

KIS MÉRETŰ MŰANYAG FOGASKEREK VIZSGÁLATA

TESTING OF SMALL PLASTIC GEARS

Bihari János egyetemi tanársegéd, Kamondi László PhD, tanszékvezető egyetemi docens

ABSTRACT

Plastic gears are used in many areas of life. Designing and installing these types of gears often needs physical post-control due to the deficiency of the relevant standards and work-helpers. In order to have real results by the control, we must use a kind of testing equipment, which is able to simulate exactly the stress as well as the typical problems. To be able to compile the right tests we must learn the types of these problems.

1. BEVEZETÉS

A műanyagok használatának számos előnye van. Jellemzően könnyebbek, mint a fémek, olcsón gyárthatók nagy sorozatban és könnyen létrehozhatók speciális fogazatok, amiknél nem kell tekintetbe venni az acél fogaskerekeknel a tervezést korlátozó gyártási határokat, mint pl. az alámetszés, vagy a fogkihegyesedés. Fontos tulajdonságuk a rezgések csökkentése, műanyag fogaskerék- fém fogaskerék kombináció használatával jelentősen csökkenthető egy berendezés zajszintje. A műanyag fogaskerekek használatával a korábbi módszereknél egyszerűbben létrehozható hézagmentes kapcsolódás, ami a precíziós eszközök gyártásának lényeges feltétele.

Kisméretű műanyag fogaskerekek tervezésekor és az ilyeneket tartalmazó hajtóművek tervezésekor is problémát jelent, hogy nincsenek olyan alaposan kidolgozott és jól használható irányelvek és szabványok, mint az acél fogaskerekekhez. A tervező gyakran rá van szorulva, hogy kísérleteket végezzen, vagy mások kísérleteinek eredményeit használja. Hosszú távú célunk egy kísérletsorozat elvégzése, amelynek eredményei segíthetik a kis méretű műanyag fogaskerekek tervezését, ehhez azonban létre kell hozni egy számos üzemállapot szimulálására képes teszterberendezést, valamint a hozzá kapcsolódó érzékelő, jelrögzítő és kiértékelő rendszert. Ennek a cikknek a témája a hajtást és terhelést biztosító berendezéssel

szembeni követelmények meghatározása, annak ismertetése, hogy milyen funkciókkal és tulajdonságokkal kell ennek az egységnek rendelkeznie és miért van szükség az adott funkciókra.

2. DEFINÍCIÓK

Kis méretű fogaskerekek:

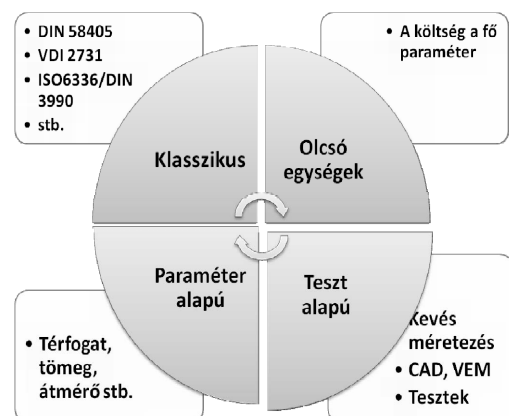
Modul < 1 mm (finommechanika, DIN 58405)
Jellemző külső méret < 50 mm

Mikrohajtóművek fogaskerekei:

Modul < 0,2 mm (VDI mikrohajtóművek)
Jellemző külső méret < 20 mm

3. TERVEZÉSI MÓDSZEREK A GYAKORLATBAN

Egy ilyen rendszer megtervezésének akkor van valódi értelme, ha megfelel az aktuális műszaki igényeknek. Természetesen ehhez vizsgálni kell a gyakorlatban előforduló megoldásokat és tervezési módszereket. Az ipari gyakorlatban alapvetően többféle tervezési módszert lehet megkülönböztetni, a létrehozandó berendezést az összes módszernél előforduló problémákra fel kell készíteni.



1. ábra. Tervezési módszerek

3.1. Klasszikus tervezés

A fogaskereket és a hajtómű elemeit a tervezők az ismert és elismert szabványok, irányelvek és módszerek alapján tervezik meg. A tervező gondosan elvégzi a geometriai, szilárdsági és tribológiai számításokat, az eredményeket adott esetben számítógépes szimulációval ellenőrzi. Az ilyen tervezés közben nem kell a szokásos mértékűtől eltérő kompromisszumokat kötni pl. a költségek vagy a szerelési idő miatt.

