

MŰANYAG-FÉM HIBRID HÉZAGOLÓ MECHANIZMUS KÖZLŐMŰVÉNEK FEJLESZTÉSE

DEVELOPEMENT OF METAL-POLYMER HYBRID BEARING BRACKET

Jónás Szabolcs, szabolcs.jonas@knorr-bremse.com

Kovács Ferenc, ferenc.kovacs@knorr-bremse.com

Kalmár Zsolt, zsolt.kalmar@knorr-bremse.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkben a Knorr-Bremse VJRH Kft. „metal-to-plastic” projektjének keretében megvalósult hézagoló mechanizmus áttervezése kerül bemutatásra. A projekt célja, hogy bizonyos alacsony terhelésű fém alkatrészeket a nagyobb termelékenység és különböző gazdasági megfontolások alapján, úgy, hogy szilárdságilag is megfelelő maradjon, műanyag alkatrészeire cseréljük. A fejlesztési folyamat során kísérleti és szimulációs eszközöket alkalmazva készült el az itt bemutatott szerkezet.

ABSTRACT:

In this article the development of a bearing bracket is presented, which development was part of the Knorr-Bremse Rail Systems Ltd.'s „metal-to-plastic” project. The goal of the project is to change the type of the material of low loaded parts from metal to plastic due to productivity and economical points of view, but the strength of the plastic parts must be also suitable. During the development process, experimental and numerical examinations were done.

1. BEVEZETÉS

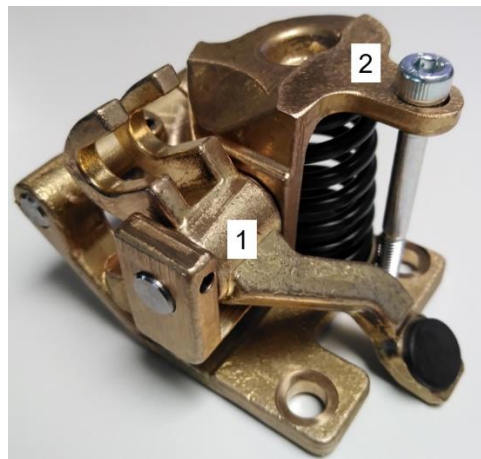
Az utóbbi években felmerült az igény a vasúti iparban is a tömegcsökkentésre. Ennek egyik lehetséges módja, hogy új anyagokat feltételezünk a tervezés során és építünk be a fékegységekbe. Néhány évvel korábban az ún. *metal-to-plastic* projekt keretében kiválogatásra kerültek azon alkatrészek, amelyek terhelései nem indokolják a fémből történő előállítását. A projekt során kiválogatott alkatrészek halmazának az egyik eleme a hézagoló mechanizmus közlőműve. A közlőmű három fő

elemből épül fel, amelyből két alkatrészt műanyagra lehet cserélni a teherviselési szempontok alapján.

A fejlesztési folyamat során a konstrukción előkészített CAD modellek végelemes számítások sorozatával lettek ellenőrizve, és a geometriai módosítások a kedvező feszültség eloszlás elérésig lettek folytatva.

A megfelelőnek tekintett darabok legyártásra kerültek, majd funkció és kifáradás vizsgálatoknak lettek alávetve.

Az 1. ábrán az eredetileg alkalmazott, bronz alapanyagú egység látható. Jelen cikkben az 1 és 2 jelölésű alkatrészek anyaga változott.



1. ábra. Bronz hézagoló mechanizmus közlőműve

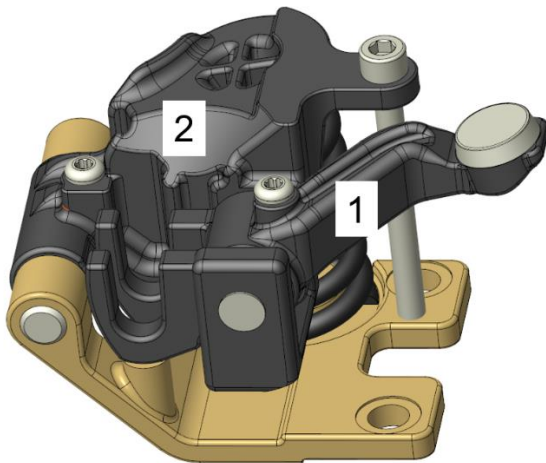
A hézagoló mechanizmus közlőművének alapvető feladata a fékezések között a kerék-féktárcsa közötti előírt méretű hézag biztosításához szükséges mechanikus kapcsolás végrehajtása.

