

## Erősítőszövet szerkezetének hatása a fonalak közötti súrlódási viszonyokra

### THE EFFECT OF THE REINFORCING FABRIC'S STRUCTURE ON THE FRICTIONAL RELATIONS AMONG YARNS

VIRÁG Ábris Dávid, MSc hallgató

Munkahely: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék  
Cím: 1111, Budapest, Műegyetem rakpart 3., T épület III. emelet, T  
Tel.: +36-1-463-2003, Fax.: +36-1-463-1527, Email: pt@pt.bme.hu, Honlap: www.pt.bme.hu

#### ABSTRACT

*The aim of the project is to explore the effect of the composite reinforcing fabrics' structure on the frictional relations among yarns. The presentation shows the yarn pull-out, sheer and cylindrical friction tests which were performed during the research, the applied, individually designed and manufactured devices which can be connected to the universal tensile test machine and the results of the tests which were made on the six different glass woven fabrics.*

#### ÖSSZEFOGLALÓ

*A kutatás célja felderíteni a kompozitok erősítésére használt üvegszövetek szerkezetének a szövetet alkotó fonalak közötti súrlódási viszonyokra gyakorolt hatását. Az előadás bemutatja a kutatás során végzett fonalkihúzó, nyíró- és hengeres súrlódásvizsgálatokat, az alkalmazott egyedi tervezésű, univerzális szakító-géphez csatlakoztatható vizsgáló berendezéseket és a hat különböző üvegszöveten végzett vizsgálatokból kapott eredményeket.*

**Kulcsszavak:** erősítőszövet, súrlódás, fonalkihúzás, nyíróvizsgálat, hengeres súrlódásvizsgálat

#### 1. BEVEZETÉS

A polimer kompozit termékek erősítésére alkalmazott egyik leggyakoribb szálak struktúra a szövet. Az erősítőszövet szerkezete – amelyet alapvetően a súrlódás tart össze – igénybevétel hatására deformálódik. A gyártandó termék alakjától függően az erősítőszövetnek bizonyos esetekben kétszer görbült felületeket is fel kell vennie. Az ilyen jellegű, nagymértékű deformációk erősen befolyásolják a kompozit teherbírását és tulajdonságait. Az erősítőszövet deformálhatóságának mértékét leginkább a fonalak közötti súrlódási viszonyok határozzák meg, ezért különösen fontos ezek vizsgálata, elemzése. A súrlódási viszonyok ismeretében lehetőség nyílik arra, hogy a szövetek viselkedését a valósághoz minél közelebb álló modellekkel írjuk le, amely modellek megfelelő alapot szolgáltatnak a későbbi méretezéshez, tervezéshez és szimulációhoz.

#### 2. VIZSGÁLATOK

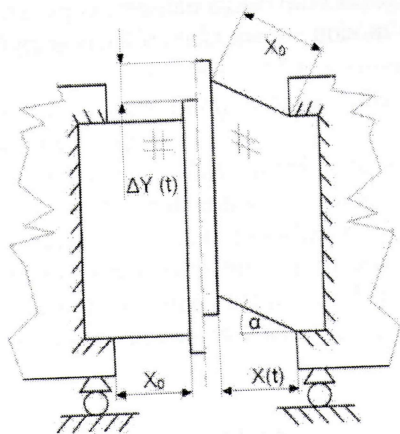
Munkám során hat különböző üvegszöveten végeztem fonalkihúzó, nyíró- és hengeres súrlódásvizsgálatokat, annak érdekében, hogy megvizsgáljam az erősítőszövet szerkezetének hatását a szövetet alkotó fonalak közötti súrlódási viszonyokra. A vizsgált szövetek adatait az 1. táblázat tartalmazza.

Megnevezés	Szélesség [cm]	Területi sűrűség [g/m <sup>2</sup> ]	Láncfonal sűrűség [1/cm]	Vetülékfonal sűrűség [1/cm]	Lánc- és vetülékfonal kódja	Kötésminta
UTE 80P	100	80	12,0	11,4	EC 9-34	vászon 1/1
UTE 80T	100	80	12,0	11,4	EC 9-34	sávoly 2/2
UTE 195P	100	195	8,0	6,0	EC 13-136	vászon 1/1
UTE 195T	100	195	8,0	6,0	EC 13-136	sávoly 2/2
UTE-TG 330P	127	330	8,0	6,0	EC 13-275 (1x2)	vászon 1/1
UTE 306T	100	306	12,0	11,0	EC 9-68 EC 11-204	sávoly 2/2

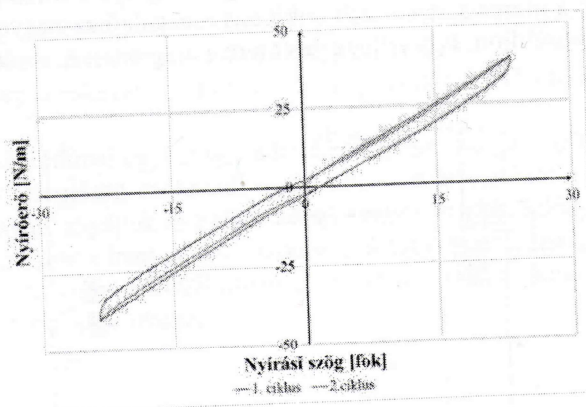
### 2.1. Nyírás

A mérést egy egyedi tervezésű és kivitelezésű, univerzális szakítógéphez csatlakoztatható, többfunkciós szövetvizsgáló berendezés [1] segítségével végeztem. A nyíróvizsgálat elvét az 1. ábra szemlélteti. A vizsgálatához a minta két oldalát a szakítógép alaplapjára felszerelt berendezés oldalsó befogói rögzítik. Az oldalsó befogók a teljes vizsgálat alatt állandó, 20 N nagyságú,  $x$  tengely irányú előfeszítő erővel hatnak a mintára. A nyíró deformációt a szakítógép keresztfejéhez és egyúttal az erőmérő cellájához csatlakoztatott középső befogó  $y$  tengely irányú mozgása hozza létre. A mérés különlegessége, hogy a középső befogótól jobbra és balra eső mintarészek vizsgálata – ellentétes nyírási irányban – egyidejűleg folyik. A mért nyíróerő a két ellentétes nyírási irányban ébredő erők összege. Az 1. ábra bal oldalán a vizsgálati minta még terheletlen, az ábra jobb oldalán pedig terhelt állapotban látható. A középső befogó idő függvényében mért  $\Delta Y(t)$  elmozdulásából számítható az  $\alpha(t)$  nyírási szög [2].

A mintát terheletlen állapotból +25 fok nyírószögig, majd onnan -25 fok nyírószögig, két cikluson keresztül terheltem. A vizsgálat során mért erőből és elmozdulásból kiszámítottam a nyírószöget és a minta oldalhosszúságára fajlagosított nyíróerőt. A vizsgálati minta oldalhossza 200 mm,  $x_0$  kezdeti szélessége 50 mm volt. Egy jellegzetes nyíróvizsgálati diagram látható a 2. ábrán.



1. ábra  
A nyírás mérés elve

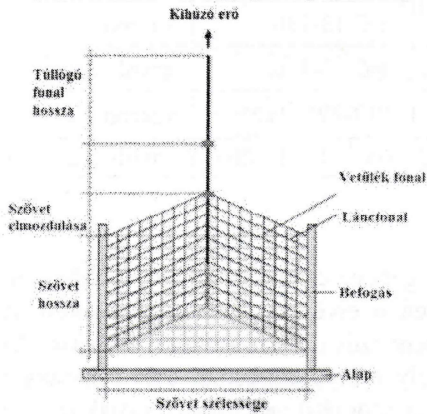


2. ábra  
Jellegzetes nyíróvizsgálati görbe

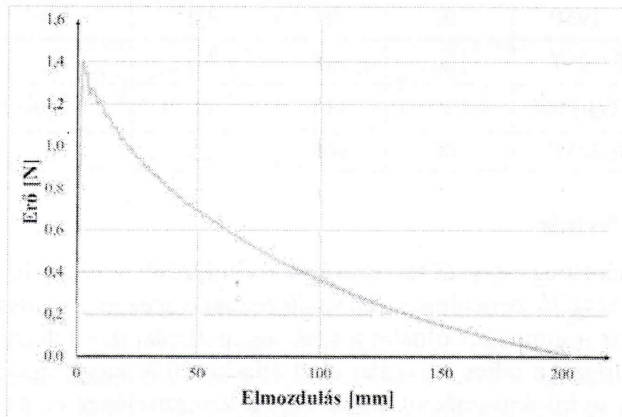
A kiértékelés során az első cikluson meghatároztam +0,5 fok (2HG) és a +5 fok (2HG5) nyírási szögeknél vett hiszterézis magasságokat, valamint a 0,5 fok és 5 fok nyírószög között számolt fajlagos nyíróerőre (G), amely a fajlagos nyíróerő és a nyírószög hányadosa. Ezek az ún. Kawabata paraméterek. A 2HG érték a szövet rugalmasságát, míg a 2HG5 érték a szövet alakíthatóságát jellemzi. Minél kisebbek ezek az értékek annál nagyobb a szövet rugalmassága, illetve annál könnyebb a szövetet síkban alakítani. A G nyíróerőre pedig arra lehet következtetni, hogy a fonalak mennyire képesek elmozdulni a szöveten belül [3].

**2.2. Fonalkihúzás**

A fonalkihúzó méréshez ugyanazt a berendezést használtam, mint a nyíróvizsgálathoz, azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben a középső befogó helyett egy fonalbefogót csatlakoztattam. A vizsgálati minta oldalhossza 200 mm, szélessége 100 mm volt. A fonalkihúzás elve az 3. ábrán látható [2]. A kétoldalt befogott szövetből a befogással párhuzamosan, középről egyetlen fonalat húzunk ki. A kihúzás során mérjük a húzóerőt ( $F_h$ ) és a fonal elmozdulását. Fontos, hogy mérés közben a kihúzandó fonal másik vége szabadon el tudjon mozdulni. Egy jellegzetes fonalkihúzási görbe látható a 4. ábrán.



3. ábra  
A fonalkihúzás elve

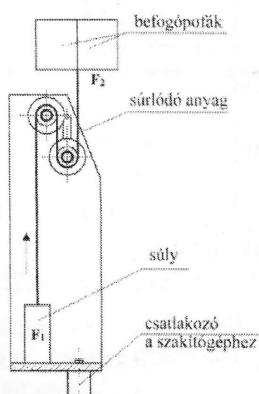


4. ábra  
Jellegzetes fonalkihúzási görbe

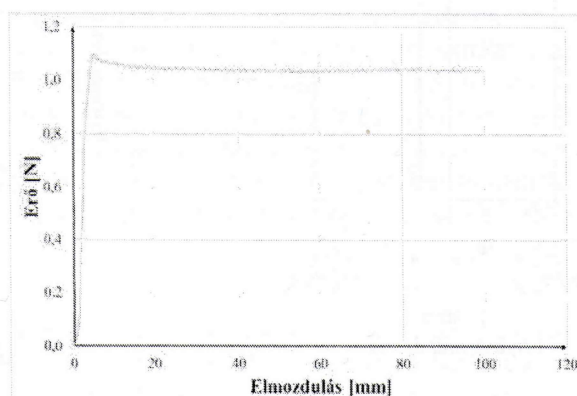
**2.3. Hengeres súrlódásvizsgálat**

A hengeres súrlódásvizsgálat a kötélsúrlódás jelenségén alapszik, lényege, hogy hengeres dobon átvetve súrlódik a vizsgálati minta, amelynek keresztmetszete a hosszához és a henger átmérőjéhez képest elhanyagolható. A mérés a kötélsúrlódás jelenségét leíró, Euler-Eytelwein modell alapján értékelhető ki.

A hengeres súrlódásvizsgálatokat egy általam tervezett készüléken végeztem, amely szintén egy szakítógépre szerelhető, kiegészítő berendezés. A mérés elvét az 5. ábra szemlélteti [4]. A jelen méréssorozatban a szövetből kifejtett üvegrovíngot az alapszövettel bevont üvegfelületen kellett vizsgálni. A hengerekre felerősített szövet középső részéből a henger tengelyére merőleges rovíngokat eltávolítva elértem, hogy a vizsgált rovíng a mérés során – a fonalkihúzó vizsgálathoz nagyon hasonló módon – csak rá merőleges irányú fonalakon súrlódjon. Egy jellegzetes mérési diagram a 6. ábrán látható.



5. ábra  
A hengeres súrlódásmérés elve



6. ábra  
Jellegzetes hengeres súrlódásvizsgálati diagram

A mérésekből statikus és dinamikus súrlódási együtthatókat határoztam meg. Az Euler-Eytelwein összefüggést felhasználva az abszolút maximális erőből számítottam a statikus súrlódási együtthatót, a mérési görbe kvázi konstans jellegű szakaszán vett átlag erőből pedig a dinamikus súrlódási együtthatót.

### 3. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Minden anyagon minden vizsgálatból öt mérést végeztem. A vizsgálati sebesség a fonalkihúzásnál és a hengeres súrlódásmérésnél 100 mm/perc, a nyírásnál 50 mm/perc volt. A mérési eredmények kiértékelése során az öt mérésből átlaggörbéket képeztem, és ezek alapján hasonlítottam össze az egyes anyagok viselkedését. A kapott eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

Mérési eredmények

2. táblázat

Megnevezés	$G$ [N/m/fok]	$2HG$ [N/m]	$2HG5$ [N/m]	$F_h$ [N]	$\mu_d$ [-]	$\mu_s$ [-]
UTE 80P	1,43	2,54	3,17	0,87	0,1111	0,1229
UTE 80T	1,61	1,89	3,29	0,18	0,1129	0,1279
UTE 195P	1,52	4,08	5,22	1,41	0,1176	0,1263
UTE 195T	1,54	3,00	4,69	0,25	0,1176	0,1316
UTE-TG 330P	1,57	3,21	4,05	2,04	0,1246	0,1479
UTE 306T	1,61	3,81	4,93	1,31	0,1145	0,1221

A nyírás eredményei alapján megállapítottam, hogy a várakozásoknak megfelelően a nagyobb területi sűrűség szövetek esetén nagyobb a nyírómerektség értéke. A sávoly szövetek esetén valamivel nagyobb nyírómerektség értékek adódnak, mint a vászon esetén, ugyanakkor a várakozással ellentétben a különbség sem a kisebb, sem a nagyobb területi sűrűségű szövetek esetében nem volt jelentős.

A  $2HG$  és  $2HG5$  értékek a vászon szöveteknél az esetek többségében nagyobbra adódtak, mint a sávoly szöveteknél. Ebből arra lehet következtetni, hogy a sávoly/kisebb területi sűrűségű szövet könnyebben alakítható síkban és rugalmasabb, mint a vászon/nagyobb területi sűrűségű. Ennek oka, hogy sávoly esetén kevesebb a fonalkereszteződési hely, ezért a szövet lazább szerkezetű, kisebb erőt kell a súrlódás legyőzésére fordítani. A nagyobb területi sűrűségű szövetet pedig vastagabb fonalak alkotják, ezáltal nagyobb a súrlódó felület, illetve maguk a fonalak is nehezebben alakíthatók.

A fonalkihúzás eredményei alapján megállapítottam, hogy a vászon szövés esetén jóval nagyobb erő kell a kihúzáshoz. Ennek oka egyértelműen az, hogy több a fonalkereszteződési hely, mint sávoly szövetnél. Továbbá, hogy a nagyobb területi sűrűségű anyagok esetén nagyobb erő szükséges a kihúzáshoz, hiszen vastagabbak a szövetet alkotó fonalak, tehát nagyobb az érintkezési felület és a bedolgozódás, amelyek növelik a kihúzási ellenállást.

A hengeres súrlódásvizsgálat során a szakirodalommal egybevágó adatokat kaptam. Megállapítottam, hogy a vizsgált fonalakon írező anyag van, amely jelentősen csökkenti a súrlódási együtt-hatókat a száraz esethez képest. A kapott súrlódási tényezők a vizsgált anyagok esetében közel azonos értékre adódtak. Ez alapján valószínűsíthető, hogy a vizsgált szöveteken azonos irányú anyag van, azonos gyártótól származnak, és így az üvegszálak is azonos eredetűek. Ebből következik, hogy a fonalkihúzó és a nyíró vizsgálatoknál adódó különbségeket valóban csak a szövetek szerkezeti különbsége okozza.

### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkám során célul tűztem ki annak vizsgálatát, hogy az erősítő szövetek szerkezete hogyan befolyásolja a szöveten belül a fonalak közötti súrlódási viszonyokat. A szöveten belüli súrlódási viszonyok feltárására hat különböző szöveten végeztem hengeres súrlódási, fonalkihúzó és Kawabata típusú nyíró vizsgálatokat. A mérésekhez egyedi tervezésű és kivitelezésű, univerzális szakítógéphez csatlakoztatható, többfunkciós szövetvizsgáló és hengeres súrlódásvizsgáló készüléket alkalmaztam. A kapott eredmények igen jelentős alapot szolgáltatnak egy olyan diszkrét elemes szövetmodell kidolgozásához, amely elősegíti a szöveterősítő szű kompozitok eddiginél pontosabb tervezhetőségét.

**IRODALOM**

- [1] Molnár K., Halász M., Vas L. M.: Apparatus for measuring the shear properties of reinforcements, in 4<sup>th</sup> ITMC Lille Metropole 2013 International Conference. Lille, France, 2013
- [2] Halász M.: Textilíák és textilerősítésű hajlékony kompozitlapok mechanikai tulajdonságainak újszerű vizsgálati módszerei a BME Polimertechnika Tanszékén. 1. rész, Magyar Textiltechnika LXIX. évf., 2017/3, 29-34
- [3] Kawabata S.: The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, Textile Machinery Society of Japan, Osaka, 1980
- [4] Virág Á. D.: Erősítőszövet szerkezetének hatása a fonalak közötti súrlódási viszonyokra, Szakdolgozat, BME, 2017

**Köszönetnyilvánítás**



AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚNKP-17-1-I KÓDSZAMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT#