

Rugóstag tervezése energiahatékony versenyjárműhöz

Designing shock absorber for energy-efficient racing vehicle

Krecz Dávid

Széchenyi István Egyetem, Járműipari kutatóközpont
krecz.david@ga.sze.hu

Absztrakt: A Széchenyi István Egyetemen működő SZEnergy team egy olyan hallgatói versenycsapat, amely energiahatékony versenyjárművek építésével, fejlesztésével foglalkozik. A jelenlegi versenyjárművünk a SZEmission, amely már 2019-ben elkészült, már rengeteg átalakításon esett nem kell át. Ez a cikk a hátsó futóműben található lengéscsillapító mechanizmus átalakításának folyamatát mutatja be. A legfőbb kitűzött cél, hogy az új konstrukció tömege jelentősen kisebb legyen, mint a régié. Emellett elvárás, hogy az új rugóstag a versenyjárműben tapasztalható erőhatásoknak megfelelően legyen méretezve, tehát ne legyen túl kemény, sem túl lágy. A tervezés során egyszerűsítettünk a mechanizmuson is, így további tömeget tudunk megspórolni és a szerelhetőség is egyszerűbb lett. További kitűzött cél volt, hogy a rugóstag keménysége állítható legyen, ezt a rugóegységek cseréjével tudjuk majd elérni. Összességében elmondható, hogy az új konstrukcióval jelentős tömegcsökkenést sikerült elérni, amellett, hogy a régi konstrukció kedvező tulajdonságai megmaradtak.

Kulcsszavak: Rugóstag, gumirugó, tömegcsökkentés, csillapítás, keménység

Abstract: The SZEnergy team at Széchenyi István University is a student racing team that builds and develops energy-efficient racing vehicles. Our current racing vehicle, called SZEmission, which was completed in 2019, has already undergone many modifications. This document describes the process of modifying the shock absorber mechanism in the rear suspension. The main goal is to make the new construction significantly lighter than the old one. In addition, it is expected that the new strut will be sized for the forces experienced in a racing vehicle, i.e. neither too hard nor too soft. The design has also simplified the mechanism, saving additional weight and simplifying installation. A further goal was to make the spring strut hardness adjustable, which can be achieved by changing the spring units. Overall, the new design has achieved a significant weight reduction, while retaining the positive characteristics of the old design.

Keywords: Spring strut, rubber spring, weight reduction, damping, hardness

Bevezetés

Napjainkban az emberek még nagyrészt nem megújuló erőforrásokat használnak, melyek mennyisége véges. A készletek megfelelő kihasználása, elosztása és a környezetünk terhelésének csökkentése érdekében fontos, hogy az emberek által végzett tevékenységeket (például a közlekedést) minél energiahatékonyabb módon végezzük.

A győri Széchenyi István Egyetem legrégebb óta működő hallgatói csapata, a SZEenergy team ehhez az elgondoláshoz szorosan kapcsolódó tevékenységet folytat. A csapat elektromos meghajtású energiahatékony versenyautót épít és fejleszt. Ez a munka nem csak a tagok számára hasznos (mivel tevékenységük során értékes gyakorlati tapasztalatot szereznek), hanem az egész emberiségnek az lehet, mivel a fejlesztések segítenek megelőzni az értékes energia pazarlását és a környezetszennyezést.

Problémafelvetés

A SZEenergy team nevű hallgató csapat a tevékenysége során elektromos energiahatékony versenyjárművet tervez, épít és fejleszt. Az aktuális konstrukcióval a világ legnagyobb energiahatékonysági versenyén, a Shell Eco-marathon-on indul el.S

A csapat jelenlegi versenyjárműve a SZEmission nevet viseli. A jármű tervezése 2018-ban indult, a végleges konstrukció 2019-re lett kész. Azóta számos átalakításon esett át a jármű a minél jobb eredmény elérése érdekében. A SZEmission az 1. ábrán látható.

