

# A szimuláció jelentősége a szálerősített kompozittermékek fejlesztésében és anyagtulajdonságaik előrejelzésében

## Importance of simulation in the development of fiber-reinforced composite products and in the prediction of their material properties

FARKAS Péter<sup>1</sup>,  
szoftvertámogató mérnök

<sup>1</sup>eCon Engineering Kft.,  
H-1116, Budapest XI.kerület, Kondorosi út 3., +36 30 348 35 30,  
peter.farkas@econengineering.com, econengineering.com

### Abstract

*Mechanical properties of fiber reinforced products depend on their structure, especially orientation of fibers, which is greatly influenced by the processing technology. Due to these reasons, predicting the properties of a fiber reinforced composite is a difficult task, and as a result, performing reliable mechanical simulation in the design phase is a major challenge. In this work, it is shown how Moldex3D and ANSYS software offer solution to the challenges outlined above.*

**Keywords:** Fiber reinforced, simulation, mechanical properties, injection molding, composites

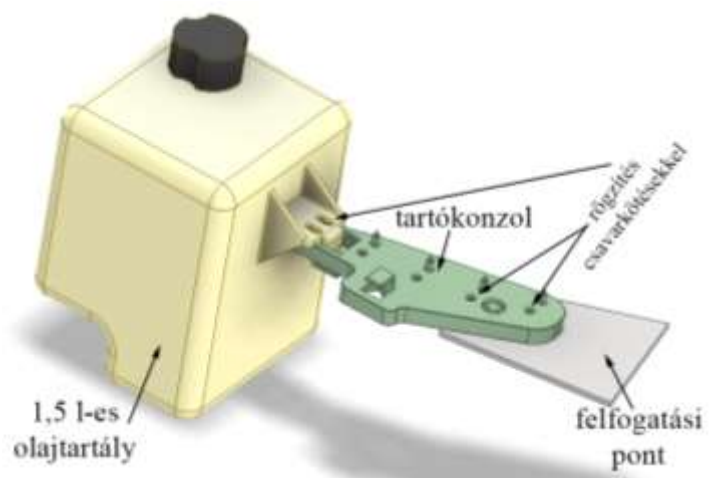
### Kivonat

*A szálerősített termékek mechanikai tulajdonságai függenek a szerkezetüktől, különösen a szálak orientációjától, melyet a feldolgozási technológia nagymértékben befolyásol. Az említett okok miatt egy szálerősített kompozit tulajdonságait előre látni nehéz feladat, ennek következtében a tervezési fázisban megbízható mechanikai szimulációt végezni nagy kihívás. Az előadásom során bemutatom, hogy a szimuláció milyen megoldást kínál a fent vázolt kihívások kezelésére.*

**Kulcsszavak:** szálerősített, szimuláció, mechanikai tulajdonság, fröccsöntés, kompozit

## 1. BEVEZETÉS

Napjainkban a kompozit termékek az ipar számos területén előtérbe kerülnek a hagyományos szerkezeti anyagokkal szemben, ennek főbb okai a kompozit termékek kis sűrűsége, nagy merevsége és relatív egyszerű és termelékeny feldolgozhatóságuk. A dolgozatban egy kompozit termék fejlesztését fogom bemutatni az optimális anyag kiválasztásától, az anyagtulajdonságok meghatározásán át, egészen a mechanikai szimuláció eredményeinek kiértékeléséig. A vázolt folyamatot az 1. ábrán látható tartókonzol példáján mutatom meg, amely egy motortérben használt alkatrész.



