

A súrlódás mérésére a műszaki gyakorlatban használt eljárások

Dr. Szücs Iván
főiskolai tanár
Óbudai Egyetem, RKK TTI

Oroszlány Gabriella
adjunktus
Óbudai Egyetem, RKK TTI

Összegyűjtöttük és rendszereztük a kereskedelmi forgalomban napjainkban megtalálható, hajlékony egy- és kétdimenziós termékek súrlódási vizsgálatára alkalmas berendezéseket. Valamennyi bemutatott készüléket neves műszerfejlesztő cégek fejlesztették ki és forgalmazzák. A legtöbb berendezés csak egyfunkciós önálló műszer. Az egyfunkciós jelző arra utal, hogy csak egy típusú termék vizsgálatára alkalmas, pl.: vagy csak egydimenziós, vagy csak kétdimenziós gyártmányok analizálását teszik lehetővé.

A bemutatott eszközök között csak két olyan műszer található, amelynek alapja egy „egyszerű” szakítógép. Ez a megoldás költség takarékos, mivel az alapgép saját funkciójának megfelelően is használható, illetve a néhány kiegészítő elem alkalmazásával átalakítható súrlódásmérő műszerré. Ezzel szemben a többi berendezés önálló mérőműszer, tehát más típusú vizsgálatok elvégzésére nem alkalmas.

Az összegyűjtött és felsorolt mérőeszközök többsége síkfelületen, Coulomb-elven működik. A fonalak – egydimenziós termékek – vizsgálatához csak egytípusú nyomaték kiegyenlítés elvén működő berendezések kaphatók.[1]

A **Testing Machines Inc.** által kifejlesztett, **32-25-000 típusú** állítható lejtős súrlódási együttható mérő műszer a forgalmazók ajánlása szerint kétdimenziós



1. ábra. 32-25-00 súrlódásmérő készülék [2]

A berendezés gyártója: Testing Machines Inc.

Működési elv: Coulomb-elv, sík felületen - állítható lejtő

Vizsgálható próbatest típusa: papír, hullámkarton lemez, műanyag fólia

Súrlódó felület: adott alapanyagú

Meghatározható súrlódási tényező: μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állandó asztallap emelkedési sebesség

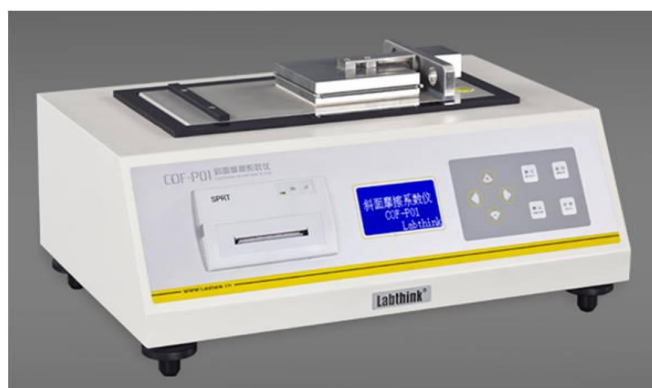
laptermékek úgy, mint papír, hullámkarton lemez vagy műanyag fólia súrlódási együtthatójának vizsgálatára alkalmas (1. ábra). A mérőműszer elektromos működtetésű. A vizsgálati próbadarabot az állítható lejtésszögű lap végén található csipesszel rögzítik, majd ráhelyezik a „szán” (vizsgálati blokk). A vizsgálat közben a műszer állítható helyzetű lapja $1,5 \pm 0,5^\circ$ másodpercenként sebességgel emelkedni kezd a $0^\circ - 80^\circ$ -os tartományban. Az egyenletes mozgást egy villamos motor biztosítja. A lap emelkedése addig tart, amíg a „szán” (vizsgálati blokk) csúszni kezd. A mozgását egy optikai szenzor figyeli és a megcsúszás pillanatában megállítja a lap emelkedését, így leolvasható a megcsúszáshoz tartozó szög érték. A leolvasott szögből kiszámítható a tapadási súrlódó erő és tapadási súrlódási tényező.

Számos tényező befolyásolhatja a mérés pontosságát, pl.: a felületek kopása, bevonatok, lakkok, nyomtatás és páratartalom.

