

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบไล่ ประจำภาคการศึกษาที่ 1

ประจำปีการศึกษา 2548

วันที่ 6 ตุลาคม 2548

เวลา 09.00-12.00 น.

วิชา 215-314 : Mechanical Design I

ห้อง R 300

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ แต่ละข้อมีคะแนนไม่เท่ากัน ให้ทำทุกข้อ
2. ให้ทำข้อสอบทุกข้อในกระดาษข้อสอบ
3. อนุญาตให้นำ lecture note เอกสารที่ผู้สอนแจกให้ และ note ที่นักศึกษาเตรียมมาด้วยลายมือของตัวเองเข้าห้องสอบได้
4. หนังสือ และตำรา อนุญาตเฉพาะ Shigley, Mischke & Budynus, "Mechanical Engineering Design" 7th editon, McGraw Hill
5. สำเนาเอกสารที่ถ่ายจากหนังสือ หรือตำราทุกชนิด ห้ามนำเข้าห้องสอบ (ยกเว้นหนังสือตามคำสั่งข้อ 4)
6. อนุญาตให้ใช้ดินสอทำข้อสอบได้
7. อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขได้ทุกชนิด
8. ข้อสอบมีทั้งหมด 16 แผ่น
9. ห้ามสวมเสื้อ shop / jacket ทุกชนิดเข้าห้องสอบ

ชื่อ..... รหัสนักศึกษา..... ตอน.....

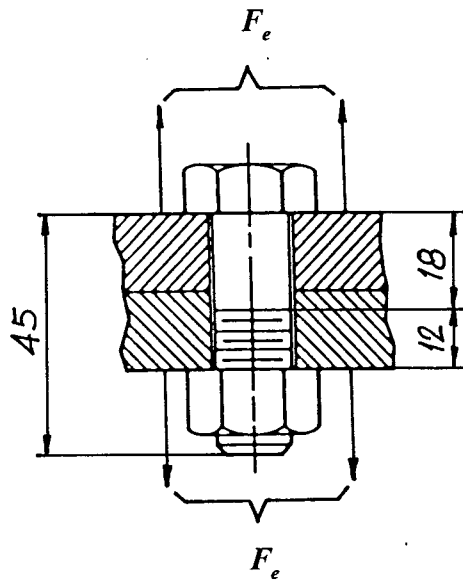
ข้อ	1	2	3	4	5	รวม
คะแนนเต็ม	20	20	20	20	20	100
ทำได้						

ผศ.สมเกียรติ นาคกุล
ผศ.ดร.เจริญยุทธ เดชวาญกุล
อ.สมบูรณ์ วรวิศิษฐ์ชัย
ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ..... รหัสนักศึกษา..... ตอน.....

ข้อ 1. Hard joint ที่กำหนดมาให้ในรูปที่ 1 เป็น permanent joint ซึ่ง joint plate ทั้งคู่ทำจาก steel ใช้ bolt SAE class 8.8 , Fine-pitch series ขนาดต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณแสดงอยู่ในรูป ถ้า joint รับ external load , F_e มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 0 และ 10,000 N จงหาขนาดของ bolt ที่เล็กที่สุดที่สามารถนำมาใช้งานได้ เพื่อให้ได้ค่า Factor of Safety ไม่น้อยกว่า 1.4

(20 คะแนน)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1

ชื่อ..... รหัสนักศึกษา..... ตอน.....

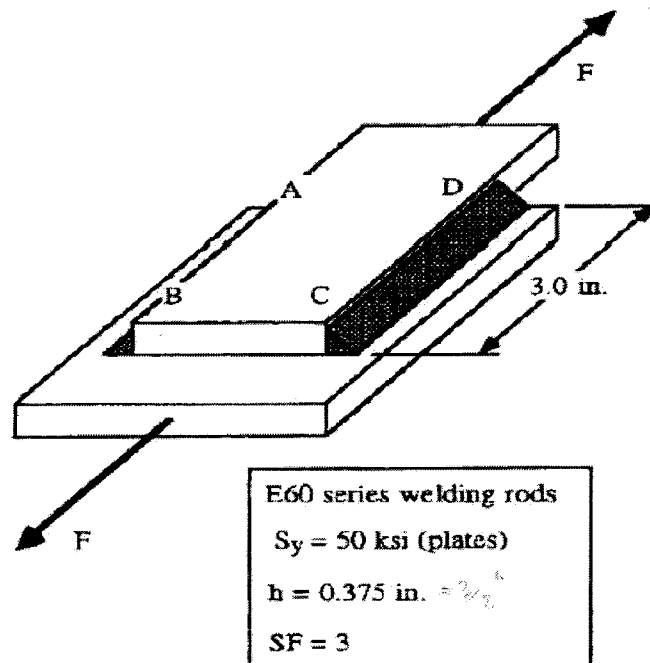
ข้อที่ 2.

