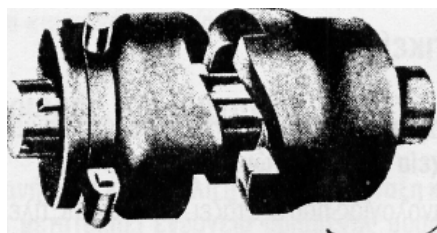
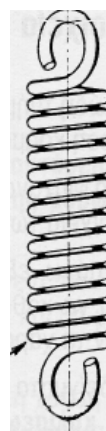
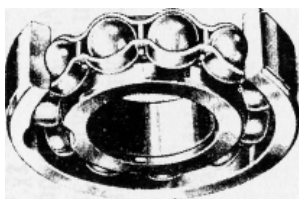
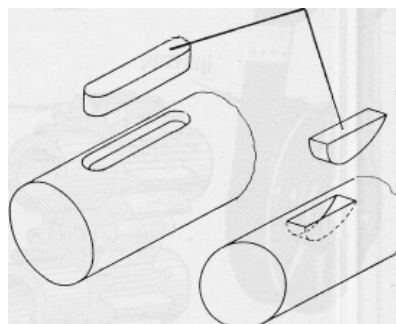
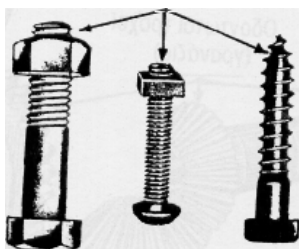


ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ I

ΜΕΡΟΣ Α : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ



Δρ. Στέργιος Μαρόπουλος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΓΕΝΙΚΑ.....	3
2.	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	4
3.	ΑΡΧΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ.....	9
4.	ΗΛΟΙ.....	23
5.	ΚΟΧΛΙΕΣ.....	38
6.	ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ.....	53
7.	ΕΛΑΤΗΡΙΑ.....	77

1.ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Ορισμός και είδη Στοιχείων Μηχανών

Στοιχεία Μηχανών είναι τα τεμάχια που χρησιμοποιούνται κατ' επανάληψη, στην ίδια ή παραπλήσια μορφή, για τη διαμόρφωση και συγκρότηση μηχανών, συσκευών και οργάνων.

Εμφανίζονται τόσο με τη μορφή επί μέρους στοιχείων όπως κοχλίες, άτρακτοι, οδοντωτοί τροχοί κλπ., όσο και με τη μορφή συγκροτημάτων που αποτελούνται από επί μέρους στοιχεία τα οποία όμως διαμορφώνουν λειτουργικά ένα ενιαίο σύνολο όπως έδρανα, συμπλέκτες, βαλβίδες κλπ.

Επειδή κάθε τεχνικό κατασκεύασμα αποτελείται από επί μέρους στοιχεία, για την κατασκευή μηχανημάτων, είναι απαραίτητες εκτεταμένες γνώσεις των σχετικών στοιχείων.

Ανάλογα με το σκοπό χρησιμοποίησής τους διακρίνουμε:

Στοιχεία σύνδεσης π.χ. ήλους, κοχλίες, σφήνες, πείρους καθώς επίσης κολλήσεις διαφόρων ειδών (ηλεκτροσυγκολλήσεις, μαλακές κολλήσεις και κολλήσεις με κόλλα).

Στοιχεία έδρασης και μετάδοσης της κίνησης π.χ. έδρανα ολίσθησης και κύλισης, άξονες, ατράκτους, συμπλέκτες, οδοντωτούς τροχούς και μειωτήρες στροφών, ιμάντες και αλυσίδες κίνησης.

Στοιχεία για τη μεταφορά υγρών και αερίων π.χ. σωληνώσεις και εξαρτήματα αυτών,

αποφρακτικά όργανα όπως βαλβίδες, σύρτες, κρουνοί κλπ.

Επί πλέον στα Στοιχεία Μηχανών ανήκουν ορισμένες συγγενείς περιοχές όπως οι συναρμογές, η αντοχή και οι επιτρεπομενες τάσεις γιατί μετέχουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση και τον υπολογισμό αυτών.

2. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Μηχανολογικά υλικά είναι εκείνα που έχουν χρήσιμες και εκμεταλλεύσιμες μακροσκοπικές ιδιότητες για την κατασκευή μηχανών, μηχανημάτων και συσκευών.

Ο βασικότερος παράγοντας επιτυχίας του σχεδιασμού μίας κατασκευής είναι η σωστή εκλογή των υλικών από τα οποία πρέπει να κατασκευασθούν το καθένα από τα στοιχεία της. Προϋπόθεση για τη σωστή εκλογή είναι η γνώση όλων των τεχνικών ιδιοτήτων των μηχανολογικών υλικών. Από τα τεχνικά ενδιαφέροντα υλικά που χρησιμοποιούνται σε πρώτη θέση είναι ο χάλυβας και ο χυτοσίδηρος και κατόπιν τα μη σιδηρούχα μέταλλα, τα κεραμεικικά κράματα και τα μη μεταλλικά υλικά, από τα οποία τα σπουδαιότερα είναι τα συνθετικά υλικά.

Με την εξέλιξη της Μηχανολογίας και ειδικότερα της Τεχνολογίας των Υλικών εμφανίζονται συνέχεια νέα υλικά με όλο και περισσότερο βελτιωμένες ιδιότητες και μάλιστα προσαρμοσμένες στους συνεχώς διευρυνόμενους στόχους και απαιτήσεις του ανθρώπου. Παράλληλα με την εξέλιξη των νέων υλικών βελτιώνονται και τα είδη γνωστά υλικά.

Η έρευνα στον τομέα των υλικών βρίσκεται σήμερα σε μεγάλη άνθηση και υπόσχεται εξελίξεις για το μέλλον, έτσι οι συστάσεις που δίδονται στο τεύχος αυτό έχουν μόνο προσωρινή ισχύ δεδομένου ότι ένας μηχανικός πρέπει να ενημερώνεται συνεχώς για τις συνεχείς βελτιώσεις των γνωστών και νέων υλικών που εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα στην αγορά.

Επίσης άλλοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη κατά την εκλογή ενός υλικού, είναι το κόστος αγοράς και η δυνατότητα μιας εύκολης και φθηνής διαμόρφωσης ή μηχανικής κατεργασίας του υλικού.

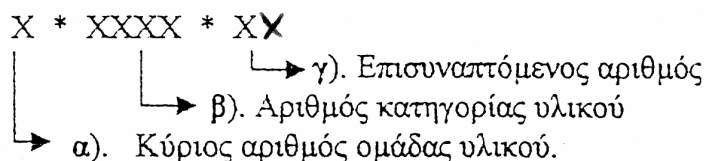
ΟΝΟΜΑΣΙΑ – ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

Υπάρχουν τρία είδη συμβολισμού υλικών

1. Ο διεθνής συμβολισμός κατά ISO
2. Ο συμβολισμός σύμφωνα με μια καθορισμένη κρατική τυποποίηση
3. Ο συμβολισμός σύμφωνα με την εσωτερική τυποποίηση μιας εταιρείας παραγωγής υλικών.

1. Διεθνής Συμβολισμός κατά ISO και κατά DIN 17007

Ο νέος συμβολισμός όλων των μεταλλικών και μη μεταλλικών υλικών γίνεται με μια σειρά 7 αριθμών. Η επταψήφια αυτή σειρά αριθμών ονομάζεται αριθμός υλικού (Material number, werkstoffnummer) και αναλύεται στις εξής τρεις βασικές ομάδες αριθμών.



α). Ο κύριος αριθμός ομάδας υλικού καθορίζει τη γενική κατηγορία στην οποία κατατάσσεται ένα υλικό.

Πχ. 0: Σίδηρος, ή σίδηρος με αμελητέες προσθήκες.

1: Χάλυβας

2: Βαριά μέταλλα.

3: Ελαφρά μέταλλα.

4 - 8: Μη μεταλλικά υλικά.

9: Για την ονομασία οποιουδήποτε υλικού μέσα στην εταιρεία.

β). i. Τα δύο πρώτα ψηφία του αριθμού κατηγορίας υλικού, καθορίζουν τη χημική σύνθεση, τις ιδιότητες και την καταλληλότητα για περαιτέρω κατεργασία.

ii. Τα δύο τελευταία ψηφία του αριθμού κατηγορίας υλικού χρησιμεύουν για την αρίθμηση και κατάταξη των υλικών μιας κατηγορίας.

γ). Ο επισυναπτόμενος διψήφιος αριθμός τοποθετείται όταν πρέπει να προσδιοριστεί ο τρόπος παρασκευής, θερμικής ή μηχανικής προκατεργασίας του υλικού.

(Παρατήρηση: Ο συμβολισμός αυτός δεν εφαρμόζεται ακόμη σε μεγάλη έκταση).

2. Συμβολισμός κραμάτων Σιδήρου – Άνθρακα κατά DIN 17006

Ο συμβολισμός αυτός έχει επικρατήσει στην Ελλάδα και είναι η τυποποίηση που χρησιμοποιείται από την Γερμανία.

α) Οι κοινοί χάλυβες κατασκευών: Χάλυβες που δεν έχουν τυποποιηθεί σύμφωνα με την χημική τους σύνθεση, αλλά με τη μηχανική τους αντοχή συμβολίζονται με τα γράμματα St (που είναι σύντμηση της λέξεως Stall = Χάλυβας). Τα γράμματα αυτά ακολουθούνται από έναν αριθμό, που καθορίζει το ελάχιστο όριο θραύσεως των χαλύβων της κατηγορίας αυτής σε Kp/mm^2 . Οι χάλυβες αυτοί ονομάζονται κοινοί χάλυβες κατασκευών. Χρησιμοποιούνται σε δομικές κατασκευές κάθε είδους και σε μηχανολογικές κατασκευές χαμηλής και μέσης καταπόνησης.

Για κάθε χάλυβα αυτής της κατηγορίας προβλέπονται τρεις ποιότητες και συμβολίζονται με τα ψηφία 1 – 2 – 3.

Παράδειγμα: St37-3 = Χάλυβας κοινός με ελάχιστο όριο θραύσεως $37 Kp/mm^2$ και ποιότητα 3.

β). Οι χάλυβες χωρίς προσθήκες: Αυτοί συμβολίζονται με το γράμμα (C) το οποίο είναι και το χημικό σύμβολο της βασικής προσθήκης τους, δηλαδή του άνθρακα. Το σύμβολο C ακολουθείται από έναν αριθμό ο οποίος διαιρούμενος με το 100 δίνει την επί τις εκατό περιεκτικότητα του χάλυβα σε άνθρακα. (Οι προσθήκες αυτών των χαλύβων σε άλλα στοιχεία εκτός του άνθρακα είναι πολύ περιορισμένες)

Παράδειγμα: C35 συμβολίζει ένα χάλυβα χωρίς προσθήκες με περίπου 35% άνθρακα.

γ). Τα χαλυβοκράματα: είναι χάλυβες με υπολογίσιμες προσθήκες, μπορούν

να φθάσουν σε ένα συνολικό ποσοστό προσθηκών έως 5%

Ο συμβολισμός τους γίνεται ως εξής:

- i. Προτάσσεται ένας αριθμός που δίνει την περιεκτικότητα σε άνθρακα επί τις %, (αν διαιρεθεί δια 100).
- ii. Ακολουθούν τα σύμβολα ενός έως το πολύ τριών χημικών στοιχείων τα οποία είναι κύριες προσθήκες του χάλυβα και κατατάσσονται σύμφωνα με το μέγεθος της περιεκτικότητας από αριστερά προς τα δεξιά.
- iii. Ο συμβολισμός ολοκληρώνεται με την προσθήκη ενός αριθμού μετά τα χημικά σύμβολα των προσθηκών, ο οποίος αν διαιρεθεί με ένα για κάθε στοιχείο διαφορετικό συντελεστή, τότε δίνει την μέση τιμή της περιεκτικότητας της αντίστοιχης προσθήκης. Οι τυποποιημένοι αυτοί συντελεστές διαιρέσεως δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Προσθήκες χαλυβοκραμάτων					
Προσθήκη	Χημικό σύμβολο	Συντελεστής διαιρέσεως	Προσθήκη	Χημικό σύμβολο	Συντελεστής διαιρέσεως
Αλουμίνιο	Al	10	Νικέλιο	Ni	4
Βηρύλλιο	Be	10	Νιόβιο	Nb	10
Μόλυβδος	Pb	10	Φώσφορος	P	100
Βόριο	B	10	Θείο	S	100
Δημήτριο	Ce	100	Πυρίτιο	Si	4
Χρώμιο	Cr	4	Άζωτο	N	100
Κοβάλτιο	Co	4	Ταντάλιο	Ta	10
Χαλκός	Cu	10	Τιτάνιο	Ti	10
Μαγγάνιο	Mn	4	Βανάδιο	Va	10
Μολυβδαίνιο	Mo	10	Βολφράμιο	W	4

Παράδειγμα: 18 Cr Ni 8 συμβολίζει ένα χαλυβόκραμα με 0,18% σε C, 2% σε Cr και $\leq 2\%$ σε Ni.

δ) Οι ειδικοί χάλυβες: είναι χαλυβοκράματα με συνολική περιεκτικότητα σε προσθήκες πάνω από 5%

Ο συμβολισμός τους αρχίζει με το γράμμα (X) ακολουθεί ένας αριθμός ο οποίος αν διαιρεθεί με το 100 δίνει την περιεκτικότητα σε άνθρακα, στην συνέχεια ακολουθούν τα σύμβολα των κύριων προσθηκών και οι αντίστοιχοι αριθμοί που δηλώνουν απ' ευθείας την επί τις % περιεκτικότητα των προσθηκών.

Παράδειγμα: X 10 Cr Ni 18.8 συμβολίζει έναν ειδικό χάλυβα με 0,1% σε C, 18% σε Cr και 8% σε Ni.

ε). Οι χυτοσίδηροι και οι χυτοχάλυβες: Έχουν ιδιαίτερη ονομασία, που αποτελείται από τον συμβολισμό του είδους του χυτοσιδήρου ή του χυτοχάλυβα, με ένα έως τρία γράμματα, μία παύλα και έναν αριθμό, ο οποίος δίνει το ελάχιστο όριο θραύσεως σε Kp/mm².

Ο συμβολισμός τους γίνεται ως εξής:

G – : Χυτευμένο υλικό

GG – : Φαίος χυτοσίδηρος
 GH – : Σκληρός (λευκός) Χυτοσίδηρος
 GS – : Χυτοχάλυβας
 GT – : Μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος γενικά
 GTS – : Μέλανος μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος
 GTW – : Λευκός μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος
 Ο συμβολισμός αυτός μπορεί να συνοδεύεται και από τα εξής στοιχεία αν χρειάζεται. K : Χύτευση αποψύξεως.
 Z : Φυγοκεντρική χύτευση.

Παράδειγμα: GG – 18 συμβολίζει ένα φαίο χυτοσίδηρο με όριο θραύσεως 18 Kp/mm².

Πριν από τον κύριο συμβολισμό ενός χάλυβα μπορούν ανάλογα με τις ανάγκες να τοποθετούν διάφορα γράμματα για την περαιτέρω διευκρίνιση του τρόπου παρασκευής και ποιότητας ενός χάλυβα.

B: Μέθοδος Μπέσσεμερ Le: Ηλεκτρική κάμιнос βολταϊκού τόξου
 E: Ηλεκτρική κάμιнос γενικά M: Κάμιнос Σήμενς - Μάρτιν
 F: Φλογοβόλος κάμιнос PP: Πολτοπαγής χάλυβας
 J: Επαγωγική ηλεκτρική κάμιнос T: Μέθοδος Τόμας
 Παράδειγμα: T St 37 συμβολίζει έναν κοινό χάλυβα κατασκευών με ελάχιστο όριο θραύσεως 37 Kp/mm² ο οποίος έχει παρασκευαστεί κατά την μέθοδο Τόμας.

Στους χυτοσιδήρους οι παρά πάνω συμβολισμοί τοποθετούνται μεταξύ των γραμμάτων και των αριθμών του συμβολισμού τους πχ. GG – E 18.

Για τον συμβολισμό ορισμένων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων ενός χάλυβα ή χυτοσιδήρου χρησιμοποιούνται τα παρά κάτω γράμματα:

P: Καταλληλότητα για συγκόλληση πίεσης R: Καθησυχασμένη χύτευση
 Q: Καταλληλότητα για ψυξηλασία γενικά Z: Καταλληλότητα για ολκή
 S: Καταλληλότητα για συγκόλληση τήξεως H: Ημικαθησυχασμένη χύτευση
 K: Μικρή περιεκτικότητα σε P ή S U: Μη καθησυχασμένη χύτευση
 G: Μεγάλη περιεκτικότητα σε P ή S A: Σταθερότητα στη γήρανση
 L: Χημική σταθερότητα σε διάβρωση από διαλύματα βάσεων.
 Παράδειγμα: A St 37: συμβολίζει ένα χάλυβα κατασκευών με ελάχιστο όριο θραύσεως 42 Kp/mm², που έχει σταθερότητα σε γήρανση.

Μετά τον συμβολισμό ενός κράματος σιδήρου – άνθρακα μπορούν να τοποθετηθούν τα εξής γράμματα για να συμβολιστεί ότι το υλικό έχει υποβληθεί στις αντίστοιχες κατεργασίες.

B: Θερμική κατεργασία για άριστες ιδιότητες μηχανικής κατεργασίας.
 E: Ενανθράκωση και επιφανειακή βαφή. A: Επαναφορά
 G: Ανόπτηση H: Βαφή γενικά
 HF: Επιφανειακή φλογοβαφή
 HJ: Επιφανειακή βαφή υφίσχνα επαγωγικά ρεύματα.
 K: Ψυξηλασία γενικά N: Εξομάλυνση
 NT: Αναζώτωση S: Αποτατική ανόπτηση
 U: Καμιά κατεργασία V: Επιβελτίωση.

Παράδειγμα: 16 Mn Gr 5E συμβολίζει ένα κράμα χάλυβα με 0,16% σε άνθρακα, 1,25% Mn και $\leq 1,25\%$ σε Gr που έχει ενανθρακωθεί και βαφεί επιφανειακά.

Όταν οι παραπάνω κατεργασίες εκτελεστούν, για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη τιμή ορίου θραύσεως, τότε τα παραπάνω γράμματα ακολουθούνται από ένα αριθμό, που καθορίζει το όριο θραύσεως σε Kp/mm^2 .
Παράδειγμα: C 35 V 70 συμβολίζει ένα χάλυβα χωρίς προσθήκες με 0,35% σε άνθρακα, ο οποίος μετά από επιβελτίωση έχει όριο θραύσεως 70 Kp/mm^2 .

Συμβολισμός μη σιδηρούχων μεταλλικών κραμάτων κατά DIN 1700:

Στα μη σιδηρούχα μεταλλικά κράματα περιλαμβάνονται, ο ορείχαλκος, τα κρατερώματα (μπρούντζοι), τα λευκά μέταλλα και όλα τα κράματα του αλουμινίου, του μαγνησίου, του νικελίου, του μολύβδου, του αντιμονίου, του ψευδαργύρου και άλλων μετάλλων.

Ο συμβολισμός των μη σιδηρούχων κραμάτων αποτελείται από μια σειρά συμβόλων, που διευκρινίζουν τον τρόπο κατασκευής, τη σύνθεση, τις χαρακτηριστικές ιδιότητες και τη χρησιμοποίηση ενός κράματος.

Ο τρόπος κατασκευής συμβολίζεται με τα εξής γράμματα:

- G - : Χύτευση γενικά.
- GD - : Χύτευση πίεσεως (σε χυτοπρέσσα)
- GK - : Χύτευση σε μεταλλικά καλούπια
- GZ - : Φυγοκεντρική χύτευση
- V - : Κεραμευτική σύνθεση και πυροσωμάτωση

Μετά τον συμβολισμό κατασκευής ακολουθεί ο συμβολισμός χρησιμοποίησεως ενός κράματος, που καθορίζεται με τα εξής γράμματα:

- GI : Υλικά εδράνων ολισθήσεως
- L : Υλικά κολλήσεων.

Η σύνθεση ενός κράματος προσδιορίζεται με τα χημικά σύμβολα των μετάλλων, τα οποία τοποθετούνται κατά σειρά από αριστερά προς τα δεξιά ανάλογα με το μέγεθος της περιεκτικότητας τους σ' ένα κράμα.

Στον συμβολισμό των μη σιδηρούχων κραμάτων μπορούν να συμπεριληφθούν και αριθμοί για τον προσδιορισμό της μέσης περιεκτικότητας των διαφόρων προσθηκών τους.

ΑΡΧΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ.

Γενικά

ΦΟΡΕΑΣ.

Φορέας είναι κάθε στερεό σώμα το οποίο δεχεται εξωτερικές δυνάμεις,.

Ενας Φορέας μπορεί να φέρεται από έναν άλλο φορέα και να λειτουργεί ως εξωτερική φόρτιση στον άλλον θα λέγαμε ότι όλα τα στέρεα στη γη φέρονται και φέρουν και όταν μεν φέρουν λέγονται φορείς ενώ όταν φέρονται λέγονται εξωτερικές δυνάμεις.

ΦΟΡΤΙΣΗ

Φόρτιση ενός σώματος έχουμε όταν εφαρμόζονται εξωτερικές δυνάμεις

Οποιαδήποτε παραμόρφωση ενός σώματος που προέρχεται από εξωτερικά φορτία προκαλεί εσωτερικές αντιδράσεις ή δυνάμεις μέσα στο υλικό. Οι εσωτερικές αυτές δυνάμεις ονομάζονται **τάσεις**.

Οι τάσεις δυνατόν να είναι **καθеты** ως προς τη διατομή οπότε έχουμε τάσεις εφελκυσμου, θλιψης ή καμψης. Αν είναι **εφαπτομενικές**, τότε έχουμε τάσεις διάτμησης ή στρεψης.

Με τους κανόνες της αντοχής των υλικών υπολογίζεται από το δεδομένο ονομαστικό φορτίο η ονομαστική τάση στην επικίνδυνη διατομή και συγκρίνεται με την "**επιτρεπομενη τάση**" ή αντιστροφα υπολογίζονται από το ονομαστικό φορτίο και την επιτρεπομενη τάση οι απαιτούμενες διαστάσεις στην επικίνδυνη διατομή.

Πειραμα εφελκυσμου

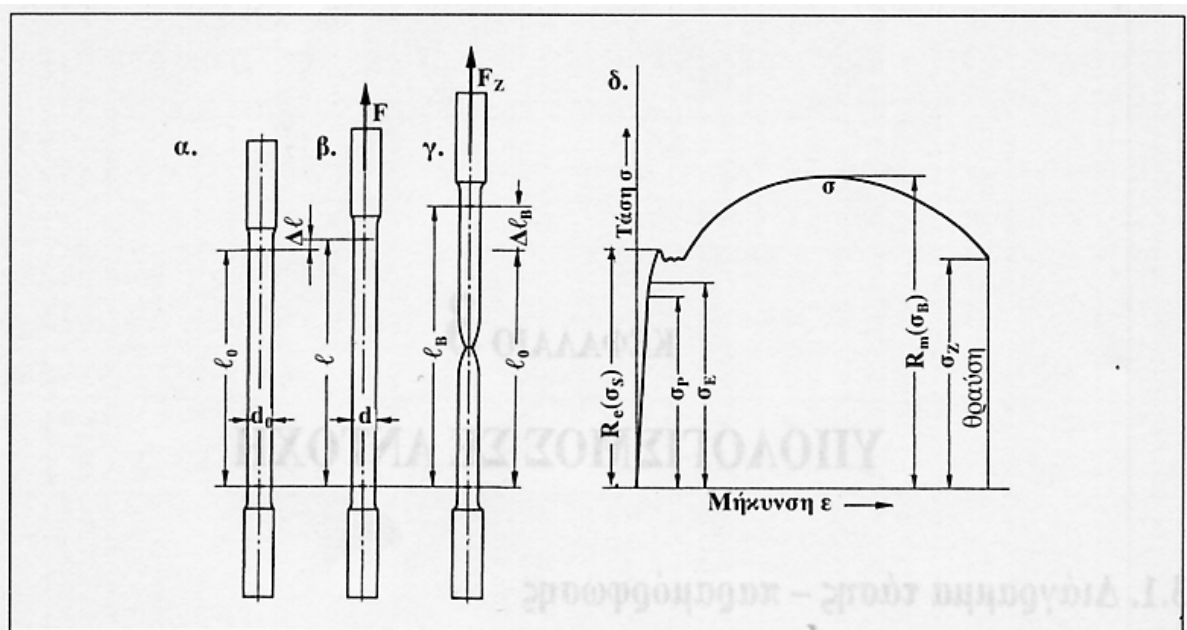
Το δοκίμιο φορτίζεται με αυξανόμενη εφελκυστική δύναμη F που μετράται συνεχώς όπως και η αντιστοιχη επιμήκυνση.

σ_p όριο αναλογίας (σχήμα 3-1α). Είναι η μέγιστη τάση μέχρι την οποία "τάση και μήκυνση είναι ποσά ανάλογα", (νόμος τον Hooke) δηλαδή το μέτρο ελαστικότητας $E = \sigma/\epsilon$ (βλέπε σχέση 3.3) είναι ακόμη σταθερό.

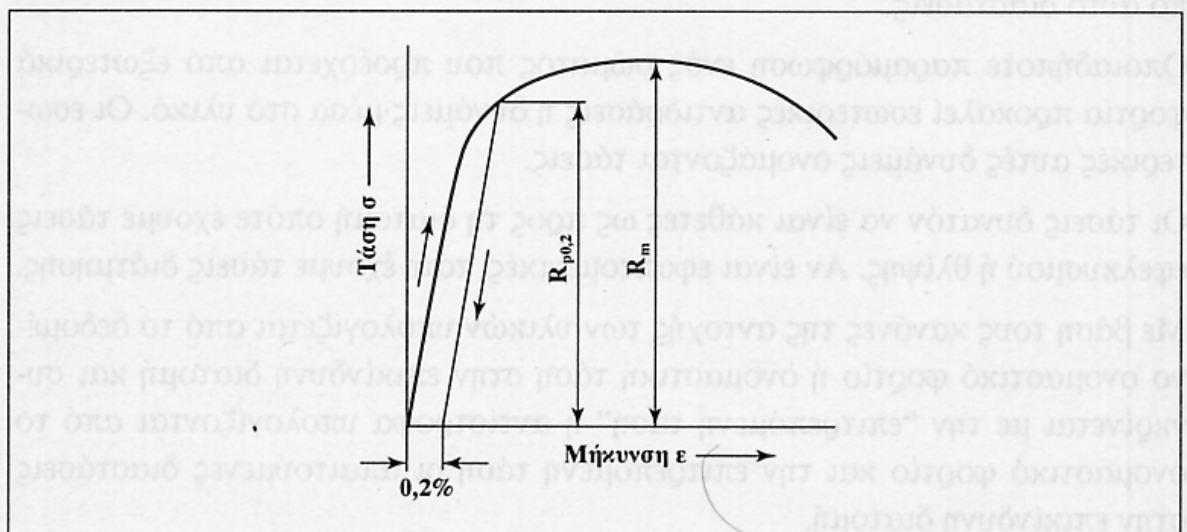
σ_E όριο ελαστικότητας. Είναι η μέγιστη τάση που δεν προκαλεί ακόμη καμία πλαστική μήκυνση.

R_e όριο διαρροής (παλαιότερα σ_s ή σ_F). Είναι η τάση στην οποία εμφανίζεται μια σημαντική διαρροή ή μήκυνση του υλικού. Όταν το όριο διαρροής δεν έχει ή δεν μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς λαβάνεται συμβατικά το 0,2% του ορίου μήκυνσης $R_{p0,2}$ (παλαιότερα $\sigma_{0,2}$), δηλαδή η τάση στην οποία επιτυγχάνεται μια μήκυνση του δοκιμίου 0,2% (σχήμα 3-1β).

R_m όριο θραυσης (παλαιότερα σ_B). Είναι η μέγιστη τάση που μπορεί να επιτευχθεί και ονομάζεται "αντοχή εφελκυσμου". Η θραύση τον δοκιμίου πραγματοποιείται στο σημείο Z.



Σχήμα 3-1α. Πείραμα εφελκυσμού σε μαλακό χάλυβα. α. δοκίμιο αφόρτιστο, β. δοκίμιο που έχει φορτισθεί με δύναμη F και επιμηκυνθεί κατά Δl , γ. δοκίμιο κατά τη θραύση, δ. διάγραμμα τάσης - μήκυνσης.



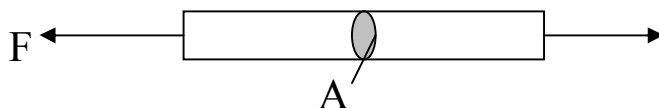
Σχήμα 3-1β. Διάγραμμα τάσης - μήκυνσης συνεκτικών υλικών χωρίς σαφή προσδιορισμό του ορίου διαρροής.

ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

1. Εφελκυσμός

$$\sigma = F/A \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

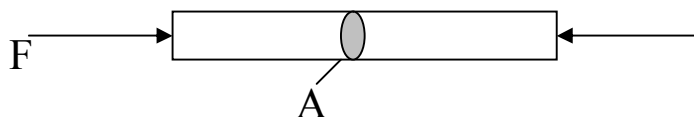
A: διατομή



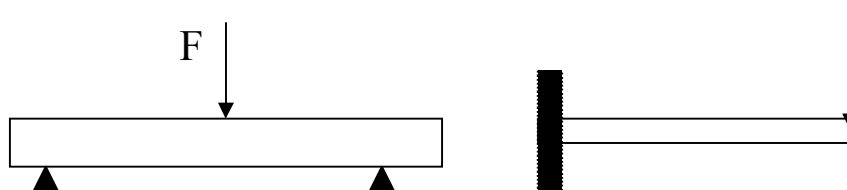
2. Θλιψη

$$\sigma = F/A \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

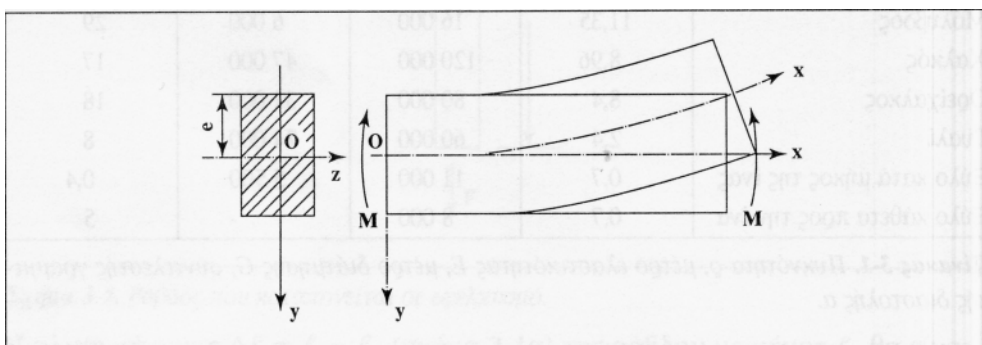
A: διατομή



3. Κάμψη



Καθαρή κάμψη προκαλείται από ένα ζευγος δυνάμεων. Στο σχήμα 3-3 το ζευ γος προκαλεί εφελκυστική τάση στην κάτω πλευρά της δοκού που κάμπτεται και θλιπτική τάση στην άνω πλευρά. Στη μέση της δοκού υπάρχει ο ουδέτερος άξονας που παραμένει αμετάβλητος.



