

KOMPOZITBÓL KÉSZÜLT OLAJTEKNŐ VIZSGÁLATA SZIMULÁCIÓS MÓDSZEREK SEGÍTSÉGÉVEL

Spisák Bernadett

hallgató, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: spbetti24@gmail.com

Absztrakt

Jelen cikk keretében egy a DuPont által kifejlesztett Zytel® 70G35HSLRA4 BK267 kompozitból készült olajteknő szimulációs módszerekkel történő vizsgálata kerül bemutatásra. Bemutatásra kerül a termék Creo Parametric 2.0 modellező szoftverben elkészített 3D modellje. Ezt követően ismertetésre kerül a termék fröccsöntéssel történő előállításának szimulációs vizsgálata Moldex3D szoftver segítségével. A termék vége-seleemes vizsgálatához szükséges vége-seleemes háló Comsol segítségével készült, a szimuláció elvégzéséhez a MARC Mentat programot használtam.

Kulcsszavak: kompozit, olajteknő, fröccsöntés, szimuláció, vizsgálat

Abstract

Within the frame of this article the analysis of an oil sump made of DuPont-developed Zytel® 70G35HSLRA4 BK267 composite using simulation methods is presented. A 3D model of the product created in Creo Parametric 2.0 modelling software is presented. Next, a simulation study of the injection moulding of the product using Moldex3D software is described. The analysis using finite element method is based on the application of Comsol and MARC Mentat software.

Keywords: composite, oil sump, injection moulding, simulation, analysis

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 különböző 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 [1]. Ezen szabályok miatt az autógyártóknak új módszereket kell kifejleszteniük a szén-dioxid kibocsátás csökkentése érdekében. Egyik megoldás erre az alkatrészek anyagának megváltoztatása, amellyel súlycsökkentés érhető el. Irodalomkutatás segítségével feltérképeztem a járművekben található alkatrészeket és ezek anyagait. A cél egy olyan alkatrész felderítése volt, amelynek anyagát ki lehet váltani egy kisebb sűrűségű polimer kompozittra, ezért elsősorban a fém alapú komponenseket vizsgáltam meg részletesebben. Végül a választásom az olajteknőre esett.

2. Polimer alapú kompozit anyagok

A kompozit anyagok számos előnnyel rendelkeznek a hagyományos anyagokkal szemben, ide sorolható a nagy szilárdságuk, kiváló korróziós ellenállásuk, kisebb súlyuk. Ezek a tulajdonságok növelik az autók teljesítményét, nagyobb biztonsághoz és kisebb energiaigényhez vezetnek. A kompozitok általában egy mátrix és egy erősítő anyagból tevődnek össze. A mátrix elsődleges feladata az erősítőszálak rögzítése és szétválasztása, ezzel elkerülve a kompozit deformálódása közbeni kölcsönös súrlódást. Polimer kompozitok erősítésére leggyakrabban erősítőszálakat alkalmaznak. A polimerekben a szál típusú erősítőanyagokat a mechanikai tulajdonságok, különösen a keménység, a húzószilárdság, a húzó rugalmassági modulus, a kúszás és az ütésállóság javítására használják [2]. Az olajteknő hagyományos polimerből nem állítható elő mivel ennek a komponensnek számos mechanikai- és hőhatásoknak ellen kell állnia, ezért szükséges a polimer alapú kompozit alkalmazása. a következőkben az általam kiválasztott rövidszálú kompozit néhány tulajdonságát mutatom be.

3. Kiválasztott anyag

Az általam kiválasztott anyag a DuPont által kifejlesztett Zytel® 70G35HSLRA4 BK267. Ez 35%-ban tartalmaz üvegszál erősítést, illetve a mátrixa hidrolízis álló poliamid 66-ból áll. Ez a kompozit ellenálló a forró olajokkal és zsírokkal szemben. Emellett hő stabilizált és fröccsönthető. Az 1. táblázatban az anyag néhány tulajdonságát soroltam fel [3].

