



ÓBUDAI EGYETEM
OBUDA UNIVERSITY



Mérnöki Szimpózium a Bánkiban
(ESB 2025)



Lamé kelmék konzerváló bevonatainak vizsgálata golyós repesztéssel

Testing of preventive coatings on lame fabrics by ball-bursting

¹Lencz Eszter, ²Halász Marianna, ²Borka Zsolt, ³Bakonyi Péter

¹Óbudai Egyetem. Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola. Budapest, Magyarország, matyas.eszter@uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem. Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Budapest, Magyarország, halasz.marianna@rkk.uni-obuda.hu, borka.zsolt@rkk.uni-obuda.hu

³Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék. Budapest, Magyarország, bakonyi@pt.bme.hu

Összefoglalás

Ebben a tanulmányban egy speciális szintetikus textília-csoport, a poliészter alapú, fém felületű lamé kelmék tulajdonságait vizsgáltuk és elemeztük. A lamé egyre nagyobb számban kerül be a múzeumok textilgyűjteményeibe. Hosszú távú megőrzésük a jövő generációi számára a muzeológusok alapvető feladata. Kétféle lamé mintát hat különböző konzerváló bevonattal vontunk be, amelyek közül kettő természetes alapú: kitin és Poligen ES 91009, négy pedig akril alapú: Paraloid B67, Plexisol P550, a Paraloid B67 és B44 keveréke, valamint Incralack. Rongcsolásos, golyós repesztő vizsgálatot végeztünk a bevonat nélküli és a bevont mintákon, hogy objektív adatokat kapjunk mechanikai tulajdonságaikról.

Kulcsszavak: anyagtudomány, textilvizsgálat, szintetikus kelme, golyós repesztés, konzerválás

Abstract

In this paper, we studied and analyzed the properties of one specific group of synthetic textiles, lamé fabrics with polyester base and metallic surface. Lamé is starting to find its way into the textile collections of museums in increasing numbers. Their long-term preservation for future generations is a fundamental task for museologists. We covered two types of lamé samples with six different preservative coatings, of which two are with natural bases: chitosan and Poligen ES 91009, and four are with acrylic bases: Paraloid B67, Plexisol P550, a mixture of Paraloid B67 and B44, and Incralack. We performed destructive, ball-bursting tests on the non-coated and coated samples to obtain objective data on their mechanical properties.

Keywords: material science, textile testing, synthetic fabric, ball bursting test, conservation

1 Bevezetés

A restaurátor mindenkori kötelessége, hogy a rábízott műtárgy épségét, annak értékét a tőle telhető leghatékonyabb módon megóvja. Ez minden műtárgyra vonatkozik, az ókoritól a legmodernebbekig, így a 20-21. századi, modernkori, szintetikus szálból készül műtárgyakra is. Az

anyagok szerkezete hosszú távon instabil lehet, és ez különösen igaz a textíliákra. A szintetikus textilszálak tulajdonságai sok tekintetben eltérnek a természetes szálakétól, néha drámai és gyors módon mutatják a bomlás jeleit, amelyet azonban nem mindig lehet egyértelműen felismerni. Mivel a szintetikus szálak hosszútávú viselkedésével kapcsolatos tapasztalataink minimálisak, tekintve, hogy felfedezésük óta mindössze 100 és néhány év telt el, kutatásokat kell végezni stabilitásukról, állagromlásukról és öregedési sebességükről. Felmerült a kérdés, hogy más, pl. fémből készült műtárgyaknál alkalmazott konzerváló bevonatokhoz hasonlóan lehet-e a szintetikus textíliákhoz alkalmas védőbevonatokat találni, amelyekkel meghosszabbítható lenne az élettartamuk. Jelen tanulmányban lamé kelmék konzerválási lehetőségeivel kapcsolatos kutatásunkat, valamint az ezzel összefüggésben végzett golyós repesztő vizsgálateink eredményeit mutatjuk be.

2 A vizsgált lamé kelmék és konzerváló bevonatok

Kutatásunk során kétféle lamé kelmét vizsgáltunk. Mindkettő alapja poliészter szálból készült, vetülékrendszerű, egyszínoldalal kötött kelme. Az egyikben a fémes színoldali réteg aranyszínű alumínium (jelölése: A), főbb jellemzői: területi sűrűség 188 g/m^2 , vastagság $0,32 \text{ mm}$. A másikon a fémes színoldali réteg holografikus hatású alumínium (jelölése: H), főbb jellemzői: területi sűrűség 90 g/m^2 , vastagság $0,24 \text{ mm}$.

