

# KOMPOZIT ANYAGBÓL KÉSZÜLT OLAJTEKNŐ FRÖCCSÖNTÉS SZIMULÁCIÓJA

## INJECTION MOLDING SIMULATION OF A COMPOSITE OIL PAN

*Spisák Bernadett\*, Beleznai Róbert\*\**

### ABSTRACT

*Current environmental pollution issues remain to be topical, that is why more regulations are introduced to reduce the adverse effects on the environment. As a consequence new rules in the automotive manufacturing were adopted by the European Union.*

*Therefore many car manufacturers are involved in the examinations aimed at the accomplishment of the significant weight reductions in vehicles. One of the solutions lies in the replacement of the material of the components. The paper presents the process of substitution of the metal oil pan into the composite one.*

*For polymer-based composites, the most common production method is the injection molding. This method was chosen for the manufacturing process of the oil sump and injection molding simulation was executed. The results obtained from the researches are presented.*

### 1. BEVEZETÉS

Napjainkban egyre nagyobb problémát jelent a környezetszennyezés, ezért egyre több szabályozást hoznak létre a környezetre gyakorolt káros hatások csökkentése érdekében. Az Európai Unióban kibocsátásra kerülő szén-dioxid 12%-áért a járművek felelősek, ezért az újonnan gyártott autókra vonatkozóan a szennyező anyag kibocsátásának nagyságára új jogszabályt vezettek be: 2021-re az átlagos szén-dioxid kibocsátást kilométerenként 95 grammra kell lecsökkenteniük a gyártóknak. A 2021-re kitűzött célok 40%-os csökkenést jelentenek a 2007-es 158,7 g/km értékhez képest. Ha a gyártó flottájának átlagos szén-dioxid kibocsátása 2012-től bármely évben meghaladja a határértéket, akkor a gyártónak minden egyes regisztrált gépkocsi esetében többlet kibocsátási díjat kell fizetnie [1]. Ezek a tények jól szemléltetik, hogy az autógyártóknak új módszerekkel csökkenteniük kell a járművek szén-dioxid kibocsátását. Egyik megoldás erre az alkatrészek anyagának megváltoztatása, amellyel súlycsökkentés érhető el. Munkánk során irodalomkutatás segítségével feltérképeztük a

járművekben található alkatrészeket és ezek anyagait. A cél egy olyan alkatrész felderítése volt, amelynek anyagát ki lehet váltani egy kisebb sűrűségű polimer kompozitral, ezért elsősorban a fém alapú komponenseket vizsgáltuk meg részletesebben. Az egyik ilyen komponens az olajteknő, amelyet leggyakrabban alumínium ötvözetből gyártanak. Súlycsökkentő megoldás lehet az alumínium hab alkalmazása is. Ezzel kapcsolatban már különböző kutatásokat végeztek, amelyek leginkább az akusztikai vizsgálatokra fókuszálnak [2]. Másik lehetőség a polimer alapú kompozit anyag használata, melyhez kapcsolódó elemzésről adunk most összefoglalást.

### 2. POLIMER ALAPÚ KOMPOZIT ANYAGOK AZ AUTÓIPARBAN

A kompozit anyagok számos előnnyel rendelkeznek a hagyományos anyagokkal szemben, ilyen például a kiváló korróziós ellenállás, nagy szilárdság, dinamikus hatásokkal szembeni jobb ellenálló képesség, kisebb súly. Ezek a tulajdonságok növelik az autók teljesítményét, nagyobb biztonsághoz és kisebb energiaigényhez vezetnek. Egy autó teljesítménye a motor teljesítménye mellett attól is függ, hogy ez milyen arányban van a jármű súlyával. Ezáltal a könnyebb autók alacsonyabb üzemanyag fogyasztással rendelkeznek [3].

