

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΥΛΙΚΩΝ & ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ



Καθ. Αριστομένης Αντωνιάδης
Καθ. Νικόλαος Μπιλάλης
Δρ. Παύλος Κουλουριδάκης

Μαθιουλάκη Κυριακή-Ευαγγελία

Πολυτεχνείο Κρήτης – Χανιά 2018

2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών
& Επίπεδων Ελασμάτων



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία

2

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΑΡΧΕΓΟΝΗ
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ
ΜΕ
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ
ΜΕ ΚΟΠΗ

ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ

ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ

Θλιπτική παραμόρφωση

Θλιπτική/εφελκυστική
παραμόρφωση

Εφελκυστική
παραμόρφωση

Καμπτική παραμόρφωση

Διατμητική παραμόρφωση

2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών
& Επίπεδων Ελασμάτων



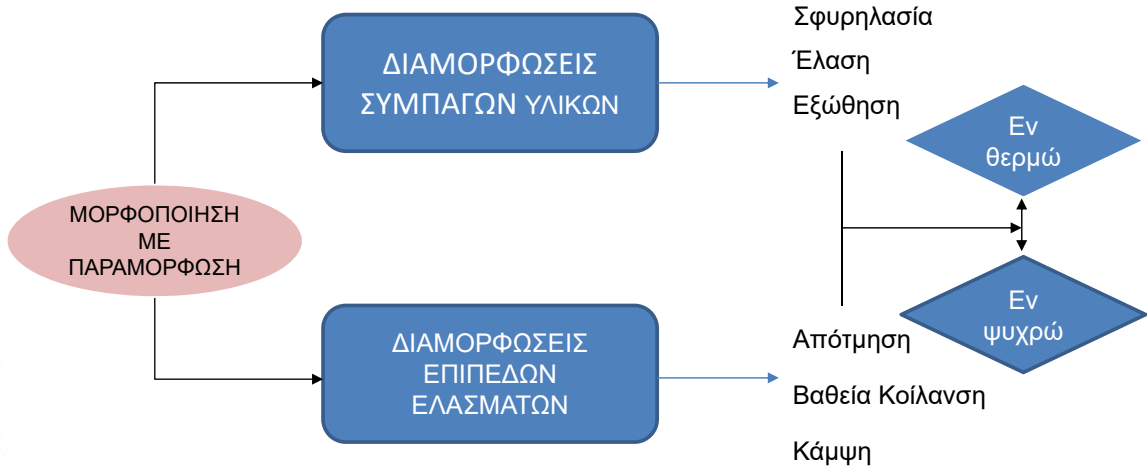
Δυνατότητες μορφοποίησης τεμαχίων

<http://www.m3.tuc.gr>



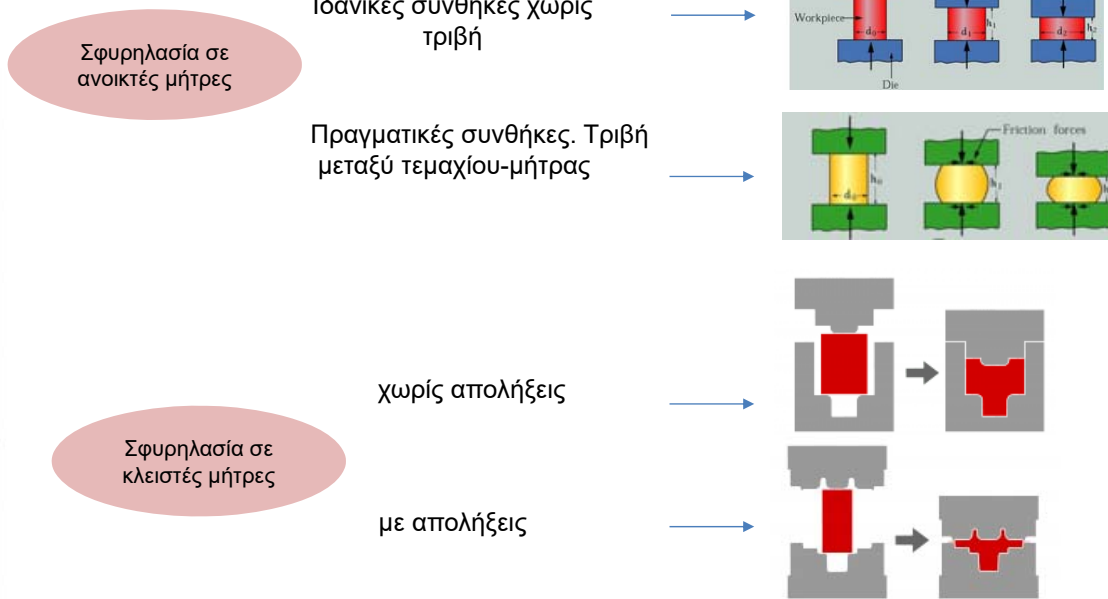
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία

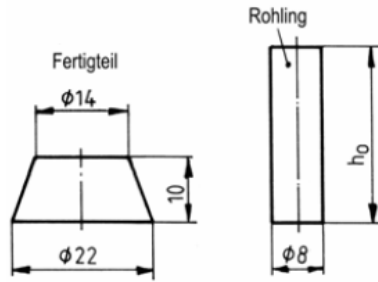


ΣΦΥΡΗΛΑΣΙΑ

Διαδικασία κατά την οποία τεμάχιο υφίσταται πλαστική παραμόρφωση υπό την επίδραση δυνάμεων συμπίεσης



Ο κόλινος κώνος του σχήματος Cq35 κατασκευάζεται μέσω σφυρηλασίας με **ανοικτές μήτρες**. Δοσμένου του συντελεστή τριβής $\mu=0.15$ και του συντελεστή απόδοσης $\eta=80\%$, ζητείται να υπολογιστούν: α) το **αρχικό ύψος του ακατέργαστου τεμαχίου**, β) η **πραγματική παραμόρφωση**, γ) η **μείωση του ύψους**, δ) ο **λόγος σφυρηλασίας**, ε) η **δύναμη σφυρηλασίας**, στ) το **έργο σφυρηλασίας**



- α) $V_{\text{αρχ}} = V_{\text{τελ}} \quad \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot h_0}{4} = 2.586.57 \text{ mm}^3 \Rightarrow h_0 = 52 \text{ mm}$
- β) $\varphi_p = \ln\left(\frac{h_1}{h_0}\right) = \ln\left(\frac{10}{52}\right) = -1.64 \quad \varphi_p = 164\%$
- γ) $\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100\% \Rightarrow \varepsilon = \frac{52 - 10}{52} \cdot 100\% = 80.76\%$
- δ) $s = \frac{h_0}{d_0} = \frac{52}{8} = 6.5 \quad s = 6.5 > 4.5$ η διαδικασία πραγματοποιείται σε τρεις φάσεις

$s \cong 2.6$ Η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 1 φάση

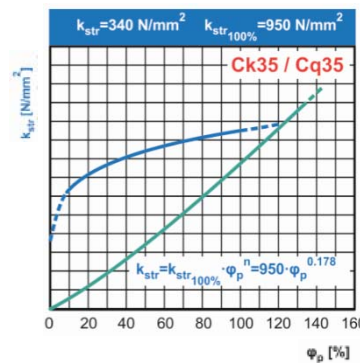
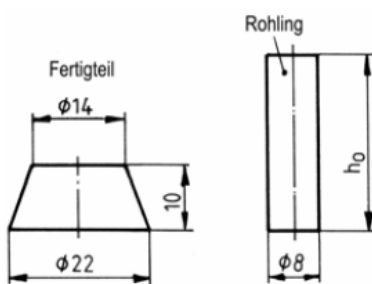
$s \leq 4.5$ Η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 2 φάσεις

- ε) εκ περιστροφής συμμετρικά τεμάχια $F = A_1 \cdot k_{\text{str}1} \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \mu \cdot \frac{d_1}{h_1}\right) = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot k_{\text{str}1} \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \mu \cdot \frac{d_1}{h_1}\right)$

2018



Ο κόλινος κώνος του σχήματος Cq35 κατασκευάζεται μέσω σφυρηλασίας με **ανοικτές μήτρες**. Δοσμένου του συντελεστή τριβής $\mu=0.15$ και του συντελεστή απόδοσης $\eta=80\%$, ζητείται να υπολογιστούν: α) το **αρχικό ύψος του ακατέργαστου τεμαχίου**, β) η **πραγματική παραμόρφωση**, γ) η **μείωση του ύψους**, δ) ο **λόγος σφυρηλασίας**, ε) η **δύναμη σφυρηλασίας**, στ) το **έργο σφυρηλασίας**



$$k_{\text{str}0} = 340 \text{ N/mm}^2 \quad \varphi_p = 0$$

$$k_{\text{str}1} = 950 \text{ N/mm}^2 \quad \varphi_p = 100\%$$

- Δύναμη σφυρηλασίας

$$F = A_1 \cdot k_{\text{str}1} \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \mu \cdot \frac{d_1}{h_1}\right) = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot k_{\text{str}1} \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \mu \cdot \frac{d_1}{h_1}\right)$$

$$F = 877.6614 \cong 877 \text{ N}$$

- το Έργο σφυρηλασίας

$$W = \frac{V_1 \cdot k_{\text{str}m} \cdot \varphi_p}{\eta F} = 3.420.0192 \text{ N/mm} \Rightarrow W = 3.4 \text{ kN/m}$$

$$k_{\text{str}m} = \frac{k_{\text{str}0} + k_{\text{str}1}}{2} = \frac{340 + 950}{2} = 645 \text{ N/mm}^2$$

2018



Κατεργασία κατά την οποία μειώνεται πλαστικά το πάχος του ελάσματος μέσω δυνάμεων συμπίεσης, καθώς το τεμάχιο κυλιέται ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα ράουλα

Επίπεδη

Μορφής

Ελικοτομή

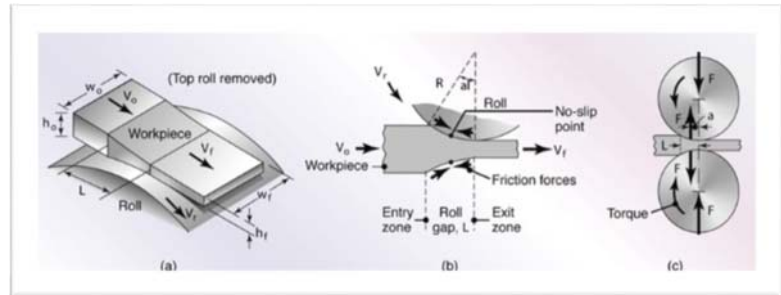
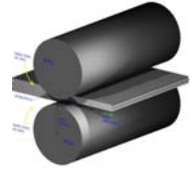
Δακτυλίου

Οδ. Τροχού

Περιστροφική

ΜΗΧΑΝΕΣ

- έλαστρο 2 ραούλων
- έλαστρο 2 ραούλων με ανάστροφη κίνηση
- έλαστρο 3 ραούλων
- έλαστρο 4 ραούλων
- έλαστρο τύπου cluster



2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών & Επίπεδων Ελασμάτων

ΕΙΔΗ ΕΛΑΣΗΣ



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

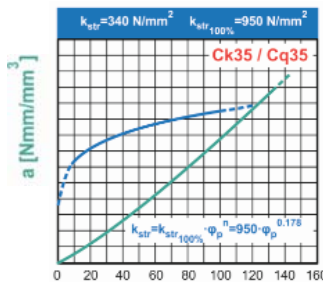
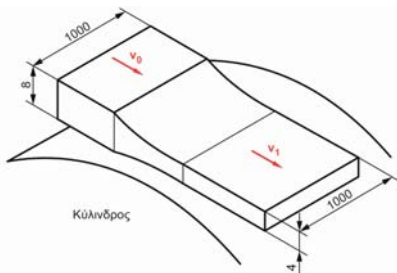
<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία

Για την έλαση που παρουσιάζεται στο σχήμα, να υπολογισθεί η δύναμη και η ισχύς λαμβάνοντας υπόψιν ότι το υλικό είναι χάλυβας Ck 35 και το μήκος του τεμαχίου 20m. Ο συντελεστής απόδοσης λαμβάνεται 0.55



ο Δύναμη παραμόρφωσης $F = \frac{A_1 \cdot k_{fm} \cdot \phi}{2 \cdot \eta_F}$

$$F = 2145272.72 \text{ N}$$

• πραγματική παραμόρφωση $\phi = \ln \frac{A_0}{A_1} = 0.69$
 $\phi = 69\%$

• Μέση αντίσταση στη παραμόρφωση

$$k_{fm} = \frac{a}{\phi} = \frac{590}{0.69} = 855 \text{ N/mm}^2$$

ο Έργο παραμόρφωσης $W = 2F \cdot l_1$

$$W = 2F \cdot l_1 = 2 \cdot 2145272.72 \cdot 20 = 85810.9 \text{ kNm}$$

2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών & Επίπεδων Ελασμάτων



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

<http://www.m3.tuc.gr>

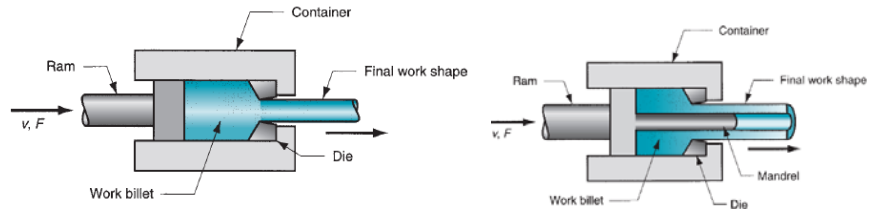


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

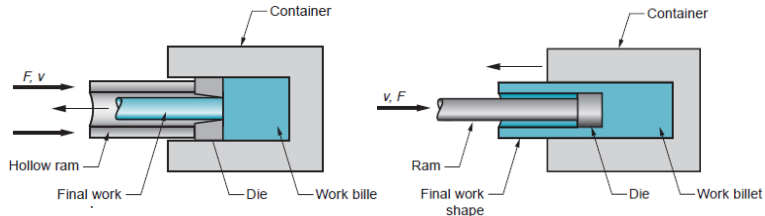
Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία

Η εξώθηση είναι μία διαδικασία συμπίεσης στην οποία το κατεργαζόμενο μέταλλο εξαναγκάζεται να διέλθει από το άνοιγμα μήτρας με σκοπό να παραχθεί σχήμα συγκεκριμένης διατομής, υπό την επίδραση ισχυρής πίεσης

