

Polimer kompozit termékek komplexitását kihasználó üvegszálás érzékelő csatlakozójának fejlesztése

DEVELOPING AN OPTICAL CONNECTOR FOR REINFORCING GLASS FIBERS OF POLIMER COMPOSITES

HEGEDŰS Gergely^{1,2*}, Dr. CZIGÁNY Tibor^{2,3}

¹ evopro systems engineering Kft., 1116 Budapest, Hauszmann Alajos utca 2.

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék,
Budapest, 1111 Műegyetem rakpart 3.,

³ MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest, 1111 Műegyetem rakpart 3.

* gergely.hegedus@evopro-group.com; tel: +36307992860

ABSTRACT

The reinforcing glass bundle of polymer matrix composites can be used as a structural health monitoring sensor if it is capable of transmitting light. The health of the fiber bundle and its environment can be evaluated if the change of the parameters of the light emitted from the fibers is monitored in an evaluation unit. There is no commercially available connector that can be used to connect light to the elemental fibers of the bundles. The purpose of this paper is to introduce the development of such a connector and the related procedure.

ÖSSZEFOGLALÓ

A polimer mátrixú kompozitok erősítő üvegszálkötegei állapotellenőrző érzékelőként felhasználhatóak, ha alkalmassá tesszük őket fény továbbítására. A szálköteg, és környezetének állapotának vizsgálatához a szálon áthaladó fény paramétereinek változását egy jelkiértékelő egységben monitorozni kell. Kereskedelmi forgalomban nem elérhető olyan csatlakozó, amelyik felhasználható lenne a fény becsatolására a több ezer szálat tartalmazó erősítő szálköteg elemi szálaiba. Jelen munka keretein belül egy ilyen csatlakozó fejlesztését, és a hozzá tartozó eljárást mutatjuk be.

Kulcsszavak: polimer kompozit, optikai kábel, erősítő üvegszálköteg, optikai csatlakozó

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a kompozitok térnyerése töretlen az élet különböző területein, köszönhetően pozitív tulajdonságaiknak. Az autóipar is felismerte a kompozit szerkezeti elemek használatának előnyeit, és az az elektromos autók terjedésével összhangban az üvegszál erősítésű polimer kompozit szerkezeti alkatrészek jelentős térnyerése várható [1,2]. A kompozitok komplexitása, összetett szerkezete lehetővé teszi multifunkcionális termékek, vagy akár multifunkcionális anyagok kialakítását. A kompozit termék mátrixától fázishatárokkal elválasztott erősítőanyaga alkalmas az erősítésen túli további funkció betöltésére. Ennek a funkcióintegritásnak egyik módja a szálerősítés kihasználása „beépített érzékelőként” [3].

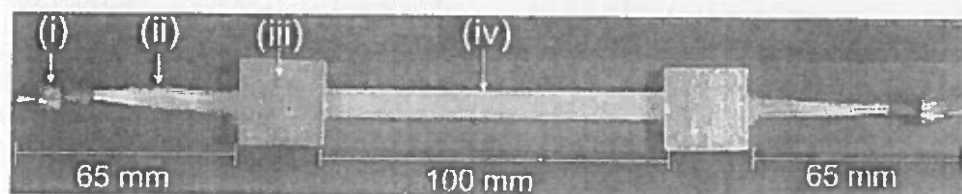
Korábbi munkánkban [4] bemutattuk a polimer kompozit erősítő üvegszálköteg fényvezetővé tételének lehetőségét, felületkezelő rétegének eltávolítása nélkül (anélkül, hogy romlana a szál-mátrix kapcsolódást biztosító adhézió). Az erősítő szálkötegen fényként továbbított információ tájékoztatást nyújthat megfelelő körülmények között a szálköteg környezetének, így a kompozit szerkezeti elemnek is az állapotáról. A szerkezeti állapot ismerete rendkívül fontos, mindenképp előtt akkor, ha személyi biztonsággal összefüggő alkatrészeket vizsgálunk. Az erősítő szálköteg gyártástechnológiájából és anyagtisztaságából adódóan nem teszi lehetővé a becsatolt fény továbbítását nagy távolságokon át. A szálköteg szenzorként való kihasználásának érdekében a szálkötegehez a fényt a fényforrástól el kell juttatni, be kell csatolni, illetve a szálkötegből kilépő fényt a jelkiértékelő egységig el kell vezetni. A fény, mint információhordozó közeg továbbításának manapság legelterjedtebb eszköze az optikai kábel. Kereskedelmi forgalomban nem található megoldás a több ezer elemi szálat tartalmazó erősítő szálköteg és az elemi optikai kábel optikai csatolása.

