



# Ανοχές - συναρμογές

Βασικές έννοιες  
Ανοχές κατά ISO  
Συναρμογές κατά ISO



# Άδεια Χρήσης

Το παρόν υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons και δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του Έργου των Ανοικτών Ακαδημαϊκών Μαθημάτων από την Μονάδα Υλοποίησης του ΕΜΠ. Για υλικό που υπόκειται σε άδεια χρήσης άλλου τύπου, αυτή πρέπει να αναφέρεται ρητώς.



## Γενικά

- **Ανοχή γενικά είναι η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης δυνατής τιμής μιάς διάστασης ενός τεμαχίου.**
- **Συναρμογή είναι ο χαρακτήρας της συνεργασίας δύο τεμαχίων που ανήκουν στο ίδιο συναρμολογημένο σύνολο, πχ σύσφιξης, ελεύθερη κλπ.**

## Λόγοι ύπαρξης

- αδυναμία οποιασδήποτε μεθόδου κατεργασίας να παράγει επαναληπτικά ακριβώς την ίδια ονομαστική διάσταση
- αύξηση του κόστους εκθετικά με τον περιορισμό των ανεκτών αποκλίσεων από την ονομαστική διάσταση
- ανάγκη εναλλαξιμότητας των μηχανολογικών εξαρτημάτων ενός συναρμολογημένου συνόλου.

# Εναλλαξιμότητα

- **Εναλλαξιμότητα είναι η δυνατότητα αντικατάστασης ενός τεμαχίου από ένα άλλο με την ίδια λειτουργική συμπεριφορά.**
- **Η εναλλαξιμότητα δύο τεμαχίων προκύπτει από τον περιορισμό της απόκλισης των διαστάσεων τους από μια ονομαστική διάσταση.**
- **Η ανάγκη της εναλλαξιμότητας συνδέεται με**
  - την εύκολη αντικατάσταση εξαρτημάτων που έχουν φθαρεί, αστοχήσει κλπ, με
  - την εύκολη συναρμολόγηση χωρίς ειδικούς τεχνίτες, εξοπλισμό κλπ, καθώς και
  - τη δυνατότητα 'μαζικής' παραγωγής.

# Ανοχές

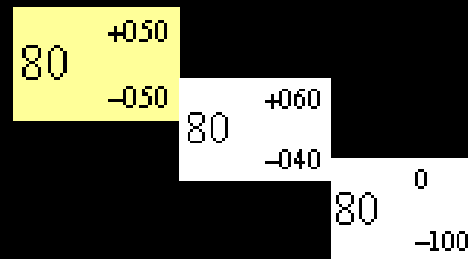
- **Θερμοκρασία αναφοράς για τις μετρήσεις διαστάσεων είναι 20 °C, έτσι ώστε να είναι συγκρίσιμες οι μετρήσεις.**
  - για χάλυβα : 1  $\mu\text{m}$  /°C/100 mm
- **Ονομαστική διάσταση (N) είναι αυτή που αναγράφεται στο σχέδιο (ιδανική - επιθυμητή).**
- **Πραγματική διάσταση είναι αυτή που προκύπτει από μετρήσεις.**
- **Οριακές διαστάσεις είναι οι δύο τιμές (μέγιστη και ελάχιστη) ανάμεσα στις οποίες πρέπει να βρίσκεται η πραγματική διάσταση και αναγράφονται επίσης στο σχέδιο.**
- **Αυτές, για μεν άξονες (προεξοχές) συμβολίζονται με  $A_{\mu}$  και  $A_{\varepsilon}$ , για δε τρύματα (κοιλότητες) συμβολίζονται με  $B_{\mu}$  και  $B_{\varepsilon}$  αντίστοιχα.**

## Ανοχές – ορισμοί ΙΙ

- Άνω απόκλιση είναι η διαφορά της μέγιστης διάστασης από την ονομαστική.
- $A_0 = A_\mu - N$  ή  $B_0 = B_\mu - N$
- Κάτω απόκλιση είναι η διαφορά της ελάχιστης διάστασης από την ονομαστική
- $A_k = A_\epsilon - N$  ή  $B_k = B_\epsilon - N$
- Βασική απόκλιση είναι η κατ' απόλυτη τιμή μικρότερη από τις αποκλίσεις  $A_0$  και  $A_k$ .
- Ανοχή (T) είναι η διαφορά της μέγιστης από την ελάχιστη διάσταση :
- $T_A = A_\mu - A_\epsilon = A_0 - A_k$  ή  $T_B = B_\mu - B_\epsilon = B_0 - B_k$

