

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΜΑ: Ανάλυση και εφαρμογή του ποιοτικού ελέγχου με την χρήση συγκεκριμένης μεθοδολογίας, η οποία χρησιμοποιείται στην αεροναυπηγική τεχνολογία. Η διασφάλιση της ποιότητας από τρίτο ανεξάρτητο φορέα της κατασκευαστικής βιομηχανίας.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΑΝΩΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 4974)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΜΠΟΥΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην ανάλυση και εφαρμογή του ποιοτικού ελέγχου με την μεθοδολογία των γεωμετρικών ανοχών. Οι γεωμετρικές ανοχές χρησιμοποιούνται στην σημερινή σύγχρονη βιομηχανία για την επίτευξη προϊόντων υψηλής ποιότητας και για την ελαχιστοποίηση των μη συμμορφούμενων με τις προδιαγραφές προϊόντων με απότερο σκοπό την ελαχιστοποίηση των δαπανών μίας επιχείρησης. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιείται επι των πλήστων όταν το τελικό προϊόν είναι αποτέλεσμα της assembly (συναρμολόγησης) διαδικασίας.

Στην αρχή θα μελετηθεί τι είναι ποιότητα και θα γνωρίσουμε μερικά από τα βασικά στοιχεία της, θα αναλυθεί ο βασικός ρόλος που διαδραματίζει στις σύγχρονες επιχειρήσεις και τα εργαλεία που χρησιμοποιεί. Στην συνέχεια γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας των γεωμετρικών ανοχών και γίνεται μια παρουσίαση των CMM εργαλειομηχανών και των εργαλείων που χρησιμοποιούνται από τους μηχανικούς που διεξάγουν ποιοτικό έλεγχο. Στο τελευταίο κομμάτι της πτυχιακής είναι το φασεολόγιο που ακολουθήθηκε για την κατασκευή και τον έλεγχο ενός κομματιού που δημιουργήθηκε για της ανάγκες της πτυχιακής εργασίας, μέσα από το τμήμα μηχανολογίας με την μεθοδολογία των γεωμετρικών ανοχών και μετρήθηκε σε ειδική CMM μηχανή. Γίνεται ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν μετά από την μέτρηση στην CMM και γίνεται η τελική αποδοχή ή απόρριψη του κομματιού με γνώμονα τις μετρήσεις που πήραμε.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Καμπουρίδη Γεώργιο, Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας, την THALES Ελλάς για την πολύτιμη συμβολή της, τον σπουδαστή Λάμπρο Μπλαρόπουλο για την συμβολή του στο πειραματικό σκέλος της πτυχιακής, τον κύριο Ιορδάνη Αξακάλη από NAX MACHINING WORKS και τον κύριο Λάμπρο Νάση επιχειρηματικό σύμβουλο της Define Solutions LTD.

Αθανάσιος Μανώλης
Σεπτέμβρης 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Βασικά στοιχεία της ποιότητας	
1.1 Ορισμοί ποιοτικού ελέγχου.....	1
1.2 Εισαγωγή στο Internal audit.....	3
1.3 ISO 14001.....	7
1.4 3D Party quality inspection.....	8
1.5 ISO.....	9
1.6 Σύστημα διαχείρισης ποιότητας.....	13
1.7 Documentation requirements	14
1.8 Ευθύνη διαχείρισης	15
1.9 Διαχείριση πόρων.....	17
1.10 Υλοποίηση του προϊόντος.....	19
1.11 Μέτρηση, ανάλυση και βελτίωση.....	25
2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΟΧΕΣ	
2.1 Εισαγωγή κεφαλαίου.....	28
2.2 Διαστάσεις και ανοχές.....	32
2.3 Γεωμετρικές ανοχές.....	35
2.4 Σύμβολα, ορισμοί και κανόνες γεωμετρικών ανοχών	38
2.5 Καταστάσεις υλικού.....	40
2.6 Συμβολισμοί γεωμετρικών ανοχών.....	43
2.7 Σημεία αναφοράς Datum.....	51
2.8 Κανόνας 1 και κανόνας 2.....	55
2.9 Κανόνας 3-2-1.....	57
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΚΕΛΟΣ	
3.1 Εισαγωγή κεφαλαίου.....	58
3.2 Μετρητικές μηχανές συντεταγμένων.....	62
3.3 Φασεολογιο πειραματικού σκέλους πτυχιακής.....	67
3.4 Ανάλυση του report της CMM μηχανής.....	80
3.5 Συμπεράσματα Quality controler.....	81

Βιβλιογραφία

Βασικά στοιχεία της ποιότητας

Εισαγωγή κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η εισαγωγή στην βασική ορολογία του ποιοτικού ελέγχου που είναι απαραίτητη έτσι ώστε να μπορούμε στο γενικό κλίμα του ποιοτικού ελέγχου, στην συνέχεια θα αναλυθεί η διαδικασία του internal audit (εσωτερικός έλεγχος) που είναι μια από τις βασικές διαδικασίες του ISO 9001, θα γίνει αναφορά στο Third party quality inspection (Έλεγχος ποιότητας από τρίτο πρόσωπο) και στο τέλος θα αναλυθούν τα βασικά στοιχεία του ISO 9001 που πρέπει να πληρή ένας οργανισμός για να συμβαδίζει με το πρότυπο αυτό.

1.1 Ορισμοί ποιοτικού ελέγχου

Quality (Ποιότητα): Η ποιότητα για τις κατασκευές είναι, το μέτρο της αριστείας ή μια κατάσταση που είναι απαλλαγμένη από ελαττώματα, ελλείψεις, και σημαντικές διαφορές, που επέφερε η αυστηρή και συνεπή τήρηση των προτύπων για την επίτευξη της ομοιομορφίας της παραγωγής που πρέπει να πληρή συγκεκριμένες απαιτήσεις των πελατών ή χρηστών. Το ISO 8402-1986 πρότυπο ορίζει την ποιότητα ως "το σύνολο των γνωρισμάτων και χαρακτηριστικών ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας που έχει την ικανότητά να ικανοποιεί εκφρασθείσες ή μη ανάγκες."

Quality assurance (Διασφάλιση της ποιότητας): Συχνά χρησιμοποιείται εναλλακτικά για τον ποιοτικό έλεγχο (Quality control) που αυτό είναι κατά ένα μεγάλο κομμάτι λάθος διότι είναι μια ευρύτερη έννοια που καλύπτει όλες τις πολιτικές και συστηματικές δραστηριότητες που εφαρμόζονται μέσα σε ένα σύστημα ποιότητας. Το πλαίσιο της διασφάλισης ποιότητας περιλαμβάνει:

- 1) Τον προσδιορισμό των κατάλληλων τεχνικών απαιτήσεων των εισροών και εκροών
- 2) Την πιστοποίηση και αξιολόγηση των προμηθευτών
- 3) Τον έλεγχο των συμβατικών υλικών για τη συμμόρφωση τους με την καθορισμένη ποιότητα, τα πρότυπα απόδοσης, την ασφάλεια και την αξιοπιστία
- 4) Την σωστή παραλαβή, αποθήκευση, και το θέμα του υλικού
- 5) Τον έλεγχο της ποιοτικής διαδικασίας
- 6) Την αξιολόγηση της διαδικασίας που απαιτείται για τη δημιουργία διορθωτικών κινήσεων
- 7) Τον έλεγχο της τελικής παραγωγής για τη συμμόρφωση με α) την τεχνογνωσία, β) την αξιοπιστία, γ) την συντήρηση και δ) τις απαιτήσεις των επιδόσεων.

Quality control (Έλεγχος ποιότητας): Η κύρια άποψη της διαδικασίας του ελέγχου ποιότητας, αποτελείται από τις δραστηριότητες που χρησιμοποιούνται στην ανίχνευση και μέτρηση της διακύμανσης των χαρακτηριστικών της εξόδου που αναλογεί στο σύστημα της παραγωγής, και περιλαμβάνει τις διορθωτικές κινήσεις. Είναι η συνεχής προσπάθεια για να διατηρηθεί η ακεραιότητα της διαδικασίας έτσι ώστε να διατηρηθεί η αξιοπιστία για την επίτευξη ενός αποτελέσματος.

Quality system (Σύστημα ποιότητας): Το σύστημα ποιότητας συγκεντρωτικά είναι οι οργανωτικές δραστηριότητες, τα κίνητρα, τα σχέδια, οι πολιτικές, οι διαδικασίες, οι πόροι, οι αρμοδιότητες, και η υποδομή που απαιτείται για τη διαμόρφωση και την εφαρμογή μιας συνολικής διαχείρισης της ποιότητας (Total quality management) προσέγγισης.

Total quality management (Διοίκηση ολικής ποιότητας): Μια ολιστική προσέγγιση για την μακροπρόθεσμη επιτυχία που επιβλέπει στην συνεχή βελτίωση σε όλες τις πτυχές ενός οργανισμού, ως μια διαδικασία και όχι ως βραχυπρόθεσμο στόχο. Στόχος της είναι να μετατρέψει ριζικά την οργάνωση μέσω προοδευτικών αλλαγών στις συμπεριφορές, τις πρακτικές, τις δομές και τα συστήματα. Η διοίκηση ολικής ποιότητας υπερβαίνει την προσέγγιση της ποιότητας των προϊόντων, περιλαμβάνει τα πάντα στην οργάνωση, και καλύπτει κάθε λειτουργία της: Την διοίκηση, τις επικοινωνίες, τη διανομή, την κατασκευή, την εμπορία, τον σχεδιασμό, την κατάρτιση, κλπ. Επινοήθηκε από την US Naval Air Systems Command, στις αρχές της δεκαετίας του 1980, ο όρος πλέον περιλάβει πολλές σημασίες και περιλαμβάνει 1) Την δέσμευση και άμεση συμμετοχή του υψηλότερου επιπέδου των στελεχών στον καθορισμό των στόχων και την ποιότητα των πολιτικών, την κατανομή των πόρων, καθώς και την παρακολούθηση των αποτελεσμάτων, 2) Την συνειδητοποίηση ότι η μετατροπή ενός οργανισμού σημαίνει θεμελιώδεις αλλαγές στις βασικές πεποιθήσεις και πρακτικές και ότι αυτή η μεταμόρφωση είναι δουλειά του καθενός και όχι συγκεκριμένων προσώπων 3) Την κατασκευή της ποιότητας σε προϊόντα και πρακτικές από την αρχή 4) Την κατανόηση των μεταβαλλόμενων αναγκών των εσωτερικών και εξωτερικών πελατών, καθώς και των μετόχων, και την ικανοποίησή τους με οικονομικά αποδοτικό τρόπο 5) Την θέσπιση της ηγεσίας στη θέση της απλής εποπτείας, έτσι ώστε κάθε άτομο να εκτελεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο για τη βελτίωση της ποιότητας και της παραγωγικότητας, μειώνοντας συνεχώς το συνολικό κόστος 6) Την εξάλειψη των εμποδίων μεταξύ των ανθρώπων και υπηρεσιών έτσι ώστε να λειτουργούν ως ομάδες για να την επίτευξη των κοινών στόχων και 7) Την θέσπιση ευέλικτων προγραμμάτων για την κατάρτιση και την εκπαίδευση, καθώς και την παροχή ουσιαστικών μέτρων απόδοσης για την καθοδήγηση της αυτο-βελτίωσης των προσπαθειών όλων των εμπλεκόμενων.

Quality planning (Σχεδιασμός ποιότητας): Η συστηματική διαδικασία που μετατρέπει την πολιτική της ποιότητας σε μετρήσιμους στόχους και απαιτήσεις, και θεσπίζει μια σειρά από βήματα για την υλοποίησή τους εντός συγκεκριμένης προθεσμίας.

Total quality control (Ολικός έλεγχος ποιότητας): Είναι η εφαρμογή όλων των αρχών διαχείρισης ποιότητας σε όλους τους τομείς της επιχείρησης, από το σχεδιασμό μέχρι την παράδοση, αντί να περιοριστεί μόνο σε αυτές τις παραγωγικές δραστηριότητες. Διαδόθηκε από τις ΗΠΑ και ο πρωτοπόρος ήταν ο Armand Val Feigenbaum με το βιβλίο του (Total quality control)

Total quality environmental management (Συνολική ποιότητα της περιβαλλοντικής διαχείρισης): Είναι η εφαρμογή των αρχών διαχείρισης ποιότητας για τις πρακτικές πτυχές της παραγωγής και των διαδικασιών που επηρεάζουν την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Quality improvement (Βελτίωση της ποιότητας): Η βελτίωση της ποιότητας μπορεί να διακριθεί από αυτήν του ποιοτικού ελέγχου στο ότι η βελτίωση της ποιότητας είναι η σκόπιμη αλλαγή της διαδικασίας για τη βελτίωση της αξιοπιστίας για την επίτευξη ενός καλύτερου αποτελέσματος.

Internal audit (Εσωτερικός έλεγχος): Είναι μια περιοδική, ανεξάρτητη και τεκμηριωμένη εξέταση για τον έλεγχο των δραστηριοτήτων, αρχείων, διαδικασιών, καθώς και άλλων στοιχείων ενός συστήματος ποιότητας για να διαπιστώθει η συμμόρφωσή τους με τις απαιτήσεις του προτύπου ποιότητας όπως το ISO 9001. Οποιαδήποτε αποτυχία στη σωστή εφαρμογή τους μπορεί να δημοσιευτεί δημοσίως και μπορεί να οδηγήσει στην ανάκληση της πιστοποίησης της ποιότητας. Επίσης μπορεί να εμπονομαστεί conformity assessment (αξιολόγηση της συμμόρφωσης) ή quality system audit (έλεγχος του συστήματος της ποιότητας).

ISO 9001: Σχετίζεται με ελέγξιμα διεθνή πρότυπα που συμπληρώνουν τις κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση της ποιότητας και διασφάλισης της ποιότητας. Δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 1987 (και ανανεώνονται συνεχώς) από το διεθνή οργανισμό τυποποίησης (ISO), τα πρότυπα αυτά δεν είναι ειδικά για κάθε κλάδο ή προϊόν (αγαθού ή υπηρεσίας), αλλά έχουν σχεδόν καθολική εφαρμογή και αναγνωρισιμότητα. Παρόλο που ονομάζεται «εθελοντικά», είναι σχεδόν υποχρεωτικά για όλους σχεδόν τους κατασκευαστές και παρόχους υπηρεσιών έτσι ώστε να μπορούν να πωλούν σε πολυεθνικές ή μεγάλους κυβερνητικούς οργανισμούς. Για να απονεμηθεί πιστοποίηση, οι εργασίες μιας επιχείρησης και των εσωτερικών συστημάτων της θα πρέπει να ελεγχθούν από ανεξάρτητους (τρίτους) και διασπιστευμένους ελεγκτές (μετά από επί τόπου έλεγχο) οι οποίοι θα βεβαιώσουν την συμμόρφωση αυτών των προτύπων. Για να παραμείνει πιστοποιημένη η επιχείρηση πρέπει να συνεχίσει να περνάει από επί τόπου έλεγχο ο οποίος διενεργείται σε τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως κάθε δύο χρόνια). Εκτός από τα κέρδη της παραγωγικότητας, η πιστοποίηση ISO 9001 φέρνει την αναγνώριση και την αξιοπιστία ενός οικοδομήματος κατά το οποίο το σύστημα της διαχείρισης ολικής ποιότητας μπορεί να οικοδομηθεί.

1.2 Εισαγωγή στο Internal audit (Εσωτερικός Έλεγχος)

Ένας από τους ρόλους που έχει ο ποιοτικός έλεγχος μέσα σε μια εταιρία είναι να διεξάγει τον εσωτερικό έλεγχο μιας εταιρίας, δεν είναι μια από τις συνήθεις αρμοδιότητες του αλλά σε πρακτικό επίπεδο αυτό παρατηρείται στον κόσμο των επιχειρήσεων. Ο εσωτερικός έλεγχος της Thales Ελλάς Α.Ε. ανατέθηκε στον μηχανολόγο της εταιρίας και παρακολούθησα από αρκετά κοντά τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν. Ο εσωτερικός έλεγχος έγινε με αφορμή την ανανέωση του ISO 9001 που έγινε στις αρχές Σεπτεμβρίου. Κατά την διάρκεια της ανανέωσης του ISO 9001 ήρθαν εξωτερικοί συνεργάτες της εταιρίας που συνεργάζονται και πιστοποιούν την Thales Ελλάς Α.Ε. με ISO 9001 και διείργησαν γενικό έλεγχο στην εταιρία. Ως έννοια το internal audit διακρίνεται από το εύρος του και το υψηλό επίπεδο των

προσφερόμενων υπηρεσιών του. Μεγάλη έμφαση καταλογίζεται στην οπτική της στρατηγικής αξιολόγησής του, ως αποτελεσματικό μέσο εκπλήρωσης και επίτευξης των επιχειρησιακών στόχων. Σήμερα, ο ρόλος που καλείται να διαδραματίσει ένα αποτελεσματικό Σύστημα Εσωτερικού Έλεγχου είναι τόσο από την πλευρά της πρόληψης των ενδοεπιχειρησιακών παραλήψεων και ατασθαλιών, όσο και από την οπτική της ελαχιστοποίησης των δυσμενών επιδράσεων τους στην οικονομική μονάδα και στους περιβάλλοντες φορείς της.

Ορισμός εσωτερικού ελέγχου

Ο εσωτερικός έλεγχος (internal audit) αποτελεί ένα ιδιαίτερα δημοφιλές ερευνητικό πεδίο, το οποίο κεντρίζει το ενδιαφέρον ερευνητών και μελετητών τα τελευταία χρόνια. Η σημαντικότητά του επιβεβαιώνεται από το μεγάλο όγκο της σχετικής διεθνούς αρθρογραφίας και βιβλιογραφίας, ενώ η ένταση αναζήτησης ενός αξιόπιστου εννοιολογικού πλαισίου οδήγησε τους μελετητές στην υιοθέτηση ενός ικανού αριθμού εναλλακτικών προσεγγίσεων. Ενδεικτικό της σημασίας του για την επιβίωση και ανάπτυξη των οικονομικών μονάδων αποτελεί το πλήθος των ορισμών που του έχουν αποδοθεί από ερευνητές και μελετητές, παγκοσμίως. Από όλες τις εννοιολογικές προσεγγίσεις καθίσταται σαφές, ότι ο εσωτερικός έλεγχος δεν είναι ένα μονοδιάστατο εργαλείο ελέγχου της ορθότητας των καταστάσεων, αλλά αποτελεί συστατικό στοιχείο της εταιρικής διακυβέρνησης, διαδραματίζοντας έτσι κομβικό ρόλο στην αξιοπιστία των εκθέσεων - αναφορών των οικονομικών επιτελείων και παρέχει μοναδική υπηρεσία αποτελώντας προστιθέμενη αξία για την οικονομική μονάδα για την επίτευξη των δεικτών αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητά. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ένα υγιές Σύστημα Εσωτερικού Ελέγχου παρέχει στην οικονομική μονάδα τη διασφάλιση, ότι δεν θα εμποδιστεί στην επίτευξη των στρατηγικών και επιχειρησιακών της στόχων και γενικότερα, ο εσωτερικός έλεγχος είναι η αναγκαία λειτουργία του σύγχρονου «management», είναι ο σύμβουλος του σε όλα τα ιεραρχικά επίπεδα (Ελληνικό Ινστιτούτο Εσωτερικών Ελεγκτών, 2008).

Τι είναι ο εσωτερικός έλεγχος

Η Υπηρεσία Εσωτερικού Ελέγχου είναι μία ανεξάρτητη, αντικειμενική, διαβεβαιωτική και συμβουλευτική υπηρεσία, προς τη διοίκηση, η οποία είναι σχεδιασμένη να προσθέτει αξία στον οργανισμό καθώς και να βελτιώνει τις διαδικασίες και λειτουργίες του, που σκοπό έχει να αξιολογεί τακτικά το σύστημα εσωτερικού ελέγχου. Αν και παραδοσιακά ο έλεγχος επικεντρωνόταν στη διεκπεραίωση της εργασίας και βασιζόταν πρωτίστως σε χρηματοοικονομικές εκθέσεις, δεν είναι ικανός πλέον να αντιμετωπίσει σε βάθος τους κινδύνους που αντιμετωπίζουν σήμερα οι οργανισμοί. Μια προοδευτική μεθοδολογία ελέγχου βασίζεται στον συνδυασμό προληπτικών και κατασταλτικών ελέγχων, στη βελτίωση των διαδικασιών και στη συνεχή αποτίμηση των κινδύνων. Οφείλει να λαμβάνει υπόψη τις διαδικασίες που φανερώνουν τον τρόπο με τον οποίο ασκείται η διοίκηση του οργανισμού. Στην Ελλάδα η υπηρεσία βρίσκεται εφαρμογή σε οργανισμούς του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα, κυρίως στους υποχρεούμενους από το κανονιστικό πλαίσιο λειτουργίας των επιχειρήσεων (π.χ. εισηγμένες στο Χρηματιστήριο Αθηνών επιχειρήσεις), αλλά και κάποιους που αντιλαμβάνονται τα οφέλη που απορρέουν από την σύσταση, στελέχωση και

δραστηριοποίηση τμημάτων Εσωτερικού Ελέγχου (π.χ. τράπεζες και πολυεθνικές επιχειρήσεις). Αναλυτικά, οι βασικές λειτουργίες του εσωτερικού ελέγχου, μεταξύ άλλων είναι:

- Ρύθμιση σχέσεων και συναλλαγών με τρίτα πρόσωπα.
- Πιστοποίηση του τρόπου λειτουργίας της επιχείρησης και επαλίθευσης αρχικών στόχων.
- Αποτίμηση της απόδοσης της διοίκησης όλων των τμημάτων που εμπλέκονται με την παραγωγική διαδικασία.
- Συστηματική παρακολούθηση του του επιχειρηματικού κινδύνου.
- Αναγνώριση των επικερδών και των ζημιογόνων λειτουργιών και προσπάθεια μεταβολής αυτών που επιδέχονται βελτίωση.
- Αξιολόγηση της απόδοσης των επενδύσεων.
- Μέτρηση του λειτουργικού κόστους των επιμέρους τμημάτων.
- Καταπολέμηση της ανθρώπινης απάτης, κλοπής ή παραπλάνησης.
- Εξακρίβωση της επαρκούς στελέχωσης των τμημάτων και της κατάλληλης αξιοποίησης του προσωπικού.
- Εξασφάλιση της αξιοπιστίας των οικονομικών καταστάσεων και βιβλίων.
- Παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας, της διαδικασίας αγορών και των όρων πωλήσεων και αγορών.
- Διασφάλιση της καλής εξωτερικής εικόνας της επιχείρησης.
- Εξέταση και αξιολόγηση διαδικασιών και διεξαγωγή συμπερασμάτων, τα οποία απευθύνονται στην διοίκηση ώστε να διορθωθούν τυχόν αδυναμίες που εντοπίστηκαν.
- Εξασφάλιση της πληρότητας των χρηματοοικονομικών και λειτουργικών πληροφοριών και αναφορών.
- Εξακρίβωση ότι η επιχείρηση συμμορφώνεται με τους νόμους, τις συνθήκες, τις πολιτικές, τις διαδικασίες και τα χρηματοοικονομικά όργανα.

Για να χαρακτηριστεί ένα σύστημα εσωτερικού ελέγχου ως αποτελεσματικό θα πρέπει να πληροί τα εξής κριτήρια:

- **Ανεξαρτησία:** Η ανεξαρτησία είναι πρωταρχικό στοιχείο κατά την διενέργεια του εσωτερικού ελέγχου, αν και ο εσωτερικός ελεγκτής δεν δύναται να είναι τόσο ανεξάρτητος όσο ένας εξωτερικός ελεγκτής, που εκφράζει απόψεις προερχόμενες από τα αποτελέσματα του ελέγχου. Επιπλέον, το τμήμα του εσωτερικού ελέγχου δεν θα πρέπει να βρίσκεται κάτω από την ίδια διεύθυνση με κανένα άλλο τμήμα.

- **Υπευθυνότητα:** Η υπευθυνότητα δηλώνει ικανότητα οργάνωσης και αποτελεσματικότητα κατά την επίλυση προβλημάτων. Για να καταστεί αυτό δυνατό απαιτείται να προηγηθεί διαχωρισμός μεταξύ του οργάνου ελέγχου και διενέργειας του ελέγχου.
- **Αποδοτικότητα:** Η δημιουργία ενός τμήματος εσωτερικού ελέγχου αποσκοπεί στην παραγωγή άμεσου ή έμμεσου κέρδους για την επιχείρηση. Για τον λόγο αυτό η εταιρία θα πρέπει να επικεντρωθεί στη βελτίωση της διοίκησης και αποφυγής σφαλμάτων.

Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται από το Τμήμα Εσωτερικού Ελέγχου δεν πρέπει να περιορίζονται στον παραδοσιακό οικονομικό έλεγχο, δηλαδή έλεγχο επί των οικονομικών καταστάσεων και μόνο, αντιθέτως να κινούνται σε ένα ευρύτερο πεδίο εφαρμογής (π.χ. έλεγχοι παραγωγής, διοικητικοί έλεγχοι, λειτουργικοί έλεγχοι κ.λπ.) καλύπτοντας έτσι όλες τις λειτουργίες του οργανισμού. Απώτερος σκοπός της αξιολόγησης των διαδικασιών είναι η αναγνώριση της πιθανής ανεπαρκούς λειτουργίας των σημείων ελέγχου ή των δυνατοτήτων βελτίωσής τους και η παροχή εισήγησης προς τη διοίκηση του οργανισμού για βελτίωση αυτών των διαδικασιών. Με αυτό τον τρόπο η εργασία του εσωτερικού ελεγκτή προσθέτει αξία και θωρακίζει έτσι την αποτελεσματικότητα του οργανισμού στην επίτευξη των στόχων του. Εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς, ότι ανάλογα με την φύση και τις δραστηριότητες του οργανισμού που καλείται να υπηρετήσει ο υποψήφιος εσωτερικός ελεγκτής, θα πρέπει να διαθέτει και τα κατάλληλα προσόντα, δεξιότητες και εμπειρίες.

Προφίλ εσωτερικού ελεγκτή

Τα στελέχη μιας σύγχρονης δραστηριότητας Εσωτερικού Ελέγχου, μπορεί και επιβάλλεται να έχουν διαφορετικό ακαδημαϊκό και επαγγελματικό υπόβαθρο, λόγω των διαφορετικών δραστηριοτήτων και διαδικασιών που ελέγχουν στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων τους. Έτσι, μία υπηρεσία Εσωτερικού Ελέγχου μπορεί να απαρτίζεται από Οικονομολόγους, Λογιστές, Μηχανικούς, Τεχνικούς Πληροφοριακών Συστημάτων, κ.λπ. Τα άτομα που εργάζονται ως εσωτερικοί ελεγκτές θα πρέπει να έχουν γνώσεις πάνω σε μεγάλη ποικιλία θεμάτων, ανώτατη μόρφωση και σημαντική εργασιακή εμπειρία. Οι εσωτερικοί ελεγκτές πρέπει να συλλέγουν, να αναλύουν προσεκτικά ποικίλες πληροφορίες καθώς και να ενδυναμώνουν την ποιότητα των ελέγχων και των αξιολογήσεων με στόχο να αυξήσουν την ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών. Επειδή όμως δεν έχουν όλες οι εταιρείες την δυνατότητα επαρκούς στελέχωσης τμημάτων εσωτερικού ελέγχου, κυρίως λόγω περιορισμένου προϋπολογισμού, αρκετές φορές αναγκάζονται να τα στελεχώσουν με 1-2 άτομα μόνο, και όπου απαιτείται λαμβάνουν βοήθεια από εμπειρογνώμονες. Έχει άλλωστε αποδειχθεί και στην πράξη ότι οι συνεργασίες τμημάτων εσωτερικού ελέγχου με εξωτερικούς συμβούλους που παρέχουν υπηρεσίες εσωτερικού ελέγχου (co-sourcing) επιφέρει θετικά αποτελέσματα και για τα δύο μέρη, αλλά κυρίως για τον οργανισμό που υπηρετούν.

Ο εσωτερικός έλεγχος στις καινοτόμες επιχειρήσεις δείχνει ότι θα αναπτύσσεται συνεχώς και θα προσαρμοστεί πλήρως στο συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Θα παρέχει τις υπηρεσίες και θα ικανοποιεί τις προσδοκίες της ανώτατης ηγεσίας και των λειτουργικών σημείων μιας επιχείρησης, θα συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της εταιρικής διοίκησης, θα αναπτύσσει νέες στρατηγικές και θα αυξήσει τα οικονομικά οφέλη. Εξαιτίας των σημαντικών ευθυνών, ο εσωτερικός έλεγχος θα πρέπει να αναδιαμορφώνει συνεχώς την οργανωσιακή του δομή καθώς και τη στελέχωσή του.

1.3 ISO 14001

Όλο και περισσότερες επιχειρήσεις κοιτούν θετικά προς την κατεύθυνση της περιβαλλοντικής διαχείρισης. Εδώ παραθέτονται συνοπτικά οι λόγοι για τους οποίους μπορεί η περιβαλλοντική πιστοποίηση να είναι κατάλληλη και χρήσιμη στην εταιρεία σας. Επίσης περιλαμβάνει και στοιχεία σε σχέση με το που μπορούν να βρεθούν περισσότερες πληροφορίες. Το ISO 14001 είναι διεθνώς αναγνωρισμένο πρότυπο για την περιβαλλοντική διαχείριση για τις επιχειρήσεις. Παρέχει οδηγίες και απαιτούμενα σημεία ελέγχων που πρέπει να εφαρμόζονται στις δραστηριότητες εκείνες που έχουν επίδραση στο περιβάλλον. Τέτοιες δραστηριότητες είναι εκείνες όπως η χρήση φυσικών πόρων (π.χ. νερό κτλ), χειρισμός και διάθεση των απορριμμάτων, και κατανάλωση ενέργειας. Όπως όλα τα διεθνή πρότυπα έτσι και το ISO 14001 έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εφαρμόζεται για την διαχείριση περιβάλλοντος των επιχειρήσεων σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου.

Ωφέλειες που προκύπτουν από την εφαρμογή του ISO 14001

Η εφαρμογή ενός Συστήματος Διαχείρισης Περιβάλλοντος παρέχει ένα σύστημα εντοπισμού, αξιολόγησης και ελέγχου των ενεργειών του οργανισμού που έχουν επίδραση και αντίκτυπο στο περιβάλλον. Μέσω της εφαρμογής του συστήματος μπορεί να επιτευχθεί μείωση του λειτουργικού κόστους της επιχείρησης από την αύξηση της αποδοτικότητας και παραγωγικότητας. Αυτό με την σειρά του επιτυγχάνεται με τον εντοπισμό τρόπων για την δραστική μείωση των υπολειμμάτων και απορριμμάτων, την αποδοτική διάθεση αυτών, και μέσα από την μάθηση του πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά η ενέργεια και η εξοικονόμηση της. Επίσης, το πρότυπο απαιτεί την επιβεβαίωση του εντοπισμού και συμμόρφωσης της επιχείρησης με την εφαρμοζόμενη νομοθεσία γεγονός που συντελεί στην μείωση των πιθανοτήτων μίας εσφαλμένης περιβαλλοντικής ενέργειας (και πιθανά προσθήματα) από άγνοια. Μέσα από τα πλεονεκτήματα μείωσης του λειτουργικού ρίσκου, γίνεται και πιο προσιτή η ασφάλιση (και τα ασφάλιστρα) της επιχείρησης.

Τέλος, η εφαρμογή του προτύπου και η πιστοποίηση του οργανισμού παρέχει εμπιστοσύνη στους περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένους φορείς, πελάτες και εργαζομένους, γεγονός που αναμφίβολα βελτιώνει πολύ την εικόνα της επιχείρησης. Η βελτιωμένη εικόνα της επιχείρησης μπορεί να ανοίξει νέες αγορές και να αυξήσει τις πωλήσεις.

Πως ξεκινά η εφαρμογή του ISO 14001 και τι εμπλέκεται

Στην αρχή θα πρέπει να αποτιμήθουν και να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις που έχουν οι διεργασίες και λειτουργίες του οργανισμού στο περιβάλλον. Κατόπιν θα πρέπει να τεθούν προτεραιότητες στους τρόπους με τους οποίους μπορούν να περιοριστούν και να μειωθούν οι επιπτώσεις αυτές. Μετά θα πρέπει να οριστεί η έκταση που πρέπει να δωθεί στο σύστημα διαχείρισης περιβάλλοντος (καθώς και τα όρια του) και να τεκμηριωθούν οι διαδικασίες για την εφαρμογή των απαιτήσεων του προτύπου ISO 14001. Θα πρέπει να εξασφαλιστεί

καταρχήν η σωστή εφαρμογή των διαδικασιών αυτών και μετά την επιθεώρησή τους με εσωτερικούς ελέγχους . Σε περίπτωση που εφαρμόζετε και σύστημα κατά ISO 9001, τότε πολλές από τις απαιτήσεις του προτύπου ISO 14001 ή θα ικανοποιούνται ήδη ή θα είναι πολύ εύκολη η ολοκλήρωσή τους. Όταν το σύστημα αναπτυχθεί και εφαρμοστεί τότε θα χρειαστεί να πραγματοποιούνται εσωτερικές επιθεωρήσεις ώστε να διασφαλιστεί η συνεχής τήρηση και συνέχειά του. Η εισήγηση στόχων που απαιτεί η πολιτική του περιβάλλοντος και η δέσμευση για συνεχή βελτιστοποίηση διασφαλίζουν με την σειρά τους την λειτουργία και τήρηση του συστήματος.

1.4 3D Party quality inspection (Επιθεωρήσεις ποιότητας από τρίτο πρόσωπο)

Όταν η ποιότητα είναι απαραίτητη για τα προϊόντα, υλικά ή διαδικασίες που είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια της ζωής τότε είναι πολύ σημαντικό να διασφαλιστεί. Η κακή ποιότητα θα μπορούσε να κοστίσει ζωές. Η ποιότητα είναι επίσης σημαντική για την αποτελεσματικότητα της παραγωγής και την ποιότητα των projects (προγραμμάτων). Η κακή ποιότητα μπορεί να καθυστερήσει την παράδοση των projects, και μπορεί να κοστίσει χρήματα, χρόνο και στην φήμη της επιχείρησης που αυτό μπορεί να κοστίσει στις μελλοντικές πωλήσεις και πιθανότατα να οδηγήσει ακόμη και σε δικαστικές διαμάχες. Ο ρόλος της επιθεώρησης αξιώνει ότι ένα προϊόν ή μια υπηρεσία που ικανοποιεί τις ανάγκες της ποιότητας δεν είναι πάντα αρκετή. Συχνά οι εταιρίες οι οποίες αγοράζουν προϊόντα και υλικά απαιτούν από τους προμηθευτές τους να υποβάλουν το σύστημα ποιότητας τους σε συνεχιζόμενες επιθεωρήσεις από έναν ανεξάρτητο ποιοτικό φορέα. Περισσότεροι λόγοι που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε επιθεώρηση από έναν ανεξάρτητο φορέα, ακόμα και αν αυτό δεν υπάγεται στις απαιτήσεις που έχουν θεσπιστεί για μια επιχείρηση είναι για να διασφαλίσει τους πελάτες για την δέσμευσή της για την ποιότητα που προσφέρει, η οποία μπορεί να παρέχει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στον τομέα της βιομηχανίας. Φυσικά, ακόμη και ο ανεξάρτητος φορέας πρέπει να είναι διαπιστευμένος για να δείξει ότι οι υπηρεσίες επιθεώρησης ανταποκρίνονται σε ένα διεθνές πρότυπο όπως το ISO / IEC 17020, «Γενικά κριτήρια για τη λειτουργία των διαφόρων τύπων των φορέων που διενεργούν επιθεωρήσεις.». Οι ανεξάρτητοι φορείς πρέπει να λειτουργούν κάτω από αυστηρές πολιτικές για να διασφαλίσουν το απόρρητο του πελάτη. Όλες οι πληροφορίες του ιδιοκτήτη πρέπει να τηρούνται με την αυστηρότερη δυνατή εχεμύθεια. Η επιχείρηση που θα δεχτεί τους επιθεωρητές πρέπει να προετοιμάσει ένα εγχειρίδιο για την ποιότητα και να καθορίσει τις διαδικασίες ποιότητας της, όπως απαιτείται, επίσης θα πρέπει να εκπαιδεύσει το προσωπικό και να ενημερώσει τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται. Πρέπει να επίδειξη την ιχνηλασιμότητα των διαδικασιών και των υλικών. Ο ανεξάρτητος φορέας επιθεώρησης επικοινωνεί με τον οργανισμό ή την επιχείρηση με τον οποίο συνεργάζεται μια επιχείρηση για να επικυρώσει τη συνεχή δέσμευση της επιχείρησης στα υψηλά στάνταρ ποιοτικού ελέγχου που έχουν θεσπιστεί και τους διαβεβαιώνει για τη συνεχή βελτίωση της ποιοτικής διαδικασίας, των προϊόντων και των υλικών. Μετά από πολλούς ελέγχους, οι μη συμμορφώσεις συνήθως γίνονται σπάνιες, αυτή η βελτίωση της διαδικασίας είναι πιθανόν να βελτιώσει τις σχέσεις με τον πελάτη λόγω των μειώσεων στις επιστροφές προϊόντων, τα παράπονα και τα rework (εκ νέου εργασία).