1. táblázat. A kiválasztott anyag tulajdonságai [3]

Tulajdonságok	Zytel® 70G35HSLRA4 BK267
Szakítószilárdság [MPa]	210
Szakadási nyúlás [%]	3
Charpy ütésállóság +23°C és -30°C-on [kJ/m ²]	80
Olvadási hőmérséklet tartomány [°C]	268-305
Sűrűség [kg/m ³]	1410
Hővezetőképesség [J/ms°C]	0,186

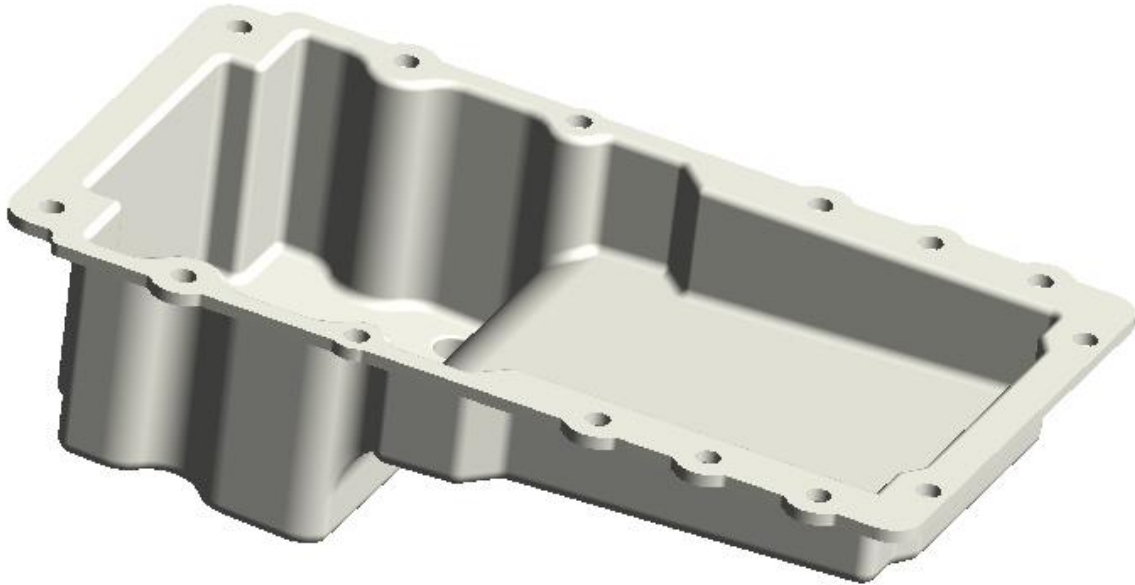
4. Az olajteknő

Az olajteknő acéllemezről vagy alumínium öntvényből készül, és a forgattyúházat szigeteli el a környezettől, emellett olajtárolóként működik. A motor működése közben az olajszivattyú kiszívja az olajteknőből az olajt, és a motoron keresztül cirkuláltatja, miután az olaj áthaladt a motoron, visszatér az olajteknőbe. Kétféle olajteknőt különböztethetünk meg, szerkezeti és nem szerkezeti olajteknő. Az első jellemzően alumínium öntvényből készül, merevséget biztosít a motorblokknak, a világon található motorok több mint 70%-nál ezt a típust alkalmazzák, a másik fajta általában egyszerű bélyegzett acél [4].

Az olajteknő 3D-s modelljét a Creo Parametric 2.0 program diák verziójában készítettem el. A tervezés során figyelembe vettem a fröccsöntésből származó geometriai előírásokat, amelyek közé sorolható például az oldalferdeség alkalmazása, és az egyenletes falvastagság elérése. Az olajteknő 3D modelljét az 1. ábra szemlélteti.

5. Fröccsöntés

A kompozit olajteknő előállítása legkönnyebben a fröccsöntés eljárással valósítható meg. Fröccsöntés során a műanyagot megömlesztik, majd a termék alakját adó zárt szerszámüregbe nyomják. A műanyag megszilárdulása után kinyitják a szerszámot és kivesszük a kész fröccsöntött terméket.



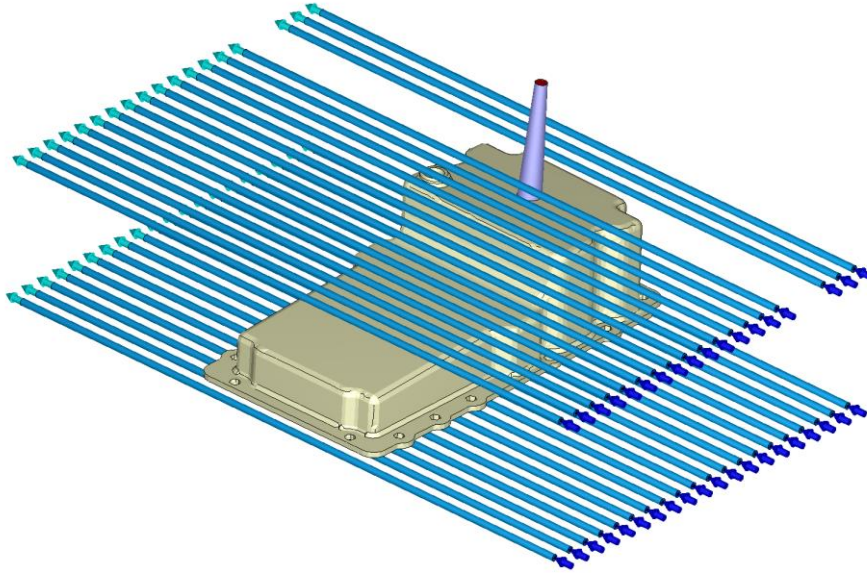
1. ábra. Az olajteknő 3D modellje.

A fröccsöntés szimuláció elmélete

A szimulációk elvégzéséhez a Moldex3D szoftvert alkalmaztam. A fröccsöntés szimuláló programokban kompozit anyagok is kifröccsönthetők. Az egyes technológiai paraméterek szabadon változtathatók, mint például a beömlő csatornák helye, hűtőcsatornák kiosztása, hűtés mértéke. A szimuláció során a gyártástechnológiai folyamat különböző szakaszai egymást követően egyszerre, de akár külön-külön is elemezhetőek. Ilyen folyamatok a kitöltés, az utónyomás, a hűtés és a deformáció. Ezzel a módszerrel meghatározhatóak az erősítősálak irányultságai, illetve az esetleges légbuborékok, illetve az összecsapási vonalak helyei. A számítógépes fröccsöntési programok általában három fő egységből állnak, amelyek a grafikus tervezőprogram, a folyamat szimulációs program és a polimerek tulajdonságait tartalmazó adatbázis. Az első részben adható meg a termék geometriája, és a szerszám egyes részeinek az elhelyezkedése [5]. A következő szakaszban történik meg a technológiai paraméterek beállítása, mint például a folyamat során alkalmazandó túlnyomás nagysága, a hűtőfolyadék hőmérséklete. A szimuláció lefutását követően kerülhet sor az eredmények kiértékelésére.

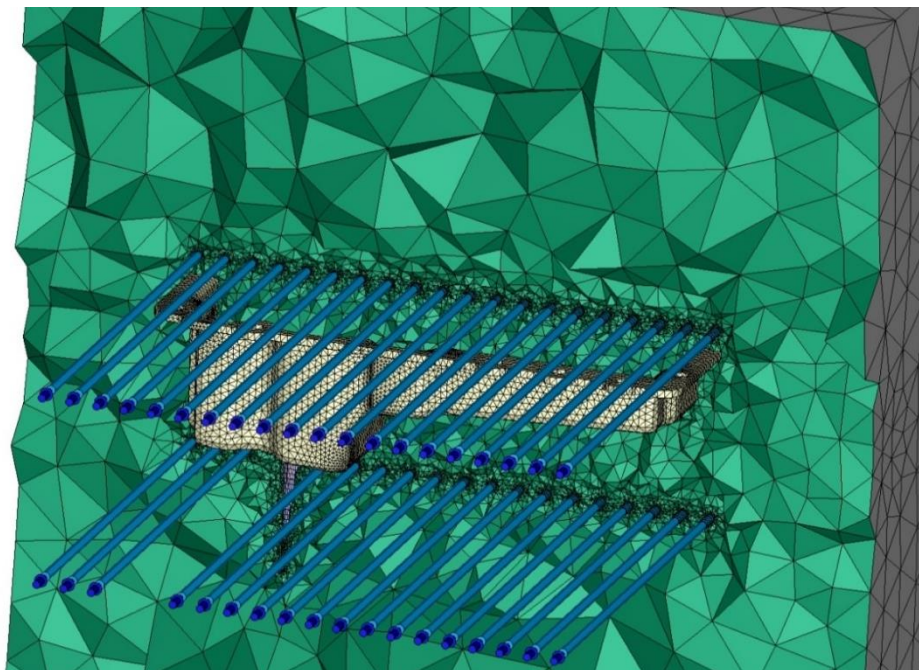
A fröccsöntés szimuláció

A szoftver a fröccsöntési szimulációt két nagy részre osztja szét, a tervezési és az analízis szakaszra. A tervezési szakasz magában foglalja az alapbeállításokat és a hálózást, a szoftver ezen részét Moldex3D Designernek nevezzük. A geometria importálása és a beömlőnyílás elhelyezése után beállítottam a hűtőcsatorna rendszert a fröccsöntő szerszámhoz, melyet a 2. ábra szemléltet.



