

Textillapok deformációjának vizsgálata számítógépes képfeldolgozó rendszer segítségével

Dr. Vas László M.* – Dr. Halász Géza* – Dr. Nagy Péter* – Eördögh Imre** – Juhász György** – Szász Károly**

Bevezetés

A kétdimenziós, szabályos szerkezetű textillapok (szövet, kötött kelme) terheletlen állapotban a fonal kötés-, illetve áthurkolódási pontjai által meghatározott, többé-kevésbé azonos méretű „kötéscellából” épülnek fel. Az ilyen textillap-minta sávszakításakor az egyes kötéscellák a próbadarabnak a szakítógép által regisztrált, *globális nyúlásnak átlagosan megfelelő*, azonban *lokálisan* – a próbadarab különböző helyein, pl. a középvonalán, illetve a szélén – *eltérő alakváltozást* szenvednek.

A kötéscellák lokális alakváltozásának jellege, a kelme fő szerkezeti irányában mérhető értéke és ezek statisztikai jellemzői összefüggnek a kelme szerkezetével, globális terhelhetőségével és a szerkezet egyenlőtlenségeivel is.

A textillap lokális alakváltozásának méréséhez és elemzéséhez az OTKA I/5. T7652 témaszámú kutatás keretében – a BME Polimertechnika és Textiltechnológia Tanszék és a KFKI Anyagtudományi Intézete együttműködésében – egy szakítógéphez illeszthető számítógépes képfeldolgozó rendszert dolgoztunk ki. [10].

A kötéscellák rendszerét a kiválasztott helyen, szakítás közben a szakítógéphez illesztett képfeldolgozó rendszer mintavételezve tapintja le és a megfelelő képfeldolgozó műveletek végrehajtására képes program segítségével kiértékelve határozzuk meg a kötéscellák lokális alakváltozását.

Ezen fejlesztési munka során kialakított rendszerkonceptió első megvalósított változatát ismertetjük, és mérési eredményeink révén bemutatjuk alkalmazhatóságát.

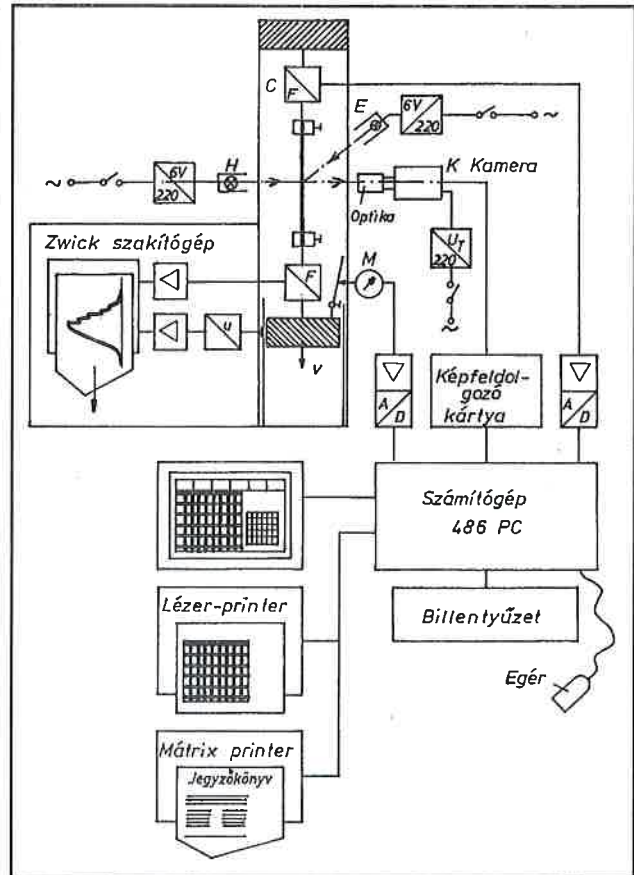
Szakítógéphez illesztett mátrix-kamerás képfeldolgozó rendszer

A szakítógéphez illeszthető videokamerás rendszer alábbiakban bemutatott változatát a tanszéken meglévő, egy korábbi, az I/3. 821. témaszámú OTKA kutatás keretében – szintén a KFKI Anyagtudományi Intézetével együttműködésben – kidolgozott, egy Projectina mikroszkópra épített képfeldolgozó hardverre és szoftverre alapozva fejlesztettük ki [9].

A rendszer hardver-felépítése

Az 1. ábra az 50 kN mérés-határú Zwick 1464 típusú szakítógép és hozzá illesztett videokamerás képfeldolgozó rendszer felépítésének vázlatát mutatja be [10].

A Mintron (Taiwan) gyártmányú mátrix-kamerát (K), a kísérletekhez választott 100 mm-es befogási hossz és a 20–50 mm-es próbadarab szélesség közepére irányoztuk be. A felerősítés adott megoldásában a kamera magassági helyzete 50 mm-es fokozatokban, a kelmesiktől való távolsága fokozatmentesen állítható egy fényképezőgép-állvány ide adaptált fogaslécés felfogó-készüléke (Ihagees, Dresden) segítségével. A kamera nézetirányában való fokozatmentes állíthatósága alapvetően fontos az adott nagyításhoz megfelelő optika-közdarabok kiválasztása és az élesség (a fókuszs) finom beállítása érdekében. A videokamerára –



1. ábra

összecsavarozható távtartó közgyűrűkön keresztül – egy állítható fókusztávolságú fényképezőgép-optikát alkalmaztunk.

A rászófényes elülső megvilágítást ferdén, illetve az átészőfényes hátsó megvilágítást a kamera középvonalára illeszkedően felszerelt 6 V-os, állítható fényrekeszes mikroszkóplámpák szolgáltatták.

