

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ 2

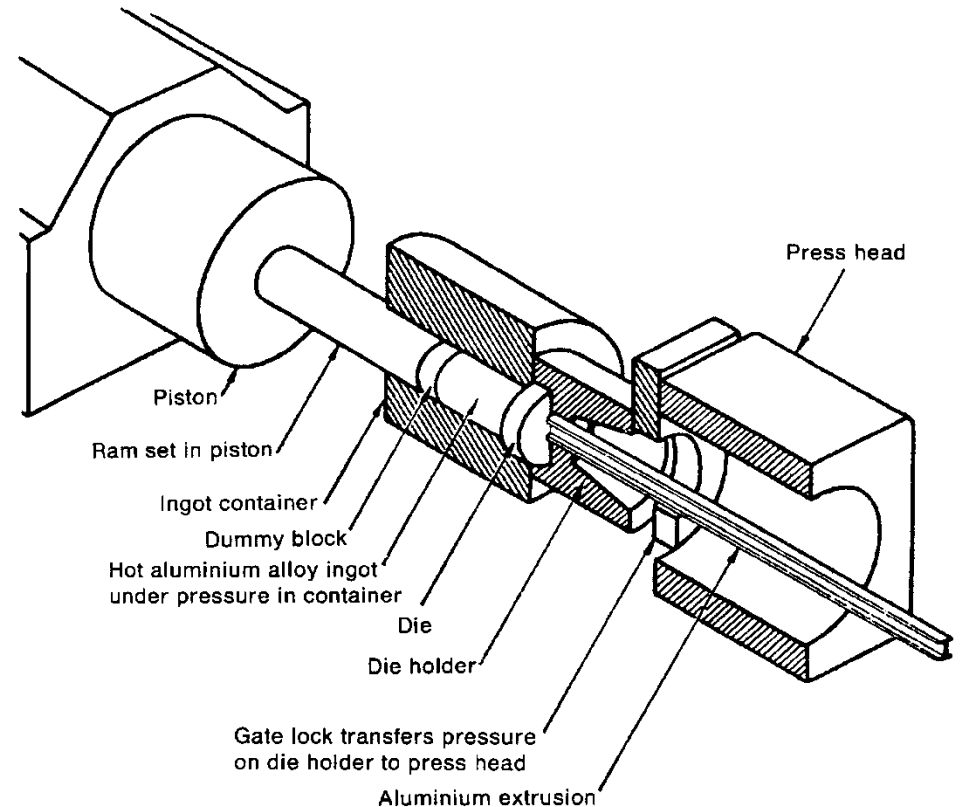
Κατεργασίες Πλαστικής Παραμόρφωσης

- ΕΞΩΘΗΣΗ
- ΕΛΑΣΗ

ΕΞΩΘΗΣΗ-1

Τεμάχιο μετάλλου υφίσταται πλαστική παραμόρφωση με μείωση της διατομής και αύξηση του μήκους του, περνώντας μέσα από κατάλληλα διαμορφωμένη μήτρα.

Ένα έμβολο αναγκάζει το μέταλλο να περάσει μέσα από τη μήτρα, κατασκευασμένη από χάλυβα μεγάλης σκληρότητας. Το μέταλλο εξέρχεται από τη μήτρα με συγκεκριμένο προφίλ ίδιο με τη διατομή της μήτρας. Οι δυνάμεις που απαιτούνται για την εξώθηση κυμαίνονται από 15000 έως 45000 KN.



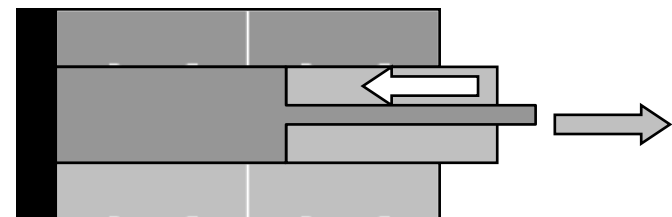
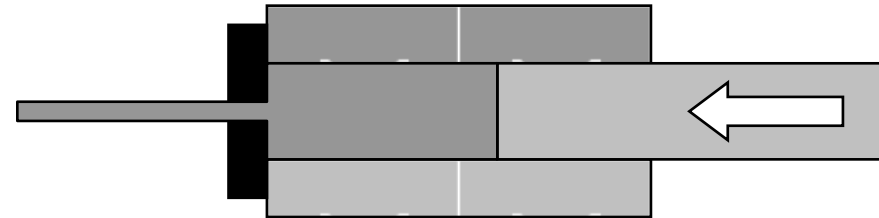
ΕΞΩΘΗΣΗ-2

Εν θερμώ (πάνω από τη θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης) ή εν ψυχρώ (για μαλακά μέταλλα). Στην πρώτη περίπτωση απαιτούνται μικρότερες δυνάμεις στο έμβολο, ενώ, λόγω της δυναμικής ανακρυστάλλωσης επιτυγχάνεται λεπτόκοκκη μικροδομή. Ψυχρή εξώθηση:

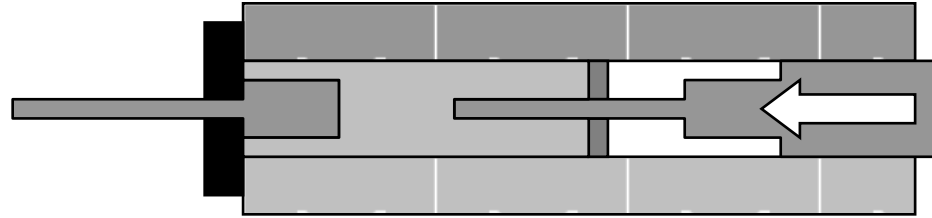
- Βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες (ενδοτράχυνση)
- Διαστατική ακρίβεια (μείωση ανάγκης κατεργασιών κοπής)
- Καλή ποιότητα επιφανείας (ανάγκη καλής λίπανσης)
- Αποφυγή δημιουργίας στρωμάτων οξειδίων.
- Μεγάλοι ρυθμοί παραγωγής και σχετικά μειωμένο κόστος παραγωγής.

ΕΞΩΘΗΣΗ-3

- Άμεση εξώθηση.
- Έμμεση εξώθηση Με τη μέθοδο αυτή μειώνονται οι τριβές, με αποτέλεσμα την κατανάλωση λιγότερης ενέργειας για συγκεκριμένη διαμόρφωση του μετάλλου.



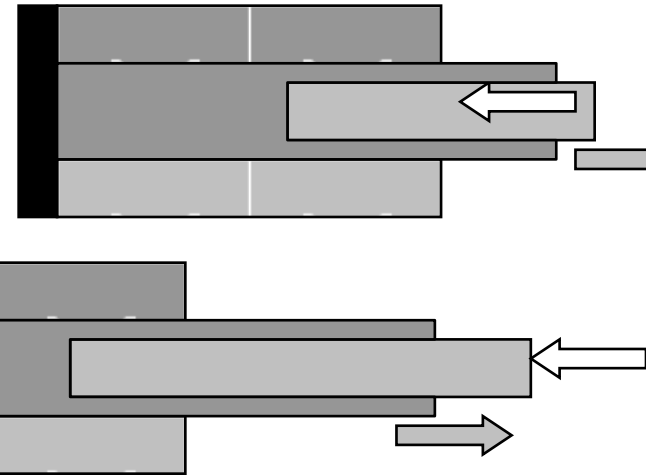
ΕΞΩΘΗΣΗ-4

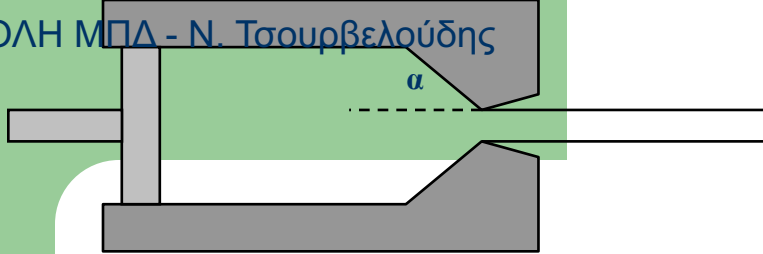


Εξώθηση προς τα πίσω: (εν θερμώ), το έμβολο έχει μικρότερη διάμετρο από αυτή του

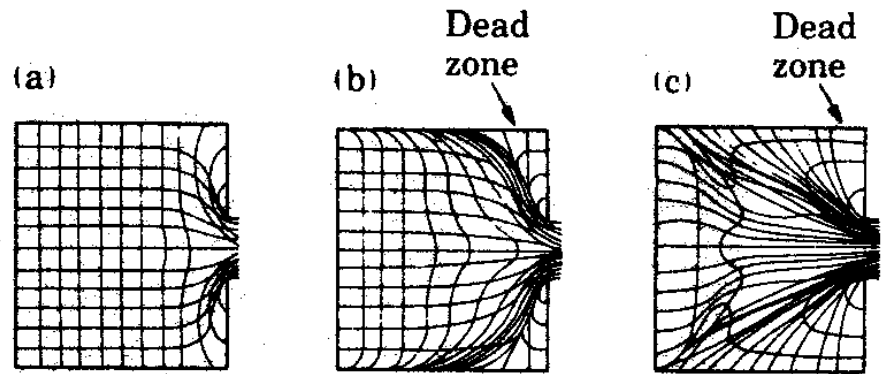
Εξώθηση με κρούση: Πραγματοποιείται με μεγάλες ταχύτητες του εμβόλου με μεγάλες πιέσεις και σε πολύ μικρότερες θερμοκρασίες. Με τη μέθοδο αυτή κατασκευάζονται μεταλλικές φιάλες για σπρέι, μεταλλικοί πυροσβεστήρες και σωληνάρια για οδοντόπαστα.