Az előrehaladó technológiai színvonal miatt szükség van különböző, speciális tulajdonságokkal rendelkező termékekre, azonban a hagyományos anyagok ezeket az elvárásokat nem tudják teljesíteni, viszont kompozit anyag használatával ezeket az igényeket meg lehet valósítani. Szálas vagy részecske formában rendelkezésre álló anyagok mátrixba történő beágyazásával olyan tulajdonságok érhetőek el, amelyek egyik kiinduló anyag esetén sincsenek jelen. Az erősítő szálak rögzítése és szétválasztása a mátrix anyag legfontosabb feladata, mellyel elkerülhető a kompozit deformálódása közbeni kölcsönös súrlódás. Polimer kompozitok erősítésére leggyakrabban erősítőszálakat alkalmaznak. A polimerekben a szál típusú

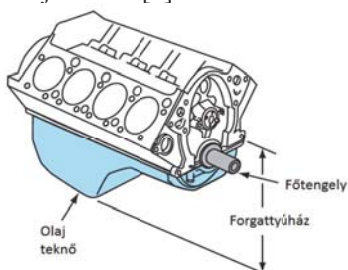
\* PhD hallgató, Miskolci Egyetem Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék

\*\* Vezető kutató, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

erősítőanyagokat a mechanikai tulajdonságok, különösen a keménység, a húzószilárdság, a húzó rugalmassági modulus, a kúszás és az ütésállóság javítására használják [4]. A kompozitokat a bennük lévő erősítő anyag alapján csoportokra lehet osztani. A kompozitok különböző csoportjai (rövid, hosszú és folyamatos szállal erősített kompozitok) közül a leggyakrabban alkalmazott típus a rövid szálerősítésű hőre lágyuló polimer, melynél a kompozit tulajdonságainak változtatását az erősítő szálak koncentrációjával szabályozzák [5].

### 3. AZ OLAJTEKNŐ KIVÁLTÁSA

Az olajteknőt általában acéllemezéből vagy alumínium öntvényből készítik, feladata a forgattyúház elszigetelése a környezettől, emellett olajtárolóként működik. A motor működése közben az olajszivattyú kiszívja az olajteknőből az olajat, és a motoron keresztül cirkuláltatja; miután az olaj áthaladt a motoron, visszatér az olajteknőbe [6].



1. ábra Olajteknő elhelyezkedése [6]

Kétféle olajteknőt különböztetünk meg: szerkezeti és nem szerkezeti olajteknő. Az első jellemzően alumínium öntvényből készül, merevséget biztosít a motorbloknak; a másik fajta anyaga általában egyszerű bélyegzett acél. A világon található motorok több mint 70%-ánál az első típust alkalmazzák. Az olajteknőkről szóló irodalomkutatás során kiderül, hogy vannak olyan autógyártó cégek, ahol már kompozit anyagból készítik el ezt az alkatrészt. Ide sorolható például a Volkswagen Golf, Audi A3 és S3, Jaguar, Land Rover és a Peugeot 508. Az ezeknél megfigyelt kialakításokat az olajteknő tervezése során figyelembe vettük, azonban ezekről csak képi információ állt rendelkezésre, pontos útmutatás a tervezést illetően nem.

A hagyományos polimerek nem alkalmazhatóak az olajteknő elkészítésére, mivel a fellépő terheléseknek nem tudnak ellenállni, ezért szükséges a polimer alapú kompozit alkalmazása.

Léteznek olyan kompozit anyagok, amelyek megfelelőek ezen alkatrész előállítására. Ilyen a DuPont által kifejlesztett Zytel anyag, amely 35%-ban tartalmaz üvegszál erősítést, illetve a mátrixa hidrolízis álló poliamid 66-ból áll. Ez a kompozit ellenálló a forró olajokkal és zsirokkal szemben, hő stabilizált és

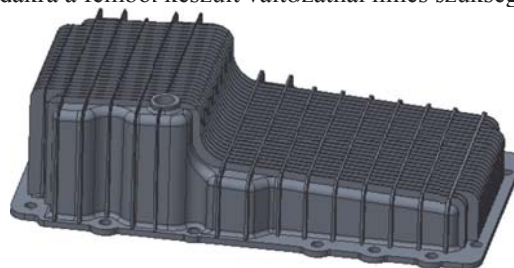
fröccsenhető. Az 1. táblázat a kompozit tulajdonságait foglalja össze.

1. táblázat: Kiválasztott anyag tulajdonságai [7]

Tulajdonságok	Zytel®
	70G35HSLRA4 BK267
Szakítószilárdság	210 MPa
Szakadási nyúlás	3 %
Sűrűség	1,41 g/cm <sup>3</sup>
PA sűrűsége	1,14 g/cm <sup>3</sup>
PA Poisson tényezője	0,3
PA Young modulus	2
Üvegszál sűrűsége	2,55g/cm <sup>3</sup>
Üvegszál Poisson tényezője	0,2
Üvegszál Young modulus	70 GPa

#### 3.1. Fém alkatrész alapján áttervezett geometria

Az alkatrész CAD modelljét Creo Parametric 2.0 tervezőprogramban készítettük el. A felületen „feláldozható” (felverődő kövek esetén védelmet biztosító) bordákat helyeztünk el, amelyek sérülés esetén sem veszíti el az olajteknő a funkcióját. Ilyen bordákra a fémből készült változatnál nincs szükség.



