GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2026 מועד א'
סמל השאלון: 97002
שם התלמיד/ה: _____

חלקי מכונות ותהליכי עיבוד שבבי

הנדסת מכונות · הנדסאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: חלק א' (80 נקודות) - שמונה שאלות פתוחות, יש לענות על ארבע שאלות כמפורט להלן: שאלות 1-4 בנושא חלקי מכונות - יש לענות על שתי שאלות. שאלות 5-8 בנושא תהליכי עיבוד שבבי - יש לענות על שתי שאלות. ערך כל שאלה 20 נקודות. חלק ב' (20 נקודות) - עשר שאלות ברירה (יש לענות על כולן): שאלות 9-13 בנושא חלקי מכונות. שאלות 14-18 בנושא תהליכי עיבוד שבבי. יש לרשום את תשובות חלק ב' במחברת הבחינה. ערך כל שאלה שתי נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון מדעי (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. קלסר אחד בלבד עם חומר ההרצאות. אין להוציא דפים מהקלסר. 3. שלושה ספרי לימוד.

ד. הוראות מיוחדות: 1. יש לענות על כל השאלות במחברת הבחינה בלבד. 2. יש למלא את הפרטים בראש עמוד זה ולצרף את השאלון, כולל הנספחים, למחברת הבחינה. 3. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה ולוודא שהן מובנות. 4. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום הבחינה יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות תיבדקנה לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. 5. יש לכתוב את התשובות במחברת הבחינה בעט בלבד ובכתב יד ברור. 6. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת מספר הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. 7. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר עליה קו כדי שלא תיבדק. 8. יש להציג פתרון מלא ומנומק הכולל חישובים לפי הצורך. הצגת תשובה סופית ללא שלבי הפתרון לא תזכה בניקוד. 9. אם לדעתכם חסר בשאלה נתון, יש לציין זאת ולהוסיף נתון מתאים שיאפשר להמשיך בפתרון השאלה. נמקו את בחירתכם. נספחים: מצמדי שיניים; מסבים רדיאליים כדוריים; תנאי שיבוב בחריטה; תנאי שיבוב בקידוח; סבולות קדח וגל אחיד. בשאלון זה 12 עמודי בחינה ו-5 עמודי נספחים.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

1. מנוע שהספקו $15\,\mathrm{kW}$ מסתובב במהירות $1000\,\mathrm{RPM}$ ומניע צרכן באמצעות גלגלי שיניים ישרות (1) ו-(2) ביחס הפחתה של 1:3.

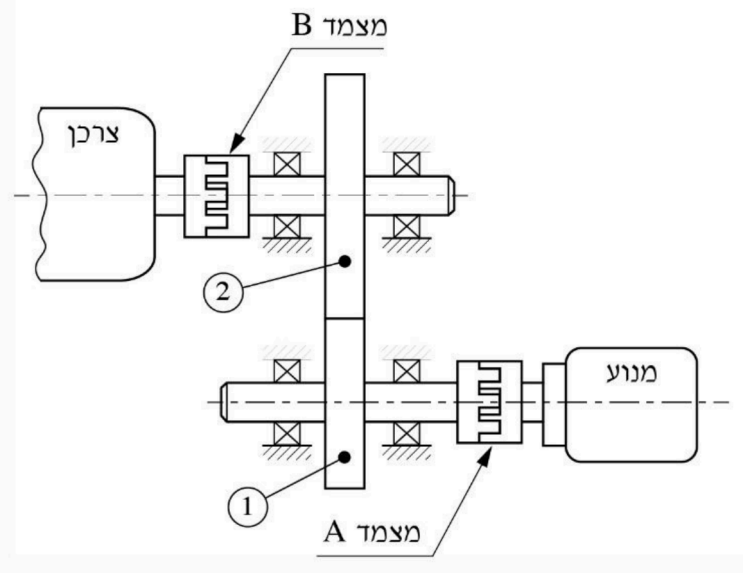
במערכת ההנעה משולבים שני מצמדי שיניים, A ו-B, כמוצג באיור לשאלה. מצמד A הוא מסוג GA 70.

היעזרו בנספח המצמדים המצורף.

נתונים:

- מקדם תנאי עבודה במצמדים $f = 2$
- נתוני המצמד השטוח (סעיף ג'):
- מקדם חיכוך הוא 0.4
- לחץ המגע המותר - $0.3\,\mathrm{MPa}$
- יחס קוטרי המצמד $\frac{d}{D} = 0.7$

הערות: חשבו בהנחת לחץ שטח אחיד במצמדים ($p = \mathrm{const}$). הזניחו הפסדים במערכת.



Size	מומנט מרבי M_e $[N \cdot m]$	סטייה מותרת		
		זוויתית θ^0	רדיאליות $\delta\,[mm]$	צירית $\lambda\,[mm]$
GA 70	180	$\pm 1^0$	±3	±1
GA 85	290	$\pm 1^0$	±3	±1
GA 100	720	$\pm 1^0$	±3	±1
GA 120	1790	$\pm 1^0$	±4	±1
GA 140	2870	$\pm 1^0$	±4	±1
GA 175	5100	$\pm 1^0$	±4	±1
GA 195	8600	$\pm 1^0$	±5	±1
GA 250	18500	$\pm 1^0$	±5	±1
GA 300	36000	$\pm 1^0$	±5	±1
GA 350	55000	$\pm 1^0$	±5	±1

א. חשבו ובחרו מהטבלה בנספח מצמד שיניים B מתאים. מה יהיה ערכו של המומנט המועבר לצרכן באמצעות מצמדים A, ו-B?

(7 נקודות)

ב. מחליפים בין המצמדים באופן שמצמד B יהיה מסוג GA 70, ומצמד A יהיה זה שנבחר בסעיף א'.

(1) מה יהיה המומנט שאפשר להעביר לצרכן?

(2) להפעלת הצרכן נדרש מומנט של $200\,\mathrm{Nm}$. כיצד תפעל המערכת במקרה זה? הסבירו.

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ג. (1) **חשבו את הממדים הנדרשים של מצמד חיכוך שטוח (קטרים d , D) לצורך העברת מומנט של $200\,\mathrm{Nm}$ בנתונים הנ"ל.**

