

תכונות מכאניות

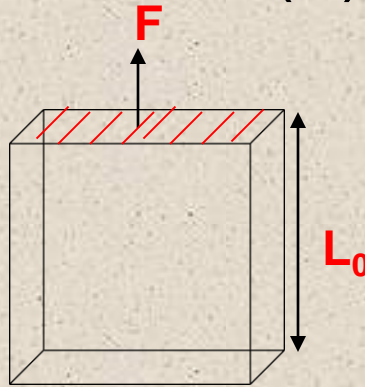
מבוא לחומרים למורים

אביב 2022

הגדרות

מאמץ: כוח ליחידת שטח (σ), יחידות $\frac{N}{mm^2} = MPa$

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$



עיוות: התארכות לחלק לאורך ההתחלתי (ε), חסר יחידות

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

אלסטיות

עיוות אלסטי (ϵ_e) הוא עיוות הפיך: כאשר המאמץ יורד ל-0 גם העיוות יורד ל-0

עיוות פלסטי (ϵ_p) הוא עיוות בלתי הפיך: כאשר המאמץ יורד ל-0 העיוות נשאר. בעיוות פלסטי הנפח של הדגם נשמר.

חוק "הוק" ומודול יאנג

מודול יאנג (E) הוא היחס בין המאמץ לעיוות האלסטי

$$\sigma = E \cdot \epsilon_e$$

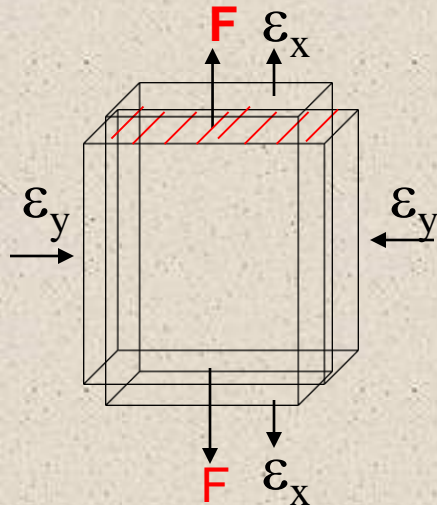
יחס פואסון (ν) הוא היחס בין העיוות האלסטי בניצב לכיוון הפעלת הכוח לבין העיוות

$$\nu = -\frac{\epsilon_y}{\epsilon_x} = -\frac{\epsilon_z}{\epsilon_x}$$

האלסטי הכיוון הפעלת הכוח

אנרגיה אלסטית ליחידת נפח (W) היא האנרגיה הצבורה בעיוות אלסטי ליחידת נפח.

יחידות:



$$\frac{J}{cm^3} = MPa$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \sigma \cdot \epsilon_e = \frac{1}{2} \cdot E \cdot \epsilon_e^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma^2}{E}$$

תרגיל 1

- חשב את התלות של העיוות הנפחי ביחס פואסון.

ניתן להראות שהעיוות הנפחי, בעיוותים קטנים, שווה לסכום

$$\frac{\Delta V}{V_0} \approx \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z \quad \text{שלושת העיוותים הראשיים}$$

