

# FOGASKEREKES HAJTÓMŰVEK PASSZÍV ELEMEINEK HATÁSA A KIBOCSÁTOTT ZAJRA

## INFLUENCE OF PASSIVE PARTS TO THE EMITTED NOISE IN GEAR DRIVES

*Sarka Ferenc, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszék*

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk összefoglalja a legfontosabb jellemzőket a kibocsátott zaj tekintetében, fogaskerekes hajtóművek házának kialakításával kapcsolatban. Továbbá bemutatja a hajtóművekben jelen lévő tömítések viselkedését akusztikai szempontból.

### ABSTRACT

In this paper, I try to summarise the most important shape parameters of the gear drive housings, which influence to the emitted noise. Also try to give details about the sealing in the view of the acoustic behaviour.

### 1. BEVEZETÉS

A fogazott elempárokkal megvalósított hajtások a gépészetben nagy jelentőséggel bírnak többek között a széles körben elterjedt felhasználásuk miatt, legyen az, az ipar bármely területe. Ennek ismeretében nem hagyhatjuk figyelmen kívül a környezetünkre gyakorolt hatásukat. A TÁMOP 4.2.1 keretében végzett kutató munkám a fogaskerekes hajtóművek környezetre gyakorolt hatásának, akusztikai vonatkozásait vizsgálja.

Az Európai Unió döntéshozói belátták, hogy a lakosságot érő zajterhelés hatalmas mértékben növekedett az elmúlt száz évben.[1] Ennek megpróbálva gátat szabni, a zajkibocsátásra vonatkozóan küszöb értékeket vezettek be az Unió területén. Segítve a tervezőmérnökök munkáját, tervezési segédleteket készítettek, az alacsony zajkibocsátású gépek tervezéséhez (ISO/TR 11688-1,2, Magyarországon pedig az MSZ EN ISO 11688-1,2 az érvényes)[2]. A tervezési segédlet megpróbál támpontot adni a mérnöknek, hogy munkája során hogyan tud a zajcsökkentés irányába lépni, de ezt általános módon, direktívákat lefektetve teszi, a tervezési folyamat teljes szakaszát átfogva.

A fogaskerekes hajtóművek által kibocsátott zaj és rezgés nem csak komfortunk és környezetünk érdekében lehet jelentős feladat. Vannak olyan tervezési esetek melyben a fogaskerekes hajtó-

művek által kibocsátott rezgések valamilyen más, a berendezéshez vagy géphez tartozó vagy közelében lévő elem működését, viselkedését zavarják. Ilyenek például a helikopterekben üzemelő rotor hajtóművek által kibocsátott zajok és rezgések. A fogazatokból kiinduló rezgés végighaladva a hajtóműházon és a helikopter szerkezetén, eljut a vezető fülkébe is, ahol olyan zajokat eredményez, melyek spektrumában az 1-4kHz közötti tartomány nagy intenzitással jelenik meg. Ez a frekvencia tartomány a beszéd kommunikáció frekvencia tartománya is. Az egybeeső frekvencia tartományok zavarhatják a kommunikációt, melynek akár végzetes következményei is lehetnek. Ilyen téren több kutatás is folyik az Amerikai Egyesült Államokban, a NASA fogaskerék kutató laboratóriumában. [8]

### 2. MSZ EN ISO 11688-1,2 AKTÍV ÉS PASSZÍV ELEMEL

A jelenleg érvényben lévő alacsony zajkibocsátású gépek tervezésére vonatkozó tervezési segédletben a gépeket alkotó elemek, gépelemek két csoportba sorolhatók. A két fő csoport az **aktív elemek** és a **passzív elemek**.

