

1. táblázat: Anyagparaméterek és a VEM analízisből számolt keménység értékek.

| Anyag: 6020 | $C_{10}$ (MPa) | $C_{20}$ (MPa) | $C_{30}$ (MPa) | $D_n$ (1/MPa) | $H_A$ (Sh A) | $E_{fit}$ (MPa) | Hiba (%) |
|-------------|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|-----------------|----------|
| Yeoh n=3    | 0,2071         | 0,0066         | 0,0247         | 0             | 41           | 1,7             | -36,8    |
| Yeoh n=2    | 0,1528         | 0,0821         |                | 0             | 38           | 1,5             | -23,2    |
| Yeoh n=1    | 0,2086         |                |                | 0             | 34           | 1,2             | 1,5      |
| $E$ (MPa) = | 1,242          | $\nu(1) =$     | 0,495          | Adatlap:      | 40           | 1,6             | -32,1    |
| Anyag: 6755 | $C_{10}$ (MPa) | $C_{20}$ (MPa) | $C_{30}$ (MPa) | $D_n$ (1/MPa) | $H_A$ (Sh A) | $E_{fit}$ (MPa) | Hiba (%) |
| Yeoh n=3    | 0,2156         | -0,0073        | 0,0082         | 0             | 38           | 1,5             | -15,4    |
| Yeoh n=2    | 0,1950         | 0,0215         |                | 0             | 37           | 1,4             | -9,0     |
| Yeoh n=1    | 0,2195         |                |                | 0             | 35           | 1,3             | 0,1      |
| $E$ (MPa) = | 1,293          | $\nu(1) =$     | 0,495          | Adatlap:      | 30           | 1,0             | 22,1     |

### KONKLÚZIÓ

A kutatásunk során elasztomerek rugalmassági modulusának és Shore A keménysége közötti összefüggést vizsgáltuk, a szakirodalomban fellelhető eredményekre és saját numerikus és laboratóriumi vizsgálatainkra támaszkodva. Numerikusan vizsgáltuk a keménységmérés, és ezáltal annak szimulációját leginkább befolyásoló tényezőket. Elmondható, hogy a végeelemes szimulációk eredménye összhangban van a fellelhető szakirodalmi adatokkal. Ezek alapján a VEM szimuláció eredményére illesztett összefüggést (10) hoztunk létre és használtunk fel TPE anyag rugalmassági modulusának becslésére.

**Köszönetnyilvánítás:** Ez a munka a „Komplex optikai méréseken alapuló robotizált minőségellenőrzési technológia kifejlesztése autóiipari alkalmazásra” című kutatáshoz kapcsolódik. A kutatást a „Versenyképességi és Kiválósági Együttműködések”, 2017-1.3.1- VKE projekt támogatta.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] H. Zhao, D. Allanson, and X. J. Ren, "Use of Shore Hardness Tests for In-Process Properties Estimation / Monitoring of Silicone Rubbers," *Mater. Sci. Chem. Eng.*, vol. 3, no. July, pp. 142–147, 2015.
- [2] A. C. Bassi, F. Casa, and R. Mendichi, "Shore A hardness and thickness," *Polym. Test.*, vol. 7, no. 3, pp. 165–175, 1987.
- [3] J. Kunz and M. Studer, "Determining the Modulus of Elasticity in Compression via the Shore A Hardness Theoretical Background," *Kunststoffe Int.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–3, 2006.
- [4] I. M. Meththananda, S. Parker, M. P. Patel, and M. Braden, "The relationship between Shore hardness of elastomeric dental materials and Young's modulus," *Dent. Mater.*, vol. 25, no. 8, pp. 956–959, Aug. 2009.
- [5] K. Larson, "Can You Estimate Modulus From Durometer Hardness for Silicones?," 11-3716–1, 2016.
- [6] H. Zhao, "Experimental and Numerical Modelling of Gasket Materials and Property Correlation Hongyi Zhao A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Liverpool John Moores University for the degree of Doctor of Philosophy March 2015," Liverpool John Moores University, 2015.
- [7] D. O. Fediuc, M. Budescu, V. Fediuc, and V.-M. Venghiac, "Compression Modulus of Elastomers," *Bull. Polytech. Inst. Jassy*, vol. 62, no. LXIII, pp. 157–166, 2013.
- [8] NPL, "Rubber Hardness," 2010. [Online]. Available: <http://www.npl.co.uk/science-technology/mass-and-force/hardness/rubber-hardness>. [Accessed: 01-Jan-2018].
- [9] Chevalier, "YOUNG MODULUS FOR RUBBER," 2013. [Online]. Available: <http://www.chevalier-cleret.com/event/young-modulus-for-rubber.html>.
- [10] A. N. Gent, *Engineering with Rubber*, 3rd ed. Munich, Cincinnati: Hanser (February 16, 2012), 2012.