ก. Rubber mixer เครื่องหนึ่งทำงานที่ความเร็วรอบ 320 รอบต่อนาที ขับด้วย electric motor ขนาด 40 Hp motor หมุนด้วยความเร็วรอบ 960 รอบต่อนาที จงออกแบบระบบส่งกำลัง ถ้าต้องการส่งกำลังด้วย roller chain (10 คะแนน)

ข. ต้องการขับ piston compressor เครื่องหนึ่งด้วย Hi-torque AC motor ขนาด 20 kW ถ้า motor ทำงานที่ความเร็วรอบ 2,880 รอบต่อนาที ส่งกำลังที่ speed ratio 2.0 และระบบถูกใช้งานอย่างต่อเนื่องทุกวัน วันละ 24 ชั่วโมง จงออกแบบระบบส่งกำลัง ถ้าต้องการส่งกำลังด้วย V-belts (10 คะแนน)

ชื่อ _____ สกฤ _____ section _____

3. รอยต่อเกย (lap joint) ดังรูปประกอบจากเหล็กแผ่นสองแผ่นแต่ละแผ่นหนา $3/8$ นิ้ว เชื่อมด้านข้างให้ติดกันด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า E60XX (ลวดเชื่อมมีความแข็งแรงที่จุดครากเท่ากับ 48 ksi) รอยเชื่อมทั้งสองด้านมีความยาว 30 นิ้ว และมีความสูงคอเชื่อมเท่ากับความหนาของเหล็กแผ่น ถ้าต้องการออกแบบให้รอยต่อมีความปลอดภัยเท่ากับ 3 ภายใต้แรงดึงดังรูปจงหาค่า F ที่ใช้ดึง (20 คะแนน)



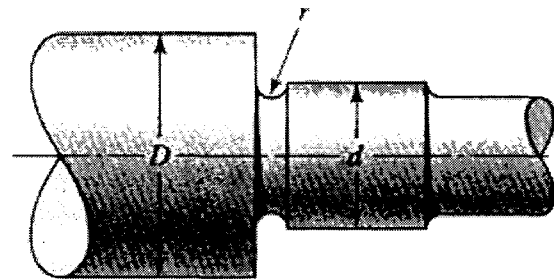
ชื่อ _____ สกุล _____ section _____

4. จงเลือกและระบุชนิดและหมายเลขของตลับลูกปืนที่ใช้กับเพลาเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานของตลับลูกปืนดังนี้ หมุนด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที มีแรงรูนในแนวแกน (thrust load) กระทำต่อตลับลูกปืนเท่ากับ 2,500 นิวตัน มีแรงกดในแนวรัศมี (radial load) กระทำต่อตลับลูกปืนเท่ากับ 4,000 นิวตัน ต้องการให้อายุการใช้งานตลับลูกปืนเท่ากับ 30,000 ชั่วโมง ด้วยค่าตัวประกอบภาระ (load factor) เท่ากับ 1.1 มีความน่าเชื่อถือเท่ากับ 98 % (20 คะแนน)

ชื่อ _____ สกุล _____ section _____

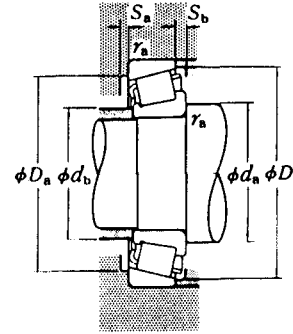
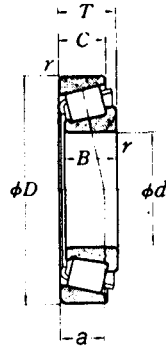
5. เพลาดังรูปทำจากเหล็กกล้าเกรด SAE 2340 มีค่าความแข็งแรงสูงสุด (ultimate strength) เท่ากับ 1,226 เมกะปาสคาล (MPa) มีค่าความแข็งแรงที่จุดคราก (yield strength) เท่ากับ 1,130 เมกะปาสคาล (MPa) ต้องการออกแบบเพล่าให้มีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.5 โดยมีสัดส่วนของเพล่าตามรูปดังนี้ $d=0.75D$ และ $r=D/20$ และรับแรงดัดสลับที่แปลงกลับแบบสมบูรณ์ (completely reversed bending moment) เท่ากับ 70 นิวตัน-เมตร และรับแรงบิดคงที่ (steady torsion) เท่ากับ 45 นิวตัน-เมตร จงหาขนาดของ d และ D ที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการพลังงาน (Distortion Energy Criterion) (20 คะแนน)

