

# מעבדה לעיבוד שבבי-חריטה וקידוח (CNC)

מכונות 1

10/23/2012

מעבדות הוראה-בן גוריון  
רשם: דוד אלמקיס

## עיבוד שבבי

עיבוד שבבי הוא תהליך טכנולוגי תעשייתי שבו מוסר חומר מגוש של חומר גלם (עֵבֶד) לצורתו הסופית. חומר הגלם עשוי ממגוון חומרים: מתכות, עץ, פלסטיק, זכוכית וכו'.

תהליך עיבוד שבבי מתבצע ע"י מכונות מיוחדות: משחזת, מסור, מקדחה, כרסומת, מחרטה מכונות ניקוב כיפוף ערגול ליטוש וכו', מכונות אלו יוצרות שבבים (חתיכות קטנות של חומר גלם) יש מכונות לעיבוד שבבי אשר לא יוצרות שבבים (גיליוטינה חיתוך בלייזר).

בתהליך עיבוד שבבי ניתן להגיע לדיוק עד לאלפיות ורמת טיב שטח גבוה לצורך כך משתמשים בכלים מיוחדים (סכינים, כרסומים, מקדחים, מקדדים, מסורים וכו') ישנן גאומטריות שונות לכלים על מנת ליצור את הצורה הרצויה.

קיימים סוגים שונים של עיבוד שבבי המאופיינים לפי:

אופן החיתוך (מכאני, לייזר וכו').  
גאומטריה העובד (גלילי או צורה אחרת).  
סוג עיבוד נידרש (תברג, קדח, שגם וכו').

**לדוגמה מספר מכונות עיקריות לעיבוד שבבי.**

### משחזת קונבנציונאלית

עיבוד בהשחזה מאופיין בעיבוד חלקים בהם נדרש דיוק גבוה, טיב שטח או בדרגת קושי גבוהה לאחר חיסום, לרוב עיבוד בהשחזה נעשה כעיבוד סופי לאחר עיבוד קודם.

במשחזת שטחים: משחזים שטחים ישרים. המוצר נדפן על שולחן המשחזת ונע בתנועות קוויות והכלי (אופן) מסתובב.

במשחזת גלילית: משחזים גופים גליליים. המוצר והכלי (אופן) מסתובבים.



**השחזה גלילית**



**משחזת שטחים**

## מערגלת

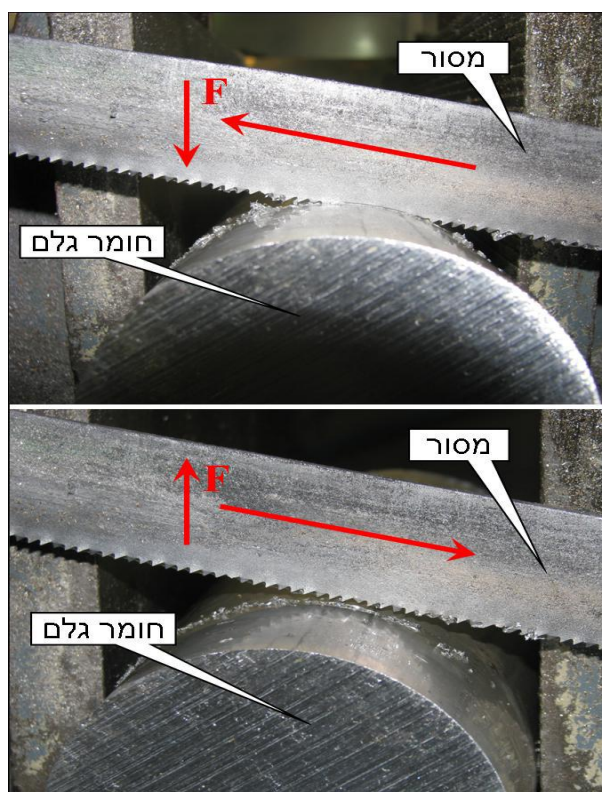
מערגלת ישנם מגוון מכונות לערגול :  
ערגול פרופילים, פחים, צינורות (משמש ליצירת קשתות).

### מכונה לערגול פחים



## מסור סרט

תהליך ניסור חומר הגלם במסור סרט- כל שן חותכת את חומר הגלם לעומק הקטן מגובה השן ע"י תהליך מחזורי המסור חותך את חומר הגלם.



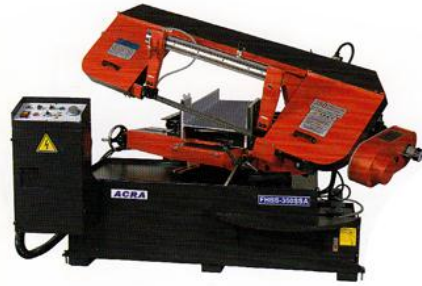
ישנם סוגים שונים למכונות חיתוך ע"י מסור – מסור סרט, מסור שורף, מסור אנכי, מסור לחיתוך זכוכית

**לדוגמה למסור נפוץ בבתי מלאכה.**

מסור סרט

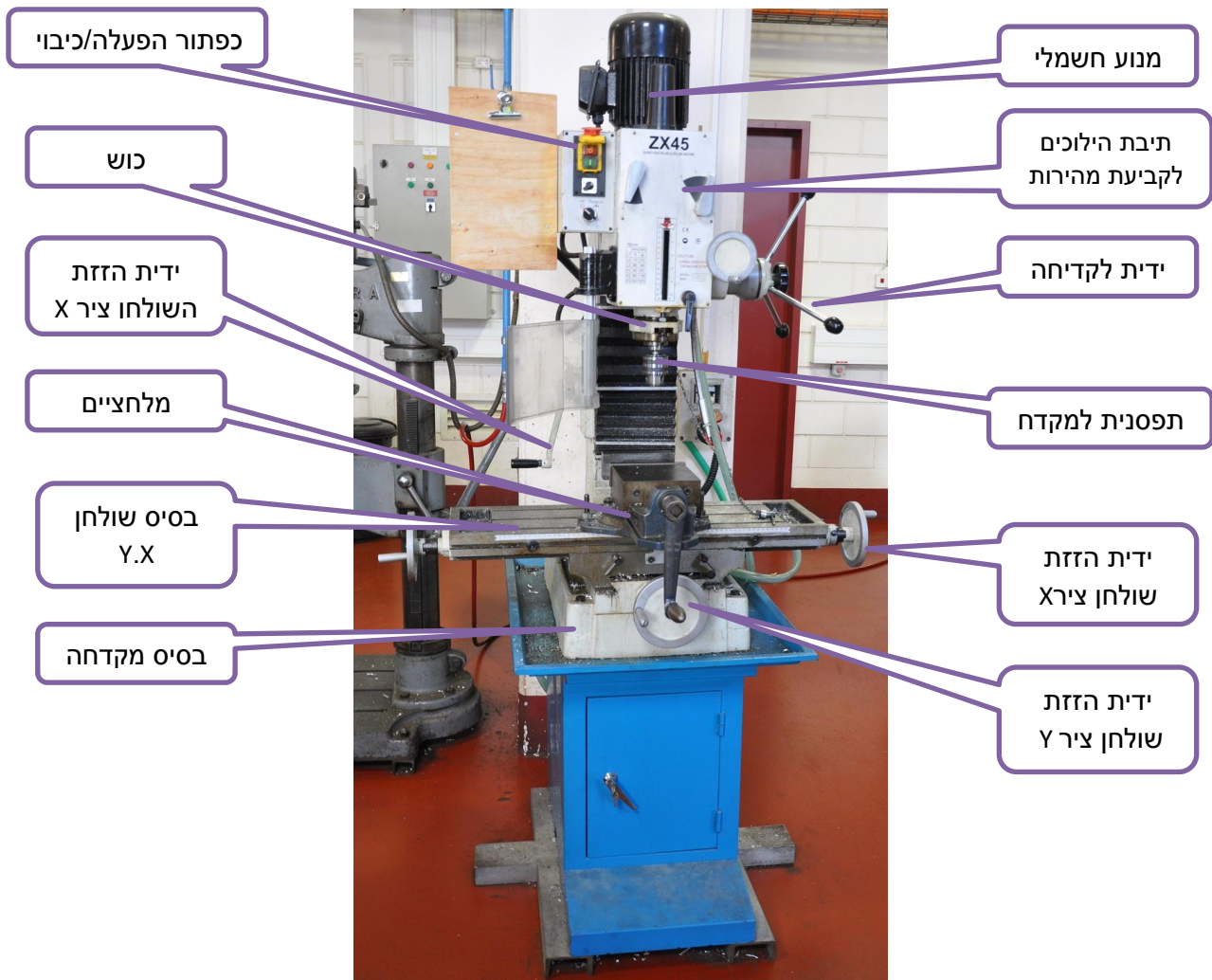


מסור סרט



**מקדחה שולחן/עמוד**

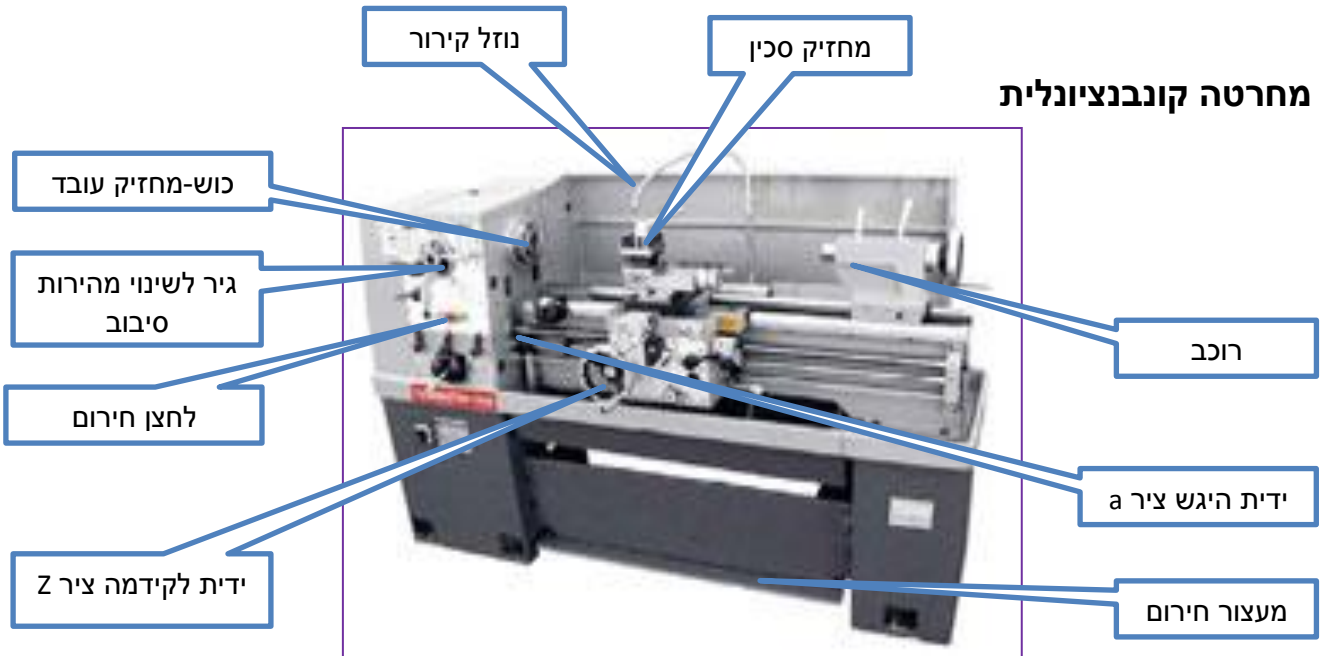
מקדחה שאינה אוחזת ביד המפעיל אלא מהווה חלק ממתקן מקובע. את חומר הגלם דופנים על גבי משטח העבודה או במלחציים.



## מחרטה קונבנציונאלית

העיבוד במחרטה מאופיין בעיבוד חלקים בעלי גוף גלילי (גליל, חרוט, כדור). את המוצר דופנים בכוש המחרטה והוא מסתובב. הכלי (סכין חריטה) נע בתנועות קוויות באמצעות גררות ומסיר חומר עודף בצורת שבבים.

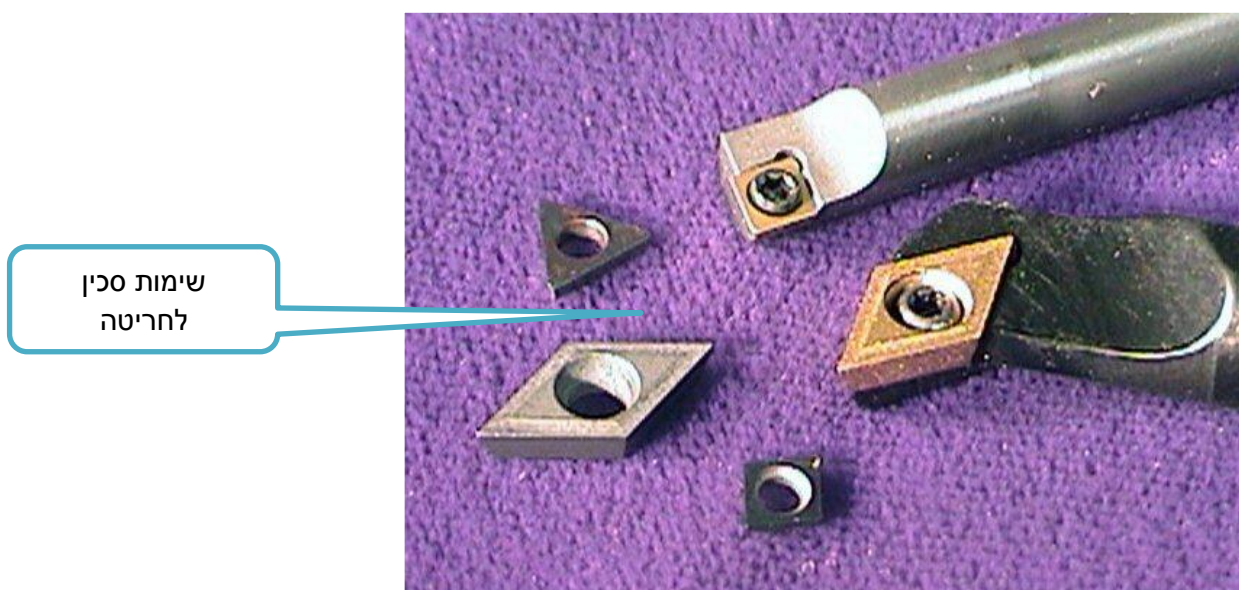
### מחרטה קונבנציונלית



מוצרים בחריטה



## קיימים מספר סוגים של סכיני חריטה



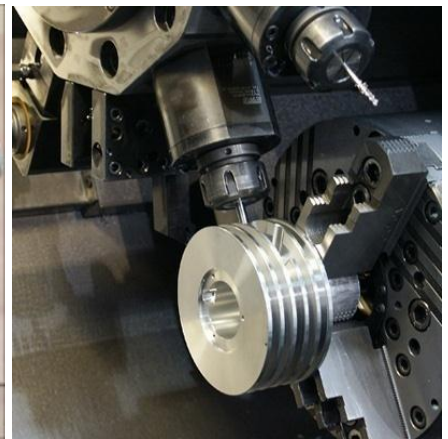
מכונות עיבוד שבבי התפתחו במהלך השנים אך כל עוד המכונות היו ידניות (קונבנציונליות), נדרשה מיומנות בהפעלת המחרטה, (ביצוע פעולות הדורשות תיאום התנועה בין שני צירים או עבודות מונוטוניות). בתחילה הוצמדו לצירים מנועים וכך אפשרו תנועה בקצב אחיד שמאפשרת יצירת טיב שטח חלק, (בעבודה ידנית נוצרים גלים כתוצאה משינוי מהירות הקידמה). בשלב אחר הותקנו מנועי צעד המנועים נשלטו ע"י בקר המכונה NC (Numerical Control) מכונות אלו אפשרו מתן פקודות תנועה כולל שילוב תנועה בין הצירים וביצוע בקרה בחוג סגור על מיקום הצירים במרחב. ובשלב מאוחר יותר המכונות כללו בקר מכונה ושפת תכנות (G-Code). שפה המאפשרת תנועה יותר מורכבת הכוללת אלכסון, קשתות, וכדור מכונה זו נקראת מחרטת CNC (Computer Numerical Control).

תכנות עיבוד שבבי יכול להיעשות בשלוש רמות:

1. תכנות ישיר – תכנות לבקר המכונה ע"י כתיבת (G-Code).
2. שפה עילית – שפת תכנות יותר אינטואיטיבית מ-(G-Code).
3. תכנות ממוחשב- בניית מודל והתוכנה בונה את תכנית ה-(G-Code).

התנועות נעשות באמצעות תכנית השולחת פקודות למנועים המורכבים במקום הידיות. יש מחרטות בעלות 3 צירים שניתן לבצע בהם גם פעולות של כרסום וקידוח תוך שילוב של תנועות מוצר / כלי (כרסום / מקדח וכד'). המאפיין את המוצרים בחריטה שהם בצורת: גליל, חרוט, כדור.





