GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2025 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: שאלות 1-4 בנושא חלקי מכונות. שאלות 5-8 בנושא תהליכי עיבוד שבבי. ערך כל שאלה 20 נקודות. חלק ב' (20 נקודות) - עשר שאלות ברירה - יש לבחור שמונה שאלות מתוך עשר. שאלות 9-13 בנושא חלקי מכונות. שאלות 14-18 בנושא תהליכי עיבוד שבבי. ערך כל שאלה 2.5 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 למלא את הפרטים בראש עמוד זה, ולצרף את השאלון כולל את נספח למחברת הבחינה. 2. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה ולוודא שהן מובנות. 3. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום הבחינה יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות תבדקנה לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. 4. יש לכתוב את התשובות במחברת הבחינה בעט בלבד ובכתב יד ברור. 5. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת מספר הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. 6. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר קו כדי שלא תבדק. 7. יש להציג פתרון מלא ומנומק הכולל חישובים לפי הצורך. הצגת תשובה סופית ללא שלבי הפתרון לא תזכה בניקוד. 8. אם לדעתכם חסר בשאלה נתון, יש לציין זאת ולהוסיף נתון מתאים, שיאפשר להמשיך בפתרון השאלה. נמקו את בחירתכם. נספחים: תנאי שיבוב בכרסום אצבע. בשאלון זה 12 עמודים ונספח אחד.

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

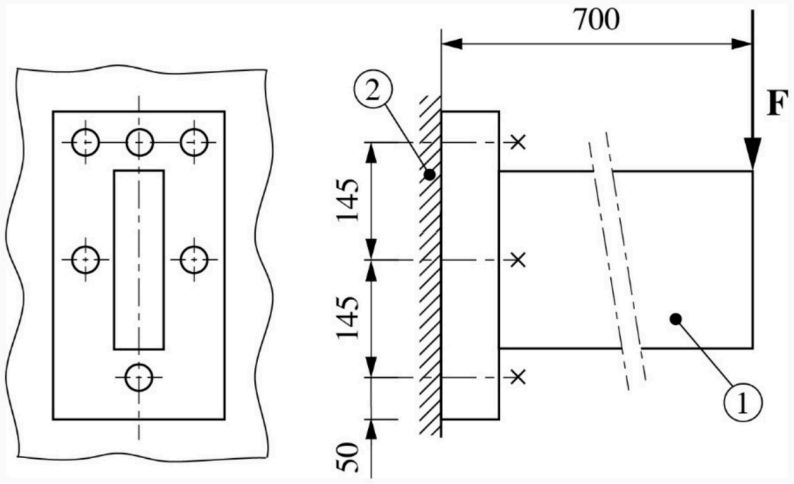
בהצלחה!

השאלות

1. מבנה פלדה 1 מהודק אל בסיס פלדה 2 באמצעות שישה בורגי הידוק M14X2. בקצה מבנה 1 פועל כוח אנכי $F = 12\,\mathrm{kN}$, כמוצג באיור. הזנח את עובי הלוחות ואת משקלם.

נתונים:

- מקדם הביטחון בחישוב הבורג - $S = 2$
- מקדם החיכוך בתבריג - 0.12
- מקדם החיכוך בין מבנה 1 לבסיס הפלדה - 0.25
- מקדם מניעת החלקה - $k_f = 1.2$



א. חשבו את כוח המתיחה (ההידוק) המרבי שנוצר בברגים, באילו ברגים הוא קיים?

