UNIVERSITY OF SKÖVDE

WRITTEN EXAMINATION

Course Machine Elements

Examination: Sub-course

Course code : MT507G

Credits for written examination 5 hp

Date: 2025-11-20

Examination time 8:15-12:30

Examination responsible : Tobias Andersson

Teachers concerned: Tobias Andersson, Mahdi Eynian and Andreas Andersson Lassila

Aid at the exam/appendices

- Schmid, SR, Hamrock, BJ and Jacobson, BO (2014) Fundamentals of Machine Elements. CRC Press, Boca Raton FL, USA. (Original hard copy, or chapter copies)
- Sundström, B. (red.) . Handbook of Solid Mechanics. Stockholm: Department of Solid Mechanics, KTH. Optional edition
- Formula sheet

Other

- Sundström, B. . Handbok och formelsamling i hållfasthetslära. Tekniska högskolan Stockholm: Institution för hållfasthetslära. Valfri upplaga
- An approved calculator according to "Allmänna riktlinjer gällande utbildning på Institutionen for ingenjörsvetenskap": (A detailed list is provided to exam invigilators.)
  - Casio Teknikräknare FX-82 all variants
  - Texas Instruments Tl-30 all variants o
  - Texas Instruments Tl-82, Tl-83, Tl-84
  - Casio FX-7400Gii, Fx-9750GII
- An English-Swedish-English ordbok or English-Spanish-English dictionary.

No added notes are allowed in the texts used during the examination.

Instructions

☒ Take a new sheet of paper when starting a new question.

☒ Write only on one side of the paper.

☒ Write your name and personal ID No. on all pages you hand in.

☒ Use page numbering.

☒ Don´t use a red pen.

☒ Mark answered questions with a cross on the cover sheet.

Grade points: The solution of each problem of the written exam is first assessed and graded based on the following guidelines:

Points	General description
5	EXCELLENT - outstanding results with only minor deficiencies. High level of knowledge. Good analytical ability. Can use the knowledge independently.
4	VERY GOOD - above average standards but with some shortcomings. Good overview of the field of knowledge. Can use the knowledge independently.
3	GOOD - generally good work with some shortcomings. Can account for the most important parts of the subject. Can largely use the knowledge independently.
2	SATISFACTORY - pretty good but with significant shortcomings. Can account for the most important parts of the subject. Can to some extent use the knowledge independently
1	SUFFICIENT - The result meets the minimum requirements but not more. The overview of the most important parts of the subject is inadequate. To a limited extent, use the knowledge independently.
0	FAIL - more work required before credit can be given.

If any of the four problems is graded fail (0), the written exam is graded fail (F). Otherwise, the final grade is given by the sum points according to:

Sum	Grade
≥4	E
≥7	D
≥10	C
≥14	B
≥18	A

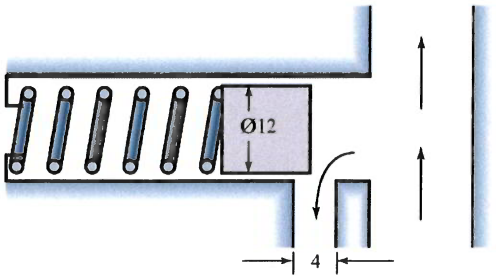
Examination results should be made public within 18 working days

Good luck!

Total number of pages 6

Problem 1 (Springs/ Shrink fit)

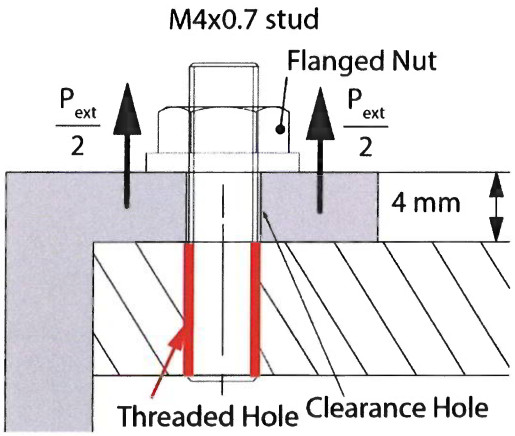
a) An overflow valve, shown in the sketch, has a piston diameter of 12 mm and a slit length of 4 mm. The spring has a mean coil diameter of D = 10 mm and a wire diameter of d = 1.25 mm. The valve should open at 2.5 bar (0.25 MPa) pressure and be totally open at 4 bar (0.4 MPa) pressure when the spring is fully compressed. Calculate the number of active coils, the free length, and the pitch of the spring. The shear modulus for the spring material is G = 80 GPa. The spring ends are squared and ground. (3p)



b) Determine the maximum shear stress for this geometry. Use Wahl's factor to account for the effect of curvature on shear stress. (2p)

Problem 2 (Threaded joints)

A flange, holding a bearing and a geared shaft assembly in a gearbox is connected to the gearbox housing with M4×0.7 studs and flanged nuts, of grade 8.8 (steel , E = 207 GPa) as shown in the figure. The studs are mounted on threaded holes of the housing as shown in figure.