Άμεση



Έμμεση



2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών & Επίπεδων Ελασμάτων



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

<http://www.m3.tuc.gr>

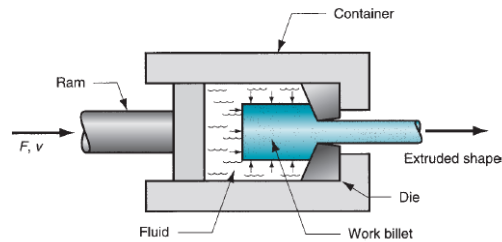


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

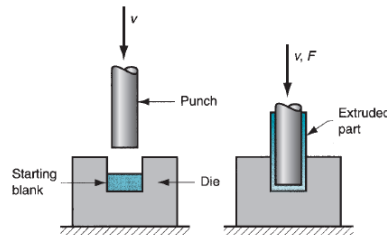
Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία

Η εξώθηση είναι μία διαδικασία συμπίεσης στην οποία το κατεργαζόμενο μέταλλο εξαναγκάζεται να διέλθει από το άνοιγμα μήτρας με σκοπό να παραχθεί σχήμα συγκεκριμένης διατομής, υπό την επίδραση ισχυρής πίεσης

Υδροστατική



Κρουστική



2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών & Επίπεδων Ελασμάτων



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία

Σκοπός της άσκησης είναι η παρασκευή κυκλικών ράβδων με διάμετρο $d=15\text{mm}$ από AlMgSi1. Δίνονται τα εξής δεδομένα: **ταχύτητα εμβόλου** 2mm/sec , **πυκνότητα** AlMgSi1 $\rho=2.7\text{kg/dm}^3$, **διάμετρος μπιγέτας** 180mm , **μήκος** 100mm , **θερμοκρασία παραμόρφωσης** 450°C . Ζητείται να υπολογιστεί η **δύναμη εξώθησης**. Δίνεται $\eta_F=0.5$ και $\mu=0.15$

□ **Δύναμη Παραμόρφωσης** $F = \frac{A_0 \cdot k_{str} \cdot \varphi_p}{\eta_F} + d_0 \cdot \pi \cdot l \cdot \mu \cdot k_{str}$

- πραγματική παραμόρφωση: $\varphi_p = \ln \frac{A_0}{A_1} = 4.96$ για AlMgSi 1 $\varphi_{επ} = 5.5$ Αφού $\varphi_p < \varphi_{επ}$

τότε η διαδικασία πραγματοποιείται με ασφάλεια σε ένα στάδιο

- τάση ροής για κατεργασία εν θερμώ:

$$k_{str} = k_{str1} \cdot \left(\frac{\dot{\varphi}}{\dot{\varphi}_1} \right)^m, \text{ όπου για } \dot{\varphi} = 1\text{s}^{-1} (\text{βασική ταχύτητα}) \Rightarrow k_{str} = k_{str1} \cdot \dot{\varphi}^m$$

k_{str1} τάση ροής υλικού για βέλτιστη θερμοκρασία και συγκεκριμένο ρυθμό παραμόρφωσης. Υπολογίζεται από το πίνακα για AlMgSi στους 450°C

m εξαρτάται από το υλικό

$$m = 0.108, k_{str1} = 48\text{N/mm}^2$$

2018



Σκοπός της άσκησης είναι η παρασκευή κυκλικών ράβδων με διάμετρο $d=15\text{mm}$ από AlMgSi1. Δίνονται τα εξής δεδομένα: **ταχύτητα εμβόλου** 2mm/sec , **πυκνότητα** AlMgSi1 $\rho=2.7\text{kg/dm}^3$, **διάμετρος μπιγέτας** 180mm , **μήκος** 100mm , **θερμοκρασία παραμόρφωσης** 450°C . Ζητείται να υπολογιστεί η **δύναμη εξώθησης**. Δίνεται $\eta_F=0.5$ και $\mu=0.15$

□ **Δύναμη Παραμόρφωσης** $F = \frac{A_0 \cdot k_{str} \cdot \varphi_p}{\eta_F} + d_0 \cdot \pi \cdot l \cdot \mu \cdot k_{str} \Rightarrow F = 12470\text{kN}$

Βήματα υπολογισμού ρυθμού παραμόρφωσης

- Υπολογισμός ταχύτητας εξόδου $v_{ex} = \frac{60 \cdot v_p \cdot A_0}{10^3 \cdot A_1} = 17.28\text{m/min}$
- Εφόσον πλέον είναι γνωστά η πραγματική παραμόρφωση και η ταχύτητα εξόδου, μπορεί να υπολογιστεί ο **ρυθμός παραμόρφωσης** για αρχική διάμετρο $d_0=180\text{mm}$

$$\dot{\varphi} = \frac{6 \cdot v_p \cdot \varphi_p}{d_0} = 0.33\text{s}^{-1} \quad k_{str} = k_{str1} \cdot \dot{\varphi}^m \Rightarrow k_{str} = 48 \cdot 0.33^{0.108} = 42.58\text{N/mm}^2$$

2018



Η απότμηση είναι μία διαδικασία κοπής ελάσματος ή λωρίδας μετάλλου σε συγκεκριμένα μεγέθη, χωρίς τη δημιουργία αποβλήτου