A készüléket a megfelelő „szán” (vizsgálati blokk) használatával a következő szabványos vizsgálatokhoz ajánlják:

- TAPPI T 815
- T 458
- ASTM D 202.

A **PARAM COF-P01** típusú ferde síkú súrlódásmérő készüléket (2. ábra.) a **Labthink** fejlesztette ki csomagolóanyagok, úgymint papírok, kartonok, zacskók és



2. ábra. PARAM COF-P01 súrlódásmérő készülék [3]

A berendezés gyártója: Labthink

Működési elv: Coulomb-elv, sík felületen - állítható lejtő

Vizsgálható próbatest típusa: papír, karton, zacskó, műanyag-film

Súrlódó felület: adott alapanyagú

Meghatározható súrlódási tényező: μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állandó asztallap emelkedési sebesség



3. ábra. PARAM MXD-02 súrlódásmérő készülék [4]

A berendezés gyártója: Labthink

Működési elv: Coulomb elv, sík felületen – vízszintes síkon
Vizsgálható próbatest típusa: szállítószalagok, fa, szélvédő-
üveg, ablaktörlők, PP szövött zsákok

Súrlódó felület: adott alapanyagú

Meghatározható súrlódási tényező: μ_m

Állítható vizsgálati paraméterek: állítható vizsgálati sebesség

műanyagfilmek vizsgálatához.

A készüléket egy mikroszámítógép irányítja és egy mini nyomtató teszi teljessé. Csak a nyugalmi súrlódási tényező meghatározására alkalmas. Az asztallap 0° – 85° közötti tartományban képes elmozdulni. Az asztallap emelkedési sebessége $0,1^\circ/\text{s}$ – $10,0^\circ/\text{s}$ között változtatható.

A készüléket a következő szabványos vizsgálatokhoz ajánlják:

- ASTM D202,
- ASTM D4918,
- TAPPI T815.

A **PARAM MXD-02** típusú vízszintes síkú súrlódásmérő berendezést (3. ábra) a **Labthink** fejlesztette ki csomagolóanyagok úgy, mint papírok, kartonok, zacskók és műanyagfilmek vizsgálatához, de a készülék alkalmas még PP szövött zsákok, fém-műanyag összetett sávok, szállítószalagok, fa, és szélvédőüveg ablaktörlők vizsgálatára is.

A készüléket egy mikroszámítógép irányítja és egy mini nyomtató teszi teljessé. A nyugalmi súrlódási tényező és a mozgási súrlódási tényező meghatározására egyaránt alkalmas. A vizsgálati célnak megfelelően szabályozható a tesztelő sebesség (100–150 mm/min közötti tartományban). A mérés statisztikai elemzését a mikroszámítógép automatikusan elvégzi.

A készüléket a következő szabványos vizsgálatokhoz ajánlják:

- ISO8295,
- ASTM D1894,
- GB 10006.

A **32-91**, **32-07** és **32-71** típusú **Lab Master®** készülékeket (4. ábra.) a **Testing Machines Inc.** fejleszt-



4. ábra. 32-91 Lab Master® súrlódásmérő készülék [5]

A berendezés gyártója: Testing Machines Inc.

Működési elv: Coulomb elv, sík felületen – vízszintes síkon
Vizsgálható próbatest típusa: fólia, papír, hullámkarton lemez,
fém, fa, gumi, linóleum, bőr

Súrlódó felület: adott alapanyagú

Meghatározható súrlódási tényező: μ_m , μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állítható vizsgálati sebesség, terhelés és hossz

tette ki. A forgalmazók ajánlása szerint a készülékek kétdimenziós rugalmas csomagolóanyagok: fólia, papír, hullámkarton lemez vagy fém, fa, kompozitok, gumi linóleum és bőr vizsgálatára alkalmasak.

A berendezésekkel a nyugalmi és mozgási súrlódó erők, illetve súrlódási tényezők meghatározására alkalmasak. A készülékek különböző típusú kiértékelő és vezérlő szoftverrel rendelkeznek, így a vizsgálat típusának megfelelően beállíthatók a mérési paraméterek (sebesség, vizsgálati idő, vizsgálati hossz, terhelés stb.)

A készülék vízszintes asztalára rögzítik a vizsgálati mintát, majd a ráhelyezett hidas kialakítású „szán” a terhelés beállítása után a beállított programnak megfelelően elmozdul. A készülék rögzíti, az eredményeket majd kiértékeli azokat.

