GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2026 מועד א'
סמל השאלון: 97001
קובץ: תשובות סופיות

יסודות המכניקה

הנדסת מכונות · הנדסאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון שמונה שאלות פתוחות: חלק א': מכניקה טכנית - יש לענות על שתי שאלות מתוך ארבע (שאלות 1-4). חלק ב': גרפיקה הנדסית - יש לענות על שאלה אחת מתוך שתיים (שאלות 5-6). שימו לב: יש לסרטט את ההיטלים על גבי דף ההיטלים המצורף. אין לסרטט היטלים במחברת הבחינה! חלק ג': תורת החומרים - יש לענות על שאלה אחת מתוך שתיים (שאלות 7-8). סך הכול: 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון מדעי (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. שלושה ספרי לימוד 3. קלסר אחד עם חומר לימודי 4. כלי סרטוט

ד. הוראות מיוחדות: 1. יש למלא את הפרטים בראש עמוד זה ולצרף את השאלון, כולל 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 תיבדקנה לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. 4. יש לכתוב את התשובות במחברת הבחינה בעט בלבד ובכתב יד ברור. 5. בחלק ב' יש לסרטט על דף ההיטלים בשאלון בלבד. אפשר לסרטט בעיפרון או בעט. 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 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.

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. על הנקודה A פועלים שלושה כוחות: כוח הקפיץ F_S אופקית שמאלה (אל B), מתיחות הכבל $T = m \cdot g$ ימינה ולמטה, 15° מתחת לאופק, וכוח המוט R_{AD} לאורך המוט בכיוון מ-D אל A (40° מעל האופק, המוט לחוץ).

ב.
$$\sum F_x = 0: \; -F_S + T\cos 15^\circ + R_{AD}\sin 50^\circ = 0$$
$$\sum F_y = 0: \; -T\sin 15^\circ + R_{AD}\cos 50^\circ = 0$$

ג. $F_S = 5000\,\mathrm{N} = 5\,\mathrm{kN}$ (מתיחה)

ד. $m \approx 400\,\mathrm{kg}$ ($T \approx 3923.5\,\mathrm{N}$); $R_{AD} \approx 1580\,\mathrm{N}$, כוח לחיצה לאורך המוט ($40^\circ$ מעל האופק).

שאלה 2

א. על המוט פועלים: ב-A שני רכיבי תגובה A_x ו-A_y; ב-D תגובה אנכית D_y; ב-H שני כוחות שהגלגלת מעבירה, כל אחד בגודל $T = m \cdot g = 245.25\,\mathrm{N}$: אחד שמאלה ולמעלה ב-$14^\circ$ מעל האופק (לכיוון E), ואחד אנכית למטה.

ב.
$$\sum F_x = 0: \; A_x - T\cos 14^\circ = 0$$
$$\sum F_y = 0: \; A_y + D_y + T\sin 14^\circ - T = 0$$
$$\sum M_A = 0: \; D_y \cdot 0.4 + (T\sin 14^\circ - T)\cdot 0.4 + T\cos 14^\circ \cdot 0.2 = 0$$

ג. $D_y \approx 66.9\,\mathrm{N}$, אנכית כלפי מעלה.

ד. $R_A \approx 266.1\,\mathrm{N}$, ימינה ולמעלה בזווית של כ-26.6° מעל האופק ($A_x \approx 238.0\,\mathrm{N}$ ימינה, $A_y \approx 119.0\,\mathrm{N}$ למעלה).

שאלה 3

$$X_C \approx 33.2\,\mathrm{mm}\;,\; Y_C \approx 29.0\,\mathrm{mm}$$

שאלה 4

א. $t \approx 1.18\,\mathrm{s}$

ב. $x \approx 13.33\,\mathrm{m}$

ג. $V_0 \approx 11.41\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

שאלה 5

א. מוסיפים להיטל הפנים בקו מלא מלבן 20×10 במרכז הקצה העליון של הבליטה ומלבן זהה במרכז הקצה התחתון שלה (שני החיתוכים המשופעים), ובקו מקווקו ארבעה קטעים קצרים באורך 10, מעל הבליטה ומתחתיה, 10 מכל צד של הגוף (דופנות התעלה האחורית).