(7 נקודות)

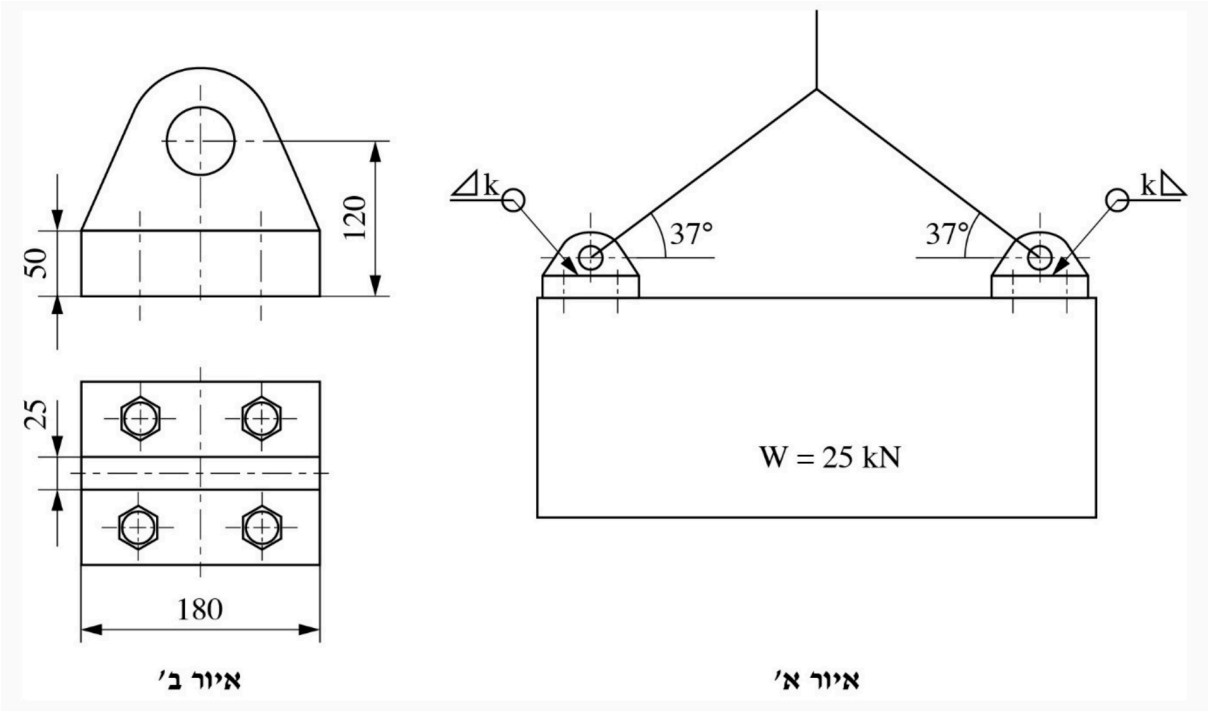
ב. חשבו ובחרו דרגת חוזק מתאימה לברגים. בצעו את החישוב למאמץ מורכב.

(9 נקודות)

ג. מגדילים את מקדם הביטחון ל- $S = 3$. חשבו, האם תשתנה התשובה לסעיף ב'? אם כן, כיצד?

(4 נקודות)

2. מכל שמשקלו $25\,\text{kN}$ מורם בעזרת מערכת של שלושה כבלים, כמתואר באיור א' לשאלה 2. הכבלים מחוברים לשתי אוזניים המחוברות למכל באמצעות בורגי הידוק. כל אוזן מורכבת משני חלקים המחוברים זה לזה באמצעות תפר ריתוך היקפי פינתי (מילאת) K, כמוצג באיור.
מידות האוזניים לאחר ריתוך נתונות באיור ב' לשאלה.
נתון:
המאמץ המותר בתפר הריתוך: $70\,\text{MPa}$



איור א' איור ב'

א. חשבו את המאמצים הפועלים בתפר הריתוך בכל אוזן.
(11 נקודות)

ב. תארו בתרשים את המאמצים בתפר הריתוך. מהי נקודת התפר העמוסה ביותר?
(5 נקודות)