2. ábra Bordázott geometria

### 4. A FRÖCCSÖNTÉS SZIMULÁCIÓ

Az olajteknő hálózását a Moldex3D Desingerben készítettük el. A beömlő nyílás más néven gát elhelyezését nagymértékben befolyásolja a falvastagság változása. A gátnak a vastagabb felületen kell lennie, annak érdekében, hogy a kitöltés egyenletesen menjen végbe. Annak érdekében, hogy megállapítsuk, hogy megfelelő mennyiségű gátat használtunk, ellenőrizni kell a hossz/vastagság arányát. Ha ez az érték 200 felett van, akkor a terméket nehéz fröccsönteni, ezáltal több gát alkalmazása az ajánlott. A vizsgált olajteknő esetében a maximális L/t arány 151, amely az ajánlott maximális érték alatt van, ezáltal a forma egy beömlőnyílás használatával fröccsenhető. A termék fröccsöntésének elemzéséhez szükséges a hűtőcsatorna modellezése is. Az alkatrésznél különböző kialakítású hűtőcsatornák végeredményre gyakorolt hatását vizsgáltuk, így számos elrendezést készítettünk el, amelyek eredményeiből két esetet mutatunk be. A háló metszeti képét a 3. ábra szemlélteti.



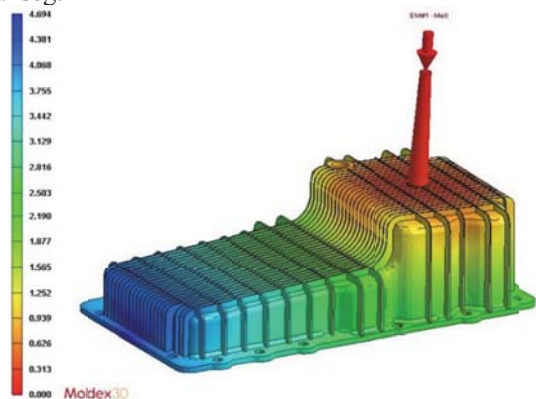
3. ábra Hálózott geometria

Anyagnak a már korábbiakban bemutatott PA 66 Zytel kompozitot választottuk. Ennek az anyagnak a viszkozitása alacsony, ezért fröccsöntő gépet választottuk, amely 500-600 cm<sup>3</sup>/s áramlási sebességgel rendelkezik. Az ömledék hőmérsékletének 285 és 305 °C közötti értéket kell beállítani a kompozit tulajdonságaiból adódóan.

Minden esetben egy teljes fröccsöntési szimulációt végeztünk el, amely tartalmazza a kitöltés, a tömörítés és a lehűtés folyamatát, ezek mellett a gyártás során keletkező vetemedést is megvizsgáltuk.

## 5. EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

Először a kitöltésből kapott eredményeket elemeztük. A 4. ábra a geometria kitöltési idejét szemlélteti. A bordázott olajteknő kitöltéséhez 4,7 másodpercre volt szükség.



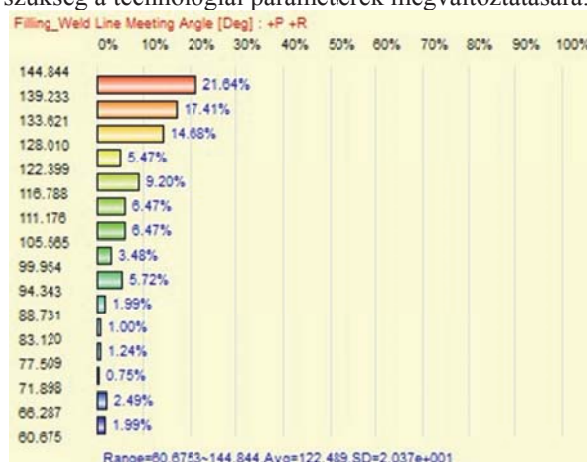
4. ábra Kitöltés ideje

Fröccsöntés során keletkezhetnek összecsapási vonalak, amelyek hatására az anyag mechanikai tulajdonságai nagymértékben lecsökkenhetnek. A fröccsöntési vonalak akkor keletkeznek, amikor kettő vagy több ömledék front találkozik a kitöltési szakaszban. Ha az eltérő olvadási frontok találkozás előtt lehűlnek, akkor nem fognak tudni jól egymáshoz csatlakozni, így okozva gyengeséget az alkatrészben.

