FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

RUGALMAS ANYAGÚ SIKLÓCSAPÁGYAK

Szávai Szabolcs

Az utóbbi években jelentősen elterjedtek az olyan csapágyak, ahol különböző megfontolásokból nemfémek (gumi, műgumi, műanyag) anyagokat használnak. Először az olyan technikai műanyagok terjedtek el, melyekkel lehetőség nyílt a színesfémek helyettesítésére, amelyek ki tudják elégíteni a siklócsapágyazás változó üzemi feltételeit. A II. világháború óta nő ugyanis az igény gondozásmentesen működő gépek iránt, amelyek csapágypályái még rossz kenési viszonyok között is gondoskodnak a kedvező súrlódási feltételekről. Valójában a műanyagok és a gumi csak bizonyos feltételek között helyettesítik a fém csapágyakat. Ezzel szemben bizonyos körülmények között a csapágyműanyagok, gumik egyes tulajdonságai felülmúlják a fém csapágyanyagokét (pl. kopásállóság, kis súrlódási veszteség). Ezért a csapágyműanyagokat nem helyettesítő, hanem sajátos csapágyanyagoknak kell tekinteni. Éppen ezért, a műanyagból, gumiból készíthető siklócsapágyak méretezése nem lehet azonos a hasonló fém alkatrészekével. Sőt sok esetben maga a szerkezet sem lehet azonos kialakítású a fémből készültével. [3][6]

Műanyag csapágyanyagok alkalmazási előnyei, határai és javítási lehetőségei [1][2][4][5]

A csapágytechnikában poliamidokat, poliacetát, polietilén-tereftalátot, fluorplasztokat, rendkívül nagy molekulású polietilént, fenolformaldehidet, poliimideket, epoxit, és a felsoroltak számos anyagtársítását alkalmazzák. Ezek alkalmazási előnyei a kedvező siklási tulajdonságok, amelyek szárazfutás körülményei között is megmaradnak, nagy kopásállóság, jó csillapítóképesség, nagyfokú vegyszerállóság, a műanyagok képessége a szilárd szennyezések beágyazására minek hatására a jó siklási tulajdonságai miatt a csapok felületén nem lép fel berágódás. A műanyagok jó társíthatósága más, tulajdonságot módosító anyagokkal szélesítik az alkalmazási területeket, a műanyag-feldolgozási technológiák nagy választéka számos konstrukciós változat kialakítását teszi lehetővé.

Kedvezőtlen tulajdonságaik azonban határt szabnak alkalmazási lehetőségeiknek. Ezek a korlátozott hőállóság, az egyes műanyagok nagy nedvességfelvétele miatti nagy méretváltozás, a fémeket nagyságrendekkel meghaladó hőtágulás, az alacsony szilárdsági jellemzők a kúszáshajlam, a kis hővezető-képesség (kb. 300-szor kisebb mint a fémeknél).

A teherbírás növelése, a kedvezőtlen hatások csökkentése érdekében a műanyagokba gyakran erősítő- és töltőanyagokat adalékolnak. A megfelelően alkalmazott erősítő anyagok növelik az anyag szilárdságát, keménységét, esetleg javítják hővezető képességét (pl. bronz). A tribológiai jellemzők is jelentős mértékben megváltoznak az erősítő anyagok mennyiségétől, tulajdonságaitól, elrendezésétől és eloszlásától függően. Így például a műanyagok adhéziós munkája kis felületi energiájú anyagok (polietilén, politetrafluor-etilén) hozzáadásával, az adhéziós kapcsolatok nyírószilárdsága pedig kenőolajok vagy szilárd kenőanyagok (pl. molibdéndiszulfid, grafit) bevitelével csökkenthető.

A tényleges érintkezési felület nagysága és az érdesség-csúcsok benyomódásának mélysége a keménység növelésével csökkenthető, ami szálak (üvegszál, szénszál, kerámiaszál stb.) vagy por alakú (üveg-, szén-, grafit-, fém-, krépor, stb.) erősítő anyagok bevitelével érhető el. A keménység növelése gyakran együtt jár a hiszterézis veszteség csökkenésével is. Az erősítő anyagokkal (pl. szén-, üveg-, grafit-, bronzpor) a kis felületienergiájú anyagok (pl. PTFE, melynek súrlódása nagyon alacsony, de rendkívül gyorsan kopik) kopásszilárdsága nagyságrendekkel megnövelhető anélkül, hogy a kedvezően alacsony súrlódási tényezője túlságosan megemelkedne. A poláros műanyagok súrlódási tényezője, ami viszonylag nagy, pedig a PTFE vagy PE hozzáadásával csökkenthető. A súrlódás csökkenése itt kopáscsökkenéssel is jár. A táblázatban [2] vékony rétegű társított anyagok anyagkombinációinak lehetséges példái találhatók, megnevezve a tipikus műanyagmátrixokat, szálféleségeket, belső kenőanyagokat és más társító összetevőket.