2. ÁTTERVEZÉS MŰANYAGRA

Az áttervezés során meg kellett vizsgálni, hogy mely anyagminőségek lehetnek alkalmasak arra, hogy a legnagyobb fellépő terhelések mellett is képesek legyenek az alkatrészek tönkremenetel nélkül ellátni funkciójukat.

A kiválasztott anyagminőség a Grivory HTV-5H1 [1-2], ami egy üvegszál (50%) erősítéses kopolyamid. Az alapanyag kiválasztásakor nemcsak a kiváló mechanikai jellemzők domináltak, hanem a fröccsönthetőség és a jó alaktartó képesség is. A Grivory HTV-5H1 mellett For Tii Ace MX53 (PA4T-GF50) és TEREZ HT 100 HG50 (PAA-GF50) minőségek is felmerültek, mint lehetséges anyagminőségek, azonban a kísérleti vizsgálatok eredményei alapján el lettek vetve.

A hibrid termék CAD modelljét a 2. ábra mutatja, a modellezés Creo4.0-ban történt.



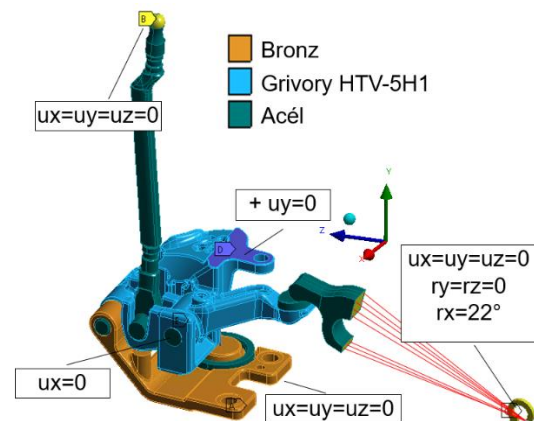
2. ábra. Hibrid hégazoló mechanizmus közelművének CAD modellje

3. VÉGESELEMES MODELLEZÉS

A mechanizmus végeelemes vizsgálata ANSYS Workbench 19.2 rendszerben történt.

A szimulációhoz a Creo-ban előkészített geometriák lettek beolvasva, és a modellezés szempontjából szükségeszerű egyszerűsítések a végeelem rendszeren belül lettek elvégezve. A modell 23 terhelési lépésből áll. Az első terhelési lépésben kerül előfeszített állapotba a rugó, a többi lépésben az ún. excenter tengely karjának forgása zajlik le, minden lépésben 1° elfordulás mellett. A 3. ábrán látható a modell peremfeltétel rendszere és az alkalmazott anyagminőségek.

A modell másodfokú tetra elemekből épül fel. Az egyes érintkező felületek között súrlódásos kapcsolat áll fenn, a súrlódási tényező értéke minden esetben $\mu=0,1$ -re lett választva.



3. ábra. Végeelem modell peremfeltételei és az alkalmazott anyagminőségek

3.1. Anyag

A modellben minden anyag homogén, izotróp és lineárisan rugalmasként lett figyelembe véve. Az alkalmazott lineárisan rugalmas anyagjellemzőket (rugalmassági modulus és Poisson tényező) az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. Rugalmas anyagjellemzők

Anyag	E [MPa]	ν [-]
Acél	210 000	0,3
Bronz	130 000	0,33
Grivory HTV-5H1	18 000	0,49

A műanyag kifáradási jellemzői nem voltak ismeretesek, ezért a miskolci BAY-ENG által végzett fárasztóvizsgálatok [3] eredményei és az [1] alapján történik a kiértékelés.