## Ráfröccsöntés 3D nyomtatott prototípus szerszámba

### OVERMOLDING IN 3D PRINTED PROTOTYPE MOLD

BOROS Róbert<sup>1</sup>, KOVÁCS József Gábor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., Tel.: +36-1-463-1440, e-mail: kovacs@pt.bme.hu

### ABSTRACT

An aim of modern car manufacturing is to develop a manufacturing technology with which lightweight and high strength components can be manufactured, which can be later recycled. Such a researched technology is thermoplastic resin transfer molding (T-RTM), which allows the production of a fiber-reinforced composite components whose matrix material is a recyclable, thermoplastic plastic. The functionality of these parts can be improved by overmolding ribs and connection points on them. Our long-term goal is to numerically define the bonding strength between the composite preform and the overmolded geometry. As a preliminary experiment of this project, we printed a prototype mold with the Polyjet 3D printing technology with which a rib can be overmolded onto a plain preform. Taking into account the geometry of the finished part, we developed measuring tools and measured the bonding strength between the preform and the overmolded rib. With the results of our preliminary experiments, we prepared a new, improved series of experiments.

### KIVONAT

A korszerű autógyártás egyik célja olyan gyártástechnológia kifejlesztése, amellyel nagy sorozatban lehet könnyűszerkezetes, nagyszilárdságú alkatrészeket gyártani, amelyek a későbbiekben újrahasznosíthatók. Az egyik ilyen kutatott technológia a termoplasztikus reaktív nyomásos injektálás (T-RTM), amellyel olyan szálerősített kompozit alkatrészek gyárthatóak, amelyek mátrix anyaga reciklálható hőre lágyuló műanyag. Az így készült alkatrészek funkcionalitásának növeléséhez ráfröccsöntéssel bordák, csatlakozási pontok hozhatóak létre. Hosszú távú célunk, hogy a kompozit előgyártmány és ráfröccsöntött geometria közötti kötési szilárdságot tudjuk számszerűsíteni. Ennek a munkának az előkísérleteként Polyjet 3D nyomtatási technológiával legyártottunk egy olyan prototípus szerszámot, amellyel egy síklap előgyártmányra borda fröccsönthető. A kész alkatrész geometriájának figyelembevételével fejlesztett mérőeszközök felhasználásával mértük az előgyártmány és a ráfröccsöntött borda közötti kötési szilárdságot. Az előkísérleteink során összegyűjtött tapasztalatokkal, mérési eredményekkel megalapoztunk egy következő, már továbbfejlesztett kísérlet-sorozatot.