Section of a shaft containing a grinding-relief groove. Unless otherwise specified, the diameter at the root of the groove $d_r = d - 2r$, and though the section of diameter d is ground, the root of the groove is still a machined surface.



SINGLE-ROW TAPERED ROLLER BEARINGS

Bore Diameter 35~45 mm



Dynamic Equivalent Load

$$P = XF_r + YF_a$$

$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
X	Y	X	Y
1	0	0.4	Y_1

Static Equivalent Load

$$P_0 = 0.5F_r + Y_0F_a$$

When $F_r > 0.5F_r + Y_0F_a$, use $P_0 = F_r$

The values of e , Y_1 , and Y_0 are given in the table below.

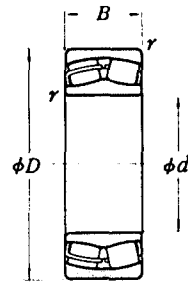
Boundary Dimensions (mm)					Basic Load Ratings (N)				Limiting Speeds (rpm)		Abutment and Fillet Dimensions (mm)					CONE CUP		Eff. Load Centers (mm)	Constant	Axial Load Factors		Mass (kg)				
d	D	T	B	C	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}	Grease	Oil	d_a min	d_b max	D_a max	D_b min	S_a min	S_b min	r_a max	a	e	Y_1	Y_0	approx				
35	72	28	28	22	1.5	1.5	86 500	108 000	8 850	11 100	5 300	7 100	46	41	63	61	69	5	6	1	1	18.3	0.35	1.7	0.93	0.54
	80	22.75	21	15	2	1.5	62 000	68 000	6 350	6 950	4 300	6 000	51	44	71	62	77	3	7.5	1.5	1.5	25.2	0.83	0.73	0.40	0.517
	80	22.75	21	16	2	1.5	68 000	70 500	6 900	7 200	4 800	6 300	47	44	71	65	75	3	6.5	1.5	1.5	20.3	0.55	1.1	0.60	0.517
	80	22.75	21	18	2	1.5	76 000	79 000	7 750	8 050	4 800	6 700	47	45	71	69	75	3	4.5	1.5	1.5	16.7	0.32	1.9	1.0	0.536
	80	32.75	31	24	2	1.5	89 000	110 000	9 050	11 200	4 800	6 300	49	44	71	61	75	3	8.5	1.5	1.5	23.7	0.47	1.3	0.70	0.782
	80	32.75	31	25	2	1.5	99 000	111 000	10 100	11 300	5 000	6 700	49	43	71	66	75	3	7.5	1.5	1.5	20.7	0.32	1.9	1.0	0.769
40	62	15	15	12	0.6	0.6	34 000	47 000	3 450	4 800	5 600	7 500	48	44	57	57	60	3	4	0.6	0.6	11.5	0.29	2.1	1.1	0.161
	68	19	19	14.5	1	1	52 500	71 000	5 400	7 250	5 300	7 100	49	45	62	60	66	4	4.5	1	1	15.0	0.38	1.6	0.87	0.279
	68	22	22	18	1	1	59 000	81 500	6 000	8 300	5 300	7 100	49	45	62	61	66	4	4	1	1	14.6	0.28	2.1	1.2	0.322
	80	19.75	18	14	1.5	1.5	59 500	69 000	6 050	7 050	4 500	6 000	51	49	71	67	77	3	5.5	1	1	21.5	0.64	0.94	0.52	0.425
	80	19.75	18	16	1.5	1.5	63 500	70 000	6 450	7 150	4 800	6 300	51	48	71	69	75	3	3.5	1	1	16.6	0.38	1.6	0.88	0.436
	80	24.75	23	19	1.5	1.5	77 000	90 500	7 900	9 200	4 800	6 300	51	48	71	68	76	3	5.5	1	1	18.9	0.38	1.6	0.88	0.547
45	80	24.75	23	19	1.5	1.5	74 000	90 500	7 550	9 200	4 500	6 300	51	47	71	65	77	3	5.5	1	1	21.9	0.55	1.1	0.60	0.557
	80	32	32	25	1.5	1.5	107 000	137 000	10 900	14 000	4 800	6 300	51	46	71	67	77	5	7	1	1	20.8	0.36	1.7	0.92	0.744