1.5 ISO (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης)

Είναι μια διεθνής οργάνωση δημιουργίας και έκδοσης προτύπων που αποτελείται από αντιπροσώπους των εθνικών οργανισμών τυποποίησης. Ο οργανισμός ιδρύθηκε στις 23 Φεβρουαρίου του 1947 και παράγει τα παγκόσμια βιομηχανικά και εμπορικά πρότυπα, τα επονομαζόμενα πρότυπα ISO. Ενώ ο διεθνής οργανισμός τυποποίησης ορίζεται από τον ίδιο ως μη κυβερνητική οργάνωση, η ικανότητα του να θέτει πρότυπα τα οποία αργότερα κυβερνήσεις αποφασίζουν πως πρέπει να τηρούνται δια νόμων ή συνθηκών, τον καθιστά πιο ισχυρό από άλλες μη κυβερνητικές οργανώσεις και στην πράξη λειτουργεί σαν μια κοινοπραξία με ισχυρούς συνδέσμους με κυβερνήσεις. Μεταξύ αυτών που συμμετέχουν στον ISO, συγκαταλέγονται μεγάλες εταιρίες και τουλάχιστον ένα σωματείο προτυποποίησης από κάθε κράτος μέλος. Το έργο της προετοιμασίας των Διεθνών προτύπων γίνεται συνήθως μέσα από τις ISO τεχνικές επιτροπές. Κάθε οργανισμός - μέλος που ενδιαφέρεται για ένα θέμα για το οποίο μια τεχνική επιτροπή έχει καθιερωθεί, έχει το δικαίωμα να εκπροσωπείται στην επιτροπή αυτή. Διεθνείς οργανισμοί, κυβερνητικοί ή μη κυβερνητικοί οργανισμοί, οι οποίοι συνεργάζονται με το ISO, μπορούν να συμπεριληφθούν επίσης στο έργο δημιουργίας ενός ISO. Το κύριο έργο των τεχνικών επιτροπών είναι να προετοιμάσει τα Διεθνή πρότυπα. Για την επικύρωση ενός νομοσχέδιου Διεθνών προτύπων που έχει εγκριθεί από τις τεχνικές επιτροπές και έχουν διανεμηθεί στα μέλη των οργάνων για την ψηφοφορία. Χρειάζεται η έγκριση του 75% των μελών των οργάνων για την δημοσίευση του ως Διεθνούς προτύπου. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης συνεργάζεται στενά με την Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (International Electrotechnical Commission, IEC), η οποία είναι υπεύθυνη για την προτυποποίηση των ηλεκτρικών συσκευών. Για να αντιμετωπιστούν οι συνέπειες των ουσιαστικών αλληλοεπικαλύψεων σε θέματα προτυποποίησης και εργασίας σχετικά με την τεχνολογία της πληροφορίας, ο ISO και η Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) δημιούργησαν μία κοινή τεχνική επιτροπή γνωστή σαν ISO/IEC Κοινή Τεχνική Επιτροπή 1 (ISO/IEC Joint Technical Committee 1 - ISO/IEC JTC1). Ήταν η πρώτη επιτροπή τέτοιου είδους και ως σήμερα παραμένει η μόνη.

Συστήματα διαχείρισης ποιότητας - απαιτήσεις

Το ISO 9001 προσδιορίζει τις απαιτήσεις για ένα σύστημα διαχείρισης της ποιότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εσωτερική εφαρμογή από οργανισμούς, ή για την πιστοποίηση, ή για συμβατικούς σκοπούς. Επικεντρώνεται στην αποτελεσματικότητα της ποιότητας συστημάτων διαχείρισης και στην ικανοποίηση των απαιτήσεων των πελατών. Αυτό το Διεθνές Πρότυπο δεν περιλαμβάνει ειδικές απαιτήσεις για άλλα συστήματα διαχείρισης, όπως εκείνα για την περιβαλλοντική διαχείριση, διαχείριση της υγείας και ασφάλειας, της οικονομικής διαχείρισης ή διαχείρισης του επιχειρηματικού κινδύνου. Ωστόσο, αυτό το Διεθνές Πρότυπο επιτρέπει σε έναν οργανισμό την ευθυγράμμιση ή ενσωμάτωση του δικού της συστήματος διαχείρισης της ποιότητας με τις σχετικές απαιτήσεις του συστήματος διαχείρισης. Είναι δυνατόν για μια οργάνωση να προσαρμόσει τα υπάρχουσα συστήματα διαχείρισης της, προκειμένου να καθιερωθεί ένα σύστημα διαχείρισης ποιότητας που να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις αυτού του Διεθνούς προτύπου. Η δημιουργία του ISO 9001:2008 αντικαθιστά το ISO 9001:2000 το οποίο και αποσύρεται. Η συμμετοχή του Ηνωμένου Βασιλείου στο πλαίσιο της προετοιμασίας ανατέθηκε στην τεχνική Επιτροπή ISO/TC 176, της οποίας ο τομέας είναι η διαχείριση της ποιότητας και των διαδικασιών διασφάλισης της ποιότητας. Αυτή η επιτροπή εκπροσωπείται από 83 συμμετέχοντες χώρες και 24 χώρες παρατηρητές. Η έκδοση του ISO 9001:2008 δεν περιλαμβάνει όλες τις αναγκαίες διατάξεις μίας σύμβασης που είναι απαραίτητες για μία επιχείρηση. Οι χρήστες είναι υπεύθυνοι για την ορθή εφαρμογή της. Αυτό το Ευρωπαϊκό Πρότυπο εγκρίθηκε από τη CEN (COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION) στις 8 Νοεμβρίου 2008. Η CEN η οποία είναι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης αποτελείται από τα μέλη της τα οποία είναι οι Εθνικοί οργανισμοί τυποποίησης Αυστρίας, Βέλγιο, Βουλγαρία, Κύπρος, Τσεχική Δημοκρατία, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ισλανδία,

Ιρλανδία, Ιταλία, Λετονία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μάλτα, Ολλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία και Ηνωμένο Βασίλειο. Αυτό το Ευρωπαϊκό πρότυπο υπάρχει σε τρεις επίσημες εκδόσεις (αγγλικά, γαλλικά, γερμανικά). Σύμφωνα με τους εσωτερικούς κανονισμούς της CEN, οι εθνικοί οργανισμοί τυποποίησης των χωρών της CEN δεσμεύονται να εφαρμόσουν το παρόν ευρωπαϊκό πρότυπο.

Τι περιλαμβάνει το ISO 9001:2008

Η υιοθέτηση ενός συστήματος διαχείρισης της ποιότητας θα πρέπει να είναι μια στρατηγική απόφαση του οργανισμού. Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας ενός οργανισμού επηρεάζεται από:

- α) Από το οργανωτικό του περιβάλλον, οι αλλαγές στο περιβάλλον αυτό, και οι κίνδυνοι που συνδέονται με αυτό το περιβάλλον
- β) Τις μεταβαλλόμενες ανάγκες του
- γ) Τούς συγκεκριμένους στόχους του
- δ) Τα προϊόντα που παρέχει
- ε) Τις διαδικασίες που έχει υιοθετήσει
- στ) Το μέγεθος του και οργανωτική δομή.

Προσέγγιση της διαδικασίας

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο προάγει την υιοθέτηση μιας προσέγγισης της διαδικασίας κατά την ανάπτυξη, εφαρμογή και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας, για την ενίσχυση της ικανοποίησης των πελατών με την ικανοποίηση των απαιτήσεων του πελάτη. Για έναν οργανισμό για να λειτουργήσει αποτελεσματικά, πρέπει να προσδιορίσει και να διαχειρίσκει πολυάριθμες δραστηριότητες που συνδέονται. Μια διαδικασία ή το σύνολο των διαδικασιών που χρησιμοποιούν πόρους και την διαχείριση τους με μία προκαθορισμένη σειρά προκειμένου να καταστεί δυνατή η μετατροπή των εισροών σε εκροές, μπορεί να θεωρηθεί και ως μια διαδικασία.

Συχνά η έξοδος από μία διαδικασία αποτελεί άμεσα την είσοδο στην επόμενη. Η εφαρμογή του συστήματος των διαδικασιών στο πλαίσιο ενός οργανισμού, μαζί με τα αναγνωριστικά και τις αλληλεπιδράσεις αυτών των διαδικασιών, και τη διαχείρισή τους έτσι ώστε να παράγουν το επιθυμητό αποτέλεσμα, μπορεί να αναφέρεται ως "διαδικασία προσέγγισης". Ένα πλεονέκτημα της προσέγγισης της διαδικασίας είναι ο συνεχής έλεγχος που παρέχει πάνω στο συνδυασμό των επιμέρους διαδικασιών καθώς και πάνω στην αλληλεπίδραση τους. Όταν χρησιμοποιείται μέσα σε ένα σύστημα διαχείρισης της ποιότητας, μια τέτοια διαδικασία δίνει έμφαση στην:

- α) Στην κατανόηση και την ικανοποίηση των προδιαγραφών
- β) Την ανάγκη να εξετάσει τις διαδικασίες όσον αφορά την προστιθέμενη αξία
- γ) Τη λήψη των αποτελεσμάτων, των επιδόσεων και της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας και
- δ) Τη συνεχή βελτίωση των διεργασιών με βάση ένα αντικειμενικό μέτρο

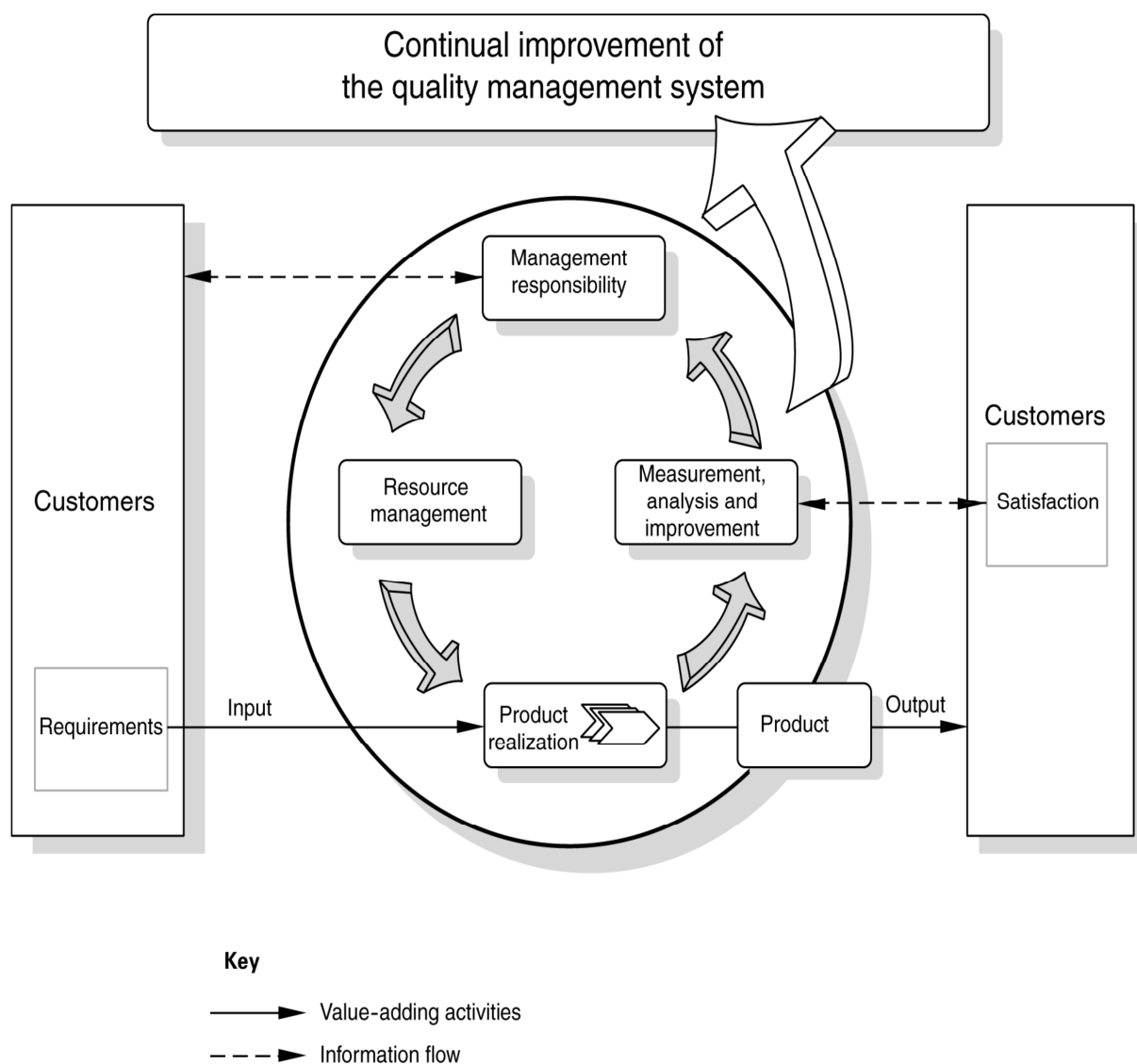
Το μοντέλο μιας διαδικασίας με βάση το σύστημα διαχείρισης ποιότητας φαίνεται στο **Σχήμα 1** που απεικονίζει τις διασυνδέσεις των διαδικασιών. Αυτή η εικόνα δείχνει ότι οι πελάτες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των προδιαγραφών ως εισροές. Η παρακολούθηση της ικανοποίησης των πελατών απαιτεί την αξιολόγηση των πληροφοριών σχετικά με την αντίληψη των πελατών ως προς το εάν η οργάνωση έχει εκπληρώσει τις απαιτήσεις του πελάτη. Το υπόδειγμα που παρατίθεται στο **Σχήμα 1** καλύπτει όλες τις απαιτήσεις αυτού του διεθνούς προτύπου, αλλά δεν δείχνει τις διαδικασίες σε ένα λεπτομερές επίπεδο. Η μεθοδολογία που είναι γνωστή ως «Plan – Do – Check - Act» (PDCA) μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις διεργασίες. Η PDCA μπορεί να περιγραφεί εν συντομία ως εξής:

Plan (Σχέδιο): Καθορίζει τους στόχους και τις διαδικασίες για να προκύψουν αποτελέσματα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πελάτη και την πολιτική της οργάνωσης.

Do (Εφαρμογή): Εφαρμογή των διαδικασιών.

Check (Έλεγχος): Την παρακολούθηση και μέτρηση των διαδικασιών και των προϊόντων κατά τις πολιτικές, τους στόχους και τις απαιτήσεις για το προϊόν και την έκθεση των αποτελεσμάτων.

Act (Πράξη): Η δράσεις για την συνεχή βελτίωση των επιδόσεων της διαδικασίας.



Σχήμα 1 : Μοντέλο μιας διαδικασίας με βάση το σύστημα διαχείρισης ποιότητας

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο καθορίζει τις απαιτήσεις για ένα σύστημα διαχείρισης ποιότητας, εφόσον μια οργάνωση

α) Πρέπει να αποδείξει την ικανότητά της να παρέχει με συνέπεια προϊόντα που ικανοποιούν τον πελάτη και εφαρμόζονται νομοθετικές και κανονιστικές απαιτήσεις και

β) Αποσκοπεί στη βελτίωση της ικανοποίησης των πελατών μέσω της αποτελεσματικής εφαρμογής του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών για τη συνεχή βελτίωση του συστήματος και τη διασφάλιση της συμμόρφωσης προς τους πελάτες και τις ισχύοντες νομοθετικές και κανονιστικές απαιτήσεις.

Όροι και ορισμοί

Όλες οι απαιτήσεις αυτού του Διεθνούς Προτύπου είναι γενικές και προορίζονται να εφαρμόζονται σε όλους τους οργανισμούς, ανεξάρτητα από τον τύπο, το μέγεθος και το προϊόν που παρέχουν. Για τους σκοπούς του παρόντος εγγράφου, εφαρμόζονται οι όροι και οι ορισμοί που περιλαμβάνονται στο ISO 9001. Σε όλο το κείμενο οπουδήποτε εμφανίζεται ο όρος "προϊόν", μπορεί επίσης να σημαίνει και "υπηρεσία".

1.6 Σύστημα διαχείρισης ποιότητας

Ο οργανισμός οφείλει να θεσπίζει, να τεκμηριώνει, να εφαρμόζει και να διατηρεί ένα σύστημα διαχείρισης ποιότητας και συνεχώς βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητά του, σύμφωνα με τις απαιτήσεις αυτού του Διεθνούς προτύπου. Ο οργανισμός οφείλει:

- α) Να καθορίζει τις διαδικασίες που απαιτούνται για το σύστημα διαχείρισης της ποιότητας και να επιβάλει την εφαρμογή τους σε όλο τον οργανισμό
 - β) Να καθορίζει την αλληλουχία και αλληλεπίδραση των διαδικασιών αυτών
 - γ) Να καθορίζει τα κριτήρια και τις μεθόδους που απαιτούνται για να εξασφαλιστεί ότι τόσο η λειτουργία όσο και ο έλεγχος αυτών των διαδικασιών είναι αποτελεσματικός
 - δ) Να εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα των πόρων και των απαραίτητων πληροφοριών που απαιτούνται για τη στήριξη της λειτουργίας και της παρακολούθηση αυτών των διαδικασιών
 - ε) Την παρακολούθηση, την μέτρηση όπου μπορεί να εφαρμοστεί, και να αναλύσει αυτές τις διαδικασίες
 - στ) Την υλοποίηση ενεργειών οι οποίες είναι απαραίτητες για την επίτευξη των προγραμματισμένων στόχων και τη συνεχή βελτίωση των διαδικασιών αυτών.
- Αυτές οι διαδικασίες θα πρέπει να διαχειρίζονται από τον οργανισμό.

Όταν ένας οργανισμός επιλέγει να αναθέσει οποιαδήποτε διαδικασία σε έναν εξωτερικό συνεργάτη τότε ο οργανισμός πρέπει να εξασφαλίζει τον έλεγχο αυτών των διαδικασιών έτσι ώστε η συμμόρφωση των προϊόντων να συμβαδίζει με τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί. Το είδος και η έκταση του ελέγχου που πρέπει να εφαρμόζεται σε αυτές τις εξωτερικές ανάθετημένες διαδικασίες θα πρέπει να ορίζονται στο πλαίσιο του συστήματος διαχείρισης ποιότητας.

Οι διαδικασίες που απαιτούνται από το σύστημα διαχείρισης της ποιότητας περιλαμβάνουν τη διαχείριση των δραστηριοτήτων, την παροχή πόρων, την υλοποίηση των προϊόντων, την μέτρηση, την ανάλυση και την βελτίωση.

Μια «εξωτερική αναθετημένη διαδικασία» είναι μια διαδικασία που ο οργανισμός χρειάζεται για το σύστημα διαχείρισης ποιότητας και την οποία ο οργανισμός επιλέγει να υλοποιηθεί από έναν εξωτερικό συνεργάτη.

Η διασφάλιση ποιοτικού ελέγχου από μια εξωτερική αναθετημένη διαδικασία δεν απαλλάσσει τον οργανισμό από την ευθύνη συμμόρφωσης προς τους πελάτες από τις νομοθετικές και ρυθμισμένες προδιαγραφές. Το είδος και η έκταση του ελέγχου που θα εφαρμοστεί σε μια εξωτερική ανάθετημένη διαδικασία μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως:

- α) Ο πιθανός αντίκτυπος της εξωτερικής ανάθετημένης διαδικασίας στην ικανότητα του οργανισμού να παρέχει προϊόντα που είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές
- β) Ο βαθμός στον οποίο ο έλεγχος της διαδικασίας γίνεται από κοινού με τον οργανισμό
- γ) Η δυνατότητα για την επίτευξη του αναγκαίου ελέγχου

1.7 Documentation requirements (Απαιτήσεις τεκμηρίωσης)

Τα έγγραφα του συστήματος ποιότητας πρέπει να περιλαμβάνουν

- α) Τεκμηριωμένες και έγγραφες δηλώσεις της πολιτικής ποιότητας και των ποιοτικών στόχων.
- β) Ένα εγχειρίδιο ποιότητας.
- γ) Τεκμηριωμένες διαδικασίες και αρχεία που απαιτούνται.
- δ) Έγγραφα, συμπεριλαμβανομένων των αρχείων, τα οποία είναι καθορισμένα από τον οργανισμό και τα οποία θεωρούνται αναγκαία για τη διασφάλιση ενός αποτελεσματικού σχεδιασμού.
- ε) Τη λειτουργία και τον έλεγχο των διαδικασιών του συστήματος ποιότητας.

Όταν εμφανίζεται ο όρος τεκμηριωμένη διαδικασία (documented procedure), αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία καθορίζεται, είναι τεκμηριωμένη, εφαρμόζεται και διατηρείται.

Ένα ενιαίο τεκμηριωμένο έγγραφο μπορεί να περιλαμβάνει τις απαιτήσεις για μία ή περισσότερες διαδικασίες. Η απαίτηση για μια τεκμηριωμένη διαδικασία μπορεί να καλύπτεται από περισσότερα από ένα έγγραφα. Η έκταση της διαχειριζόμενης τεκμηριωμένης διαδικασίας του συστήματος ποιότητας μπορεί να διαφέρει από τον ένα οργανισμό στον άλλο, λόγω

- α) Του μεγέθους της οργάνωσης και το είδος των δραστηριοτήτων
- β) Την πολυπλοκότητα των διαδικασιών και τις αλληλεπιδράσεις τους
- γ) Τα προσόντα του προσωπικού

Εγχειρίδιο ποιότητας

Ο οργανισμός πρέπει να καθιερώνει και να διατηρεί ένα εγχειρίδιο ποιότητας που να περιλαμβάνει

- α) Το πεδίο εφαρμογής του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας, καθώς και λεπτομέρειες και αιτιολογήσεις για τυχόν εξαιρέσεις.
- β) Τις τεκμηριωμένες διαδικασίες που έχουν θεσπιστεί για το σύστημα διαχείρισης της ποιότητας
- γ) Περιγραφή της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διεργασιών του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας.

Έλεγχος εγγράφων

Τα έγγραφα που απαιτούνται από το σύστημα διαχείρισης της ποιότητας πρέπει να ελέγχονται. Μια τεκμηριωμένη διαδικασία θα πρέπει να έχει θεσπιστεί προκειμένου να καθοριστούν οι έλεγχοι που απαιτούνται, αναλυτικότερα θα πρέπει:

- α) Να εγκρίνει τα έγγραφα για την καταλληλότητα τους πριν από την έκδοση
- β) Να επανεξετάζει και να ενημερώνει όποτε αυτό είναι απαραίτητο και να τα επανεγκρίνει
- γ) Να διασφαλίζει ότι οι αλλαγές και η τρέχουσα αναθεωρημένη κατάσταση των εγγράφων εντοπίζεται
- δ) Να διασφαλίζει ότι οι σχετικές εκδόσεις των εφαρμοστέων εγγράφων είναι διαθέσιμες στα σημεία χρήσης

- ε) Να εξασφαλίζουν ότι τα έγγραφα παραμένουν ευανάγνωστα και ευκόλως αναγνωρίσιμα
- στ) Να εξασφαλίσουν ότι τα έγγραφα εξωτερικής προέλευσης που θεωρούνται από τον οργανισμό αναγκαία για τον προγραμματισμό και τη λειτουργία του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας έχουν προσδιοριστεί και η διανομή τους ελέγχεται
- ζ) Να προλαμβάνεται η μη σκόπιμη χρήση των απαρχαιωμένων εγγράφων και να εφαρμόζεται η κατάλληλη αναγνωρισιμότητα αυτών που διατηρούνται για τον οποιοδήποτε λόγο.

Έλεγχος των αρχείων

Έγγραφα τα οποία παρέχουν αποδεικτικά στοιχεία για την συμμόρφωση ως προς τις απαιτήσεις και την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος διαχείρισης ποιότητας θα πρέπει να ελέγχονται. Ο οργανισμός πρέπει να καθιερώσει μια τεκμηριωμένη διαδικασία η οποία θα καθορίζει τους ελέγχους που απαιτούνται για την αναγνώριση, αποθήκευση, προστασία, ανάκτηση, τήρηση και διάθεση των αρχείων. Τα αρχεία θα πρέπει να παραμένουν ευανάγνωστα, ευκόλως αναγνωρίσιμα και ανακτήσιμα.

1.8 Ευθύνη διαχείρισης

Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να παρέχει αποδείξεις της δέσμευσής της για την ανάπτυξη και την εφαρμογή των συτημάτων διαχείρισης ποιότητας και πρέπει να αποβλέπει στην συνεχή βελτίωση της αποτελεσματικότητας μέσα από το ISO 9001:2008

- α) Επικοινωνία με τον οργανισμό για τη σημασία της επίτευξης των απαιτήσεων του πελάτη καθώς και νομοθετικών και ρυθμιστικών απαιτήσεων
- β) Για την ίδρυση μίας πολιτικής της ποιότητας
- γ) Για τη διασφάλιση ότι έχουν καθοριστεί στόχοι της ποιότητας
- δ) Για την διεξαγωγή επανεξέτασης της διαχείρισης
- ε) Για την εξασφάλιση της διαθεσιμότητας των πόρων.

Εστίαση στον πελάτη

Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να εξασφαλίζει ότι οι απαιτήσεις των πελατών καθορίζονται και ικανοποιούνται με σκοπό την ενίσχυση της ικανοποίησης του πελάτη.

Πολιτική ποιότητας

Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να διασφαλίσει ότι η πολιτική της ποιότητας

- α) Είναι κατάλληλη για το σκοπό της οργάνωσης
- β) Περιλαμβάνει δέσμευση για συμμόρφωση με τις απαιτήσεις και συνεχώς να αποβλέπει στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας
- γ) Παρέχει ένα πλαίσιο για τη θέσπιση και επανεξέταση των ποιοτικών στόχων
- δ) Κοινοποιείται και κατανοείται εντός του οργανισμού
- ε) Αναθεωρείται ετσι ώστε να υπάρχει μια συνεχιζόμενη καταλληλότητα.

Ποιοτικοί στόχοι

Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να διασφαλίσει τους στόχους της ποιότητας συμπεριλαμβανομένων εκείνων που απαιτούνται για την ανταπόκριση των απαιτήσεων του προϊόντος, καθορίζονται στις σχετικές λειτουργίες και επίπεδα εντός του οργανισμού. Οι στόχοι ποιότητας θα πρέπει να είναι μετρήσιμοι και συνεπείς με την πολιτική της ποιότητας.

Η διαχείριση της ποιότητας σχεδιασμού του συστήματος

Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να διασφαλίζει ότι:

- α) Ο σχεδιασμός του συστήματος διαχείρισης ποιότητας διεξάγεται προκειμένου να πληρούνται οι απαιτήσεις που έχουν θεσπιστεί για τις γενικές προδιαγραφές του οργανισμού καθώς και των ποιοτικών στόχων που έχουν θεσπιστεί για τον οργανισμό αυτόν.
- β) Η ακεραιότητα του συστήματος διαχείρισης ποιότητας, διατηρείται όταν αλλαγές σχεδιάζονται και υλοποιούνται σε αυτό.

Ευθύνες, αρμοδιότητες και επικοινωνία

Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να εξασφαλίζει ότι οι ευθύνες και οι αρχές έχουν οριστεί και ανακοινωθεί σε όλο το πλαίσιο ενός οργανισμού. Πρέπει να διορίζει ένα μέλος της διοίκησης του οργανισμού, ο οποίος ανεξαρτητα από άλλες ευθύνες θα πρέπει να έχει ευθύνη και αρμοδιότητες που θα περιλαμβάνουν:

- α) Τη διασφάλιση ότι οι διαδικασίες που απαιτούνται για την ποιότητα του συστήματος διαχείρισης έχουν θεσπιστεί, εφαρμόζονται και διατηρούνται.
- β) Δίνει αναφορά στην ανώτατη διοίκηση σχετικά για τις επιδόσεις του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας και αν χρειαστεί για την οποιαδήποτε βελτίωση του
- γ) Διασφαλίζει σε όλο τον οργανισμό την επίγνωση των αναγκών και απαιτήσεων του πελάτη.

Μέσα στις ευθύνες του αντιπροσώπου της διαχείρισης μπορεί να περιλαμβάνεται η συνεργασία με εξωτερικούς φορείς για θέματα που αφορούν το σύστημα διαχείρισης της ποιότητας.

Η εσωτερική επικοινωνία

Η ανώτατη διοίκηση πρέπει να διασφαλίσει ότι οι κατάλληλες διαδικασίες επικοινωνίας έχουν δημιουργηθεί εντός της οργάνωσης και ότι η επικοινωνία λαμβάνει χώρα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότητα του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας.

Επισκόπηση της Διοίκησης

Η ανώτατη διοίκηση θα επανεξετάσει το σύστημα ποιότητας του οργανισμού, ανά τακτά χρονικά διαστήματα διασφαλίζοντας την συνεχή του καταλληλότητα, επάρκεια και

αποτελεσματικότητα. Η επανεξέταση αυτή θα περιλαμβάνει την αξιολόγηση ευκαιριών βελτίωσης και την ανάγκη για τυχόν αλλαγές στο σύστημα διαχείρισης της ποιότητας, συμπεριλαμβανομένης της πολιτικής για την ποιότητα και τους ποιοτικούς στόχους. Έγγραφα από αυτές τις επισκοπήσεις θα πρέπει να διατηρούνται.

Ανασκόπηση δεδομένων

Η ανασκόπηση των δεδομένων για την επανεξέταση της διαχείρισης πρέπει να περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με

- α) Τα αποτελέσματα των ελέγχων
- β) Τα σχόλια των πελατών
- γ) Την απόδοση της διαδικασίας και τη συμμόρφωση των προϊόντων
- δ) Θέσεις για την πρόληψη και για τυχόν διορθωτικές ενέργειες
- ε) Επακόλουθες ενέργειες από προηγούμενες ανασκοπήσεις για την διοίκηση
- στ) Αλλαγές που θα μπορούσαν να επηρεάσουν το σύστημα διαχείρισης ποιότητας
- ζ) Συστάσεις για βελτίωση.

Ανασκόπηση εκροών

Η εκροές από την επανεξέταση της διαχείρισης της ποιότητας πρέπει να περιλαμβάνουν αποφάσεις και ενέργειες που συσχετίζονται με

- α) Την βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας και των διαδικασιών της
- β) Την βελτίωση των προϊόντων που συνδέονται με τις απαιτήσεις του πελάτη
- γ) Των πόρων που χρειάζεται.

1.9 Διαχείριση των πόρων

Ο οργανισμός πρέπει να καθορίζει και να παρέχει τους αναγκαίους πόρους:

- α) Εφαρμόζοντας και διατηρώντας το σύστημα διαχείρισης ποιότητας και βελτιώνοντας συνεχώς την αποτελεσματικότητά του
- β) Για την ενίσχυση της ικανοποίησης του πελάτη από την ικανοποίηση των απαιτήσεων του πελάτη

Ανθρώπινοι πόροι

Επειδή η συμμόρφωση ενός προϊόντος προς τις απαιτήσεις του πελάτη μπορεί να επηρεαστεί άμεσα ή έμμεσα από το προσωπικό που εκτελεί οποιαδήποτε καθήκοντα στο

πλαίσιο του συστήματος διαχείρισης ποιότητας, το προσωπικό θα πρέπει να έχει την κατάλληλη εκπαίδευση, κατάρτιση, δεξιότητες και εμπειρία.

Επάρκεια, εκπαίδευση και επίγνωση

Ο φορέας πρέπει:

- α) Να καθορίσει τις αρμοδιότητες που απαιτούνται για το προσωπικό που εκτελεί εργασίες που μπορούν να επηρεάσουν τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί για το προϊόν.
- β) Να παρέχει και να επιβλέπει την κατάρτιση των εργαζομένων ή να λάβει άλλα μέτρα για να επιτύχει την απαραίτητη κατάρτιση των εργαζομένων.
- γ) Να αξιολόγει την αποτελεσματικότητα των δράσεων που λαμβάνονται.
- δ) Να εξασφαλίζει ότι το προσωπικό έχει επίγνωση της σημασίας και της σπουδαιότητας των δραστηριοτήτων τους και πώς συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων της ποιότητας.
- ε) Να διατηρεί κατάλληλα αρχεία εκπαίδευσης, κατάρτισης, δεξιότητες και την εμπειρία που αποκομίζεται.

Υποδομή

Ο οργανισμός οφείλει να καθορίσει, να παρέχει και να διατηρήσει τις υποδομές που απαιτούνται για να επιτευχθεί η συμμόρφωση προς τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί για το προϊόν. Η υποδομή περιλαμβάνει

- α) Κτίρια, χώρους εργασίας
- β) Τον εξοπλισμό (hardware και software)
- γ) Τις υπηρεσίες υποστήριξης (όπως οι μεταφορές, οι επικοινωνίες ή συστήματα πληροφοριών).

Εργασιακό περιβάλλον

Ο όρος «περιβάλλον εργασίας» αφορά τις συνθήκες υπό τις οποίες εκτελείται κάποιο έργο συμπεριλαμβανομένων του "φυσικού περιβάλλοντος" αλλά και άλλων παραγόντων (όπως ο θόρυβος, θερμοκρασία, υγρασία, φωτισμός ή τις καιρικές συνθήκες). Ο οργανισμός πρέπει να καθορίζει και να διαχειρίζεται το περιβάλλον εργασίας που απαιτείται για να επιτευχθεί η συμμόρφωση του προϊόντος ως προς τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί.

1.10 Υλοποίηση του προϊόντος

Ο οργανισμός πρέπει να σχεδιάσει και να αναπτύξει τις διαδικασίες που απαιτούνται για την υλοποίηση του προϊόντος. Ο προγραμματισμός για την υλοποίηση του προϊόντος θα πρέπει να είναι σύμφωνος με τις απαιτήσεις των άλλων διαδικασιών του συστήματος

διαχείρισης ποιότητας. Κατά τον προγραμματισμό ο οργανισμός πρέπει να αποφασίσει για τα ακόλουθα:

- α) Τους στόχους και τις απαιτήσεις ποιότητας για το προϊόν
- β) Την ανάγκη καθιέρωσης διαδικασιών και εγγράφων, και να διατεθούν οι απαραίτητοι πόροι για το προϊόν
- γ) Την απαιτούμενη επαλήθευση, επικύρωση, επίβλεψη, μέτρηση, επιθεώρηση και δοκιμές για το προϊόν και τα κριτήρια για την αποδοχή του προϊόντος
- δ) Τα αρχεία που απαιτούνται για να προσκομίστουν ως αποδεικτικά στοιχεία ότι οι διαδικασίες υλοποίησης διαδικασίες των προϊόντων που προκύπτουν πληρούν τις απαιτήσεις

Οι εκροές αυτού του προγραμματισμού θα πρέπει να είναι σε μορφή κατάλληλη για τη μέθοδο της οργάνωσης των επιχειρήσεων. Ένα έγγραφο που προσδιορίζει τις διαδικασίες του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας (συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών της υλοποίησης του προϊόντος) και οι πόροι που απαιτούνται για ένα συγκεκριμένο προϊόν, έργο ή σύμβαση αναφέρονται συχνά ως σχέδιο για την ποιότητα (quality plan).