**Kulcsszavak:** fröccsöntés, fröccsöntő szerszám, ráfröccsöntés, adhézió, kötési szilárdság, 3D nyomtatás

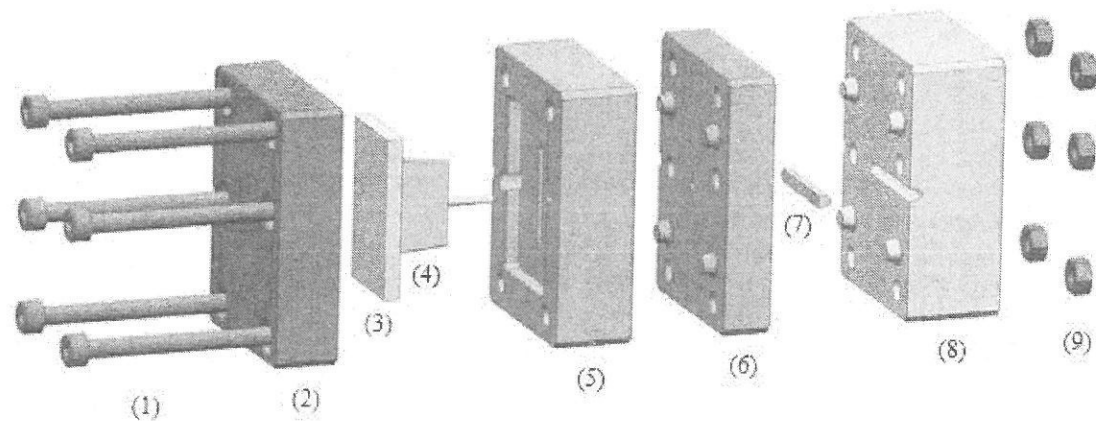
### 1. BEVEZETÉS

A rohamosan fejlődő autóiipar számára gyártott alkatrészek a termékfejlesztések során egyre bonyolultabbá válnak. A komplex termékek gyártásához speciális szerszámokra és összetett feldolgozási technológiákra van szükség [1]. A gépjárművek tömegének csökkentését szem előtt tartva egyre nagyobb szerepet kapnak a könnyűszerkezetes kompozitok. Az autóiiparban viszonylag újnak számító T-RTM (Thermoplastic Resin Transfer Molding) technológiával hagyományos kompozit szövetet erősítést foglalnak termoplasztikus mátrixba, ezzel biztosítva az ezzel a technológiával készült alkatrészek újrahasznosíthatóságát [2, 3]. A termoplasztikus mátrix egyik előnye, hogy szintén termoplasztikus polimer ráfröccsöntésével hibrid szerkezetek hozhatóak létre. A kompozit előgyártmányokra ráfröccsönthető a szereléshez szükséges geometriai elemek, valamint olyan bordák, amelyek segítségével növelhető a kompozit szerkezetek szilárdsága.

Munkánkban célul tűztük ki a T-RTM alkatrészeire ráfröccsöntés előkísérleteként egy olyan egyszerű geometriájú, ráfröccsöntéses technológiával készülő termék megtervezését és gyártását, amely segítségével az előgyártmány és a ráfröccsöntött rész közötti kötési szilárdságot tudjuk minősíteni.

## 2. ANYAGOK, BERENDEZÉSEK, MÉRÉSI MÓDSZER

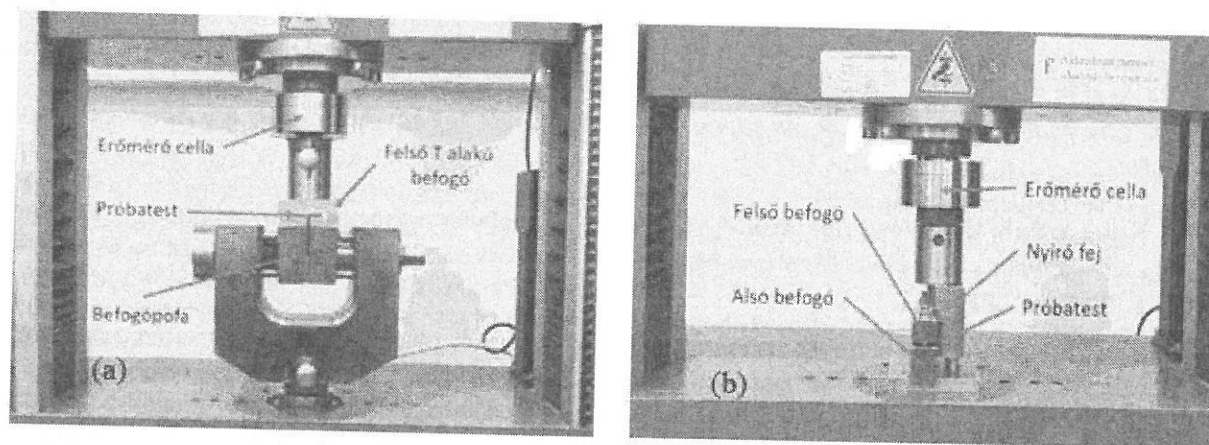
A ráfröccsöntési kísérletekhez megterveztünk és Polyjet 3D nyomtatási technológiával legyártottunk egy olyan prototípus fröccsöntő szerszámot (1. ábra), amellyel TIPPLEN H 145 F típusú polipropilénből készült előgyártmányra azonos alapanyagból bordát fröccsöntöttünk. A szerszám formalapját átlátszó alapanyagból is elkészítettük és nagysebességű kamerával megfigyeltük a polimer ömledék előrehaladását a szerszámüregben.