A jobb energiahatékonytságot a menetellenállások csökkentésével érhetjük el. A legtöbb menetellenállás típus jármű tömegével van összefüggésben. Minél nagyobb a tömeg, annál nagyobbak az ellenállások. Így a fejlesztés során az egyik legfőbb feladat a tömegcsökkentés. [1] Jelentős szerepe van a gördülési ellenállásnak is, mely a kerék és talaj között ébred. Ennek csökkentésére számtalan lehetőség van, melyek közül egy a futómű geometriájának helyes beállítása. Erre lehet hatással a rugóstag. [2] A versenytársakhoz képest a SZEmission nehéznek számít, ez azt jelenti, hogy van fejlődési lehetőség a tömegcsökkentés terén.



1. ábra: SZEmission [3]

A SZEmission legtöbb eleme saját tervezésű alkatrész, komponens. Néhány eleme a járműnek ezzel szemben kereskedelmi forgalomban kapható alkatrész. Ezeknek az alkatrészeknek nagy előnye, hogy megbízhatóan működnek, mivel a gyártó számtalan tesztet végzett el rajtuk. Hátrányuk, hogy bizonyos tulajdonságukat tekintve nem optimálisak arra a célra, amire a csapat szeretné használni. Ilyen kereskedelmi forgalomban kapható alkatrészek a hátsó futómű lengéscsillapítói. Ezek negatív tulajdonságai, hogy viszonylag nagy a tömegük, illetve nagyobb erőhatások felvételére tervezték, mint amekkorák a versenyjárművünkben érik őket ezért egy hibás mechanizmus segítségével építettük be, létrehozva egy áttételt, ami megnöveli a terhelőerő nagyságát. Ez plusz tömeget jelent. További hátrány, hogy a lengéscsillapító nagy csillapítással rendelkezik, így egy berugózás-kirugózás ciklus után nem tér vissza a futómű a kiindulási pozíciójába. A jelenlegi konstrukció felépítése a 2. ábrán látható.

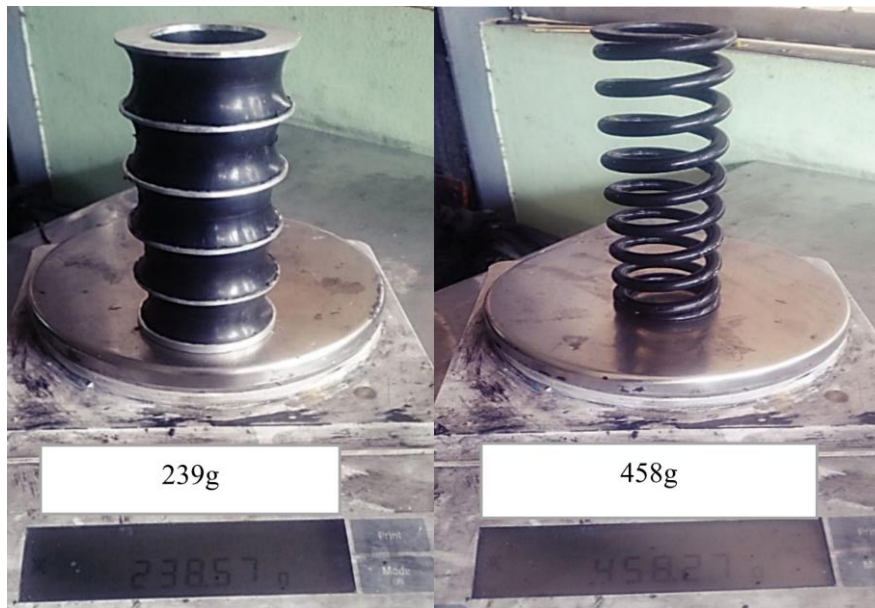


2. ábra: Jelenlegi hátsó rugóstagok [3]

Gumirugó alkalmazása

Az előző pontban említett hibák kiküszöbölése érdekében egy saját tervezésű és egyedi gyártású rugóstag mellett döntöttünk. Az új konstrukcióval szemben támasztott követelményeink, hogy egyszerű felépítésű és könnyen szerelhető legyen, tömege kisebb legyen, mint a kereskedelmi forgalomban kapható társának, illetve, hogy a hiszterézis jelensége ne lépjen fel működés közben. Emellett valamilyen formában állíthatónak kell lennie rugózás keménységének.