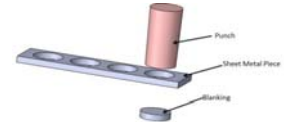
Απότμηση κατά μήκος ανοικτής γραμμής

Απότμηση κατά μήκος κλειστής γραμμής

parting



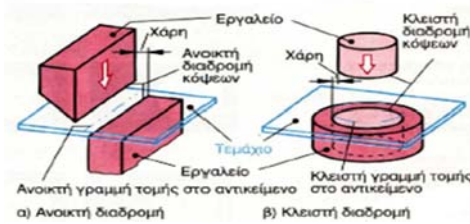
blanking



notching



punching



2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών & Επίπεδων Ελασμάτων



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ

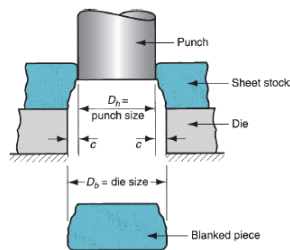
<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία

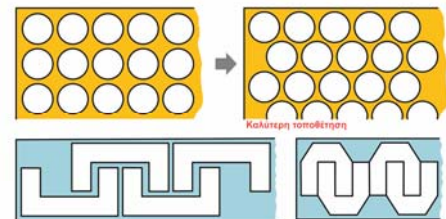
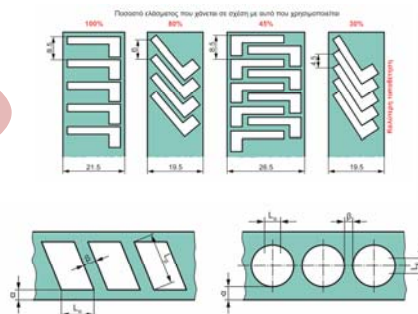
Χάρη



Χάρη μεγαλύτερη από τη κανονική μεγάλη κάμψη του ελάσματος/ λαμαρίνας σκίσιμο στην καμπυλότητα της κάμψης Παράλληλα με μεγάλη χάρη και μαλακό μέταλλο ευνοείται η δημιουργία γρεζιού.

Τιμή της χάρης ανεπαρκής Πρέπει να κοπούν επιπλέον στρώματα από το υλικό πριν πραγματοποιηθεί ολόκληρος ο διαχωρισμός και να συναντηθούν οι ρωγμές.

Συντελεστής Εκμετάλλευσης



2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών & Επίπεδων Ελασμάτων



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ

<http://www.m3.tuc.gr>

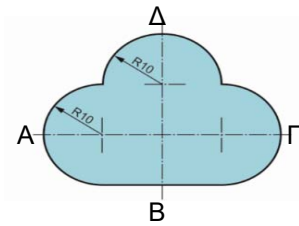
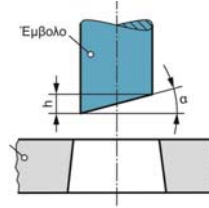


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία

Για την απότμηση των τεμαχίων του σχήματος από λαμαρίνα St37 πάχους 2mm, ζητείται να υπολογιστούν: το ύψος της κλίσης του εμβόλου, η μέση δύναμη απότμησης, το σημείο εφαρμογής της δύναμης, η χάρη και η διάμετρος της χρησιμοποιούμενης μήτρας και το έργο απότμησης

- Ύψος κλίσης του εμβόλου $h=(0.6 \text{ έως } 0.9) \cdot s$,
Έστω 0.75 τότε $h=0.75 \cdot 2=1.5\text{mm}$



- Μέση δύναμη απότμησης

$$F = \tau_{\alpha} \cdot A$$

Για κοπή κλειστού περιγράμματος: $A = U \cdot s \quad A=228.4\text{mm}^2$

U περίμετρος σχήματος $U = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 114.2\text{mm}$

s πάχος ελάσματος

- Σημείο εφαρμογής της δύναμης

Επιλέγεται σύστημα συντεταγμένων X-Y.

$$A = (x_1, y_1) = (-10, 0)$$

$$B = (x_2, y_2) = (10, -10)$$

$$\Gamma = (x_3, y_3) = (30, 0)$$

$$\Delta = (x_4, y_4) = (10, 20)$$

$$x_0 = \frac{L_1 \cdot x_1 + L_2 \cdot x_2 + L_3 \cdot x_3 + L_4 \cdot x_4}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4} \quad x_0 = 10$$

$$y_0 = \frac{L_1 \cdot y_1 + L_2 \cdot y_2 + L_3 \cdot y_3 + L_4 \cdot y_4}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4} \quad y_0 = 3.74$$

Το σημείο εφαρμογής S έχει συντεταγμένες S(10,3.74)

2018



ΑΣΚΗΣΗ

Για την απότμηση των τεμαχίων του σχήματος από λαμαρίνα St37 πάχους 2mm, ζητείται να υπολογιστούν: το ύψος της κλίσης του εμβόλου, η μέση δύναμη απότμησης, το σημείο εφαρμογής της δύναμης, η χάρη και η διάμετρος της χρησιμοποιούμενης μήτρας και το έργο απότμησης