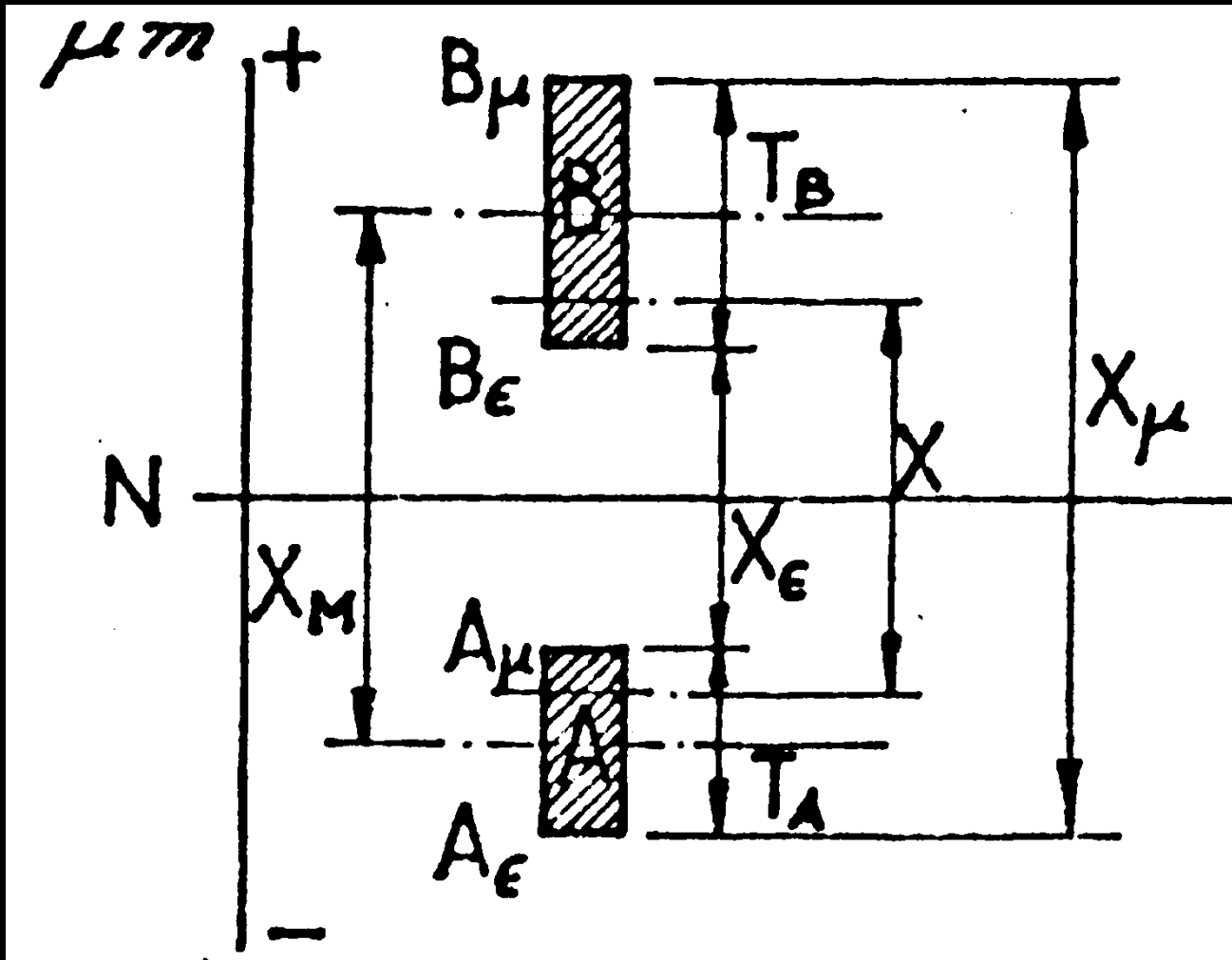
# Ανοχές – ορισμοί ΙΙΙ

- **Πεδίο ανοχής**
  - ορθογώνιο παραλληλόγραμμο αυθαίρετου πλάτους
  - οριζόντιων πλευρών αντίστοιχων των  $A_0$  (ή  $B_0$ ) και  $A_k$  (ή  $B_k$ )
- **Η μηδενική γραμμή (οριζόντιος άξονας) συμπίπτει με την ονομαστική διάσταση.**
- **Ο κατακόρυφος άξονας αντιστοιχεί στις αποκλίσεις, τις μέγιστες και ελάχιστες διαστάσεις και τις ανοχές.**
- **Ως προς τη θέση του πεδίου ανοχών σε σύγκριση με τη μηδενική γραμμή διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις :**
  - **συμμετρική διάταξη**
  - **ασύμμετρη διάταξη**
  - **μονόπλευρη διάταξη**





# Συναρμογές



Εικόνα 9.1

## Συναρμογές – ορισμοί Ι

- Αναφέρονται στη συνεργασία άξονα και τρύματος. Ανοχή συναρμογής είναι το άθροισμα ανοχών άξονα και τρύματος.
- Χάρη καλείται η διαφορά των διαστάσεων των συνεργαζόμενων άξονα και τρύματος.
- Μέγιστη χάρη  $X_m$  είναι η διαφορά μεταξύ μέγιστου τρύματος και ελάχιστου άξονα.
- $X_m = B_m - A_e$
- Ελάχιστη χάρη  $X_e$  είναι η διαφορά μεταξύ ελάχιστου τρύματος και μέγιστου άξονα.
- $X_e = B_e - A_m$
- Μέση χάρη  $X_M$  είναι το ημι-άθροισμα της ελάχιστης και της μέγιστης χάρης.