Az adott szakítógépen nincsenek közvetlenül – a mérővonalak megzavarása-nélkül – felhasználható analóg kimenetek, ezért a rendszer lehetővé teszi a külön, a szakítógéptől független mérőegységek alkalmazását a vizsgált textilmintában ébredő erő – a befogópófák elmozdulása által meghatározott – globális deformáció, azaz a nyúlás számítógépes mérését is.

Az erőméréshez egy 1000 N mérés-határú Kaliber-gyártmányú (típusa: 8961–100 kg) húzó/nyomóerő mérőcellát (C) alkalmaztunk, melyet a felső befogópófához rögzítettünk. Az alsó befogópófa elmozdulását a mozgó keresztartóra felszerelt, állítható szögű lécs és egy 10 mm mérés-határú, induktív útadóval ellátott, tapintójával a ferde lécs mozgását követő Mitutoyo mérőórával (M) érzékeltük.

A mért eredmények ellenőrzése és a szakítógép szokásos analóg erő-nyúlás diagramjainak kirajzolása érdekében az alsó befogópófához a Zwick szakítógép saját (Hottinger) 500 N mérés-határú erőmérő celláját is felszereltük.

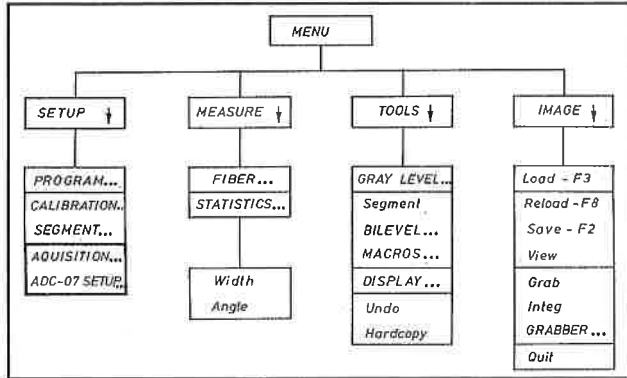
A kamera képét az FRG 2M képfeldolgozó kártya viszi be a számítógép memóriájába. E kártyát az Anyagtudományi Kutató Intézet bocsá-

* BME Polimertechnika és Textiltechnológia Tanszék

** KFKI Anyagtudományi Intézet

totta rendelkezésünkre. Az erőmérő cella és az induktív útdadó az ADC 07 nyúlásmérő erősítőt és A/D konvertert tartalmazó mérőkártyákon keresztül csatlakoznak egy PC 486-os – későbbi változatban egy Pentium számítógéphez.

A beállított mintavétel ütemében felvett és letárolt képeket lézernyomtatóval, a mért és szintén letárolt erő és elmozdulás értékpárokat – jegyzőkönyvszerűen – mátrix printerrel nyomtattuk ki.



2. ábra

A mérőprogram és szolgáltatásai

A 2. ábra a textillapok szakítógépi vizsgálataihoz alkalmazott rendszervezérlő és mérőprogram felépítését szemlélteti, amely lényegében megegyezik a már említett mikroszkópos mérőrendszer mérőprogramjával [2, 3, 5, 6, 7, 8, 9], azonban kiegészült a SETUP menüpontban az AQUISITON... és az ADC-07 SETUP... alprogramokkal [10].

A mérőprogram a WINDOWS programoknál megszokott menükezeléssel működik. A főmenüben négy választási lehetőség van: SETUP, MEASURE, TOOLS és IMAGE.

A SETUP programban a rendszer beállításához és hitelesítéséhez szolgáló parancsok találhatóak.

A MEASURE menü speciális FIBER és STATISTICS programjaiban határozható meg kontúrszélességként (Width) a szál- és fonalmérő, valamint a fonal sodratszög (Angle) értékek, továbbá azok statisztikai jellemzői.

A TOOLS menüben változtatható, vagy módosítható a számítógépből tárolt kép.

A GRAY LEVEL programban a műveletek például a kép kontúrvonalainak élesítése (Laplace- és Sobel-operátorok, Increase contrast műveletek), vagy a kép alul-, illetve felüláteresztő szűrése (Low1, Low2, High1, High2), illetve a felhasználó által definiálható szűrő (User-defined-filter).

A SEGMENT programban előállítható kéttónusú képen olyan, a BILEVEL menüben választható speciális képműveletek végezhetők, mint a dilatáció, erózió, nyitás, lezárás és lyukkitöltés (Dilatation, Erosion, Opening, Closing, Fill holes). Lehetőség van e menüben arra is, hogy makróként szerkesztve (MACROS program) parancsláncként tároljuk a mérés és kiértékelés kidolgozott lépéseit.

Az IMAGE program olvassa be a kamera által felvett képet a számítógép memóriába. A GRAB-

BER programban egy kis ablak valósidejű képet mutat a megfelelő beállítást segítő, míg a nagy képen a felvett és a memóriában letárolt kép látható (ld. az 1. ábrán).

Az AQUISITION program szolgál a képmintavétel körülményeinek a beállításához és a képmintavételnek a beállítottak szerinti vezérléséhez.

