

השתלמות : דרכי הוראה בשימוש במדפסת תלת מימד 3D.
מס' השתלמות : 190370



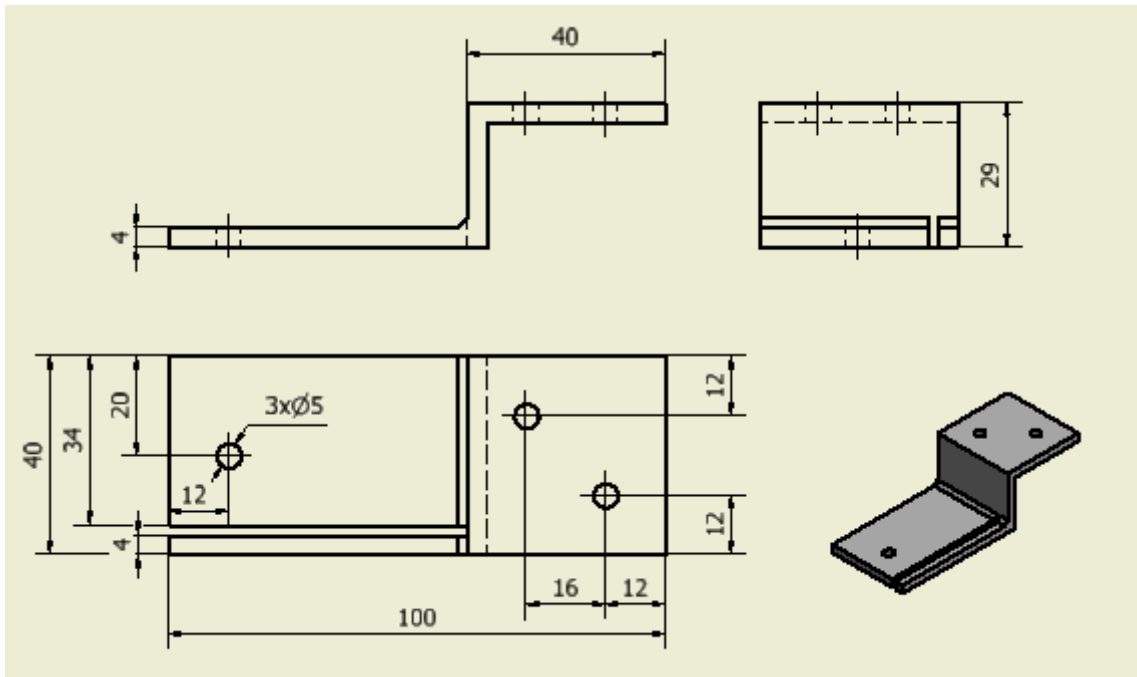
עבודת סיכום בהשתלמות

מרצה : אורי כהן
מגישים : רינת רביבו
רוסלן גחט
פאדי חטיב

מטרת העבודה: תכנון, שרטוט, הדפסה ובדיקת חוזק חלק מסוג "תומך מדף". בדיקת השפעת פרמטרים שונים בזמן תכנון (סוגי פינות לפיזור מאמצים) ובזמן היצור (הדפסה בכוון שונה, עופי דופן ומילוי)