Διαδικασίες που συσχετίζονται με τους πελάτες

Ο οργανισμός οφείλει να καθορίσει:

- α) Τις απαιτήσεις που καθορίζονται από τον πελάτη, συμπεριλαμβανομένων των απαιτήσεων για την παράδοση και διαδικασίες μετά την παράδοση
- β) Απαιτήσεις οι οποίες δεν είναι δηλωμένες από τον πελάτη, αλλά είναι απαραίτητες για το συγκεκριμένο προϊόν ή τον προσδιορισμό του εφόσον είναι γνωστές
- γ) Θεσμικές και ρυθμιστικές απαιτήσεις που ισχύουν για το προϊόν
- δ) Κάθε επιπρόσθετη απαίτηση η οποία θεωρείται αναγκαία από τον οργανισμό

Ανασκόπηση των απαιτήσεων που σχετίζονται με το προϊόν

Ο οργανισμός πρέπει να ανασκοπεί τις απαιτήσεις που σχετίζονται με το προϊόν. Η επανεξέταση αυτή διεξάγεται πριν από την τη δέσμευση του οργανισμού για την προμήθεια ενός προϊόντος στον πελάτη (π.χ. υποβολή των προσφορών, την αποδοχή συμβάσεων ή παραγγελιών, αποδοχή αλλαγών στις συμβάσεις ή στις παραγγελίες) και εξασφαλίζει ότι:

- α) Ορίζονται απαιτήσεις για ένα προϊόν
- β) Διαφορές συμβάσεων ή απαιτήσεων παραγγελιών οι οποίες διαφέρουν από εκείνες που έχουν θεσπιστεί για τον προϊόν επιλύονται
- γ) Ο οργανισμός έχει την ικανότητα να ανταποκριθεί στις καθορισμένες προδιαγραφές.

Όταν ο πελάτης δεν παρέχει καμία τεκμηριωμένη απαίτηση, οι απαιτήσεις των πελατών επιβεβαιώνονται από τον οργανισμό πριν από την αποδοχή. Σε τυχόν περίπτωση που αλλάξουν οι απαιτήσεις του προϊόντος, ο φορέας διασφαλίζει ότι τα σχετικά έγγραφα θα τροποποιηθούν και ότι το σχετικό προσωπικό γνωρίζει τις νέες απαιτήσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως οι πωλήσεις μέσω διαδικτύου, μια επίσημη αναθεώρηση δεν είναι πρακτική για κάθε παραγγελία. Αντ' αυτού η επανεξέταση μπορεί να καλυφτεί με σχετικές πληροφορίες για το προϊόν όπως κατάλογοι ή διαφημιστικό υλικό.

Επικοινωνία με τον πελάτη

Ο οργανισμός πρέπει να προσδιορίσει και να εφαρμόσει αποτελεσματικές ρυθμίσεις για την επικοινωνία με τους πελάτες σε σχέση με:

- α) Πληροφορίες για το προϊόν
- β) Έρευνες, οι συμβάσεις ή χειρισμό παραγγελιών, συμπεριλαμβανομένων των τροποποιήσεων
- γ) Τα σχόλια των πελατών, συμπεριλαμβανομένων των παραπόνων των πελατών.

Σχεδιασμός και ανάπτυξη

Ο οργανισμός πρέπει να σχεδιάζει και να ελέγχει το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του προϊόντος. Κατά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη, ο οργανισμός αποφασίζει:

- α) Το σχεδιασμό και τα στάδια ανάπτυξης
- β) Την αναθεώρηση, την επαλήθευση και επικύρωση που αρμόζει κάθε φορά για τον κάθε σχεδιασμό και στάδιο ανάπτυξης
- γ) Τις αρμοδιότητες και τις αρχές για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη

Ο οργανισμός πρέπει να διαχειρίζεται τις επαφές μεταξύ των διαφόρων ομάδων που εμπλέκονται στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη, να διασφαλίζει την αποτελεσματική επικοινωνία και να καθορίζει με σαφήνεια τον καταμερισμό των ευθυνών. Ο σχεδιασμός και η αναθεώρηση της ανάπτυξης, επαλήθευσης και επικύρωσης έχουν διαφορετικούς σκοπούς. Μπορούν να διεξάγονται και να καταγράφονται ξεχωριστά ή σε οποιονδήποτε συνδυασμό, όπως ταιριάζουν για την οργάνωση και το προϊόν.

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των εισροών

Οι εισροές που σχετίζονται με τις απαιτήσεις του προϊόντος θα πρέπει να καθορίζονται και να αρχειοθετούνται. Αυτές οι εισροές θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

- α) Τις λειτουργικές απαιτήσεις και επιδόσεις
- β) Τις ισχύοντες νομοθετικές και ρυθμιστικές απαιτήσεις
- γ) Όπου αυτό είναι δυνατό να εφαρμοστεί, πληροφορίες που προέρχονται από προηγούμενα παρόμοια σχέδια
- δ) Άλλες απαιτήσεις που είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη

Οι εισροές πρέπει να αναθεωρούνται για την καταλληλότητα τους. Οι προδιαγραφές πρέπει να είναι πλήρης, σαφής και δεν πρέπει να έρχονται σε σύγκρουση η μια με την άλλη.

Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκροών

Τα αποτελέσματα των εκροών του σχεδιασμού και της ανάπτυξης πρέπει να είναι σε μορφή κατάλληλη για έλεγχο σε σχέση με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη των εισροών και

πρέπει να εγκριθούν πριν την απελευθέρωση και έναρξη του έργου. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των εκροών θα πρέπει:

- α) Να πληρούν τις προδιαγραφές εισόδου για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη
- β) Να παρέχουν τις κατάλληλες πληροφορίες για την παροχή προμηθειών, παραγωγής και υπηρεσιών
- γ) Να παρέχει κριτήρια αποδοχής του προϊόντος
- δ) Να καθορίζει τα χαρακτηριστικά του προϊόντος που είναι απαραίτητα για την ασφαλή και ορθή χρήση του

Σχεδιασμός και αξιολόγηση της ανάπτυξης

Σε κατάλληλα στάδια, πρέπει να γίνονται συστηματικές ανασκοπήσεις του σχεδιασμού και της ανάπτυξης. Ποιά συγκεκριμένα θα πρέπει:

- α) Να αξιολογείται η αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού και της ανάπτυξης για να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί
- β) Να εντοπίζονται τυχόν προβλήματα και να προτείνονται οι απαραίτητες ενέργειες για την αποφυγή τους

Οι συμμετέχοντες σε αυτές τις αξιολογήσεις θα πρέπει να περιλαμβάνουν τους εκπροσώπους των διαδικασιών που ασχολούνται με το σχεδιασμό και τα στάδια ανάπτυξης τα οποία βρίσκονται υπό αναθεώρηση. Τα αρχεία των αποτελεσμάτων των επιθεωρήσεων και των απαιτούμενων ενεργειών θα πρέπει να διατηρούνται.

Επαλήθευση σχεδιασμού και ανάπτυξης

Η επαλήθευση πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις προγραμματισμένες ρυθμίσεις για να διασφαλιστεί ότι ο σχεδιασμός και τα αποτελέσματα των εκροών έχουν ικανοποιήσει τις προδιαγραφές του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των εισροών. Έγγραφα τα οποία αναφέρουν τα αποτελέσματα της επαλήθευσης και όλα τα απαραίτητα μέτρα που πρέπει να ληφθούν πρέπει να διατηρούνται.

Αξιολόγηση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης

Η αξιολόγηση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με τις προγραμματισμένες ρυθμίσεις για να διασφαλίζεται ότι το προϊόν που προκύπτει πληροί τις προϋποθέσεις που έχουν θεσπιστεί για τη συγκεκριμένη λειτουργία ή προβλεπόμενη του χρήση εφόσον είναι γνωστή. Όπου είναι δυνατόν, η αξιολόγηση θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν από την παράδοση ή την εφαρμογή του προϊόντος. Αρχεία για τα αποτελέσματα της αξιολόγησης και όλων των απαιτούμενων μέτρων πρέπει να διατηρούνται.

Έλεγχος του σχεδιασμού και αναπτυξιακές αλλαγές

Αλλαγές στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη θα πρέπει να ταυτοποιούνται και αρχεία να διατηρούνται. Αυτές οι αλλαγές θα πρέπει να αναθεωρούνται, να επαληθεύονται, να επικυρώνονται και να εγκρίνονται πριν από την εφαρμογή τους. Η αναθεώρηση του

σχεδιασμού και της ανάπτυξης πρέπει να περιλαμβάνουν μια αξιολόγηση της επίδρασης των αλλαγών που έχουν γίνει στα επιμέρους στοιχεία του προϊόντος και στο τελικό προϊόν που έχει ήδη παραδοθεί. Αρχεία για τα αποτελέσματα των αλλαγών και ενεργειών που έχουν λάβει μέρος πρέπει να διατηρούνται.

Αγορές

Ο οργανισμός πρέπει να διασφαλίζει ότι το προϊόν που θα αγοραστεί από τον πελάτη συμμορφώνεται στις συγκεκριμένες προδιαγραφές που έχουν οριστεί για την αγορά του. Ο τύπος και η έκταση του ελέγχου που εφαρμόζεται για τον προμηθευτή και του τελικού προϊόντος εξαρτάται από την επίδραση του αγορασθέντος προϊόντος στην συνεχιζόμενη εκποίηση του προϊόντος ή στο τελικό προϊόν. Ο οργανισμός πρέπει να αξιολογεί και να επιλέγει τους προμηθευτές του με βάση την ικανότητά τους να παραδώσουν το προϊόν σύμφωνα με τις προδιαγραφές και απαιτήσεις του οργανισμού. Κριτήρια για την επιλογή, αξιολόγηση και επαναξιολόγηση πρέπει να καθιερωθούν. Τα αρχεία των αποτελεσμάτων των αξιολογήσεων και των απαιτούμενων ενεργειών που προκύπτουν από την αξιολόγηση θα πρέπει να διατηρούνται.

Αγορά πληροφοριών

Πολλές φορές θα χρειαστεί να αγοραστούν πληροφορίες που περιγράφουν το τελικό προϊόν, όπου αυτό κρίνεται χρήσιμο:

- α) Προδιαγραφές για την έγκριση των διαδικασιών του προϊόντος, για τις διεργασίες και τον εξοπλισμό.
- β) Προδιαγραφές για τα προσόντα του προσωπικού.
- γ) Προδιαγραφές του συστήματος διαχείρισης ποιότητας.

Ο οργανισμός πρέπει να διασφαλίζει την επάρκεια των καθορισμένων προδιαγραφών πριν από την επικοινωνία του με τους προμηθευτές.

Επαλήθευση του προϊόντος που αγοράζεται

Ο οργανισμός οφείλει να θεσπίσει και να εφαρμόσει την επιθεώρηση (inspection) ή άλλες δραστηριότητες οι οποίες απαιτούνται έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι τα αγορασθέντα προϊόντα πληρούν τις προκαθορισμένες απαιτήσεις. Όταν ο οργανισμός ή ο πελάτης του σκοπεύει να διεξάγει εξακρίβωση του ελέγχου που γίνεται στις εγκαταστάσεις του προμηθευτή, τότε ο οργανισμός πρέπει να αναφέρει τους προβλεπόμενους ελέγχους που διενεργεί και της μεθόδου της κυκλοφορίας του προϊόντος στην αγορά.

Παραγωγή και παροχή υπηρεσιών

Ο οργανισμός πρέπει να σχεδιάζει και να εκτελεί την παραγωγή και την παροχή υπηρεσιών κάτω από υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Οι ελεγχόμενες συνθήκες πρέπει να περιλαμβάνουν:

- α) Την διαθεσιμότητα των πληροφοριών που περιγράφει τα χαρακτηριστικά του προϊόντος
- β) Την διαθεσιμότητα των οδηγιών εργασίας
- γ) Την χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού
- δ) Την διαθεσιμότητα και χρήση των οργάνων παρακολούθησης και μέτρησης
- ε) Την εφαρμογή της παρακολούθησης και μέτρησης
- στ) Την εφαρμογή της κυκλοφορίας του προϊόντος, τις δραστηριότητες κατά την παράδοση και μετά την παράδοση.

Επικύρωση των διεργασιών παραγωγής και παροχής υπηρεσιών

Ο οργανισμός πρέπει να επικυρώνει όλες τις διαδικασίες παραγωγής και παροχής υπηρεσιών, όπου το αποτέλεσμα δεν μπορεί να ελεγχθεί από την μετέπειτα παρακολούθηση ή μέτρηση και, κατά συνέπεια, οι ελλείψεις γίνονται εμφανής μόνο αφού το προϊόν βρίσκεται σε χρήση ή η υπηρεσία έχει παραδοθεί. Η επικύρωση θα αποδώσει την ικανότητα αυτών των διαδικασιών για την επίτευξη των προγραμματισμένων αποτελεσμάτων. Ο οργανισμός οφείλει να θεσπίζει ρυθμίσεις για αυτές τις διαδικασίες συμπεριλαμβανομένων:

- α) Καθορισμένα κριτήρια για την εξέταση και έγκριση των διαδικασιών.
- β) Την έγκριση του εξοπλισμού και των προσόντων του προσωπικού.
- γ) Χρήση συγκεκριμένων μεθόδων και διαδικασιών.
- δ) Τα αρχεία για τις διαδικασίες οι οποίες έχουν διενεργηθεί.
- ε) Την εκ νέου επανεπικύρωση.

Ταυτοποίηση και ιχνηλασιμότητα

Ο οργανισμός πρέπει να προσδιορίζει το προϊόν με κατάλληλο τρόπο κατά την διάρκεια όλης την υλοποίηση του προϊόντος (product realization). Ο οργανισμός οφείλει να προσδιορίζει την κατάσταση του προϊόντος όσον αφορά την παρακολούθηση και τις μετρήσεις που γίνονται σε αυτό. Όπου η ιχνηλασιμότητα του προϊόντος είναι μια απαίτηση, ο φορέας ελέγχει τη μοναδική αναγνώριση του προϊόντος και τηρούνται μητρώα.

Ιδιοκτησία του πελάτη

Ο οργανισμός πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός με την ιδιοκτησία του πελάτη, ενώ αυτή είναι υπό τον έλεγχο του οργανισμού ή χρησιμοποιείται από τον οργανισμό. Ο

οργανισμός πρέπει να εντοπίζει, να επιβεβαιώνει και να εξασφαλίζει την περιουσία των πελατών, προβλέπεται η χρήση του και η επεξεργασία του προϊόντος. Εάν οποιαδήποτε ιδιοκτησία του πελάτη χαθεί, καταστραφεί ή βρεθεί ακατάλληλη για χρήση, η οργάνωση πρέπει να το αναφέρει αυτό στον πελάτη και να τηρεί αρχεία. Η ιδιοκτησία του πελάτη μπορεί να περιλαμβάνει την πνευματική ιδιοκτησία και τα προσωπικά δεδομένα.

Διατήρηση του προϊόντος

Ο οργανισμός πρέπει να διατηρήσει το προϊόν κατά την εσωτερική επεξεργασία που πραγματοποιείται υπό την επίβλεψη του και την παράδοση του στον προκαθορισμένο του προορισμό προκειμένου να διατηρηθεί η συμμόρφωση του με τις απαιτήσεις που έχουν θεσπιστεί. Η διατήρηση αυτή περιλαμβάνει τον προσδιορισμό, χειρισμό, τη συσκευασία, την αποθήκευση και την προστασία. Η διατήρηση ισχύει επίσης και για τα επιμέρους στοιχεία ενός προϊόντος.

Έλεγχος των συσκευών παρακολούθησης και μέτρησης

Ο οργανισμός καθορίζει την παρακολούθηση και μέτρηση του εξοπλισμού (calibration) που πρέπει να λάβει μέρος και απαιτείται έτσι ώστε να προσκομίσει αποδεικτικά στοιχεία συμμόρφωσης του προϊόντος αν τυχόν αυτά ζητηθούν. Ο οργανισμός πρέπει να καθιερώσει διαδικασίες για να εξασφαλίσει ότι η παρακολούθηση και η μέτρηση μπορεί να πραγματοποιείται και να διεξάγεται κατά τέτοιο τρόπο που συνάδει με την παρακολούθηση και τις απαιτήσεις των μετρήσεων που πρέπει να γίνουν, έτσι ώστε να μην δυσχερένεται το έργο του οργανισμού από την αναγκαία μέτρηση του εξοπλισμού. Εφόσον είναι αναγκαίο για τη διασφάλιση έγκυρων αποτελεσμάτων, ο εξοπλισμός μέτρησης πρέπει:

- α) Να είναι βαθμονομημένος ή ελεγμένος, ή και τα δύο, σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα πριν από τη χρήση, κατά τα διεθνή ή εθνικά πρότυπα μέτρησης.
- β) Να προσαρμόζονται ή να αναπροσαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες.
- γ) Να έχει ταυτότητα προκειμένου να καθοριστεί η επόμενη ημερομηνία βαθμονόμησης του.
- δ) Να προστατεύεται από προσαρμογές που θα ακύρωναν το αποτέλεσμα της μέτρησης.
- ε) Να προστατεύεται από ζημίες και φθορές κατά το χειρισμό, τη συντήρηση και την αποθήκευση.

Επιπλέον, ο οργανισμός πρέπει να αξιολογίσει και να καταγράψει την εγκυρότητα των προηγούμενων αποτελεσμάτων μέτρησης όταν ο εξοπλισμός δεν είχε συμμορφωθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Ο οργανισμός πρέπει να λάβει τα κατάλληλα μέτρα για τον εξοπλισμό και για κάθε προϊόν που μπορεί να έχει επηρεαστεί. Τα αρχεία των αποτελεσμάτων της βαθμονόμησης και επαλήθευσης θα πρέπει να διατηρούνται. Όταν χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και μέτρηση συγκεκριμένων απαιτήσεων, η ικανότητα ενός λογισμικού να ικανοποιεί την προβλεπόμενη απαίτηση θα πρέπει να επιβεβαιώνεται. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν πριν από την χρήση του και να επαναβεβαιώνεται άμα αυτό κρίνεται αναγκαίο.

1.11 Μέτρηση, ανάλυση και βελτίωση

Ο οργανισμός πρέπει να σχεδιάσει και να εφαρμόσει τις διαδικασίες παρακολούθησης, μέτρησης, ανάλυσης και βελτίωσης. Θα πρέπει να:

- α) Αποδεικνύει ότι πληροί τις απαιτήσεις του προϊόντος.
- β) Διασφαλίζει τη συμμόρφωση του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας.
- γ) Αποβλέπει στη συνεχή βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας.

Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό των εφαρμοστέων μεθόδων, συμπεριλαμβανομένων των στατιστικών τεχνικών και την επέκταση των μεθόδων αυτών στην χρήση τους.

Παρακολούθηση και μέτρηση

Ως μία από τις μετρήσεις των επιδόσεων του συστήματος διαχείρισης ποιότητας, ο φορέας θα πρέπει να παρακολουθεί τις πληροφορίες που αφορούν την αντίληψη του πελάτη ως προς το εάν η οργάνωση έχει εκπληρώσει τις απαιτήσεις του πελάτη. Οι μέθοδοι για την απόκτηση και τη χρήση αυτών των πληροφοριών θα πρέπει να καθορισθεί. Τα δεδομένα για την ικανοποίηση των πελατών μπορούν να αποκτηθούν από έρευνες ικανοποίησης του πελάτη σχετικά με την παράδοση και την ποιότητα των προϊόντων, ερωτηματολόγια, ανάλυση των επιχειρήσεων, φιλοφρονήσεις, αξιώσεις εγγύησης και αναφορές για τον προμηθευτή.

Εσωτερικός έλεγχος

Ο οργανισμός πρέπει να διενεργεί εσωτερικούς ελέγχους ανά τακτά χρονικά διαστήματα για να διαπιστωθεί αν η ποιότητα του συστήματος διαχείρισης:

- α) Είναι σύμφωνη με τις προγραμματισμένες ρυθμίσεις, με τις απαιτήσεις του παρόντος διεθνούς προτύπου και των απαιτήσεων του συστήματος διαχείρισης ποιότητας που θεσπίζεται από τον φορέας
- β) Εφαρμόζεται αποτελεσματικά και διατηρείται.

Ένα πρόγραμμα ελέγχου πρέπει να σχεδιάζεται, λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση και τη σημασία των διαδικασιών και τις περιοχές που πρέπει να ελεγχθούν, καθώς και τα αποτελέσματα προηγούμενων ελέγχων. Το πεδίο εφαρμογής, η συχνότητα και οι μέθοδοι των κριτηρίων ελέγχου πρέπει να οριστούν. Η επιλογή των ελεγκτών και η διενέργεια των ελέγχων πρέπει να εξασφαλίζει την αντικειμενικότητα και την αμεροληψία της διαδικασίας ελέγχου. Οι ελεγκτές δεν πρέπει ελέγχουν τη δική τους εργασία.

Μια τεκμηριωμένη διαδικασία θα ορίζει τις ευθύνες και τις απαιτήσεις για το σχεδιασμό και την διενέργεια ελέγχων, για την αρχειοθέτηση και την αναφορά των αποτελεσμάτων. Τα έγγραφα των ελέγχων και τα αποτελέσματά τους θα πρέπει να διατηρούνται. Η διοίκηση που έχει την ευθύνη για την περιοχή που ελέγχεται θα πρέπει να μεριμνά ώστε όλες οι αναγκαίες διορθώσεις και διορθωτικές ενέργειες, θα λαμβάνονται χωρίς καθυστέρηση για την εξάλειψη και εντιμετώπιση για τυχόν μη συμμορφώσεις και τις αιτίες τους.

Παρακολούθηση και μέτρηση διεργασιών

Ο οργανισμός θα πρέπει να εφαρμόζει κατάλληλες μεθόδους για την παρακολούθηση και τη μέτρηση της ποιότητας των διαδικασιών του συστήματος διαχείρισης. Αυτές οι μέθοδοι θα πρέπει να αποδεικνύουν την ικανότητα των διαδικασιών για την επίτευξη των

προσδοκώμενων αποτελεσμάτων. Όταν δεν επιτυγχάνεται η επίτευξη των προγραμματισμένων αποτελεσμάτων, διορθωτικά μέτρα πρέπει να ληφθούν. Κατά τον καθορισμό των κατάλληλων μεθόδων, είναι σκόπιμο ο οργανισμός να εξετάζει το είδος και την έκταση του ελέγχου για κάθε μία από τις διαδικασίες του όσον αφορά τον αντίκτυπο τους στην συμμόρφωση των απαιτήσεων του προϊόντος και σχετικά με την αποτελεσματικότητα του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας.

Παρακολούθηση και μέτρηση του προϊόντος

Ο οργανισμός πρέπει να παρακολουθεί και να μετρά τα χαρακτηριστικά του προϊόντος έτσι ώστε να επαληθεύσει ότι οι προδιαγραφές που έχουν οριστεί για το προϊόν έχουν ικανοποιηθεί. Αυτό πρέπει να πραγματοποιείται σε κατάλληλα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του προϊόντος σύμφωνα με τις προγραμματισμένες ρυθμίσεις. Αρχεία με την συμμόρφωση του προϊόντος με τα κριτήρια αποδοχής πρέπει να διατηρούνται. Η αποδέσμευση του προϊόντος ή η παροχή υπηρεσίας προς τον πελάτη δεν θα προχωρήσει μέχρι ότου όλες οι τις προγραμματισμένες ρυθμίσεις έχουν δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα, εκτός εάν έχει εγκριθεί από την αρμόδια αρχή ή κάτω από ορισμένες συνθήκες από τον πελάτη.

Έλεγχος του μη συμμορφούμενου προϊόντος

Ο οργανισμός πρέπει να διασφαλίζει ότι τα προϊόντα που δεν συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις που έχουν οριστεί πρέπει να εντοπίζονται και να ελέγχονται για να αποτραπεί η χρήση του ή η παράδοσή του. Μια διαδικασία πρέπει να καθιερωθεί που να ορίζει τους ελέγχους, τις σχετικές ευθύνες και εξουσιοδοτήσεις που θα διαχειρίζονται τα μη συμμορφούμενα προϊόντα. Ο οργανισμός πρέπει να αντιμετωπίζει τα μη συμμορφούμενα προϊόντα με έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους τρόπους:

α) Λαμβάνοντας μέτρα για την εξάλειψη της ανωμαλίας και την συμμόρφωση του προϊόντος με τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί.

β) Βεβαιώνοντας την χρήση και απελευθέρωση των προϊόντων κάτω από την εποπτεία μιας εξουσιοδοτημένης αρχής.

γ) Με τη λήψη ανάλογων μέτρων με τις επιπτώσεις ή πιθανές επιπτώσεις, μη συμμορφούμενων προϊόντων, όταν μη συμμορφούμενα προϊόντα αναγνωρίζονται μετά την παράδοση τους ή όταν η χρήση τους έχει ήδη αρχίσει. Όταν μη συμμορφούμενα προϊόντα διορθωθούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές αυτά θα πρέπει να υπόκεινται σε εκ νέου έλεγχο για να αποδειχθεί η συμμόρφωση τους με τις απαιτήσεις του προϊόντος. Αρχεία για τη φύση της μη συμμόρφωσης και τυχόν μεταγενέστερων ενεργειών, πρέπει να διατηρούνται.

Ανάλυση δεδομένων

Ο οργανισμός πρέπει να προσδιορίζει, συλλέγει και να αναλύει κατάλληλα δεδομένα για να αποδείξει την καταλληλότητα και αποτελεσματικότητα του συστήματος διαχείρισης ποιότητας. Τα δεδομένα που συλλέγονται πρέπει να παράγονται ως αποτέλεσμα της παρακολούθησης και μέτρησης των προϊόντων αλλά και από άλλες σχετικές πηγές. Η ανάλυση των δεδομένων πρέπει να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με:

α) Την ικανοποίηση του πελάτη.

- β) Την συμμόρφωση του προϊόντος προς τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί.
- γ) Τα χαρακτηριστικά και τις τάσεις των διεργασιών και προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των ευκαιριών για προληπτική δράση.
- δ) Τους προμηθευτές.

Βελτίωση

Ο οργανισμός πρέπει να βελτιώνει συνεχώς την αποτελεσματικότητα του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας μέσω της χρήσης της πολιτικής για την ποιότητα, τους ποιοτικούς στόχους, τα αποτελέσματα του ελέγχου, την ανάλυση των δεδομένων, διορθωτικές και προληπτικές ενέργειες και επανεξέταση της διαχείρισης.

Διορθωτικές ενέργειες

Ο οργανισμός πρέπει διεξάγει ενέργειες για την εξάλειψη των αιτίων της μη συμμόρφωσης των προϊόντων, προκειμένου να αποτραπούν τυχόν ανωμαλίες στο μέλλον. Οι διορθωτικές ενέργειες θα πρέπει να είναι κατάλληλες για τα μη συμμορφώμενα προϊόντα. Μια τεκμηριωμένη διαδικασία, θα πρέπει να καθορίζει τις απαιτήσεις για:

- α) Την επανεξέταση των περιπτώσεων των μη συμμορφώσεων (συμπεριλαμβανομένων των παραπόνων των πελατών).
- β) Τον προσδιορισμό των αιτίων της μη συμμόρφωσης.
- γ) Αξιολόγηση και δράση για να διασφαλιστεί ότι δεν θα επαναληφθούν άλλες τυχόν ανωμαλίες.
- δ) Τον καθορισμό και την εφαρμογή απαιτούμενων δράσεων.
- ε) Τα αρχεία και τα αποτελεσμάτων των μέτρων που λαμβάνονται.
- στ) Επανεξέταση της αποτελεσματικότητας των ληφθέντων διορθωτικών μέτρων.

Προληπτική δράση

Ο οργανισμός πρέπει να προβαίνει σε ενέργειες για να εξαλειφθούν οι αιτίες των πιθανών περιπτώσεων μη συμμόρφωσης, προκειμένου να αποφευχθεί η εμφάνισή τους. Οι προληπτικές δράσεις θα πρέπει να είναι κατάλληλες για τις επιπτώσεις των πιθανών προβλημάτων. Μια τεκμηριωμένη διαδικασία, θα πρέπει να καθορίζει τις απαιτήσεις για:

- α) Τον προσδιορισμό πιθανών περιπτώσεων μη συμμόρφωσης και τις αιτίες τους.
- β) Να αξιολογεί την ανάγκη ανάληψης δράσης για την πρόληψη της εμφάνισης της μη συμμόρφωσης.
- γ) Τον καθορισμό και την εφαρμογή μιας απαιτούμενης δράσης.
- δ) Τα αρχεία των αποτελεσμάτων των μέτρων που λαμβάνονται.
- ε) Την επανεξέταση της αποτελεσματικότητας των ληφθέντων προληπτικών μέτρων.

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΟΧΕΣ

2.1 Εισαγωγή κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστεί τι είναι μηχανολογικό σχέδιο ποια είναι η χρήση του και θα αναλύθει η μεθοδολογία των γεωμετρικών ανοχών η οποία συναντάται πολύ συχνά στην σύγχρονη βιομηχανία και ιδιαίτερα σε ένα μηχανολογικό σχέδιο το οποίο περιγράφει ένα κομμάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα απαιτητικό στην κατασκευή του. Όλες οι πληροφορίες αυτού του κεφαλαίου βασίζονται πάνω στο πρότυπο ASME Y14.5-1994. Τα αρχικά ASME αντιπροσωπεύουν τον σύλλογο αμερικάνων μηχανολογών μηχανικών (American Society of Mechanical Engineers). Y14.5 είναι ο αριθμός του προτύπου. Το "M" αντιπροσωπεύει ότι το πρότυπο υπόκειται στο μετρικό σύστημα και το 1994 είναι η χρονία που το πρότυπο επίσημα καθιερώθηκε. Ένα άλλο κυρίαρχο πρότυπο που χρησιμοποιείται σε πολλά μέρη του κόσμου και έχει εκδώσει μια παρόμοια σειρά προτύπων γεωμετρικών ανοχών είναι το σύστημα ISO (International Standards Organization).

Ιστορικά στοιχεία των γεωμετρικών ανοχών

Από τότε που οι άνθρωποι δημιουργούσαν αντικείμενα χρησιμοποιούσαν και μετρήσεις και διάφορες μεθόδους σχεδιασμού. Τα σχέδια προουπήραν ήδη από το έξι χιλιάδες Π.Χ. όπου η μονάδα μέτρησης στον Νείλο και στους οικισμούς στον Χαλδαιών ήταν ο "βασιλικός πήχης". Για χιλιάδες χρόνια ο "βασιλικός πήχης" διακυμαίνονταν ανάμεσα στις 18 με 19 ίντσες. Μετά το τέσσερις χιλιάδες Π.Χ. ο "βασιλικός πήχης" τυποποιήθηκε στις 18.24 ίντσες. Αυτό όρισε ένα υπόδειγμα το οποίο έχει κρατήσει για σχεδόν έξι χιλιάδες χρόνια. Όσο υπάρχουν οι μετρήσεις, σχέδια και μέθοδοι σχεδιασμού θα υπάρχουν και διαμάχες, επιτροπές και πρότυπα.

Η παραγωγική διαδικασία όπως την ξέρουμε σήμερα ξεκίνησε με την βιομηχανική επανάσταση το 1800. Υπήρχαν βέβαια και σχέδια τότε αλλά τα σχέδια αυτά ήταν πολύ διαφορετικά από αυτά που χρησιμοποιούμε σήμερα. Ένα τυπικό σχέδιο από το 1800 ήταν ένα κομψό με μελάνι πολλαπλών όψεων αρτιστικό αριστούργημα το οποίο αντικατόπτριζε το κομμάτι με σχεδόν εικονογραφική ακρίβεια. Περιστασιακά ο σχεδιαστής μπορούσε να σχεδιάσει μια διάσταση αλλά γενικά αυτό θεωρούνταν περιττό.

Θεωρούνταν περιττό γιατί η παραγωγική διαδικασία ήταν διαφορετική τότε. Δεν υπήρχαν οι διαδικασίες συναρμολόγησης, ούτε ευρέως διασπαρμένα τμήματα ή εταιρικές μονάδες σε όλη την χώρα ή ακόμα σε παγκόσμιο επίπεδο όπως είναι τώρα. Εκείνες τις μέρες η παραγωγική διαδικασία ήταν οικοτεχνική βιομηχανία η οποία είχε υπαλλήλους που ήταν τεχνίτες που τα κάνανε όλα, από την κατασκευή εξαρτημάτων έως την τελική τους συναρμολόγηση. Αυτοί οι τεχνίτες μετέδωσαν τις γνώσεις τους από γενιά σε γενιά. Γι' αυτούς δεν υπήρχε η έννοια παρέκλισης μόνο η τελειότητα ήταν αρκετή. Φυσικά υπήρχαν παρεκλίσεις, αλλά τότε τα εργαλεία μέτρησης δεν ήταν τόσο ακριβείας έτσι ώστε να τις αναγνωρίσουν. Όταν αστοχίες και προβλήματα στην συναρμολόγηση προέκυπταν οι τεχνίτες απλά "κόβανε" και ξαναπροσπαθούσαν ή λιμμάρανε και αναπροσαρμόζανε μέχρις ότου η συνδεσμολογία να δούλευε. Όλη η διαδικασία διεξάγονταν κάτω από μία στέγη και η επικοινωνία ανάμεσα στους τεχνίτες ήταν άμεση και διαρκής.

Η έλευση της γραμμής συναρμολόγησης (assembly line) και άλλων βελτιωμένων τεχνικών έφεραν την επανάσταση στην γραμμή παραγωγής. Η γραμμή συναρμολόγησης δημιούργησε ειδικούς οι οποίοι αντικατέστησαν τους τεχνίτες. Αυτές οι βελτιωμένες τεχνικές βοήθησαν να εξαληφθεί ο μύθος της "τελειότητας". Οι σύγχρονοι μηχανικοί κατανοούν ότι μεταβολές μπορούν να είναι αποδεκτές χωρίς αυτές να επηρεάζουν την λειτουργικότητα

μιας συναρμολόγησης όσο το όριο αυτής της μεταβολής να είναι αποδεκτή (ανοχή) και ελεγχόμενη. Αυτή η μεταβολή οδήγησε στην ανάπτυξη της συν-πλην ανοχής (ανοχές διαστάσεων) και στην απόφαση ότι το λογικό μέρος ύπαρξης των ανοχών και άλλων πληροφοριών ήταν πάνω στο μηχανολογικό σχέδιο.

Με αυτή την εξέλιξη τα σχέδια έγιναν παραπάνω από απλώς όμορφες εικόνες κομματιών, έγιναν τα βασικά μέσα επικοινωνίας μεταξύ των κατασκευαστικών τμημάτων που γίνονταν ολοένα και λιγότερο συγκεντρωτικά, περισσότερο εξιδικευμένα και υποβάλλονταν σε αυστηρότερες απαιτήσεις.

