מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: גמר לבתי־ספר לטכנאים ולהנדסאים
מועד הבחינה: אביב תשפ"ב, 2022
סמל השאלון: 710911
נספחים: א. גיליון פעולות
ב. (לשאלה 2) – תוכנית עיבוד CNC
ג. (לשאלה 3) – נתוני כרסום
ד. (לשאלה 6) – מכלול מרותך
ה. (לשאלה 9) – ייעודן של פלדות
ו. (לשאלה 9) – תכונות של פלדות
ז. (לשאלה 10) – דיאגרמת TTT
ח. מילון מונחים

תהליכי ייצור ט'

(לטכנאי מכונות)

הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות.

עליכם לענות על **חמש** שאלות לפי בחירתכם, **מן השאלון כולו**. לכל שאלה – 20 נקודות, 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 תתחילו לענות על השאלות, קראו בעיון את כל השאלון וודאו שההנחיות מובנות לכם.
2. ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את **מספר התשובות הנדרש בלבד**, ולא יתייחס לתשובות הנוספות.
3. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון, הוסיפו אותו על־פי שיקול דעתכם, ופתרו בעזרתו את השאלה. ציינו בתשובתכם את הנתון שהוספתם.
4. מידות האורך בכל האיורים נתונות במ"מ.
5. בתשובה על שאלת חישוב, עליכם להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
6. בנספח ז' לשאלון זה מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, רוסית ואנגלית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.

הוראות למשגיחים:
בתום הבחינה, ודאו שהנבחנים הדביקו את מדבקת הנבחן שלהם על נספחים א', ב', ד', וצירפו אותם למחברת הבחינה.

בשאלון זה 14 עמודים ו־16 עמודי נספחים.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

השאלות

בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות. עליכם לענות על חמש שאלות, לפי בחירתכם, מן השאלון כולו (לכל שאלה – 20 נקודות). סך הכול – 100 נקודות.

פרק ראשון: תכנון תהליך טכנולוגי

שאלה 1

באיור לשאלה זו (המופיע בעמוד הבא), מסורטט חלק ממתקן חיבור העשוי מפלדה מסוג SAE 1020.
יש לייצר את החלק, בסדרות של 15 יחידות לכל סדרה, באמצעות מכונת חריטה ומכונת קידוח בלבד.

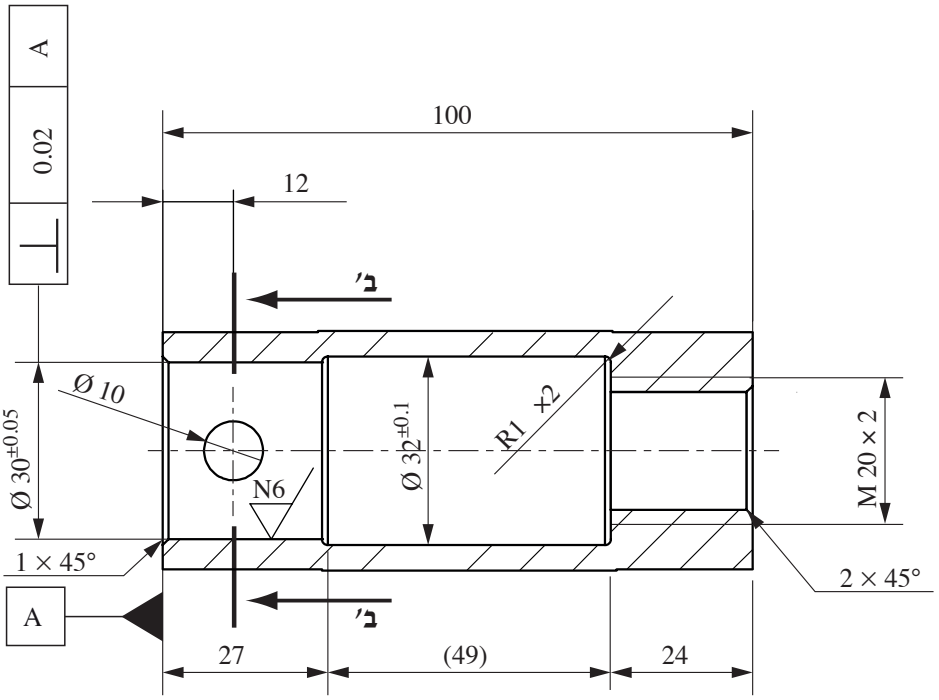
(3 נק') **א.** מהן המידות של חומר הגלם הנדרשות לייצור חלק יחיד?

(3 נק') **ב.** החליטו לחספס את הקוטר החיצוני של החלק. ציינו מהו חספוס ומה מטרתו.

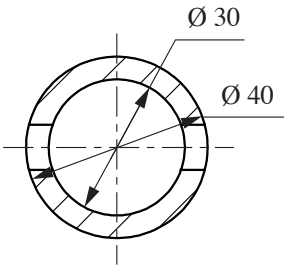
(14 נק') **ג.** תארו בגיליון הפעולות (נספח א' לשאלה זו) את התהליך הטכנולוגי של ייצור החלק. כללו בתיאורכם תרשימים ברורים של פעולות העיבוד השבבי וכתבו את השמות של הפעולות הנדרשות לייצור החלק. בכל פעולה קבעו את ההצבה ואת השלבים הנדרשים. הסתמכו בקביעתכם על המידות ועל הסבולות הנתונות באיור לשאלה זו.

הדביקו את מדבקת הנבחן שלכם במקומות המיועדים לכך בנספח א', וצרפו את הנספח למחברת.

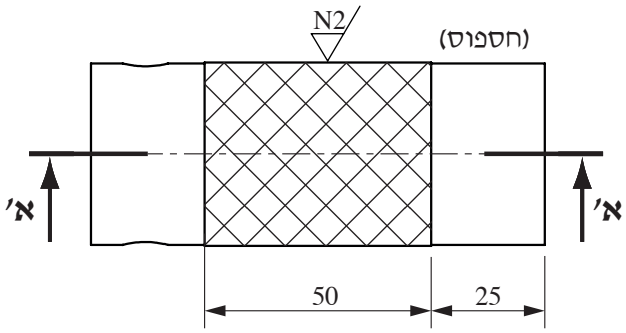
המשך בעמוד 3

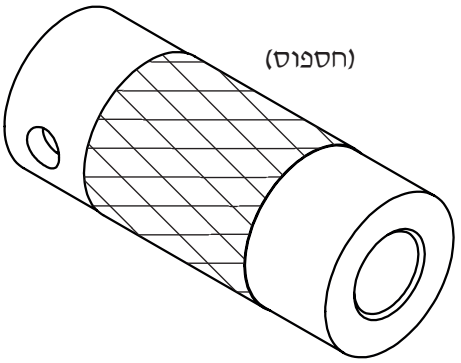


חתך א'–א'



חתך ב'–ב'





SAE 1020

סבולת כללית: ±0.2

N8 **N6**

איור לשאלה 1

המשך בעמוד 4

פרק שני: עיבוד שבבי ומתקני ייצור

שאלה 2

באיור לשאלה זו מתואר חלק שיש לייצרו מפלדה SAE 1020 בסדרות של 700 יחידות כל אחת, בעיבוד שבבי ממוחשב, CNC.

בנספח ב' לשאלה נתונה תוכנית עיבוד CNC.

הערה: החלק דפון בתחתיתו בעודף חומר בעובי 5 mm .
השלימו את תוכנית העיבוד שבנספח ב', על־פי ההנחיות שלהלן:

(5 נק') **א.** הדגישו על־גבי כל אחד מן האיורים (המבט והחתך) שבעמודה 2 (GEOM) את המשטח המעובד באותו שלב, וציינו את המידות הדרושות לעיבוד המשטח.

(3 נק') **ב.** הגדירו בעמודה 3 (JOB) את תהליך העיבוד בכל שלב.

(3 נק') **ג.** סמנו בעמודה 4 (תיאור הדפינה) את אופן הדפינה בכל שלב. השתמשו בסימני קיבוע ובסימוני הידוק תקניים. ציינו בכל שלב את נקודת המוצא (S.P.) של כלי העיבוד בשני האיורים (במבט ובחתך).

(4 נק') **ד.** ציינו בעמודה 5 את הסוג של כלי העיבוד המתאים לכל שלב.

(5 נק') **ה.** **סרטטו** בעמודה 6 תרשים של צורת הקצה של כלי העיבוד המתאים לכל שלב, וציינו בו את המידות העיקריות של הכלי.