1. ábra A tartókonzol mechanikai terhelései

## 2. ANYAGTULAJDONSÁGOK SZÁMÍTÁSA

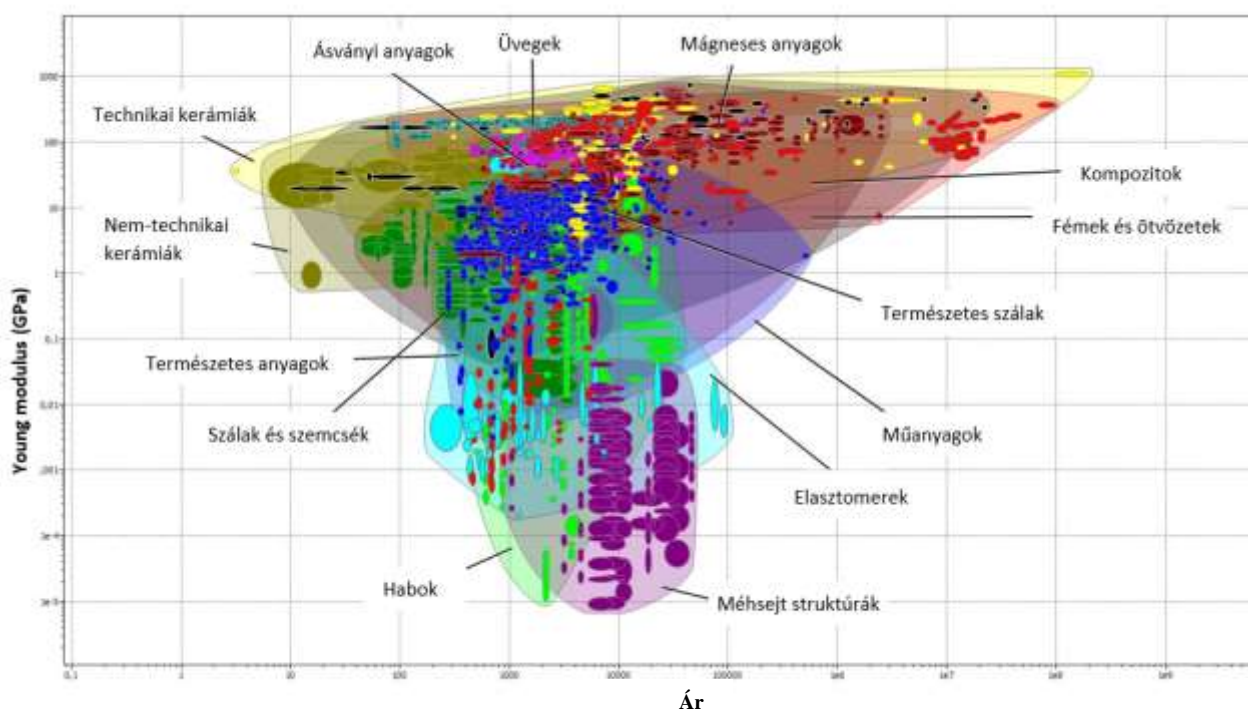
Egy kompozit termék fejlesztésének egyik legfontosabb lépése a megfelelő alapanyag kiválasztása. Az anyagoknak számos kritériumnak kell megfelelniük a felhasználási területtől függően (vegyszereknek, oldószereknek való ellenállóság, égésgátoltság, alkalmazhatósági hőmérséklet tartomány, mechanikai szilárdság, ütésállóság), mindemellett fontos szempont, hogy termelékenyen lehessen gyártani. Rövid szálerősítésű kompozit termékek gyártása esetén az egyik legtermelékenyebb gyártástechnológia a fröccsöntés, viszont a fröccsöntés hatására a termékben a szálak orientációja megváltozik, melyek a mechanikai tulajdonságokra is hatással lesznek.

### 1.1. Alapanyagok kiválasztása

A számunkra optimális anyag kiválasztása az Ansys Granta Selector szoftverben történt. Az anyagbankban található 4000 anyagból (2. ábra) a felhasználási és feldolgozási feltételek megadásával sikerült a lehetséges anyagok számát 3-ra redukálni, figyelembe tartva a gazdasági szempontokat is. Az aktuális feladatunknak legmegfelelőbb anyag a 30 m/m% üvegszállal erősített PA6.

Peremfeltételek:

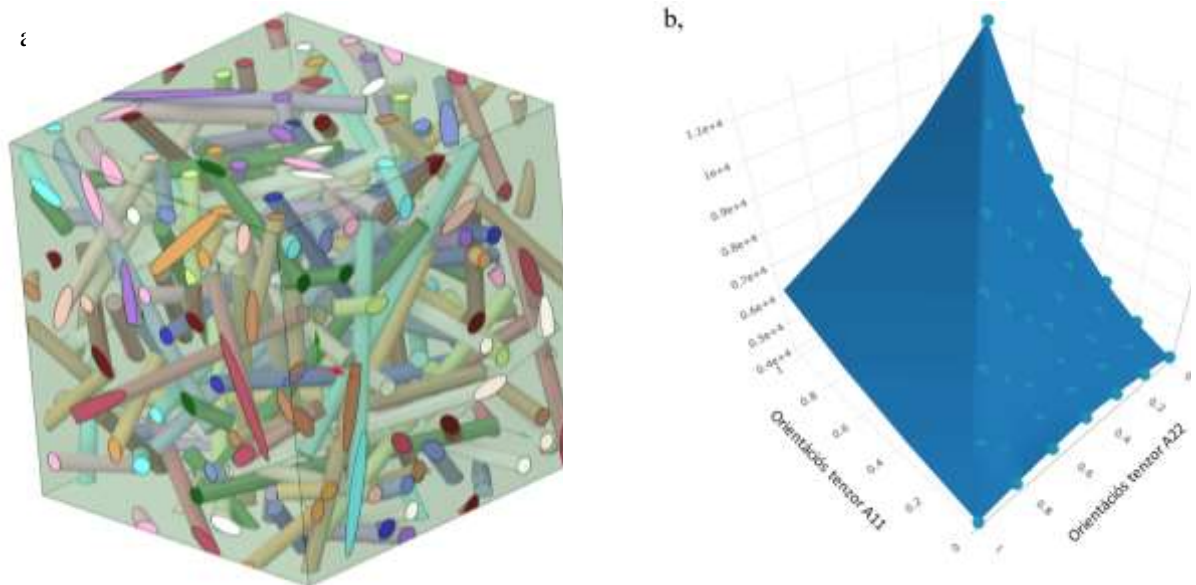
- 90 °C feletti alkalmazási hőmérséklet,
- Maximum 2 mm lehajlás az olajtartály tömegének hatására, ebből a geometria ismeretében a szükséges merevség kiszámítható,
- Szerves oldószerállóság,
- Fröccsöntéssel könnyen feldolgozható,
- Hőre lágyuló anyag.