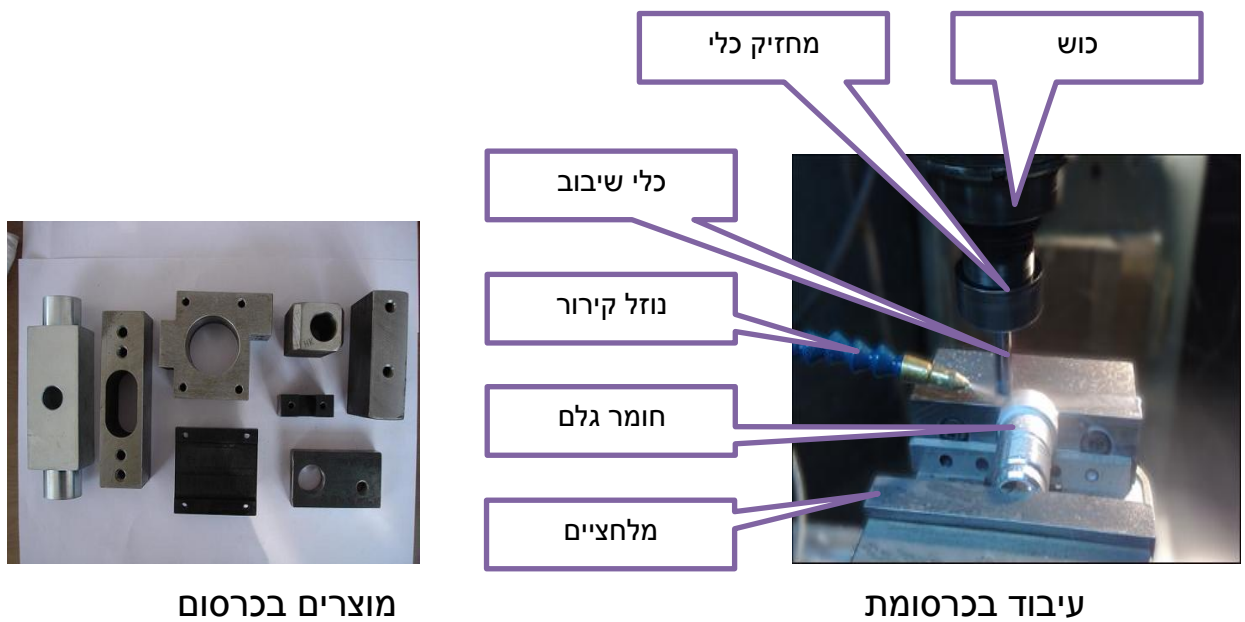
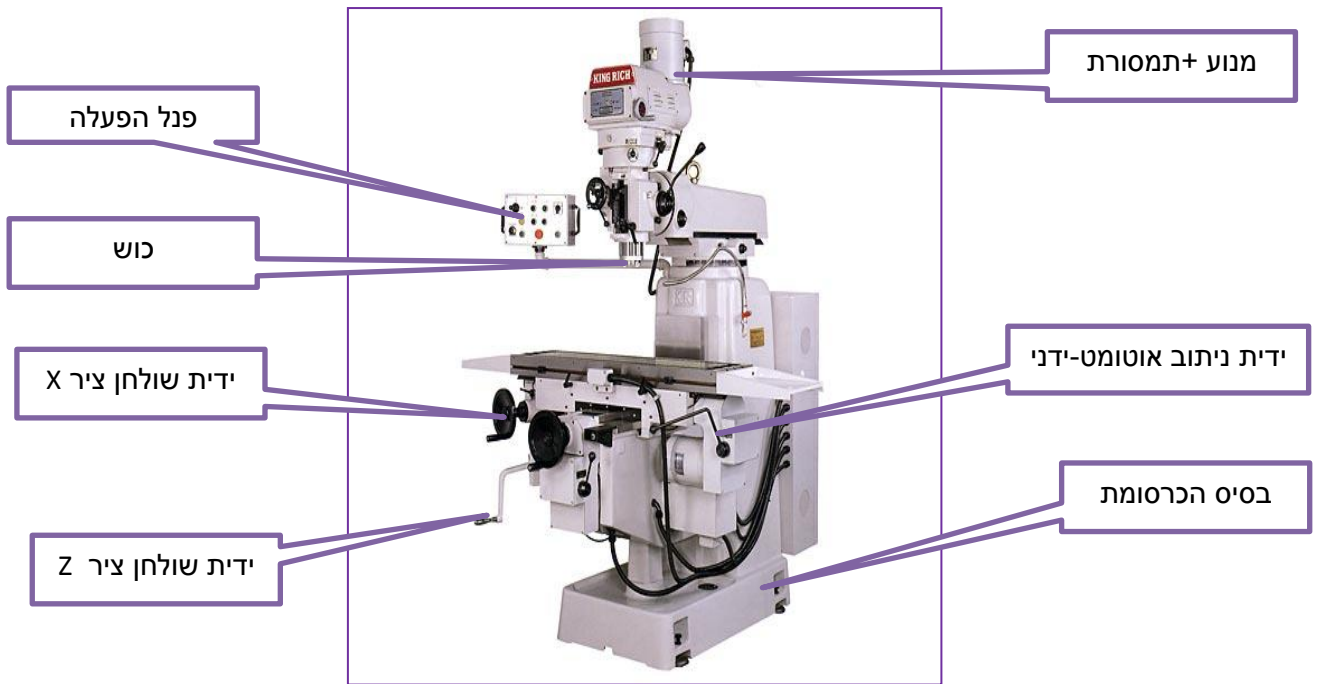
מוצרים בחריטה

מחרטה מכרסמת



## כרסומת קונבנציונאלית

העיבוד בכרסומת מאופיין בעיבוד חלקים בעלי צורות גיאומטריות שונות כמו: משטחים ישרים, עגולים וקשתיים. את המוצר דופנים על שולחן הכרסומת והוא נע בתנועות קוויות או סיבוביות. את הכלי (כרסום / מקדח וכד') דופנים בכוש הכרסומת והוא מסתובב ומסיר חומר עודף בצורת שבבים.



קיימים מספר רב של סוגים של כרסומים ו המשמשים לעיבוד בכרסומת לדוגמה מספר כלים:



כרסום אצבע לעיבוד גס (מרסק) משמש להורדה ראשונית של חומר לצורך קבלת צורה ראשונית של הפריט המיוצר ללא התחשבות כלשהי בטיב השטח.



. כרסום אצבע לעיבוד עדין משמש לעיבוד משטחים ישרים



כרסום אצבע ראש כדורי לעיבוד עדין משמש לעיבוד משטחים אשר אינם ישרים.



כרסום חריצים משמש לכרסום חריצים בעל צורת פרופיל T.



כרסום פינות לרדיוס רצוי.



כרסום לביצוע פאזות משמש לקיטום פינות חדות



כרסום לביצוע הברגות



כרסום פנים משמש לכרסום פני שטח



כרסום זנב משמש למוצרים בתעשיית עץ



כרסום מודול משמש לביצוע גלגלי שיניים.

## כרסומת CNC

בכרסות CNC התנועות נעשות באמצעות תכנית השולחת פקודות למנועים המורכבים במקום הידיות. ישנן כרסומות בעלות 3,4,5,6 צירים שמבצעות תנועות משולבות. העיבוד בכרסומת CNC מאופיין בעיבוד חלקים בעלי צורות גיאומטריות שונות כמעט ללא הגבלה, המוצר מקובע לשולחן הכרסומת ונע בתנועות קוויות / סיבוביות. את הכלי (כרסום / מקדח וכד') מרכיבים בכוש והוא מסתובב.



כרסומת CNC 5 צירים

### עיבוד בכרסומת



## תהליכים בעיבוד שבבי

### הגדרות

תהליך הייצור - מערך פעולות המבוצעות בחומר הגלם מרגע הכניסה למחסן החומרים ועד לרגע קבלת המוצר המוגמר ואחסנתו.

תהליך טכנולוגי - חלק מתהליך הייצור הקשור ישירות להפיכתו ההדרגתית של חומר הגלם למוצר מוגמר. תהליך הייצור כולל פעולות שנועדו לעצב את צורת החלק או לשנות את תכונותיו.

עריכת התהליך הטכנולוגי מתבצעת בדרך כלל על פי השלבים הבאים:

- א. תכנון סדר פעולות הייצור והאיכות והתאמתם לתוכנית הייצור של המפעל. יש ללמוד את תרשימים המוצר, נתוני העיבוד והגימור הנדרשים (סיבולת, טיב פני השטח וכד').
- ב. קבלת נתונים באשר לציוד, מכונות וכלים.
- ג. בחירת שטחי מוצא לדפינה
- ד. קביעת תוספות וסיבולות ביניים, סוג חומר הגלם ומידותיו.
- ה. עריכת דפי פעולה לטכנולוגיה.
- ו. בחירת הציוד ובכללו מכונות העיבוד, מתקנים, כלי חיתוך ומדידה.
- ז. חישובי תנאי שיבוב וזמני עיבוד לכל פעולה בתהליך העיבוד.

### תהליך עיבוד שבבי

תהליכי עיבוד שבבי מיועדים לעצב צורה רצויה ע"י "סילוק" חומר עודף בצורת שבבים. בהסרת החומר העודף מקבלים מוצר הסופי. תהליך השיבוב מתבצע בטמפרטורת הסביבה הצורה הגיאומטרית המתקבלת תלויה בשילוב התנועות היחסיות בין כלי החיתוך והעובד. עיבוד שבבי מיועד לייצר צורה בממדים וגיאומטריה רצויה, בדיוק גבוה ופני שטח טובים. עיבוד שבבי הוא תהליך סופי שבא לרוב לאחר תהליכי עיצוב פלסטי, יציקות וכד'.

### מכונות שיבוב

תפקיד מכונת השיבוב הוא ייצור משטחים גיאומטריים של מוצר, בתהליך שיבוב כללי על פי הדרישות למידות, דיוק וטיב פני השטח. המכונות בעלות מאפיינים שונים תכונה הבא לידי ביטוי בדיוק בטיב פני השטח המתקבל. לדוגמה: עיבוד בכרסומת ובמשחזת - הדיוק וטיב השטח שונים.

## מכונות השיבוב מסווגות על-פי מספר קריטריונים:

- אופי העיבוד ותהליך השיבוב - מכונות חריטה, כרסום, השחזה, קדיחה וכד'.
- צורת כלי החיתוך - סכין, כרסום, מקדח וכד'.
- סוג העיבוד - עיבוד גס או עדין.
- סוג הייצור ודרגת האוטומציה - מכונות קונבנציונליות, מכונות ממוחשבות C.N.C
- ממדי המכונה - ממדי שולחן העבודה וטווח פעולתו, הספק המכונה וכד'.
- הדיוק המקסימלי שניתן להשיג עבור המידות הסופיות.

## בחירת כלי החיתוך

בחירה נבונה של סכיני החיתוך הינה גורם חשוב במיצוי פוטנציאל השיבוב (דיוק, טיב שטח וחיסכון בכסף).