Πρότυπα μηχανολογικών σχεδίων

Για να βελτιωθεί η ποιότητα των σχεδίων, μια προσπάθεια πραγματοποιήθηκε για να γίνει η τυποποίηση τους. Το 1935 μετά από χρόνια συζητήσεων ο συνεταιρισμός Αμερικάνων προτύπων ASA (American Standards Association) έκδωσε το πρώτο επίσημο πρότυπο για σχέδια. Ήταν μια αρχή αλλά οι ελλείψεις του έγιναν εμφανής με την αρχή του Δεύτερου παγκοσμίου πολέμου. Στην Αγγλία η παραγωγή κατά την διάρκεια του πολέμου παρεμποδίστηκε από τον μεγάλο αριθμό απορριπτέων κομματιών (scrap) που δεν συναρμολογούνταν σωστά. Οι Άγγλοι διαπίστωσαν πως αυτό ήταν αδυναμία του σύν-πλην συστήματος των διαστασιολογικών ανοχών και της απουσίας ολοκληρωμένων πληροφοριών στα μηχανολογικά σχέδια. Οδηγημένοι από τις απαιτήσεις του πολέμου οι Άγγλοι καινοτομούν και προτυποποιούν. Η Stanley Parker του βασιλικού εργοστασίου τορπιλών στην Σκωτία δημιούργησε ένα σύστημα ανοχών που έλεγχε την θέση κυκλικών ανοχών παρά για τετραγωνικές θέσεις ανοχών που υπήρχαν ως τότε. Οι Άγγλοι έκδωσαν ένα σύνολο πρωτοτύπων προτύπων για τον σχεδιασμό το 1944 και το 1948 έκδωσαν το "Dimensional Analysis of Engineering Design" που ήταν το πρώτο πρότυπο που χρησιμοποιούσε τις βασικές αρχές των θέσεων ανοχής.

Ιστορική αναδρομή του προτύπου ANSI και γεωμετρικών ανοχών

Στις Ηνωμένες πολιτείες η Chevrolet έκδωσε το Draftsman's Handbook το 1940 που η πρώτη του έκδοση δεν είχε καμία σημαντική επισήμανση για τις ανοχές θέσεις. Το 1945 ο στρατός των Ηνωμένων πολιτιών έκδωσαν ένα ενχειρίδιο για την διαστασιολόγηση και τις ανοχές που εισήγαγαν την χρήση συμβόλων αντί για σημειώσεις για να ορίζεται η μορφή και η θέση των ανοχών.

Στην δεύτερη έκδοση του "American Standard Drawing and Drafting Room Practice" του ASA που εκδόθηκε το 1946 είχε γίνει λίγη αναφορά στις γεωμετρικές ανοχές. Τον ίδιο χρόνο ο σύλλογος μηχανικών αυτοκινήτων SAE (Society of Automotive Engineers) έκανε μια εκτενή κάλυψη στις διαστασιολογικές πρακτικές όπως αυτές εφαρμόζονταν στην αεροπauπηγική βιομηχανία στην έκδοση της "SAE Aeronautical Drafting Manual". Μια αυτοκινηματοποιημένη έκδοση αυτού του προτύπου εκδόθηκε το 1952.

Το 1949 ο στρατός των Ηνωμένων πολιτιών ακολούθησε το παράδειγμα των Άγγλων και έκδωσε το πρώτο πρότυπο για διαστασιολόγηση και ανοχές γνωστό ως MIL-STD-8. Ο διάδοχος του MIL-STD-8A εκδόθηκε το 1953 καθιερώνοντας επτά βασικά σχεδιαστικά σύμβολα και εισήγαγε την μεθοδολογία για την λειτουργική διαστασιολόγηση.

Σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν τρεις διαφορετικοί οργανισμοί οι οποίοι εκδίδαν πρότυπα για σχέδια: ο ASA, ο SAE και ο στρατός. Αυτό οδήγησε σε χρόνια αναταραχών για τις ασυνέπειες μεταξύ των προτύπων και οδήγησε σε μικρή πρόοδο για την ενωποίηση των προτύπων.

Το 1957 ο ASA (σε συνεργασία με τους Βρετανούς και τους Καναδούς) αποδέχτηκε το το πρώτο Αμερικάνικο πρότυπο που ήταν αφιερωμένο στην διαστασιολόγηση και στις ανοχές. Το 1959 το MIL-STD-8B έφερε τα στρατιωτικά πρότυπα ποίο κοντά στα πρότυπα των ASA και SAE και το 1966 μετά απο χρόνια συζητήσεων το πρώτο ενωποιημένο πρότυπο εκδώθηκε απο το εθνικό αμερικάνικο ινστιτούτο προτύπων ANSI (American National Standards Institute) διάδοχος του ASA και ήταν γνωστό σαν ANSI Y14.5. Αυτό το πρώτο πρότυπο αναβαθμίστηκε το 1973 για να αντικαταστήσει τις σημειώσεις με σύμβολα, μια αναβαθμισμένη έκδοση ακόμα εκδόθηκε το 1982. Η έκδοση που αναλύεται στην συνέχεια είναι του προτύπου ANSI Y14.5 1994 που είναι η βασική γνώση για την κατανόηση των γεωμετρικών ανοχών στην σύγχρονη βιβλιογραφία και είναι αυτή που κατέχει κυρίαρχο ρόλο στην κατανόηση των γεωμετρικών ανοχών. Η τελευταία έκδοση του προτύπου είναι η ANSI Y14.5 του 2009 που εμπεριέχει μερικά καινούργια σύμβολα σαν εξέλιξη της έκδοσης του 1994.

Βασικοί κανόνες διαστασιολόγησης

Οι βασικοί κανόνες διαστασιολόγησης είναι μια σειρά κανόνων για την διαστασιολόγηση και την ερμηνεία των σχεδίων. Το πρότυπο ASME Y14.5M 1994 έχει ορίσει μια σειρά κανόνων για αυτόν τον λόγο. Οι δέκα κανόνες που ισχύουν για τα σχέδια που θα δούμε παρακάτω περιγράφονται στην παρακάτω λίστα:

1. Κάθε διάσταση πρέπει να έχει κάποια ανοχή, εκτός από αυτές τις διαστάσεις που συγκεκριμένα ορίζονται σαν αναφοράς (reference), μέγιστες, ελάχιστες ή διαστάσεις stock.
2. Οι διαστάσεις και οι ανοχές θα πρέπει να είναι ολοκληρωμένες έτσι ώστε κάθε χαρακτηριστικό του κομματιού να είναι πλήρως ορισμένο.
3. Οι διαστάσεις θα πρέπει να επιλεγούν και να οριστούν έτσι ώστε να ορίζουν την λειτουργία και τις σχέσεις των στοιχείων ενός κομματιού έτσι ώστε να μην υπόκεινται σε παραπάνω από μια ερμηνεία.
4. Το σχέδιο θα πρέπει να ορίζει το κομμάτι χωρίς να καθορίζει τις διαδικασίες κατασκευής του.
5. Μια γωνία 90° ισχύει εκεί που κεντρικές γραμμές και γραμμές χαρακτηριστικών απεικονίζονται σε ένα σχέδιο όπου δεν υπάρχουν διαστάσεις.
6. Μια βασική γωνία 90° ισχύει όπου οι κεντρικές γραμμές των χαρακτηριστικών σε μια σειρά ή επιφανειών εντοπίζονται και ορίζονται από βασικές διαστάσεις και καμία γωνία δεν ορίζεται σε ένα σχέδιο.
7. Εκτός αν τίποτα άλλο δεν αναφέρεται, όλες οι διαστάσεις μπορούν να εφαρμοστούν σε μια θερμοκρασία 20°C (68°F).
8. Όλες οι διαστάσεις και οι ανοχές ισχύουν στην ελεύθερη κατάσταση (free-state condition). Αυτή η αρχή δεν εφαρμόζεται για μη άκαμπτα κομμάτια.
9. Έκτος αν κάτι άλλο ορίζεται, όλες οι γεωμετρικές ανοχές ισχύουν για όλο το βάθος, μήκος και πλάτος των χαρακτηριστικών.
10. Οι διαστάσεις και οι ανοχές ισχύουν μόνο για το σχεδιαστικό επίπεδο για το οποίο έχουν οριστεί. Μια διάσταση η οποία έχει οριστεί σε μια λεπτομέρεια ενός σχεδίου (detail) δεν είναι υποχρεωτική για αυτό το χαρακτηριστικό στο σχέδιο συναρμολόγησης.

Οι πρώτοι τρεις κανόνες καθορίζουν τις διαστασιολογικές συμβάσεις, ο κανόνας τέσσερα δηλώνει ότι οι κατασκευαστικές μέθοδοι δεν πρέπει να ορίζονται. Οι κανόνες πέντε

και έξι καθορίζουν τις συμβάσεις για τις υπαινισόμενες γωνίες των 90°. Οι κανόνες εφτά, οχτώ και εννιά καθορίζουν τις προεπιλεγμένες καταστάσεις για τις διαστάσεις και τις ζώνες ανοχών. Ο κανόνας δέκα καθορίζει μια σύμβαση για ποιο σχεδιαστικό επίπεδο οι διαστάσεις και οι ανοχές ισχύουν.

Τι είναι μηχανολογικό σχέδιο

Μηχανολογικό σχέδιο είναι ένα εργαλείο το οποίο κοινοποιεί στον χρήστη του τον σχεδιασμό και κατασκευαστικές πληροφορίες για ένα κομμάτι. Σημαντικά συστατικά ενός μηχανολογικού σχεδίου είναι οι διαστάσεις και οι ανοχές, συνοπτικά θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε ένα μηχανολογικό σχέδιο σαν ένα έγγραφο το οποίο κοινοποιεί μία ακριβή περιγραφή ενός κομματιού. Αυτή η περιγραφή περιλαμβάνει εικόνες, λέξεις, νούμερα και σύμβολα. Όλα μαζί αυτά τα στοιχεία πληροφορούν τον αναγνώστη του σχεδίου για την γεωμετρία (σχήμα, μέγεθος και μορφή), την λειτουργικότητα, τις ανοχές του κομματιού οι οποίες είναι υπεύθυνες για την σωστή λειτουργία του κομματιού, το υλικό, την θερμική μεταχείριση (heat treat), επιφανειακή επένδυση (treatment) και τις απαραίτητες πληροφορίες ενός κομματιού όπως ο αριθμός σχεδίου και τον αριθμός αναθεώρησης (revision).

Επιπτώσεις κακού σχεδιασμού

Επειδή τα σχέδια είναι ένα εργαλείο επικοινωνίας μπορούν να επηρεάσουν πολλά μέρη ενός οργανισμού και να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στο κόστος. Τα μηχανολογικά σχέδια δεν πρέπει μόνο να είναι ακριβή αλλά πρέπει να είναι και σωστά, ένα σχεδιαστικό λάθος μπορεί να αποφέρει μεγάλο κόστος σε έναν οργανισμό. Η παρακάτω ανάλυση είναι ένα παράδειγμα μιας μικρομεσαίας κατασκευαστικής επιχείρησης το οποίο δείχνει το κόστος προερχόμενο από σχεδιαστικό λάθος.



Σχήμα 2 Η αύξηση του κόστους ενός σχεδιαστικού λάθους καθώς αυτό "προχωράει" μέσα στην επιχείρηση

Όταν ένα σχεδιαστικό λάθος ανακαλυφθεί από το σχεδιαστικό τμήμα τότε μπορεί να διορθωθεί με πολύ μικρό κόστος. Το κόστος αυτό θα είναι ο χρόνος που θα χρειαστεί για να διορθωθεί το λάθος, ως πούμε 1€-10€ για την επιδιόρθωση του σχεδίου. Εάν το σχεδιαστικό

λάθος παραληφθεί από το σχεδιαστικό τμήμα και ανακαλυφθεί από το τμήμα πρωτοτυποποίησης μπορεί να κοστίσει αρκετά εκατοντάδες ευρώ για να διορθωθεί το λάθος, αυτό οφείλεται ότι επιπλέον με τον χρόνο που θα χρειαστεί για την επιδιόρθωση του σχεδίου επιπλέον κόστος μπορεί να είναι η απώλεια υλικού, μηχανουργικού χρόνου και χρόνο ανθρώπινου δυναμικού. Εάν το σχέδιο που έχει το λάθος περάσει στην παραγωγή τότε το κόστος αυξάνεται ραγδαία, το κόστος της γραφειοκρατικής διαδικασίας για την επιδιόρθωση του σχεδιαστικού λάθους μπορεί να αρθεί σε αρκετά χιλιάδες ευρώ συμπεριλαμβανομένων του κόστους των εργαλείων, κόστος για το "δέσιμο" των τεμαχίων (ιδιοσυσκευές), απορριπτά τεμάχια (scrap). Εάν το σχεδιαστικό λάθος φτάσει στο τελικό προϊόν και αποσταλεί στον πελάτη το κόστος μπορεί να είναι πολύ υψηλότερο, εάν αποδοθούν στην επιχείρηση μηνύσεις για την αξιοπιστία του προϊόντος της τότε το κόστος μπορεί να ξεπεράσει εύκολα ακόμα και το ένα εκατομμύριο ευρώ. Τα σχεδιαστικά λάθη κοστίζουν σε τέσσερις τομείς:

- 1) Χρήματα
- 2) Χρόνο
- 3) Υλικά
- 4) Δυσανεστημένους πελάτες

2.2 Διαστάσεις και ανοχές

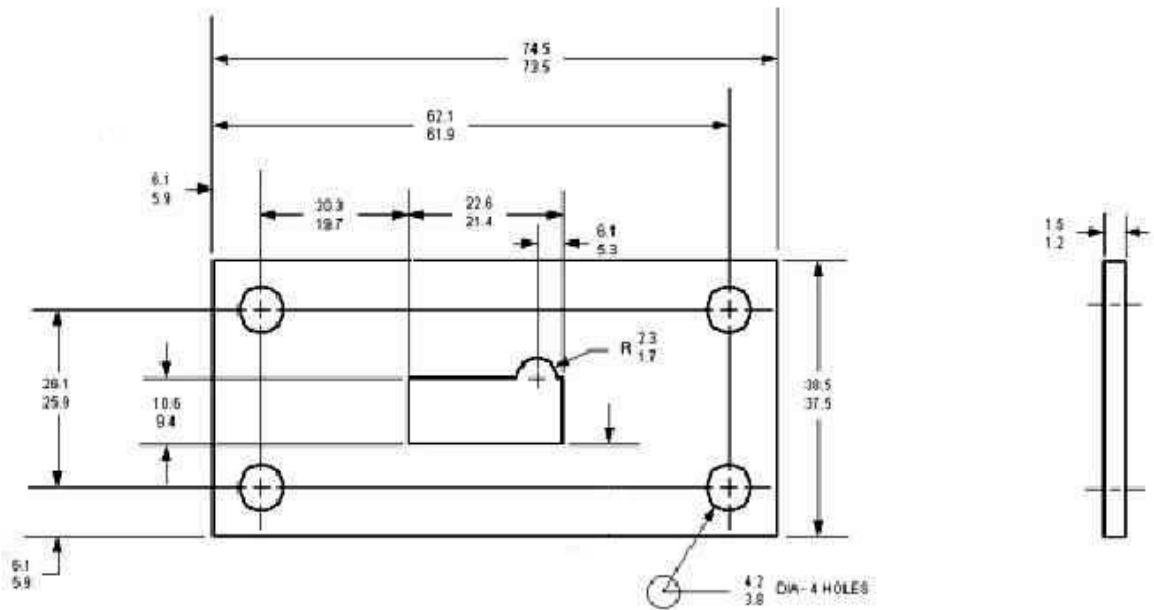
Διάσταση: Είναι μια αριθμητική αξία η οποία εκφράζεται με κατάλληλες μονάδες μέτρησης και χρησιμοποιείται για να ορίσει το μέγεθος, τοποθεσία, κατεύθυνση, μορφή ή άλλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός κομματιού.

Ανοχή: Μπορεί να οριστεί το συνολικό ποσό κατά το οποίο τα χαρακτηριστικά του κομματιού επιτρέπεται να διαφέρουν από τις ορισμένες διαστάσεις του σχεδίου. Η ανοχή είναι η διαφορά μεταξύ του μέγιστου και ελάχιστου ορίου που έχει οριστεί.

Οι δύο ευρύτερα διαδεδομένες μέθοδοι ανοχών στην σημερινή βιομηχανία είναι οι γεωμετρικές ανοχές (geometric tolerancing) και οι ανοχές διαστάσεων (coordinate tolerancing).

Ανοχές διαστάσεων (coordinate tolerancing)

Για περίπου εκατόν πενήντα χρόνια μία προσέγγιση στις ανοχές επονομαζόμενη "διαστασιολογικές ανοχές" ήταν η κυρίαρχη μέθοδος που χρησιμοποιούνταν στα μηχανολογικά σχέδια. Η διαστασιολογικές ανοχές είναι μια μέθοδος κατά την οποία ένα χαρακτηριστικό ενός κομματιού ορίζεται μέσω ορθωγόνιων διαστάσεων με δεδομένες ανοχές. Ένα παράδειγμα διαστασιολογικών ανοχών φαίνεται στο **Σχήμα 3**



Σχήμα 3 Διαστασιολογικές ανοχές με μέγιστα και ελάχιστα όρια

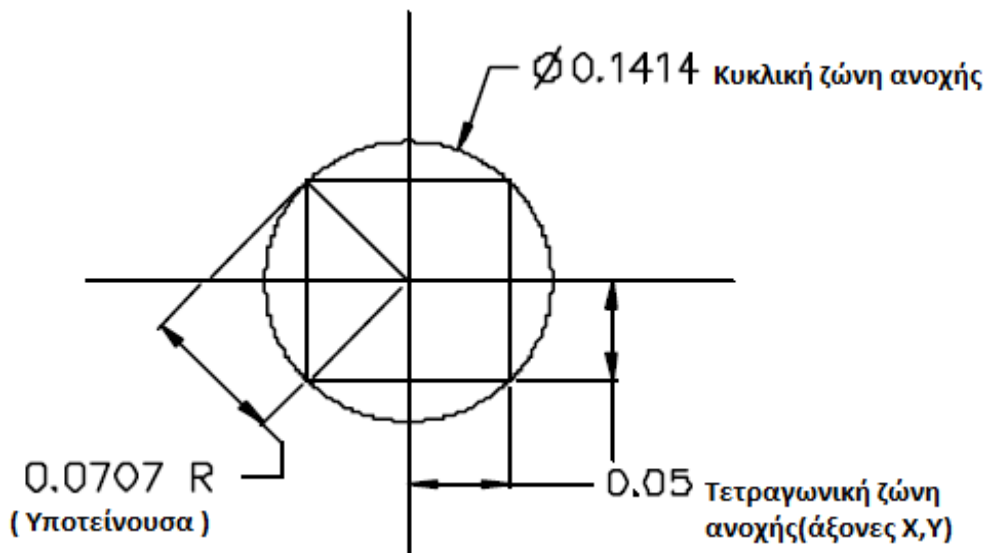
Μειονεκτήματα ανοχών διαστάσεων

Οι ανοχές διαστάσεων ήταν μια πολύ πετυχημένη μέθοδος όταν οι επιχειρήσεις ήταν μικρές, επειδή ήταν εύκολο να μιλήσεις με τον μηχανικό και να του εξηγήσεις το σκοπό του σχεδίου. Με το πέρασμα των χρόνων καθώς οι επιχειρήσεις μεγάλωσαν σε μέγεθος τα στοιχεία που χρειαζονταν ένα σχέδιο για την ολοκλήρωση του αρχισάν να λαμβάνονται από πολλές πηγές. Η δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας του σχεδιαστή και του μηχανικού άρχισε να μειώνεται και τα μειονεκτήματα των διαστασιολογικών ανοχών έγιναν φανερά. Οι διαστασιολογικές ανοχές απλά δεν έχουν την πλήρη δυνατότητα και σαφήνεια να κοινοποιήσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις ενός κομματιού. Τα κύρια μειονεκτήματα των διαστασιολογικών ανοχών είναι:

- 1) Τετραγωνικές ή ορθωγόνικες ζώνες ανοχών
- 2) Καθορισμένου μεγέθους ζώνες ανοχών
- 3) Ασαφής οδηγίες για επιθεώρηση (inspection)

Ανοχές διαστάσεων και τετραγωνικές ζώνες ανοχών

Ας δούμε σε βάθος αυτά λοιπόν τα μειονεκτήματα. Πρώτα τα θα εξετάσουμε μία οπή με ανοχή ± 0.05 . Η ζώνη ανοχής σχηματίζεται από το μέγιστο και το ελάχιστο της ανοχής αυτής στον οριζόντιο και κάθετο άξονα. Στο **Σχήμα 4** θα σχηματιστεί μια 0.1 τετραγωνική ζώνη. Το μειονέκτημα της τετραγωνικής ζώνης ανοχών είναι ότι μια οπή μπορεί να είναι εκτός της προκαθορισμένης της θέσης στην διαγώνια κατεύθυνση περισσότερο από ότι μπορεί να είναι στην κάθετη και οριζόντια κατεύθυνση. Μια ποίο λογική και λειτουργική προσέγγιση είναι να υπάρχει μια ανοχή προς όλες τις κατευθύνσεις της οπής, δημιουργώντας έτσι μια κυκλική ζώνη ανοχής.



Σχήμα 4 Σύγκριση τετραγωνικών και κυκλικών ζώνων ανοχών

$$2\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 2\sqrt{0.05^2 + 0.05^2} = 2(0.0707) = 0.1414 \phi \text{ κυκλική ανοχή}$$

Από το παραπάνω παράδειγμα παρατηρούμε ότι από την ± 0.05 τετραγωνική ανοχή καταλήξαμε στην 0.1414 κυκλική ανοχή με αποτέλεσμα να αυξήσουμε την ζώνη της ανοχής μας κατά 57%.

Καθορισμένου μεγέθους ζώνες

Στην συνέχεια θα δούμε πώς η μέθοδος διαστασιολογικών ανοχών χρησιμοποιεί καθορισμένου μεγέθους ζώνες ανοχής. Όταν ένα μηχανολογικό σχέδιο καθορίζει το κέντρο μίας οπής να είναι μέσα σε μια τετραγωνική ζώνη όταν η λειτουργικότητα της οπής αυτής είναι στη συνδεσμολογία (assembly) της με κάποιο άλλο στοιχείο η τοποθεσία αυτής της οπής είναι πολύ σημαντική όταν η οπή είναι στην ελάχιστη διάσταση που μπορεί να πάρει. Εάν το πραγματικό μέγεθος της οπής είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο μέγεθος της οπής τότε η θέση της ανοχής της μπορεί να είναι αντίστοιχα μεγαλύτερη χωρίς αυτό να επηρεάζει την λειτουργικότητα του κομματιού μας.

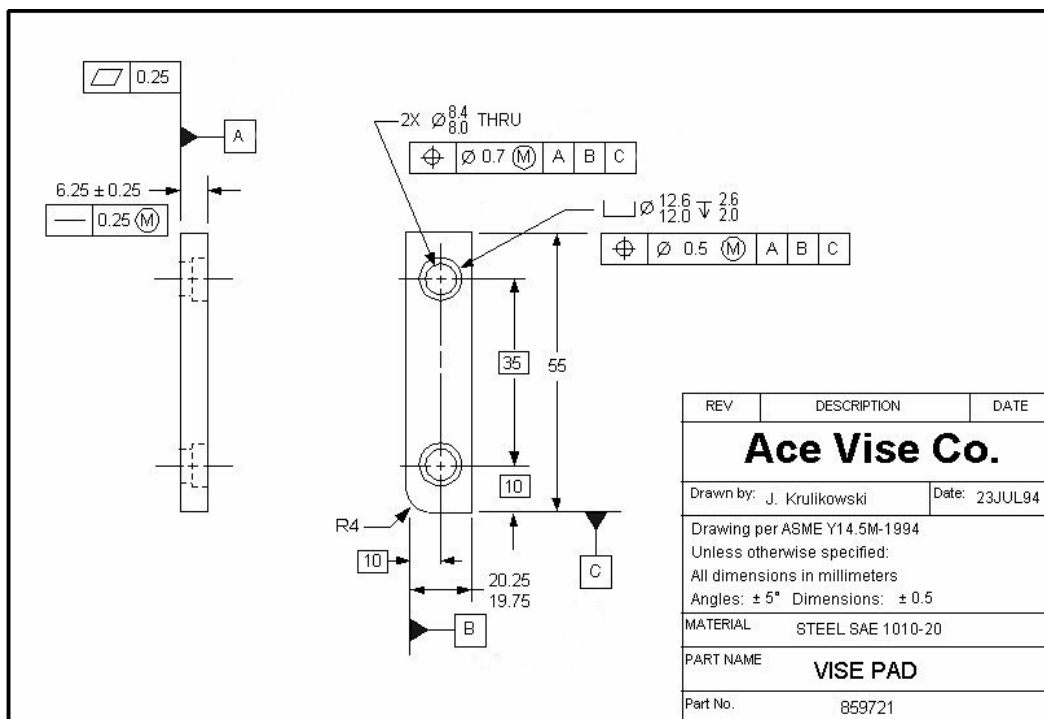
Τετραγωνικές καθορισμένες θέσεις ζωνών μπορούν να προκαλέσουν λειτουργικά κομμάτια να απορριφθούν (scrapped) διότι η μέθοδος διαστασιολογικής ανοχής δεν επιτρέπει κυκλικές ανοχές ή ζώνες ανοχών που αυξάνουν ανάλογα με το μέγεθος της οπής. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μεγάλες σημειώσεις πάνω στο σχέδιο για να περιγράψουν αυτές τις προϋποθέσεις.

Ασαφής οδηγίες για επιθεώρηση

Τρίτο μεγάλο μειονέκτημα των διαστασιολογικών ανοχών είναι ότι είναι ασαφή ως προς την επιθεώρηση των κομματιών. Επειδή υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι επιθεώρησης ως προς το "δέσιμο" του κομματιού για επιθεώρηση, δύο διαφορετικοί επιθεωρητές μπορούν να έχουν διαφορετικές τιμές μέτρησης για το ίδιο κομμάτι. Αυτό μπορεί να προκαλέσει δύο προβλήματα: καλά κομμάτια να απορριφθούν ή χειρότερα κακά κομμάτια να θεωρηθούν ως καλά κομμάτια. Το πρόβλημα είναι ότι το σχέδιο δεν μπορεί να μεταδώσει στον επιθεωρητή ποιές πλευρές του κομματιού θα έρθουν σε επαφή με τον εξοπλισμό επιθεώρησης πρώτων, δεύτερων και τρίτων. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν επιπλέον σημειώσεις πάνω στο σχέδιο για να μεταδωθούν στον επιθεωρητή αυτές οι σημαντικές πληροφορίες. Αυτά τα μειονεκτήματα είναι πολύ σημαντικά και γι' αυτό το λόγο οι διαστασιολογικές ανοχές έχουν αρχίσει να έχουν φθίνουσα πορεία στην ραγδαία αναπτυσσόμενη βιομηχανία.

2.3 Γεωμετρικές ανοχές (geometric tolerancing)

Είναι μια διεθνής γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται στα μηχανολογικά σχέδια έτσι ώστε να περιγράψει με ακρίβεια ένα κομμάτι. Η γλώσσα των γεωμετρικών ανοχών περιλαμβάνει μια πολύ καλά ορισμένη συλλογή συμβόλων, κανόνων, ορισμών και συμβάσεις. Είναι μια ακριβή μαθηματική γλώσσα που μπορεί να περιγράψει το μέγεθος, την μορφή, προσανατολισμό και θέση των χαρακτηριστικών ενός κομματιού. Περιλαμβάνει επίσης μια φιλοσοφία πως πρέπει να σχεδιάζονται και να διαστασιολογούνται τα κομμάτια. Ένα παράδειγμα μηχανολογικού σχεδίου βλέπουμε στο **Σχήμα 5**



Σχήμα 5 Παράδειγμα μηχανολογικού σχεδίου

Σχεδιαστική φιλοσοφία των γεωμετρικών ανοχών

Οι γεωμετρικές ανοχές ενθαρρύνουν μια διαστασιολογική φιλοσοφία επονομαζόμενη "Λειτουργική διαστασιολόγηση" (Functional dimensioning). Η λειτουργική διαστασιολόγηση είναι μια διαστασιολογική φιλοσοφία που ορίζει ένα κομμάτι, βασιζόμενη στο πώς αυτό λειτουργεί στο τελικό προϊόν. Άν και η διαστασιολογική φιλοσοφία είναι η φιλοσοφία αυτό δεν σημαίνει ότι ο σχεδιαστής θα σχεδιάσει ένα κομμάτι χωρίς να λάβει υπόψιν του και άλλους παράγοντες. Πολλές εταιρίες το βρίσκουν μεγάλο πλεονέκτημα να χρησιμοποιούν μια διαδικασία την επονομαζόμενη "ταυτόχρονη μηχανική" (simultaneous engineering). Η ταυτόχρονη μηχανική είναι μια διαδικασία στην οποία το σχέδιο είναι ένα αποτέλεσμα των δεδομένων από το μάρκετινγκ, την μηχανική, την κατασκευή, την μηχανουργική, την επιθεώρηση, την συναρμολόγηση και τις υπηρεσίες. Η ταυτόχρονη μηχανική φέρνει σαν αποτέλεσμα καλύτερα προϊόντα με χαμηλότερο κόστος.

Πλεονεκτήματα γεωμετρικών ανοχών

Οι γεωμετρικές ανοχές μπορούν να παρέχουν ομοιομορφία στις προδιαγραφές ενός σχεδίου και εύκολη ερμηνεία αυτών, επομένως να μειώνουν τις διάφορες αμφισβήτησεις που μπορούν να προκύψουν, εικασίες και παραδοχές. Ο σχεδιασμός, η παραγωγή και η επιθεώρηση δουλεύουν μαζί στην ίδια γλώσσα.

Παρέχουν καλύτερη σχεδίαση του προϊόντος

Η χρήση γεωμετρικών ανοχών μπορεί να βελτιώσει την σχεδίαση των προϊόντων δίνοντας στους σχεδιαστές τα εργαλεία να εκφράσουν καλύτερα αυτό που θέλουν να πούν ακολουθώντας την φιλοσοφία της ταυτόχρονης διαστασιολόγησης.

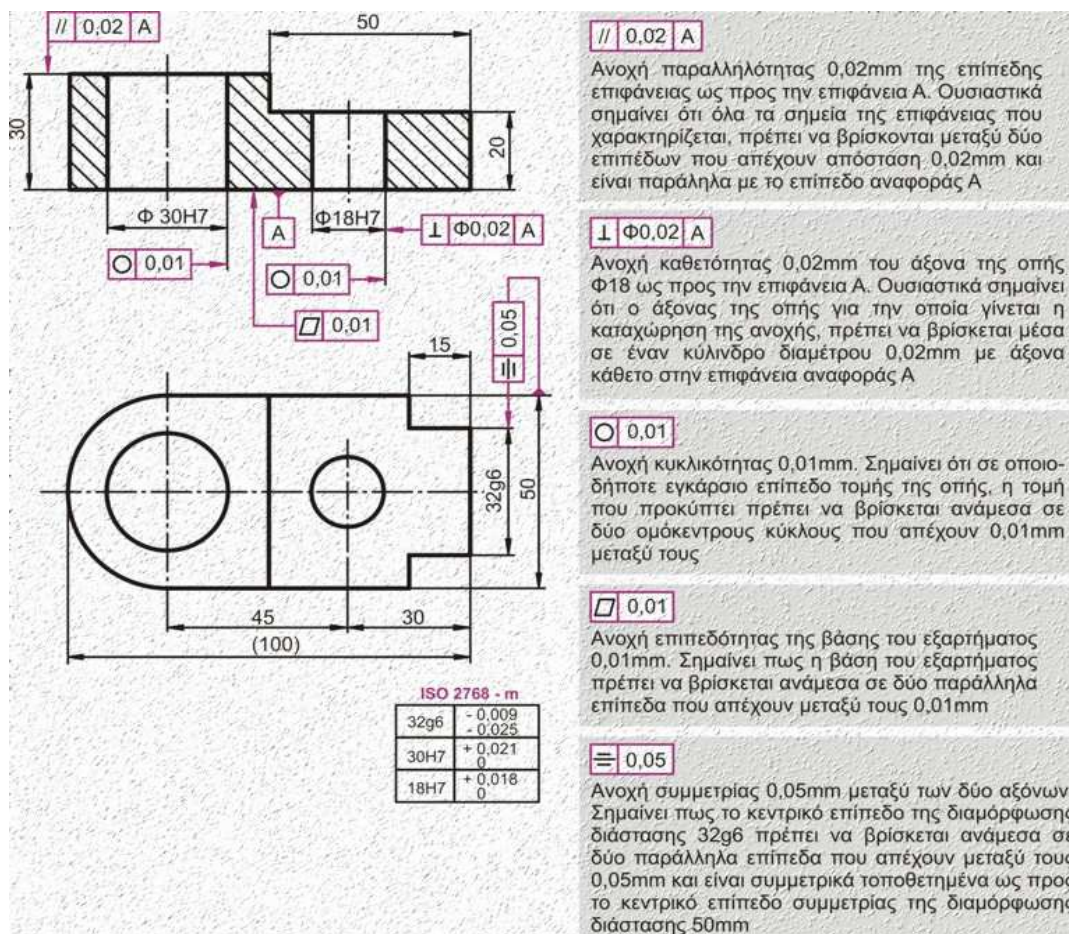
Αυξάνει τις ανοχές της παραγωγής

Υπάρχουν δύο τρόποι να αυξηθούν οι ανοχές με την χρήση των γεωμετρικών ανοχών. Πρώτων με την χρήση συγκεκριμένων συνθηκών οι γεωμετρικές ανοχές παρέχουν "μπόνους" ή έξτρα ανοχή για την κατασκευή. Αυτή η επιπλέον ανοχή μπορεί να προκαλέσει σημαντική εξοικονόμηση στο κόστος παραγωγής ενός προϊόντος. Δεύτερων με την χρήση της λειτουργικής διαστασιολόγησης, οι ανοχές προσδιορίζονται πάνω στο κομμάτι βασιζόμενες στις λειτουργικές του προδιαγραφές. Αυτό συχνά προκαλεί αυξημένες ανοχές για την κατασκευή τους. Απαλοιφεί προβλήματα που προκύπτουν όταν οι σχεδιαστές αντιγράφουν ήδη υπάρχουσες ανοχές ή αναθέτουν σφιχτές ανοχές επειδή δεν ξέρουν πως να προσδιορίσουν μια λογική (λειτουργική) ανοχή.

Διαφορές μεταξύ γεωμετρικών και ανοχών διαστάσεων

Μερικές φορές οι σχεδιαστές νομίζουν πως είναι ποιο γρήγορο να διαστασιολογήσουν ένα κομμάτι με διαστασιολογικές ανοχές παρότι με γεωμετρικές ανοχές,

αυτό δεν ισχύει. Το πρώτο μεγάλο μειονέκτημα των διαστασιολογικών ανοχών είναι οι "τετραγωνικές ζώνες ανοχών" τις οποίες είδαμε στο **Σχήμα 4**. Το σύμβολο Φ το οποίο βρίσκουμε σε έναν πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών (feature control frame) είναι ένα σύμβολο γεωμετρικών ανοχών το οποίο μας προσδιορίζει ότι έχουμε μια κυκλική ζώνη ανοχής. Παρατηρούμε έτσι ότι μεταβαίνοντας απο μία τετραγωνική ζώνη ανοχών σε μια κυκλική μας παρέχεται επιπλέον ανοχή, αυτή η επιπλέον ανοχή που κερδίζεται μπορεί να μειώσει το κατασκευαστικό κόστος. Το δεύτερο μεγάλο μειονέκτημα των διαστασιολογικών ανοχών είναι οι σταθερού μεγέθους ζώνες ανοχής. Οι γεωμετρικές ανοχές αποφεύγουν αυτό το πρόβλημα με την χρήση ενός συμβόλου τροποποίησης (modifier). Ένα τέτοιο σύμβολο είναι το σύμβολο M , το οποίο επιτρέπει επιπλέον ανοχή όταν οι διαστάσεις π.χ. μίας οπής είναι μεγαλύτερες. Αυτή η επιπλέον ανοχή που επιτρέπεται με την χρήση τροποποιητών μπορεί να μειώσει το κατασκευαστικό κόστος. Το τρίτο μεγάλο μειονέκτημα των διαστασιολογικών ανοχών είναι ότι έχουν ασαφείς οδηγίες για επιθεώρηση. Οι γεωμετρικές ανοχές εξαλείφουν αυτό το μειονέκτημα εμπεριέχοντας την έννοια του "συστήματος δεδομένων" (datum system). Το σύστημα δεδομένων επιτρέπει στον σχεδιαστή να μεταδώσει την απαραίτητη μέθοδο τοποθέτησης του κομματιού για επιθεώρηση στον επιθεωρητή. Αυτά τα δεδομένα συμβολίζονται με κεφαλαία γράμματα τα οποία εισάγονται στο σχέδιο για να ορίσουν ποιές επιφάνειες πρέπει να έρθουν σε επαφή με τον εξοπλισμό δεσίματος του κομματιού. Χωρίς την χρήση γεωμετρικών ανοχών ένα σχέδιο θα έμοιαζε σαν το **Σχήμα 6** για να φτάσει στο ίδιο επίπεδο ολοκλήρωσης με ένα σχέδιο που χρησιμοποιεί γεωμετρικές ανοχές.