Mátrix	Szálféleség	Szálforma	Szilárd kenőanyag
fenol	poliimid-amid	szál	PTFE részecskék (pehely) kevert szövetbe szöve
vinil-fenol	aromás poliamid	vászonkötésű szövet	
epoxi	poliészter	selyemszövet	
poliimid	üveg	sávolykötésű szövet	(CF _x) _n
PPS	szén	fátyolszövet	grafit
PES PEEK	fémek bronz nikkel bór	sodrott szál szálköteg kevert szálköteg kevert szál	MoS ₂

Erős abrazív igénybevételű, nagy kopásállóságú társított műanyagokhoz célszerű PEEK mátrixot választani, amelynek merőleges Aramid szálerősítése van. Különböző, együtt fellépő, eltérő irányú koptató hatások 3 dimenziójú hibrid-társított anyagot igényelnek, amelyben a siklómozgás síkjában grafit-szövet van, erre merőlegesen pedig aramidszál mátrix pedig szívós kopásálló műanyag pl. PEEK (1.ábra).

Csapágszerkezetek [5][8][9]

Az ilyen csapályak osztályozásának egyik elve a vastagsági méretet követi. A vastag falú csapályak 3 mm feletti fallal rendelkeznek, a vékony falúak fala nem vékonyabb, mint 1 mm és ez alatt vannak a filmszapályak. A konstrukciós irányelveket a műanyagok hátrányos tulajdonságai szabják meg.

1. ábra [2]

A vastag falú csapályákat főleg nagy terhelésű üzembn nagy csapátmérőre használják pl. hengerüzemi csapályazáshoz, hajócsavar tengelyéhez, kormányssár csapályaihoz. Egy ilyen helyesen kialakított csapály látható a 2. ábrán. A fémekhez viszonyítva műanyag perselyeknél aránylag nagyobb rés szükséges, mert a kenőanyag megduzzasztja a műanyag perselyt és az befelé dagad, vagyis csökken a kenőrés. A olaj, a kenőanyag beszívódása egyébként előnyös, mert a kenési viszonyokat javítja, így még nagy felületi terhelés esetén is kielégítő a kenés.

Nagy turbináknál és szivattyúknál és olyan esetekben, amikor iszapos vagy erősen homokos víz kerülhet a csapályba, jól bevált csapályanyagként a lág,

esetleg kemény gumi is, osztott vagy osztatlan acélperselyben, vízkenéssel (3. ábra). A tengely ez esetben lehet edzés nélküli, de korrózióállónak kell lennie, vagy bevonattal kell rendelkeznie és felületét nagy simaságúra kell munkálni. A csap kerületi sebessége 10 m/s is lehet és célszerű a szokásosnál hosszabbra készíteni és a víz bevezetésére hosszanti bordákkal kell ellátni. A víznek nemcsak kennie kell, hanem a hűtést is

2. ábra [9]

végzi, így nem lehet 60°C -nál melegebb és rendszerint szivattyú szállítja a csapágyhoz. A relatív játékot viszonylag nagyra kell venni, mert a gumi üzem közben felmelegszik és kiterjed.

3. ábra [8]

A rossz hővezető képesség miatt célszerű a műanyag persely vastagságát csökkenteni, vagyis vékony rétegben csapágybélésként használni. (4. ábra). A poliamid bélést igen jó siklási tulajdonsága és kopásállósága miatt acél tengelycsap esetén karbantartás nélküli, szárazon futó csapágyként is lehet használni.

4. ábra [9]

A műszaki alkalmazásoknál sima acélfelületen való siklás közben gyakran kell a párosított elemeknek nagy érintkező nyomást kiállni. Tömör kivitelben, kis nyomószilárdságuk miatt a műanyagok ilyen terhelési viszonyokra nem jöhetnek számításba. Ugyanakkor éppen ezek az anyagok felépítésüknél fogva úgy képesek a terhelési feltételekhez alkalmazkodni, hogy a kívánt tulajdonságok széles palettáját (nagy kifáradási szilárdság,

5. ábra [9]

jó önkenés és korrózióállóság) a célnak megfelelően biztosítják. A műanyag ezen előnyeit súrlódási igénybevételű rendszerekhez, nagy érintkező nyomás mellett úgy lehet kihasználni, hogy igen vékony réteget állítanak elő belőlük, amit fém hordozóanyagra visznek fel (ragasztás, ráolvasztás, mártás, felszórás), hogy ezzel biztosítható legyen a szükséges nyomószilárdság és kúszási sebesség (5. ábra).