## Συναρμογές - είδη

- Ελεύθερη συναρμογή αντιστοιχεί σε θετική μέγιστη και ελάχιστη χάρη,  
 πχ άξονας 

80	+0
	-0.02

 τρύμα 

80	+0.25
	+0.10
- Συναρμογή ολίσθησης αντιστοιχεί σε μικρή θετική τιμή ελάχιστης χάρης και ημι-άθροισμα μέγιστης και ελάχιστης χάρης θετικό,  
 πχ άξονας 

45	-0.05
	-0.08

 τρύμα 

45	+0.03
	-0.03
- Συναρμογή σύσφιξης αντιστοιχεί σε αρνητική μέγιστη και ελάχιστη χάρη,  
 πχ άξονας 

45	+0.60
	+0.20

 τρύμα 

45	+0.10
	-0.30
- Συναρμογή αμφίβολης σύσφιξης αντιστοιχεί σε θετική μέγιστη χάρη και αρνητική ελάχιστη χάρη,  
 πχ άξονας 

30	+0.35
	+0.25

 τρύμα 

30	+0.43
	0

## Συστήματα συναρμογών

- Υπάρχουν δύο συστήματα συναρμογών βασικού άξονα και βασικού τρύματος.
- Στην πρώτη περίπτωση οι οριακές διαστάσεις του άξονα παραμένουν σταθερές και αυτές του τρύματος μεταβάλλονται.
- Στην δεύτερη περίπτωση ισχύει το αντίστροφο.
- Στο σύστημα βασικού τρύματος κάθε διάσταση τρύματος (γενικευμένη διάμετρος) απαιτεί μόνο ένα ελεγκτήρα για ποιοτικό έλεγχο και για τους άξονες ανάλογα με τη συναρμογή υπάρχουν πολλοί ελεγκτήρες. Το αντίστροφο ισχύει για το σύστημα βασικού άξονα.
- Ακριβότερο θεωρείται το σύστημα βασικού άξονα.

## Συστήματα ανοχών ISO – ποιότητες

- Για την τυποποίηση των ανοχών ορίζονται 22 ποιότητες που συμβολίζονται ως IT1-IT22.
- Ο όρος ποιότητα ανοχής χαρακτηρίζει το μέγεθος της ανοχής (ύψος του παραλληλογράμμου που αντιστοιχεί στο πεδίο ανοχών), το οποίο αντιστοιχεί στην απαιτούμενη ακρίβεια κατασκευής.
- Η βάση υπολογισμού είναι η ποιότητα IT6.
- Κάθε ποιότητα πάνω από την IT6 υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό της προηγούμενης με το συντελεστή 1.6 ( $=10^{1/5}$ )
- ποιότητες IT5 και κάτω υπολογίζονται ξεχωριστά (διαφορετικά).

## ποιότητες ISO

- Οι ποιότητες IT6 και κάτω χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οργάνων μέτρησης, ελεγκτήρων και σε συσχετισμό με την κατεργασία της υπερ-λείανσης (lapping, superfinishing).
- Η ποιότητα IT6 σπανιότερα χρησιμοποιείται και σε μηχανουργικές εφαρμογές.
- Οι ποιότητες IT7-IT11 χρησιμοποιούνται στις συνήθεις μηχανουργικές κατεργασίες.
- Οι ποιότητες IT12-IT18 εφαρμόζονται στις κατεργασίες διαμόρφωσης όπως εξέλαση, διέλαση, σφυρηλάτηση κλπ

# μονάδα ανοχής

- Για την ποιότητα IT6 η ανοχή ισούται με  $10 \cdot i$ .
- $i$  είναι η μονάδα ανοχής η οποία υπολογίζεται από τη σχέση :

$$i = 0.45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0.001 \cdot D$$

- όπου  $i$  μετράται σε  $\mu\text{m}$  και  $D$  σε  $\text{mm}$ .
- $D$  είναι ο γεωμετρικός μέσος των άκρων του διαστήματος τιμών, όπου ανήκει η ονομαστική διάσταση της ανοχής, δηλαδή

$$D = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$$

(1,3]	(3,6]	(6,10]	(10,18]	(18,30]	(30,50]	(50,80]
(80,120]	(120,180]	(180,250]	(250,315]	(315,400]	(400,500]	

## Παράδειγμα

- Για το διάστημα (6,10],  
D=7.75,

$$D = \sqrt{6*10}$$

- η μονάδα ανοχής είναι

$$i = 0.45 * \sqrt[3]{7.75} + 0.001 * 7.75 = 0.889 \mu m$$

- και για ποιότητα IT6 η  
ανοχή είναι  
 $10*i = 8.89 = 9 \mu m$ .
- Για ποιότητα IT8 η ανοχή  
θα είναι  
 $IT6 * 1.6 * 1.6 = 22 \mu m$ .