2. ábra. A hűtőcsatorna rendszer elrendezése.

Ezután a szerkezet hálózását végeztem el. Az olajteknő és a hozzá elkészített szerszám hálózásának metszeti képét a 3. ábra mutatja be. Jól látható, hogy az olajteknő és a hűtőcsatornák környezetében sűrűbb hálót alkalmaztam, ezáltal pontosabb eredmények érhetők el.

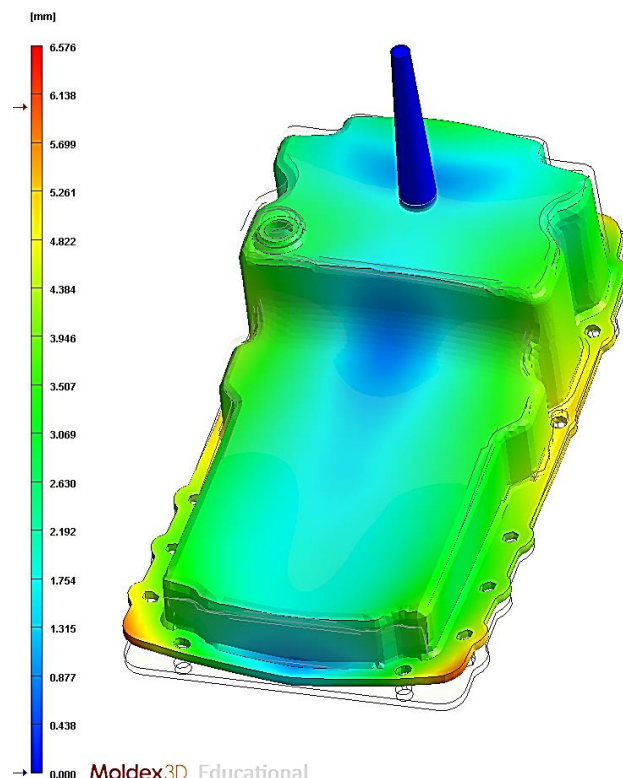


3. ábra. Az olajteknő hálózása.

Ezt követően a létrehozott hálót a Moldex3D folyamatokat szimuláló részébe olvastam be. Anyagnak a már korábbiakban bemutatott PA 66 Zytel kompozitot választottam ki.

Az eredmények kiértékelésénél fontos szerepet tölt be a hegedési vonalak ellenőrzése. Az összecsapási vonalak (hegedési vonalak) talán a leggyakrabban előforduló és legnehezebben kiküszöbölhető hibahelyek a fröccsöntésnél. Ezek akkor keletkeznek, amikor a szerszámüregben a térkitöltés során a polimer ömledékfrontok találkoznak. Vannak olyan esetek, ahol csak esztétikai problémát okoznak a készterméken, azonban előfordulhat az is, hogy a névleges szilárdság csupán 20%-a marad meg ezeken az összecsapási területeken. A gyenge összecsapási vonalak eredete lehet a nem megfelelő anyagválasztás, darabtervezés, szerszámtervezés vagy a feldolgozási paraméterek helytelen beállítása. Az erre vonatkozó megengedett minimális érték 45° . Az eredményeket kiértékelve a hegedési vonalak szöge minden esetben meghaladta a 45° -ot, így ezek nem rontják a darab mechanikai tulajdonságait. A legkisebb érték $58,6^\circ$ volt.

A vetemedésből származó eredményeket a következő ábrán mutatom be. 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 forma esetén a gát és a hűtőcsatornák újratervezése, a folyamatnál pedig az ömledék hőmérséklet, a forma hőmérséklet vagy a tömörítési idő variálása [6]. A 4. ábra az eredeti és a deformált alakot szemlélteti, a deformált alak ötszörös nagyításban látható rajta. Az olajteknő maximális vetemedése 6 mm-re adódik. Ez nem elfogadható érték, ezért a későbbiekben tervezem a korábban említett befolyásoló tényezők változtatását.