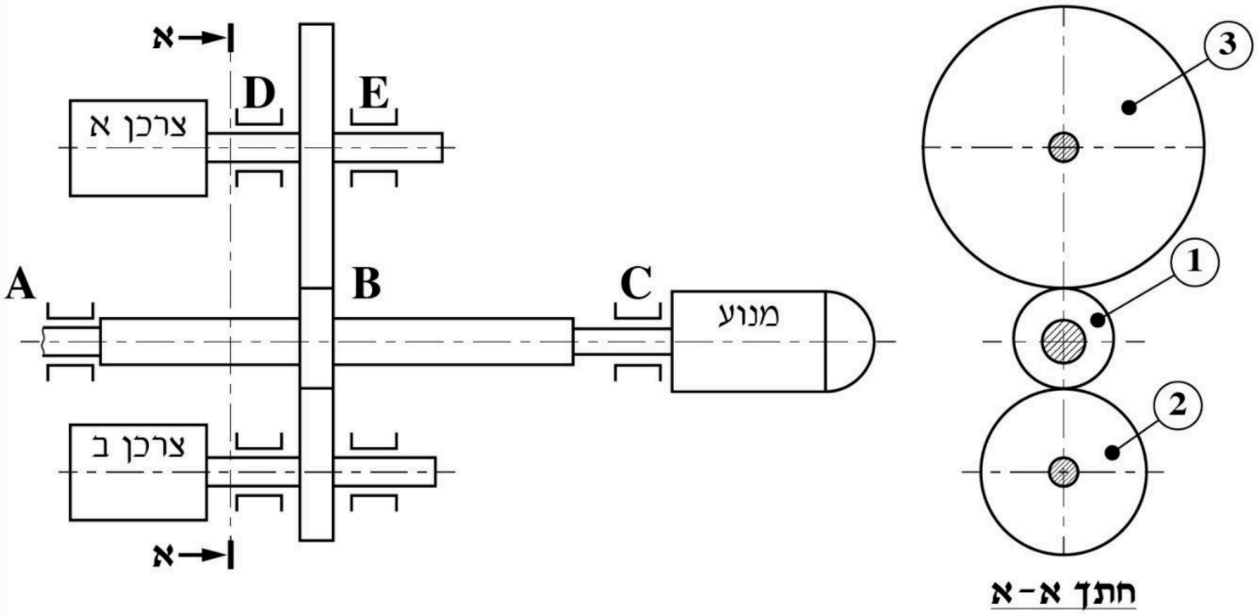
(2) **האם מצמד חיכוך קוני בקטרים שחושבו בסעיף ג1, ובנתונים הנ"ל, יעביר מומנט גדול יותר, זהה, או קטן יותר מ- $200\,\mathrm{Nm}$? הסבירו ללא חישוב.**

(7 נקודות)

2. גל ABC מסתובב במהירות של 1000 סל"ד ומעביר הספק לצרכנים א' ו-ב' באמצעות גלגלי השיניים 1, 2 ו-3 כמתואר באיור. הגלגלים מיוצרים בעיבוד שבבי.

נתונים:

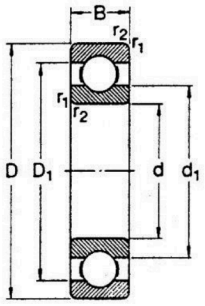
- נתוני גלגלי השיניים: $Z_1 = 20$, $Z_2 = 30$, $Z_3 = 50$.
- מודול השיניים: $m = 5\,\text{mm}$, מקדם רוחב השן: $b/m = 10$.
- מקדם תנאי עבודה בעבודת גלגלי השיניים: 1.7.
- מאמץ הכפיפה המותר בשיניים: $120\,\text{MPa}$.
- מקדם תנאי העבודה בעבודת המסבים: 1.6



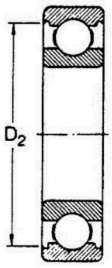
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

מסבים רדיאליים כדוריים

) groove ball bearings
e row



With full outer ring shoulders



With recessed outer ring shoulders

Principal dimensions			Basic load ratings dynamic	static	Fatigue load limit	Speed ratings Lubrication grease	oil	Mass	Designation
d	D	B	C	C_0	P_u				
mm			N		N	r/min		kg	–
20	32	7	2 700	1 500	63	19 000	24 000	0,018	**61804**
	37	9	6 370	3 650	156	18 000	22 000	0,038	**61904**
	42	8	6 890	4 050	173	17 000	20 000	0,050	**16004**
	42	12	9 360	5 000	212	17 000	20 000	0,069	**6004**
	47	14	12 700	6 550	280	15 000	18 000	0,11	**6204**
	52	15	15 900	7 800	335	13 000	16 000	0,14	**6304**
	72	19	30 700	15 000	640	10 000	13 000	0,40	**6404**
25	37	7	4 360	2 600	125	17 000	20 000	0,022	**61805**
	42	9	6 630	4 000	176	16 000	19 000	0,045	**61905**
	47	8	7 610	4 750	212	14 000	17 000	0,060	**16005**
	47	12	11 200	6 550	275	15 000	18 000	0,080	**6005**
	52	15	14 000	7 800	335	12 000	15 000	0,13	**6205**
	62	17	22 500	11 600	490	11 000	14 000	0,23	**6305**
	80	21	35 800	19 300	815	9 000	11 000	0,53	**6405**
30	42	7	4 490	2 900	146	15 000	18 000	0,027	**61806**
	47	9	7 280	4 550	212	14 000	17 000	0,051	**61906**
	55	9	11 200	7 350	310	12 000	15 000	0,085	**16006**
	55	13	13 300	8 300	355	12 000	15 000	0,12	**6006**
	62	16	19 500	11 200	475	10 000	13 000	0,20	**6206**
	72	19	28 100	16 000	670	9 000	11 000	0,35	**6306**
	90	23	43 600	23 600	1 000	8 500	10 000	0,74	**6406**
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	**61807**
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	**61907**
	62	9	12 400	8 150	375	10 000	13 000	0,11	**16007**
	62	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	**6007**
	72	17	25 500	15 300	655	9 000	11 000	0,29	**6207**
	80	21	33 200	19 000	815	8 500	10 000	0,46	**6307**
	100	25	55 300	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	**6407**
40	52	7	4 940	3 450	186	11 000	14 000	0,034	**61808**
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	13 000	0,12	**61908**
	68	9	13 300	9 150	440	9 500	12 000	0,13	**16008**
	68	15	16 800	11 600	490	9 500	12 000	0,19	**6008**
	80	18	30 700	19 000	800	8 500	10 000	0,37	**6208**
	90	23	41 000	24 000	1 020	7 500	9 000	0,63	**6308**
	110	27	63 700	36 500	1 530	6 700	8 000	1,25	**6408**

Calculation factors for single row deep groove ball bearings
Single bearings and bearing pairs in tandem

	Normal clearance			C3 clearance			C4 clearance		
F_a/C_0	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,025	0,22	0,56	2	0,31	0,46	1,75	0,4	0,44	1,42
0,04	0,24	0,56	1,8	0,33	0,46	1,62	0,42	0,44	1,36
0,07	0,27	0,56	1,6	0,36	0,46	1,46	0,44	0,44	1,27
0,13	0,31	0,56	1,4	0,41	0,46	1,3	0,48	0,44	1,16
0,25	0,37	0,56	1,2	0,46	0,46	1,14	0,53	0,44	1,05
0,5	0,44	56	1	0,54	0,46	1	0,56	0,44	1

Calculation factors for single row deep groove bal
Bearing pairs arranged back-to-back or face-to-face

F_a/C_0	e	Y_1	Y_2
0,03	0,32	2	2,8
0,10	0,4	1,55	2,2
0,25	0,47	1,3	1,85

א. חשבו את ההספק המרבי הנדרש מהמנוע. (חשבו לחוזק לכפיפה בשיניים)

הערה: ההספק המועבר לצרכנים אינו זהה.

