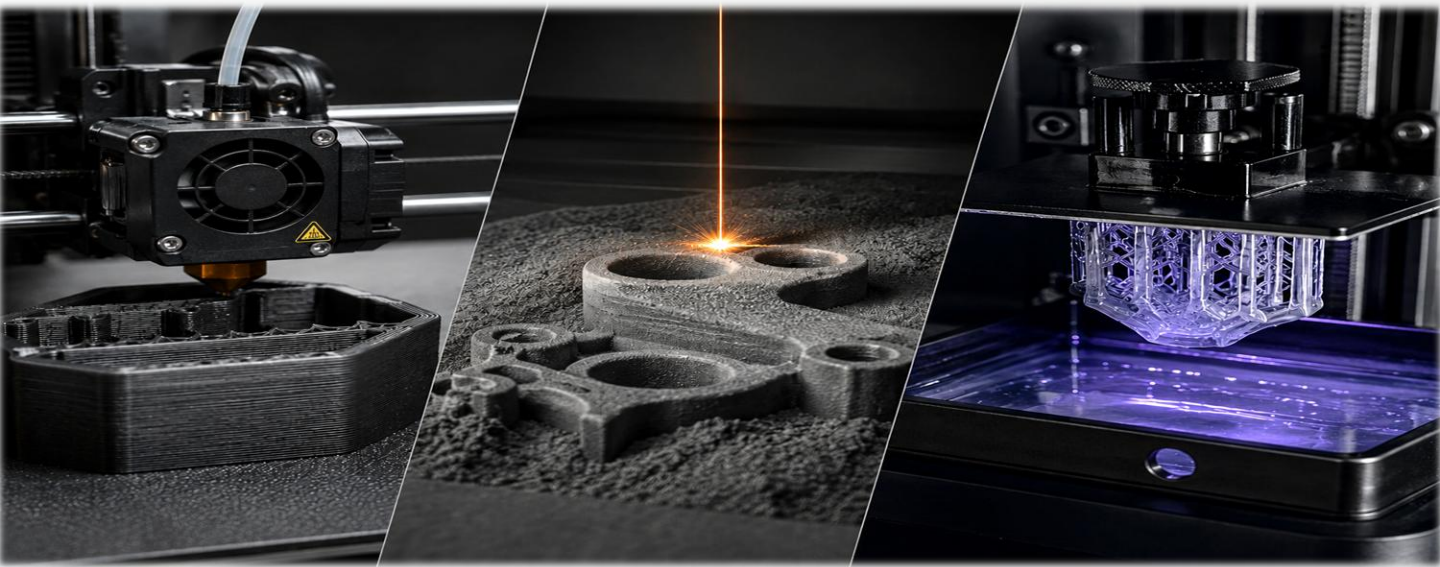




Additive Pro
Academy



טעויות תכן נפוצות

בהדפסת תלת מימד של פולימרים בתעשייה

5

מדריך למהנדסים ומתכננים מכניים שרוצים
לתכנן נכון להדפסה מההתחלה ולהימנע
מכשלים מיותרים



תוצאות טובות
יותר



פחות כשלים
ועלויות



תכן נכון יותר

הקדמה מהירה

00

בשנים האחרונות ליווינו מאות מהנדסים ואנשי תכן, בעשרות פרויקטים ומוצרים שונים בתעשייה.

אחת התובנות שעלו הייתה ברורה:
רוב הכשלים בהדפסה נובעים מתכן לא מותאם.

ריכזנו במדריך 5 טעויות שחוזרות על עצמן בתעשייה ומשפיעות ישירות על:

- איכות החלק
- היציבות שלו לאורך זמן
- העלויות
- וזמני הפיתוח

וכמובן שגם דרכי התמודדות עם אותן טעויות, לשימושכם.



תמונה א': חלק שהודפס באופן **שטואם** את כיוון ההעמסה שלו (שמאל) לעומת חלק שהודפס במנח **שנוגד** את כיוון ההעמסה שלו (ימין) – במקרה הזה נוצר כשל טיפוסי בין השכבות (כשל אדהזיבי)

חוסר התחשבות במנח ההדפסה

01

שני חלקים זהים יתנהגו אחרת לחלוטין כתלות במנח ההדפסה.

הבניה משכבות מביאה לחוסר אחידות בין צירים (אורוטופיה), המשתנה בין חומרים וטכנולוגיות הדפסה.