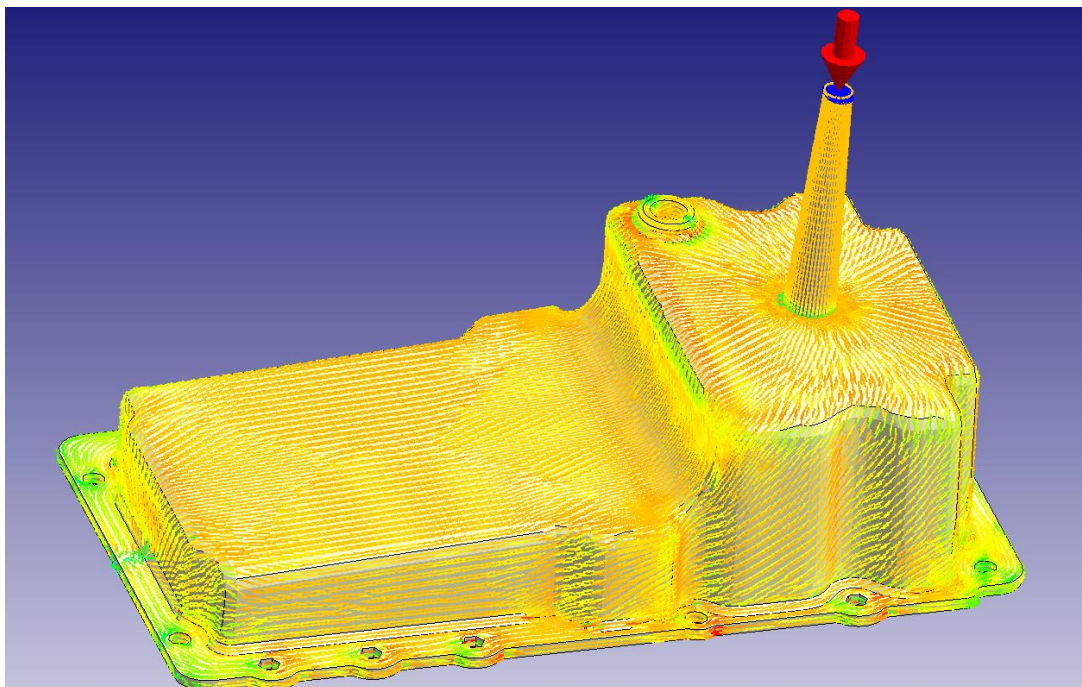
4. ábra. Vetemedés nagysága eredeti mérethez képest ötszörös nagyításban.

Az 5. ábra a kompozitban lévő szálak orientációját mutatja be. A későbbiekben bemutatásra kerülő végeleemes szimuláció során elengedhetetlen a szálak irányának a meghatározása, mivel ez nagymértékben befolyásolja az olajteknő mechanikai tulajdonságait, és ebből származóan a dinamikai igénybevételekkel szembeni ellenállóképességét. Az ábrából jól látható, hogy a szálak orientációját a geometria mellett legjobban a beömlőnyílás elhelyezése befolyásolja.

6. Végelelem szimuláció [8]

A végeleemes szimuláció elvégzése során főleg a szál orientáció a redukált feszültség eloszlására gyakorolt hatását vizsgáltam. Elsősorban arra koncentráltam, hogy a Mori-Tanaka homogenizációs módszer különböző szintű alkalmazásával az eredmények hogyan fognak eltérni egymástól. Az autópárhuzban vannak olyan esetek, amikor a motort úgy helyezik le a földre, hogy az olajteknőn fekszik fel [7]. Ebből következik, hogy az olajteknőnek ki kell bírnia a motor súlyából származó statikus terhelést.

A Moldex3D szoftverben lehetőség van arra, hogy a Mori-Tanaka módszer felhasználásával exportálhassuk az anyagtulajdonságot. Kompozit anyagok esetében a szálak orientációja miatt az olajteknő különböző részein a mechanikai tulajdonságai eltérőek lesznek. Egy elemen belül rengeteg szál található, a Mori-Tanaka módszer ezen irányok figyelembevételével készíti el az adott elemre vonatkozó anyagi paramétereket, ehhez az anizotrop anyagmodellt alkalmazza. A Moldex3D-ben a homogenizálási módszert úgy állították be, hogy képes legyen magasabb szintű homogenizációra. Ez azt jelenti, hogy egy adott tartományon belül a hasonló szálorientációval rendelkező elemeknek azonos anizotrop anyagi tulajdonságot állít be, ezzel csökkentve le a számítási időt.



5. ábra. Olajteknő szál orientációja.

