

**KERÉKPÁR GÁZRUGÓ MOZGÁS-
KARAKTERISZTIKÁJÁNAK VIZSGÁLATA****MOTION CHARACTERISTIC ANALYSIS OF BICYCLE AIR
SUSPENSION**Báróczi Álmos¹, Forgó Zoltán²¹ Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Mechatronika szak, IV. évfolyam, 547367 Románia, Koronka 1C; Telefon: +40-265-208172, fax: +40-265-206211, brcz_almos@yahoo.com² Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 547367 Románia, Koronka 1C; Telefon: +40-265-208172, fax: +40-265-206211, zforgo@ms.sapientia.ro**Abstract**

The aim of this paper is to design and develop a bicycle air spring, furthermore to realize a measurement unit which helps to analyze bicycle suspensions motion characteristics. The collected data gives great help by designing and setting up the suspension. The widely adjustable air spring is added to a standard suspension fork by replacing the coil spring. During the measurement the suspension's motion is analyzed by collecting exact travel data. This data collection is achieved by a portable microcontroller. During development 3D printing is used because it is a quick and flexible process.

Keywords: suspension, analysis, microcontroller, 3D printing**Összefoglalás**

A dolgozat célja egy kerékpár gáزرugó tervezése és kivitelezése, továbbá egy mérőberendezés megvalósítása, amely segítségével kerékpár felfüggesztéseket vizsgálhatunk, különös tekintettel a mozgás-karakterisztikára. A mérési eredmények kiértékelése a felfüggesztések tervezésében és azok személyre szabásában nyújthat nagy segítséget. A tág tartományban állítható gáزرugó, egy már meglévő felfüggesztésbe kerül be, ahol az acélrugót váltja fel. A mérés során a felfüggesztés mozgását fogjuk vizsgálni, tehát a berugózás pillanatnyi értékét. Ezeket az adatokat egy hordozható mikrokontroller fogja gyűjteni, melyek kielemezésére nagy hangsúlyt fektetünk. A kivitelezésben fontos szerepet játszik a 3D nyomtatás, hiszen a technológia gyors és rugalmassá teszi a tervezést.

Kulcsszavak: felfüggesztés, elemzés, mikrokontroller, 3D nyomtatás**1. A gáزرugó****1.1. A gáزرugó felépítése**

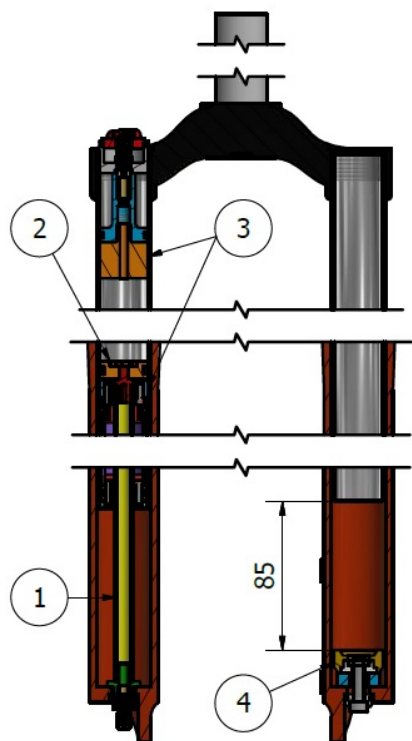
A gáزرugó egy átlagos kerékpár első kerékfelfüggesztésében (1. ábra) kap helyet, ahol az acélrugót váltja fel, mely a villa jobb szárában található. A lökethossza 85 mm, amelyet a bal szár aljában található

gumigyűrű (1. ábra 4.) biztosít. Tehát a löket végén a becsúszó szár ütközik a határolóba, így a dugattyú és egyéb kényesebb alkatrészek nincsenek nagy terhelésnek kitéve.

A gáزرugót a dugattyú (1. ábra 2.) két kamrára osztja: pozitív és negatív kamrára. A két kamra külön-külön nyomás alá

helyezhető, továbbá térfogatuk is állítható, könnyen kicserélhető betétekkel (**1. ábra 3.**). A negatív kamra térfogatához a dugattyúrúd (**1. ábra 1.**) belseje is hozzátartozik. A térfogat- és a nyomásváltoztatás az, amellyel a mi esetünkben befolyásolhatjuk a mozgás-karakterisztikát.

A gázrugó tömege 150 g körül alakul, míg az acélrugóé 450 g. Az így lefaragott 300 g nem tűnik túl soknak, azonban ez csak a villára nézve 14%-os tömegcsökkentést jelent, amely az irányítást teszi érezhetően könnyebbé.



1. ábra. A kerékfelfüggesztés metszete

1.1.1. A negatív kamra szerepe

A negatív kamra a dugattyú alatti térfogat. Legfontosabb feladata, hogy kiegyensúlyozza a gázrugó statikus

nyomását [1]. A jobb megértés érdekében érdemes összevetni a gázrugót az acélrugóval. Utóbbi alaphelyzetben nem fejt ki erőt. Az általa kifejtett erő lineárisan változik az összenyomódással. Azonban a gázrugónál a szükséges rugóerő elérése érdekében nagy nyomásra van szükségünk. Így a felfüggesztés a rugóút első szakaszában már nagyon kemény, nehezen indul meg.

