

MISKOLCI EGYETEM

GÉP- ÉS TERMÉKTERVEZÉSI
TANSZÉK

OKTATÁSI SEGÉDLET

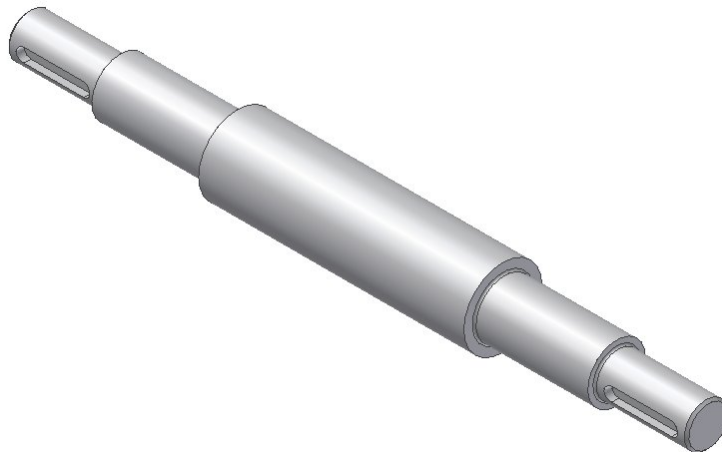
a

GÉPELEMEK

c. tantárgyhoz

TENGELY

szilárdsági ellenőrzése



Összeállította:

Dr. Sente József
egyetemi docens

Miskolc, 2010.

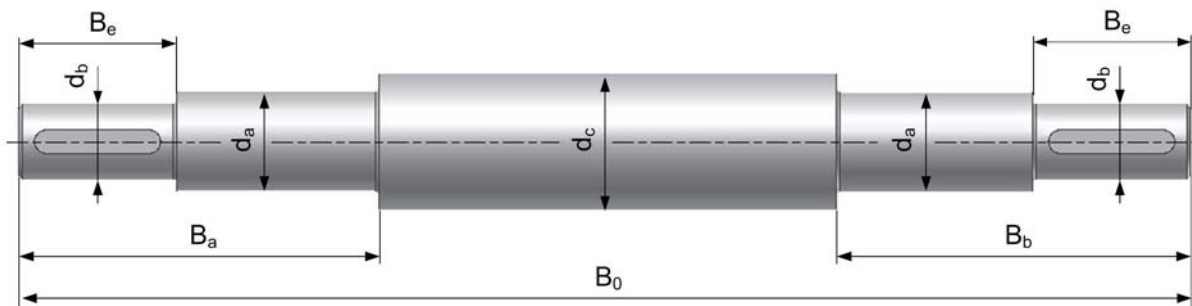
A feladat megfogalmazása

Ebben a feladatban az SKF gördülőcsapágy-gyártó vállalat PDN típusjelű csapágyegységének tengelyét fogjuk megvizsgálni, és a maradó alakváltozás elkerülése érdekében a biztonsági tényezőt meghatározni.

A tengely geometriai adatai

A PDN kétschapágyas házakat eredetileg ventilátor tengelyek csapágyazásához tervezték, olyan esetekre, amikor a ventilátorkerék konzolon helyezkedik el. Később megállapították, hogy más alkalmazásokhoz is kiváló megoldást jelentenek, így centrifugál szivattyúkhöz, körfűrészekhez vagy köszörű orsókhoz.

A feladatban szereplő tengely legfontosabb méretei az 1. ábrán láthatóak, a számszerű adatokat az 1. táblázat tartalmazza.



1. ábra. A tengely méretei

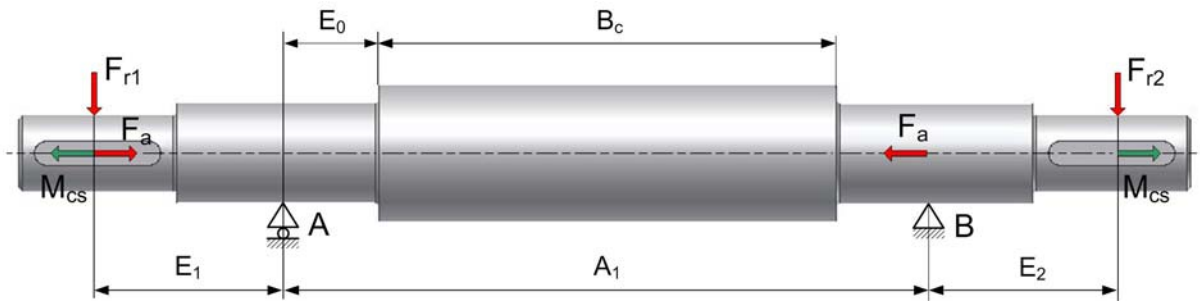
1. táblázat. A tengelyek méretei

Sor-szám	d_a mm	d_b mm	d_c mm	B_a mm	B_b mm	B_e mm	B_0 mm
1.	25	19	34	91	89,5	40	296
2.	30	24	39	97	95,5	50	310
3.	30	24	39	101,5	100	50	340
4.	35	28	44	109,5	108	60	360
5.	35	28	44	118,5	117	60	394
6.	40	32	49	135,5	134	80	434
7.	40	32	49	140	138,5	80	491
8.	45	38	54	151,5	150	80	536
9.	50	42	59	166	164,5	110	549
10.	50	42	59	175	173,5	110	613
11.	55	48	64	175	173,5	110	591
12.	55	48	64	186,5	185	110	658
13.	60	48	69	169	167,5	110	611
14.	60	48	69	182,5	181	110	696
15.	65	55	74	191	189,5	110	728

A tengely terhelése, igénybevétele

A két helyen gördülőcsapágyakkal megtámasztott tengelyt a két végsappon F_{r1} és F_{r2} radiális erő, a baloldali tengelyvégen F_a axiális erő, valamint az erők között M_{cs} csavarónyomaték

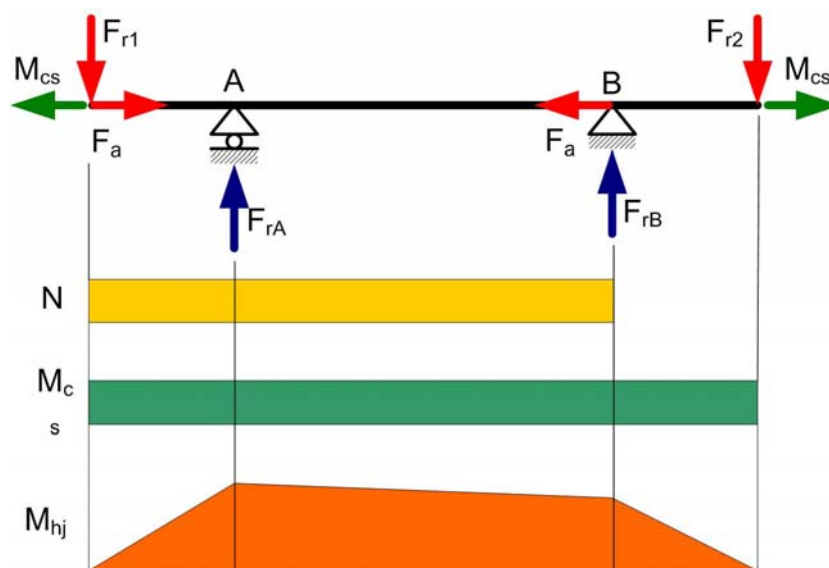
terheli (2. ábra). Az axiális erőt a B jelű csapágy veszi fel. A terhelések számszerű nagyságát és helyét, valamint a támaszok helyét a 2. táblázat tartalmazza.



2. ábra. A tengely terhelése

2. táblázat. A tengelyek terhelési adatai

Sor- szám	M_{cs} Nm	F_{r1} N	F_{r2} N	F_a N	A_1 mm	E_0 mm	E_1 mm	E_2 mm
1.	60	1800	1440	540	146,5	15,5	55,5	54
2.	130	1600	1280	480	147,5	15	57	55,5
3.	135	2300	1840	690	171,5	16,5	60	58,5
4.	235	2100	1680	630	173,5	15,5	64	62,5
5.	240	2800	2240	840	195,5	18,5	70	68,5
6.	375	2600	2080	780	198,5	17	78,5	77
7.	400	3500	2800	1050	255,5	21,5	78,5	77
8.	710	4600	3680	1380	279,5	22,5	89	87,5
9.	970	3100	2480	930	258,5	20	91	89,5
10.	1010	5500	4400	1650	311,5	23,5	96,5	95
11.	1530	4100	3280	1230	283,5	20,5	99,5	98
12.	1580	6800	5440	2040	335,5	24,5	107	105,5
13.	1880	4600	3680	1380	316,5	21	93	91,5
14.	1980	8100	6480	2430	383,5	25,5	102	100,5
15.	2980	9300	7440	2790	402,5	27,5	108,5	107



3. ábra. Igénybevételi ábrák

A terhelések alapján megrajzolt igénybevételi ábrák a 3. ábrán láthatók.

A csapágyakra ható támasztóerők:

$$F_{rA} = \frac{F_{r1}(E_1 + A_1) - F_{r2}E_2}{A_1} \quad \text{és} \quad F_{rB} = \frac{F_{r2}(E_2 + A_1) - F_{r1}E_1}{A_1}.$$

A tengely igénybevétele:

- a baloldali tengelyvégtől a B csapágyig nyomás,
- a két radiális erő között csavarás,
- a két radiális erő között hajlítás.