3.2. Peremfeltételek

A modell elmozdulás vezérelt, az ún. excenter tengely tengelyvonalában $\alpha=22^\circ$ elfordulás kényszer lett előírva. Az elfordulás egy merevtestként feltételezett alkatrészen keresztül adódik át a közelmű karjára (1-es jelű alkatrész). A rugó (1. ábra) egy egyszerűsített rugóelemmel és két, a rugó köszörült felületein felfekvő tárcsával lett modellezve annak merevségével és előfeszítettségi állapotával.

A 2 jelű alkatrészen D-vel jelölt felületen $+u_y=0$ feltétel áll, ez a peremfeltétel megengedi, hogy az alkatrész saját síkjában és -Y irányban elmozduljon, azaz meg van támasztva, az alkalmazott peremfeltételtől el tud válni. A valóságban ez a felület a fékház falához támaszkodik.

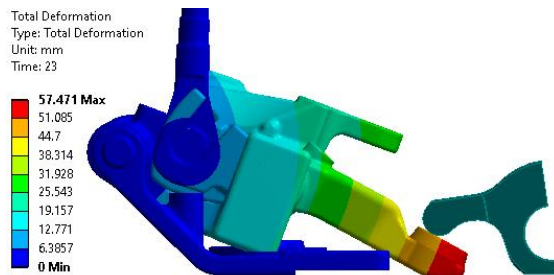
Az 1 jelű alkatrész villájába illeszkedő rúd vége elmozdulás ellen van gátolva. A

modellezett pozíció a legkevésbé kívánatos az üzemeltetés során, valós üzemi állapotban nagyon ritkán fordulhat elő. A megfogás a gömbszerű felfekvő felület középpontjában értelmezett koordináta rendszerhez van kötve, így értelmezhetővé válik a rotációs szabadságfok megadása is, és annak érdekében, hogy nyomaték ne ébredjen, azok szabadon vannak hagyva.

Az $u_x=0$ elmozdulás kényszer a csap X irányú elmozdulását gátolja. A hátsó csap esetén ezt ragasztott kapcsolat helyettesíti.

3.3. Számítási eredmények

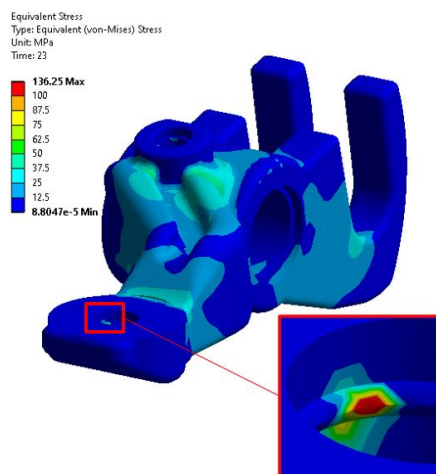
A végelem modell eredményei közül a fejlesztés szempontjából az 1 és 2 jelű alkatrészek elmozdulásai és feszültségei érdekesek. Az elmozdulás mezőt a 4. ábra mutatja a szimuláció utolsó lépésében.



4. ábra. Elmozdulás mező ($rx=22^\circ$)

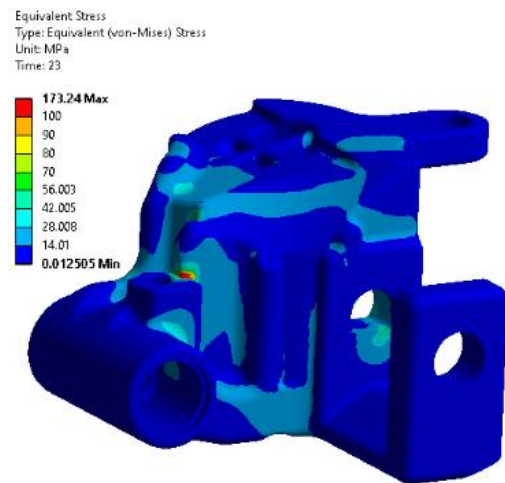
Az értékeléshez a Mises-féle egyenértékű feszültségi értékek vizsgálata ad segítséget.