	90	25.25	23	17	2	1.5	80 000	89 500	8 150	9 150	3 800	5 300	56	50	81	70	88	3	8	1.5	1.5	28.7	0.83	0.73	0.40	0.726
	90	25.25	23	18	2	1.5	84 500	93 500	8 600	9 500	4 300	5 600	52	50	81	72	84	3	7	1.5	1.5	22.7	0.53	1.1	0.62	0.733
	90	25.25	23	20	2	1.5	90 500	101 000	9 250	10 300	4 300	5 600	52	52	81	76	84	3	5	1.5	1.5	19.5	0.35	1.7	0.96	0.756
	90	35.25	33	25	2	1.5	107 000	129 000	10 900	13 100	4 300	5 600	54	48	81	68	86	3	10	1.5	1.5	26.8	0.55	1.1	0.60	1.03
	90	35.25	33	27	2	1.5	120 000	145 000	12 200	14 800	4 300	6 000	54	50	81	73	84	3	8	1.5	1.5	23.4	0.35	1.7	0.96	1.05
	68	15	15	12	0.6	0.6	35 000	51 000	3 600	5 200	5 000	6 700	53	50	63	62	65	3	3	0.6	0.6	12.1	0.32	1.9	1.0	0.187
	75	20	20	15.5	1	1	60 000	83 000	6 150	8 450	4 500	6 300	54	51	69	67	73	4	4.5	1	1	16.6	0.39	1.5	0.84	0.353
	75	24	24	19	1	1	67 000	94 500	6 800	9 650	4 800	6 300	54	51	69	67	72	4	5	1	1	16.3	0.29	2.0	1.1	0.414
	80	26	26	20.5	1.5	1.5	84 000	113 000	8 550	11 600	4 500	6 000	56	51	71	69	78	4	5.5	1	1	19.1	0.38	1.6	0.86	0.552
	85	20.75	19	15	1.5	1.5	63 000	78 500	6 450	8 000	4 300	5 600	56	53	76	70	80	3	5.5	1	1	21.4	0.58	1.0	0.57	0.475
85	20.75	19	16	1.5	1.5	68 500	79 500	6 950	8 100	4 300	6 000	56	53	76	74	81	3	4.5	1	1	18.3	0.41	1.5	0.81	0.487	
85	24.75	23	19	1.5	1.5	83 000	102 000	8 500	10 400	4 300	6 000	56	53	76	73	81	3	5.5	1	1	20.1	0.41	1.5	0.81	0.601	
85	24.75	23	19	1.5	1.5	75 500	95 500	7 700	9 750	4 300	5 600	56	52	76	70	84	3	5.5	1	1	23.6	0.59	1.0	0.56	0.603	
85	32	32	25	1.5	1.5	111 000	147 000	11 300	15 000	4 300	6 000	56	51	76	72	83	5	7	1	1	22.0	0.39	1.6	0.86	0.817	
95	29	26.5	20	2.5	2.5	91 000	116 000	9 250	11 800	3 600	5 000	60	54	83	71	93	3	9	2	2	32.6	0.87	0.69	0.38	0.945	
100	27.25	25	18	2	1.5	95 500	109 000	9 750	11 100	3 400	4 800	61	57	91	79	97	3	9	1.5	1.5	31.5	0.83	0.73	0.40	0.955	
100	27.25	25	19	2	1.5	103 000	117 000	10 500	12 000	3 600	5 000	57	57	91	82	95	3	8	1.5	1.5	25.5	0.55	1.1	0.60	0.974	
100	27.25	25	22	2	1.5	112 000	127 000	11 400	12 900	3 800	5 300	57	58	91	86	94	3	5	1.5	1.5	21.1	0.35	1.7	0.96	1.01	
100	38.25	36	28	2	1.5	133 000	168 000	13 600	17 100	3 800	5 000	59	56	91	77	97	3	10	1.5	1.5	30.6	0.57	1.1	0.58	1.42	
100	38.25	36	30	2	1.5	144 000	177 000	14 700	18 000	3 800	5 300	59	56	91	82	95	3	8	1.5	1.5	25.0	0.35	1.7	0.96	1.41	

Remarks The suffix C represents medium-angle tapered roller bearings. Since they are designed for specific applications, please consult NSK when using bearings with suffix C.