Υδροστατική Εξώθηση: Στην περίπτωση αυτή η πίεση στο μέταλλο για να εξέλθει προέρχεται από ρευστό που διοχετεύεται υπό πίεση εντός του θαλάμου. Σε αυτή τη μέθοδο δεν υπάρχει επαφή μεταξύ του μετάλλου και του θαλάμου με αποτέλεσμα την αποφυγή δημιουργία τριβής στη συγκεκριμένη περιοχή.





ΕΞΩΘΗΣΗ-5



A) Λίπανση πολύ αποτελεσματική, Τυπική για την περίπτωση της έμμεσης εξώθησης.

B) Ισχυρή τριβής μεταξύ του μετάλλου και όλων των επιφανειών ισχυρή ζώνη διάτμησης (Χοάνη). **Νεκρή ζώνη**, Μέσω της ζώνης διάτμησης: τα επιφανειακά οξειδία του πλινθώματος να περάσουν εντός του μετάλλου και να βρεθούν στο εσωτερικό του τελικού προϊόντος.

Γ) Πολύ μεγάλο μέγεθος της ζώνης διάτμησης, η οποία έχει μεταφερθεί αρκετά προς τα πίσω, ενώ η ροή του μετάλλου είναι ιδιαίτερα ανομοιογενής. Το μέταλλο να σκληρύνει περιφερειακά, ενώ στο κέντρο παραμένει μαλακό και με καλή ροή. Η δημιουργία μεγάλης νεκρής ζώνης στην περίπτωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα ελαττωματικό προϊόν.

ΕΞΩΘΗΣΗ-6

Λόγος εξώθησης: $R = A_0 / A$

Πραγματική παραμόρφωση : $\varepsilon = \ln (A_0 / A) = \ln (L / L_0)$
 $= \ln (R)$

Το συνολικό έργο είναι: $W = A_0 L_0 u$ με $u = \bar{\sigma} \varepsilon$

Το έργο αυτό παράγεται από την θλιπτική δύναμη η οποία διανύει διάστημα L_0 . Η δύναμη αυτή ισούται με την θλιπτική τάση p επί την αρχική επιφάνεια A_0 . Άρα:

$$W = A_0 L_0 p$$

Εξισώνοντας τις δύο εκφράσεις για το έργο έχουμε τελικά:

$$p = u = \bar{\sigma} \varepsilon = \bar{\sigma} \ln R$$

$$\bar{\sigma} = \frac{K \varepsilon^\eta}{\eta + 1}$$

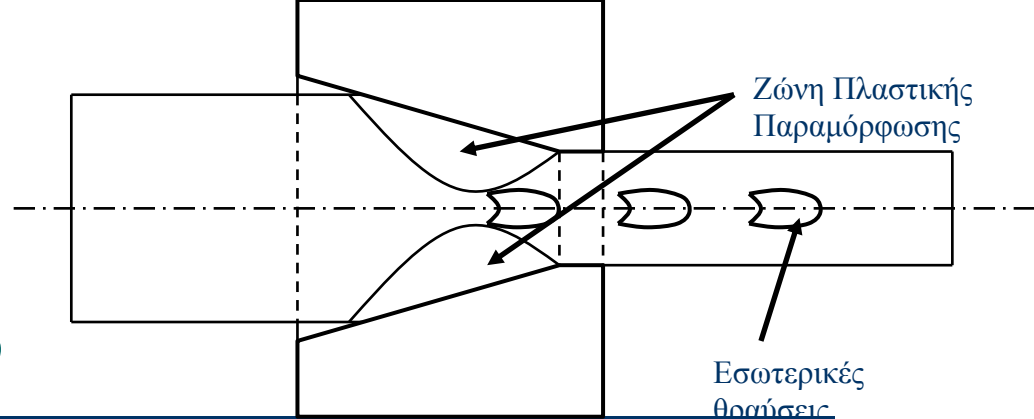
$$F = p A_0 = A_0 \frac{K \varepsilon^\eta}{\eta + 1} \ln R$$

ΕΞΩΘΗΣΗ-7

Τα ελαττώματα κατά την εξώθηση

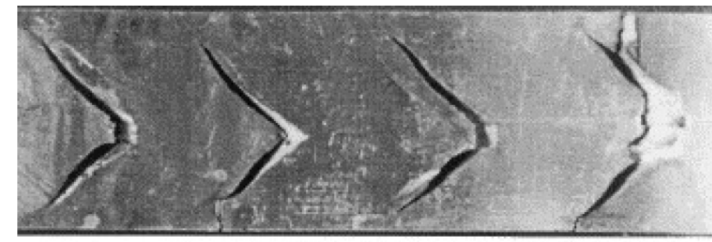
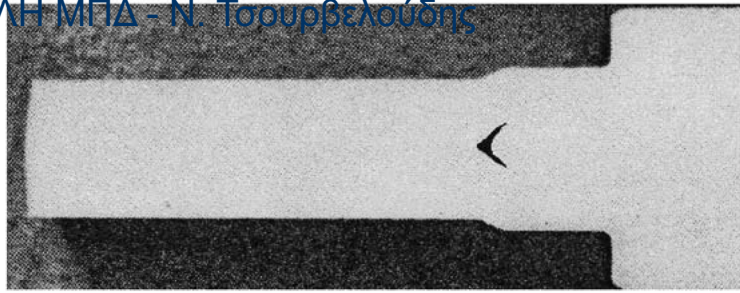
οι επιφανειακές θραύσεις οφείλονται σε υψηλή θερμοκρασία επιφάνειας του πλινθώματος, λόγω υψηλής θερμοκρασίας εξώθησης, ισχυρής τριβής του μετάλλου με τον θάλαμο ή υψηλής ταχύτητας παραγωγής. Παρατηρούνται σε κράματα Αλουμινίου, Μαγνησίου, Ψευδαργύρου και Μολυβδαινίου. Μπορούν να παρατηρηθούν και σε χαμηλές θερμοκρασίες αν εμφανίζεται περιοδικό κόλλημα του μετάλλου πάνω στην επιφάνεια της μήτρας με αποτέλεσμα την περιοδική αυξομείωση της πίεσης εξώθησης.

ΕΞΩΘΗΣΗ-8



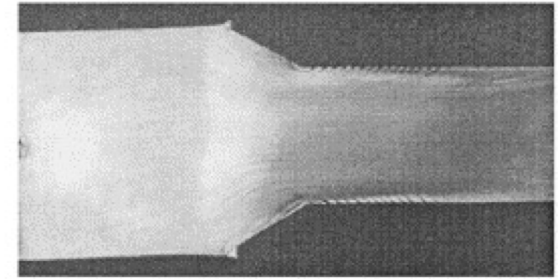
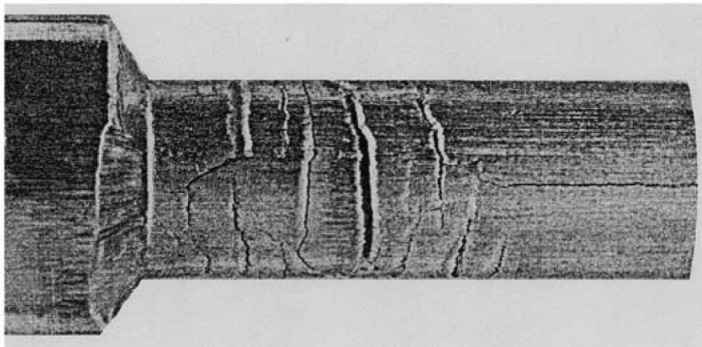
Οι εσωτερικές θραύσεις είναι αποτέλεσμα της λεγόμενης υδροστατικής εφελκυστικής φόρτισης στην περιοχή του άξονα συμμετρίας του τεμαχίου, Αύξηση της γωνίας της μήτρας αυξάνει την μη ομογενή παραμόρφωση και τον κίνδυνο δημιουργίας εσωτερικών ρωγμών.

