GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2026 מועד א'
סמל השאלון: 97002
קובץ: תשובות סופיות

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!

תשובות סופיות

שאלה 1

א. מצמד GA 120 B: (נדרש $M_e = 859.5\,\text{Nm}$). המצמד GA 70 שב-A מגביל את המערכת: על גל המנוע אפשר להעביר רק $\frac{180}{2} = 90\,\text{Nm}$, ולכן לצרכן מועבר $M = 3 \cdot 90 = 270\,\text{Nm}$ (ולא $429.75\,\text{Nm}$ שהמנוע יכול לתת).

ב. (1) $90\,\text{Nm}$: מצמד B (GA 70) על גל הצרכן מגביל את המומנט ל- $\frac{180}{2} = 90\,\text{Nm}$.

(2) המערכת לא תעבוד כראוי: המנוע מספק את המומנט ($429.75 > 200\,\text{Nm}$), אבל מצמד B יועמס ב- $M_e = 400\,\text{Nm}$, יותר מ- $180\,\text{Nm}$ שהוא מסוגל להעביר. שיני המצמד יישחקו או יישברו (מצמד שיניים אינו מחליק). צריך להחליף את B במצמד GA 100 לפחות.

ג. (1) $D \approx 268.6\,\text{mm}$, $d \approx 188\,\text{mm}$. בפועל: $D = 270\,\text{mm}$, $d = 189\,\text{mm}$.

(2) גדול יותר. באותם קטרים, משטח החיכוך של קונוס גדול יותר (פי $\frac{1}{\sin\alpha}$), ובאותו לחץ מגע מותר נוצר כוח נורמלי, ולכן כוח חיכוך, גדול יותר באותו רדיוס.

שאלה 2

א. $H_{max} \approx 54.5\,\text{kW}$: כ- $27.6\,\text{kW}$ לצרכן א' (דרך גלגל 3) וכ- $26.9\,\text{kW}$ לצרכן ב' (דרך גלגל 2).

ב. כן: $P \approx 3326\,\text{N}$ ו- $L_h \approx 32{,}750$ שעות $> 25{,}000$. להארכת החיים: מסב עם עומס דינמי C גדול יותר (למשל 6308), הקטנת העומסים על המסבים (גלגל 3 באמצע בין D ל-E, הקטנת הכוח הצירי), או הקטנת מהירות הסיבוב של הגל.

שאלה 3

א. $Q_{max} \approx 19{,}060\,\text{N} \approx 19.1\,\text{kN}$, בשני הברגים העליונים.

ב. לא. בבורג M14×2 בדרגה 8.8: $\sigma_e \approx 225.7\,\text{MPa} > [\sigma_t] = 220\,\text{MPa}$ (חריגה של כ-2.6%). גם השטח הנדרש $A_{min} = 108.3\,\text{mm}^2$ גדול מ- $104\,\text{mm}^2$.

ג. כוח ההידוק המרבי יקטן, ולכן גם המאמצים בברגים יקטנו: כוח ההידוק נגד החלקה מתחלק בין 5 ברגים, והבורג החמישי לוקח חלק מהעומס נגד ההתהפכות. רכיב הסיבוב אינו משתנה, כי בורג ב-C נמצא על מרכז הסיבוב. כך הברגים יכולים לעמוד בדרישת החוזק.

שאלה 4

א. $H \approx 9.1\,\text{kW}$ ($S_{1N} = 1200\,\text{N}$, $k_e = 28.8$, $F_t = 1158\,\text{N}$, $v = 7.85\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$).

ב. $b \approx 71.4\,\text{mm}$, בפועל $72\,\text{mm}$.

ג. (1) $F \approx 27\,\text{N}$ ($S_{2N} = 41.7\,\text{N}$, $F = 2 \cdot S_{2N} \cdot \sin 19^\circ$).

(2) גלגל 1 מסתובב עם כיוון השעון (לפי האיור): הענף העליון, שעליו הגלילון, הוא הענף הרפוי ($S_{2N} = 41.7\,\text{N}$), והענף התחתון הוא הענף הפעיל ($S_{1N} = 1200\,\text{N}$). הגלילון לוחץ את הענף העליון כלפי מטה בכוח $F \approx 27\,\text{N}$.

שאלה 5

א. מוקדם ($f = 0.4$): חריטת שני המצחים ($1\,\text{mm}$ בכל צד, $7\text{ג} \leftarrow 7\text{ו}$) וחריטה אורכית $\varnothing 55 \rightarrow \varnothing 51$ במהלך אחד, היגש $2\,\text{mm}$. קידוח $\varnothing 8$ ($f = 0.1$, $a = 4$) והרחבה ל- $\varnothing 18$ ($f = 0.25$, $a = 5$). גמר ($f = 0.1$): שני המצחים, $0.5\,\text{mm}$ בכל צד ($7\text{ו} \leftarrow 7\text{ה}$), וחריטה $\varnothing 50 \rightarrow \varnothing 51$, היגש $0.5\,\text{mm}$; שבירת פינות $0.3 \times 45^\circ$.

