

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-MC-A4
CONCEPTION ET FABRICATION D'ÉLÉMENTS DE MACHINES

Problème 1 : Calcul des pièces en statique (25 points)

La pièce montrée à la figure 1 est fabriquée en acier 1045 laminé à chaud ($S_y = 310$ MPa, $S_{ut} = 570$ MPa). À l'endroit du changement de diamètre se trouve un congé de rayon 2.5 mm (R). La pièce subit une force F statique de 2000 N, appliquée au bout du levier.

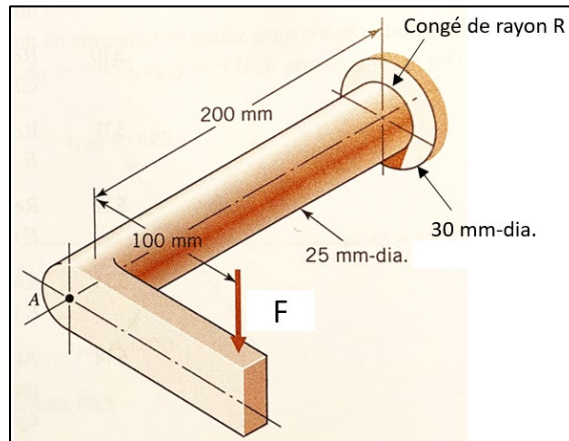


Figure 1 : Pièce mécanique sous chargement statique

- (15 points) Sachant qu'on ne tolère aucune déformation plastique dans cette pièce, calculez les contraintes au point critique. Négligez l'effort tranchant dans les calculs.
- (10 points) À partir de l'état des contraintes calculé précédemment, déterminez le facteur de sécurité de cette pièce en utilisant le critère de défaillance le plus précis pour un matériau ductile.

Problème 2 : Calcul des pièces en fatigue (25 points)

La figure 2 montre un arbre cylindrique rotatif comprenant une réduction de diamètre. Le rayon des congés est de 2 mm. L'arbre est soumis à un moment de flexion constant (M) de 100 Nm et un moment de torsion (T) variant entre 0 et 150 Nm. L'arbre est fait d'acier AISI 1050 trempé et revenu, dont les propriétés mécaniques sont : $S_{ut} = 1000$ MPa et $S_y = 800$ MPa. La surface de l'arbre à l'endroit critique est usinée. À l'aide de la théorie de Goodman, calculez le facteur de sécurité de cet arbre pour une vie infinie, dans 95 % des cas. Vérifiez aussi le critère d'écoulement. Négligez l'effort tranchant dans les calculs.

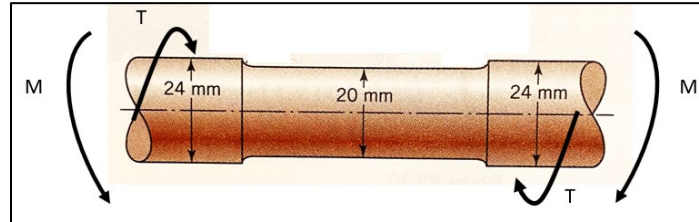


Figure 2 : Arbre cylindrique soumis à des chargements de flexion et de torsion

Problème 3 : Calcul des arbres de transmission (20 points)

Un arbre de transmission en acier sert à entraîner une meule rotative, tel que montré à la figure 3. Lorsque l'appareil est en fonction, l'utilisateur presse la pièce à meuler sur la meule avec une certaine force, ce qui induit un couple de torsion de 120 Nm sur l'arbre. De plus, la meule a une masse de 30 kg, ce qui induit une force constante vers le sol. L'arbre est en acier UNS G10450 laminé à chaud ($S_y = 310$ MPa, $S_{ut} = 570$ MPa) et il y a une concentration de contrainte à l'endroit critique. Considérez que la charge peut être appliquée avec des chocs mineurs. Considérez que la charge de compression axiale est négligeable, de même que la flexion due à la force appliquée sur la pièce. À l'aide du code normalisé ASME, estimez le diamètre minimum de cet arbre. Arrondissez au mm près.