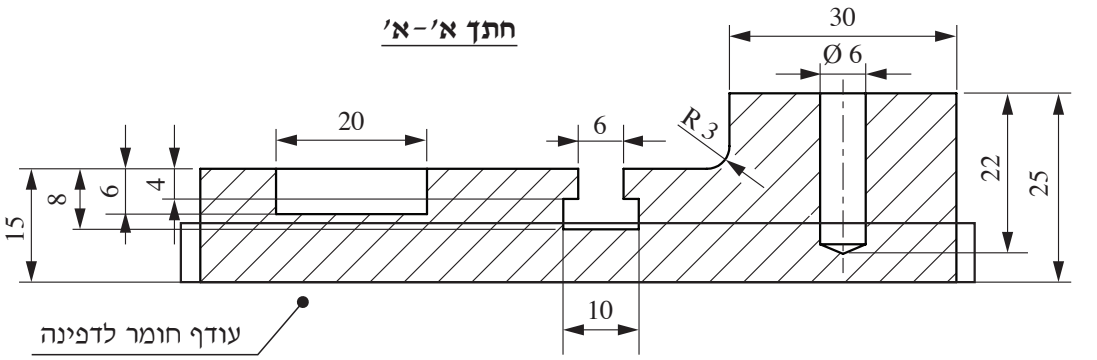
הדביקו את מדבקת הנבחן במקומות המיועדים לכך בנספח ב', וצרפו את הנספח למחברת.

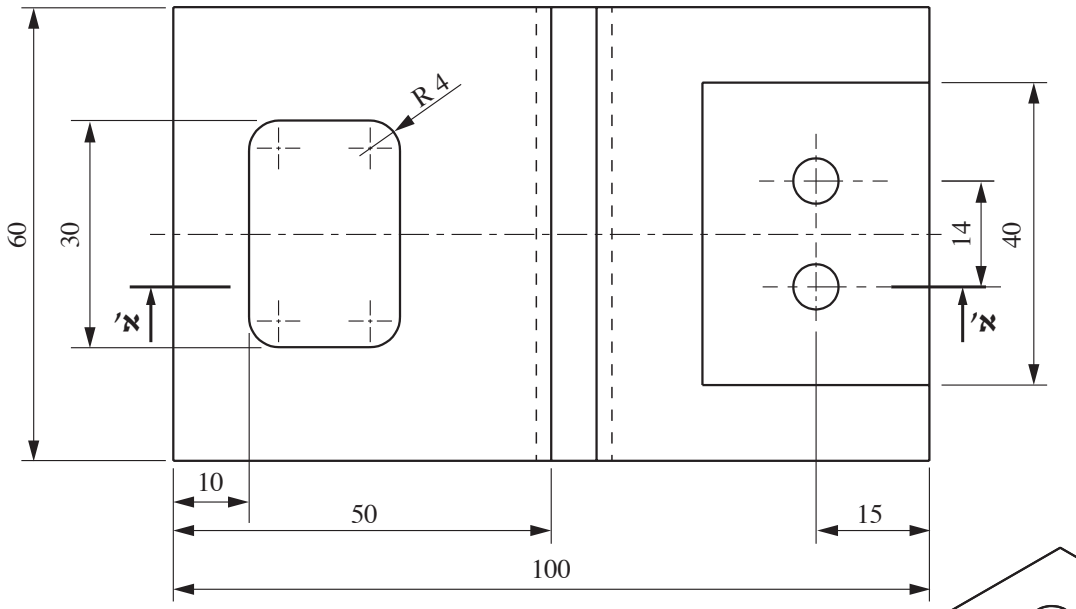
המשך בעמוד 5

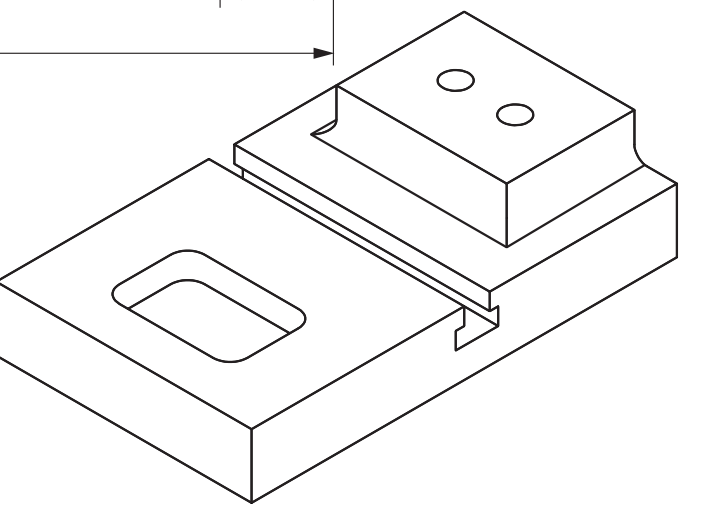
SAE 1020

סבולת כללית: ±0.2

N8







הערה: עודף החומר אינו מסומן בהיטל־על ובאיזומטרייה.

איור לשאלה 2

המשך בעמוד 6

שאלה 3

(5 נק') **א.** באיור א' לשאלה זו מוצגים שלושה סוגי כרסום (א', ב' ו־ג').

(3 נק') 1. ציינו לגבי כל אחד משלושת סוגי הכרסום (א', ב' או ג') אם הוא מתאים לכרסומת אנכית או לכרסומת אופקית. נמקו את התשובה.

(2 נק') 2. איזה מבין שלושת סוגי הכרסום (א', ב' או ג') מתאים לייצור חריץ ברוחב 2 מ"מ לאורך חומר גלם שאורכו 40 מ"מ?

ג' **ב'** **א'**

איור א' לשאלה 3

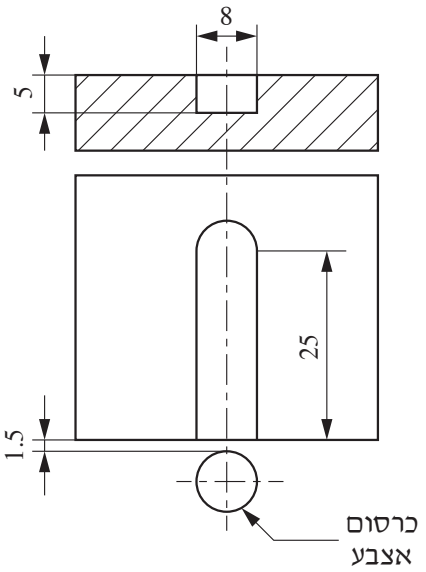
(5 נק') **ב.** הסבירו מדוע הלחץ הנוצר בעת כרסום עם שיניים ישירות גדול מן הלחץ הנוצר בעת כרסום עם שיניים לולייניות.

<u>הערה:</u> לפתרון סעיפים ג' וד' היעזרו בנתוני הכרסום המוצגים בנספח ג' לשאלון זה.

(5 נק') **ג.** יש לכרסם חריץ לשגם שצידו האחד פתוח וצידו השני סגור, כפי שמוצג באיור ב' לשאלה זו.
החומר המעובד הוא פלדה (בלתי מתחלדת – פלב"מ) בעלת קשיות HB 135–185, והכרסום הוא כרסום אצבע המיוצר ממתכת קשה בעלת שתי שיניים.

חשבו את זמן הכרסום של החריץ לעומק 5 מ"מ, **בשני שלבים, בעיבוד גס**.

(5 נק') **ד.** הוחלט לעבור מכלי כרסום ממתק"ש לכלי כרסום מ־H.S.S (פלדה מהירה). מה הייתם משנים במבנה הכרסום כדי לשמור על זמן הכרסום שחישבתם בסעיף ג'? נמקו את התשובה באמצעות חישוב.



איור ב' לשאלה 3

המשך בעמוד 7

שאלה 4

(4 נק') **א.** העתיקו למחברת את שני המשפטים שלהלן והשלימו אותם:

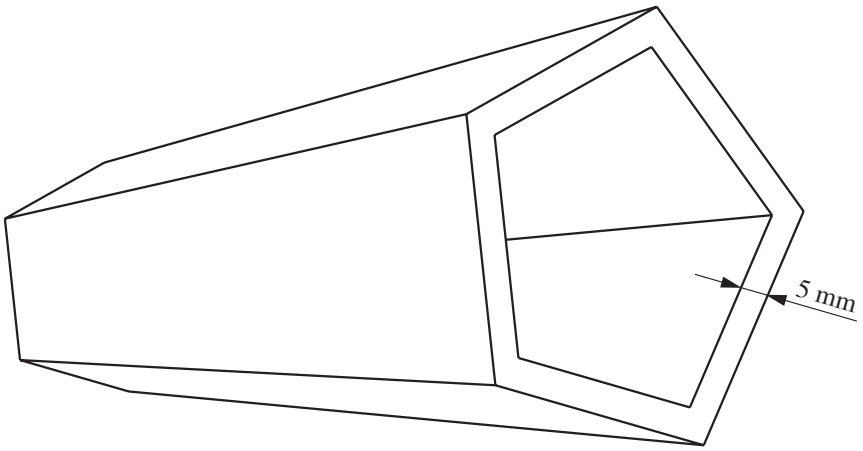
(2 נק') 1. אם הנוזל האברסיבי יוחלף במים מזוקקים, אזי יכולת החיתוך במים _____
(תגדל/תקטן/לא תשתנה).

(2 נק') 2. עקרון העיבוד בעיבוד על־קולי מבוסס על נוזל אברסיבי, מהירות, לחץ גבוהה ורטט.
אם קוטר הדיזה (פתח הנחיר) יקטן, אזי יכולת החיתוך במים _____
(תגדל/תקטן/לא תשתנה).