Μικρός λόγος εξώθησης και μεγάλη γωνία μήτρας (ισχυρά μη ομογενής παραμόρφωση) το υλικό κοντά στα τοιχώματα της μήτρας παραμένει προσκολλημένο στο κέντρο κινείται πιο ελεύθερα με αποτέλεσμα την εμφάνιση υδροστατικών εφελκυστικών τάσεων



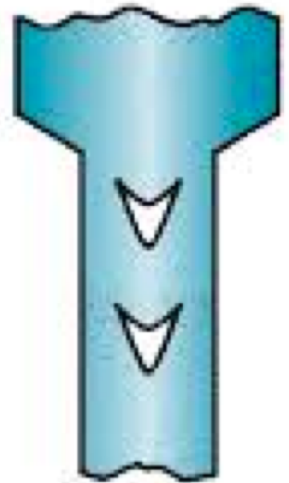
(a)

(b)



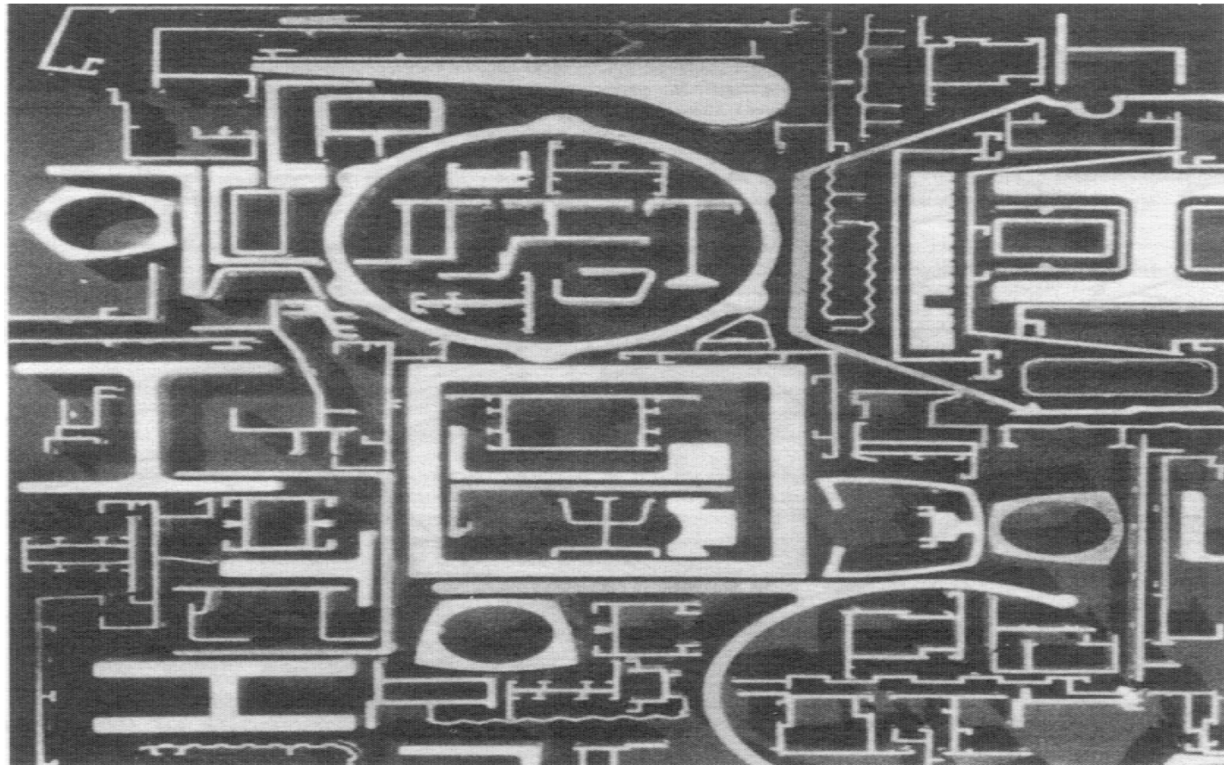
(b)

direction of flow →





ΕΞΩΘΗΣΗ-9



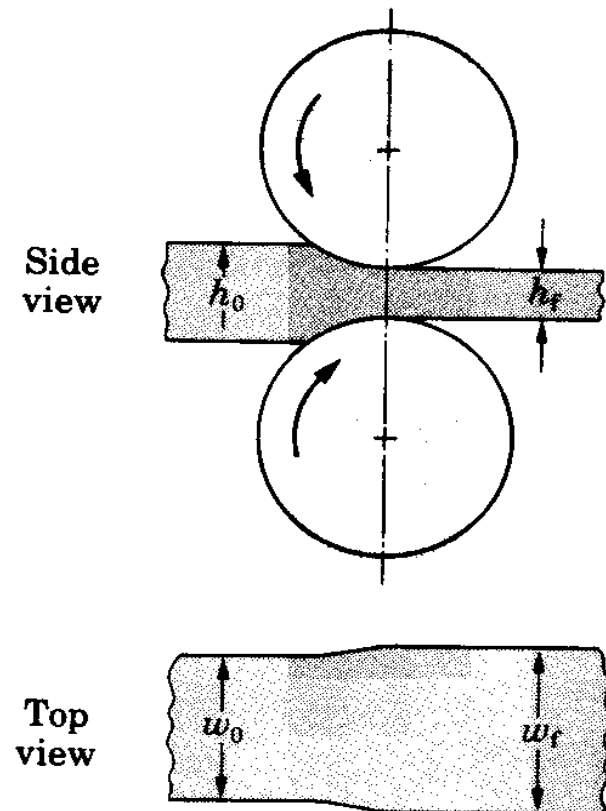
Χρήσιμα

- <https://www.youtube.com/watch?v=YcGcMBnQ0I4>
- https://www.youtube.com/watch?v=vHkwq_2yY9E
- <https://www.youtube.com/watch?v=iiG1q7408ME>
- https://www.youtube.com/watch?v=Bc7o_sEdX8U

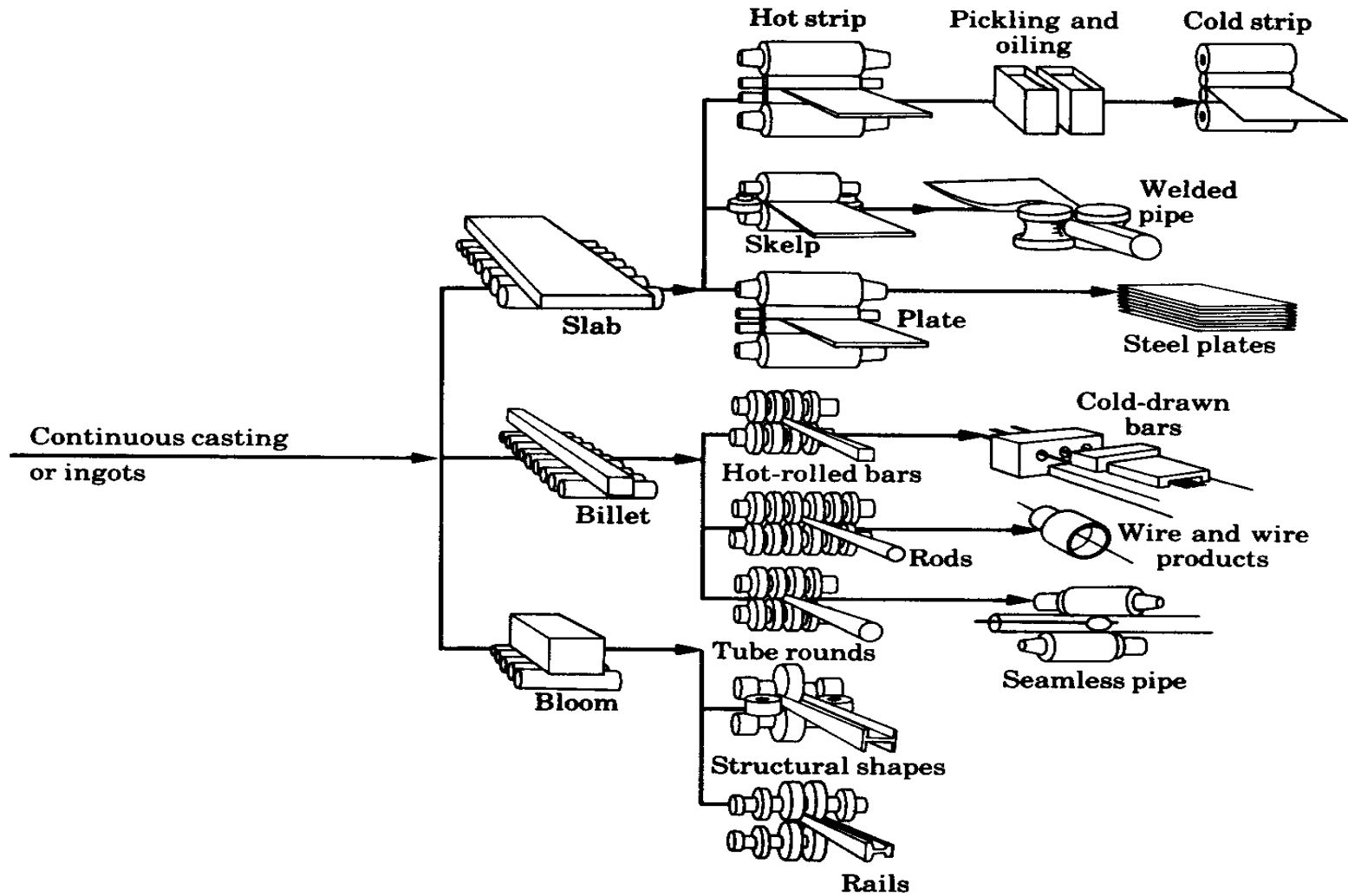
ΕΛΑΣΗ-1

Περιγραφή: μείωση της διατομής με διαδοχική διέλευση των πλινθωμάτων μέσα από ζεύγη αντίθετα περιστρεφόμενων μεταλλικών κυλίνδρων, των **ελάστρων**.