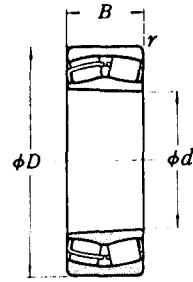
SPHERICAL ROLLER BEARINGS

Bore Diameter 25~80 mm

992679 16



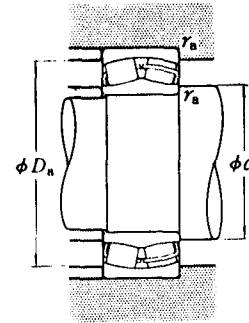
Cylindrical Bore



Tapered Bore



With an Oil Groove and Holes



Dynamic Equivalent Load

$$P = XF_r + YF_a$$

$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
X	Y	X	Y
1	Y_3	0.67	Y_2

Static Equivalent Load

$$P_0 = F_r + Y_0 F_a$$

The values of e , Y_2 , Y_3 , and Y_0 are given in the table below.

Boundary Dimensions (mm)				Basic Load Ratings (N) (kgf)				Limiting Speeds (rpm)		Bearing	Numbers ⁽¹⁾	Abutment and Fillet Dimensions (mm)					Constant	Axial Load Factors			Mass (kg)	
d	D	B	r min	C_r	C_{0r}	C_r	C_{0r}	Grease	Oil	Cylindrical Bore		Tapered Bore ⁽²⁾	d_a min	d_a max	D_a max	D_a min		r_a min	r_a max	e		Y_2
25	52	18	1	44 000	45 500	4 500	4 650	8 000	10 000	22205 H	22205 HK	31	31	46	45	1	0.35	2.9	1.9	1.9	0.15	
	62	17	1.1	43 000	40 500	4 350	4 150	5 300	6 700	21305 CD	21305 CDK	32	34	55	51	1	0.29	3.4	2.3	2.3	0.25	
30	62	20	1	58 500	61 500	6 000	6 250	6 700	8 500	22206 H	22206 HK	36	37	56	54	1	0.33	3.1	2.1	2.0	0.25	
	72	19	1.1	55 000	54 000	5 600	5 500	4 500	6 000	21306 CD	21306 CDK	37	40	65	59	1	0.28	3.6	2.4	2.3	0.38	
35	72	23	1.1	78 500	84 000	8 000	8 550	5 600	7 100	22207 H	22207 HK	42	43	65	63	1	0.32	3.1	2.1	2.0	0.38	
	80	21	1.5	71 500	76 000	7 250	7 750	4 000	5 300	21307 CD	21307 CDK	44	47	71	67	1.5	0.28	3.6	2.4	2.4	0.51	
40	80	23	1.1	89 500	95 000	9 150	9 700	5 000	6 300	22208 H	22208 HK	47	48	73	70	1	0.29	3.5	2.3	2.3	0.47	
	90	23	1.5	87 500	93 000	8 900	9 500	3 600	4 500	21308 CD	21308 CDK	49	53	81	76	1.5	0.26	3.8	2.6	2.5	0.71	
	90	33	1.5	135 000	152 000	13 800	15 500	4 500	6 000	22308 H	22308 HK	49	52	81	77	1.5	0.37	2.7	1.8	1.8	0.95	
45	85	23	1.1	95 000	107 000	9 650	10 900	4 500	6 000	22209 H	22209 HK	52	53	78	75	1	0.26	3.8	2.6	2.5	0.51	
	100	25	1.5	103 000	107 000	10 500	10 900	3 200	4 000	21309 CD	21309 CDK	54	57	91	84	1.5	0.26	3.8	2.6	2.5	0.95	
	100	36	1.5	160 000	181 000	16 400	18 400	4 000	5 300	22309 H	22309 HK	54	58	91	86	1.5	0.37	2.7	1.8	1.8	2.26	
50	90	23	1.1	99 500	118 000	10 200	11 900	4 300	5 300	22210 H	22210 HK	57	59	83	81	1	0.24	4.1	2.8	2.7	0.56	
	110	27	2	118 000	128 000	12 100	13 000	2 800	3 800	21310 CD	21310 CDK	60	65	100	93	2	0.26	3.9	2.6	2.6	1.24	
	110	40	2	197 000	224 000	20 100	22 800	3 800	4 800	22310 H	22310 HK	60	62	100	94	2	0.38	2.6	1.8	1.7	1.7	