Ezt a hatást küszöböli ki a negatív rugó, mely a rugóút első 10-20%-ban fejt ki a hatását. A kamra kis térfogata miatt, hamar annyira lecsökken a nyomása, hogy már nincs hatása a pozitív rugóra. Megfelelően beállítva a rugóút elején egyensúlyba kerülhetnek a dugattyúra ható erők, így a mozgás-karakterisztikája, főleg a rugóút elején hoz változást. Visszaút esetén a kiindulási pozícióhoz közelítve csillapító hatást fejt ki, nem fog annyira durván nyugalmi helyzetbe kerülni a felfüggesztés.

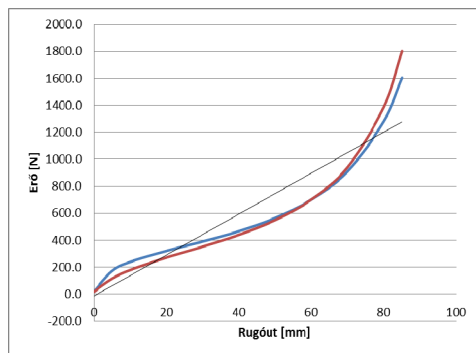
Előnye a könnyű megindulás, és ez által a kis úthibák kiszűrése, továbbá a beülés nagyobb fokú állíthatósága. Hátránya jóformán csak a bonyolultabb szerkezeti felépítésben rejlik.

1.2. A mozgás-karakterisztika

A számítások során a felfüggesztést egy átlagos, 70 kg-os alanyra méreteztük. A kezdeti nyomás a pozitív kamrában 4,5 bar, míg a negatív kamrában 5 bar. A löket végén a pozitív kamrában a nyomás sokkal nagyobb, akár 30 bar is lehet, míg a negatív kamra nyomása már 10 mm-es beülés esetén 1 bar alá csökken.

A könnyű megindulás és a teljes löketkihasználása végett a lineárisabb karakterisztika elérése a cél. A rugókarakterisztikát két eltérő térfogatra számoltuk ki (**2. ábra**). A piros görbe a nagy térfogatú negatív kamrának megfelelő állapotot ábrázolja. Tehát minél nagyobb a negatív kamra, annál később érzelhető nyomásesés, így válik a kezdeti szakasz lineárisabbá.

Ugyanez érvényes a löket végi szakaszra is (70-85mm). A kék görbe esetében nagyobb a kihasználatlan térfogat, így nem keményedik fel annyira, azonban a rugóerő az utolsó 15 mm-ben megduplázódik.



2. ábra. A rugó által kifejtett erő az elmozdulás függvényében

1.3. A 3D nyomtatott alkatrészek

A 3D nyomtatás jelentősen megkönnyíti a kivitelezés folyamatát. Ez egy olyan gyors eljárás, ahol rétegek épülnek egymásra, ezáltal alkotnak egy térbeli alakzatot. A rétegek 1-3 tizedmilliméter vastagságúak. Már a tervezés során érdemes odafigyelni arra a számos paraméterre, ami a nyomtatást jellemzi.

Az alapanyag PLA (polylactic acid) nagyon kedvelt 3D nyomtatáshoz használt anyag. Természetes anyagokból hozzák létre, vízben oldódó. Sűrűsége 1,21 és 1,43 g/cm³-re tehető, szemben az alumínium 2,7 g/cm³-jével. Olvadáspontja 150-160 °C [2].

A gázrugó több alkatrésze nincs kitéve nagy igénybevételnek, tehát célszerű ezeket nyomtatni. A kívánt méretek elérése nem egyszerű, mert a nyomtatás után, a kihűlt darabok összezsugorodnak. Tehát a pontos eredmény eléréséért szükség lehet próbadarabra is.

A nyomtatás során beállíthatjuk a darab kitöltését százalékos értékben. Azért, hogy elkerüljük a légáteresztést közel teljes

(80%) kitöltést választottunk, továbbá az alsó és felső 5 réteg tömör.

Nyomtatás után a darabokon még kell finomítani, ami csiszolást és reszelést jelent. Van ahol meg kell menetelni a darabokat, hiszen a menetek nyomtatása nehezen kivitelezhető.

2. A mérőberendezés

A mérés során a legfontosabb meghatározandó paraméter a felfüggesztés bemozgása. Ezt lineáris potenciométerrel mérjük, amelyből analóg jelet kapunk. A mintavételezést olyan sűrűn kell elvégezni, hogy tudjuk követni a felfüggesztés legnagyobb frekvenciáját is, mely becslésünk szerint a 130 Hz-et is elérheti.