- Υπολογισμός χάρης

Εμπειρική σχέση για $s < 3\text{mm}$

$$u = 0.007 \cdot s \cdot \sqrt{\tau_{\alpha}} \Rightarrow u = 0.246$$

- Υπολογισμός της διαμέτρου της μήτρας

$$D = d + 2 \cdot u \Rightarrow D = 18 + 2 \cdot 0.246 = 18.492\text{mm}$$

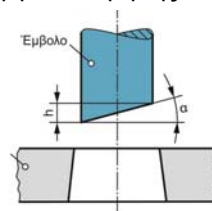
U τεμαχίου 114.2mm

Το μήκος αυτό αντιστοιχεί σε κύκλο $2\pi r = 114.2 \text{ mm} \Rightarrow r \approx 18\text{mm}$

Άρα $d = 36\text{mm}$

- Έργο απότμησης

$$W = 0.6 \cdot F \cdot s \Rightarrow W = 0.6 \cdot 71 \cdot 2 = 85.2\text{Nm}$$



$$U = 114.2\text{mm}$$

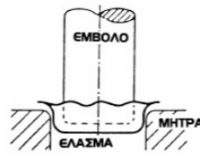
$$\text{μήκος κύκλου} = 2 \cdot \pi \cdot r$$

2018

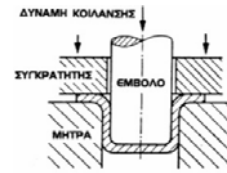


Η βαθεία κοίλανση είναι μια κατεργασία διαμόρφωσης ελάσματος κατά την οποία ένα επίπεδο έλασμα μετασχηματίζεται σε κοίλο και πραγματοποιείται υπό την επίδραση εφελκυστικών και θλιπτικών δυνάμεων. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας το πλάτος του αρχικού ελάσματος παραμένει αμετάβλητο και η επιφάνεια δεν μεταβάλλεται

Χωρίς συγκράτηση

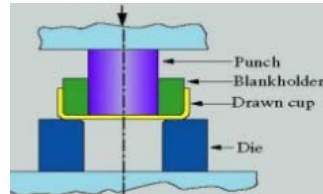


Με συγκράτηση

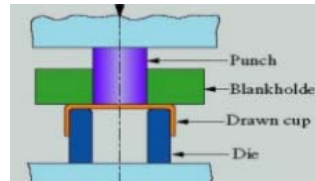


Ανακοίλανση

Άμεση



Ανάστροφη



2018



Πρόκειται να κατασκευαστεί το κυλινδρικό τεμάχιο από χάλυβα St14 με όριο θραύσης σε εφελκυσμό $\sigma_B = 300 \text{ N/mm}^2$. Ζητείται να υπολογιστούν:

- η διάμετρος του αρχικού ελάσματος
- ο λόγος κοίλανσης
- η δύναμη κοίλανσης στη πρώτη φάση κοίλανσης
- η χάρη κοίλανσης
- η δύναμη συγκράτησης
- το έργο κοίλανσης

- Διάμετρος του αρχικού ελάσματος

Βασική Αρχή $S_{\text{αρχ}} = S_{\text{τελ}}$

$$\Rightarrow \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} = S_1 + S_2 + S_3$$

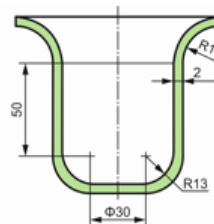
$$\Rightarrow D_0 = 146.3 \text{ mm}$$

Επιλέγεται $D_0 = 146 \text{ mm}$

- Λόγος κοίλανσης

$$\beta_{\text{actual}} = \frac{D}{d} = 2.6$$

D : η αρχική διάμετρος
 d : εσωτερική διάμετρος



Υλικό: St33 ή 1.0035
Ιδιότητες: Όριο θραύσης σε εφελκυσμό $\sigma_B = 290 \text{ N/mm}^2$

αρχικό τεμάχιο κυκλικό έλασμα : $\pi \cdot \frac{D_0^2}{4} \rightarrow S_{\text{αρχ}}$

πυθμένας κυαθίου με ακτίνα $R = 13 \text{ mm}$: $\pi^2 \cdot R \cdot d_1 \rightarrow S_1$

επιφάνεια ύψους $h = 50 \text{ mm}$: $\pi \cdot d \cdot h \rightarrow S_2$

φλάντζα με ακτίνα $R = 13 \text{ mm}$: $\pi^2 \cdot R / 2 \cdot (D - 1.3R) \rightarrow S_3$

2018



Υπολογισμός Λόγου d/s

$$d/s=56/2=28$$

Επιτρεπτός Λόγο Κοίλανσης

$$\beta_{\text{επ}}=2.1 \rightarrow \beta_{\text{act}} > \beta_{\text{επ}}$$

παραπάνω από μία κοιλάνσεις

- 1^η κοίλανση

$$\beta_{0\text{perm}} = \frac{D}{d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{D}{\beta_{0\text{perm}}} = \frac{146}{2.1} = 69.5\text{mm}$$