Σχήμα 3-3. Καταπόνηση σε κάμψη

Η τάση κάμψης σ_b δίνεται από τη σχέση

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{M}{I/e} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (3.6)$$

M μέγιστη ροπή κάμψης σε Nmm

W αξονική ροπή αντίστασης σε κάμψη σε mm^3

I αξονική επιφανειακή ροπή 2ου βαθμού σε mm^4 (παλαιότερα: επιφανειακή ροπή αδράνειας)

e απόσταση του ουδέτερου άξονα από την εξωτερική ίνα σε mm

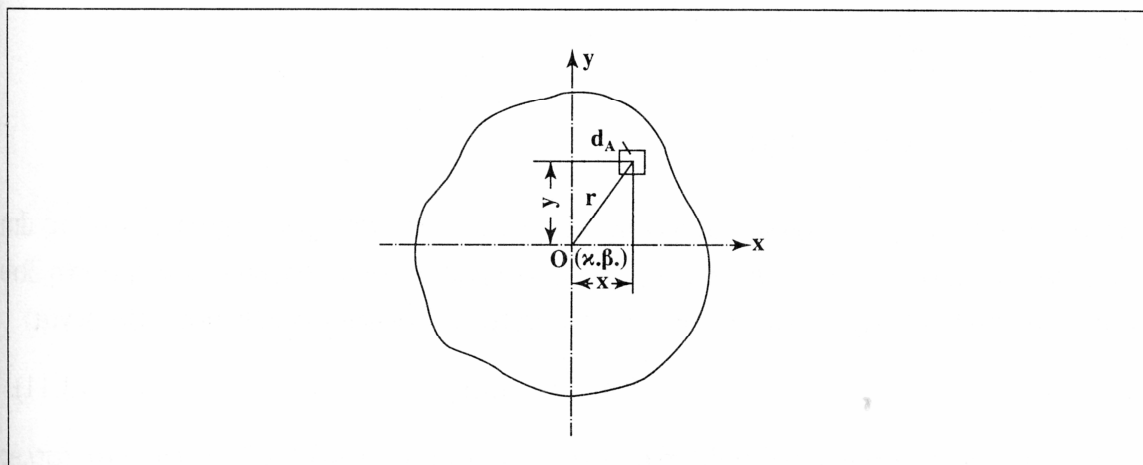
Γενικά ισχύει για την αξονική $I_{x,y}$ και πολική I_p επιφανειακή ροπή 2ου βαθμού (παλαιότερα: πολική ροπή αδράνειας) καθώς και για την αξονική $W_{x,y}$ και πολική W_p ροπή αντίστασης (σχήμα 3-4)

$$I_x = \int y^2 \cdot dA \quad I_y = \int x^2 \cdot dA \quad (3.7)$$

$$I_p = \int r^2 \cdot dA \quad (3.8)$$

$$W_x = \frac{I_x}{e} \quad W_y = \frac{I_y}{e} \quad (3.9)$$

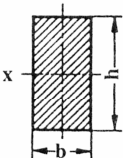
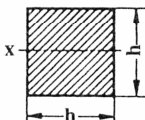
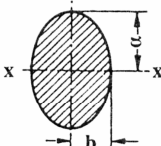
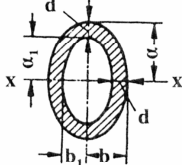
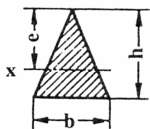
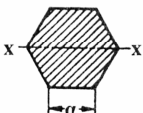
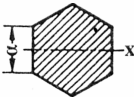
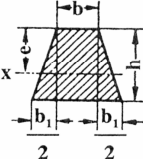
$$W_p = \frac{I_p}{e} \quad (3.10)$$



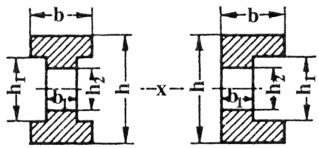
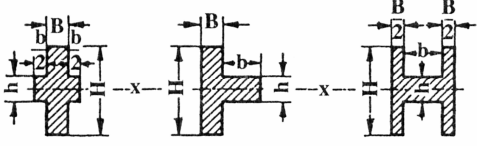
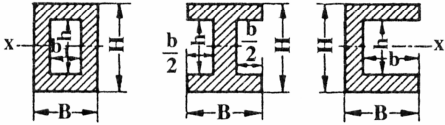
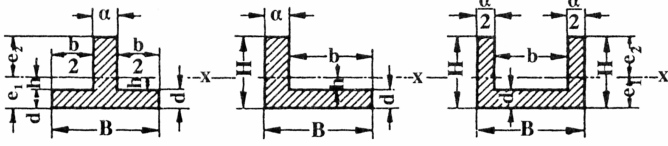
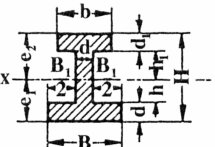
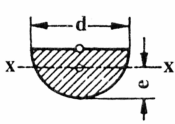
Σχήμα 3-4. Τυχαία επίπεδη επιφάνεια.

Η αξονική και πολική επιφανειακή ροπή χρησιμεύουν για τον υπολογισμό των ροπών αντίστασης για καμπτική και στρεπτική (κυκλικής διατομής) καταπόνηση αντίστοιχα.

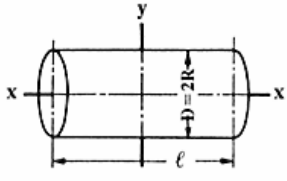
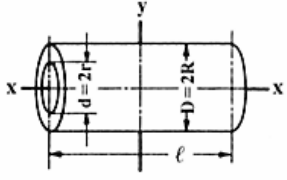
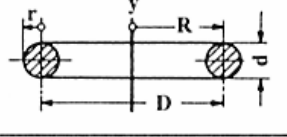
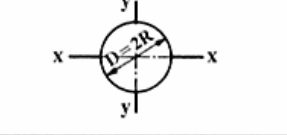
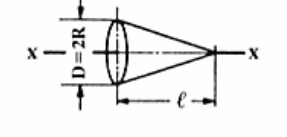
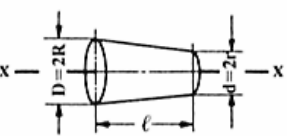
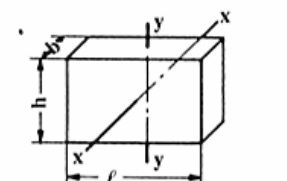
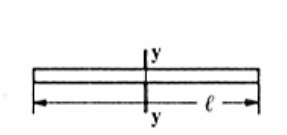
Ο πίνακας 3-2 δίνει αξονικές επιφανειακές ροπές 2^{ου} βαθμού και ροπές αντίστασης για διατομές που χρησιμοποιούνται συχνά. Ο πίνακας 3-3 δίνει μαζικές ροπές 2^{ου} βαθμού.

Διατομή	Αξονική επιφανειακή ροπή 2 ^{ου} βαθμού	Ροπή αντίστασης
	$I_x = \frac{b h^3}{12}$ $I_y = \frac{h b^3}{12}$	$W_b = \frac{b h^2}{6}$ $W_b = \frac{h b^2}{6}$
	$I_x = \frac{h^4}{12}$	$W_b = \frac{h^3}{6}$
	$I_x = \frac{\pi a^3 b}{4}$	$W_b = \frac{\pi a^2 b}{4}$
	$I_x = \frac{\pi}{4} (a^3 b - a_1^3 b_1)$ $\approx \frac{\pi}{4} a^2 (a + 3 b) d$	$W_b \approx \frac{\pi}{4} a (a + 3 b) d$
	$I_x = \frac{b h^3}{36}$	$W_b = \frac{b h^2}{24}$ για $e = \frac{2}{3} h$
	$I_x = \frac{5 \sqrt{3}}{16} a^4 = 0,5413 a^4$	$W_b = \frac{5}{8} a^3$
		$W_b = 0,5413 a^3$
	$I_x = \frac{6 b^2 + 6 b b_1 + b_1^2}{36 (2 b + b_1)} h^3$	$W_b = \frac{6 b^2 + 6 b b_1 + b_1^2}{13 (3 b + 2 b_1)} h^2$ για $e = \frac{1}{3} \frac{3 b + 2 b_1}{2 b + b_1} h$

Πίνακας 3-2. Αξονικές επιφανειακές ροπές 2^{ου} βαθμού και ροπές αντίστασης διαφόρων διατομών.

Διατομή	Αξονική επιφανειακή ροπή 2 ^{ου} βαθμού	Ροπή αντίστασης
		$I_x = \frac{b (h^3 - h_1^3) + b_1 (h_1^3 - h_2^3)}{12}$ $W_b = \frac{b (h^3 - h_1^3) + b_1 (h_1^3 - h_2^3)}{6 h}$
		$I_x = \frac{B H^3 + b h^3}{12}$ $W_b = \frac{B H^3 + b h^3}{6 H}$
		$I_x = \frac{B H^3 - b h^3}{12}$ $W_b = \frac{B H^3 - b h^3}{6 H}$
		$I_x = \frac{1}{3} (B e_1^3 - b h^3 + \alpha e_2^3)$ $e_1 = \frac{1}{2} \frac{\alpha H^2 + b d^2}{\alpha H + b d}$ $e_2 = H - e_1$
		$I_x = \frac{1}{3} (B e_1^3 - B_1 h^3 + b e_2^3 - b_1 h_1^3)$ $e_1 = \frac{1}{2} \frac{\alpha H^2 + B_1 d^2 + b_1 d_1 (2H - d_1)}{\alpha H + B_1 d + b_1 d_1}$
		$I = \frac{\pi d^4}{64}$ $W_b = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1 d^3$
		$I = \frac{\pi}{64} (d_a^4 - d_i^4)$ $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a}$
		$I_x = 0,00686 d^4$ $W_b = 0,0238 d^3$ $e = \frac{d}{2} \left(1 - \frac{4}{3 \pi} \right)$

Πίνακας 3-2. (συνέχεια) Αξονικές επιφανειακές ροπές 2^{ου} βαθμού και ροπές αντίστασης διαφόρων διατομών.

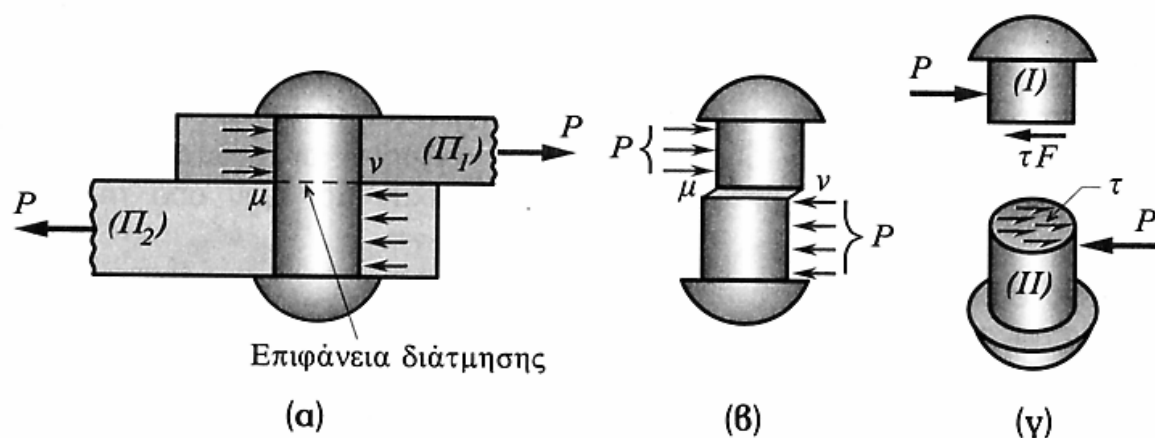
Κύλινδρος		$J_x = \frac{1}{2} m \cdot R^2 = \frac{1}{8} m \cdot D^2$ $J_y = \frac{1}{4} m (R^2 + \frac{1}{3} \ell^2) = \frac{1}{16} m (D^2 + \frac{4}{3} \ell^2)$ $m = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \ell = \rho \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \ell$
Κοίλος κύλινδρος		$J_x = \frac{1}{2} m (R^2 + r^2) = \frac{1}{8} m (D^2 + d^2)$ $J_y = \frac{1}{4} m (R^2 + r^2 + \frac{1}{3} \ell^2) = \frac{1}{16} m (D^2 + d^2 + \frac{4}{3} \ell^2)$ $m = \rho \cdot \pi (R^2 - r^2) \ell = \rho \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \ell$
Δακτύλιος		$J_y = m (R^2 + \frac{3}{4} r^2) = \frac{1}{4} m (D^2 + \frac{3}{4} d^2)$ $m = \rho \cdot \pi^2 \cdot 2R \cdot r^2 = \rho \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot D \cdot d^2$
Σφαίρα		$J_x = J_y = \frac{2}{5} m \cdot R^2 = \frac{1}{10} m \cdot D^2$ $m = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 = \rho \cdot \frac{\pi}{6} D^3$
Κώνος		$J_x = \frac{3}{10} m \cdot R^2 = \frac{3}{40} m \cdot D^2$ $m = \rho \cdot \frac{\pi}{3} \cdot R^2 \cdot \ell = \rho \cdot \frac{\pi}{12} \cdot D^2 \cdot \ell$
Κόλινδρος κώνος		$J_x = \frac{3}{10} m \frac{R^5 - r^5}{R^3 - r^3} = \frac{3}{40} m \frac{D^5 - d^5}{D^3 - d^3}$ $m = \rho \cdot \frac{\pi}{3} (R^2 + R \cdot r + r^2) \ell = \rho \cdot \frac{\pi}{12} (D^2 + D \cdot d + d^2) \ell$
Ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο		$J_x = \frac{1}{12} m (h^2 + \ell^2)$ $J_y = \frac{1}{12} m (b^2 + \ell^2)$ $m = \rho \cdot b \cdot h \cdot \ell$
Λεπτή μακρά ράβδος		$J_y = \frac{1}{12} m \cdot \ell^2$ $m = \rho \cdot A \cdot \ell$ $A = \text{Επιφάνεια διατομής}$

Πίνακας 3-3. Μαζικές ροπές αδράνειας (μαζικές ροπές 2ου βαθμού) απλών, ομογενών σωμάτων.

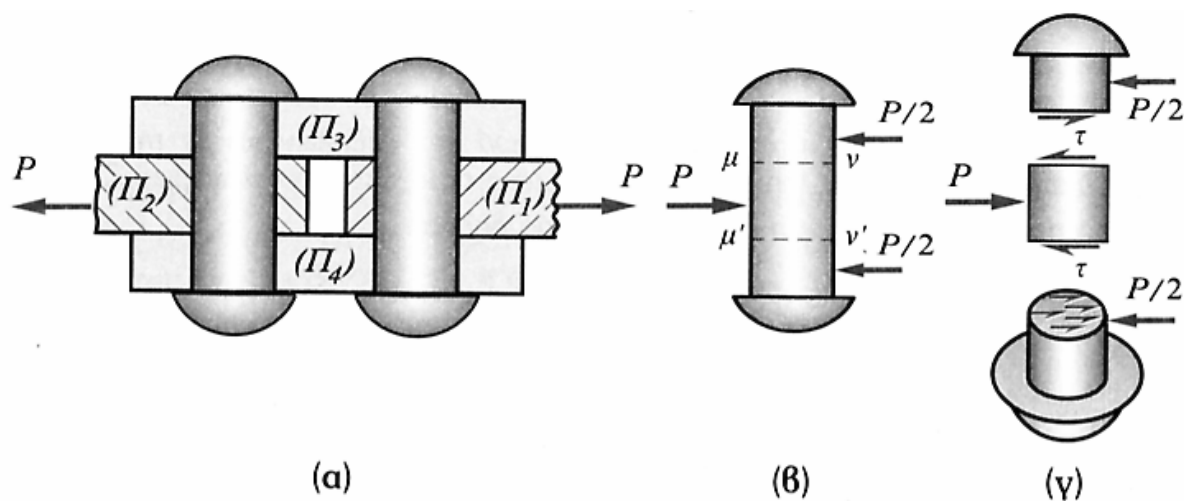
4. Διάτμηση

Συνήθως υποτίθεται ότι οι διατμητικές τάσεις είναι ομοιόμορφα κατανομημένες πάνω στην τομή, οπότε ισχύει

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (3.15)$$



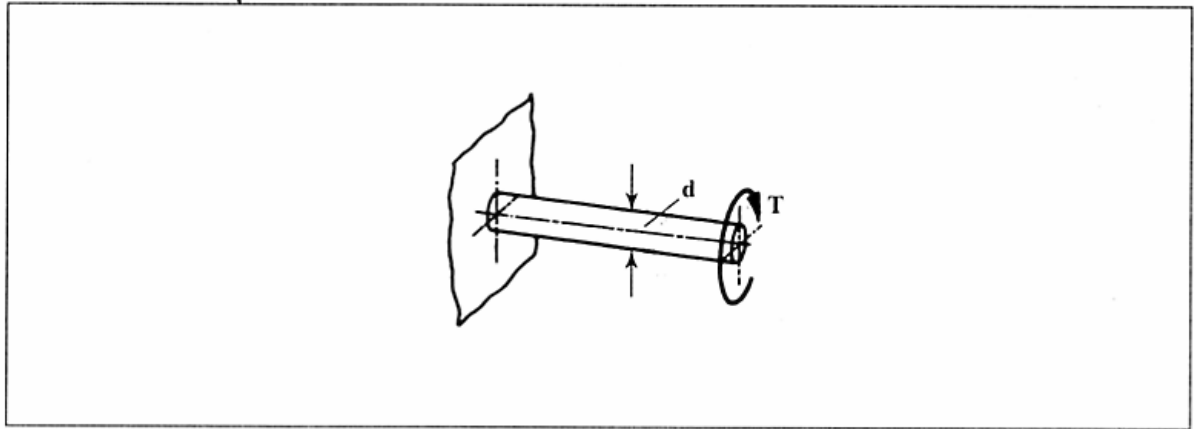
Δυνάμεις και αναπτυσσόμενες διατμητικές τάσεις σε μονότμητο ήλο
Σχ.5.7



Ένωση ελασμάτων με αρμοκαλύπτρες. Διατμητικές τάσεις σε δίτμητο ήλο

5. Στρέψη

Η πακτωμένη κυλινδρική ράβδος (σχήμα 3-10) καταπονείται από μία ροπή στρέψης T οπότε ισχύει



$$\tau_t = \frac{T}{W_p} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (3.19)$$

τ_t τάση στρέψης σε N/mm^2

T ροπή στρέψης σε Nmm

W_p (ή W_p) πολική ροπή αντίστασης (ή ροπή αντίστασης σε στρέψη) σε mm^3 από

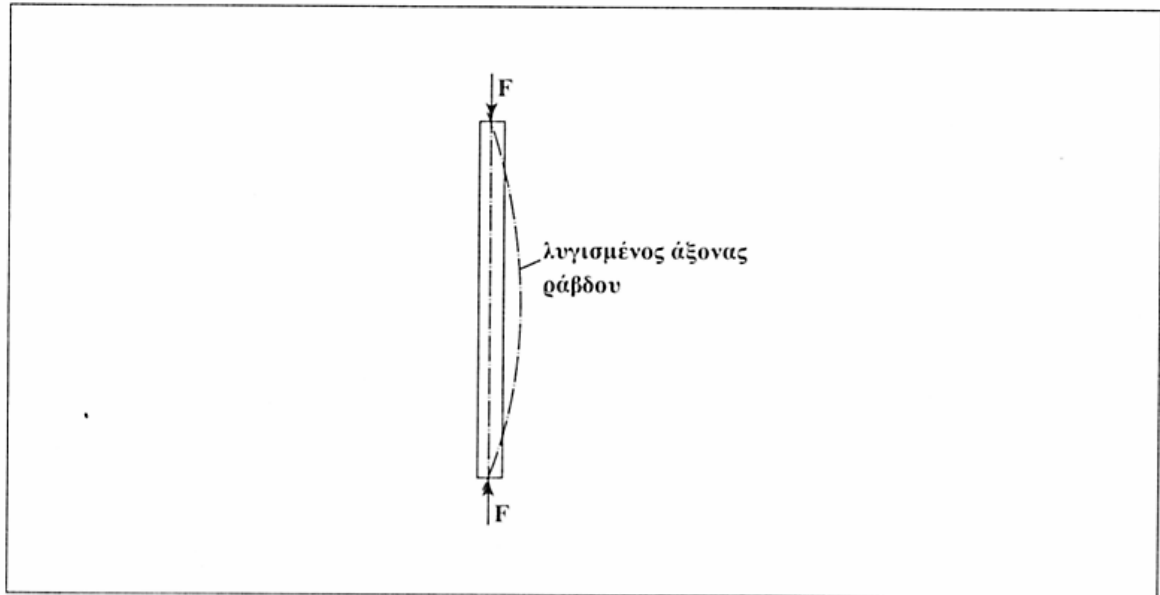
σχέση (3.10) με $I_p = I_x + I_y = \frac{2 \cdot \pi \cdot d^4}{64}$ (πίνακας 3-2) και $e = \frac{d}{2}$

$$W_p = \frac{I_p}{e} = \frac{2 \cdot \pi \cdot d^4}{64 \cdot d/2} = \frac{\pi}{16} d^3 \approx 0,2 d^3$$

d διάμετρος της ράβδου σε mm

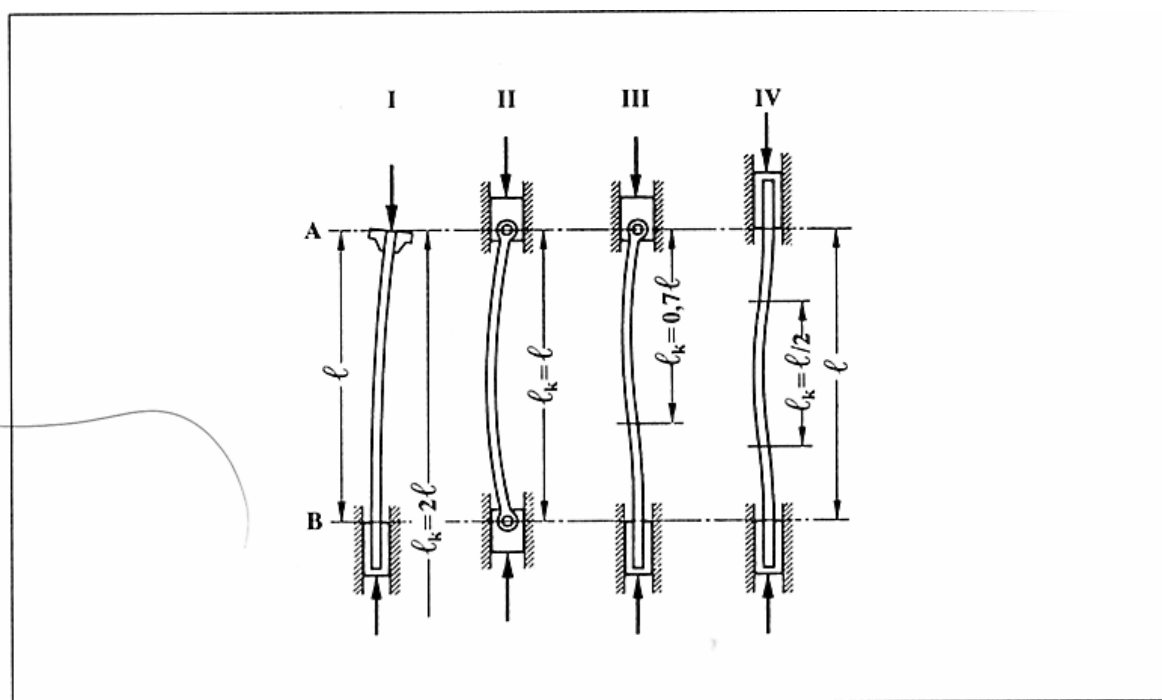
6. Λυγισμός

Όταν το μήκος μιας ράβδου που φορτίζεται σε θλίψη είναι μεγάλο σε σχέση με τη διάμετρό της (6 έως 8 φορές και άνω), τότε είναι δυνατόν η ράβδος να ξεφύγει από την ευθεία γραμμή της και να καμφθεί (σχήμα 3-11).



Σχήμα 3-11. Καταπόνηση σε λυγισμό.

Διακρίνουμε 4 τρόπους (περιπτώσεις) στήριξης των ράβδων αυτών (σχήμα 3-12).



Σχήμα 3-12. Οι τέσσερις περιπτώσεις στήριξης ράβδων που υπόκεινται σε λυγισμό. [6]

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| I. A: ελεύθερο άκρο | B: πακτωμένο άκρο με ή χωρίς οδηγό |
| II. A: αρθρωτό άκρο με οδηγό | B: αρθρωτό άκρο με ή χωρίς οδηγό |
| III. A: αρθρωτό άκρο με οδηγό | B: πακτωμένο άκρο με ή χωρίς οδηγό |
| IV. A: πακτωμένο άκρο με οδηγό | B: πακτωμένο άκρο με ή χωρίς οδηγό |

Η φόρτιση κάμψης F_k της ράβδου χαρακτηρίζεται σαν δύναμη λυγισμού

$$F_k = \sigma_k \cdot A \quad (3.20)$$

αντίστοιχα προς τη γενική εξίσωση της θλίψης $F = \sigma \cdot A$.

Όσο διατηρείται η $F < F_k$ η ράβδος παραμένει ευθεία. Όταν φθάσει η $F_k = F$ η ράβδος λυγίζει αν και η τάση θλίψης βρίσκεται πολύ κάτω από το επιτρεπόμενο όριο. Επομένως στο λυγισμό δεν υπάρχει πρόβλημα αντοχής αλλά ευστάθειας.

Αν S_k είναι ο συντελεστής ασφάλειας σε λυγισμό, τότε θα έχουμε

$$S_k = \frac{F_k}{F} = \frac{\sigma_k}{\sigma} \quad (3.21)$$

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό μέγεθος που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς λυγισμού είναι ο βαθμός λυγηρότητας λ .

Σύνθετη καταπόνηση

Πολλές φορές όμως έχουμε ταυτόχρονη παρουσία δύο ή περισσότερων καταπονήσεων. Στην περίπτωση αυτή υφίσταται μία σύνθετη καταπόνηση που προκαλεί ή μόνο κάθετες τάσεις (εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη) ή μόνο διατμητικές τάσεις (διάτμηση, στρέψη) ή κάθετες και διατμητικές τάσεις (εφελκυσμός ή θλίψη και στρέψη, κάμψη και στρέψη).

Αν μεν υπάρχουν μόνο ομοειδείς τάσεις (μόνο κάθετες ή μόνο διατμητικές) τότε η συνισταμένη τάση προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα των επί μέρους τάσεων π.χ. μία τάση κάμψη σ_b και μία εφελκυσμού ή θλίψης σ δίνουν μία συνισταμένη κάθετη τάση

$$\sigma_{\text{συν}} = \sigma_b + \sigma \quad (3.32a)$$

Το ίδιο θα συμβεί και για μία τάση στρέψης τ_t και μία διατμητική τ

$$\tau_{\text{συν}} = \tau_t + \tau \quad (3.32b)$$

Αν όμως εμφανισθούν συγχρόνως σε μια διατομή κάθετες και διατμητικές τάσεις, όπως π.χ. συμβαίνει σε ατράκτους που καταπονούνται σε κάμψη και στρέψη, τότε λόγω των διαφορετικών διευθύνσεων των τάσεων δεν είναι δυνατή η αλγεβρική άθροιση. Αλλά, όπως αποδείχτηκε πειραματικά, ούτε η γεωμετρική άθροιση δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Στην περίπτωση αυτή προσδιορίζεται μια ισοδύναμη τάση σ_v που βασίζεται, ανάλογα με την περίπτωση, σε ένα από τα λεγόμενα “κριτήρια αντοχής”.

Στη μηχανολογία, για συνεκτικά υλικά π.χ. χάλυβες, χρησιμοποιείται συνήθως το κριτήριο του “μέγιστου έργου παραμόρφωσης” (Mises) σύμφωνα με το οποίο η ισοδύναμη τάση σ_v είναι

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3(\alpha_o \cdot \tau_t)^2} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (3.33)$$

σ_b τάση κάμψης σε N/mm²

τ_t τάση στρέψης σε N/mm²

$$\alpha_o = \frac{\sigma_{\text{βεπ}}}{1,73 \cdot \tau_{\text{τεπ}}} \quad \text{λόγος καταπόνησης} \quad (3.34)$$

$\alpha_o = 1$ όταν η καμπτική και στρεπτική τάση ανήκουν στην ίδια περίπτωση φόρτισης π.χ. όταν είναι και οι δύο επαναλαμβανόμενες ή αντιστρεφόμενες (έννοια των όρων βλέπε πιο κάτω)

$\alpha_o = 0,7$ για αντιστρεφόμενη κάμψη και επαναλαμβανόμενη στρέψη

$\alpha_o = 0,4$ για αντιστρεφόμενη κάμψη και στατική στρέψη

$\sigma_{\text{βεπ}}$ από πίνακες 3-6, 3-4.

Δυναμική καταπόνηση

Η αντοχή ενός στοιχείου μηχανής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρονική μεταβολή της φόρτισης. Αν κατά τη διάρκεια της φόρτισης μεταβληθούν οι δυνάμεις και οι ροπές που ενεργούν στο στοιχείο, τότε θα μεταβληθούν αναλογικά και οι αντίστοιχες τάσεις.

