

Fémezett textíliákön levő fém mennyiségének mérése fémdetektálási módszerrel^{*)}

Dudás Tünde

SZTE JGYPK Technika Tanszék
dudas@jgypk.u-szeged.hu

Mester Ferenc

SZTE JGYPK Technika Tanszék
mester@jgypk.u-szeged.hu

Kulcsszavak: Fémezett textíliák, Fémfonal, Fémezett fonal, Fémkeresés textíliában, Fémdetektor

1. Előzmények

A fémezett fonalak díszítő jellegű felhasználása már nagyon régóta ismert. Fém- vagy fémezett fonalakkal himzett, szövött vagy kötött kelmék a gazdagságot, a nemességet szimbolizálták. Az egyik legismertebb magyar vonatkozású fémfonalas textília a magyar koronázási palást (1031). Ez a koronázási jelvények egyike, félkör alakú, kékeslilas színű, aranyfonállal sűrűn himzett alkotás. Himzésére finomra hengerelt és vékony csíkokra szelt aranyfóliával körbevont fonalat használtak (1. ábra).

Hagyományos szerepük mellett a XXI. század emberének igényei a textíliákkal szemben megváltoztak. Öltözetünknek, textíliáinknak már nem csak a hagyományos értelemben vett funkcióknak (védelmi, dekoratív és azonosító funkciók) kell eleget tenniük, hanem sokkal többet várunk tőlük. Egy mai modern, funkcionális textilruházati termék többlet értéket képvisel, pl. víztaszító, lélegző, antibakteriális, vagy antisztatikus, képes a külső környezet változásaira reagálni, ahhoz alkalmazkodni. Ez utóbbi tulajdonság esetén „intelligens” textiliáról beszélünk. Intelligens a textília akkor is, ha beépített elektronika segítségével információ továbbítására alkalmas. Az ilyen textíliák alkalmazása elsősorban a biztonság, az egészségvédelem és a sport területén figyelhető meg [2].

2. Fémszálak és fémbevonatos textíliák

A fémbevonatoknak köszönhetően a kelme antisztatikussá válik, vagyis nem töltődik fel, ami az ipari alkalmazásnál biztonságtechnikai szempontból előnyös, de a mindennapi ruházatkodásban is komfort fokozó, hő- és elektromos vezetőképességük nő. A vezetőképesség növelése védelmet ad az ún. elektroszmog ellen. (A nagyfrekvenciás elektromágneses sugárzást használó készülékek egyre nagyobb elterjedése, elsősorban a mobil telefonok, ill. a hálózatok, a mikrohullámú sütők ugyanis egyre aktuálisabbá teszik ezt a kérdést. Az emberek, valamint a sugárzásra érzékeny eszközöket – pl. a számítógépeket – kell védeni a sugárzástól.) Az elektroszmog elleni védelem céljára lényegesen nagyobb vezetőképességre van szükség, mint a feltöltődés megelőzésére. A vezetőképességet általában fémszálakkal vagy fémbevonattal érik el. A fém leginkább acél, a bevonat ezüst vagy réz. Jellemző volt, hogy a fémszálakat gyártó cégek nemcsak a szálát, vagy a rendkívül finom fémhuzalt ajánlják, hanem a 100 %-ban, vagy keverékben font fonalat, esetleg kelmét is [3].

A **fémszálak** a szerves mesterséges szálanyagok egyik alcsoportját képezik. A fémszálak 100%-ban a megnevezett fémből (színesfémek, nemesfém-



1. ábra. Magyar koronázási palást [1]

ötvözetek olvadékából) készülnek, átmérőjük 8–25 µm. Tehát nincs semmiféle hordozófelület, a fém szálanyagot a mesterséges szálgyártás olvadékos eljárásaként ismert módon állítják elő. A szálképző masszát ez esetben a megfelelő összetételű fémolvadék biztosítja (a szálképző fej nyílásainak alakja szerint alakul ki a huzalszerű hengeres, vagy éppen lapított szalagszerű, ill. egyéb keresztmetszetű termék). Az újszerű fémszálak rozsdamentes acélból, amorf szerkezetet kialakító fém-ötvözetek olvasztását követő szálképzésével és gyors lehűtésével állíthatók elő.

A **fémezett textilszerkezetek** esetében a hordozó valamilyen textiltermék, amire fémbevonatot visznek fel valamilyen eljárással. A hordozó anyaga jellemzően poliamid, poliészter vagy polipropilén. Pl. a poliészterfóliából alumínium-párolgatásos bevonását követően rendkívül keskeny csíkokat vágnak.