Röviden megfogalmazva, az aktív elemek azok, melyek tartalmazzák az akusztikai szempontból forrásnak tekinthető részeket, mint például egy fogaskerék vagy egy csapágy. A passzív elemek azok, melyekben nem találhatóak akusztikai szempontból források, mint például a házak és burkolatok. [3]

### 3. FOGASKEREKES HAJTÓMŰ AKTÍV ÉS, PASSZÍV ELEMEL

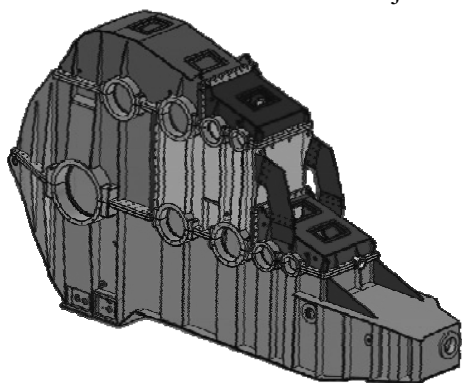
Egy fogaskerekes hajtóműben található aktív elemek:

- fogaskerekek,
- csapágyak,
- tengelyek,
- forgó tengelyek tömítései (elhanyagolható a hatásuk, de a felállított logika miatt itt kell megemlíteni).

Passzív elemeknek tekintjük a hajtóművek házát és az ahhoz tartozó egyéb kiegészítő részeket.

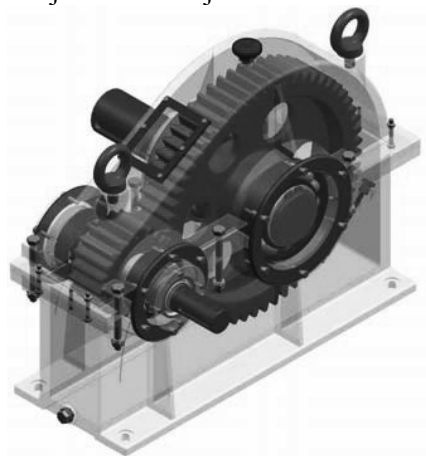
#### 4. HAJTÓMŰHÁZAK ELEMEI

A fogaskerekes hajtóművek házai az esetek döntő többségében osztott kivitelben készülnek. Erre elsősorban a szerelhetőség és a gyárthatóság miatt van szükség. Attól függően, hogy a hajtómű hány sor tengellyel rendelkezik, mekkorák a méretei, a házrészek darabszáma változik. Jól érzékelhető az 1-es ábrán látható kanalas kotrógép marótárcsa hajtóművének házán a fenti állítás. A hajtómű méreteit érzékeltetve: hossza 10m, magassága 6m, szélessége 1,6m. A különböző színek a különböző házrészeket jelölik.

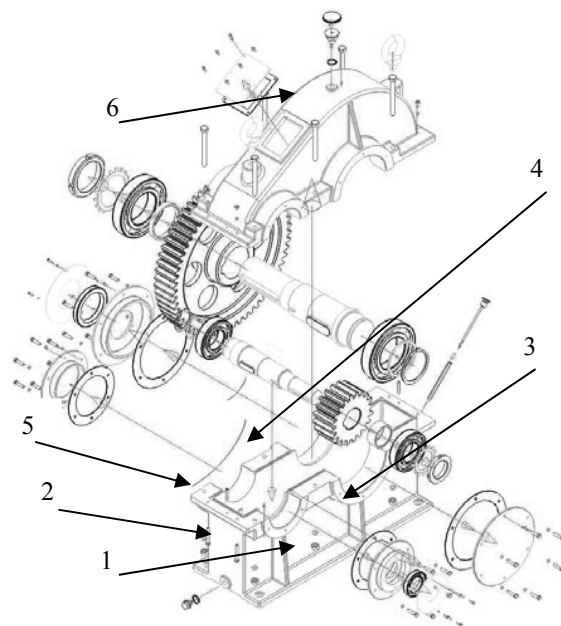


1. ábra Kanalas kotrógép, marótárcsa hajtóműházának CAD modellje [7]

Az 2-es és 3-as ábrán egy egylépcsős fogaskerekes hajtómű CAD modellje látható. Az 1. táblázat segítségével az ábrákon jól azonosíthatók az egyes alkotó elemek, melyeknek szerepét a következő fejezetek mutatják be.