Az első eredmények alapján szilárdsági szempontból az 1 jelű alkatrész megfelelő (5. ábra). Az ábrán kiemelt részlet feszültségi állapotát szingulárisnak lehet tekinteni, így a kiértékelés során nem kell figyelembe venni.



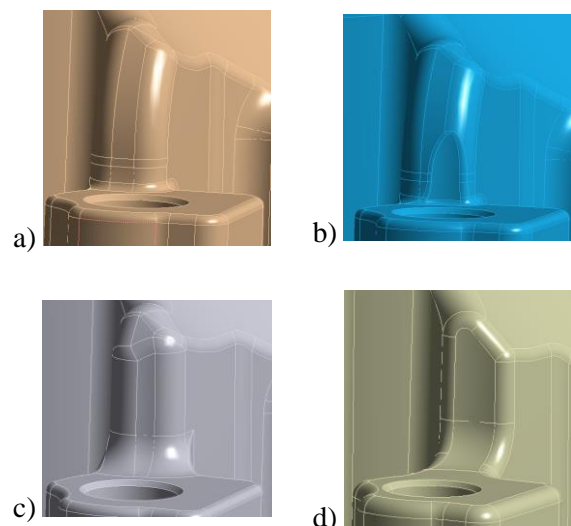
5. ábra. Feszültség mező 1. ($rx=22^\circ$)

Ezzel szemben a 2 jelű alkatrész első geometriai variánsának feszültség állapota kedvezőtlen (6. ábra).



6. ábra. Feszültség mező 2/1. ($rx=22^\circ$)

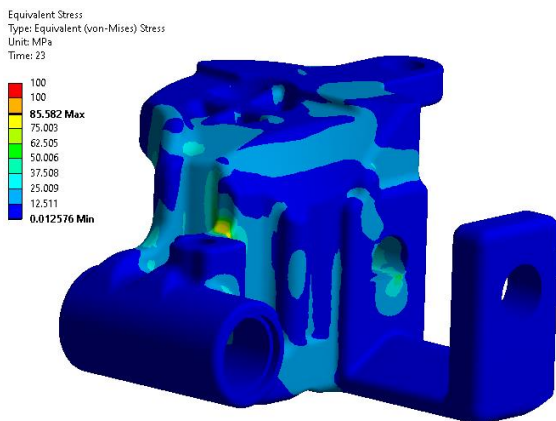
A lokális csúcspont feszültség leépítése céljából különféle megmunkálási variánsok készültek, amelyek az ún. *submodell* útján lettek elemezve, azaz a kontaktfelületeken át lett olvasva a teljes modell elmozdulás mezője az új variáns megfelelő felületeire. A módszer alkalmazása során lényegesen finomabb háló mellett elemezhető az alkatrész, ráadásul jelentősen gyorsabb megoldást jelent, mint a teljes modell újbóli kiszámítása.



7. ábra. Megmunkálási variánsok (kritikus pont környezete) – a) eredeti kialakítás, b) v1, c) v2, d) végső variáns

A 7. ábrán a szilárdságilag megfelelő kialakítású variáns geometriai változtatásának

néhány lépése látható. A 7. ábra d) részletén látható a végső variáns, amely megvalósításra kerül, ennek feszültségképét a 8. ábra mutatja.



8. ábra. Feszültség mező 2/2. ($r_x=22^\circ$)

4. KÍSÉRLETI VIZSGÁLATOK

A számítási eredmények alapján megfelelőnek tekintett kialakítású alkatrészek csak azt követően építhetők be egy új fékegységbe, hogy különféle vizsgálatokat végeznek rajtuk. A kísérletekhez több darab is legyártásra került, annak érdekében, hogy kellően sok vizsgálatot igazolni lehessen az új megoldás helyességét.

