Polimer kompozitok károsodásának meghatározása újszerű módszerrel

Magyar Balázs[a], Dr. Szebényi Gábor[b]

[a]PhD hallgató; [b]egyetemi docens
[a,b]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék
[a]magyarb@pt.bme.hu, [b]szebenyi@pt.bme.hu

Absztrakt

Ebben a cikkben egy újszerű, automatizálható roncsolásmentes anyagvizsgálati módszer megvalósíthatóságát mutatjuk be. A módszer alkalmazása során a felhasznált próbatestekről 3D Scanner segítségével felületi modelleket alkottunk a bevezetett terhelés előtt és után. A kapott felvételekből megállapítható a létrejött károsodás típusa és mértéke is. Ezzel egy első lépést lehet tenni egy-egy hosszútávon terhelésnek kitett alkatrész kialakult károsodásának megfigyelésére.

Kulcsszavak:

3D Scan, kompozit, károsodás

1. Bevezetés

A polimer kompozitok térnyerése a XXI. században már megkérdőjelezhetetlen azok kiváló mechanikai tulajdonságaik miatt. Elmondható, hogy alacsony sűrűséghez kiváló szilárdság társul, amelyet a terhelés irányának megfelelően lehet alakítani, ezzel nagyobb mérnöki szabadságot teremtve [1]. A hétköznapi életben is már színes palettában jelennek meg a polimer kompozitok, kezdve a sportfelszerelésektől az autóiparon át a repülőgépiparig [2, 3].
A nagyobb igénybevételnek kitett kompozit alkatrészek felügyelet vizsgálata megkerülhetetlen témakör. A roncsolásmentes anyagvizsgálatok segítségével lehetőség nyílik ezen rendszerek valós idejű megfigyelésére, ezáltal a nagy veszélyeket rejtő, hirtelen tönkremenetel megjelenése csökkenthető. A szénszálas rendszerek esetében kiemelt szerepet kap azok állapotvizsgálata, hiszen egy kezdeti vagy egy külső hatásra keletkezett hiba hatalmas veszélyeket rejthet magában. Kezdeti vagy külső hatásra kialakult hibának köszönhetően a végső tönkremenetel alacsonyabb terhelési szinten jelenhet meg, hirtelen, nagy energiafelszabadulás mellett, amely rendkívüli veszélyeket rejt önmagában. Az állapot felügyelet a kompozitok esetében nem véletlenül nyert az elmúlt években ekkora hangsúlyt [4]. Elmondható, hogy számos állapotfelügyelet ismert már a területen [5, 6], azonban ezen módszerek legtöbbször komoly, összetett méréseket igényelnek, kezdve az akusztikus emissziós (AE) [7] mérésektől, a digitális képkorreláción (Digital Image Correlation - DIC) [8] át akár a termoanalízisig (IR) [9].
Kutatómunkánk során egy olyan vizsgálati módszert fejlesztettünk ki, amely alatt egy külső hatás által megjelenő károsodás formájára lehet következtetést levonni, továbbá a kialakult deformációkat lehet megfigyelni. A vizsgálat folyamán 3D scanner segítségével a külső behatásnak kitett kompozit elemeken létrejött felületeket olvastuk be. A kapott felvétek segítségével meghatározható a megjelenő károsodás jellege és mértéke. A mérési módszer segítségével egy-egy kompozit elem további használatára lehet következtetéseket levonni.

