

הדפסת תלת מימד Additive Manufacturing

המדריך למתכנן



הדפסת תלת מימד (AM) משחררת את המתכנן מרוב המגבלות המוכרות בתכנון חלקי פלסטיק. כמו בכל טכנולוגית ייצור, גם בייצור במדפסת SLS, DLP ו-SLM יש להכיר מספר כללי תכנון לייצור מוצלח של חלקים והרכבות. המדריך שברשותך נותן כלים טובים יותר להכנת חלקים לייצור בטכנולוגיות השונות.

המידע במדריך זה מבוסס על ניסיון וידע שנצבר בארן ואצל יצרנים נוספים.

המידע מתאים להדפסת חלקים במדפסות השונות מהסוג הנמצא בארן מחקר, פיתוח ודגמים:

SLS - EOS P395 / P396 / P770

DLP - ASIGA, Nano Fabrica

בברכה,

עמוס פרידמן, סמנכ"ל, מנהל תחום AM

טל: 054-6645710 / 04-6239011

amos@aran-rd.com

כתובת האשל 43, פארק העסקים קיסריה

ת.ד. 3067 מיקוד 3088900

טל 04-6239000 פקס 04-6273260

אתר www.aran-rd.com

**להצעות מחיר On-line
להדפסות תלת מימד
כנסו לאתר:**

www.aran3d.com

היתרונות שבתכנון לייצור סדרתי בהדפסת תלת מימד - DFAM

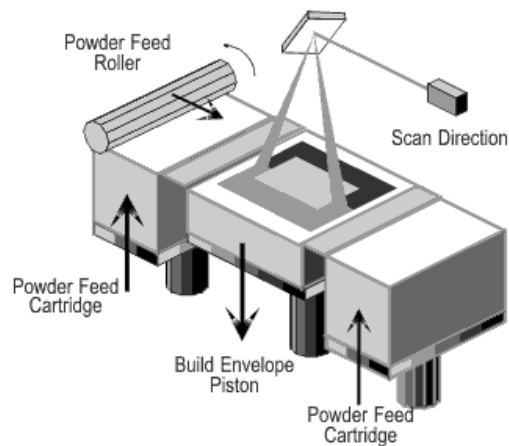
1. התכנון בתלת מימד מאפשר תכן ללא מגבלות, כיד הדמיון הטובה של המתכננים ומעצבי המוצר.
2. התכן הראשוני (קונספטואלי) משמש כתכן סופי לייצור (אין צורך לתכנן שלוש פעמים; לדגם, לסדרה אפס ולייצור סדרתי).
3. ניתן לאחד מספר חלקים לחלק יחיד ולחסוך בכמות המרכיבים ועלויות ההרכבה, הדבקה, הלחמה אולטראסונית ועוד.
4. אין צורך באמצעי ייצור (תבניות, מתקנים וכו').
5. אין צורך לאחסן מלאי של חלקים.
6. החלקים שיסופקו יודפסו בהתאם לגרסת התכן המעודכנת ביותר.
7. חומרי הגלם זהים באיכותם לחומרים המשמשים להזרקה בתבניות.
8. ניתן לצפות את החלקים בציפוי מתכתי העומד בתקן MIL-STD-461E, המספק פתרון ל EMIRFI.
9. ניתן לייצר בפרמטרים המאפשרים קבלת חלקים אטומים.
10. ייצור בכפוף לנהלי הבטחת איכות קפדניים ועמידה בדרישות תקן ISO9001, ותקן תעופתי AS9100D.
11. קיצור לוחות זמנים - Time To Market.



ישל"ט שיוצר ופותח בארן

תוכן עניינים

8	כיתוב בולט ושקוע בחלקי SLS
9	עובי דופן
9	פינים
9	חריצים
10	קדחים
10	הדבקת חלקים
11	שרטוט
11	שפות חדות
11	חללים סגורים
11	הרכבה
12	תכנון והכנסת אינסרטים
13	גימור וצבע לחלקי SLS ניילון 12
14	גודל תא ההדפסה
14	כללים להכנת קובץ להדפסה
15	חומרי גלם - SLS
15	חומרי גלם - DLP

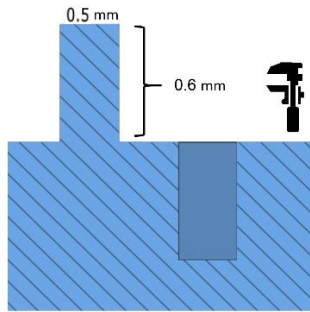


כיתוב בולט ושקוע

נבדק בשימוש בפונט Ariel בגדלים 8pt.- 14pt. כאשר גובה האותיות נע בין: 0.2-1.2 מ"מ.

הבדיקה נעשתה במצב מאונך ובמצב מאוזן כאשר הכיתוב פונה כלפי מעלה וכלפי מטה.

איכות הכיתוב המתקבל, שקוע או מובלט, תלוי בכיוון ההדפסה.

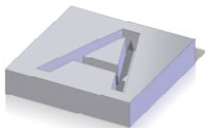


התוצאות הטובות ביותר מתקבלות כאשר הטקסט אנכי כלומר, הוא על הדופן המאוזנת בזמן ההדפסה. בתצורה הזו אין הבדל גדול בין כיתוב שקוע למובלט כל עוד שומרים על שני כללים:

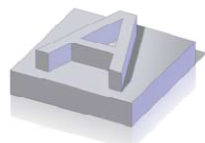
הפונט הגדול מרחב אות 0.6 מ"מ והבלטה או שקוע הגדולים מ-0.6 מ"מ, יש לשמור על מרחק מינימלי של 0.5 בין האותיות.

כאשר יש צורך לצבוע את החלק, מומלץ לבצע הבלטה / שקוע של 0.8 מ"מ ומרחק מינימלי של 0.8 מ"מ בין האותיות.

הערה חשובה - בהדפסת כיתוב יש לשים לב לאיכות קובץ ה STL. כאשר הקובץ שמור ברישות גס, יתכן שחלק מהפרטים ייעלמו בייצור.



vs	inside [mm]													
	>1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	>0,1
font size [pt]	<6													
	6													
	8													
	9													
	10													
	11													
	12													
	14													
	>14													



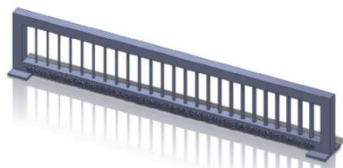
vs	outside [mm]													
	>1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	>0,1
font size [pt]	<6													
	6													
	8													
	9													
	10													
	11													
	12													
	14													
	>14													

טבלאות תוצאות לכיתוב אנכי לאורך ציר Z
ירוק - התחום המומלץ

עובי דופן

חלקים **דקי דופן** מומלץ לתכנן לפחות 1.5 מ"מ כדי לשמור על דיוק ולמנוע עיוותים ופגמים בחלק וככלל יש לשמור על מינימום עובי דופן של 0.5 מ"מ בכל פרט בחלק. שמירה על עובי דופן אחיד נותנת חלקים מדויקים יותר. בחלקים גדולים, דופן עבה במיוחד עלולה לגרום לעיוותים בחלק בגלל התכווצות הפלסטיק בעת הקירור ולכן מומלץ לשקול תכנון חללים פנימיים לשחרור המאמצים.