A jeleket egy Arduino Mega típusú mikrovezérlő gyűjti. Fő feladata a mintavételezett jeleket továbbítani egy microSD kártyára, egy TXT fájlba. Ezeket az adatokat számítógépen fogjuk kiemelni. Ez a mikrovezérlő 8 KB-os memóriával és 16 MHz-es órajellel rendelkezik [3], tehát a mi esetünkben is lehetővé válik a gyors adatkiírás.

A lineáris potenciométer működése hőre érzékeny, így ezeket a hatásokat is figyelembe kell venni a mérés során.

A két kamra nyomását is mérjük külön-külön. Ebben az esetben az a nagy hasznunk, hogy tudjuk, mennyi pontosan a beállított nyomás. A pompa levételekora távozó nyomás vagy a manóméterek pontatlansága miatt nem lehetünk biztosak ezekben az értékekben. Mivel a nyomásmérők a szelepekre vannak rögzítve, a hozzáadott többlet térfogatot is számításba kell venni. Azok a nyomásmérők, amelyek akár 30 bar is képesek mérni, rendkívül drágák. Azonban ha csak 15 bar is a mért felső értékünk, akkor is rugóút 80%-át lefedjük, tehát a már ez is sok eredménnyel szolgál.

A mikrovezérlő egy kis dobozban van rögzítve a vázhoz, akkumulátorral

rendelkezik, tehát méréseket a kerékpározás során bármikor végezhetünk. A rendszernek 5V-os áramforrásra van szüksége. A mérések és különböző beállítások kipróbálásához célszerű egy rövid, változatos ösvényt használni. Így a mérési körülményeket kevésbé változtatjuk.

3. Az adatok elemzése

A mikrovezérlőből nyert adatokat számítógépen elemezzük. Ezek mind feszültségértékek, amelyek egy bizonyos távolságnak, vagyis beülésnek felelnek meg. Ezekből az értékekből idő és távolság diagramot hozhatunk létre. Ebből a diagramból több következtetést is levonhatunk. Ha túl nagy a nyomás, akkor a rugóútnak csak kis része van kihasználva, a felhasználó ritkán éri el a löketvéget. Ha túl alacsony, akkor túlságosan kevés rugóút áll a rendelkezésére.

A számolt rugókarakterisztikát is összevethetjük a mért értékekkel, hiszen mind a nyomás mind a hozzátartozó bemozdulás érték a rendelkezésünkre áll.

Másik fontos mérés, amit elvégezhetünk, az a dugattyúrúd sebességének a meghatározása, amelyet az útmérés adataiból tudunk meghatározni. Ebben az esetben főleg a maximumérték a fontos.

Mint már fentebb említettük, a két kamrában nem csak a nyomást, hanem a kamra térfogatát is változtathatjuk. A teszt során több értéket is vizsgálunk, mivel ezek nagyban befolyásolják a mozgás karakterisztikát.

A diagramok ábrázolására és kiértékelésére a LabVIEW programot használjuk. Rengeteg adatot kell kiértékelni, akár több percnyi tesztet, tehát a diagramok könnyed áttekinthetőségét kell biztosítanunk.

4. Következtetések

A dolgozatban tárgyalt mérőberendezés alkalmas frekvenciás dugattyúrúd sebesség és nyomás mérésére. Az így kapott adatok segítséget nyújtanak a további fejlesztésekhez.

Minden modern kerék felfüggesztésben megtalálható a lengéscsillapító, amely tervezésében nélkülözhetetlen ismerni a dugattyúrúd sebességét és a mozgási frekvenciát. Ezeket az értékeket megbecsülni csak igen pontatlanul lehet, hiszen sok tényező befolyásolja, tehát ezek mérése nagy segítséget nyújt.

A mért paraméterek listáját lehetne bővíteni például a hőmérséklettel, amely emelkedése magyarázatot adhat bizonyos esetekben a mozgás karakterisztika változására. Amennyiben szükséges lenne, növelhetnénk a gázrugó hő leadó felületét.

További fejlesztési lehetőség egy olyan elemzőfelület létrehozása, mely lehetővé teszi nemcsak szakembereknek, hanem átlag felhasználóknak azt, hogy gyorsan és pontosan személyre szabják a felfüggesztésüket a mozgás-karakterisztika tanulmányozásával. Ebben az esetben a mérőberendezés sokkal kisebb és felhasználóbarátabb kell legyen. Egy ilyen szoftver fejlesztéséhez már természetesen ismerni kell a lengéscsillapítók beállítási lehetőségeit, amelyek bonyolultabbá teszik a helyzetet.

A fent felsorolt fejlesztések egy összetett rendszert eredményeznek, amely sok időt és elemzést kívánó feladat.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Richard Cunningham: What a negative spring is and why it makes the coil-spring nearly obsolete? 2012.05.22.
<http://www.pinkbike.com/news/Tech-Tuesday-negative-spring-air-shocks-2012.html>
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid
- [3] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardsMega2560>