2. ábra. Fogaskerekes hajtómű CAD modellje [4]



3. ábra. Fogaskerekes hajtómű CAD modellje, robbantott ábra [4]

1. táblázat: A hajtóműház elemei

1	Talplemez
2	Alsó ház rész
3	Bordák
4	Osztósík
5	Osztógerenda (perem)
6	Felső ház rész, vagy fedél

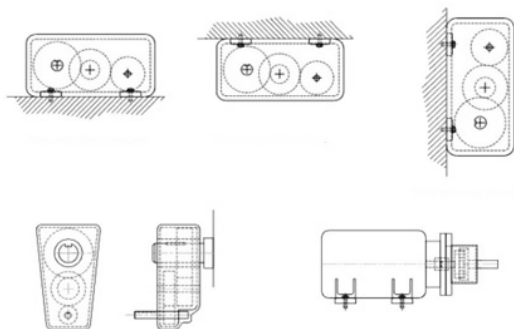
A fogaskerekes hajtóművekben kialakuló zaj terjedése primer és szekunder utakra bontható. A ház szerepe a primer átviteli utakon terjedő zajok le sugárzásában jelenik meg [5].

A ház azon részei melyek nagy merevséggel rendelkeznek, vagy a ház egészéhez képest kis méretekkkel rendelkeznek, mint a bordák, peremek, nem vesznek részt a le sugárzásban. A felsorolt elemekkel ellentétben, a kis merevségű nagy kiterjedésű elemek esetén számottevő „sugárzásal” kell számolni.

#### 5. A HAJTÓMŰHÁZAK VISELKEDESE AKUSZTIKAI SZEMPONTBÓL

Mielőtt belemélyednénk a házak akusztikai viselkedésébe, néhány fontos dolgot meg kell említeni. A hajtóműházakat a szakirodalom és a gyakorlati tapasztalat alapján elindulva, két nagy csoportra oszthatjuk. Lehetnek öntött, vagy hegesztett kivitelűek. A nagyobb sorozatban készülők öntött, míg az egyedi darabok, nagy méretekkkel rendelkező (például a több méteres bányai ipari hajtóművek, 1.ábra), vagy néhány példányból álló sorozatok esetében inkább hegesztett kivittel találkozunk. A tárgyalás során nem választjuk szét a különböző kivitelű házakat.

Az elemzést kezdjük a leggyakrabban használt két részből álló osztott házakat alapul véve. Tanulmányozva kialakításukat, megállapítható hogy a hajtóművek alsó házrésze sokkal merevbb, tagoltabb kialakítású, mint a felső házrész, vagyis a fedél. Ez jól látható a 2. ábrán is. Gyakorlatilag itt történik a házak rögzítése és a terhelés nagy részét is ez viseli. Természetesen fekvő ház kialakítást tekintve. Más kialakítású házak esetében a helyettesítés és a megfeleltetés egyértelműen meghatározható a 4. ábra alapján.



4. ábra Különböző kialakítású hajtóműházak [6]

A fogaskerékes hajtóművek szekunder átviteli úton megjelenő zajhatásai elhanyagolható jelentőségűek [3].

Ennek ismeretében kijelenthetjük azt, hogy a ház akusztikai csillapításának, vagyis léghanggátlásának szerepe elhanyagolható.

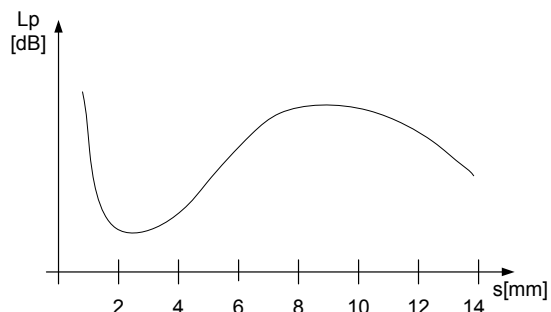
Amennyiben a kisugárzás mértékét szeretnénk csökkenteni a házban végzett beavatkozással, olyan lépéseket kell tennünk, melyekkel egyrészt a sugárzó felületek merevségét növeljük, másrészt a csillapítást növeljük.