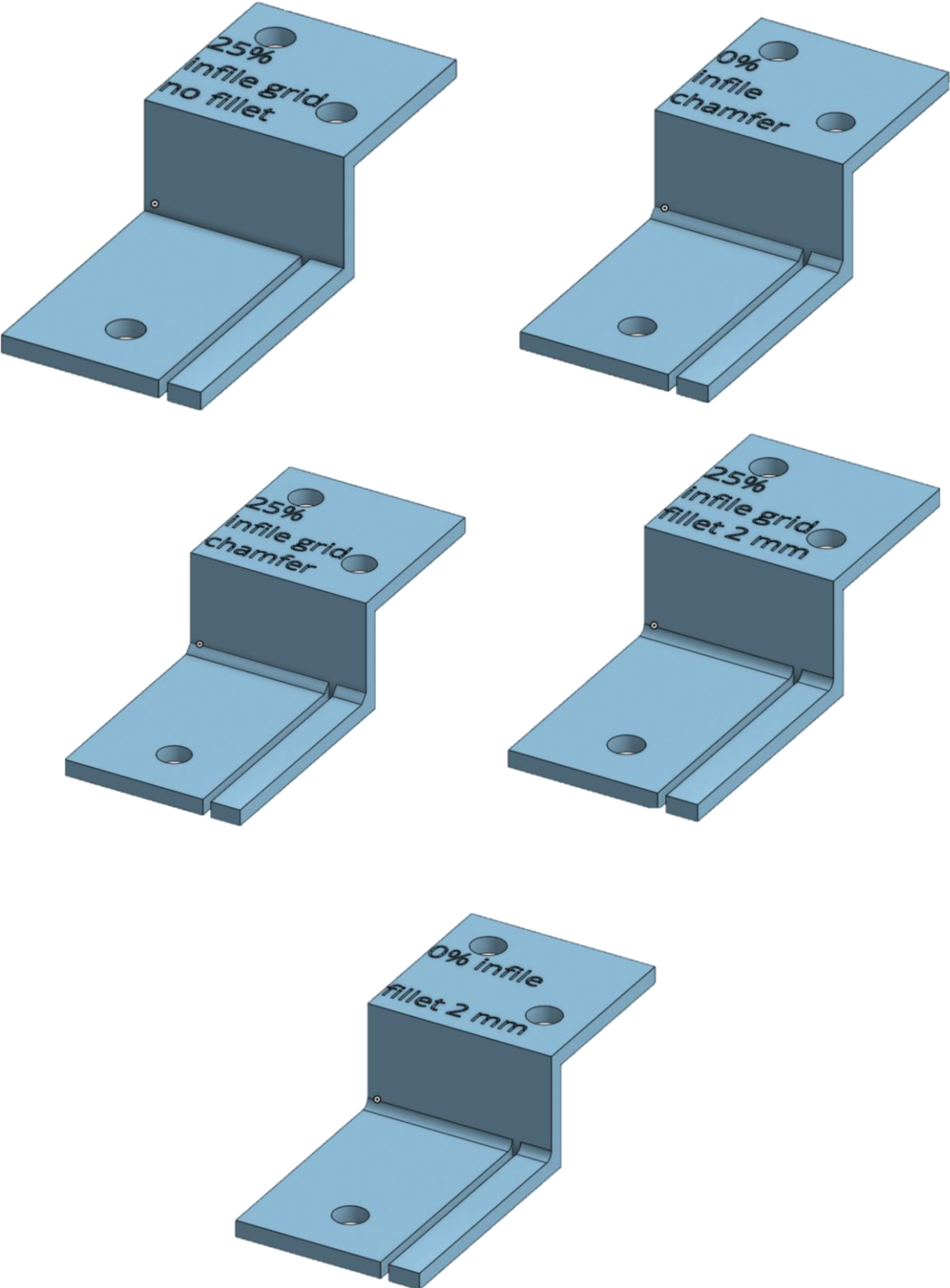
שלבי העבודה:

שלב 1: א. שרטוט תומך מדף לפי סקיצה המוצגת עפ"י דרישת המרצה:



The screenshot displays the Snapmaker software interface. On the left, there are navigation icons and a toolbar with 'MOVE', 'SCALE' (set to 1000%), and 'ROTATE'. The main workspace shows a 3D model of the bracket with a red and green outline. A 'Line Type' legend is visible, listing: Inner Wall (green), Outer Wall (red), Skin (yellow), Skirt (orange), Support (purple), Fill (blue), Travel (cyan), and Unknown (dark purple). On the right, a settings panel includes: Layer Height (0.2 mm), Initial Layer Height (0.3 mm), Initial Layer Line Width (100%), Shell settings (Wall Thickness: 0.8 mm, Top Thickness: 1 mm, Bottom Thickness: 0.6 mm), Infill settings (Infill Density: 25%), and Speed settings (Initial Layer Print Speed: 30 mm/s, Infill Speed: 35 mm/s, Outer Wall Speed: 20 mm/s, Inner Wall Speed: 25 mm/s, Top/Bottom Speed: 30 mm/s). A status bar at the bottom indicates 'Rendered G-code successfully' and provides statistics: '© 21.7 m / 64.8 g' and '9 h 20 min'.