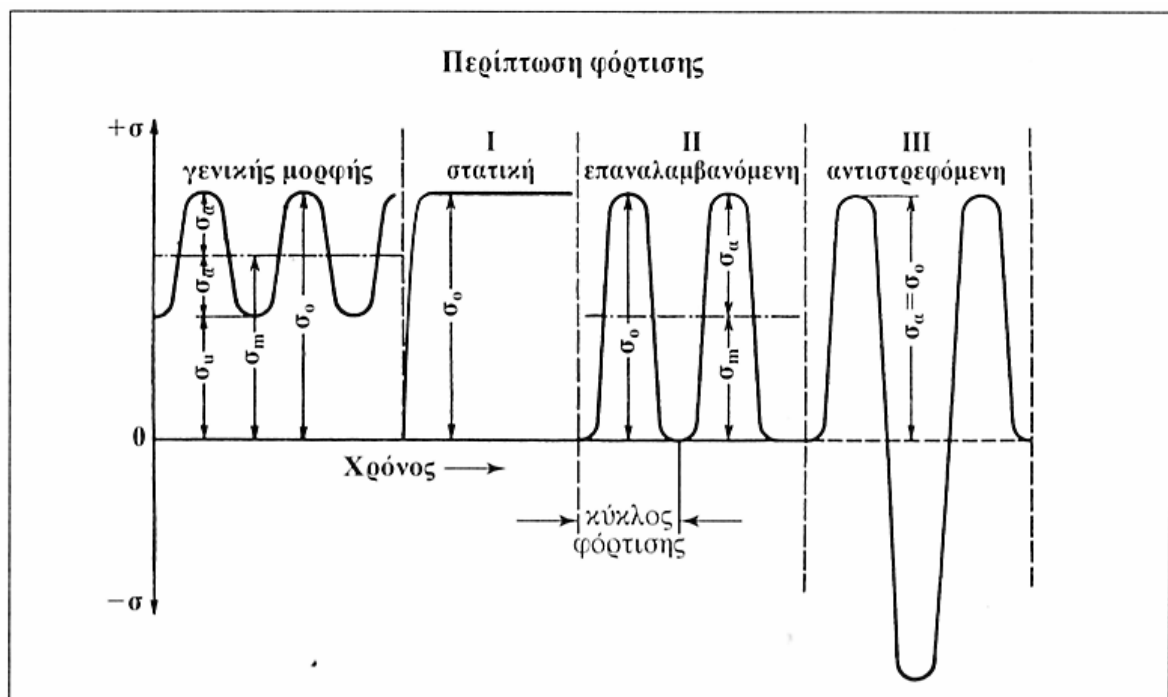
Με τον όρο “περίπτωση φόρτισης” εκφράζονται τα διάφορα είδη της μεταβολής των μεγεθών φόρτισης.

Διακρίνουμε τρεις βασικές περιπτώσεις φόρτισης (σχήμα 3-16).

Περίπτωση φόρτισης I (στατική καταπόνηση).

Η τάση αυξάνει απότομα μέχρι μία ορισμένη τιμή την οποία διατηρεί για μακρό χρονικό διάστημα χωρίς να μεταβάλλει το μέγεθος και τη διεύθυνσή της.

Παραδείγματα: στρέψη σε ατράκτους χωρίς αλλαγή της διεύθυνσης περιστροφής όπως ηλεκτροκινητήρες, αντλίες, στρόβιλοι σε συνεχή λειτουργία.



Σχήμα 3-16. Περιπτώσεις φόρτισης.

Περίπτωση φόρτισης II (επαναλαμβανόμενη ή κυματοειδής ή πρωτογενής καταπόνηση).

Η τάση αυξάνει διαρκώς από το μηδέν μέχρι μία ανώτατη τιμή και ξαναπέφτει στο μηδέν. Μεταβάλλεται το μέγεθος ενώ η διεύθυνσή της παραμένει σταθερή. Παραδείγματα: συρματόσχοινα γερανών, ελατήρια οχημάτων, οδόντες σε οδοντωτούς τροχούς που δεν αλλάζουν διεύθυνη περιστροφή.

Περίπτωση φόρτισης III (αντιστρεφόμενη ή εναλλασσόμενη ή παλμική καταπόνηση).

Η τάση κυμαίνεται διαρκώς ανάμεσα σε μία θετική και μία αρνητική μέγιστη τιμή. Μεταβάλλονται τόσο η διεύθυνση όσο και το μέγεθός της.

Παραδείγματα: μηχανές με εναλλασσόμενη διεύθυνση κίνησης, κοχλίες κάτω από εφελκυστική - θλιπτική καταπόνηση.

Η επαναλαμβανόμενη και η αντιστρεφόμενη καταπόνηση (περίπτωση II και III) αποτελούν μέρη μιας καταπόνησης γενικής μορφής (σχήμα 3-16), της δυναμικής καταπόνησης, κατά την οποία η τάση κυμαίνεται διαρκώς ανάμεσα σε μία μέγιστη τιμή σ_0 και μία ελάχιστη σ_u .

Μια πλήρης ταλάντωση ονομάζεται κύκλος ή εναλλαγή φόρτισης.

ΗΛΟΙ (καρφιά-πιρτσίνια)

Με τους ήλους μπορούν να συνδεθούν δυο ή περισσότερα στοιχεία που αποτελούνται από το ίδιο ή διαφορετικό υλικό και για μόνιμη σύνδεση των κομματιών.

Ανάλογα με τις ανάγκες των διάφορων κατασκευών οι ηλώσεις χρησιμοποιούνται κυρίως :

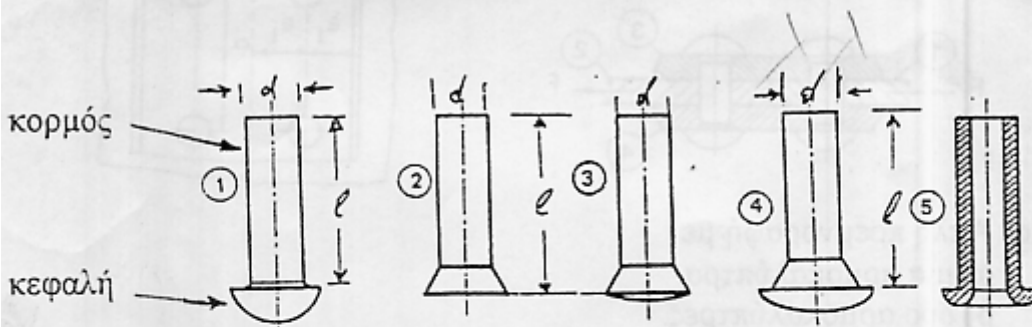
α) Σε κατασκευές που καταπονούνται από δυναμικά φορτία ή ισχυρά κρουστικά φορτία, διότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυναμική αντοχή σε εφελκυσμό, από τις συγκολλήσεις εξωραφών.

β) Σε κατασκευές από κράματα ελαφρών μετάλλων (π.χ. κράματα αλουμινίου, μαγνησίου) διότι η συγκόλληση αυτών των κραμάτων είναι τεχνολογικά δύσκολη .

γ) Σε συνδέσεις στοιχείων από διαφορετικά υλικά που δεν μπορούν να συγκολληθούν.

δ) Σε ογκώδεις σιδηρές κατασκευές (γέφυρες ,πλοία) για την επί τόπου σύνδεση προκατασκευασμένων μεγάλων κομματιών.

Ένας ήλος αποτελείται από δυο βασικά μέρη ,τον κορμό και την κεφαλή, ο κορμός των ήλων που χρησιμοποιούνται στις μηχανολογικές κατασκευές είναι πάντα κυλινδρικής μορφής ενώ η κεφαλή μπορεί να έχει διάφορες μορφές . Βλέπε σχήμα.



Σχ. Είδη ήλων

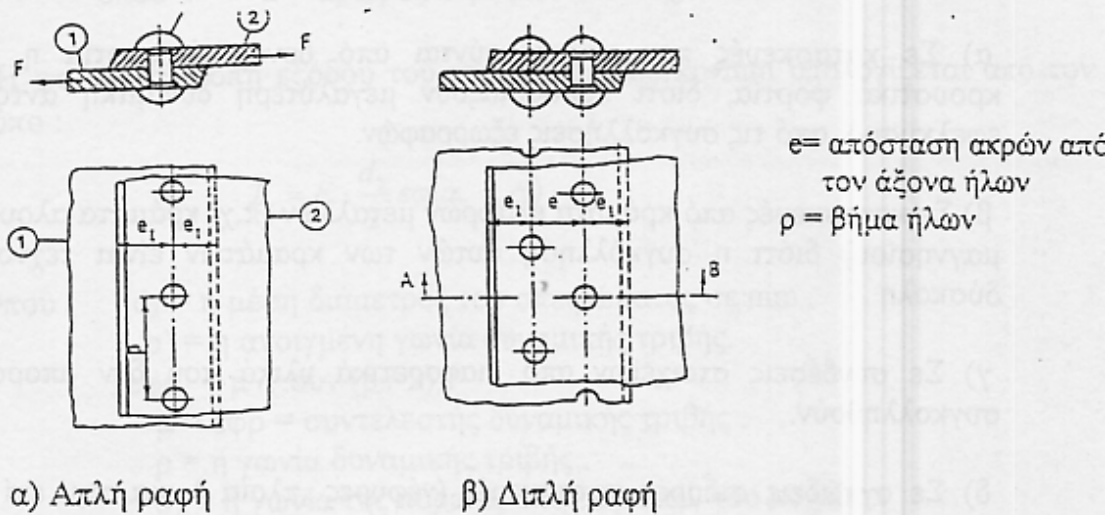
1. Ημισφαιρικός ή στρογγυλοκέφαλος.
2. Φρεζατός ή βυθιζόμενος.
3. Φρεζατός ή ημιβυθιζόμενος.
4. Πλατυκέφαλος.
5. Εκτονωτικός.

Ο ήλος έχει δυο χαρακτηριστικές διαστάσεις το μήκος L που βυθίζεται στο υλικό και την διάμετρο του κορμού d .

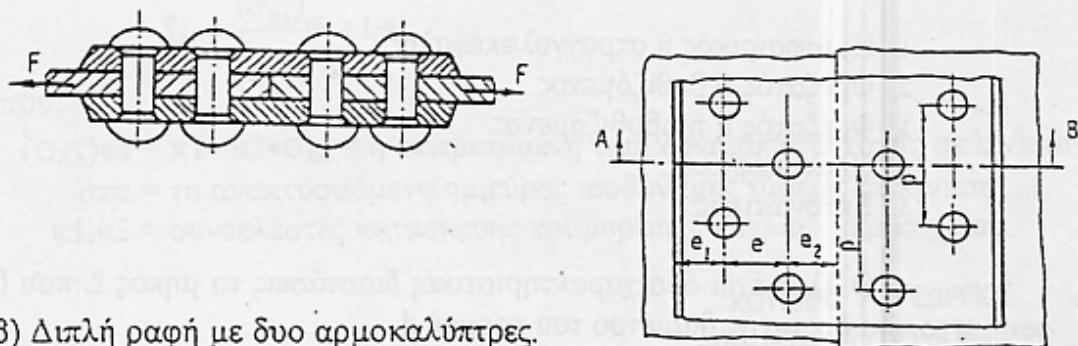
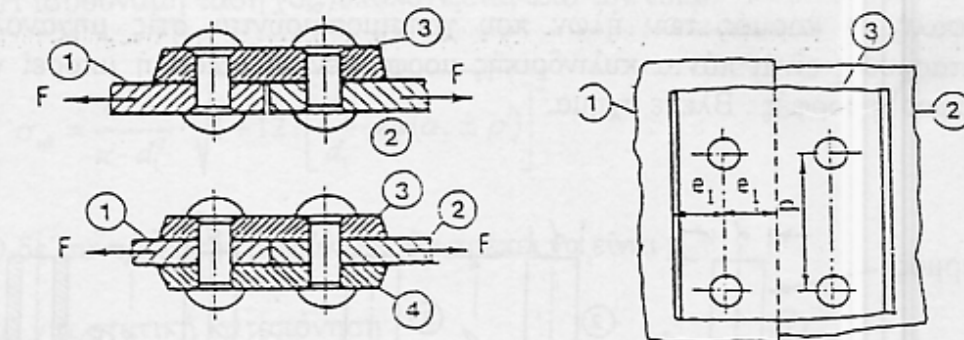
Μορφές ραφών

Ανάλογα με τη μορφή της φόρτισης και τις γενικές προδιαγραφές λειτουργίας οι καρφωτές ραφές μπορούν να εκτελεστούν :

I) Σαν απλές , διπλές ή τριπλές ραφές επικαλύψεως και



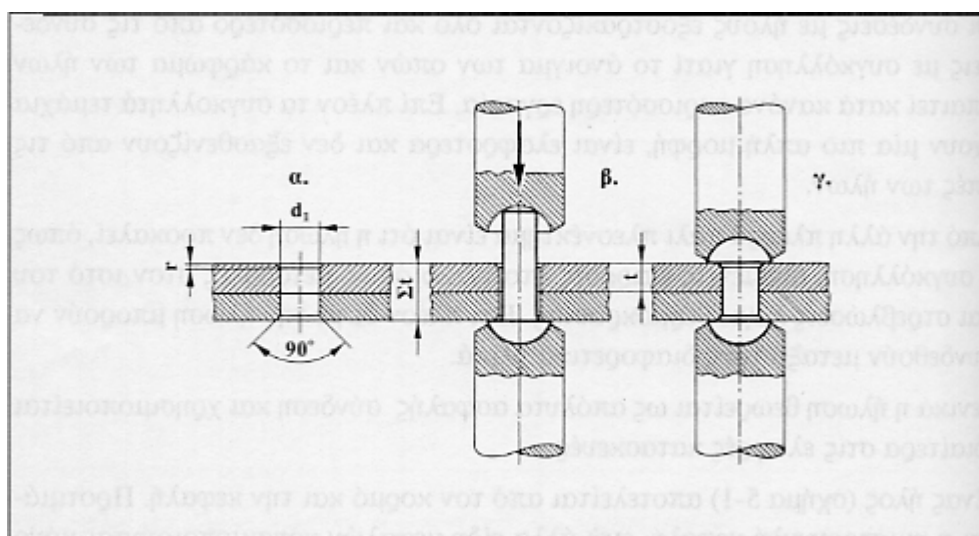
II) Σαν απλές , διπλές ή τριπλές πρεμνοραφές με αρμοκαλύπτρες.



Εκτέλεση των ηλώσεων

Η διαδικασία της σύνδεσης δύο ελασμάτων πάχους S , με ήλους περιλαμβάνει το ταυτόχρονο τρύπημα των ελασμάτων, το πέρασμα των ήλων στις τρύπες και το σχηματισμό της δεύτερης κεφαλής με ταυτόχρονο γέμισμα τον κενού μεταξύ των ήλου και καρφότρυπας.

Η αρχική κεφαλή (κάτω) συγκρατείται με ένα αντιστήριγμα και η άνω κεφαλή (κλειόμενη) διαμορφώνεται κατόπιν σε μια μηχανή ήλωσης υπό ομοιόμορφη πίεση ή με χτυπήματα μέσω μιας αερόσφαιρας (σχήμα 5-2).



Σχήμα 5-2. Κατασκευή μιας σύνδεσης με ήλους. α. διαμόρφωση της οπής, β. πριν από το κλείσιμο, γ. μετά το κλείσιμο μιας ημιστρογγυλής κεφαλής.

Τα ελάσματα συμπιέζονται ανάμεσα στις δύο κεφαλές των ήλων, ιδιαίτερα δε στην εν θερμώ ήλωση ο κορμός τον ήλου με τη συστολή τον κατά την ψύξη τανύεται μέχρι το όριο ροής και δημιουργεί σταθερές συνδέσεις.

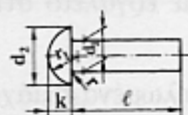
Όταν οι ήλοι μίας συνδέσεως είναι από κράματα χαλκού ή αλουμινίου ή όταν είναι από χάλυβα και έχουν αρχική διάμετρο το πολύ έως $d < 10 \text{ mm}$, τότε η διαμόρφωση του τελικού κεφαλιού τους γίνεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι ηλώσεις αυτές λέγονται ψυχρές ηλώσεις.

Ενώ όταν είναι από χάλυβα και έχουν $d > 10 \text{ mm}$, οι ήλοι προθερμαίνονται μέχρι τη θερμοκρασία ερυθροπύρωσης ή λευκοπύρωσης πριν τοποθετηθούν στις οπές μιας σύνδεσης με σκοπό να διευκολυνθεί διαμόρφωση του τελικού τους κεφαλιού, οι ηλώσεις αυτές ονομάζονται θερμές ηλώσεις και δίνουν μεγαλύτερη αντοχή και στεγανότητα.

5.2. Σύνδεση με ήλους σε σιδηρές κατασκευές

Για τις κατασκευές αυτές που περιλαμβάνουν γέφυρες, στέγες, ικριώματα, γερανούς κλπ ισχύουν ορισμένοι βασικοί κανόνες κατά DIN 18800 και 15018, μερικοί από τους οποίους είναι:

- να χρησιμοποιούνται ημιστρογγυλοί ήλοι κατά DIN 124 (πίνακας 5-1). Άλλου είδους ήλοι μόνο κατ' εξαίρεση
- να τηρούνται οι αποστάσεις του πίνακα 5-2 των οπών μεταξύ τους και από τα ακρα
- κάθε τεμάχιο να στερεώνεται με δυο τουλάχιστον ήλους Σε ένα τεμάχιο δεν επιτρέπεται να τοποθετηθούν κατά τη διεύθυνση της δυναμής περισσότεροι από 6 ήλοι ανά σειρά, σε εναλλασσόμενες καταπονήσεις το πολύ 5 ήλοι ανά σειρά.
- σε ένα κομβοέλασμα να προβλέπονται κατά το δυνατόν ήλοι με την ίδια διάμετρο.
- το κομβοέλασμα να έχει το ίδιο μέσο πάχος με τις προς σύνδεση δοκούς ή ελάσματα. Ελάχιστο πάχος 4 mm.



d_1	d_L	d_2	k	$\approx r_1$	r	A	d_1	d_L	d_2	k	$\approx r_1$	r	A
10	10,5	16	6,5	8	0,5	86,6	22	23	36	14	18,5	1	415
12	13	19	7,5	9,5	0,6	133	24	25	40	16	20,5	1,2	491
14	15	22	9	11	0,6	177	27	28	43	17	22	1,2	616
16	17	25	10	13	0,8	227	30	31	48	19	24,5	1,6	755
18	19	28	11,5	14,5	0,8	283	33	34	53	21	27	1,6	908
20	21	32	13	16,5	1	346	36	37	58	23	30	2	1075

Πίνακας 5-1. Διαστάσεις σε mm των ημιστρογγυλών ήλων κατά DIN 124 για σιδηρές κατασκευές. Διάμετρος της οπής του ήλου d_L = διάμετρος του τοποθετημένου ήλου. A = επιφάνεια του τοποθετημένου ήλου = $\pi d_L^2/4$ σε mm^2 .

Αποστάσεις από το άκρο			Αποστάσεις μεταξύ οπών		
Ελάχιστη απόσταση από άκρο	κατά τη διεύθυνση της δύναμης	$1,2d_L$ ($2d_L$)*	Ελάχιστη απόσταση μεταξύ οπών	για όλα τα τεμάχια της κατασκευής	$3d_L$
	κάθετα προς τη διεύθυνση της δύναμης	$1,2d_L$ ($1,5d_L$)*		κατά τη διεύθυνση της δύναμης	$2,2d_L$
Μέγιστη απόσταση από άκρο	κατά τις δύο διευθύνσεις	$3d_L$ ή 6t		κάθετα προς τη διεύθυνση της δύναμης	$2,2d_L$
			Μέγιστη απόσταση μεταξύ οπών εάν κατασκευαστικά δεν απαιτείται μικρότερη	στην περιοχή θλίψης και για άκαμπτες κατασκευές	$6d_L$ ή 12t
				στην περιοχή εφελκυσμού και για σύνδεση επίσης στην περιοχή θλίψης	$10d_L$ ή 20t

* διάσταση σε παλαιότερο DIN.

Πίνακας 5-2. Αποστάσεις από τα άκρα και μεταξύ οπών ήλων (και κοχλιών) σε σιδηρές κατασκευές κατά DIN 18800-1: 1990-11.

Στον πίνακα 5-3 δίνονται στοιχεία για ηλώσεις σε τυποποιημένα προφίλ σιδηροδοκών.

b	d _{Lmax}	w, w ₁	w ₂	h	b	c	d _{Lmax}	w	h	b	c	d _{Lmax}	w	b = h	d _{Lmax}	w ₁	w ₂
30	8,4	17		30	15	9	4,3	10	80	42	10,5	6,4	22	30	4,3	17	17
35	11	18		30	33	14,5	8,4	20	100	50	12,5	6,4	28	35	4,3	19	19
40	11	22		40	20	11	6,4	11	120	58	14	8,4	32	40	6,4	21	22
45	13	25		40	35	14,5	8,4	20	140	66	15,5	11	34	50	6,4	30	30
50	13	30		50	25	12,5	8,4	16	160	74	17,5	11	40	60	8,4	34	35
60	17	35		50	38	15	11	20	180	82	19	13	44	70	11	38	40
65	21	35		60	30	12,5	8,4	18	200	90	20,5	13	48	80	11	45	45
70	21	40		65	42	16	11	25	220	98	22	13	52	100	13	60	60
75	23	40		80	45	17	13	25	240	106	24	17	56	120	17	70	70
80	23	45		100	50	18	13	30	260	113	26	17	60	140	21	80	75
90	25	50		120	55	19	17	30	280	119	27,5	17	60				
100	25	55		140	60	21	17	35	300	125	29,5	21	64				
120	25	50	80	160	65	22,5	21	35	320	131	31	21	70				
130	25	50	90	180	70	23,5	21	40	340	137	33	21	74				
150	28	60	105	200	75	24,5	23	40	360	143	35	23	76				
160	28	60	115	220	80	26,5	23	45	380	149	37	23	82				
180	28	60	135	240	85	28	25	45	400	155	38,5	23	86				
200	28	65	150	260	90	30	25	50	425	163	41	25	88				
				280	95	32	25	50	450	170	43,5	25	94				
				300	100	34	28	55	475	178	45,5	28	96				
				320	100	37	28	58	500	185	48	28	100				
				350	100	34	28	58	550	200	52,5	28	110				
				380	102	33,5	28	60	600	215	57,5	28	120				
				400	110	38	28	60									

Πίνακας 5-3. Στοιχεία για ηλώσεις κατά DIN 997 σε τυποποιημένα προφίλ σιδηροδοκών.

Είδος καταπόνησης	Σιδηρές κατασκευές DIN 1880-1:1981-03				Κατασκευή γερανών DIN 15018-1				Υλικό ήλων
	S235 (St 37)		S355 (St 52)		S235 (St 37)		S355 (St 52)		
	Περίπτωση φόρτισης								
	H ²⁾	HZ ²⁾	H	HZ	H	HZ	H	HZ	
Διάτμηση σε σύνδε- ση μιας τομής τ _α	140	160	140 210	160 240	84	96	84 126	96 144	USt 36 RSt 44
Διάτμηση σε σύνδε- ση δύο τομών τ _α	140	160	140 210	160 240	113	128	113 168	128 192	USt 36 RSt 44
Σύνθλιψη σε σύνδε- ση μιας τομής σ _ℓ	320	360	320 480	360 540	210	240	210 315	240 360	USt 36 RSt 44
Σύνθλιψη σε σύνδε- ση δύο τομών σ _ℓ	320	360	320 480	360 540	280	320	280 420	320 480	USt 36 RSt 44
Εφελκυσμός ¹⁾ σ _z					30	30	30 45	30 45	USt 36 RSt 44

1) Εάν η υπολογιστική καταπόνηση σε εφελκυσμό δεν αποφεύγεται με κατασκευαστικά μέσα.

2) Περίπτωση φόρτισης H, HZ βλέπε πίνακα 4-4.

Πίνακας 5-4. Επιτρεπόμενες τάσεις σε N/mm² για ήλους σε σιδηρές κατασκευές.

Τεμάχια της κατασκευής										
Καταπόνηση	Περίπτωση φόρτισης	Χάλυβας ή χυτοχάλυβας					Χυτοσίδηρος ¹⁾			
		με R_m σε N/mm^2					με R_m σε N/mm^2			
		340	360	420	500	600	100	200	300	400
Εφελκυσμός, Θλίψη σ	στατική	120	140	160	180	220	35	65	100	135
	επαναλαμβανόμενη	85	100	120	140	170	25	40	75	100
	αντιστρεφόμενη	70	85	95	110	130	20	35	50	70
Κάμψη σ_b	στατική	170	195	225	250	310	50	90	140	190
	επαναλαμβανόμενη	95	110	130	155	185	28	45	80	110
	αντιστρεφόμενη	75	95	100	120	145	20	40	55	80
Σύνθλιψη σ_ℓ	στατική	240	280	320	360	410	65	130	200	270
	επαναλαμβανόμενη	170	200	240	280	340	45	85	130	170
	αντιστρεφόμενη	140	170	190	220	260	35	65	100	130
Ήλοι από χάλυβα (St)										
Καταπόνηση		Διάτμηση τ_a		Σύνθλιψη σ_ℓ		Εφελκυσμός σ_z				
Περίπτωση φόρτισης	στατική	140		280		70				
	επαναλαμβανόμενη	100		200		50				
	αντιστρεφόμενη	85		170		40				

1) Για θλίψη και κάμψη από θλίψη τιμές $\approx \times 2,5$.

Πίνακας 5-5. Επιτρεπόμενες τάσεις σε N/mm^2 για συνδέσεις με ηλώσεις στη μηχανολογία (τιμές κατά προσέγγιση).

6.5. Ποιότητα και υλικά κοχλίων και περικοχλίων

Οι ελάχιστες απαιτήσεις σε ποιότητα και ο έλεγχος των κοχλίων και περικοχλίων καθορίζονται στο DIN 267 και αναφέρονται στα έτοιμα τεμάχια χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο τρόπος κατασκευής και η εμφάνιση.

Προσδιοριστικά στοιχεία για την ποιότητα των κοχλίων και περικοχλίων είναι:

η κλάση παραγωγής που χαρακτηρίζεται με την ένδειξη A (παλαιότερα m=μέση), B (παλαιότερα mg=ημίχονδρη), C(παλαιότερα g=χονδρή) και F (παλαιότερα f=λεπτή). Οι επιτρεπόμενες ανοχές των μηκών, του σπειρώματος, του εξαγώνου και η ποιότητα επιφάνειας καθορίζονται, για τις διάφορες κλάσεις παραγωγής, σύμφωνα με τα DIN 267-2 και DIN ISO 4759-1.

η κλάση αντοχής που χαρακτηρίζεται, για κοχλίες και περικόχλια, από δύο αριθμούς οι οποίοι χωρίζονται με μία τελεία.

Ο πρώτος αριθμός (χαρακτηριστικός αριθμός αντοχής) δίνει το 1/100 της ελάχιστης αντοχής σε εφελκυσμό R_m σε N/mm^2 , ο δεύτερος το 10πλάσιο του λόγου ορίου διαρροής R_e προς R_m (R_e/R_m ή $(R_{p0,2}/R_m)$).

Για την κλάση αντοχής 5 · 6 το 5 σημαίνει: $R_m/100 = 500/100 = 5$

το 6 σημαίνει: $10 \cdot R_e/R_m = 10 \cdot 300/500 = 6$

Το 10πλάσιο γινόμενο των δύο αριθμών δίνει το ελάχιστο όριο διαρροής R_e σε N/mm^2 , δηλαδή $10 \cdot 5 \cdot 6 = 300 N/mm^2 = R_e$.

Ο κοχλίας και το περικόχλιο εφόσον συνεργάζονται πρέπει να έχουν την ίδια κλάση αντοχής.

Ο πίνακας 6-6 δίνει χαρακτηρισμό και τιμές αντοχής για χάλυβες κοχλίων και περικοχλίων.

Χαρακτηρισμός της κλάσης αντοχής για χάλυβα κοχλίων		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 ≤M 16 >M 16 ¹⁾		9.8 ²⁾	10.9	12.9
Αντοχή εφελκυσμού R _m	Ονομαστική τιμή	300	400	400	500	500	600	800	800	900	1000	1200
	Ελάχιστη τιμή	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
Όριο διαρροής R _e ή R _{p0,2} (από 8,8)	Ονομαστική τιμή	180	240	320	300	400	480	640	640	720	900	1080
	Ελάχιστη τιμή	190	240	340	300	420	480	640	660	720	940	1100
Χαρακτηρισμός της κλάσης αντοχής για χάλυβα περικοχλίων	>M 16	4			5	6	8	9	10	12		
	≤M 16	5										

1) Για κοχλίες σε σιδηροκατασκευές από M12

2) Μόνο για κοχλίες έως M16.

Πίνακας 6-6. Χαρακτηρισμός και τιμές αντοχής σε N/mm^2 για χάλυβες κοχλίων (DIN EN 20898) και περικοχλίων (DIN EN ISO 898-6).

2. Καταπόνηση και υπολογισμός των ηλώσεων

Η καταπόνηση των ήλων έχει σχέση με την σχεδίαση της ηλώσεως και τον τρόπο πού ενεργούν τα φορτία σ'αυτές. Μετά από την εξακρίβωση της καταπονήσεως **εφαρμόζονται τα γνωστά από την Αντοχή των Ύλικών** όπως συμβαίνει και με τους κοχλίες.

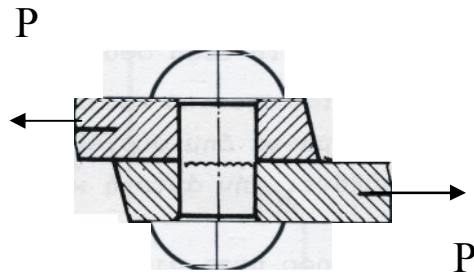
Πέρα όμως από τα όσα προκύψουν από τους υπολογισμούς αυτούς οι διάφοροι κανονισμοί δίνουν σχέσεις με τις οποίες υπολογίζονται σε κάθε είδος και διάταξη ηλώσεως οι ελάχιστες επιτρεπτές τιμές για τα διάφορα στοιχεία αυτών.

Οι ηλώσεις που καταπονούνται σε διάτμηση.