Επιλέγεται διάμετρος $d_1=70\text{mm}$

$$\text{λόγος κοίλανσης } \beta_0 = \frac{D}{d_1} = \frac{146}{70} = 2.08$$

- 1^η ανακοίλανση ($\beta_{1\text{perm}}=1.3$)

$$\beta_{1\text{perm}} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow d_2 = \frac{d_1}{\beta_{1\text{perm}}} = \frac{70}{1.3} = 53.8\text{mm}$$

Επειδή $53.8 < d=56$ η διαδικασία τερματίζεται και $d_2=56\text{mm}$



- 1^η ανακοίλανση

$$\text{λόγος κοίλανσης } \beta_1 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{70}{56} = 1.25$$

Συνεπώς η κοίλανση πραγματοποιείται σε δύο φάσεις για τις οποίες ισχυεί :

1^η φάση : αρχική διάμετρος $D=146\text{mm}$

τελική διάμετρος $d_1=70\text{mm}$

λόγος κοίλανσης $\beta_0=2.08$

2^η φάση : αρχική διάμετρος $d_1=70\text{mm}$

τελική διάμετρος $d_2=56\text{mm}$

λόγος κοίλανσης $\beta_1=1.25$

2018



ΑΣΚΗΣΗ

- Δύναμη κοίλανσης 1^η φάση

Για κυλινδρικά τεμάχια

$$F_Z = d_1 \cdot \pi \cdot s \cdot \sigma_B \cdot \frac{\beta_0 - 1}{\beta_{\text{perm}} - 1} = 129.482\text{kN}$$

- Χάρη κοίλανσης

$$c = s + k\sqrt{s} = 2 + 0.07 \cdot \sqrt{2} = 2.09$$

$k=0.07$ για χάλυβα

- δύναμη συγκράτησης

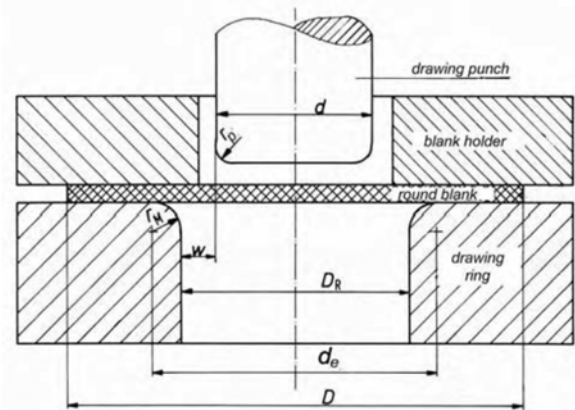
$$F_N = p \cdot A_N \Rightarrow F_N = 11.325195\text{ kN}$$

□ πίεση συγκράτησης

$$p = \left[(\beta_0 - 1)^2 + \frac{d_1}{200 \cdot s} \right] \cdot \frac{\sigma_B}{400} = 1.0\text{ N/mm}^2$$

□ επιφάνεια συγκράτησης

$$A_N = (D^2 - d_e^2) \cdot \frac{\pi}{4} \Rightarrow A_N = 11325.195\text{mm}^2$$



$$d_e = d_1 + 2 \cdot c + 2 \cdot r_M$$

$$\text{ακτίνα καμπυλότητας } r_M = 0.035 \cdot [50 + (D - d)] \cdot \sqrt{s}$$

- Έργο κοίλανσης

$$W = F_Z \cdot x \cdot h$$

■ ενεργός διαδρομή του εμβόλου h

$$\pi \cdot \frac{D_0^2}{4} = \pi^2 \cdot R \cdot d_1 + \pi \cdot d \cdot h + \frac{\pi^2 \cdot R}{2} \cdot (D - 1.3R)$$

2018



• Έργο κοίλανσης

$W = F_z \cdot x \cdot h \Rightarrow W = 4205.93 \text{ kN}$

ενεργός διαδρομή του εμβόλου $h \quad \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} = \pi^2 \cdot R \cdot d_1 + \pi \cdot d \cdot h + \frac{\pi^2 \cdot R}{2} \cdot (D - 1.3R)$
 $\Rightarrow \pi \cdot d \cdot h_1 = \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} - \pi^2 \cdot R \cdot d_1 - \frac{\pi^2 \cdot R}{2} \cdot (D - 1.3R) \quad h_1 = 49.56 + 2 = 51.56 \text{ mm}$

- επιλέγεται συντελεστής διόρθωσης $x = 0.63$

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών & Επίπεδων Ελασμάτων

2018

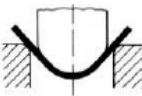


ΚΑΜΨΗ

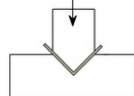
Η κάμψη είναι μια διαδικασία διαμόρφωσης κατά την οποία ένα ευθύγραμμο μέταλλο παραμορφώνεται σε καμπύλο μέγεθος και αυξάνεται η στιβαρότητά του