# π;ράδειγμα - εποπτικός πίνακας ποιότητων

IT	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
αριθμός μονάδων ανοχής	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000
T[10,18) $\mu\text{m}$	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
T[60-80) $\mu\text{m}$	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1400
T[180-250) $\mu\text{m}$	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900

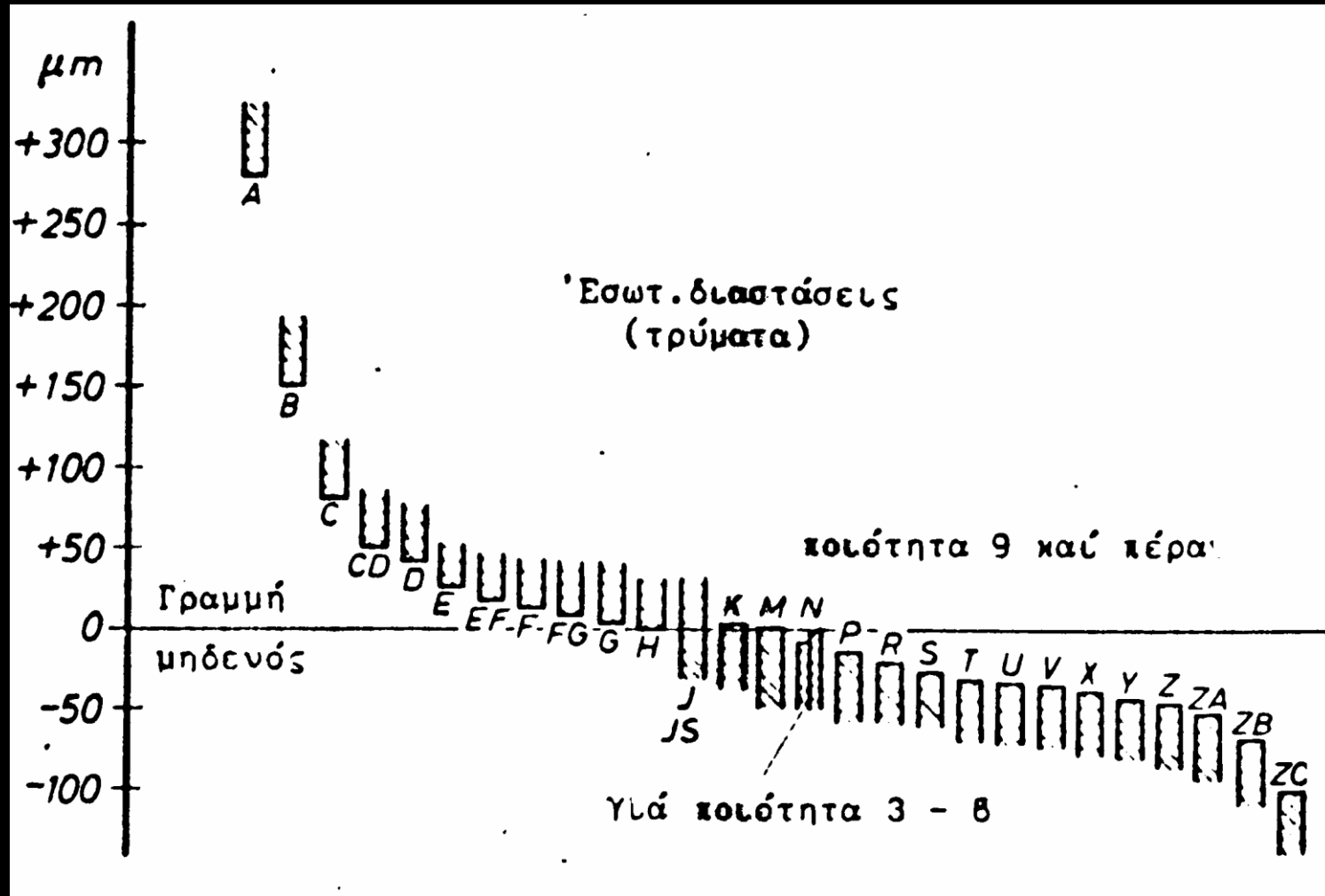
## ανοχές ISO - κατηγορία

- Ο όρος «κατηγορία» αναφέρεται στη βασική απόκλιση της ανοχής, δηλαδή στην κατ' απόλυτο τιμή ελάχιστη απόσταση του πεδίου ανοχής από την ονομαστική διάσταση.
- Κάθε κατηγορία συμβολίζεται με γράμμα της λατινικής αλφαβήτου, πεζό για τους άξονες και κεφαλαίο για τα τρύματα.
- Παλαιότερα κάποιες κατηγορίες (γράμματα, πχ z) υποδιαιρούνταν σε περισσότερες υπο-κατηγορίες (που αντιστοιχούσαν σε δύο χαρακτήρες, πχ za, zb κλπ).
- Τα γράμματα i, l, o, q, w δεν χρησιμοποιούνται προς αποφυγή συγχύσεων.