ב. בנינו 2 מודלים שונים - זווית ישרה, עיגול פינה מסוג CHAMFER ו FILLET



שלב 2: קביעת הגדרות להדפסת החלקים בפרמטרים שונים בסלייסר תואם למדפסת 3D הקיימת.

במסגרת עבודה השתמשנו במדפסת מסוג : SNAPMAKER

גודל משטח הדפסה : 110*110 מ"מ.

חומר הדפסה שלנו הוא PLA.

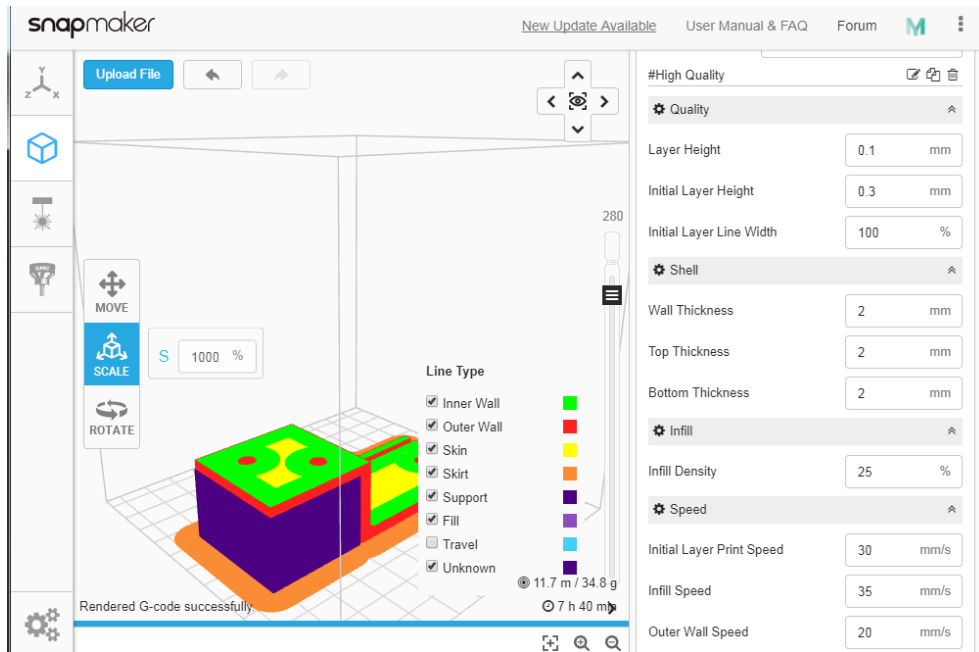
במהלך קביעת ההגדרות של ההדפסה גילינו שקיימים בהגדרות להדפסה דברים הבאים :

1. **הגדרת עובי קירות, תקרה ורצפה.** ניתן להגדיר כל אחד מפרמטרים בנפרד. אנחנו מגדירים עובי קירות 2 מ"מ ב7 מקרים מתוך 8 ובמקרה אחרון – 3 מ"מ.
2. הגדרת מילוי (infill) של המבנה המודפס – אין אפשרות בבחירת סוג מילוי, מדפסת יודעת לבצע אך ורק מילוי מסוג GRID. מה שאנחנו כן שולטים זה אחוז מילוי של החומר בתוך הקליפה. אנחנו מדפיסים 7 דוגמאות עם מילוי 25% ו 2 חלקים ללא מילוי כלל, רק קליפה אך בעובי שונה.
3. הגדרת מהירות הדפסה – ניתן לבצע הגדרת מהירות אך אנו משתמשים בברירת מחדל שתוכנה מציע. מהירות של ההדפסה משפיע בעצם על כמות החומר שיוצא מי פתח יציאת החומר והדפקה בין השכבות.