1. ábra

Borda ráfröccsöntő prototípus szerszám robbantott ábrája: (1) csavarok (2) felfogólap-A (3) előgyártmány (4) ráfröccsöntött borda (5) formalap (6) ömledékfordító lap (7) csatornamaradék (8) felfogólap-B (9) anyák

A ráfröccsöntést Arburg Allrounder Advance 270S 400-170 típusú fröccsöntőgépen végeztük. A kilökörendszert nélküli prototípusszerszám nyitása és zárása kézzel történt. A fröccsöntési nyomással szemben szükséges záróerőt belső kulcsnyílású csavarokkal biztosítottuk. A próbatetek normál és nyíró irányú kötési szilárdság méréseit Zwick Z005 típusú szakítógépen, 5kN-os erőmérőcellát és saját tervezésű befogókészülékeket használva végeztük el (2. ábra).



2. ábra

(a) Normál irányú terhelés mérési elrendezése, (b) Nyíró irányú terhelés mérési elrendezése

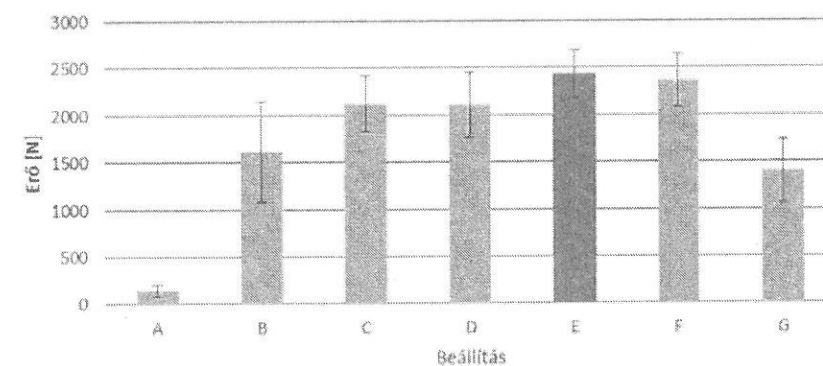
## 3. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK, ÉRTÉKELÉSÜK

A ráfröccsöntést megelőzően 80x80x4 mm méretű polipropilén lapokat fröccsöntöttünk, amelyekből Mutronic típusú vágóberendezéssel 25x38x4 mm méretű előgyártmányokat vágunk. A fröccsöntőgépen beállítható három technológiai paraméter és az előforma felmelegítésének hatását vizsgáltuk a hegedési szilárdságra (1. táblázat). Minden beállításból 5 próbatestet fröccsöntöttünk.

1. táblázat. Beállított fröccsöntési paraméterek és az előgyártmány előmelegítési hőmérséklete

| Gépparaméter<br>Beállítás | Ömledék hő-<br>mérséklet ( $T_{\text{öml}}$ )<br>[°C] | Utónyomás<br>( $p_{\text{utó}}$ )<br>[bar] | Utónyomás ide-<br>je ( $t_{\text{utó}}$ )<br>[s] | Előmelegítés<br>( $T_{\text{elő}}$ )<br>[°C] |
|---------------------------|---|--|--|--|
| A                         | 230   | 8  | 5  | nincs  |
| B                         | 250   | 80   | 5  | nincs  |
| C                         | 270   | 80   | 5  | nincs  |
| D                         | 270   | 120  | 5  | nincs  |
| E                         | 270   | 120  | 10   | nincs  |
| F                         | 270   | 120  | 10   | 80   |
| G                         | 270   | 120  | 10   | 100  |

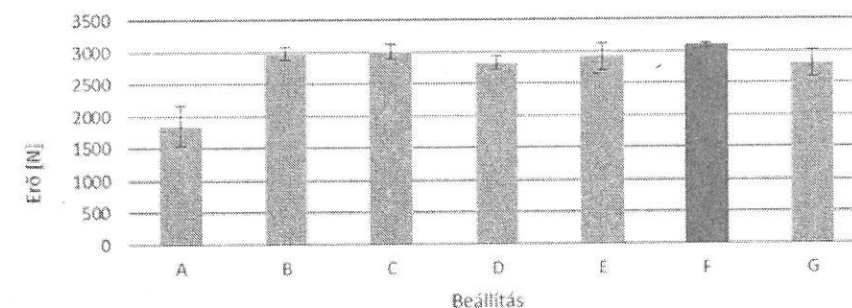
A normál irányú mérések kiértékelésekor (3. ábra) azt tapasztaltuk, hogy a legnagyobb átlag- és maximális erő, valamint a legkisebb szórás az „E” beállítással fröccsöntött próbatest esetén volt mérhető. Az általunk várt eredménytől eltérően normál irányú terhelés esetén az előgyártmány felmelegítésével a kötési szilárdság nem nőtt. Elmondható, hogy az ömledék hőmérséklet értékének, valamint az utónyomás értékének és idejének növelésével javul a kötési szilárdság.