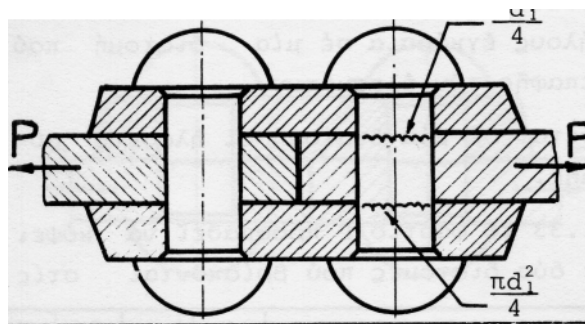
Οι ηλώσεις του **σχ.1.35** δέχονται φορτίο P το οποίο προσπαθεί να κόψει τους ήλους εγκάρσια σε μία διατομή πού βρίσκεται στη γραμμή επαφής των έλασμάτων .

Επειδή ο ήλος τέμνεται. **σε μία διατομή** οι ηλώσεις αυτές λέγονται **απλής τομής**.

Στήν ήλωση του **σχ.1.36** το φορτίο P προσπαθεί να κόψει τους ήλους εγκάρσια σε **δύο διατομές** πού βρίσκονται στις γραμμές επαφής ελασμάτων αρμοκαλυπτρών. Η ήλωση αυτή λέγεται **διπλής τομής**



Σχ.1.35. Καταπονηση ήλου απλής τομής



Σχ.1.36. Καταπονηση ήλου διπλής τομής

Υπολογισμός της διαμετρου ήλων σέ διάτμηση.

Η διατομή ενός σφυρηλατημένου ήλου είναι:

$$A = \pi d_1^2 / 4$$

Στις ηλώσεις απλής τομής καταπονείται μία επιφάνεια του ήλου(σχ.1.35) ενώ στις ηλώσεις διπλής τομής καταπονούνται δύο επιφάνειες(σχ.1.36), δηλαδή :

$$A = 2 (\pi d_1^2 / 4)$$

Γενικά αν m ο αριθμος των διατομών ενος ήλου που καταπονούνται σε διάτμηση, τότε, η ολικη επιφάνεια ή οποία θά παραλάβει το φορτίο πού αντιστοιχεί, σε έναν ήλο είναι:

$$A = m (\pi d_1^2/4)$$

Αν η ήλωση έχει αριθμό ήλων Z τότε η ολική επιφάνεια που θα παραλάβει το φορτίο P θα είναι:

$$A = Z m (\pi d_1^2/4)$$

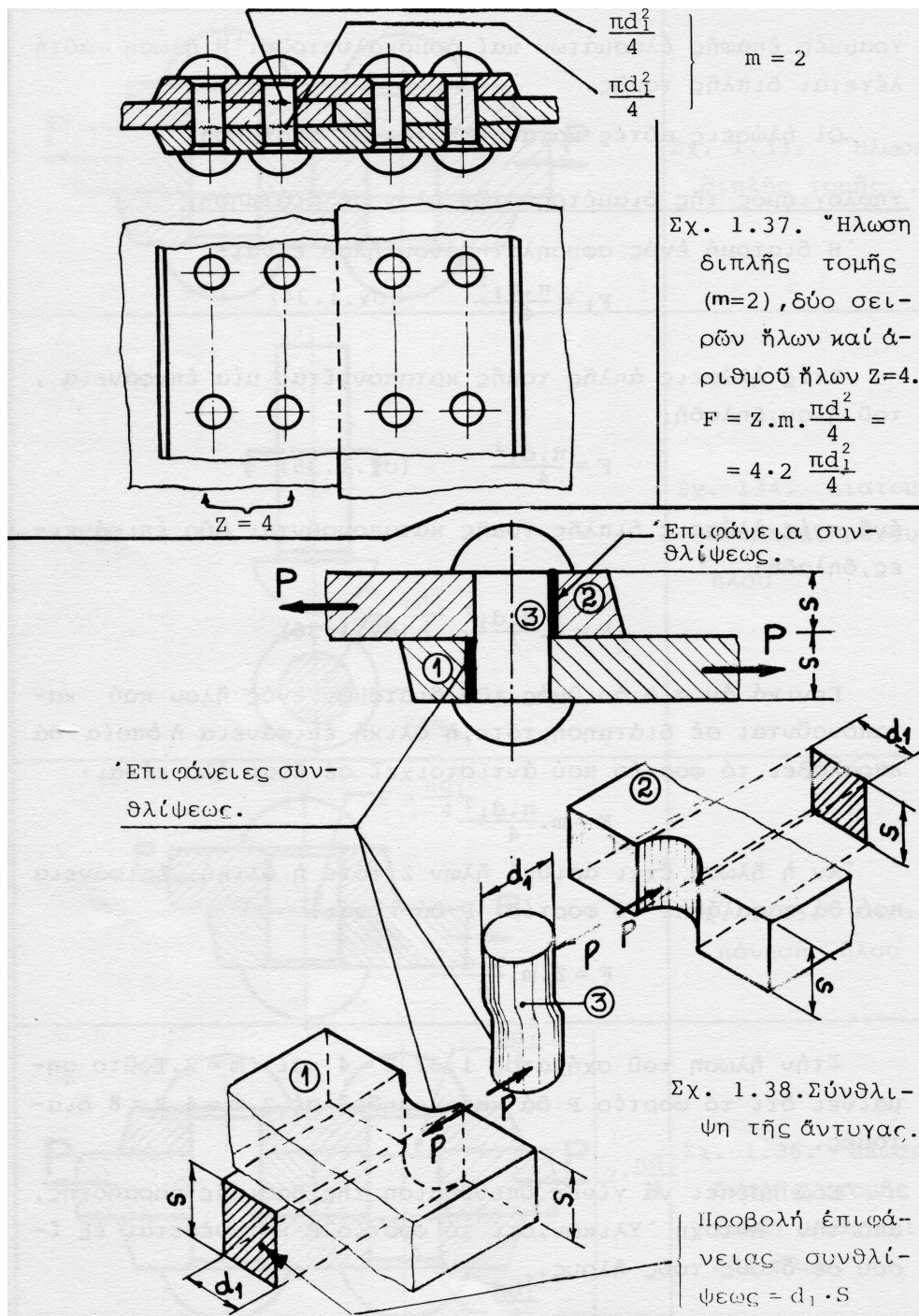
Στην ήλωση του **σχ. 1.37** $Z = 4$ και $m = 2$. Τούτο σημαίνει ότι το φορτίο P θα κατανεμηθεί σε

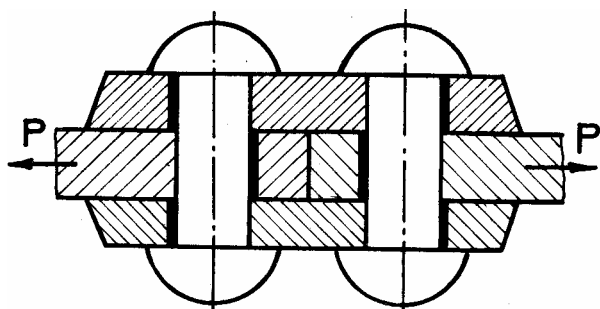
$$Z \cdot m = 4 \cdot 2 = 8 \text{ διατομές.}$$

Εδώ πρέπει να γίνει υπενθύμιση της βασικής παραδοχής, από την Αντοχή Υλικών, ότι το φορτίο P κατανομείται εξ' ίσου σε όλους τους ήλους.

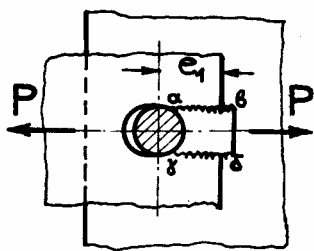
$$\tau = \frac{P}{A} \leq \tau_{\varepsilon\pi}$$

$\tau_{\varepsilon\pi}$ = επιτρεπομένη τάση διατμήσεως του υλικού
(λαμβάνεται από πίνακες ή $\tau_{\varepsilon\pi} = 0.8 \sigma_{\varepsilon\pi}$)

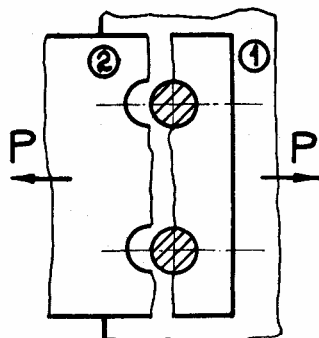




Σχ. 1.39. Σύνθλιψη της άντυγας σέ ήλωση δι-πλής τομής.



Σχ. 1.40. Δια-ροή ύλικου του έλάσματος.



Σχ. 1.41. Άπο-κοπή έλάσμα-τος λόγω έφ-ελκυσμοϋ.

Υπολογισμος της διαμέτρου των ήλων σε σύνθλιψη.

Οπως φαίνεται στο σχήμα 1.38 γίνεται μεταφορά του φορτίου P απο το έλασμα (1) στο έλασμα (2) .

Στις επιφάνειες επαφής αναπτύσσονται επιφανειακές πιέσεις και συνθλίβονται.

Η καταπόνηση αυτή είναι γνωστή σαν σύνθλιψη της άντυγας

$$\text{Η επιφανειακή πίεση } \sigma_{\epsilon} = P / A_P = P / (d_1 S) \quad [\text{Kp/cm}^2]$$

Οπου : A_P = ή προβολή τής επιφάνειας συνθλίψεως σέ [c m ²]

d_1 = διάμετρος σφυρηλατημένου ήλου σε [cm]

S = πάχος έλάσματος σε [cm]

Σε ηλώσεις με περισσότερους ήλους (Z) το φορτίο P μοιράζεται και σε κάθε ηλο αντιστοιχεί φορτίο $N=P/Z$. Έτσι κάθε επιφάνεια συνθλίψεως ($d_1 S$) θα καταπονείται με αυτό το φορτίο.

Οπότε
$$\sigma_{\ell} = \frac{P}{Z d_1 S}$$

και πρέπει να είναι
$$\sigma_{\ell} \leq \sigma_{\ell \varepsilon \pi}$$

Έτσι ή διάμετρος είναι

$$d_1 \geq \frac{P}{Z S \sigma_{\ell \varepsilon \pi}} \quad [\text{cm}]$$

$\sigma_{\ell \varepsilon \pi}$ = επιτρεπομενη πίεση συνθλίψεως της άντυνας, ή οποια λαμβανεται ως

$$\sigma_{\ell \varepsilon \pi} = 2 \cdot \sigma_{\varepsilon \pi}$$

$\sigma_{\varepsilon \pi}$ = επιτρεπομενη τάση εφελκυσμού.

Τα ελάσματα ελέγχονται ως εξής:

1. Έλεγχος σε συνθλιψη της άντυνας όπως πιο πάνω.
2. Έλεγχος για διαρροή του υλικου όπως στο σχ.1. 40 σύμφωνα με τα γνωστά απο την Αντοχή των υλικών (βλ . άσκηση No 1. 2)
3. Έλεγχος της διατομής του ελάσματος σε εφελκυσμο μετά από το άνοιγμα των τρυπών που εξασθενίζουν το υλικό (σχ.1.41) . Ο έλεγχος γίνεται με τις γνωστές σχέσεις του εφελκυσμου

Σε μερικές περιπτώσεις οι ηλοι καταπονουνται σε εφελκυσμο και ο υπολογισμος αυτών γίνεται σύμφωνα με τα όσα αναφέρει ή Αντοχή `Υλικών ($\sigma = P / A$).

Σε ηλώσεις σιδηρών κατασκευών παρουσιάζονται συχνά δύο τάσεις, ήτοι μία κάθετη (ή ορθή) τάση σ και μία εφαπτομενικη ή εγκάρσια τάση τ . Στις περιπτώσεις αυτες υπολογιζεται μία ισοδύναμη ταση σ_i ,

$$\sigma_i = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$$

ή οποία πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με την επιτρεπομενη τάση εφελκυσμού $\sigma_{\varepsilon \pi}$.

ΚΟΧΛΙΕΣ

Ο κοχλίας είναι το στοιχείο σύνδεσης που χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο, κατασκευάζεται και τυποποιείται σε μεγάλη ποικιλία μορφών. Ανάλογα με το είδος της χρησιμοποίησης τους διακρίνουμε σε:

α) Κοχλίες συσφίξεως ή κοχλίες σύνδεσης: είναι κατάλληλοι για την σύνδεση διάφορων τεμαχίων.

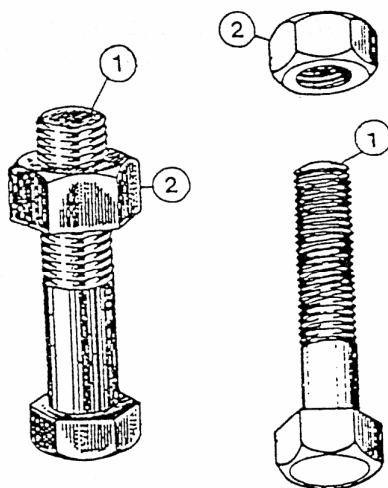
Εδώ το κύριο χαρακτηριστικό του σπειρώματος είναι η μηχανική ιδιότητα κατά την οποία υπάρχει η δυνατότητα του πολλαπλασιασμού ή του υποπολλαπλασιασμού του μεγέθους μιας δύναμews, λαμβάνοντας υπόψη και την τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ του σπειρώματος του κοχλία και του σπειρώματος του περικοχλίου.

Η περιφερειακή δύναμη (F_u) και η αξονική δύναμη (F) συνδέονται με την εξής σχέση :

$$F_u = F \cdot \epsilon \phi (\rho \pm \alpha)$$

όπου : ρ = γωνία τριβής

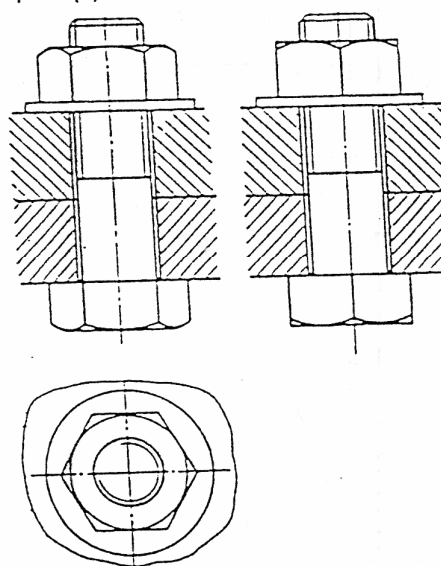
α = μέση γωνία ελίκωσης σπειρώματος



Σχ. α. Κοχλίας σύνδεσης.

1.=Κοχλίας

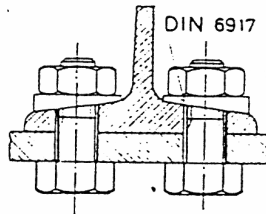
2.=Περικόχλιο



Σχ. Β. Κοχλιοσύνδεση σε πρόοψη πλάγια όψη - κάτωψη.

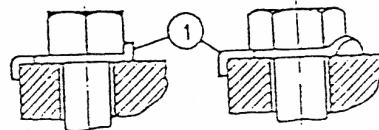
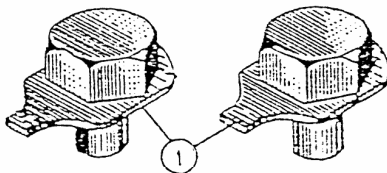
II) Κοχλίες κίνησης : είναι κατάλληλοι για την μετακίνηση διάφορων τεμαχίων όπου μεσώ της γεωμετρικής ιδιότητας μετατρέπεται η περιστροφική κίνηση σε ευθύγραμμη και αντίθετα η ευθύγραμμη σε περιστροφική, η αλλιώς

4. Οι ροδέλες με κλίση χρησιμοποιούνται όταν η επιφάνεια ενός στοιχείου δεν είναι κάθετη προς τον άξονα του κοχλία για να αποφευχθεί η καμπτική καταπόνηση του κορμού του κοχλία.

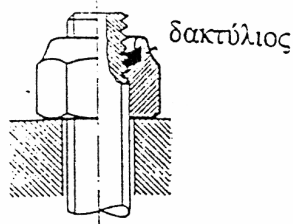


Τετραγωνικές ροδέλες με κλίση για συνδέσεις ράβδων με διατομή I

5. Το έλασμα ασφάλειας αυτό κάμπτεται από την μια άκρη προς το περικόχλιο και από την άλλη προς το κομμάτι με αποτέλεσμα να μην μπορεί να λυθεί η σύνδεση.



6. Ο Δακτύλιος : Ο δακτύλιος αποτελείται από συνθετικό υλικό, και έχει ενσωματωθεί στο σπείρωμα του περικοχλίου του , παραμορφώνεται κυρίως πλαστικά κατά τη συναρμολόγηση του κοχλία με το περικόχλιο και δεν ασφαλίζει μετά από ένα ορισμένο αριθμό συναρμολογήσεων και αποσυναρμολογήσεων.



7. Για την ασφάλιση των κοχλιών χρησιμοποιούνται και διάφοροι δακτύλιοι ειδικής μορφής από συνθετικά υλικά . Επίσης χρησιμοποιούνται η συνθετική ρητίνη και άλλες κόλλες, οι οποίες εισχωρούν σε υγρή κατάσταση στο διάκενο, που υπάρχει μεταξύ των σπειρωμάτων του κοχλία και του περικοχλίου, στερεοποιούνται και έτσι κολλιέται και ασφαλίζεται ο κοχλίας και το περικόχλιο.

Οπές κοχλιώσεων

Για να περιοριστεί ο χρόνος συναρμολόγησης μιας κοχλιώσεως και για να μην τραυματιστεί το σπείρωμα ενός κοχλία κατά τη συναρμολόγηση ή την αποσυναρμολόγηση του οι οπές των κοχλιώσεων κατασκευάζονται πάντοτε μεγαλύτερες από την ονομαστική διάμετρο του σπειρώματος.

Ο πίνακας που ακολουθεί περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες οπών κοχλιώσεων δηλαδή τις κατηγορίες των μικρών, των μέσων, και μεγάλων διαμέτρων για κατασκευές μεγάλης μέσης και μικρής ακρίβειας αντίστοιχα.

Στις γενικές μηχανολογικές κατασκευές χρησιμοποιούνται κατά κανόνα οι μέσες διάμετροι του πίνακα

ΠΙΝΑΚΑΣ Κ4:: διάμετρος οπών κοχλίων D σε mm κατά DIN 69. Επιλογή.

Ονομαστική διάμετρος d κοχλία	Διάμετρος D, οπής		
	Μικρή	Μέση	Μεγάλη
2	2.2	2.4	2.6
2.5	2.7	2.9	3.1
3	3.2	3.4	3.6
3.5	3.7	3.9	4.1
4	4.3	4.5	4.8
5	5.3	5.5	5.8
6	6.4	6.6	7
7	7.4	7.6	8
8	8.4	9	10
10	10.5	11	12
12	13	14	15
14	15	16	17
16	17	18	19
18	19	20	21
20	21	22	24
22	23	24	26
24	25	26	28
27	28	30	32
28	29	31	33
30	31	33	35

6.5. Ποιότητα και υλικά κοχλίων και περικοχλίων

Οι ελάχιστες απαιτήσεις σε ποιότητα και ο έλεγχος των κοχλίων και περικοχλίων καθορίζονται στο DIN 267 και αναφέρονται στα έτοιμα τεμάχια χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο τρόπος κατασκευής και η εμφάνιση.

Προσδιοριστικά στοιχεία για την ποιότητα των κοχλίων και περικοχλίων είναι:

η κλάση παραγωγής που χαρακτηρίζεται με την ένδειξη A (παλαιότερα m=μέση), B (παλαιότερα mg=ημίχονδρη), C(παλαιότερα g=χονδρή) και F (παλαιότερα f=λεπτή). Οι επιτρεπόμενες ανοχές των μηκών, του σπειρώματος, του εξαγώνου και η ποιότητα επιφάνειας καθορίζονται, για τις διάφορες κλάσεις παραγωγής, σύμφωνα με τα DIN 267-2 και DIN ISO 4759-1.

η κλάση αντοχής που χαρακτηρίζεται, για κοχλίες και περικόχλια, από δύο αριθμούς οι οποίοι χωρίζονται με μία τελεία.

Ο πρώτος αριθμός (χαρακτηριστικός αριθμός αντοχής) δίνει το 1/100 της ελάχιστης αντοχής σε εφελκυσμό R_m σε N/mm^2 , ο δεύτερος το 10πλάσιο του λόγου ορίου διαρροής R_e προς R_m (R_e/R_m ή $(R_{p0,2}/R_m)$).

Για την κλάση αντοχής 5 · 6 το 5 σημαίνει: $R_m/100 = 500/100 = 5$

το 6 σημαίνει: $10 \cdot R_e/R_m = 10 \cdot 300/500 = 6$

Το 10πλάσιο γινόμενο των δύο αριθμών δίνει το ελάχιστο όριο διαρροής R_e σε N/mm^2 , δηλαδή $10 \cdot 5 \cdot 6 = 300 N/mm^2 = R_e$.

Ο κοχλίας και το περικόχλιο εφόσον συνεργάζονται πρέπει να έχουν την ίδια κλάση αντοχής.

Ο πίνακας 6-6 δίνει χαρακτηρισμό και τιμές αντοχής για χάλυβες κοχλιών και περικοχλίων.

Χαρακτηρισμός της κλάσης αντοχής για χάλυβα κοχλιών		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 ≤M 16 >M 16 ¹⁾		9.8 ²⁾	10.9	12.9
Αντοχή εφελκυσμού R _m	Ονομαστική τιμή	300	400	400	500	500	600	800	800	900	1000	1200
	Ελάχιστη τιμή	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
Όριο διαρροής R _e ή R _{p0,2} (από 8,8)	Ονομαστική τιμή	180	240	320	300	400	480	640	640	720	900	1080
	Ελάχιστη τιμή	190	240	340	300	420	480	640	660	720	940	1100
Χαρακτηρισμός της κλάσης αντοχής για χάλυβα περικοχλίων	>M 16	4			5	6	8		9	10	12	
	≤M 16	5										

1) Για κοχλίες σε σιδηροκατασκευές από M12

2) Μόνο για κοχλίες έως M16.

Πίνακας 6-6. Χαρακτηρισμός και τιμές αντοχής σε N/mm^2 για χάλυβες κοχλιών (DIN EN 20898) και περικοχλίων (DIN EN ISO 898-6).

6. Υπολογισμός των κοχλιοσυνδέσεων

6.9.1. Κοχλίες με αξονική φόρτιση

Η μέγιστη αναπτυσσόμενη τάση είναι

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A_s} = \frac{F_V + \Delta F}{A_s} \leq \sigma_{\varepsilon\pi} = 0,8 \cdot R_e \quad (6.12)$$

F_{max} μέγιστη εμφανιζόμενη αξονική δύναμη σε N

A_s διατομή τάσης του κοχλίου σε mm^2 (πίνακες 6-1, 6-2). Επειδή το όριο διαρροής είναι μεγαλύτερο, λόγω ενίσχυσης από τις σπείρες, στο τμήμα του σπειρώματος παρά στο γυμνό κορμό του κοχλίου, λαμβάνεται ως επιφάνεια αναφοράς η διατομή τάσης A_s και όχι η διατομή πυρήνα A_k .

F_v δύναμη πρότασης σε N

ΔF δύναμη διαφοράς σε N (σχέση 6.11)

Το F_{max} έχει εδώ γενική έννοια. Αν έχουμε στατική καταπόνηση χωρίς πρόταση τότε το F_{max} παριστάνει την αξονική δύναμη που εφελκύνει τον κοχλίο. Αν έχουμε πρόταση και δυναμική καταπόνηση, τότε θα είναι $F_{max} = F_v + \Delta F$.

Ως $\sigma_{\epsilon\pi}$ λαμβάνεται εδώ το 0,8 του ορίου διαρροής R_e ή του 0,2% ορίου επιμήκυνσης $R_{p0,2}$ του υλικού του κοχλίου (πίνακας 6-6).

$$\sigma_{\epsilon\pi} = 0,8 \cdot R_e \quad \text{ή} \quad \sigma_{\epsilon\pi} = 0,8 \cdot R_{p0,2}$$

Εκτός όμως από την ανωτέρω καταπόνηση ο κοχλίας δέχεται και μία εναλλασσόμενη τάση εφελκυσμού

$$\sigma_a = \frac{\Delta F}{2 \cdot A_k} \leq \sigma_{\alpha\epsilon\pi} = 0,7 \cdot \sigma_{AG} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (6.13)$$

σ_a τάση απόκλισης στον πυρήνα του κοχλίου σε N/mm^2

ΔF δύναμη διαφοράς σε N (σχέση 6.11)

A_k διατομή του πυρήνα του κοχλίου σε mm^2 (πίνακες 6-1, 6-2). Επειδή οι τάσεις λόγω εγχοπών εμφανίζονται στο βάθος του σπειρώματος, ως επιφάνεια αναφοράς για δυναμική καταπόνηση λαμβάνεται η διατομή του πυρήνα A_k .

σ_{AG} διαμορφωτική αντοχή απόκλισης σε N/mm^2 του πυρήνα του κοχλίου που εξαρτάται από τον τρόπο κατασκευής του

$$\sigma_{AG} = K_1 \cdot K_2 \cdot \sigma_A \quad \text{με}$$

K_1, K_2 συντελεστές που λαμβάνουν υπόψη τον τρόπο κατασκευής του κοχλίου και του περικοχλίου (πίνακας 6-7α, β)

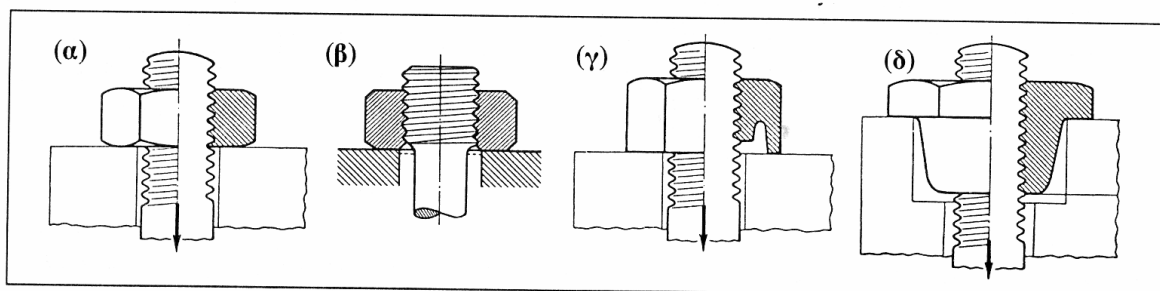
σ_A αντοχή απόκλισης σε N/mm^2 του πυρήνα ενός κοχλίου που κατασκευάστηκε με κοπή ή με εξέλαση μέσω πλακών (κανονική περίπτωση) από πίνακα 6-7γ

Κοχλίες που καταπονούνται στατικά, υπολογίζονται από τη σχέση (6.12). Αν όμως καταπονούνται δυναμικά, τότε υπολογίζονται από τις σχέσεις (6.12) και (6.13).

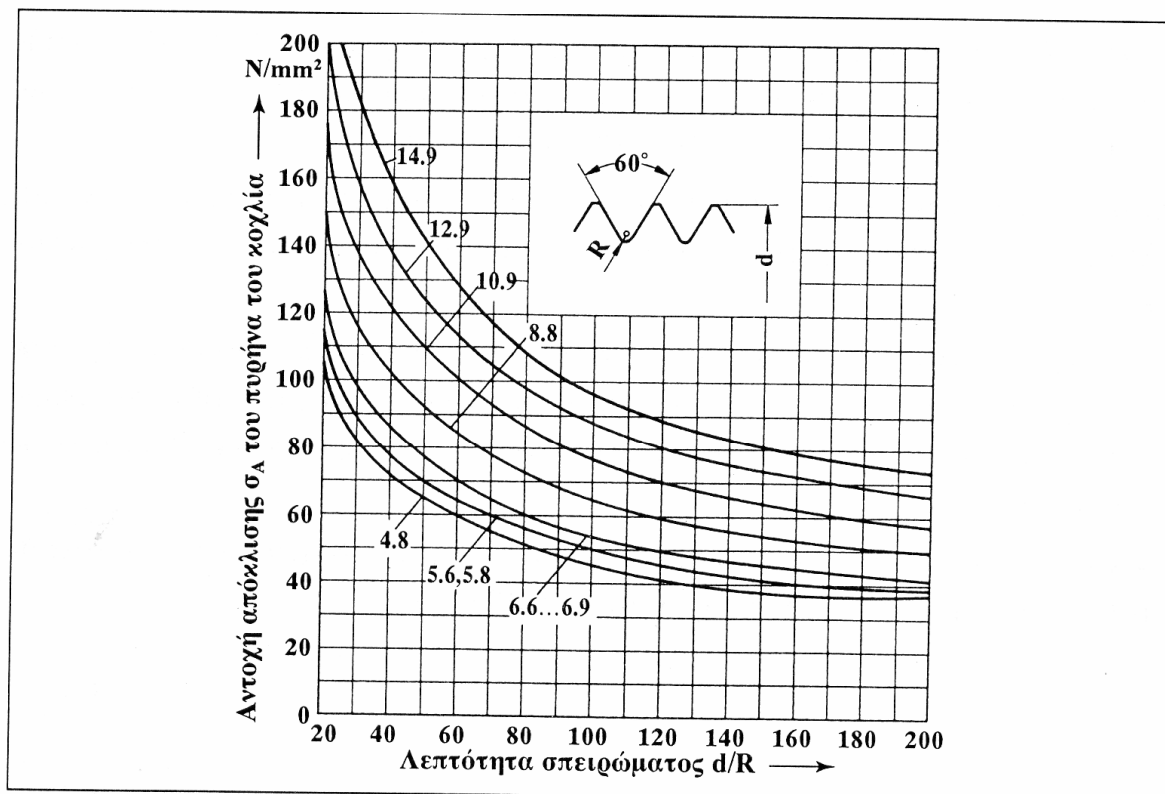
Για αρχικούς κατά προσέγγιση υπολογισμούς σε δυναμική καταπόνηση μπορεί στη σχέση (6.12) να ληφθεί $\sigma_{\epsilon\pi} \approx 0,3 \cdot R_e$ ή $\sigma_{\epsilon\pi} \approx 0,3 \cdot R_{p0,2}$.

Τρόπος κατασκευής κοχλία	Κοπή ή εξέλαση μέσω πλακών		Εξέλαση σπειρώματος μετά τη διαμόρφωση	Βελτίωση και εξέλαση		Επιφανειακή βαφή σπειρώματος
K_1	1		1,2	1,3		1,4
Είδος περικοχλίου	πίεσεως (α)	είδος (β)	είδος (γ)	είδος (δ)	αλουμινίου	ορειχάλκου, χυτοσιδήρου
K_2	1	1,05	1,1	1,2	1,1	1,15

Πίνακας 6-7α. Συντελεστές K_1 και K_2 εξαρτώμενοι από τον τρόπο κατασκευής του κοχλία και το είδος του περικοχλίου (βλέπε πίνακα 6-7β).



Πίνακας 6-7β. Είδη περικοχλίων.

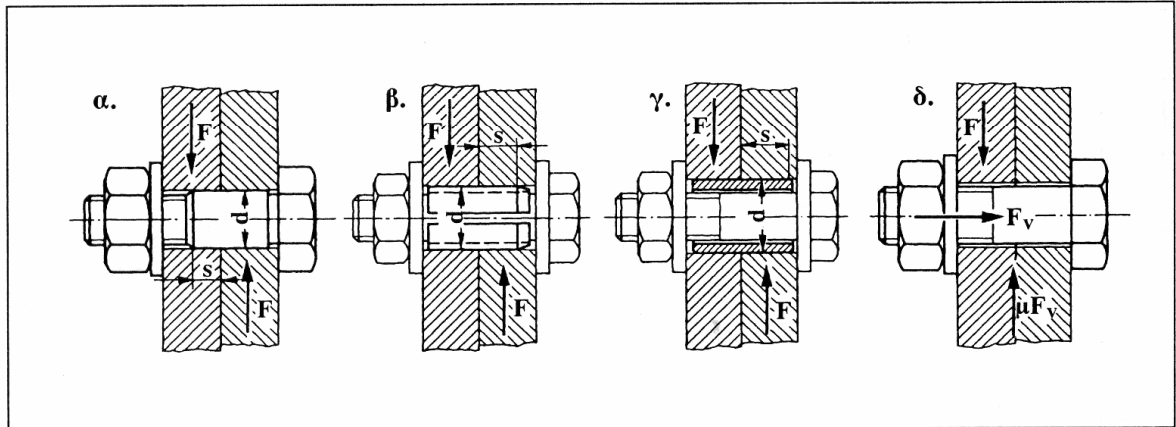


Πίνακας 6-7γ. Αντοχή απόκλισης σ_A του πυρήνα ενός κοχλία κατασκευασμένου με κοπή ή εξέλαση.[1]

6.9.2. Κοχλίες με εγκάρσια φόρτιση

Για την παραλαβή των εγκάρσιων δυνάμεων χρησιμοποιούνται βασικά:

Κοχλίες εφαρμογής (σχήμα 6-15α) των οποίων ο κορμός εφαρμόζει ακριβώς μέσα στην οπή. Λόγω της ακριβούς θέσης τους είναι κατάλληλοι και για την παραλαβή εναλλασσόμενων δυνάμεων.



Σχήμα 6-15. Κοχλιοσυνδέσεις για εγκάρσια καταπόνηση. α. κοχλίας εφαρμογής, β. δακτύλιος εκτόνωσης, γ. δακτύλιος διάτμησης, δ. κοχλίας περαστός.

Δακτύλιοι εκτόνωσης (σχήμα 6-15β) από χάλυβα ελατηρίων. Φέρουν κατά μήκος τους μια εγκοπή και γι' αυτό εφάπτονται με ελαστικότητα πάνω στα τοιχώματα της οπής. Παραλαμβάνουν και κρουστικά φορτία.

Δακτύλιοι διάτμησης (σχήμα 6-15γ) οι οποίοι εφαρμόζουν ακριβώς στην οπή (όπως και οι κοχλίες εφαρμογής) και μπορούν να παραλάβουν μεγάλες δυνάμεις.

Κοχλίες περαστοί (σχήμα 6-15δ) οι οποίοι πρέπει να συσφιγθούν τόσο, ώστε η εγκάρσια δύναμη F να μεταφερθεί μέσω της τριβής των προς σύνδεση τεμαχίων. Είναι οι πιο φθηνοί, αλλά ακατάλληλοι για κρουστικά και εναλλασσόμενα φορτία.

Οι κοχλίες εφαρμογής και οι δακτύλιοι εκτόνωσης και διάτμησης καταπονούνται σε διάτμηση και πίεση επιφάνειας (σύνθλιψη).

$$\tau_a = \frac{F}{A \cdot m} \leq \tau_{αεπ} \quad (6.14)$$

$$\sigma_\ell = \frac{F}{d \cdot s} \leq \sigma_{\ellεπ} \quad (6.15)$$

τ_α	τάση διάτμησης σε N/mm^2
F	εγκάρσια δύναμη ανά κοχλία σε N
A	διατομή που καταπονείται σε διάτμηση (κορμός κοχλία ή διακτύλιος κατά περίπτωση) σε mm^2
m	αριθμός τομών. Για σύνδεση δύο ελασμάτων $m = 1$ (σχήμα 6-15). Για σύνδεση τριών ελασμάτων $m = 2$
σ_ℓ	τάση πίεσης επιφάνειας σε N/mm^2
d	εξωτερική διάμετρος του φέροντος στοιχείου δηλαδή του κορμού του κοχλία ή του δακτυλίου σε mm
s	το μικρότερο φέρον μήκος του κοχλία ή του δακτυλίου (σχήμα 6-15)
$\tau_{\alpha\epsilon\pi} \approx 0,6 \cdot R_e$	για στατική καταπόνηση
$\tau_{\alpha\epsilon\pi} \approx 0,5 \cdot R_e$	για επαναλαμβανόμενη καταπόνηση
$\tau_{\alpha\epsilon\pi} \approx 0,4 \cdot R_e$	για αντιστρεφόμενη καταπόνηση
	με R_e το όριο διαρροής του κοχλία (πίνακας 6-6) ή του δακτυλίου
$\sigma_{\ell\epsilon\pi} \approx 0,75 \cdot R_m$ ή $1,2 \cdot R_e$	για στατική καταπόνηση
$\sigma_{\ell\epsilon\pi} \approx 0,6 \cdot R_m$ ή $0,9 \cdot R_e$	για επαναλαμβανόμενη ή αντιστρεφόμενη καταπόνηση με R_m την ελάχιστη αντοχή σε εφελκυσμό του ασθενέστερου υλικού από τα συνεργαζόμενα στοιχεία (κοχλίας, δακτύλιος, έλασμα) ή το αντίστοιχο ελάχιστο όριο διαρροής R_e (πίνακας 6-6).
	Για δακτύλιους εκτόνωσης μπορεί, ανεξάρτητα από το είδος της καταπόνησης, να τεθεί $\tau_{\alpha\epsilon\pi} \approx 300 N/mm^2$ και $\sigma_{\ell\epsilon\pi}$ ανάλογα με το υλικό των τεμαχίων

Κοινοί περαστοί κοχλίες με αρκετή χάρη μεταξύ κορμού και οπής μεταφέρουν την εγκάρσια δύναμη F μέσω της τριβής $F_v \cdot \mu$ που αναπτύσσεται από την αξονική δύναμη του κοχλία στις συνδεδεμένες επιφάνειες.

Θα έχουμε τότε

$$\sigma = \frac{F_v}{A_k} = \frac{F}{\mu \cdot A_k} \leq \sigma_{\epsilon\pi} \quad (6.16)$$

σ	τάση εφελκυσμού στον κοχλία σε N/mm^2
A_k	διατομή του πυρήνα του κοχλία σε mm^2
F_v	αξονική δύναμη του κοχλία σε N
μ	συντελεστής τριβής (ηρεμίας, με ξηρά τριβή)

για χάλυβα πάνω σε χάλυβα

$$\mu = 0,12 \dots 0,20$$

για χάλυβα πάνω σε χυτοσίδηρο ή ορείχαλκο

$$\mu = 0,18 \dots 0,25$$

για χυτοσίδηρο πάνω σε χυτοσίδηρο ή ορείχαλκο

$$\mu = 0,22 \dots 0,26$$

$\sigma_{\varepsilon\pi}$ επιτρεπόμενη τάση εφελκυσμού στον κοχλία σε N/mm^2

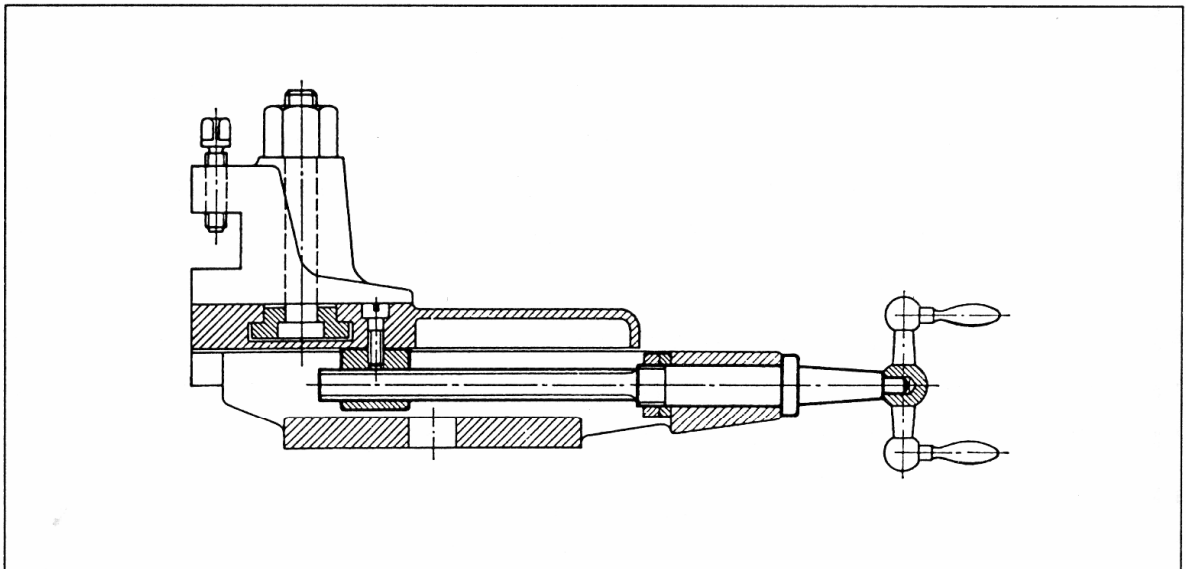
$$\sigma_{\varepsilon\pi} \approx 0,7 R_e$$

6.10. Κοχλίες κίνησης

6.10.1. Γενικά

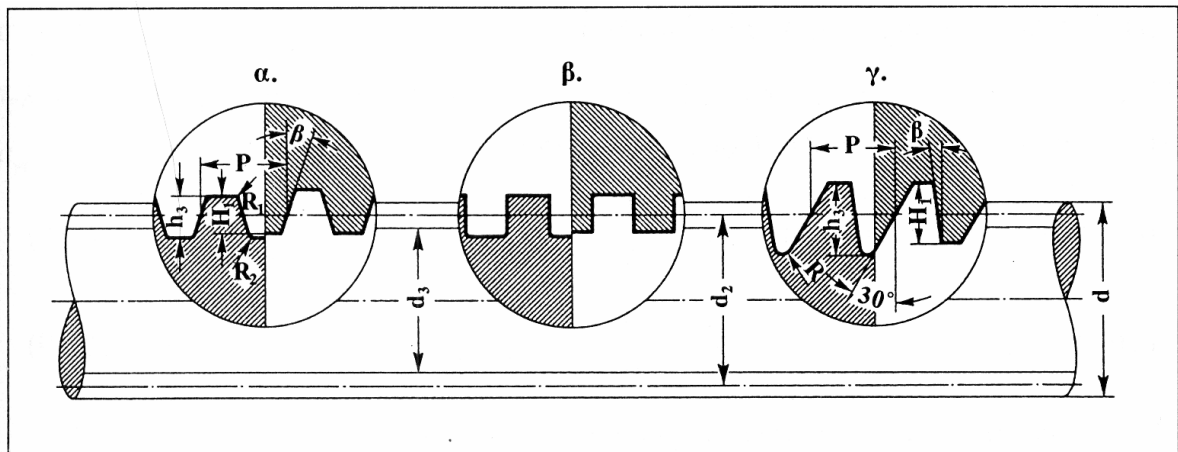
Κοχλίες που μετατρέπουν την περιστροφική σε κατά μήκος κίνηση λέγονται κοχλίες κίνησης. Οι τελευταίοι υπάρχουν σε τόρνους (οδηγός ράβδος), πρέσες, αποφρακτικά όργανα κλπ. Ένα παράδειγμα παρουσιάζει το σχήμα 6-16.

Επειδή το βήμα των τριγωνικών σπειρωμάτων είναι πολύ μικρό, οι κοχλίες κίνησης κατασκευάζονται συνήθως με τραπεζοειδές σπείρωμα κατά DIN ISO 103 (πίνακας 6-5).



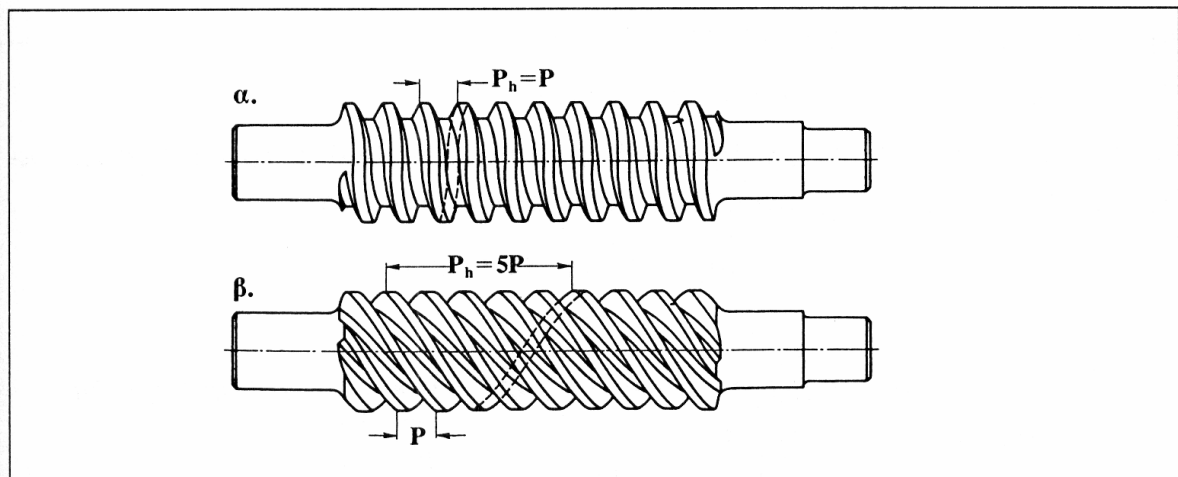
Σχήμα 6-16. Κοχλίας κίνησης σε ένα εργαλειοφορείο.

Το τετραγωνικό σπείρωμα είναι δυσκολότερο στην κατασκευή του, δεν είναι τυποποιημένο και σχεδόν δεν χρησιμοποιείται πλέον. Για την παραλαβή μονόπλευρων δυνάμεων ενδείκνυται το προιονοειδές σπείρωμα (σχήμα 6-17).



Σχήμα 6-17. Κοχλίες κίνησης με σπείρωμα. α. τραπεζοειδές, β. τετραγωνικό, γ. πριονοειδές.

Ταχύτερες κατά μήκος κινήσεις του περικοχλίου επιτυγχάνονται με κοχλίες με περισσότερες αρχές. Στην περίπτωση αυτή, οι ελικοειδείς γραμμές με το ίδιο βήμα είναι παράλληλες μεταξύ τους πάνω στον πυρήνα του κοχλία (σχήμα 6-18).



Σχήμα 6-18. Κοχλίες με διαφορετικές αρχές. α. τραπεζοειδής κοχλίας με μια αρχή, β. τραπεζοειδής κοχλίας με πέντε αρχές.

Για n αρχές θα έχουμε

$$P_h = P \cdot n \quad (6.17)$$

P_h βήμα σε κοχλία με πολλές αρχές

P βήμα σε κοχλία με μία αρχή

n αριθμός αρχών

Περικόχλια από χυτοσίδηρο (για κοχλία σκληρωμένο) ή από ορείχαλκο δημιουργούν πολύ καλές συνθήκες ολίσθησης μεταξύ των κατατομών.

6.10.2. Υπολογισμός σε αντοχή - λυγισμό

Η αξονική δύναμη λειτουργίας F καταπονεί τον πυρήνα του κοχλίου σε εφελκυσμό ή θλίψη και η ροπή στρέψης σε στρέψη.

$$\text{Τάση εφελκυσμού ή θλίψης} \quad \sigma = \frac{F}{A_k} \quad (6.18)$$

$$\text{Τάση στρέψης} \quad \tau_t = \frac{T}{W_t} = \frac{T}{0,2 \cdot d_3^3} \quad (6.19)$$

σ τάση εφελκυσμού ή θλίψης στον κοχλίο σε N/mm^2

τ_t τάση στρέψης στον κοχλίο σε N/mm^2

F αξονική δύναμη λειτουργίας σε N

A_k διατομή του πυρήνα του κοχλίου σε mm^2

W_t (πολική) ροπή αντίστασης σε στρέψη $\approx 0,2 \cdot d_3^3$ σε mm^3

d_3 διάμετρος του πυρήνα του κοχλίου σε mm

T ροπή στρέψης που καταπονεί τον κοχλίο σε Nmm

Αν δεν χρειάζεται να υπερνικηθούν άλλες δυνάμεις τριβής, τότε η T αντιστοιχεί στη ροπή τριβής M_G στο σπείρωμα (σχέση 6.5) δηλαδή

$$T = M_G = F \cdot r_2 \cdot \epsilon\phi (\alpha \pm \varrho')$$

F αξονική δύναμη στον κοχλίο σε N

$r_2 = \frac{d_2}{2}$ ακτίνα κατατομής του σπειρώματος από πίνακες π.χ. για τραπεζοειδή κοχλίο από πίνακα 6-5

α γωνία σπειρώματος. $\epsilon\phi\alpha = \frac{P_h}{d_2 \cdot \pi}$ με P_h από σχέση (6.17). Για τραπεζοειδή κοχλίο με μία αρχή είναι $\alpha \approx 3^\circ \dots 5,5^\circ$ περίπου

ϱ' γωνία τριβής του σπειρώματος.

Για τραπεζοειδή χαλύβδινο κοχλίο, χαλύβδινο περικόχλιο και ξηρά τριβή $\varrho' \approx 9^\circ$ ($\mu' \approx 0,16$).

Για περικόχλιο από α. χυτοσίδηρο, β. ορείχαλκο, γ. φωσφορούχο ορείχαλκο και ξηρά τριβή $\varrho' \approx 10^\circ$ ($\mu' \approx 0,18$) για α. και $\varrho' \approx 12^\circ$ ($\mu' \approx 0,21$) για β. γ.

Για τα ανωτέρω υλικά αλλά με λίπανση $\varrho' \approx 6^\circ$ ($\mu' \approx 0,11$)

Οι δύο ανωτέρω καταπονήσεις δίνουν μία ισοδύναμη τάση σ_v που είναι

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_t^2} \leq \sigma_{\text{veπ}} \quad \text{σε } N/mm^2 \quad (6.20)$$

σ τάση εφελκυσμού ή θλίψης σε N/mm^2 (σχέση 6.18)

τ_t τάση στρέψης σε N/mm^2 (σχέση 6.19)

$\sigma_{\text{veπ}}$ επιτρεπόμενη ισοδύναμη τάση σε N/mm^2

Λαμβάνεται $\sigma_{\text{veπ}} \approx 0,2 \cdot R_m$ για επαναλαμβανόμενη καταπόνηση

$\sigma_{\text{veπ}} \approx 0,13 \cdot R_m$ για αντιστρεφόμενη καταπόνηση

Η αντοχή σε εφελκυσμό R_m εξαρτάται από το υλικό του κοχλία και είναι

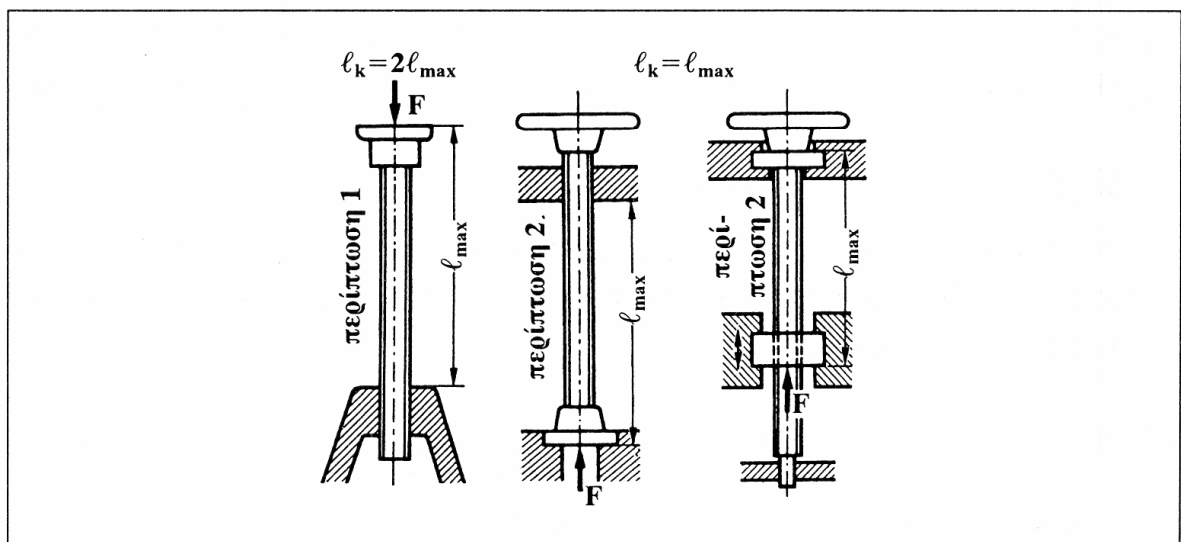
$R_m = 500 N/mm^2$ για κοχλία από St 50 και $R_m = 600 N/mm^2$ για κοχλία από St 60.

Στο προιονοειδές σπείρωμα, λόγω της μικρότερης συγκέντρωσης τάσεων (μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας στη βάση του σπειρώματος) λαμβάνεται

$\sigma_{\text{veπ}} \approx 0,25 \cdot R_m$ για επαναλαμβανόμενη καταπόνηση

$\sigma_{\text{veπ}} \approx 0,16 \cdot R_m$ για αντιστρεφόμενη καταπόνηση

Κοχλίες που καταπονούνται σε θλίψη πρέπει να ελεγχθούν και σε **λυγισμό**. Το σχήμα 6-19 παρουσιάζει τις δύο περιπτώσεις λυγισμού που εμφανίζονται αποκλειστικά στους κοχλίες κίνησης.



Σχήμα 6-19. Συνήθεις περιπτώσεις λυγισμού για κοχλίες κίνησης. [1]

Η ασφάλεια έναντι λυγισμού εξαρτάται από το βαθμό λυγηρότητας λ του κοχλία. Για χαλύβδινους κοχλίες (συνήθως St 50... St 60) ισχύει για $\lambda \geq 90$ υπολογισμός κατά Euler

$$S_k = \frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma \cdot \lambda^2} \geq 3 \dots 6 \quad (6.21)$$

για $\lambda < 90$ υπολογισμός κατά Tetmajer

$$S_k = \frac{335 - 0,62 \cdot \lambda}{\sigma'} \geq 1,75 \dots 4 \quad (6.22)$$

E μέτρο ελαστικότητας του υλικού του κοχλίου. $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ για χάλυβα

σ υπάρχουσα τάση θλίψης από σχέση (6.18) σε N/mm^2

S_k συντελεστής ασφάλειας έναντι λυγισμού

λ βαθμός λυγηρότητας του κοχλίου

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i} = \frac{\text{υπολογιστικό μήκος λυγισμού}}{\text{ακτίνα αδράνειας}} = \frac{4 \cdot \ell_k}{d_3}$$

με d_3 διάμετρος πυρήνα του σπειρώματος σε mm από πίνακες σπειρωμάτων

$$\lambda = \frac{2 \cdot \ell_{\max} \cdot 4}{d_3} \text{ για την περίπτωση λυγισμού 1 όπου } \ell_k = 2 \cdot \ell_{\max} \text{ (σχήμα 6-19)}$$

$$\lambda = \frac{\ell_{\max} \cdot 4}{d_3} \text{ για την περίπτωση λυγισμού 2 όπου } \ell_k = \ell_{\max}$$

Μικρές τιμές του S_k λαμβάνονται για διακεκομμένη λειτουργία. Μεγαλύτερες τιμές για συνεχή λειτουργία και αυξανόμενο βαθμό λυγηρότητας λ . Για $\lambda < 50$ αρκεί ο έλεγχος σε αντοχή χωρίς να είναι απαραίτητος ο έλεγχος σε λυγισμό.

6.10.3. Υπολογισμός σε πίεση επιφάνειας

Για να παραμείνει η φθορά λόγω ολίσθησης των επιφανειών μεταξύ κοχλίου και περικοχλίου σε ανεκτά όρια πρέπει η πίεση επιφάνειας να μην υπερβαίνει ορισμένες επιτρεπόμενες τιμές.

$$\text{Ισχύει} \quad p = \frac{F \cdot P}{m \cdot d_2 \cdot \pi \cdot H_1} \leq p_{\text{επ}} \quad (6.23)$$

p πίεση επιφάνειας στο σπείρωμα σε N/mm^2

F αξονική δύναμη λειτουργίας σε N

P βήμα του κοχλίου σε mm από πίνακες. Για τραπεζοειδές σπείρωμα πίνακας 6-5

m φέρον ύψος περικοχλίου σε mm

d_2 μέση διάμετρος του σπειρώματος. Για τραπεζοειδές σπείρωμα πίνακας 6-5

H_1 βάθος σπειρώματος. Για τραπεζοειδές σπείρωμα πίνακας 6-5

$p_{\text{επ}}$ επιτρεπόμενη πίεση επιφάνειας σε N/mm^2

$$p_{\text{επ}} \approx 8 \text{ N/mm}^2 \quad \text{για περικόχλια χαλύβδινα}$$

$\approx 5...10 \text{ N/mm}^2$	για περικόχλια χυτοσιδηρά
$\approx 10...20 \text{ N/mm}^2$	για περικόχλια ορειχάλκινα
$\approx 25 \text{ N/mm}^2$	για περικόχλια φωσφορούχου ορειχάλκου
$\approx 2...8 \text{ N/mm}^2$	για περικόχλια από συνθετικό υλικό

Οι μικρές τιμές εκλέγονται για συνεχή και οι μεγάλες για διακεκομμένη (ή μικρής διάρκειας), λειτουργία ή για υλικό περικοχλίων μεγάλης αντοχής σε φθορά και σκληρομένους κοχλίες.

ή οποία πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με την επιτρεπομένη τάση εφελκυσμού $\sigma_{\text{επ}}$

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

9) έχει συνία κορυφών ή διπλάσιες σε μήκος

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Συγκολλήσεις είναι οι μη λυόμενες συνδέσεις των κομματιών με κρυσταλλική σύνδεση μέσω θερμότητας ή πίεσης. Δηλαδή συγκόλληση σημαίνει κρυσταλλική σύνδεση δύο στοιχείων.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την κρυσταλλική σύνδεση δυο τεμαχίων είναι:

α) Τα στοιχεία να είναι από το ίδιο υλικό ή από υλικά που μπορούν να δημιουργήσουν ένα κράμα.

β) Μεταξύ των στοιχείων να μην παρεμβάλλεται ξένο υλικό (οι επιφάνειες που θα συγκολληθούν να είναι καθαρές).

γ) Η ενεργειακή κατάσταση του υλικού των στοιχείων στην θέση συγκόλλησης πρέπει να αυξηθεί τόσο ώστε η κρυσταλλική σύνδεση να μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Η συγκόλληση σαν στοιχείο σύνδεσης έχει αντικαταστήσει κυρίως τις ηλώσεις και κατά ένα μέρος τις κοχλιώσεις και τη χύτευση. Η μεγάλη εφαρμογή των συγκολλήσεων οφείλεται στα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν.

(δ) Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα συγκολλήσεων

Πλεονεκτήματα συγκολλητών συνδέσεων έναντι κυρίως ηλώσεων και κοχλιώσεων.

1. Είναι ελαφρότερες
2. Είναι οι πλέον κατάλληλες για κατασκευές που πρέπει να έχουν στεγανότητα.
3. Είναι αξιόπιστες κατασκευές. Αυτό οφείλεται στην πρόοδο παραγωγής καλών υλικών και την εξέλιξη των μεθόδων συγκόλλησης.
4. Έχουν μικρό κόστος και απαιτούν μικρό χρόνο κατασκευής.
5. Αν εκτελεστούν με ορισμένες προϋποθέσεις έχουν καλή μηχανική αντοχή.
6. Δεν εξασθενούν τα υλικά, γιατί λείπουν οι τρύπες που κάνουμε στις ηλώσεις και κοχλιώσεις.
7. Παρουσιάζουν μικρό κίνδυνο οξείδωσης.

Μειονεκτήματα συγκολλητών συνδέσεων

1. Η ποιότητα της συγκόλλησης εξαρτάται από την δεξιότητα του τεχνίτη.
2. Η τοπική μεταβολή της θερμοκρασίας προκαλεί στρεβλώσει των κομματιών.
3. Στην περιοχή της συγκόλλησης δημιουργείται μεταβολή του ιστού που μπορεί να μειώσει την αντοχή.
4. Είναι δύσκολη η συγκόλληση μεγάλων κομματιών όταν αυτή γίνεται επί τόπου.
5. Δεν είναι δυνατή η συγκόλληση όλων των υλικών.

Μέθοδοι συγκόλλησης

Οι μέθοδοι συγκόλλησης που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες. Στις συγκολλήσεις τήξεως και στις συγκολλήσεις πιέσεως.

α) Κατά την συγκόλληση τήξεως: τα εξαρτήματα τοποθετούνται κατά κανόνα έτσι ώστε να εφάπτονται κατά μήκος μιας επιφάνειας με μεγάλο μήκος και περιορισμένο πλάτος. Η επιφάνεια αυτή ονομάζεται συγκολλητή ραφή. Η συγκόλληση γίνεται με την τήξη των άκρων των κομματιών ή με την τήξη των κομματιών και ενός συγκολλητικού υλικού ή με την τήξη μόνο του συγκολλητικού υλικού.