## κατηγορίες κατά ISO

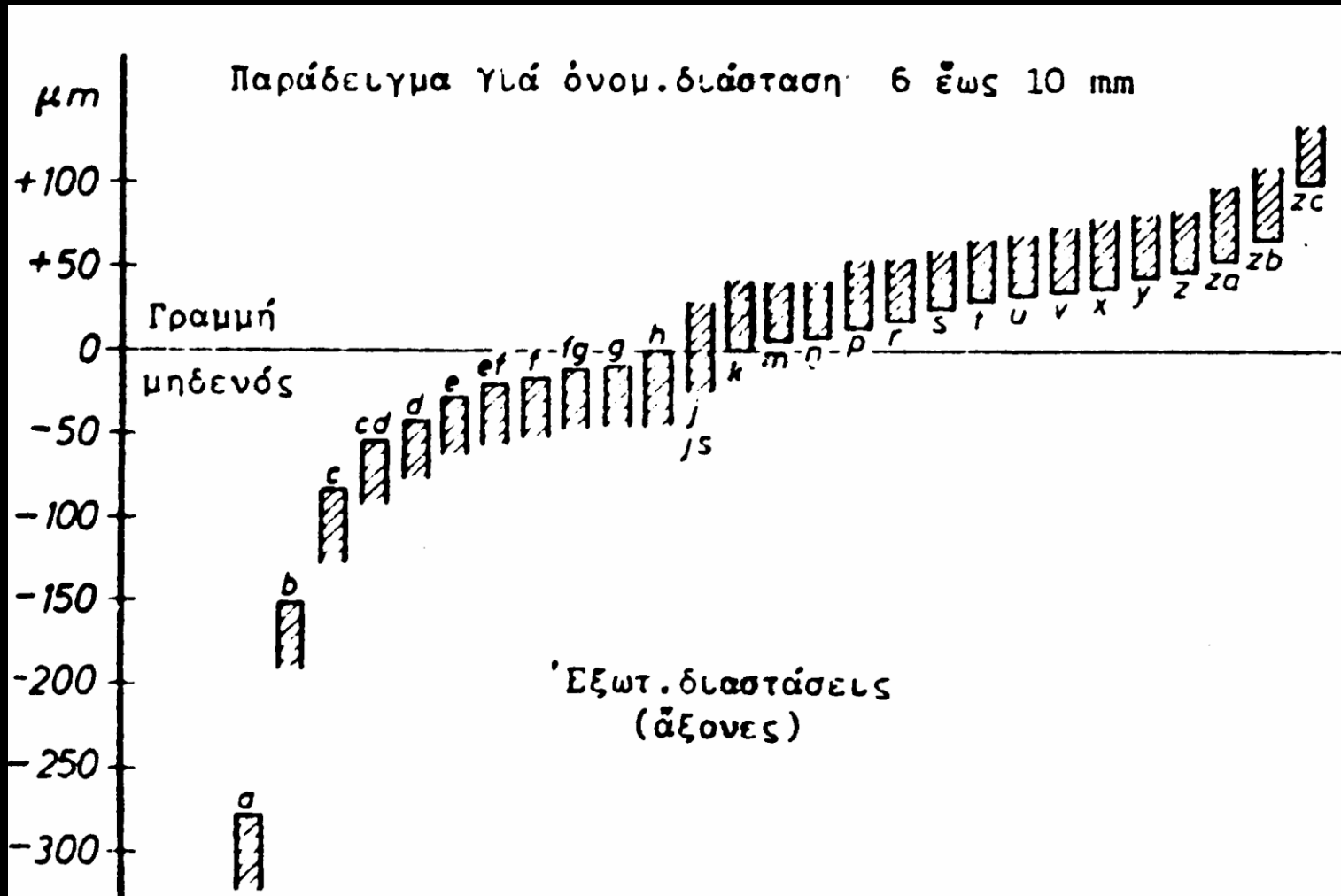
- Οι κατηγορίες ορίζονται κλιμακωτά.
- Για τους άξονες οι  $a$  έως  $g$  είναι κάτω από τη γραμμή της ονομαστικής διάστασης, η  $h$  εφάπτεται σε αυτήν, οι  $k$  έως  $n$  την τέμνουν και οι  $p$  έως  $z$  είναι πάνω από αυτήν.
- Αντίστοιχα, για τα τρύματα τα  $A$  έως  $G$  είναι επάνω από τη γραμμή της ονομαστικής διάστασης, το  $H$  εφάπτεται σε αυτήν, τα  $K$  έως  $K$  την τέμνουν και τα  $P$  έως  $Z$  είναι κάτω από αυτήν.
- Οι κατηγορίες (βασικές αποκλίσεις) για τους άξονες και τα τρύματα είναι πλήρως συμμετρικές περί την ονομαστική διάσταση.