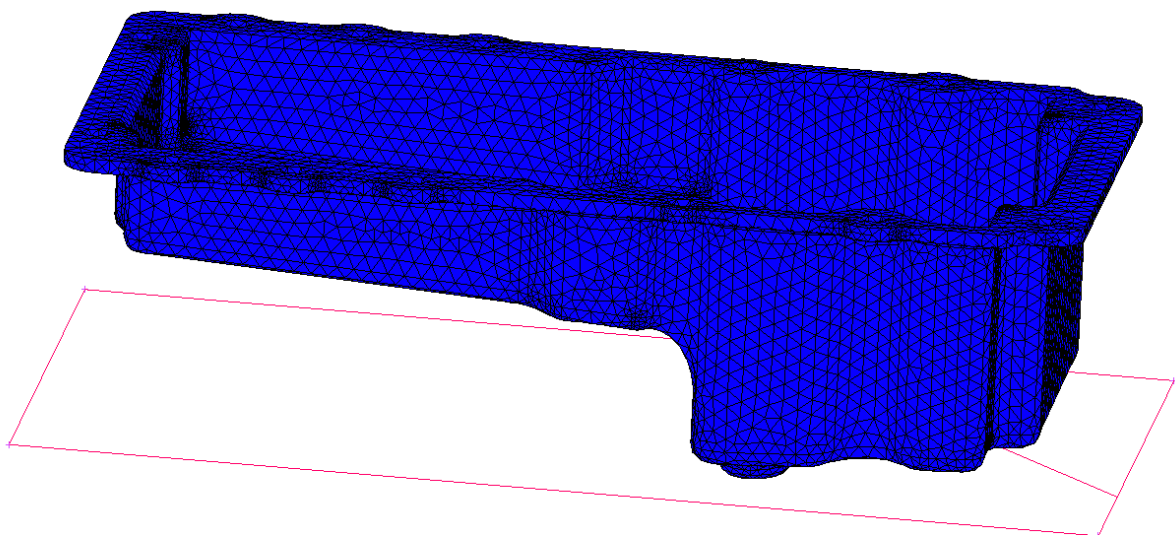
A végeselemes hálót Comsol segítségével készítettem el, a háló elemszáma 41270. A szimuláció elvégzéséhez az MSC Software által forgalmazott MARC Mentat programot használtam [9]. A korábban már említett szimuláció esetében az olajteknő kapcsolatba lép a talajjal, mivel kiszereles után a földre teszik le. A pontos érintkezési helyek meghatározásának érdekében szükséges kontakt feladatként kezelni ezt a problémát, így pontosabb eredményekhez juthatunk. A kontakt viselkedés analízise egy komplex feladat, mivel több geometriai test mozgását pontosan le kell követnie. Ez magába foglalja a felületek közötti súrlódás és a testek közötti hőátadás figyelembevételét. A kontakt szimulációt a maximális-szintű és a magas-szintű homogenizáció esetén végeztem el. A 6. ábra a sík és az olajteknő egymáshoz képesti elrendezését mutatja be.

A motor súlyából származó terhelések és a megfogások beállítása után, lefuttattam a szimulációt, ennek során a terhelést lépésekben adtam rá a felületre.

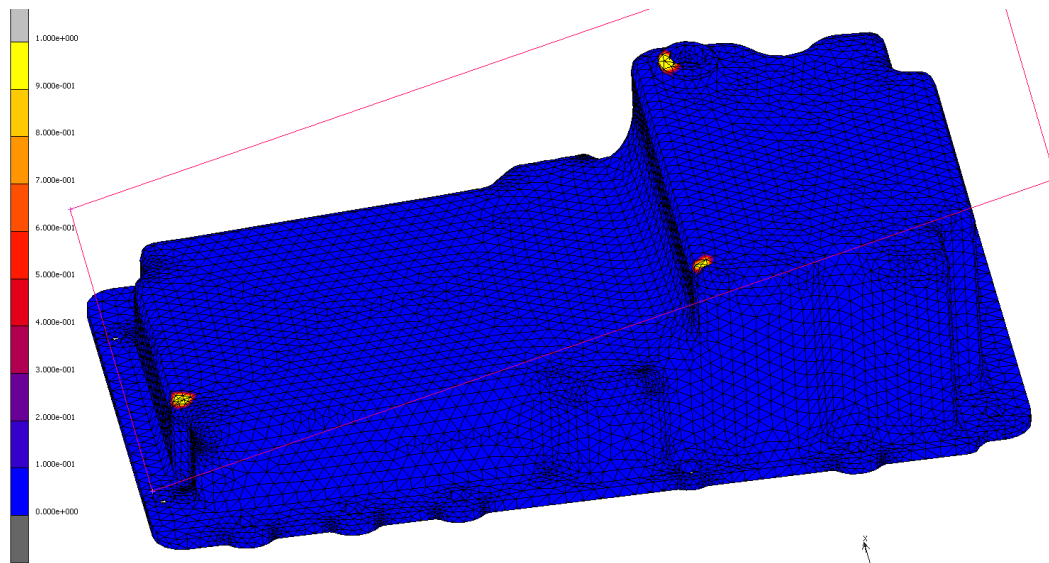
A 7. ábra szemlélteti a kialakult érintkezési felületeket. Ebből jól látható, hogy a geometriai kialakítás miatt az olajteknő 3 ponton fog érintkezni a síkkal. Ezek közül a legmélyebb pont az olaj leeresztő nyílás környezetében van, ezért az olajteknő ebben a pontban fog először érintkezésbe kerülni a felülettel. Ebből kiindulva elvégeztem egy egyszerűsített végeselemes szimulációt is, ahol erre a részre tettem a fix megkötést, vagyis megvizsgáltam a legkritikusabb esetet.