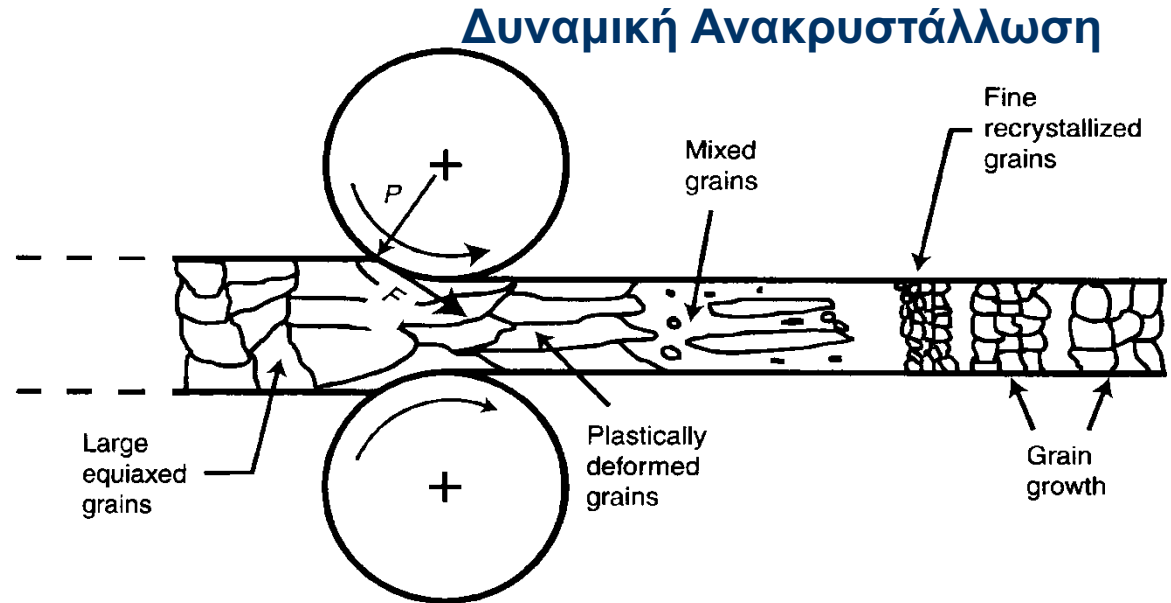
Προϊόντα: παραγωγή ελασμάτων, ταινιών, φύλλων ή ράβδων διαφόρων διαστάσεων.



ΕΛΑΣΗ-2



ΕΛΑΣΗ-3

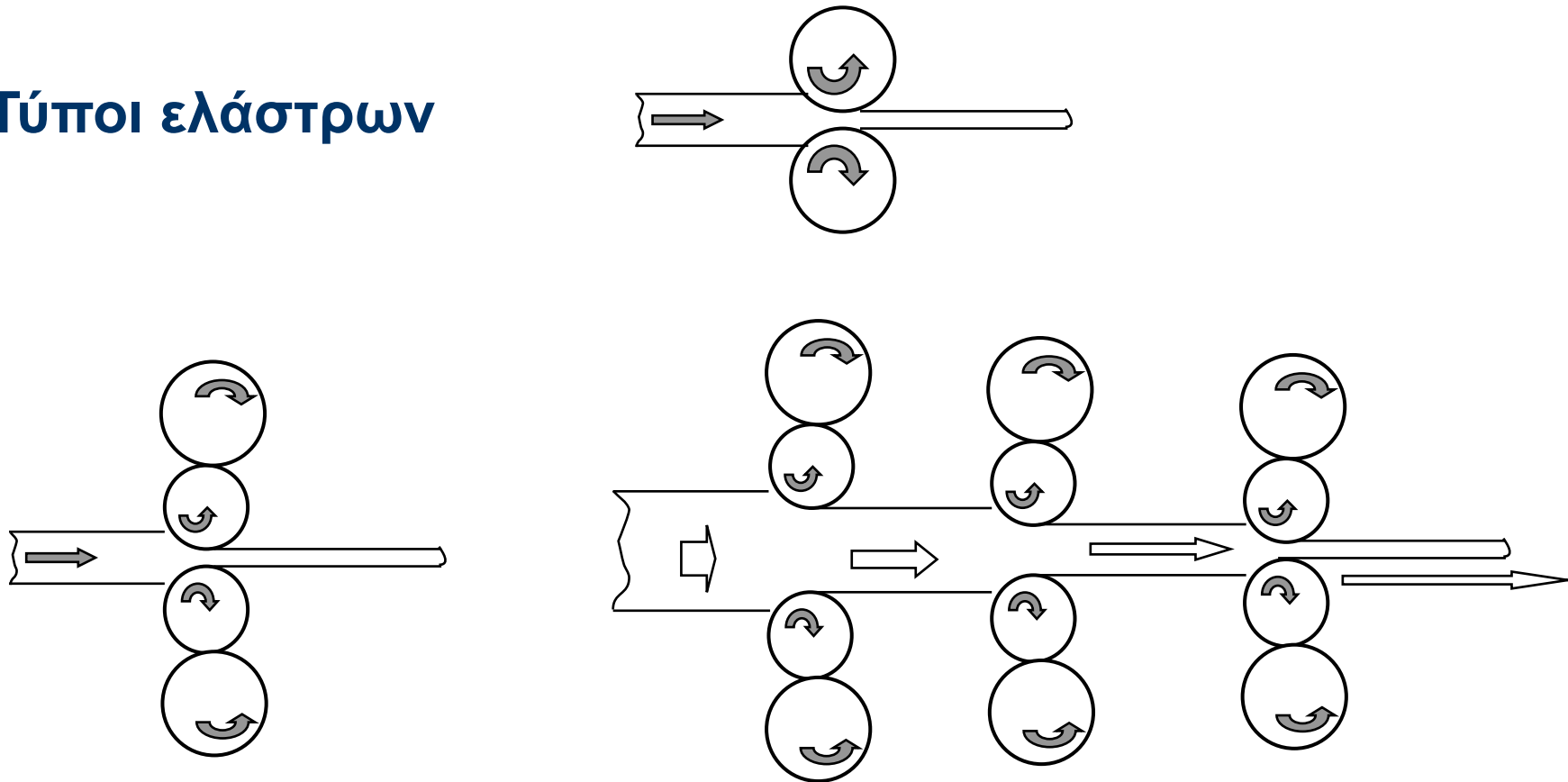


Θερμή έλαση: ΠΑΝΩ από τη θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης (περίπου το ήμισυ της απόλυτης θερμοκρασίας τήξης του μετάλλου.)

Ψυχρή έλαση: θερμοκρασίες μικρότερες του 0.3 της απόλυτης θερμοκρασίας τήξης του μετάλλου.