3. ábra

Normál irányú maximális erők átlag értékei és szórásaik

Nyíró irányú terhelések esetén (4. ábra) a fröccsöntési paraméterek megváltoztatása nem hozott olyan növekvő tendenciát a kötési szilárdságban, mint a normál irányú terhelések esetében. Az „F” beállítás rendelkezik a legnagyobb nyíró erő átlagértékkel és a szórása is kellően alacsony, ezért kijelenthetjük, hogy az nyíró igénybevétel esetén az előgyártmány előmelegítése a kötési szilárdság javulását eredményezi.



4. ábra

Nyíró irányú maximális erők átlag értékei és szórásaik

## 4. MÉRÉSI HIBÁK, KIKÜSZÖBÖLÉSI JAVASLATOK

A fröccsöntött előgyártmány lemezek vetemedése azt eredményezte, hogy a próbatetek a normál irányú terheléskor pontszerűen feküdtek fel a befogó szerkezet felületére, ami negatívan befolyásolta a mérési



eredményeket. Ezekben az esetekben az egytengelyű húzás nem feltételezhető, ezért az előgyártmányok gyártástechnológiájára külön figyelmet kell fordítani.

Az előgyártmányra ráfröccsöntött bordák belsejében keletkező légzárványok hibahelyekként működnek a tönkremenetel szempontjából, ami sok esetben azt eredményezte, hogy a próbatetek a leggyengébb, légzárványos keresztmetszetben szakadtak el. A légzárványok kialakulása elkerülhető a fröccsöntő szerelésben kialakított kilevegőző csatornák segítségével.

A normál irányú terhelések mérésekor azt tapasztaltuk, hogy a formaferdeséggel ellátott ráfröccsöntött borda kicsúszhat a befogópofák közül, ezért javaslatot tettünk egy olyan borda kialakításra, amellyel a kicsúszás elkerülhető.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során egy 3D nyomtatással készült prototípus szerszámba polipropilén előgyártmányokra azonos anyagból bordát fröccsöntöttünk. A műanyagok hegeszthetősége és a ráfröccsöntés között analógiát vonva, 7 különböző beállítási sorozattal, sorozatonként 5 fröccsöntést végeztünk. Változtattuk az ömledékhőmérsékletet, az utónyomás értékét és idejét, valamint az előgyártmány előmelegítési hőmérsékletét. Az elkészült próbateteket saját tervezésű befogó szerkezeteket használva, szakítógépen normál- és nyíró terhelésnek vetettük alá.

A normál irányú terhelések eredményeivel rámutattunk, hogy az ömledék hőmérsékletét valamint az utónyomás értékét és idejét növelve egyre jobb kötést lehet elérni. Előzetesen azt vártuk a vizsgálati eredményektől, hogy „A” beállítástól haladva „G” beállításhoz, a normál és nyíró erők egyre nagyobb értékeket vesznek fel. Ez részben beigazolódott a normál irányú vizsgálatok során kapott eredményekből, hiszen a kezdetben pár száz newton erőterhelés a paraméterek változtatásával többszöröse, egészen 2500 N-ig növekedett. Az eredményekből továbbá arra is lehet következtetni, hogy a határfelület tulajdonságai jobban befolyásolták a próbatest normál irányú terhelésre adott választát, mint a nyíróét, mivel nyíró terhelés során a kötés az „A” beállítás kivételével minden változtatás ellenére átlagosan 3000 N erőterhelés elviselésére volt alkalmas.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával az NKFIH Alapból valószínűleg meg, a projekt címe: „Fröccsönthető polipropilén alapú tapadásközvetítő kompozitok fejlesztése járműtechnológiai alkalmazásokhoz”; a pályázat azonosító száma: NVKP\_16-1-2016-0038.

Köszönjük továbbá az Arburg Hungária Kft-nek a támogatását, a Tool-Temp Hungária Kft-nek a szerszámtemperálókat, a Lenzkes GmbH-nak a szerszámfelfogókat, valamint a Piovan Hungary Kft-nek a kiegészítőket.