Konzerváló bevonatként négy szintetikus (Paraloid) és két vízbázisú természetes (Kitozán és Poligén) anyagot vizsgáltunk. A Paraloidokat poláris és apoláris oldószerekben oldottuk fel (1. táblázat). A bevonóanyag kiválasztásakor figyelembe vettük az öregedés okait: a fény hatását [1], a termikus degradációt, a termikus és a fotokémiai oxidációt [2]. Nagyon fontos, hogy a keményedés mértéke a lehető legalacsonyabb legyen, hogy a textília a lehető legnagyobb mértékben megőrizze puhaságát és rugalmasságát. A konzerváló anyaghoz oldszószert kevertünk, mert tanulmányok kimutatták, hogy a paraloid keverék üvegesedési hőmérséklete sokkal alacsonyabb, ha az oldószert tartalmaz [3]. A természetes „zöld” konzerválószerek tekintetében Poppola [4] és Guiliani [5] hatásmechanizmus és oldhatóság vizsgálatai alapján a Poligen ES 91009 vízbázisú polietilén gyantára esett az egyik választásunk. Másik természetes konzerválószernek a kitin vizes oldatát, az ú.n. Chitosant választottuk, amelyet Montemor [6] fémek védelmére szolgáló korróziógátló szerként, de más korróziógátló anyagok összetevőjeként is leír.

1. táblázat A vizsgált bevonó anyagok

sorszám	bevonó anyag	oldószer (5%)
0	bevonat nélküli	-
1	Poligen ES 91009	víz
2	Chitosan	víz
3	Paraloid B67	lakbenzin+ciklohexán 1:1
4	Plexisol P550	lakbenzin + ciklohexán 1:1
5	Paraloid B67 + B44 35:65	etil-acetát
6	Incralack (Paraloid B44)	aceton+toluol 3:4

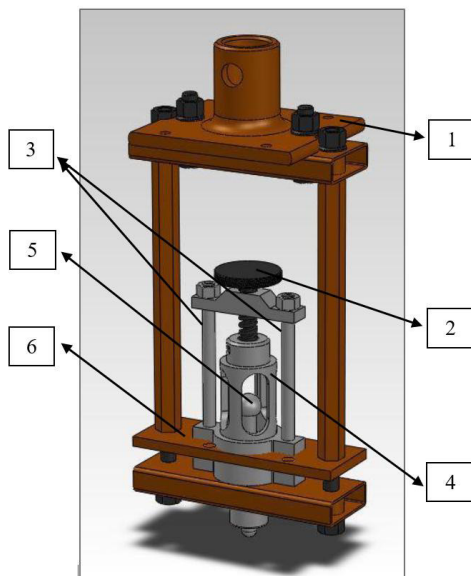
3 A golyós repesztés

A golyós repesztés egy olyan 3D-s mechanikai vizsgálati eljárás, amely a golyós repesztő berendezés segítségével különösen alkalmas a többtengelyű terhelésnek kitett kelmék nagyfokú deformációjának vizsgálatára. Lehetővé teszi a kelmék viselkedésének felmérését a kis deformációktól a törésig, iránytól függetlenül [7]. Többtengelyű, azaz a kelme síkjának minden

irányában egyszerre fejt ki a terhelést, nincs preferált vizsgálati irány és nincs kontrakció, mint az egytengelyű szakításnál, ami különösen előnyös kötött kelmék esetében, mint amilyenek az általunk vizsgált lamé textíliák is. A számos roncsolásos vizsgálat közül ezt a módszert alkalmaztuk továbbá azért is, mert a vizsgálatához csak egy 50 x 50 mm-es, kisméretű minta szükséges, ami azért előnyös, mert a tervezett öregítést követően csak nagyon kevés anyagmennyiség fog a vizsgálatokhoz rendelkezésre állni.

3.1 A golyós repesztő berendezés

A golyós repesztő berendezést (1. ábra) működtetése érdekében egy univerzális szakítógéphez kell csatlakoztatni. Kutatásunk során egy 20 kN-os erőmérő cellával felszerelt Zwick-Roell Z020 szakítógéppel dolgoztunk [7].