Τις συγκολλήσεις τήξεως τις χωρίζουμε σε δύο υποκατηγορίες:

- i). Στις αυτογενείς συγκολλήσεις και
- ii). Στις ετερογενείς συγκολλήσεις.

Στις αυτογενείς συγκολλήσεις τα συνδεόμενα κομμάτια όσο και τα συγκολλητικά υλικά έχουν την ίδια περίπου σύσταση και τήκονται και τα δύο.

Στις ετερογενείς συγκολλήσεις τήκεται μόνο το συγκολλητικό υλικό, αυτό είναι διαφορετικό από τα συνδεόμενα κομμάτια και έχει σημείο τήξεως χαμηλότερο από αυτά.

Οι πιο γνωστές μέθοδοι συγκόλλησης τήξεως είναι: η ηλεκτροσυγκόλληση και η οξυγονοκόλληση (αυτογενής συγκόλληση).

i) Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση η θερμότητα που χρειάζεται για την τήξη του υλικού, παράγεται με τη δίοδο του ηλεκτρικού ρεύματος και τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου από ένα ηλεκτρόδιο.

Αν το υλικό του ηλεκτροδίου χρησιμοποιείται συγχρόνως και για προσθετό υλικό της ραφής τότε πρέπει να είναι το ίδιο ή παρόμοιο με αυτό των δυο εξαρτημάτων με τον μεταλλικό πυρήνα, το δε ειδικό περίβλημα του ηλεκτροδίου που είναι από ένα ουδέτερο υλικό λειώνει κατά τη συγκόλληση συγχρόνως με τον μεταλλικό πυρήνα, έχοντας όμως μικρότερο ειδικό βάρος από το υγρό μέταλλο επιπλέει και έτσι δημιουργεί το απαραίτητο ουδέτερο στρώμα μεταξύ της ραφής και της ατμόσφαιρας το οποίο δεν επιτρέπει την οξείδωση του υλικού στην περιοχή της ραφής κατά τη διάρκεια της τήξης.

Στις μηχανοποιημένες μεθόδους αυτόματης συγκόλλησης χρησιμοποιούνται γυμνά μεταλλικά ηλεκτρόδια. Η δε προστασία του υλικού της ραφής από οξείδωση γίνεται είτε με επικάλυψη με άμμο είτε με εκτόξευση ουδέτερου αερίου.

ii) Κατά την οξυγονοκόλληση (αυτογενή συγκόλληση) η αναγκαία θερμότητα για την τήξη παράγεται με την καύση ενός κατάλληλου αερίου. Το δε απαραίτητο προσθετό υλικό της ραφής προέρχεται από μία ράβδο συγκολλήσεως η οποία όταν λειώνει γεμίζει το διάκενο μεταξύ των δυο εξαρτημάτων, το υλικό της ραφής προστατεύεται από την οξείδωση με το καιγόμενο αέριο της φλόγας.

Πως γίνεται η ηλεκτροσυγκόλληση;

β) Κατά την συγκόλληση πίεσεως (συμπίεσης): το ένα εξάρτημα πιέζεται πάνω στο άλλο σε ολόκληρη την επιφάνεια ραφής, η οποία δεν είναι στενόμακρη όπως στην συγκόλληση τήξεως, αλλά έχει συνήθως κυκλική επιφάνεια. Τα δύο κομμάτια συμπιέζονται ισχυρά χωρίς να προστεθεί κανένα συγκολλητικό υλικό και θερμαίνονται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο τήξεώς τους.

Η ενέργεια που χρειάζεται για την κρυσταλλική σύνδεση μπορεί να δοθεί είτε με τη δίοδο ηλεκτρικού ρεύματος είτε με την θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά την πλαστική παραμόρφωση των σωμάτων στην θέση σύνδεσης.

Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτής της μεθόδου είναι ότι το υλικό της ραφής δεν φθάνει στην θερμοκρασία τήξεως και το ότι δεν χρειάζεται προσθετό υλικό για τη δημιουργία ραφής. Το υλικό των δυο εξαρτημάτων στη θέση της ραφής φθάνει σε μια ενεργειακή κατάσταση που τα άτομα του υλικού αρχίζουν να διαχέονται από το ένα εξάρτημα στο άλλο και έτσι να δημιουργούν την απαραίτητη κρυσταλλική σύνδεση στη θέση της ραφής.

Η πιο γνωστή εφαρμογή της μεθόδου συγκόλλησης πίεσης είναι η σημειακή συγκόλληση (ποντάρισμα).

γ). Άλλη μέθοδος είναι η συγκολλητική επικάλυψη ή γέμισμα κατά τη μέθοδο αυτή προστίθεται υλικό στο σημείο εκείνο που έχει φθαρεί ή έχει πάθει εκκοιλάνσεις ένα εξάρτημα και πρέπει να επισκευαστεί.

Με τη συγκόλληση τήξεως είναι συγγενείς και ορισμένες μέθοδοι κοπής μετάλλων, όπως η κοπή με ηλεκτρικό τόξο ή με φλόγα αερίου. Με αυτές τις μεθόδους το μέταλλο θερμαίνεται αρχικά στη θέση κοπής μέχρι τη θερμοκρασία αναφλέξεώς του και κατόπιν εκτοξεύοντας αέρα ή καθαρό οξυγόνο καίγεται (οξειδώνεται).

Συγκολλήσεις τήξεως

Μορφές ραφών

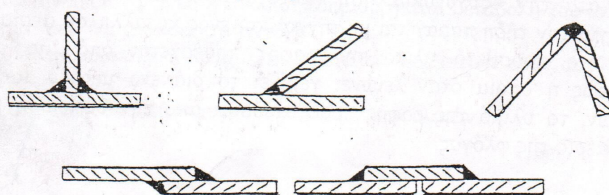
Η ονομασία των διάφορων ραφών καθορίζεται από τη διάταξη των συγκολλούμενων στοιχείων και από τη μορφή που δίνεται στη θέση της ραφής.

Οι βασικές κατηγορίες των ραφών των συγκολλήσεων τήξεως είναι:

α) Οι εσωραφές: σε αυτές τα στοιχεία που συγκολλούνται βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.



β) Οι εξωραφές: σε αυτές τα στοιχεία που συγκολλούνται μπορούν να είναι παράλληλα, κάθετα, ή υπό γωνία.



γ) Οι μετωπικές ραφές: τα στοιχεία που συγκολλούνται τοποθετούνται παράλληλα και συγκολλούνται στον αρμό τους.



Γενικά η εσωρραφή είναι προτιμότερη από την εξωρραφή και την μετωπική ραφή διότι στην εσωρραφή η ροή δυνάμεως είναι ομαλότερη και επομένως η αντοχή της είναι μεγαλύτερη, επίσης η ποιότητα της μπορεί να ελεγχθεί ευκολότερα με ακτίνες Χ ή με υπερήχους.

Τύποι ραφών συγκόλλησης τήξης

Όνομα ραφής	Συμβολισμός	Διαμόρφωση ακρών	Μορφή ραφής	Όνομα ραφής	Συμβολισμός	Διαμόρφωση ακρών	Μορφή ραφής
Ραφή με χείλια				Ραφή διπλού U			
Ραφή I				Ραφή μισού V ή HV			
Ραφή V				Ραφή K			
Ραφή από-τοκων πλευρών				Ραφή μισού Y ή HY			
Ραφή X				Ραφή στενού K			
Ραφή Y				Ραφή J			
Ραφή διπλού Y				Ραφή διπλού J			
Ραφή U							

Ονομασία	Συμβολισμός / Τομή	Ονομασία	Συμβολισμός / Τομή
Απλή εξωρραφή		Γωνιακή εξωρραφή	
Κυρτή εξωρραφή		Επίπεδη εξωρραφή	
Κοίλη εξωρραφή		Επίπεδη ραφή	
Διπλή εξωρραφή		Ραφή αρμού	

Η εκλογή της σωστής μορφής εσωρραφής εξαρτάται ουσιαστικά από το πάχος των στοιχείων που πρέπει να συνδεθούν.

Ειδικότερα ισχύουν τα εξής :

1. Οι ραφές με αναδιπλωμένες ακμές είναι μάλλον πρόχειρες συγκολλήσεις για ελάσματα με πολύ μικρό πάχος, και χρησιμοποιούνται κυρίως στη σύνδεση ελασμάτων επικαλύψεως, επενδύσεως. Οι αναδιπλωμένες ακμές μετά τη συγκόλληση λειώνουν και κατεβαίνουν στο επίπεδο των ελασμάτων.

2. Οι ραφές τύπου (I) είναι απλές και οι μόνες, που δεν απαιτούν μηχανική προκατεργασία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε στοιχεία με περιορισμένο πάχος και δεν έχουν υψηλή αντοχή.
3. Οι ραφές τύπου (V) χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση στοιχείων με μέτριο πάχος.
4. Οι ραφές τύπου (X) συνδέουν στοιχεία με μεγάλο πάχος αλλά απαιτούν αρκετή μηχανική προεργασία.
5. Οι ραφές τύπου (Y) όπως οι ραφές (V) χρησιμοποιούνται για την σύνδεση στοιχείων με μέτριο πάχος.
6. Οι ραφές τύπου (U & Y) χρησιμοποιούνται κυρίως όταν τα στοιχεία έχουν σχετικά μεγάλο πάχος και δεν μπορεί να εκτελεστεί η ραφή τύπου (X) διότι η μια πλευρά της ραφής είναι απρόσιτη. Η Δε μηχανική προκατεργασία των ελασμάτων είναι δυσκολότερη και έχει υψηλό κόστος κατασκευής.
7. Οι διπλές ραφές τύπου (V & U) χρησιμοποιούνται σε στοιχεία μεγάλου πάχους.
8. Οι ραφές τύπου (HV) χρησιμοποιούνται σε στοιχεία με μέτριο πάχος όταν στο ένα από αυτά δεν μπορεί να γίνει μηχανική προκατεργασία.
9. Οι ραφές τύπου (K) και οι διπλές ραφές τύπου (J) χρησιμοποιούνται σε στοιχεία με μεγάλο πάχος όταν στο ένα από αυτά δεν μπορεί να γίνει μηχανική προκατεργασία.

Γενικές συστάσεις για τη σχεδιομελέτη των συγκολλητών κατασκευών.

Κατά την σχεδιομελέτη ενός συγκολλητού εξαρτήματος πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην διάταξη και στη μορφή των συγκολλήσεων όπως και στη διάταξη, στη μορφή και στην προκατεργασία των απλών στοιχείων, ώστε να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή αντοχή με το ελάχιστο δυνατό βάρος και κόστος της κατασκευής.

Για την καλή εκτέλεση των συγκολλήσεων παίζουν επίσης πολύ σπουδαίο ρόλο, η ικανότητα και η πρακτική πείρα του συγκολλητή που θα εκτελέσει τις συγκολλήσεις, όπως και η εφευρετικότητα και η πείρα του μηχανικού που θα μελετήσει και επιτηρήσει την εκτέλεση της κατασκευής.

Παρακάτω αναφέρονται τα σπουδαιότερα σημεία που πρέπει ιδιαίτερα να προσεχθούν κατά τη μελέτη και την εκτέλεση των συγκολλητών εξαρτημάτων.

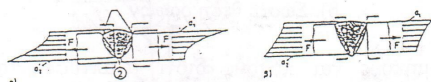
1. Η χρησιμοποίηση κατά το δυνατό περισσότερων προκατασκευασμένων στοιχείων για τη σύνθεση πολυπλοκότερων συγκολλητών εξαρτημάτων.

2. Το πάχος όλων των ραφιών μιας συνδέσεως πρέπει να είναι το ίδιο.

3. Πρόβλεψη στηρίξεως των απλών στοιχείων που συνθέτουν μια συγκολλητή κατασκευή, για τη σωστή τοποθέτησή τους πριν από τη συγκόλληση.

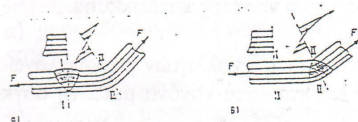
4. Προτίμηση των ραφών μικρού πάχους, οι μακρόστενες είναι οικονομικά συμφερότερες. Κατά τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων με πάχος έως 5 mm σε διάταξη (T), πρέπει να αποφεύγονται οι συνεχείς διπλές εξωρραφές, όπως και οι διακεκομμένες διπλές εξωρραφές διότι σε αυτές με τη διπλή τήξη των ίδιων θέσεων υπάρχει κίνδυνος να αλλοιωθεί η σύνθεση του υλικού ή ακόμη και να καεί το υλικό σε όρισμένες θέσεις.

5. Αποφυγή δημιουργία εγκοπών στην περιοχή της ραφής.



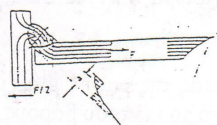
Εκτέλεση εσωρραφής με:
α). κακή ποιότητα.
β). καλή ποιότητα.

6. Αποφυγή τοποθετήσεως των ραφών σε θέσεις όπου αλλάζει η διεύθυνση της ροής δυνάμεων διότι οι τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτή τη θέση είναι αρκετά υψηλότερες.

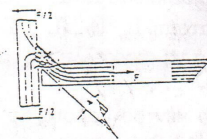


Κατανομή τάσεως στις διατομές I-I και II-II
- Με συγκόλληση και
- χωρίς συγκόλληση

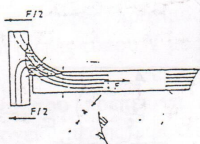
Όταν μια ραφή για κατασκευαστικούς λόγους πρέπει οπωσδήποτε να τοποθετηθεί σε μια θέση όπου η ροή της δύναμης αλλάζει, τότε πρέπει η μορφή της ραφής να είναι τέτοια ώστε να προσαρμόζεται καλύτερα στη ροή της δύναμης.



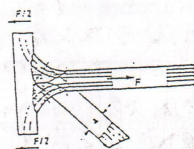
α) απλή κυρτή εξωρραφή.



β) απλή επίπεδη εξωρραφή.



γ) απλή κοίλη εξωρραφή.

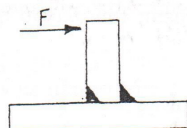


δ) διπλή κοίλη εξωρραφή

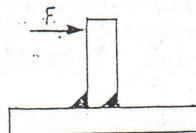
Σχ. Ροή δυνάμεως και κατανομή τάσεως στη σύνδεση δύο ελασμάτων με διάταξη T.

7. Αποφυγή συναντήσεων πολλών ραφών σε ένα σημείο διότι η τοπική θέρμανση και απόσχιση του υλικού δημιουργούν εσωτερικές τάσεις που παραμορφώνουν τα στοιχεία.

8. Αποφυγή φόρτισης της ρίζας μιας ραφής σε εφελκυσμό. Η ρίζα μιας ραφής δεν πρέπει να φορτίζεται σε εφελκυσμό, διότι έχει πάντοτε κατασκευαστικές ατέλειες.



α). Δυσμενή θέση ραφών



β). Σωστή θέση ραφών

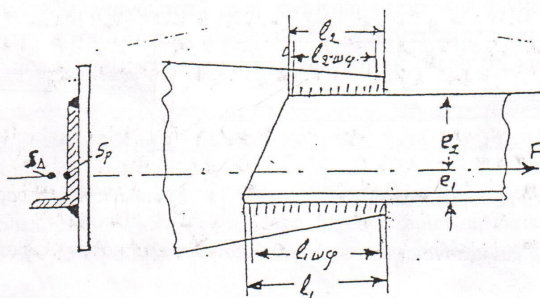
9. Αποφυγή ραφών μεγάλου μήκους και πάχους διότι αναπτύσσονται εναπομένουσες τάσεις λόγω της ανομοιόμορφης διαστολής και συστολής των στοιχείων.

10. Επίδιωξη οικονομίας υλικού και περιορισμού των μηχανικών προκατεργασιών με σκοπό τη μείωση, του κόστους κατασκευής.

11. Αποφυγή μηχανικής κατεργασίας των συγκολλητών ραφών λόγω του ότι το υλικό στην περιοχή των ραφών αποκτά κατά κανόνα μετά τη συγκόλληση μεγαλύτερη σκληρότητα.

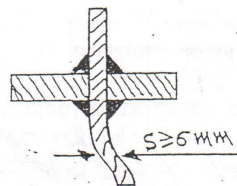
12. Για την σύνθεση των σιδηρών κατασκευών όπως είναι τα δικτυώματα, οι γερανοί, οι γέφυρες, τα υπόστεγα, κτλ. χρησιμοποιούνται κυρίως προκατασκευασμένα στοιχεία όπως τα ελάσματα, οι σωλήνες, οι μορφοδοκοί με διατομή I, U, L, T με υλικό κοινού χάλυβα St37 & St52 που μπορεί εύκολα να συγκολληθεί.

13. Το κέντρο βάρους S_p της ολικής επιφάνειας της ραφής μιας μορφοδοκού πρέπει να βρίσκεται σε ελάχιστη απόσταση από το κέντρο βάρους.



Επίσης η διεύθυνση της εφελκυστικής ή θλιπτικής δύναμης φόρτισης F πρέπει να περνά από το κέντρο βάρους S_Δ της διατομής των μορφοδοκών. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η καμπτική φόρτιση των μορφοδοκών και των ραφών. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δυο κέντρων βάρους S_P και $S_{P\Delta}$ πετυχαίνεται με κατάλληλη διάταξη των τμημάτων της ραφής. Έτσι στο σχήμα του παραδείγματος πρέπει να ισχύει η σχέση $L_{1\omega\phi} \cdot e_1 = L_{2\omega\phi} \cdot e_2$

14. Αν στις δυο πλευρές ενός ελάσματος πρέπει να συγκολληθούν δυο άλλα ελάσματα στο ίδιο ύψος, όπως στο παρακάτω σχήμα, τότε το ελάχιστο πάχος αυτού του ενδιάμεσου ελάσματος (S) πρέπει να είναι $S \geq 6 \text{ mm}$.



15. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται:

- α) μορφοδοκοί που έχουν διατομή L με διαστάσεις μικρότερες από 50×50 .
- β) ελάσματα με πάχος μικρότερο από 5 mm στους γερανούς.
- γ) ελάσματα με πάχος μικρότερο από 4 mm στις σιδηρές κατασκευές.

Εξαιρέσεις μπορούν να γίνουν μόνο για κατασκευές που παραλαμβάνουν μικρά φορτία.

16. Δυο στοιχεία δεν επιτρέπεται να συνδεθούν συγχρόνως με συγκόλληση και ήλωση ή κοχλίωση.

17. Οι λέβητες και τα δοχεία πίεσης κατασκευάζονται από ελασμένα χαλυβδόφυλλα και σωλήνες. Για τις συνδέσεις των ελασμάτων των τοιχωμάτων το μόνο επιτρεπόμενο είδος ραφής είναι η εσωραφή. Από τις διάφορες εσωραφές προτιμούνται οι ραφές τύπου X , για δε λεπτότερα ελάσματα οι ραφές τύπου V με πρόσθετη συγκόλληση της ρίζας τους.

18. Οι οπές που πρέπει να ανοίγονται αναγκαστικά στα τοιχώματα των λεβήτων (δοχεία πίεσης) πρέπει οπωσδήποτε να έχουν κυκλική διατομή, με τις μικρότερες δυνατές διαστάσεις έτσι ώστε οι τάσεις εγχοπών που αναπτύσσονται στις οπές να είναι χαμηλές. Οι οπές που έχουν μεγάλες διατομές πρέπει να ενισχύονται με έλασμα συγκολλώντας το στο τοίχωμα.

Ποιότητα μιας συγκολλητής ραφής

Η ποιότητα της συγκολλητής ραφής επηρεάζει την αντοχή της σε μεγάλο βαθμό, ιδιαίτερα όταν η φόρτιση είναι δυναμική, κάθε κατασκευαστική ατέλεια είναι και ένας πρόσθετος κίνδυνος που μπορεί να οδηγήσει στην κόπωση του υλικού.

Οι κύριοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ποιότητα μιας συγκολλητής ραφής είναι:

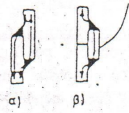
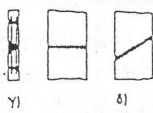
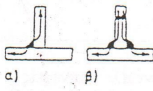
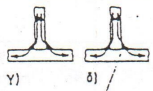
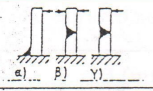
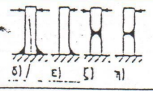
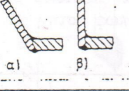
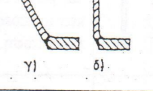
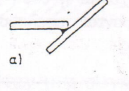
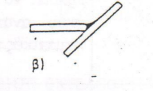
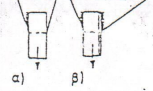
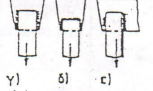
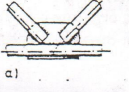
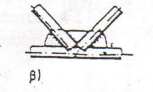
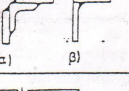
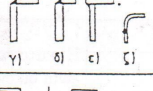
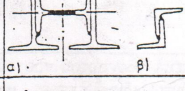
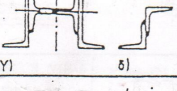
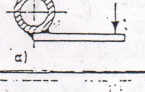
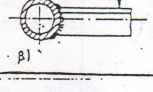
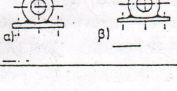
- α) Η συγκολλητικότητα του υλικού των συνδεόμενων στοιχείων.
- β) Ο σωστός καθαρισμός και η κατάλληλη μηχανική προκατεργασία της θέσης της ραφής.
- γ) Η καταλληλότητα του τύπου της ραφής και η σωστή διαμόρφωση των στοιχείων στη θέση της ραφής που δίνεται με τη μηχανική προκατεργασία.
- δ) Η σωστή εκλογή της μεθόδου συγκόλλησης και η καταλληλότητα του προσθέτου υλικού (αν χρειάζεται).
- ε) Η ικανότητα και η εμπειρία του συγκολλητή με την οποία τουλάχιστον εξασφαλίζεται ραφή με σταθερό πάχος.
- στ) Η εξασφάλιση της τελικής άριστης ποιότητας της ραφής με μια κατάλληλη μέθοδο έλεγχου (π.χ έλεγχος με ακτίνες Χ ή με υπέρηχους ή και με μια μέθοδο εντοπισμού επιφανειακών ρωγμών).

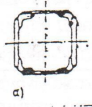
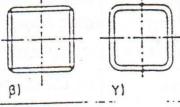
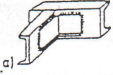
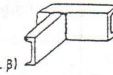
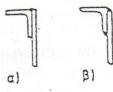
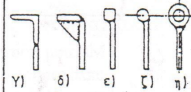
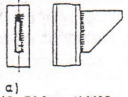
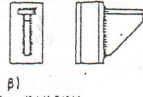
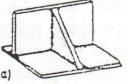
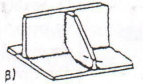
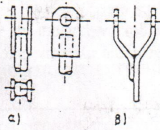
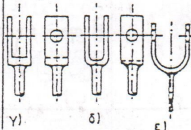
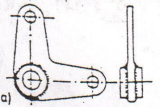
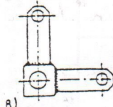
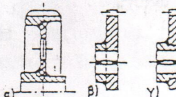
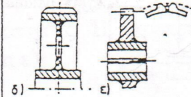
Οι παραπάνω παράγοντες αποτελούν και τα βασικά κριτήρια σύμφωνα με τα οποία οι συγκολλητές ραφές κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ποιότητας, I, II & III.

- Η κατηγορία ποιότητας III, πρέπει να εξασφαλίζει την τήρηση των περιπτώσεων α) έως και δ).
- Η κατηγορία ποιότητας II, πρέπει να εξασφαλίζει την τήρηση των περιπτώσεων α) έως και ε).
- Η κατηγορία ποιότητας I, πρέπει να εξασφαλίζει την τήρηση όλων των περιπτώσεων δηλαδή από την α) έως και την στ). Αυτή η κατηγορία είναι η καλύτερη δυνατή ποιότητα μίας συγκόλλησης

Οι ραφές που εκτελούνται με ειδικές συσκευές αυτόματης συγκόλλησης κατατάσσονται στην κατηγορία ποιότητας II.

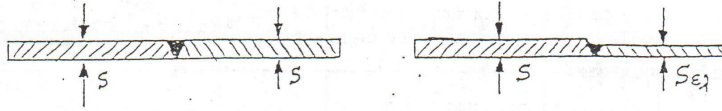
Παραδείγματα ελαττωματικών και βελτιωμένων συγκολλήσεων.

α/α	Ελαττωματικές Κατασκευές	Βελτιωμένες κατασκευές	Παρατηρήσεις
1			Οι εσωραφές είναι γενικά προτιμότερες από τις εξωραφές λόγω ευνοϊκότερης ροής δυνάμεως.
2			Οι εξωραφές πρέπει να γίνονται κατά το δυνατό διπλές και κατά προτίμηση κοίλες λόγω ευνοϊκότερης ροής δύναμης και προτιμούνται σε δυναμική καταπόνηση.
3			Η ρίζα της ραφής δεν πρέπει να καταπονείται εφελκυστικά.
4			Μείωση κόστους με τον περιορισμό ή την απλοποίηση κατά το δυνατό των μηχανικών προκατεργασιών.
5			Η θέση της ραφής πρέπει να είναι εύκολα προστή για την καλή εκτέλεση της συγκόλλησης.
6			Οι δοκοί των σιδηρών κατασκευών πρέπει να συγκολλούνται με τέτοιο τρόπο ώστε η κατανομή των τάσεων να κατανέμεται σε όλη την επιφάνεια της ραφής ισομερώς.
7			Η σύνδεση των δοκών πρέπει να γίνεται απευθείας και όχι μέσω πλακών όπως στις ηλώσεις.
8			
9			Δυσπρόσστες συγκολλήσεις δεν εκτελούνται σωστά και γ' αυτό το λόγο έχουν μειωμένη αντοχή.
10			
11			

α/α	Ελαττωματικές Κατασκευές	Βελτιωμένες κατασκευές	Παρατηρήσεις
12			Στην: (α) έχουμε πολλές ραφές. Κατασκευή πολύ ακριβή, για χοντρά ελάσματα, η (β) είναι συμφερότερη ενώ για λεπτά η (γ)
13			Να προτιμούνται συνεχείς ραφές περιφερειακά για τις γωνιακές συνδέσεις.
14			Για ενισχύσεις άκρων δεν πρέπει να λαμβάνονται σαν πρότυπα οι ήλωμένες κατασκευές όπως στην α) και β) περίπτωση.
15			Πρέπει να ενισχύεται η θέση της ραφής όπου αναπτύσσονται εφελκυστικές και καμπτικές τάσεις.
16			Αποφυγή σύμπτωσης πολλών ραφών σε ένα σημείο.
17			Στις κατασκευές διχάλων στο α) και β) δεν είναι προσιτές οι συγκολλήσεις.
18			Η κατασκευή του γωνιακού μοχλού β), είναι οικονομικότερη και πιο απλή.
19			Στην κατασκευή οδοντωτού τροχού όταν χρησιμοποιούνται ιδιοσυσκευές, μπορούν να περιοριστούν οι μηχανικές προκατεργασίες.
20			Στις τροχαλίες δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πλάγια νεύρα στο β) περιορίζονται οι μηχανικές προεργασίες και μειώνεται το βάρος.

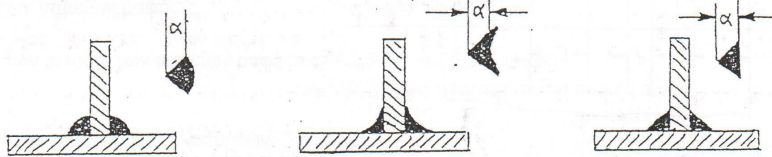
Πάχος ραφών

ι) Το πάχος (α) των εσωραφών παίρνει την τιμή του πάχους (S) των συγκολλούμενων στοιχείων όταν αυτά έχουν το ίδιο πάχος ή το πάχος $S_{ελ}$ του λεπτότερου στοιχείου όταν αυτά έχουν άνισο πάχος.



ιι) Το πάχος των εξωραφών παίρνει την τιμή του ύψους ενός ιδεατού ισοσκελούς τριγώνου που μπορεί να εγγραφεί στην εγκάρσια διατομή της ραφής. Το μέγιστο πάχος της εξωραφής πρέπει να είναι:

$$3 \text{ (mm)} \leq \alpha \leq 0,7 \cdot S_{ελ} \text{ (mm)}$$



Όταν μια συγκόλληση εκτελεστεί από ειδικευμένο τεχνίτη και με υλικό άριστης ποιότητας μπορεί σαν απλή ραφή να έχει πάχος.

$$3 \text{ mm} \leq \alpha \leq 10 \text{ mm}$$

Κατά τον υπολογισμό μελέτης πρέπει να εκλέγονται τυποποιημένα πάχη απλών ή πολλαπλών ραφών αυτά είναι :

Τυποποιημένα πάχη απλών και πολλαπλών ραφών σε (mm).

$$\alpha = 3 - 3,5 - 4 - 4,5 - 5 - 5,5 - 6 - 6,5 - 7 - 8 - 9 - 10 \text{ κ.λ.π.}$$

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΠΙΕΣΗΣ

Από τις συγκολλήσεις πίεσης, οι σημειακές συγκολλήσεις έχουν το πλατύτερο πεδίο εφαρμογών.

Σημειακές συγκολλήσεις

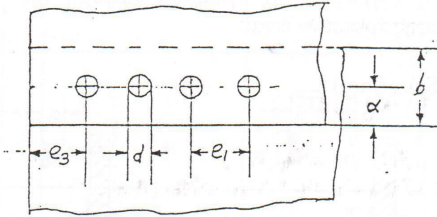
Η μέθοδος της σημειακής συγκόλλησης (ποντάρισμα) χρησιμοποιείται για τη σύνδεση λεπτών ελασμάτων, σε διάφορες γενικές μηχανολογικές κατασκευές, όπως σε ελαφρές κατασκευές στην αυτοκινητοβιομηχανία και

στην κατασκευή συσκευών. Η μέθοδος αυτή είναι απλή και οικονομικά συμφέρουσα για μαζική παραγωγή.