Természetesen az így tervezett hajtóművek számos paramétere kötött. Az árszintjük, szerelési idejük nem léphet át bizonyos határokat. A mikrofogaskerekeknél ez a tervezési módszer gyakran nem használható, mert a tűrészrendszerek vagy a megmunkálási eljárások miatt nem lehet biztos eredményt adó számításokat végezni.

3.2. Paraméter alapú tervezés

Jellemzően a mikrohajtóművek és az olcsó hajtóművek tervezési módszere. A jellemző elvárt paraméterek lehetnek a méret, előállítási költség, zajszint, műveleti pontosság stb. A teljes tervezési folyamat ehhez igazodik, a fő paraméter(ek) teljesülése a végcél. A paraméter alapú tervezéskor a tervező lehetőleg figyelembe veszi a vonatkozó szabványokat és előírásokat, de ha ez gátolja az elvárások betartásában, figyelmen kívül hagyja őket. Az ilyen típusú tervezésben kiemelt szerepe van a fizikai teszteknek és a végelemes modellek használatának.

3.3. Olcsó egységek tervezése

Ma már napi gyakorlat olyan egységek beépítése nagyobb gépegységekbe, amelyek valamilyen egyszerű mozgást végeznek és nem túl fontos szerepük, vagy nagy számuk miatt egyik legfontosabb tervezési paraméterük az alacsony költségű előállítás. Így ez egy speciális paraméter alapú tervezésnek is tekinthető. Az ilyen olcsó egységek tervezésekor ma már elfogadott és gyakran használt módszer a teszt alapú fejlesztés.

3.4. Teszt alapú fejlesztés

A tervező megtervezi a hajtómű geometriai kialakítását, fő paraméterként általában a gyárthatóságot és szerelhetőséget tartva szem

előtt. Ez a két paraméter a költségek alacsony szinten tartását, vagy csökkentését szolgálja. A szilárdsági méretezés kevéssé alapos, vagy alá van rendelve az előző két paraméternek. Ilyen szerkezetekben gyakori a máshol már használt fogaskerekek beépítése. A tervezést számítógépes szimulációval ellenőrzik, azonban nem ismert minden lehetséges probléma.

Az egységből legyártanak néhány darabot, majd beépítik a helyére és meghatározott működési tesztekkel végzik rajta. Csak a legfontosabb paramétereket mérik, mint az élettartam a terhelés függvényében, autóipari alkalmazásoknál pl. a zajt, gyakran használt egységeknél az áramfelvételt.

Ha az eredmény kielégítő, megkezdik a sorozatgyártást.

Ennek a módszernek jelentős és egyre jobban érezhető kockázata, hogy a nagyvonalúan előírt tűrések miatt a gyártási hibák azonnal, vagy nagyon rövid idő után a hajtómű működésképtelenségéhez vezethetnek.

Hogy ez lehetőleg ne a végfelhasználónál történjen, a gyártók gyakran az összes ilyen egységet tesztelik összeszerelés után, ami növeli a költségeket. Ezt természetesen figyelembe veszik akkor is, mikor ezt a módszert választják.

Egy másik jelentős kockázat, hogy ha valamilyen tervezési hiba, vagy előre nem látható üzemállapot által okozott meghibásodások miatt nagy a reklamációk száma, akkor a költségek még nagyobb mértékben növekedhetnek, így a fő tervezési paraméterek egyike már nem teljesül.

Az ilyen hajtóművekben merőben szokatlan üzemállapotok jelenhetnek meg, akár olyanok is, amiket csak hosszas kutatással lehet megérteni, így a tervezéskor nehezen vehetők figyelembe.

4. A MŰANYAG FOGASKEREKEKKEL KAPCSOLATOS GYAKORLATI PROBLÉMÁK A KÜLÖNBÖZŐ TERVEZÉSI MÓDSZEREKNÉL

A klasszikus tervezés jellemző problémái:

- Bizonyos anyagokhoz nem állnak rendelkezésre pontos szilárdsági adatok.
- A kapcsolószám változhat a terhelés növekedésével.
- Egyes műanyagok belső súrlódása miatt a terhelés hatására az anyag belsejében is fejlődhet el nem hanyagolható mennyiségű hő,

így a hőmérsékletek számításakor tévedéshez vezethet, ha csak a felületek sűrűségéből származó hőt vesszük figyelembe.