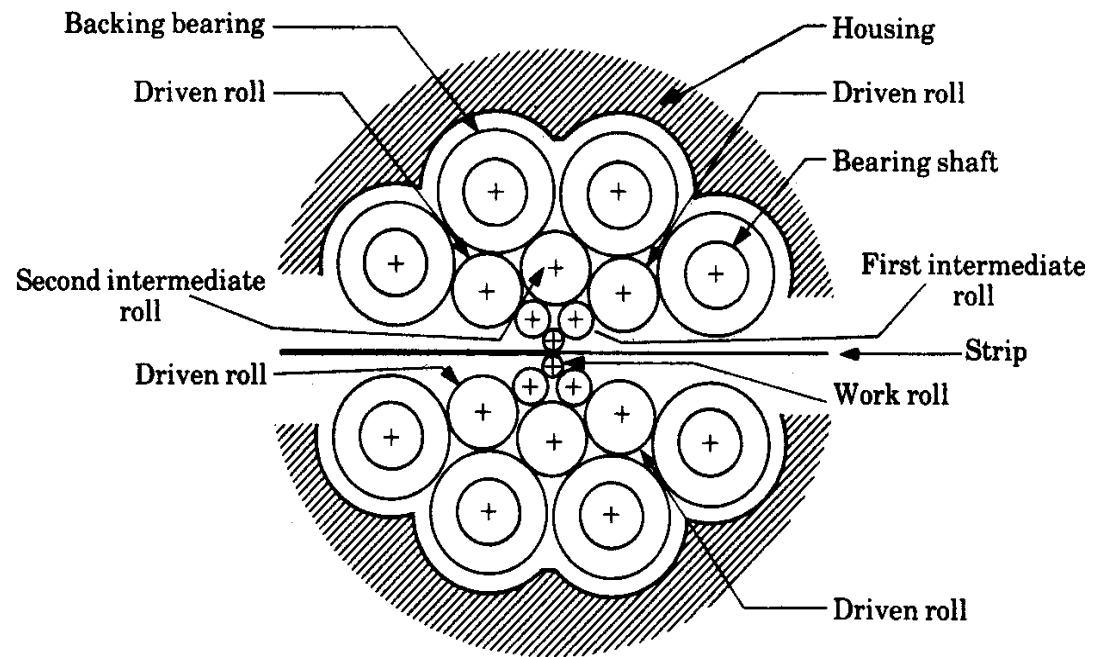
ΕΛΑΣΗ-4

Τύποι ελάστρων

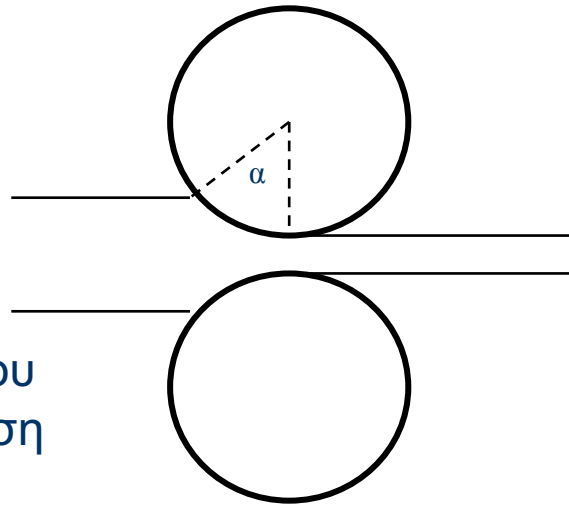


ΕΛΑΣΗ-5

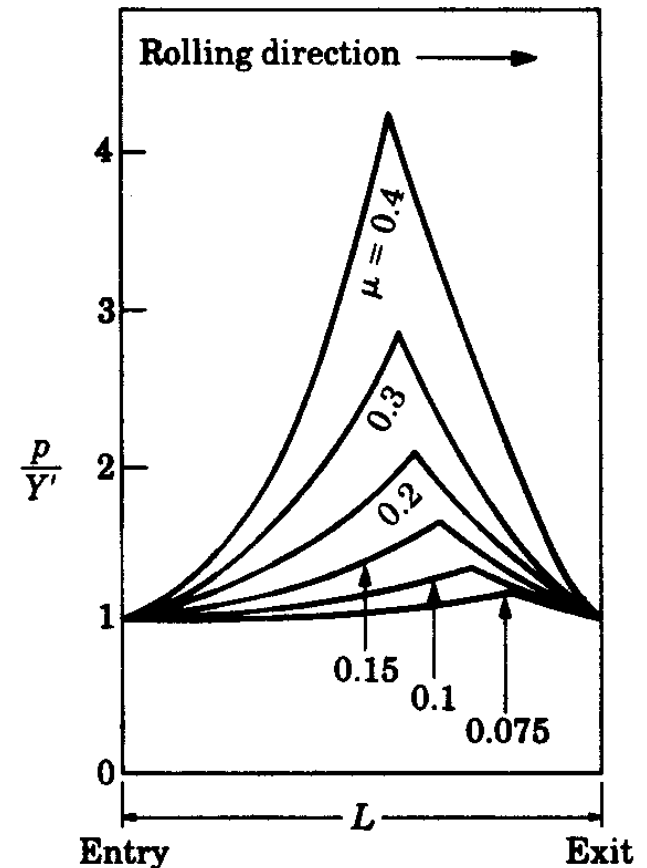
Σχηματική περιγραφή ελάστρων τύπου **Zendzimir**. Με αυτό τον τύπο ελάστρων επιτυγχάνεται μεγάλη μείωση της διαμέτρου των κυρίως ελάστρων με αντίστοιχη μείωση της απαιτούμενης δύναμης και ισχύος.



ΕΛΑΣΗ-6 Η Μηχανική της επίπεδης έλασης

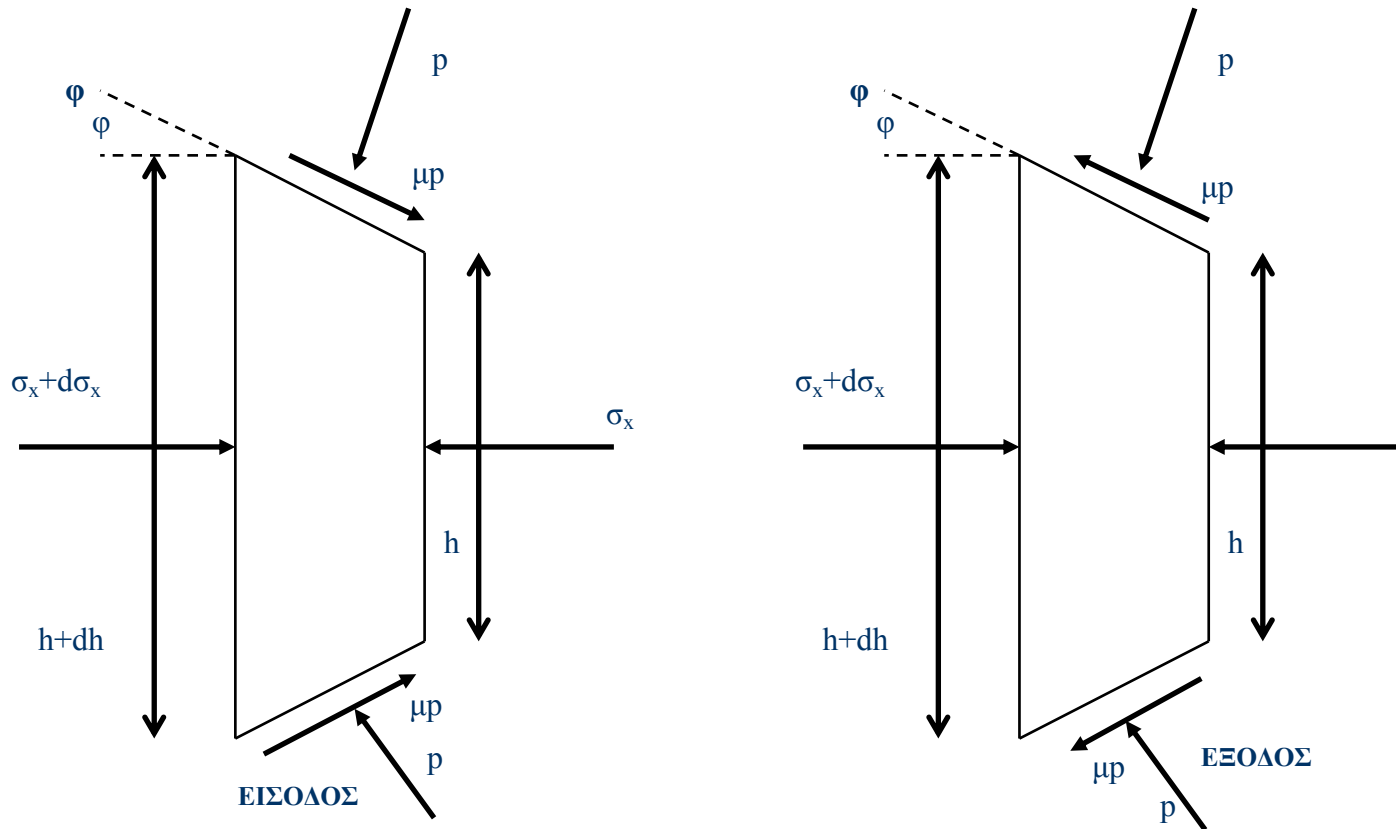


Η ταχύτητα των ελάστρων διαφέρει από την ταχύτητα του ελάσματος και υπάρχει ταύτιση των δύο ταχυτήτων μόνο σε ένα ενδιάμεσο σημείο το οποίο ονομάζεται **ουδέτερο σημείο**. Πριν το έλασμα κινείται με ταχύτητα μικρότερη του ελάστρου ενώ μετά κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτή του ελάστρου

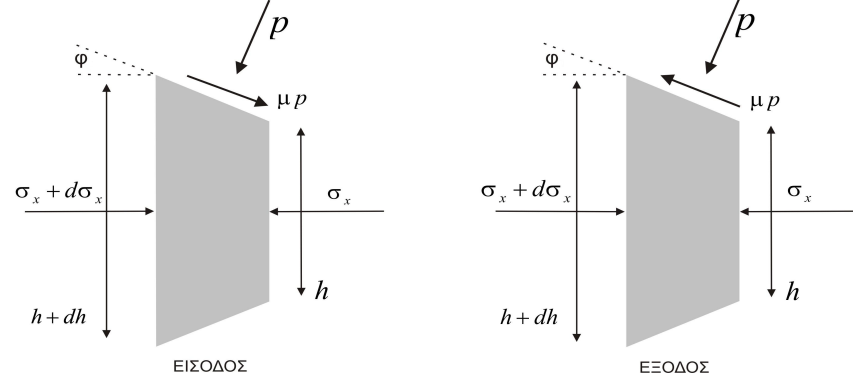


Με τη μείωση του μ έχουμε μετακίνηση του ουδέτερου σημείου προς την έξοδο.