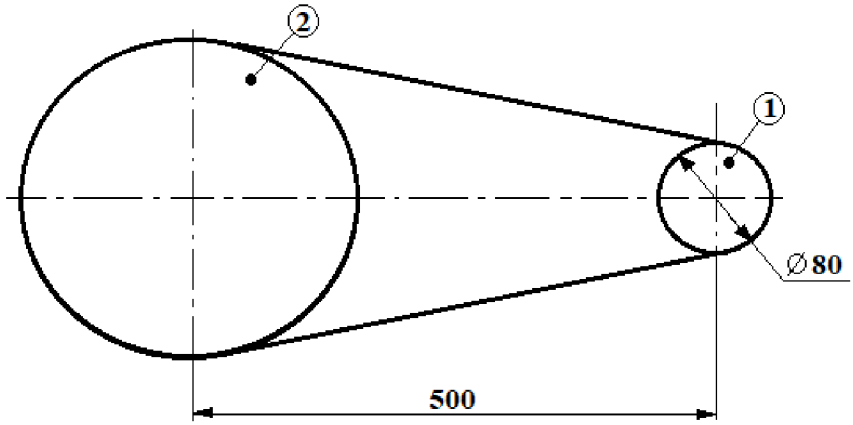
ג. חשבו את גובה תפר הריתוך הנדרש.
(4 נקודות)

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

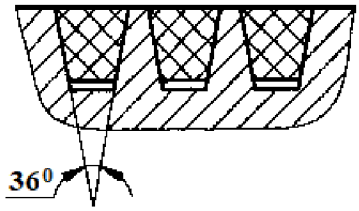
3. **באיור לשאלה 3 מתוארת ממסרת רצועה טריזית שבה הגלגל המניע מס' 1 מסתובב במהירות של 1,450 סל"ד ומעביר הספק של 6 קילוואט לגלגל המונע מס' 2 באמצעות שלוש רצועות טריזיות.**

נתון:

- יחס התמסורת: $i = 1:3$
- מקדם החיכוך ברצועה: $\mu = 0.4$
- קוטר הגלגל המניע: $80\,\text{mm}$
- המאמץ המותר של חומר הרצועה: $7\,\text{MPa}$
- מודול האלסטיות של חומר הרצועה: $30\,\text{MPa}$
- שטח החתך של הרצועה הטריזית: $90\,\text{mm}^2$
- גובה הרצועה: $10\,\text{mm}$







א. **חשבו את כוחות המתיחה הקיימים בענפי כל אחת מהרצועות.**

(12 נקודות)

ב. **חשבו האם הרצועות עומדות בדרישות החוזק. במידה שלא, חשבו את מספר הרצועות הנדרש להעברת ההספק הנתון.**

(8 נקודות)

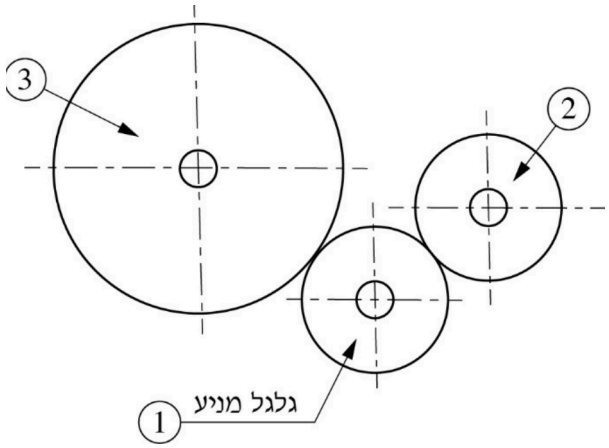
נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

4. **בממסרת גלגלי השיניים הישרות, המוצגת באיור לשאלה, מסתובב הגלגל המניע (1) במהירות של 1450 סל"ד ומניע שני גלגלי שיניים (2, 3), המחוברים לשני צרכנים (כל גלגל מחובר לצרכן נפרד).**

נתונים:

- מודול השיניים - $m = 4\,\text{mm}$
- קוטרי הגלגלים - $D_1 = D_2 = 100\,\text{mm}$, $D_3 = 200\,\text{mm}$
- מאמץ הכפיפה המותר בשיניים - $110\,\text{MPa}$
- מקדם אורך השן - $b/m = 10$
- מקדם תנאי עבודה - 1.8
- זווית הלחץ - $\alpha = 20^\circ$
- גלגלי השיניים מיוצרים בעיבוד שבבי