Ennél a szimulációnál a maximális, a magas szintű és a közepes szintű homogenizálás esetén keletkező redukált feszültségeket vizsgáltam meg. Az első szimuláció során létrejött redukált feszültség eloszlását a 8. ábra mutatja be.

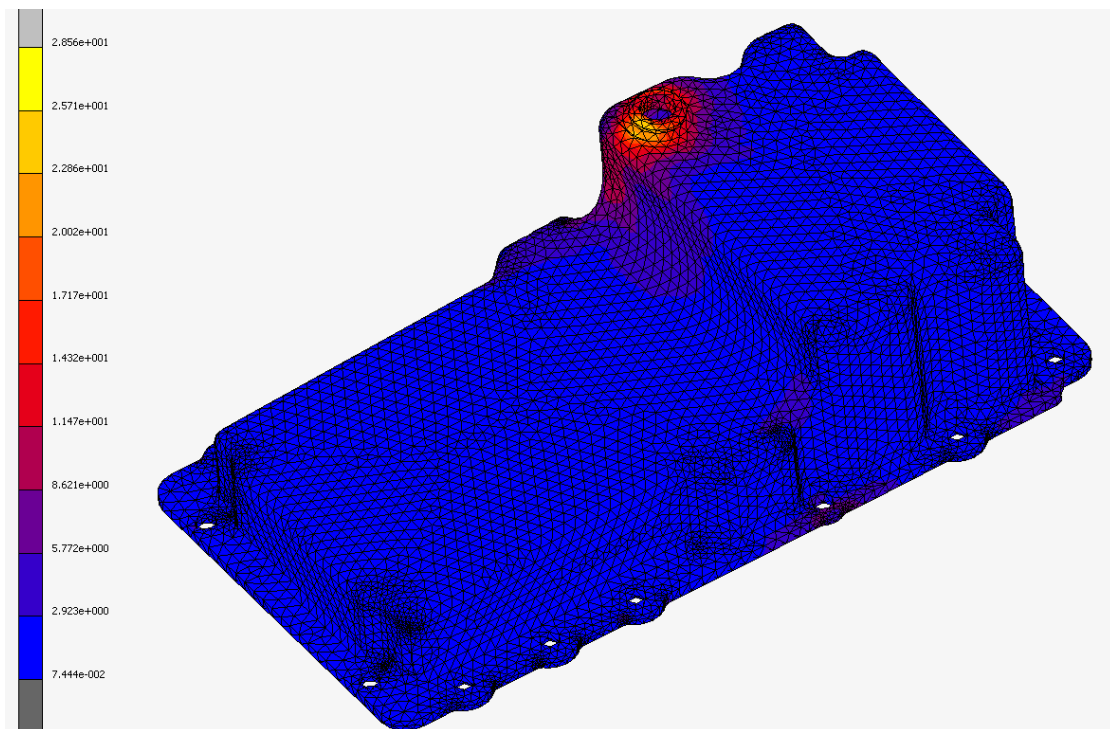
A maximális-szintű homogenizálás során a redukált feszültség maximális értéke 28,56 MPa-ra adódott. A magas szintű homogenizálás esetében a maximális redukált feszültség 39,84 MPa volt, míg a közepes-szintű homogenizálás esetén 54,6 MPa. A három esetben csak és kizárólag az anyagjellemzők változtak meg, és ennek hatására a keletkező feszültségek nagy mértékben megnövekedtek. Ezáltal arra a következtetésre jutottam, hogy a Mori-Tanaka homogenizációs módszer megfelelő alkalmazása további kutatást igényel. Természetesen az eredmények egy tényleges termékfejlesztési folyamat során tovább pontosíthatóak, amihez nagyobb számítási kapacitás és hosszabb számítási idő szükséges.