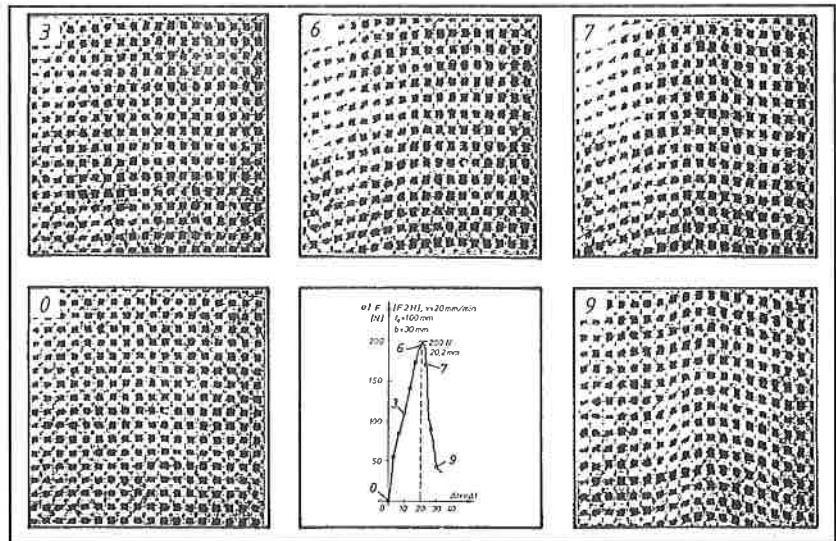
E programban megválaszthatók a következők:

- a mintavétel forrása (kamera vagy képfájl) és vezérlésének módja (külső, belső, vagy manuális);
- a mintavételei időköz és a mintavett képek száma;
- a mérés azonosítója, a tárolt képek formátuma és a célkönyvtár.

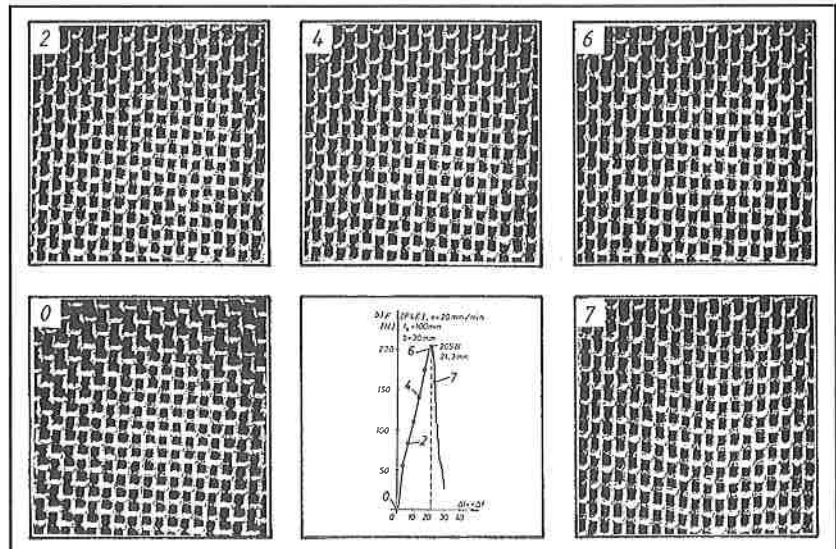
Az ADC-07 SETUP program az erőmérés és az útmérés hitelesítésére szolgál és egyúttal – útmérés esetén – a tapintós mérőóra kívánt pozíciójának beállítását is segíti az aktuális tapintóhelyzet számjegyes kijelzésével.

Vizsgálati eredmények

A szakítóvizsgálat során felvételesorozatot készítünk a textillap meghatározott részéről, egyidejűleg regisztráljuk a felvétel minden egyes képkockájához az elmozdulás és erő értékeket és/vagy a szakítógép XY-írójával kirajzoljuk a szokásos szakítógörbét. A felvételesorozatot ez után off-line módon kiértékeljük.



3. ábra



4. ábra

Szövött és kötött kelmék szakítási eredményei a mintavett képekben

A következőkben a fenti képfeldolgozó rendszer alkalmazásával szövött és kötött kelmé mintákon végzett szakítóvizsgálatok eredményeit mutatjuk be [10].

A rendszer hitelesítéséhez lézernyomatóval előállított 10-10 mm-es osztású sakktabla mintázat xerox-kicsinyítésével kapott képét használtuk fel, miután az azt tartalmazó papírlapot merevítő lapra ragasztva, a szakítógép befogóiban rögzítettük. Az ilyen módon kapott mintázat periódusa 2,5 mm volt, a látható kép mérete 6,57-6,67 mm-nek adódott.

A mintavételi időnek 10 s-ot, a mintavételek számának 20-at választottuk, de a szakadás után a képvételezést leállítottuk.

A befogási hossz minden esetben 100 mm volt, a szakítási sebességet a vizsgált anyag nyúlásának megfelelően állítottuk be úgy, hogy a szakadás 20 cikluson, azaz 200 s-on belül megtörténjék.

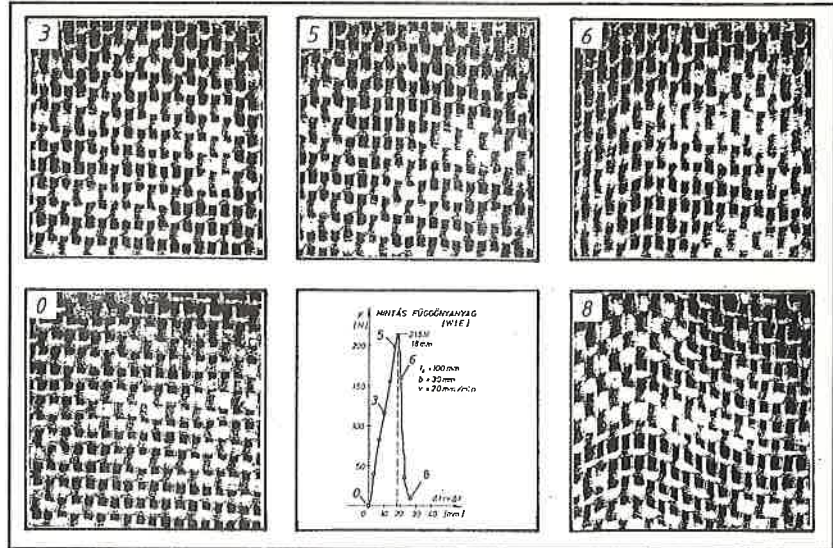
Az ábrákon látható szakítógörbéken bejelöltük a képmintavételek helyét és a megfelelő sorszámokkal jelöltük a mintavettek közül kiválasztott és az ábrán bemutatott képeket. A mérésjelzésekben a H a hátsó (áteső), az E az elős (ráeső) megvilágítást jelöli.