הערה: הזניחו הפסדים בממסרה



א. **חשבו את כוחות השילוב המרביים הקיימים בין גלגלים 1 ו- 2. חשבו לחוזק לכפיפה בלבד.**

(8 נקודות)

ב. **חשבו את המומנט המועבר לצרכן 3.**

(7 נקודות)

ג. **חשבו את המומנט המרבי הנדרש מהמנוע.**

(5 נקודות)

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

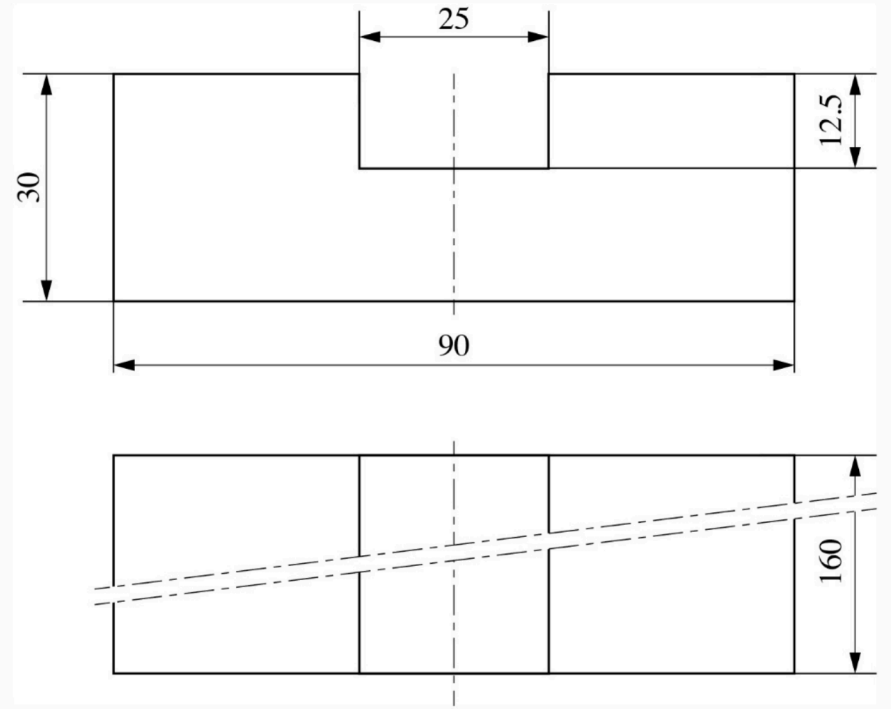
5. בחלק המוצג באיור נדרש לכרסם מדרגה שרוחבה $25\,\text{mm}$ וגובהה $12.5\,\text{mm}$. החלק עשוי מפלדה בקשיות $300\,\text{HB}$, יש לבצע עיבוד מוקדם ועיבוד גמר.

המידות החיצוניות של החלק - $160\,\text{mm} \times 90 \times 30$.

העיבוד מבוצע באמצעות כרסום אצבע מתק"ש בקוטר $25\,\text{mm}$. לכרסום יש ארבע שיניים.

נתוני היגש מרבי לעיבוד: עיבוד מוקדם $4\,\text{mm}$, עיבוד גמר $0.5\,\text{mm}$

ההתנגדות סגולית של החומר לכרסום היא $3{,}500\,\left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$. היעזר בנספח תנאי שיבוב בכרסום, המצורף.