Méretezési problémák [6][7][9]

Miután a műanyagok fizikai és mechanikai tulajdonságai a fémektől lényegesen eltérőek, a műanyag perselyek méretezésénél figyelembe kell venni a műanyag jóval nagyobb rugalmas alakváltozását, (6. ábra) továbbá kúszási hajlamát, melynek hatására csapsüllyedés következhet be, az anyagjellemzők hőmérsékletfüggését a rossz hővezetési képességből adódó melegedés és a nedvességfelvétel hatására bekövetkező méretváltozást, továbbá azt, hogy a különböző erősítő anyagokkal lehetőség van inhomogén, izotróp jellemzők elérésére is. Ezen tulajdonságok jelentős hatással vannak a csap és a persely érintkezése mentén kialakuló $p(\varphi)$ nyomásfüggvényre.

6. ábra [6]

A terhelhetőség meghatározásakor meg kell állapítani, hogy száraz, vegyes, vagy tiszta folyadéksúrlódás alakulhat-e ki a siklócsapágyban, mert mindhárom esetben más és más módszerrel lehetséges a hőmérséklet- és nyomáeloszlás, alakváltozás, kopási és súrlódási jellemzők meghatározása.

Száraz és vegyes súrlódásra általában az ún. $p-v$ értéket adják meg, de bonyolultabb kritikus igénybevételű csapágyaknál érdemes pontosabb számításokat végezni pl. a végeelem módszer kontakt problémákra kidolgozott elméletével, mely lehetővé teszi súrlódásos esetben is a felületek alakváltozásnak, a nyomás és hőmérséklet

eloszlásának meghatározását. Hidrodinamika kenésmélet alapján való méretezésnek vastagfalú poliamid csapágyaknál nincs létjogosultsága, ezek a csapágyak többnyire igen nagy játékkal és viszonylag nagy felületi érdességgel készülnek.

A 0,2-0,5 mm bélésvastagságú és olajkenésű műanyag csapágyak méretezésére a hidrodinamikai kenésmélet ismert összefüggései a méretezéshez felhasználhatóak, ha a hidrodinamikai erők keletkezéséhez szükséges feltételek teljesülnek. Számolni kell viszont azzal, hogy a klasszikus hidrodinamikai elméletekkel nem lehet pontosan meghatározni a fent leírt anyagtulajdonságokkal bíró csapágyak esetén a kérdéses jellemzőket. Erre az utóbbi években kialakult elasztó-hidrodinamikai kenésmélet segítségével kaphatnánk választ, de ezen elmélet még nem teljesen kidolgozott erre az esetre. Napjainkban még ezen a téren inkább a kísérleti eredményekre támaszkodhatunk. A 7. ábrán különböző perselyek kísérleti úton meghatározott határterhelési görbéi láthatók. A határterhelési

értékeknél adódó legnagyobb felületi terhelés esetén az adott kerületi sebességen a folyadéksúrlódás megszűnik, és a persely berágódási határhelyzetbe jut.

Tönkremenetel [1]

A műanyag csapágyak általában amiatt mennek tönkre, hogy a túl nagy felületi nyomás hatására a csapágypersely deformálódik, kúszik, alakját veszíti és emiatt meg nem engedett csapsüllyedés lép fel, vagy a súrlódó hő miatt a csapágy túlzottan felmelegszik, az anyag károsodik vagy megolvad, vagy a csapágypersely elkopik esetleg akadó csúszás (stick-slip) lép fel.

A csapágyak tönkremenetelét a siklófelületek helyes tervezésével (méretezésével) és szakszerű kialakításával el lehet kerülni.

7. ábra [9]

Felhasznált irodalom

- [1] Antal Miklós: Műanyagok Gépészeti Alkalmazása I-II., GTE, Bp., 1987.
- [2] Friedrich Klaus: Szálerősítésű műanyagok súrlódása és kopása tribológiai igénybevétel során, Műanyag és Gumi, 1993/5., 97. o.
- [3] Kazinczy László: Szerszámgépek I., Tankönyvkiadó, Bp., 1955.
- [4] Kozma Mihály: Erősített műanyagok tribológiája, Műanyag és Gumi, 1994/5. 120. o.
- [5] László György: Műanyag csapágyak, fogaskerekek, gördülő testek, BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Bp., 1986.
- [6] Szota György: Siklócsapágyak tervezése, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1974.
- [7] Vadász Emil: Gépalkatrészek gyártása és javítása műanyag bevonattal, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1978.

SZÁVAI SZABOLCS okleveles gépészmérnök, doktorjelölt,
MISKOLCI EGYETEM, GÉPELEMEK TANSZÉKE, MISKOLC-EGYETEMVÁROS, H-3515, Tel/Fax: +36-46-327-643