הנחות ראשוניות שעלו במסגרת הכנה לניסוי :

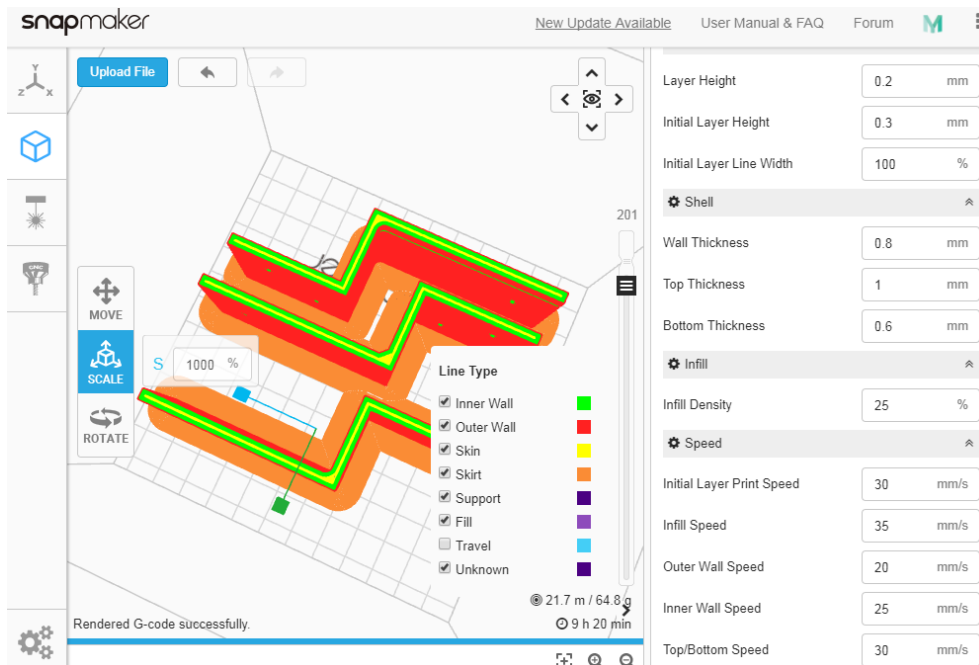
- א. ביצוע פינות מעוגלות/מחוזקות בנקודת העומס המירבי – יחזק את המבנה בפני שבירה.
- ב. השפעה של בחירת "חיזוק" לפי FILLET או CHAMFER לא אמורה להשפיע בצורה דרמטית אך להבנתנו ולפי פיזור מאמצים בנקודה חלשה – FILLET יותר חזק או שזה יהיה אותו עומס.
- ג. כוון הדפסה משפיע על יכולת לשאת עומס – ולהבנתנו עומס בכוון ההדפסה – ניתן להעמיס פחות מעומס בניצס לכוון ההדפסה

להלן הגדרות של החלקים שהדפסנו :



הדפסת חלקים בצורה אופקית לניסוי 1 ו 2. חלק 1, 2 ו 3. בהדפסה זו השתמשנו בעובי דופן 2 מ"מ : קירות, גג ורצפה. בגלל המידות של החלק יצאה שהוא במילוי מלא (בגלל שעובי דופן לפי שרטוט 4 מ"מ. בכל מקרה הוגדר מילוי INFILL של 25%.

הדפסת חלקים לניסוי 2-3



הדפסת 3 חלקים ביחד (4,5 ו 6) בצורה אנכית באותם פרמטרים : עובי קיר (0.8 מ"מ, שווה ל 4 שכבות), עובי תקרה (1) ועובי בסיס (0.6) , מילוי (25%) ומהירויות מילוי ומעטפת.

שלושת החלקים מודפסים ביחד וזמן הדפסה מתוכנן הוא 9 שעות ו 20 דקות. חלקים האלו יבדקו בניסויים מס' 2 ו 3. הבדל בין החלקים זה סוג פינת עיגול FILLET או CHAMFER.