Jelen munka keretein belül a kompozitokat erősítő szálköteg és a távközlésben is általánosan elterjedt optikai kábel optikai csatolásához szükséges csatlakozó fejlesztését mutatjuk be. Célunk volt a lehető legkevesebb

teljesítményvesztés mellett egy költséghatékony megoldás fejlesztése az erősítő szálköteg és a távközlésben használt multimódusú, illetve monomódusú üveg vagy polimer optikai kábel mechanikai toldásához.

2. CSATLAKOZÓ FEJLESZTÉSE

Az üvegszál köteg elejét és végét a kutatásunk elején közvetlenül világítottuk meg. A kutatás előrehaladásával az erősítő szálköteg jelforrással és kiértékelővel való összekapcsolását ki kellett fejleszteni a fény átcsatolásánál a lehető legkisebb jelvesztés érdekében. Az erősítő szálköteg ehhez önmagában alkalmatlan, a szálköteget össze kellett fognunk egy jól meghatározott keresztmetszetre, és az összefogott szálvégek felpolirozása is szükséges volt. Mind a fényforráshoz, mind a kiértékelő egységhez szabványos, optikai SMA (Sub Miniature A), SC (square connector) vagy FC (ferrule connector) csatlakozó illeszthető. Megoldás lehet a szálköteget önmagában szabványos SMA csatlakozóba rögzíteni, és ezt közvetlenül az eszközökhöz csatlakoztatni, mint azt több kutatócsoport is tette (1. ábra) [5], de ez a megoldás költséges, és nehezen használható (pl. visszavágásos csillapítás méréshez minden egyes vágási ponthoz egy-egy csatlakozó beépítésére lenne szükség).



1. ábra

Szabványos SMA csatlakozóba fogott szálköteg [5] (i – szabványos SMA csatlakozó, ii – szálköteg, iii – alumínium tab a próbatest megfogásához, iv – gyantával átitatott próbatest)

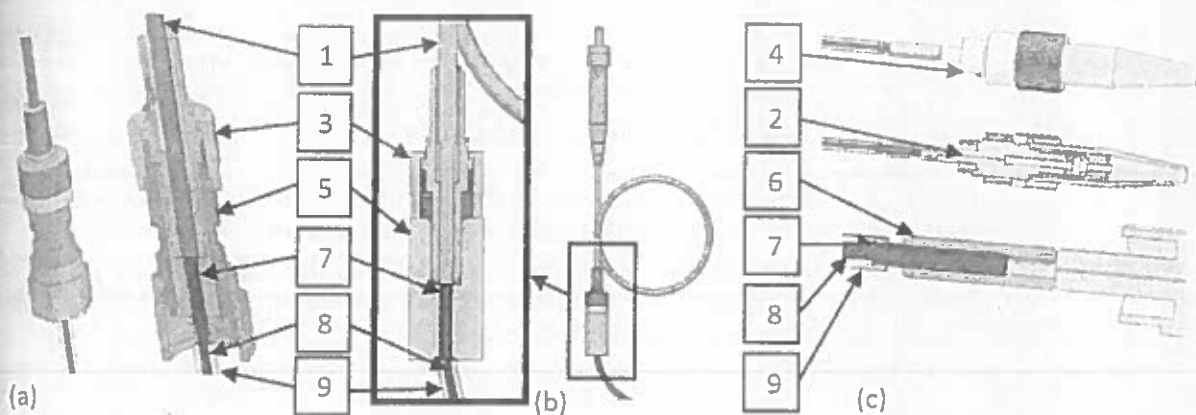
A szálköteg közvetlen csatlakoztatása az eszközökhöz nagymértékben megnehezíti a szálköteg terhelés alatti viselkedésének vizsgálatát (hiszen a rövid átvilágíthatósági hossz miatt a fényforrást és a jelkiértékelő eszközt is a próbatesthez közvetlenül kapcsolva azokat pl. a szakítógéppel mozgó megfogóira kell rögzíteni). Célszerű a fényforrást és a jelkiértékelő egységet is a próbatesttől távolabb elhelyezni, és egy jeltovábbító elemet használni a fény továbbítására. Erre a feladatra előnyösen alkalmazhatóak optikai kábelek, melyek már szabványos optikai csatlakozókkal ellátottak, így közvetlenül kapcsolhatóak az optikai mérőeszközökhöz. Az optikai kábel és a szálköteg egymáshoz csatlakoztatására nincsen kereskedelmi forgalomban kidolgozott megoldás.

2.1. Erősítő szálköteg csatlakoztatása polimer optikai kábelhez

A kutatási munkánk elejétől kezdődően a próbatestek kialakításánál a szálköteg összefogására 1 mm ($\pm 0,1$ mm) belső átmérőjű szigetetlen érvéghüvelyt használtunk. A hüvely segíti a szálvégek merőleges vágását, és pozicionálását a polírozáshoz is. Adott keresztmetszetre összefogott szálkötegbe a fény becsatolása, illetve a kilépő fény továbbítása történhet optikai kábelrel, annak érdekében, hogy mind a fényforrás, mind a jelkiértékelő egység rögzített pozícióban lehessen, akár távolabb a próbatesttől. Ebben az esetben az optikai kábel magkeresztmetszetének nagyobbak kell lennie, mint a szálköteg keresztmetszete, annak érdekében, hogy a köteg minden egyes elemi szála az optikai kábel magján belülre kerüljön, és így mindegyik meg legyen világítva. A szálköteg másik végén is érvényes ez a követelmény, mert így a szálköteg minden egyes elemi szálából kilépő fény az optikai kábelbe becsatolódik. Üveg anyagú optikai kábelek magátmérője jellemzően nagyságrenddel kisebb az összefogott szálköteg átmérőjénél, de polimer anyagú optikai kábelek (POF – polimer optical fiber) között lehet ennél nagyobb átmérőjűt is találni. Polimer optikai kábelek hátránya az üveg anyagúakhoz képest a nagyobb fajlagos csillapításuk, de a mérésekhez szükséges rövid szakaszon ez nem befolyásolja a mérések eredményét a látható fény hullámhosszáig belül. A kísérletekben használt polimer optikai kábel (Conrad, VD-1500, 609220, Magyarország) külső átmérője $1500 \pm 90 \mu\text{m}$ volt, magátmérője $1470 \pm 90 \mu\text{m}$. A polimer optikai kábel mindkét végén szabványos SMA csatlakozó található a fényforráshoz és a jelfeldolgozó eszközhöz való csatlakoztatás érdekében. Kereskedelmi forgalomban kapható megoldás nincsen kidolgozva az érvéghüvely és SMA csatlakozó toldására, ezért kifejlesztettünk SMA toldó átalakításával egy egyedi csatlakozó rendszert, ahol az érvéghüvelybe fogott szálköteget egy SMA toldó belsejében található átalakított toldóbetét a szabványos SMA csatlakozóba rögzített optikai kábel magján belülre pozicionálja (2. (a) ábra).

2.2. Erősítő szálköteg csatlakoztatása üveg optikai kábelhez

A polimer optikai szál a látható fénytartományon túli infravörös fényt elnyeli, ezért ebben a tartományban nem lehet az üveg optikai kábelek használatát kikerülni. Üveg optikai kábelek is elérhetőek olyan átmérőben, ahol a kábel magja nagyobb, mint az összefogott szálköteg átmérője, de ezen kábelek már egyáltalán nem flexibilisek akkora mértékben, hogy alkalmasak legyenek jelátviteli funkció betöltésére. A szálköteg átmérőjénél kisebb optikai kábel is alkalmas lehet mind a szálköteg megvilágítására, mind a szálkötegből kilépő fény továbbítására. Ehhez az szükséges, hogy az optikai kábel vége, és az erősítő szálköteg polírozott vége között legyen egy kis távolság, ahol a kábelből kilépő fény homogenizálódni tud. Így az optikai kábelből kilépő fény komoly veszteséggel ugyan, de meg tudja világítani az erősítő szálakat, továbbá a szálkötegből kilépő fény egy része be tud lépni a kisebb magátmérőjű optikai kábelbe. Egyes kísérletekhez üveg optikai kábelt (G.652.D monomódusú, 125 μm külső- és 9 μm mag átmérő, merőleges szálvég kialakítás, Coming, USA) alkalmaztunk, amelyek szabványos csatlakozóinak (FC / SC) csatlakoztatásához egyedi toldót terveztünk és készítettünk. Ezzel párhuzamosan a 2. (a) ábrán bemutatott kifejlesztett csatlakozó és toldóbetét (5) túlságosan bonyolultnak, kivitelezése túlságosan nehézkesnek mutatkozott, ezért újfajta, egyszerűbb csatlakozó kialakítása mellett döntöttünk. Kialakítottunk SMA csatlakozóhoz alkalmas és SC vagy FC csatlakozóhoz alkalmas toldót is (2. (b) és (c) ábra).



2. ábra

Erősítő üvegszál köteg csatlakoztatása optikai kábelhez továbbfejlesztett SMA csatlakozóval

(a) SMA toldóval (b) illetve FC / SC csatlakozóval (c) (1 - polimer optikai szál; 2 - üveg optikai szál; 3 - SMA csatlakozó; 4 - FC / SC csatlakozó; 5 - átalakított SMA csatlakozó; 6 - toldó FC / SC csatlakozóhoz; 7 - szigetetlen érvéghüvely; 8 - erősítő szálköteg; 9 - gyanta)

2.3. Az összefogott szálköteg optikai minőségűre polírozása

A szigetetlen érvéghüvelybe összefogott erősítő szálköteget megfelelő minőségűre fel kellett polírozni, hogy a fény be- illetve kicsatolásánál a lehető legkisebb legyen a veszteség. Ehhez egyedi kialakítású polírozó tárcsát terveztünk és készítettünk, mely alkalmas szabványos SMA csatlakozóba rögzített szálak polírozására is. Levágtuk a szálköteg azon részét, mely túlnyúlt az érvéghüvelyen, az érvéghüvely palástjára kívülről ragadt esetleges gyantamaradékot eltávolítottuk, és a szálköteget tartalmazó érvéghüvelyt a polírozó tárcsa megfelelő furatába illesztettük. Ezután kézzel a polírozó tárcsával nyolcasokat írtunk le egymás után 30, 6, 3, 1, 0,2 μm finomságú polírozó papíron, míg a szálak felülete optikailag megfelelően sima nem lett.

A kifejlesztett csatlakozási eljárással sikerült a szálköteg elemi szálait egy viszonylag kis területre koncentrálnunk és megfelelő minőségűre políroznunk, mindenféle különleges gyártási eljárás nélkül, pusztán kézi laminálással.

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A polimer kompozitok erősítő szövetét alkotó szálkötegek az erősítésen túl további funkcióval ruházhatóak fel, így akár szenzorként is használhatóak. Több funkció integrálása növeli a szerkezeti anyag komplexitását és multifunkcionális anyagot eredményez. Az erősítő üvegszálköteg szenzorként való felhasználásának egyik módja, ha a szálakon továbbított fény paramétereinek változását vizsgáljuk. Kereskedelmi forgalomban nem található megoldás a szálköteg elemi szálainak csatlakoztatására optikai mérőműszerekhez. Munkánk alapján elmondható, hogy kifejlesztettünk egy olyan módszert, amelyik alkalmas több tízezer elemi szál tartalmazó szálköteg egyedi szálvégeinek merőleges felpolírozására és a szálköteg optikai csatla-

koztatásra. A meglévő kereskedelmi forgalomban lévő megoldásokat felhasználva kifejlesztettünk egy egyedi csatlakozórendszert a szálköteg optikai csatolására, mind szabványos FC/AC, mind szabványos SMA optikai csatlakozókhoz. A fejlesztett csatlakozó segítségével a fényforrástól távol elhelyezett kompozit testbe épített erősítő szálköteg minden egyes elemi szála megvilágítható egy szabványos üveg, vagy polimer optikai kábel segítségével, és a szálköteg minden egyes elemi szálából kilépő fény a kapcsolt optikai kábel segítségével a tőle távolabb elhelyezett jelkiértékelő egységbe (pl. spektrométer) becsatlakozható.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) NVKP (NVKP_16-1-2016-0046) és OTKA (K 116070 és K120592) pályázatai támogatták.

A cikk az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3-I. számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Hegedűs G., Czigány T.: Kompozit termékek állapotelemzési módszerei. *GÉP*, 67(5-6), 98-103 (2016).
- [2] Péter B., Hegedűs G., Czigány T.: T-RTM eljárással gyártott alkatrészek gyártási folyamatának kihívásai, különös tekintettel az erősítőanyagok kezelésére. *GÉP*, 68(4), 37-42 (2017)
- [3] Czigány T., Forintos N., Hegedűs G.: Health monitoring of high performance polymer composites with multifunctional fibers, ICCM-21: 21st International Conference on Composite Materials, Kína, Xi'an, 2017, 3153/1-3153/8.
- [4] Hegedűs G., Sarkadi T., Czigány T.: Analysis of the light transmission ability of reinforcing glass fibers used in polymer composites, *Materials*, MDPI, 2017, 10(6), 637/1-637/9.
- [5] Gütemes A., Menendez J.: Damage detection in composite laminates by fibre optics Bragg grating sensors based on the peak splitting phenomena. In Proceedings of the 3rd International Workshop on Structural Health Monitoring, USA, CA, Stanford, 2001, Vol. 12.