(5 נק') **ב.** כיצד הנוזל האברסיבי יוצר שחיקה הן של העובֶּד והן של האלקטרודה בתהליך עיבוד על־קולי (USM)?

(5 נק') **ג.** ציינו **שתי** דרישות לקבלת פני שטח איכותי בעיבוד על־קולי (USM).

(6 נק') **ד.** באיור לשאלה זו מוצגת פירמידה קטומה בעלת בסיס מחומש. הפירמידה חלולה ובסיסה פתוח; עובי הדופן שלה הוא 5 מ"מ.
באיזו שיטת עיבוד (עיבוד על־קולי / חיתוך במים) תבחרו כדי ליצור את החלק? נמקו את התשובה.



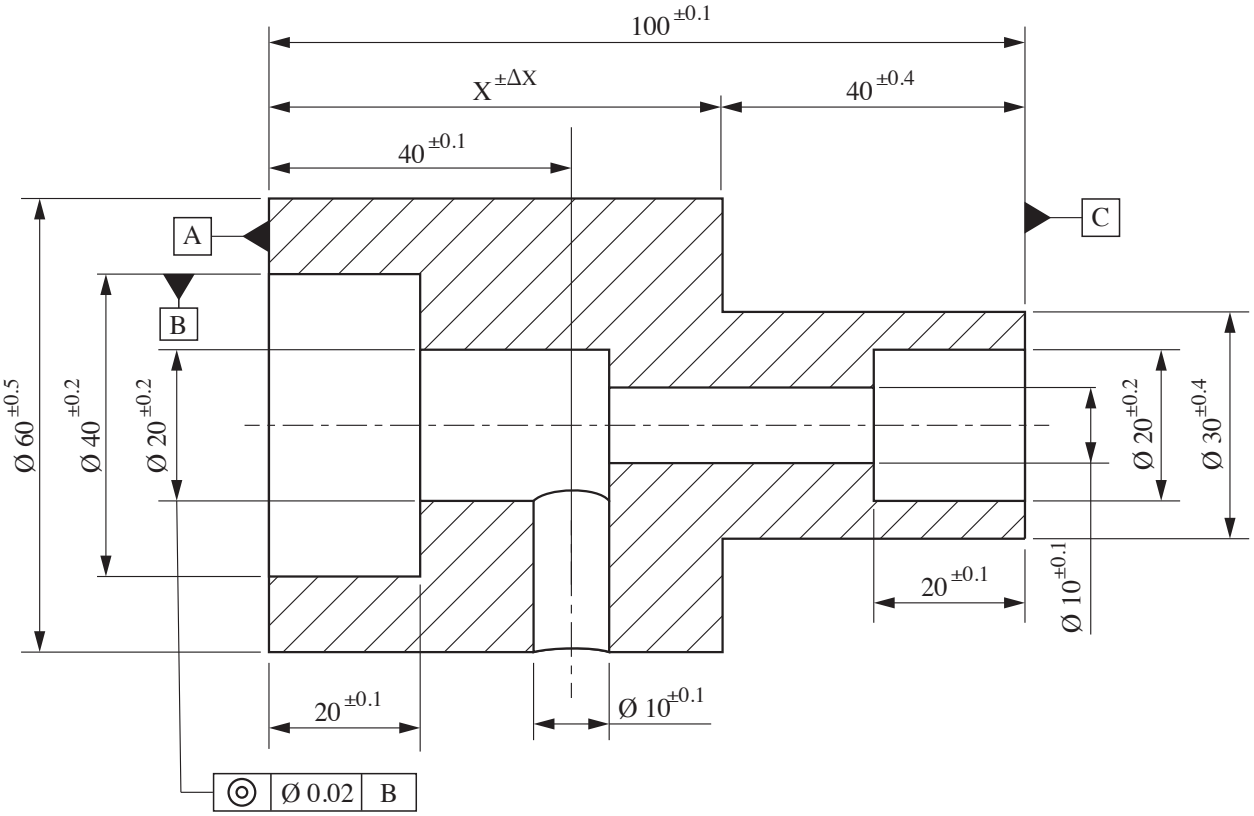
איור לשאלה 4

המשך בעמוד 8

פרק שלישי: עיבוד בלתי־שבבי ומדידות

שאלה 5

באיור לשאלה זו נתון סרטוט של חלק המיוצר בעיבוד שבבי מפלדה מסוג SAE 1020.



איור לשאלה 5

(7 נק') **א.** חשבו את המידה המתקבלת $X^{\pm\Delta x}$ המתייחסת לשטח המוצא A.

(7 נק') **ב.** חשבו את המידה הטכנולוגית $X^{\pm\Delta x}$ המתייחסת לשטח המוצא C.

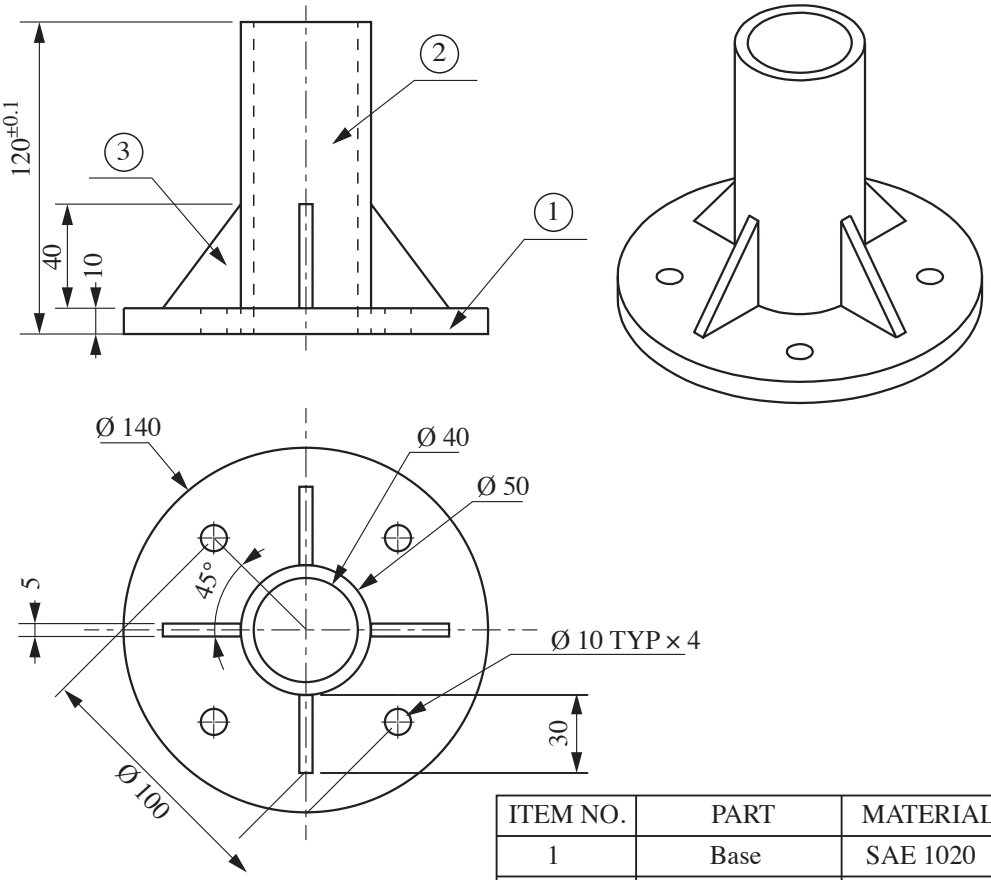
(3 נק') **ג.** הסבירו את המשמעות של כל אחד מהסימנים המופיעים בסבולת הגיאומטרית | ◎ | Ø 0.02 | B | הלקוחה מן הסרטוט.

(3 נק') **ד.** באיזה כלי מדידה נשתמש לבדיקת קוטר הקדח – $\varnothing 10^{\pm 0.05}$.

המשך בעמוד 9

שאלה 6

באיור לשאלה זו מתואר מכלול מרותך מפלדה SAE 1020 ונתונה רשימת החלקים שלו.
חלקי המכלול מרותכים בשיטת "קשת חשמלית". עובי כל תפר ריתוך – 3 mm.



ITEM NO.	PART	MATERIAL	OTY.
1	Base	SAE 1020	1
2	Central Cylinder	SAE 1020	1
3	Supporter	SAE 1020	4

איור לשאלה 6

(4 נק') **א.** הוסיפו על־גבי המכלול המרותך שבנספח ד' לשאלה 6 את התיאור הגרפי של תפרי החיתוך, וסמנו בנספח את הסימון התקני שלהם.

(4 נק') **ב.** הסבירו את תפקידה של בדיקה אולטרה־סונית.

(4 נק') **ג.** למה נועד הריתוך הנקודתי?

(8 נק') **ד.** סרטטו במחברת את הבסיס (חלק 1), וציינו בסרטוט את כל המידות הדרושות לייצורו.

הדביקו את מדבקת הנבחן שלכם במקומות המיועדים לכך בנספח ד' וצרפו את הנספח למחברת.