• מבחינה מכנית

החוזק, קשיחות, עמידות להתעיפות ואפילו מנגנון הכשל צפויים להשתנות משמעותית בהתאם לכיוון ההדפסה.

• מבחינת דיוק התוצר (טולרנסים)

נצפה לשינוי גם בטולרנס המידה וגם בטולרנסים גיאומטריים

• מבחינה תרמית

אנחנו נצפה לצפות הבדלים מסויימים ביציבות המימדית של החלק כתלות בטמפרטורה

גם מבחינה ייצורית קיימת השפעה ישירה על הזמן והעלויות בעשרות ואף מאות אחוזים.



תכן מסורתי שונה מתכן להדפסה

02

אחת הטעויות הנפוצות ביותר היא להשתמש בתכן לעיבוד שבבי, הזרקה, כיפוף פחים או יציקות ולנסות להדפיס אותו.

אילוץ תכן מטכנולוגיות אחרות להדפסה עלול להביא לעליה ב:

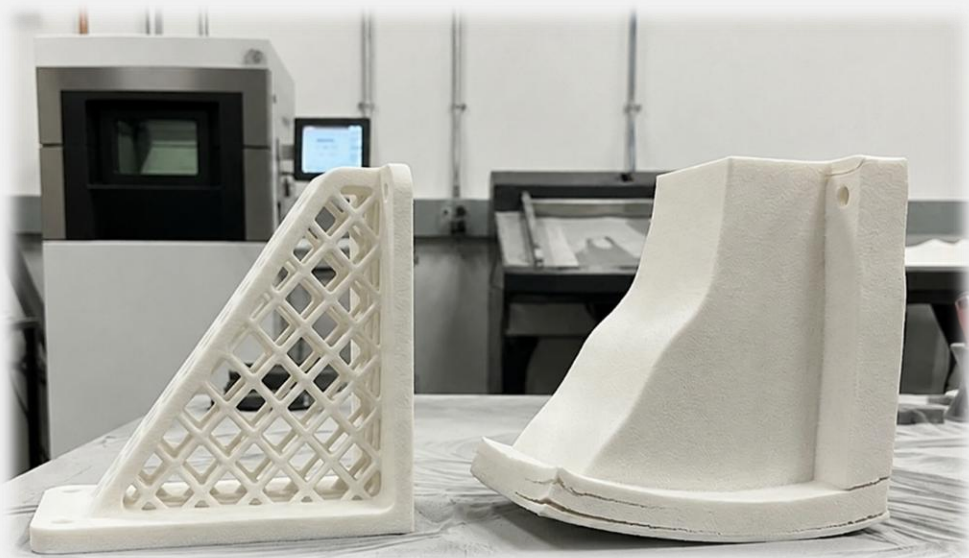
- עלויות
- עיוותים ומאמצים שיוריים
- כשלים
- חסמים פיתוחיים



תמונה ב': חלק מכורסם. סביר להניח שבהדפסת גיאומטריה זהה יהיה צורך לבחון את הדבר ולבצע שינויים גיאומטריים, שמתאימים לטכנולוגיית ההדפסה, חומר הגלם ופונקציונאליות החלק.

**תכן נכון להדפסה, לא מתחיל בחשיבה של - "להדפיס תכן קיים",
אלא בתכנון במחשבת תחילה לייצוריות ופונקציונאלית.**





תמונה ג': עיבוי שיוצר עיוותים ומאמצים שיריים שפוגעים בתוצר ובפיתוח

עיבוי שגוי עשוי להוביל לכשלים

03

"החלק חלש? נוסף עובי".

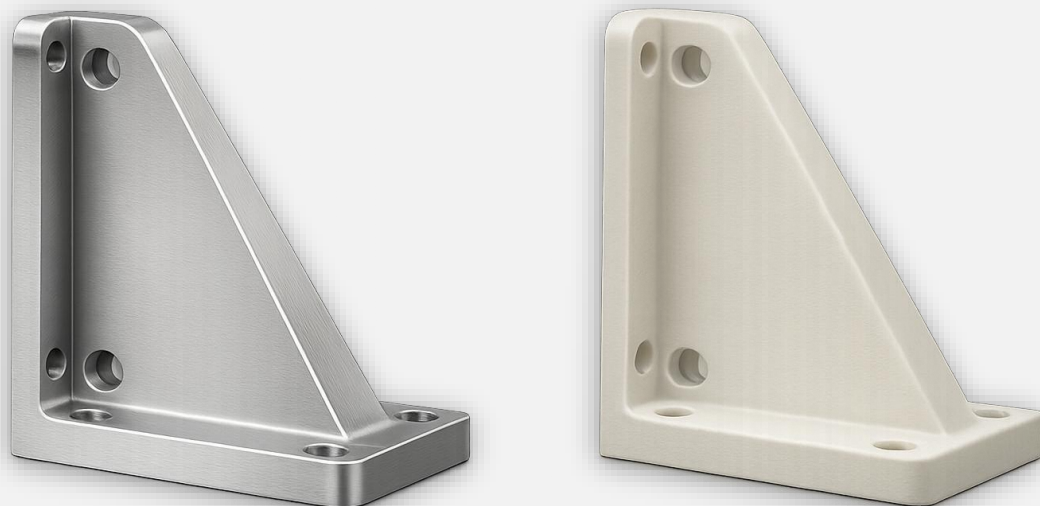
הדפסה, יותר חומר לא תמיד פותר את הבעיה – ולפעמים אפילו מחמיר אותה ועלול להביא ל:

- מאמצים שיריים גדולים
- קירור לא אחיד
- עיוותים
- כשלים בייצור

כלומר, יותר חומר $\neq$ חלק תקין וטוב יותר.

**חיזוק חלקים צריך להגיע מהבנה של טכנולוגיית ההדפסה
ובאופן מושכל, שתואם גם לשיקולי תכן וייצור נוספים**





תמונה ד': פולימר לעומת מתכת – אמנם גיאומטריה זהה אך התנהגות שונה לחלוטין, וכמובן שגם שיקולי התכנ.

פולימרים שונים ממתכות

04

קיים בנושא פרדוקס ברור:

בלימודי הנדסה מתמקדים במתכות, ולרוב פולימרים מוזכרים בקצרה בתחילת הלימודים, וגם בתעשייה - הידע מאוד מפוזר, ולא אחיד, למרות שהוא מהווה אבן ליבה.

השלכת הידע מתכן למתכות לפולימרים - שגויה מיסודה.

פולימרים מתנהגים באופן שונה לחלוטין מבחינה מכנית ותרמית ותלויים בתנאי העבודה, זמני חשיפה לעומס, ובליות שונות.

בנוסף, הם נבדלים בינם לבין עצמם במבנה, ובתכונות, וסוג הפולימר משפיע באופן ישיר על השיקולים שאנו מוכרחים לקחת בתכן באופן שקריטי להבין וליישם.



הסתכלות רק על "האם החלק הודפס?"

חלק שהודפס "בהצלחה" – יכול לתת תחושת ביטחון מטעה.

בפועל, "הדפסה מוצלחת" לא בהכרח מעידה על:

- תכן נכון
- יציבות לאורך זמן
- יעילות ייצורית
- מוצר אופטימלי

וכשלים מערכתיים מסיבות מכניות ותרמיות יכולים להתפתח לאורך זמן בתכנון לקוי.



לאחר 30 יום

תמונה ה': הצלחה ב"זמן אפס" לא בהכרח מעידה על כשלים שצפויים בהמשך

חלק שלכאורה הודפס בהצלחה, מתחבר ומתפקד טוב בזמן ראשוני לא בהכרח יעשה זאת לאורך הזמן שתוכנן, לכן קיים צורך בהבנה מעמיקה של התנהגות התוצר בתכן.



הדפסה מאפשרת חופש תכנוני יוצא דופן, אך יחד איתו קיימים שלל נושאים שחייבים להבין לעומק כבר בשלב התכן.

גם אם חלק נראה תקין לחלוטין ב־ CAD ואף מודפס בצורה מרשימה, אין הדבר מעיד על תכן נכון שלא יכשל בשימוש.

המשותף לרוב הטעויות הוא חוסר הבנה מלאה ועמוקה של הנושא.

וככל שההבנה תהיה עמוקה יותר - החלטות התכן ישתפרו, הסיכונים יצטמצמו, והפיתוח יהיה פונקציונאלי ואמין יותר מבחינה הנדסית ופרויקטאלית.

תכן נכון להדפסה מתחיל בהבנה עמוקה יותר.

קורס דיגיטלי ייחודי למהנדסים ואנשי פיתוח
המבוסס על נסיון מעשי, עשרות פרויקטים,
ועשרות אלפי חלקים מודפסים

DFAM



העמקה בפולימרים



תכן פונקציונלי וייצורי



שיקולים תרמו-מכניים



לצפייה בתכנית הקורס:

www.additiveproacademy.com



Additive Pro
Academy