1. ábra A golyós repesztő berendezés [7]

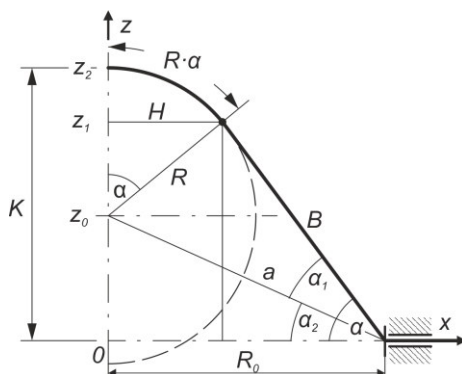
Ahol: 1. mérőkeret és csatlakozó a szakítógéphez, 2. menetes marokcsavar a befogó harang leszorításához, 3. vezetőrudak, 4. befogó harang a felső leszorító gyűrűvel, 5. támasztórúd a terhelő golyóval, és 6. befogó lap az alsó leszorító gyűrűvel.

A kelmemintát feszültségmentesen kell befogni az R_0 belső átmérőjű alsó és felső leszorító gyűrűkkel. A berendezés a kelmemintára az $R < R_0$ átmérőjű polírozott acélgolyóval nyomóerőt fejt ki, aminek hatására a minta kidomborodik. A szakítógép a golyó állandó mozgási sebességének függvényében méri a golyó elmozdulását, azaz a kidomborodási magasságot (K) és a golyó nyomóerejét (F). A vizsgálat a kelmeminta szakadásáig tart.

Mivel a lamé kelmék fémes színoldala és a poliészter alapja is nagyon csúszós volt, a vizsgálati mintákat elő kellett készíteni. A mintadarabokat a kicsúszás-mentes befogás érdekében ragasztással két réteg, vastag pamutvászon közé foglaltuk. A pamutvászon rétegek közepén lévő R_0 átmérőjű lyuk lehetővé tette, hogy a vizsgálat során a terhelő golyó csak a lamé mintát nyomja.

3.2 A golyós repesztő vizsgálat eredményeinek kiértékelése

Kísérletünkben a lamé mintákat izotróp, homogén, rugalmas membránoknak tekintettük. Vizsgálat közben a kör alakban befogott minta egyre növekvő része gömbsüveggént ráfeszül a mozgó golyó felszínére, míg a többi része csonka kúpot alkot. Számos deformációs és szilárdsági adatot határoztunk meg ezen felület geometriai tulajdonságai, a mért kidomborodási magasság K és a golyó nyomóerejének F felhasználásával. A számításokhoz szükséges paramétereket a 2. ábra mutatja.



2. ábra A deformált felület jellemző értékei

ahol $D=2R$ a golyó átmérője (19 mm), $D_0=2R_0$ a lezorító gyűrűk belső átmérője (25 mm), α [rad] a deformált felület függőleges síkmetszetében a gömbsüveg középponti szöge, B [mm] a csonka kúp felület alkotójának hossza, K [mm] a mért kidomborodási magasság.

Az α segítségével és a 2. ábra jelöléseit használva, az (1) egyenlettel meghatároztuk a deformációt jellemző relatív lineáris megnyúlást (ε).

$$\varepsilon = \frac{(B + R \cdot \alpha) - R_0}{R_0} \quad (1)$$

ahol $\varepsilon [-]$ a minta deformált felületének szimmetriasíkjában értendő.

A golyó nyomóerejét (F) a minta kerülete mentén lineárisan eloszló feszültség (f [N/mm]) ellensúlyozza. Ezt a lineárisan eloszló feszültséget a minta befogásának vonalában (f_0), a csokakúp és a gömbsüveg találkozásánál (f_1) és a gömbsüveg középpontjában (f_2) számoltuk ki a következő egyenletekkel (2-4):

$$f_0 = \frac{F}{2\pi R_0 \cdot \sin(\alpha)} \quad (2)$$

$$f_1 = \frac{F}{2\pi R \cdot \sin^2(\alpha)} \quad (3)$$

$$f_2 = \frac{F}{2\pi R \sqrt{1 - \left(\frac{1 + \cos(\alpha)}{2}\right)^2 \cdot \sin(\alpha)}} \quad (4)$$

3.3 A golyós repesztő vizsgálat eredményei

A tesztek az ISO 139:2005 szabvány szerint végeztük, állandó hőmérsékleten (20 ± 2 °C) és relatív páratartalom mellett ($50 \pm 4\%$). Összesen 14 mintát vizsgáltunk, hét arany színű és hét hologram lamé mintát. Ezeket egy számmal és egy betűvel jelöltük. A szám a bevonóanyag sorszáma az 1. táblázat szerint, a betűket illetően pedig az A az arany, a H a hologram lamé-t jelöli. Az adatokat három mérés átlagaként határoztuk meg. A három mérést 10 percen belül végeztük el. Az előterhelés 2 N, míg a keresztfej, azaz a golyó mozgási sebessége 50 mm/perc volt. A 2. táblázat tartalmazza a mérés és kiértékelés eredményeit.