(10 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

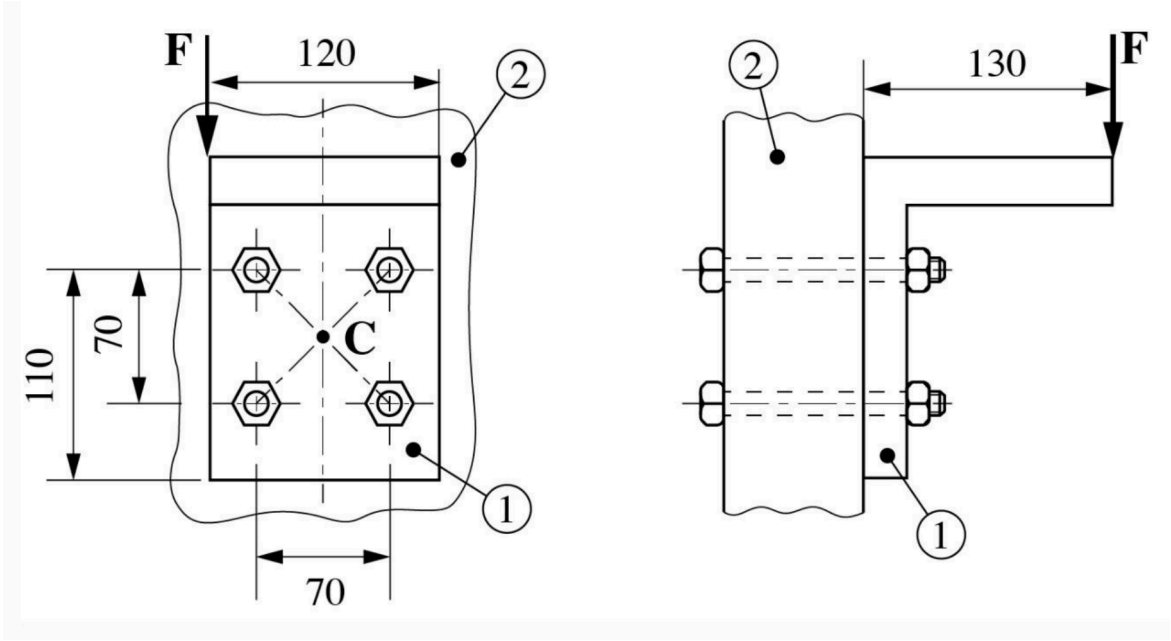
ב. חשבו ובדקו, האם מסבים מסוג 6208 בגל D, E יתאימו לדרישת אורך חיים של 25,000 שעות, אם הכוחות בכל אחד מהמסבים D, E הם: כוח צירי $550\,\mathrm{N}$ וכוח רדיאלי $1800\,\mathrm{N}$.
הציעו לפחות 2 שינויים בתכנון הממסרה שיאפשרו את הארכת אורך חיי המסבים. הסבירו ללא חישוב. היעזרו בנספח המסבים המצורף.

(10 נקודות)

3. מתלה פלדה 1 מחובר אל בסיס פלדה רתום 2 באמצעות ארבעה ברגי הידוק $M14 \times 2$.
על מתלה 1 מופעל כוח אנכי $F = 6\,\mathrm{kN}$, כמתואר באיור.

נתונים:

- מקדם הביטחון בחישוב הבורג - $S = 3$.
- דרגת החוזק של הברגים - 8.8
- מקדם החיכוך בתבריג - 0.12.
- מקדם החיכוך בין חלקי המבנה - 0.25.
- מקדם מניעת החלקה בין הלוחות - $f_k = 1.2$.



א. חשב את כוח המתיחה (ההידוק) המרבי הנדרש בברגים.

(8 נקודות)

ב. האם הברגים עומדים בדרישות החוזק?

(8 נקודות)

ג. מוסיפים במרכז הברגים בנקודה C, בורג חמישי זהה. כיצד ישתנו התשובות לסעיפים א', ב'? הסבר ללא חישוב.

(4 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

4. בתמסורת רצועות טריזיות בעלת ארבע רצועות טריזיות מסתובב הגלגל המניע (1) במהירות $1000\,\text{rpm}$.

גלגל (2) מניע את הצרכן.

המתיחות המוקדמת בענפי הרצועה נוצרת על ידי גלילון מתיחה (3), כמוצג באיור לשאלה.

זווית החביקה בגלגל המניע היא 170°. זווית החביקה בגלילון המתיחה היא 38°.

הערה: יש להזניח הפסדים במערכת וכן את החיכוך בין גלגלון המתיחה והרצועה.

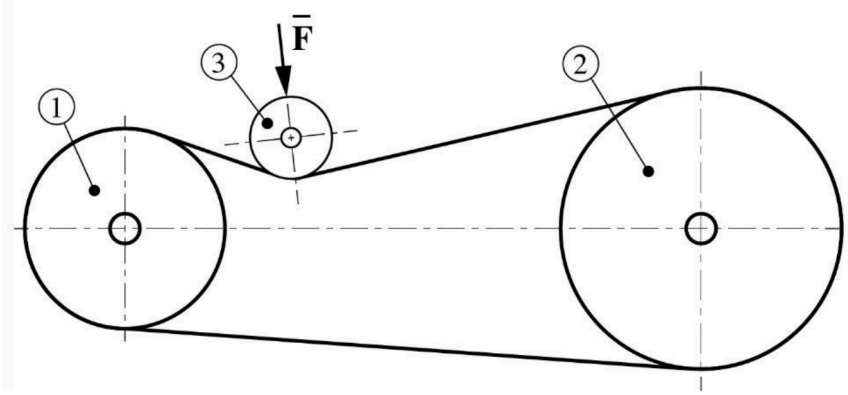
נתונים:

- קוטר הגלגל המניע - $D_1 = 150\,\text{mm}$.
- נתוני הרצועה הטריזית: שטח החתך - $A = 100\,\text{mm}^2$, עובי - $h = 10\,\text{mm}$, זווית הטריז - $2\gamma = 36^\circ$.

המאמץ המותר - $[\sigma] = 7\,\text{MPa}$, מודול האלסטיות - $E = 60\,\text{MPa}$

מקדם החיכוך - $\mu = 0.35$.

- נתוני הרצועה השטוחה: עובי - $h = 6\,\text{mm}$. שאר הנתונים זהים לנתוני הרצועה הטריזית.



א. מהו ההספק שאפשר להעביר לצרכן עם תמסורת הרצועות הטריזיות?

(7 נקודות)

ב. מחליפים את תמסורת הרצועות הטריזיות בתמסורת רצועה שטוחה (זווית החביקה בגלגל המניע ללא שינוי). חשבו את רוחב הרצועה השטוחה הנדרשת. הניחו כי ההספק המועבר הוא $10\,\text{kW}$.

(7 נקודות)

ג. (1) חשבו את הכוח F שיש להפעיל עם גלילון המתיחה בתמסורת הרצועות הטריזיות הנתונה.

(2) סרטטו במחברת הבחינה את התמסורת עם גלילון המתיחה, תארו את הכוחות בענפי הרצועות, סמנו את כיוון הסיבוב של הגלגל המניע (1).

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

5. באיור לשאלה 5 מוצג החלק תותב מרכזי, העשוי מפלדה SAE 1045 ($\sigma_{uts} = 700\,\mathrm{MPa}$). מידות המוצא של חומר הגלם הן: $\varnothing 55 \times 73$.