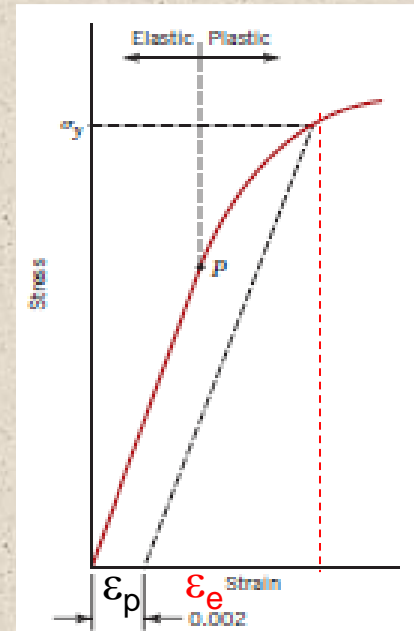
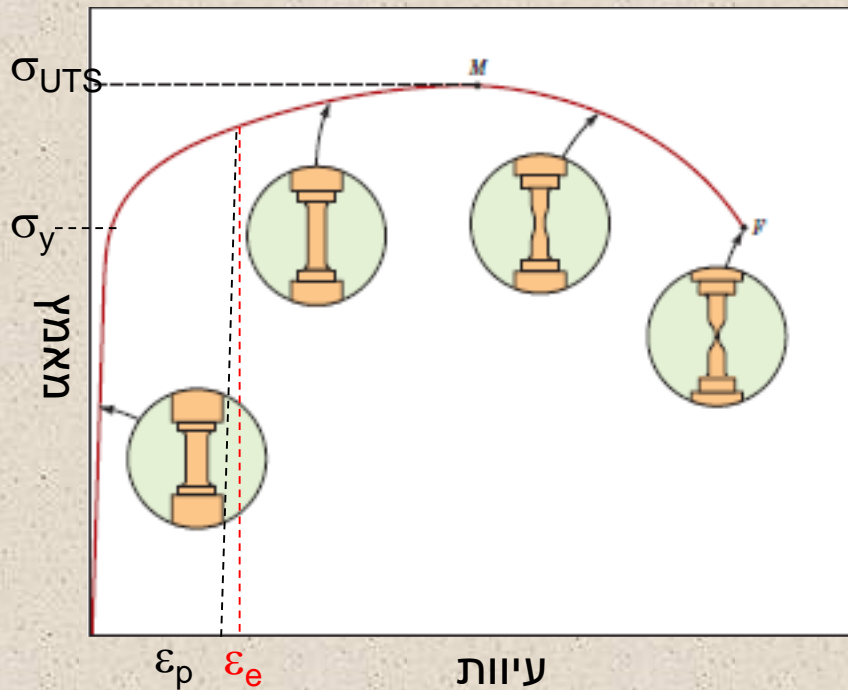
$$\begin{aligned} \frac{\Delta V}{V_0} &= \frac{V - V_0}{V_0} = \frac{(L_{x0} + \Delta L_x) \cdot (L_{y0} + \Delta L_y) \cdot (L_{z0} + \Delta L_z) - L_{x0} \cdot L_{y0} \cdot L_{z0}}{L_{x0} \cdot L_{y0} \cdot L_{z0}} \approx \\ &\approx \frac{L_{x0} \cdot L_{y0} \cdot L_{z0} + \Delta L_x \cdot L_{y0} \cdot L_{z0} + \Delta L_y \cdot L_{z0} \cdot L_{x0} + \Delta L_z \cdot L_{x0} \cdot L_{y0} - L_{x0} \cdot L_{y0} \cdot L_{z0}}{L_{x0} \cdot L_{y0} \cdot L_{z0}} = \\ &\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z \end{aligned}$$

אם נציב עכשיו את יחס פואסון נקבל:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \varepsilon_x - \nu \cdot \varepsilon_x - \nu \cdot \varepsilon_x = \varepsilon_x \cdot (1 - 2 \cdot \nu) = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot (1 - 2 \cdot \nu)$$

אם יחס פואסון שווה ל $\frac{1}{2}$ אין שנוי בנפח תוך כדי מאמץ

עקומת מתיחה עיוות-מאמץ



מאמץ הכניעה (σ_y) הוא המאמץ בוא מתחיל העיוות הפלסטי (עיוות בלתי הפיך). באופן מעשי נהוג לקחת את מאמץ הכניעה בנקודה בה העיוות הפלסטי שווה ל 0.002

מאמץ המתיחה המקסימאלי (σ_{UTS} or σ_M) הוא המאמץ בוא מתחיל להופיע "צוואר" בדגם. זה גם המאמץ המרבי שמתקבל על הדגם.