## גורמים המשפיעים על בחירת כלי החיתוך בתכנון תהליך ייצור טכנולוגי הם:

גודל המשטח וצורתו של המוצר המעובד.  
טיב העיבוד ודרישות לדיוק (עיבוד גס, עיבוד עדין).  
סוג מכונת העיבוד.  
תכונות החומר המעובד.  
חומר הגלם ממנו עשוי כלי החיתוך.  
קצב שחיקה ובלאי כלי החיתוך.  
תנאי שיבוב. (מהירות שיבוב. קידמה והיגש).  
תנאי קירור.  
תכונות מכניות של העובד.

## כלי החיתוך – נבדלים מהחומרים שמהם יוצרו, כלי חיתוך מיוצרים בעיקר מ:

פלדות מהירות חיתוך (H.S.S) - קיימים סוגים שונים של פלדות H.S.S השוני בניהם הוא ביסודות הסגסוג העיקריים, טונגסטן, מוליבדן וקובלט ויחסי הכמויות ביניהם. פלדות אלה משמשות בעיקר לשימושים כמו: שיבוב נפחים גדולים במהירות נמוכה כלי חיתוך בגאומטריה מסובכת.

פלדות מתק"ש (וידיה) – כלים אלה מיוצרים בתהליך סינטור ממספר אבקות הנפוצים הם טונגסטן קרביד עם קובלט המשמש כחומר מקשר בשיעור 5-13 אחוז.

קרמיקה (ציפוי) – מבוססים בעיקר על אלומינה או צרמטים מבוססי אלומינה כלים אלה מיועדים לשיבוב במהירויות גבוהות במיוחד, אורך חיים ארוך יותר אינם דורשים קירור ומאפשרים תנאי גימור גבוהים, כלים משמשים ליישומים מיוחדים ולא נפוצים עקב מורכבות הטכנולוגיה שבשימוש בהם.

יהלום (ציפוי) – חומר קשה ביותר שמשמש ככלי חיתוך יתרונו בדיוק גבוה ומהירות חיתוך גבוהות ביותר. חסרונו במחירו הגבוה. משמש ליישומים מיוחדים



## תנאי השיבוב

תוצאות שיבוב תלויות בתנאי השיבוב שנבחרו לעיבוד המשטח הנדרש. בחירה נכונה של תנאי השיבוב מבטיחה ייצור על-פי הדרישות (דיוק, טיב פני השטח) חיסכון בעלויות ייצור.

### תנאי השיבוב כוללים שלושה גורמים :

מהירות חיתוך (Vc) המהירות היחסית שבין השפה החותכת של כלי החיתוך ופני העובד (החלק המעובד).

קידמה (f) התנועה היחסית בין הכלי לנקודה קבועה של העובד שתפקידה להבטיח את עיצוב המשטח. תנועת הקידמה מופקדת על רציפות תהליך החיתוך

הגש (a) עומק השיבוב, שמבצע כלי החיתוך במהלך עבודה אחד עומק השיבוב תלוי בתוספות העיבוד ובממדי חומר הגלם, ואינו משפיע ממשית על אורך חיי הכלי ומהירות השיבוב. תנועת ההיגש אינה רציפה ומתבצעת לפני כל מהלך עבודה.

**בעיבוד גס** - מומלץ להשתמש בקידמה וההיגש המרבים הניתנים למכונה וכלי החיתוך.  
**בעיבוד עדין (סופי)** - ההיגש והקידמה נקבעים על פי דרישות טיב פני השטח ודיוק המשטח המעובד.

תנאי השיבוב יקבעו על סמך טבלאות והמלצות של היצרן.

## נוזלי קירור

נוזלי קירור מגבירים את האיכות ומקטינים את העלויות, מאפשרים עבודה במהירויות גבוהות (חיסכון בזמן עבודה), נוזל הקירור מאריך את אורך חיי הכלי, מסייע בפינוי השבב קירור הסכין והעובד, סיכור והפחתת החיכוך, דיוק ופני שטח טובים.

## לסיכום

### ישנם מספר רב של גורמים המשפיעים על תהליך הייצור

- סוג המכונה
- סוג סכין החיתוך
- תנאי שיבוב
- נוזל קירור
- תהליך טכנולוגי
- תכונות חומר העובד

## במעבדה זו נתמקד בשני תהליכים :

1 קדיחה (Drilling) - כולל ביצוע תבריג

2 חריטה –מחרטה ממוחשבת ((CNC- **C**omputer **N**umerical **C**ontrol))  
ביצוע חלק בסימולציה והפעלת מחרטה .

### קדיחה

תהליך הקידוח (Drilling) – יצירת קדח ע"י הנעת הסכין המסתובבת במהירות גבוהה  $V_c$  לתוך חומר הגלם (ציר Z) בקידמה קבועה.

ניתן לבצע קידוח בשלבים כדי לאפשר פינוי שבבים ומתן אפשרות לנוזל הקירור לחדור פנימה לחומר הגלם ובכך להגיע לתנאי שיבוב טובים ודיוק .

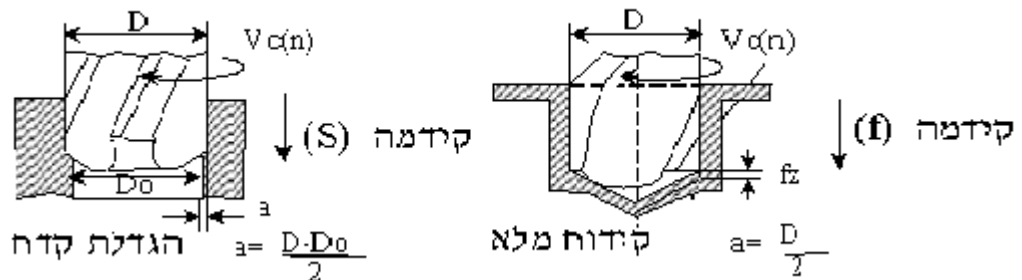
$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000}$$

**$V_c$**  - מהירות חיתוך (m/min) - תנועה סיבובית ראשית המיועדת לחיתוך השבב.

$n$  - מהירות סיבוב הכלי (R.P.M).

**D** - קוטר כלי המקדח (mm).

**קידמה (f)** - תנועה קווית רציפה של הכלי לאורך ציר הקדח (Z). תנועה זו מקנה עומק לקדח הקדמה (f) מוגדרת כהתקדמות הכלי במשך סיבוב אחד של המקדח.



$V_c$  - מהירות חיתוך  $f$  - קידמה  $f_z$  - קידמה לשן  $a$  - הניגש

## ביצוע תבריג (כללי)

ישנם שני סוגי שונים הברגות (פנימית, חיצונית, הברגה שמאלית, הברגה עם מספר התחלות ועוד) במעבדה אנו נבצע הברגה פנימית. ייצור הברגה פנימית נדרשת על מנת לייצר אומים מיוחדים או ייצור הברגה בחלקים שונים כמו מכסים בעלי גאומטריות שונות ההברגה תבצע על משטח מאלומיניום 6061. לאחר סימון מרכז הקדח ודפנים את הפלטה במלחציים, נקדח קדח מוגדר המתאים לסוג ההברגה (במספר שלבים לפי הצורך), אשר מתאים לתקן של התבריג אותו אנו מעוניינים לייצר.

**לדוגמה** כדי לייצר הברגה M4 נקדח קדח בעל קוטר 3.459 – 3.599 מ"מ.

ייצור התבריג מתבצע ע"י מברז כלי המיוצר ממתכת קשה (H.S.S) בעל הברגה חיצונית. המברז חורץ את חתך התבריג בקדח כדי לבצע תבריג תקני יש לבצע את ההברגה באופן איטי תוך שימוש בחומר סיכה.



## ישנם סוגים שונים של מברזים

מברז גן - מיועד לביצוע הברגות פנימיות בקדחים עוברים

מתאים לעיבוד במתכות צבעוניות ואלומיניום



מברז לחץ - מבצע את ההברגה בלחיצה ללא הורדת חומר במברז

זה (מברז לחץ טיטניום) נמנעת הידבקות החומר על המברז אידיאלי לעיבוד חומרים רכים אלומיניום, נחושת ופלדה רכה.