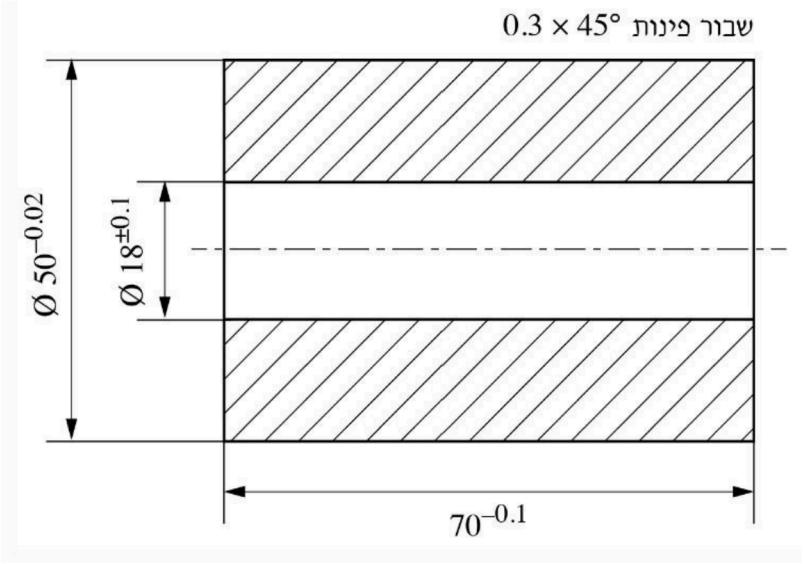
החלק מיוצר בחריטה וקידוח. תהליך החריטה מבוצע בשני שלבים: עיבוד מוקדם ועיבוד גמר. לעיבוד הגמר בחריטה יש להשאיר $1\,\mathrm{mm}$ בקוטר ובאורך.

הקדח $\varnothing 18$ מבוצע בשני מהלכי קידוח: קדח מכין בקוטר $\varnothing 8$ וקדח למידה סופית.

הזניחו את זמני המעבר בין שלבי העיבוד השונים ואת הכנת קדחי המרכוז. היעזרו בנספחים המצורפים: תנאי שיבוב בחריטה, נתוני שיבוב בקידוח.

נתונים:

- התנגדות סגולית בחריטה ובקידוח - $2700\,\mathrm{N/mm^2}$.
- קדמה בשלבי העיבוד המוקדם ועיבוד הגמר בחריטה - $0.4\,\mathrm{mm/rev}$ ו- $0.1\,\mathrm{mm/rev}$ בהתאמה.
- היגש מרבי בשלב העיבוד המוקדם - $3\,\mathrm{mm}$.
- תוספת מהלך בכניסה וביציאה של כלי העיבוד - $3\,\mathrm{mm}$
- כלי העיבוד - סכין חריטה מתק"ש ומקדח מתק"ש בעל 3 להבים מסוג P-40.
- נצילות המחרטה 80%.



חומר העובד	מהירויות חיתוך מומלצות לקידמות נפוצות				
	חומר כלי	f = 0.1	f = 0.2	f = 0.4	f = 0.8
פלדות פחמניות קלות חיתוך	H.S.S.	55 – 65	50 – 60	35 – 45	25 – 35
	מתק"ש	250 – 350	260 – 320	220 – 280	160 – 250
פלדות פחמניות	H.S.S.	30 – 40	20 – 30	15 – 20	10 – 15
	מתק"ש	200 – 220	160 – 180	120 – 140	100 – 120
פלדות כלים	H.S.S.	15	10 – 15	5 – 10	5
	מתק"ש	55 – 65	45 – 55	35 – 45	30 – 40
ברזל יציקה	H.S.S.	40 – 50	30 – 40	15 – 25	10 – 15
	מתק"ש	140 – 160	110 – 130	80 – 90	70 – 80
אלומיניום ונתכי אלומיניום	H.S.S.	50 – 60	40 – 50	30 – 40	20 – 30
	מתק"ש	55 – 65	50 – 60	35 – 45	25 – 35
נחושת	מתק"ש	280	200	150	100

מהירות חיתוך $v_c \left[\frac{m}{min}\right]$ קידמה $f_r \left[\frac{mm}{rev}\right]$

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

חומר העובד	סוג מתכ"ש	מהירות חיתוך v_c	קידמה צירית - f					
			Ø 3-5	Ø 5-8	Ø 8-11	Ø 11-14	Ø 14-17	Ø 17-20
פלדות - 700-1000 MPa	P-40	70-100	0.06-0.10	0.08-0.15	0.12-0.20	0.16-0.25	0.20-0.30	0.25-0.30
פלדות מעל - 1000 MPa	P-40	60-90	0.04-0.08	0.06-0.10	0.10-0.15	0.12-0.16	0.13-0.18	0.15-0.20
פלדות מטופלות - 40-45 HRC	P-40	35-50	0.02-0.04	0.03-0.07	0.05-0.08	0.06-0.09	0.08-0.10	0.09-0.11
ברזל יציקה עד - 350 HB	P-40	50-70	0.03-0.05	0.04-0.08	0.07-0.12	0.10-0.13	0.12-0.16	0.14-0.18
ברזל יציקה בין - 350-400 HB	P-40	40-60	0.02-0.04	0.03-0.07	0.05-0.08	0.06-0.09	0.08-0.10	0.09-0.11
יציקות מעל - 450 HB	K-10-20	30-40	0.02-0.04	0.03-0.07	0.05-0.08	0.06-0.09	0.08-0.10	0.09-0.11
פלדות מנגן	P-40	25-40	0.02-0.04	0.03-0.07	0.05-0.08	0.06-0.09	0.08-0.10	0.09-0.11
ברונזה קשה	K-10-20	50-60	0.04-0.08	0.06-.12	0.10-0.15	0.14-0.18	0.17-0.20	0.18-0.25
טיטניום	K-10-20	30-40	0.04-0.08	0.06-0.12	0.10-0.18	0.14-0.22	0.20-0.25	0.20-0.30

v_c - מהירות חיתוך $\left[\frac{m}{min}\right]$ $\qquad$ f - קידמה צירית $\left[\frac{mm}{rev}\right]$

א. תארו את שלבי העיבוד בחריטה ובקידוח, כולל הקדמות וההיגשים בכל שלב.

(5 נקודות)

ב. חשבו את זמן העיבוד הישיר הכולל הנדרש בחריטה ובקידוח.

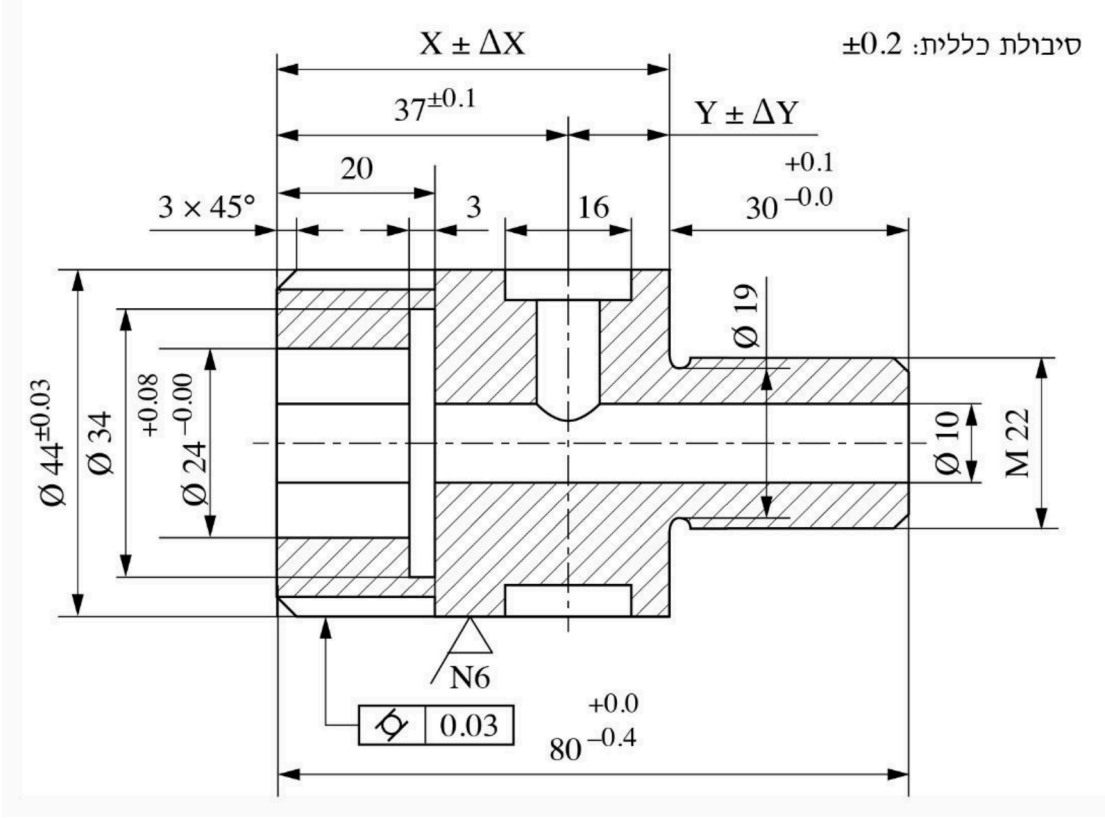
(10 נקודות)

ג. חשבו את ההספק המרבי הנדרש בשלב הקידוח.

(5 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

6. באיור לשאלה מוצג חלק לוח ציר, העשוי מפלדה. רק חלק מהמידות מוצגות. היעזרו בנספח הסבולות המצורף.



	התאמה בעיבוד עדין מאוד						התאמה בעיבוד עדין										התאמה בעיבוד בינוני						התאמה בעיבוד גס					
עדיפות							1	2	1	1		2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2
	קדח	גלים					קדח	גלים									קדח	גלים					קדח	גלים				
מידות נומי' מ... ... עד מ"מ	H6	p 5	n 5	k 6	j 6	h 5	H7	s 6	r 6	n 6	m 6	k 6	j 6	h 6	g 6	f 7	H8	x 8	u 8	h 9	e 8	d 9	H11	h 9	h 11	d 9	c 11	a 11
1...3	+ 6 0	+ 10 + 6	+ 8 + 4	+ 6 0	+ 4 − 2	0 − 4	+ 10 0	+ 20 + 14	+ 16 + 10	+ 10 + 4	+ 9 + 2	+ 6 − 11	+ 4 − 2	0 − 6	− 2 − 8	− 6 − 16	+ 14 0	+ 34 + 20	– –	0 − 25	− 14 − 28	− 20 − 45	+ 60 0	0 − 25	0 − 60	− 20 − 45	− 60 − 120	− 270 − 330
3...6	+ 8 0	+ 17 + 12	+ 13 + 8	+ 9 + 1	+ 6 − 2	0 − 5	+ 12 0	+ 27 + 19	+ 23 + 15	+ 16 + 8	+ 12 + 4	+ 9 + 1	+ 6 − 2	0 − 8	− 4 − 12	− 10 − 22	+ 18 0	+ 46 + 28	– –	0 − 30	− 20 − 38	− 30 − 60	+ 75 0	0 − 30	0 − 75	− 30 − 60	− 70 − 145	− 270 − 345
6...10	+ 9 0	+ 21 + 15	+ 16 + 10	+ 10 + 1	+ 7 − 2	0 − 6	+ 15 0	+ 32 + 23	+ 28 + 19	+ 19 + 10	+ 15 + 6	+ 10 + 1	+ 7 − 2	0 − 9	− 5 − 14	− 13 − 28	+ 22 0	+ 56 + 34	– –	0 − 36	− 25 − 47	− 40 − 76	+ 90 0	0 − 36	0 − 90	− 40 − 76	− 80 − 170	− 280 − 370
10...14	+ 11 0	+ 26 + 18	+ 20 + 12	+ 12 + 1	+ 8 − 3	0 − 8	+ 18 0	+ 39 + 28	+ 34 + 23	+ 23 + 12	+ 18 + 7	+ 12 + 1	+ 8 − 3	0 − 11	− 6 − 17	− 16 − 34	+ 27 0	+ 67 + 40 + 72 + 45	– – – –	0 − 43	− 32 − 59	− 50 − 93	+ 110 0	0 − 43	0 − 110	− 50 − 93	− 95 − 205	− 290 − 400
14...18																												
18...24	+ 13 0	+ 31 + 22	+ 24 + 15	+ 15 + 2	+ 9 − 4	0 − 9	+ 21 0	+ 48 + 35	+ 41 + 28	+ 28 + 15	+ 21 + 8	+ 13 + 2	+ 9 − 4	0 − 13	− 7 − 20	− 20 − 41	+ 33 0	+ 87 + 54 + 97 + 64	– – + 81 + 48	0 − 52	− 40 − 73	− 65 − 117	+ 130 0	0 − 52	0 − 130	− 65 − 117	− 110 − 240	− 300 − 430
24...30																												
30...40	+ 16 0	+ 37 + 26	+ 28 + 17	+ 18 + 2	+ 11 − 5	0 − 11	+ 25 0	+ 59 + 43	+ 50 + 34	+ 33 + 17	+ 25 + 9	+ 18 + 2	+ 11 − 5	0 − 16	− 9 − 25	− 25 − 50	+ 39 0	+ 119 + 80 + 136 + 97	+ 99 + 60 + 109 + 70	0 − 62	− 50 − 89	− 80 − 142	+ 160 0	0 − 62	0 − 160	− 80 − 142	− 120 − 280 − 130 − 290	− 310 − 470 − 320 − 480
40...50																												
50...65	+ 19 0	+ 45 + 32	+ 33 + 20	+ 21 + 2	+ 12 − 7	0 − 13	+ 30 0	+ 72 + 53 + 78 + 59	+ 60 + 41 + 62 + 43	+ 39 + 20	+ 30 + 11	+ 21 + 2	+ 12 − 7	0 − 19	− 10 − 29	− 30 − 60	+ 46 0	+ 168 + 122 + 192 + 146	+ 133 + 87 + 148 + 102	0 − 74	− 60 − 106	− 100 − 174	+ 190 0	0 − 74	0 − 190	− 100 − 174	− 140 − 330 − 150 − 340	− 340 − 530 − 360 − 550
65...80																												
80...100	+ 22 0	+ 52 + 37	+ 38 + 23	+ 25 + 3	+ 13 − 9	0 − 15	+ 35 0	+ 93 + 71 + 101 + 79	+ 73 + 51 + 76 + 54	+ 45 + 23	+ 35 + 13	+ 25 + 3	+ 13 − 9	0 − 22	− 12 − 34	− 36 − 71	+ 54 0	+ 232 + 178 + 264 + 210	+ 176 + 124 + 198 + 144	0 − 87	− 72 − 126	− 120 − 207	+ 220 0	0 − 87	0 − 220	− 120 − 207	− 170 − 390 − 180 − 400	− 380 − 600 − 410 − 630
100...120																												
120...140	+ 25 0	+ 61 + 43	+ 45 + 27	+ 28 + 3	+ 14 − 11	0 − 18	+ 40 0	+ 117 + 92 + 125 + 100 + 133 + 108	+ 88 + 63 + 90 + 65 + 93 + 68	+ 52 + 27	+ 40 + 15	+ 28 + 3	+ 14 − 11	0 − 25	− 14 − 39	− 43 − 83	+ 63 0	+ 311 + 248 + 343 + 280 + 373 + 310	+ 233 + 170 + 253 + 190 + 273 + 210	0 − 100	− 85 − 148	− 145 − 245	+ 250 0	0 − 100	0 − 250	− 145 − 245	− 200 − 450 − 210 − 460 − 230 − 480	− 460 − 710 − 520 − 770 − 580 − 830
140...160																												
160...180																												
180...200	+ 29 0	+ 70 + 50	+ 51 + 31	+ 33 + 4	+ 16 − 13	0 − 20	+ 46 0	+ 151 + 122 + 159 + 130 + 169 + 140	+ 106 + 77 + 109 + 80 + 113 + 84	+ 60 + 31	+ 46 + 17	+ 33 + 4	+ 16 − 13	0 − 29	− 15 − 44	− 50 − 96	+ 72 0	+ 422 + 350 + 457 + 385 + 497 + 425	+ 308 + 236 + 330 + 258 + 356 + 284	0 − 115	− 100 − 172	− 170 − 285	+ 290 0	0 − 115	0 − 290	− 170 − 285	− 240 − 530 − 260 − 550 − 280 − 570	− 660 − 950 − 740 − 1030 − 820 − 1110
200...225																												
225...250																												
250...280	+ 32 0	+ 79 + 56	+ 57 + 34	+ 36 + 4	+ 16 − 16	0 − 23	+ 52 0	+ 190 + 158 + 202 + 170	+ 126 + 94 + 130 + 98	+ 66 + 34	+ 52 + 20	+ 36 + 4	+ 16 − 16	0 − 32	− 17 − 49	− 56 − 108	+ 81 0	+ 556 + 475 + 606 + 525	+ 396 + 315 + 431 + 350	0 − 130	− 110 191	− 190 − 320	+ 320 0	0 − 130	0 − 320	− 190 − 320	− 300 − 620 − 330 − 650	− 920 − 1240 − 1050 − 1370
280...315																												
315...355	+ 36 0	+ 87 + 62	+ 62 + 37	+ 40 + 4	+ 18 − 18	0 − 25	+ 57 0	+ 226 + 190 + 244 + 208	+ 144 + 108 + 150 + 114	+ 73 + 37	+ 57 + 21	+ 40 + 4	+ 18 − 18	0 − 36	− 18 − 54	− 62 − 119	+ 89 0	+ 679 + 590 – –	+ 479 + 390 + 524 + 435	0 − 140	− 125 − 214	− 210 − 350	+ 360 0	0 − 140	0 − 360	− 210 − 350	− 360 − 720 − 400 − 760	− 1200 − 1580 − 1350 − 1710
355...400																												
400...450	+ 40 0	+ 95 + 67	+ 67 + 40	+ 45 + 5	+ 20 − 20	0 − 27	+ 63 0	+ 272 + 232 + 292 + 252	+ 166 + 126 + 172 + 132	+ 80 + 40	+ 63 + 23	+ 45 + 5	+ 20 − 20	0 − 40	− 20 − 60	− 68 − 131	+ 97 0	– – – –	+ 587 + 490 + 637 + 540	0 −155	− 135 − 232	− 230 − 385	+ 400 0	0 − 155	0 − 400	− 230 − 385	− 440 − 840 − 480 − 880	− 1500 − 1900 − 1650 − 2050
450...500																												

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

	התאמה בעיבוד עדין מאוד						התאמה בעיבוד עדין										התאמה בעיבוד בינוני							התאמה בעיבוד גס				
עדיפות							1							1	2		1	1	2	1	1	1	1	2	2		1	2
	גל	קדחים					גל	קדחים									גל	קדחים						גל	קדחים			
מידה נומי' מ ... עד מ"מ	h5	P 6	N 6	M 6	J 6	H 6	h6	S 7	R 7	N 7	M 7	K 7	J 7	H 7	G 7	F 7	h9	H 8	H 11	F 8	E 9	D 10	C 11	h11	H 11	D 11	C 11	A 11
1...3	0 −4	−6 −12	−4 −10	−2 −8	+2 −4	+6 0	0 −6	−14 −24	−10 20	−4 −14	0 −9	0 −10	+4 −6	+10 0	+12 +2	+16 +6	0 −25	+14 0	+60 0	+20 +6	+39 +14	+60 +20	+120 +60	0 −60	+60 0	+80 +20	+120 +60	+330 +270
3...6	0 −5	−9 −17	−5 −13	−1 −9	+5 −3	+8 0	0 −8	−15 −27	−11 −23	−4 −16	0 −12	+3 −9	+6 −6	+12 0	+16 +4	+22 +10	0 −30	+18 0	+75 0	+28 +10	+50 +20	+78 +30	+145 +70	0 −75	+75 0	+105 +30	+145 +70	+345 +270
6...10	0 −6	−12 −21	−7 −16	−3 −12	+5 −4	+9 0	0 −9	−17 −32	13 −28	−4 −19	0 −15	+5 −10	+8 −7	+15 0	+20 +5	+28 +13	0 −36	+22 0	+90 0	+35 +13	+61 +25	+98 +40	+170 +80	0 −90	+90 0	+130 +40	+170 +80	+370 +280
10...18	0 −8	−15 −26	−9 −20	−4 −15	+6 −5	+11 0	0 −11	−21 −39	16 −34	−5 −23	0 −18	+6 −12	+10 −8	+18 0	+24 +6	+34 +16	0 −43	+27 0	+110 0	+43 +16	+75 +32	+120 +50	+205 +95	0 −110	+110 0	+160 +50	+205 +95	+400 +290
18...30	0 −9	−18 −31	−11 −24	−4 −17	+8 −5	+13 0	0 −13	−27 −48	−20 −41	−7 −28	0 −21	+6 −15	+12 −9	+21 0	+28 +7	+41 +20	0 −52	+33 0	+130 0	+53 +20	+92 +40	+149 +65	+240 +110	0 −130	+130 0	+195 +65	+240 +110	+430 +300
30...40	0	−21	−12	−4	+10	+16	0	−34	−25	−8	0	+7	+14	+25	+34	+50	0	+39	+160	+64	+112	+180	+280 +120	0	+160	+240	+280 +120	+470 +310
40...50	−11	−37	−28	−20	−6	0	−16	−59	−50	−33	−25	−18	−11	0	+9	+25	−62	0	0	+25	+50	+80	+290 +130	−160	0	+80	+290 +130	+480 +320
50...65	0	−26	−14	−5	+13	+19	0	−42 −72	−30 −60	−9	0	+9	+18	+30	+40	+60	0	+46	+190	+76	+134	+220	+330 +140	0	+190	+290	+530 +140	+530 +340
65...80	−13	−45	−33	−24	−6	0	−19	−48 −78	−32 −62	−39	−30	−21	−12	0	+10	+30	−74	0	0	+30	+60	+100	+340 +150	−190	0	+100	+340 +150	+550 +360
80...100	0	−30	−16	−6	+16	+22	0	−58 −93	−38 −73	−10	0	+10	+22	+35	+47	+71	0	+54	+220	+90	+159	+260	+390 +170	0	+220	+340	+390 +170	+600 +380
100...120	−15	−52	−38	−28	−6	0	−22	−66 −101	−41 −76	−45	−35	−25	−13	0	+12	+36	−87	0	0	+36	+72	+120	+400 +180	−220	0	+120	+400 +180	+630 +410
120...140	0	−36	−20	−8	+18	+25	0	−77 −117	−48 −88	−12	0	+12	+26	+40	+54	+83	0	+63	+250	+106	+185	+305	+450 +200	0	+250	+395	+450 +200	+710 +460
140...160								−85 −125	−50 −90														+460 +210				+460 +210	+770 +520
160...180	−18	−61	−45	−33	−7	0	−25	−93 −133	−53 −93	−52	−40	−28	−14	0	+14	+43	−100	0	0	+43	+85	+145	+480 +230	−250	0	+145	+480 +230	+830 +580
180...200	0	−41	−22	−8	+22	+29	0	−105 −151	−60 −106	−14	0	+13	+30	+46	+61	+96	0	+72	+290	+122	+215	+355	+530 +240	0	+290	+460	+530 +240	+950 +660
200...225								−113 −159	−63 −109														+550 +260				+550 +260	+1030 +740
225...250	−20	−70	−51	−37	−7	0	−29	−123 −169	−67 −113	−60	−46	−33	−16	0	+15	+50	−115	0	0	+50	+100	+170	+570 +280	−290	0	+170	+570 +280	+1110 +820
250...280	0	−47	−25	−9	+25	+32	0	−138 −190	−74 −126	−14	0	+16	+36	+52	+69	+108	0	+81	+320	+137	+240	+400	+620 +300	0	+320	+510	+620 +300	+1240 +920
280...315	−23	−79	−57	−41	−7	0	−32	−150 −202	−78 −130	−66	−52	−36	−16	0	+17	+56	−130	0	0	+56	+110	+190	+650 +330	−320	0	+190	+650 +330	+1370 +1050
315...355	0	−51	−26	−10	+29	+36	0	−169 −226	−87 −144	−16	0	+17	+39	+57	+75	+119	0	+89	+360	+151	+265	+440	+720 +360	0	+360	+570	+720 +360	+1560 +1200
355...400	−25	−87	−62	−46	−7	0	−36	−187 −244	−93 −150	−73	−57	−40	−18	0	+18	+62	−140	0	0	+62	+125	+210	+760 +400	−360	0	+210	+760 +400	+1710 +1350
400...450	0	−55	−27	−10	+33	+40	0	−209 −272	−103 −166	−17	0	+18	+43	+63	+83	+131	0	+97	+400	+165	+290	+480	+840 +440	0	+400	+630	+840 +440	+1900 +1500
450...500	−27	−95	−67	−50	−7	0	−40	−229 −292	−109 −172	−80	−63	−45	−20	0	+20	+68	−155	0	0	+68	+135	+230	+880 +480	−400	0	+230	+880 +480	+2050 +1650