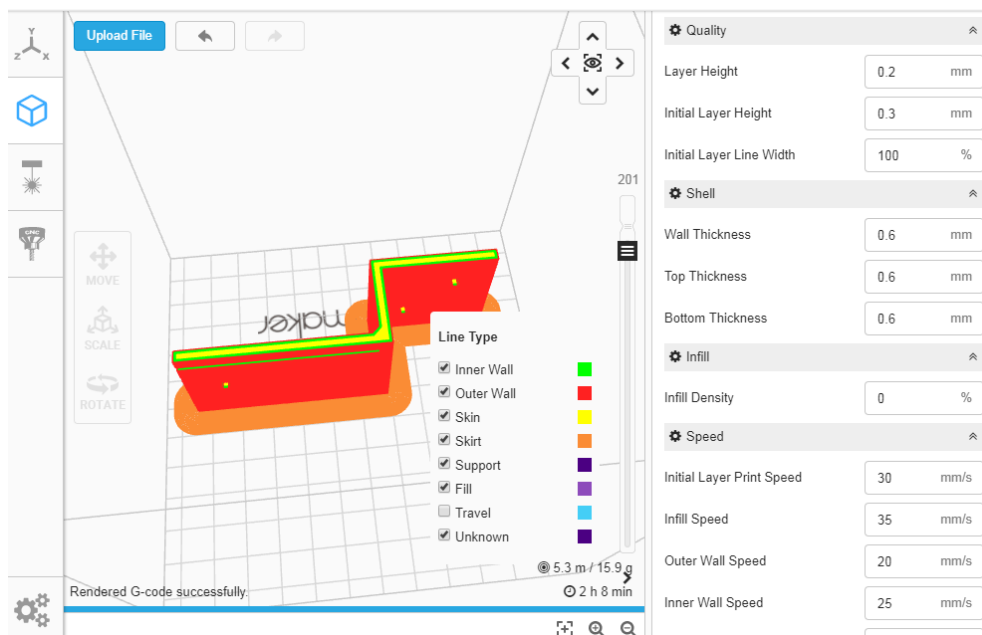
שלב 3: הדפסת החלקים

1. זמן הדפסת חלקים בזוגות – 15 שעות
2. זמן חלק בודד במילוי 2 מ"מ – כי 6 וחצי שעות
3. זמן הדפסת 3 חלקים במילוי 25% ועובי דופן – 0.8 מ"מ – 9 שעות ו20 דקות

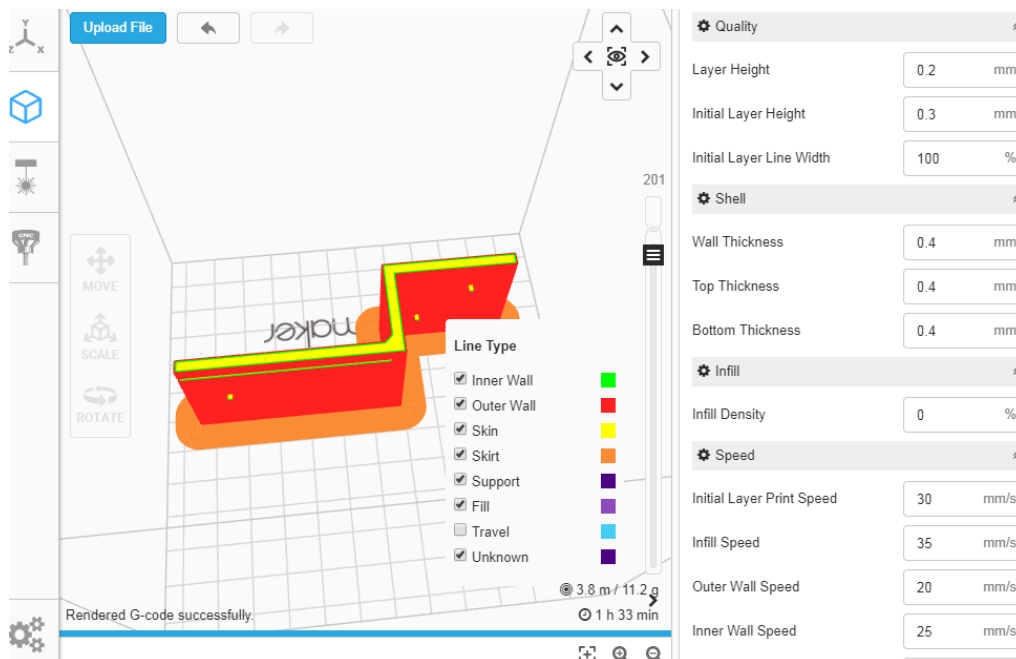
נתקלנו בבעיות בזמן ההדפסה של החלקים בזוגות – ככל הנראה התקררות של החומר מהירה מידי ויד בעיה בקשר בין השכבות. דבר זה גורם להתנתקות של השכבות זו מזו ובמקרים מסויימים – ניתוק מקומי ממשטח עבודה. להלן דוגמאות להדפסת חלקים 7