פינים



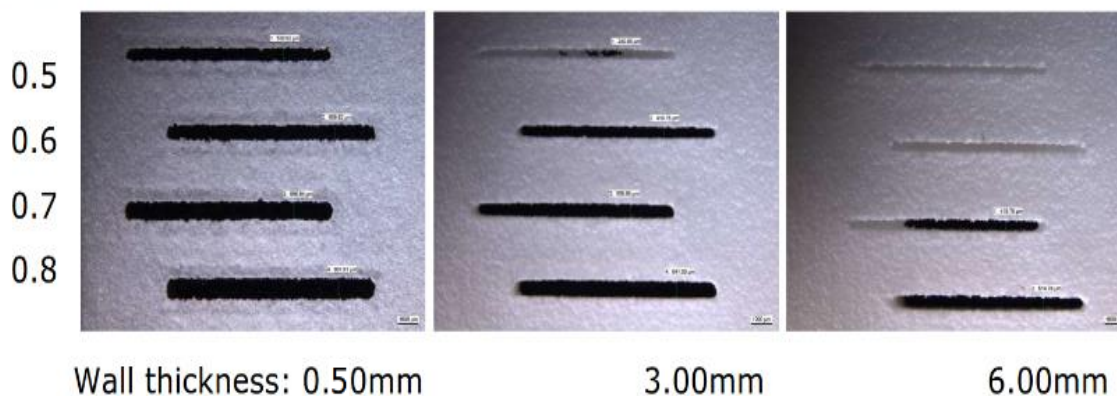
בתכנון פינים, מומלץ לא לרדת מקוטר של 1 מ"מ! הסטייה המקסימלית יכולה להגיע ל- ± 0.3 מ"מ.

חריצים



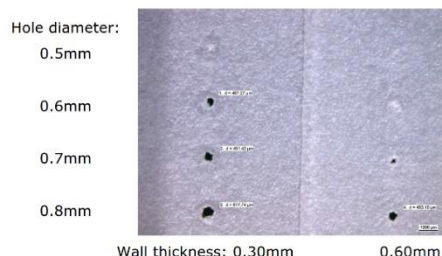
- ככל שעובי הדופן דק יותר, הרחלוציה המתקבלת טובה יותר. איכות החריצים המתקבלת תלויה ביחס בין עובי הדופן לגודל החריץ:
- עבור חריץ במרווח של 0.5 מ"מ, מומלץ עובי דופן קטן/שווה ל- 1.8 מ"מ.
 - עבור 0.6 מ"מ, מומלץ עובי דופן קטן/שווה ל- 3.6 מ"מ.
 - עבור 0.7 מ"מ, מומלץ עובי דופן קטן/שווה ל- 4.2 מ"מ.

Gap width [mm]:

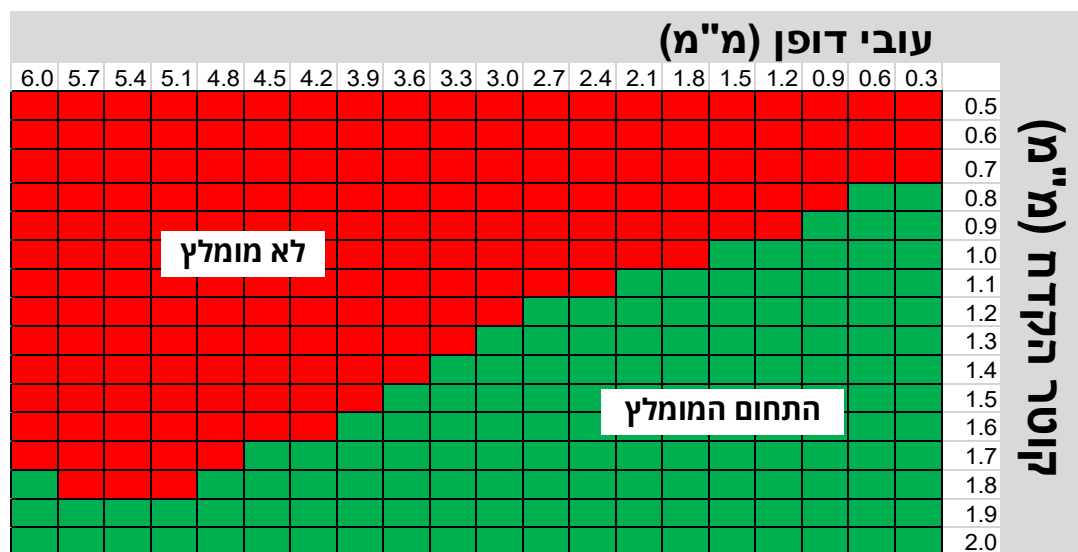


קדחים

כדי לקבל קדחים ברזולוציה טובה יותר יש להגדיל את קוטר הקדח או להקטין את עובי הדופן.

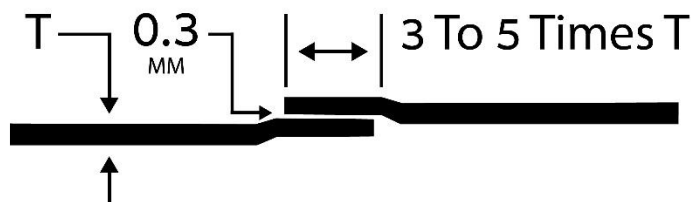


הערה - איכות הקדחים יכולה להיות מושפעת מגורמים נוספים כגון מיקום החלק על המגש, זווית הקדח ביחס לכיוון ההדפסה ועוד. כאשר יש חשיבות לקדחים עגולים ומדויקים, מומלץ לתכנן מראש עיבוד משלים על מנת להביא את הקדח למידות הרצויות.



הדבקת חלקים

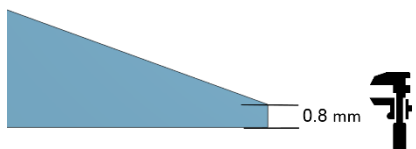
חלקי SLS ניתן לחבר בהדבקה בעזרת מגוון חומרים. בהכנת אזורי החיבור יש להקפיד על מרווח של 0.3 מ"מ ולתכנן משטח חפיפה הגדול פי 3 עד 5 מעובי הדופן (T). ניתן לקבל יעוץ מארן בנושא סוגי הדבקים המתאים ליישום.



שרטוט

מומלץ להוסיף לשרטוט את כיוון הבניה של החלק, במידה ואתם לא בטוחים בכיוון הרצוי אתם מוזמנים לפנות לארן להתייעצות.

שפות חדות

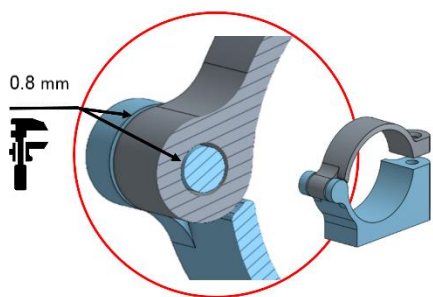


בתהליך ה SLS נקבל תמיד שפות חדות כשהן מעוגלות ברדיוס מינימלי של 0.3-0.4 מ"מ. בשפת זרימה חדה, עדיף לבצע קיטום לעובי מינימום של 0.8 מ"מ.

חללים סגורים

חללים סגורים לא ניתנים לניקוי לאחר ההדפסה ונשאר בהם חומר במצב אבקה השוקל כ 50% ממשקל החומר המוצק. ניתן להוסיף פתחים טכנולוגיים לניקוי והסרת האבקה ולאחר מכן לאטום את החלק בהדבקה. עבור פתח ניקוי אחד נדרש קוטר מינימלי של 4 מ"מ.

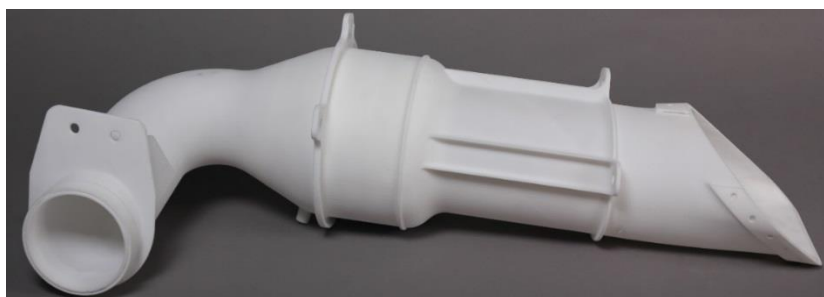
הרכבה



הדפסת חלקים מורכבים - תהליך הייצור ב SLS מאפשר הדפסת הרכבה הכוללת צירים וחלקים נעים. יש לבדוק היתכנות עם ארן לפני הזמנת ההדפסה!