א. חשבו את המידה המתקבלת, $X \pm \Delta X$, הנתונה בסרטוט.

(6 נקודות)

ב. חשבו את המידה הטכנולוגית (החליפית), $Y \pm \Delta Y$, הנתונה בסרטוט.

(7 נקודות)

ג. לקדח $\varnothing 10$ נכנס פין $\varnothing 10$. קיימות שתי אפשרויות התאמה על פי האפיציות הבאות: $\frac{S7}{h6}$ ו- $\frac{H7}{f7}$

(1) באיזו שיטה רשומה כל אפיצות (קדח אחיד, גל אחיד?)

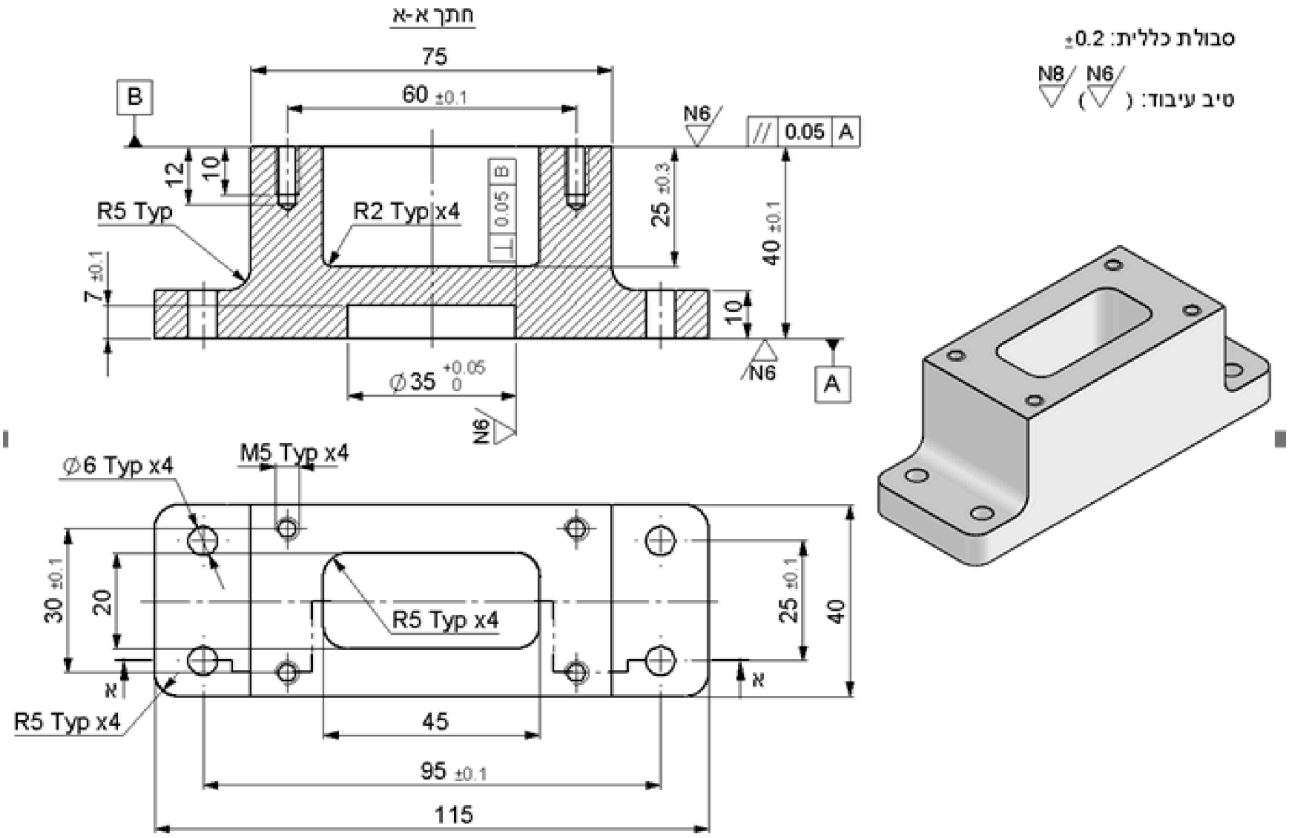
(2) לאיזה סוג התאמה מיועדת כל אפיצות (מרווח, מעבר, מדחק?)