מברז ידני - מורכב מסט של שלושה מברזים איתם מברזים ב-3 שלבים

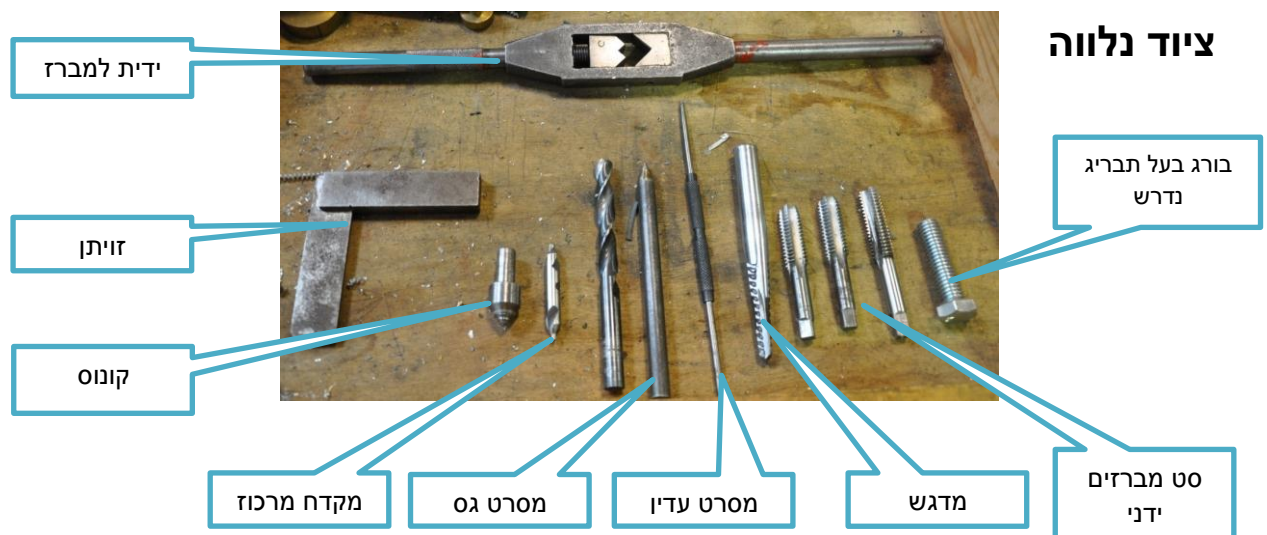
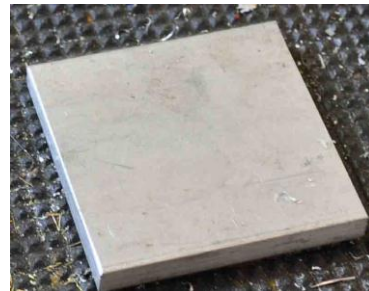
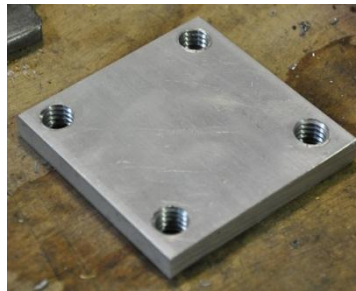
לפי הסדר.

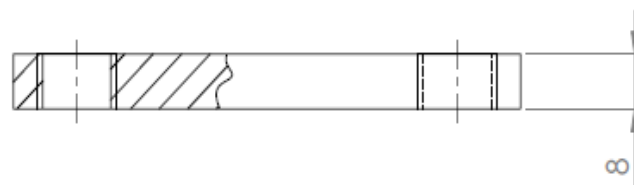
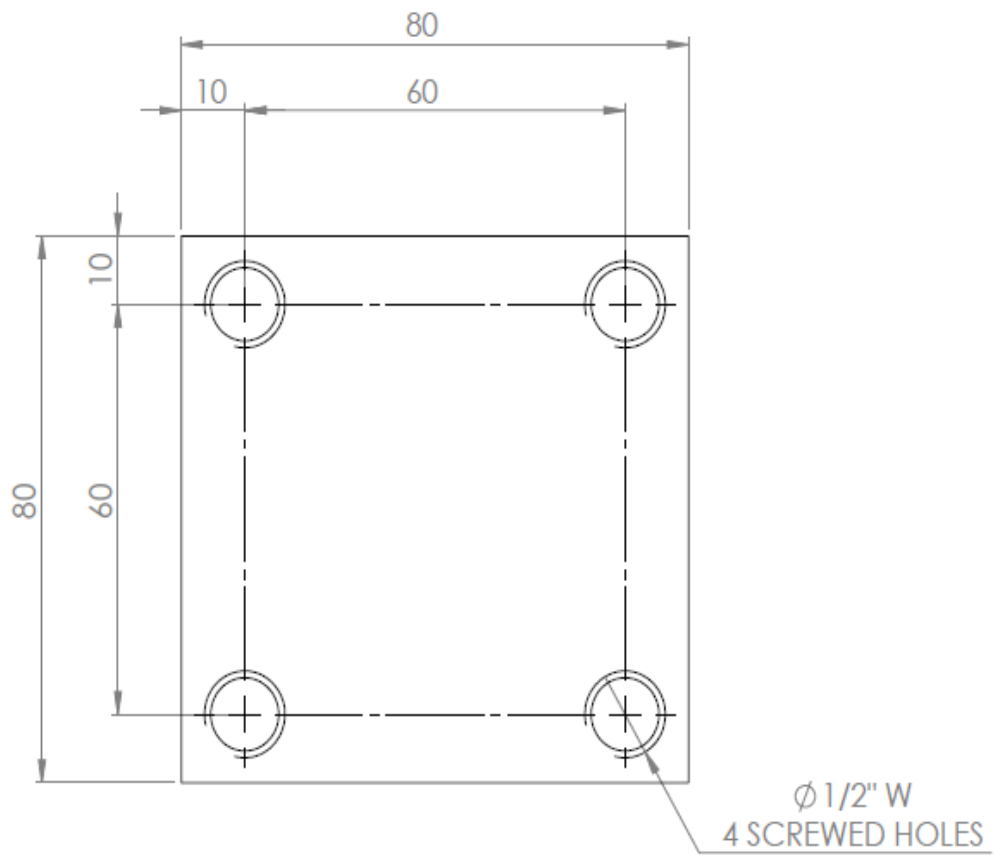


## מהלך המעבדה – קידוח

- א. מבנה ועקרונות מכונות הקידוח.
- ב. פעולות העיבוד והכלים לעיבוד במקדחה.
- ג. שיטות דפינה וקיבוע.
- ד. חישוב תנאי שיבוב (מהירות חיתוך/סיבוב).
- ה. סדר הפעולות לייצור והתאמת החלק בקדיחה ותברוז.

### יצור חלק בקדיחה (קידוח וביצוע ההברגה פנימית)





SCALE: 1:1  
MATERIAL: AL. 6061  
GENERAL TOLERANCE:  $\pm 0.5$   
TRIM SHARP EDGES.



## חריטה (Turning)

הסרת שבבים מחומר הגלם בעל חתך גלילי, המסתובב במהירויות גבוהות ומוזן אנכית לתוך סכין קבוע.

$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000}$$

מהירות חיתוך  $V_c$  [m/min] - המהירות המומלצת לעיבוד בהתאם להוראות יצרן (תלוי בסוג החומר ו הסכין).

מהירות העיבוד  $n$  [R.P.M] - מהירות סיבוב הכוש.

קוטר העובד  $D$  [mm] - קוטר העובד לפי כל שלב (שם לב שקוטר העובד משתנה בכל שלב)

תנאי השיבוב מושפעים ממספר גורמים בניהם הקידמה וההיגש

$$a = \frac{D - d}{2}$$

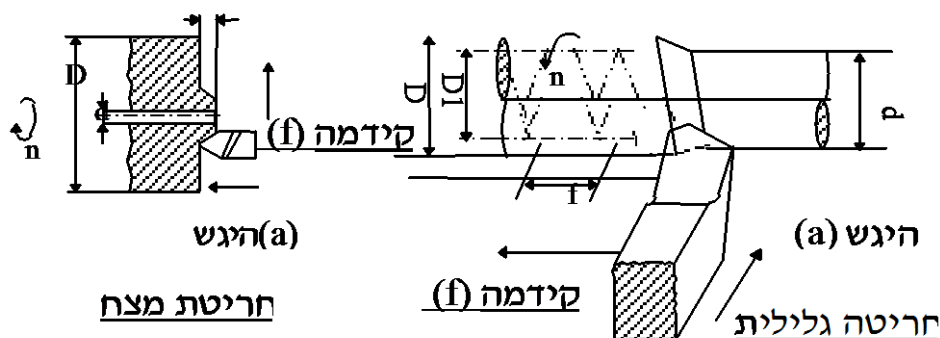
היגש  $a$  [mm] - עומק השבב.

$D$  - קוטר העובד ההתחלתי המקסימלי

$d$  - קוטר העובד לאחר הסרת החומר

קידמה  $f$  [mm/rev] - מרחק במ"מ שהכלי עובר הכיוון המקביל לציר הסיבוב של העובד, במשך סיבוב אחד של העובד קצב (נתון מטבלאות).

נבחין בשני סוגי חריטה חיצונית חריטה גלילית וחריטת מצח.