עיוות כולל (ϵ_{total}) הוא הסכום של העיוות הפלסטי והעיוות האלסטי

$$\epsilon_{total} = \epsilon_p + \epsilon_e$$

האנרגיה לשבר (W_f) שווה לשטח מתחת לעקומת עיוות-מאמץ

אין מאמץ פלסטי

• קשה: קושיות (Hardness) - עמידות לעיוות פלסטי (σ_y)

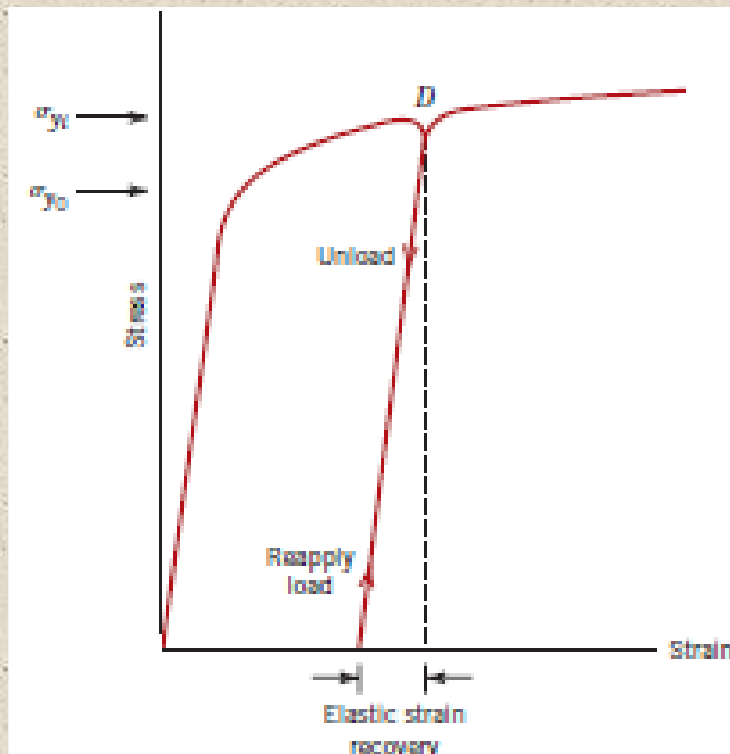
• נוקשה: נוקשות (Stiffness) - עמידות לעיוות אלסטי (E)

• קשוח: קשיחות (Toughness) - עמידות לשבר (W_f)

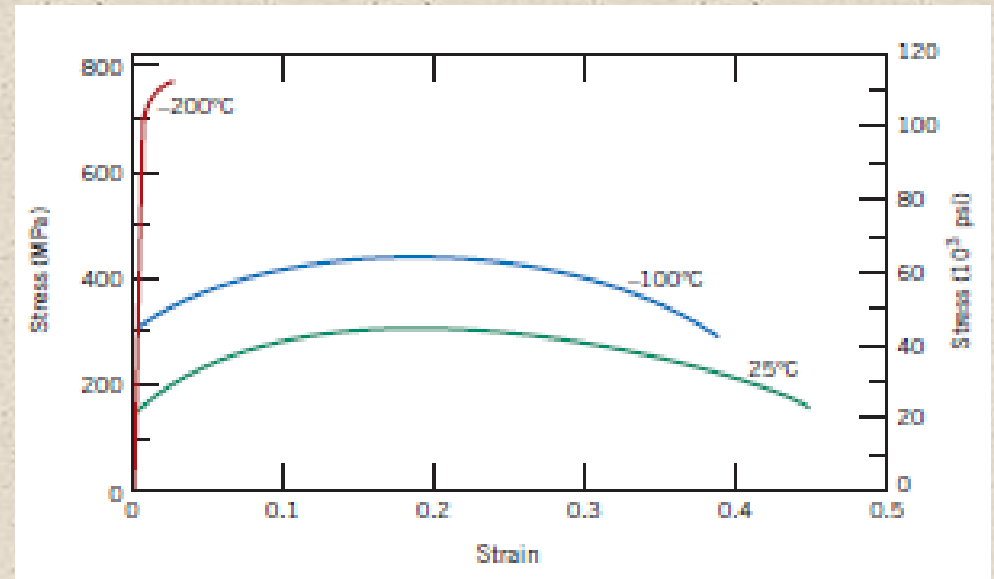
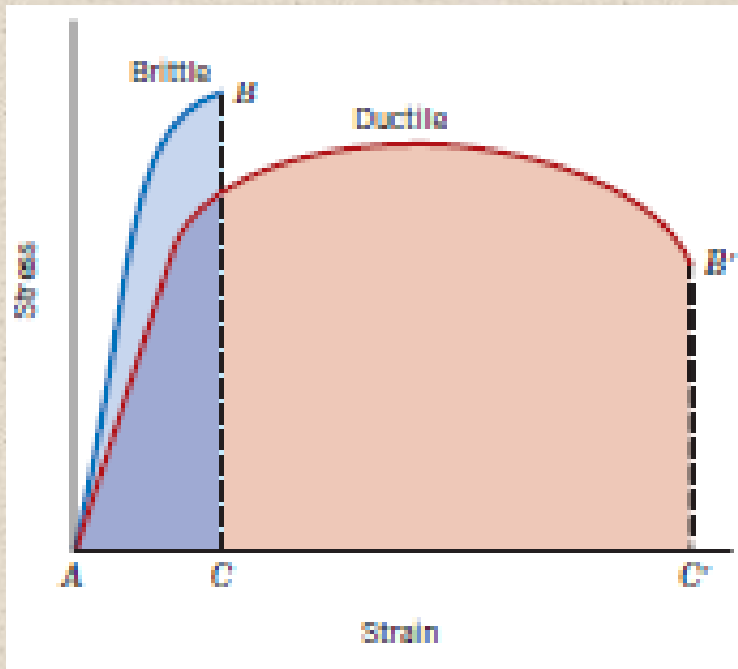
תרגיל 2

