

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ט, 2019

סמל השאלון: 710911

נספחים: א. (לשאלה 3) תוכנית עיבוד CNC

ב. (לשאלה 6) מכלול מרותך

ג. (לשאלה 10) טבלאות לסגסוגות

אלומיניום

ד. מילון מונחים

גיליון פעולות (דו-צדדי, 2 עותקים)

תהליכי ייצור ט'

(לטכנאי מכונות)

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות. עליך לענות על שש שאלות, כמפורט להלן:
 - בפרק הראשון עליך לענות על שאלה 1 – שאלת חובה (20 נקודות).
 - בפרקים שני עד חמישי עליך לענות על שאלה אחת מכל פרק, ועל שאלה אחת נוספת מאחד הפרקים על-פי בחירתך (16 נקודות לכל שאלה).
 - סך-הכול: 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס, כלי סרטוט, מחשבון.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא בעיון את כל השאלון וודא שההנחיות מובנות לך.
 2. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות הנוספות.
 3. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך, ופתור בעזרתו את השאלה. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.
 4. בתשובה על שאלת חישוב, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
 5. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, רוסית ואנגלית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

הוראות למשגיח:

בתום הבחינה, יש לצרף את הנספחים א' ו-ב' ואת גיליונות הפעולות למחברת הבחינה.

בשאלון זה 14 עמודים ו-12 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

השאלות

פרק ראשון: תכנון תהליך טכנולוגי

ענה על שאלה 1 – שאלת חובה (20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה זו מסורטטת אום העשויה מפלדה SAE 1040 .

הצפיפות של הפלדה היא $7.85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

יש לייצר את האום בסדרות של 10 יחידות לכל סדרה, מחומר גלם בעל חתך עגול.

אורכו של חומר הגלם הוא 57 mm , וקוטרו הוא 82 mm .

בתשובתך, השתמש בגיליונות הפעולות המצורפים לשאלון.

א. (5 נק')

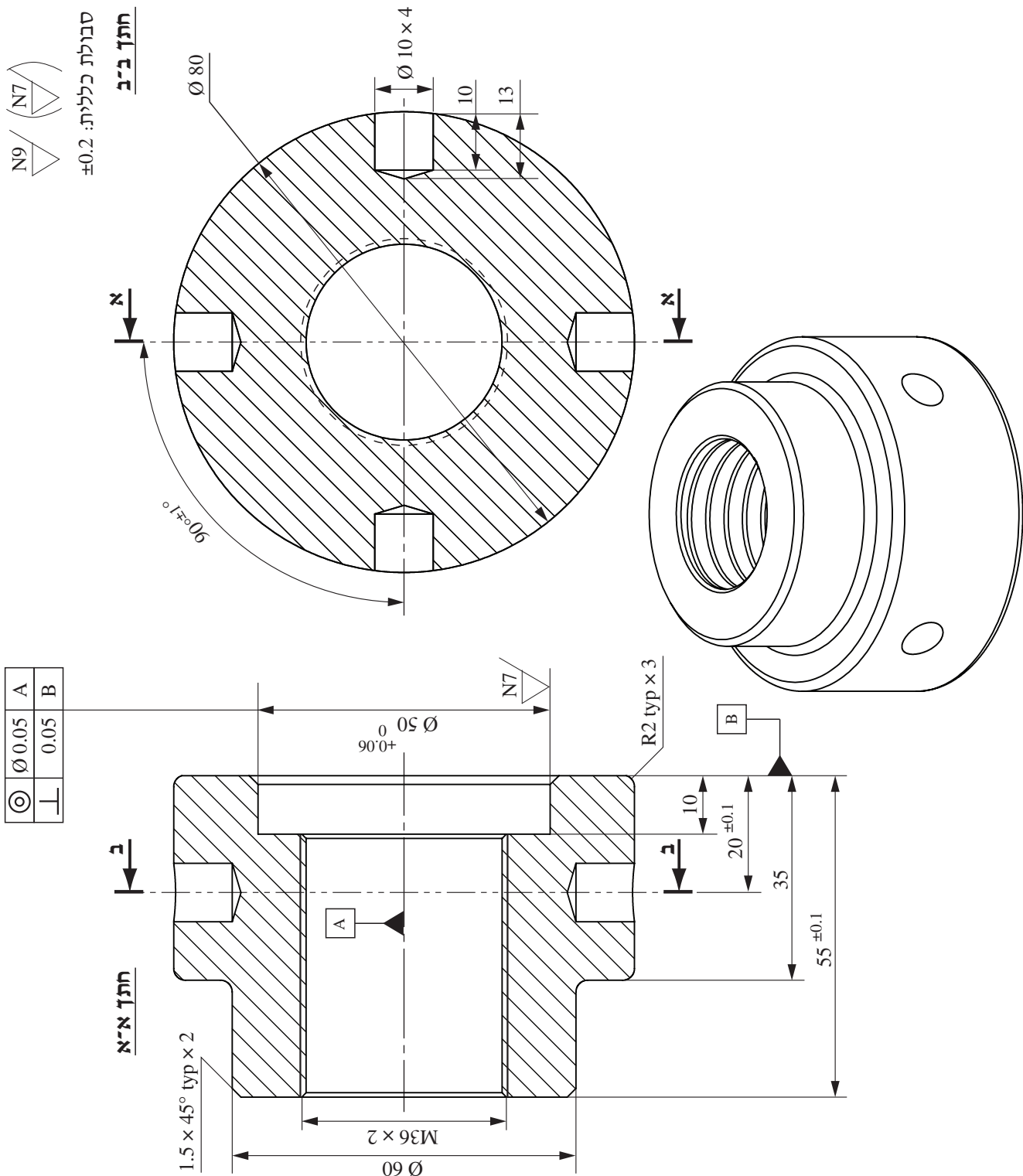
חשב את המסה m של חומר הגלם הדרוש לייצור אום בודדת.

הצג את חישוביך במחברתך, ורשום את המידות של חומר הגלם ואת ערך המסה במקומות המתאימים בגיליון הפעולות הראשון.

ב. (15 נק')

תאר בגיליון הפעולות את התהליך הטכנולוגי של ייצור האום. כלול בתיאורך תרשימים ברורים של פעולות העיבוד השבבי, ורשום את השמות של פעולות הגימור הנדרשות לייצור האום. בכל פעולה קבע את ההצבות ואת השלבים הנדרשים. הסתמך בקביעותיך על המידות ועל הסבולות הנתונות בסרטוט האום שבאיור לשאלה.

הדבק את מדבקות הנבחן שלך במקומות המיועדים לכך בגיליונות הפעולות שהשתמשת בהם, וצרף את הגיליונות למחברתך.



איור לשאלה 1 – כל המידות נתונות במ"מ

בפרקים שני עד חמישי עליך לענות על שאלה אחת מכל פרק ועל שאלה אחת נוספת, על-פי בחירתך, מאחד הפרקים האלה (לכל שאלה – 16 נקודות).

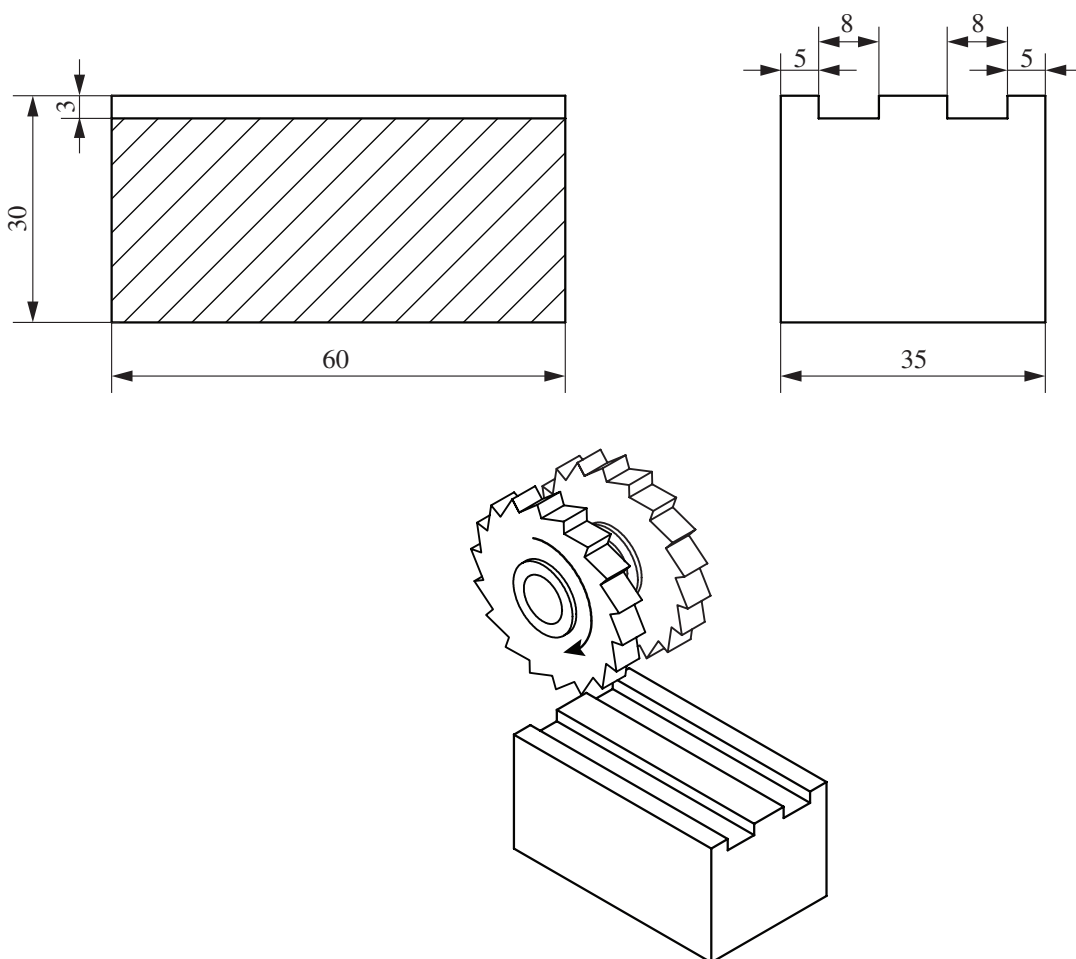
פרק שני: עיבוד שבבי ומתקני ייצור

שאלה 2

באיור לשאלה זו מתואר עוֹבֵד בעל שני חריצים, שמיוצר באמצעות שני כרסומי דיסקה בו זמנית, בעיבוד גס.

העוֹבֵד עשוי מפלדה שמאמץ השבר המקסימלי שלה הוא $\sigma_b < 600$.

שני הכרסומים עשויים מפלדת כלים H.S.S.



איור לשאלה 2 – כל המידות נתונות במ"מ

להלן כמה נתונים:

- קוטר של כל כרסום: $D = 80 \text{ mm}$
 - מספר השיניים של כל כרסום: $Z = 75$
 - הנצילות המכנית של כל כרסום: $\eta = 0.85$
 - היגש (עומק השבב): $a = 3 \text{ mm}$
 - מקדם ההתנגדות הסגולית של העוֹבֵד: $k_s = 2,500 \text{ MPa}$
- היעזר בטבלה שלהלן, וענה על הסעיפים שלפניך:

נתוני שיבוב בכרסומי H.S.S.

			קידמה לשן, f_z		
חומר עובד	תכונות מכניות	מהירות, v_c	כרסום אצבע	כרסום פנים	כרסום דיסקה
אלומיניום ונתכים		150	0.1 – 0.1	0.5 – 0.07	0.3 – 0.07
נחושת ונתכים		50	0.1 – 0.02	0.4 – 0.06	0.3 – 0.06
יצקת ברזל	$HB < 200$	23	0.06 – 0.01	0.4 – 0.06	0.3 – 0.06
	$HB > 200$	25	0.05 – 0.01	0.4 – 0.06	0.25 – 0.05
פלדות	$\sigma_B < 600$	45	0.1 – 0.02	0.35 – 0.05	0.25 – 0.05
	$600 < \sigma_B < 800$	34	0.09 – 0.02	0.3 – 0.03	0.2 – 0.03
	$800 < \sigma_B < 1,100$	28	0.08 – 0.02	0.3 – 0.02	0.15 – 0.02
	$\sigma_B < 1,100$	18	0.06 – 0.01	0.25 – 0.2	0.15 – 0.02
פל"ב"מ	$HB < 225$	25	0.06 – 0.01	0.2 – 0.04	0.18 – 0.04
	$HB > 225$	20	0.06 – 0.01	0.15 – 0.02	0.12 – 0.02

מהירות חיתוך – $v_c \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$ קידמה לשן – $f_z \left[\frac{\text{mm}}{\text{tooth}} \right]$

7) נק' א. חשב את ההספק הדרוש לכרסום העוֹבֵד.

6) נק' ב. חשב את הזמן הדרוש לכרסום העוֹבֵד.

3) נק' ג. נתון: מקדם ההתנגדות הסגולית של אלומיניום הוא $k_s = 900 \text{ MPa}$.

האם ההספק הדרוש לכרסום עוֹבֵד מאלומיניום, בעל אותן מידות, יהיה גדול יותר, קטן יותר או יישאר ללא שינוי בהשוואה להספק הדרוש לכרסום עוֹבֵד הפלדה? נמק תשובתך.

שאלה 3

א. (4 נק') לפניך קטע מתוך קוד של תוכנית G-code, להפעלת מכונת CNC.

```
N10 .....  
N20 G0 XY Z5  
N30 G1 Z-1 F200  
N40 .....
```

1. (2 נק') הסבר את משמעות השורה בקטע הקוד המתחילה ב־ N 20.
2. (2 נק') הסבר את משמעות השורה בקטע הקוד המתחילה ב־ N 30.

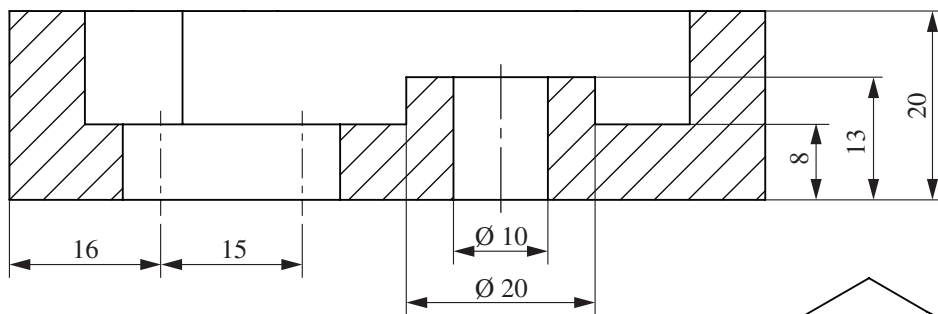
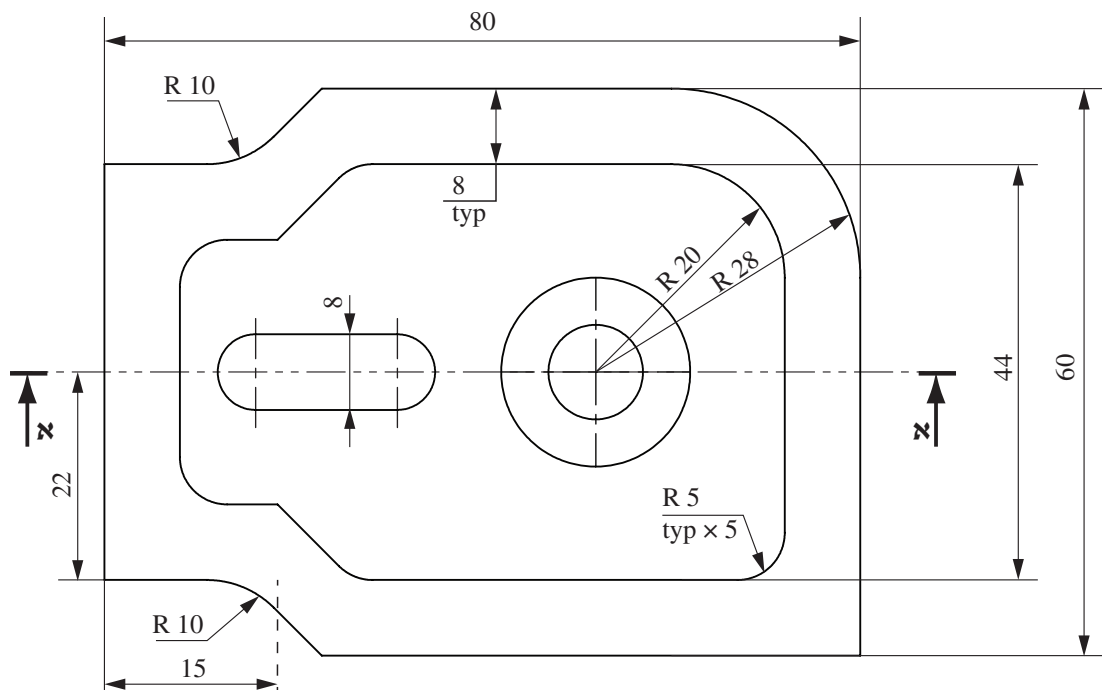
ב. (12 נק') באיור לשאלה זו מתואר חלק שיש לייצרו מסגסוגת אלומיניום, AL2024, בסדרות של 200 יחידות כל אחת, בעיבוד שבבי ממוחשב, CNC.

הערה: החלק דפון בעודף חומר בתחתיתו.

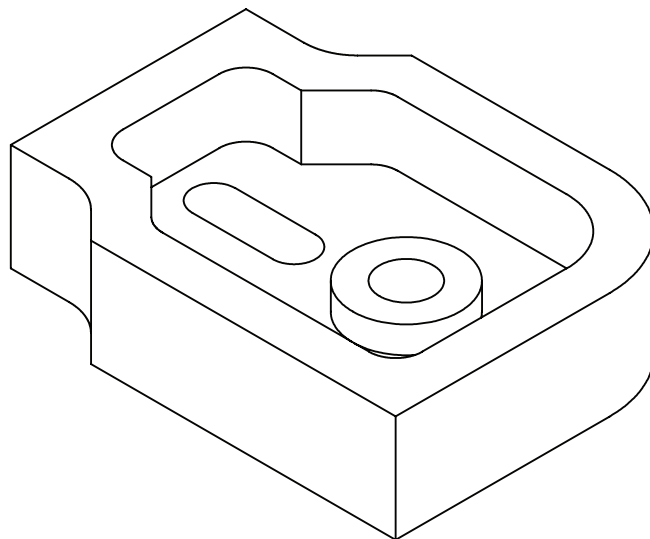
השלם את תוכנית העיבוד שבנספח א' לשאלה, על-פי ההנחיות שלהלן:

1. (3 נק') הדגש על-גבי כל אחד משני המבטים שבעמודה 2 (GEOM) את המשטח המעובד באותו שלב.
2. (2 נק') הגדר בעמודה 3 (JOB) את השם של תהליך העיבוד בכל שלב.
3. (3 נק') סמן בעמודה 4 (תיאור הדפינה) את אופן הדפינה בכל שלב. השתמש בסימני קיבוע ובסימני הידוק תקניים. ציין עבור **השלב הראשון** בלבד את נקודת המוצא (S.P.) של כלי העיבוד.
4. (2 נק') ציין בעמודה 5 את הסוג של כלי העיבוד המתאים לכל שלב.
5. (2 נק') רשום בעמודה 6 את מידת הקוטר של כלי העיבוד שציינת בעמודה 5, ואת עומק העיבוד הנדרש. אין להתחשב בקיזוז קוטר הכלי לעיבוד.

הדבק את מדבקות הנבחן שלך במקומות המיועדים לכך בנספח א', וצרף את הנספח למחברתך.



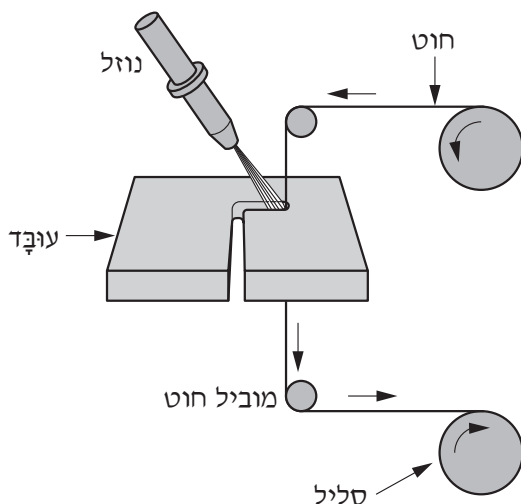
חתך א-א



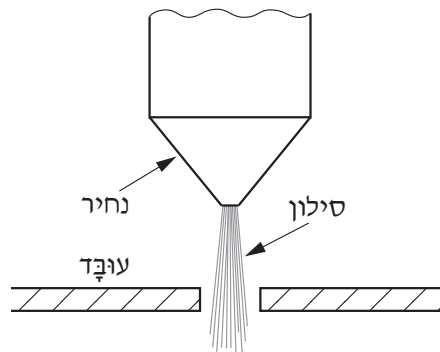
איור לשאלה 3 – כל המידות נתונות במ"מ

שאלה 4

באיור א' ובאיור ב' לשאלה זו מתוארות שתי שיטות לעיבוד חלקים מיוחדים.

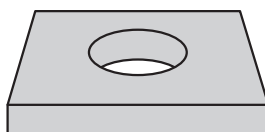


איור ב' לשאלה 4 – שיטה ב'



איור א' לשאלה 4 – שיטה א'

- א. (2 נק') ציין מהו סוג העיבוד בכל אחת מהשיטות.
 - ב. (6 נק') תאר את התהליך המתבצע בכל אחת מהשיטות. התייחס גם למאפייני הנוזל בכל אחת מן השיטות.
 - ג. (3 נק') באיזו שיטה יש לבחור כדי לחתוך שִׁישׁ? נמק את תשובתך.
 - ד. (5 נק') בסדנה התקבלה הזמנה ליצירת חלל פנימי בצורת עיגול בעובד, כמתואר באיור ג' לשאלה זו. בסדנה יש מערכת העובדת לפי שיטה ב'. הסבר כיצד ניתן לבצע את המשימה, על כל שלביה, באמצעות שיטה זו.
- פרט את שלבי הייצור.

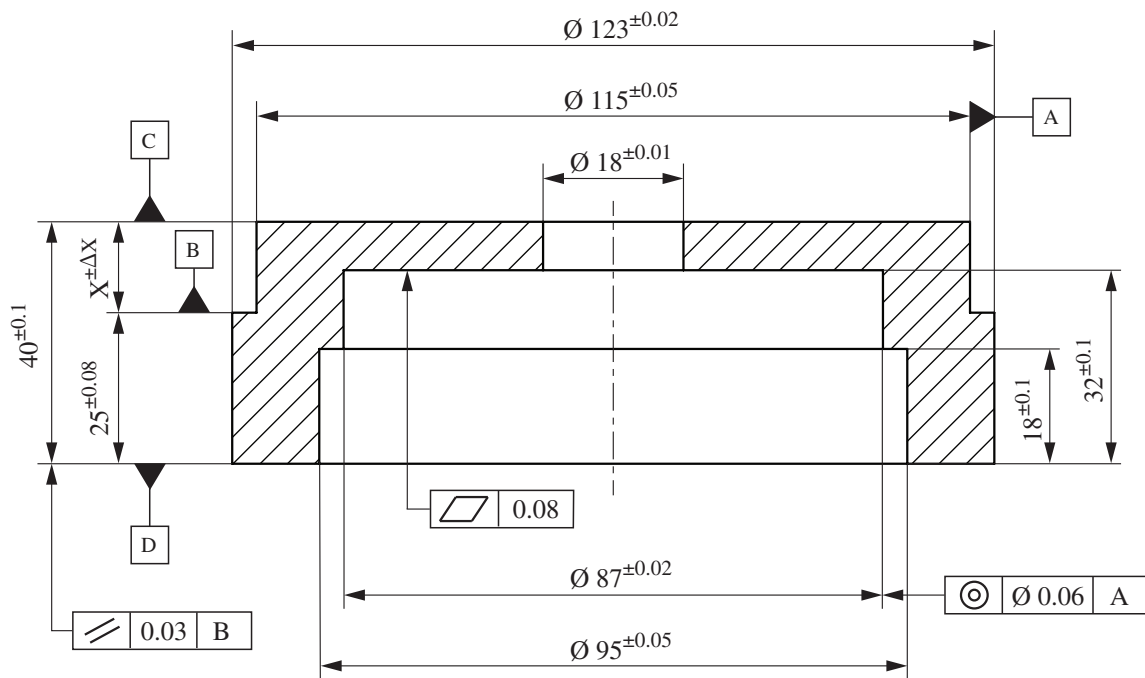


איור ג' לשאלה 4

פרק שלישי: עיבוד בלתי-שבבי ומדידות

שאלה 5

באיור לשאלה זו נתון סרטוט חתך של חלק.



חתך א-א

איור לשאלה 5 – כל המידות נתונות במ"מ

- א. (3 נק') חשב את המידה הטכנולוגית $X^{\pm \Delta x}$ המתייחסת לשטח המוצא D.
- ב. (3 נק') חשב את המידה המתקבלת $X^{\pm \Delta x}$ המתייחסת לשטח המוצא C.
- ג. (3 נק') הסבר את המשמעות של כל אחד מהסימנים המופיעים בסבולת הגיאומטרית $\text{◎ } \text{Ø } 0.06 \text{ A}$.
- ד. (3 נק') הסבולת $\text{∥ } 0.03 \text{ B}$ דורשת מקבילות בין משטח D ובין משטח B. הסבר כיצד ניתן לבדוק שדרישה זו אכן מתקיימת.
- ה. (4 נק') בסרטוט מוצגת הסבולת הגיאומטרית $\text{∥ } 0.08$.
 1. (2 נק') הסבר מה מציינת סבולת זו.
 2. (2 נק') הסבר כיצד ניתן לבדוק שהסבולת אכן מתקיימת.

שאלה 6

באיור לשאלה זו מתואר מכלול מרותך העשוי מפלדה SAE 1020 , ונתונה רשימת החלקים שלו. חלקי המכלול מרותכים בשיטת "קשת חשמלית".

עובי כל תפר ריתוך – 5 mm

(4 נק') א.

1. הוסף על-גבי הנספח לשאלה (נספח ב') את התיאור הגרפי של תפרי הריתוך.

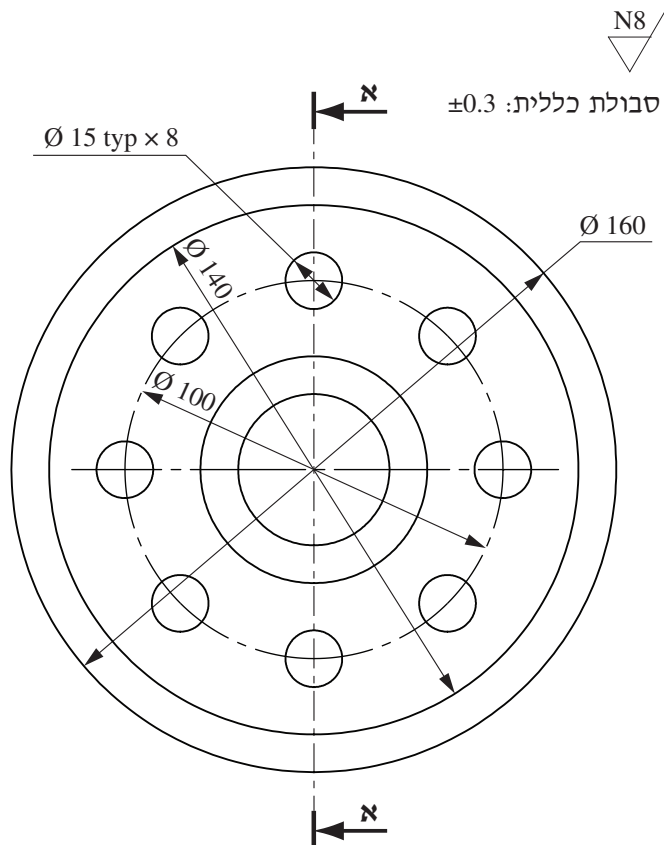
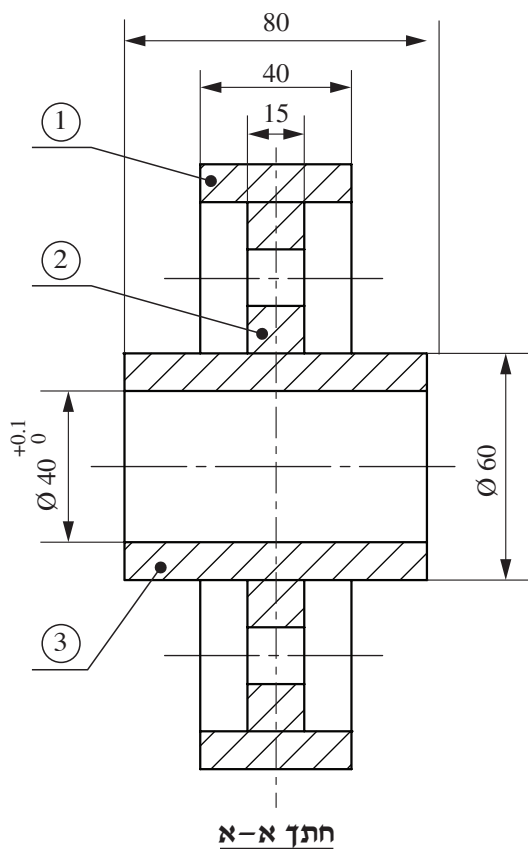
2. בחר תפר ריתוך אחד, וסמן על-גבי הנספח את הסימון התקני שלו.

(3 נק') ב. ציין למה משמשת בדיקה רדיו־גרפית (קרני רנטגן) בריתוך, ותאר בקצרה את תהליך הבדיקה.

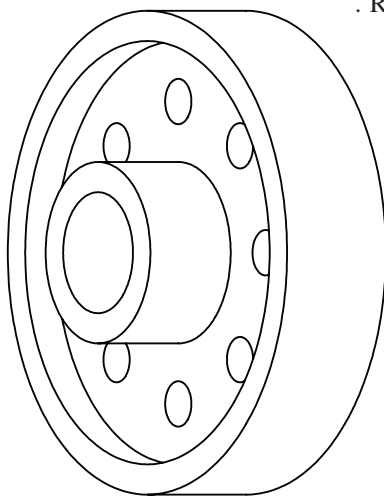
(3 נק') ג. ציין את התפקיד של שמונת הקדחים בדיסקה (חלק 2 באיור).

(6 נק') ד. סרטט במחברתך את הדיסקה (חלק 2 באיור), כולל חתך מתאים, וציין בסרטוט את כל המידות הדרושות לייצורו.

הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בנספח ב', וצרף את הנספח למחברתך.



הערה: כל הפינות החיצוניות והפנימיות מעוגלות R 0.5.



מספר החלק	שם החלק	כמות	חומר
①	תוף חיצוני	1	SAE 1020
②	דיסקה	1	SAE 1020
③	תבור	1	SAE 1020

איור לשאלה 6 – כל המידות נתונות במ"מ

פרק רביעי: הנדסה תעשייתית

שאלה 7

מפעל לעיבוד שבבי נדרש לבצע פרויקט ייצור והרכבה של מערכת.

להלן נתונים של הפעולות הנדרשות לצורך ייצור והרכבה של המערכת.

פעולה	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
פעולה מקדימה	–	–	A;B	C	C	D	E	F	G;H	I
משך הפעולה (בימים)	4	6	3	5	3	3	4	1	2	5

- א. (5 נק') סרטט רשת פרט (PERT) מתאימה לביצוע הפרויקט.
- ב. (2 נק') ציין מהו משך הזמן המזערי של כל הפרויקט.
- ג. (1 נק') רשום את הנתיב הקריטי של הפרויקט.
- ד. (4 נק') חשב את הזמנים ES ; EF ; LS ; LF ; TF עבור כל אחת מן הפעולות.
- ה. (4 נק') סרטט תרשים גאנט (GANTT) של הפרויקט לפי זמני התחלה מוקדמים ומאוחרים של כל אחת מהפעולות ברשת.

שאלה 8

חברה תעשייתית המייצרת גלגלי שיניים מבקשת להגדיל את כושר הייצור שלה.

הנהלת החברה שוקלת שלוש חלופות, כמתואר להלן:

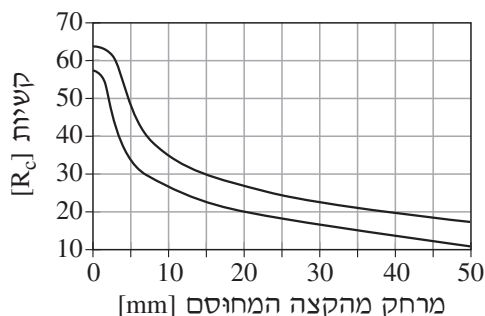
עלות הייצור ליחידה (בש"ח)	הוצאות חודשיות קבועות (בש"ח)	החלופה
0.6	11,000	1. הוספת ציוד
0.45	16,000	2. רכישת מכונות חצי-אוטומטיות
0.3	22,000	3. רכישת מכונות אוטומטיות

- א. (3 נק') חשב את נקודת האיזון בין חלופה 1 לחלופה 2.
- ב. (3 נק') חשב את נקודת האיזון בין חלופה 1 לחלופה 3.
- ג. (3 נק') חשב את נקודת האיזון בין חלופה 2 לחלופה 3.
- ד. (4 נק') סרטט במערכת צירים אחת גרף של עלות-כמות (P-Q) עבור כל אחת משלוש החלופות (בסך הכול שלושה ישרים). סמן את שלוש נקודות האיזון שחישבת בסעיפים א-ג.
- ה. (3 נק') החברה רוצה לייצר 60,000 גלגלי שיניים בחודש. איזו חלופה עדיפה מבין שלוש החלופות? נמק את תשובתך.

פרק חמישי: חומרים הנדסיים

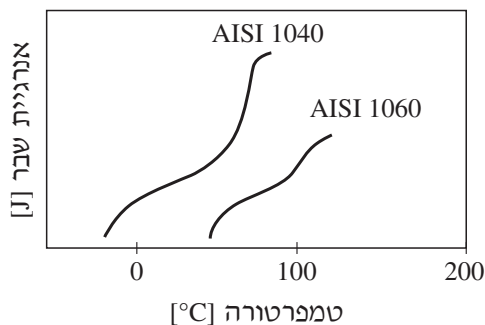
שאלה 9

- (2 נק') א. הסבר מה המשמעות של המונח "קשיות החומר".
- (8 נק') ב. באיור א' לשאלה זו מוצג גרף של תוצאות בדיקת ג'ומיני שבוצעה לשתי הפלדות האלה: AISI 1040 ; AISI 1060 .