## 6. A FEDÉL MEREVSÉGÉNEK NÖVELÉSE

A hajtóműházak fedelének merevségét több módon is növelhetjük, de nem mind azonos hatékonysággal működik.

### 6.1 Falvastagság növelése

A falvastagság növelésével, a nagyobb anyagmennyiség bevitele révén a fedelek merevsége természetesen növekszik, de ezzel együtt a gyártási költségek és a saját tömeg is, mely utóbbi kettő nem kívánatos hatás. A falvastagság növelése és a kibocsátott zaj közötti összefüggés jellegét a 5. ábra mutatja.



5. ábra A kibocsátott zaj alakulása a falvastagság függvényében [5]

Az ábrából jól látható, hogy a 2-3mm közötti falvastagság az, ahol a legkisebb zajkibocsátással számolhatunk. A falvastagság további növelése nem jár előnyös hatással egészen 10mm feletti tartományig. Itt viszont a tömegnövekedés már igen nagyarányú, ezért alkalmazása nem célszerű.

### 6.2 Bordák beépítése

Egy másik lehetőség a merevség növelésére a házban bordák elhelyezése a házban. A hajtóműházakon minden esetben alkalmazunk bordákat, a csapágyperselyek megtámasztására, deformációik csökkentésére (2. ábrán jelölve 3-as számmal). A nagy kiterjedésű, de kis merevséggel rendelkező részekben is alkalmazhatunk bordákat, melyeknek egyetlen célja a rezgésbe jövő felületek regés amplitúdójának csökkentése. Magára a szerkezetre igazán nagy merevítő hatást nem fejtenek ki. Alakjukat tekintve az egyenes kivétel a jellemző, hiszen saját merevségük nem lényeges. Az így beépített bordák a nagyméretű mezőket megbontják kisebb részekre.

A bordák kialakításukat tekintve lehetnek öntött, hegesztett vagy besajtolt kivitelűek. Öntött esetben tömör bordákkal számolhatunk, míg hegesztett házak esetében akár üreges bordákkal is.

### 6.3 Falgörbületek alkalmazása

A nagy sugárzó felületeken görbületek alkalmazása képes növelni a falak merevségét. Természetes a görbület rádiuszának nagysága befolyással van a merevség változásra. A rádiusz 500mm alatti értékénél van számottevő hatása.

## 6. KETTŐSFALÚ HÁZ KIALAKÍTÁS (TOKOZÁS)

A hajtóművek beépítésénél lehetőség van egy költségesebb, de hatásos módszer használatára. Ez a módszer a kettősfalú vagy szendvicsszerkezetű házak alkalmazása. A hajtóművek tokozása

olyan esetekben alkalmazandó, ha a zajcsökkenés kívánt értéke eléri a 20dB-t. A külső burkolat vagy tokozás anyagának kiválasztása fontos szempont. A burkolatnak hangelnyelőnek és nem hangvisszaverőnek kell lennie. Tokozások tervezésénél nagyon fontos a tokozáson elhelyezendő nyílások méretének részletes átgondolása. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a burkolatok esetében, ha a burkolt felület 10 % nyitva marad, a zajcsökkenés elmarad.

A burkolatokhoz kapcsolódva, egy hasonló technika a zajcsökkentésre, a hangelnyelő bevonatok alkalmazása a hajtóműházak falán.