ΕΛΑΣΗ-7



Αναλυτικός υπολογισμός πίεσης έλασης Διάγραμμα Ελεύθερου Σώματος (Μέθοδος Slab)



Βήμα 1: Ισορροπία Δυνάμεων

$$(\sigma_x + d\sigma_x)(h + dh) - 2pR d\varphi \sin \varphi - \sigma_x h + 2\mu p R d\varphi \cos \varphi = 0$$

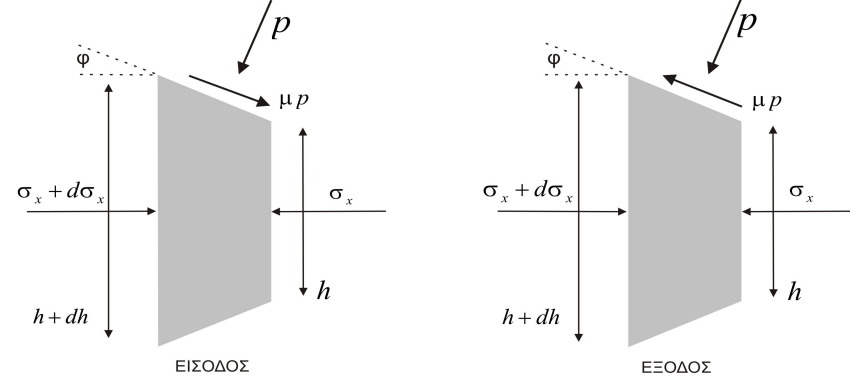
και

$$(\sigma_x + d\sigma_x)(h + dh) - 2pR d\varphi \sin \varphi - \sigma_x h - 2\mu p R d\varphi \cos \varphi = 0$$

Απλοποιώντας:

$$d(\sigma_x h)/d\varphi = 2pR (\sin \varphi \mp \mu \cos \varphi) \quad (1)$$

Αναλυτικός υπολογισμός πίεσης επίπεδης έλασης



Βήμα 2: Υποθέσεις και Προσαρμογή

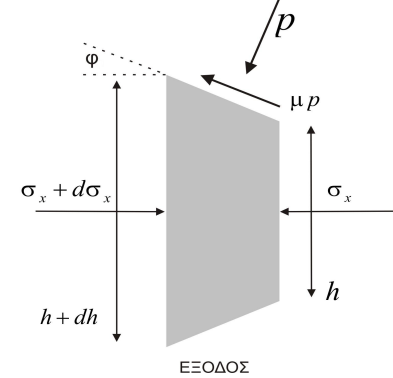
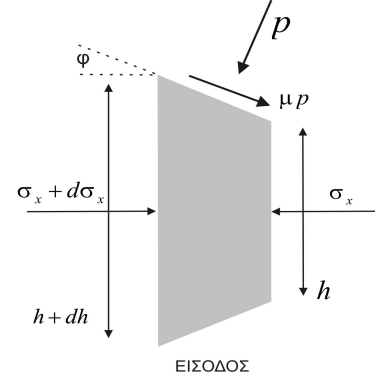
Η γωνία επαφής στην έλαση είναι μερικές μόνο μοίρες (πρακτικά κοντά στο 0) οπότε $\cos \varphi = 1$ $\sin \varphi = \varphi$ και η (1) γίνεται

$$d(\sigma_x h)/d\varphi = 2 p R (\varphi + \mu) \quad (2)$$

Επιπλέον $\sigma_1 - \sigma_3 = p - \sigma_x = \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right) \sigma_Y = \sigma'_Y$

και η (2) γίνεται $d\left(\sigma'_Y \left(\frac{p}{\sigma'_Y} - 1\right) h\right)/d\varphi = 2 p R (\varphi + \mu) \quad (3)$

Αναλυτικός υπολογισμός πίεσης επίπεδης έλασης



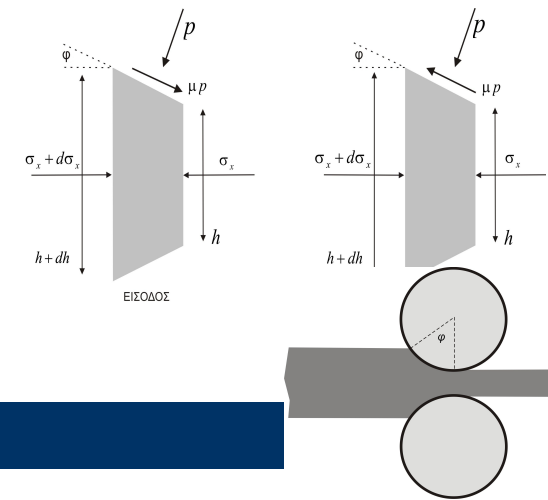
Με παραγωγή κατά μέρη (κανόνας αλυσίδας) στην (3) έχουμε

$$(\sigma'_Y h) d\left(\frac{p}{\sigma'_Y}\right) / d\varphi + \left(\frac{p}{\sigma'_Y} - 1\right) d(\sigma'_Y h) / d\varphi = 2 p R (\varphi + \mu) \quad (4)$$

Παρατήρηση: Ο 2^{ος} όρος του πρώτου μέλους της (4) είναι πολύ μικρός: «καθώς το πάχος μειώνεται το όριο διαρροής αυξάνεται»

$$(\sigma'_Y h) d\left(\frac{p}{\sigma'_Y}\right) / d\varphi = 2 p R (\varphi + \mu) \quad \text{ή} \quad \frac{d}{d\varphi} \left(\frac{p}{\sigma'_Y} \right) = 2 R (\varphi + \mu) / h \quad (5)$$

Αναλυτικός υπολογισμός πίεσης επίπεδης έλασης



Από τη γεωμετρία $h = h_1 + 2R(1 - \cos \varphi)$ ή $h = h_1 + R\varphi^2$ (6)

(5) $\xrightarrow{(6)}$ $\ln \frac{p}{\sigma'_Y} = \ln \frac{h}{R} \mp 2\mu \sqrt{\frac{R}{h_1}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{R}{h_1}} \varphi \right) + \ln C$

ή

$$p = C \sigma'_Y \frac{h}{R} \exp(\mp \mu H)$$

(7)

όπου

$$H = 2 \sqrt{\frac{R}{h_1}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{R}{h_1}} \varphi \right)$$

Αναλυτικός υπολογισμός πίεσης επίπεδης έλασης

Οριακές Συνθήκες: Στην είσοδο η $\varphi = \alpha$, στην έξοδο $\varphi = 0$ και $H_1 = 0$ ενώ $p = \sigma'_Y$ παντού