ב. מוסיפים להיטל העל, בתוך מלבן הבליטה, שני קווים מלאים באורך 10, במרחק 10 מכל צד של ציר הסימטריה (החיתוך המשופע העליון), ושני קווים מקווקווים במרחק 15 מכל צד של הציר, מחזית הבליטה עד קרקעית התעלה (הקדח בקוטר 30).

ג. חתך A-A במישור הסימטריה האנכי. מוסיפים: קו אנכי מלא בעומק 10 לכל הגובה (קרקעית התעלה), שני קווים אופקיים של הקדח בגובה 25 ובגובה 55 מעומק 10 עד 30, ושני קווים משופעים ב-45° בפינות הבליטה. מקווקווים את החומר שמעל הקדח ומתחתיו, מעומק 10 עד חזית הבליטה. התעלה, הקדח ושני המשולשים שבפינות הבליטה נשארים בלי קווקוו.

ד. 11 מידות, כל אחת פעם אחת. בהיטל הפנים: 60, 80, 40, 60, Ø30 ו-20 (רוחב החיתוכים). בהיטל העל: 40 ו-10 (התעלה האחורית). בהיטל הצד: 20 (עומק הלוח), 10 (עובי הבליטה) ו-10 (גובה החיתוך המשופע).

שאלה 6

א. חתך מדורג A-A. מוסיפים להיטל הפנים: שני קווים אנכיים של הקדח בבסיס (באורך 5 ו-15) עם קו ציר, שני קווים אנכיים של החריץ במדף (באורך 60 ו-70) עם קו ציר, וקווקוו של הבסיס, הקיר והמדף. רצועת הקדח, רצועת החריץ והמשולש של צלע החיזוק נשארים בלי קווקוו. מעל ההיטל כותבים A-A.

ב. מוסיפים להיטל העל קו מקווקו לכל רוחב הגוף, 10 מימין לקו של חזית הקיר (גב הקיר, שמוסתר מתחת למדף), ואת קווי הציר של החריץ: ציר האורך שלו, 10 מהקצה של המדף, ושני קווי ציר קצרים במרכזי הקשתות, 20 מכל צד של ציר הסימטריה.

ג. מוסיפים להיטל הצד: בקו מלא שני קווים אנכיים קצרים ברצועת הבסיס, 5 מכל קצה (הקיטומים). בקו מקווקו: קווי הקדחים ברצועת הבסיס (10 ו-20 מכל צד של הציר, עם קו ציר ב-15), קו אופקי בגובה 40 לכל הרוחב (תחתית המדף), ושני קווים קצרים בין גובה 40 ל-50, 25 מכל צד של הציר (קצות החריץ).

ד. כל המידות שבאיזומטריה, כל אחת פעם אחת. בהיטל הפנים: 50, 35, גובה 50, עוביים 10, 10, 10, ומידות הצלע 20 ו-15. בהיטל העל: 60, שני קדחים Ø10, 10, 30, קיטום 5×5, ומידות החריץ 10, 40, 10. בהיטל הצד: עובי הצלע 10.

שאלה 7

א. (1) עקומה 1 היא פלדת 4340, עקומה 2 היא פלדת 4140 ועקומה 3 היא פלדת 1040. בשלוש הפלדות אותה כמות פחמן (כ-0.4%), וההבדל הוא ביסודות הסגסוגת: ככל שיש יותר מהם (ניקל, כרום, מוליבדן), כושר החיסום גבוה יותר ונוצר מרטנזיט קשה גם במקומות שמתקררים לאט, רחוק מהקצה המקורר.

(2) בדיקת ג'ומיני היא בדיקה תקנית לכושר החיסום של פלדה: לאיזה עומק הפלדה מתקשה בחיסום. מחממים דגם גלילי תקני (קוטר 25 מ"מ, אורך 100 מ"מ) לטמפרטורת האוסטניט, מקררים בסילון מים רק את הקצה התחתון שלו, ואחרי הקירור מודדים קשיות HRC לאורך הדגם ומסרטטים עקומה של קשיות לפי המרחק מהקצה המקורר.