Az új rugóstag tömegének minimalizálása érdekében az acélötvözetből készült nyomórugó elhagyása mellett döntöttünk, helyette egy gumi alapú rugó fogja felvenni a terheléseket. Ezzel jelentős tömeget tudunk megspórolni. A tömegcsökkenés mértékére a 3. ábrán láthatunk példát.



3. ábra: Gumirugó tömegének összehasonlítása hagyományos fém nyomórugóéval [4]

Gumirugó méretezése

A méretezéshez ismernünk kell a terhelőerők nagyságát. Ezek meghatározására elvégeztünk a járművön egy talperőmérést. A négy kerék alá erőmérő cellákat helyeztünk, a jármű a mérés ideje alatt menetkész állapotban volt és a pilóta is benne tartózkodott az első mérés alatt, így megkaptuk az összsúlyt. A második mérés alatt a pilóta nem tartózkodott a járműben, ebben az esetben a jármű saját súlyát kaptuk meg. A mérés folyamata az 4. ábrán látható.



4. ábra: Talperőmérés folyamata [3]

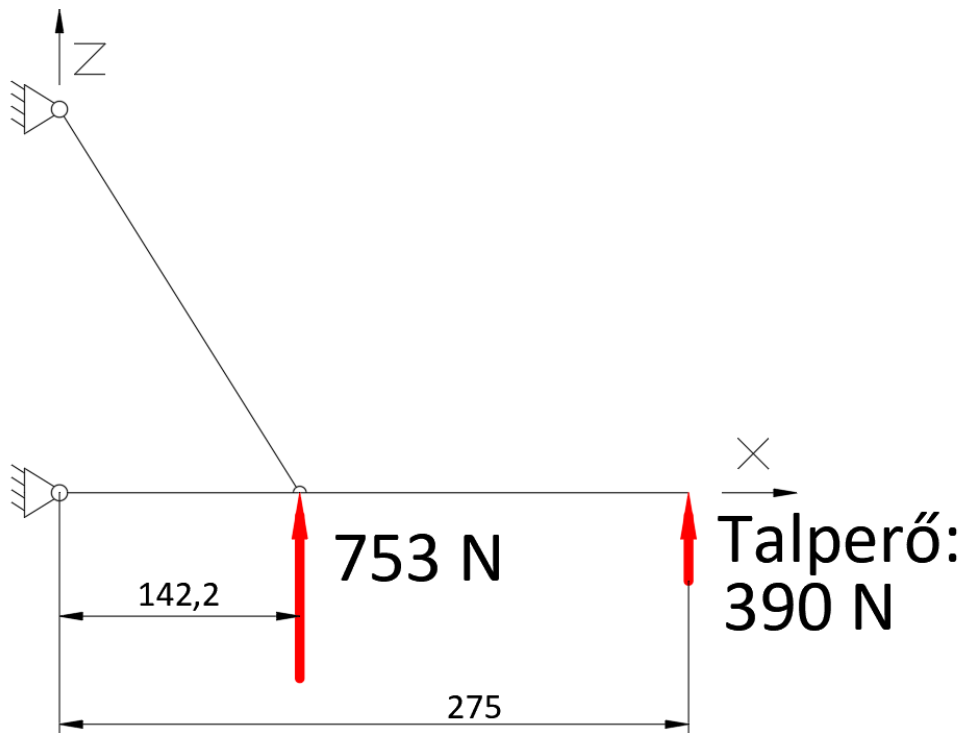
A mérés elvégzése után megkaptuk az egyes kerekekre eső talperő értékét. Ezeket összegezve megkapjuk a jármű súlyát. A mérés eredményei az 1. táblázatban láthatók. A méretezés szempontjából a hátsó kerekeken ébredő talperő a lényeges. A továbbiakban az egyszerűség

kedvéért egységesen 390 N-os talperővel számolunk statikus terhelés esetén, maximális berugózásnál ennek a 2,5-szörösével, 975 N-nal, üres jármű esetén pedig 250 N-nal.