- Bizonyos kis mérettartományokban a túréseket csak a nagyobb mérettartományok túréseinek extrapolációjával lehet meghatározni. Ilyen esetekben mindig ellenőrizni kell az elkészült fogazatok működőképességét.
- A hajtómű, különösen a mikrohajtóművek, vagy a mikrotartományhoz közeli méretű hajtóművek esetén még jelentős gyártási hibák esetén is működőképes lehet, ami nehezíti a minőség ellenőrzését.
- A szerelési hibák kevésbé egyértelműen jelentkeznek, mint az acél kerekeknél.

A paraméter alapú tervezés jellemző problémái:

- A klasszikus tervezésre jellemző problémák itt is igazak.
- A paraméterek teljesülése a szimulációig csak feltételezhető.
- Túl sok a bizonytalansági tényező.
- A szerelési hibák hatása nehezen kiszámítható.
-

Teszt alapú fejlesztésnél jelentkező jellemző problémák:

- Itt is igazak mind a klasszikus, mind a paraméter alapú tervezés problémái.
- Számos probléma lehetősége nem ismert, mert nem szerepelnek a tervezési folyamatban.
- A túrések miatt a hibás geometria is működhet bizonyos helyzetekben jól.
- A teszt példányok csak a végleges gyártási módszerrel adnak jó eredményeket.
- A teszt példányok hibái kiszámíthatatlanná teszik az eredményeket.
- A nem megfelelő tesztek alapján hibás következtetések.
- A melegedés nem számítható, a hatásai nehezen korrigálhatók.

5. A TERVEZÉSI MÓDSZEREK ÉS A FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEK HATÁSA A PRÓBAPADDAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEKRE

A klasszikus módszerekkel tervezett hajtóművek fogaskerekeit általában viszonylag egyszerű próbapaddal lehet ellenőrizni.

A pad egy, a meghajtást biztosító motorból, a fogaskereket befogadó készülékekből és azok

csapágyazásaiból, valamint egy fékből áll, amely a terhelést biztosítja.

Az ilyen próbapadokkal szemben támasztott minimumkövetelmények:

Motor:

- A motor legyen elegendően erős ahhoz, hogy a kívánt behajtó teljesítményt tartósan, azonos, vagy paraméterek szerint változó fordulatszám mellett tudja biztosítani.
- A szabályozhatósága legyen olyan, hogy lehetővé tegye a szimulált folyamat jellemzőinek pontos követését.

A fogaskereket fogadó szerkezet:

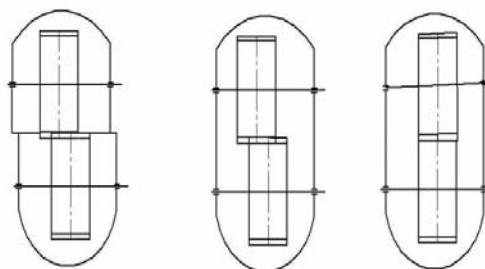
- Lehetővé teszi a fogaskerek rögzítését és biztosítja a csapágyazásukat.
- A szerkezet pontossága minimum tegye lehetővé a fogaskerek olyan pontosságú pozícionálását, amilyen pontosságú környezetben a tervezett berendezésben vagy gépben működni fognak.
- Nem vihet a rendszerbe a végleges környezetnél nagyobb hőt, de a hővezetése sem lehet jelentősen jobb, mint a végleges szerkezet elemeinek.
- Ellátható burkolattal, ami lehetővé teszi a kent állapotú jellemzők vizsgálatát különböző kenőanyagoknál.

A fék:

- Képes a megfelelő terhelést biztosítani.
- Jól szabályozható, így alkalmas gyorsan változó terhelések létrehozására.

5.1 Néhány gyakorlati probléma és hatásuk a követelményekre

A műanyag kerekeket gyakran szerelik fröccsöntött házakba. Ezeknél előfordulhat, hogy a csapágyazást hibásan szerelik be, ami szöghibákat és mérethibákat okoz (2. ábra).

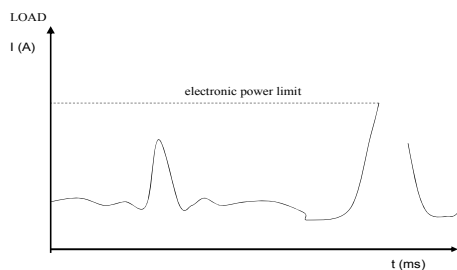


2. ábra. Néhány szerelési hiba

Követelmény a próbapaddal szemben:

A fogaskerekeket rögzítő úgy kell kialakítani, hogy lehetővé tegye az ilyen hibák szimulációját.