6. ábra. Az olajteknő és a sík elhelyezkedése.



7. ábra. Két test között létrejött érintkezési felületek.



8. ábra: Maximális-szintű homogenizálás során létrejövő redukált feszültség eloszlása.

Az anyag rugalmassági határának maximális értéke 80 MPa, minimális értéke pedig 40 MPa környékén található. Ezek alapján az általam tervezett olajteknő nem bírja ki ezt a terhelést, ha azt feltételezzük, hogy az itt lévő erő a szál irányára merőlegesen hat, mivel második számítási módban a harmadik

esetben keletkező érték meghaladja a minimális határt. Ezért ezen a helyen lehetséges, hogy az érintkezésben lévő részek maradó alakváltozást, esetleg repedést, törést szenvednek, amely így befolyással van az olajteknő rendeltetésszerű működésére. Emiatt szükséges további változtatásokat elvégezni az olajteknő geometriáján.

7. Összefoglalás

A cikkben bemutatásra került egy kompozitból készült olajteknő fröccsöntés- és végelelemes szimulációja, amelyekből megállapítható, hogy a megfelelő eredmények eléréséhez további munka szükséges. A fémből készült és kompozitból készült olajteknő térfogata megközelítőleg megegyezik, ezért a két anyag sűrűségét összehasonlítva megállapítható, hogy megközelítőleg 48%-os súlycsökkentés érhető el. Azonban figyelembe kell venni, hogy a jövőben szükséges a geometria megváltoztatása, ezért ez az érték olyan mértékűre csökkenhet, amely esetén a kiváltás már nem gazdaságos. Ezért a későbbiekben ezt a gyors számítást újra el kell végezni a módosított geometrián.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni konzulensemnek, Dr. Baksa Attilának segítségét. Köszönet illeti Dr. Beleznai Róbertet és Bézi Zoltánt, akik szakmai tapasztalataikkal és hasznos tanácsaikkal segítettek a végelelemes szimulációk elvégzését és a dolgozat létrejöttét. Köszönjük a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.-nek a szakmai támogatást és a lehetőséget a szimulációk elvégzésére.

8. Irodalomjegyzék

- [1] Reducing CO₂ emissions from passenger cars: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en (2017.09.21)
- [2] Varga Csilla, Műanyag kompozitok, Pannon Egyetem, 2012
- [3] A DuPont által gyártott PA 66 polimer kompozit tulajdonságai: <http://www.campusplastics.com/campus/de/datasheet/Zytel%C2%AE+70G35HSLRA4+BK267/DuPont+Engineering+Polymers/52/809327f4> (2017.10.20)
- [4] Kirk T. VanGelder: Fundamentals of Automotive Technology, Jones & Bartlett Publishers, Sudbury (2017)
- [5] Czikovszky T., Nagy P., Gaál J.: *A polimertechnika alapjai*, Műegyetemi kiadó, Budapest, 2000.
- [6] E. Chen: How Injection Molding Simulation Helps Reduce Warp Issues (webinar) CoreTech System Co., Ltd., 2017.
- [7] R. Ballou, M. Morgan: Thermoplastic oil pan market overview and design considerations előadás http://www.temp.speautomotive.com/SPEA_CD/SPEA2010/pdf/TP/Morgan/TP5.pdf (2018.04.16)
- [8] Baksa A. - Páczelt I. - Szabó T.: A végelelem-módszer alapjai. Miskolc:Miskolci Egyetem, 2007
- [9] Marc 2010 User's Guide, MSC.Software, www.mssoftware.com (2017.11.03.)
- [10] Moldex3D online help <http://support.moldex3d.com/r15/> (2018.04.16.)

Jelen cikk a szerző engedélyével jelent meg másodközlésben. Az első megjelenés bibliográfiai adatai: Spisák Bernadett: *Kompozitból készült olajteknő vizsgálata szimulációs módszerek segítségével*. Diáktudomány: A Miskolci Egyetem Tudományos Diákköri Munkáiból 11. pp. 117-125. (2018)