## IRODALOM

- [1] Mapleston P.: Thermoplastic composites set for automotive breakthrough. Injection World, 1, 17-28 (2017).
- [2] Bitterlich M., Ehleben M., Wollny A., Desbois P., Renkl J., Schmidhuber S.: Tailored to Reactive Polyamide 6. Kunststoffe, 3, 80-84 (2014).
- [3] Renkl J., Schmidhuber S., Fries E.: Variety of Lightweight Construction Processes. Kunststoffe, 9, 50-53 (2015).

## Váltó fokozat kiosztás tervezése és megvalósítása közforgalomban kapható alkatrészek segítségével

### THE DESIGN AND REALISATION OF A TRANSMISSION SYSTEM, USING PRE-FABRICATED PARTS

CSEPREGHY Dóra Olimpia<sup>1</sup>, konstruktőr  
SASS Péter<sup>2</sup>, egyetemi tanársegéd

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, SZEngine, Hallgatói Motorfejlesztő KHE. 9026 Győr, Egyetem tér 1.  
tel.: +36 96 503491, fax: +36 96 613677, e-mail: dora.csepreghy@gmail.com

<sup>2</sup>Széchenyi István Egyetem, Belső Égésű Motorok Tanszék 9026 Győr, Egyetem tér 1.  
tel.: +36 96 503491, fax: +36 96 613677, e-mail: sass.peter@sze.hu

## ABSTRACT

The goal of the SZEngine Engine Development Team is the construction of the ideal engine for the Formula Student competition, whilst being in compliance with the rules. During the process one of the tasks was choosing the ideal gear ratio. This document is aimed to present our method of getting unique results, using factory made parts, describing the most important aspects, calculations and challenges of the process, and how we managed to overcome our difficulties.

## ÖSSZEFOGLALÓ

A SZEngine Hallgatói Motorfejlesztő csapatának célja egy ideális motor fejlesztés a Formula Student versenyszabályzatának betartása mellett. A motorban rejtőző egyik fejlesztési potenciál a váltó, illetve annak fokozatainak kiosztása. Dokumentum bemutatja az optimális váltóáttétel megtervezését közforgalomban kapható alkatrészek segítségével. A kiosztás méretezésének során a dokumentum kitér a fogaskerekek választásának logikai menetére, az egyes áttételek számítási hátterére és a megvalósítás során felmerülő kihívásokra.

**Kulcsszavak:** SZEngine, Formula Student, nyomatékváltó, fokozat kiosztás, vonóerő

## 1. BEVEZETÉS

A projekt célja a SZEngine Motorfejlesztő Csapat EVO5-ös sebességváltójának továbbfejlesztése a Formula Student versenyekre. Az új kiosztás létrehozása által lehetőség nyílik jobb köridők elérésére, valamint megfelelő konstrukció kiválasztásával jelentős tömeg takarítható meg, a lehető legkisebb költségek mellett. Az EVO5-ös motorban egy KTM 500 EXC 4 sebességes váltó található, amely a pilóták és a versenyeken rögzített adatok alapján nem megfelelően kihasználta. A motorban rejlő lehetőségek kiaknázására egy új sebességváltó áttétel megválasztására van szükség.

## 2. VÁLTÓVAL SZEMBENI IGÉNYEK

Méretezés előtt fontos az elvárások megfogalmazása, amelyek közül az egyik kiemelkedő szempont, hogy a motor teljesítménye megfelelő nagyságú legyen sebességváltás után is, ezzel lehetővé téve a köridők jelentős javulását. Egy Formula Student versenyhétvége többféle versenyszámból áll. Az egyik ilyen versenyszám a gyorsulás, melynek során egy 75 méter hosszú egyenesből álló szakaszon mérik az autók idejét. A jármű legnagyobb sebességét itt éri el, mely körülbelül 100 km/h-nak felel meg. A második egy technikás pálya, amelyen tapasztalataink szerint kevesebb váltással jobb idők elérésére képesek a pilóták, ezért egy nagyobb sebességi tartományt lefedő második fokozatra van szükség. Az új áttételezéstől elvárjuk, hogy elődjénél az első fokozat végsebessége nagyobb legyen, valamint az, hogy jobban kihasználható negyedik fokozattal rendelkezzen, így érdemes egy, esetleg az első sebességfokozat elhagyásával készülő, három sebességes váltó használatát megvizsgálni. Költséghatékonyan közforgalomban kapható alkatrészek alkalmazásával hozható létre egy új sebességfokozat kiosztás.