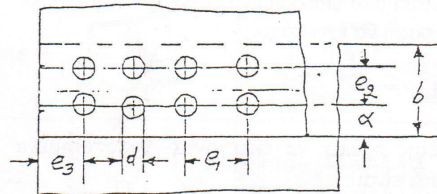
Ειδικές συστάσεις για τις σημειακές συγκολλήσεις.

Ανάλογα με τη διάταξη των σημείων συγκόλλησης μιας ραφής γίνεται διαχωρισμός σε: -

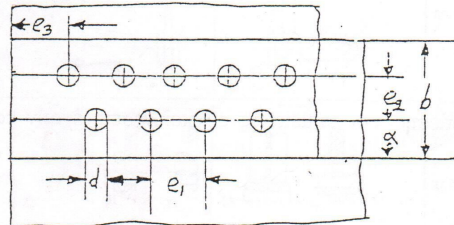
α) Απλές ραφές: αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν φέρουσες συνδέσεις ή σαν συνδέσεις επικάλυψως.



β) Διπλές ή πολλαπλές ραφές: αυτές χρησιμοποιούνται σαν φέρουσες συνδέσεις.



γ) Μετατοπισμένες διπλές ή πολλαπλές ραφές: αυτές χρησιμοποιούνται σαν φέρουσες και στεγανές συνδέσεις, κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι εξασφαλίζουν πλήρη στεγανότητα.



Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται συστάσεις για την εκλογή του μεγέθους των διαμέτρων (d) των σημείων συγκόλλησης συναρτήσει του πάχους (S) των συνδεομένων ελασμάτων και για την εκλογή των αποστάσεων e_1 , e_2 , e_3 και a μεταξύ των σημείων συγκόλλησης μιας ραφής.

ΠΙΝΑΚΑΣ Σ1: Συστάσεις για την εκλογή των διαστάσεων των σημειακών συγκολλήσεων

Πάχος S σε (mm) των συνδεόμενων ελασμάτων.	0,5 έως 1	1 έως 1,5	1,5 έως 2	2 έως 3	2 έως 5
Διάμετρος d σε (mm) του σημείου συγκόλλησης.	4 έως 8	6 έως 10	8 έως 10	10 έως 12	10 έως 14

Οι αποστάσεις των συγκολλήσεων πίεσης μεταξύ: (βλέπε τα πιο πάνω σχήματα).

i). των σημείων ραφής:

$$e_1 = (3 \text{ έως } 6) d$$

ii). των σειρών των σημείων ραφής: $e_2 = 2,5 d$ για διπλή ραφή

$$e_2 = 0,7 e_1 \text{ για μετατοπισμένη διπλή ραφή}$$

iii). από τα άκρα των ελασμάτων: $e_3 = (2,5 \text{ έως } 4,5) d$

$$a = (2 \text{ έως } 4) d$$

$$b = \Sigma e_2 + 2a$$

Υπολογισμός των συγκολλήσεων

4.6.1. Εφελκυσμός, θλίψη, διάτμηση

Η τάση που αναπτύσσεται στη ραφή, ανάλογα με το είδος της καταπόνησης, είναι για εφελκυσμό ή θλίψη

$$\sigma_w = \frac{F}{Aw} = \frac{F}{\Sigma(\alpha \times \ell)} \leq \sigma_{w\epsilon\pi} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (4.1)$$

$$\text{για διάτμηση} \quad \tau_w = \frac{F}{Aw} = \frac{F}{\Sigma(\alpha \times \ell)} \leq \tau_{w\epsilon\pi} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (4.2)$$

$Aw = \Sigma(\alpha \times \ell)$ σε mm^2 επιφάνεια ραφών, ίση με το άθροισμα όλων των επί μέρους επιφανειών ραφών (μετωπικών ή γωνιακών) της συγκόλλησης με α = πάχος ραφής και ℓ = μήκος ραφής σε mm
 F σε N η αντίστοιχη δύναμη εφελκυσμού, θλίψης ή διάτμησης
 $\sigma_{w\epsilon\pi}, \tau_{w\epsilon\pi}$ σε N/mm^2 επιτρεπόμενη τάση στη ραφή που εξαρτάται από Το είδος και την ποιότητα της ραφής, το είδος της καταπόνησης, το είδος τον χάλυβα και τον τρόπο φόρτισης (πίνακας 4-4). Στην περίπτωση συνύπαρξης σε μία σύνδεση μετωπικών και γωνιακών ραφών (σχήμα 4-6δ), ως επιτρεπόμενη τάση λαμβάνεται η αντίστοιχη για τη γωνιακή ραφή. Το σχήμα 4-6 δίνει παραδείγματα συγκολλήσεων σε σιδηρές κατασκευές που καταπονούνται σε εφελκυσμό ή διάτμηση.

4.2. Κάμψη

Η τάση κάμψης που αναπτύσσεται στη ραφή είναι

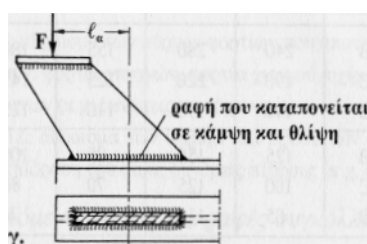
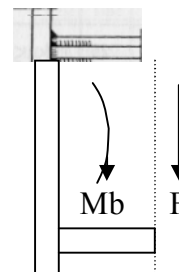
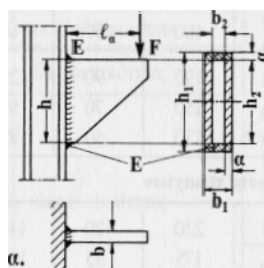
$$\sigma_{wb} = \frac{Mb}{W_w} \leq \sigma_{w\epsilon\pi} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (4.3)$$

M_b ροπή αντίστασης της επιφάνειας συγκόλλησης σε Nmm

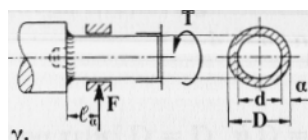
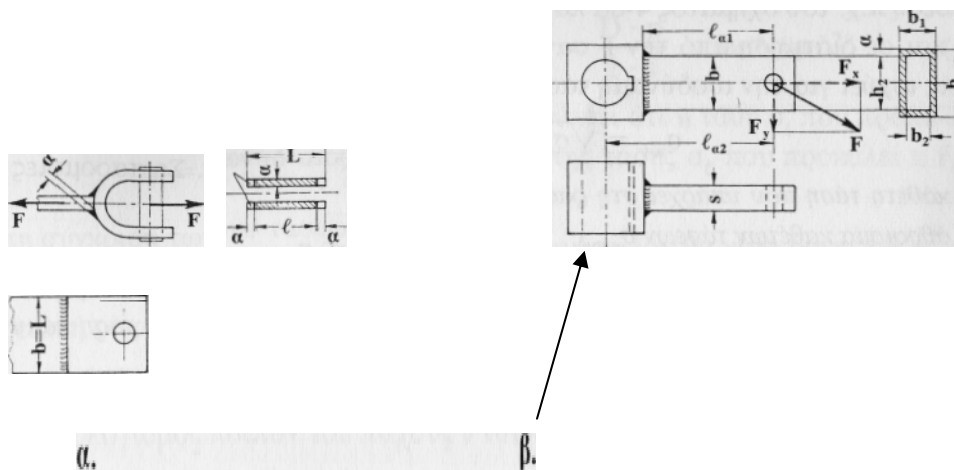
W_w ροπή κάμψης για τη ραφή συγκόλλησης σε mm^3 .

Για την περίπτωση του σχήματος 4-8α είναι $W_w = (b_1 \times h_1^3 - b_2 \times h_2^3) / 6 \times h_1$. Για λεπτά τεμάχια με $b \leq 1,4 - \alpha$ (σχήμα 4-8α) δεν λαμβάνεται υπόψη το τμήμα συγκόλλησης Ε παρά μόνο οι κάθετες ραφές μήκους h_2 , οπότε $W_w = 2 \alpha h_2^3 / 6$. Για περιφερειακές ραφές (σχήμα 4-9γ) είναι $W_w = (D^4 - d^4) / 10 \times D$. Για σύνθετες επιφάνειες ραφών (σχήμα 4-8β) είναι $W_w = J_w / y$ με $J_w = J_{w1} + J_{w2} + \dots$ ίσο με το άθροισμα των επιφανειακών ροπών 2ου βαθμού (αδράνειας) των επί μέρους επιφανειών ραφής ως προς τον άξονα του κέντρου βάρους της κατασκευής και y ίσο με την απόσταση του σημείου της ρίζας της ραφής από τον άξονα του κέντρου βάρους π.χ. κατά Steiner στο σχήμα 4-8β θα είναι $J_{w1} = A_{w1} - y_1^2$ με $A_{w1} = \alpha_1 \times \ell_1$. Η επιφανειακή ροπή της επιφάνειας A_{w1} ως προς τον άξονά της παραλείπεται ως αμελητέα

$\sigma_{w\epsilon\pi}$ επιτρεπόμενη τάση στη ραφή (πίνακας 4-4)



Σχήμα 4-8. Σύνθετη καταπόνηση συγκολλήσεων σε σιδηρές κατασκευές. α και β ραφές που καταπονούνται σε κάμψη και διάτμηση, γ. ραφή που καταπονείται σε κάμψη και θλίψη.



Σχήμα 4-9. Συγκολλήσεις σε κατασκευές μηχανών. α. συγκολλητο δίχαλο με ραφές που καταπονούνται σε εφελκυσμό, β. συγκολλητός μοχλός με περιφερειακή ραφή που καταπονείται σε κάμψη και εφελκυσμό, γ. συγκολλητός στροφέας με περιφερειακή ραφή που καταπονείται σε κάμψη και στρέψη.

4.3. Στρεψη

Η τάση στρέψης που αναπτύσσεται στη ραφή είναι

$$\tau_{wt} = \frac{T}{W_{wp}} \leq \tau_{w\epsilon\pi} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (4.4)$$

T ροπή στρέψης προς μεταφορά από τη ραφή σε Nmm

W_{wp} πολική ροπή αντίστασης της ραφής σε mm^3 . Για τη συνήθη περίπτωση της περιφερειακής ραφής κατά το σχήμα 4-9γ είναι $W_{wp} = (D^4 - d^4)/5 D$

$\tau_{w\epsilon\pi}$ επιτρεπόμενη τάση στη ραφή σε N/mm^2 (πίνακας 4-4)

4.4. Συνθετη καταπόνηση

Αν σε μία σύνδεση με συγκόλληση εμφανίζονται συγχρόνως περισσότερες κάθετες τάσεις σ_w που προέρχονται συνήθως από μία καμπτική και μία εφελκυστική ή θλιπτική καταπόνηση, όπως στην κάτω ραφή του σχήματος 4-8γ, τότε η μέγιστη ολική τάση είναι ίση με το άθροισμα των επί μέρους τάσεων

$$\sigma_{w\max} = \sigma_{wb} + \sigma_{wz(d)} \leq \sigma_{w\epsilon\pi} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (4.5)$$

Αν πάλι εμφανίζονται συγχρόνως τάσεις κάθετες σ_w και διατμητικές τ_w , τότε θα πρέπει να υπολογισθεί από αυτές η ισοδύναμη τάση σ_{wv} .

Η σύνδεση π.χ. του σχήματος 4-8α καταπονείται σε κάμψη από τη ροπή $M_b = F \cdot \ell_\alpha$ και σε διάτμηση από την F σαν εγκάρσια δύναμη. Σε παρόμοιες περιπτώσεις ισχύει για την ισοδύναμη τάση

$$\sigma_{wv} = \sqrt{(\sigma_w^2 + \tau_w^2)} \leq \sigma_{w\epsilon\pi} \quad (4.6)$$

σ_w κάθετη τάση που υπάρχει στη ραφή σε N/mm^2 . Συνήθως τάση κάμψης σ_{wb} ή άθροισμα καθέτων τάσεων $\sigma_{w\max}$

τ_w τάση διάτμησης που υπάρχει στη ραφή σε N/mm^2

$\sigma_{w\epsilon\pi}$ επιτρεπόμενη τάση στη ραφή σε N/mm^2 (πίνακας 4-4, 4-4α)

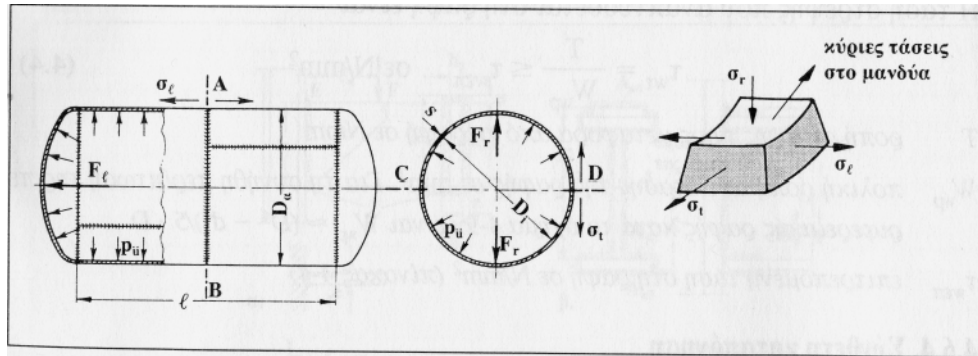
4.5. Δοχεία πίεσης

Στο δοχείο πίεσης τον σχήματος 4-10 με μία υπερπίεση p σε N/mm^2 η αξονική δύναμη F_e και η ακτινική F_r θα είναι

$$F_e = \frac{\pi D^2}{4} p \quad \text{σε N} \quad (4.7)$$

$$F_r = D \cdot \ell \cdot p \quad \text{σε N} \quad (4.8)$$

Η διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής διαμέτρου παραλείπεται αρχικά.



Σχήμα 4-10. Καταπόνηση του μανδύα ενός συγκολλητου δοχείου πίεσης.

Στην τομή A-B η δύναμη F_l προκαλεί στην περιφερειακή ραφή με το πάχος s (= πάχος ελάσματος δοχείου) την αξονική τάση εφελκυσμού

$$\sigma_l = \frac{F_l}{D\pi s} = \frac{\pi D^2 p}{4D\pi s} = \frac{Dp}{4s} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (4.9)$$

Στην τομή C-D η δύναμη F_r προκαλεί στην κατά μήκος ραφή με πάχος s (= πάχος ελάσματος) την εφαπτομενική τάση εφελκυσμού.

$$\sigma_t = \frac{F_r}{2\ell s} = \frac{D\ell p}{2\ell s} = \frac{Dp}{2s} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (4.10)$$

Από τη σύγκριση των δύο τάσεων προκύπτει ότι η τάση σ_t που προκαλεί η F_r στην κατά μήκος ραφή είναι διπλάσια της τάσης σ_l που προκαλεί η F_l στην περιφερειακή ραφή.

Ο υπολογισμός λοιπόν του παχους s του δοχείου θα γίνει βάσει τη σ_t

Θα έχουμε επομένως

$$s = \frac{Dp}{2\sigma_{\varepsilon\pi}} \quad \text{σε mm} \quad (4.11)$$

Αν τώρα τεθεί $D = D_a$ ή $D = D_i$ και για την εξισορρόπηση της διαφοράς μεγέθους μεταξύ αυτών τεθεί η αριθμητική τιμή τον ρ (+ ρ και - ρ αντίστοιχα),

$\sigma_{\varepsilon\pi} = \frac{K}{S}$ και επί πλέον οι συντελεστές ν και c θα προκύψει τελικά το απαι-

τουμενο πάχος s τον τοιχώματος τον δοχείου ή του σωλήνα (για $D_a/D_i < 1,2$)

$$s = \frac{D_a p}{2 \frac{K}{S} \nu + p} + c = \frac{D_i p}{2 \frac{K}{S} \nu - p} + c \quad \text{σε mm} \quad (4.12)$$

D_a εξωτερική διάμετρος του δοχείου σε mm

D_i εσωτερική διάμετρος τον δοχείου σε mm

P υπερπίεση έναντι της ατμοσφαιρικής σε N/mm^2

K χαρακτηριστική τιμή αντοχής του υλικού σε N/mm^2 συναρτήσει της θερμοκρασίας (πίνακας 4-5)

S συντελεστής ασφάλειας (πίνακας 4-6)

u συντελεστής εξασθένησης που λαμβάνει υπόψη τη μειωμένη αντοχή της ραφής έναντι του υλικού του τεμαχίου

$u = (0,7) \dots 0,8$ για καλές ραφές

$u = 0,9 \dots 1,0$ για τέλειες, ελεγμένες και εγγυημένες ραφές

$u = 1,0$ για τεμάχια χωρίς ραφή

c συντελεστής φθοράς που λαμβάνει υπόψη την οξείδωση. Για ελάσματα πάχους $s < 30 \text{ mm}$ είναι $c = 1 \text{ mm}$. Για ισχυρές οξειδώσεις $c > 1 \text{ mm}$. Για χάλυβες προφυλαγμένους από οξείδωση και για $s > 30$ είναι $c = 0$.

Το ελάχιστο πάχος τοιχώματος για χαλυβδίνια, συγκολλητα δοχεία πίεσης πρέπει να είναι 2 mm . Για δοχεία από αλουμίνιο ή κράματα αυτού 3 mm .

Σε σιδηροκατασκευές (DIN 4100)			Είδος χάλυβα					
Είδος ραφής	Ποιότητα ραφής	Είδος τάσης	St 37		St 52			
			φόρτιση H*	HZ**	φόρτιση H	HZ		
– μετωπική ραφή – Κ-ραφή με διπλή γωνιακή ραφή – HV-ραφή με γωνιακή ραφή – DHY-ραφή με διπλή γωνιακή ραφή	όλες οι ποιότητες ραφών	θλίψη και θλίψη από κάμψη	160	180	240	270		
	αποδειγμένα απηλλαγμένα από ρωγμές και χωρίς ελαττώματα στη ρίζα	εφελκυσμός και εφελκυσμός από κάμψη κάθετα προς τη διεύθυνση της ραφής	160	180	240	270		
	μή αποδειγμένη ποιότητα ραφής		135	150	170	190		
– HY - ραφή με γωνιακή ραφή – γωνιακή ραφή	όλες οι ποιότητες ραφών	θλίψη και θλίψη από κάμψη, εφελκυσμός και εφελκυσμός από κάμψη, ισοδύναμη τάση	135	150	170	190		
– όλα τα είδη ραφών		διάτμηση	135	150	170	190		
Σε κατασκευές γερανών (DIN 15018)			St 37		St 46		St 52	
			H	HZ	H	HZ	H	HZ
– μετωπική ραφή – Κ-ραφή	ειδική ποιότητα	εφελκυσμός και εφελκυσμός από κάμψη κάθετα προς τη διεύθυνση της ραφής	160	180	195	220	240	270
– Κ-ραφή	κανονική ποιότητα		140	160	170	195	210	240
– γωνιακή ραφή	όλες οι ποιότητες		113	127	138	156	170	191
– όλα τα είδη ραφών	όλες οι ποιότητες	ισοδύναμη τάση	160	180	195	220	240	270
– μετωπική ραφή – Κ-ραφή		θλίψη και θλίψη από κάμψη κάθετα προς τη διεύθυνση της ραφής	160	180	195	220	240	270
– γωνιακή ραφή			130	145	160	180	195	220
– όλα τα είδη ραφών		διάτμηση	113	127	138	156	170	191

* Περίπτωση φόρτισης H: άθροισμα των κύριων φορτίων που αποτελούνται από το μόνιμο φορτίο (π.χ. ίδιο βάρος), το φορτίο μεταφοράς (π.χ. φορτία γερανών, φορτία χιονιού, οχήματα σε γέφυρες, υλικά αποθήκευσης) και τις μαζικές δυνάμεις των μηχανών (π.χ. δυνάμεις επιτάχυνσης).

** Περίπτωση φόρτισης HZ: άθροισμα των κύριων και πρόσθετων φορτίων. Πρόσθετα φορτία είναι π.χ. δυνάμεις προερχόμενες από την επίδραση του αέρα, δυνάμεις πέδησης (π.χ. σε τροχιές γερανών), επιδράσεις θερμοκρασίας κ.ά.

Πίνακας 4-4. Επιτρεπόμενες τάσεις για ραφές συγκόλλησης σε N/mm^2 .

Ραφές συγκόλλησης								
Είδος ραφής	Είδος τάσης	Ομάδα αξιολό- γησης (1)	Περίπτωση φόρτισης					
			στατική		επαναλαμβανόμενη		αντιστροφόμενη	
			Υλικό του τεμαχίου					
			S235 (St 37)	S355 (St 52)	S235 (St 37)	S355 (St 52)	S235 (St 37)	S355 (St 52)
μετωπική ραφή με στρώση κάτω	εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη	B	160	220	110	130	55	65
		C	130	175	85	105	45	50
		D	110	155	75	90	40	45
	διάτμηση	B	100	140	70	80	35	40
		C	80	110	55	65	30	32
		D	70	100	50	55	25	28
μετωπική ραφή χωρίς στρώση κάτω	εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη	B	140	180	985	100	45	50
		C	110	145	75	80	35	40
		D	100	125	65	70	32	35
	διάτμηση	B	90	110	60	70	30	35
		C	70	85	50	55	25	30
		D	60	75	40	50	20	25
γωνιακή ραφή επίπεδη	κάθε είδους τάση	B	90	110	60	70	30	35
		C	70	85	50	55	25	30
		D	60	75	40	50	20	25
γωνιακή ραφή κοίλη	κάθε είδους τάση	B	120	150	75	90	40	45
		C	95	120	60	70	30	35
		D	85	100	50	60	25	30
διπλή γωνιακή επί- πεδη ραφή και συ- νεχής γωνιακή ραφή	κάθε είδους τάση	B	140	190	90	120	50	55
		C	110	150	70	95	40	45
		D	100	130	60	85	35	40
Διατομές S σύνδεσης τεμαχίων								
στη γωνιακή ραφή	εφελκυσμός θλίψη	B	180	220	120	140	60	75
		C	145	175	95	110	50	60
		D	125	155	85	100	40	50
	κάμψη	B	240	280	155	180	75	95
		C	190	220	125	145	60	75
		D	170	190	110	125	50	65
	διάτμηση στρέψη	B	125	155	85	100	50	65
		C	100	125	70	80	40	50
		D	85	110	60	70	35	45

(1) B για υψηλή, C για μέση και D για χαμηλή καταπόνηση.

Πίνακας 4-4α. Ενδεικτικές τιμές για επιτρεπόμενες τάσεις σε N/mm^2 στις ραφές συγκόλλησης και τις διατομές S σύνδεσης (με συγκόλληση) μηχανολογικών τεμαχίων.

Υλικό		Χαρακτηριστική τιμή αντοχής K σε N/mm ² για °C													
		20	50	100	120	160	200	250	300	350	400	450	500	520	550
Ελάσματα λεβήτων DIN 17155	HI	216	209	198	190	183	176	167	137	118	98	78	29		
	HIH	245	242	238	227	217	206	186	157	137	118	98	29		
	HIH	265	262	258	246	236	225	206	176	157	137	118	29		
	HIV	275	271	268	257	246	235	216	186	167	147	127	29		
	17 Mn 4	275	269	262	256	251	245	225	206	176	157	137	39	30	
	19 Mn 5	314	306	292	281	270	265	245	225	206	176	157	39	30	
	15 Mo 3	265	262	256	252	249	245	225	196	176	167	157	137	59	31
	13 CrMo 4	294	291	285	281	278	274	255	235	216	206	196	176	94	49
Ελάσματα από χαλύβα κατασκευών DIN 17100	USt 34-1, RSt 34-1	175	171	165	165										
	USt 37-1, RSt 37-1	205	198	187	187										
	USt 34-2, RSt 34-2	175	171	165	165	154	143	127	108						
	USt 37-2, RSt 37-2, St 37-3	205	198	187	187	174	161	143	122						
	RSt 46-2, St 46-3	235	228	216	216	201	186	177	147						
	St 52-3	314	291	255	255	240	226	206	186						
Μορφοποιημέ- νος & σφυγι- λατος χαλύβας DIN 17100	USt 34-2, RSt 34-2	175	171	165	165	154	143	127	108						
	USt 37-2, RSt 37-2, St 37-3	205	198	187	187	174	161	143	122						
	USt 42-2, RSt 42-2	225	218	206	206	191	176	167	137						
	St 52-3	314	291	254	254	240	226	206	186						
Σωλήνες DIN 1626 και 1629	St 34-2	175	175	165	165	154	143	127	108						
	St 35, St 37-2	205	205	187	187	174	161	143	122						
	St 45, St 42-2	220	220	205	205	191	178	161	139						
Σωλήνες χωρίς ραφή DIN 17175	St 35.8	235	227	214	208	197	186	167	137	118	108	69			
	St 45.8	255	247	233	227	217	206	186	157	137	127	69			
	15 Mo 3	284	279	271	269	262	255	235	206	186	176	167	93	59	
	13 CrMo 4 4	294	291	285	283	278	274	255	235	216	206	196	137	94	49
	10 CrMo 9 10	265	262	256	251	248	245	235	225	216	206	196	142	108	66
Χυτο- χαλύβες DIN 1681	GS-38.3	185	183	181	181	164	157	137	118						
	GS-45.3	225	220	216	216	190	177	157	137						
Χυτοχαλύβες αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες DIN 17245	GS-C25	245	233	214	214	194	175	160	145	135	130	125			
	GS-22 Mo 4	245	236	221	221	205	190	177	165	155	150	145	135		
	GS-17 CrMo 5 5	315	305	288	288	271	255	242	230	215	205	190	180	172	160
	GS-18 CrMo 9 10	400	392	380	380	367	355	350	345	330	315	305	280	264	240
	GS-17 CrMo V 5 11	440	431	416	416	400	385	375	365	350	335	320	300	284	260
	G-X 8 CrNi 12	355	341	319	319	297	275	270	265	260	255				
	G-X 22 CrMoV 12 1	590	575	550	550	525	500	485	470	460	445	420	365	339	300
Οστενιτικοί χαλύβες DIN 17440	X 10 CrNiTi 18 9	190	190	176	169	162	155	145	136	130	125	121	119	119	118
	X 5 CrNiMo 18 10	195	195	175	165	155	145	135	127	120	115	112	110	109	108
	X 10 CrNiMoNb 18 10	205	205	190	181	173	165	155	145	140	135	131	129	128	127
	X 10 CrNiMoTi 18 10	205	205	190	181	173	165	155	145	140	135	131	129	128	127
	X 5 CrNiMo 18 12	185	185	165	155	146	137	127	119	113	108	103	100	99	98

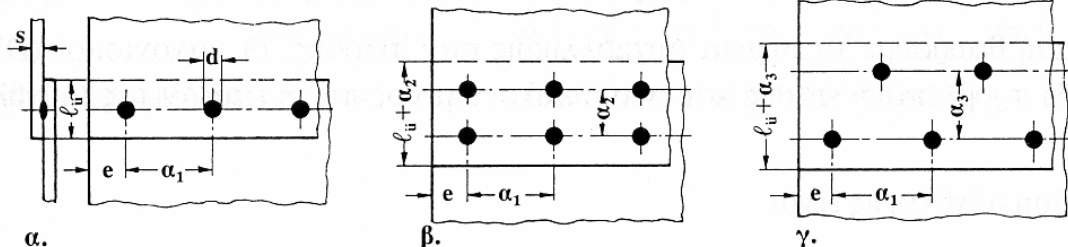
Πίνακας 4-5. Χαρακτηριστική τιμή αντοχής K χαλύβων για δοχεία πίεσης και ατμολέβητες.

Συντελεστής ασφάλειας	για χάλυβες εξέλασης και σφυρίλατους	για χυτοχάλυβες
	(πίνακας 4-5)	
υπό εσωτερική υπερπίεση των τοιχωμάτων	1,5	2,0
υπό εξωτερική υπερπίεση των τοιχωμάτων	1,8	2,4

Πίνακας 4-6. Συντελεστής ασφάλειας S .

Πάχος ελάσματος s	Απόσταση σημείων a_1 ελάχιστη	Απόσταση σημείων a_1 συνήθης	Απόσταση σειρών σε ραφή αλυσίδας a_2	Απόσταση σειρών σε ραφή ζικ-ζακ a_3	Ελάχιστη επικάλυψη ℓ_{ii}	Διάμετρος σημείου d
0,5	10	20	8	12	12	3
1,0	12	25	10	15	14	4
1,5	15	30	12	20	16	5
2,0	18	36	15	24	18	6
3,0	24	45	20	32	22	8
4,0	30	55	25	38	26	10
5,0	36	65	30	45	30	12
6,0	42	75	35	52	35	14

Απόσταση από άκρο: $e \approx 2 \cdot d$



Πίνακας 4-7. Διαστάσεις και διαμόρφωση των συνδέσεων σε συγκολλήσεις σημείων. α. ραφή εν σειρά, β. ραφή αλυσίδας, γ. ραφή ζικ-ζακ. Διαστάσεις σε mm.

Σιδηροκατασκευές DIN 18801			Υλικό							
			S235 (St 37)		S355 (St 52)					
			Περίπτωση φόρτισης		Περίπτωση φόρτισης					
			H	HZ	H	HZ				
Αν είναι απαραίτητος ένας έλεγχος σε λυγισμό και ανατροπή κατά DIN 4114	τ_w		90	100	135	155				
	μιας τομής $\sigma_{w\ell}$		255	290	380	430				
	δύο τομών $\sigma_{w\ell}$		355	400	525	600				
Αν λυγισμός, ανατροπή ή απόκλιση από την ευθεία είναι αδύνατον να εμφανισθούν	τ_w		105	115	155	175				
	μιας τομής $\sigma_{w\ell}$		290	325	430	485				
	δύο τομών $\sigma_{w\ell}$		400	450	600	675				
Κατασκευές μηχανών και συσκευών (ενδεικτικές τιμές)										
Αντοχή του υλικού σε εφελκυσμό	$R_m =$		250	300	350	400	450	500	550	600
τ_w	στατική		60	75	90	100	110	125	135	150
	επαναλαμβανόμενη		40	50	55	65	70	80	90	95
	αντιστρεφόμενη		20	25	30	35	35	40	45	50
μιας τομής	στατική		165	200	235	265	300	335	365	400
	επαναλαμβανόμενη		110	130	150	175	195	215	240	260
	αντιστρεφόμενη		55	65	75	90	100	110	120	130
δύο τομών	στατική		275	335	390	445	500	555	610	665
	επαναλαμβανόμενη		180	215	250	285	320	355	390	425
	αντιστρεφόμενη		90	110	125	145	160	180	195	215

Πίνακας 4-8. Επιτρεπόμενες τιμές τάσεων σε N/mm^2 για συγκολλήσεις σημείων.