A legyártott alkatrészek kétféle módon kerülnek ellenőrzésre. Egyrészt funkcióvizsgálatokat szükséges végezni, másrészt fárasztóvizsgálatokat, amelyek a szimulációs modellhez hasonló elrendezésben történnek.

Referenciaként a teljesen bronz variáns lett vizsgálva.

4.1. Funkcióvizsgálatok

A funkcióvizsgálatok egy fékegységbe építve kerülnek elvégzésre. A vizsgálat a fárasztóvizsgálatok elején és végén kerülnek ismétlésre azért, hogy meg lehessen állapítani a termék képes-e ellátni a funkcióját az új, azaz kezdetinek tekinthető állapotban és a már használt állapotban is. A funkció ellátásának vizsgálatán felül különböző geometriai jellemzők (távolságok, szögek bizonyos diszkrét pontokban) vizsgálata is megtörténik, ezáltal vizsgálhatóvá válik az alaktartás kérdése.

Az alkatrészek zsírzsírása folyamatos volt. Mivel a közlőmű a fékegységen belül foglal helyet, az UV sugárzás okozta öregedés hatása elhanyagolható. Azonban a különböző hőmérsékleteken történő vizsgálatok elengedhetetlenek, így három különböző

hőmérsékleten lettek elvégezve. Az egyes hőmérsékleteken végzett vizsgálatokat megelőzően az egység 24 órán keresztül az előírt hőmérsékleten volt tárolva (rendre 22, 80 és -40°C). A vizsgálatokon megfelelt az összes egység.

A vizsgálati elrendezést a 9. ábra mutatja az ún. kinematikus vizsgálo berendezésben.



9. ábra. Funkcióvizsgálat

4.2. Fárasztóvizsgálatok

A fárasztóvizsgálatokhoz egy speciális tartót kellett elkészíteni, ezáltal egyszerre hat darab egységet lehet vizsgálni. A vizsgálo keretet a 10. ábra mutatja.



10. ábra. Fárasztógép és a beszerelt egységek

A kifáradási vizsgálat során mind a hat hibrid egység teljesíteni tudta a kívánt kifáradási határhoz köthető $N=2e6$ ciklusszámot repedések megjelenése nélkül.



11. ábra. Fárasztás előtti és utáni állapot

A 11. ábrán látható a mechanizmus fárasztás előtti állapotának összehasonlítása. Szemmel látható különbségek nincsenek.

A 12. ábrán látható a villa, amelyben elhanyagolható mértékű kopás volt tapasztalható. Ez a mértékű károsodás sem szilárdságilag, sem pedig funkció szempontjából nincsen hatással a szerkezet működés közbeni viselkedésére, teherviselőképességére.



12. ábra. Elhanyagolható mértékű kopás a villában

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A számítási és kísérleti eredmények alapján kijelenthető, hogy a hibrid megoldás működőképes. Mind a funkcióját képes ellátni,

mind pedig fáradási szilárdság szempontjából megfelelő. A vizsgálatokat követően a kopások elemzéséből kiderült, hogy elhanyagolható mértékben koptak a műanyag alkatrészek. A különböző hőmérsékletek nem befolyásolták a működést.

A számszerű tömeg és költségcsökkentéseket ugyan a cikk nem tartalmazza, azonban figyelemreméltó javulás tapasztalható mindkét mérőszámában.

Az egység továbbfejlesztési lehetőséget rejt magában, mégpedig a harmadik fő alkatrész műanyagra történő áttervezése folytán. Ennek jelenleg folyik a szimulációs vizsgálata, kecsegtető eredményekkel.

13. IRODALOM

[1] Jeltsch, T.: To the Limits of the Possible, Kunststoffe International, 8/2007, pp. 144-147

[2] Grivory HTV-5H1 black 9205 – PA6T/6I-GF50 – CAMPUS Datasheet, <https://www.campusplastics.com/>

[3] Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft, BAY-ENG fárasztóvizsgálati jegyzőkönyve: Grivory HTV-5H1 anyagminőség