המשך בעמוד 10

פרק רביעי: הנדסה תעשייתית

שאלה 7

להלן חקר זמן מחזורי (ישיר) שנערך על חרט המפעיל מחרטה:

אלמנט	תיאור הפעולה	זמן צפוי (מאיות הדקה)	מצב המכונה	סיווג האלמנט
1	טען מוט למחרטה, כוון והפעל	121.71	דוממת	חיצוני (t_1)
2	חריטת שבב 1	120 (מדוד)	זמן מכונה (T)	--
3	נקה את הציר משבבים והנח אותו במכל הגמורים	44.75	במקביל לחריטת שבב 1	פנימי (t_2)
4	מדוד קוטר, כוון מחרטה והפעל	148.87	דוממת	חיצוני (t_1)
5	חריטת שבב 2	120 (מדוד)	זמן מכונה (T)	--
6	הבא מוט מארגז חומרי הגלם, והכן אותו לטעינה במחרטה	38.98	במקביל לחריטת שבב 2	פנימי (t_2)
7	פרק את הציר מהמחרטה	16.24	דוממת	חיצוני (t_1)

* נתון כי שיעור התוספות בגין המִתנות בלתי נמנעות הוא 3% , ושיעור התוספות האישיות הוא 5% , כמקובל.

(6 נק') **א.** סרטטו תרשים אדם־מכונה במונחי זמן צפוי.

(5 נק') **ב.** 1. מהו משך "זמן העבודה החיצוני" – t_1?

2. מהו משך "זמן העבודה הפנימי" – t_2?

3. מהו משך "זמן העבודה הריק" – t_3?

(6 נק') **ג.** חשבו את זמן המחזור הצפוי, את העומס על העובד בזמן מחזור ואת נצילות המכונה.

(3 נק') **ד.** הסבירו מהי "תוספת תהליך". לאילו אלמנטים נדרשת תוספת תהליך במקרה הזה?

המשך בעמוד 11

שאלה 8

להלן רשימת הפעילויות הנחוצות לביצוע פרויקט בנייה של מקלט ציבורי. לכל פעילות נתונים משך הזמן לביצועה ואילוצי הקדימויות:

קוד פעילות	תיאור הפעילות	פעילות קודמת	משך הזמן (בשבועות)
A	תכנון אדריכלי והכנת תוכניות	---	15
B	אישור התוכנית על־ידי העירייה	A	5
C	גיוס כוח אדם	A	7
D	הכנת הקרקע	B	2
E	יציקת יסודות, קירות ותקרה	C , D	5
F	רכישת כלים סניטריים וחומרים נוספים	C , D	8
G	עבודות תשתית, אינסטלציה וחשמל	E , F	2

(5 נק') **א.** סרטטו רשת פרט (PERT) של הפרויקט.

(6 נק') **ב.** לכל פעילות ברשת חשבו את ששת הערכים האלה:
זמן התחלה מוקדם (ES), זמן התחלה מאוחר (LS), זמן סיום מוקדם (EF), זמן סיום מאוחר (LF), מרווח כולל (TF) ומרווח חופשי (FF). ניתן לרכז את הנתונים בטבלה.

ציינו מהם הנתיבים הקריטיים ומהו משך הזמן הצפוי של כל הפרויקט.

(5 נק') **ג.** סרטטו תרשים גאנט (GANTT) של הפרויקט לפי זמני התחלה מוקדמים ומאוחרים לביצוע של כל אחת מהפעילויות בפרויקט.

(4 נק') **ד.** לכל אחת מהפעילויות C ו־F, ציינו סיכון **אחד** שיכול לשבש את הפעילות או לעכב אותה, ודרך **אחת** להפחתת הסיכון או למניעתו.

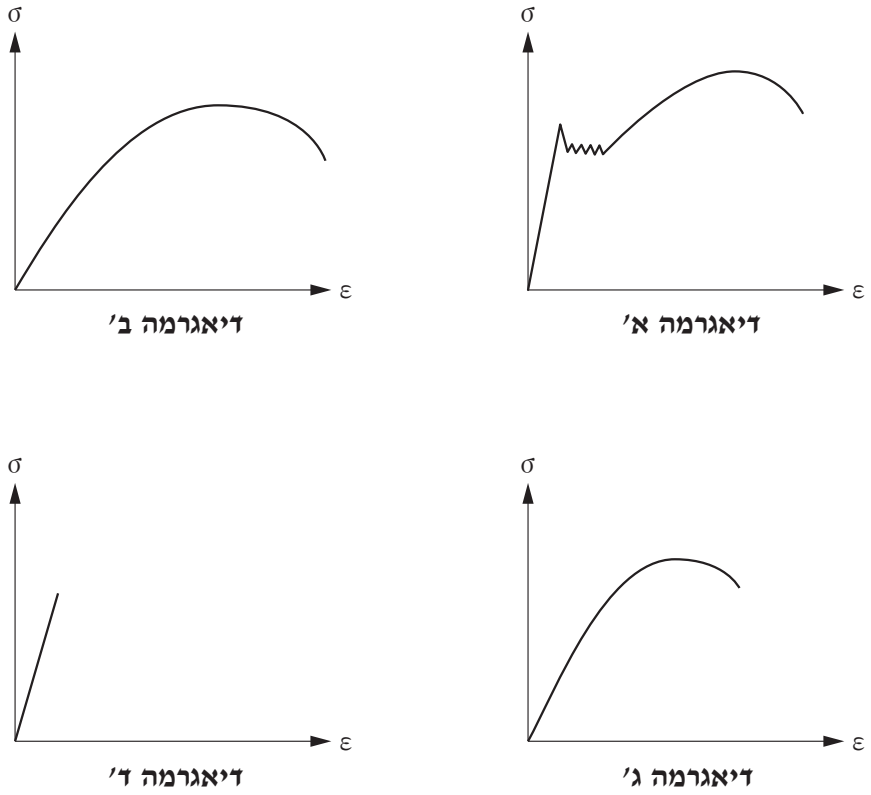
המשך בעמוד 12

פרק חמישי: חומרים הנדסיים

שאלה 9

(3 נק') **א.** הסבירו מהו מאמץ שבר של מתכת (σ_f).

(5 נק') **ב.** באיור שלפניכם מוצגות ארבע דיאגרמות מאמץ־מעוות של ארבעה חומרים שונים (1–4).



איור לשאלה 9

להלן תכונות החומרים:

חומר 1 – חומר פריך

חומר 2 – חומר משיך ללא נקודת כניעה בולטת וללא פלסטיות ניכרת

חומר 3 – חומר משיך בעל נקודת כניעה ברורה

חומר 4 – חומר משיך ללא נקודת כניעה בולטת, בעל פלסטיות ניכרת

ציינו במחברת איזו מבין הדיאגרמות (א'–ד') מייצגת כל אחד מבין החומרים 1–4.

המשך בעמוד 13

ג. **(3 נק')** ציינו באיזו מבין ארבע הדיאגרמות נעשה שימוש במעוות לודר (Luders) לפני הקשיית המאמצים.

ד. **(9 נק')** מחלקת הנדסה במפעל נדרשת להמליץ על סוג פלדה לייצור גלים שתענה על הדרישות שלהלן:

- חומר גלם בצורת מוט
- מאמץ כניעה: $\sigma_y > 700$ MPa
- מאמץ מתיחה מקסימלי: $\sigma_{UTS} > 1300$ MPa
- בעלת קשיות רוקוול הנעה בטווח 35–52 HRc
- ללא ניקל
- בעלת כושר חיסום בדרגת "טוב מאוד"

קבעו מהי הפלדה המתאימה, ונמקו את תהליך הבחירה בפלדה זו.
היעזרו בטבלה "יעודן של פלדות" (נספח ה' לשאלון) ובטבלה "תכונות של פלדות" (נספח ו' לשאלון).

המשך בעמוד 14

שאלה 10

(2 נק') **א.** מדוע יש להביא את נתך הברזל לפאזה האוסטניטית לפני טיפול תרמי?

(10 נק') **ב.** נתך פלדה מסוג SAE 1040 חומם לטמפרטורה של 900°C , ומייד לאחר מכן נזרק למכל מלא במים קרים מאוד.

(2 נק') 1. איזו פאזה תיווצר בנתך לאחר כמה דקות?

(2 נק') 2. ציינו יתרון **אחד** וחיסרון **אחד** של הפאזה החדשה של הנתך.

(6 נק') 3. כדי להתמודד עם החיסרון של הפאזה החדשה יש לבצע הרפיה לנתך.
באיזה סוג הרפיה נהוג להשתמש? פרטו בקצרה את אופן הטיפול התרמי של הנתך, בהינתן שמשיכות הפלדה חשובה **יותר** מהקשיות והחוזק שלה.

(4 נק') **ג.** מהו הטיפול התרמי שיש לבצע לנתך העשוי מסגסוגת ברזלית כדי להעבירו מפאזה אוסטניטית לפאזת פרליט? ניתן להיעזר בדיאגרמת TTT המוצגת בנספח ז' לשאלון.