Menetkész jármű pilótával		Menetkész jármű pilóta nélkül	
Bal első kerék: 441,9 N	Jobb első kerék: 397,3 N	Bal első kerék: 218,3 N	Jobb első kerék: 215,3 N
Bal hátsó kerék: 382,1 N	Jobb hátsó kerék: 378,7 N	Bal hátsó kerék: 249,7 N	Jobb hátsó kerék: 213,9 N
Teljes súly: 1600 N		Jármű súlya: 897,1 N	

1. táblázat: Talperőmérés eredménye [1]

A talperő ismeretében a rugóban ébredő erő már számolható. Ehhez készítettünk egy egyszerűsített mechanikai ábrát mely a 5. ábrán látható. Ezen feltüntettük a már ismert jellemzőket, ilyen például a hosszlengőkar nagysága vagy a rugóstag és lengőkar bekötési pontok.



5. ábra: Hátsó futómű egyszerűsített mechanikai ábrája

A mechanikai modell alapján a talperő hatására a rugóstagban fellépő rúderő a következő:

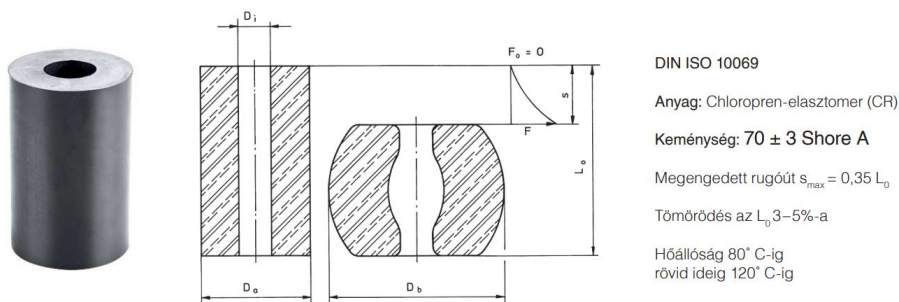
- Menetkész jármű, pilóta nélkül: 487 N
- Menetkész jármű, pilótával: 871 N

- Statikus terhelés 2,5-szerese esetén: 2234 N (A jármű kizárólag versenypályán közlekedik, melyek felülete sima és jó minőségű, ezért ha a statikus terhelést megszorozzuk 2,5-tel megközelítőleg megkapjuk a járművet érő legnagyobb terhelést.)

A rugóstagban fellépő erő ismeretében ki lehet választani a megfelelő gumirugót. A választás egy 70 Shore A keménységű elastomerre esett, mely főbb paramétereit a 6. ábrán látható.