# ανοχές ISO – κατηγορία I



Εικόνα 9.2

# ανοχές ISO – κατηγορία II

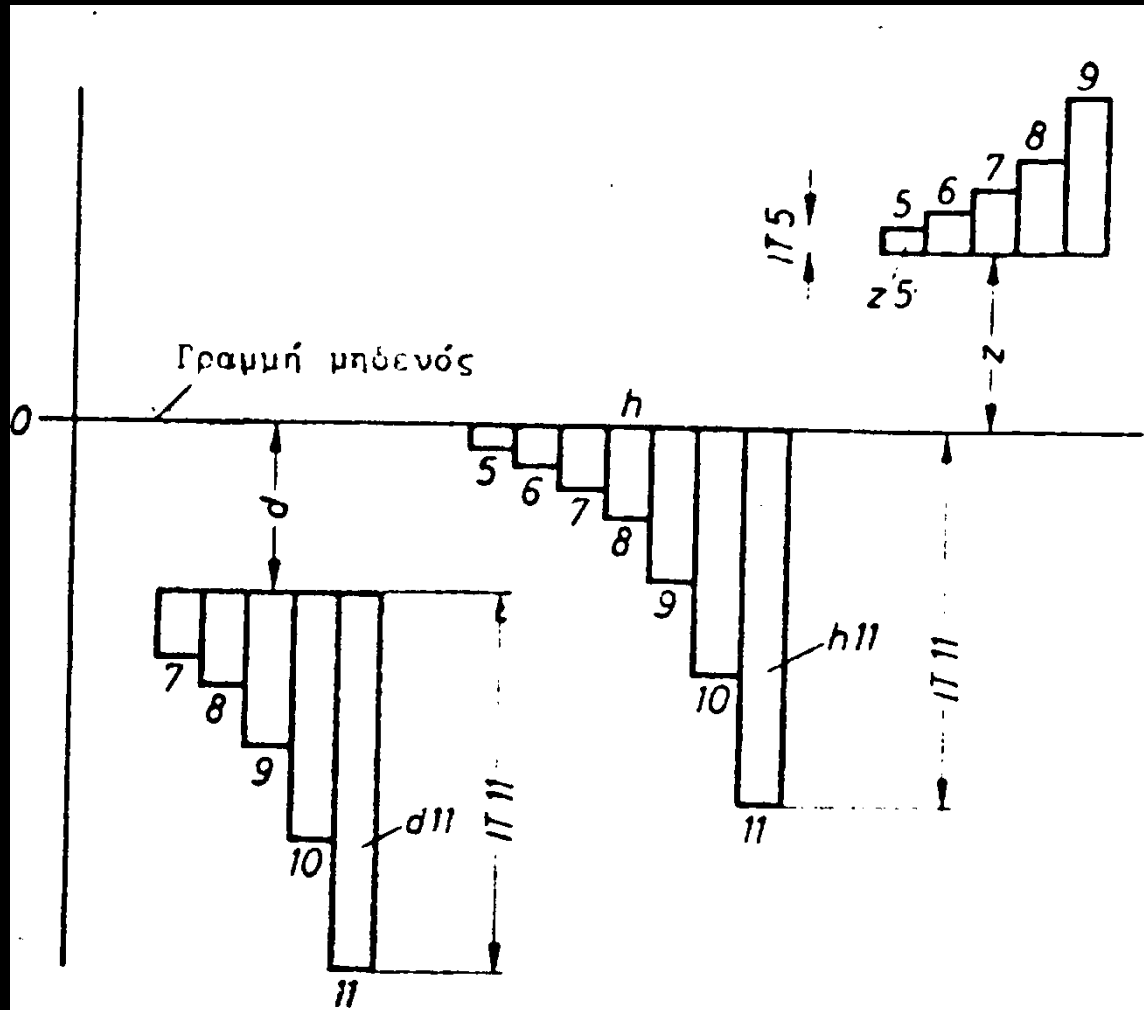


Εικόνα 9.3

# Ανοχή κατά ISO

- Η ανοχή συνολικά δίνεται, λοιπόν, ως
- Ονομ.διάσταση-Κατηγορία-Ποιότητα,
- πχ 80B7.
- Οι ανοχές για κάθε κατηγορία και ποιότητα και διάστημα ονομαστικών διαστάσεων δίνονται σε πίνακες
  - όπως αυτός που ακολουθεί (ο οποίος, παρεπιπτόντως, αναφέρεται σε συναρμογές βασικού άξονα).