$\parallel 0,02 A$

Ανοχή παραλληλότητας 0,02mm της επίπεδης επιφάνειας ως προς την επιφάνεια A. Ουσιαστικά σημαίνει ότι όλα τα σημεία της επιφάνειας που χαρακτηρίζεται, πρέπει να βρίσκονται μεταξύ δύο επιπέδων που απέχουν απόσταση 0,02mm και είναι παράλληλα με το επίπεδο αναφοράς A

$\perp \Phi 0,02 A$

Ανοχή καθετότητας 0,02mm του άξονα της οπής $\Phi 18$ ως προς την επιφάνεια A. Ουσιαστικά σημαίνει ότι ο άξονας της οπής για την οποία γίνεται η καταχώρηση της ανοχής, πρέπει να βρίσκεται μέσα σε έναν κύλινδρο διαμέτρου 0,02mm με άξονα κάθετο στην επιφάνεια αναφοράς A

$\circ 0,01$

Ανοχή κυκλικότητας 0,01mm. Σημαίνει ότι σε οποιοδήποτε εγκάρσιο επίπεδο τομής της οπής, η τομή που προκύπτει πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε δύο ομόκεντρους κύκλους που απέχουν 0,01mm μεταξύ τους

$\square 0,01$

Ανοχή επιπεδότητας της βάσης του εξαρτήματος 0,01mm. Σημαίνει πως η βάση του εξαρτήματος πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε δύο παράλληλα επίπεδα που απέχουν μεταξύ τους 0,01mm

$\equiv 0,05$

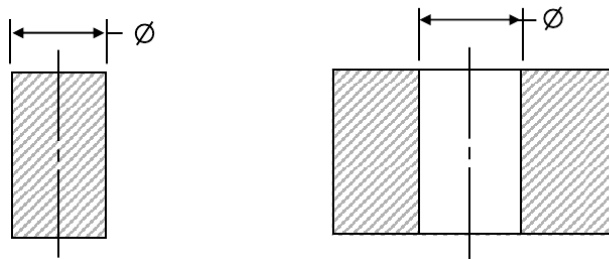
Ανοχή συμμετρίας 0,05mm μεταξύ των δύο αξόνων. Σημαίνει πως το κεντρικό επίπεδο της διαμόρφωσης διάστασης 32g6 πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε δύο παράλληλα επίπεδα που απέχουν μεταξύ τους 0,05mm και είναι συμμετρικά τοποθετημένα ως προς το κεντρικό επίπεδο συμμετρίας της διαμόρφωσης διάστασης 50mm

Σχήμα 6 Σημειώσεις που χρειάζονται για να κάνουν ένα σχέδιο ανοχών διαστάσεων ισάξιο με ένα σχέδιο γεωμετρικών ανοχών.

Όπως βλέπουμε ένα σχέδιο με την χρήση συμβολισμών γεωμετρικών ανοχών είναι ποιοό εύκολο και ποιοό γρήγορο να σχεδιαστεί.

Εσωτερικές και εξωτερικές διαστάσεις χαρακτηριστικών (Feature of size)

Υπάρχουν δύο τύποι διαστάσεων χαρακτηριστικών, οι εξωτερικές και οι εσωτερικές. Οι εξωτερικές διαστάσεις αποτελούνται απο επιφάνειες στοιχείων που είναι εξωτερικά χαρακτηριστικά, όπως η διάμετρος ενός άξονα ή το συνολικό πλάτος ή ύψος ενός επίπεδου τμήματος. Μια εσωτερική διάσταση αποτελείται από επιφάνειες στοιχείων που είναι εσωτερικές επιφάνειες ενός τμήματος, όπως η διάμετρος μιας οπής ή το πλάτος μίας σχισμής.



Σχήμα 7 Παραδείγματα εξωτερικών και εσωτερικών διαστάσεων χαρακτηριστικών

2.4 Σύμβολα, ορισμοί και κανόνες γεωμετρικών ανοχών

Τα σύμβολα, οι ορισμοί και οι κανόνες είναι τα βασικά στοιχεία των γεωμετρικών ανοχών. Είναι το αλφάβητο και η σύνταξη αυτής της σχεδιαστικής γλώσσας, οι σχεδιαστές και οι χρήστες αυτών των σχεδίων πρέπει να είναι πολύ εξοικιωμένοι με την χρήση αυτών των συμβόλων. Αυτά τα 14 σύμβολα που βλέπουμε στον Πίνακα 1 χωρίζονται ανάλογα με την χρήση τους σε 5 κατηγορίες: μορφής, προφίλ, προσανατολισμού, τοποθεσίας και εκκεντρότητας.

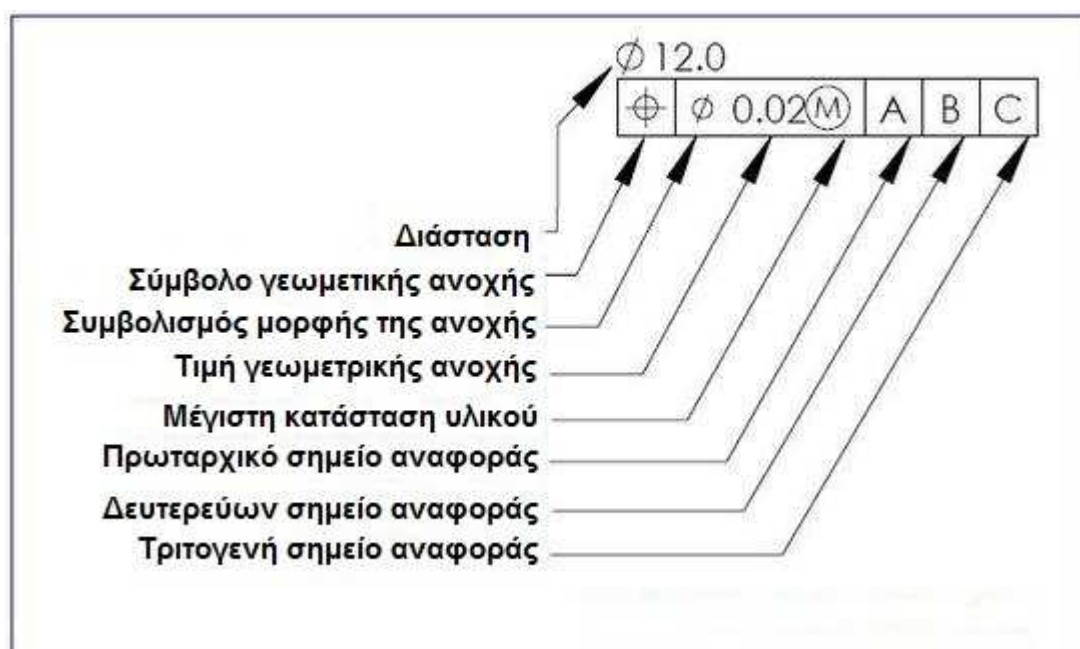
Τύπος ανοχής	Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Σύμβολο
Μορφής	Ευθύτητα	—
	Επιπεδότητα	▱
	Κυκλικότητα	○
	Κυλινδρικότητα	⊘
Προφίλ	Προφίλ μίας γραμμής	⌒
	Προφίλ μίας επιφάνειας	⌒

Προσανατολισμός	Γωνικότητα	\sphericalangle
	Καθετότητα	\perp
	Παραλληλισμός	\parallel
Τοποθεσίας	Θέσεις	\oplus
	Ομοκεντρικότητα	\odot
	Συμμετρία	\equiv
Εκκεντρότητας	Κυκλική εκκεντρότητα	$/$
	Συνολική εκκεντρότητα	∇

Πίνακας 1 Σύμβολα γεωμετρικών χαρακτηριστικών

Πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών (feature control frame)

Οι γεωμετρικές ανοχές ορίζονται σε ένα σχέδιο μέσα από την χρήση ενός πλαισίου ελέγχου χαρακτηριστικών, είναι ένα ορθογώνιο πλαίσιο που είναι χωρισμένο σε επιμέρους τμήματα μέσα στα οποία τοποθετούνται τα γεωμετρικά σύμβολα των χαρακτηριστικών. Τα επιμέρους τμήματα του πλαισίου ελέγχου χαρακτηριστικών φαίνονται με λεπτομέρεια στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 8 Τα τμήματα ενός πλαισίου ελέγχου χαρακτηριστικών.

Το πρώτο τμήμα εμπεριέχει ένα από τα δεκατέσσερα σύμβολα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τα οποία γνωρίσαμε στον **Πίνακα 1**. Το δεύτερο τμήμα είναι το τμήμα της τιμής της γεωμετρικής ανοχής, σε αυτό το τμήμα περιέχονται διάφορα είδοι πληροφοριών όπως η μορφή της γεωμετρικής ζώνης, για παράδειγμα (ϕ) που μας δείχνει κυκλικής μορφής γεωμετρική ζώνη, η τιμή της και όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο από τον σχεδιαστεί έναν

τροποποιητή υλικού. Όταν ορίζουμε ένα έλεγχο που δεν σχετίζεται με κάποια datums τότε το πλαίσιο ελέγχου θα έχει δύο τμήματα. Όταν έχουμε ένα πλαίσιο ελέγχου που σχετίζεται με κάποια datum τότε το πλαίσιο ελέγχου μπορεί να έχει μέχρι και πέντε τμήματα: το πρώτο για ένα σύμβολο γεωμετρικού χαρακτηριστικού, ένα για πληροφορίες σχετικά με την ανοχή και μέχρι τρία επιπλέον τμήματα για αναφορές σε datum.

2.5 Καταστάσεις υλικού (Material conditions)

Ένα βασικό στοιχείο των γεωμετρικών ανοχών είναι η δυνατότητα να ορίσουν ανοχές για διάφορες καταστάσεις υλικού στα χαρακτηριστικά ενός κομματιού. Μια γεωμετρική ανοχή μπορεί να οριστεί ότι ισχύει στη μεγαλύτερη ή μικρότερη ή στην πραγματική διάσταση ενός χαρακτηριστικού. Τρεις είναι οι πιο κοινές συνθήκες υλικού που χρησιμοποιούνται στις γεωμετρικές ανοχές.

Μέγιστη κατάσταση υλικού (Maximum material condition ή MMC): Είναι η κατάσταση κατά την οποία μια διάσταση χαρακτηριστικού περιέχει την μέγιστη ποσότητα υλικού παντού μέσα στις οριοθετημένες του διαστάσεις. Όπως βλέπουμε για παράδειγμα στο **Σχήμα 7** την μεγαλύτερη διάμετρο του άξονα αν πρόκειται για εξωτερική διάσταση ή την μικρότερη διάμετρο της οπής εάν πρόκειται για εσωτερική διάσταση.



Ελάχιστη κατάσταση υλικού (Least material condition ή LMC): Είναι η κατάσταση κατά την οποία μια διάσταση χαρακτηριστικού περιέχει την ελάχιστη ποσότητα υλικού παντού μέσα στις οριοθετημένες του διαστάσεις. Όπως βλέπουμε για παράδειγμα στο **Σχήμα 7** την μικρότερη διάμετρο του άξονα ή την μεγαλύτερη διάμετρο της οπής.

Ανεξαρτήτως διάστασης του χαρακτηριστικού (Regardless of feature of size ή RFS): Είναι ο όρος που μας δείχνει ότι μια γεωμετρική ανοχή ισχύει για κάθε προσαύξηση διάστασης του χαρακτηριστικού μέσα στα όρια των ανοχών. Ένας άλλος τρόπος για την σύλληψη της έννοιας αυτής είναι ότι η γεωμετρική ανοχή ισχύει για κάθε διάσταση που το κομμάτι παράγεται. Δεν έχει σύμβολο γιατί είναι η απούσα κατάσταση όλων των γεωμετρικών ανοχών.

Χρήση κατάστασης υλικού

Κάθε κατάσταση υλικού χρησιμοποιείται για διαφορετικούς λειτουργικούς σκοπούς. Οι γεωμετρικές ανοχές στην μέγιστη κατάσταση υλικού συχνά χρησιμοποιούνται όταν η λειτουργικότητα της διάστασης αυτού του χαρακτηριστικού είναι η συναρμολόγηση (assembly). Οι γεωμετρικές ανοχές στην ελάχιστη κατάσταση υλικού συχνά

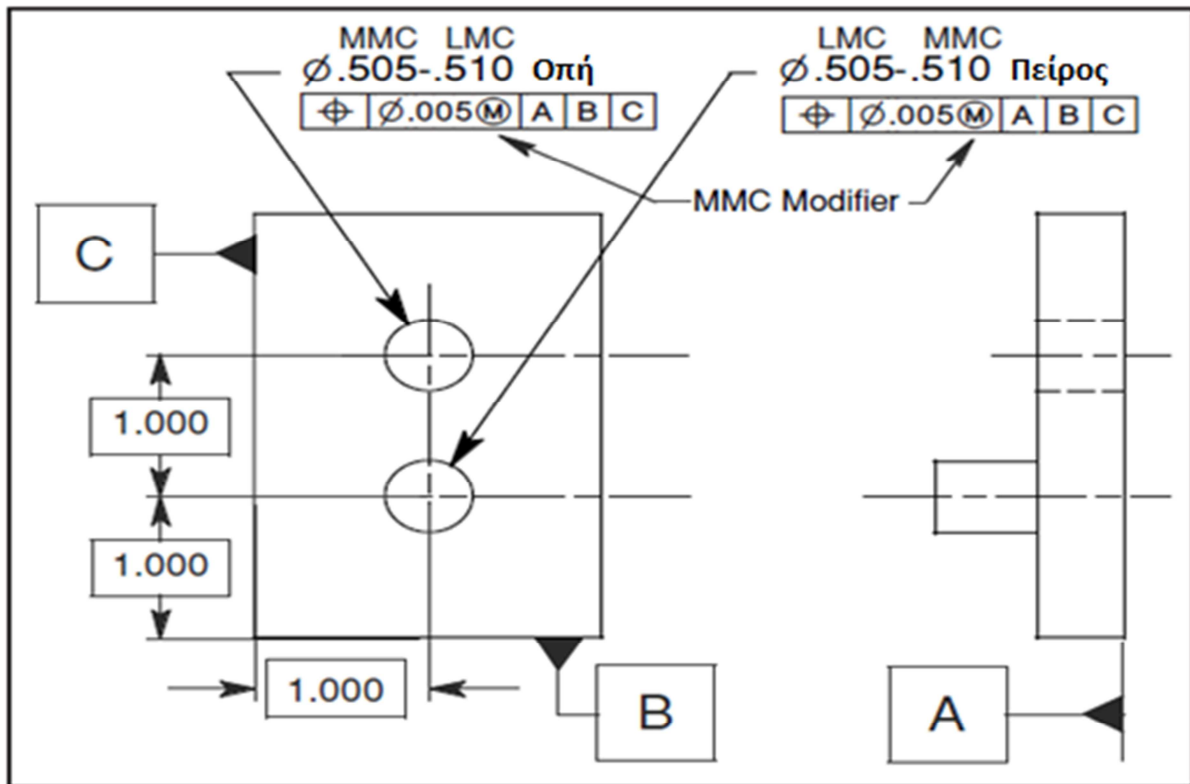
χρησιμοποιούνται για να διασφαλίσουν μια ελάχιστη απόσταση πάνω στο κομμάτι. Οι γεωμετρικές ανοχές ανεξαρτήτως διάστασης χαρακτηριστικού συχνά χρησιμοποιούνται για να διασφαλίσουν συμμετρικές σχέσεις.

Τροποποιητές κατάστασεις υλικού	Συντομογραφία	Σύμβολο
Ανεξαρτήτως διάστασης χαρακτηριστικού	RFS	Δεν υπάρχει
Μέγιστη κατάσταση υλικού	MMC	
Ελάχιστη κατάσταση υλικού	LMC	

Πίνακας 2 Σύμβολα καταστάσεων υλικού

Στην μέγιστη κατάσταση υλικού καθώς οι διαστάσεις ενός χαρακτηριστικού παρεκκλίνουν από την MMC προς την LMC κατάσταση μία "μπόνους" ανοχή αποκτάται που είναι το ακριβές ποσό της εν λόγω απόκλισης. Αυτή η επιπλέον ανοχή είναι η διαφορά της πραγματικής διάστασης του υλικού και της μέγιστης κατάστασης υλικού του χαρακτηριστικού. Αυτή η επιπλέον ανοχή προστίθεται στην γεωμετρική ανοχή που ορίζεται μέσα στο πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικού (feature control frame). Η μέγιστη κατάσταση υλικού είναι αυτή που χρησιμοποιείται πιο συχνά από τις καταστάσεις υλικού. Χρησιμοποιείται συχνά σε σημεία ανοχών που ταιριάζουν μεταξύ τους σε μια στατική συναρμολόγηση, για παράδειγμα μια συναρμολόγηση που αποτελείται από κομμάτια που είναι βιδωμένα μεταξύ τους.

Στην ελάχιστη κατάσταση υλικού όταν καθώς οι διαστάσεις ενός χαρακτηριστικού παρεκκλίνουν από την LMC προς την MMC κατάσταση μία "μπόνους" ανοχή αποκτάται που είναι το ακριβές ποσό της εν λόγω απόκλισης. Αυτή η επιπλέον ανοχή είναι η διαφορά της πραγματικής διάστασης του υλικού και της ελάχιστης κατάστασης του υλικού του χαρακτηριστικού. Αυτή η επιπλέον ανοχή προστίθενται στην γεωμετρική ανοχή που ορίζεται μέσα στο πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικού. Χρησιμοποιείται για να διατηρηθεί μια ελάχιστη απόσταση ανάμεσα στα χαρακτηριστικά. Η ελάχιστη κατάσταση υλικού χρησιμοποιείται σπάνια.



Σχήμα 9 Σχέδιο Οπής και Πείρου στη Μέγιστη κατάσταση υλικού

Εσωτερικό χαρακτηριστικό(Οπή)				
Πραγματική διάσταση χαρακτηριστικού	MMC	Bonus	Γεωμετρική ανοχή	Τελική ανοχή
MMC .505	.505	.000	.005	.005
.506	.505	.001	.005	.006
.507	.505	.002	.005	.007
.508	.505	.003	.005	.008
.509	.505	.004	.005	.009
LMC .510	.505	.005	.005	.010
Εξωτερικό χαρακτηριστικό(Πείρος)				
MMC .510	.510	.000	.005	.005
.509	.510	.001	.005	.006
.508	.510	.002	.005	.007
.507	.510	.003	.005	.008
.506	.510	.004	.005	.009
LMC .505	.510	.005	.005	.010

Πίνακας 3 Η αύξηση στην Bonus ανοχή και στην τελική ανοχή καθώς οι διαστάσεις των χαρακτηριστικών αποκλίνουν από την MMC στην LMC κατάσταση υλικού για το παραπάνω σχήμα.

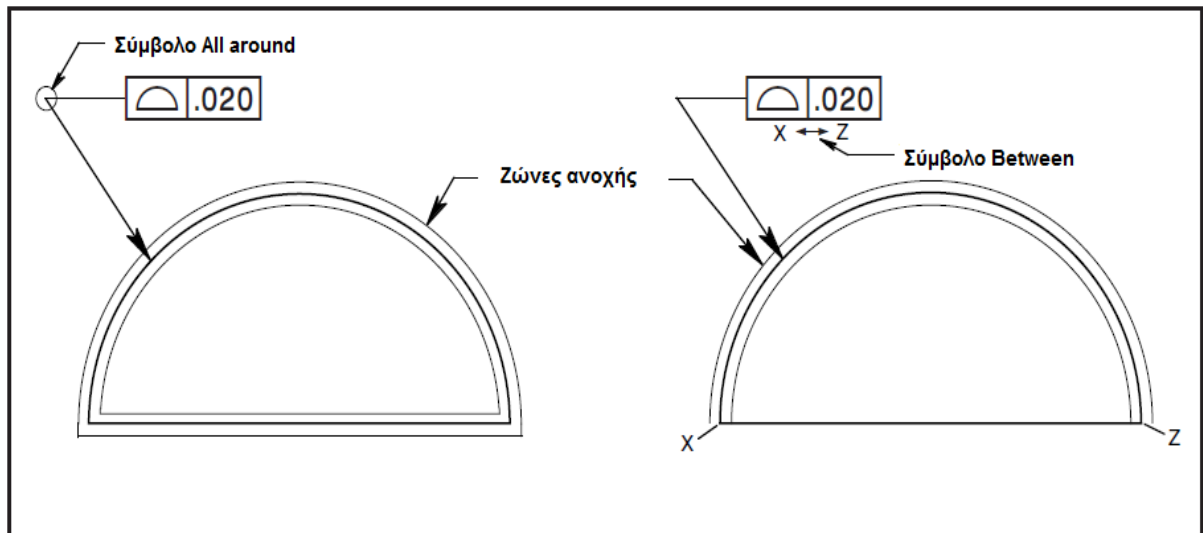
2.6 Συμβολισμοί γεωμετρικών ανοχών

Στον **Πίνακα 4** βλέπουμε τους συμβολισμούς που χρησιμοποιούνται στις γεωμετρικές ανοχές και θα αναλυθούν αναλυτικότερα σε παρακάτω κεφάλαια.

All Around		Free State	
Between		Projected Tolerance Zone	
Number of Places	X	Tangent Plane	
Counterbore/Spotface		Radius	R
Contersink		Radius, Controlled	CR
Depth/Deep		Spherical Radius	SR
Diameter	\varnothing	Spherical Diameter	S \varnothing
Dimension, Basic	1.000	Square	
Dimension, Reference	(60)	Statistical Tolerance	
Dimension Origin		Datum Target	
Arc Length		Target Point	
Conical Taper		Slope	

Πίνακας 4 Σύμβολα γεωμετρικών ανοχών που χρησιμοποιούνται σε σχέδια.

Τα All around και Between σύμβολα χρησιμοποιούνται με τον έλεγχο προφίλ όπως στο **Σχήμα 10**



Σχήμα 10 Σύμβολα All around και Between και οι ζώνες ανοχών που ορίζουν

Όταν ένας μικρός κύκλος τοποθετείται στην άρθρωση της κύριας γραμμής όπως στο **Σχήμα 10** τότε το προφίλ της ανοχής καθορίζεται σε όλη την επιφάνεια του κομματιού. Το σύμβολο Between όπως βλέπουμε στο σχήμα από πάνω μας καθορίζει ότι η ανοχή ισχύει μόνο μεταξύ των σημείων X και Z του τμήματος του κομματιού.

Σε αυτό το σημείο για την εξήσηση των συμβόλων counterbore και countersink θα πρέπει να γνωρίσουμε τι είναι η καθεμία από αυτές τις διαδικασίες διάτρησης.

Counterbore (C' bore): Αναφέρεται σε μια διάτρηση η οποία είναι κυλινδρική με επίπεδο πυθμένα η οποία διευρύνει μια άλλη τρύπα. Χρησιμοποιείται όταν η βίδα πρέπει να "καθίσει" στο ίδιο επίπεδο ή κάτω από το επίπεδο της επιφάνειας ενός αντικειμένου.



Σχήμα 11 Παράδειγμα Counterbore οπής.

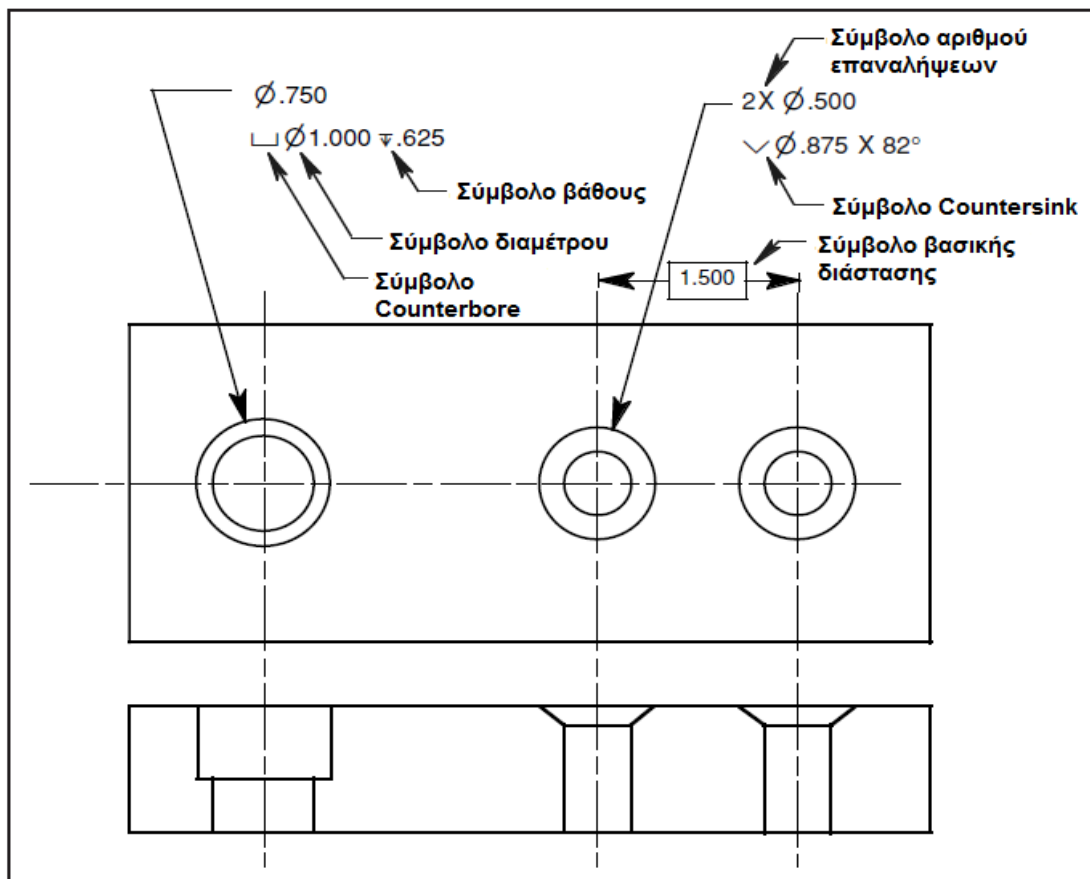
Countersink (Φρέζα): Είναι μια οπή κωνικής τομής της οποίας η χρήση είναι να επιτρέπει την κεφαλή της βίδας όταν τοποθετείται μέσα στην οπή να "κάθεται" στο ίδιο επίπεδο ή κάτω

από την επιφάνεια του υλικού, χρησιμοποιείται επίσης για την αφαίρεση του γρεζιού το οποίο απομένει στο επάνω μέρος της οπής κατά τις διαδικασίες διάτρησης της οπής ή κατά την είσοδο του σπειροτόμου.



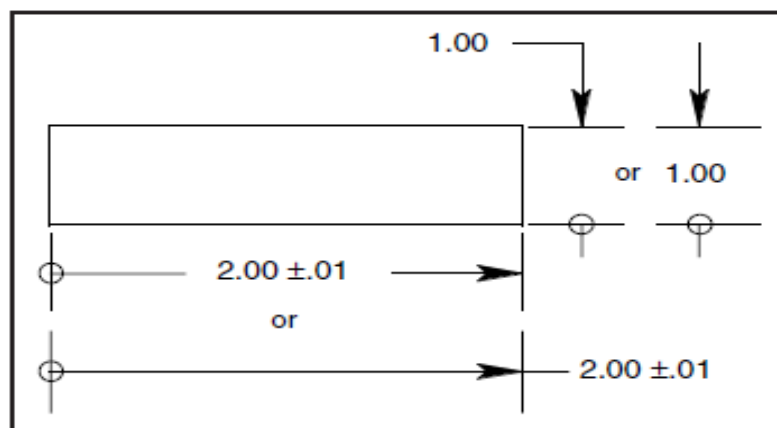
Σχήμα 12 Παράδειγμα Countersink οπής.

Στο Σχήμα 12 βλέπουμε τα σύμβολα Counterbore και Countersink τα οποία μας δείχνουν την διαδικασία που έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της οπής. Το σύμβολο του βάθους (Depth) ενός χαρακτηριστικού. Τον συμβολισμό της βασικής διάστασης (Basic dimension) η οποία είναι μια διάσταση η οποία περιβάλλεται από ένα πλαίσιο, οι ανοχές που συνδέονται με βασικές διαστάσεις συνήθως εμφανίζονται μέσα σε ένα πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών.



Σχήμα 12 Συμβολισμός counterbore, countersink, βάθους, διαμέτρου και βασικών διαστάσεων.

Το σύμβολο προέλευσης μιας διάστασης μας καθορίζει από που ξεκινά η μέτρηση ενός χαρακτηριστικού. Στο Σχήμα 13 παρουσιάζονται διάφοροι τρόποι καθορισμού του συμβόλου προέλευσης μιας διάστασης.



Σχήμα 13 Σύμβολο προέλευσης διάστασης.

Τροποποιητές (Modifiers)

Στην γλώσσα των γεωμετρικών ανοχών υπάρχει μια κατηγορία συμβόλων που ονομάζεται τροποποιητές. Οι τροποποιητές περιέχουν επιπλέον πληροφορίες για το σχέδιο ή την ανοχή ενός κομματιού. Τους πρώτους δύο τροποποιητές MMC και LMC τους γνωρίσαμε παραπάνω στο κεφάλαιο καταστάσεις υλικού. Τοποθετούνται μέσα στο πλαίσιο ελέγχου των χαρακτηριστικών. Οι επόμενοι δύο τροποποιητές που θα εξετάσουμε είναι οι **P** και **T** που αντιπροσωπεύουν την προβαλλόμενη ζώνη ανοχής (projected tolerance zone) και εφαπτόμενης επιφάνειας ζώνη ανοχής (tangent plane). Οι προβαλλόμενη ζώνη χρησιμοποιείται γενικά για οπές με σπείρωμα και οπές που πρόκειται να συναρμολογηθούν με κάποιο πείρο και ο σχεδιαστής μεριμνά ότι η βίδα ή ο πείρος προεξέχοντας από την τρύπα δεν θα επηρεάσει την επιφάνεια της οπής στην συναρμολόγηση της με κάποιο άλλο κομμάτι. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ποίο σημαντικό να γνωρίζουμε που είναι ο πείρος ή ο σύνδεσμος των δύο κομματιών παρά η οπή. Στην ουσία προβάλλει την ζώνη ανοχής έτσι ώστε να είναι πάνω από το κομμάτι και η τιμή της είναι συνήθως το μέγιστο πάχος του ζευγαρώματος ή το μέγιστο ύψος του πείρου ή των στηριγμάτων. Ο τροποποιητής της εφαπτόμενης επιφάνειας μας υποδηλώνει ότι μόνο εφαπτόμενη επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με μία άλλη επιφάνεια σε μία συναρμολόγηση χρειάζεται να είναι μέσα στα όρια αυτής της ζώνης ανοχής. Οι δύο αυτοί τροποποιητές τοποθετούνται μέσα στο πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών του κομματιού.

Το σύμβολο της διάμετρου (\emptyset) χρησιμοποιείται με δύο τρόπους: Μέσα στο πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών σαν τροποποιητής για να υποδηλώσει το σχήμα της ζώνης ανοχών ή έξω από το πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών για να υποδηλώσει ότι η διάσταση που ακολουθεί είναι διάμετρος. Οι τροποποιητές ακτίνας (R), σφαιρικής ακτίνας (SR), σφαιρικής διαμέτρου (S \emptyset) και ελεγχόμενης ακτίνας (CR) επίσης χρησιμοποιούνται εκτός του πλαισίου ελέγχου χαρακτηριστικών και αναλύονται παρακάτω αναλυτικότερα.

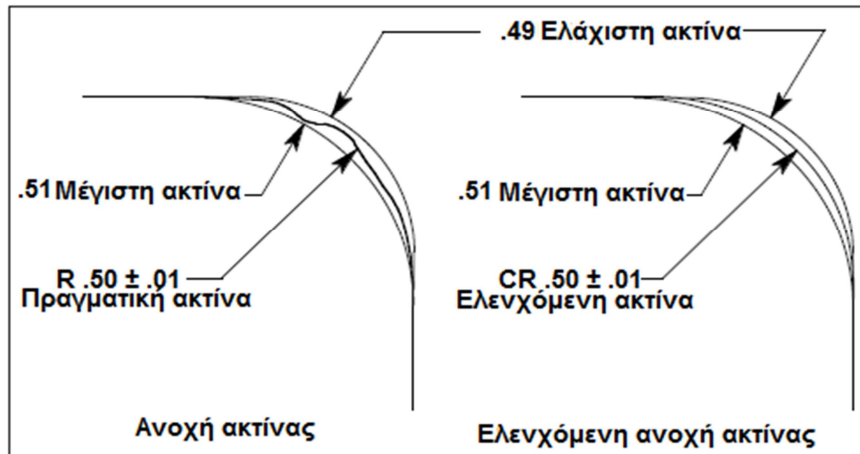
Ο τροποποιητής για αναφορά είναι απλά η μέθοδος που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει ότι κάποια πληροφορία είναι απλά για αναφορά. Αυτή η πληροφορία δεν προορίζεται για την κατασκευή ή την επιθεώρηση του κομματιού. Για να οριστεί μία διάσταση ή κάποια άλλη πληροφορία ως αναφοράς τότε πρέπει να είναι μέσα σε παρένθεση.

Ακτίνα (Radius)

Ακτίνα είναι μια ευθεία γραμμή που εκτείνεται από το κέντρο ως την επιφάνεια ενός τόξου ή κύκλου. Το σύμβολο για μια ακτίνα είναι R. Όταν το σύμβολο R χρησιμοποιείται δημιουργεί μια ζώνη που ορίζεται από δύο τόξα (από την ελάχιστη και τη μέγιστη ακτίνα). Η επιφάνεια του κομματιού πρέπει να βρίσκεται μέσα σε αυτή την ζώνη.

Ελεγχόμενη ακτίνα (Controlled radius)

Η ελεγχόμενη ακτίνα είναι μια ακτίνα χωρίς "βουνά" και "κοιλιάδες". Το σύμβολο για μια ελεγχόμενη ακτίνα είναι CR. Όταν το σύμβολο CR χρησιμοποιείται δημιουργεί μια ζώνη ανοχής που ορίζεται από δύο ακτίνες (την ελάχιστη και μέγιστη ακτίνα). Η επιφάνεια του κομματιού πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια των ανοχών χωρίς "βουνά" και "κοιλιάδες". Στο **Σχήμα 14** βλέπουμε ένα παραδείγμα πραγματικής ακτίνας και ελεγχόμενης ακτίνας.



Σχήμα 14 Παράδειγμα Πραγματικής ακτίνας και ελεγχόμενης ακτίνας.