על מנת להדפיס הרכבה כיחידה אחת, חובה לדאוג למרווח של מינימום 0.8 מ"מ בין החלקים השונים כדי להבטיח שחרור וקבלת חופש תנועה לאחר הייצור. נא לעדכן את ארן לפני תהליך הייצור על הכוונה להדפיס את כל החלקים כהרכבה אחת ולבדוק עם ארן האם צפוי קושי בשחרור החלקים! בעת שמירה ל- STL, יש לבחור באפשרות לשמור כהרכבה.

חלקים אטומים SEALED PARAMETERS - ארן פיתחה פרמטרים לקבלת חלקים אטומים. במקרה הצורך, ניתן להוסיף בשרטוט את הדרישה לייצר ב SEALED PARAMETERS. מקבלים אטימות לנוזלים ומעבר אוויר טוב יותר. מתאים מאוד לתעלות, מיכלי דלק, מעבר נוזלים וכו'.



צנרת ומעברי אוויר לפלטפורמה אווירית מיוצר Sealed parameters המבוצעים באופן סדרתי בארן לטובת מגוון פלטפורמות

תכנון והכנסת אינסרטים



נא לציין צורך באינסרטים בעת הבקשה להצעת מחיר ולצרף שרטוט המתאר את כיוון הכנסת האינסרט. באחריות הלקוח לתאם את אספקתם של אינסרטים לא סטנדרטיים, אשר אינם מופיעים בטבלה. מידות עבור אינסרטים המוחדרים בחום:

אינסרט עבור הברגה	קדח הכנה	עומק* קדח הכנה (מ"מ)	עובי הדופן מינימלי (מ"מ)	מס' קטלוגי
unc 2-56	Ø 3.1	4.2	1.3	SL-B-256
unc 4-40	Ø 3.9	6	1.6	SL-B-440
unc 6-32	Ø 4.8	7.4	1.8	SL-B-632
unc 8-32	Ø 5.4	8.5	2.1	SL-B-832
unf 10-32	Ø 6.2	9.7	2.6	SL-B-1032
M 1.6	Ø 1.9	3.2	1.3	
M 2	Ø 3.1	4.2	1.3	SL-B-M2
M 2.5	Ø 3.9	6	1.6	SL-B-M2.5
M 3	Ø 3.9	6	1.6	SL-B-M3
M 4	Ø 5.4	8.2	2.1	SL-B-M4
M 5	Ø 6.3	10	2.6	SL-B-M5
M 6	Ø 7.9	13	3.3	SL-B-M6
M 8	Ø 9.4	13.5	4.5	SL-B-M8

* הטבלה מתייחסת לאינסרטים בהחדרה בחום, לאינסרטים המוחדרים בהברגה יש צורך לפנות לארן לקבלת מידע טכני.

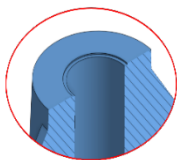
* בעת הכנסת האינסרט נדחס הניילון שבדפנות הקדח לתוך הקדח. כשהקדח איננו מסוג "עובר" יש להוסיף 0.3 מ"מ לעומק הקדח.

תהליך הרכבת האינסרטים

1. יש לבדוק את מידות הקדח המיועד לאינסרט.

2. להכניס אינסרט לקדח באמצעות חימום האינסרט או הלחמה אולטראסונית.

3. יש לוודא חפיפת פני שטח האינסרט עם פני שטח הקדח.



בבוסים לאינסרטים, מומלץ להוסיף שקע בעומק 0.2, ובקוטר גדול מקוטר הקדח ב-1 מ"מ כדי לתת לחומר המותר, שנדחף לפעמים ע"י האינסרט כלפי מעלה, מקום להיאסף מבלי להפריע. באינסרט הברגה, יחסית לאלו המוחדרים בחום, ניתן להפעיל מומנט גדול יותר במהלך סגירת הברגים.