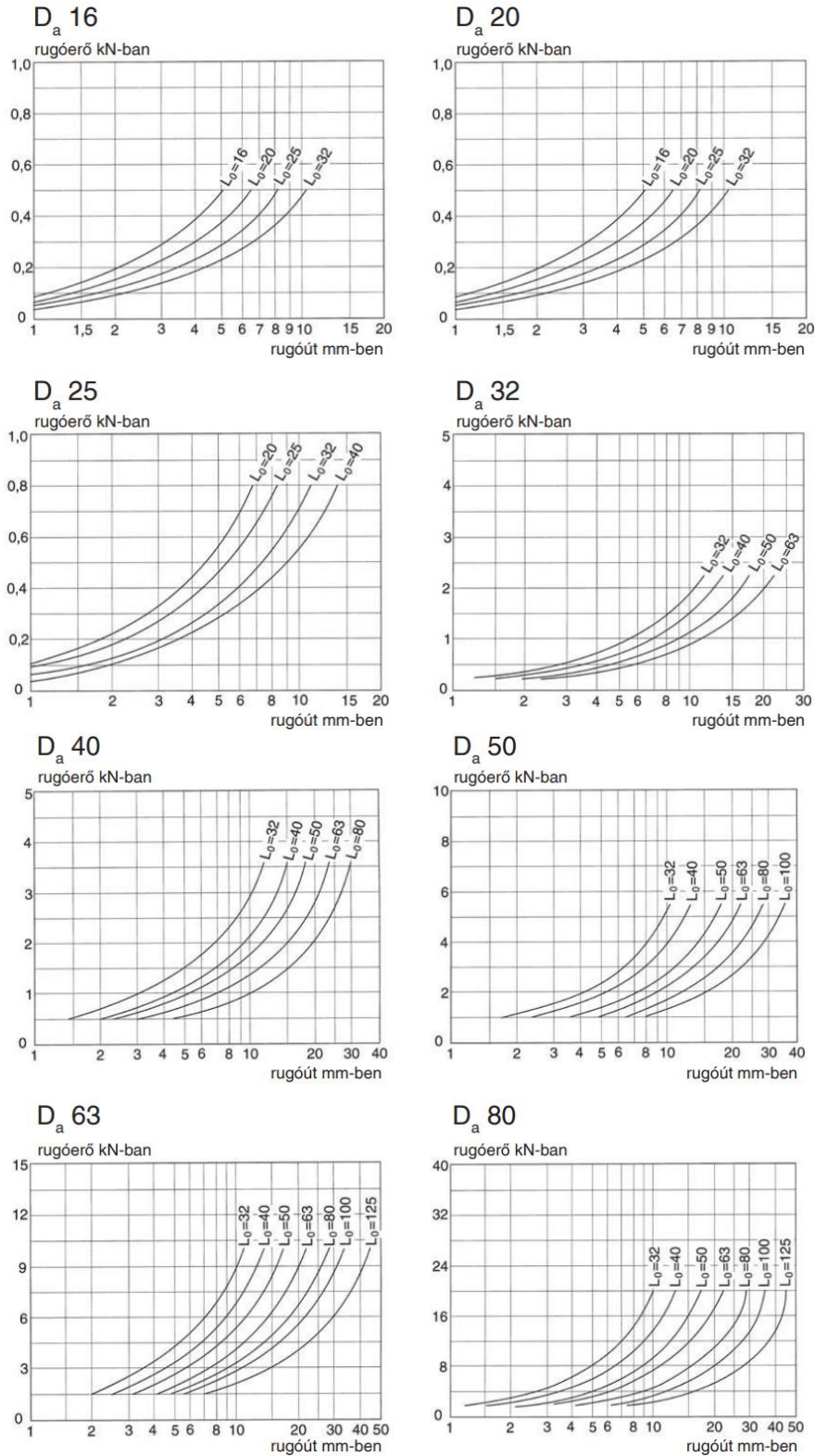
Elasztomer rugók

SZ8500-as sorozat



6. ábra: Elasztomer rugó főbb jellemzői [5]

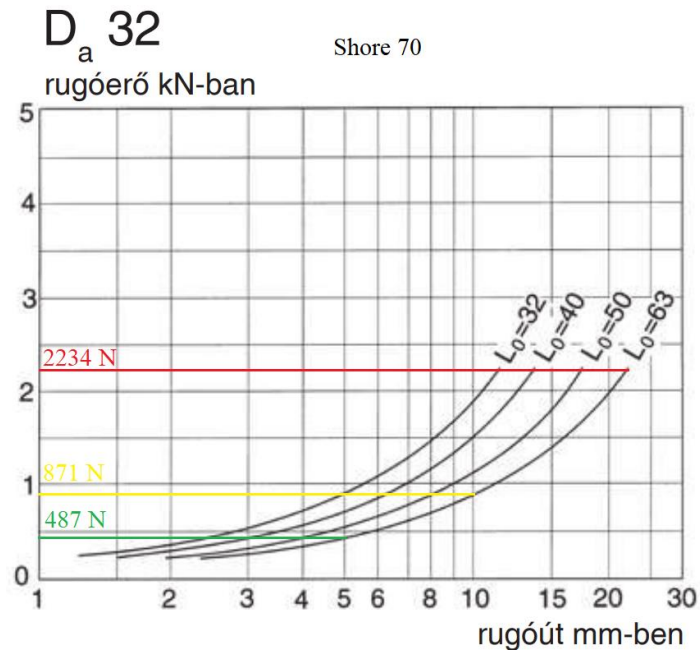
Ez az elasztomer rugó többféle méretben is elérhető. A rugó hossza és átmérője meghatározza, hogy mekkora erőket tud felvenni. A különböző méretek, a terhelő erő/elmozdulás diagramjai a 7. ábrán láthatók. A megfelelő méret kiválasztása során figyelni kell arra, hogy a rugó ne legyen túl kemény vagy túl lágy. Ha túl kemény rugót választunk, a rugóstag nem látja el megfelelően a feladatát, ha túl lágyat, akkor az elasztomer sérülhet vagy akár tönkre is mehet.