A hegedési vonalakat két csoportra oszthatjuk. Az angol nyelvű szakirodalom különböző megnevezéseket használ a két fajta hegedési vonal leírására. Az angol

„meld” szó olvadásra, illetve egyesülésre, a „weld” szó pedig összehegedésre és összeforrásra utal. A két hegedési vonal közti különbség leírható a felületen létrejövő  $\theta$  szöggel. Amennyiben a találkozó frontvonalak hegedési szöge nagyobb, mint 135°, akkor Weld line-ról, ha a  $\theta$  szög kisebb, mint 135° akkor pedig Meld line-ról beszélünk. A minimális hegedési szög értéke 45°, ennél kisebb szög esetén már szükség van a paraméterek megváltoztatására. Megoldás lehet a gátak helyének újra pozicionálása, a fröccsöntendő elem vastagságának a megváltoztatása, a kitöltő rendszer tervének az optimalizálása, valamint az olvadék és a szerszám hőmérsékletének a növelése.

A bordázott geometriánál keletkező összecsapási vonalak hegedési szög szerinti eloszlását a 6. ábra mutatja be. A keletkező minimális érték 60,675°. Mivel a minimális szög értéke nagyobb, mint 45°, így nincs szükség a technológiai paraméterek megváltoztatására.

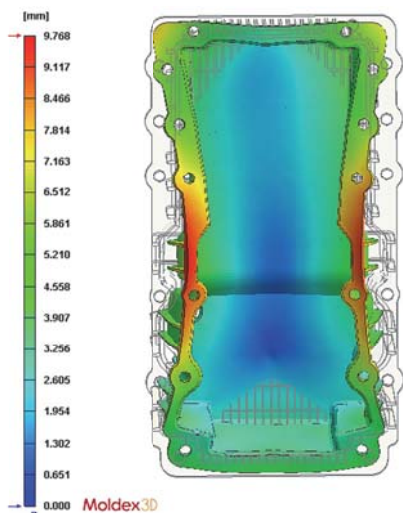


6. ábra Összecsapási vonalak hegedési szögeinek eloszlása

A fröccsöntés szimuláció elvégzésével meghatározható a vetemedés mértéke. A vetemedést a geometria, a forma, a folyamat, és az anyag változtatásával befolyásolhatjuk. A geometria esetében ez lehet a fröccsöntendő darab vastagságának vagy az áramlás irányának a változtatása, a szerszám esetén a gát és a hűtőcsatornák újratervezése, a technológiai folyamatnál pedig az ömledék hőmérséklet, a forma hőmérséklet vagy az utónyomási idő variálása [8]. Elsősorban azt vizsgáltuk, hogy a hűtőcsatornák eltérő kialakításai hogyan befolyásolják a vetemedést. Ehhez számos hűtőcsatorna rendszert készítettünk el, emellett az egyes csatornák hőmérsékletét is változtattuk ezzel próbálva befolyásolni a kapott eredményeket.

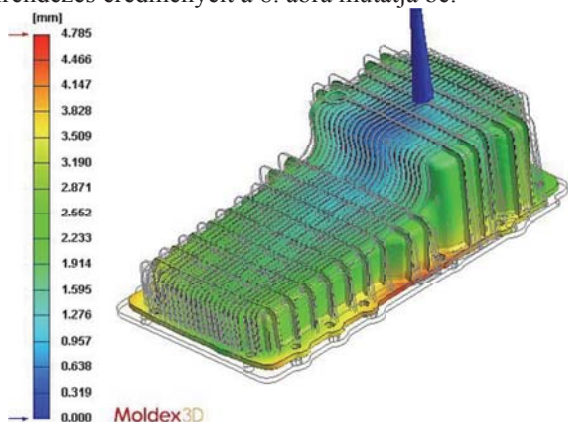
Az első esetben egy egyszerű kialakítást hoztunk létre, ahol a hűtőcsatornák az olajteknő felső és alsó oldalán, vele párhuzamosan helyezkedtek el. Ebben az esetben minden hűtőcsatornát megegyező hőmérséklettel láttunk el. Az így kapott eredményt a 7. ábra szemlélteti, mely alapján a vetemedés mértéke majdnem elérte a 10 mm-t.