Ελατήρια

Τα ελατήρια είναι στοιχεία μηχανών, τα οποία όταν φορτίζονται με εξωτερικές δυνάμεις μπορούν να υποστούν μια ελαστική παραμόρφωση και έτσι να αποθηκεύσουν δυναμική ενέργεια. Το εξωτερικό έργο (=εξωτερική δύναμη χ παραμόρφωση) πρέπει σε ένα ελατήριο να μετατρέπεται σε δυναμική ενέργεια με όσο το δυνατό λιγότερες απώλειες.

Το υλικό και η μορφή του ελατηρίου καθορίζονται από τις απαιτήσεις για δύναμη και διαδρομή του ελατηρίου.

Τα ελατήρια χρησιμοποιούνται γενικά για την παραλαβή μιας δύναμης ή ενός ποσού κινητικής ενέργειας και για την εφαρμογή μιας δύναμης ή την απόδοση μηχανικού έργου.

Ειδικότερα χρησιμοποιούνται για:

- Τη μέτρηση μηχανικών και ηλεκτρικών μεγεθών όπως δυναμόμετρα, δυναμόκλειδα, αμπερόμετρα, βολτόμετρα κτλ.
- Τη μέτρηση και ρύθμιση δυνάμεων βαλβίδων, πιεστηρίων, συμπλεκτών τριβής, συνδέσμων ασφαλείας, ηλεκτρικών διακοπών, κ.λ.π.
- Την ισομερή κατανομή ενός φορτίου σε περισσότερες θέσεις όπως στους τροχούς, που στηρίζεται ένα όχημα, στις ταπετσαρίες καθισμάτων και κρεβατιών, στις θέσεις στήριξης ενός μηχανήματος, κ.λ.π.
- Τη μείωση κρουστικών φορτίων όπως στην ανάρτηση των τροχών οχημάτων, στους ελαστικούς συνδέσμους, στη στήριξη μηχανικών πιεστηρίων και σφυρών στο δάπεδο, κ.λ.π.
- Την κίνηση μηχανημάτων και μηχανισμών, όπως στα ρολόγια, στα τύμπανα αυτόματης τυλίξεως, στα παιχνίδια, στις βαλβίδες, στις κλειδαριές κ.λ.π.
- Διάφορες εφαρμογές της δυναμικής μηχανών όπως α) για την εξουδετέρωση του κινδύνου του συντονισμού μηχανών, μηχανισμών και οργάνων, β) για την κατασκευή διάφορων ταλαντωτών (μεταφοράς ύλης, κοσκινίσματος), γ) για την κατασκευή δονητών οδοστρωμάτων, κ.λ.π.

Τα ελατήρια χωρίζονται :

1. Ανάλογα με το κύριο είδος φόρτισης τους σε:
 - Καμπτικά ελατήρια
 - Στρεπτικά ελατήρια
 - Διατμητικά ελατήρια
 - Εφελκυστικά ελατήρια
 - Θλιπτικά ελατήρια

2. Ανάλογα με τη μορφή τους σε :

- Ελατήρια ελικοειδή κυλινδρικά (κυκλικής ή τετραγωνικής διατομής).
- Ελατήρια ελικοειδή κωνικά (με σύρμα κυκλικής διατομής ή έλασμα)
- Ελατήρια πεπλατυσμένα (από λάμες)
- Ελατήρια δισκοειδή
- Ελατήρια επίπεδα σπειροειδή
- Ελατήρια ειδικών μορφών.

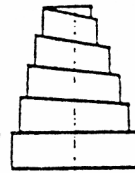
Μερικά είδη φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



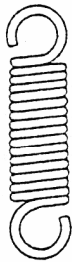
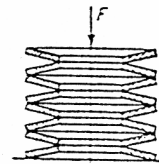
α) Θλιπτικό ελατήριο



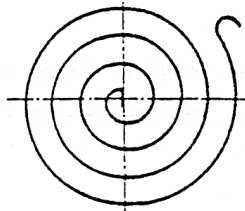
β, γ) Κωνικά ελατήρια



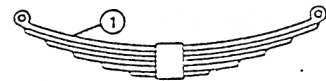
δ.) Δισκοειδές ελατήριο



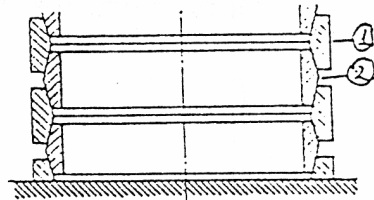
ε) Ελατήριο έλξεως



ζ) Σπειροειδές ελατήριο



η) Ελατήριο κάμψεως (σούστα)



θ) Ειδικό ελατήριο

Ο υπολογισμός των ελατηρίων περιλαμβάνει κυρίως τον προσδιορισμό των εξής τριών βασικών μεγεθών:

- Ι. Την παραμόρφωση συναρτήσει της φόρτισης.
- ΙΙ. Την καταπόνηση (τάσης) του υλικού συναρτήσει της φόρτισης.
- ΙΙΙ. Το έργο παραμόρφωσης συναρτήσει της παραμόρφωσης.

Ο υπολογισμός αντοχής ενός ελατηρίου μπορεί ανάλογα με τη μορφή φόρτισής του να είναι στατικός ή δυναμικός.

Η εκλογή του κατάλληλου υλικού για την κατασκευή ενός ελατηρίου εξαρτάται γενικά από:

- α). τη μηχανική του αντοχή. ($\sigma_{\text{επ}}$ ή $\tau_{\text{επ}}$).
- β). τη μορφή της χαρακτηριστικής του γραμμής στατικής ή δυναμικής φόρτισης.
- γ). το είδος φόρτισης του ελατηρίου.
- δ). την εξωτερική μορφή και τον όγκο του ελατηρίου.

- ε). το βάρος του ελατηρίου.
- στ). την αντοχή του σε διάβρωση.
- ζ). τις μαγνητικές του ιδιότητες και
- η). την αντοχή του σε υψηλές θερμοκρασίες.

Χαρακτηριστικές γραμμές ελατηρίων

Όταν φορτίζουμε ένα ελατήριο, τότε δημιουργείται σ' αυτό μια παραμόρφωση, αυτή η παραμόρφωση εξαρτάται από τη δύναμη που ενεργεί, το υλικό του ελατηρίου, τις διαστάσεις του και τη μορφή του.

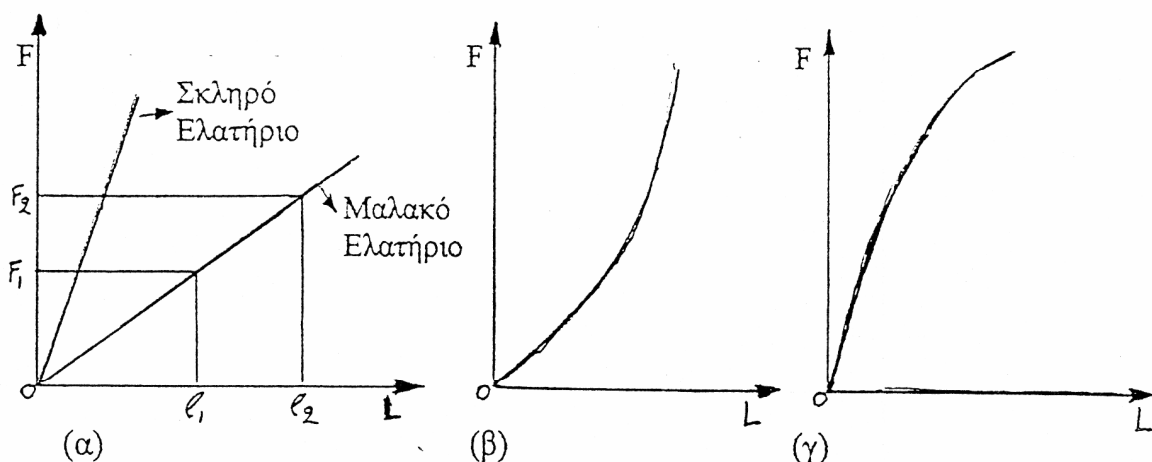
Κάθε ελατήριο παραμορφώνεται από μια δύναμη F , το δε σημείο εφαρμογής της δύναμης μετατοπίζεται κατά τη διαδρομή L .

Αν η δύναμη F και η διαδρομή L σχεδιασθούν σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων θα μας δώσουν το διάγραμμα του ελατηρίου, η δε γραμμή που προκύπτει λέγεται χαρακτηριστική γραμμή ελατηρίου και μας δείχνει τη συμπεριφορά του ελατηρίου κατά την φόρτιση.

Αν το ελατήριο είναι κατασκευασμένο από υλικά για τα οποία ισχύει ο νόμος του Hook και εργάζεται χωρίς τριβές τότε η χαρακτηριστική γραμμή είναι ευθεία και μάλιστα όσο πιο απότομη είναι η ευθεία τόσο μικρότερη είναι η διαδρομή, δηλαδή τόσο σκληρότερο είναι το ελατήριο.

Η δυσκαμψία του ελατηρίου εκφράζεται από το λόγο της δυνάμεως F προς τη διαδρομή L που είναι ίσος με την εφά = F_1 / L_1 . Όταν η στατική σκληρότητα των ελατηρίων χαρακτηρίζεται με ευθεία γραμμή ο λόγος παραμένει ίδιος για όλα τα φορτία ανεξάρτητα από το μέγεθος της παραμόρφωσης σε αυτή την περίπτωση η σκληρότητα του ελατηρίου ονομάζεται σταθερά ελατηρίου (C).

Αν η σταθερά ελατηρίου μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της εργασίας τότε προκύπτουν χαρακτηριστικές καμπύλες κυρτές προς τα κάτω ή κυρτές προς τα πάνω. (Βλέπε σχήμα που ακολουθεί).



Η καμπύλη στο (β) δείχνει ότι το ελατήριο γίνεται σκληρότερο όσο αυξάνει το φορτίο, πράγμα που είναι επιθυμητό στα ελατήρια των αυτοκινήτων.

Η καμπύλη στο (γ) σχήμα δείχνει ότι το ελατήριο γίνεται μαλακότερο

όσο αυξάνει το φορτίο. Επιθυμητό σε ελατήρια ρυθμιστών πίεσης όπου μετά από ορισμένη φόρτιση απαιτείται μεγαλύτερη διαδρομή που να αντιστοιχεί σε μικρότερη αύξηση της δύναμης.

Ελατήρια λάμας

Για τα ελατήρια του σχήματος 7-4 η τάση κάμψη σ_b είναι

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{6 \cdot F \cdot \ell}{b \cdot h^2} \leq \sigma_{\text{βεπ}} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (7.3)$$

W_b ροπή αντίστασης σε κάμψη. $W_b = b \cdot h^2/6$ σε mm^3

Η μέγιστη δύναμη F_{max} είναι

$$F_{\text{max}} = \frac{b \cdot h^2}{6 \cdot \ell} \sigma_{\text{βεπ}} \quad \text{σε N} \quad (7.4)$$

Το βέλος κάμψης s που προέρχεται από τη δύναμη φόρτισης F του ελατηρίου είναι

$$s = q_1 \frac{\ell^3}{b \cdot h^3} \frac{F}{E} \quad \text{σε mm} \quad (7.5)$$

q_1 συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη μορφή του ελατηρίου

$q_1 = 4$ για ορθογωνικό ελατήριο

$q_1 = 6$ για τριγωνικό ελατήριο

$q_1 \approx 4 \frac{3}{2 + b'/b}$ για τραπεζοειδές ελατήριο

Το μέγιστο βέλος κάμψης προκύπτει από τη σχέση (7.5) αν τεθεί $F = F_{\text{max}}$ από τη σχέση (7.4)

$$s_{\text{max}} = q_2 \frac{\ell^2}{h} \frac{\sigma_{\text{βεπ}}}{E} \quad \text{σε mm} \quad (7.6)$$

q_2 συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη μορφή του ελατηρίου

$q_2 = 2/3$ για ορθογωνικό ελατήριο

$q_2 = 1$ για τριγωνικό ελατήριο

$q_2 = 2/3 \frac{3}{2 + b'/b}$ για τραπεζοειδές ελατήριο

Αν στη γενική εξίσωση του έργου του ελατηρίου $W = F \cdot s/2$ τεθεί $F = F_{\text{max}}$ από τη σχέση (7.4) και $s = s_{\text{max}}$ από τη σχέση (7.6), μετά από μετασχηματισμό θα έχουμε για το μέγιστο έργο του ελατηρίου

$$W_{\max} = q_3 \cdot V \cdot \frac{\sigma'_{\text{βεπ}}}{E} \quad \text{σε Nmm} \quad (7.7)$$

q_3 συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη μορφή του ελατηρίου

$q_3 = 1/18$ για ορθογωνικό ελατήριο

$q_3 = 1/6$ για τριγωνικό ελατήριο

$q_3 = 1/9 \frac{3}{2 + b'/b} \cdot \frac{1}{1 + b'/b}$ για τραπεζοειδές ελατήριο

V όγκος του ελατηρίου $V = b \cdot h \cdot \ell$ σε mm^3 για ορθογωνικό ελατήριο

$V = 1/2 b \cdot h \cdot \ell$ σε mm^3 για τριγωνικό ελατήριο

$V = 1/2 b \cdot h \cdot \ell (1 + b'/b)$ σε mm^3 για τραπεζοειδές ελατήριο

b πλάτος ελατηρίου σε mm . Για τριγωνικό και τραπεζοειδές ελατήριο το μέγιστο πλάτος

b' πλάτος στο ελεύθερο άκρο του τραπεζοειδούς ελατηρίου σε mm

h ύψος (πάχος) ελατηρίου σε mm

ℓ μήκος ελατηρίου σε mm

E μέτρο ελαστικότητας του υλικού του ελατηρίου σε N/mm^2 (πίνακας 7-1)

$\sigma_{\text{βεπ}}$ σε N/mm^2 (πίνακας 7-1 και 7-3)

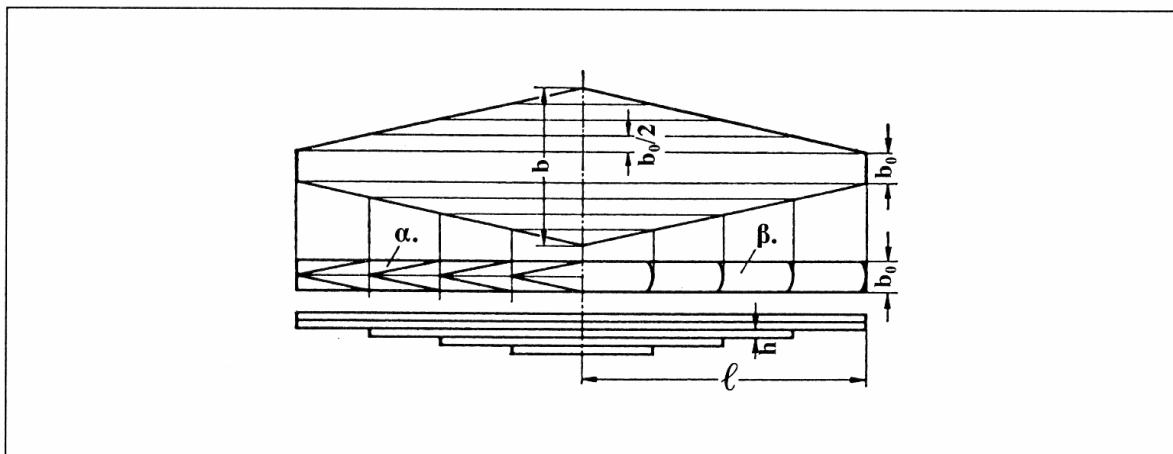
Οι ανωτέρω εξισώσεις ισχύουν με ακρίβεια μόνο για σχετικά μικρά βέλη κάμψης

b_0/b	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
k_1	1,5	1,4	1,32	1,26	1,2	1,17	1,12	1,08	1,05	1,03	1,0
φόρτιση	στατική			επαναλαμβανόμενη				αντιστρεφόμενη			
$\sigma_{\text{βεπ}}$	$\approx 0,7 R_m$			$\approx 0,5 R_m$				$\approx 0,3 R_m$			

Πίνακας 7-3. Συντελεστής μορφής k_1 και επιτρεπόμενες τάσεις κάμψης $\sigma_{\text{βεπ}}$ για ελατήρια με λάμες.

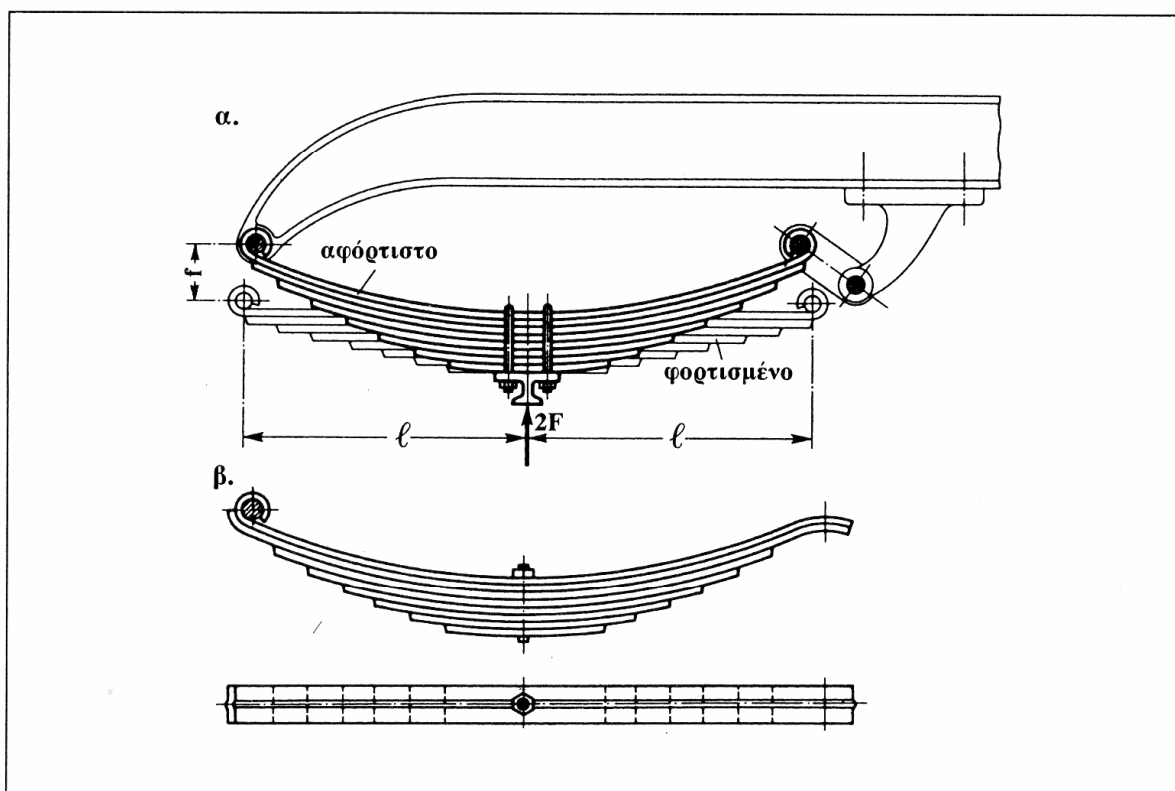
7.5.2. Ελατήρια με πολλαπλές λάμες

Το ελατήριο με πολλαπλές λάμες αναπτύχθηκε από το αμφίπλευρο τραπεζοειδές ελατήριο. Για μεγάλα φορτία και βέλη κάμψης θα προέκυπταν πολύ μεγάλα πλάτη. Την πλατειά αυτή λάμα θεωρούμε κομμένη σε λεπτές λωρίδες διαφορετικού μήκους και τοποθετημένες τη μία πάνω στην άλλη (σχήμα 7-5). Οι λάμες αυτές συγκρατούνται στο μέσο με άγγιστρα ή με πείρο.



Σχήμα 7-5. Προέλευση του ελατηρίου με πολλαπλές λάμες. $\alpha.$ θεωρητική μορφή, $\beta.$ πρακτική μορφή.

Ελατήρια με πολλαπλές λάμες χρησιμοποιούνται κυρίως στο σύστημα ανάρτησης οδικών και σιδηροδρομικών οχημάτων (σχήμα 7-6).



Σχήμα 7-6. Ελατήρια με πολλαπλές λάμες. $\alpha.$ ανάρτηση με στέλεχος συγκράτησης, $\beta.$ ανάρτηση με κεντρικό πείρο. [1]

Λόγω της τριβής ανάμεσα στις λάμες, η χαρακτηριστική γραμμή του ελατηρίου είναι μόνο κατά προσέγγιση ευθεία. Το έργο που αποδίδεται κατά την απο-

φόρτιση είναι μικρότερο από εκείνο που απορροφήθηκε και αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια πολύτιμη απόσβεση.

7.5.2.1. Υπολογισμός ελατηρίων με πολλαπλές λάμες

Ένας ακριβής υπολογισμός των ελατηρίων με πολλαπλές λάμες δεν είναι δυνατός επειδή η τριβή μεταξύ των λαμών δεν μπορεί ουσιαστικά να προσδιοριστεί. Αν η τριβή δεν ληφθεί υπόψη, για ένα αριθμό λαμών z και ένα μέγιστο πλάτος b του τραπεζοειδούς ελατηρίου, το πλάτος της κάθε μιας λάμας b_o θα είναι

$$b_o = \frac{b}{z} \quad \text{σε mm} \quad (7.8)$$

Η τάση κάμψης σ_b θα είναι και εδώ, με ικανοποιητική ακρίβεια, όπως στο απλό ορθογωνικό ελατήριο (σχέση 7.3), το δε βέλος κάμψης s επίσης το ίδιο (σχέση 7.5), θα πρέπει όμως να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή k_1 που εξαρτάται από το λόγο b_o/b και ένα συντελεστή k_2 που λαμβάνει υπόψη τη μείωση του βέλους κάμψης

$$s = k_1 \cdot k_2 \cdot q_1 \frac{\ell^3}{b \cdot h^3} \frac{F}{E} \quad \text{σε mm} \quad (7.9)$$

$q_1 = 4$ για ορθογωνικό ελατήριο

k_1 συντελεστής μορφής (πίνακας 7-3)

$k_2 \approx 0,75$ για ελατήριο με πολλαπλές λάμες

ℓ, b, h από σχήμα 7-5

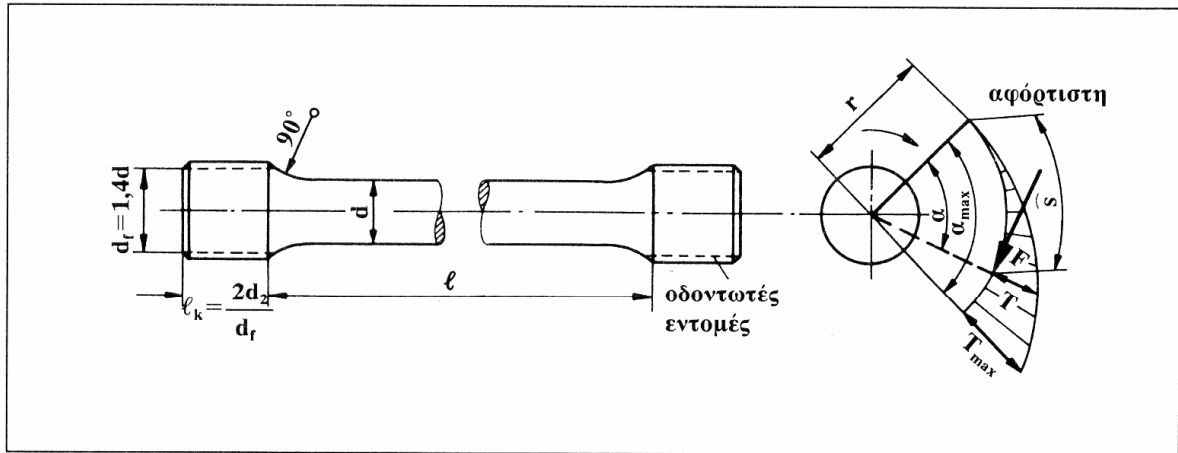
Λόγω της τριβής ανάμεσα στις λάμες, η πραγματική δύναμη με την οποία μπορεί να φορτιστεί το ελατήριο είναι εκ πείρας, ανάλογα με τον αριθμό των λαμών, 2 έως 12% μεγαλύτερη από την υπολογιστική.

7.6. Ράβδοι στρέψης

Ράβδοι στρέψης είναι ευθείς ράβδοι με κυλινδρική διατομή που καταπονούνται σε στρέψη. Για την αύξηση της αντοχής τους σε διαρκή καταπόνηση η επιφάνειά τους υποβάλλεται σε μια πολύ επιμελημένη και λεπτότατη επεξεργασία (λείανση ή συμπίεση με εκτόξευση σφαιριδίων).

Τα άκρα πρόσδεσης φέρουν οδοντωτές εντομές ή πολύσφηνα (σχήμα 7-7). Λό-

γω συγκέντρωσης τάσεων στις θέσεις πρόσδεσης, τα άκρα είναι ενισχυμένα και η μετάβαση στο στέλεχος πολύ καλά στρογγυλευμένη.



Σχήμα 7-7. Ράβδος στρέψης με γενικές διαστάσεις.

Ως υλικό χρησιμοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις 50CrV4.

Ραβδοι στρέψης χρησιμοποιούνται για απόσβεση στρεπτικών ταλαντώσεων (π.χ. σε οχήματα), για μέτρηση στρεπτικών δυνάμεων, σε ροπόκλειδα, σε ελαστικούς συμπλέκτες κ.ά.

7.6.1. Υπολογισμός ράβδων στρέψης

Σε μία ράβδο στρέψης με διάμετρο στελέχους d (σχήμα 7-7) η τάση στρέψης τ_t είναι:

$$\tau_t = \frac{T}{W_t} \approx \frac{T}{0,2 \cdot d^3} \leq \tau_{τεπ} \quad \text{σε N/mm}^2 \quad (7.10)$$

T μέγιστη ροπή στρέψης σε Nmm

W_t πολική ροπή αντίστασης. $W_t = \pi \cdot d^3/16 \approx 0,2 \cdot d^3$ σε mm³

d διάμετρος στελέχους της ράβδου σε mm

$\tau_{τεπ}$ επιτρεπόμενη τάση στρέψης σε N/mm² (πίνακας 7-1)

Για τις δύο διατομές της ράβδου σε απόσταση ℓ θα προκύψει μία γωνία στρέψης α σε ακτίνια

$$\alpha = \frac{T \cdot \ell}{I_t \cdot G} \quad \text{σε ακτίνια} \quad (7.11)$$

I_t πολική ροπή αδράνειας. $I_t = \pi \cdot d^4/32$ σε mm^4

G μέτρο διάτμησης του υλικού του ελατηρίου σε N/mm^2 (πίνακας 7-1)

Με $I_t = \pi \cdot d^4/32$ και $\alpha^\circ = 180^\circ/\pi \cdot \widehat{\alpha}$ για τη μετατροπή της γωνίας α σε μοίρες η σχέση (7.11) γίνεται

$$\alpha^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \frac{T \cdot \ell}{I_t \cdot G} \approx 584 \frac{T \cdot \ell}{d^4 \cdot G} \approx 115 \frac{\tau_t \cdot \ell}{d \cdot G} \quad \text{σε μοίρες} \quad (7.12)$$

Αν η ροπή στρέψης παράγεται από τη δύναμη F στο μοχλοβραχίονα r (σχήμα 7-7), τότε η διαδρομή s , ίση με το μήκος του τόξου που διαγράφει η F , θα είναι

$$s = r \cdot \widehat{\alpha} \quad \text{σε mm} \quad (7.13)$$

Επειδή η χαρακτηριστική γραμμή της ράβδου στρέψης είναι ευθεία ισχύει γενικά για τη σταθερά του ελατηρίου R

$$R = \frac{T}{\alpha^\circ} \approx \frac{d^4 \cdot G}{584 \cdot \ell} \quad \text{σε Nmm/μοίρα} \quad (7.14)$$

$T, \alpha^\circ, d, G, \ell$ όπως στις σχέσεις (7.10) έως (7.12)

7.7. Ελικοειδή ελατήρια

7.7.1. Χρησιμοποίηση, κατασκευή

Τα ελικοειδή είναι εκείνα τα ελατήρια που χρησιμοποιούνται περισσότερο από όλα. Οι πολλαπλές τους μορφές, η δυνατότητα κατασκευής τους σε μέγιστα και ελάχιστα μεγέθη από τα πιο διαφορετικά υλικά, η χρησιμοποίησή τους σαν ελατήρια εφελκυσμού και θλίψης και η δυνατότητα επιρροής της χαρακτηριστικής τους γραμμής με ταυτόχρονη ζεύξη ελατηρίων διαφορετικών διαστάσεων, ικανοποιούν πρακτικά κάθε είδους απαίτηση.

Μερικές από τις πολυάριθμες χρήσεις τους είναι: ελατήρια βαλβίδων σε κινητήρες και αποφρακτικά όργανα, ελατήρια σύσφιγξης, ελατήρια αξόνων σε οχήματα, ελατήρια επαναφοράς σε πέδες με σιαγώνες, ελατήρια σε στρώματα κ.ά.

Τα ελικοειδή ελατήρια μπορούν να θεωρηθούν σαν ράβδοι στρέψης με ελικοειδή περιέληξη που δέχονται στον άξονά τους μια θλιπτική ή εφελκυστική δύναμη. Κατασκευάζονται στις περισσότερες περιπτώσεις με κυκλική διατομή σπανιότερα με τετραγωνική ή ορθογωνική διατομή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Ι. ΣΤΕΡΓΙΟΥ, Κ. ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧ. Ι, ΑΘΗΝΑ 2003.
- 2) Γ. ΚΟΥΣΛΗΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΕΙ ΚΟΖΑΝΗ 2000.
- 3) Ι. ΒΕΛΑΩΡΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧ. 8ηΕΚΔΟΣΗ, 1995.
- 4) Α. ΔΗΜΑΡΟΓΚΩΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧ, 1979.
- 5) Ι. ΑΥΓΕΡΙΝΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧ. ΤΟΜΟΣ 1
- 6) Π. ΒΟΥΘΟΥΝΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ 1993.