A 3. ábra az F jelzésű szövött, négyzetácsos szerkezetű függönyanyag hátsó (H), a 4. ábra mellső (E) megvilágítás mellett végzett szakítóvizsgálatának eredményeit mutatja. Látható, hogy itt a mellső, azaz ráeső fényes megvilágítás jobban érzékelteti a szövött szerkezetet, míg a hátsó megvilágítás – fényszóródás miatt – kisebbnek mutatja a kötéscellákat, ugyanakkor kontrasztosabb képet ad. A szakítógörbe csúcsa körül – az első (függőleges helyzetű) fonal szakadása környezetében – jól láthatók a keresztirányú fonalaknak – az egyenlőtlen terhelésmegosztás következtében bekövetkező – alakváltozása.

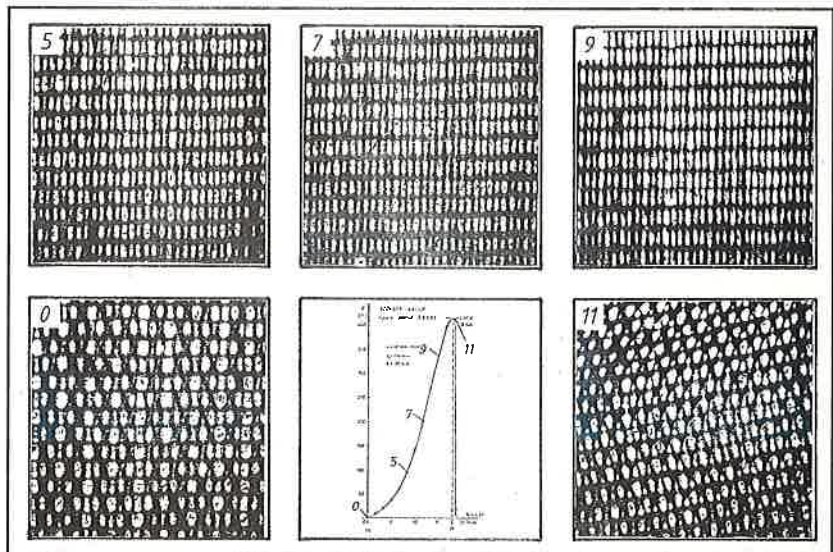
Hasonlóak figyelhetők meg a W-jelzésű, rugalmasabb anyagú, díszítő jellegű vetülékfonallal mintázott függönyanyag vizsgálati eredményein is (5. ábra), ahol az alakváltozások nagyobb mértékűek és látható – például a 8. számú felvételen – az eredetileg négyzetes kötéscelláknak a keresztirányban változó szélességű romboidokká való átalakulása is.

A 6. ábrán a nyers pamutszövetnek (K) a vizsgálat előtt felvett képén a laza fonalak miatt kevésbé jól látható a szövet szerkezete, mint ahogy azt – a szakítógörbe elején az alulról konvex ív által is jelzett – szerkezeti nyúlások kialakulása utáni egyenletes alakváltozása során észlelhető kötéscellák mutatják.

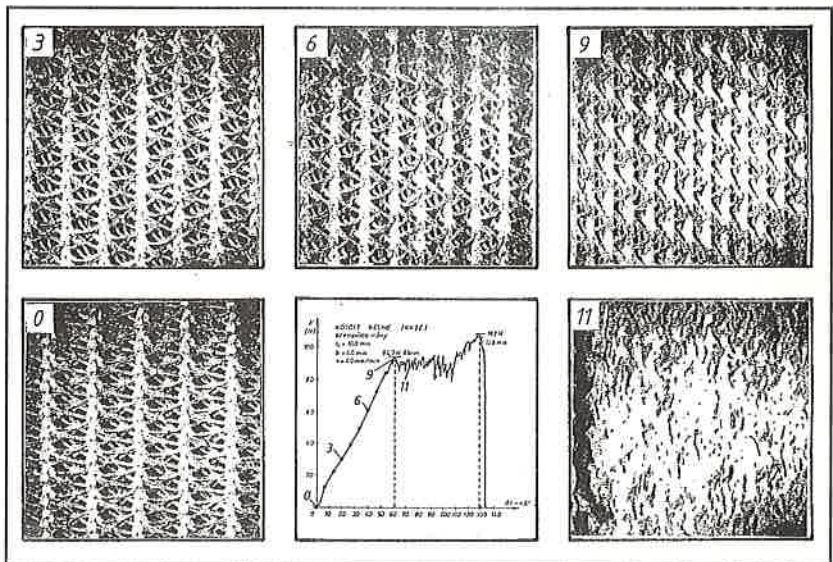
A 7. ábrán a KK-jelzésű lánckötött kelme szempálcá irányú szakításakor készült felvételek jól szemléltetik a szemsorirányú összehúzódást, mely a szakadások során oly mértékűvé válik, hogy a szempálcák összeérnek, egymásra tömörödnek és ez a 11-es képen látható éles szakadás mellett is fennmarad.