(3) חשב את המרווחים, המינימלי והמקסימלי, באפיצות $\frac{H7}{f7}$.

(7 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

7. באיור לשאלה 7 (הנמצא בעמוד הבא) משורטט החלק בסיס מדויק, העשוי מפלדה SAE 1030.
החלק מיוצר בכמויות קטנות.



א. (1) פרטו את השיקולים לבחירת הצורה הגאומטרית של חומר הגלם.

(2) מה יהיו מידות חומר הגלם?

(4 נקודות)

ב. פרטו במחברת את סדר הפעולות הנדרש לייצור החלק. אין צורך בתיאור מפורט של כל פעולה בנפרד.

(10 נקודות)

ג. הסבירו את הדרישה הבאה בסרטוט: $\boxed{// \mid 0.05 \mid A}$

(1) מהו סוג הדרישה? ומה משמעות הרשום בכל אחד משלושת מלבני הדרישה?

(2) כיצד מבטיחים את ביצוע הדרישה בתהליך הייצור?

(3) כיצד בודקים את ביצוע הדרישה בביקורת איכות?

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

8. מפעל קיבל הזמנה לאספקת 2,000 יחידות של סעפת יניקה. המפעל שוקל שתי שיטות ייצור לביצוע בשני קווי ייצור נפרדים: עיבוד שבבי, ושילוב של חישול עם עיבוד שבבי. להלן טבלה המפרטת את העלויות בכל שיטה:

שיטת ייצור	עלות חומר גלם לק"ג (₪)	משקל יחידה בק"ג	אחוזי פסילה (%)	עלות שעת עבודה (₪)	זמן ייצור ליחידה (דקות)	הוצאות הכנה ומתקנים (₪)
קו ייצור עיבוד שבבי	18	1.2	5	250	45	30,000
יציקה מדויקת ועיבוד שבבי	14	0.8	3	160	25	150,000

א. חשבו את עלות הייצור הכוללת של הזמנת 2,000 פריטים בכל אחת משיטות הייצור.

(7 נקודות)

ב. חשבו את נקודת האיזון בין שתי שיטות הייצור.

(4 נקודות)

ג. סרטטו עבור שתי שיטות הייצור גרפים המציגים את עלויות הייצור מול כמות היחידות ליצור. הסבירו באיזו שיטת ייצור עדיף לייצר.

(5 נקודות)

ד. כל אחד מהקווים הנ"ל בנפרד, יכול לעבוד 200 שעות עבודה בחודש. בכמה זמן יסיים כל אחד מקווי הייצור את ההזמנה, כאשר הוא עובד עליה בנפרד?

(4 נקודות)

9. להלן תיאור של המאפיינים של תמסורת חלזונית. איזה משפט הוא הנכון ביותר?

א. העברת תנועה ב-90 מעלות.

ב. יחס תמסורת גבוה.

ג. יכולת עצירה עצמית.

ד. כל התשובות נכונות.

(2 נקודות)

10. מה נכון ביחס לתמסורת רצועות טריזיות ותמסורת רצועה שטוחה המעבירות הספק זהה, בסל"ד זהה, והן בעלות רצועות מחומר זהה וגאומטריית תמסורת זהה.

א. כוחות המתיחה ברצועות הטריזיות קטנים יותר מאשר ברצועה השטוחה.

ב. כוחות המתיחה ברצועות הטריזיות גדולים יותר מאשר ברצועה השטוחה.

ג. כוחות המתיחה ברצועות הטריזיות זהים לאלו שברצועה השטוחה.

ד. המומנט שניתן להעביר לצרכן בתמסורת הרצועות הטריזיות יהיה נמוך מזה שברצועה השטוחה.

(2 נקודות)

11. מחברים שני קפיצים זהים בחיבור מקביל. מה יהיה הקבוע השקול של מערכת הקפיצים, אם הקבוע של כל קפיץ הוא $C = 4\,\mathrm{N/mm}$?

א. $8\,\mathrm{N/mm}$

ב. $16\,\mathrm{N/mm}$

ג. $2\,\mathrm{N/mm}$

ד. $4\,\mathrm{N/mm}$

(2 נקודות)

12. גלגל רצועה מחובר לגל באמצעות שגם ומעביר מומנט נתון לצרכן. איזה משפט נכון ביחס למאמצים בשגם?

א. ככל שנגדיל את קוטר הגל, יגדלו המאמצים בשגם.

ב. ככל שנקטין את קוטר הגל, יגדלו המאמצים בשגם.

ג. ככל שנגדיל את קוטר גלגל הרצועה, יגדלו המאמצים בשגם.

ד. כל התשובות נכונות.

(2 נקודות)

13. בממסרת הפחתת מהירות של שני זוגות גלגלי שיניים - מה יהיה ההספק הנדרש מהמנוע, אם נצילות השילוב של כל זוג גלגלים היא 95%, וההספק המועבר לצרכן הוא $18\,\mathrm{kW}$?

א. $20\,\mathrm{kW}$

ב. $17.1\,\mathrm{kW}$

ג. $16.2\,\mathrm{kW}$

ד. $18.94\,\mathrm{kW}$

(2 נקודות)

14. מה נכון ביחס לשימוש בנוזלי חיתוך במהלך עיבוד שבבי?

א. השימוש מומלץ רק בקוטרי כרסומים גדולים.

ב. השימוש מאפשר לעבוד במהירויות שיבוב נמוכות.

ג. השימוש מאפשר לעבוד במהירויות שיבוב גבוהות.

ד. השימוש תלוי בסוג פעולת השיבוב.

(2 נקודות)

15. באיזה תהליך עיבוד נשתמש כדי לקבל טיב שטח N7 בקדח $\varnothing 12$?

א. בקידוח רגיל.

ב. בקידוח בקדמה קטנה.

ג. בהשחזה פנימית.

ד. בקידוד מדויק.

(2 נקודות)

16. באיזו אפיצות נשתמש בין מסב לגל?

א. מדחק.

ב. מעבר.

ג. מרווח.

ד. כל התשובות נכונות.

(2 נקודות)

17. איזה משפט נכון לגבי דיוק העיבוד במכונת שיבוב?

א. דרישות דיוק עיבוד גבוהות יגרמו לעלייה בעלויות הייצור.

ב. דרישות דיוק עיבוד גבוהות יגרמו לירידה בעלויות הייצור.

ג. אין כל קשר בין דרישות הדיוק בעיבוד לבין עלויות הייצור.

ד. חשוב להקפיד שדרישות הדיוק בסרטוט תהיינה גבוהות ככל האפשר.

(2 נקודות)

18. איזה משפט נכון לגבי הקדמה בעיבוד שבבי?

א. מהירות הקדמה בחריטה נמדדת ביחידות של מ"מ לדקה.

ב. ככל שיש יותר שיניים בכרסום - תגדל מהירות הקדמה.

ג. הקדמה היא המהירות הסיבובית של הכלי ביחס לעובד.

ד. ככל שתגדל מהירות הקדמה, תגדל איכות טיב השטח.

(2 נקודות)

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat