

5. Teherbírási képesség és élettartam

5.1 Élettartam

A gördülőcsapágyak futópályái és a gördülőtestek, melyek terhelés alatt futnak, egy állandóan változó terhelésnek vannak kitéve, ami végül a felületek felpikkelyesedéséhez vezet. Ez a felpikkelyesedés az anyag elfáradásának a következménye és előbb-utóbb a csapágyak meghibásodásához vezet.

A dördülőcsapágyak élettartamát annak elfordulási számával jellemzik, amit a csapágy az első meghibásodások észlelését megelőzően elérni képes anélkül, hogy a pikkelyesedés jelei a gördülőtesteken a futópálya felületein fellépnének.

Gyakoribb meghibásodási okok azonban a kopás, korrózió, a tisztátlanság. A meghibásodások ezen fajtáit, például tisztátlan kenés, szakszerűtlen kezelés a csapágy beépítése során, sérült tömítések, téves csapágymegválasztás, stb. okozzák. Mivel ezeket a hibákat időben elvégzett megfelelő kezeléssel el lehet kerülni, a kérdést külön tárgyaljuk.

5.2 A névleges élettartam, dinamikus alapterhelés

Egy bizonyos mennyiségű, nyilvánvalóan azonos jellegű csapágy élettartam azonos üzemi feltételek mellett eltér egymástól.

Ezek az élettartam-eltérések a csapágyaknál a gördülőcsapágyak anyagainak eltérő kifáradási értékeire vezethetők vissza és statisztikailag az élettartam kiszámításánál kerülnek figyelembevételre. Ebből kifolyólag a névleges élettartamot a következő módon lehet meghatározni:

A névleges élettartam az az élettartam, fordulatok számában kifejezve, amit egy nagyobb mennyiségű nyilvánvalóan megegyező csapágyfajta 90 %-a a megegyező üzemi feltételek mellett elérni vagy azt túllépni képes azt megelőzően, hogy a csapágynál az anyag elfáradása következtében már felpikkelyesedés lépne fe. Azoknál a csapágyaknál, melyek változatlan fordulatszámra futnak, a névleges élettartamot (90 %-a a megélési valószínűség tartományán) üzemóraszámokban fejezik ki.

A dinamikus terhelhetőségi érték meghatározza a csapágyterhelést, ami annak iránya és nagyságrendje szerint változatlanul az egy millió forulat mértékű névleges élettartamot éri el, azt kell biztosítsa.

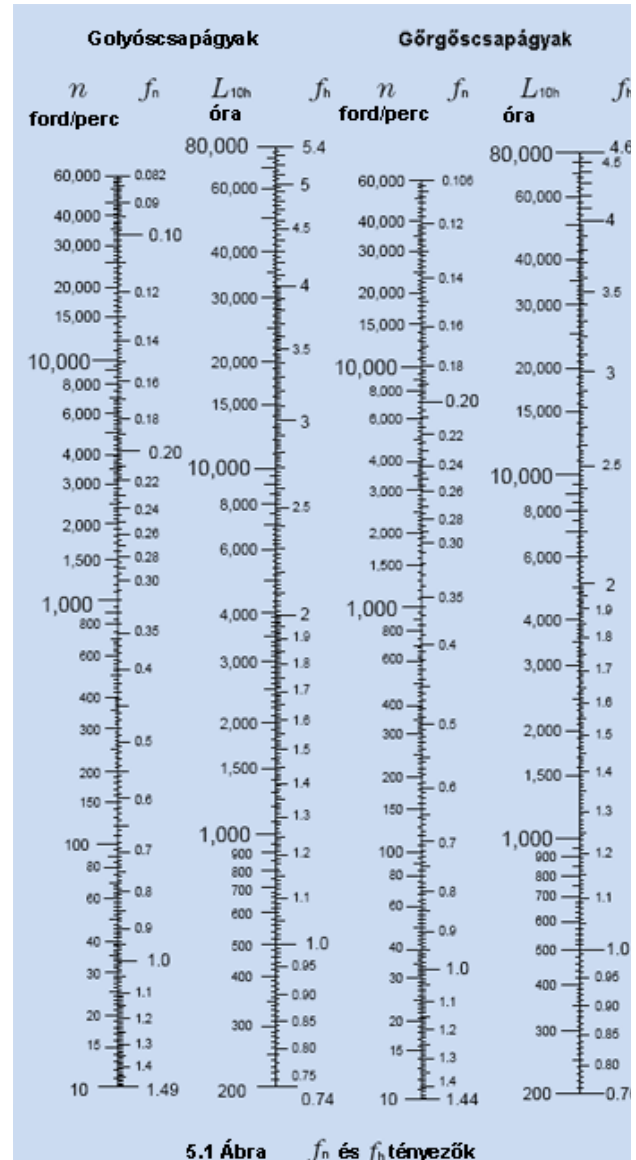
Radiális csapágyaknál ez a terhelés tisztán radiális, míg axiális csapágyak esetében tisztán axiális terhelést jelent, mindkét esetben a terhelés centrikus. Az ebben a katalógusban megadott dinamikus teherbírási értékek az NTN standard gördülőcsapágyakra érvényesek, melyek standard gyártási eljárással kerültek előállításra. Olyan speciális teherbírási értékeket, amelyek esetében a csapágyak speciális anyagokból, speciális eljárással lettek gyártva, az NTN kívánságra külön igény esetén megadja.

Az összefüggés a névleges élettartam és a dinamikus alapterhelés és a terhelés között az (5.1) képlettel fejezhető ki.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \dots \dots \dots (5.1)$$

p=3 golyóscsapágyakra

p=10/3 görgőscsapágyakra



5.1 Ábra f_n és f_h tényezők

- L_{10} : Névleges élettartam, millió fordulatban kifejezve
- C : dinamikus teherbírási érték, N (C_r radiális, C_a axiális csapágyakra)
- P : ekvivalens dinamikus csapágyterhelés, N (P_r radiális és P_a axiális csapágyakra)

Változatlan fordulatszám esetén az élettartamot üzemórákban is ki lehet fejezni az (5.2) képlettel.

$$L_{10h} = 500 f_h^p \dots\dots\dots (5.2)$$

$$f_h = f_n \frac{C}{P} \dots\dots\dots (5.3)$$

$$f_n = \left(\frac{33.3}{n} \right)^{1/p} \dots\dots\dots (5.4)$$

L_{10h} : névleges élettartam üzemórában

f_h : élettartam-tényező

f_n : fordulatszám-tényező

n : fordulatszám 1/perc

Az (5.2) képletet ki lehet fejezni az (5.5) képletben megadottak szerint is.

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} \left(\frac{C}{P} \right)^p \dots\dots\dots (5.5)$$

Az összefüggések a fordulatszám 1/perc és a fordulatszám-tényező f_n valamint a névleges élettartam L_{10h} és az élettartam tényező f_h között az 5.1 ábra monogramjából vehető ki.

Ha egy gépben, berendezésben több csapágy mint komplett egység működik, a számításokat az (5.6) formula szervegezhethetjük el. Az egység teljes élettartamánál figyelembe lehet venni, hogy az ezt megelőző időben agyagkifáradás mi egyetlen egy csapágy sem hibásodhat meg.

$$L = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_1^e} + \frac{1}{L_2^e} + \dots + \frac{1}{L_n^e} \right)^{1/e}} \dots\dots\dots (5.6)$$

$e=10/9$ golyóscsapágyaknál

$e=10/9$ golyóscsapágyaknál

L : Az egység teljes névleges élettartama, óra

L_1, L_2, \dots, L_n : az egyes csapágyak névleges élettartama 1,2,.....n, óra

Ha a terhelések egyenlő időközökben történnek meg, akkor az (5.7) képlettel lehet számolni.

$$L_m = \left(\sum \Phi_j / L_j \right)^{-1} \dots\dots\dots (5.7)$$

F_j : az egyes terhelések frekvenciacsökkenése

L_j : az egyes terhelések melletti élettartam

5.3 Felhasználási példák és az igényelt élettartam

A csapágyak kiválasztása során szükséges az igényelt élettartamoknak az üzemi körülményekkel történő összehasonlítása. A szükséges élettartam a gép fajtájától, a karbantartások időintervallumaitól, az üzembiztonsággal szemben támasztott követelményektől és a megbízhatóságtól függ. Az 5.1 táblázatban általános utalásokat találhatunk ezekre az összefüggésekre. A csapágyak nagyságának meghatározásánál az elfáradási élettartam mellett a tengely és a ház szilárdsága és merevsége feltétlenül szem előtt tartandó.

Üzemi tényezők	Élettartam-tényező f_h és alkalmazási esetek				
	~2,0	2,0~3,0	3,0~4,0	4,0~5,0	5,0
Gépek, melyeket csak rövid időre, vagy csak időszakra-kosan használnak	Elektromos kéziszerszámok, háztartási gépek	Új mezőgazdasági gépek és új iroda-gépek			
Ritkán, de nagy biz-tonsággal használt gépek	Orvosi és mérő-műszerek	Új motorok, klímaberendezések, építő-gépek, liftek, emelő-gépek	Rakodódaruk		

Gépek, melyek nem mindig üzemelnek, de egy-egy alka-lommal hosszabb ideig	Szállítójárművek, kétkerekű járművek	Forgó orsók, ipari motorok, lengőszíták, serleges szállítóművek	Nagyméretű hajtások gumi és műanyag kalanderek, nyomdagépek		
Gépek melyek állandóan napi 8 órán felül üzemelnek		Hengerművek, felvonó berendezések, szállítógépek, centrifugák	Sínjárművek tengely-csapágái, klímaberendezések, nagyméretű elektromotorok, kompresszorok, szivattyúk	Mozdonyok tengelycsapágái, pályamotorok, prések lentkerekei, aknaberendezések	Papírgépek sugárhajt
Gépek, melyek megállás nélkül 24 órás üzemben működnek					Vízellátás berendezés bányapum ventillátor erőművi berendez

5.1 táblázat Élettartam-tényezők különféle felhasználási esetekre

5.4 Módosított névleges élettartam ISO szerint

A névleges élettartamot az 5.2 bekezdésben megadott képlet alapján számíthatjuk ki. Ha bizonyos feltételek mellett egyes esetekben 90 %-nál hosszabb élettartamvalószínűséggel kellene számolni, ezt feljavított alapanyag-minőség alkalmazásával, speciális gyártási módszerekkel, vagy megváltoztatott belső szerkezettel érhetjük el.

Fentiekén túlmenően a csapágák élettartamára befolyással bír a kenés (Elastó hidrodinamikus olajfilmelmélet), az üzemi hőmérsékleti viszonyok, a fordulatszám, az idegen anyagrészek jelenléte, stb. Ezeket a befolyásoló tényezőket a névleges csapágyélettartam megállapítása, kiszámítása során csak teljes általánosságban vettük figyelembe, mivel az L_{10} élettartam tapasztalati alapokon nyugszik.

A módosított élettartam kiszámításánál az ISO 281 szerint előfeltétel az, hogy minden üzemi jellemzőt, beleértve a futási egységességet, a tengelykihajlásokat, stb. jól megismerjünk. A módosított élettartam egyenletét az ISO 281 szerint 1977-ben vezették be.

$$L_{na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot (C/P)^p \dots\dots\dots(5.8)$$

L_{na} : módosított névleges élettartam, millió fordulatban (megélési valószínűségi tényezővel az anyagokra és az üzemi feltételekre való tekintettel)

a_1 : megélési valószínűségi tényező

a_2 : anyagtényező

a_3 : az üzemi feltételekre vonatkozó tényező

5.4.1 Megélési valószínűségi tényező a_1

Az 5.2 táblázatban az egyes megélési valószínűségi tényezőket 90 %-nál magasabb értékekre állítottuk be.

