines : μηχανές μέτρησης συντεταγμένων

Optical Projectors : συσκευές οπτικών προβολών

Work staging : διάταξη εργασίας

Focusing axis : άξονας εστίασης

Field diameter : πεδίο διαμέτρου

Projector screen : οθόνη προβολής

Interchangeability : εναλλαξιμότητα

Illumination : φωτεινότητα

Mercury arc light source : πηγή λαμπτήρα τόξου υδρογόνου

Chart rails : διαγράμματα κλίμακας

Field view : πεδίο ορατότητας

Shadow image : αντίγραφο εικόνας

Sexagesimal system : εξηκοστό σύστημα

Centesimal system : εκατοστιαίο σύστημα

Theodolites : Θεοδολίτες

Autocollimator : αυτόματος σωλήνας οπτικών οργάνων

Clinometer : κλινόμετρο

Contour : περίγραμμα

Slope : κλίση

Virtual body : εικονικό τεμάχιο

Scale : κλίμακα

Dividing heads : κεφαλές διαίρεσης

Rotary tables : περιστροφικοί πίνακες

Worm : σπείρωμα

Calibration : βαθμολόγηση

Advanced automated master angle calibration : προηγμένο αυτοματοποιημένο κύριο σύστημα βαθμολόγησης γωνίας

Amplification : ενίσχυση

Straightness : ευθύτητα

Flatness : επιπεδότητα

Perpendicularity : καθετότητα

Alignment telescope : τηλεσκόπιο ευθυγράμμισης

Pentaprism : οπτικό τετράγωνο

Jig borer : μηχανές μέτρησης κατασκευής προτύπων

Target : κάθοδος λυχνία ακτινών X

Diffraction grating : φράγμα περίθλασης

Cantilever : αρθρωτό

Digressions : παρεκκλίσεις

Profile : κατανομή

Specimen : δείγμα

Overshooting : ανύψωση

Waviness : διακύμανση

Datum plane : επίπεδο στοιχείων

Wedge : σφήνα

Curvilinear : καμπυλόγραμμο

Roundness : καμπυλότητα

Circular : κυκλικό

## 8 Βιβλιογραφία

*Handbook of Dimensional Measurement, Fourth Edition*  
Mark A. Curtis, Industrial Press, Inc. (March 2007)

*Handbook of Dimensional Measurement, Third Edition*  
Francis T. Farago, Mark A. Curtis, Industrial Press, Inc. Hardcover (Jan 1 1994)

*Dimensional Management: A Comprehensive Introduction ,*  
Mark A. Curtis, Industrial Press, Inc. 1<sup>st</sup> edition (June 15, 2002)

*Engineered Work Measurement, Fourth Edition*  
Delmar W. Karger and Franklin H. Bayha , Industrial Press, Inc. (January 1<sup>st</sup> , 1987)

*An Introduction to Measuration and Calibration*  
Paul Campbell, Industrial Press, Inc. (January 1 , 1995)

*Theory and Design for Mechanical Measurements,*  
Richard S. Figliola, Donald E. Beasley, Wiley (October 14 , 2005)

[www.eim.gr](http://www.eim.gr) (Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας)

*Fundamentals of Dimensional Metrology,*  
Roger H. Harlow, Connie Dotson, Richard Thompson, Thomson Delmar Learning;  
4<sup>th</sup> edition (August 15 , 2002)

*Inspection and Gaging,*  
Clifford Kennedy, Steven Bond, Edward Hoffman, Industrial Press, Inc.  
6<sup>th</sup> edition (January 1 , 1987)

*Computerized Maintenance Management Systems,*  
Terry Wireman, Industrial Press, Inc. 2<sup>nd</sup> edition (January 1 , 1994)

*Interpretation of Geometric Dimensioning and Tolerancing,*  
Daniel E. Puncoschar, Industrial Pr, 1<sup>st</sup> edition (February 1990)

*An Introduction to Measuration and Calibration,*  
Paul Campbell, Industrial Press, Inc. 1<sup>st</sup> ed edition (January 1 , 1995)

*The Metrology Handbook, Jay L. Bucher, ASQ Quality Press (April 2004)*

*Geometric Dimensioning and Tolerancing: Applications and inspections (2<sup>nd</sup> Edition), Gary K. Griffith, Prentice Hall, 2<sup>nd</sup> edition (May 31 , 2001)*

*Dimensioning and Tolerancing Handbook, Paul J. Drake, McGraw-Hill Professional, 1<sup>st</sup> edition (October 14, 1999)*

*Coordinate Measuring Machines and Systems (Manufacturing Engineering and Materials Processing) , Bosch, CRC, 1<sup>st</sup> edition (April 10, 1995)*