Kis elektromos kéziszerszámok hajtásait gyakran érheti egyenetlen terhelés a felhasználás módja miatt. Ilyen egyenetlen terhelést okozhat a csavarozás forgácsolásban, vagy fogorvosi fúróknál a hirtelen mozdulatok munka közben (előre látható hibás használat).



3. ábra. Kiugró terhelések kompozit anyag csavarozásakor

Ezek hatása gyakran olyan, hogy csak a kerék pár fogát éri nagyobb terhelés (3.ábra). Műanyag kerekek estén ez azt is jelentheti, hogy a kapcsolószám megnő, a kapcsolatban lévő első fog erősen deformálódik. A kapcsolatból kilépve a fog visszanyeri az eredeti alakját. Ilyenkor az anyag belső súrlódása miatt a fogtő és a fog belseje is melegszik, így helytelen anyagválasztás esetén a fog mérete jelentősen megnőhet, kilépve a tűrésmezőből. Ne feledjük, hogy a kis kerekek tűrései abszolút értékben kicsik, de mikrokerekeknél a probléma még jelentősebb lehet. Ilyen esetekben a fejkör közelítőleg sem kör alakú, ez lokális fogtő-interferenciákhoz vezethet. Ha a kerék tönkremegy, utólag vizsgálva a hiba egyszerű fogtőrésnek vagy túlmelegedésnek tűnik, azért nehéz meghatározni, hogy mi okozhatta.

Követelmény a próbapaddal szemben:

A féknek képesnek kell lennie ilyen terhelések szimulációjára. Jobb megoldás, ha a pad képes olyan oszcilláló mozgásra, ami egyszerre csak egy ponton terheli a fogaskerekeket. Ehhez esetleg a motor oszcilláló mozgására van szükség, miközben a fék rögzíti a kihajtó oldalt. Bonyolítja a problémát, ha a vizsgált kerekek intelligens motorvezérléssel ellátott gépbe épülnek be. Ilyen esetben a kimenő oldali terhelés növekedését a motor rövid időre nagyobb nyomatékkal kompenzálja, ekkor a jelenség fokozottabban jelentkezik. Ilyen kerekek vizs-

gálatához a pad motorjának is a hasonlóan kell viselkednie.

A klasszikus tervezésnél is hibázhat a tervező, például figyelmen kívül hagyhatja a nehezen hozzáférhető helyeken a szennyeződések hatásait, vagy bizonyos üzemállapotokat. Ilyen üzemállapot lehet, amikor egy légtechnikai berendezésben a csappantyúkat mozgó hajtóműveknek akkor kell indulnia, mikor a csappantyút impulzusszerű léglökések érik.

A teszt alapú fejlesztésnél a próbapadnak modelleznie kell a lehetséges problémák nagy részét.

Az olcsó egységek tervezésekor figyelembe kell venni, hogy nem csak a fogaskerekek tervezése nagyvonalú, hanem a csapágyazásoké és a házaké is. Ezért a padnak meg kell felelnie a klasszikus tervezés követelményeinek, de azon kívül számos probléma vizsgálatára alkalmasnak kell lennie.

IRODALOM

- [1] Antal, M., Bonamid tervezési segédlet, Szm. 201-XXIV-13/82 Nehézipari Műszaki Egyetem Gépelemek Tanszéke, 1983.
- [2] Bottenbruch, L. & Binsack, R., Technische Thermoplaste 4., Polyamide, ISBN 3 446 16486 3, Hanser Verlag, Wien, 1998.
- [3] Starke, L. & Meyer, B.R., Toleranzen, Passungen und Oberflächengüte in der Kunststofftechnik, ISBN 3 446 22722 9, Hanser Verlag, Wien, 2004.
- [4] VDI 2225 Blatt 3: Konstruktionsmethodik - Technisch-wirtschaftliches Konstruieren – Technisch-wirtschaftliche Bewertung, 1998.
- [5] VDI 2731 Blatt 1: Mikrogetriebe Grundlagen, 2009.
- [6] Züfle, D., Getrieanalyse und Qualitätssimulation, TAE-Seminar Praxis der Zahnradfertigung, Friedrichshafen, 2004.