Στη ζώνη ΕΙΣΟΔΟΥ

$$C = \frac{R}{h_1} \exp(\mu H)$$

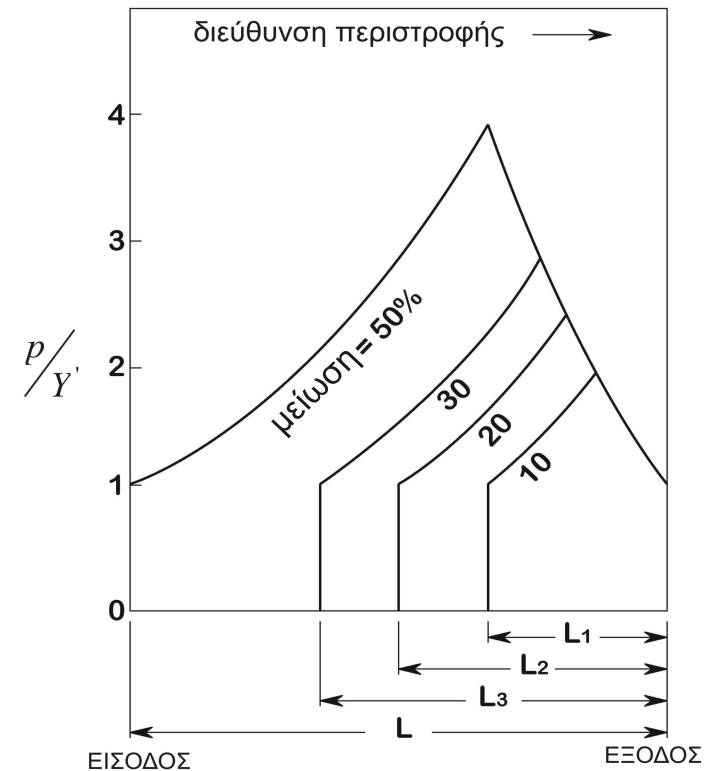
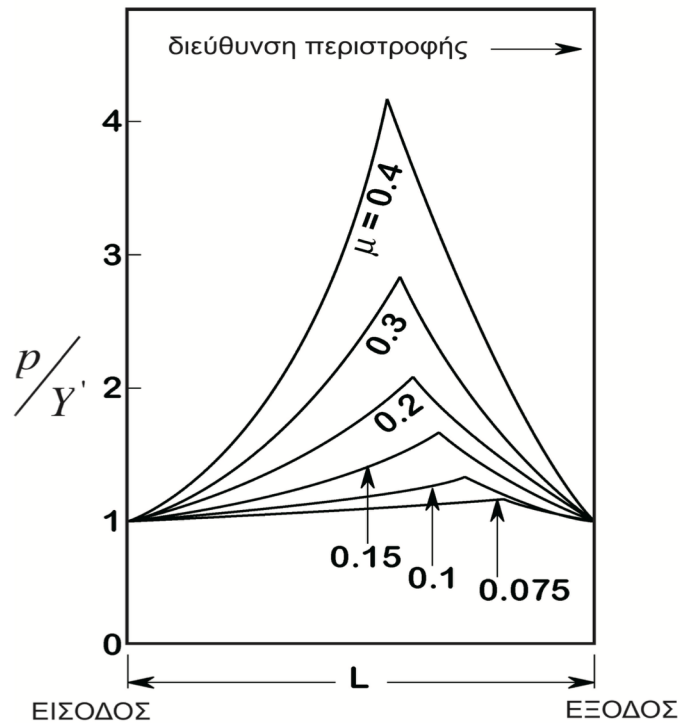
$$p = \sigma'_Y \frac{h}{h_0} \exp(\mu(H_0 - H))$$

Στη ζώνη ΕΞΟΔΟΥ

$$C = \frac{R}{h_1}$$

$$p = \sigma'_Y \frac{h}{h_1} \exp(\mu H)$$

Μεταβολή της αδιάστατης πίεσης



Υπολογισμός θέσης του Ουδέτερου Σημείου (ΟΣ)

Πίεση Πριν το ΟΣ

Πίεση Μετά το ΟΣ

$$p = \sigma'_Y \frac{h}{h_0} \exp(\mu(H_0 - H)) = \sigma'_Y \frac{h}{h_1} \exp(\mu H)$$

$$\frac{h_0}{h_1} = \exp(\mu(H_0 - 2H))$$

Για $H=H_n$
προκύπτει

$$H_n = 0,5 \left(H_0 - (1/\mu) \ln(h_0/h_1) \right)$$

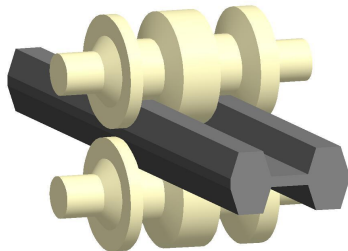
και η φ του ΟΣ

$$\varphi_n = \sqrt{\frac{h_1}{R}} \tan \left(\sqrt{\frac{h_1}{R}} \frac{H_n}{2} \right)$$