A készüléket a következő szabványos vizsgálatokhoz ajánlják:

- TAPPI T549 és T816,
- ASTM D1894 és D4521,
- DIN 53375,
- ISO 15359.

Az **AFT Speciális Friction Testert** (5. ábra) és az **AFT-PB1** készüléket a **Hanatek** fejlesztette ki műanyag fóliák, csomagolóanyagok, papírok, gumi, műanyag padló, kompozitok, textil és bőr súrlódásának meghatározására.

A berendezés a nyugalmi és mozgási súrlódó erők, illetve súrlódási tényezők meghatározására alkalmas.

A készülék kiértékelő és vezérlő szoftverrel rendelkezik, melynek segítségével részletesen elemezhetőek a mérési eredmények, illetve az beállítási paraméterek adatbankjából előhívhatók a különféle szabványok sebesség, vizsgálati hossz és egyéb beállítási értékei.



5. ábra. AFT Speciális Friction Tester sűrűlődszámoló készülék [6]

A berendezés gyártója: Hantek

Működési elv: Coulomb elv, sík felületen – vízszintes síkon

Vizsgálható próbatest típusa: műanyag fóliák, csomagolóanyagok, papírok, gumi, műanyag padló, kompozitok, textil, bőr

Sűrűlődszámoló felület: adott alapanyagú

Meghatározható sűrűlődszámoló tényező: μ_m , μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állítható vizsgálati sebesség, terhelés és hossz

A készüléket a következő szabványos sűrűlődszámoló vizsgálatokhoz ajánlják:

- ISO 8295,
- ISO 15359,
- ASTM D1894,
- TAPPI 549,
- TAPPI T816

A készüléket a következő szabványos tapadási vizsgálatokhoz ajánlják:

- ASTM D4521,
- ASTM D3330,
- FINAT 1,2,3,9.

A **2810-005** típusszámú vízszintes síkú **Bluehill®** (6. ábra) vizsgálóberendezést az **INSTRON** fejlesztette ki műanyag fóliák és filmek sűrűlődszámolójának meghatározásához. A berendezés a nyugalmi és mozgási sűrűlődszámoló erők, illetve sűrűlődszámoló tényezők meghatározására alkalmas.

A műszer egy szakítóvizsgálatot végző géphez illesztett vízszintes síkú asztallapból és egy anyagtesztelő szoftverből áll (pl.: a Bluehill® 2). A szoftver segítségével, lehetőség van a próbatest adatainak megadására, a kívánt teszt kontroll beállítására és mérési eredmények statisztikai kiértékelésére. A program eltárolja a szabványos mérések vizsgálati beállításait, és az egyes szabványoknak megfelelő tesztjelentést készít.

A készülék asztalára rögzítik, a próbadarabot majd ráhelyezik a „szánt” melyet a vizsgálat típusának megfelelően akár tesztanyaggal is beburkolhatnak. A „szánt” a felső helyzetű mérőfejhez kapcsolják, mely rögzíti az elmozduláshoz szükséges erőadatokat. A szakítógép állandó sebességgel mozog, és keresztülhúzza a „szánt” az asztalon lévő próbatest teljes hosszán. A gép feljegyzi az erőket, majd a teszt eredményeihez kiszámítja a nyugalmi és mozgási sűrűlődszámoló együtthatókat.



6. ábra. 2810-005 Bluehill® sűrűlődszámoló készülék [7]

A berendezés gyártója: INSTRON

Működési elv: Coulomb elv, sík felületen – vízszintes síkon

Vizsgálható próbatest típusa: műanyag fóliák, filmek

Sűrűlődszámoló felület: adott alapanyagú, a terhelés bevonható hajlékony kétdimenziós anyagokkal

Meghatározható sűrűlődszámoló tényező: μ_m , μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állítható vizsgálati sebesség és hossz

A készüléket a következő szabványos sűrűlődszámoló vizsgálatokhoz ajánlják:

- ASTM D 1894.