55	100	25	1.5	122 000	143 000	12 400	14 500	3 800	5 000	22211 H	22211 HK	64	65	91	90	1.5	0.24	4.2	2.8	2.8	0.74	
	120	29	2	140 000	164 000	14 300	16 700	2 600	3 400	21311 CD	21311 CDK	65	74	110	102	2	0.26	3.9	2.6	2.6	1.62	
	120	43	2	226 000	264 000	23 100	26 900	3 400	4 300	22311 H	22311 HK	65	69	110	102	2	0.36	2.8	1.9	1.8	2.2	
60	110	28	1.5	150 000	174 000	15 300	17 700	3 600	4 500	22212 H	22212 HK	69	70	101	99	1.5	0.25	4.1	2.7	2.7	1.02	
	130	31	2.1	163 000	195 000	16 600	19 900	2 400	3 200	21312 CD	21312 CDK	72	82	118	112	2	0.25	4.1	2.7	2.7	1.99	
	130	46	2.1	265 000	310 000	27 100	31 500	3 200	4 000	22312 H	22312 HK	72	74	118	111	2	0.37	2.7	1.8	1.8	2.73	
65	120	31	1.5	175 000	216 000	17 900	22 000	3 200	4 000	22213 H	22213 HK	74	78	111	108	1.5	0.26	4.0	2.7	2.6	1.41	
	140	33	2.1	180 000	217 000	18 400	22 100	2 200	3 000	21313 CD	21313 CDK	77	88	128	120	2	0.25	4.1	2.7	2.7	2.48	
	140	48	2.1	305 000	355 000	31 000	36 500	3 000	3 800	22313 H	22313 HK	77	79	128	119	2	0.35	2.9	1.9	1.9	3.36	
70	125	31	1.5	182 000	230 000	18 600	23 500	3 000	3 800	22214 H	22214 HK	79	83	116	112	1.5	0.24	4.2	2.8	2.8	1.49	
	150	35	2.1	216 000	258 000	22 000	26 300	2 000	2 800	21314 CD	21314 CDK	82	93	138	128	2	0.23	4.3	2.9	2.8	2.99	
	150	51	2.1	335 000	400 000	34 500	41 000	2 800	3 400	22314 H E4	22314 HK E4	82	87	138	128	2	0.35	2.9	1.9	1.9	4.07	
75	130	31	1.5	190 000	247 000	19 400	25 200	3 000	3 800	22215 H	22215 HK	84	89	121	118	1.5	0.22	4.5	3.0	2.9	1.57	
	160	37	2.1	236 000	283 000	24 000	28 800	1 900	2 600	21315 CD	21315 CDK	87	99	148	136	2	0.23	4.3	2.9	2.8	3.62	
	160	55	2.1	385 000	465 000	39 500	47 500	2 600	3 200	22315 H E4	22315 HK E4	87	92	148	137	2	0.35	2.9	1.9	1.9	5.01	
80	140	33	2	214 000	273 000	21 900	27 800	2 800	3 400	22216 H	22216 HK	90	94	130	127	2	0.23	4.4	3.0	2.9	1.9	
	170	39	2.1	263 000	315 000	26 900	32 000	1 800	2 400	21316 CD	21316 CDK	92	105	158	145	2	0.23	4.4	2.9	2.9	4.31	
	170	58	2.1	430 000	525 000	44 000	53 500	2 400	3 000	22316 H E4	22316 HK E4	92	98	158	145	2	0.35	2.9	1.9	1.9	5.99	

Notes (1) The bearings with suffix H (HK) have polyamide cages. The maximum operating temperature should be less than 120°C.

(2) The suffix K represents bearings with tapered bores (taper 1 : 12).

Remarks 1. Bearings with outer rings having oil grooves and holes are also available.

2. For the dimensions of adapters and withdrawal sleeves, refer to Pages B340 to B342, and B348.