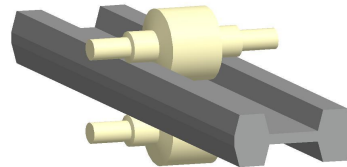
ΕΛΑΣΗ- Ειδικές εφαρμογές

Διαδοχικές φάσεις από την κατασκευή δομικών δοκών

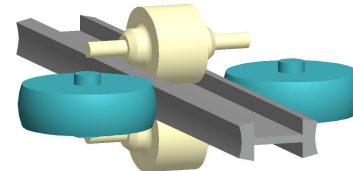
ΦΑΣΗ 1



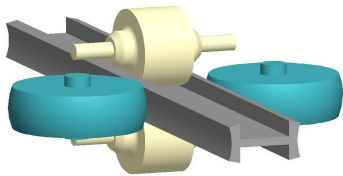
ΦΑΣΗ 2



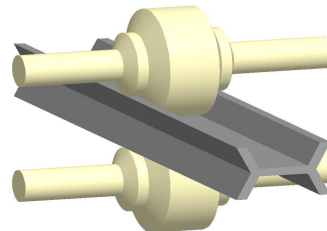
ΦΑΣΗ 3



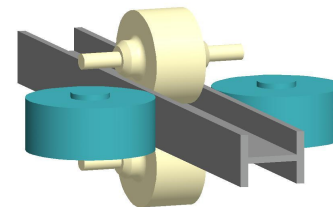
ΦΑΣΗ 4



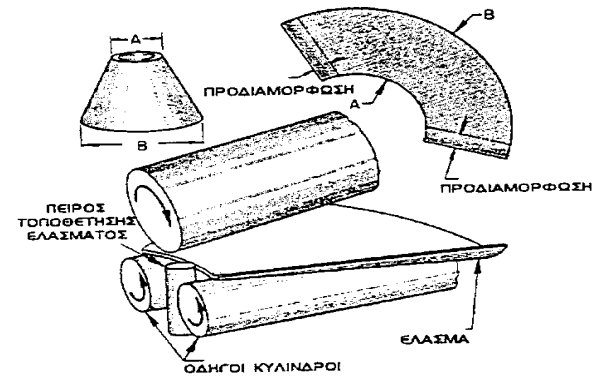
ΦΑΣΗ 5



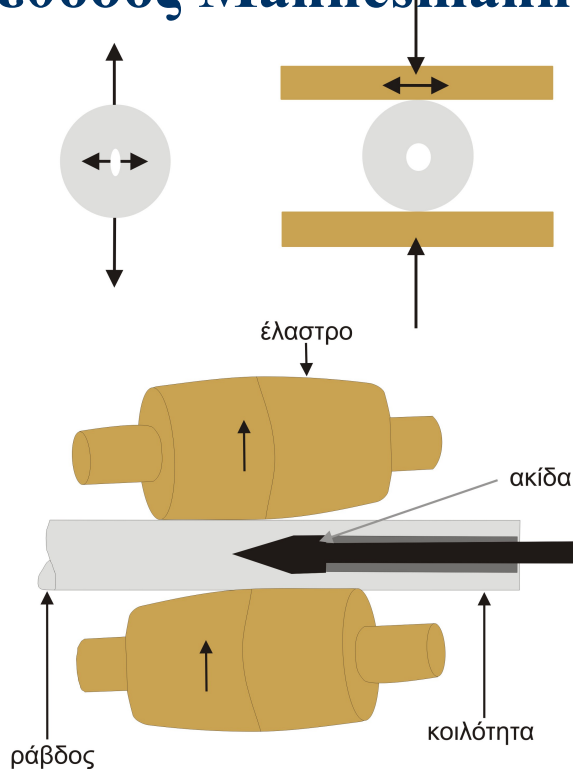
ΦΑΣΗ 6



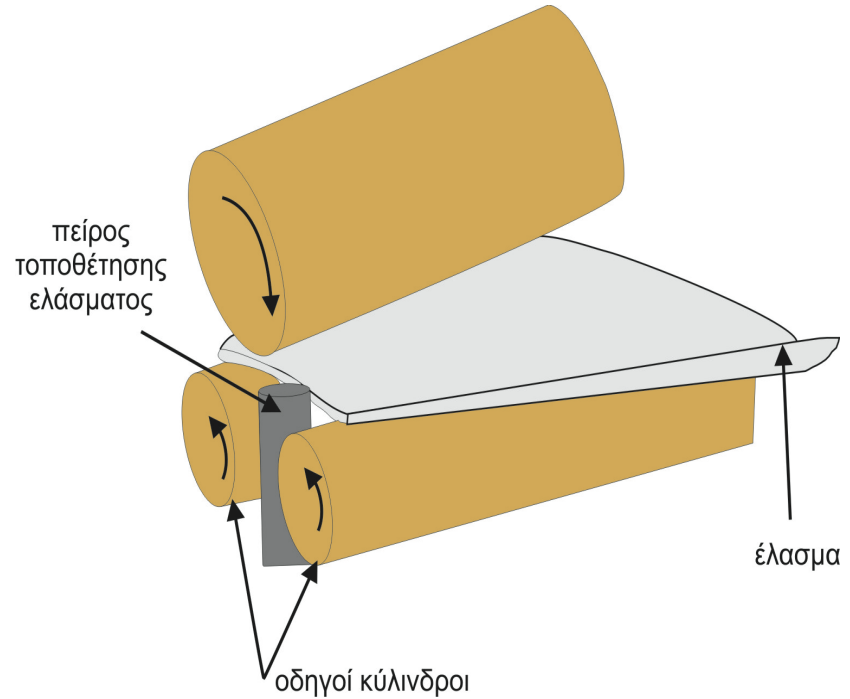
ΕΛΑΣΗ- Ειδικές εφαρμογές



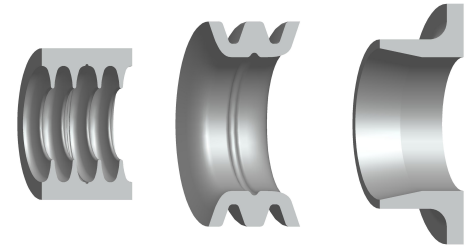
Μεθόδος Mannesmann



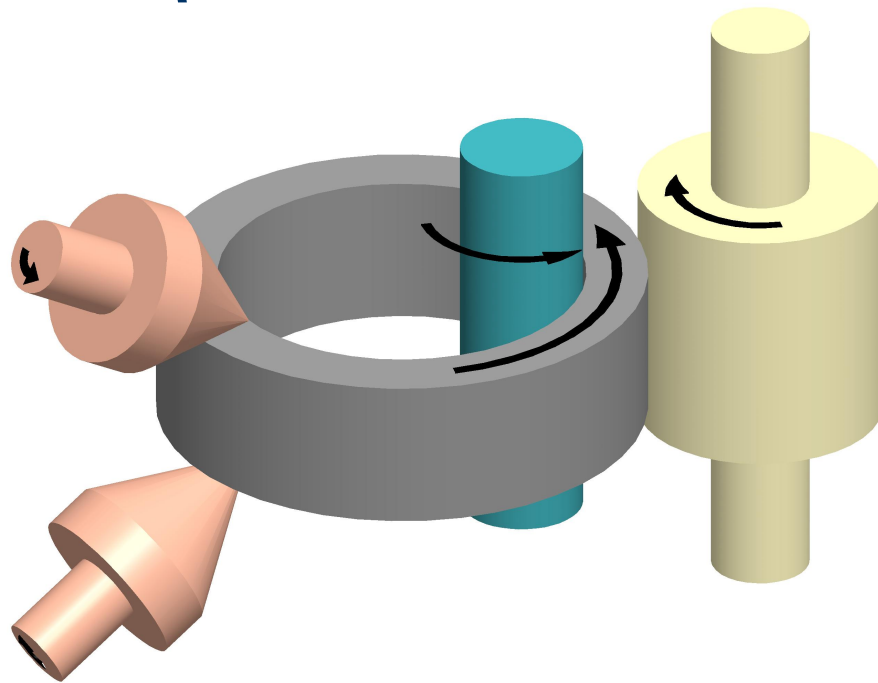
Κωνική διαμόρφωσης ελάσματος



ΕΛΑΣΗ- Ειδικές εφαρμογές

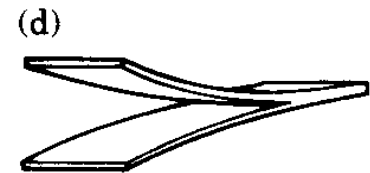
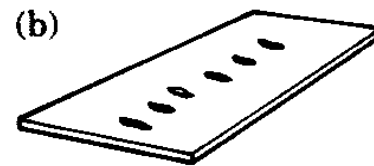
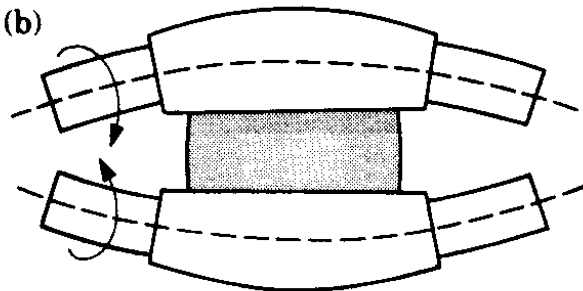
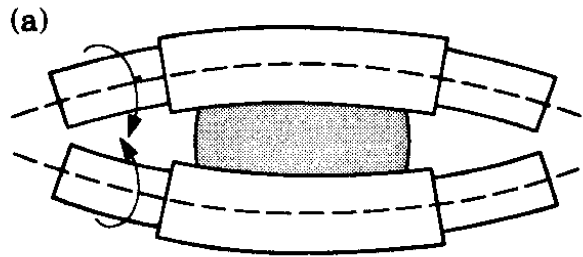


Έλαση Δακτυλίου

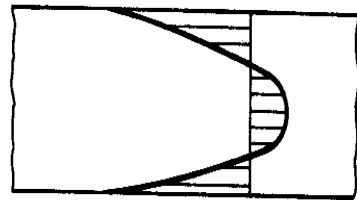
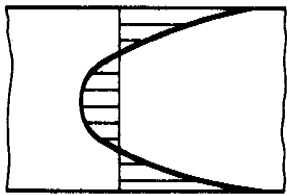
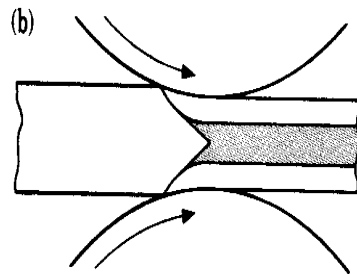
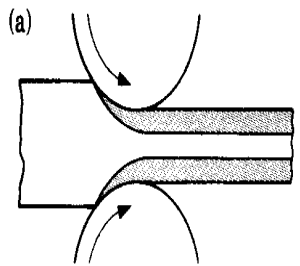


ΕΛΑΣΗ-8

Ελαττώματα *a) κυματισμός στα άκρα, b) ρωγμές στο μέσον c) ρωγμές στα άκρα d) κροκοδειλισμός*

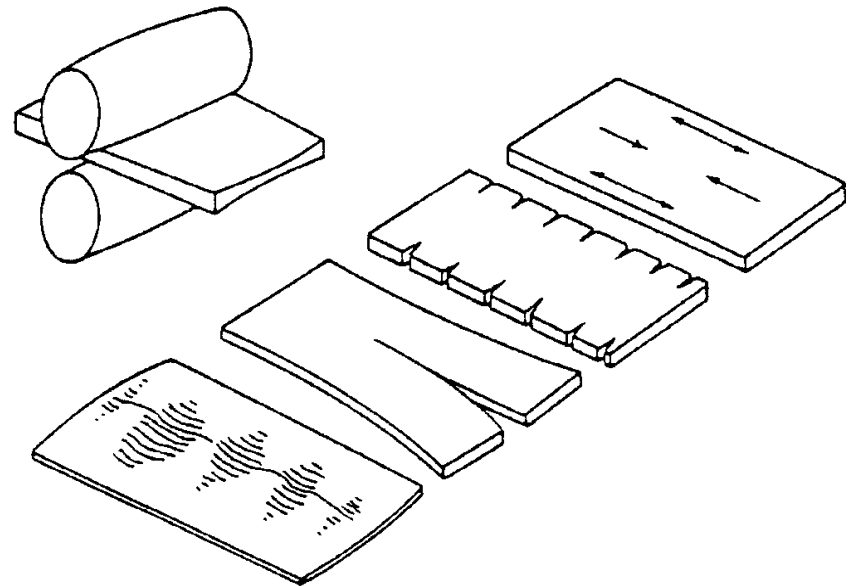
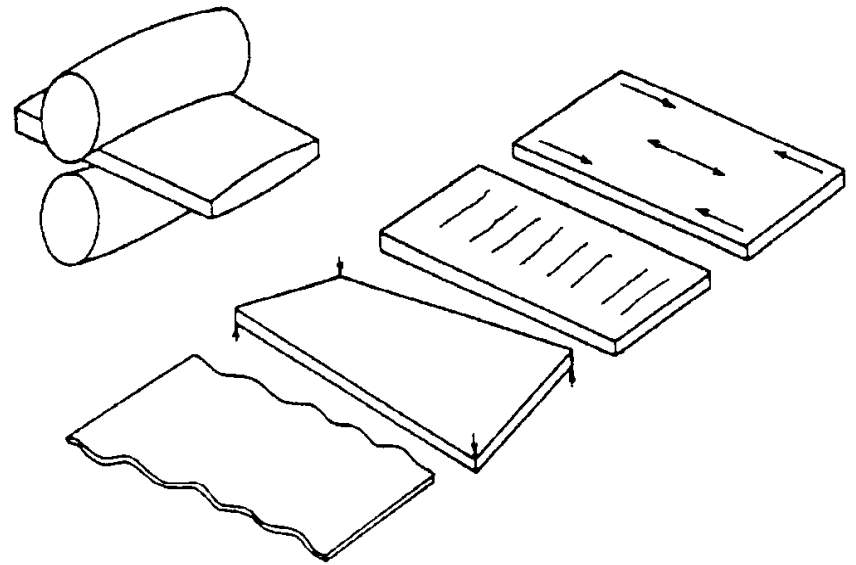


ΕΛΑΣΗ-9



Tension Compression

Tension Compression



Χρήσιμα

- https://www.youtube.com/watch?v=JIM_t9QH8J8
- <https://www.youtube.com/watch?v=otVFDo9YSM8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=hejopAGM1MY>
- <https://www.youtube.com/watch?v=0x1uRR9Jb34>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ztcEyeI47Kg>
- <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/nip-pressure-alignment-tool>