ΕΙΔΗ ΚΑΜΨΗΣ

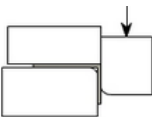
ελεύθερη κάμψη



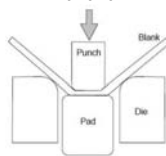
κάμψη V



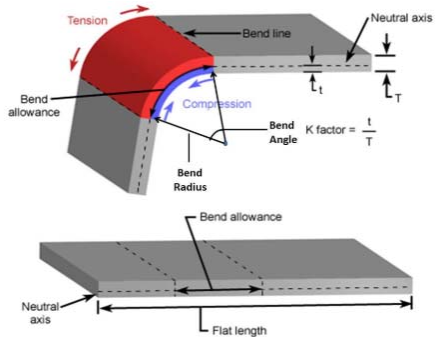
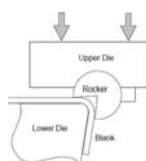
κάμψη σκέλους



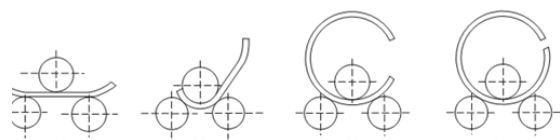
κάμψη U



περιστροφική κάμψη



κάμψη με κύλιση

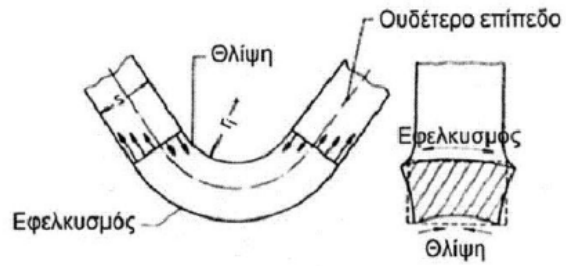


2018

Μηχανικές Διαμορφώσεις Συμπαγών Υλικών & Επίπεδων Ελασμάτων



- εξωτερική επιφάνεια αυξάνεται
- εσωτερική επιφάνεια μειώνεται
- Το μήκος του ουδέτερου άξονα είναι ακριβώς ίσο με το αρχικό μήκος

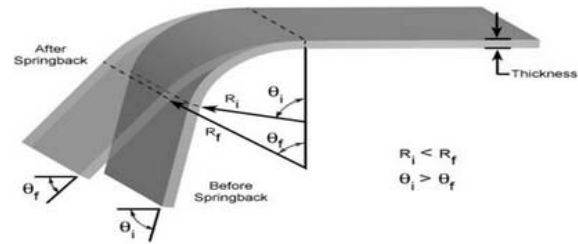


Υπολογισμός αναπτύγματος των προς κάμψη κομματιών

Spring back

ελαστική παραμόρφωση αντίθετη προς την κάμψη που έχει υποστεί

τάση να επανέλθει στην αρχική του θέση

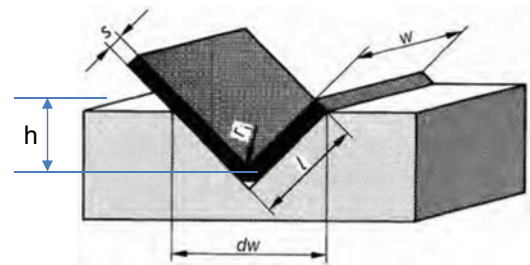


2018



Σε περίπτωση κάμψης μορφής V ενός ελάσματος από χάλυβα C 35, πλάτους $b=25$ mm και πάχους $s=3$ mm, με ακτίνα κάμψης $r_i=12$ mm, μήκη των σκελών $l_1=30$ mm, $l_2=20$ mm και αντίστοιχα γωνία κάμψης $\alpha=60^\circ$, ζητούνται το συνολικό μήκος του αναπτύγματος, η ελάχιστη δυνατή ακτίνα, το διάστημα κάμψης. Δίνεται $\sigma_B=400$ N/mm²

- Συνολικό μήκος $L=l_b+l_1+l_2$
 - μήκος τόξου $l_b=\frac{\pi \cdot \alpha}{180} \left(r_i + \frac{e \cdot s}{2} \right)$
 - γωνία κάμψης $\alpha=60^\circ$
 - ακτίνα κάμψης $r_i=12$ mm
 - Συν. διόρθωσης e για $\frac{r_i}{s} \rightarrow e=0.95$
- Ελάχιστη δυνατή γωνία $r_{i \min} = s \cdot c$
 $r_i \geq r_{i \min} \Rightarrow 12 \geq 2.4$
- διάστημα κάμψης για μορφή V
 $dw=5 \cdot r_i$ όταν $r \geq r_{i \min}$
 $dw=7 \cdot r_i$ όταν $r = r_{i \min}$



- δύναμη κάμψης μορφής V

$$F_b = \frac{1.2 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_B}{dw}$$

- Έργο κάμψης μορφής V

$$W = \frac{1}{3} \cdot F_b \cdot h$$

ύψος κάμψης : $h = \frac{dw/2}{\tan \frac{\alpha}{2}}$

2018



ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ



<http://www.m3.tuc.gr>



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μαθιουλάκη Κυριακή - Ευαγγελία