גימור וצבע לחלקי SLS ניילון 12

צביעה בחדר צבע

בארן הצביעה נעשית בחדר צבע (על לחץ) תיקני, בעל תו תקן AS9100D. לארן ניסיון רב בצביעת חלקי SLS (ניילון 12). תהליך הצביעה: החלקים נצבעים בצבע יסוד, ליטוש וצבע סופי. ניתן לצבוע בצבעים על בסיס אפוקסי, פוליאורטני, צבע מוליך (לפתרון בעיות של RFI/EMI).

חדש! צביעה בטבילה

בכדי להוזיל את עלות הצביעה ולקצר לויז ניתן לצבוע בארן את חלקי ה-SLS בטבילה. בתהליך הנ"ל מתקבלים חלקים צבועים בטקסטורה של ריסוס חול. כמו כן צביעה זו אינה מוסיפה עובי ומשקל לחלקים.

ארן מציעה מגוון רחב של צבעים. הצבעים המסומנים בכוכבית* נמצאים במלאי באופן קבוע בארן. בנוסף, ניתן להזמין כל צבע מהרשימה המצורפת הנמצא במלאי אצל היצרן. וכן, ניתן לבצע הזמנה מיוחדת לכל גוון עפ"י מניפת RAL.

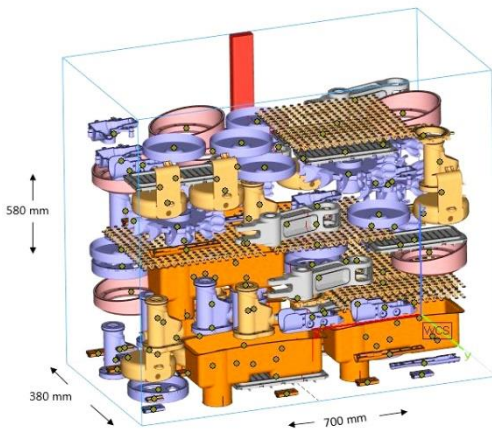
					
BLUE	ROYAL BLUE	YELLOW	ORANGE	SCARLET	RED
					
NAVY	GREEN	IVORY	BROWN	BURGUNDY	PLUM
					
CHOCOLATE	GREY	KHAKI	BLACK		

- המלאי יכול להשתנות - מומלץ לוודא עם ארן בעת ביצוע ההזמנה



סעפת לרכב מרוץ שיוצרה בארן

גודל תא ההדפסה



טכנולוגיית הייצור ב-SLS ייחודית בכך שהיא מאפשרת להדפיס חלקים בכל המרחב התלת ממדי של תא ההדפסה ללא צורך בתמיכה.

ההדפסה ב-SLS מתבצעת בתא סגור עם מידות קבועות. הגודל המקסימלי להדפסה צריך להתאים לנפח ההדפסה נטו הבא: XYZ - **700x380x580 מ"מ (P770)**. נפח התא הוא קצת יותר גדול ממגבלת נפח ההדפסה מפני שיש צורך לשמור מרחק מדפנות התא. בתנאים מסוימים ניתן לחרוג במקצת ממגבלות אלו. יש לשים לב שבסוגים שונים של חומרי גלם יתכנו מגבלות שונות ונפח ההדפסה האפקטיבי יקטן.

הדבקה - ניתן לייצר חלקים גדולים ממספר מקטעים ולהדביק יחדיו. יש לתכנן את אזור ההדבקה עם חפיפה מתאימה (ראה נושא "הדבקות חלקים", עמ' 10). ההדבקה היא בדבקים ציאנו-אקרילים או אפוקסי.