The flange thickness is 4 mm (as shown) and it is made of an aluminum alloy.

a) Calculate the proof strength of each stud.
b) Calculate the joint stiffness k_j, using Wileman's equation.
c) Assume that the stud was wholly threaded and evaluate the stiffness of each stud in the joint.
d) Calculate required tightening torque to create a 3.5 kN preload. Assume a collar diameter of 5.2 mm and coefficient of friction of 0.15 between all surfaces.

$$T_{tightening} = P\left(0.161p + 0.577\, d_p \mu + 0.5\, d_{collar} \mu_{collar}\right),$$

$$d_p = d_c - 0.6495p$$

e) Calculate the mean stress and amplitude of stress, when external force changes between 0 and 2.5 kN (for each stud).
f) With the 3.5 kN preload, if the external load keeps increasing, which happens first? joint separation, or studs reaching their proof strength? Find the maximum external force that the joint can tolerate without separation or reaching studs proof strength.
g) Draw the corresponding bolt diagram (and show conditions e and f on it).

Problem 3 (Bearings)

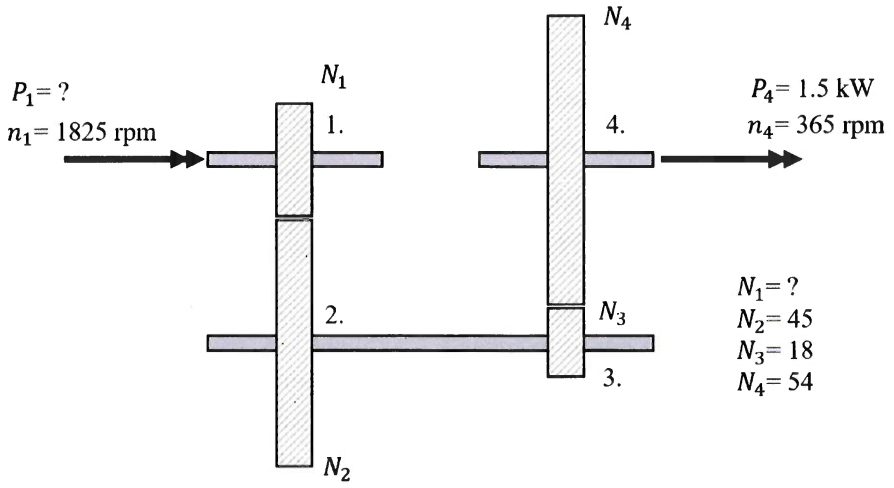
A fixed-incline slider bearing has a width of w_t = 75 mm and the length of each pad is l = 167 mm. The bearing consists of 4 pads. The lubricant inlet temperature is 30 ℃ and the maximum temperature of the oil is measured to 80 ℃. The heat capacity of the oil is C_s = 1.36 x 10^6 J/(m^3 ℃). The bearing rotates with a rotational speed of 267 rad/s. The bearing is found the be designed for maximum load and the oil is SAE70.

a) What is the total loading capacity of the bearing? (2p)
b) What is the minimum film thickness under these conditions ? (1p)
c) If we instead use the same pad area as in a) but put $w_t = l$ so that each becomes $w_t = l$ = 112 mm, what will the minimum film thickness be if we want the same loading capacity, number of pads, rotational speed and oil as in a)? (2p)

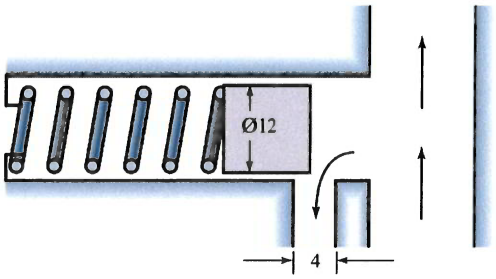
Problem 4 (Gears)

For the gear system below, the output shaft (4) should deliver an output power of P_4 = 1.5kW and rotate with a rotational speed of n_4 = 365 rpm. The input shaft (1) should rotate with a rotational speed of n_1 = 1825 rpm. If the circular pitch is p_c = 10.5 mm, the pressure angle is φ = 20°, and the power loss due to friction is 2% at each gear contact, determine:

a) The number of teeth for gear 1 (N_1) and the required input power (P_1) (2p).
b) The transmitted force (W_t) and the radial force (W_r) acting on gears 1 and 2. Also, draw free-body diagrams showing the forces acting on gears 1 and 2. (3p).