ב. כ- $1.88\,\text{min}$: חריטה מוקדמת $0.47\,\text{min}$, חריטת גמר $0.93\,\text{min}$, קידוח $\varnothing 8$ $0.25\,\text{min}$, הרחבה ל- $\varnothing 18$ $0.23\,\text{min}$.

ג. כ- $12.1\,\text{kW}$, בהרחבת הקדח ל- $\varnothing 18$ (בקדח המכין $\varnothing 8$ נדרשים רק $2.7\,\text{kW}$).

שאלה 6

א. $X \pm \Delta X = 49.75 \pm 0.25\,\text{mm}$ (כלומר בין 49.5 ל- $50.0\,\text{mm}$).

ב. $Y \pm \Delta Y = 12.75 \pm 0.05\,\text{mm}$ (בין 12.7 ל- $12.8\,\text{mm}$).

ג. (1) $\frac{S7}{h6}$: שיטת הגל האחיד (הגל h). $\frac{H7}{f7}$: שיטת הקדח האחיד (הקדח H).

(2) $\frac{S7}{h6}$: מדחק (מדחק בין 0.008 ל- $0.032\,\text{mm}$). $\frac{H7}{f7}$: מרווח (בין 0.013 ל- $0.043\,\text{mm}$).

(3) $\Delta_{min} = 0.013\,\text{mm}$, $\Delta_{max} = 0.043\,\text{mm}$

שאלה 7

א. (1) צורת החלק (גוף פריזמתי, מלבני) ומידות המעטפת שלו; תוספת עיבוד מינימלית מכל צד; כמות קטנה, שאינה מצדיקה חישול או יציקה, ולכן מוט מסחרי בחתך מלבני או ריבועי; זמינות מידות תקניות; חיסכון בחומר ובזמן עיבוד.

(2) מוט ריבועי מפלדה SAE 1030 בחתך $45 \times 45\,\text{mm}$, מנוסר לאורך של כ- $120\,\text{mm}$.

ב. ניסור $120 \times 45 \times 45$; כרסום שש הפאות לתיבה $115 \times 40 \times 40$ (קודם הבסיס A, אחריו הפאה העליונה במקביל ל-A); כרסום שתי המדרגות ליצירת האוגנים (עובי 10, גוף ברוחב 75, R5) ועיגול פינות האוגנים R5; כרסום הכיס 45×20 בעומק 25 (R5, R2) מהפאה העליונה; כרסום/עיבוד הקדח $\varnothing 35$ בעומק 7 מהבסיס; קידוח $\varnothing 6 \times 4$; קידוח והברזה $4\times$ M5; גמר (השחזה) של המשטחים N6; הסרת גרדים וביקורת.

ג. (1) דרישת תנוחה: מקבילות. המלבן הראשון: סמל המקבילות; השני: גודל אזור הסבולת, $0.05\,\text{mm}$; השלישי: הבסיס A (הפאה התחתונה). הפאה העליונה חייבת להימצא בין שני מישורים מקבילים ל-A, שהמרחק ביניהם $0.05\,\text{mm}$.

(2) מעבדים קודם את הבסיס A, ואת הפאה העליונה מעבדים כשהחלק מונח על A (על מקבילים מדויקים או על שולחן מגנטי) באותה דפינה; את הגמר עושים בכרסום גמר עדין או בהשחזה שטוחה.

(3) מניחים את החלק עם הבסיס A על משטח ביקורת (שולחן גרניט), ומעבירים חוגן (שעון מדידה) על מעמד לאורך ולרוחב הפאה העליונה. ההפרש בין הקריאה הגבוהה לנמוכה צריך להיות $0.05\,\text{mm}$ לכל היותר.

שאלה 8

א. עיבוד שבבי: כ-470,200 ₪. השיטה השנייה (יציקה מדויקת/חישול ועיבוד שבבי): כ-310,500 ₪.

ב. כ-858 יחידות (עלות של כ-218,900 ₪ בכל שיטה).

ג. שני קווים ישרים: $C_1 = 30{,}000 + 220.11Q$ ו- $C_2 = 150{,}000 + 80.27Q$, שנחתכים ב- $Q \approx 858$. להזמנה של 2,000 יחידות עדיפה השיטה המשולבת (הקו שלה נמוך יותר מעל נקודת האיזון).

ד. קו העיבוד השבבי: כ-1,579 שעות, כ-7.9 חודשים. קו השיטה המשולבת: כ-859 שעות, כ-4.3 חודשים (כולל ייצור היחידות שייפסלו).

שאלה 9

ד. כל התשובות נכונות.

שאלה 10

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

שאלה 11

א. $8\,\mathrm{N/mm}$

שאלה 12

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

שאלה 13

א. $20\,\mathrm{kW}$

שאלה 14

ג. השימוש מאפשר לעבוד במהירויות שיבוב גבוהות.

שאלה 15

ד. בקידוד מדויק.

שאלה 16

ב. מעבר.

שאלה 17

א. דרישות דיוק עיבוד גבוהות יגרמו לעלייה בעלויות הייצור.

שאלה 18

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

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