## 7. TÖMÍTÉSEK VISELKEDESE AKUSZTIKAI SZEMPONTBÓL

Fogaskerekes hajtóművekben az egymással kapcsolódó forgó fogaskerek működés közben nem csak legördülnek egymáson, hanem csúszás is történik a fogak felületén. A fogaskerek élettartamának és teherbíró képességének megőrzése érdekében a kapcsolódó fogakat folyamatosan kenni kell. A használt kenőanyagot, ami a legtöbb esetben olaj, bent kell tartani a hajtóműházban. Természetesen a külvilágtól hermetikusan lezárt tokozásban ez nem lenne probléma. Ám a működéshez, a hajtóműbe be kell tudunk juttatni a teljesítményt (behajtás) és ki is kell tudunk venni belőle a teljesítményt (kihajtás). Továbbá összeszerelhetővé kell tenni a házakat, több házrészre kialakítva. Fontos megjegyezni azt is, hogy a működés közben lejátszódó hőmérsékletnövekedés, a belső térre nézve nyomásnövekedéssel jár. Az így keletkező túlnyomást is el kell vezetni a hajtóműházból, a külső térbe.

A behajtás és kihajtás létrehozásával, nyílásokat hozunk létre a házban, ahol a kenőanyag elszökhet, illetve szennyező anyagok juthatnak be a hajtóműbe. Mindkettő nemkívánatos jelenség, melynek megakadályozására tömítéseket alkalmazunk.

A tömítések beépítési helyükön érintkeznek a házzal és a forgó tengelyekkel. A tengelyekkel súrlódva „teszik a dolgukat”. Ahol súrlódás lép fel, ott valamilyen zaj is keletkezik. A különböző súrlódási állapotokra (száraz, határreteg, vegyes és folyadék) legjellemzőbb frekvenciák meghatározása matematikai összefüggésekkel történhet, ahogyan, arra az [5] irodalom, vonatkozó fejezete is utal.

A tömítések életútjuk során többféle viselkedést mutatnak. Frissen beépített tömítések estében nagyobb súrlódó erővel találkozhatunk, mely az üzemórak számának növekedésével csökken, egészen addig, mígnem már a tömítés nem lesz képes ellátni feladatát, vagyis a szennyezők kívül tartását és a kenőanyag házban tartását. A két

szélsőséges eset közötti szakaszon megjelenhetnek olyan esetek, amikor az úgynevezett akadozva csúszás állapota jelentkezik (stick-slip) a tömítésben. Ez a viselkedés akár az egész hajtóműházat rezgésbe hozhatja, és hallható tartományban lévő zajokat okozhat. Ez az akadozó csúszás, az idő függvényében, a kopás növekedésével megszűnik. A fent leírtakból megállapíthatjuk, hogy az akadozva csúszás esetén kívül, a tömítéseknek, a hajtómű teljes zajkibocsátására nincsen jelentős hatása.

## 8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

"A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg"

## 9. IRODALOM

- [1]: F. Sarka – Á. Döbröczöni: Directives of Designing Machines With Low Noise Emission, Advanced Engineering, 2011.
- [2]: MSZ EN ISO 11688-1,2
- [3]: Sarka Ferenc, Prof. Dr. Döbröczöni Ádám: Alacsony zajkibocsátású gépek tervezésének irányelvei. Gép, 2011/9-10, II. kötet, pp20-23
- [4]: Forrás: Burmeister Dániel, Komplex tervezés c. tantárgy, évközi feladat, 2007-2008 II.félév. Gyakorlatvezető: Sarka Ferenc
- [5]: Kováts Attila: Gépszerkezettan (Műszaki akusztika), Tankönyvkiadó, Bp. 1988.
- [6]: [http://www.roymech.co.uk/Useful\\_Tables/Drive/Drive\\_trains.html](http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Drive/Drive_trains.html)
- [7]: Sarka Ferenc – Dr. Szabó J. Ferenc – Dr. Apró Ferenc: SRs2000 fogaskerekes hajtómű műszaki elemzése, Készült: a jászberényi Aprító gépgyár ZRt. Részére, 2006
- [8]: Stephen A. Hambric, Micah R. Shepherd, Robert L. Campbell: Effects of Gears, Bearings, and Housings on Gearbox Transmission Shaft Resonances. Internpise 2012. August19-22. NY, USA.
- [9]: Békési Nándor: Elasztomer anyagok és csúszó tömítések súrlódása és kopása. PhD értekezés, 2011. BME.