81

הדפסה גוף מסי' 8 CHAMPFER אנכי עובי 3 שכבות הדפסה



הדפסה גוף מסי' 7 CHAMPFER אנכי עובי 2 שכבות הדפסה



שלב 4 : ביצוע ניסויים :

בכל ניסוי אנחנו מבצעים העמסה מדורגת של המשקל. יש בידינו משקולות שמדדנו טרם ביצוע ניסוי. להלן משקולות : 200 גר', 700 גר' 900 גר' 1500 גר' 3.5 ק"ג 5 ק"ג.

העמסה מתחילה משקל 700 גרם ובכל פעם מוסיפים קצת לאחר המתנה של 60 שניות.

להלן אמצעים שהיו לרשותנו :



טבלה מרכזת של ניסויים :

משקל נמדד לשבירה	עובי קירות (ממ)	מידת פינות	סוג החלקה	החלקת פינות	סוג מילוי	אחוז מילוי (%)	כיוון הדפסה	חלק מס'	מס' ניסוי
3	2	-	פינה ישרה	ללא	Grid	25	אופקי	1	1
6,5	2	2	FILLET	ק	Grid	25	אופקי	2	
6,5	2	2	FILLET	ק	Grid	25	אופקי	3	2
9,0	2	2	FILLET	ק	Grid	25	אנכי (עומד)	4	
6.5	0.4	2	FILLET	ק	Grid	25	אנכי (עומד)	5	3
8.5	0.4	2	CHAMFER	ק	Grid	25	אנכי (עומד)	6	
7,5	0.4	2	CHAMFER	ק	ללא	0	אנכי (עומד)	7	4
10,5	0.6	2	CHAMFER	ק	ללא	0	אנכי (עומד)	8	