A veszélyes keresztmetszet az A vagy a B csapágy alatt lesz, attól függően, hogy a hajlítónyomaték hol nagyobb.

A nyomófeszültség az A és a B keresztmetszetben egyaránt

$$\sigma_{ny} = \frac{4F_a}{d_a^2 \pi}.$$

A csavarófeszültség az A és a B keresztmetszetben azonos:

$$\tau_{cs} = \frac{16 M_{cs}}{d_a^3 \pi}.$$

A hajlítófeszültségek az A és a B helyen:

$$\sigma_{hjA} = \frac{32 F_{r1} E_1}{d_a^3 \pi}, \quad \sigma_{hjB} = \frac{32 F_{r2} E_2}{d_a^3 \pi}.$$

A tengely anyaga és anyagjellemzői

A tengely anyaga C45 nemesítve. A $d_B \leq 16$ mm átmérőjű próbatesten szakítóvizsgálattal meghatározott szakítószilárdság $R_m = 700 \text{ N/mm}^2$, a folyáshatár $R_{eH} = 490 \text{ N/mm}^2$.

Az alkatrész folyáshatára különbözik a kísérlettel meghatározottól, ha

- a méretek eltérőek,
- az igénybevétel különbözik a kísérlet során fellépőtől (a kísérleti adat húzásból származik, a valós terhelés lehet húzó, hajlító és csavaró is),

Az alkatrész folyáshatára

húzás-nyomás esetén: $\sigma_{F_h,ny} = K_{1d} K_{2F} R_{eH}$,

hajlítás esetén: $\sigma_{F_hj} = K_{1d} K_{2F} R_{eH}$,

csavarás esetén: $\tau_F = K_{1d} K_{2F} R_{eH} / \sqrt{3}$.

Az összefüggésekben K_{1d} a mérettényező, K_{2F} a statikus megtámasztási tényező.

K_{1d} mérettényező

A mérettényező azt a különbséget veszi figyelembe, ami az eltérő méretű előgyártmányok szilárdsági tulajdonságai között van. A méretek növekedésével ugyanis a szilárdsági jellemzők csökkennek. A próbatest d_B átmérője kicsi és az előgyártmány, amiből a próbatest készül, d_B -nél alig nagyobb méretű. Ugyanakkor az alkatrész valós d mérete jelentősen eltérhet d_B -től, általában nagyobb. Az ehhez tartozó előgyártmány mérete közel d átmérőjű.

Ha a d_B méretű próbatestet ebből az előgyártmányból készítének el, a vizsgálat során kisebb szilárdsági értékeket kapnának. Ezt veszi figyelembe a mérettényező.

Az acél anyagminőségétől és a hőkezeléstől függően K_{1d} meghatározása eltérő. Nemesített acélokra:

$$K_{1d} = 1, \text{ ha } d \leq 16 \text{ mm};$$

$$K_{1d} = 0,67, \text{ ha } d \geq 300 \text{ mm};$$

$$\text{egyébként } K_{1d} = 1 - 0,26 \lg\left(\frac{d}{d_B}\right).$$

K_{1d} számításakor d helyére a tengely legnagyobb átmérőjét, d_c -t kell behelyettesíteni.

K_{2F} statikus megtámasztási tényező

A statikus megtámasztási tényező az igénybevételek különbözőségét veszi figyelembe. A szakítóvizsgálatnál a folyáshatárt meghaladó terhelés a teljes keresztmetszetben maradó alakváltozást okoz. Hajlításnál és csavarásnál a legnagyobb feszültség a szélső száliban ébred és a semleges szál felé haladva fokozatosan csökken. Ennek megfelelően a folyáshatárt elérő maximális feszültségből nem a teljes keresztmetszetben, hanem csak a szélső száliban keletkezik maradó alakváltozás, ami lehetővé teszi, hogy a folyáshatárt meghaladó feszültséget engedjünk meg. Mindezt a statikus megtámasztási tényezővel vesszük figyelembe, mely

húzás-nyomás esetén: $K_{2F} = 1,$

hajlítás és csavarás esetén: $K_{2F} = 1,2 .$

A biztonsági tényező

A maradó alakváltozás megakadályozására a biztonság:

$$S_F = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{ny}}{\sigma_{F_ny}} + \frac{\sigma_{hj}}{\sigma_{F_hj}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{cs}}{\tau_F}\right)^2}} .$$

A biztonsági tényező minimális értéke $S_{Fmin} = 1,5$. Ugyanakkor valamennyi részbiztonság legalább 1,2 legyen.

A részbiztonságok:

$$S_{ny} = \frac{\sigma_{F_ny}}{\sigma_{ny}},$$

$$S_{hj} = \frac{\sigma_{F_hj}}{\sigma_{hj}},$$

$$S_{cs} = \frac{\tau_F}{\tau_{cs}} .$$