# παράδειγμα ανοχών ISO



Εικόνα 9.4

## τύποι υπολογισμών

- Οι βασικές αποκλίσεις που φαίνονται στους ειδικούς πίνακες βρίσκονται για κάθε κατηγορία από τύπους, πχ

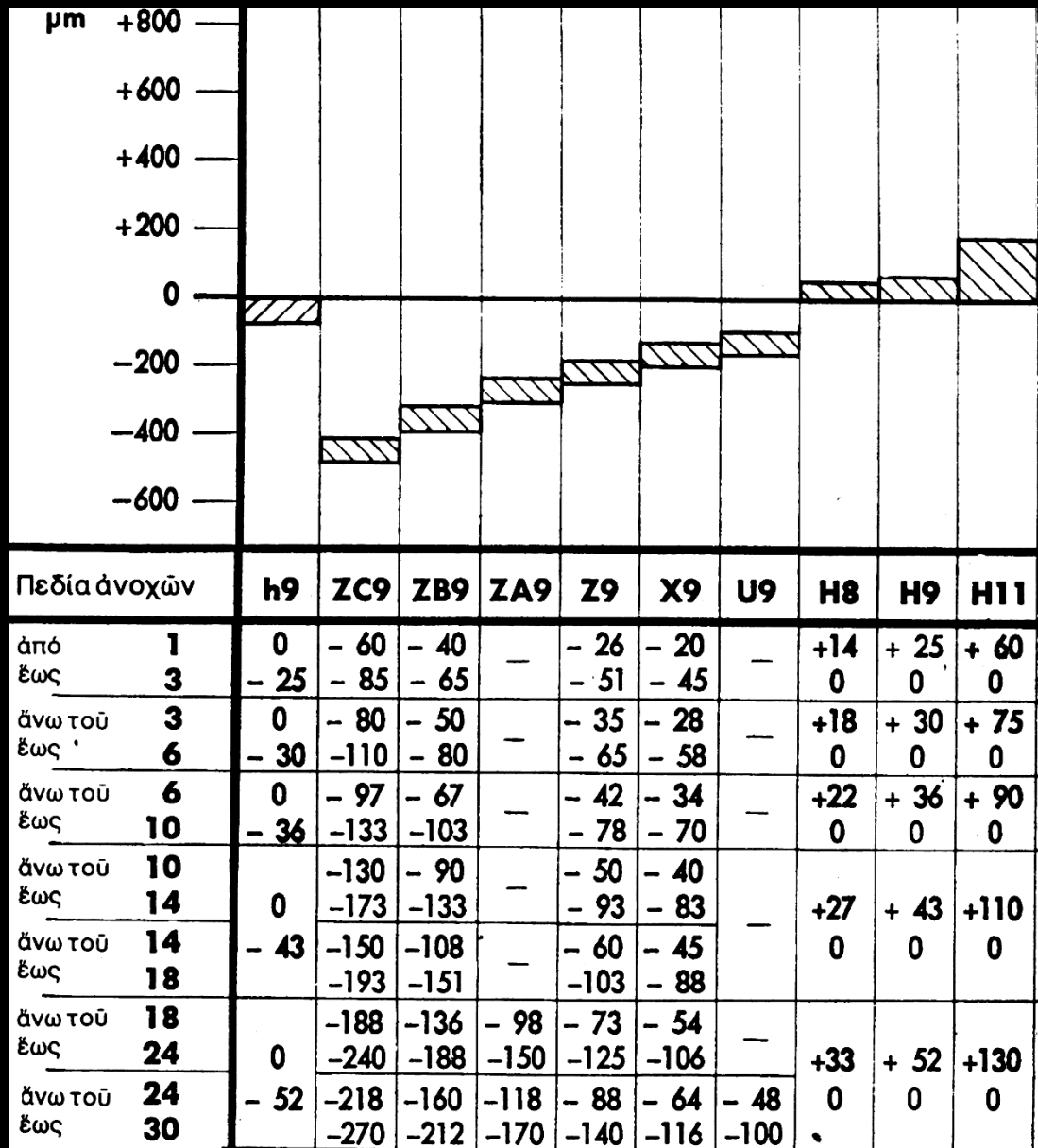
- για κατηγορία f είναι  $A_o = -5.5 * D^{0.41}$
- για κατηγορία e είναι  $A_o = -11 * D^{0.41}$  και για ονομαστική διάσταση 90 είναι  $D = \sqrt{80 * 120} = 97.97$  και  $A_o = -72.06 = -72 \mu\text{m}$ .
- για 90e9 είναι  $i = 0.45 * \sqrt[3]{97.97} + 0.001 * 97.97$  και  $IT9 = 10 * i * (1.6)^3 = 87$  άρα  $A_k = A_o - IT9 = -72 - 87 = -159$
- για κατηγορία h είναι  $A_k = 5 * D^{0.34}$



# Συναρμογές κατά ISO

- **Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο συνδυασμός άξονα-τρύματος κατά ISO δίνει συναρμογή κατά ISO.**
- **Κατά το σύστημα βασικού άξονα (κατηγορία h)**
  - επιλογή τρύματος κατηγορίας A έως H δίνει ελεύθερη συναρμογή,
  - επιλογή κατηγορίας J έως N δίνει αμφίβολης σύσφιξης συναρμογή και
  - επιλογή κατηγορίας P έως Z δίνει συναρμογή σύσφιξης.
- **Αντίστοιχα, για σύστημα βασικού τρύματος (κατηγορία H)**
  - επιλογή άξονα κατηγορίας a έως h δίνει ελεύθερη συναρμογή,
  - επιλογή κατηγορίας j έως n αμφίβολης σύσφιξης και
  - επιλογή κατηγορίας p έως z δίνει συναρμογή σύσφιξης.