A **Mecmesin** cég által gyártott mérőműszert (7. ábra.) az Egyesült Királyságban fejlesztették ki. Működési elve és kialakítása nagyon hasonlít 2810-005 számú vízszintes síkú Bluehill® készülékhez. Az alapgép egy szakítógép melyhez egy vízszintes síkú asztalkával láttak el. Erre kell fel helyezni a vizsgálandó anyagot. A berendezés a csomagolóanyagok nyugalmi és mozgási sűrűlődszámoló jellemzőinek meghatározására fejlesztették ki. A mechanizmushoz tartozó szoftver kiértékeli és grafikus megjeleníti a mérési eredményeket.

A készüléket a következő szabványos sűrűlődszámoló vizsgálatokhoz ajánlják:



7. ábra. Mecmesin Coefficient of Friction Testers sűrűlődszámoló készülék [8]

A berendezés gyártója: Mecmesin

Működési elv: Coulomb-elv, sík felületen – vízszintes síkon

Vizsgálható próbatest típusa: csomagolóanyagok

Sűrűlődszámoló felület: adott alapanyagú, a terhelés bevonható hajlékony kétdimenziós anyagokkal

Meghatározható sűrűlődszámoló tényező: μ_m , μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állítható vizsgálati sebesség és hossz



8. ábra. YFM 001 Wira Instrumentation sűrűdasmérő készülék [9]

A berendezés gyártója: Wira Instrumentation

Működési elv: nyomaték kiegyenlítés

Vizsgálható próbatest típusa: egydimenziós hajlékony termékek, fonalak és cérnák

Sűrűdó felület: adott alapanyagú

Meghatározható sűrűdési tényező: μ_m, μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állítható vizsgálati sebesség és terhelés

- ASTM D 1894,
- ISO 8295,
- ISO 15359,
- TAPPI 549,
- TAPPI T816.

Az **YFM 001** típusú fonalsűrűdás mérő készüléket (8. ábra) a **Wira Instrumentation** fejlesztette ki. A forgalmazók ajánlása szerint a készülékek egydimenziós termékek, fonalak és cérnák vizsgálatára alkalmas. A készüléket két igen érzékeny elektronikus feszültségmérő fejjel látták le, valamint változtatható terhelési tartománnyal és sebességgel.

A készülék digitálisan kijelzi a mért fonalfeszültséget, amiből számítással meghatározható a sűrűdési tényező.

A **233b Attrifil II** típusú fonalsűrűdás-mérő készüléket (9. ábra) a **MESDAN SpA** fejlesztette ki. A forgalmazók ajánlása szerint a készülékek egydimenziós termékek, fonalak és cérnák vizsgálatára alkalmas. A készülék az ASTM D3108-01 szabványnak megfelelő kialakítású. Két igen érzékeny elektronikus feszültség-



9. ábra. 233b Attrifil II. sűrűdasmérő készülék [10]

A berendezés gyártója: MESDAN SpA

Működési elv: nyomaték kiegyenlítés

Vizsgálható próbatest típusa: egydimenziós hajlékony termékek, fonalak és cérnák

Sűrűdó felület: adott alapanyagú

Meghatározható sűrűdési tényező: μ_m, μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állítható vizsgálati sebesség és terhelés

mérő fejjel látták le valamint változtatható terhelési tartománnyal és sebességgel.

A készülék kiértékelő és vezérlő szoftverrel rendelkezik, mely megkönnyíti és felgyorsítja az adatok rögzítését és kiértékelését.

A készüléket a következő szabványos vizsgálatához ajánlják:

- ASTM D3108-01.

Az LH-402 CCT számú dinamikus sűrűdás tesztelő berendezést (10. ábra) a Lawson–Hemphill cég fejlesztette ki. A forgalmazók ajánlása szerint a készülékek egydimenziós termékek, fonalak és cérnák vizsgálatára alkalmas. A készüléket két érzékeny elektronikus feszültségmérő fejjel látták le. A készülék kiértékelő és vezérlő szoftverrel rendelkezik, mely megkönnyíti és felgyorsítja az adatok rögzítését és kiértékelését.

A készüléket a következő szabványos vizsgálatához ajánlják:

- ASTM D3108,
- ASTM D 3412.