איור א' לשאלה 9

- (2 נק') 1. הסבר מה מטרתה של בדיקת ג'ומיני.
- (2 נק') 2. הסבר כיצד מבוצעת בדיקת ג'ומיני.
- (4 נק') 3. ציין איזו פלדה מבין שתי הפלדות הנתונות, מתוארת בעקומה העליונה בגרף, והסבר מדוע ערכי הקשיות של פלדה זו גבוהים יותר מערכי הקשיות של הפלדה השנייה בכל מרחק מהקצה המחווס.
- (6 נק') ג. באיור ב' לשאלה זו מוצג גרף של אנרגיית שבר בטמפרטורה עבור הפלדות AISI 1040 ו-AISI 1060 .



איור ב' לשאלה 9

אם נשווה בין שתי הפלדות באותה טמפרטורה, איזו מהן פריכה יותר?

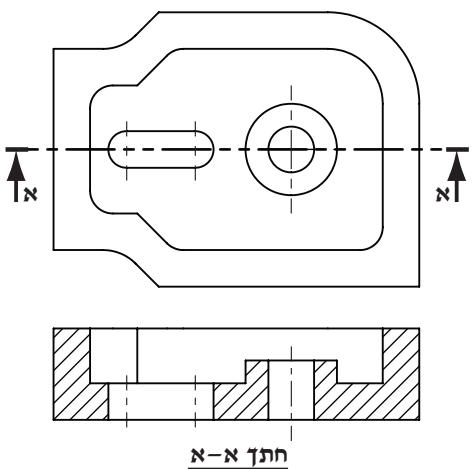
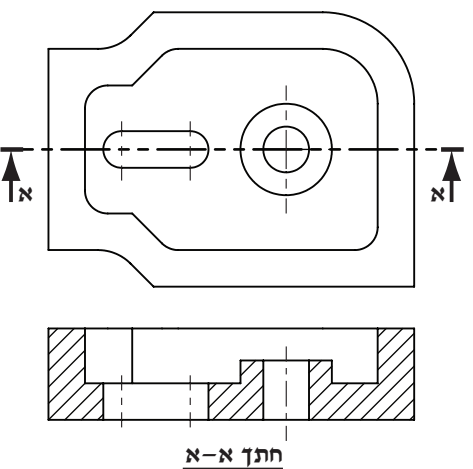
שאלה 10

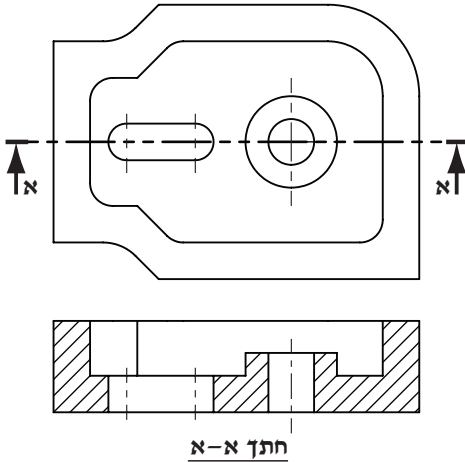
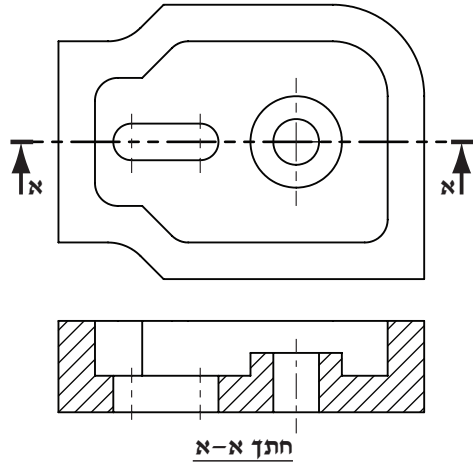
- (5 נק') א. הסבר כיצד ניתן לשפר את התכונות המכניות של סגסוגת אלומיניום מסדרה 6XXX. היעזר בטבלאות שבנספח ג'.
- (3 נק') ב. חשב מהו אחוז העיבוד בקור (CW%) של מוט העשוי מסגסוגת אלומיניום, שקוטרו הוקטן באמצעות עיבוד בקור מ-15 mm ל-12 mm.
- (4 נק') ג. לפניך הגדלים הפיזיקליים של מוט העשוי מסגסוגת אלומיניום:
- σ_y – מאמץ כניעה
- σ_{uts} – מאמץ מתיחה מקסימלי
- ϵ_f – משיכות בשבר
- ציין מה יקרה לכל אחד מהגדלים האלה עקב עיבוד בקור של המוט: האם הוא יגדל/יקטן/ישאר ללא שינוי? נמק את תשובתך לכל גודל פיזיקלי בנפרד.
- (4 נק') ד. מפעל מחפש סגסוגת אלומיניום שתשמש חומר גלם לייצור של חלק על-פי הדרישות האלה:
- חומר הגלם יכיל כרום (Cr)
 - חומר הגלם יהיה בצורת צינור לאחר שעבר משיכה (DT)
 - מאמץ המתיחה המקסימלי של החלק יהיה $\sigma_{uts} > 120 \text{ MPa}$
 - מעוות השבר של החלק יהיה $\epsilon_f > 7\%$
 - קשיות החלק תהיה $\text{BHN} > 28$
 - החלק יעבור טיפול תרמי של המסה וזיקון מלאכותי (T6)
- בחר בשתי סגסוגות אלומיניום העונות על כל הדרישות שלעיל, והצג את תהליך הבחירה שלך. היעזר בטבלאות שבנספח ג'.

בהצלחה!

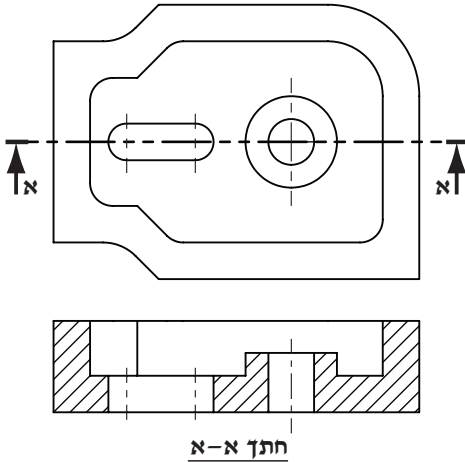
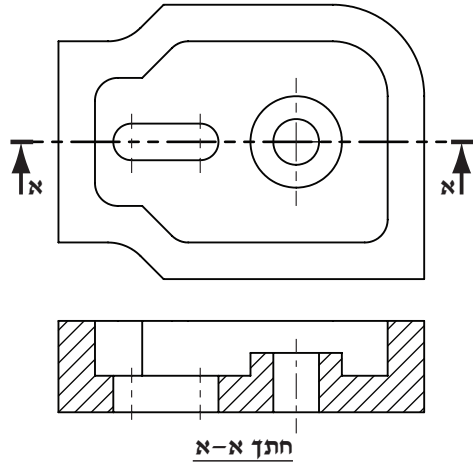
מקום למציאת נבחן

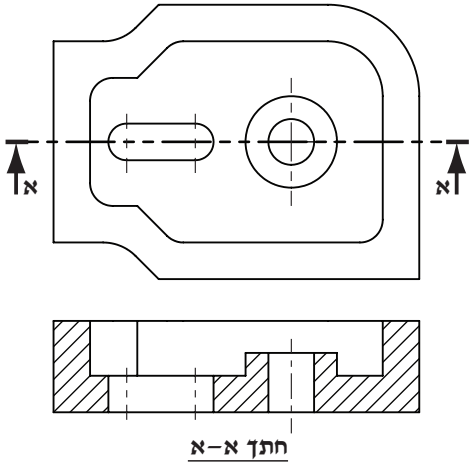
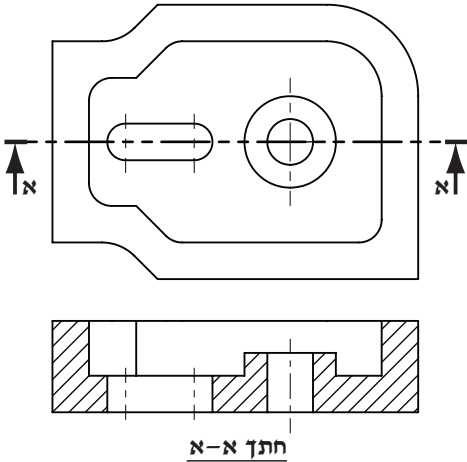
ל ע י ב ו ד ה מ ש ט ח

1 שלב	2 גיאומטריית השיבוב (GEOM)	3 תהליך העיבוד (JOB)	4 תיאור הדפינה ונקודת המוצא (S.P.)	5 סוג כלי העיבוד	6 הקוטר של כלי העיבוד
					

