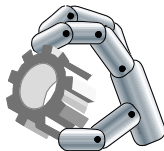


**תדריך ניסוי נגיפה וקושי**  
**הפקולטה למדעי ההנדסה**  
**המחלקה להנדסת מכונות**



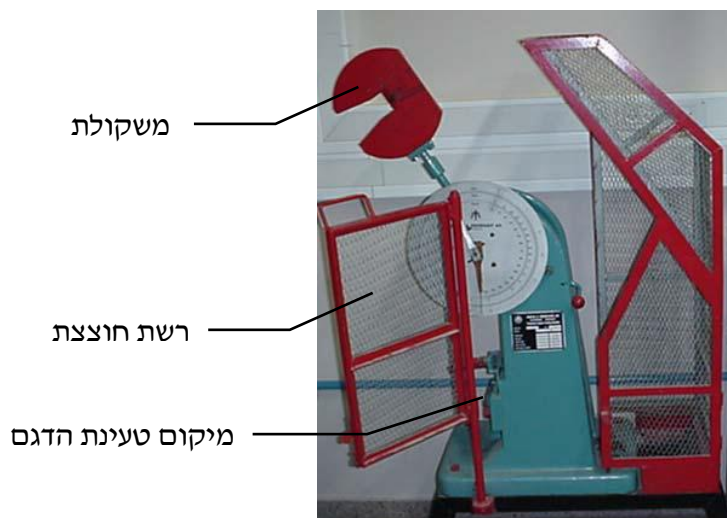
**מעבדה למכונות 1**

**362-1-1153**

## הוראות בטיחות – מעבדת תכונות מכאניות

- המעבדות הן שטח תפעולי המשופע בעצמים חמים וזרמי חשמל גבוהים.
- מותר לסטודנטים לעבוד במעבדה רק כאשר נמצא במקום עובד מסגל המעבדה ו/או מדריך מוסמך אשר מודע לניסוי אותו הם מבצעים.
- אין להכניס למעבדה מזון ושתייה. אין לאכול, לשתות או לעשן במעבדה. אסור להשתמש בטלפונים סלולריים בתוך המעבדה (המעבדה היא שיעור לכול דבר).
- לבעלי שיער ארוך- חובה לאסוף את השער בכניסה לכל חדר מעבדה או ניסוי ולהכניסו מתחת לחולצה.
- אין לעבוד עם שרוולים ארוכים ולא רכוסים ו/או בגדים רפויים.
- סטודנט שלא יגיע עם נעליים סגורות -היינו נעלים סגורות באופן מלא גם מלפנים (אצבעות רגליים) וגם מאחור (קרוסול חשוף) לא יוכל לבצע המעבדה ולא יקבע לו שיבוץ מחדש. הערה- אין להגיע עם נעלי "CROCS" למעבדות.
- בכל מקרה של ספק או חשש בהפעלה של מערכת הניסוי יש להתייעץ עם המדריך או איש הסגל האחראי. חל איסור חמור על הפעלת מערכות ניסוי ללא אישור טכנאי או מדריך ו/או במידה ויש ספק או חשש.
- לא יקבע מועד שיבוץ חדש לסטודנט אשר לא ימלא חובות אלו

- ניסוי זה מאופיין במשקולת כבדה הנעה במהירות ועל כן יש להקפיד על עבודה בטוחה.
- אין להפעיל מכשור במעבדה ללא הסבר של מדריך או טכנאי.
- בעת טעינת דגם למתקן, יש לאבטח ביד אחת את המשקולת ואין להכניס תחתיה את הראש.
- לפני הפעלת המכונה יש לוודא סביבה נקייה ללא איברי גוף ו/או חפצים מיותרים.
- לפני הפעלת המכונה יש לוודא שהרשת חוצצת בין המפעילים לבין המשקולת.
- אין לקרב ידיים למכונה בעת פעולתה.
- אין לעזוב את המכונה כאשר המשקולת תלויה.
- במקרה של בעיה או ספק יש לפנות למדריך או טכנאי.



איור 1 – מכשיר הנגיפה.

## נגיפה וקושי

### 1. מטרות הניסוי

- 1.1. הכרת ניסוי נגיפה ומכשיר המדידה.
- 1.2. הכרת שיטת מדידת קושי.
- 1.3. מציאת הקשר בין קשיות החומר לבין משיכותו החומר.
- 1.4. מציאת הקשר בין אנרגיית הנגיפה לבין קושי החומר.

### 2. רקע תאורטי

- 2.1. עבור נגיפה ראה פרק 3 בספר "מבוא להנדסת חומרים" מאת ד.אלון, ד.ג. ברנדון, ש.נדיב, א. רוגן (שם הספר "שבר").
- 2.2. עבור בדיקת קושי ראה נספח ב'.

### 3. מכשירי מדידה

- 3.1. מכשיר נגיפה - איור 1.
- 3.2. מכשיר למדידת קושי Affri – איור 2.
- 3.3. מיקרוסקופ אור.

### 4. תיאור הניסוי

הניסוי יתבצע על 3 דגמים: פלדה 1040, אלומיניום ופליז.

#### 4.1. בדיקת קושי הדגמים

יש למדוד קושי של כל דגם בשתי נקודות שונות, אחת מכל צד של החריץ.

סדר פעולות לבדיקת קושי:

- 4.1.1. הדלקת מכשיר Affri ע"י לחיצה על On (איור 3).
- 4.1.2. מדידות יבוצעו בשיטת Rockwell-B (יש לוודא כי על הצג מופיע הכיתוב hrb, במידה ולא יש לשנות את שיטת המדידה באמצעות לחצן scale), יש לוודא כי העומס (הנראה בחלונית העליונה) הינו 100kgf (במידה ולא יש לשנות עומס באמצעות הברגה) וכי החודרן הינו חודרן כדורי "1/16".
  - 4.1.3. יש לבחור את המשטח השטוח על מנת שנוכל להניח את הדגמים.
  - 4.1.4. יש לוודא כי ידית המנוף קרובה למפעיל.
  - 4.1.5. יש למקם את הדגם כך שהחודרן ממוקם מעל הנקודה הרצויה לבדיקת קושי.
  - 4.1.6. יש לסובב את התבריג בעדינות ובאיטיות עד לתחילת מגע בין הדגם והחודרן (על הצג תופיע הספרה 9).



איור 2 – דגמי הניסוי.

4.1.7. יש להמשיך ולסבוב את התברייג עד אשר על הצג תופיע הספרה 0 עם חיווי של נורית ירוקה (על הדגם הופעל עומס של 10kgf על מנת להתגבר על טיב פני השטח).

4.1.8. יש להעביר את ידית המנוף אחורה ולהמתין 3 צפצופים ולוודא כי הנורה הירוקה מהבהבת (כעת יופעל יתר העומס על הדגם), לאחר מכן נחזיר את ידית המנוף למקומה ההתחלתי.

4.1.9. על הצג יופיע הקושי של הדגם בסקלה שנבחרה RB.

4.1.10. בסיום המדידות נכבה את המכשיר באמצעות לחיצה על Off.



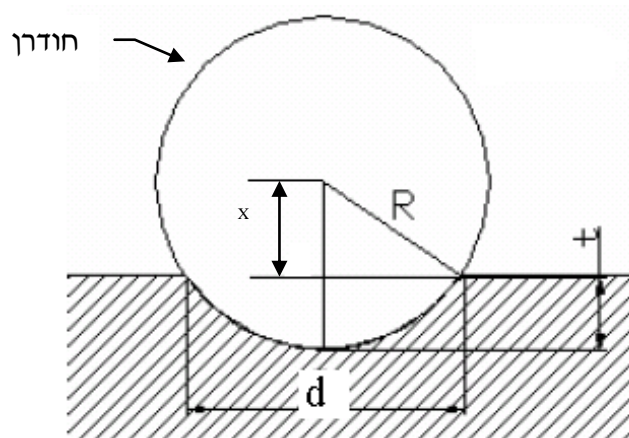
איור 3- מכשיר מדידת קושי בשיטת רוקול.

#### 4.2. בדיקת קושי באמצעות מיקרוסקופ אור

4.2.1. באמצעות מיקרוסקופ אור יש למדוד את שני קטרי העקבה  $d$  (משני צידי החריץ) עבור כל אחד משלושת הדגמים.

4.2.2. יש לחשב את הקוטר הממוצע של כל דגם על סמך שתי המדידות.

4.2.3. מאחר וקוטר החודרן ידוע לנו, ניתן למצוא את הקשר בין קוטר העקבה  $d$  לעומק החדירה  $t$ . בעזרת עומק החדירה ניתן לחשב את הקושי ע"י הצבה לנוסחה הנתונה ע"פ שיטת המדידה.

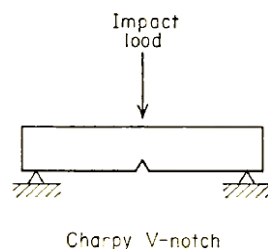


איור 4 - חתך דגם בדיקת קושי.

### 4.3. ניסוי נגיפה

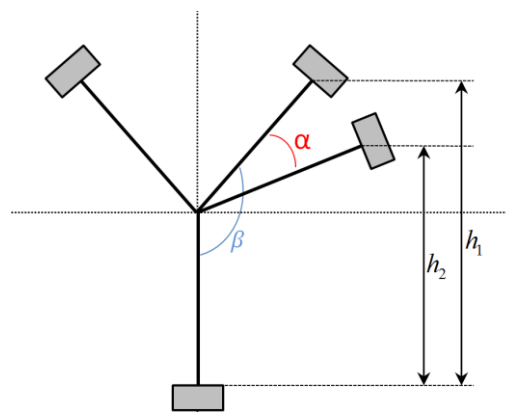
- בניסוי הנגיפה ננצל את האנרגיה הפוטנציאלית של המשקולת ונמצא את כמות האנרגיה שהושקעה לשבירת הדגם:  $E = mg(h_1 - h_2)$  (איור 6). את הגובה שאליו הגיעה המשקולת לאחר הנגיפה נמצא בעזרת הזווית  $\alpha$  המוצגת ע"י המחוג שעל מכשיר הנגיפה.
- נתוני המכשיר (משקל, אורך זרוע וזווית נגיפה בריק  $\beta$ ) מוטבעים במדבקת היצרן על המכשיר עצמו.
- סדר פעולות לביצוע ניסוי נגיפה:

- 4.3.1. יש להרים את המשקולת עד למיקומה ההתחלתי.
- 4.3.2. יש לוודא כי רשת הברזל מוסטת שמאלה וחוצצת בין המפעיל למשקולת.
- 4.3.3. נוודא כי המחוג הכהה ממוקם באופן אנכי לרצפה.
- 4.3.4. נפעיל את המערכת ללא דגם, ע"י לחיצה על הלחצן העגול (מעל הפינה העליונה של מדבקת היצרן) והרמת המנוף הימני. נראה כי הזווית קרובה מאוד ל-0 מעלות.
- 4.3.5. נוריד את המנוף הימני למטה לעצירת המשקולת.
- 4.3.6. נעלה את המשקולת למצבה העליון.
- 4.3.7. נמקם את הדגם בשכיבה, כך שהחריץ פונה ימינה אל עבר המערכת (המשקולת פוגעת בפאה הלא מחורצת, ראה איור 5).



איור 5 - הנחת הדגם בניסוי נגיפה.