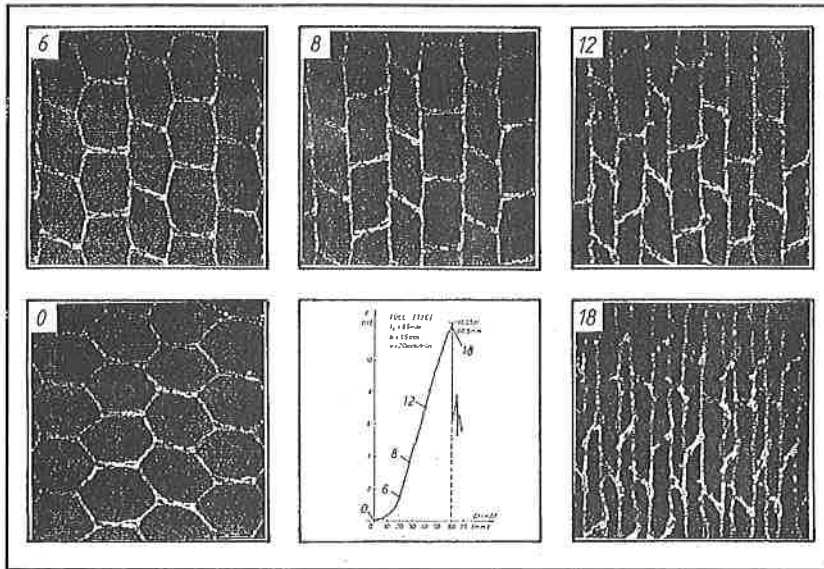
5. ábra



6. ábra



7. ábra



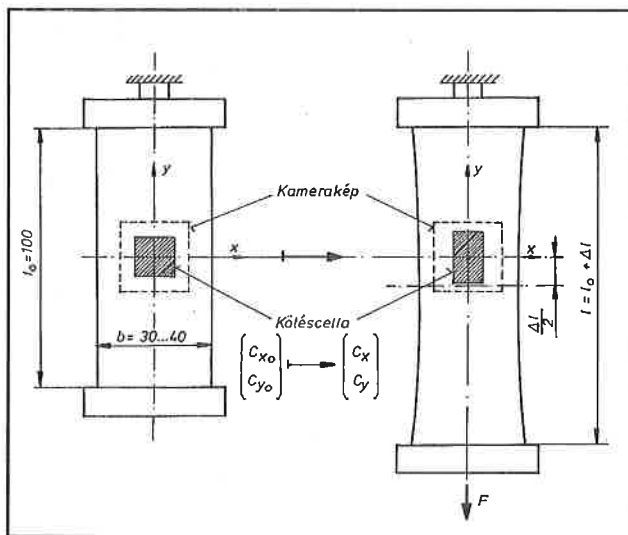
8. ábra

Igen érdekes a terheletlen állapotban hatszögletű cellákat, méhsejt szerkezetet alkotó túllanyag (T) viselkedése (8. ábra), melynél előbb a hatszögek paralelogrammákká alakulnak, majd azok síkjai – a keresztirányú hurkok belazulásával – harmonika alakot vesznek fel és a tömörítés a harmonika összesháródása mellett történik a szakadásig.

A cellaméret és deformáció közvetlen meghatározása

A textillap minta terheletlen állapotában a befogási hossz közepére irányított és szakítás közben helyben maradó kameraablakban mintavett képeken (9. ábra) az off-line kiértékelés – az első lépésben – a képfeldolgozó program hitelesített hosszmerési lehetőségeinek felhasználásával történt.

A kiértékelés során a szabályos szerkezetű textillapokra jellemző, ún. elemi kötősejta – kameraablakbeli átlagos – morfológiai paramétereit határozzuk meg. A vizsgált esetekben úgy találtuk, hogy a vízszintes és a függőleges projekció, a terület, az azok a paraméterek, amelyek változása jellemző a textilszerkezet és a lokális változások szempontjából. Ezek mellett – általános esetben – lényeges lehet a cellák maximális átmérője és rányitottsága is, azonban ezek meghatározásától jelen dolgozatban eltekintettünk, mivel a mérések csak egy kis tartományt érintettek. Az itt meghatározott cellajellemzők tehát annyiban



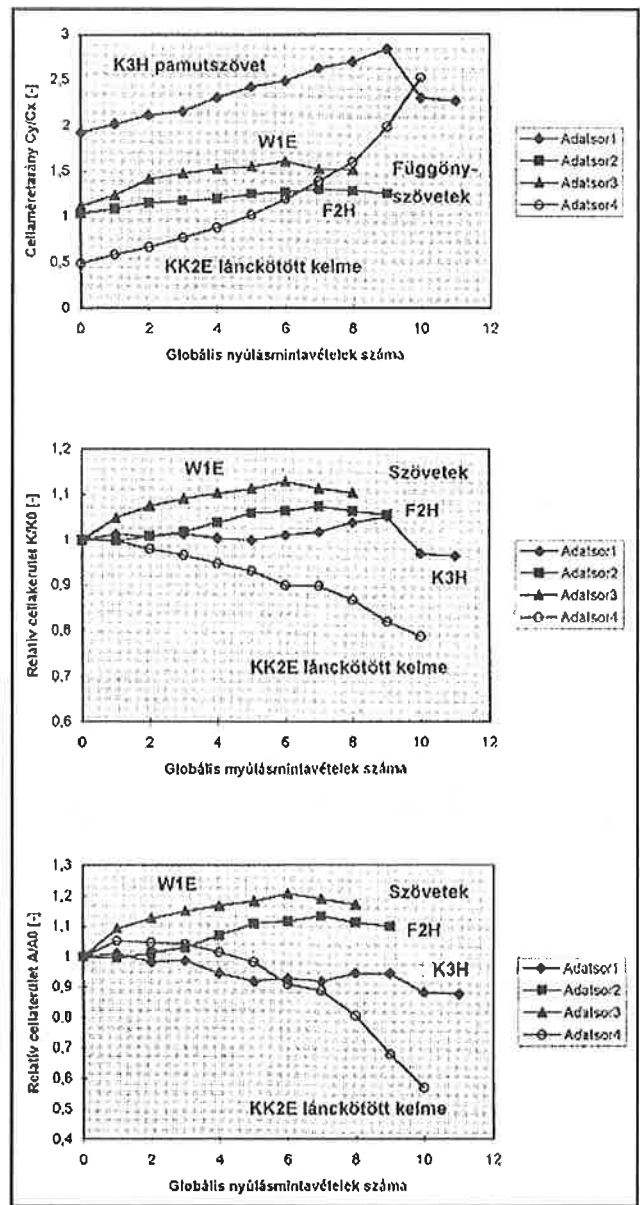
9. ábra

lokálisak, amennyiben a kameraablak, azaz a felvett képek azok.