Σφαιρική ακτίνα και σφαιρική διάμετρος (Spherical radius and spherical diameter)

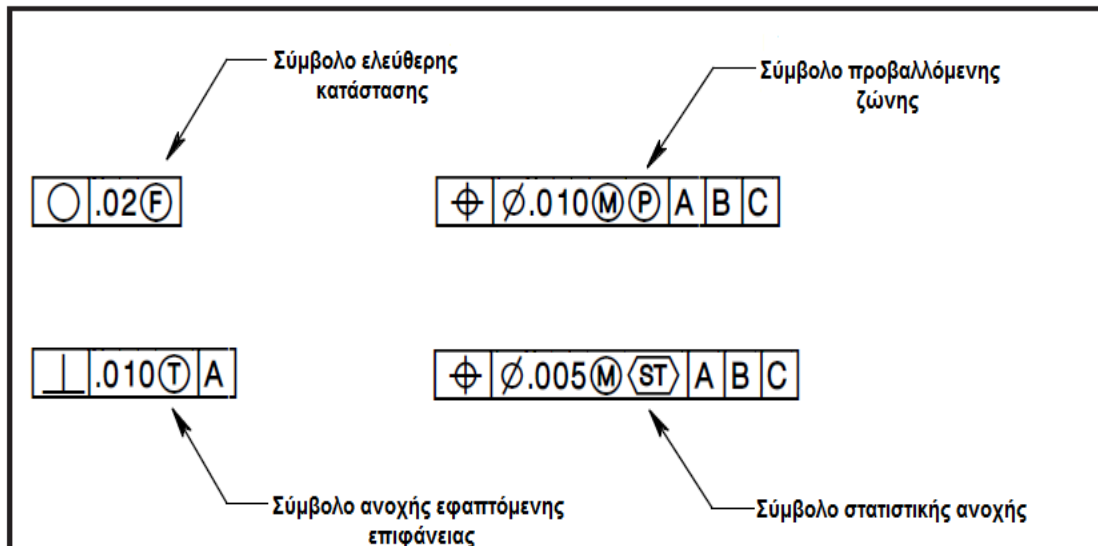
Η σφαιρική ακτίνα και η σφαιρική διάμετρος μας ορίζουν την ακτίνα και την διάμετρο μιας σφαίρας. Τα συμβολά τους είναι SR για την ακτίνα και S \varnothing για την διάμετρο.

Ελεύθερη κατάσταση (Free state)

Ο τροποποιητής της ελεύθερης κατάστασης μας ορίζει ότι οι ανοχές εφαρμόζονται για μη άκαμπτα χαρακτηριστικά που υπόκεινται στην "ελεύθερη κατάσταση". Το σύμβολο της ελεύθερης κατάστασης είναι $\text{\textcircled{F}}$.

Στατιστική ανοχή (Statistical tolerance)

Το σύμβολο αυτό μας δείχνει ότι η ανοχή ορίζεται από μία στατιστική ανοχή. Το σύμβολο της στατιστικής ανοχής μπορεί επίσης να εφαρμοστεί και σαν ανοχή κάποιου μεγέθους. Οι παραπάνω τροποποιητές χρησιμοποιούνται μέσα στο πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών μετά την τιμή της ανοχής και μετά απο τους τροποποιητές κατάστασης υλικού όπως βλέπουμε και στο **Σχήμα 15**.



Σχήμα 15 Παραδείγματα χρήσης συμβόλων ελεύθερης κατάστασης, προβαλλόμενης ζώνης εφαπτόμενης επιφάνειας και στατιστικής ανοχής.

Τετραγωνική ανοχή

Ένα από τα πλεονεκτήματα των γεωμετρικών ανοχών είναι ότι μπορούμε να ορίσουμε την μορφή που θέλουμε να έχει η ανοχή μας. Μία από αυτές τις μορφές είναι η τετραγωνική και το σύμβολο της είναι \square . Η τετραγωνική ανοχή εφαρμόζεται σε τετραγωνικά χαρακτηριστικά ακριβώς όπως μια κυκλική ανοχή εφαρμόζεται σε κυκλικά χαρακτηριστικά.

Conical taper (κωνικότητα)

Η κωνικότητα στις γεωμετρικές ανοχές ορίζεται σαν ο λόγος της διαφοράς μεταξύ δύο διαμέτρων, κάθετα προς τον άξονα του κώνου, διαιρούμενο από το μήκος μεταξύ των δύο διαμέτρων.

$$\text{Κωνικότητα} = (D-d)/L$$

Στον παραπάνω τύπο το D είναι η μεγάλη διάμετρος και d είναι η μικρότερη διάμετρος και L είναι το μήκος μεταξύ αυτών των δύο διαμέτρων.

Slope (κλίση)

Η κλίση ορίζεται σαν ο λόγο της διαφοράς των υψών και των δύο άκρων μίας κεκλιμένης επιφάνειας, που μετρείται από ωρολογιακές γωνίες που σχηματίζονται με τις κύριες γραμμές του σχεδίου και διαιρούνται με το μήκος μεταξύ των δύο υψών.

$$\text{Κλίση} = (H-h)/L$$

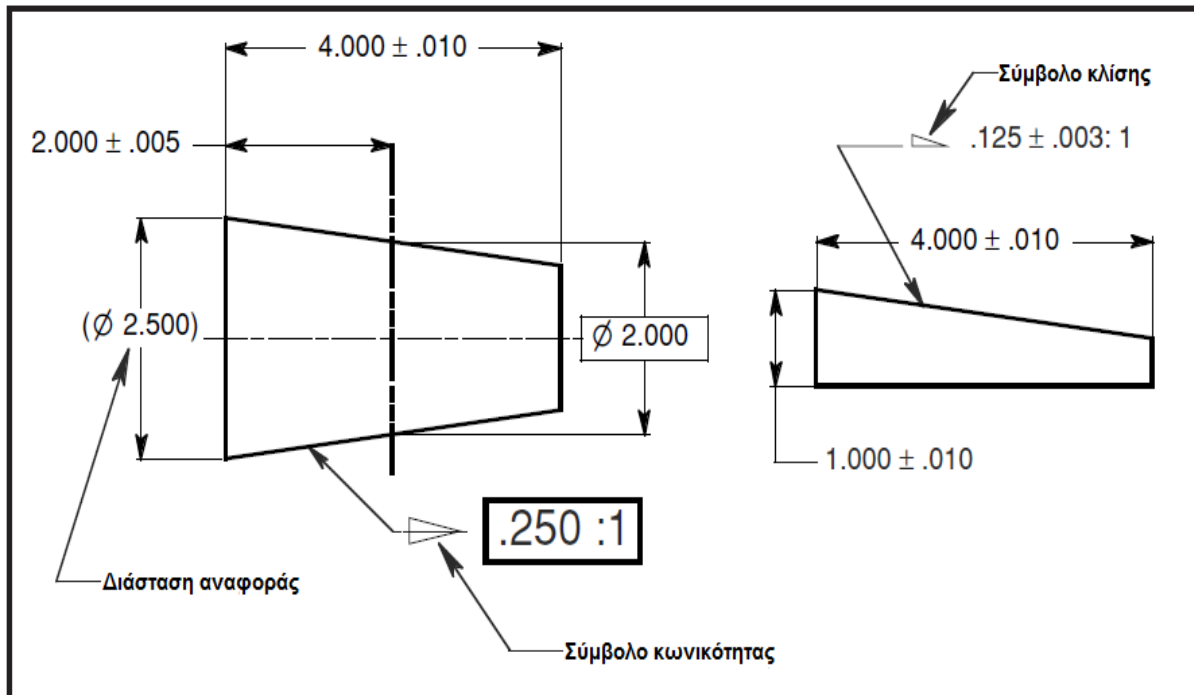
Στον παραπάνω τύπο το H είναι το μεγαλύτερο ύψος και h είναι το μικρότερο ύψος και L είναι το μήκος μεταξύ των δύο υψών.

Διάσταση αναφοράς (reference dimension)

Μία διάσταση αναφοράς είναι μια αριθμητική τιμή χωρίς ανοχή η οποία χρησιμοποιείται μόνο για γενικές πληροφορίες. Είναι γενικές πληροφορίες και μπορεί να μην χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του κομματιού ή τον έλεγχό του. Οι διαστάσεις αναφοράς αναγνωρίζονται πάνω σε ένα σχέδιο κατά την τοποθέτησή τους μέσα σε παρενθέσεις.

Arc length symbol (σύμβολο μήκους τόξου)

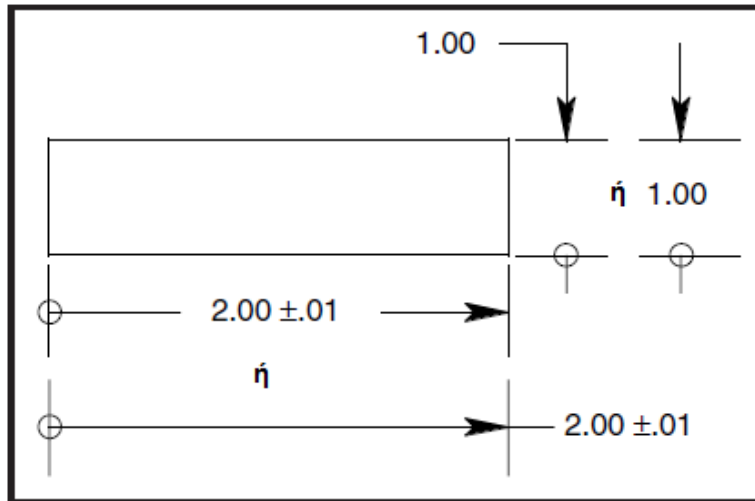
Το σύμβολο μήκους τόξου είναι μια γραμμική διάσταση που χρησιμοποιείται για την μέτρηση ενός τόξου κατά μήκος του περιγράμματος του. Ένα παράδειγμα αυτού του συμβόλου βλέπουμε στον Πίνακα 4.



Σχήμα 16 Παράδειγματα συμβολισμών κωνικότητας, κλίσης και διάστασης αναφοράς.

Σύμβολο προέλευσης διαστάσεων

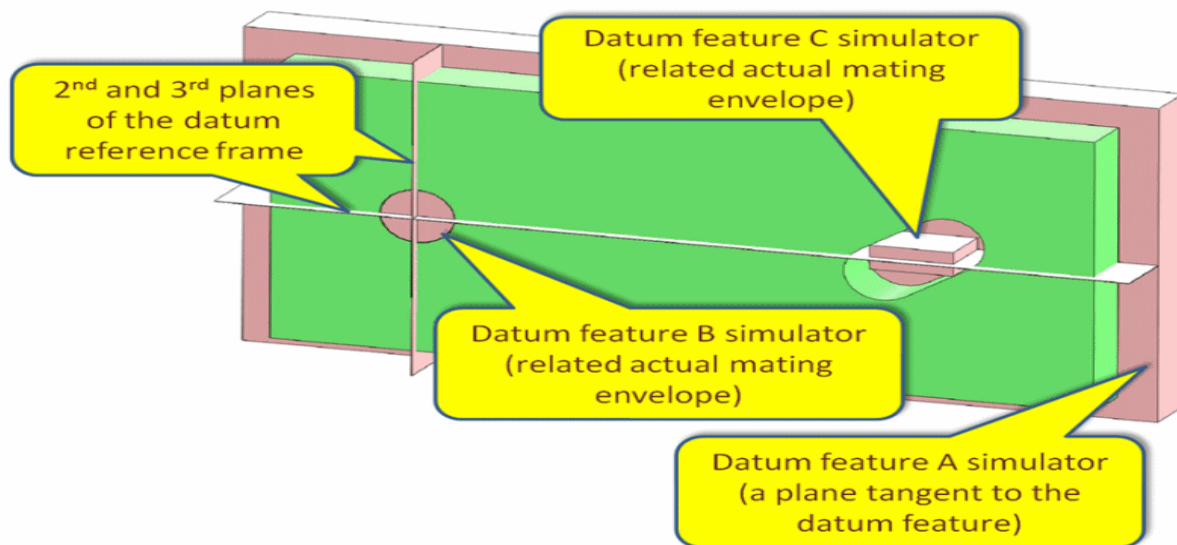
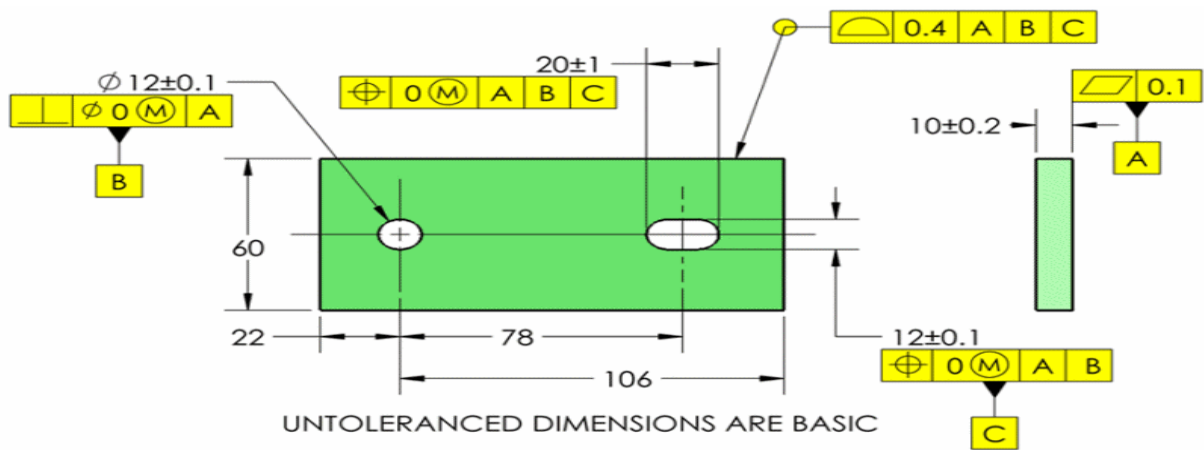
Το σύμβολο προέλευσης διαστάσεων μας υποδηλώνει ότι η μέτρηση ενός χαρακτηριστικού ξεκινάει από την αρχή, που είναι ένας κύκλος που από αυτόν ξεκινάνε όλες οι μετρήσεις.



Σχήμα 17 Παραδείγματα χρήσης του συμβόλου προέλευσης διαστάσεων.

2.7 Σημεία αναφοράς (datum)

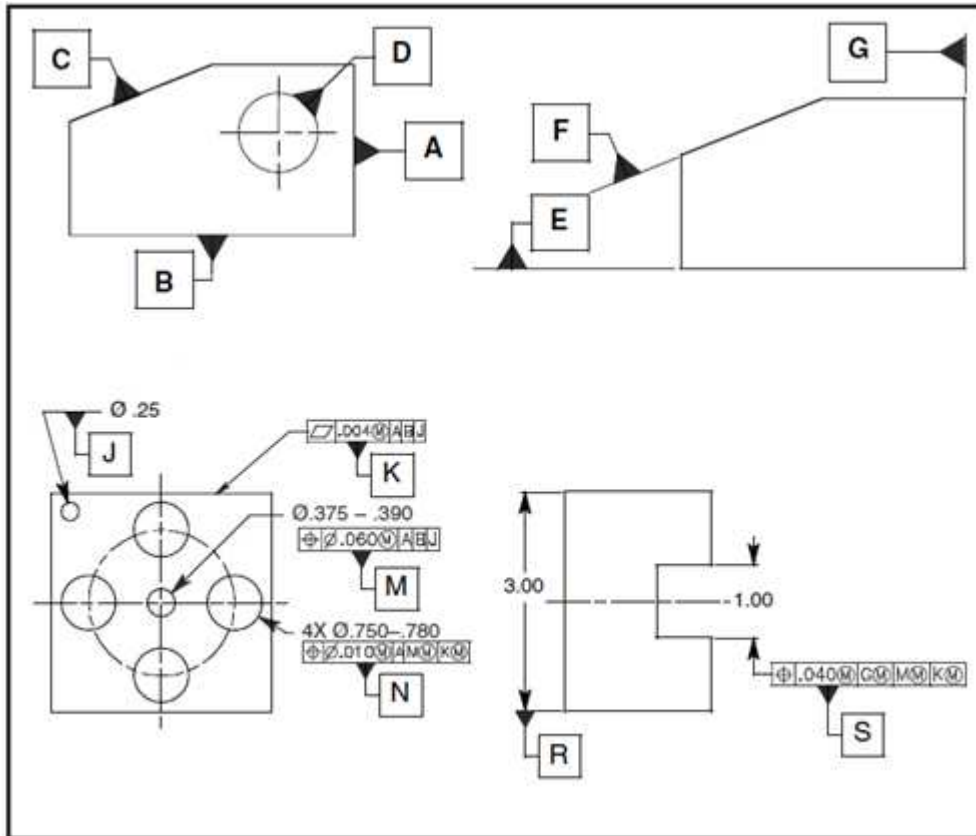
Τα datum στις γεωμετρικές ανοχές είναι σημεία αναφοράς που μέσα από αυτά μπορούν να αντληθούν συμπεράσματα. Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται μέσα από το πρότυπο ASME Y14.5. Τα datum είναι το θεωρητικά ακριβές σημείο, άξονας ή επίπεδο από το οποίο γίνεται μια διαστασιολογική μέτρηση. Η χρήση των datum είναι πολύ σημαντική για να επικοινωνήσει ο σχεδιαστής με τους χρήστες του σχεδίου όπως ο επιθεωρητής. Ο επιθεωρητής μέσα από το σχέδιο μπορεί να γνωρίζει ποιές επιφάνειες και με ποιά σειρά θα πρέπει να έρθουν σε επαφή με τον ελεγκτικό εξοπλισμό έτσι ώστε να ακολουθεί την σωστή μέθοδο ελέγχου και η μέθοδος των μετρήσεων που έχει γίνει να μπορεί να επαναληφθεί αργότερα και από άλλους επιθεωρητές για την επαλήθευση της. Σε αντίθετη περίπτωση ο επιθεωρητής θα έπρεπε να κάνει υποθέσεις για την σωστή μέθοδο μέτρησης με αποτέλεσμα διαφορετικοί επιθεωρητές να μπορούν να βγάλουν διαφορετικά αποτελέσματα. Αποτέλεσμα αυτού θα ήταν κομμάτια που συμβαδίζουν με τις προδιαγραφές να απορρίπτονται και κομμάτια που δεν συμβαδίζουν να γίνονται αποδεκτά. Επειδή οι πραγματικές διαστάσεις που πρέπει να έχει ένα κομμάτι είναι θεωρητικές τα datum θεωρούνται ότι υπάρχουν και εξομοιώνονται από τον εξοπλισμό ελέγχου όπως φαίνεται στο **Σχήμα 18**



Σχήμα 18 Τοποθέτηση κομματιού για διαστασιολογικό έλεγχο.

Ο συμβολισμός του datum

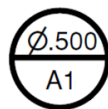
Ο συμβολισμός του αποτελείται από ένα κεφαλαίο γράμμα το οποίο είναι περιφραγμένο σε ένα τετραγωνικό κουτί και είναι συνδεδεμένο στο σχέδιο με μια κεντρική γραμμή που το τέλος της έχει ένα τρίγωνο. Το γράμμα που προσδιορίζει το datum μπορεί να είναι οποιοδήποτε γράμμα του αλφαβήτου. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για να προσκολληθεί πάνω στο σχέδιο το σύμβολο datum καθορίζει άμα μας ορίζει κάποιο επίπεδο ή κάποιο χαρακτηριστικό μεγέθους.



Σχήμα 19 Διάφοροι μέθοδοι σύνδεσης των χαρακτηριστικών με το σύμβολο datum

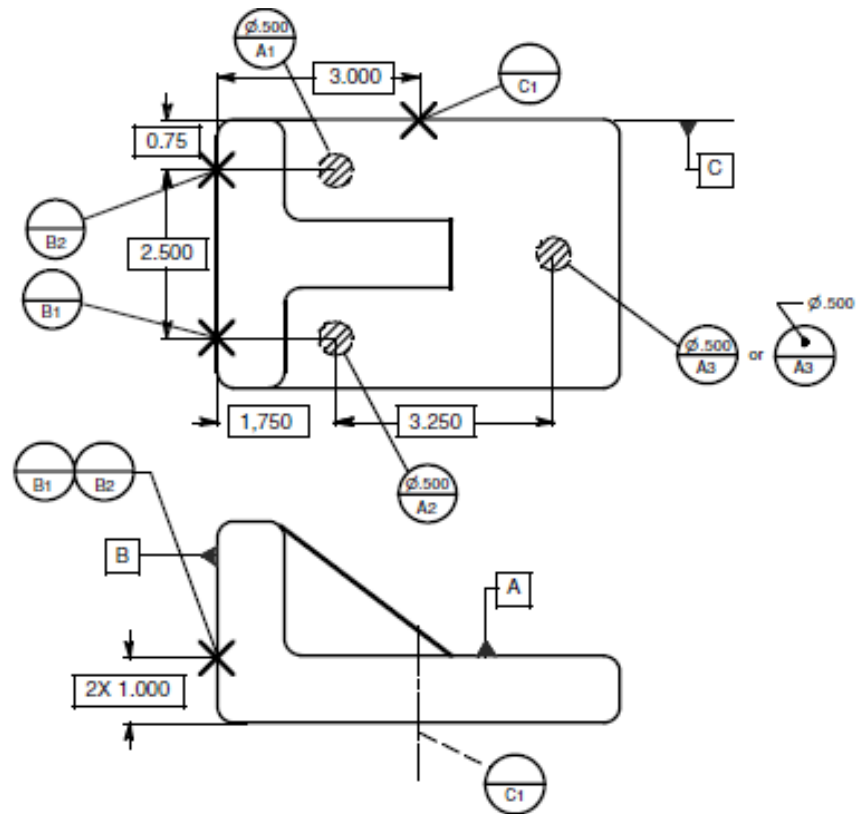
Datum target

Τα datum target σύμβολα είναι χωρισμένα σε δύο μέρη με μία οριζόντια γραμμή όπως βλέπουμε και στο **Σχήμα 20**. Το κάτω μέρος υποδηλώνει τον συμβολισμό του συγκεκριμένου datum και τον αριθμό που συσχετίζεται με αυτό το datum. Το πάνω μέρος περιέχει πληροφορίες για τον τρόπο τοποθέτησης του ελεγκτικού εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί.



Σχήμα 20 Σύμβολο datum target.

Εάν η κύρια γραμμή που ενώνει το datum target με το κομμάτι μας είναι συμπαγής τότε το datum target βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια του κομματιού όπως για παράδειγμα βλέπουμε στο **Σχήμα 21** τα datum target A1 έως A3 και B1, B2. Εάν η κύρια γραμμή είναι διακεκομμένη τότε μας υποδηλώνει ότι το datum target βρίσκεται στην "κρυμμένη" επιφάνεια του κομματιού μας όπως το datum target C1 στο **Σχήμα 21**.

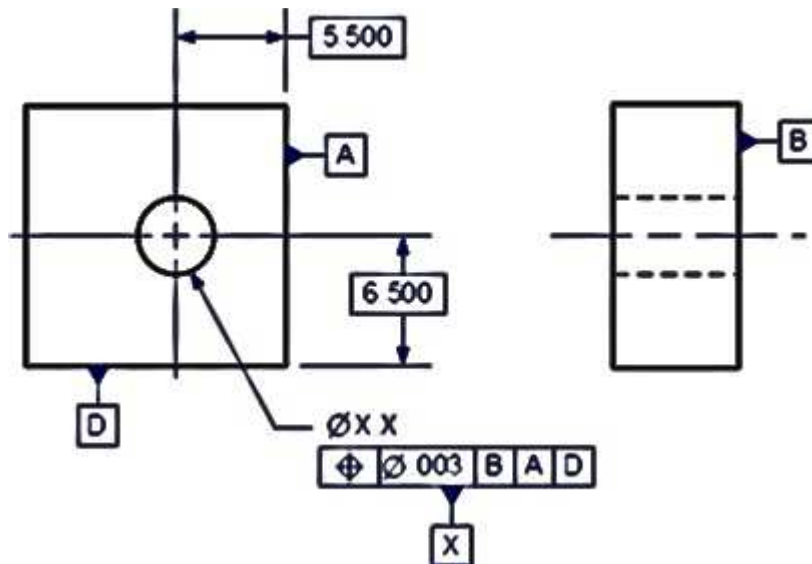


Σχήμα 21 Παραδείγματα χρήσης datum target

Για την δήλωση του τρόπου τοποθέτησης του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο ενός κομματιού τρεις συμβολισμοί χρησιμοποιούνται. Ο πρώτος συμβολισμός (C1 σύμβολο στο **Σχήμα 21**) μας υποδηλώνει ότι το datum target είναι ένα σημείο πάνω στο κομμάτι, ο δεύτερος (B1, B2 σύμβολα στο **Σχήμα 21**) ότι είναι μια γραμμή και ο τρίτος (A1, A2, A3) ότι είναι περιοχές πάνω στο κομμάτι. Βασικές διαστάσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται για την εύρεση των datum targets, που μας εξασφαλίζουν ότι θα έχουμε ελάχιστη μεταβολή μεταξύ των στοιχείων του ελεγκτικού μας εξοπλισμού.

Βασικές διαστάσεις (basic dimensions)

Μια βασική διαστάση είναι μια αριθμητική αξία που περιγράφει το θεωρητικά ακριβές σημείο, προφίλ, προσανατολισμό ή τοποθεσία για ένα χαρακτηριστικό ή datum target. Υπάρχουν δύο χρήσεις για τις βασικές διαστάσεις στα μηχανολογικά σχέδια. Η πρώτη είναι για να οριστεί η ακριβή θεωρητική τοποθεσία, προσανατολισμός ή προφίλ ενός χαρακτηριστικού του κομματιού. Η δεύτερη χρήση είναι για να οριστούν πληροφορίες σχετικά με την τοποθέτηση του κομματιού για έλεγχο (για παράδειγμα datum targets). Όταν χρησιμοποιούνται βασικές διαστάσεις για να ορίσουν τα χαρακτηριστικά ενός κομματιού χρησιμοποιούνται για να παρέχουν πληροφορίες για την θεωρητική τοποθεσία από την οποία ανεκτές μεταβολές επιτρέπονται από τις γεωμετρικές ανοχές.



Σχήμα 22 Παράδειγμα βασικών διαστάσεων ελέγχου της οπής

Συμβολισμός βασικών διαστάσεων

Οι βασικές ανοχές καθορίζονται με την επισύναψη της αριθμητικής αξίας μέσα σε ένα ορθωγόνιο κουτί. Όταν χρησιμοποιούνται οι βασικές διαστάσεις για να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά ενός κομματιού, πρέπει να συνοδεύονται από τις γεωμετρικές ανοχές για να ορίσουν πόση ανοχή το χαρακτηριστικό του κομματιού μπορεί να έχει.

2.8 Κανόνας 1 και κανόνας 2

Υπάρχουν δύο βασικοί κανόνες στο ASME Y14.5M-1994. Ο πρώτος κανόνας καθορίζει τις καταστάσεις μεγέθους των χαρακτηριστικών και ο δεύτερος κανόνας καθορίζει τις αρχικές καταστάσεις υλικού για τα πλαίσια ελέγχου των χαρακτηριστικών.

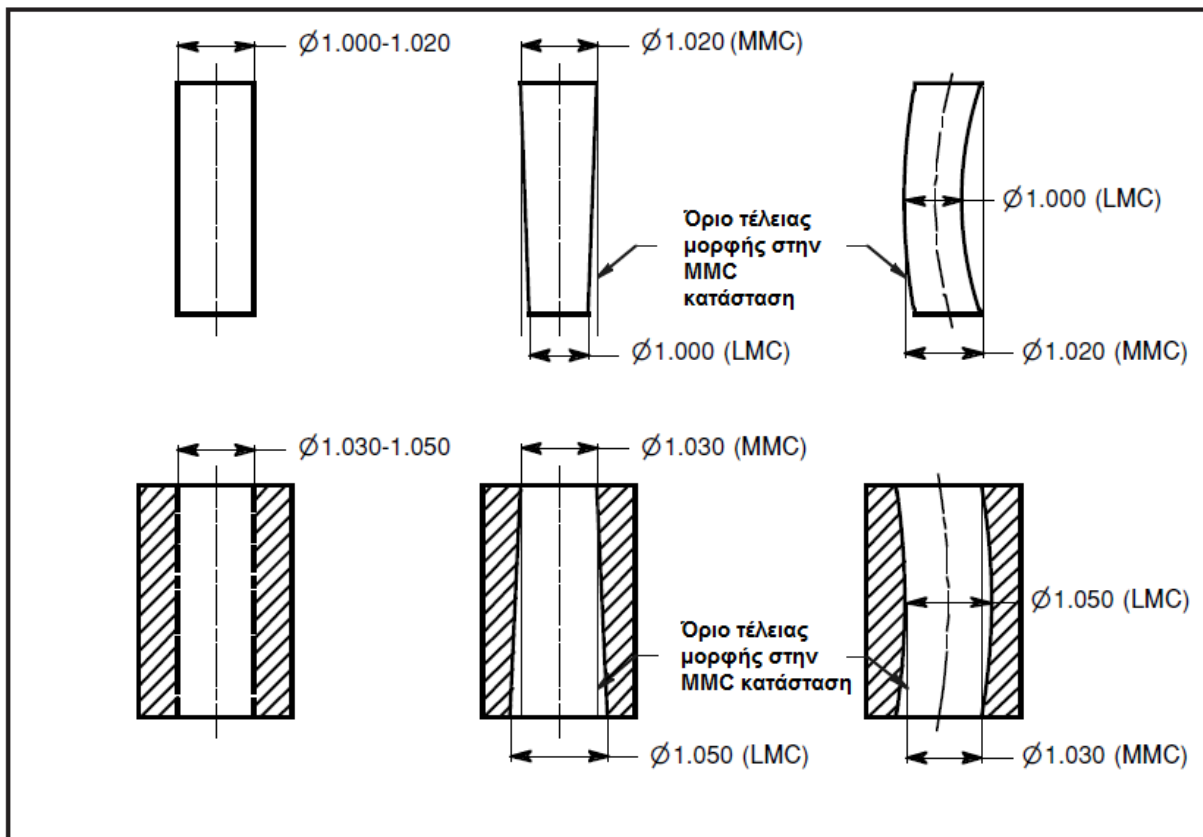
Κανόνας 1

Ο κανόνας 1 είναι ένα βασικό στοιχείο των γεωμετρικών ανοχών. Ο κανόνας 1 είναι ένας διαστασιολογικός κανόνας που χρησιμοποιείται για να διασφαλίσει πως τα χαρακτηριστικά μεγέθους θα μπορέσουν να συναρμολογηθούν το ένα με το άλλο. Όταν ισχύει ο κανόνας 1 το μέγιστο όριο ενός εξωτερικού χαρακτηριστικού μεγέθους είναι η MMC του κατάστασης και η ελάχιστη όριο ενός εσωτερικού χαρακτηριστικού μεγέθους είναι η MMC του κατάστασης. Για να μπορέσει ο κατασκευαστής να καθορίσει εάν δύο χαρακτηριστικά μεγέθους μπορέσουν να συναρμολογηθούν ο σχεδιαστής μπορεί στην συνέχεια να συγκρίνει τις MMC καταστάσεις των χαρακτηριστικών μεγέθους. Ο ορισμός του Y14.5 για τον κανόνα 1 είναι:

Όταν μία μόνο ανοχή μεγέθους έχει καθοριστεί, τα όρια του μεγέθους ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού μας καθορίζουν τον βαθμό των διακυμάνσεων που επιτρέπονται στην γεωμετρική μορφή του χαρακτηριστικού, καθώς και στο μέγεθος του. Κανένα στοιχείο του χαρακτηριστικού δεν μπορεί να υπερβαίνει τα όρια του MMC ορίου που είναι η τέλεια μορφή του χαρακτηριστικού. Η μορφή της ανοχής αυξάνεται καθώς το πραγματικό μέγεθος του χαρακτηριστικού μεταβάλλεται από την MMC προς την LMC κατάσταση. Δεν υπάρχει απαίτηση για τέλεια μορφή στην LMC κατάσταση.

Για παράδειγμα, ας δούμε πως ο κανόνας 1 επηρεάζει την διάμετρο ενός άξονα. Όταν η διάμετρος ενός άξονα βρίσκεται στην MMC κατάσταση, ο άξονας πρέπει να έχει τέλεια μορφή. Για την διάμετρο ενός άξονα αυτό σημαίνει τέλεια μορφή που αυτό σημαίνει τέλεια ευθείτητα και τέλεια στρογγυλότητα. Αυτό θα επιτρέψει στον άξονα να εφαρμόσει σε ένα όριο ίσο με την MMC του κατάσταση. Εάν το μέγεθος του άξονα ήταν μικρότερο από την MMC του κατάσταση, ο άξονας αυτός θα μπορούσε να είχε σφάλμα στην μορφή του (ευθείτητας και στρογγυλότητας) ίσο με το άθροισμα της διαφοράς του άξονα από την MMC του κατάσταση.

Ένα παράδειγμα του κανόνα 1 σε εξωτερικά και εσωτερικά χαρακτηριστικά μεγέθους βλέπουμε στο **Σχήμα 23**

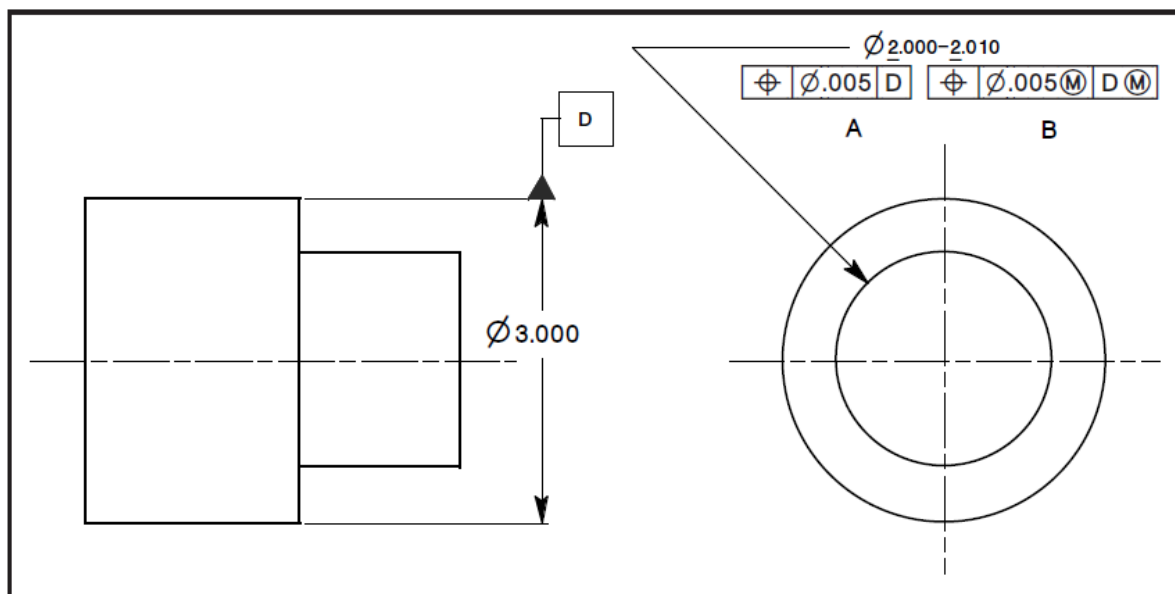


Σχήμα 23 Παραδείγματα μορφής για εξωτερικές και εσωτερικές διαστάσεις.

Στο **Σχήμα 23** η MMC κατάσταση του άξονα για εξωτερικά χαρακτηριστικά μεγέθους είναι 1,020mm. Ο άξονας σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να ξεπεράσει την MMC κατάσταση που είναι η τέλεια μορφή του άξονα. Δηλαδή αν ο άξονας μας παράγεται με διάμετρο 1,020mm σε κάθε διατομή, δεν πρέπει να είναι λυγισμένος ή εκτός στρογγυλότητας σε καμία περίπτωση. Εάν ο άξονας αυτός παράγεται με διάμετρο 1,010mm σε κάθε διατομή του μπορεί να είναι εκτός ευθύτητας και στρογγυλότητας ένα σύνολο 0,010mm. Εάν ο άξονας παράγεται με διάμετρο 1,000mm η LMC κατάσταση του μπορεί να απέχει από την τέλεια μορφή του μία τιμή ανοχής ίση με .020mm. Στην LMC κατάσταση του άξονα για εσωτερικές διαστάσεις ισχύει η ακριβώς αντίστροφη διαδικασία μια που η MMC κατάσταση του υλικού είναι η μικρότερη του διάσταση και η LMC του κατάσταση είναι η μεγαλύτερη του διάσταση.