Készülnek színes lakkos felületkezelésű fémezett fóliaszálak is. Előfordul olyan előállítási módszer, amelynél a műanyag és fémfóliát laminálással egyesítik, majd ebből vágják a mesterséges fémszálakat.

Az utólag fémezéssel bevont textíliák is meghatározó díszítő anyagok. A különböző fémbevonatok felvitelénél alapkövetelmény, hogy fémréteg ne csökkentse a szálanyag ill. textílfelület hajlékonyságát, rugalmasságát, azaz könnyű alakíthatóságát. Szintén fontos követelmény a bevonat tartóssága, így a használat, ill. a kezelés során nem következhet be hatáscsökkenés. Ezért lényeges a 0,1–1 µm vastagságú jól rögzített fémréteg kialakítása az alkalmas textílfelületen.

A fémezett szálak (2. ábra) előállítása hagyományos módszerrel 5-6 lépéses technológiával történik. Először a mikroszál (főként poliamid 6.6) felületét maratással teszik alkalmassá a fémréteg befogadására. Ezután a fém aktiválásával megkezdődik a fémionok kémiai felvitele a szál ak-

^{*)} Lektorált cikk.



2. ábra. Ezüst nanorészecskékel bevont mikroszál keresztmetszete [6]

tív csoportjaira, azaz kialakul az említett szál-fém határfelület. Végül az így kialakított alaprétgre elektrolízissal kiválasztják a galvanizáló-fürdőből a fő réteget képező fém-bevonatot, ill. a szükséges védőréteget [4].

A fémbevonat készítésére a legelterjedtebb fémek: réz, ezüst, nikkel. A három különböző fém egyben a felhasználást is meghatározza.

3. A fémezett szálak felhasználása

A fémezett textiliák kedvező árnyékoló hatásúak, az elektroszmog elleni védelemben előszeretettel alkalmazzák. A Faraday-kalitka effektust megvalósítva a fémezett textiliák kedvező árnyékoló hatásúak az elektromágneses hullámokkal szemben. A vékony, 0,1–1 μm vastagságú fémbevonat nem befolyásolja a fonal mechanikai tulajdonságait, megőrzi a kelme kedvező esését, rugalmasságát, alakíthatóságát, konfekcionálhatóságát.

A **réz** izületi bántalmak enyhítésére alkalmas, a textiliákhoz viszonyítva 8000-szer jobban vezeti a hőt, hőkiegyenlítő hatásaként megszűnnek a görcsös panaszok. A réz általában növeli a szövetek rugalmasságát (bőr, érfalak). Gátolja az inzulin lebomlását. Az egy vegyértékű réz képes szelektíven elpusztítani az emberi szervezetben élő káros baktériumokat és gombákat (pl. Candida). (A réz az élelmiszerekkel, illetve a bőrön keresztül kerülhet be a szervezetbe. Az emésztőrendszeren keresztül 30 % körüli mennyisége szívódik fel, míg a bőrön keresztül közel 100 % jut be belőle. Sajnos a modern kor civilizált emberének életéből kiszorultak a réztárgyak és -eszközök, ezért a réz bőrön keresztül való felszívódása napjainkban elhanyagolható. Ez az egyik oka annak, hogy napjainkban nagyobb számban jelentkeznek a rézhiányra utaló népbetegségek. A rézbevonatú szálakat tartalmazó textiliák segítik a rézhiány leküzdését.) Az áramvezető rugalmas textil-réz burok oldja az izomgörcsöket. A bennünk lévő, le nem vezetett feszültségek és a stressz izomgörcsöket hoznak létre, főleg a gerinc környékén. A réz hőkiegyenlítő hatású, visszaveri az infravörös sugárzást, a réz bevonatú textília gerincproblémák esetén segít fellazítani a görcsös állapotot [5].

Az **ezüstözött** szálakat tartalmazó ruhadarabok jellemzője, hogy a bőrrel érintkező, belső felületük ezüstözött szálból készül. Az ezüstözött textiliák felületén elpusztulnak a gombák, baktériumok. Előnyösen használhatók fekélyes, nehezen gyógyuló bőrfelületek esetén. A nagy elektromos vezetőképességű szálak hatására beindul a vérkeringés, így a „lábfázásos” tünetek esetén is nagy segítség. Ezen hatások miatt jótékony hatású cukorbetegnek a fertőzések megelőzésére, valamint minden olyan esetben, amikor tartósan cipőben, bakancsban kell lennünk.

A tiszta **nikkellel** bevont textiliákat elsősorban mágneses árnyékolásuk miatt használják.

4. Mérések

A fémezett szálak gyártása és használata során több kérdésre kell választ adni:

- mennyi fém található a szálak felületén és mennyi szükséges?
- a használat és mosás után hogyan változik a fém mennyisége a textilián?
- hogyan változik a fémezéssel elérni kívánt hatás a fém mennyiségének változásával?

Hagyományos esetben többnyire roncsolásos módszerekkel tudjuk mérni a textiliákon levő fém mennyiségét.

A mindennapi változások (mosás, kopás hatására történő változások) regisztrálására, mérésére egy egyszerű, kézzelfogható, hordozható készüléket fejlesztünk ki.

4.1. Textilminták

A minták kereskedelmi forgalomban kapható, folyamatos ezüstbevonatot tartalmazó fonalból kötött textiliák, területi sűrűségük 180 g/m².

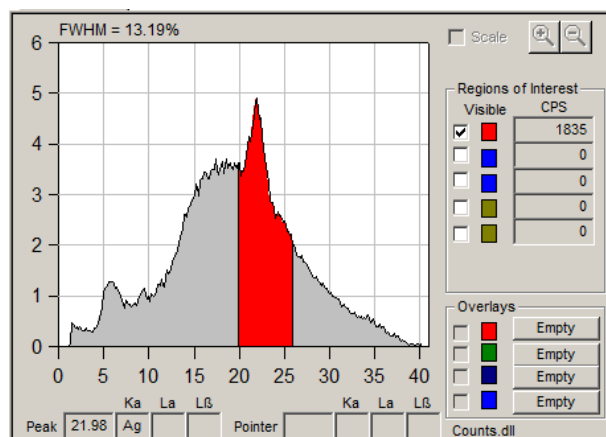
- Az A jelzésű minta összetétele: 76 % pamut, 17 % poliamid, 7 % ezüstözött poliamid;
- a B jelzésű minta anyaga: 77 % pamut, 10 % poliamid, 10 % ezüstözött poliamid, 3 % Lycra (3. ábra).



3. ábra. Ezüstözött fonalat tartalmazó textiliák

4.2. A textilián levő fém fajtájának meghatározása

A fém fajtájának kimutatására kutatásunk során az X-Strata 920 típusú mérőműszer segítségével röntgenfluoreszcens mérést végeztünk. A mérés során a mérési felület pontszerű, 0,1–0,3 mm. Detektálva a mintából kijövő röntgensugárzást, a vonalak energiája



2. ábra. X-Strata 920-as mérőműszerrel kapott eredmény a vizsgált kereskedelmi forgalomban kapható ezüstözött PA fonalból kötött zokni XPS képe. A 20–26 keV tartományban kirajzolódik az ezüst spektruma.

(ATESTOR Anyagvizsgálat-Méréstechnika Kft.)

Bármely amplitúdó értékhez meghatározható a karakterisztikus röntgensugárzás energiája (így azonosítva az elemeket), míg a csúcs nagyságából, a csúcs alatti területből a koncentrációra következtethetünk.

4.3. Textíliák mosásának és koptatásának körülményei

Két kelméből (A kelme és B kelme) készült 5-5 mintakelme. A mintákat az MSZ EN 26330 szabvány szerinti mosásoknak vetettük alá. A mosás vízszintes, dobos gépben történt, kimélő mosással 30 ± 3 °C-on, 30 percig, a mosáshoz a szabvány által előírt optikai fehéritő-szer nélküli mosószert használtuk. Mosás után szárítottuk és szobahőmérsékleten kondicionáltuk, ezek után végeztük el a méréseket.

Az elektromos ellenállás azt mutatja meg, hogy egy adott vezetőben mennyire könnyen folyik az elektromos áram, a szabadon mozgó töltéshordozók mennyire könnyen mozoghatnak a vezető belsejében.

Ez a technológia tisztán fémes, vékony, egyenletes bevonatot képez a rugalmas polimer felületén, a fonalat így vezetőképpessé teszi.

4.5. Fémbevonatú textíliák detektálása

A fémkeresők alapvetően a fémek más anyagoktól eltérő anyagi tulajdonságait használják ki. Ez a két tu-

A fémkeresők egy része olyan felépítésű, hogy külön gerjesztő- és külön keresőtekerccsel van felszerelve, míg más típusoknál ez a kettő egy és ugyanaz. A gerjesztő tekercs funkciója, hogy időben változó mágneses mezőt generáljon egy bizonyos térfogatban, ahol a fémeket sejtjük. Erre a mágneses mezőre a fémek válaszjelet sugároznak az említett tulajdonságaik miatt. Egyfelől a váltakozó mágneses mező hatására a fémekben köráramok indukálódnak, amelyek szintén időben változó mágneses mezőt generálnak, és ezen mágneses indukciós erővonalak egy része visszakerül a keresőtekerccsbe, amely ezt érzékeli. Másfelől egyes fémek és ferromágneses anyagok, a belőlük eső mágneses indukciók felerősítik vagy gyengítik, ezt a keresőtekerccs érzékeli.

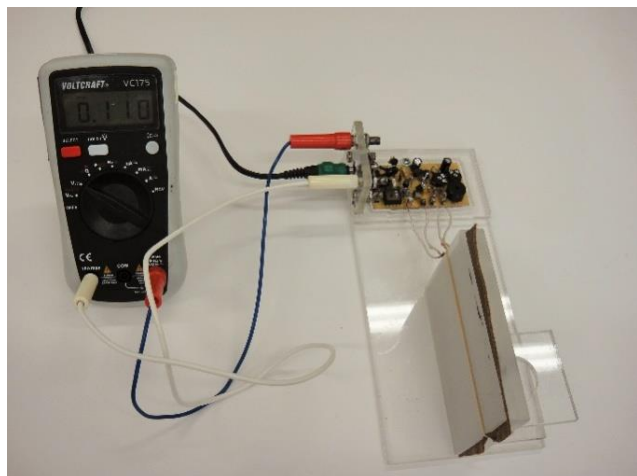
Ha egy fémdarab közelít a tekercs mágneses mezőjébe, megzavarja ezt a mezőt és felborul az egyensúly. Ennek magyarázata igen komplex és különböző a mágnesezhető és nem mágnesezhető fémek esetében.

A fémdetektor elvárható érzékenysége nagyon sok tényezőtől függ. Néhány kulcsfontosságú ezek közül:

- Az általunk kialakított fémdetektor alkalmas üzemi gyorsmérések, gyorsesztek elvégzésére. Könnyű, egyszerűen kezelhető, hordozható készülék, abszorpciós elven működik.

Az abszorpció (blocking oszcillátoros) fémkereső (5. ábra) működési elve a keresendő fémekben keltett örvényáramok illetve a keresőtekercsben létrejövő mágneses energiavesztésen alapul. A keresőtekercs jelét egy kis teljesítményű, nagyfrekvenciás oszcillátor biztosítja.





6. ábra. Textilipari fémdetektor

sítja. Az e tekercs által keltett mező a fémekben nagy veszteségű örvényáramokat eredményez. Az energia elvonás következtében a rezgés amplitúdója csökken, sőt túl közeli nagy fém esetén akár teljesen meg is szűnik. A csökkent energiájú rezgés amplitúdóját szűrés után általában egy feszültség összehasonlító IC (komparátor) érzékeli, amelynek kimenete eltérés esetén jelzést ad.

Fémrészecskék textiliákban való kimutatására abszorpciós működési elvű fémkeresőt alkalmaztunk, mivel egyszerű felépítésű és alkalmas bármilyen típusú fém, igen kisméretű szemcséinek az érzékelésére.

A fémkereső egy blocking oszcillátorból áll, egy ferrit rúdra tekert érzékelő tekercsből és egy kapcsoló és erősítő áramkörből, amelyre feszültség mérő műszert kötve mérhetővé válik a rezgőkörből elvont rezgés amplitúdója, így mérhető a textilián levő fém mennyisége.

4.5.3 A textilipari fémdetektor működési elve

A fémkereső egy LC blocking oszcillátorra épül, amely 1 MHz közeli frekvencián üzemel. Az oszcillátor működési áramát egy trimmer potenciométerrel a be-rezgés határáig kell csökkenteni (6. ábra).

Az érzékelő tekercshez fémtárgyat közelítve, az energiát szív el a rezgőkörből és a rezgés amplitúdója csökken. A kapcsoló és erősítő áramkörre kötött LED és csipogó, a fény és hang intenzitás erősödésével jelzi az oszcillátor működésének gyengülését, illetve az idekötött feszültség mérő műszerrel számszerűen mérhető a változás.

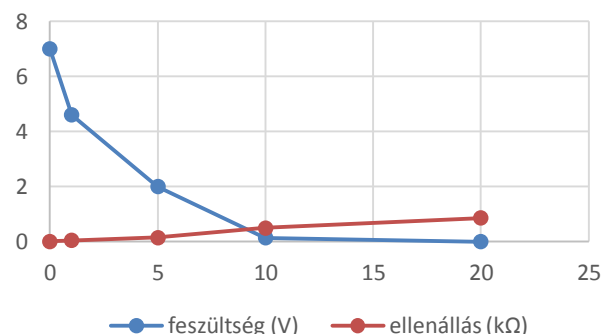
Az érzékelő tekercshez közelítve, tömör fémtárgyak esetén, a fémtárgyakban indukált örvényáramok miatt az „energiavesztés” erőteljes. A fémzett textiliák megváltoztatják az energia viszonyokat amelyek, az oszcillátor működését gyengítik. A fémzett textiliák porózus szerkezete révén nagy intenzitású örvényáramok nem tudnak létrejönni, de torzítják a tekercs körül a mágneses erővonalakat, így az oszcillátor rezgésének amplitúdója mérhetően csökken.

A kiválasztott mintakelméken (A és B kelme, 5-5 db minta) különböző pontokban 10-10 mérést végeztünk mosás előtt és mosások után. Mértük a kelmék ellenállását és az általuk keltett feszültségváltozást. A mérések átlageredménye látható a 7. és 8. ábrán.

5. Összegzés

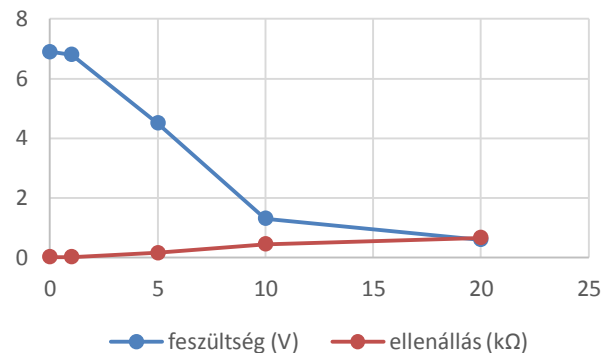
Méréseink során megállapítottuk, hogy a textilszállakon levő fémbevonatok a szálakat vezetővé teszik,

A feszültség (V) és az ellenállás (k Ω) változása a mosások számától függően (A. minta)



7. ábra.

A feszültség (V) és az ellenállás (k Ω) változása a mosások számától függően (B. minta)



8. ábra.

kelmék ellenállása mérhető. A fémbevonattal rendelkező fonalakat, kelméket detektálni tudjuk. Ezek a textiliák megváltoztatják az energia viszonyokat amelyek, az oszcillátor működését gyengítik valamint a feszültség mérő műszerrel számszerűen mérhető, leolvasható a változás.

Mosási ciklusok után a kelmék ellenállása nő (vezetőképességük csökken) és a fémdetektorban gerjesztett feszültség csökken.

Méréseink alapján (7. és 8. ábra) megállapítható, hogy a mosások során a fém mennyiségének csökkené-

sével a textiliák ellenállása növekszik és a fémdetektorral mért feszültség csökken.

Az általunk kidolgozott készülék alkalmas roncsolás nélküli mérésekre, a kelmén levő fém mennyiségének változása mérhető. A készülék könnyű, kisméretű, hordozható, üzemi és háztartási mérésekre alkalmas.

Források

- [1] Magyar koronázási palást. Fotó:
http://www.nemzetijelkepek.hu/pictures/koronazasi_palast.jpg
- [2] Nemzeti Technológiai Platform a Textil- és Ruhaipar Megújításáért. Funkcionális textil és ruházati termékek fejlesztése. Szakértői tanulmány a Stratégiai Kutatási Tervhez (Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület, 2009. október)
- [3] Nemzeti Technológiai Platform a Textil- és Ruhaipar Megújításáért. Új textilalkalmazási területek, műszaki textilek Alapozó tanulmány a Stratégiai Kutatási Tervhez (Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület, 2009. október)
- [4] Kutasi Csaba: Karácsonyi textiliák. Magyar Textiltechnika, LXIII. évf. 2010/6
- [5] Dr. Lóránth József A gyógyító réz és ezüst.
<https://www.natursziget.com/egeszseg/20051026rezesezust> (Letöltés: 2016. március 3.)
- [6] Nanotechnology in textile.
<http://www.textilecore.com/wet-processing/nanotechnology-in-textile/> (Letöltés: 2016. augusztus 1.)
- [7] Dudás Tünde, Szűcs Iván: Behavior of silver treated textiles during usage. Textile Science and Economy. V. Conference Zrenjanin, 5. november 2013. ISBN: 978-8676-7672-213-6
- [8] Fémkereső.
<https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9mkeres%C5%91> (Letöltés: 2016.március 21.)
- [9] Hasznos László: Jelfeldolgozó processzor alapú fémdetektor készítése.
<http://dsp.mit.bme.hu/userfiles/szakdolgozat/hasznosszakdolgozat12.pdf> (Letöltés: 2016. május 25.)
- [10] A fémdetektálás alapjai.
<http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/femdetektalass.pdf> (Letöltés: 2016. március 21.)