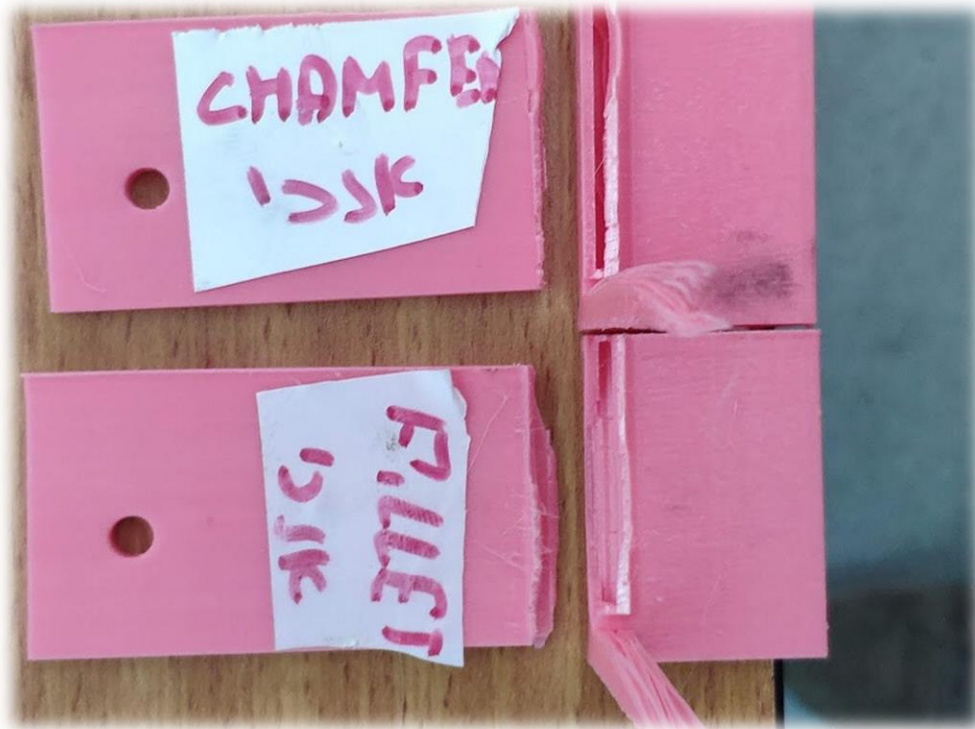
כתוצאה מניסויים ניתן להגדיר דברים הבאים שמשפיעים לעמידות החוזק של הגוף:
ניסוי 1 – עיגול פינות לפיזור מאמצים מחזק את הגוף לשבירה באחוזים גבוהים ומגיע עיי עומס כפול.



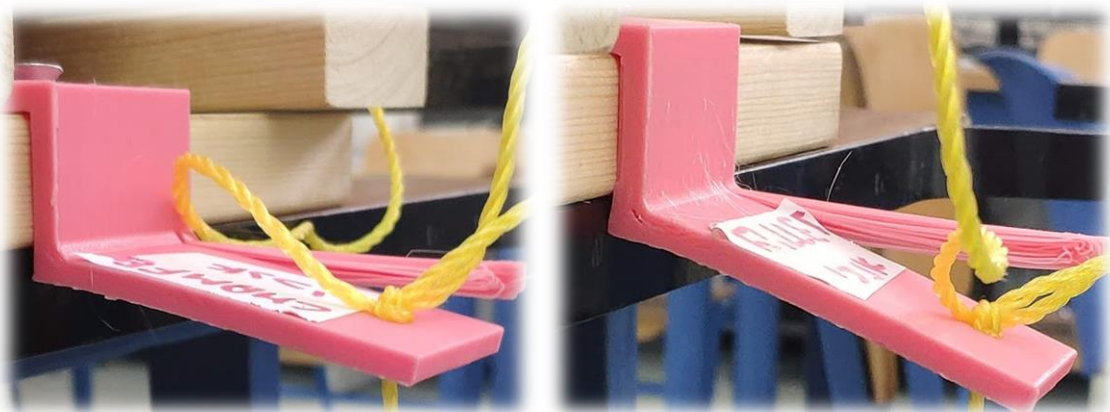
ניסוי 2 – גילינו שכוון ההדפסה משפיע מאוד על עומס. כוון ההדפסה אופקי במקרה הזה היה הרבה יותר חלש מחלק בהדפסה אנכית. קיבלנו תובנה שכוון המילוי בכוון העומס המתוכנן מחזק את החלק ב כדי 50%.



ביצענו בחינת השפעת סוגים ושנים של עיגול פינות וכתוצאה ראינו שעיגול FILLET חלש מ-CHAMFER. זה מביא אותנו למסקנה הבא: בשביל חיזוקים מומלץ לבצע CHAMFER שבו גם יש יותר חומר במקום הנתון לעומס. ניתן לראות בתמונה גם ששבר היה לא באותם מקומות.



השוואה בין FILLET (מימין) ל-CHAMFER (משמאל) באותו עומס



ניסוי מס' 4

ביצענו ניסוי בו הבדל היחידי הוא עובי קירות ולפי תוצאות ראינו שעובי דופן בהחלט משפיע על יכולת לשאת עומס.