2. ábra Granta Selectorban [1] található anyagok Young modulus – ár diagramja

### 1.2. Szálorientáció mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásának kiszámítása

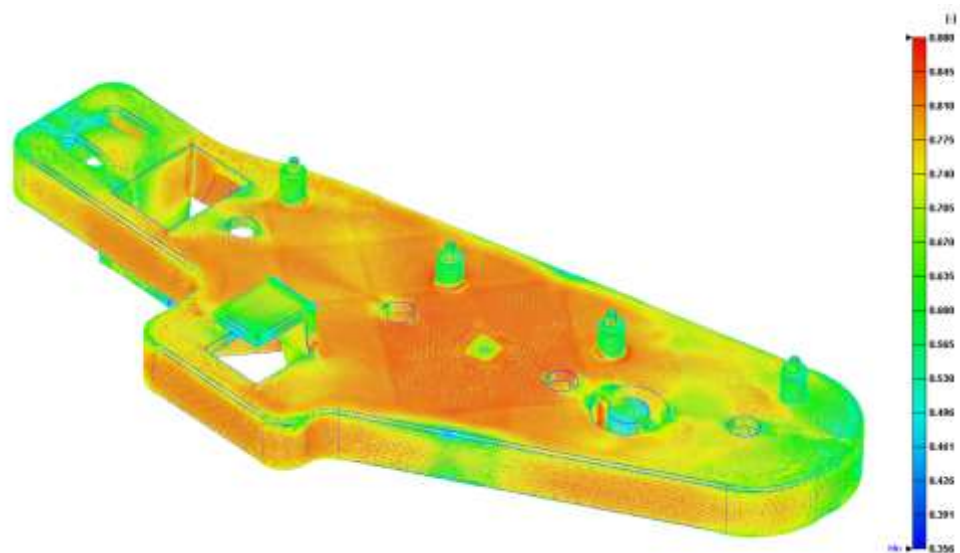
A mátrix és az erősítőanyag mechanikai tulajdonságainak ismeretében lehetőség van a kompozit tulajdonságainak kiszámítására. Az Ansys Material Designer programban a különböző szálorientációk mentén adódó mechanikai tulajdonságokat a szoftver a Mori-Tanaka modell [2] segítségével, vagy a “representative volume element” módszer [3] segítségével képes kiszámítani, melyben egy kisméretű kockát tölt ki szálakkal és mátrix polimerrel, majd végeelem módszerrel kiszámítja a mechanikai tulajdonságokat a 3 fő irányban (3. ábra).



3. ábra a, Az anyagtulajdonságok meghatározásához használt végelem modell b, Számított anyagtulajdonságok az orientációs tenzorok függvényében

### 3. SZÁLORIENTÁCIÓ TÉRBELI ELOSZLÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA

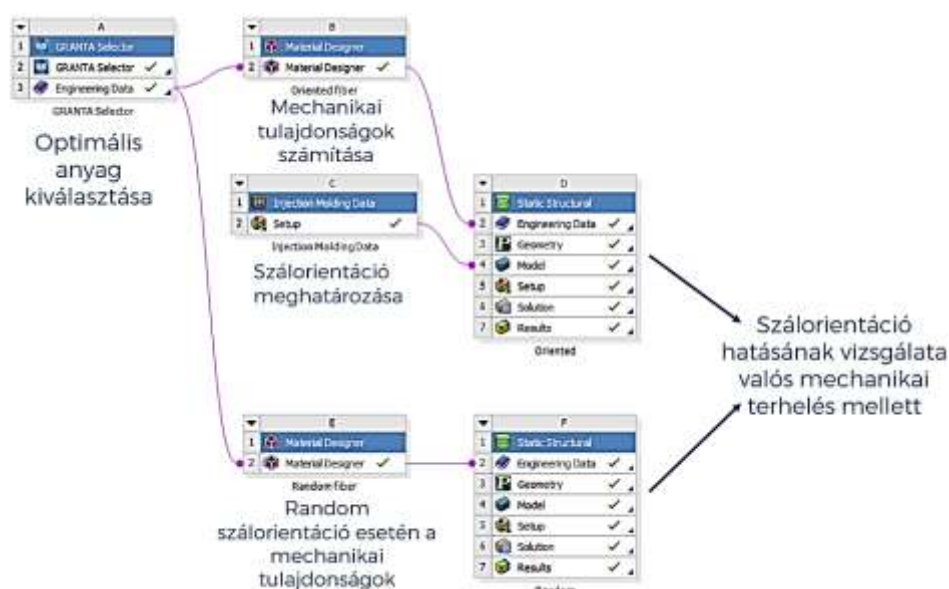
A pontos mechanikai szimuláció elvégzéséhez nem csak az anyag mechanikai tulajdonságaira van szükségünk a szálorientáció függvényében, hanem arra is, hogy a terméken belül a hely függvényében milyen a szálorientáció eloszlás. Ennek a kérdésnek a megválaszolásához használhatjuk a Moldex3D szoftvert, melyben a termék, az ömledéksatorna rendszer, a hűtőkörök és a folyamat paraméterek ismeretében pontos képet kaphatunk a fröccsöntés során kialakuló szálorientáció eloszlásról (4. ábra).



4. ábra Fröccsöntés szimulációból nyert szálorientáció eloszlás

### 4. MECHANIKAI SZIMULÁCIÓ FOLYAMATA

A mechanikai szimuláció elvégzéséhez mind a szálorientáció hely függését, mind az anyagtulajdonságok szálorientáció függését be kell táplálnunk a mechanikai szimulációs szoftverünkbe, ezt az eljárást az Ansys Workbenchen keresztül tehetjük meg (5. ábra)



5. ábra Az alkalmazott folyamat

A Static Structural modulban a háló létrehozása után be lehet importálni az alapanyag fájlokat, illetve a szálorientációs adatokat, majd a mechanikai peremfeltételek megadása után futtatható a szimuláció.

## 5. A SZÁLORIENTÁCIÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A mechanikai szimulációból nyert eredményeket összevettem egy olyan szimuláció eredményeivel, melyben nem vettem figyelembe a szálak orientációjának hatását, hanem a teljes rendszert random orientációval modelleztem, tehát a szálak azonos valószínűséggel állnak a tér minden irányába. A random szálorientáció következménye, hogy az szálerősített kompozit izotróp anyagként viselkedik.

A két szimuláció eredményeit az a 1. táblázatban foglaltam össze. Látható, hogy a szálorientáció komoly hatást gyakorol az eredményekre, mind a feszültségek, mind a deformáció esetén az eltérés 15-20%, amely azt mutatja, hogy a szálorientáció szerepét nem lehet figyelmen kívül hagyni egy rövidszálerősített kompozit termék tervezése során.

1. Táblázat A mechanikai szimulációkból származó eredmények összehasonlítása

	Random szálorientáció	Fröccsöntött szálorientáció	Eltérés (randomhoz képest)
Max deformáció [mm]	1,736	1,3433	-22,6%
Von-Mises egyenértékű feszültség [MPa]	30,76	26,40	-14,2%

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A rövidszálerősítésű kompozit termékek fejlesztése és mechanikai tulajdonságai modellezésre, továbbra is komoly kihívást jelent, viszont az Ansys és a Moldex3D szoftverek segítségével a megfelelő anyag kiválasztása és a mechanikai tulajdonságok becslése lényegesen egyszerűbb, mint nélkülük. A pontos mechanikai szimuláció nélkülözhetetlen tervező mérnökök számára, hiszen ha figyelmen kívül hagyjuk a kapott 15-20%-os eltérést, akkor alulméretezhetjük a termékünket ami annak gyors tönkremeneteléhez vezethet.

## 7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Ansys Granta Selector 2021R1 alapanyag adatbázis
- [2] Bohayra Mortazavi, Majid Baniassadi, Julien Bardon, Said Ahzi: Modeling of two-phase random composite materials by finite element, Mori–Tanaka and strong contrast methods, Composites Part B: Engineering Volume 45, Issue 1, Pages 1117-1125, 2013
- [3] C.T.Sun, R.S.Vaidya: Prediction of composite properties from a representative volume element, Composites Science and Technology Volume 56, Issue 2, Pages 171-179, 1996