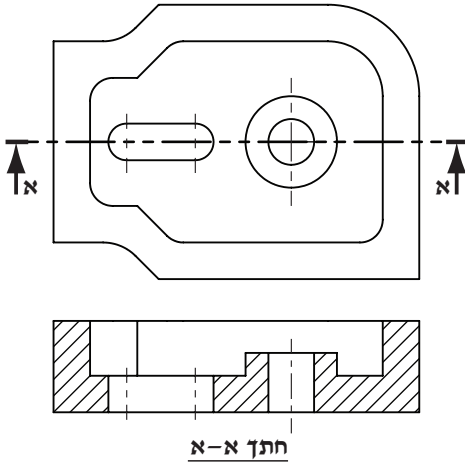
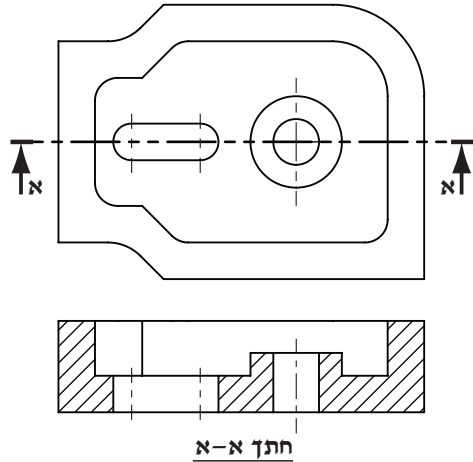
לעיבוד המטח					
1 שלב	2 גיאומטריית השיבוב (GEOM)	3 תהליך העיבוד (JOB)	4 תיאור הדפינה ונקודת המוצא (S.P.)	5 סוג כלי העיבוד	6 הקוטר של כלי העיבוד
					

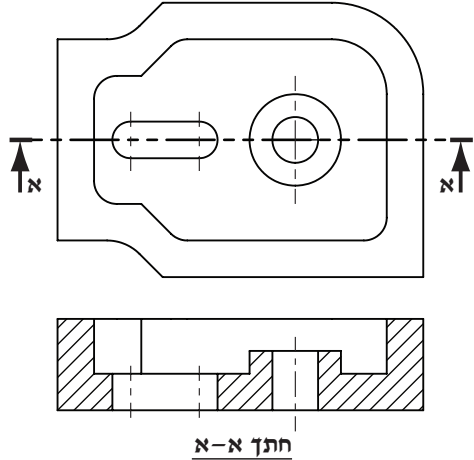
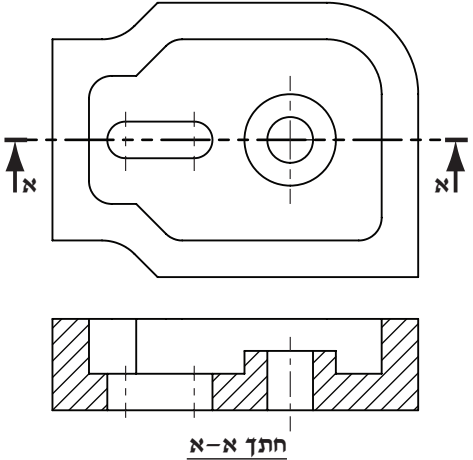
לעיבוד המטח

1 שלב	2 גיאומטריית השיבוב (GEOM)	3 תהליך העיבוד (JOB)	4 תיאור הדפינה ונקודת המוצא (S.P.)	5 סוג כלי העיבוד	6 הקוטר של כלי העיבוד
					

לעיבוד המטח					
1 שלב	2 גיאומטריית השיבוב (GEOM)	3 תהליך העיבוד (JOB)	4 תיאור הדפינה ונקודת המוצא (S.P.)	5 סוג כלי העיבוד	6 הקוטר של כלי העיבוד
					

לעיבוד המשתח

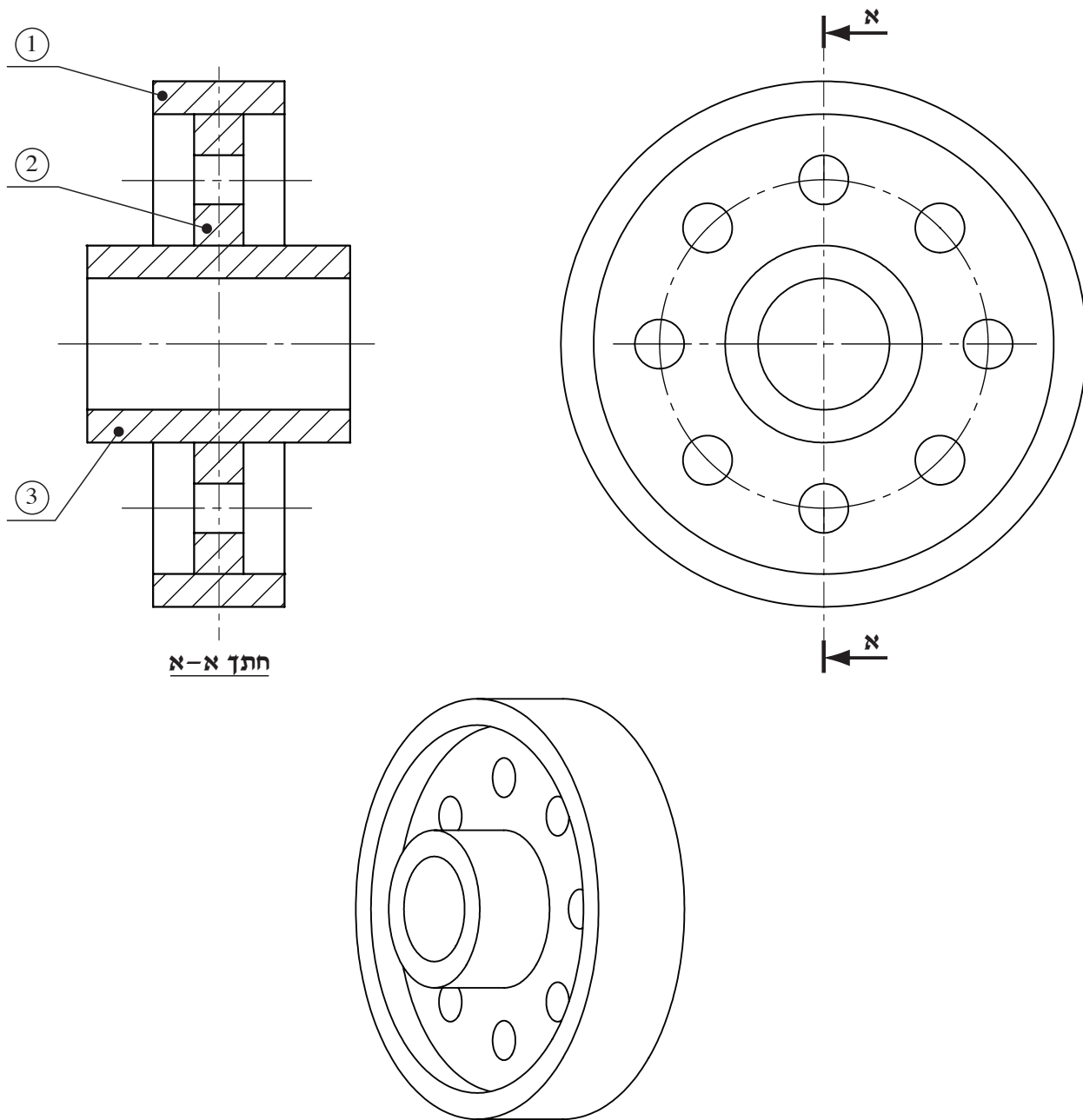
1 שלב	2 גיאומטריית השיבוב (GEOM)	3 תהליך העיבוד (JOB)	4 תיאור הדפינה ונקודת המוצא (S.P.)	5 סוג כלי העיבוד	6 הקוטר של כלי העיבוד
					

לעיבוד המטח					
1 שלב	2 גיאומטריית השיבוב (GEOM)	3 תהליך העיבוד (JOB)	4 תיאור הדפינה ונקודת המוצא (S.P.)	5 סוג כלי העיבוד	6 הקוטר של כלי העיבוד
					

נספח ב' (לשאלה 6): מכלול מרותך

לשאלון 710911, אביב תשע"ט

מקום למציאת נבחן



נספח ג' (לשאלה 10):

טבלאות לסגסוגות אלומיניום (3 עמודים)

לשאלון 710911, אביב תשע"ט

טבלה 1 - הרכבים של סגסוגות אלומיניום נפוצות - צורתן, אופן עיבודן ושימושים אופייניים להן