7. ábra: Különböző méretű 70 Shore A keménységű elasztomer rugó terhelőerő/elmozdulás diagramjai [5]

A meghatározott rugóerők alapján a $D_a=32$ mm külső átmérőjű rugó a megfelelő választás. A 8. ábrán látható ennek a rugónak a kiemelt diagramja, illetve ezen bejelölve mind a három terhelési eset. A diagram alapján mind a négy hosszúság megfelelő lehet, így az új rugóstagot

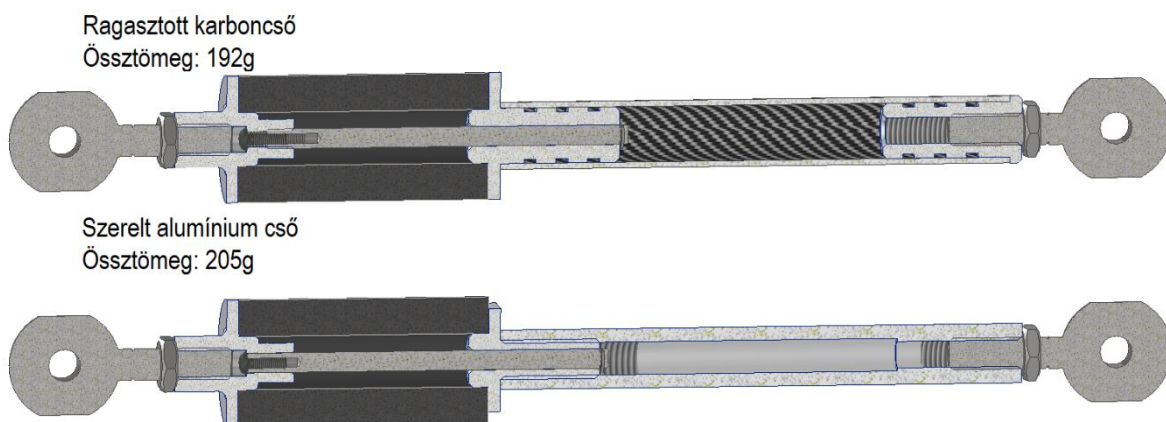
modulárisra tervezzük. A különböző hosszúságú rugók cseréjével változtatni tudjuk a rugóstag keménységét.



8. ábra: Választott rugó terhelés diagramja a 3 különböző terhelési esettel

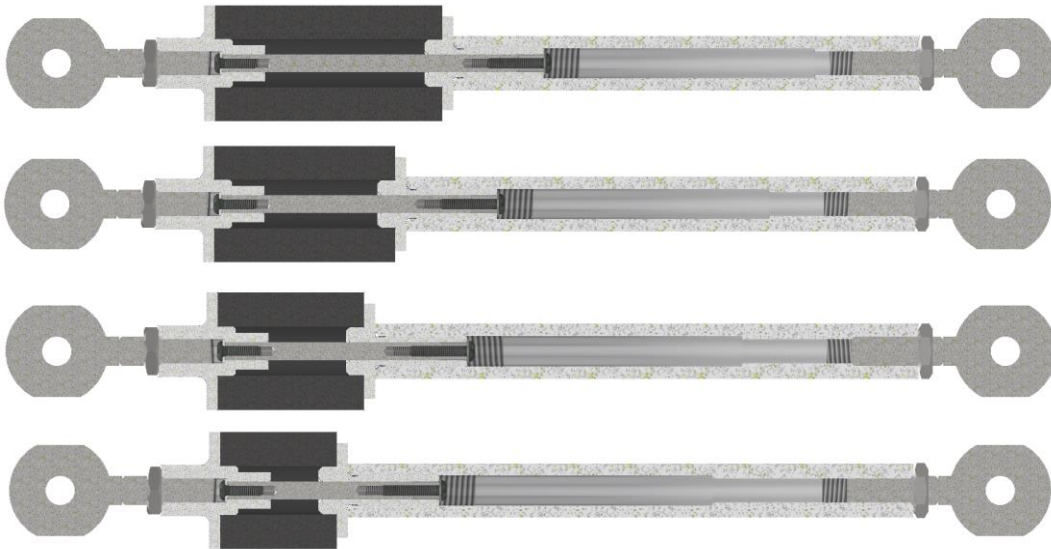
A rugó méreteinek és a rugóstag bekötési pontjainak távolságának ismeretében meg lehet tervezni a rugóstag elemeit. A rugóstag a bekötési pontokhoz gömbcsuklók segítségével fog csatlakozni.