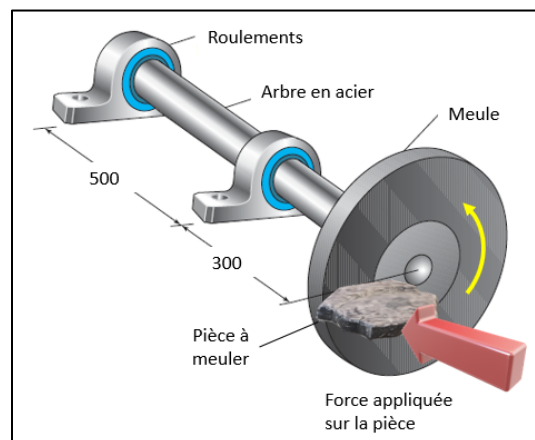


Figure 3 : Arbre de meule monté sur des roulements (pas à l'échelle, dimensions en mm)

Problème 4 : Roulements à billes (10 points)

Les roulements à billes qui sont montés sur l'arbre de la meule de la figure 3 (problème précédent) doivent être dimensionnés selon la norme ABMA. Rappelons que la meule a une masse de 30 kg. La charge axiale est négligeable dans cette application, ainsi que l'effort de flexion dû à la pression sur la meule. On désire choisir le même roulement pour les deux roulements montrés, afin de minimiser l'inventaire. L'arbre tourne à 1800 rpm et la durée de vie doit être de 10 000 h dans 95% des cas. Quel roulement serait le plus économique dans la série 02 à une rangée de billes? Les propriétés de ces roulements sont présentées à la page 4 de ce document.

Problème 5 : Engrenages (20 points)

Un réducteur de vitesse à engrenages cylindriques droits est utilisé pour transmettre la puissance d'un moteur électrique à un convoyeur. Le moteur tourne à 1720 rpm et génère une puissance de 12 kW. Les engrenages sont en acier durci au cœur et le pignon a une dureté de surface de 330 HB. Le pignon a 18 dents et le réducteur de vitesse a un rapport de 2:1. Ces engrenages ont un module de 3 mm, une largeur de dent de 25 mm (b) et un angle de pression de 20° . Les dents sont taillées avec une qualité de fabrication de catégorie 9 (Q_v). Considérez un facteur de service de 1.25 (K_o). Le rapport de conduite de cette paire d'engrenages a été vérifié et il est supérieur à 1. La transmission doit durer environ 1.65×10^8 cycles sans entretien majeur, avec une fiabilité de 99%. De plus, on s'attend à ce que la boîte d'engrenages atteigne une température assez élevée, dont l'impact sur la résistance du matériau sera d'environ 1.2.

- a) (5 points) Calculez la force tangentielle W_t sur le pignon de 18 dents, permettant de transmettre la puissance demandée;
- b) (15 points) Peu importe votre réponse à la question a), supposons qu'une force tangentielle $W_t = 2300$ N est appliquée à la même paire d'engrenages. Calculez le facteur de sécurité en flexion de ce pignon en respectant la norme AGMA. Prenez les valeurs moyennes des graphiques au besoin.

Propriétés des roulements à billes à une rangée de série 02 (Problème 4)

BORE, mm	OD, mm	WIDTH, mm	FILLET RADIUS, mm	SHOULDER		LOAD RATINGS, kN			
				DIAMETER, mm		DEEP GROOVE		ANGULAR CONTACT	
				d_s	d_H	C	C_0	C	C_0
10	30	9	0.6	12.5	27	5.07	2.24	4.94	2.12
12	32	10	0.6	14.5	28	6.89	3.10	7.02	3.05
15	35	11	0.6	17.5	31	7.80	3.55	8.06	3.65
17	40	12	0.6	19.5	34	9.56	4.50	9.95	4.75
20	47	14	1.0	25	41	12.7	6.20	13.3	6.55
25	52	15	1.0	30	47	14.0	6.95	14.8	7.65
30	62	16	1.0	35	55	19.5	10.0	20.3	11.0
35	72	17	1.0	41	65	25.5	13.7	27.0	15.0
40	80	18	1.0	46	72	30.7	16.6	31.9	18.6
45	85	19	1.0	52	77	33.2	18.6	35.8	21.2
50	90	20	1.0	56	82	35.1	19.6	37.7	22.8
55	100	21	1.5	63	90	43.6	25.0	46.2	28.5
60	110	22	1.5	70	99	47.5	28.0	55.9	35.5
65	120	23	1.5	74	109	55.9	34.0	63.7	41.5
70	125	24	1.5	79	114	61.8	37.5	68.9	45.5
75	130	25	1.5	86	119	66.3	40.5	71.5	49.0
80	140	26	2.0	93	127	70.2	45.0	80.6	55.0
85	150	28	2.0	99	136	83.2	53.0	90.4	63.0
90	160	30	2.0	104	146	95.6	62.0	106	73.5
95	170	32	2.0	110	156	108	69.5	121	85.0