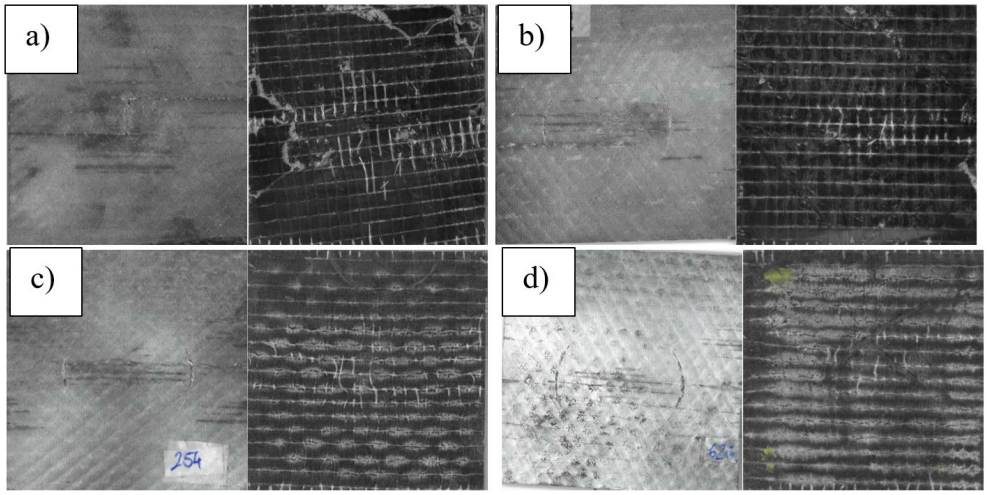
2. Mérések bemutatása

Egy kompozit elem szilárdsága, különböző nagy energiájú behatások következtében jelentősen megváltozhat. Egy esetleges dinamikus behatásnak köszönhetően az anyagban olyan károsodások alakulhatnak ki, amelyek jelentősen visszavethetik annak mechanikai tulajdonságát. A dinamikus terhelés hatására több típusú károsodás is megjelenhet a kompozit elemeken, amelyek kimutatása sokszor nehézségekbe ütközik.
A kezdeti hibákat Ceast Fractovis 9350 típusú ejtődárdás berendezés segítségével hoztuk létre 80x80x2 mm-es méretű unidirekcionális szénszál erősítésű (UDCF) próbatesteken különböző terhelések mellett. A hiba kialakítás során alkalmazott paraméterek az 1. táblázatban láthatók.

1. táblázat: *Mérési paraméterek - ejtődárdás vizsgálat*

Dárda típusa	M3144 22kN
Össztömeg	6,41 kg
Becsapódási energia	5, 10, 15, 20 J

A dinamikus igénybevételek hatására több típusú károsodás is megjelenhet. Legtöbb esetben a legnagyobb problémát a becsapódás környezetében létrejövő rétegelválás jelenti,



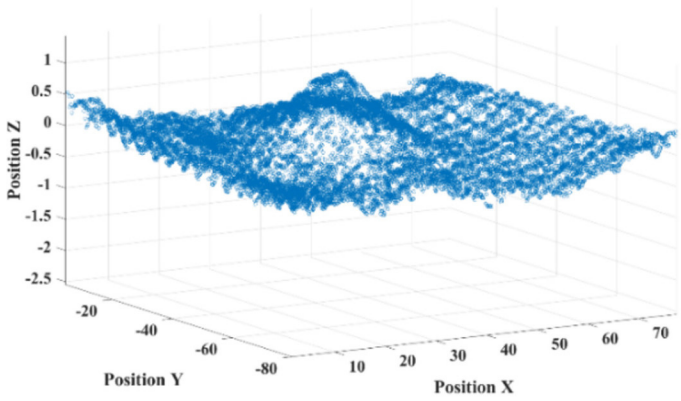
1. ábra: *Próbatestek dinamikus terhelés utáni felülete (baloldali párok az ütés felöli oldalak, jobbpárok az ellentétes oldal); a) 5J-, b) 10J-, c) 15J-, d) 20J becsapódási energia*

azonban a létrejövő hajlító-, valamint nyíró igénybevételek hatására a mátrixban további károsodások is megjelenhetnek. Ezek megfelelő detektálására lehetőséget biztosítanak a különböző roncsolásmentes (non-desctructive tesing – NDT) anyagvizsgálatok, amelyek segítségével akár egy szerkezeti elemről annak további alkalmazhatósága is meghatározható.