כללים להכנת קובץ להדפסה

1. בדוק שהקובץ תקין וסגור ללא משטחים פתוחים, Multibody, סקיצות או קונפיגורציות שונות.
2. ודא שמרווחים קטנים, קדחים, פינים, טקסט ועובי דופן עומדים בכללים שצוינו.
3. בהדפסת חלקים להרכבה, יש לדאוג למרווח מינימלי של 0.8 מ"מ בין החלקים.
4. **שמור** את המודל בפורמט ניטרלי. **שם הקובץ** באנגלית בלבד (ללא סימנים כגון * / #).
5. **פתח** את המודל הניטרלי בתוכנת התיב"ם ובדוק תקינות.
6. במידת הצורך, הכן טבלה לכמות הנדרשת מכל חלק, צבע, עיבוד משלים ואינסרטים.
7. כעת, ניתן לשלוח הכל ב Email לארן מחקר, פיתוח ודגמים (כתובת דוא"ל מופיעה בתחילת מדריך זה).



מחפסת EOS P396



מחפסת EOS P770

חומרי גלם בטכנולוגיית SLS

חומרי הגלם לייצור ב SLS מגיעים בצורת אבקה (Powder). בארן אנו מייצרים במספר סוגי חומרים על בסיס ניילון 12 (פוליאמיד).

חומרי גלם המצויים במלאי בארן:

חומר גלם	תיאור	שימוש	יתרונות	חסרונות	משקל סגולי (מוצק)
PA12 (ניילון 12)	פוליאמיד 12	חלקי פלסטיק באיכות גבוהה לשימושים הנדסיים UL94HB	חוזק וקשיחות גבוהים, עמידות בכימיקלים, שמירה על מידות, מאושר למגע עור ומזון	פחות קשיח מ-PA12 GF	930kg/m ³
PA12 FR	פוליאמיד בתוספת מעכב בערה	חלקי פלסטיק עם דרישה ל-UL94V0	חוזק וקשיחות גבוהים, עמידות בכימיקלים	יקר יותר לייצור	1,060kg/m ³
PA12 GF	פוליאמיד בתוספת כדוריות זכוכית	חלקי פלסטיק קשיחים עם עמידות לשחיקה מכנית	קשיחות, עמידה בשחיקה מכנית	פריך וכבד יותר מ-PA12	1,220kg/m ³



ידיות לישל"ט לפני ואחרי גימור וצבע, כולל צבע מוליך.

ניתן לקבל בארן דפי נתונים טכניים מגוונים לכל חומרי הגלם.

לפרטים וקבלת מפרטים: אלברט מיכאלי, מנהל שיווק AM | 054-6645723 | albert.michaeli@aran-rd.com

חומרי גלם בטכנולוגיית DLP – ASIGA 4K

מדפסת תלת מימד בטכנולוגיית DLP, מקרינה אור סלקטיבית על חומר גלם נוזלי רגיש לאור ומקשה סלקטיבית את השכבה. למדפסת זו יש מגוון רב של חומרי גלם, מגוון של מעל 100 סוגי חומרי גלם עם תכונות מכניות שונות, חומרים עמידים בטמפרטורות גבוהות, חומרים בדרגות קושי שונות, עם אישורים רפואיים, חומרים אטומים ושקופים. ייעוץ לבחירת חומר גלם מתאים ניתן לקבל במחלקת הדפסות תלת מימד בארן.

חומרי גלם המצויים במלאי בארן:

חומר גלם	תיאור	לשימוש	תכונות	דוגמאות
3D SYSTEMS PRO BLK 10	פוטופולימר צבע שחור	חלקים טכניים עם פרטים עדינים	חומר גלם הנדסי עם נתונים טכניים טובים מאוד	
BASF ST45 B	פוטופולימר צבע שחור	חלקים טכניים ומדויקים	נתונים טכניים טובים	
BASF ST45 M	פוטופולימר שקוף	חלקים טכניים שקופים	שקיפות	
GL Temp	פוטופולימר עם אישורים רפואיים		אישורים רפואיים	
BASF EL150	פוטופולימר גמיש	חלקים גמישים 80 SHORE A	גמישות	



כל הזכויות שמורות לחברת ארן מחקר פיתוח ודגמים בע"מ. אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגרי מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר - כל חלק המופיע במדריך זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול במדריך זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מחברת ארן מחקר פיתוח ודגמים בע"מ.