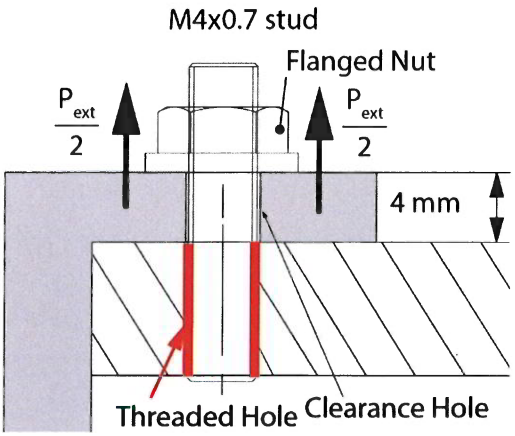
Problem 1 (Fjädrar / Krympförband)



a) En överströmningsventil, illustrerad i skissen, har en kolvdiameter på 12 mm och en spaltlängd på 4 mm. Fjädern har en medelspiraldiameter D = 10 mm och en tråddiameter d = 1,25 mm. Ventilen ska öppna vid ett tryck på 2,5 bar (0,25 MPa) och vara helt öppen vid 4 bar (0,4 MPa) när fjädern är fullt sammanpressad. Beräkna antalet aktiva varv, den fria längden och fjäderstigningen. Skjuvmodulen för fjädermaterialet är G = 80 GPa. Fjäderändarna är slipade och planslipade. (3p)

b) Bestäm den maximala skjuvspänningen för denna fjädergeometri. Använd Wahls faktor för att beakta krökningens inverkan på skjuvspänningen. (2p)

Problem 2 (Gängförband)



En fläns som håller ett lager och en kugghjulsaxel i en växellåda är fastsatt vid växellådshuset med M4×0,7-pinnskruvar och flänsmuttrar av hållfasthetsklass 8.8 (stål, E = 207 GPa), enligt figuren. Pinnskruvarna är monterade i gängade hål i huset.

Flänsens tjocklek är 4 mm och materialet är en aluminiumlegering.

a) Beräkna provlasten (proof strength) för varje pinnskruv.
b) Beräkna förbandets styvhet (k_j) med Wilemans ekvation.
c) Antag att pinnskruvarna är fullt gängade och bestäm styvheten hos varje pinnskruv i förbandet.
d) Beräkna det erforderliga åtdragningsmomentet för att erhålla en förspänning på 3,5 kN. Antag en kragdiameter på 5,2 mm och en friktionskoefficient på 0,15 mellan alla kontaktytor.

$$T_{\text{tightening}} = P\left(0.161p + 0.577d_p\mu + 0.5, d_{\text{collar}}\mu_{\text{collar}}\right),$$
$$d_p = d_c - 0.6495p$$

e) Beräkna medelspänningen och spänningsamplituden i varje pinnskruv när den yttre lasten varierar mellan 0 och 2,5 kN.
f) Avgör vad som inträffar först om lasten (P_{ext}) fortsätter att öka: förbandets separation eller att pinnskruvarna når sin provlast. Bestäm den maximala kraft (P_{ext}) som förbandet kan uppta utan separation eller att pinnskruvarna överskrider sin provlast.
g) Rita motsvarande skruvdiagram och markera villkoren e och f i diagrammet.

Problem 3 (Glidlager)

Ett glidlager med fast lutande glidytor har en bredd (w_t = 75 mm) och längden på varje glidplatta är l = 167 mm. Lagret består av fyra plattor. Smörjmedlets inloppstemperatur är 30 °C och den maximala oljetemperaturen uppmäts till 80 °C. Oljans volymetriska värmekapacitet är $C_s = 1{,}36 \times 10^6 \frac{J}{m^3 °C}$. Lagret roterar med en vinkelhastighet på 267 rad/s. Lagret är utformat för maximal belastning och oljan är av klass SAE 70.

a) Bestäm lagrets totala bärförmåga. (2p)
b) Bestäm den minsta olje-filmtjockleken under dessa driftsförhållanden. (1p)
c) Om samma glidytarea som i a) används men dimensionerna ändras till (w_t = l = 112) mm per platta, vilken blir då den minsta filmtjockleken om bärförmåga, antal plattor, rotationshastighet och oljetyp ska vara oförändrade? (2p)

Problem 4 (Kugghjul)

För kugghjulssystemet nedan ska utgående axel (4) leverera en uteffekt på P_4 = 1,5 kW och ha ett varvtal n_4 = 365 rpm. Ingående axel (1) ska ha varvtalet n_1 = 1825 rpm. Den cirkulära delningen är p_c = 10,5 mm, tryckvinkeln (φ = 20°), och friktionsförlusterna är 2 % vid varje kuggingrepp.

a) Bestäm antalet tänder på kugghjul 1 (N_1) samt erforderlig ingående effekt (P_1). (2p)
b) Bestäm den tangentiella kraften (W_t) och den radiella kraften (W_r) som verkar på kugghjul 1 och 2. Rita även friläggningsdiagram som visar krafterna på kugghjul 1 och kugghjul 2. (3p)