2. táblázat A golyós repesztés eredményei

Designation	K [mm]	B [mm]	α [rad]	ε [-]	F [N]	f_0 [N/mm]	f_1 [N/mm]	f_2 [N/mm]
Arany színű lamé								
0A	20,86	13,97	1,335	1,132	454,06	5,946	8,046	9,940
1A	21,74	14,69	1,349	1,201	489,93	6,395	8,625	10,619
2A	21,79	14,73	1,350	1,204	498,85	6,510	8,780	10,806
3A	22,06	14,96	1,354	1,225	506,34	6,602	8,896	10,939
4A	21,23	14,27	1,341	1,160	446,96	5,845	7,898	9,742
5A	20,82	13,93	1,334	1,129	413,54	5,416	7,331	9,057
6A	21,85	14,78	1,351	1,209	442,87	5,778	7,792	9,588
Hologram lamé								
0H	14,16	9,37	1,149	0,623	308,65	4,307	6,210	7,985
1H	14,31	9,44	1,156	0,634	314,27	4,372	6,287	8,073
2H	13,99	9,28	1,142	0,611	299,60	4,194	6,068	7,813
3H	14,59	9,59	1,167	0,654	317,19	4,391	6,282	8,049
4H	14,73	9,66	1,173	0,664	321,60	4,441	6,338	8,113
5H	13,88	9,23	1,137	0,602	280,38	3,935	5,707	7,356
6H	13,85	9,21	1,135	0,600	288,05	4,045	5,870	7,568

4 Konklúzió

Az azonos szerkezetű, de eltérő védőbevonattal ellátott lamé minták hasonló erő-elmozdulás relációt mutattak, de a maximális feszültség és a szakítóerő mintatípusonként eltérő volt. A konzerváló bevonattal ellátott és a bevonat nélküli minták relatív lineáris nyúlási és lineáris feszültség értékei közti különbség az arany színű lamé esetén a 4. és az 5., míg a hologram lamé esetén az 1. és a 3. minták esetén volt a legkisebb. A legmegfelelőbb konzerváló szer kiválasztása érdekében azonban további mérésekre lesz szükség, amelyek a kelme egyéb fizikai tulajdonságait, mint pl. szín, fényesség, hajlékonyság, stb. vizsgálják.

5 Hivatkozások

- [1] Horie C.V. (1987). Materials for conservation. Butterworth-Heinemann. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780080940885>
- [2] Verdu J., Bellenger V., Kleitz M.O. (1984). Adhesives for the consolidation of textiles. *Studies in Conservation*, 29: 64-69. DOI: <https://doi.org/10.1179/sic.1984.29.Supplement-1.64>
- [3] Vinçotte A., Beauvoit E., Boyard N., Guilminot E. (2019). Effect of solvent on PARALOID® B72 and B44 acrylic resins used as adhesives in conservation. *Heritage Science*, 7: 42. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0283-9>
- [4] Popoola L.T. (2019). Organic green corrosion inhibitors (OGCIs): a critical review. *Corrosion Review*, 37: 71-102. DOI: <https://doi.org/10.1515/CORRREV-2018-0058>
- [5] Giuliani C., Pascucci M., Riccucci C., Messina E., Salzano de Luna M., Lavorgna M., Ingo G.M., Di Carlo G. (2018). Chitosan-based coatings for corrosion protection of copper-based alloys: a promising more sustainable approach for cultural heritage applications. *Progress in Organic Coatings*, 122: 138–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.05.002>
- [6] Montemor M.F. (2016). Fostering green inhibitors for corrosion prevention. In: Hughes, A., Mol, J., Zheludkevich, M., Buchheit, R. *Active protective coatings*. Springer Series in Materials Science 233. pp.107-137. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7540-3_6
- [7] Vas L.M., Tamás P., Halász M., Décsei-Paróczy A. (2015). Modeling high flexible clothes based on bursting test results. In: '5th International Conference on Intelligent Textiles and Mass Customisation Casablanca, Morocco, 4-6. October 2015, pp. 11-22. http://www.pt.bme.hu/publikaciok/555_open_ID%2098_ITMC%202015_VAS_Laszlo%20Mihaly.pdf