Megélési valószínűség %ban	L_n	a_1
90	L_{10}	1.00
95	L_5	0.62
96	L_4	0.53
97	L_3	0.44
98	L_2	0.33
99	L_1	0.21

5.2 Táblázat a_1 tényező

5.4.2 Anyagtényező a_2

A csapágytáblázatokban szereplő dinamikus teherbírási értéke az NTN állandó fáradásainak eredményeire alapozottak, azzal a céllal, hogy a csapágák minőségét szakadatlanul javítsuk.

Az élettartamérték a_2 érvényes az 5.8 élettartam egyenletben ezekre a teherbírási értékekre.

Csapágyaknál, melyek speciális acélból, anyagaik speciális eljárással készülnek, az értékét 1-nél nagyobbra lehet

választani. Javasoljuk ilyen esetekben az NTN-t megkeresni.

A normál hőkezelési módszerekkel gyártott gördülőcsapágyak méret- és alakhúság értékeit elveszthetik, amennyiben azok 120 hőmérséklet felett dolgoznak hosszabb időn keresztül. A 120 foknál magasabb hőmérsékleti körülmények között működő csapágyak esetében azokat melegstabilizált alapanyagból készítik. Az ilyen csapágyaknál "TS" előjelzés szerepel. Sajnos a melegstabilizáció kapcsán az anyag keménysége csökken, a csapágy élettartama lerövidül.

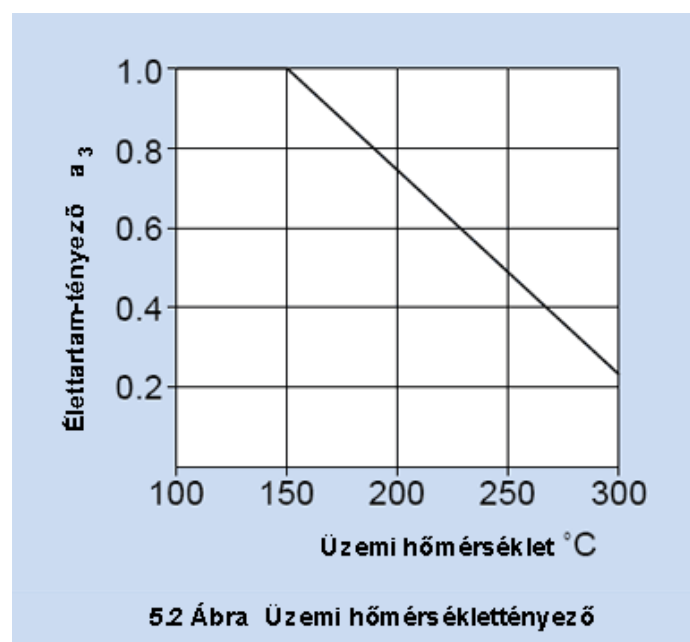
5.4.3 Üzemi feltételek tényező a_3

Az jelölt üzemi körülmények tényező főleg a kenési feltételeket, az üzemi hőmérsékletet, valamint egyéb az üzemre jellemző specifikus körülményeket veszi figyelembe, melyek a csapágyak élettartamát befolyásolhatják.

Amennyiben a kenési körülmények kielégítőek, akkor az általában 1-el egyenlő. Kiemelkedően kedvező kenési feltételek esetében, amikor az egyéb üzemi feltételek is jónak mondhatóak, lehet 1-nél magasabb értéket is alkalmazni.

Kifejezetten kedvezőtlennek mondható kenési feltételek mellett, amikor nincs esély a gördülőtestek és a futópályáik között egységes olajfilmet létrehozni, az a_3 -at 1-nél kisebbre kell megválasztani. Ilyen esetekben előfordulhat például, hogy a kenőanyag viszkozitása az adott hőmérsékleten túl alacsony ($13 \text{ mm}^2/\text{mp}$ alatt lesz golyós- és $20 \text{ mm}^2/\text{mp}$ alatt görgőscsapágyak esetében) vagy ha a fordulatszám alacsony (n (1/perc) d_p (mm) < 10000). Ha speciális üzemi feltételekkel van dolgunk, javasoljuk az NTN-t a problémába bevonni.

Növekvő üzemi hőmérséklet esetében a csapágyak anyagának keménysége csökkenő tendenciát mutat. Ennek megfelelően az élettartamuk is lerövidül. Az 5.2 ábrából az üzemi hőmérsékletet kifejező tényezőket tudjuk megkapni.



5.2 Ábra Üzemi hőmérséklettényező

5.5 Statikus teherbírási érték

Ha a gördülőcsapágyak terhelés alatt és álló helyzetben vannak vagy csak igen lassú fordulaton működnek vagy billenőterheléseknek vannak kitéve, a gördülőtest és a futópályája érintkezési helyein maradandó alakváltozások lépnek fel. Ennek mértéke a terhelés nagyságával van arányban. Ha egy bizonyos megadott alakváltozási értéknél nagyobb alakváltozás lépne fel, a gördülőcsapágyak további zavartalan üzemelése már a továbbiakban nem biztosított.

Kísérleti alapon megállapították, hogy a gördülőtestecske átmérőjének 0,0001-szeres maradó összes alakváltozása az érintkezési ponton a legnagyobb terhelést hordozó gördülőtestecske és futópályája között még általában nem okoz említésre méltó problémát a csapágy működésében, futásánál.

A statikus teherbírási érték annak a terhelésnek felel meg, amely egy meghatározott maradandó alakváltozást eredményez, előfeltétel, hogy a terhelések centrikusak kell, hogy legyenek és radiális csapágyaknál radiális, axiális csapágyaknál axiális irányúak.

A statikus teherbírási szám az ISO 76-1987 szerint azt a terhelést adja meg, amely mellett a leginkább megterhelt gördülőtest és a futópálya közötti dipól-terhelés az alábbiak szerint alakul:

beálló golyóscsapágyaknál:	4600 MPa
egyéb golyóscsapágyak esetében:	4200 MPa
görgőscsapágyaknál:	4000 MPa

Ilyen, úgynevezett kétpólusú nyomás fellépése esetén hozzávetőlegesen a gördülőtest átmérőjének 0,0001-szeres mértékű maradandó teljes alakváltozása lép fel.

5.6 Megengedett statikus ekvivalens terhelés

A megengedett statikus ekvivalens terhelés (lásd 6.4.2 fejezet) mértékét az 5.5 bekezdés szerint lehet meghatározni, a mindenkor elvárt és megkövetelt üzemi viszonyokat, nyugodt futást alapul véve a határértéket, amely a statikus terhelési szám figyelembevételével adódik, tapasztalati adatok alapján alá és fölé is szokták tervezni.

Az (5.9) képlet és az 5.4 táblázat segítségével tapasztalati értékek alapján válik lehetővé a statikai teherbírási biztonság meghatározása, ehhez alapul véve a maximális statikai ekvivalens terhelést.

$$S_o = C_o / P_o \dots\dots\dots(5.9)$$

S_o: statikai teherbírás biztonsága

C_o: statikai teherbírási szám, N (radiális csapágyaknál **C_{or}** és axiális csapágyaknál **C_{oa}**)

P_o: a maximális statikai ekvivalens terhelés, N (radiális csapágyak esetében **P_{or}** axiális csapágyaknál **P_{oa}**)

Üzemi feltételek	Golyóscsapágy	Görgőscsapágy
Nagyfutási pontosság szükséges	2	3
Normál futási pontosság elegendő (általános alkalmazás)	1	1.5
A futási pontossággal szemben csekély igény (alacsony fordulatszám, magas terhelés)	0.5	1

5.4 Táblázat Minimális szükséges statikai teherbírási biztonság S_o

 Előző fejezet

 Vissza a tartalomhoz

Következő fejezet 