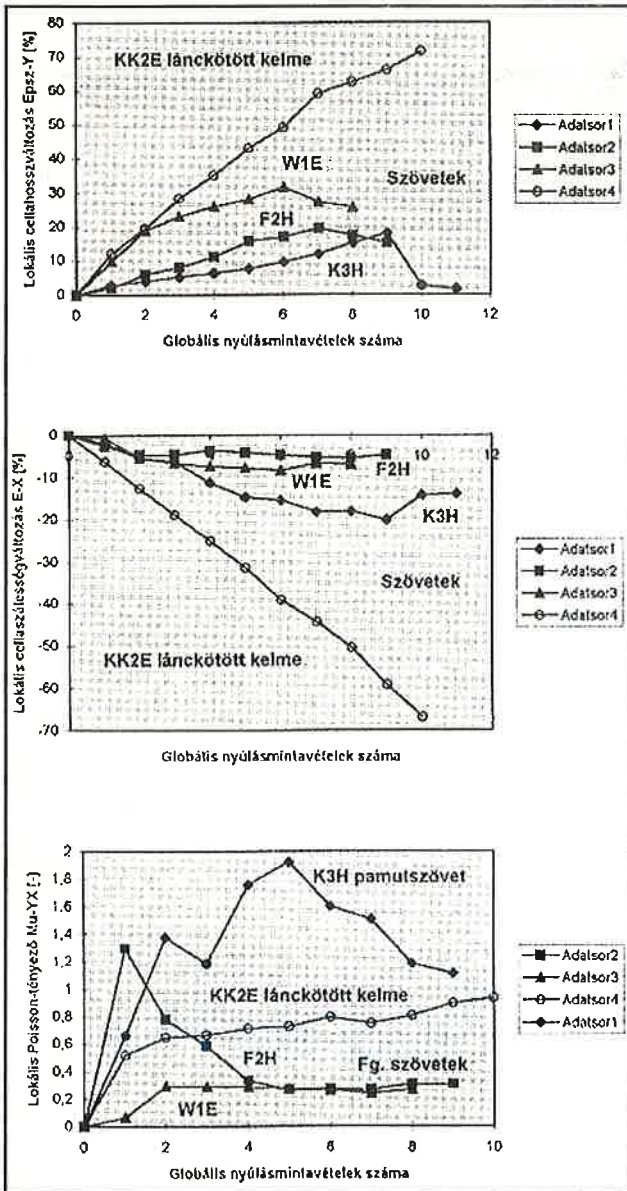
A 10. ábra – a túll kivételével – az előzőekben bemutatott anyagokra nézve négyyszög alakúnak tekintett kötősejllak C_y/C_x oldalméret arányának, illetve kerületének K/K_0 és T/T_0 relatív változását mutatja a szakítás közben a kép- és a globális nyúlásmintavételek száma függvényében. Látható, hogy a hasonló szerkezetű, F és W jelzésű szőtt függőanyagok, valamint a K jelzésű pamutszövet, illetve a KK jelzésű lánc kötött kelme e jellemzők változásában karakterisztikus különbségeket mutatnak.

A C_y/C_x cellaméretarány (10. ábra, felső diagram) a függőanyagoknál viszonylag kis mértékben, degresszíven, a pamutszövetnél – a szakadásig – közel lineárisan, a kötött kelménél progresszíven és jelentős mértékben nő.

A K/K_0 kerületarány (10. ábra, középső diagram) a függőanyagok esetében degresszíven



10. ábra



11. ábra

(F és W), a pamutszövetnél kezdeti, közelítőleg kerülettartó alakváltozás után kis mértékben, progresszíven nő. A lánckötött kelménél a cellakerület közel parabolikusan 20%-ot is meghaladóan csökken.

A T/T_0 területarány (10. ábra, alsó diagram) a függönyszöveteknél a területarányhoz hasonlóan, degresszíven nő, míg a pamutszövetnél trendjében lineárisan csökken. A kötött kelme területaránya – egy lefelé fordított parabolához hasonlóan – kezdetben kis mértékben nő, majd igen jelentős mértékben csökken.

A 11. ábra az ϵ_Y (Epsz-Y) és az ϵ_X (Epsz-X) lokális, relatív celladeformációk, valamint a kötőscellákra nézve az alábbi módon értelmezett μ_{yx} lokális Poisson-tényező

$$\mu_{yx} = \left| \frac{\epsilon_X}{\epsilon_Y} \right|$$

alakulását szemlélteti a mintavételek száma függvényében. A vizsgált anyagok – láthatóan –

e jellemzők tekintetében is karakterisztikusan eltérő viselkedést mutatnak.

A globális nyúlással egyirányú ϵ_Y lokális celladeformáció (11. ábra, felső diagramján) – a szakadásig – minden esetben növekszik, míg az ϵ_X keresztirányú celladeformáció (11. ábra, középső diagram) – lényegében hasonló módon – csökken. A változás mértéke a kötött kelme esetében mindkét irányban eléri a 60–70%-ot, míg a szövött kelménél ez hosszirányban 30%, keresztirányban –20% alatt marad. A pamutszövet maximális lokális deformációja – abszolút értékben – mindkét irányban eléri a 20%-ot, addig a függönyszöveteknél a keresztirányú deformáció mintegy harmada a hosszirányúnak.

A 11. ábra alsó diagramján a terheletlen állapot kis környezetében a cellaszélességet állandónak tekintettük, így a μ_{yx} Poisson-tényező értéke itt zérusnak adódott. A diagram alapján megállapítható, hogy – a kezdeti változásoktól eltekintve – a függönyszövetek Poisson-tényezője kb. 0,3 értékben stabilizálódik, míg a pamutszöveté 1,2 és 1,9 között változik. A kötött kelme e szempontból ezek között helyezkedik el, hiszen Poisson-tényezője 0,6 és 0,9 értéktartók között enyhén növekvő tendenciát mutat.

A celladeformáció meghatározása morfológiai transzformációkkal

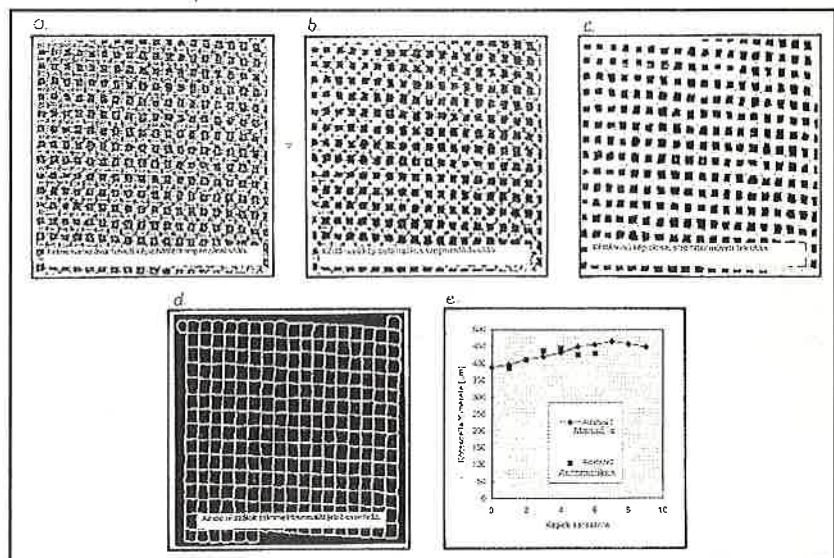
A következőkben az F jelzésű, közel szabályos rácsszerkezetű függönnyanyag vizsgálata során felvett képek morfológiai transzformációit mutatjuk be [10].

Megállapítottuk, hogy a bemutatott F jelű szövet esetében jobban kiértékelhető képet kapunk a transzmissziós megvilágításnál, mint a reflexiónál.

A felvett képen (ld. a 3. ábrát) a megvilágítás egyenetlenségéből eredően a háttér intenzitása a kép különböző részein igen jelentősen változik. Ezt kiküszöbölendő, ún. háttérkompenzációt alkalmazunk. Ennek során megmérjük a kép minden pontjában a lokális intenzitást, majd az eredeti kép intenzitását úgy módosítjuk, hogy a lokális intenzitásra normáljuk. A 12/a. ábrán a háttérkompenzáció utáni állapot látható.

Ahhoz, hogy a kötőscellák morfológiai paramétereit (pl. X és Y irányú vetületi méretek, terület...) mérni tudjunk, meg kell határoznunk a szálak (fonalak) szimmetria-vonalát. Ennek érdekében további morfológiai transzformációkat alkalmaztunk.

A soron következő művelet az ún. szegmentáció, ennek eredménye egy kétfonúsú kép. Előállítására a szürkeségi hisztogram alapján történik. Olyan küszöb intenzitást kell megtalálnunk, amely két olyan részhisztogramra bontja fel az eredetit, amelyekre a kiszámolt szórások összege



12. ábra

minimális. A szegmentálás eredményeként létrejövő képet láthatunk a 12/b. ábrán. Megfigyelhető, hogy az elemi cellák területe nagyobb, mint a véletlenszerűen elhelyezkedő, többnyire a rácspontokban lévő kisebb objektumoknál.

A következő bináris morfológiai transzformáció, az ún. *méretszűrés* (size filter) hatására eltűnnek a *kis*, kötéspontbeli fekete objektumok, valamint kisimulnak a rácseleji (12/c. ábra).

Ez a kép már alkalmas arra, hogy alkalmazzuk rá a *csontváz eljárást* a szálak (fonalak) szimmetria-vonalának meghatározása céljából. A csontváz eljárás ismételt soványításból áll, amelyet addig végzünk, míg egy pixel (képpont) vastagságú vonalas képet nem kapunk. A még ez után is megmaradó irregularitásokat újabb zárási (CLOSE) művelet alkalmazásával küszöböljük ki. Az eredő képen (12/d. ábra) már elvezethetők a cellák morfológiai paramétereinek vizsgálata.

A csontváz képet invertáljuk, ugyanis a szoftver rutinok a világossal jelölt részeket tekintik objektumnak. Minden ily módon transzformált képre meghatározható az elemi objektumok vízszintes és függőleges vetületei átlagértéke és szórása.

A 12/e. ábra diagramja az elemi kötéscella átlagos függőleges (Y) vetületét ábrázolja a mintavett képek sorszáma függvényében. A poligonon összekötött mérési pontok a korábban ismertetett manuális módon, míg a nagy kitöltött négyzetek a fenti automatikus eljárással mért átlagértékeket jelölik. Ezek eltérése lényegében 10% alatt marad, ami nem jelentős, ha figyelembe vesszük, hogy a manuális és automatikus mérés ugyan azon a kelmeanyagon, de egyedileg, két különböző mintadarabon történt.