(4 נק') **ד.**

(2 נק') 1. הסבירו מהו ההבדל בין שני סוגי הטיפולים התרמיים – הרפיה וריפוי.

(2 נק') 2. איזה מבין שני סוגי הטיפולים התרמיים יש לעשות כדי לאפשר עיבוד שבבי קל יותר של פלדה מסוג SAE 1040 שחוסמה?

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

מקום למדבקת נבחן

נספח א' לשאלה 1: גיליון פעולות בתהליך טכנולוגי (2 עמודים)

לשאלון 710911, אביב תשפ"ב

עמוד מספר: 1	שם החלק:	סוג חומר הגלם:	תאריך:
מתוך 2 עמודים		המסה של חומר הגלם:	מידות חומר הגלם:

פעולה	הצבה	שלב	שם של מרכיב התהליך ותיאורו	תרשים העיבוד	מכונת עיבוד	מתקני עזר	כלי שיבוב	כלי מדידה

המשך בעמוד 2

גיליון פעולות בתהליך טכנולוגי

לשאלון 710911, אביב תשפ"ב

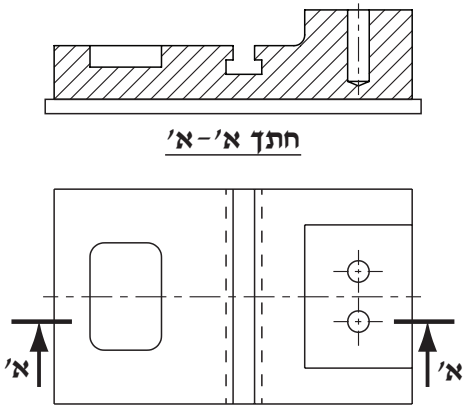
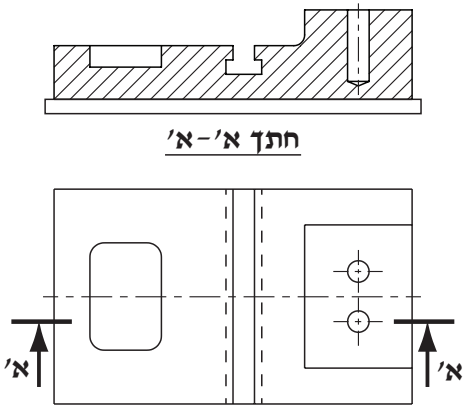
עמוד מספר: 2	שם החלק:	סוג חומר הגלם:	תאריך:
מתוך 2 עמודים		המסה של חומר הגלם:	מידות חומר הגלם:

פעולה	הצבה	שלב	שם של מרכיב התהליך ותיאורו	תרשים העיבוד	מכונת עיבוד	מתקני עזר	כלי שיבוב	כלי מדידה

מקום למדבקת נבחן

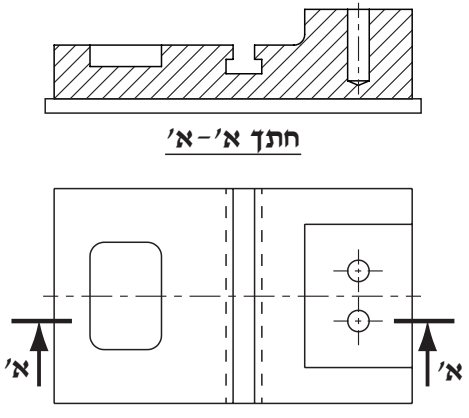
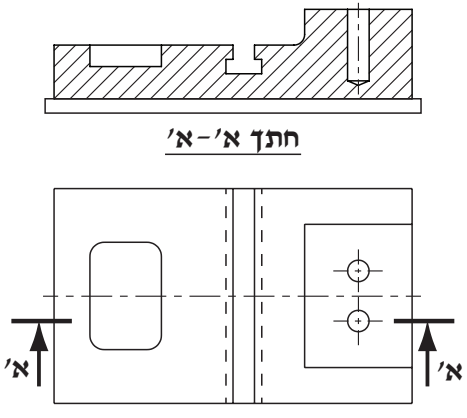
נספח ב' (לשאלה 2) – תוכנית עיבוד CNC (7 עמודים)

לשאלון 710911, אביב תשפ"ב

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

המשך בעמוד 2

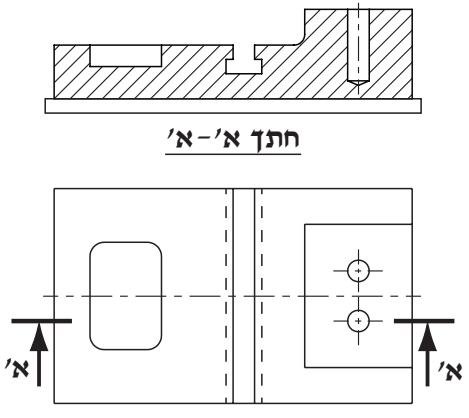
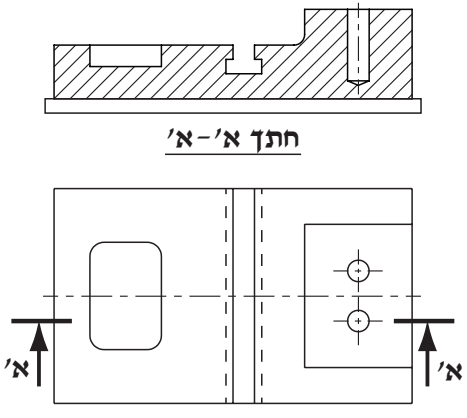
לעיבוד המשטח

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

המשך בעמוד 3

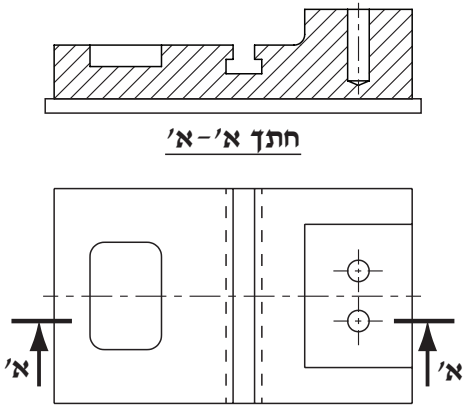
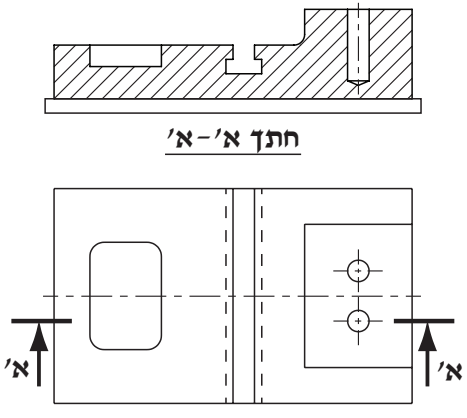
מקום למדבקת נבחן

לעיבוד המשטח

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

המשך בעמוד 4

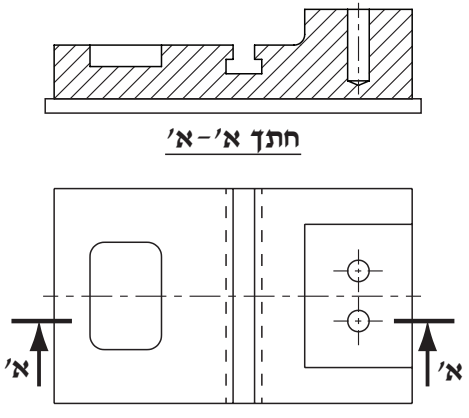
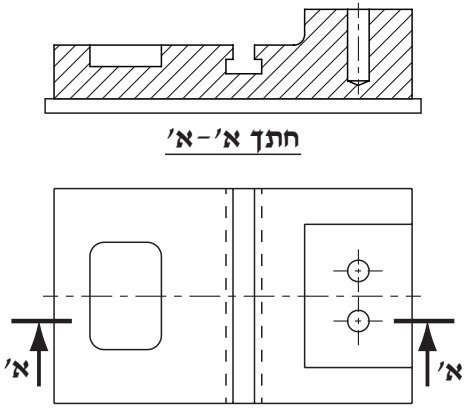
לעיבוד המשטח

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

המשך בעמוד 5

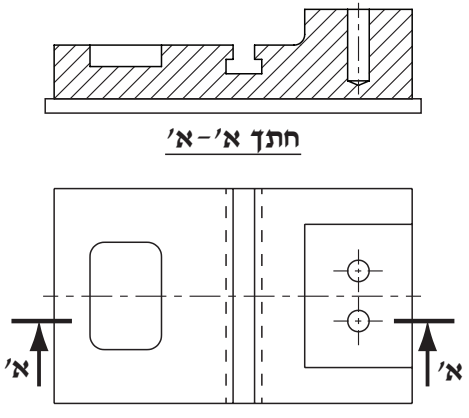
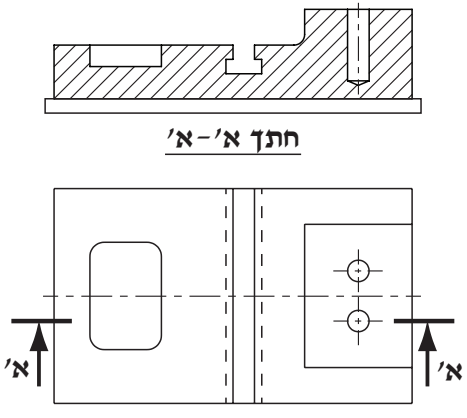
מקום למדבקת נבחן