## מעבדה CNC חריטה (זוהי המכונה עליה יבוצע הניסוי)

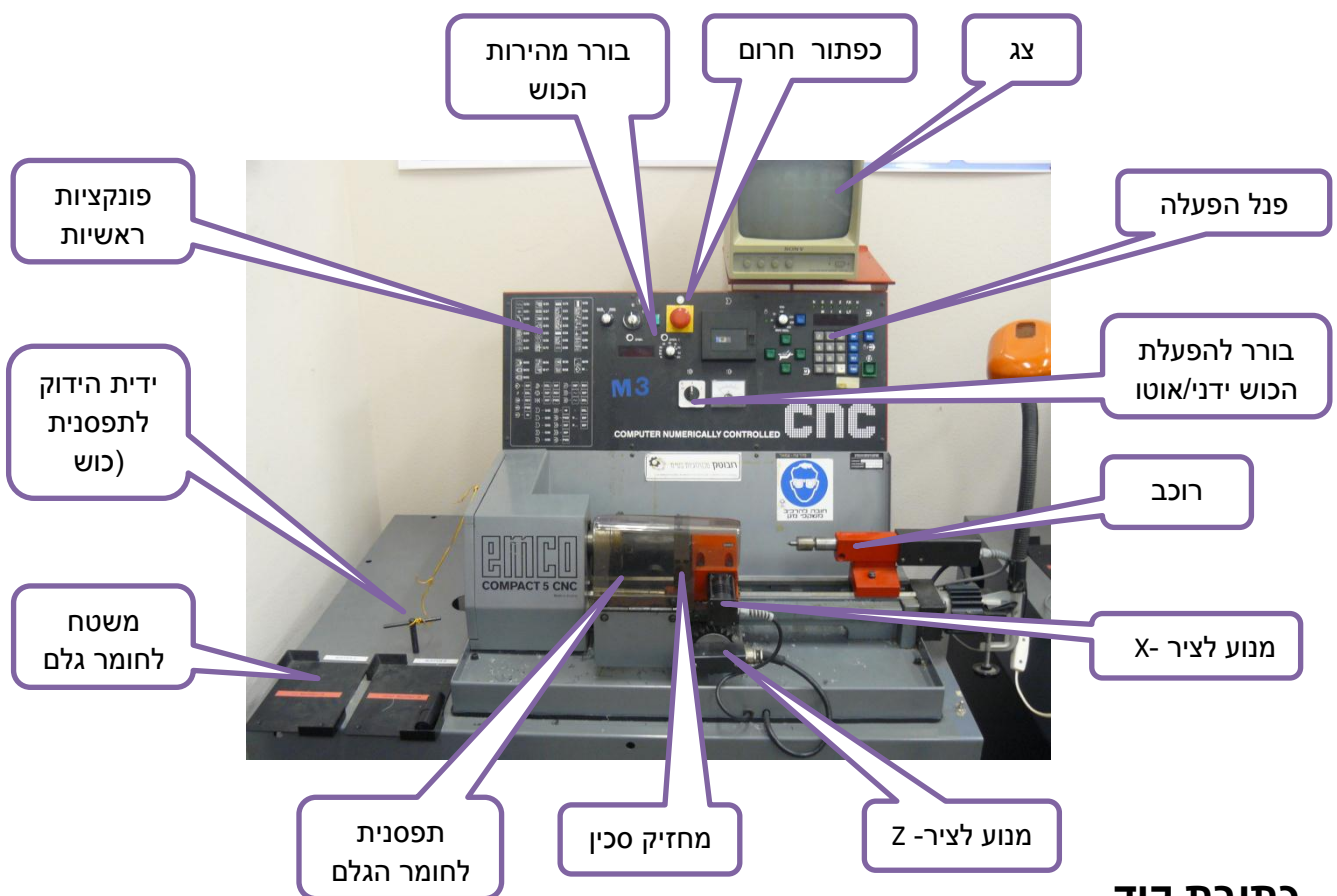
במעבדה נבצע סקירה של מחרטה מסוג emco compact 5 cnc כתיבה והרצה של תכנית בשפת G-CODE (בדיקתה בסימולציה). הדגמה לייצר חלק במחרטה CNC.

רקע – תהליך ושימושים בחריטה קונבנציונלית ובחריטה CNC.

### מבנה המחרטה

יחידת חריטה – (מורכבת מפוטר, מחזיק סכין שולחן Y-X ורוכב),

בקר, מחשב ותוכנה



### כתיבת קוד

קוד ייצור של הפריט נגזר משרטוט הייצור ומושפע ישירות מתהליך עיבוד שבבי: שלבי ביצוע, סוגי סכין, סוג חומר גלם, מידות המוצר, מהירות קידמה והיגש. לכל שלב יש התייחסות בכתיבת קוד הייצור (G-CODE).

החלפת סכין - פקודות T  
תנועה סכין - פקודות G  
הפעלת מכונה - פקודות M

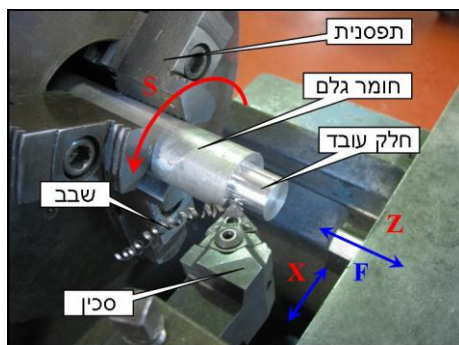
## דפינת חומר גלם

קיימות שני שיטות עיקריות לדפינת העובד

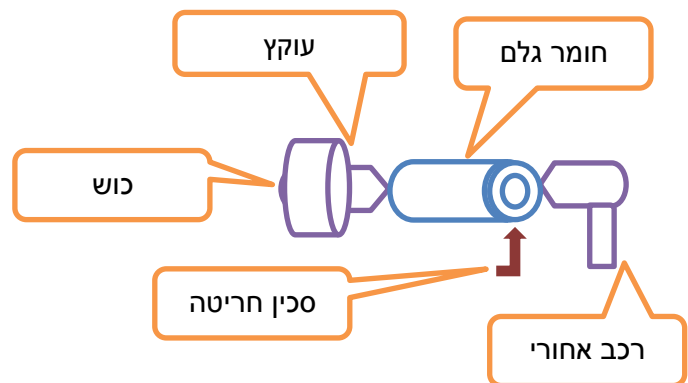
**שיטה ראשונה** - ע"י עוקץ המחובר לכוש המכונה ורכב אחורי. הרכב האחורי לוחץ על החלק לכיוון הכוש. כאשר הכוש מסתובב הוא גורם לחלק להסתובב באמצעות החיכוך שיטה זו מאפשרת עיבוד לכל אורך חומר הגלם אך לא לפאות.

**שיטה שניה** - דפינה ע"י הפוטר, הפוטר המורכב משלוש לחיים מחובר לכוש, את חומר הגלם מרכיבים במרכז הפוטר וע"י סגירה במפתח מיוחד (ללחיים מבצעות תנועה רדיאלית) מתבצע הידוק של הלחיים וחומר הגלם. שיטה זו מאפשרת עיבוד פאות אך העיבוד לא מתבצע לאורך כל חומר הגלם.

### במעבדה נעבוד לפי שיטה שניה



### שיטה ראשונה



מיקום הדפינה ומספר הדפנות יש חשיבות לדיוק אותו לקבל בייצור, אנו נשאף תמיד למספר דפינות מינימלי כך נבטיח דיוק גבוהה,

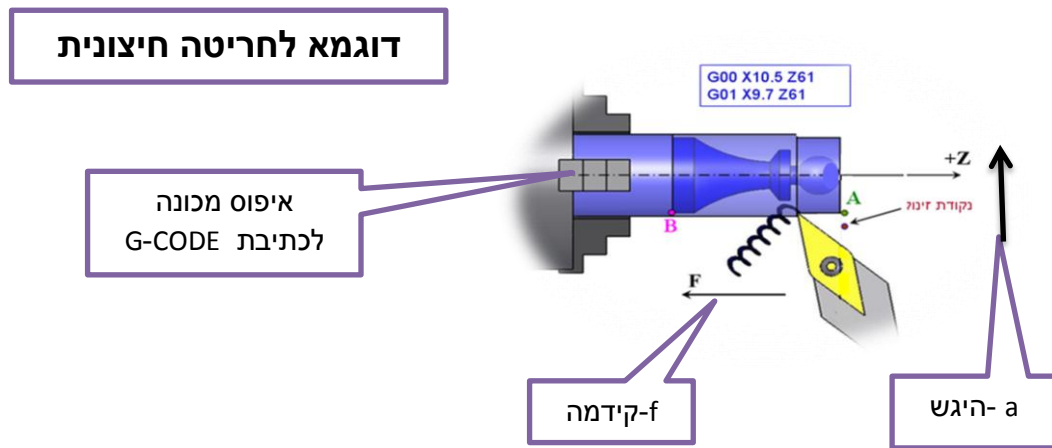
## סכיני חריטה

במחרטה קיימים מספר סוגי סכינים

1. סכין חריטה חיצוני ימני.
2. סכין חריטה חיצוני שמאלי.
3. סכין גידוע (חיתוך).
4. סכין לשבירת פינות.

## צירי תנועה

המחרטה CNC מורכבת משני צירי תנועה כמו במחרטה קונבנציונלית ציר X- וציר Z- כאשר מבצעים חריטה חיצונית ציר-X (היגש- עובי השבב, תנועה לכיוון קוטר חומר הגלם), וציר Y – ( קידמה –קצב התקדמות הסכין, תנועה לאורך חומר הגלם),

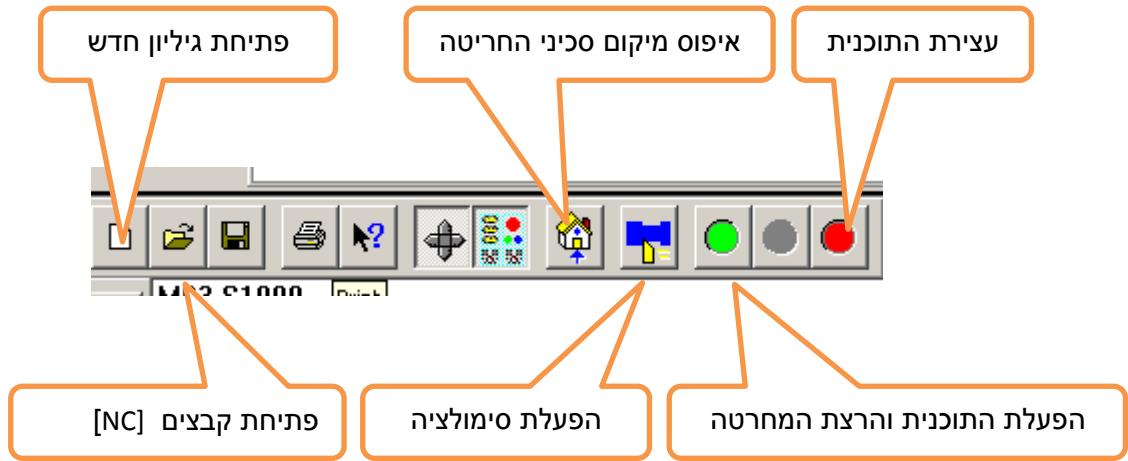


## תיאור כללי של תוכנת החריטה CNC Base for prolight

### הפעלה משולחן העבודה

The screenshot shows the WSLT CNC software interface. Callouts highlight:
 

- אזור כתיבת קוד התוכנית** (Code writing area) pointing to the G-code list on the left.
- הצגת סימולציה ויזואלית לקוד התוכנית** (Visual simulation of the code) pointing to the 'Verify' window showing a 3D model.
- מידע על מיקום כלי החריטה** (Tool position information) pointing to the coordinate readout (Z: 0.000 mm, X: 7.000 mm).
- אזור בקרת תנועה ידנית** (Manual motion control area) pointing to the control panel with buttons for Stop, Opt. Stop, Sing. Step, and manual axes (Z, X).

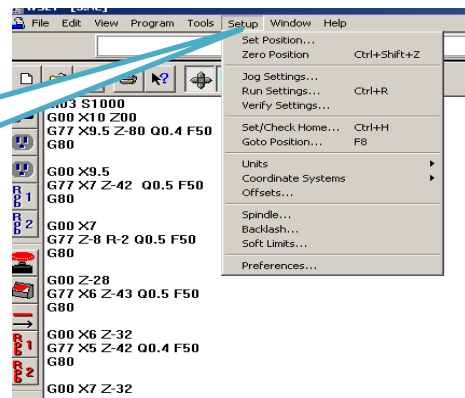


Machine Info				
Tool	01	TISpec	TRC	Z 95.863 mm
Feed	635.00	Spindle	1000.0	X 54.559 mm
Pass	001	Coord	Work	
Block	1	of	1	

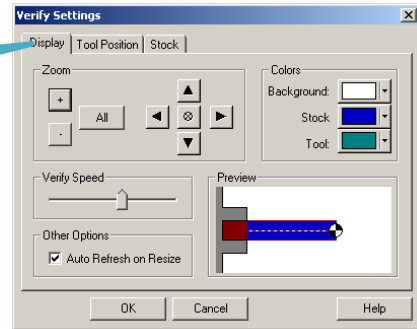
הצגת מידע: מספר כלי, מהירות קידמת הסכין, מהירות סיבוב חומר הגלם, קואורדינטות סכין

מפרטים נוספים במסך ראשי ניתן להוסיף דרך לשונית View.  
מפרטים נוספים במסך ראשי ניתן להוסיף דרך לשונית Setup.

דרך מפרט Setup ניתן לשנות יחידות, להגדיר נתונים לעבודת המחרטה (מהירויות קידמה, היגש, דיוק ואפשרויות נוספות).

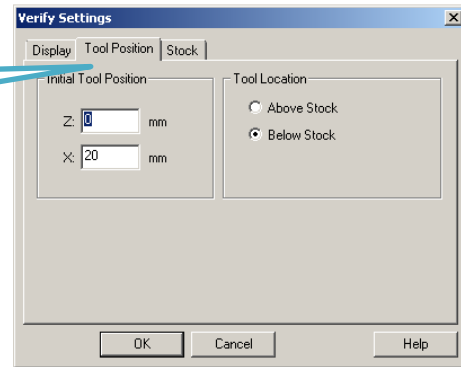


דרך מפרט Display- Verify setting ניתן לשנות תצוגה.

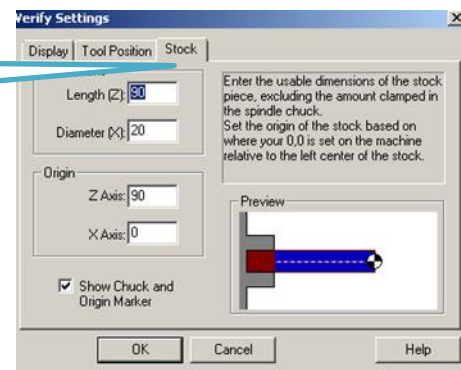




דרך מפרט Tool Position- Verify setting ניתן לשנות את מיקום הסכין היחס לחומר הגלם.



דרך מפרט Stock- Verify setting ניתן לשנות את מידות חומר הגלם ומיקום ראשית צירים



## יש לבצע מספר הגדרות לפי כתיבת התוכנית.

הגדרת כלי חריטה - מסרגל הכלים - Setup Library-tools ניתן לשנות לבחור כלי בנוסף ניתן לבצע שינויים גאומטריים בסכיני החריטה (זווית רדיוס הסכין כיוון הסכין).

## פקודות בסיסיות של מחרטת Prolight 3000

ככלל פקודות חריטה מתחלקות לפקודות מסוג G-code ולפקודות מסוג M-code.

### פקודות מסוג G-code:

**G00** - תנועה ישירה מהירה מרבית (רפיד). תנועה זו מתבצעת מחוץ לחומר. הפרמטרים לפקודה זו הם X ו-Z שמבטאים את המיקום אליו הסכין צריך להגיע.  
G00 X100 Z50

**G01** - תנועה ישירה במהירות מוגדרת הפרמטרים לפקודה זו הם X ו-Z שמבטאים את המיקום אליו הסכין צריך להגיע ובנוסף פרמטר F המבטא את מהירות התנועה במ"מ לדקה .

G01 X8 Z50 F100

**G02** - חריטת קשת בכיוון השעון.

נקודת מוצא X0 Z60 . נקודת יעד X6 Z54 הפקודה G02 X6 Z54 I0 K54 F50 כאשר I מציין קואורדינאטת מרכז הקשת בציר X , ו K מציין קואורדינאטת מרכז קשת בציר Z , ו F מציין מהירות קידמת הסכין.

**G03** - חריטת קשת נגד כיוון השעון.

**G72** - חריטת קשת מחזורית בכיוון השעון. הורדת שבבים בצורה מבוקרת.

נקודת מוצא X0 Z60 . נקודת יעד X6 Z54 . הפקודה G72 X6 Z54 I0 K54 Q0.5 כאשר I מציין קואורדינאטת מרכז הקשת בציר X , ו K מציין קואורדינאטת מרכז קשת בציר Z , ו F מציין מהירות קידמת הסכין, ו Q מציין עומק שבב בודד.

**G73** - חריטת קשת מחזורית נגד כיוון השעון. הורדת שבבים בצורה מבוקרת.

**G77** - חריטת אורך מחזורית קו ישר. הורדת שבבים בצורה מבוקרת.  
נקודת מוצא X10 Z61 . יעד רצוי – חריטת אורך למצב X5 Z20 .

הפקודה G77 X5 Z20 Q0.5 F50

כאשר F מציין מהירות קידמת הסכין, Q מציין עומק שבב בודד.

מה שמתבצע בפועל זה הורדת שבבים מקוטר 20 לקוטר 10 כאשר גודל שבב

בודד הינו 0.5 מ"מ

**G80** - סיום מחזור חריטה.

**G90** - פקודה לעבודה במצב אבסולוטי יחסית לראשית הצירים שנקבע מראש.

**G91** - פקודה לעבודה במצב אינקרמנטלי, ראשית הצירים צף ממקום למקום.

### פקודות מסוג cod-M:

פקודות מערכת לתפעול ולביצוע החריטה ללא קשר לגיאומטריה הרצויה. כמה פקודות בסיסיות.

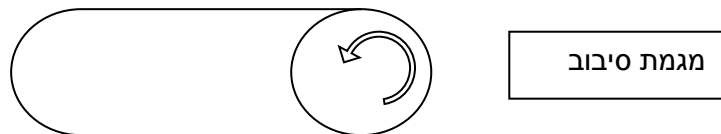
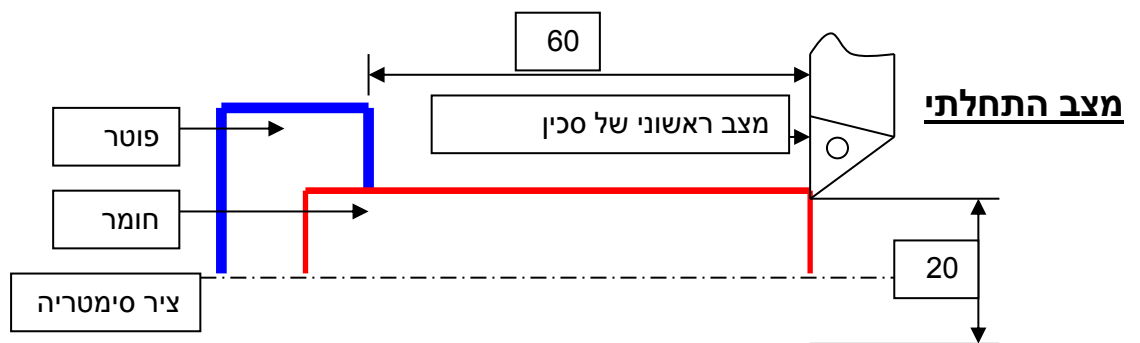
- **M02** - סיום תכנית.
- **M03** - הפעלת פוטר המחרטה (סיבוב חומר הגלם). **דוגמא:** S2000 M3
- **M05** - כיבוי פוטר המחרטה **דוגמא:** M05
- **M06** - פקודה להחלפת סכין חריטה. **דוגמא:** T1 M6

## פקודות נוספות

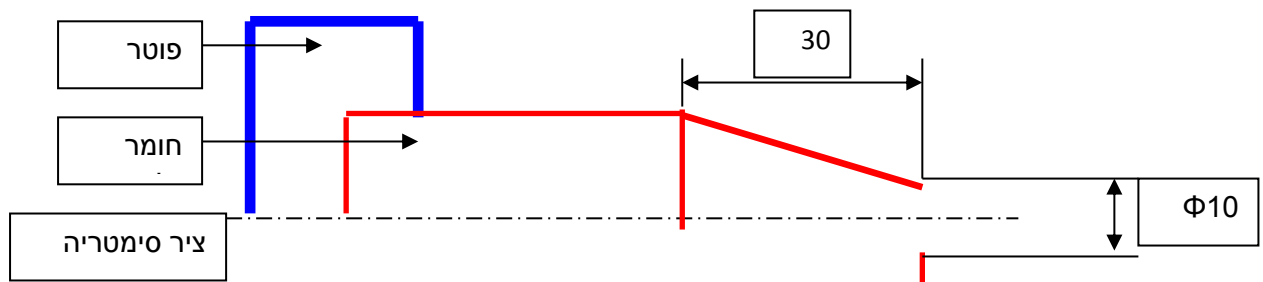
- I - קואורדינטה ציר X , בשלב יצירת קשת.
- K - קואורדינטה ציר Z , בשלב יצירת קשת.
- Q - גודל שבב (היגש). דוגמא Q0.5
- S - קביעת מהירות סיבוב של הפוטר.
- F - קביעת קידמת הסכין. דוגמא F100 .
- T - מספר כלי.
- R - קוד לביצוע קונוס.

**דוגמה:** נקודת מוצא X8 Z60 . נקודת יעד X8 Z30 . המטרה: ביצוע פאזה קוטר התחלתי 8 וקוטר סופי 16

לאורך 30 מ"מ. הפקודה G77 Z30 R-4 Q0.5 F100 . זה יראה כך.



## מצב סופי



## כתיבת תכנית לחלק (G77) :

נניח וחומר הגלם הקיים בפוטר הינו אורך 60 וקוטר 20 מ"מ.

M03 S1000

G00 X10 Z61

G01 X10 Z61 F200

G01 X10 Z60 F200

G77 Z30 R-4 Q0.5 F100

G80

M05

M02

חשוב להקפיד לא לכתוב בשורת פקודה אחת תזוזת סכין בציר X ובציר Y - תנועת הסכין תהיה אלכסונית

חשוב בסוף פקודה מחזורית להוסיף G80 בתחילת תכנית פקודה M03 וקביעת מהירות סיבוב S1000 בסוף תכנית פקודה M02 וכיבוי כוש פקודה M05.

## הסבר:

M03 S1000 - סיבוב הפוטר במהירות 1000 סל"ד

G00 X10 Z61 - מיקום ראשוני במהירות רפיד

G01 X10 Z61 F200 - מיקום שני במהירות מבוקרת.

Z60 - מיקום שלישי במהירות מבוקרת.

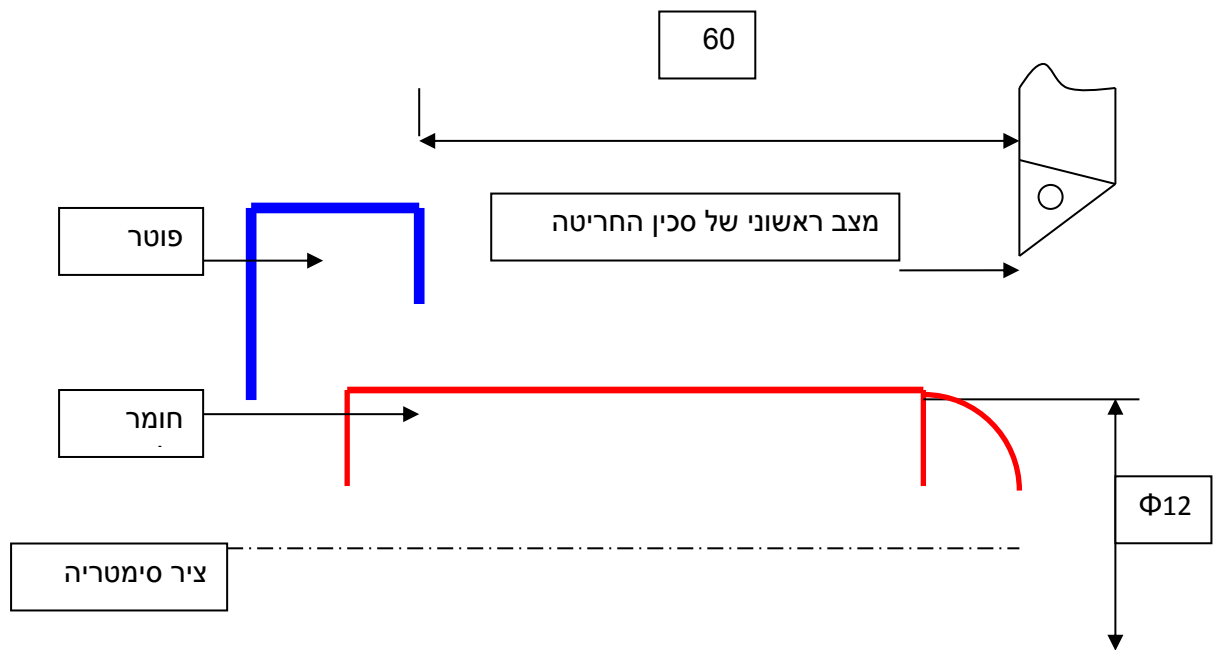
G77 Z30 R-4 Q0.5 F100 – התחלת מחזור חריטה קוני לאורך החלק, כאשר

הקוטר ההתחלתי הינו 20 מ"מ והקוטר הסופי הינו 10 מ"מ.

G80 - סיום מחזור חריטה.

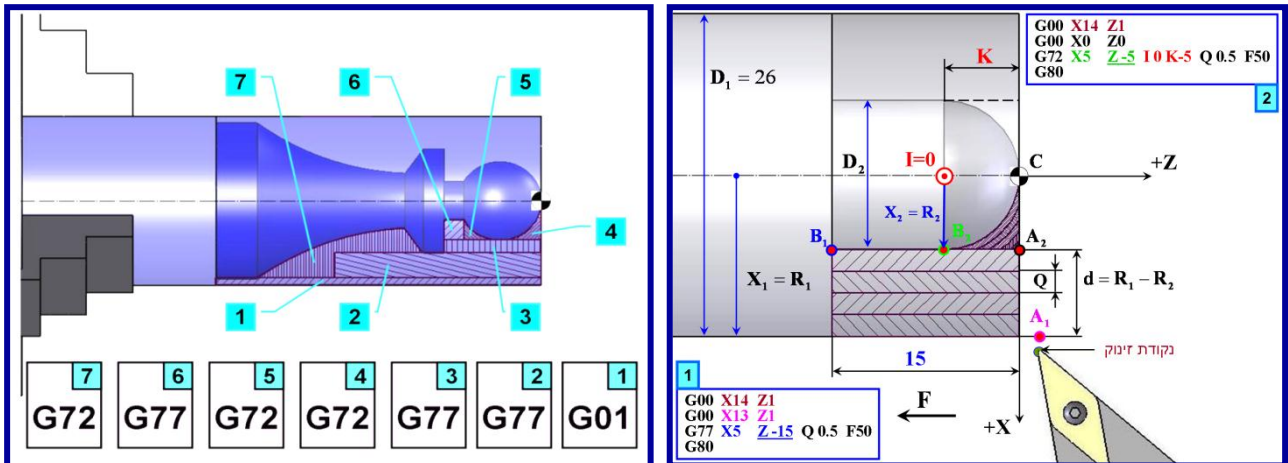
M05 – פקודה לעצירת הפוטר

**דוגמא ליצירת רדיוס כאשר קוטר הגליל 12 מ"מ ורוצים ליצור כיפה בקצהו כמתואר**



**כתיבת תכנית לחלק הבא: (תכנית G72)**

סיבוב הפוטור במהירות 1500 סל"ד	M03 S1500
מיקום ראשוני במהירות רפיד	G00 X12 Z63
מיקום שני במהירות מבוקרת	G01 X5 Z63 F150
מיקום שלישי נקודת מוצא	G01 X0 Z60 F150
חריטת קשת <u>מחזורית</u> בכיוון הורדת שבבים בצורה מבוקרת	G72 X6 Z54 I0 K54 Q0.5 F50 השעון.
סיום מחזור חריטה	G80
סיום תכנית	M02
פקודה לעצירת הפוטור	M05



- G 01 - חריטה לאורך קו ישר .
- G 77 - חריטה אורך מחזורית
- G 72 - חריטה קשת מחזורית עם כיוון השעון.

## דוח מעבדה

דו"ח מעבדה

1. יכלול קבצים NC. CODE-G שנעשו בזמן מעבדה ותרגיל בית אחד בתיאום עם מדריך מעבדה.
2. גילון טכנולוגי עבור קדיחה וחריטה (דרישות הגיליון יפורטו במעבדה).

את הדו"ח יש להגיש שבוע מביצוע המעבדה .

ציון מעבדה – 50% עבודה במעבדה (סימולציה)

50% דו"ח מעבדה

**הערה: בשלב זה תקבלו שרטוט של חלק ותתבקשו לבצע סימולציה לעיבוד החלק**

סוגי תבריגים וטבלאות לחישוב תנאי שיבוב ראה בנספחים