Összefoglalás

Összefoglalva megállapítható, hogy egyrészt, a kidolgozott rendszer és a képtranszformációs műveletsorozat a kötéscellák morfológiai jellemzőinek meghatározása révén alkalmas a szabályos szerkezetű textillapok lokális deformációjának vizsgálatára, másrészt érdemes ilyen vizsgálatokat végezni, mert a különböző anyagú, gyártásmódú és szerkezetű textillapok lokális deformációs jellemzői karakterisztikusan eltérnek egymástól és ismeretükben jobban megbecsülhető a textillapok adott célú felhasználhatósága.

A kidolgozott rendszer és szoftver továbbfejlesztését a következők szerint tervezzük [10]:

– A hardver továbbfejlesztése a viszonylag nagy sebességű, esetleg dinamikus vizsgálatok követésére;

– A szoftver továbbfejlesztése a kötéscellák és a keresztirányú fonalgörbék alakelemzéséhez, valamint a szabálytalan, illetve a kifejezetten véletlen szerkezetű szövédékek, továbbá a bonyolult szerkezetű kötött (például lánckötött) szerkezetek lokális morfológiai vizsgálatához.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton fejezik ki köszönetüket az OTKA Országos Tudományos Kutatási Alapnak az I/5. T7652 témaszámú kutatás támogatásáért, amelynek ezen dolgozat egyik eredménye.

Irodalom

1. Vas L. M.–Halász G.: Textilszálak és fonalak lokális vizsgálata képfeldolgozással és a kötegszilárdság becslése. Magyar Textiltechnika XLVI. 1993/1. sz. (p. 29–35).
2. Eördögh I.–Halász G.–Szász K.–Vas L. M.: Képfeldolgozó rendszer textilszálak és fonalak lokális vizsgálatához. Anyagvizsgálók Lapja. 3. évf. 1993/3. sz. (p. 79–83).
3. Császi F.–Takács Á.–Vas L. M.: A szálbunda szerkezetének és szálorientációjának modellezése és kísérleti vizsgálata képfeldolgozó rendszerrel. Magyar Textiltechnika XLVII. 1994/1. sz. (p. 14–19).
4. Vas L. M.–Halász G.: Untersuchung der Veränderungen in Fadensdiameter und Drehungswinkel bei der Zug- und Drehungsbeanspruchung. Periodica Polytechnica Vol. 38. No. 4. (1994) (p. 325–350).
5. Vas L. M.–Halász G. és Eördögh I.–Szász K.: Fonalátmérő és sodratszög mérése képfeldolgozó rendszer segítségével. Magyar Textiltechnika XLIX. 1996/2. sz. (p. 73–81).
6. Vas L. M.–Halász G. és Eördögh I.–Szász K.: Fonalmechanikai vizsgálatok képfeldolgozó rendszer segítségével. Anyagvizsgálók Lapja. 6. évf. 1996/1. sz. (p. 9–13.).
7. Eördögh I.–Szász K. and Vas L. M.–Halász G.–Takács M.: Measurement of yarn diameter and twist angle with image processing system. 5th International DAAAM Symposium, Maribor, 27–29th October 1994.
8. Vas L. M.–Halász G.–Eördögh I.–Szász K.: Measurement of yarn diameter and twist angle with image processing system. Periodica Polytechnica Vol. 38. No. 4. (1994) (p. 277–296).
9. Vas L. M.–Császi F.–Eördögh I.–Halász G.–Szász K. és Tsai: Szálkötegek, szálfolysok és fonalak számítógéppel segített szerkezeti és szilárdsági modellezése. OTKA 1/3. 821. tsz. kutatás zárójelentése. Budapest, 1995.
10. Vas L. M.–Eördögh I.–Halász G.–Juhász Gy.–Nagy P.–Szász K.: Textillapok deformációjának vizsgálata számítógépes képfeldolgozó rendszer segítségével. OTKA 1/5. T7652. tsz. kutatás zárójelentése. Budapest, 1995.

Az Instron, Wolpert/Amsler, Rockwell, Shore vállalatcsoport korszerű mechanikai anyagvizsgáló gépeit hazánkban a **TESTOR** forgalmazza

Az Instron elektromechanikus húzó-nyomó gépcsalád átfogja a 0,5–300 kN terheléstartományt, amelyből célszerűen kiválasztható a fém-, a papír-, a műanyag-, a textil-, a kompozit- és a betonvizsgálathoz a legmegfelelőbb géptípus.

A gépcsalád minden tagjának normál tartozéka a korszerű digitális vezérlő- és adatfeldolgozó egység, és mindegyikhez csatlakoztatható az alakváltozást mérő elektromechanikus, video- vagy lézer-extenzométer.

A Wolpert keménységmérő gépcsaládból a statikus Brinell-, Vickers- és Rockwell-keménység méréséhez az egyedi vagy a szériavizsgálati igényeknek megfelelő típus választható.

A szerkezeti anyagok dinamikus törésmechanikai anyagjellemzőinek meghatározásához a Wolpert műszerezett ütőműveiből választható ki a megfelelő üténergiájú típus.

Az Instron kétoszlopos szervohidraulikus fárasztógépei $\pm 18 \dots \pm 2500$ kN dinamikus terheléstartományt fognak át. A célszerűen kiválasztott típusal nemcsak az alapanyag, hanem a gépelemek, szerkezeti egységek fáradásbírása is vizsgálható.

A húzó vagy nyomó csavarrugókat és a laprugókat gyártók termékeik minőségellenőrzéséhez a Wolpert rugóvizsgáló gépcsalád gazdag kínálatából választhatnak.

Bemutató és előadás a Magyar Regula műszerkiállítás keretében az Anyagvizsgáló Lapja-fórumon 1997. február 19-én délelőtt a Budapest Sportcsarnokban.

Kérjen részletes tájékoztatást a magyarországi forgalmazótól a **TESTOR**-tól

Budapest XII., Meredek u. 45. • Telefon: 319-4728 • Fax: 319-2284