# Πίνακες συναρμογών παράδειγμα



## Παράδειγμα συναρμογής

συναρμογή  $15 \frac{Z9}{h9}$  από τον παρατιθέμενο πίνακα  
αντιστοιχεί σε άξονα  $15^0_{-43}$  και τρύμα  $15^{-60}_{-103}$  και άρα  
ελάχιστη χάρη  $X_\varepsilon = -60 - (-43) = -17$  και  
μέγιστη χάρη  $X_\mu = -103 - 0 = -103$ .  
Συνεπώς πρόκειται για συναρμογή σύσφιξης.

## **Κανόνες εκλογής κατηγορίας - ποιότητας**

- Η χάρη είναι συνάρτηση της ποιότητας. Δεν επιτρέπεται για μεγάλη χάρη να χρησιμοποιούνται λεπτές ποιότητες.**
- Η ανοχή δεν πρέπει να είναι ποτέ μικρότερη από όσο είναι ανάγκη.**
- Λόγω σχετικής δυσκολίας κατασκευής το τρύμα κατασκευάζεται συχνά μία ποιότητα μεγαλύτερη από τον άξονα.**
- Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι θερμοκρασίες λειτουργίας, κατεργασίας κλπ.**

# Παραδείγματα καθορισμού συναρμογών

- *Ελεύθερες συναρμογές*
- **H8-f7** καθορίζει μικρή χάρη πχ άτρακτος σε έδρανο ολίσθησης
- **H8-e8** καθορίζει μεγαλύτερη χάρη από την προηγούμενη, πχ για μακριά άτρακτο
- **H11-c11** λαμβάνει υπόψη θερμοκρασιακές διαφορές
  
- *Συναρμογές ολίσθησης*
- **H7-h6 H8-h9 και H11-h11** καθορίζουν ολίσθηση με δυσκολία πχ για στοιχεία με πολύ μεγάλη ακρίβεια συνεργασίας.
- **H7-g6** χρησιμοποιείται σε οδηγούς εργαλειομηχανών, ανταλλακτικούς τροχούς κά

## ... Παραδείγματα συναρμογών

- *Συναρμογές σύσφιξης*
- Αξονική άρμωση (με χρήση αξονικής δύναμης)
- H7-r6 δακτύλιοι σε έδρανα ή σε τροχούς
- H7-k6 έδραση στοιχείων μηχανών για ασφάλεια έναντι περιστροφής (συναρμογή αμφίβολης σύσφιξης)
  
- Ακτινική άρμωση (με διαστολή-συστολή)
- H8-u8 πχ πείρος σε στρόφαλο (συναρμογή σύσφιξης)
- H7-s6 πχ στεφάνη σε τροχό (συναρμογή σύσφιξης)

# Κατανομή διαστάσεων στο πεδίο ανοχής

- Κανονική κατανομή περί τη μέση διάσταση
- Η χάρη μιάς συναρμογής κατανέμεται κανονικά με μέση τιμή τη μέση χάρη και τυπική απόκλιση

$$\sigma_X = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}$$

## Επίδραση της θερμοκρασίας

- Με την αύξηση της θερμοκρασίας βάσει του συντελεστή γραμμικής διαστολής και της διαφοράς θερμοκρασίας (που επιδρούν στην ονομαστική διάσταση) αυξάνει η διάσταση και άρα και η άνω και η κάτω απόκλιση κατά σταθερό αριθμό. Συνεπώς η ανοχή παραμένει ίδια, αλλά μεταβάλλεται η κατηγορία.
- Σε μία συναρμογή με άξονα και τρύμα από ίδιο υλικό δεν μεταβάλλονται η μέγιστη και η ελάχιστη χάρη. Εάν όμως ο άξονας και το τρύμα είναι από διαφορετικό υλικό τότε ανάλογα με την περίπτωση η συναρμογή ενδέχεται να αλλάξει χαρακτήρα.



# Κατάλογος Αναφορών Εικόνων

**Εικόνα 9.1 – 9.4:** Υλικό με μη προσδιορισμένη προέλευση. Σε περίπτωση που είστε ο κάτοχος του κύριου δικαιώματος προβείτε σε επικοινωνία με τη Μονάδα Υλοποίησης Ανοικτών Ακαδημαϊκών Μαθημάτων.

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα» του ΕΜΠ έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