Products forms and nominal compositions of common wrought Aluminum Alloys									
AA Number	Product(s)	Composition in weight percent (wt.%)							
		Al	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Other
AA 1100	S, P, F, E, ES, ET, C, DT, FG	99.00 min		0.12					
AA 2011	E, ES, ET, C, DT	93.7		5.5					0.4 Bi ; 0.4 Pb
AA 2014	S, P, E, ES, ET, C, DT, FG	93.5	0.8	4.4	0.8	0.5			
AA 2024	S, P, E, ES, ET, C, DT	93.5		4.4	0.6	1.5			
AA 3003	S, P, F, E, ES, ET, C, DT, FG	98.6		0.12	1.2				
AA 5052	S, P, F, C, DT	97.2				2.5	0.25		
AA 6061	S, P, E, ES, ET, C, DT, FG	97.9	0.6	0.28		1	0.2		
AA 6063	E, ES, ET, DT	98.9	0.4			0.7			
AA 7075	S, P, E, ES, ET, C, DT, FG	90		1.6		2.5	0.23	5.6	

AA = Aluminum Association = האגודה לאלומיניום
S = Sheet = נוף ; P = Plate = פלטה ; F = Foil = רדיד ; E = Extruded rod, bar and wire = מוט, קורה וחוט מאקסטרוזיה ; ES = Extruded Shapes = צורות מאקסטרוזיה ; ET = Extruded Tubes = צינורות מאקסטרוזיה ; C = Cold finished rod, bar and wire = מוט, קורה וחוט בגימור בעיבוד בקר = FG=Forging = חישול ; DT = Drawn Tube = צינורות במשיכה

| Applications and characteristics of common wrought Aluminum Alloys | | | | | | | | | |
| **AA 1100** ציוד כימי, חלקים משוכים או מיצרים באמצעות סיבוב, ייצור כללי, עיבוד לחות. סגסוגת "אלומיניום טהור מסחרי". סגסוגת רכה ומשיכה בעלת עבירות (workability) מעולה, ולכן אידיאלי עבור יישומים בהם מתגלה קושי בעיבוד. הסגסוגת ניתנת לריתוך בכל שיטה, אולם הסגסוגת אינה ניתנת לטיפול תרמי. לסגסוגת התנגדות מעולה לקורוזיה ולכן נפוצה בתעשיית הכימיה ובעיבוד מזון. **AA 2011** חלקים בעיבוד שבבי, ייצור בריגים בעיבוד שבבי. סגסוגת בעלת חוזק גבוה ויכולת גבוהה לעיבוד שבבי. סגסוגת זו נקראת לרוב "סגסוגת לעיבוד שבבי חופשי באופן ממזין" - Free Machining Alloy (FMA), כלומר, הבחירה המשתלה לפריקטיים בהם נדרש עיבוד שבבי ממזין באמצעות מחרט. עיבוד שבבי במהירויות גבוהות של סגסוגת זו ייצור שבבים עדינים שניתנים להסרה בקלות. סגסוגת זו מהווה את הבחירה המעולה לייצור צורות מורכבות בעלות פרטים רבים. **AA 2014** מטוסים (קונסטרוקציה/צנרת), חלקים למספיות, חלקים בעיבוד שבבי. סגסוגת בתוספת של נחושת, בעלת חוזק גבוה ויכולת מעולות לעיבוד שבבי. שימוש עיקרי ביישומים מבניים לחלל. **AA 2024** מטוסים (קונסטרוקציה/צנרת), חלקים למספיות, מחברים ואביזרים, ייצור בריגים בעיבוד שבבי, יישומים מבניים, מסגרות וקרן נגרר של משאיות. אות הסגסוגת הנפוצה בעלת חוזק גבוה. בעזרת שילוב של חוזק גבוה ועמידות מעולה בהתעייפות, ניתן להשתמש בסגסוגת היכן שדרוש יחס טוב של חוזק למשקל. סגסוגת זו ניתנת לעיבוד שבבי למצב גימור גבוה וכן ניתן לעבדה במצב ריפוי (annealed condition) ובמידת הצורך להוסיף לאחר מכן טיפול תרמי. לסגסוגת זו עמידות נמוכה בפני קורוזיה. כדי להתגבר על עמידות נמוכה בפני קורוזיה מבצעים טיפול אנודיזציה. **AA 3003** מבנים אדריכליים, כלי בישול, חלקים משוכים או מיצרים באמצעות סיבוב, ייצור כללי, מיכלי לחץ, עיבוד לחות, מיכל (בריכה) לאחסון. הסגסוגת הנפוצה ביותר מבין כל סגסוגות האלומיניום. אלומיניום טהור מסחרי בתוספת מנגן להגדלת החוזק (20% חזק יותר מהסגסוגת AA1100). לסגסוגת עמידות מעולה בפני קורוזיה וכן עבירות מעולה. סגסוגת זו ניתן לעבד במשיכה או באמצעות סיבוב, וכן לרתך או להליים. **AA 5052** מטוסים (קונסטרוקציה/צנרת), בניית סירות, כלי בישול, ייצור כללי, יישומים ימיים, מיכלי לחץ, עיבוד לחות, מסגרות וקרן נגרר של משאיות. סגסוגת בעלת החוזק הגבוה ביותר, ובעלת עמידות בהתעייפות הגבוהה ביותר מבין כלל סגסוגות האלומיניום שאינן ניתנות לטיפול תרמי. לסגסוגת התנגדות טובה באווירה ימית ולקורוזיה של מים מלוחים ובעלת עבירות (workability) מעולה. ניתן בקלות לעיבוד במשיכה או בעיצוב (drawn, formed) לצורות מורכבות. **AA 6061** מטוסים (קונסטרוקציה/צנרת), מבנים אדריכליים, מוצרים לבניין, בניית סירות, ציוד כימי, מוצרי חשמל, מחברים ואביזרים, ייצור כללי, יישומים ימיים, צנרת, ציוד פאטי, עיבוד לחות, מיכל (בריכה) לאחסון, יישומים מבניים, מסגרות וקרן נגרר של משאיות. סגסוגת אלומיניום הניתנת לטיפול תרמי לשימושים רב גוונים, תוך שמירה על רוב התכונות הטובות של האלומיניום. תחום רחב של תכונות מכניות והתנגדות לקורוזיה. ניתן לעבד את הסגסוגת במצב ריפוי (annealed condition). ניתן לרתך את הסגסוגת בכל השיטות הניתנות, כולל הלחמה בתנור (furnace brazed). לסגסוגת זו שימושים רבים, היכן שדרוש שילוב של תכונות מכניות טובות ועמידות טובה בקורוזיה. **AA 6063** מבנים אדריכליים, מוצרים לבניין, מוצרי חשמל, יישומים ימיים, צנרת, ציוד פאטי, מיכל (בריכה) לאחסון, מיכל (בריכה) לאחסון. סגסוגת הידועה בכינויה "סגסוגת אדריכלית". בעלת תכונות מכניות המציעות חוזק גבוה, מאפייני גימור מעולים ועמידות גבוהה בפני קורוזיה. השימוש האדריכלי הוא הן לפנים והן לחץ המבנים. הסגסוגת מתאימה לטיפול אנודיזציה. **AA 7075** מטוסים (קונסטרוקציה/צנרת), יישומים מבניים. סגסוגת אלומיניום בעלת חוזק גבוה, בעלת יחס גבוה של חוזק למשקל, ולכן אידיאלי לשימוש בחלקים הנחוצים למאמצים גדולים. ניתן להשתמש בסגסוגת במצב טיפול ריפוי (annealed condition) ולאחר מכן טיפול בחום, במידת הצורך. הסגסוגת ניתנת לריתוך מקודתי (spot or flash). ריתוך בגז או בקשת חשמלית אינו מומלץ. | | | | | | | | | |

נספח ג' (לשאלה 10) – המשך

לשאלון 710911, אביב תשע"ט

טבלה 2 – תכונות מכניות של סגסוגות אלומיניום

Typical mechanical properties of various Aluminum Alloys							
Alloy (AA) and Temper	Modulus of Elasticity E	Tensile Yield Strength σ_y	Ultimate Tensile Strength σ_{UTS}	Strain at Fracture ϵ_f	Hardness HB	Ultimate Shearing Strength τ	Fatigue Endurance Limit σ_L
	GPa	MPa	MPa	%	BHN	MPa	MPa
1100-O	69	35	90	35	23	60	35
1100-H12	69	105	110	12	28	70	40
1100-H14	69	115	125	9	32	75	50
1100-H16	69	140	145	6	38	85	60
1100-H18	69	150	165	5	44	90	60
2011-T3	70	295	380	15	95	220	125
2011-T8	70	310	405	12	100	240	125
2014-O	73	95	185	18	45	125	90
2014-T4	73	290	425	20	105	260	140
2014-T6, T651	73	415	485	13	135	290	125
2024-O	73	75	185	21	47	125	90
2024-T3	73	345	485	18	120	285	140
2024-T4	73	325	470	19	120	285	140
2024-T361	73	395	495	13	130	290	125
3003-O	69	40	110	35	28	75	50
3003-H12	69	125	130	15	35	85	55
3003-H14	69	145	150	12	40	95	60
3003-H16	69	170	180	9	47	105	70
3003-H18	69	185	200	7	55	110	70
5052-O	70	90	195	27	47	125	110
5052-H32	70	195	230	15	60	140	115
5052-H34	70	215	260	12	68	145	125
5052-H36	70	240	275	9	73	160	130
5052-H38	70	255	290	8	77	165	140
6061-O	69	55	125	28	30	85	60
6061-T4, T451	69	145	240	24	65	165	95
6061-T6, T651	69	275	310	15	95	205	95
6063-O	69	50	90	-	25	70	55
6063-T1	69	90	150	20	42	95	60
6063-T4	69	90	170	22	-	-	-
6063-T5	69	145	185	12	60	115	70
6063-T6	69	215	240	12	73	150	70
7075-O	72	105	230	17	60	150	
7075-T6, T651	72	505	570	11	150	330	160