לעיבוד המשטח

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

המשך בעמוד 6

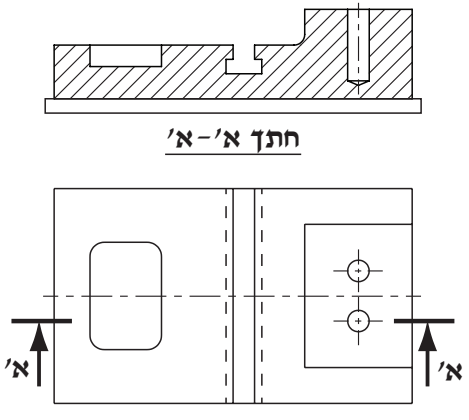
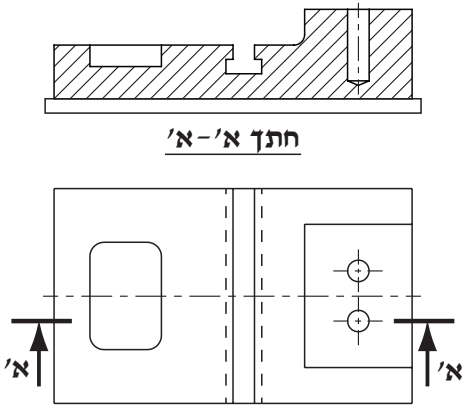
לעיבוד המשטח

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

המשך בעמוד 7

מקום למדבקת נבחן

לעיבוד המשטח

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

נספח ג' (לשאלה 3) – נתוני כרסום

לשאלון 710911, אביב תשפ"ב

טבלה מס' 1: נתונים לכרסום אצבע, לכרסום שטח, לכרסום דסקה מ־H.S.S.

			קדמה לשן, f_z		
חומר עובד	תכונות מכניות	מהירות, v_c	כרסום אצבע	כרסום שטח	כרסום דיסקה
אלומיניום		150	0.1 – 00.1	0.5 – 0.07	0.3 – 0.07
נחושת ונתכים		50	0.1 – 0.02	0.4 – 0.06	0.3 – 0.06
ברזל יציקה	HB < 200	33	0.06 – 0.01	0.4 – 0.06	0.3 – 0.05
	HB > 200	25	0.05 – 0.01	0.4 – 0.04	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
	$600 < \sigma_B < 1{,}100$	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
פלב"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

$v_c\left[\frac{m}{min}\right]$ – מהירות חיתוך $f_z\left[\frac{mm}{tooth}\right]$ – קידמה לשן $\sigma_B[MPa]$ – החוזק הסופי של החומר

טבלה מס' 2: נתונים לכרסום אצבע ממתק"ש

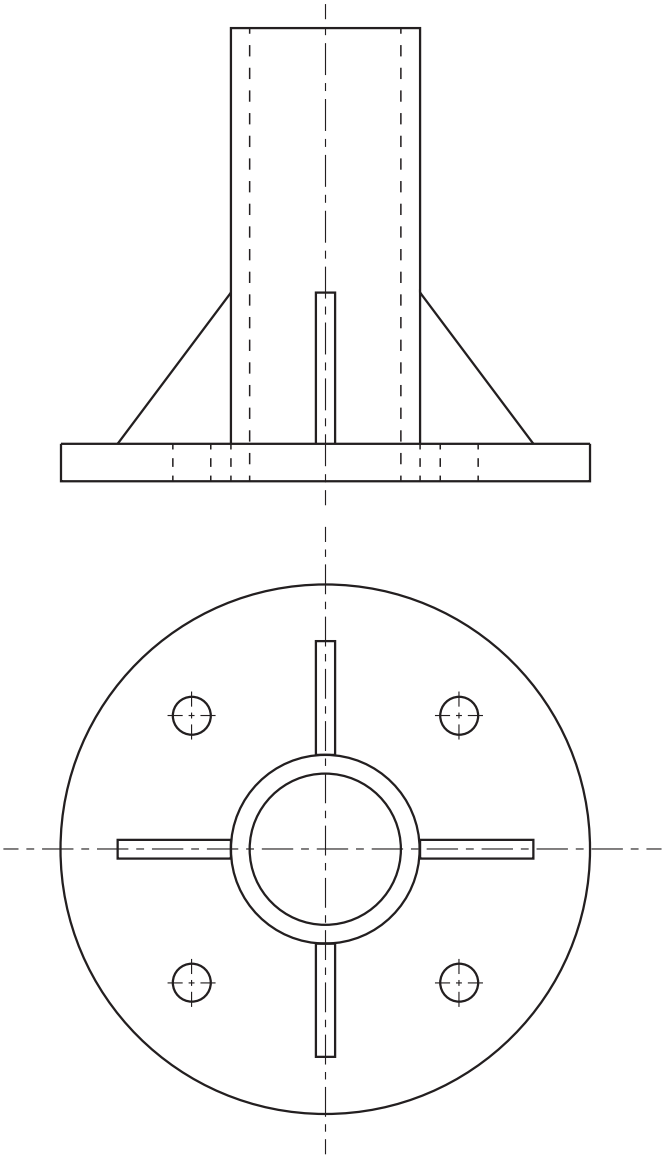
		כרסום גס		כרסום עדין	
חומר עובד	קשיות	v_c	f_z	v_c	f_z
פלדה	HB 85–150	120–160	0.06–0.100	150–220	0.04–0.090
	HB 150–200	100–150	0.06–0.100	140–190	0.03–0.080
	HB 200–250	90–130	0.05–0.100	130–170	0.02–0.070
	HB 250–325	75–100	0.05–0.100	100–125	0.02–0.050
	HB 325–400	45–70	0.02–0.070	50–85	0.02–0.040
	Rc 45–48	30–40	0.01–0.015	40–50	0.01–0.015
	Rc 48–50	20–30	0.01–0.015	30–40	0.01–0.015
פלב"ם	HB 135–185	90–130	0.02–0.08	100–160	0.01–0.05
	HB 185–250	70–100	0.02–0.08	90–140	0.01–0.05
	HB 250–325	50–75	0.02–0.08	70–100	0.01–0.05
	HB 385–400	25–35	0.02–0.08	35–40	0.01–0.05
ברזל יציקה	HB 150–200	100–120	0.05–0.10	140–160	0.02–0.07
	HB 200–250	70–90	0.04–0.10	90–110	0.02–0.05
	HB 250–300	35–60	0.03–0.09	70–100	0.01–0.05
	HB > 300	30–40	0.02–0.07	40–50	0.01–0.04
טיטניום	< 99.2%	25–60	0.02–0.10	30–60	0.02–0.05
	> 99.2%	90–120	0.05–0.08	100–120	0.02–0.07
ברונזה		150–250	0.10–0.30	200–300	0.04–0.15
אלומיניום		300–600	0.08–0.20	400–1100	0.05–0.12
חומרים פלסטיים		100–250	0.10–0.20	100–400	0.05–4.00

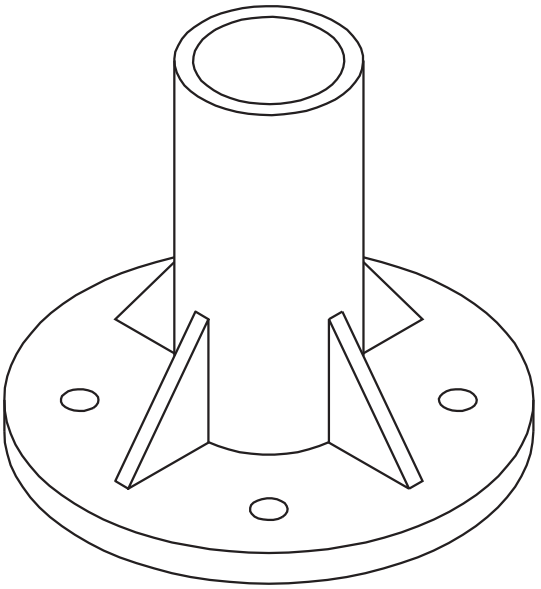
$v_c\left[\frac{m}{min}\right]$ – מהירות חיתוך $f_z\left[\frac{mm}{tooth}\right]$ – קידמה לשן

מקום למדבקת נבחן

נספח ד' (לשאלה 6) – מכלול מרותך

לשאלון 710911, אביב תשפ"ב





נספח ה' (לשאלה 9) – ייעודן של פלדות

לשאלון 710911, אביב תשפ"ב

כינוי לפי תקן אמריקאי SAE	קבוצות	תקן גרמני DIN	צורות מקובלות	ייעוד
SAE 1010	פלדות פחמן	C 10	● ○ ▬ ▬ ■⬢●	חלקים ללא דרישות חוזק מיוחדות: צמנוט אפשרי.
SAE 1020		C 22	LT ○ ▬ ▬ ■⬢●	פינים, גלגלי שיניים גדולים. חלקים בעלי חוזק נמוך: צמנוט אפשרי.
SAE 1035		C 35	◯	גלים חלולים, תותבים. חלקים בעלי חוזק בינוני.
SAE 1040		≈C 45	▬ ■⬢●	גלים, גלגלי שיניים, ברגים. חלקים בעלי חוזק בינוני.
SAE 1050		≈Cf 53	▬ ■⬢●	כלים חקלאיים, פטישים, גרזנים. חלקים כבדים בעלי חוזק בינוני ועמידים בפני זעזועים.
SAE 1070	פלדות עשירות פחמן (קפיציות)	Cf 70	▬ ▬ ■⬢●	כלים לחקלאות, טבעים לחישול. חלקים קפיציים בעלי חוזק גבוה.
SAE 1075		C 75	▬	קפיצים שטוחים, להבי סכינים. חלקים קפיציים בעלי חוזק גבוה.
SAE 1090		–	●	קפיצים גליליים ומיוחדים. חלקים לשימוש מיוחד.
SAE 1113	פלדות נוחות שיבוב	9 S 20	■⬢●	ברגים, אומים, פינים. חלקים בעלי חוזק נמוך, עבידות טובה ומרקם טוב.
SAE 1137		–	■⬢●	גלים, חלזונות. חלקים בעלי חוזק בינוני, עבידות טובה ומרקם טוב.
SAE 1340	פלדות מנגן	42 MnV 7	■⬢●	גלים, גלגלי שיניים. חלקים בעלי חוזק גבוה.
SAE 3120	פלדות נתך	≈15 CrNi 6	■⬢●	גלים, גלגלי שיניים. חלקים בעלי חוזק גבוה, אלסטיות עם צמנוט.
SAE 3310		14 CrNi 14	■⬢●	גלגלי שיניים, גלי כוכב. חלקים בעלי חוזק גבוה עם צמנוט.
SAE 4130		25 CrMo 4	○ ▬ ▬ ■⬢●	גלים, גלגלי שיניים, מצמדים. חלקים בעלי חוזק גבוה מאוד.
SAE 4140		42 CrMo 4	○ ▬ ▬ ■⬢●	גלים, גלי ארכובה, גלי זיזים. חלקים בעלי חוזק גבוה במיוחד.
SAE 4340		–	▬ ■⬢●	גלי ארכובה, חלקי מטוסים מיוחדים. חלקים בעלי חוזק גבוה במיוחד.
SAE 52100		100 Cr 6	■⬢●	חלקים של מיסבי גלגול. חלקים בעלי קשיות גבוהה.
SAE 6150		50 CrV 4	▬ ▬ ■⬢●	קפיצים גדולים, גלי כוכב, חלקי משאבות. חלקים עמידים בפני זעזועים.
SAE 30301	פלדות בלתי מחלידות	X 12 CrNi 17 7	▬ ■⬢●	חלקי מכשירים לשימוש ביתי וכלי מטבח. חלקים עמידים בפני חום וחלודה מוגבלת.
SAE 30303 F		X 12 CrNi 18 8	■⬢●	ברגים, אומים, פינים. חלקים בעלי עבידות טובה ועמידים בפני חום וחלודה.
SAE 30304		X 5 CrNi 18 9	○ ▬ ▬ ■⬢●	חלקי מכשירים בתעשייה. חלקים עמידים בפני חום וחלודה.
SAE 514416 F		–	■⬢●	סכינים. חלקים בעלי חוזק גבוה, עבידות טובה ועמידים בפני חלודה מוגבלת.
SAE 51420		X 20 Cr 13	▬ ▬ ■⬢●	כלים רפואיים לניתוח. חלקים בעלי חוזק גבוה במיוחד ועמידים בפני חלודה מוגבלת.
W1 (1.0c)[3]	פלדות כלים	C 100 W 2	▬ ■⬢●	פטישים, איזמלים. כלים בעלי קשיות חיצונית גבוהה והתנגדות גבוהה לשחיקה: סכנת עיוות.
01		–	▬ ■⬢●	מברגים, מדידים, מבלטי גזירה. כלים בעלי קשיות חיצונית גבוהה והתנגדות גבוהה לשחיקה.
D2		X 155 CrVMo 12 1	▬ ■⬢●	מבלטי כפיפה, עוקצים למחרטה, גלילי עיצוב. כלים בעלי התנגדות גבוהה במיוחד לשחיקה.
D3		–	▬ ■⬢●	מבלטי משיכה, כלים ללחצנות. כלים בעלי התנגדות גבוהה במיוחד לשחיקה.
S1		45 WCrV 7	▬ ■⬢●	עקבים, איזמלים, כלים פנימטיים. כלים בעלי התנגדות גבוהה במיוחד לשחיקה ועמידים בפני זעזועים.
H13		X 40 CrMoV 5 1	▬ ■⬢●	תבניות ליציקת לחץ, מבלטים לכבישה בחום. כלים לעבודה בחום עד 500°C .
H21		X 30 CrMoV 9 3	▬ ■⬢●	תבניות ליציקת לחץ, מבלטים לכבישה בחום. כלים לעבודה בחום עד 600°C .
M2	פלדות מהירות	DMo 5	▬ ■⬢●	סכיני חריטה, מקדחים, מקררים, כרסומים. כלי חיתוך לשיבוב מהיר, עמידים בפני חום.
T4		E 18 Co 5	■⬢●	סכיני חריטה, מקדחים, מקדדים, כרסומים. כלי חיתוך לשיבוב מהיר, עמידים בפני חום.

[3] פלדת כסף ■⬢● מוטות ▬ לוחות ופלחים (עובי מעל 6 מ"מ) ▬ פחים וסרטים (עובי עד 6 מ"מ) ○ צינורות ◯ צינורות בעלי דפנות עבים ● חוטים LT פרופילים

נספח ו' (לשאלה 9) – תכונות של פלדות

לשאלון 710911, אביב תשפ"ב

כינוי לפי תקן אמריקאי SAE	קבוצות	הרכב כימי[1] C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	W	יסודות אחרים	מצב בזמן הבדיקה	מאמץ כניעה σ_y (Yield Stress) N/mm² [MPa]	מאמץ מתיחה מקסימלי σ_{uts} (Ultimate Tensile Stress) N/mm² [MPa]	התארכות יחסית ב-%	קשיות HB	קשיות HRc	עבידות ב-%[2]	כושר חישול	כושר ריתוך	כושר חישום	ניתן לצמנוט
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SAE 1010	פלדות פחמן	0.10	0.4	–	–	–	–	–	–	–	HOT	245	410	28	129	–	43	⊠	○	–	עד H_{Rc} = 56 ÷ 58
SAE 1020		0.20	0.4	–	–	–	–	–	–	–	HOT	335	520	25	156	–	65	⊠	○	–	עד H_{Rc} = 56 ÷ 58
SAE 1035		0.35	0.7	–	–	–	–	–	–	–	HOT	365	565	22	172	–	70	○	◆	–	–
SAE 1040		0.40	0.7	–	–	–	–	–	–	–		430 ÷ 590	620 ÷ 775	18	183 ÷ 262	עד 26	60	◔	◆	◔	–
SAE 1050		0.50	0.7	–	–	–	–	–	–	–		420 ÷ 745	655 ÷ 980	15	192 ÷ 321	עד 33	52	◔	◆	◔	–
SAE 1070	פלדות עשירות פחמן (קפיציות)	0.70	0.7	–	–	–	–	–	–	–		430 ÷ 815	685 ÷ 1120	14	212 ÷ 321	עד 36	45	○	◆	⊠	–
SAE 1075		0.75	0.6	–	–	–	–	–	–	–		450 ÷ 910	705 ÷ 1215	12	223 ÷ 388	עד 41	44	○	◆	⊠	–
SAE 1090		0.90	0.7	–	–	–	–	–	–	–	∨∨∨∨∨	–	2160 ÷ 2405	–	–	–	–	–	–	⊠	–
SAE 111 3	פלדות נוחות שיבוב	0.13	0.8	–	–	–	–	–	–	S=0.3	COLD	490 ÷ 655	520 ÷ 685	10 ÷ 20	163 ÷ 229	–	125	⊠	–	–	עד H_{Rc} = 60 ÷ 62
SAE 1 137		0.37	1.5	–	–	–	–	–	–	S=0.1	COLD	550 ÷ 685	620 ÷ 795	12	187 ÷ 229	–	73	◔	–	–	
SAE 1340	פלדות מנגן	0.40	1.7	0.3	–	–	–	–	–	–		520 ÷ 1620	685 ÷ 1940	9 ÷ 25	235 ÷ 578	עד 21 ÷ 58	45	◔	●	⊠	
SAE 3120	פלדות נתך	0.20	0.7	0.3	1.3	0.7	–	–	–	–		735 ÷ 1030	970 ÷ 1060	16	300	31	63	◔	–	⊠	עד H_{Rc} = 60 ÷ 62
SAE 3310		0.10	0.5	0.3	3.5	1.6	–	–	–	–		1030	1245	15	363	39	45	◔	–	○	עד H_{Rc} = 60 ÷ 62
SAE 4130		0.30	0.5	0.3	–	1.0	0.2	–	–	–		620 ÷ 1355	675 ÷ 1620	12 ÷ 28	202 ÷ 461	עד 48	60	◔	⊠	○	–
SAE 4140		0.40	0.9	0.3	–	1.0	0.2	–	–	–		685 ÷ 1725	805 ÷ 2000	11 ÷ 23	235 ÷ 578	עד 21 ÷ 58	62	◔	◔	○	–
SAE 4340		0.40	0.7	0.3	1.8	0.8	0.2	–	–	–		895 ÷ 1570	980 ÷ 1960	11 ÷ 21	293 ÷ 555	30 ÷ 56	51	◔	–	○	–
SAE 52100		1.00	0.3	0.3	–	1.5	–	–	–	–		–	–	–	–	60 ÷ 62	45	⊠	–	⊠	–
SAE 6150		0.50	0.8	0.3	–	1.0	–	0.2	–	–		745 ÷ 1865	815 ÷ 2170	7 ÷ 227	241 ÷ 601	23 ÷ 60	40	⊠	–	⊠	–
SAE 30301	פלדות בלתי מחלידות	0.12	2.0	1.0	7.0	17.0	–	–	–	–	COLD	275	725	55	165	–	55	◔	◔	–	–
SAE 30303 F		0.12	2.0	1.0	9.0	18.0	–	–	–	S=0.1	COLD	245	620	50	160	–	65	◔	●	–	–
SAE 30304		0.06	2.0	1.0	10.0	19.0	–	–	–	–	COLD	285	580	55	149	–	50	⊠	◔	–	–
SAE 51416 F		0.15	1.2	1.0	–	13.0	–	–	–	S=0.1		410 ÷ 1000	620 ÷ 1305	12 ÷ 25	180 ÷ 390	עד 41	80	◔	–	⊠	–
SAE 51420		0.35	1.0	1.0	–	13.0	–	–	–	–		1345	1590	8	500	50	45	◔	●	⊠	–
W1 (1.0c)	פלדות כלים	1.00	0.3	0.3	–	–	–	–	–	–		–	–	–	–	50 ÷ 64	50	⊠	◆	⊠	–
O1		1.00	1.2	0.3	–	0.5	–	0.2	0.5	–		–	–	–	–	57 ÷ 62	45	◔	◆	⊠	–
D2		1.50	0.3	0.3	–	12.0	0.8	0.6	–	–		–	–	–	–	54 ÷ 61	25	●	–	⊠	–
D3		2.20	0.3	0.3	0.5	12.0	–	0.6	–	–		–	–	–	–	54 ÷ 61	25	●	–	⊠	–
S1		0.50	0.3	0.3	–	1.4	0.3	0.2	2.3	–		–	–	–	–	40 ÷ 58	42	●	–	⊠	–
H13		0.40	0.4	1.0	–	5.0	1.4	1.0	–	–		–	–	–	–	40 ÷ 47	37	◔	–	⊠	–
H21		0.30	0.3	0.3	–	3.0	–	0.4	9.5	–		–	–	–	–	36 ÷ 54	37	●	–	⊠	–
M2	פלדות מהירות	0.80	0.3	0.3	–	4.0	5.0	1.9	6.2	–		–	–	–	–	60 ÷ 65	25	●	–	○	–
T4		0.70	0.3	0.3	–	4.0	0.7	1.1	18.5	Co=5.0		–	–	–	–	60 ÷ 65	25	●	–	○	–

מעובד בחם HOT — מעובד בקר COLD — לאחר חיסום — קפיצי — טוב מאוד ○ — טוב ⊠ — בינוני ◔ — רע ● — ריתוך בשיטות מיוחדות ◆

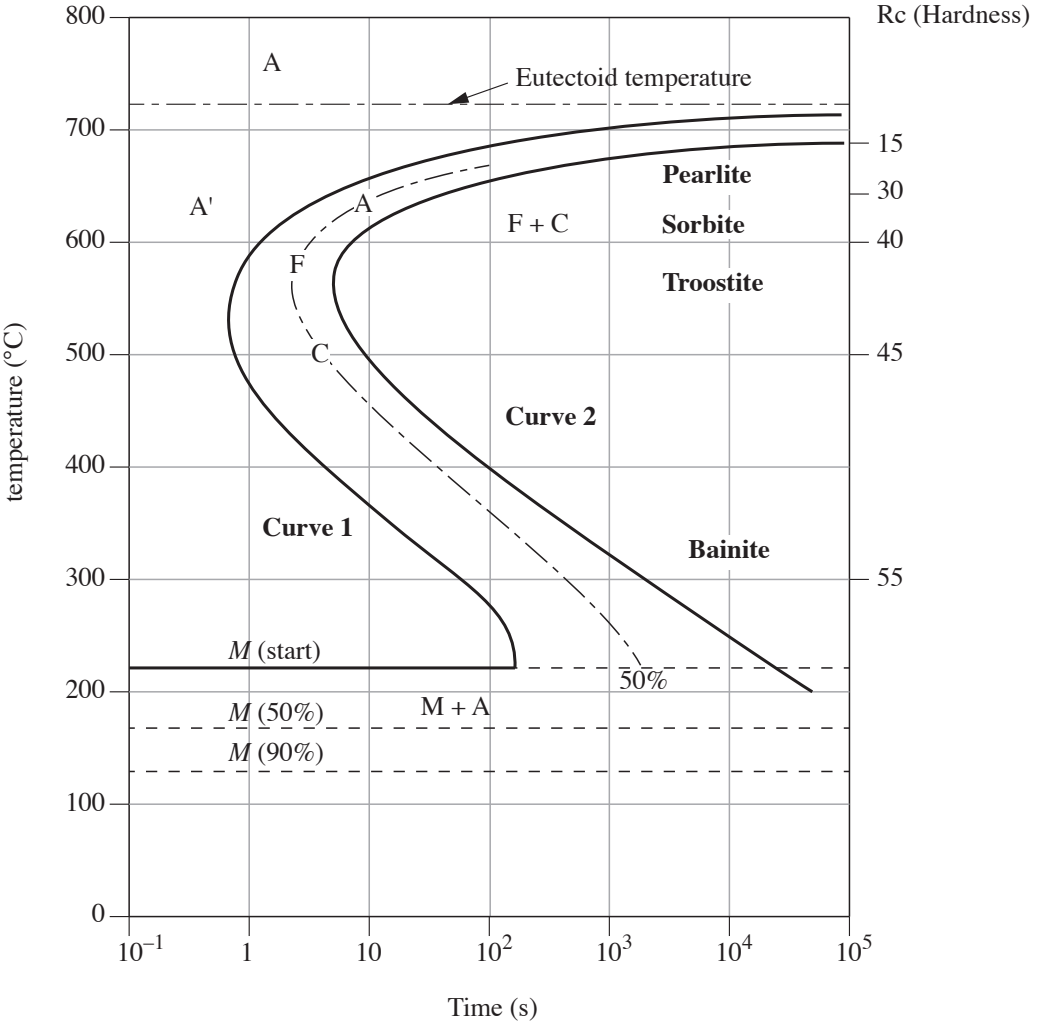
H_{Rc} ← מחושב לפי H_B

[1] ערכים ממוצעים

[2] חישוב האחוזים מבוסס על פלדת SAE 1112 בעלת 100% עבידות

נספח ז' (לשאלה 10) – דיאגרמת TTT

לשאלון 710911, אביב תשפ"ב



נספח ח׳: מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 710911, אביב תשפ״ב

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

המשך בעמוד 2

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
משטח מוצא	السطح النسبيّ	Базовая поверхность	origin surface
נצילות	فعاليّة؛ كفاءة	Коэффициент полезного действия	efficiency
סיבולת	التسامح	Допуск	tolerance
סיבולת גיאומטרית	التسامح الهندسيّ	Допуск формы и расположения	geometric tolerance
סטיית תקן	الانحراف القياسيّ (المعياريّ)	Стандартный допуск	standard deviation
עוּבָּד	قطعة للتشكيل	Заготовка	work piece
עקומת התעייפות	مُنحنَى الإجهاد	Кривая усталости	fatigue curve
פעולת גימור	عمليّة التشطيب	Завершающие операции	finishing operation
צימנוט	سيمينتيت؛ كربيد الحديد	Цементация	carburizing
צפיפות החומר	كثافة المادّة	Плотность материала	material density
קיבוע	تثبيت	Фиксация	fixation
קידמה לסיבוב	دائرة الخطوة	Подача на оборот	feed per revolution
קידמה לשן	الخطوة للسنّ	Подача на зуб	feed per tooth
ריתוך	لحام	Сварка	welding
שעון עצר	ساعة قياس الوقت	секундомер	stop watch