7. ábra Kialakult vetemedés nagysága az első hűtőcsatorna kialakítás esetében

Az egyes kialakítások szimulációs eredményeinek megvizsgálása után a legjobb eredményt abban az esetben kaptuk, ahol „baffle” típusú hűtőcsatornát alkalmaztunk, amely a fő hűtőcsatornához merőlegesen kapcsolódik, és tartalmaz egy terelőlemezt, amely a hűtési utat két félkör alakú csatornára osztja fel. Az olajteknő belső falainál található hűtőcsatornák hőmérsékletét az átlagos 100°C fölé állítottuk be, míg a külső falak esetében ezt az értéket lecsökkentettük. Ebben az esetben a vetemedés 5 mm alatti, amely az előző értékekhez képest nagy előrehaladás. Ezen elrendezés eredményeit a 8. ábra mutatja be.



8. ábra Kialakult vetemedés nagysága a módosított hűtőcsatorna kialakítás esetében

A helyes működéshez a kapott deformációs eredmények még nem megfelelőek, mivel a tömítési felületek térése minimális, és a vetemedés ezen a részen a legnagyobb, ezért a fröccsöntés szimuláció további változtatásokat igényel. Azonban az eredményekből jól látható, hogy a használt séma segítségével ez a hiba lecsökkenthető, és a helyes hűtőcsatorna rendszer kialakítása elengedhetetlen egy fröccsöntött darab megfelelő minőségű előállításához. A korábban

felsoroltak alapján a maradék vetemedés megszüntetésére egy további lehetséges megoldás a több beömlő csatorna elhelyezése a terméken, mivel így megváltozik a szálak orientációja.

Fontos megvizsgálni azt, hogy az olajteknő geometriájának és anyagának megváltoztatásával milyen mértékű súlycsökkentés érhető el. A fémből készült olajteknő térfogata 1897,05 cm<sup>3</sup>, a bordával ellátotté pedig 2456,81 cm<sup>3</sup>. A megnövekedett térfogat nem jelenti azt, hogy ezzel a módszerrel nem érhető el súlycsökkentés, mivel a két anyag sűrűsége jelentősen eltér. Az alumínium sűrűsége 2,7 g/cm<sup>3</sup>, míg a DuPont által előállított kompozit sűrűsége 1,41 g/cm<sup>3</sup>. Ezeket az értékeket figyelembe véve az olajteknő súlyát körülbelül 33%-kal lehet redukálni, amely jelentős súlycsökkentést jelent ezen alkatrész esetében. További optimalizálással ez az érték növelhető.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a GINOP-2.2.1.-15-2016-00015 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## 7. IRODALOM

- [1] Reducing CO2 emissions from passengers cars: [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en) (2017.07.05)
- [2] Jolics K., Priebsch H-H., Brandl F., Andres O., Fingerhut H-P.: Engine noise reduction potential applying high damping materials for component design, Aachen Acoustic Colloquium, Aachen, (2009)
- [3] Elmarakbi A., Advanced composite materials for automotive applications: Structural Integrity and Crashworthiness ISBN: 978-1-118-42386-8 (2014)
- [4] Varga Cs., Műanyag kompozitok, Pannon Egyetem (2012)
- [5] Chou, T.-W., R. L. McCullough and R. B. Pipes. Composites, Scientific American, 254(10):193-203 (1986)
- [6] AUTOMOTIVE, C. D. X. Fundamentals of Automotive Technology. Jones & Bartlett Publishers, ISBN13: 9781284109955 (2017)
- [7] Dupont által gyártott Zytel® 70G35HSLRA4 BK267 kompozit tulajdonságai: <http://www.campusplastics.com/campus/de/datasheet/Zytel%C2%AE+70G35HSLRA4+BK267/DuPont+Engineering+Polymers/52/809327f4> (2018)
- [8] Chen, E.: How Injection Molding Simulation Helps Reduce Warp Issues (webinar) CoreTech System Co., Ltd