'0% INFILL, עובי דופן:

0.6 מ"מ



0.4 מ"מ



רפלקציה:

פאדי חטיב:

השתלמות מאוד חדשנית, רכשתי הרבה ידע ומידע על תחום הדפסת תלת מימד, נתן לי תמונה עתידית על התפתחות הענף של הדפסת תלת מימד.

עזר לי להבין איך לשפר את איכות ההדפסה, איך לבדוק את הדיוק של המדפסת אצלנו בב"ס.

והכי חשוב איך לתת לתלמידים להתעסק עם המדפסת להדפסת פרויקטים שלהם בשנה הבאה באיכות טובה שיוכלו להדגים את הפרויקט שלהם כאב טיפוס.

...ובסוף שמחתי להכיר אנשים חדשים, ובעיקר המומחה אורי כהן התותח

רינת רבינו:

במסגרת ההשתלמות נחשפתי לתחומים רבים בעולם הייצור והדפסת התלת מימד בפרט.

למדתי דברים חדשים ובעיקר החכמתי בכל הקשור ליצירת פרופיל/ חלק חזק יותר. חייבת לומר שלא הכרתי או הבנתי את החשיבות של כיווני ההדפסה השונים, מעולם לפני לא שיחקתי עם הגדרות ההדפסה, עובי הקירות וכו'.

נפתח בפניי עולם חדש שבו אני רואה את המדפסת התלת מימדית באור שונה וכעת יכולה לומר שלמרות שכן השתמשתי בה בעבר לפרויקטים, כיום אני יודעת שניתן להשתמש בה על מנת לייצר חלקים חזקים שעומדים בעומסים שונים מה שיכול בהחלט לשנות את אופי פרויקטי הגמר של התלמידים.

נחשפתי גם לתוכנת הסרטוט החדשה בעיני (כי לא הכרתי אותה לפני) on shape שבהחלט יש לה ייתרון על פני התוכנות האחרות. לא יכולה לומר בוודאות שאעבור ללמד בה אך זה בהחלט תחליף ראוי במידה ויעלו בעיות עם תוכנת inventor שבה אני מלמדת.

הדבר שתסכל אותי בעיקר הוא העובדה שיש לי מדפסת מאוד קטנה שדורשת הסתכלות צמודה על הייצור, מחייבת אותי להיות שעות רבות בכיתה לידה וגם לחכות שעות רבות עד שאני מייצרת חלק אחד. בזמן שאני רואה בתי ספר עם מספר מדפסות או לחלופין מדפסות גדולות שיכולות להכיל מספר חלקים בו זמנית, אצלי זה לא היה הסיפור.

סה"כ ההשתלמות היתה מאוד נחמדה, ניכר שאורי השקיע מחשבה רבה בה, חשב על כל הפרטים והבעיות שיכולות לעלות. נתן מענה לכלל המורים לכשהצטרפו וגם לי ועל כך אני מודה מאוד.

רוסלן גחט:

השתלמות מועילה ופתחה את הראש. למדתי המון דברים חדשים, החל ממה זה מדפסת תלת מימד ואיך היא פועלת עד לרמה איך צריך לחשוב על יצור בהדפסה כנגד יצור סידרתי של היום.

דבר נוסף חשוב שלקחתי לעצמי זה שימוש בתוכנת סרטוט און ליין וקלות בה ניתן להמשיך ולתכנן מכל מקום.

לאור הניסויים שביצענו ראיתי שקיימת חשיבות לכל דבר בהדפסה – החל מכוון ועד כמות שכבות של ההדפסה.

כהמלצה לקורסים הבאים – חשוב להגדיר תנאי הכרחי לכניסה להשתלמות להיות צמוד למדפסת תלת מימד למשך כל ההשלמות.

אני רוצה להודות למדריך, אורי כהן, על צורת העברת החומר ולימוד בצורה מעניינת.