- 4.3.8. נוודא כי החוגה הכהה מורה מטה ונפיל את המשקולת.
- 4.3.9. נרשום את הזווית אליה התרוממה החוגה (זווית  $\alpha$  באיור 6).
- 4.3.10. נחזור על פעולות 4.3.6-4.3.10 עבור שני הדגמים הנוספים.



איור 6 - תיאור סכמתי של ביצוע הנגיפה.

## 5. דרישות לעיבוד תוצאות

- 5.1. מטרת הניסוי.
- 5.2. תיאור מהלך הניסוי ומכשירי המדידה.
- 5.3. תיאור החומרים ומידות הדגמים.
- 5.4. ריכוז תוצאות הניסוי בטבלה : קושי מדוד, קוטר העקבה וזווית הנגיפה.
- 5.5. חישוב קושי ע"פ קוטר העקבה.
  - 5.5.1. יש להציג את פיתוח הקשר בין קוטר העקבה לקושי וכן להציג דוגמת חישוב.
  - 5.5.2. יש להציג טבלת ערכי קושי מדודים ומחושבים והשגיאה היחסית ביניהם.
- 5.6. חישוב אנרגיית הנגיפה.
  - 5.6.1. הצגת חישוב אנרגיית הנגיפה [J]. להציג ולהסביר את הפיתוח.
  - 5.6.2. יש לבנות גרף אנרגיית נגיפה כתלות בקשיות החומר אשר נמדדה דיגיטלית.
- 5.7. סיכום.
- 5.8. מסקנות :
  - 5.8.1. להסביר את ההבדלים בין קושי מדוד לקושי מחושב.
  - 5.8.2. להסביר מהו הקשר בין קושי החומר לפריכות ומשיכות החומר.
  - 5.8.3. להסביר תופעות בלתי צפויות בגרף קושי-אנרגיה, אם קיימות.
  - 5.8.4. מסקנות נוספות באם קיימות.

### • דגשים :

1. על כל טבלה, איור וגרף להיות ממסופרים ובעלי כותרת.
2. יש להציג דוגמאות חישוב עבור כל החישובים שנעשו.

## 6. שאלות הכנה

- 6.1. הסבר את המושגים: משיכות, פריכות ומה הקשר ביניהם?
- 6.2. מה הקשר בין מתח הפנים של המתכת לבין תכונת המשיכות שלה?
- 6.3. צייר דיאגרמת מאמץ-מעוות אשר בה מופיע שבר פריך ודיאגרמת מאמץ-מעוות אשר בה מופיע שבר משיך.
- 6.4. לאחר ניסוי מתיחה נוצר שבר הנטוי בזווית 45 מעלות. האם השבר פריך או משיך? הסבר.
- 6.5. הצע ניסוי למדידת משיכות החומר על ידי מדידת ההתארכות.
- 6.6. הסבר את השפעת הטמפרטורה על משיכות החומר עבור חומר במבנה BCC ועבור חומר במבנה FCC צרף גרפים מתאימים.
- 6.7. הגדר והסבר מהי סבילות החומר.
- 6.8. הסבר מה זה פריכות חריץ.
- 6.9. הסבר מה זה פריכות נגיפה.
- 6.10. למה נועד ניסוי הנגיפה?
- 6.11. תאר שתי שיטות בניסוי נגיפה.

- יש לענות גם על שאלות ההכנה עבור בדיקת קושי שבנספח ב'.
- יש לצרף את התשובות לכל השאלות, לדו"ח המכין ולדו"ח המסכם.

## דף ריכוז מדידות עבור ניסוי נגיפה וקושי

מס' קבוצה: \_\_\_\_\_

שמות הסטודנטים: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

תאריך ביצוע: \_\_\_\_\_

		ALUMINUM ALLOY	STEEL	BRASS
בדיקת קושי	מדידת מכשיר HRB			
	מדידת קוטר העקבה, [mm]			
	ניסוי נגיפה			
	זווית, [deg]			

שם המדריך \_\_\_\_\_

חתימת המדריך \_\_\_\_\_