Az **Y096A/B** hordozható, kézi fonalsűrűdás mérő



10. ábra. LH-402 CCT sűrűdasmérő készülék [11]

A berendezés gyártója: Lawson–Hemphill

Működési elv: nyomaték kiegyenlítés

Vizsgálható próbatest típusa: egydimenziós hajlékony termékek, fonalak és cérnák

Sűrűdó felület: adott alapanyagú

Meghatározható sűrűdési tényező: μ_m, μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: állítható vizsgálati sebesség és terhelés



11. ábra. Y096A/B hordozható sűrűdasmérő készülék [12]

A berendezés gyártója: SDL Atlas Textile Testing Solution

Működési elv: nyomaték kiegyenlítés

Vizsgálható próbatest típusa: egydimenziós hajlékony termékek, fonalak és cérnák

Sűrűdó felület: adott alapanyagú

Meghatározható sűrűdési tényező: μ_m, μ_{ny}

Állítható vizsgálati paraméterek: nincs adat

készüléket (11. ábra) az **SDL ATLAS Textile Testing Solutions** fejlesztette ki. A készülék alkalmas a terhelés közbeni beállítások és gyorsesztek elvégzésére a szükséges beavatkozások meghatározásához.



12. ábra. LH 603 YFM Yarn Friction Meter hordozható súrlódásmérő készülék [13]

A berendezés gyártója: Lawson-Hemphill

Működési elv: nyomaték kiegyenlítés

Vizsgálható próbatest típusa: egydimenziós hajlékony termékek, fonalak és cérnák

Súrlódó felület: adott alapanyagú

Meghatározható súrlódási tényező: μ_m , μ_{ny}

Az **LH 603 YFM Yarn Friction Meter** készüléket (12. ábra) a **Lawson – Hemphill** fejlesztette ki. Ez egy kis kézi hordozható eszköz, amellyel gyorsan és pontosan meghatározható a vizsgált fonal súrlódása. A hordozható mérőműszerek nagy előnye, hogy a helyszínen a gyártási körülmények között (pl. páratartalom, hőmérséklet stb.) végezhetők el a mérések és határozható meg a szükséges beállítások.

Az összegyűjtött, kereskedelmi forgalomban is kapható vizsgáló berendezések elemzése során külön vizsgáltuk a Coulomb-törvény alapján, síkfelületen mérő berendezéseket és az Euler-törvény alapján hengeres vizsgáló felülettel rendelkező műszereket. Az eredményeket táblázatosan összesítettük. Az I. táblázat tartalmazza a Coulomb-képlet alapján működő vizsgálóberendezéseket, itt megjelöltük, hogy

melyik technikai megoldással, milyen textilszerkezet vizsgálatára van lehetőség illetve, hogy melyik súrlódási tényező meghatározására van mód.

A vizsgálható textilszerkezetek között megkülönböztettünk egydimenziós termékeket: elemi szálakat, filamenteket (mono- és multifilamenteket), fonalakat és kétdimenziós termékeket: textileket, hajlékony csomagolóanyagokat.

A II. táblázat tartalmazza az Euler-képlet alapján működő vizsgálóberendezéseket, itt is jelöltük, hogy melyik technikai megoldással, milyen textilszerkezet vizsgálatára van lehetőség illetve, hogy melyik súrlódási tényező meghatározására van mód.

A III. táblázatban a Coulomb-képlet alapján működő mérőműszerek találhatók, jelöltük, hogy melyik eljárással milyen felületen van lehetőség súrlódási tényező meghatározására.

A IV. táblázatban rendszereztük az Euler-képlet alapján működő mérőeszközöket és jelöltük, hogy melyik eljárással milyen felületen van lehetőség súrlódási tényező meghatározására.

Összefoglalva megállapítható, hogy a kialakított mérési eljárások és a forgalomban lévő berendezések többsége Coulomb-elv alapján, sík felületen vizsgálja a hajlékony egy- és kétdimenziós termékeket.

Az eljárások összehasonlításából megállapítottam, hogy nincs olyan módszer, amellyel valamennyi típusú hajlékony egy- illetve kétdimenziós termék egyazon berendezésen azonos körülmények között vizsgálható.[1]

I. táblázat Coulomb elv alapján működő, sík felületen mérő berendezések csoportosítása a vizsgálható alapanyag alapján

Coulomb-elv alapján – sík felületen	egydimenziós termékek						kétdimenziós termékek			
	elemi szál, monofilament		multifilament		fonal		textil		csomagolóanyagok (papír, hullámkarton, lemez, műanyag fólia stb.)	
	μ_{ny}	μ_m	μ_{ny}	μ_m	μ_{ny}	μ_m	μ_{ny}	μ_m	μ_{ny}	μ_m
kereskedelmi forgalomban kapható mérőműszerek										
32-25-00 COF Inclined Plane Tester									✓	
PARAM COF-P01									✓	
PARAM MXD-02									✓	✓
32-07 Lab Master® 32-91 Lab Master® 32-71 Lab Master®									✓	✓
AFT Speciális Friction Testert AFT-PB1									✓	✓
2810-005 Bluehill®									✓	✓
Mecmesin									✓	✓

II. táblázat. Az Euler-elv alapján működő hengeres felületen mérő berendezések csoportosítása a vizsgálható alapanyag alapján

Euler-elv alapján - hengeres felületen	egydimenziós termékek						kétdimenziós termékek			
	elemi szál, monofilament		multifilament		fonal		textil		csomagolóanyagok (papír, hullámkarton lemez, műanyag fólia ...stb.)	
	μ_{ny}	μ_m	μ_{ny}	μ_m	μ_{ny}	μ_m	μ_{ny}	μ_m	μ_{ny}	μ_m
kereskedelmi forgalomban kapható mérőműszerek										
YFM 001			✓	✓	✓	✓				
233b Attrifil II.			✓	✓	✓	✓				
LH-402 CCT			✓	✓	✓	✓				
Y096A/B SDL ATLAS			✓	✓	✓	✓				
LH 603 YFM YFM Yarn Friction Meter			✓	✓	✓	✓				

III. táblázat. A Coulomb-elv alapján működő sík felületen mérő berendezések csoportosítása a súrlódó felület alapján

Coulomb-elv alapján – sík felületen	elemi szál, monofilament	multifilament	fonal	textil	súrlódó test - adott alapanyagú	súrlódó test – cserélhető, bevonható
kereskedelmi forgalomban kapható mérőműszerek						
32-25-00 COF Inclined Plane Tester					✓	
PARAM COF-P01					✓	
PARAM MXD-02					✓	
32-07 Lab Master® 32-91 Lab Master® 32-71 Lab Master®					✓	
AFT Speciális Friction Testert AFT-PB1					✓	
2810-005 Bluehill®					✓	✓
Mecmesin					✓	✓

IV. táblázat. Az Euler-elv alapján működő, hengeres felületen mérő berendezések csoportosítása a súrlódó felület alapján

Euler-elv alapján - hengeres felületen	elemi szál, monofilament	multifilament	fonal	textil	súrlódó test - adott alapanyagú	súrlódó test – cserélhető, bevonható
kereskedelmi forgalomban kapható mérőműszerek						
YFM 001					✓	
233b Attrifil II.					✓	
LH-402 CCT					✓	
Y096A/B SDL ATLAS					✓	
LH 603 YFM YFM Yarn Friction Meter					✓	

Nyomtatott források:

- [1] Oroszlány G., Koltai L.: Papírok súrlódási jellemzőinek meghatározása I. Magyar Grafika – a Papír- és Nyomdaipari Műszaki Egyesület, mint a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége tagegyesületének szakmai folyóirata LV. évf. I. sz. 2011. február, pp.: 58-61 (4 old.)

Elektronikus források:

- [2] <http://www.testingmachines.com/32-25-coefficient-friction-tester.html>
 [3] <http://www.labthink.cn/en/product-info-1040400.html>
 [4] <http://www.labthink.cn/en/product-info-1040300.html>

- [5] <http://www.testingmachines.com/32-91-lab-master-slip-friction.html>
 [6] <http://ebookbrowse.com/aft-new-friction-tester-web-pdf-d37190695>
 [7] http://www.instron.co.hu/wa/acc_catalog/detail.aspx?aid=4752
 [8] <http://www.mecmesin.com/knowledge-centre/test-types/frictional-forces-testing>
 [9] <http://www.wira.com/HTML%20Pages/fibresindex.html>
 [10] http://www.mesdan.com/pdf/233B_leaflet_ita_eng.pdf
 [11] <http://www.lawsonhemphill.com/LH-402-dynamic-tensile-tester.html>
 [12] <http://www.sdlatlas.com/products/index>
 [13] <http://www.lawsonhemphill.com/LH-603-yarn-friction-meter.html>