Κανόνας 2

Ο κανόνας 2 αναφέρει ότι η RFS κατάσταση εφαρμόζεται αυτόματα, σε ένα πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών, σε κάθε ανοχή ενός μεγέθους χαρακτηριστικού και σε χαρακτηριστικά μεγέθους datum. Οι καταστάσεις MMC και LMC πρέπει να διευκρινίζονται όταν αυτές απαιτούνται. Στο **Σχήμα 24** το χαρακτηριστικό το οποίο ελέγχεται και το datum είναι χαρακτηριστικά μεγέθους. Το πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών το οποίο είναι σημειωμένο με την σημείωση **A** δεν έχει τροποποιητές υλικού. Επομένως, η ανοχή της ομοαξονικότητας και του datum που ελέγχονται από το πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών **A** εφαρμόζονται στην RFS κατάσταση. Το πλαίσιο ελέγχου **B** έχει έναν τροποποιητή υλικού MMC ο οποίος ακολουθεί και την τιμή της γεωμετρικής ανοχής και το datum D. Εάν το χαρακτηριστικό $\varnothing 2.000$ ελέγχεται από το πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών **B** τότε και η ανοχή και το datum ισχύουν για την MMC κατάσταση και επιπλέον ανοχή είναι επιτρεπτή καθώς τα χαρακτηριστικά απομακρύνονται από την MMC στην LMC κατάσταση.



Σχήμα 24 Πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών καθορισμένα στις RFS και MMC καταστάσεις

2.9 Κανόνας 3-2-1

Το πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών σε ένα σχέδιο ορίζει την σειρά με την οποία οι επιφάνειες ενός κομματιού θα έρθουν σε επαφή με τον εξοπλισμό ελέγχου για την διαστασιολογική μέτρηση του κομματιού. Το πλαίσιο ελέγχου χαρακτηριστικών διαβάζεται από τα αριστερά στα δεξιά και σταθεροποιεί το κομμάτι. Το πρώτο datum είναι το πρωταρχικό datum που καθορίζει τον προσανατολισμό του κομματιού. Το κομμάτι έρχεται σε επαφή με το πρωταρχικό datum με τουλάχιστον 3 σημεία επαφής. Το πρωταρχικό datum περιορίζει τρεις βαθμούς ελευθερίας : την κίνηση κατά μήκος του Z άξονα, την περιστροφή γύρω από τον X άξονα και την περιστροφή γύρω από τον Y άξονα. Τρεις βαθμοί ελευθερίας συνεχίζουν να μένουν χωρίς να έχουν οριστεί. Το δευτερεύον datum έρχεται σε επαφή με 2 σημεία που περιορίζουν δύο επιπλέον βαθμούς ελευθερίας: την περιστροφή γύρω από τον Z άξονα και την κίνηση κατά μήκος του Y άξονα. Ένας βαθμός ελευθερίας παραμένει χωρίς να έχει οριστεί. Το τρίτο datum χρειάζεται να έχει 1 σημείο επαφής και περιορίζει τον τελευταίο βαθμό ελευθερίας: την κίνηση κατά μήκος του X άξονα.

Ο κανόνας 3-2-1 ορίζει το ελάχιστο αριθμό σημείων επαφής που χρειάζονται για ένα κομμάτι με το πρωταρχικό, δευτερεύων και τρίτο datum αντίστοιχα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΚΕΛΟΣ

3.1 Εισαγωγή κεφαλαίου

Ο κύριος ρόλος του ποιοτικού ελέγχου που θα αναλυθεί περαιτέρω σε αυτό το κεφάλαιο είναι η διασφάλιση και η ομαλότητα της παραγωγικής διαδικασίας από το πρώτυπο κομμάτι μέχρι το τελευταίο, η ποιοτική σημαντική φάση της διαδικασίας αυτής όμως είναι η έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας που άμα δεν ξεκινήσει σωστά και δεν διορθωθούν τα όποια λάθη από την αρχή μπορεί να ζημιωθεί η επιχείρηση σημαντικά και σε χρηματικό κόστος αλλά και σε χάσιμο πολύτιμου χρόνου για τις παραδώσεις των τελικών προϊόντων που αυτό θα μπορούσε να έχει μεγάλη επίπτωση στην αξιοπιστία της επιχείρησης αλλά και των ρητρών που έχουν θεσπιστεί ανάμεσα σε μια εταιρία και τον πελάτη. Στο κεφάλαιο αυτό θα γνωρίσουμε τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται από την σύγχρονη βιομηχανία για τον ποιοτικό έλεγχο των προϊόντων, θα γνωρίσουμε τον ρόλο των CMM εργαλειομηχανών και θα γίνει η παρουσίαση ενός κομματίου το οποίο σχεδιάστηκε, παράχθηκε και έγινε ο διαστασιολογικός του έλεγχος με την μέθοδο των γεωμετρικών ανοχών για τις ανάγκες αυτής της εργασίας.

1 Διαστασιολογικές μετρήσεις

1.1 Κλασσικά όργανα μέτρησης διαστάσεων

- Παχύμετρα, μικρόμετρα, πρότυπα πλακίδια μήκους κ.α
- Ρολόγια γράφτη (υψομετρικά) και κεντραρίσματος, ρολόγια μέτρησης πάχους φιλμ κ.α
- Κυλινδρόμετρα, σπόμετρα
- Τραχύμετρα
- Αλφάδια
- Ελεγκτήρες οπών και σπειρωμάτων

1.2 Μετρητικές μηχανές συντεταγμένων (CMM)

- Αυτόματες, ημιαυτόματες και χειροκίνητες CMM
- Φορητές αρθρωτού βραχίονα CMM
- Μετρήσεων από μεγάλες αποστάσεις CMM
- Συστήματα αρθρωτού βραχίονα CMM με ενσωματωμένο laser scanner

1.3 Όργανα οπτικών μετρήσεων – μη επαφής

- Οπτικές μετρήσεις με χρήση ψηφιακής σάρωσης (laser scanning) και λευκού φωτός (φωτογραμμετρία)
- Βιομηχανικός αξονικός τομογράφος με την χρήση ακτινοβολίας ακτίνων Χ
- Αυτόματα συστήματα μέτρησης και ελέγχου προφίλ αλουμινίου και πλαστικού (2D scanners)
- Μεγεθυντικοί φακοί οπτικής μέτρησης – στερεοσκόπια
- Μετρητικά μικροσκόπια USB φωτογραφίας και βίντεο (dino-lite)

2 Σύσταση και ιδιότητες υλικών

2.1 Σκληρομέτρηση

- Σκληρόμετρα φορητά τεχνολογίας LEEBS (Αναπήδησης)
- Σκληρόμετρα φορητά τεχνολογίας ROCKWELL, BRINELL & ULTRASONIC
- Σκληρόμετρα πλαστικών τεχνολογίας SHORE
- Πρότυπα πλακίδια σκληρότητας
- Διεισδυτές σταθερών σκληρομέτρων

2.2 Ανάλυση κραμάτων και φασματογραφία

- Φορητοί και σταθεροί φασματογράφοι τεχνολογίας XRF
- Τροχήλατοι και σταθεροί φασματογράφοι τεχνολογίας OES
- Πρότυπα φασματογραφικής ανάλυσης

2.3 Μηχανές ελέγχου και δυναμόμετρα

- Μηχανές εφελκυσμού, θλίψης και κάμψης, χειροκίνητες και ηλεκτροκίνητες
- Μηχανές κόπωσης
- Φορητά δυναμόμετρα, αναλιγικά και ηλεκτρονικά
- Δυναμοκυψέλες

2.4 Μεταλλογραφία

- Συσκευές κοπής και μικροκοπής δοκιμίων
- Συσκευές λείανσης και στίλβωσης δοκιμίων
- Συσκευές εγκιβωτισμού
- Μεταλλογραφικά μικροσκόπια
- Αναλώσιμα μεταλλογραφικού ελέγχου (Δίσκοι κοπής, χαρτιά λείανσης, πανιά στίλβωσης)

3 Μη καταστροφικός έλεγχος

3.1 Έλεγχος με υπέρηχους (Συσκευές και αναλώσιμα)

- Υπέρηχοι τεχνολογίας (PULSE – ECHO (UT) & PHASED ARRAY)
- Μέτρηση πάχους τοιχώματος με υπέρηχους
- Αναλώσιμα όπως αισθητήρες, καλώδια, υλικά σύζευξης κ.α.
- Ολοκληρωμένα και αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχων με υπέρηχους

3.2 Έλεγχος με μαγνητικά σωματίδια (Συσκευές και αναλώσιμα)

- Φορητές συσκευές μαγνήτισης, Yokes
- Επιτραπέζιοι και αυτόματοι πάγκοι ελέγχου μαγνητικών σωματιδίων
- Αναλώσιμα όπως σπρέι, υγρά για χρήση σε πάγκους
- Παρελκόμενα όπως λάμπες UV, φωτόμετρα, θερμομέτρα, πρότυπα δοκίμια ελέγχου κ.α.

3.3 Έλεγχος με διεισδυτικά υγρά (Συσκευές και αναλώσιμα)

- Επιτραπέζιοι και αυτόματοι πάγκοι ελέγχου διεισδυτικών υγρών
- Αναλώσιμα όπως σπρέι, υγρά για χρήση σε πάγκους
- Παρελκόμενα όπως λάμπες UV, φωτόμετρα, θερμομέτρα, πρότυπα δοκίμια ελέγχου κ.α.

3.4 Έλεγχος με X-RAY (Συσκευές και αναλώσιμα)

- Φορητές συσκευές ραδιογραφίας –RT
- Θάλαμοι συνεχούς ελέγχου ραδιογραφίας (X-RAY CABINETS)
- Ψηφιακή ραδιογραφία – CR
- Αυτόματα εμφανιστήρια και αναλώσιμα για επεξεργασία X-RAY φιλμ

3.5 Συσκευές μέτρησης επικαλύψεων

- Φορητές συσκευές μέτρησης με χρήση των τεχνολογιών μαγνητικής επαγωγής και δινορρευμάτων
- Φορητές και σταθερές συσκευές μέτρησης με χρήση τεχνολογίας XRF

3.6 Γενικός εξοπλισμός NDT

- Ενδοσκόπια και οπτικός έλεγχος
- Συσκευές ελέγχου διαρροών
- Συσκευές διαστασιολογικής μέτρησης συγκολλήσεων

4 Περιβάλλον – ενέργεια

4.1 Περιβαλλοντικές μετρήσεις

- Θερμοκάμερες
- Θερμόμετρα υπερύθρων και αισθητήρων
- Υγρασιόμετρα χώρου και υλικών
- Ανεμόμετρα - μανόμετρα αέρος
- Ηχόμετρα – ηχοδοσίμετρα
- Φωτόμετρα
- Καταγραφικά και μεταδότες

4.2 Εξοπλισμός συντήρησης

- Μετρητές συντελεστή U – θερμοπερατότητας
- Αναλυτές καυσαερίων
- Πυρανόμετρα – μετρητές απόδοσης φωτοβολταϊκών

5. Εξοπλισμός συντήρησης

- Συστήματα laser για ευθυγράμμιση αξόνων, έλεγχο επιπεδότητας κ.α.
- Μετρητές δονήσεων
- Θερμοκάμερες
- Δυναμόκλειδα/ Συστήματα διακρίβωσης ροπτόκλειδων
- Στροφόμετρα – στροβοσκόπια
- Μέτρητες τάνυσης

6. Λοιπός εξοπλισμός

- Επιτραπέζιοι και εργαστηριακοί ζυγοί, γερανοζυγοί, πρότυπα βάρη κ.α.
- Συστήματα τυποποίησης και ιχνηλασιμότητας (Χάραξη και αποτύπωση δεδομένων)
- Γρανιτένιες πλάκες εφαρμογής
- Μέτρηση παροχής ρευστών με υπέρηχους

3.2 Μετρητικές μηχανές συντεταγμένων (CMM)

Οι μετρητικές μηχανές συντεταγμένων (Coordinate measuring machines) CMM μέσα από μια πορεία βελτίωσης και συνεχούς εξέλιξης, από την πρώτη τους εμφάνιση εδώ και πάνω από 40 χρόνια, αποτελούν πλέον για τον κλάδο των κατασκευών ένα εργαλείο εξίσου απαραίτητο με τις μηχανές παραγωγής και τις εργαλειομηχανές.

Οι μηχανές CMM παρέχουν τις δυνατότητες για:

- Αξιόπιστη, γρήγορη και εύκολη μέτρηση ολόκληρου του εύρους των γεωμετρικών και διαστασιολογικών ανοχών
- Σάρωση-Αντιγραφή (scanning) και αποτύπωση σε περιβάλλον CAD, έλεγχο και αντιπαραβολή επιφανειών και γεωμετρίας εξαρτημάτων
- Παρόλο που οι μηχανές αυτές έχουν ήδη παγκόσμια καθιερωθεί ως το κατ'εξοχήν οικονομοτεχνικά κατάλληλο εργαλείο τόσο για τον ποιοτικό έλεγχο μορφής και διαστάσεων όσο και για τον αντίστροφο μηχανολογικό σχεδιασμό (reverse engineering), η ενημέρωση - ειδικά στη χώρα μας - πάνω σε βασικά ζητήματα που τις αφορούν είναι αρκετά περιορισμένη. Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται μια σύντομη παρουσίαση σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας, τις δυνατότητες και τα πεδία εφαρμογής αλλά και τα οφέλη από τη χρήση των μηχανών CMM.

Κατηγορίες και χαρακτηριστικά λειτουργίας

Καλύπτοντας ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογών όσον αφορά τα μεγέθη των ελεγχόμενων εξαρτημάτων, τις απαιτήσεις σε ακρίβεια, ταχύτητα, στιβαρότητα κλπ, είναι επόμενο οι μηχανές CMM που διατίθενται πλέον στην αγορά να έχουν κάποια βασικά κοινά χαρακτηριστικά αλλά να διαφέρουν ουσιαστικά σε πάρα πολλά σημεία. Έτσι, διαχωρισμοί μπορούν να γίνουν με βάση:

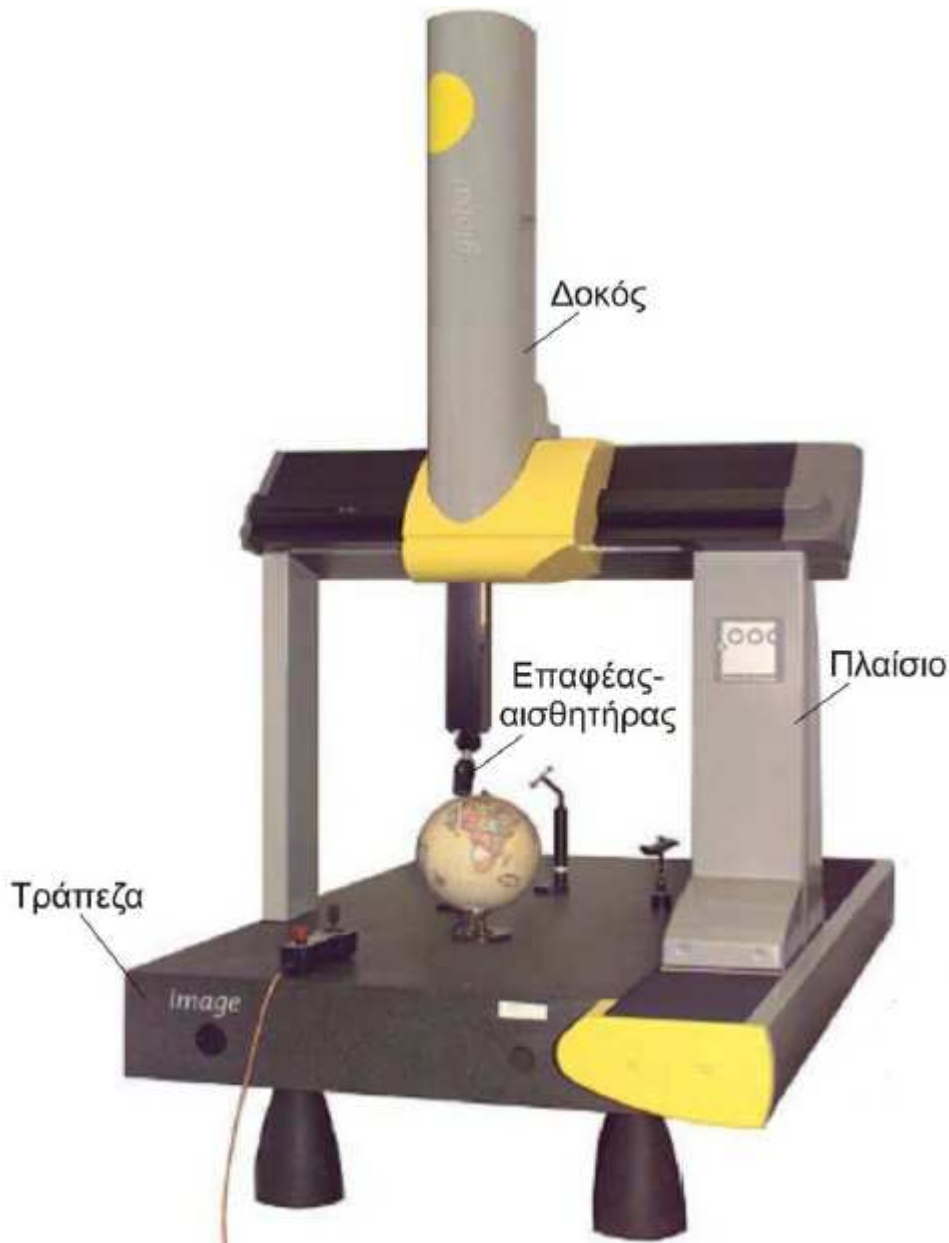
- Το μέγεθός τους. Στις μικρότερες, ο «ωφέλιμος χώρος» μέσα στον οποίο τοποθετείται ένα εξάρτημα για έλεγχο μπορεί να είναι ένα παραλληλεπίπεδο διαστάσεων 0,5 x 0,5 x 0,7 μέτρων ενώ σε μία ειδικής κατασκευής CMM μηχανή για την Lockheed – Martin ο χώρος αυτός φτάνει τα 40 x 6 x 3,5 μέτρα.
- Την κατασκευαστική τους διαμόρφωση. Αρκετά διαδεδομένες είναι οι μηχανές τύπου γέφυρας (bridge type) σχήματος Π που κινείται προσαρμοσμένη σε μια σταθερή τράπεζα (βλ. Σχήμα1), οι τύπου “gantry”, όπου η κίνηση γίνεται σε σταθερές οριζόντιες δοκούς στηριγμένες σε κάθετες στήλες, οι μονού ή διπλού οριζόντιου βραχίονα (single, dual horizontal arm), με αρθρωτό χειροκίνητο βραχίονα (articulating arm) κ.α.
- Την αρχή λειτουργίας. Εδώ ο διαχωρισμός γίνεται μεταξύ των μηχανών στις οποίες για την καταγραφή των συντεταγμένων των μετρούμενων σημείων απαιτείται επαφή (contact measurement) με τη χρήση κατάλληλου μηχανικού αισθητήρα (touch trigger probe) και σε όσες χρησιμοποιώντας οπτικές ή άλλες διατάξεις (laser probes, video probes κ.α) δεν απαιτούν τέτοια επαφή (non – contact measurement). Επιπλέον, τα «είδη» των CMM μηχανών θα μπορούσαν να διαχωριστούν με αρκετά ακόμη κριτήρια, π.χ. χειροκίνητες και ελεγχόμενες απ' ευθείας από ηλεκτρονικό υπολογιστή (DCC – Direct Computer Control), μηχανές που έχουν ειδικές απαιτήσεις στον χώρο

εγκατάστασής τους και άλλες που μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς ιδιαίτερη φροντίδα στους χώρους παραγωγής κ.λ.π.

Bridge type (CMM)

Η μηχανή που χρησιμοποιήθηκε για της μετρήσεις που έγιναν στο πειραματικό κομμάτι της πτυχιακής ήτανε μια CMM τύπου γέφυρας η οποία ενσωματώνει τα περισσότερα κοινά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που συναντώνται στους περισσότερους τύπους μηχανών CMM. Σε μια στιβαρή μεταλλική βάση με αντικραδασμικά πέλματα βρίσκεται η γρανιτένια πλάκα στην οποία τοποθετείται το ελεγχόμενο εξάρτημα. Στην πλάκα αυτή εδράζεται με αεροέδρανα ένα σύμπλεγμα υποσυνόλων που επιτρέπει την κίνηση στις τρεις διαστάσεις, μέσα στον «ωφέλιμο χώρο» της μηχανής του μηχανικού αισθητήρα επαφής. Σερβοκινητήρες είναι υπεύθυνοι για την κίνηση στους άξονες X-Y-Z, ενώ με τη χρήση κατάλληλων μεταλλακτών μετατόπισης (displacement transducers) προσαρμοσμένων συνήθως σε γραμμικές οπτικές κλίμακες (optical linear scales) είναι δυνατή σε κάθε θέση η καταγραφή των συντεταγμένων του κέντρου της ακίδας (tip) του μηχανικού αισθητήρα. Ο αισθητήρας αυτός μπορεί με να παρέχει δύο επιπλέον «βαθμούς ελευθερίας» (pitch & roll angles) ενώ με τη χρήση επεκτάσεων και κατάλληλης μορφής ακίδων διευκολύνεται η πρόσβαση σε εσωτερικά ή δυσπρόσιτα σημεία των μετρούμενων εξαρτημάτων.

Ο έλεγχος της κίνησης μπορεί να γίνεται μέσω χειριστηρίου (jog box) ή απ' ευθείας από την οθόνη του H/Y που είναι συνδεδεμένος με τη μηχανή. Για κάθε σημείο στο οποίο εφάπτεται η ακίδα του μηχανικού αισθητήρα, καταγράφονται οι συντεταγμένες του (X, Y, Z) ως προς ένα καρτεσιανό σύστημα αναφοράς. Ιδιαίτερη σημασία έχει το ότι το σύστημα αναφοράς μπορεί να καθοριστεί και να τοποθετηθεί οπουδήποτε και με οποιονδήποτε προσανατολισμό ενώ συνήθως είναι «σωματόδετο», δηλαδή επάνω στο ελεγχόμενο εξάρτημα. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στη συνέχεια σε ειδικό λογισμικό στον συνδεδεμένο H/Y για τη διαχείριση, την επεξεργασία, την αξιοποίησή και την τελική παρουσίασή τους. Στο λογισμικό αυτό μπορεί να εισαχθεί επίσης το τρισδιάστατο ηλεκτρονικό μοντέλο (3D CAD model) του ελεγχόμενου εξαρτήματος για τη διευκόλυνση της διαδικασίας μέτρησης, ενώ στην περίπτωση του αντίστροφου μηχανολογικού σχεδιασμού μπορούν να παραχθούν (σε μορφή π.χ. αρχείου τύπου iges, step κλπ) όλα τα δεδομένα που θα οδηγήσουν στη δημιουργία του.



Σχήμα 25 Κύρια μέρη μιας τρισδιάστατης CMM μηχανής τύπου γέφυρας

Αρχή λειτουργίας και τεχνικά χαρακτηριστικά

Η αρχή λειτουργίας αυτών των μηχανών είναι: ο επαφείας – αισθητήρας (touch probe) που διατρέχει την επιφάνεια του προς μέτρηση αντικειμένου. Η σχετική μετατόπιση της βάσης του επαφείας ως προς το σύστημα αναφοράς, που έχει προκαθορισθεί, αντιστοιχεί σε μια μεταβολή τάσεως. Στο **Σχήμα 26** βλέπουμε την ακίδα και το προς μέτρηση αντικείμενο. Για κάθε σημείο στο οποίο εφάπτεται ο επαφείας του αντικειμένου καταγράφονται οι συντεταγμένες του (X,Y,Z) ως προς το καρτεσιανό σύστημα αναφοράς. Η ανάλογη μεταβολή τάσεως μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα μέσω ειδικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που είναι συνδεδεμένα με το σύστημα και στην συνέχεια, με την χρήση κατάλληλου λογισμικού γίνεται η απεικόνιση των θέσεων των σημείων στο χώρο. Με τον τρόπο αυτό αποτυπώνονται το σχήμα και οι διαστάσεις του αντικειμένου. Οι CMM συνδέονται με ηλεκτρονικό υπολογιστή ή άλλες εξειδικευμένες μηχανές καταγραφής για την λήψη, ανάλυση και επεξεργασία των

δεδομένων που αντλούνται από τις μετρήσεις με την χρήση ειδικού λογισμικού άλλες εξειδικευμένες μηχανές καταγραφής για την λήψη, ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων με την χρήση ειδικού λογισμικού.



Σχήμα 26 Επαφάς – αισθητήρας (touch probe) για την μέτρηση σημειακών μετρήσεων.

Το σημαντικότερο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας μηχανής CMM είναι η **ακρίβεια μέτρησης** (measuring accuracy) σε μικρά (μm) όπως αυτή καθορίζεται πλέον στο πρότυπο **ISO 10360 – 2** και αφορά την ακρίβεια σε ολόκληρο τον ωφέλιμο χώρο της μηχανής ανεξαρτήτως προσανατολισμού. Συνήθως δίνεται με μια σχέση της μορφής $U = A + L / B$, όπου A, B σταθεροί όροι και L το μετρούμενο μέγεθος σε mm, π.χ. για μια μηχανή όπως αυτή του **Σχήματος 25**, με ωφέλιμο χώρο 0,7 x 0,7 x 0,5 μέτρων η ακρίβεια μέτρησης είναι: $U (\mu\text{m}) = 2.9 + L (\text{mm}) / 245$. Οι διαστάσεις του ωφέλιμου χώρου, το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος μετρούμενου εξαρτήματος και η μέγιστη ταχύτητα μέτρησης κ.α. αποτελούν επίσης κάποια σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά μιας CMM Μηχανής.

Πεδίο εφαρμογής – οφέλη χρήσης

Τα τελευταία χρόνια αρκετοί παράγοντες έχουν συμβάλει στην εξάπλωση και την ευρύτατη χρήση των μηχανών CMM σε όλους τους κλάδους της κατασκευαστικής δραστηριότητας. Μερικοί από αυτούς είναι:

- Οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για μεγαλύτερη ακρίβεια σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα στη μορφή των σύγχρονων μηχανολογικών κατασκευών
- Η διάδοση της χρήσης του συστήματος των γεωμετρικών ανοχών, με την καθιέρωση των σχετικών προτύπων ANSI / ASME Y 14.5 M (Geometric Dimensioning and Tolerancing, GD&T)
- Η σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής τους, μια και οι απαιτήσεις στην κατασκευαστική τους ακρίβεια έχουν μειωθεί αφού η τελική ακρίβεια μέτρησης που παρέχουν εξασφαλίζεται πια σε μεγάλο βαθμό με την ηλεκτρονική αντιστάθμιση των κατασκευαστικών τους ατελειών μέσω κατάλληλου λογισμικού.
- Οι τεράστιες δυνατότητες που παρέχει το προσανατολισμένο σε περιβάλλον CAD μετρητικό λογισμικό (Statistic Process Control, In Process measurement κλπ)

Σήμερα, το πεδίο εφαρμογής των μηχανών CMM είναι πρακτικά απεριόριστο: από ελασματοουργικά κομμάτια για την αυτοκινητοβιομηχανία και ελεύθερης μορφής επιφάνειες σε κοιλότητες καλουπιών μέχρι οδοντωτούς τροχούς και πτερύγια, τα εξαρτήματα που δεν θα μπορούσαν να ελεγχθούν με τη χρήση μιας μηχανής CMM είναι πλέον ελάχιστα.

Τέλος, στα οφέλη από τη χρήση τους περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων:

- Η δραματική μείωση του χρόνου ελέγχου (70 – 90 %)
- Υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία (εφόσον η μηχανή διακριβώνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή)
- Επίτευξη αυτοματοποιημένου τρόπου ελέγχου πολλαπλών εξαρτημάτων – ελαχιστοποίηση ενδεχόμενου σφάλματος ανθρώπινου παράγοντα (ανάγνωσης ένδειξης , τοποθέτησης εξαρτήματος κλπ), επίτευξη επαναληψιμότητας
- Κατάργηση εξειδικευμένου εξοπλισμού για τη μέτρηση συγκεκριμένων γεωμετρικών ανοχών (π.χ. όργανο για μέτρηση μόνο roundness, run out κλπ), εφόσον όλες μπορούν να μετρηθούν με μια μηχανή CMM
- Κατάργηση της χρήσης ειδικών ελεγχτήρων (οπόμετρα, πείροι κλπ)

Κατάργηση της χρήσης ιδιοσυσκευών ελέγχου Go – No Go (gages) για τον έλεγχο συγκεκριμένων εξαρτημάτων. Με τη μέτρηση σε μια μηχανή CMM παρέχεται η τιμή της απόκλισης από τα ονομαστικά μεγέθη προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο το απορριπτόμενο εξάρτημα επιδέχεται επανακατεργασία.

3.3 ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΚΕΛΟΥΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Στο σημείο αυτό της πτυχιακής θα μελετηθεί διαστασιολογικά με την χρήση CMM εργαλειομηχανής ένα μηχανολογικό τεμάχιο το οποίο σχεδιάστηκε, κατασκευάστηκε και διαστασιολογήθηκε για τις ανάγκες αυτής την πτυχιακής εργασίας. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον φοιτητή του ΑΤΕΙ Πατρών Μπλαρόπουλο Μάριο που βοήθησε στην κατασκευή του και τον Βενετσάνο Σπυρίδων εργαζόμενο της Thalles Ελλάς ο οποίος βοήθησε στον προγραμματισμό της CMM εργαλειομηχανής για την διαστασιολόγηση του τεμαχίου. Το πειραματικό μέρος της πτυχιακής έχει ως στόχο την ανάλυση της αναφοράς (report) που παράγεται από την CMM εργαλειομηχανή μετά από το τέλος της διαστασιολόγησης του τεμαχίου και με την χρήση των δεδομένων που έχουν συλλεχτεί να αντληθούν συμπεράσματα για την διόρθωση των ατελειών που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία.

Φάση 1: Μελέτη και σχεδιασμός τεμαχίου

Κατά την πρώτη φάση του πειραματικού μέρους της πτυχιακής αποφασίστηκε τι είδους τεμάχιο θα κατασκευάζονταν για τις ανάγκες της πτυχιακής και έγινε ο σχεδιασμός του με την χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Solidworks 2012 σε τυποποιημένο τύπο χαρτιού A3 του συστήματος ANSI με την χρήση γεωμετρικών ανοχών (επιπεδότητα και true position) και γενικών ανοχών του προτύπου ISO 2768 - mK. Το τεμάχιο όπως παρατηρούμε στο **Σχήμα 27** που ακολουθεί είναι ένα απλό μηχανολογικό τεμάχιο το οποίο αποτελείται από δύο rocket και μερικές blind οπές δύο διαφορετικών διαμετρημάτων, η εμπνευσή για τον σχεδιασμό του τεμαχίου αντλήθηκε από τα μηχανολογικά τεμάχια τα όποια έλενξα κατά την εκπόνηση της πρακτικής μου άσκησης στην Thalles Ελλάς. Το τεμάχιο αυτό αποτελεί μια απλοποιημένη μορφή μηχανολογικών τεμαχίων στα οποία συναρμολογούνται κάρτες για την δημιουργία ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών συστημάτων ραντάρ. Η παραγωγή του έγινε με στόχο να είναι λειτουργικό για την μελλοντική μαζική παραγωγή του, τα κύρια λειτουργικά στοιχεία που πρέπει να ικανοποιούνται μετά την παραγωγή του είναι οι οπές του να είναι εντός true position γεωμετρικής ανοχής, τα rocket να έχουν σωστές διαστάσεις και οι κύριες διαστάσεις του τεμαχίου να είναι εντός ανοχών.



Σχήμα 28 Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του τεμαχίου



Σχήμα 29 Η εργαλειομηχανή που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του τεμαχίου

Φάση 3: Διαστασιολόγηση τεμαχίου και μελέτη αποτελεσμάτων

Ο διαστασιολογικός έλεγχος έγινε σε CMM εργαλειομηχανή τύπου γέφυρας της εταιρίας Brown & Sharpe του ομίλου Hexagon Metrology με κεφαλή touch probe από την Renishaw και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι της εταιρίας PC- DMIS. Οι CMM του συγκεκριμένου τύπου για να μπορέσουν να κάνουν τον διαστασιολογικό έλεγχο χρειάζονται δύο προϋποθέσεις, να έχουν το φυσικό κομμάτι στο οποίο θα μετρηθούν οι πραγματικές διαστάσεις και ένα σχέδιο του τεμαχίου (συνήθως 3D CAD) με το οποίο θα γίνει η σύγκριση των θεωρητικών τιμών του σχεδίου. Το πρώτο βήμα που ακολουθήθηκε ήταν να περαστεί στην CMM το 3D αρχείο (τύπου step) του σχεδίου του κομματιού και αφού μεταφέρθηκαν οι άξονες X,Y,Z στο σημείο από το οποίο θέλουμε να ξεκινάμε οι μετρήσεις μας (στην συγκεκριμένη περίπτωση το Datum X).



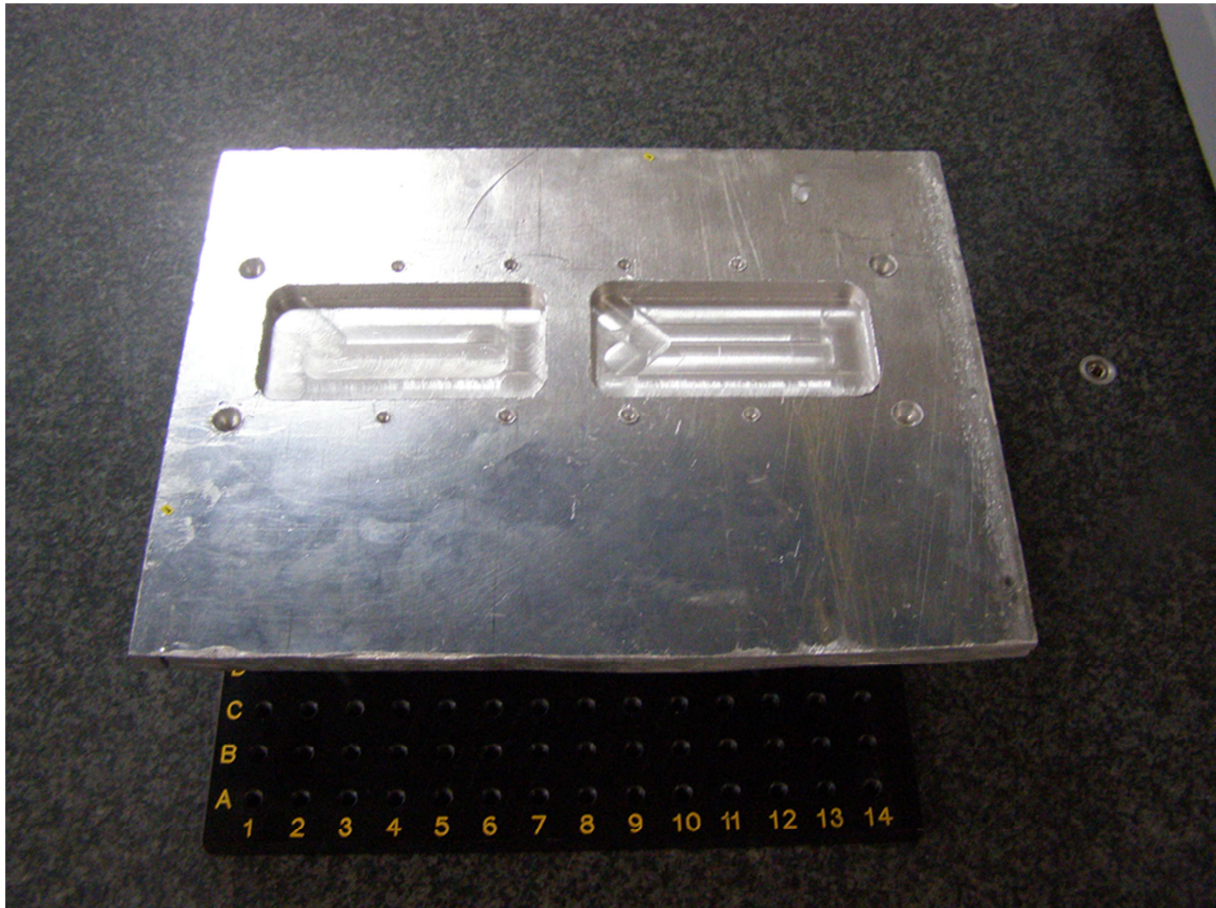
Σχήμα 30 Η CMM που χρησιμοποιήθηκε για την διαστασιολόγηση του κομματιού

Το επόμενο βήμα είναι να τοποθετήσουμε το κομμάτι μας πάνω στην τράπεζα της μηχανής όπως φαίνεται στο **Σχήμα 32**, ο τρόπος τοποθέτησης δεν είναι συγκεκριμένος και μπορεί κάποιος μηχανικός με διαφορετικό τρόπο τοποθέτησης να πάρει ίδιες μετρήσεις με κάποιον άλλον μηχανικό. Ο λόγος είναι ότι το "δέσιμο" του κομματιού πάνω στην μηχανή είναι τελείως θεωρητικό και εξαρτάται μόνο από της παραμέτρους που εμείς ορίζουμε μέσα από το πρόγραμμα και όχι από την πραγματική θέση του κομματιού πάνω στην μηχανή.



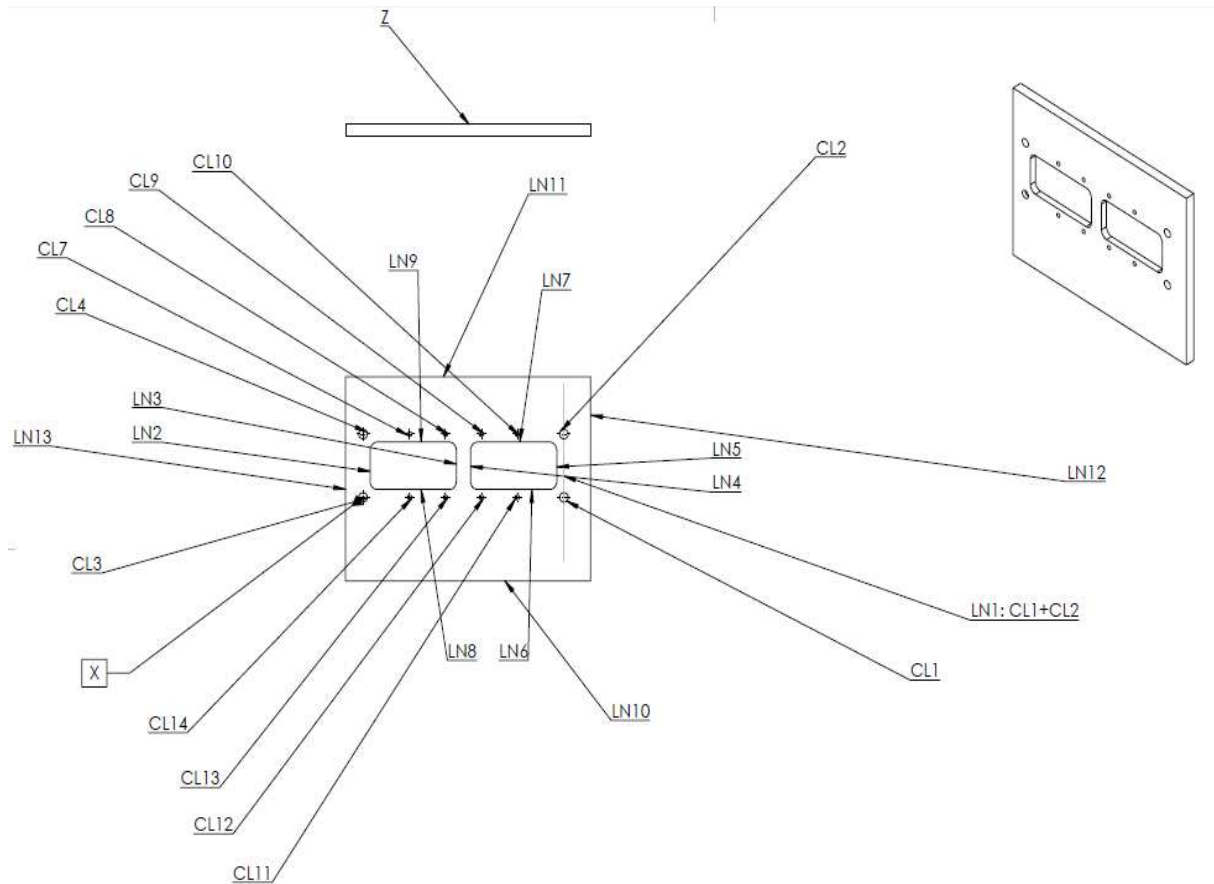
Σχήμα 31 Βάσεις έδρασης για την τοποθέτηση του τεμαχίου

Όπως παρατηρούμε στο **Σχήμα 31** το τεμάχιο θα τοποθετηθεί πάνω σε 4 βάσεις στις οποίες έχει τοποθετηθεί πλαστελίνη στην κορυφή τους. Ο συγκεκριμένος τρόπος τοποθέτησης του τεμαχίου επιλέχθηκε διότι είναι ο πιο ασφαλής για αποφυγή χτυπήματος του συστήματος της κεφαλής με το κομμάτι. Όσο λιγότερος εξοπλισμός για την τοποθέτηση του κομματιού πάνω στην τράπεζα της μηχανής είναι υπέρ του χρήστη διότι μειώνει τις πιθανότητες σοβαρής ζημιάς. Το μόνο που πρέπει να εξασφαλίσει ο μηχανικός είναι να μην κουνηθεί το κομμάτι καθ' όλη την διάρκεια του προγραμματισμού και αργότερα των μετρήσεων.



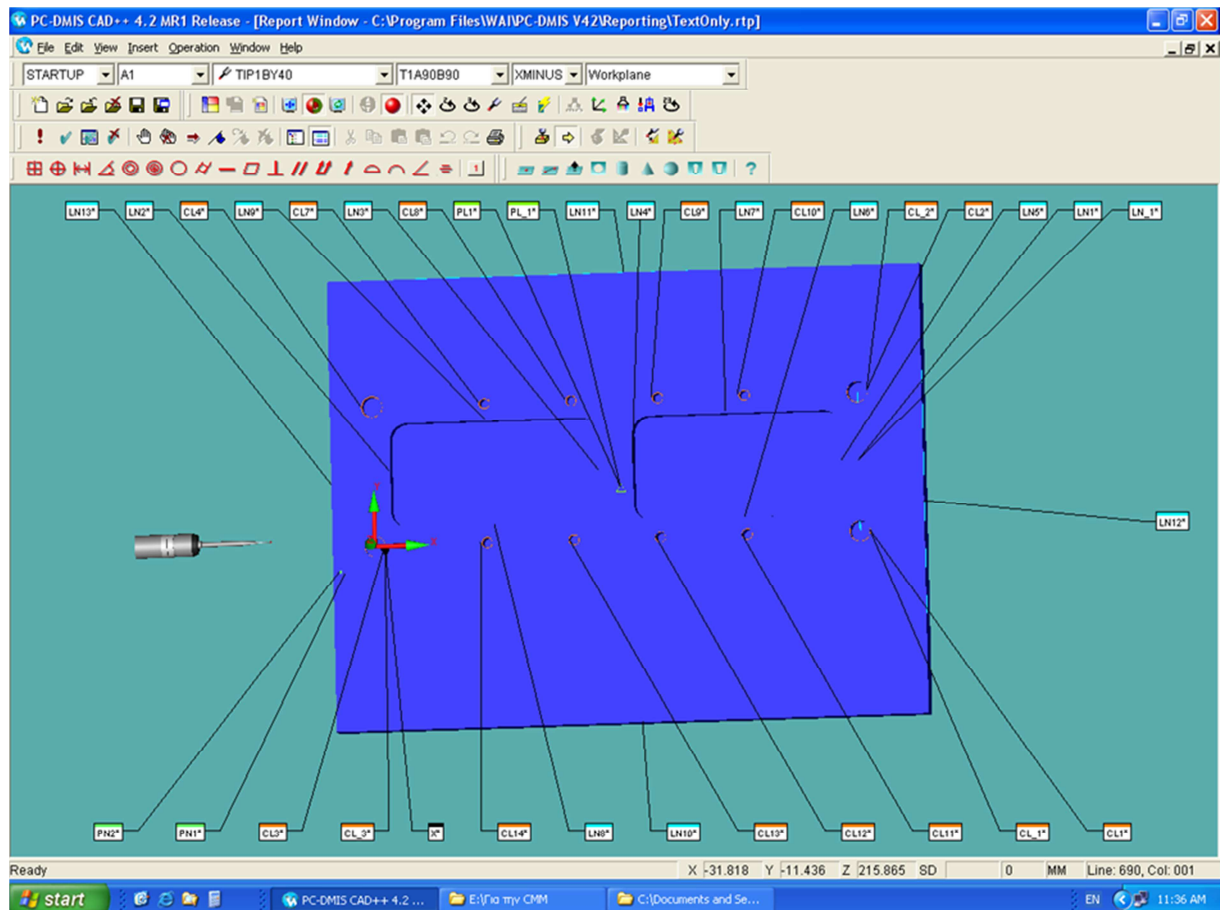
Σχήμα 32 Τοποθέτηση του τεμαχίου πάνω στην τράπεζα της εργαλειομηχανής

Αφού τοποθετηθεί το τεμάχιο πάνω στην μηχανή, με την μεθοδολογία του 3-2-1 κανόνα ο οποίος αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2 θα οριστεί στην μηχανή να καταλάβει πως έχει τοποθετηθεί το κομμάτι επάνω στην τράπεζα της μηχανής. Τα πρώτα 3 σημεία πάρθηκαν πάνω στην επιφάνεια Z του κομματιού (**Σχήμα 33**) για να οριστεί ο άξονας Z της μηχανής. Τα επόμενα 2 σημεία επειδή ήταν αβέβαιο ότι το κομμάτι είχε σωστή επιπεδότητα στις πλάγιες πλευρές του λόγω κακής ποιότητας "καθαρίσματος" του, τα σημεία που πάρθηκαν ήταν τα κέντρα των κύκλων CL1, CL2 και στην συνέχεια έγινε η θεωρητική κατασκευή μέσα από το λογισμικό της μηχανής μιας ευθείας (LN1) η οποία ορίσε τον Y άξονα της μηχανής. Το τελευταίο σημείο που ήταν αναγκαίο για τον ορισμό του X άξονα ήταν το κέντρο του CL3.



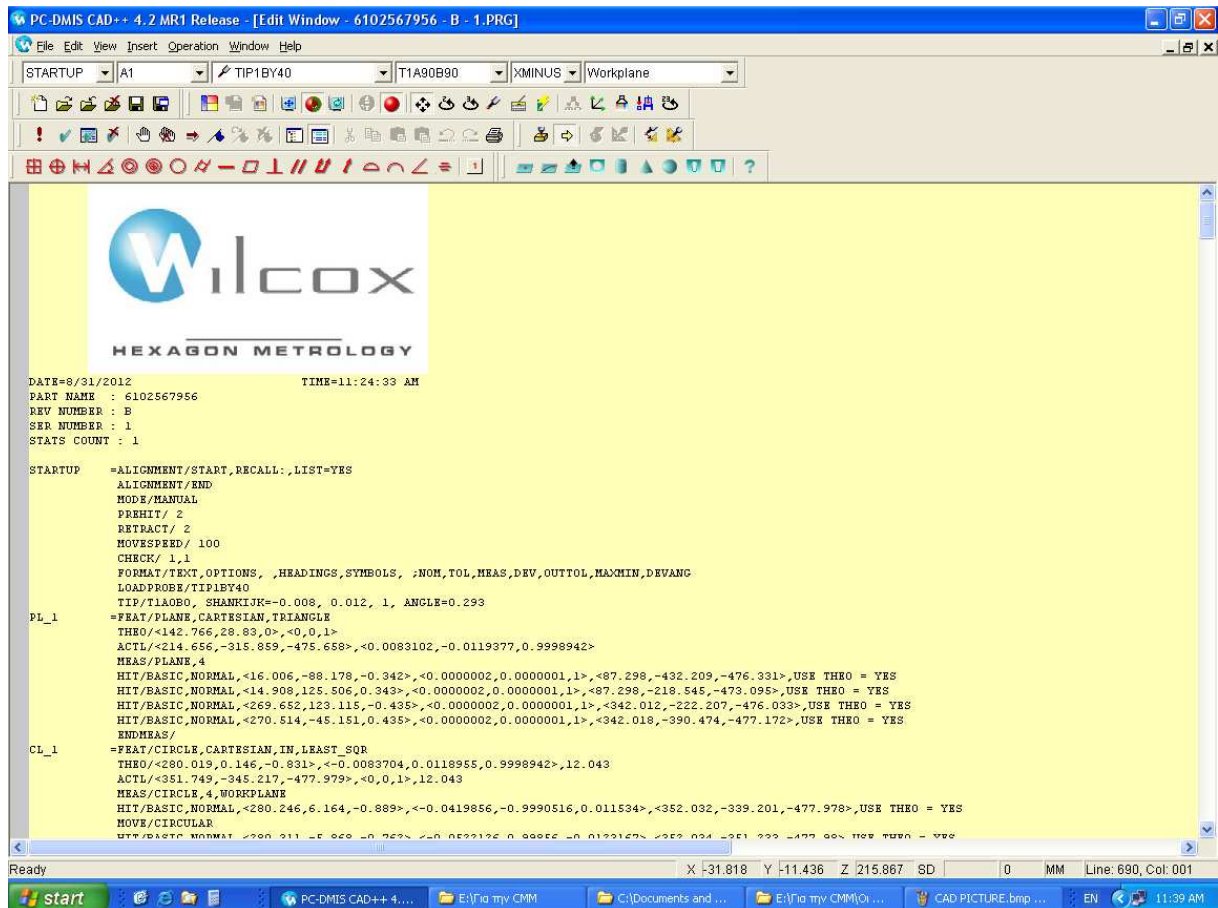
Σχήμα 33 Σχέδιο ονοματολογίας των χαρακτηριστικών του κομματιού έτσι όπως χρησιμοποιήθηκαν για τον προγραμματισμό μέτρησης του κομματιού.

Με την ολοκλήρωση "δεσίματος" του κομματιού πάνω στην μηχανή το επόμενο βήμα είναι να ταυτοποιήσουμε το CAD σχέδιο με το πραγματικό μας κομμάτι (alignment), αυτό γίνεται μέσα από το λογισμικό της μηχανής ταυτοποιώντας το πολικό σύστημα συντεταγμένων της μηχανής με αυτό του 3D σχεδίου. Στην συνέχεια μηδενίζοντας στον CL3 κύκλο επιτυγχάνουμε να πέρνουμε μετρήσεις για τα δύο συστήματα συντεταγμένων από ένα ενιαίο πολικό σύστημα συντεταγμένων το οποίο θα μας βγάλει δύο τύπων μετρήσεων τις θεωρητικές και τις πραγματικές.




Σχήμα 34 Το CAD σχέδιο του κομματιού μέσα από το λογισμικό περιβάλλον του PC-DMIS.

Μετά την ολοκλήρωση της ταυτοποίησης του σχεδίου με το πραγματικό κομμάτι και του μηδενισμού επάνω στο κομμάτι. Ήρθε η ώρα του προγραμματισμού, (**Σχήμα 35**) ο προγραμματισμός γίνεται αυτόματα μέσα από τον ορισμό των παραμέτρων που ορίζουμε εμείς για το κομμάτι μας. Ονοματίζοντας τα χαρακτηρισικά του κομματιού (**Σχήμα 33, Σχήμα 34**) μπορούμε να ορίσουμε την σχέση που έχουν μεταξύ τους προκύπτοντας έτσι τα χαρακτηρισικά μεγέθους (διαστάσεις, διαστασιολογικές ανοχές, γεωμετρικές ανοχές κτλ.). Πολύ σημαντικό είναι να ορίσουμε στον προγραμματισμό τις αποστάσεις ασφαλείας που πρέπει να κρατάει από το κομμάτι για την αποφυγή χτυπήματος της κεφαλής επάνω στο κομμάτι. Μετά τον προγραμματισμό της μηχανής το μόνο που χρειάζεται ο χρήστης είναι να πέρνει τα σημεία επάνω στο κομμάτι σύμφωνα με τον 3-2-1 κανόνα και στην συνέχεια μπορεί να περάσει σε DCC mode (Direct Computer Control) το οποίο ακολουθώντας τις γραμμές εντολών του προγράμματος μπορεί να διαστασιολογήσει το κομμάτι χωρίς καμία περαιτέρω ανθρώπινη παρέμβαση.

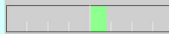
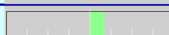


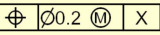




Σχήμα 35 Δείγμα του προγράμματος που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες διαστασιολόγησης του κομματιού.

Μετά τον προγραμματισμό του κομματιού και την διαστασιολόγηση του ο χρήστης της μηχανής λαμβάνει από το λογισμικό του προγράμματος μια αναφορά με τις μετρήσεις και τις διαφορές του θεωρητικού κομματιού (CAD) και του πραγματικού κομματιού. Η αναφορά του **Σχήματος 36** είναι η αναφορά του κομματιού που διαστασιολογήθηκε για τις ανάγκες της πτυχιακής και στην συνέχεια θα αναλυθούν διεξοδικά οι διαστασιολογικές αστοχίες που παρατηρήθηκαν και θα αναζητηθεί η προέλευση αυτών των αστοχιών.

	PART NAME : 6102567956		August 31, 2012	15:03
	REV NUMBER : B	SER NUMBER : 1	STATS COUNT : 1	

FCFFLAT1	MM	 0.5							
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
PL1	0.0000	0.5000		0.8685	0.8685	0.3685	0.4343	-0.4343	

FCFLOC1 Size	MM	3X ϕ 12 0.2/0.2							
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	BONUS
CL1	12.0000	0.2000	0.2000	12.0397	0.0397	0.0000	0	0	0.2397 
CL2	12.0000	0.2000	0.2000	12.0364	0.0364	0.0000	0	0	0.2364 
CL4	12.0000	0.2000	0.2000	11.8716	-0.1284	0.0000	0	0	0.0716 

FCFLOC1 Position	MM	 ϕ 0.2  X							
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	DEVANG	BONUS	
CL1	0.0000	0.2000		0.3790	0.3790	0.0000	83.0342	0.2397	
CL2	0.0000	0.2000		0.4114	0.4114	0.0000	89.5539	0.2364	
CL4	0.0000	0.2000		0.2498	0.2498	0.0000	30.0183	0.0716	

FCFLOC1 Summary FIT TO DATUMS=ON, DEV PERPEN CENTERLINE=ON				
Feature	AX	NOMINAL	MEAS	DEV
Set	X	186.6667	186.7108	0.0442
	Y	53.3333	53.4853	0.1520
	Z	-0.6943	-0.7513	-0.0569
CL1	X	280.0000	280.0230	0.0230
	Y	-0.0000	0.1881	0.1881
CL2	X	280.0000	280.0014	0.0014
	Y	80.0000	80.2054	0.2054
CL4	X	-0.0000	0.1081	0.1081
	Y	80.0000	80.0625	0.0625

FCFLOC2 Size	MM	8X ϕ 6 0.1/0.1							
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	BONUS
CL7	6.0000	0.1000	0.1000	6.0107	0.0107	0.0000	0	0	0.1107 
CL8	6.0000	0.1000	0.1000	6.0267	0.0267	0.0000	0	0	0.1267 
CL9	6.0000	0.1000	0.1000	6.0099	0.0099	0.0000	0	0	0.1099 
CL10	6.0000	0.1000	0.1000	6.0379	0.0379	0.0000	0	0	0.1379 
CL11	6.0000	0.1000	0.1000	6.0606	0.0606	0.0000	0	0	0.1606 
CL12	6.0000	0.1000	0.1000	5.9972	-0.0028	0.0000	0	0	0.0972 
CL13	6.0000	0.1000	0.1000	6.0081	0.0081	0.0000	0	0	0.1081 
CL14	6.0000	0.1000	0.1000	5.9482	-0.0518	0.0000	0	0	0.0482 

FCFLOC2 Position		MM		⊕ ∅0.2 Ⓜ X					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	DEVANG	BONUS	
CL7	0.0000	0.2000		0.0714	0.0714	0.0000	12.1836	0.1107	
CL8	0.0000	0.2000		0.2075	0.2075	0.0000	-21.3801	0.1267	
CL9	0.0000	0.2000		0.1726	0.1726	0.0000	-41.4941	0.1099	
CL10	0.0000	0.2000		0.2675	0.2675	0.0000	-40.8713	0.1379	
CL11	0.0000	0.2000		0.1757	0.1757	0.0000	-99.3623	0.1606	
CL12	0.0000	0.2000		0.1696	0.1696	0.0000	-75.1335	0.0972	
CL13	0.0000	0.2000		0.0733	0.0733	0.0000	-40.9999	0.1081	
CL14	0.0000	0.2000		0.1778	0.1778	0.0000	174.1843	0.0482	
FCFLOC2 Summary FIT TO DATUMS=ON, DEV PERPEN CENTERLINE=ON									
Feature	AX	NOMINAL	MEAS	DEV					
Set	X	140.0000	140.0305	0.0305					
	Y	40.0000	39.9552	-0.0448					
CL7	X	65.0000	65.0349	0.0349					
	Y	80.0000	80.0075	0.0075					
CL8	X	115.0000	115.0966	0.0966					
	Y	80.0000	79.9622	-0.0378					
CL9	X	165.0000	165.0646	0.0646					
	Y	80.0000	79.9428	-0.0572					
CL10	X	215.0000	215.1011	0.1011					
	Y	80.0000	79.9125	-0.0875					
CL11	X	215.0000	214.9857	-0.0143					
	Y	-0.0000	-0.0867	-0.0867					
CL12	X	165.0000	165.0218	0.0218					
	Y	-0.0000	-0.0820	-0.0820					
CL13	X	115.0000	115.0277	0.0277					
	Y	-0.0000	-0.0240	-0.0240					
CL14	X	65.0000	64.9116	-0.0884					
	Y	-0.0000	0.0090	0.0090					
←→		MM	1 - CL3 TO LN2 (XAXIS)						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	9.940	0.200	0.200	9.616	-0.324	0.124	9.616	9.616	
←→		MM	2 - CL3 TO LN3 (XAXIS)						
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	130.000	0.500	0.500	130.388	0.388	0.000	130.388	130.388	

↔	MM	3 - CL3 TO LN4 (XAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	149.940	0.500	0.500	149.633	-0.307	0.000	149.633	149.633	
↔	MM	4 - CL3 TO LN5 (XAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	270.000	0.500	0.500	270.354	0.354	0.000	270.354	270.354	
↔	MM	5 - CL3 TO LN6 (YAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	10.000	0.200	0.200	9.738	-0.262	0.062	9.738	9.738	
↔	MM	6 - LN7 TO LN6 (YAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	60.000	0.300	0.300	60.845	0.845	0.545	60.975	60.716	
↔	MM	7 - CL3 TO LN8 (YAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	10.000	0.200	0.200	9.693	-0.307	0.107	9.693	9.693	
↔	MM	8 - LN8 TO LN9 (YAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	60.000	0.300	0.300	60.722	0.722	0.422	60.735	60.709	
↔	MM	9 - LN2 TO LN13 (XAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	34.306	0.300	0.300	33.809	-0.497	0.197	33.827	33.791	
↔	MM	10 - LN12 TO LN13 (XAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	341.593	0.500	0.500	341.412	-0.181	0.000	341.495	341.329	
↔	MM	11 - LN11 TO LN10 (YAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	257.997	0.500	0.500	257.399	-0.598	0.098	257.569	257.229	
↔	MM	12 - PN1 TO PN2 (ZAXIS)							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	MAX	MIN	
M	14.700	0.200	0.200	14.686	-0.014	0.000	14.686	14.686	

Σχήμα 36 Αναφορά διαστασιολογικών διαφορών θεωρητικού και πραγματικού κομματιού.

Φάση 4 Ανάλυση των μετρήσεων που προέκυψαν από την διαστασιολόγηση του κομματιού.

Πρίν ξεκινήσουμε την ανάλυση των δεδομένων που προέκυξαν πρέπει να μελετήσουμε πρώτα τι μετρήσεις έχουμε επιλέξει να μας παρουσιαστούν στο report μετά το πέρας του διαστασιολογικού ελέγχου. Οι επιλογές των μετρήσεων που έχουμε στην διάθεση μας από το λογισμικό είναι πάρα πολλές και δεν θα ήταν λειτουργικό να τις παρουσιάσουμε όλες. Γι' αυτό ο κάθε χρήστης CMM εργαλειομηχανής έχει το δικό του customized (προσαρμοζόμενο) report που τον βολεύει για να εξάγει τα δικά του ασφαλή συμπεράσματα. Στην αρχή του report αναγράφονται τα στοιχεία του κομματιού όπως ο αριθμός του, το revision (αναθεώρηση) του, η ημερομηνία, η ώρα και γενικά άλλα στοιχεία για να ξεχωρίζουμε το κάθε report του κάθε κομματιού. Πάνω από τα δεδομένα που συλλέξαμε (στο κίτρινο τμήμα του report) αναγράφεται ο τύπος της μέτρησης όπως size (μέγεθος), position

(θέση) και απόσταση μεταξύ των χαρακτηριστικών (\leftrightarrow). Μετά ακολουθεί η μονάδα μέτρησης που έχει επιλεγεί για να γίνει η μέτρηση (MM) δηλαδή σε χιλιοστά. Στην συνέχεια η ονομασία που έχουμε επιλέξει για το κάθε χαρακτηριστικό του κομματιού και μέσα στην παρένθεση βρίσκεται ο άξονας στον οποίο έγινε η μέτρηση. Εξαιρέσεις έχουμε όταν μιλάμε για γεωμετρικές ανοχές που αναλύονται με διαφορετικό τρόπο, τον οποίο θα αναλύσουμε ποίο μετά και μεγέθοι χαρακτηριστικών. Κάτω από το κίτρινο τμήμα του report έχουμε το γκρι τμήμα που χαρακτηρίζει το είδος του δεδομένου που βρίσκεται από κάτω του. Κάτω από το Feature βρίσκεται η ονομασία που έχουμε δώσει στο κάθε χαρακτηριστικό κατά τον προγραμματισμό, δίπλα από την ονομασία και κάτω από το NOMINAL βρίσκονται οι θεωρητικές τιμές μεγέθους του κάθε χαρακτηριστικού ή οι τιμές των διαστάσεων μεταξύ χαρακτηριστικών που προκύπτουν από το 3D σχέδιο, μετά τις θεωρητικές τιμές των χαρακτηριστικών ακολουθούν οι ανοχές που έχουμε εισάγει κατά τον προγραμματισμό του κάθε χαρακτηριστικού. Μετά τις ανοχές και κάτω από την ονομασία MEAS που βρίσκεται στο γκρι τμήμα του report ακολουθούν οι πραγματικές τιμές οι οποίες έχουν μετρηθεί από από την μηχανή, στην συνέχεια κάτω από το DEV έχουμε την διαφορά μεταξύ θεωρητικού κομματιού και πραγματικού. Κάτω από το OUTTOL έχουμε την τιμή που είναι εκτός ανοχής, το MAX και MIN αναφέρεται στην μεγαλύτερη και μικρότερη σχέση μεταξύ των σημείων που πάρθηκαν πάνω στο πραγματικό κομμάτι για να κατασκευαστεί ένα χαρακτηριστικό σε σχέση με κάποιο άλλο. Για να γίνουμε ποίο ξεκάθαροι στην τρίτη σελίδα του report όπου έχουμε έναν κύκλο CL3 με την γραμμή LN5 επειδή ο συσχετισμός κάθε σημείου που απαρτίζουν μια γραμμή με ένα συγκεκριμένο σημείο (κέντρο του κύκλου) είναι πάντα ο ίδιος η τιμή του MAX και MIN είναι η ίδια ενώ στην ίδια σελίδα του report βλέπουμε διαφορές στις τιμές του MAX και MIN των γραμμών LN11 με LN10 γιατί ο συσχετισμός κάθε σημείου της μίας ευθείας δεν συσχετίζεται ακριβώς με κάθε σημείο της άλλης ευθείας διότι τα σημεία έχουν παρθεί πάνω στο πραγματικό κομμάτι που έχει επιφανειακές ατέλειες. Η χρησιμότητα του MAX και του MIN είναι ότι μας δείχνει την διαφορά μεταξύ των σημειακών συσχετισμών μεταξύ των χαρακτηριστικών και άμα η διαφορά είναι μεγάλη τότε δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την εγκυρότητα του δεδομένου που προκύπτει από αυτή την μέτρηση. Το DEVANG μας δείχνει την γωνία που σχηματίζεται μεταξύ των πραγματικών κέντρων των οπών με το Datum X που είναι το κέντρο της οπής που κατά την οποία όλες οι άλλες οπές έχουν διαστασιολογηθεί. Το BONUS είναι η τιμή της μπόνους ανοχής που επιτρέπεται λόγω του τροποποιητή υλικού MMC.

3.4 Ανάλυση του report της CMM μηχανής

Σε αυτό το σημείο της πτυχιακής θα αναλυθούν ένα προς ένα τα αποτελέσματα τα οποία αντλήθηκαν από τον διαστασιολογικό έλεγχο που πραγματοποιήθηκε από την CMM μηχανή. Η πρώτος έλεγχος που διεξήχθη ήταν για την επιπεδότητα της επιφάνειας του κομματιού μας αυτό μας δείχνει ότι το κομμάτι μας πρέπει να έρχεται στην συναρμολόγηση του σε επαφή με μια άλλη επιφάνεια και όπως βλέπουμε είναι εκτός ανοχής κατά 368μm. Αυτή η διαφορά είναι πάρα πολύ μεγάλη και θα πρέπει να γίνει περαιτέρω επιφανειακή κατεργασία πάνω στο κομμάτι για να μειωθεί αυτή η διαφορά και να βρεθούμε εντός ανοχής. Οι επόμενες μετρήσεις είναι για την διάμετρο των τριών κύκλων CL1, CL2, CL4 και όπως παρατηρούμε είμαστε εντός ανοχών. Από κάτω ακολουθεί η γεωμετρική ανοχή true position (θέσης των κέντρων) των κύκλων CL1, CL2, CL4 που είναι σε σχέση πάντα με το κέντρο του κύκλου CL3 (Datum X). Όπως βλέπουμε είμαστε οριακά εντός της γεωμετρικής ανοχής true position και όπως παρατηρούμε από την ανάλυση που ακολουθεί για τον κάθε άξονα του κάθε κύκλου, για τους κύκλους CL1 και CL2 παρατηρείται για τον άξονα Y μεγάλες αποκλίσεις του μεγέθους τον δύο δεκάτων. Για τον CL4 παρατηρούμε απόκλιση του ενός δεκάτου για τον άξονα Y ενώ για τον άξονα X 62 μm. Αυτό μας κάνει να υποψιαζόμαστε ότι το κομμάτι δεν έχει τοποθετηθεί σωστά πάνω στην τράπεζα της φρέζας γι' αυτό

παρατηρείται τόσο μεγάλη διαφορά κυρίως στον άξονα Υ. Στην συνέχεια του report μελετάμε τους κύκλους CL7, CL8, CL9, CL10, CL11, CL12, CL13, CL14, η διάμετρος τους είναι εντός ανοχής και η γεωμετρική ανοχή true position είναι εντός. Από την μελέτη των αξόνων Χ,Υ παρατηρούμε ότι δεν έχουμε μεγάλες μεταβολές από τις θεωρητικές τιμές που περιμέναμε, όπως είδαμε για τους κύκλους CL1, CL2, CL4. Αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι έχουμε μικρότερη διάμετρο οπών και συνεπώς οι δυνάμεις που ασκήθηκαν επάνω στο κομμάτι να είναι μικρότερες με αποτέλεσμα να μην του επιτρέψουν να μετακινηθεί κατά την διάρκεια της διάνοιξης των οπών. Στην συνέχεια του report ακολουθούν οι μετρήσεις των διαστάσεων του κομματιού, όπως παρατηρούμε οι αποστάσεις των χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν στον άξονα Υ είναι όλες εκτός ανοχών. Ενώ για τον άξονα Χ μόνο δύο διαστάσεις είναι εκτός οι οποίες συσχετίζονται και οι δύο με ένα από τα δύο πόκετ. Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις παρατηρούνται στις διαστάσεις που ορίζουν το πλάτος των πόκετ (LN7 - LN6 και LN8 – LN9) που είναι πέντε δέκατα εκτός ανοχής για το πρώτο πλάτος του πόκετ και τέσσερα δέκατα εκτός ανοχής για το δεύτερο πλάτος του πόκετ. Σε αυτό το σημείο δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η τοποθέτηση του κομματιού έχει γίνει λάθος και αυτές οι αποκλίσεις στον Υ άξονα μπορούν να υπονομεύσουν την λειτουργικότητα του κομματιού. Στην περίπτωση ειδικά των πόκετ που οι δυνάμεις κοπής είναι πολύ μεγάλες και είναι ικανές να μετακινήσουν το κομμάτι παρατηρήθηκαν οι μεγαλύτερες αποκλίσεις που αυτό μας επαληθεύει ότι το κομμάτι μας κατά την κοπή του δεν ήταν σταθερό.

3.5 Συμπεράσματα Quality controler

Οι στόχοι που είχαν οριστεί από την αρχή του σχεδιασμού για να είναι αποδεκτό το κομμάτι και να προχωρήσει σε μαζική παραγωγή δεν επιτεύχθηκαν όλοι. Η απόφαση είναι ότι το κομμάτι αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ότι περαιτέρω διορθωτικές κινήσεις πρέπει να ληφτούν από τον υποκατασκευαστή για την επίτευξη της απαιτούμενης ποιότητας.

Βιβλιογραφία

K. Morling - Geometric and Engineering Drawing, 3rd edition, Elsevier, (2010)

Γ. Καμπουρίδης - Η στρατηγική της ποιότητας και η Ελληνική μικρομεσαία επιχείρηση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, (2001)

P. Drake - Dimensioning and Tolerancing Handbook, McGraw-Hill, (1999)

G. Cogorno - Geometric Dimensioning and Tolerancing for Mechanical Design, McGraw-Hill, (2006)

Armand V. Feigenbaum - Total quality control, 40th ed. , McGraw-Hill international editions, (1991)

Κ. Σαλωνίτης - Προγραμματισμός εργαλειομηχανών με χρήση Η/Υ(CAM), Σημειώσεις, Πάτρα (2008)

Σ.Αυλωνίτης – Στοιχεία ελέγχου και διασφάλιση ποιότητας, Εκδόσεις Ελλην – Γ. Παρίκος & ΣΙΑ Ε.Ε., Αθήνα (2003)

ASME Y14.5-2009

Thomas Childs, Katsuhiko Maekawa, Toshiyuki Obikawa, Yasuo Yamane - Metal Machining Theory and Applications, Arnold, (2000)

PC-DMIS CAD++, Users" manual, (2004)

Myer Kutz - Materials and Mechanical Design, 3d edition, Willey, (2006)

Caplen R. H. – A practical approach to quality control, Century Business, 5th ed., (1988)

Γ. Παρίκου - Μηχανουργική τεχνολογία, Εκδόσεις ΙΩΝ, (1995)

ISO 9001 - Quality management systems – Requirements, CEN, (2008)

R. Abella, J. Daschbach, R. McNichols - Reverse engineering applications, Comput Ind.

Meadows, James D. - Measurement of Geometric Tolerances in Manufacturing, CRC Press, (1998)

Ron A. Walsh – Handbook of Manufacturing and Metalworking and Metalworking Calculations, McGraw – Hill, (2001)