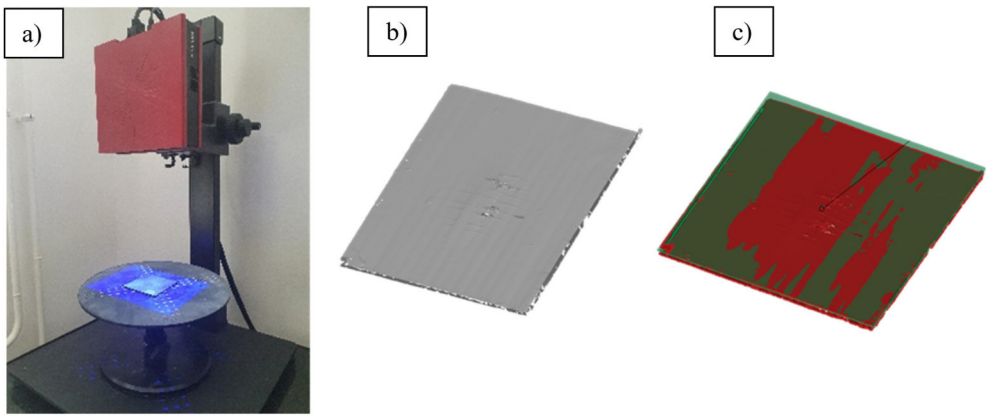
A kísérletek alatt 4 próbatesten végeztünk ejtődárdás méréseket, a már említett terhelések mellett. A legtöbb esetben az első mintavételezés folyamán szemrevételezés segítségével lehet megállapítani egy-egy alkatrész károsodását. Elmondható, hogy a módszer a vizsgálatot elvégző szakember szubjektív véleményétől erősen függ, nehezen számszerűsíthető. A károsodott kompozit laminátumokról készített lap scannelt felvételek alapján a károsodás, illetve az ütés hatására kialakult deformációról kevés információ kapható (1. ábra).

További információk érdekében, a létrejött deformáció nem csak szemrevétel alapú értékelésének érdekében 3D optikai mérőrendszert használtunk fel. Segítségével az ütés előtti-, valamint ütés utáni felület hasonlítható össze pontosan. Ehhez GOM Atos Core 5M típusú optikai mérőrendszert alkalmaztunk (2.a ábra). A beolvasás után a kapott felületi modellt (2.b ábra) a további MatLab programban való feldolgozáshoz orientáltuk GOM Inspect program segítségével (2.c ábra).

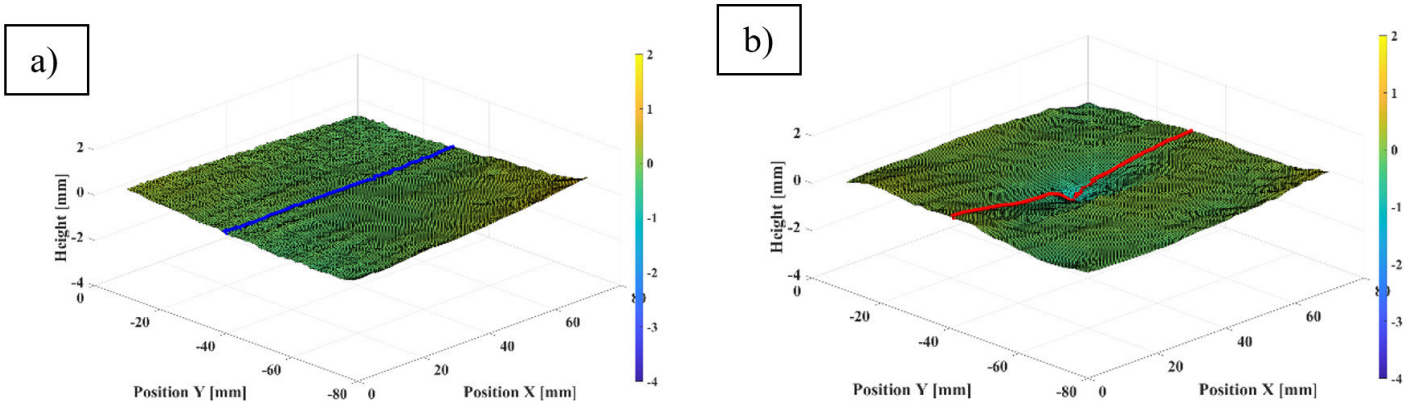
A próbatestek felületéről kapott modell további feldolgozását MatLab programban végeztük el.



3. ábra: *MatLab programban generált pontfelhő*



2. ábra: *a) Próbatest „beolvasása", b) beolvasott felületi modell, c) orientált felületi modell*



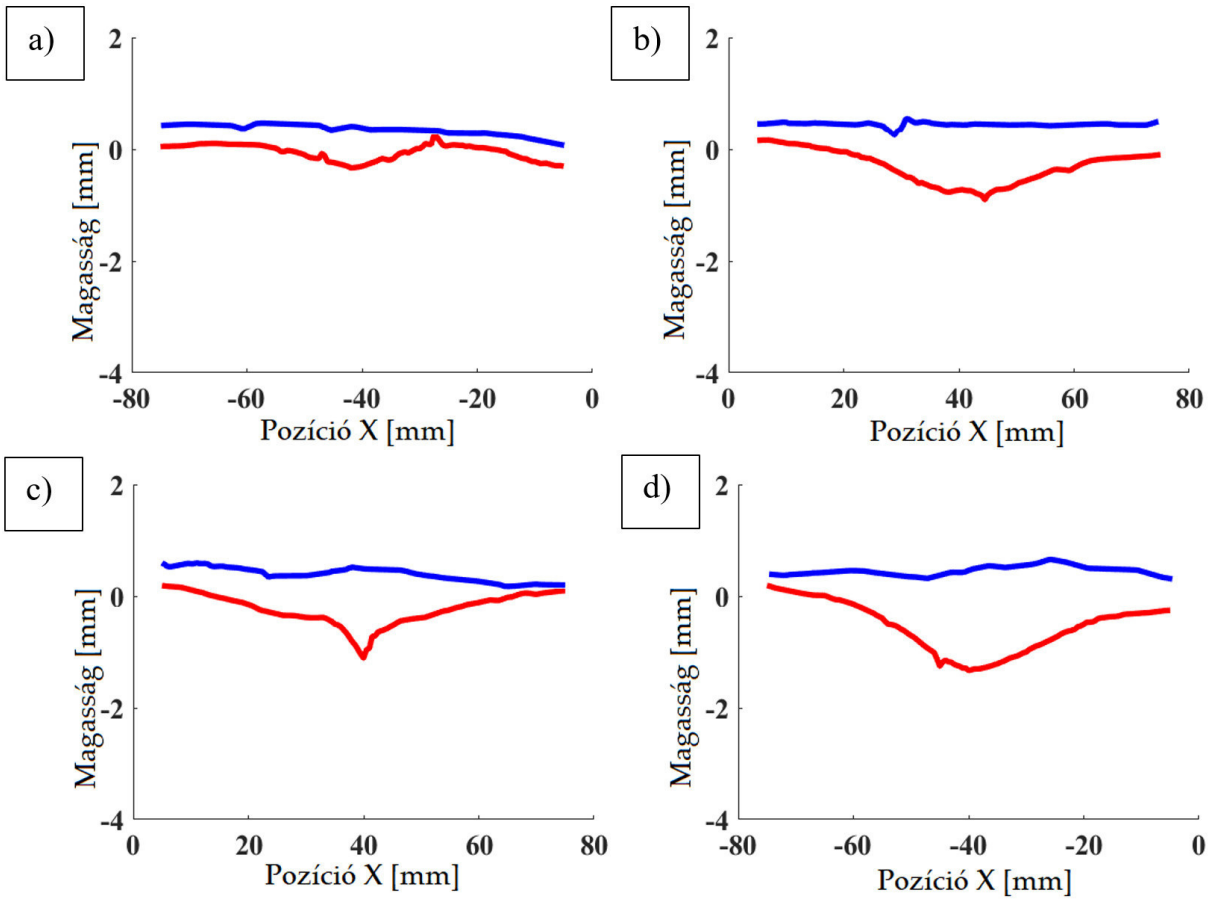
4. ábra: *MatLab környezetben készített felületi modell; a) Becsapódás előtt, b) Becsapódás után*

A 3D scanner által készített pontfelhő (3. ábra) segítségével felületet hoztunk létre, pontokra való illesztések segítéségével.

A 4. ábra alapján látható, hogy a becsapódás során valóban létrejött a lenyomatot is eredményező kezdeti károsodás. A megjelenő felület nem követi le az alkalmazott félgömb geometriájú dárdafejet. Ennek oka az alkalmazott szálerősítés kialakítására vezethető vissza, szálirányban jobban elterül a kialakult felület.

3. Eredmények

A becsapódás környezetében létrejött deformációt további metszetek segítségével lehet felmérni, valamint számszerűsíteni. Az 5. ábra mutatja ezen metszeteket, amelyeket a 4. ábra is reprezentálja. A kék színű metszet a terhelés előtti, míg a piros színű a terhelés hatására kialakult állapotot mutatja. Elmondható, hogy igen kis terhelés hatására is (5J) megjelent egy kisebb deformációs zóna, amelyet ezen módszer segítségével sikerült kimutatni.



5. ábra: *Kialakult deformációk a próbatesteken különböző terhelési szinteken: a) 5J, b) 10J, c) 15J, d) 20J*

Elmondható, hogy a létrejött deformáció megfigyelhetőségének határát az alkalmazott 3D scanner pontossága szabja meg.
Látható, hogy milyen mértékű kimutathatóság jelenik meg az 1. ábra és az 5. ábra alapján. Elmondható, hogy az egyszerű szemrevételezés során a hiba értékelése szubjektív, valamint nehezen számszerűsíthető, ám a módszer segítségével már a deformáció mértéke számszerűsíthető. Megfigyelhető, a kialakult deformációk közti különbség a különböző ütési energiák hatására a kompozit lemezeken. A becsapódás mélysége mellett fontos tényező még a létrejött károsodási zóna is. A zóna kiterjedése a becsapódás energiájának növelésével szintén jelentősen növekedett. Ennek hatására jellemzően delaminációs jelenségek következtek be, amely a kompozitok jelentős szilárdság vesztésével járhat.

4. Összefoglalás

A kifejlesztett módszer segítségével lehetőség nyílik a kompozit alkatrészek minőségi állapot felügyeletének monitorozására. Elmondható, hogy a megjelenő deformáció folyamatosan értékelhető, amely segítségével egy-egy alkatrész felhasználása alatt kialakult deformációk figyelhetők meg. A vizsgálat korszerűségét mutatja, hogy komolyabb berendezés nem szükséges a mérés elvégzéséhez, a modern technikának köszönhetően a 3D scannelés már egy okostelefon segítségével is ellenőrizhető. A kapott modell továbbá már MatLab környezetben feldolgozható és dokumentálható.
További kutatásunk során a méréseket validálni fogjuk MicroCT és C-scan segítségével.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásban közölt eredmények megjelenését a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap (NKFIH FK 124352) támogatta.

Irodalomjegyzék

[1] Godara SS, Yadav A, Goswami B, Rana RS. Review on history and characterization of polymer composite materials. Materials Today: Proceedings. 2021.

[2] Hsissou R, Seghiri R, Benzekri Z, Hilali M, Rafik M, Elharfi A. Polymer composite materials: A comprehensive review. Composite Structures. 2021;262:113640.

[3] Sherwani SFK, Sapuan SM, Leman Z, Zainuddin ES, Ilyas RA. Chapter 15 - Application of polymer composite materials in motorcycles: A comprehensive review. In: Sapuan SM, Ilyas RA, editors. Biocomposite and Synthetic Composites for Automotive Applications: Woodhead Publishing; 2021. p. 401-26.

[4] Gholizadeh S. A review of non-destructive testing methods of composite materials. Procedia Structural Integrity. 2016;1:50-7.

[5] Derusova DA, Vavilov VP, Druzhinin NV, Kolomeets NP, Chulkov AO, Rubtsov VE, et al. Investigating vibration characteristics of magnetostrictive transducers for air-coupled ultrasonic NDT of composites. NDT & E International. 2019;107:102151.

[6] Chandra Sekhara Rao PV. Study on Effects of Matrix Modifications on the Properties of Polymeric Composites by using NDT technique. Materials Today: Proceedings. 2021.

[7] Brunner AJ, Potstada P, Sause MGR. Microscopic damage size in fiber-reinforced polymer-matrix composites: Quantification approach via NDT-measurements. Procedia Structural Integrity. 2019;17:146-53.

[8] Szebényi G, Hliva V. Detection of Delamination in Polymer Composites by Digital Image Correlation—Experimental Test. Polymers. 2019;11:523.

[9] Szebenyi G, Hliva V, Magyar B. Development of interphase engineering techniques for the ductility improvement in CF/EP composites – Comparison of NDT methods for delamination localization. Materials Today: Proceedings. 2021;34:113-6.