- הראה בעזרת עקומת עיוות-מאמץ שעיוות פלסטי גורם להקשיית החומר.

אם נפעיל על הדגם מאמץ הגבוה ממאמץ הכניעה ולאחר מכן נוריד את המאמץ ל-0 ונעלה אותו שוב נראה שמאמץ הכניעה עלה



חומר משיך וחומר פריך



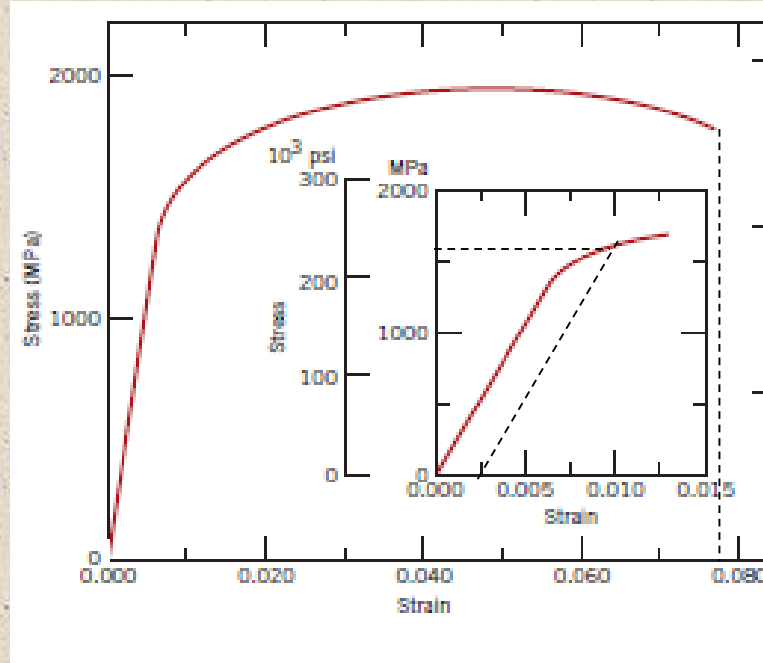
חומר פריך הוא חומר בוא ניתן לצור עיוות הפלסטי קטן מאוד

חומר משיך הוא חומר בוא ניתן לצור עיוות הפלסטי גדול

ככול שהטמפרטורה עולה החומר הופך פחות פריך ויותר משיך

תרגיל 3

- נתונה עקומת עיוות-מאמץ של מוט פלדה בקוטר התחלתי של 8 מ"מ ואורך התחלתי של 150 מ"מ. חשבו את הכוח הדרוש לצור עיוות פלסטי בחומר ואת ההתארכות המקסימלית של הדגם.



מהגרף נקבל כי מאמץ הכניעה שווה 1600MPa

$$F_y = \sigma_y \cdot A_0 = 1600 \cdot \pi \cdot 4^2 = 25,600 N$$

מהגרף נקבל כי העיוות לשבר שווה ל 0.077

$$\Delta L = \varepsilon_f \cdot L = 0.077 \cdot 150 = 11.55 mm$$