Két változatot terveztünk, az egyiknél alumínium csövet, a másikonál karbon csövet alkalmaztunk a kisebb tömeg elérésének érdekében, azonban a CAD szoftver számításai alapján a két változat között nincs jelentős eltérés. Fontos tényező, hogy a karbon csövet ragasztani kellene a fém alkatrészekhez, így ebben az esetben nehezen, vagy egyáltalán nem valósítható meg a szerelhetőség. A két változat az 9 ábrán látható.



9. ábra: Karbon csővel és alumínium csővel szerelt rugóstagok

A négy különböző hosszúságú rugóhoz úgy kerültek kialakításra a kapcsolódó elemek, hogy a rugóstag szentávolsága ne változzon. A négy különböző hosszúságú rugóval szerelt rugóstagot az 10. ábrán láthatjuk.



10. ábra: 4 különböző hosszúságú rugóval szerelt rugóstag

Az új rugóstag prototípusa gyártásba került. Az alkatrészek összeállítása után megvizsgáltuk a kész egység tömegét és összehasonlítottuk az előző konstrukció tömegével, ez a 11. ábrán látható. Megállapítható, hogy jelentős tömegcsökkenést sikerült elérni az új rugótaggal, emellett az előző konstrukcióhoz szükséges áttétel elhagyásával további tömeg kerül ki a járműből.



11. ábra: Régi és új konstrukció tömegének összehasonlítása

Összefoglalás

A SZEenergy Team a Széchenyi István Egyetemen legrégebb óta létező hallgatói versenycsapata. A cikk a csapat jelenlegi versenyjárművének a hátsó futóművének lengéscsillapító mechanizmusának átalakításáról szól. A fő cél a tömegcsökkentés és a megfelelő méretezés volt, hogy a rugóstag ne legyen sem túl kemény, sem túl lágy. Az új rugóstag tervezésekor egyszerűsítettük a mechanizmust, ami további tömegmegtakarítást eredményezett és könnyebbé tette a szerelést. A rugóstag keménysége hangolható a rugóegységek cseréjével. Az új konstrukció jelentős tömegcsökkenést ért el, miközben megőrizte az előző konstrukció kedvező tulajdonságait. A jövőbeli célok közé tartozik a konstrukció nagyobb darabszámban történő gyártása. A különböző darabok különböző keménységű rugókkal lesznek szerelve, így a futómű keménységét gyorsan, a rugóstagok kicserélésével tudjuk állítani.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-48 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] József Polák, István Lakatos EXAMINATION OF DRIVE LINE MATHEMATICAL MODEL, MACHINE DESIGN 8:(1) pp. 33-36. (2016)
- [2] Polák, József, Investigation of the ball-track connection of a roller gearing gearbox, I 12th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2021): Proceedings. (2021) ISBN:9781665424950; 9781665424943 pp. 551-556
- [3] SZEenergy Team, belső forrás
- [4] V. Mannl, C. Dechwayukul, W. Thongruang, S. Srewaradachpisal, P. Kaewpradit, W. Kaew Apichai, H-T. Bui: esign and Fabrication of Natural Rubber Lightweight Spring for Motorcycle's Shock Absorber, March 2020, International Journal of Automotive and Mechanical Engineering 17(1):7758-7770
- [5] <https://www.recom.hu/>