ב. (1) עקומה 1 היא פלדת 1040 (חוזק מרבי כ-760 MPa), עקומה 2 היא פלדת 4140 (כ-1090 MPa) ועקומה 3 היא פלדת 4340 (כ-1310 MPa). כמות הפחמן זהה, ולכן ההבדל בחוזק נובע מיסודות הסגסוגת: הם מעלים את כושר החיסום, כך שנוצר מרטנזיט בכל החתך, מחזקים את הפריט ויוצרים קרבידים עדינים שמאטים את ההתרככות בהרפיה.

(2) $\sigma \approx 1019\,\text{MPa}$; לפי עקומה 2 המעוות הוא $\varepsilon \approx 15.5\%$, ולכן $\Delta L \approx 14\,\text{mm}$.

(3) $\sigma \approx 179\,\text{MPa}$, והמאמץ המותר הוא $\frac{400}{2} = 200\,\text{MPa}$. המאמץ קטן מהמותר, ולכן הדגם עומד בדרישות החוזק.

שאלה 8

א. הנקודה האוטקטואידית (0.77% פחמן, 727°C): פאזה מוצקה אחת, אוסטניט, הופכת בקירור לשתי פאזות מוצקות, פריט וצמנטיט (פרליט). הנקודה האוטקטית (4.3% פחמן, 1148°C): נוזל הופך בקירור לשתי פאזות מוצקות, אוסטניט וצמנטיט (לדבוריט). ההבדל העיקרי: באוטקטואידית המוצא הוא מוצק, ובאוטקטית המוצא הוא נוזל. הראשונה היא הבסיס לטיפולים התרמיים בפלדות, והשנייה קובעת את תכונות היציקה של ברזלי היציקה.

ב. אלוטרופיה היא שינוי של המבנה הגבישי של הברזל המוצק עם הטמפרטורה. נקודות האלוטרופיה: 912°C, שבה ברזל α (BCC) הופך לברזל γ (FCC), ו-1394°C, שבה ברזל γ הופך לברזל δ (BCC). החשיבות: בזכות המעבר בין α ל-γ אפשר לבצע טיפולים תרמיים בפלדה (חיסום, ריפוי, נרמול) ולשנות את התכונות שלה.

ג. פלדה A מכילה 0.42% פחמן. חיסום: מחממים אותה אל מעל T_A (כ- $820\,^\circ\mathrm{C}$ על הקו A_3, ועוד 30 עד 50 מעלות), עד שכל המבנה הוא אוסטניט, ומקררים מהר במים או בשמן. מתקבל מרטנזיט קשה ושביר. הרפיה: מחממים שוב לטמפרטורה שמתחת ל- $727\,^\circ\mathrm{C}$, מחזיקים ומקררים. המאמצים הפנימיים משתחררים, השבירות קטנה והקשיות יורדת מעט.

ד. לא כפי שהיא. הדיאגרמה מתארת רק ברזל ופחמן. יסודות הסגסוגת מזיזים את הקווים והנקודות שלה: הם משנים את הטמפרטורה האוטקטואידית, מקטינים את כמות הפחמן בנקודה האוטקטואידית, מרחיבים או מצמצמים את אזור האוסטניט ויוצרים קרבידים משלהם. לפלדות מסג דרושה דיאגרמה של הסגסוגת עצמה, ובפלדות דלות סגסוגת הדיאגרמה יכולה לשמש רק כקירוב.

ה. (1) כי דיאגרמת ברזל-פחמן היא דיאגרמת שיווי משקל: היא מתארת את הפאזות היציבות שמתקבלות בקירור איטי מאוד. המרטנזיט הוא פאזה שאינה בשיווי משקל, שנוצרת רק בקירור מהיר, בלי דיפוזיה, ובדיאגרמה אין ציר זמן או קצב קירור.

(2) בדיאגרמת TTT (טמפרטורה-זמן-התמרה) ובדיאגרמת CCT (התמרה בקירור רציף). הצירים שלהן הם טמפרטורה וזמן, ומסומנים בהן הקווים האופקיים Ms ו-Mf, שביניהם האוסטניט הופך למרטנזיט.

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