נתוני שיבוב בכרסום אצבע, מתק"ש

חומר עובד	קשיות	כירסום גס		כירסום עדין	
		v_c	f_z	v_c	f_z
פלדה	HB 85–150	120–160	0.06–0.10	150–220	0.04–0.09
	HB 150–200	100–150	0.06–0.10	140–190	0.03–0.08
	HB 200–250	90–130	0.05–0.10	130–170	0.02–0.07
	HB 250–325	75–100	0.05–0.10	100–125	0.02–0.05
	HB 325–400	45–70	0.02–0.07	50–85	0.02–0.04
	Rc 45–48	30–40	0.01–0.015	40–50	0.01–0.015
	Rc 45–50	20–30	0.01–0.015	30–40	0.01–0.015
פלב"ם (פלדה בלתי מחלידה)	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
יצקת ברזל אפורה	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
ארד (ברונזה)		150–250	0.10–0.30	200–300	0.04–0.15
נתך 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

א. תארו את תהליך העיבוד ואת שלבי העיבוד, באופן שבו מספר מהלכי העיבוד יהיה הנמוך ביותר.

(3 נקודות)

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

ב. חשבו את זמן העיבוד הכולל, בהנחה שיש לתת לכלי תוספת מהלך של 2 מ"מ מכל צד של העובד. (מהלך זהה בעיבוד מוקדם וגמר)

(8 נקודות)

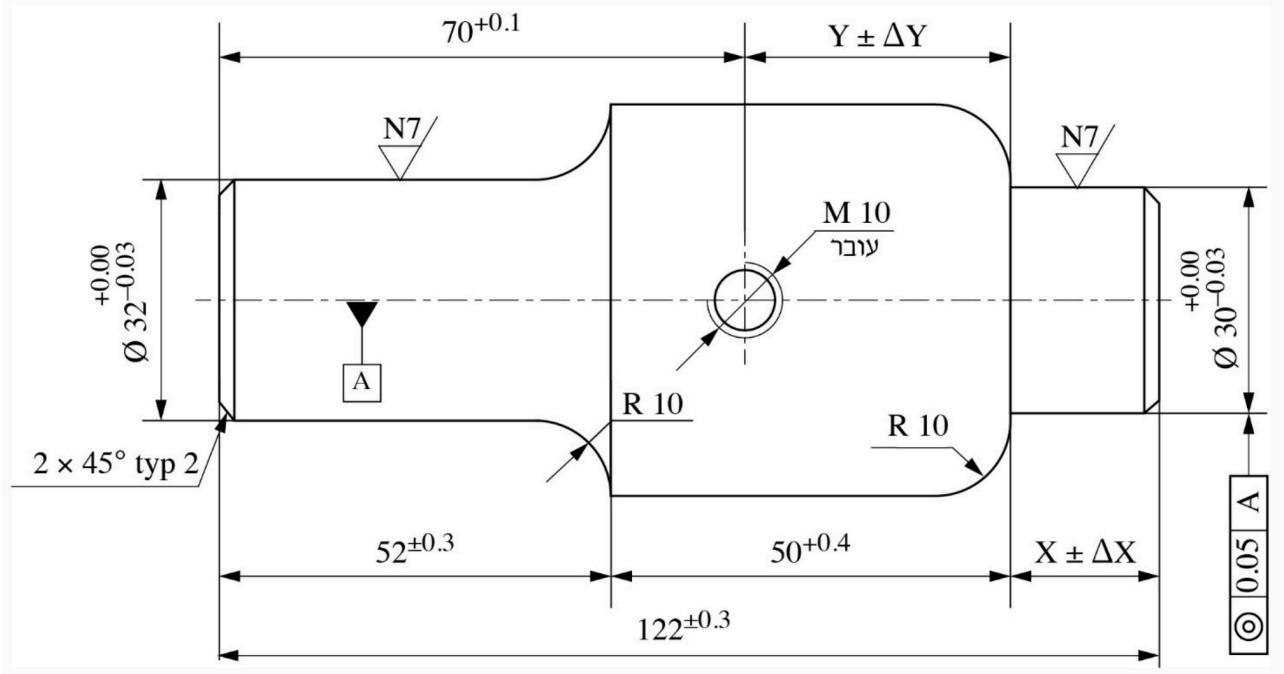
ג. חשבו את הספק הכרסומת הנדרש בעיבוד מוקדם, אם נצילות הכרסומת היא 80%.

(5 נקודות)

ד. באיזה שלב עיבוד (עיבוד מוקדם או עיבוד גמר), יידרש הספק גבוה יותר. הסבר ללא חישוב.

(4 נקודות)

6. באיור לשאלה מוצג חלק המשמש כציר העשוי מפלדה.



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

(8 נקודות)

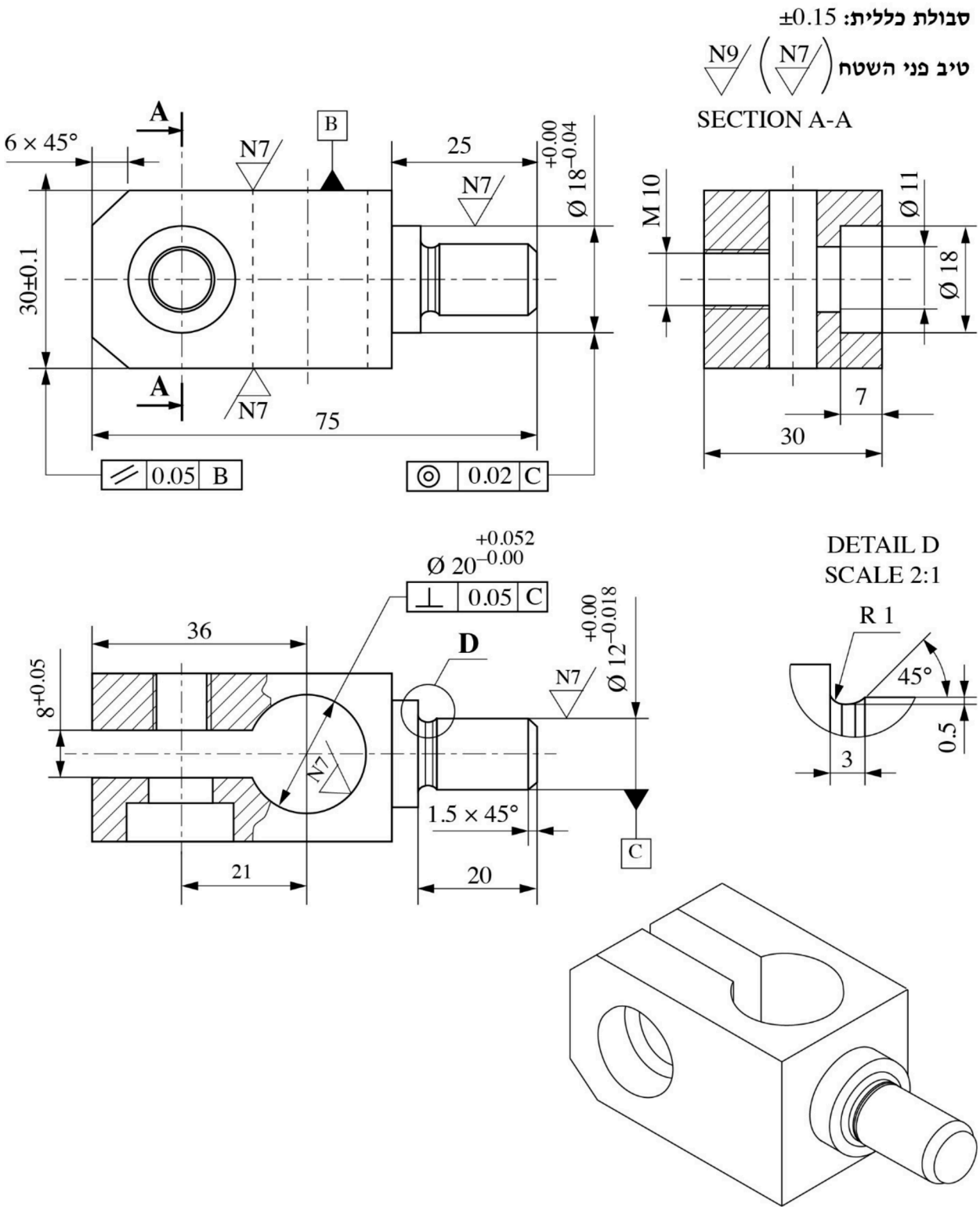
ב. חשבו את המידה הטכנולוגית, $Y \pm \Delta Y$, הנתונה בסרטוט.

(7 נקודות)

ג. הסבירו את הדרישה שבסרטוט. כיצד מבטיחים את ביצועה בתהליך הייצור? וכיצד בודקים בביקורת איכות את קיום הדרישה?

(5 נקודות)

7. באיור לשאלה (ראו בעמוד הבא), מוצג החלק "מחזיק ציר" העשוי מפלדה SAE4140.
החלק מיוצר בכמויות קטנות.



א. ציינו את השיקולים לבחירת הצורה הגיאומטרית של חומר הגלם. מה יהיו מידות חומר הגלם?

(3 נקודות)

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

(12 נקודות)

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

ג. (1) הסבירו את משמעות שלושת הנתונים/סימנים שבדרישה $\boxed{\perp | \ 0.05 \ | \ C}$

(2) הסבירו את תהליך הבדיקה של הדרישה בביקורת האיכות של החלק.

(5 נקודות)

8. מהנדס ייצור במפעל שוקל שתי אפשרויות ייצור של 2000 צינורות פלדה: באמצעות ריתוך ובאמצעות ערגול.

להלן העלויות של ייצור הצינורות בשני מפעלים הנבדלים בשיטת הייצור שלהם

שיטת ייצור	עלות חומר גלם ליחידה [ש"ח/י"ח]	אחוזי פסילה בייצור	עלות שעת עבודה [ש"ח/שעה]	זמן ייצור ליחידה [דקות/יח']	עלות כלי עבודה ליחידה [ש"ח/יח']	עלות חד־פעמית [ש"ח]
מפעל ריתוך צינורות	35	5%	75	74	20	20,000
מפעל לערגול צינורות	20	3%	70	9	-	120,000

א. חשבו את עלות הייצור של פריט אחד בכל שיטת ייצור (בלי להתחשב בעלויות חד־פעמיות).

(6 נקודות)

ב. חשבו את עלות הייצור הכוללת של הזמנת 2000 צינורות בכל שיטת ייצור.

(4 נקודות)

ג. חשבו את נקודת האיזון בין שיטות הייצור.

(4 נקודות)

ד. שרטטו גרף של עלויות ייצור לעומת מספר הצינורות. הסבירו במילים את משמעות הגרף. מהי שיטת הייצור העדיפה?

(6 נקודות)

9. ממסרת גלגלי שיניים (גג"ש) משופעות בהשוואה לגלגלי שיניים ישרות - בחרו את המשפט הנכון:

א. ממסרת גג"ש עם שיניים ישרות שקטה יותר ממסרה עם שיניים משופעות.

ב. ממסרת גג"ש עם שיניים ישרות רועשת יותר מממסרה עם שיניים משופעות.

ג. ממסרת גג"ש עם שיניים ישרות מסוגלת להעביר מומנט גדול יותר מממסרת גג"ש עם שיניים משופעות שמידותיה זהות.

ד. נצילות של ממסרת גג"ש עם שיניים ישרות גבוהה מזו של ממסרת גג"ש עם שיניים משופעות.

(2⅓ נקודות)

10. מהו ההבדל בין גל וסרן?

א. סרן משמש ציר סיבוב בלבד, גל מעביר תנועה סיבובית ומומנט.

ב. אין הבדל - מילים נרדפות.

ג. גל יכול לשאת עומסים בכיוונים שונים, סרן רק בכיוון אחד.

ד. סרן מיועד להעברת כוחות ציריים, גל מיועד להעברת כוחות משולבים.

(2⅓ נקודות)

11. בחרו את המשפט הנכון:

א. מצמד תותב הוא מצמד קבוע המקשר בין שני גלים בעזרת שגמים או פינים.

ב. במצמד האוגנים לא קיים מירכוז.

ג. מצמד אוגנים מתאים לשימוש אם קיימות תזוזות רדיאליות בין הגלים המחוברים.

ד. מצמד ציפורניים לא מתאים למקרה שבו קיימות תזוזות ציריות של גלים.

(2⅓ נקודות)

12. איזה משפט נכון לגבי מאמצים הקיימים בחומר או בחלק מועמס?

א. אם המאמץ הקיים בחלק יהיה גבוה ממאמץ הכניעה - החלק יישבר.

ב. המאמץ הקיים בחומר צריך להיות נמוך ממאמץ הכניעה.

ג. המאמץ הקיים בחומר צריך להיות נמוך מהמאמץ המותר או השווה לו.

ד. המאמץ הקיים בחומר צריך להיות נמוך ככל האפשר.

(2⅓ נקודות)

13. איזה משפט נכון לגבי מאמצים הנוצרים בבורג הידוק?

א. מאמצי גזירה וכפיפה נוצרים בלב הבורג, ומאמצי מתיחה נוצרים בשיני התבריג.

ב. מאמצי גזירה ומתיחה נוצרים בלב הבורג, ומאמצי מעיכה וגזירה נוצרים בשיני התבריג.

ג. מאמצי גזירה ומעיכה נוצרים בלב הבורג, ומאמצי גזירה וכפיפה נוצרים בשיני התבריג.

ד. מאמצי מתיחה וכפיפה נוצרים בלב הבורג, ומאמצי גזירה וכפיפה נוצרים בשיני התבריג.

(2⅓ נקודות)

14. איזה משפט נכון לגבי מהירות החיתוך בעיבוד שבבי?

א. מהירות החיתוך תלויה בסוג החומר המעובד, בסוג הכלי המעבד ובסוג העיבוד.

ב. ככל שקשיות החומר נמוכה יותר, תידרש מהירות חיתוך נמוכה יותר בשימת מתק"ש נתונה.

ג. בשימת מתק"ש תידרש מהירות חיתוך נמוכה יותר מאשר בסכין HSS.

ד. בעיבוד גמר/עדין מהירות החיתוך נמוכה יותר מאשר בעיבוד גס מוקדם.

(2⅓ נקודות)

15. המידה $\frac{10.0^{+0.024}_{+0.006}}{10.0^{+0}_{-0.011}} = \phi 10 \, \frac{G7}{h6}$ מתארת אפיצות בין קדח לפין, איזה מהבאים מתקיים?

א. המרווח המינימלי בין הקדח לפין הוא 0.018 מ"מ.

ב. המרווח המקסימלי בין הקדח לפין הוא 0.035 מ"מ.

ג. הקוטר הפנימי המינימלי של הקדח הוא 10.024 מ"מ.

ד. הקוטר המרבי של הפין הוא 10.006 מ"מ.

(2⅓ נקודות)

16. איזו מידה או אילו מידות בתבריג מודדים באמצעות מיקרומטר חוטים או מיקרומטר תבריגים?

א. את מידת הקוטר החיצוני.

ב. את מידת הקוטר הפנימי.

ג. את מידת הקוטר היעיל (הקוטר הממוצע).

ד. כל התשובות נכונות.

(2⅓ נקודות)

17. עיבוד בשיטת העיבוד הגיצי (E.D.M) מתאים לעיבוד:

א. חומרים אל־מתכתיים.

ב. חומרים אל־ברזליים.

ג. חומרים מתכתיים בדרגת קושי גבוהה.

ד. בלתי שבבי.

(2⅓ נקודות)

18. להרכבת מיסב בתוך בית מיסב נשתמש באפיצות מסוג:

א. מרווח.

ב. מדחק.

ג. מעבר.

ד. החלקה.

(2⅓ נקודות)

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