AA = Aluminum Association = האגודה לאלומיניום
E(GPa) = Modulus of Elasticity = מודול אלסטיות
σ_y (MPa) = Tensile Yield Strength = מאמץ כניעה
σ_{UTS} (MPa) = Ultimate Tensile Strength = מאמץ מתיחה מקסימלי
ϵ (%) = Strain at Fracture = מעוות בשבר
HB = Hardness Brinel = BHN = Brinell Hardness Number = קשיות ברינל
τ (MPa) = Ultimate Shearing Strength = חוזק גזירה מקסימלי
σ_L (MPa) = Fatigue Endurance Limit = גבול התעייפות

נספח ג' (לשאלה 10) – המשך

לשאלון 710911, אביב תשע"ט

טבלה 3 – סימון סגסוגת אלומיניום, טיפולים תרמיים ועיבודים מכניים

Types of Aluminum Alloys	
Aluminum Association (AA) Numbering System	
Alloy (AA)	Major alloying element
1xxx	None Al>99.00%
2xxx	Copper (Cu)
3xxx	Manganese (Mn)
4xxx	Silicon (Si)
5xxx	Magnesium (Mg)
6xxx	Magnesium (Mg) & Silicon (Si)
7xxx	Zinc (Zn)
8xxx	Other elements

The Basic Temper Designations	
F	As Fabricated
O	Annealed
H	Strain Hardened
W	Solution Heat-Treated
T	Thermally Treated

Heat Treating T Temper Codes	
Code	Description
T1	קירור מטמפרטורה גבוהה וזיקון טבעי
T3	טיפול המסה, עיבוד בקור וזיקון טיבעי
T361	טיפול המסה, אח"כ שיחרור מאמצים על-ידי מתיחה
T4	טיפול המסה וזיקון טבעי לקבלת מצב יציב
T451	טיפול המסה, אח"כ שחרור מאמצים על-ידי מתיחה. זהה ל - T4
T5	קירור מטמפרטורה גבוהה מעוצב לצורה וזיקון מלאכותי
T6	טיפול המסה וזיקון מלאכותי
T651	טיפול המסה, שיחרור מאמצים על-ידי מתיחה ואח"כ זיקון מלאכותי
T8	טיפול המסה, עיבוד בקור ואח"כ זיקון מלאכותי

H Temper Strain Hardening Codes	
Code	Description
H1X	הקשייה באופן מכאני
H2X	הקשייה באופן מכאני וריפוי חלקי
H3X	הקשייה באופן מכאני וייצוב על-ידי טיפול בטמפרטורה נמוכה
HX2	רבע (1/4) קשיות
HX4	חצי (1/2) קשיות
HX6	שלושת רבעי (3/4) קשיות
HX8	קשיות מלאה (~75% הפחתה של שטח החתך בעיבוד בקור)

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
discontinuity	Прерывистость	انقطاع	אי־רציפות
operations sheet	Технологический процесс	أوراق عمل	גיליון פעולות
mounting	Зажим/крепеж	مسك القطعة	דפינה
degree of freedom	Степень свободы	درجة الحرّية	דרגת חופש
depth of penetration	Глубина резания	عمق الاختراق	היגש/עומק השבב
tightening	Зажатие	شدّ / ربط	הידוק
power	Мощность	قدرة	הספק
placing	Установка	وضع	הצבה
late time	Дальняя граница промежутка времени	وقت لاحق	זמן מאוחר
average measured time	Усредненное время выполнения задачи	متوسط زمن القياس	זמן מדוד ממוצע
early time	Ближняя граница промежутка времени	وقت مُتقدّم	זמן מוקדם
standard time	Стандартное время	وقت مُحدّد (وقت معياري)	זמן מוקצב (זמן תקן)
raw material	Сырье	موادّ خام	חומר גלם
quenching	Закалка	تسقية	חיסום
overlap	наложение	تطابق	חפיפה
surface quality	Шероховатость поверхности	نوعية السطح	טיב פני שטח
annealing capacity	Способность металла к обработке методомковки	قدرة التليين	כושר חישול
mill disk	Дисковая фреза	دسك تفريز	פְּרִסְוֹם דיסקה
failure	Отказ (неудача)	فشل	כשל
cutting speed	Скорость резания	سرعة القصّ	מהירות חיתוך
technological dimension	Технологический размер	قياس تقنيّ	מידה טכנולוגית
obtained dimension	Вычисляемый размер	قياس مُستمدّ	מידה מתקבלת

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
משטח מוצא	السطح النسبي	Базовая поверхность	origin surface
נצילות	فعالية؛ كفاءة	Коэффициент полезного действия	efficiency
סבולת	التسامح	Допуск	tolerance
סבולת גיאומטרית	التسامح الهندسي	Допуск формы и расположения	geometric tolerance
סטיית תקן	الانحراف القياسي (المعياري)	Стандартный допуск	standard deviation
עוֹבָד	قطعة للتشكيل	Заготовка	work piece
עקומת התעייפות	مُنْحَنِي الإجهاد	Кривая усталости	fatigue curve
פעולת גימור	عملية التشطيب	Завершающие операции	finishing operation
צימנוט	سيمينتيت؛ كربيد الحديد	Цементация	carburizing
צפיפות החומר	كثافة المادة	Плотность материала	material density
קיבוע	تثبيت	Фиксация	fixation
קידמה לסיבוב	دائرة الخطوة	Подача на оборот	feed per revolution
קידמה לשן	الخطوة للسِّن	Подача на зуб	feed per tooth
ריתוך	لحام	Сварка	welding
שיִמָּה	أداة قطع للخراطة	Твердосплавная пластинка	insert
שעון עצר	ساعة قياس الوقت	секундомер	stop watch

גיליון פעולות בתהליך טכנולוגי
לשאלון 710911, אביב תשע"ט

מקום למחברות נבחן

עמוד מספר: 1			שם החלק:		סוג חומר הגלם:		תאריך:	
מתוך 4 עמודים					המסה של חומר הגלם:		מידות חומר הגלם:	
פ ע ל ל ה	ה צ ב ה	ש ל ב	שם של מרכיב התהליך ותיאורו	תרשים העיבוד	מכונת עיבוד	מתקני עזר	כלי שיבוב	כלי מדידה

גיליון פעולות בתהליך טכנולוגי

לשאלון 710911, אביב תשע"ט

עמוד מספר: 2			שם החלק:		סוג חומר הגלם:		תאריך:	
מתוך 4 עמודים					המסה של חומר הגלם:		מידות חומר הגלם:	
פ ע ל ל ה	ה צ ב ה	ש ל ב	שם של מרכיב התהליך ותיאורו	תרשים העיבוד	מכונת עיבוד	מתקני עזר	כלי שיבוב	כלי מדידה

גיליון פעולות בתהליך טכנולוגי
לשאלון 710911, אביב תשע"ט

מקום למחברות נבחן

עמוד מספר: 3			שם החלק:		סוג חומר הגלם:		תאריך:	
מתוך 4 עמודים					המסה של חומר הגלם:		מידות חומר הגלם:	
פ ע ל ל ה	ה צ ב ה	ש ל ב	שם של מרכיב התהליך ותיאורו	תרשים העיבוד	מכונת עיבוד	מתקני עזר	כלי שיבוב	כלי מדידה

גיליון פעולות בתהליך טכנולוגי

לשאלון 710911, אביב תשע"ט

עמוד מספר: 4			שם החלק:		סוג חומר הגלם:		תאריך:	
מתוך 4 עמודים					המסה של חומר הגלם:		מידות חומר הגלם:	
פ ע ל ל ה	ה צ ב ה	ש ל ב	שם של מרכיב התהליך ותיאורו	תרשים העיבוד	מכונת עיבוד	מתקני עזר	כלי שיבוב	כלי מדידה