

Képfeldolgozó rendszer textilszálak és fonalak lokális vizsgálatához

Eördögh Imre** – Dr. Halász Géza* – Szász Károly** – Dr. Vas László M.*

Bevezetés

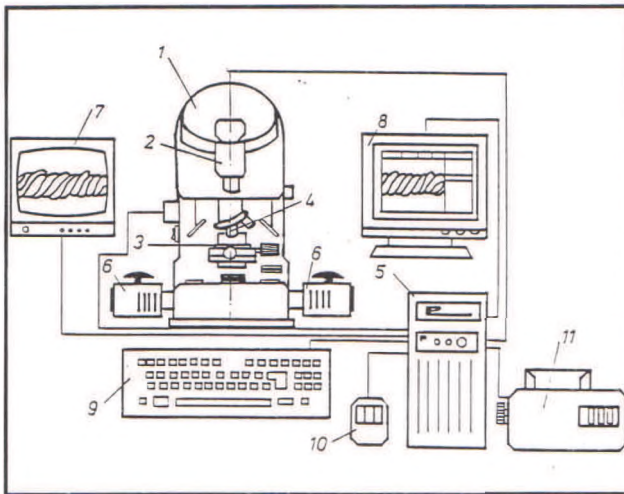
Az elemi szálak, fonalak számos tulajdonságait vizsgálhatjuk meg hagyományos mérési módszerekkel, eszközökkel. Ilyenek például a geometriai, illetve szilárdsági vizsgálatok is. Geometriai vizsgálatnak számít a szál-, illetve fonalmérő meghatározása mikroszkóp segítségével vagy a fonal esetében a sodratszög meghatározása. Mindkét esetben – hagyományos módszerek alkalmazásával, nagytömegű mérés esetén – az átmérő, illetve a sodratszög meghatározása nehézkes, sok szubjektívításon alapuló bizonytalanságot tartalmaz.

A videokamerás számítógépes képfeldolgozó rendszer egy új, objektív lehetőséget teremt az elemi szálak, fonalak átmérőjének, illetve sodratszögének a meghatározására. Ez a módszer a hagyományos vizsgálati módszerekhez képest sokkal gyorsabb. A vizsgálat eredményének meghatározása, dokumentálása a számítógép segítségével történik. A módszer lehetőséget teremt a folyamatos, gyors, objektív mintavételre. A mérési lépései programozhatóak, amely a mérést végző személyt kényeszeríti a mindig azonos módon és körülmények között történő mérésre.

A mérőeszközzel számtalan mérést végeztünk. Az így nyert geometriai paraméterek és a mechanikai tulajdonságok közötti összefüggéseket vizsgáltuk a célból, hogy az elemi szál tulajdonságaiból a fonal tulajdonságai tervezhetőek legyenek. Ezen tanulmány keretében elsősorban a geometriai tulajdonságok meghatározására és mérési eredményeinek ismertetésére helyezük a fő hangsúlyt. A mérési módszer kifejlesztése a 821-es számú OTKA pályázat kapcsán történt, együttműködve a KFKI Anyagtudományi Intézetével.

A lokális szál- és fonalvizsgáló képfeldolgozó rendszer felépítése, mérési módja

A szál- és fonalvizsgáló képfeldolgozó rendszer felépítése az 1. ábrán látható. A mérőrendszer középpontjában az (1) Projectina 4011-4016/MMA vetítőmikroszkóp áll. A mikroszkóp okulárjának helyére van felerősítve a (2) CCD videokamera. Ennek feladata a tárgyszalton elhelyezett vizsgálandó objektumról (3) a (4) mikro- vagy makroobjektív



1. ábra Lokális szál- és fonalvizsgáló képfeldolgozó rendszer felépítése

*Budapesti Műszaki Egyetem Polimertechnika és Textiltechnológia Tanszék

**KFKI Anyagtudományi Kutató Intézet

által leképezett kép továbbítása az (5) számítógépbe. A tárgyszalton mozgatása függőleges irányban és így a kép élesreállítása léptetőmotor segítségével történik. A vizsgálandó objektum megvilágításáról a két beépített kvarc-jodid fényforrás gondoskodik.

A 760x576 pixel felbontású 2/3"-os CCD kamera a teljes video képet (760x576 pixel) adó video-digitalizáló kártyán keresztül közvetlenül a számítógéphez csatlakozik.

A mintavételi frekvencia 15 MHz, a képsíkok száma: 2. A valós idejű képfelvétel kétszáz-hozzáférésű 2 Mbyte-os képmemória segítségével történik. 64 Kbyte-os lapszervezés IBM busz oldairól DOS üzemmódban, 1 Mbyte felett 1 Mbyte-onkénti lapozási lehetőséggel, mely pl. WINDOWS alatti működésnél szükséges.

A képfeldolgozó rendszer további hardver elemei:

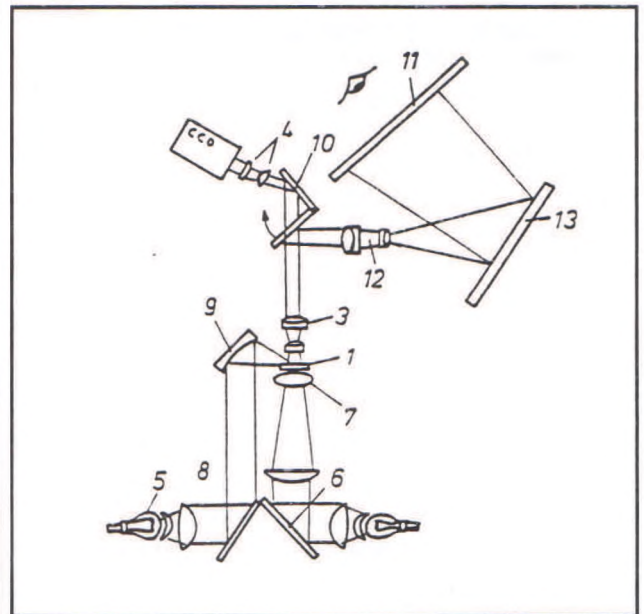
- ki/bemeneti szűrketonus konverter,
- nagysebességű real-time 8 bites video-busz csatlakozó, real-time konvolúciós aritmetikai egység számára. Interlaced/non interlaced működési mód.

A vizsgált objektumról készített kép megjelenítésére két monitor szolgál. Egy mono- (7) és egy SVGA (8) monitor. A tasztatura (9) és az eger (10) a képfeldolgozást végző program interaktív működtető szervei. A (11) nyomtató a feldolgozott képek, illetve a mérési jegyzőkönyvek nyomtatására szolgál.

A rendszerrel kétféle üzemmódban lehet mérni. A mikromérési módszerrel az elemi szálak átmérőjét lehet meghatározni, míg a makromérési módszer a fonalak, szálkótegek átmérőjének és sodratszögének meghatározására szolgál.

Mindkét mérési módszer esetén nagyon fontos, hogy a vizsgálandó objektumok a célnak megfelelő megvilágítást kapjanak.

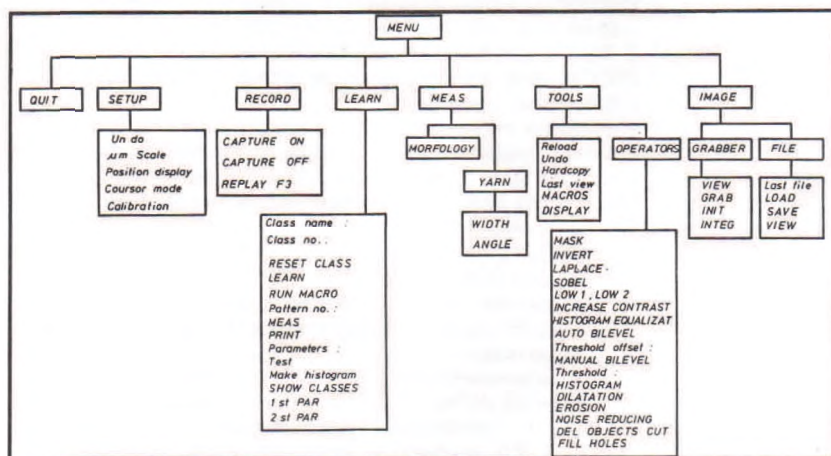
Mikromérési mód esetén a vizsgálandó tárgy áteső megvilágítást kap. Ekkor a sugármenet (2. ábra) (6, 7, 1, 3, 10 és 4). Makromérési mód esetén az áteső és ráeső (érintőleges) megvilágítás kombinációját használjuk. Ekkor nem csak a fonal pontos konturvonalát kell érzékelnie a rendszernek az átmérőméréshez, hanem a sodratszög meghatározásához a felületi szálrendeződet is. Az alkalmazott vegyes megvilágítás esetén a sugármenet az áteső megvilágításkor ugyanaz mint előbb az érintőlegeshez (5, 8, 9, 1, 3, 10 és 4).



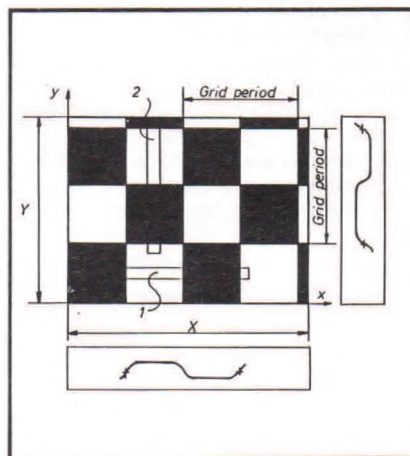
2. ábra Lokális szál- és fonalvizsgáló képfeldolgozó rendszer mérési módja

A lokális szál- és fonalvizsgáló rendszer működése

A rendszer működését az interaktív üzemmódban használható szoftver határozza meg, amely – hagyományosan a más területeken használatos képfeldolgozási rendszerekhez – menüvezérelt működésű (3. ábra). A főmenühöz hét fő menüpont található: a QUIT, a SETUP, a RECORD, a LEARN, a MEASURE, a TOOLS és az IMAGE.



3. ábra A képfeldolgozó program felépítése



4. ábra Hitelesítés optikai rácscsal

A SETUP a mérőrendszer kalibrációjához szükséges parancsokat tartalmazza, valamint a kurzor mód kiválasztását teszi lehetővé.

A RECORD a mérés lépéseinek rögzítésére szolgál.

A CAPTURE ON és OFF utasítások mintegy zárójelként működnek és az általuk közrefogott parancssorozatot a REPLAY F3 utasítással vagy az F3 hot billentyű megnyomásával tetszőleges számban meg lehet ismételtetni. Nagytömegű mérés esetén ez nagyon hatásos.

A LEARN segítségével lehet a mérőrendszert betanítani parancs utasításokra, valamint a mérési és kiértékelési körülményeket meghatározó paraméterekre.

A MEASURE YARN almenüje alatt lehet az elemi szálak és fonalak átmérőjét (WIDTH), valamint fonalak esetén a felületen elhelyezkedő elemi szálak sodratszögét (ANGLE) meghatározni.

A TOOLS segítségével a számítógépe beolvasott kép manipulálásait lehet megvalósítani, úgymint élkiemelés (LAPLACE, SOBEL, INCREASE CONTRAST), szűrés (LOW1, LOW2, HIGH1, HIGH2) stb.

Az IMAGE a videokamera által látott kép beolvasását biztosítja a számítógépbe.

A lokális szál- és fonalvizsgáló rendszer hitelesítése

A rendszer hitelesítéséhez optikai rácst használunk. A hitelesítő optikai rácscsal, 50, 100 és 200 µm rácscsal mintákat tartalmaz. A nagyítás mértéke határozza meg, hogy a hitelesítéshez melyik kerül kiválasztásra. A hitelesítés elvégzéséhez mind X, mind Y irányban legalább egy rácscsal periódusnak a képernyőn kell lenni (4. ábra).

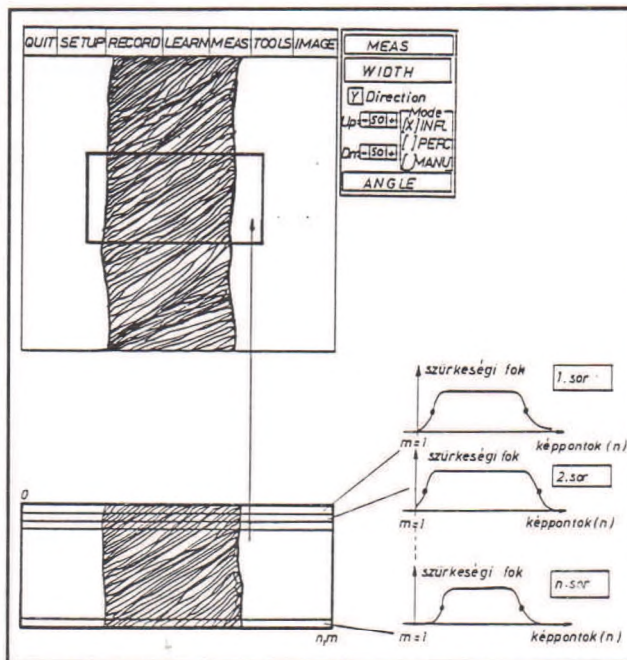
A rácscsal periódust az X irányban 1-el jelölt, Y irányban 2-vel jelölt ablak metszi ki. A rácscsal periódus sötét és világos kocka átmeneteit inflexióval rendelkező görbe szemlélteti (X irányban a, Y irányban b). A görbén két szálcseresz mozgatható (Y irányban 3, 4, X irányban 5, 6), amelyeket az ábrán látható pozícióba, azaz az inflexió pontokba

kell beállítani. Ez kézi vezérléssel történik, nem automatikusan. Mivel a négyzetes rácscsal kiválasztásánál közölni kell a rendszerrel az aktuális rácscsal periódus hosszát, így ebből a program meghatározza a képbetűzésre használt képernyő rész x és y irányú méretét.

Ezek az adatok, mint mérési paraméterek letárolásra kerülnek és mindaddig érvényben maradnak, míg új hitelesítési eljárás nem kerül végrehajtásra.

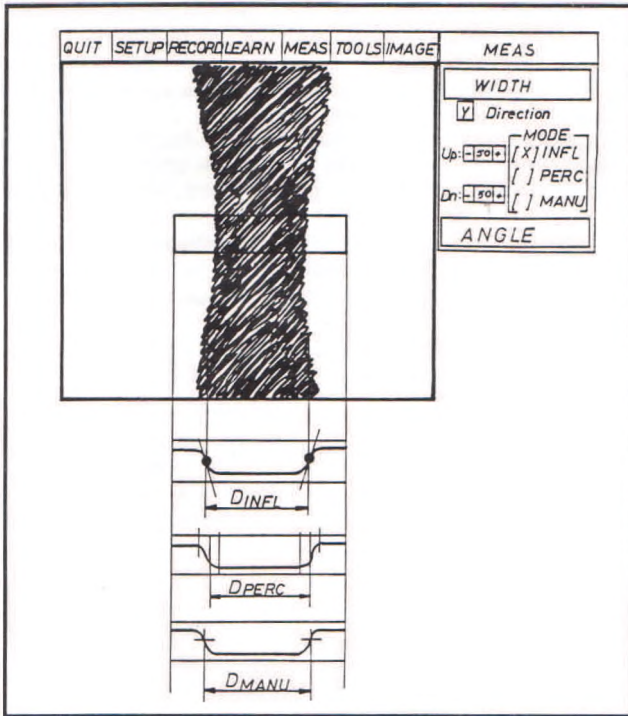
Az elemi szál és a fonal átmérőjének, illetve a fonal sodratszögének a meghatározása

Az elemi szál átmérőjének a meghatározása esetén mikro-, a fonal-átmérőjének meghatározása esetén makroüzemmódot használunk. Mindkét módszerrel az átlagos átmérő meghatározása a beolvasott képen nyitott ablakon történik (5. ábra). A kiértékelő szoftver első lépésben soronként meghatározza a kontúron érvényes szűréségi



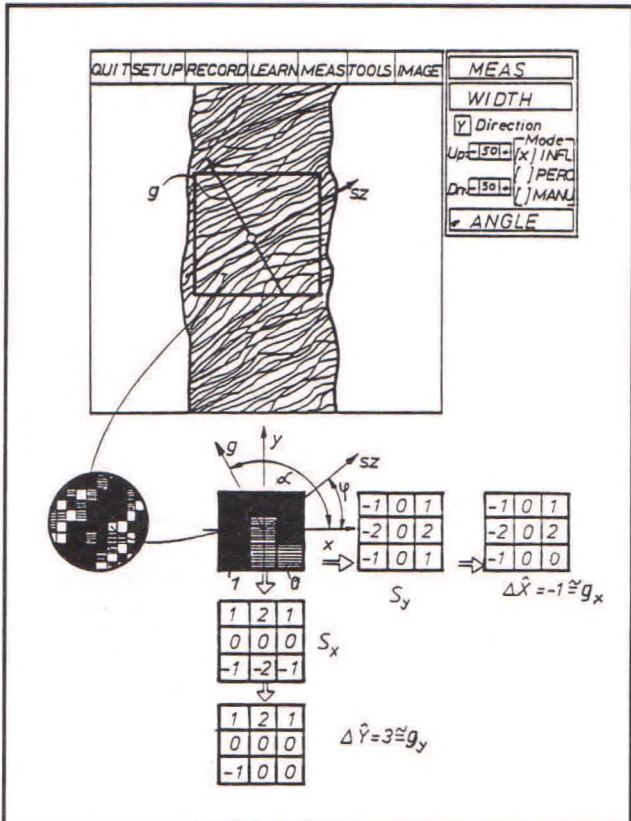
5. ábra A fonaltörzs soronkénti letapintása a kijelölt ablakban

fok változás átmeneti görbéit. Ezek átlagát képezi, majd háromféle lehetőséget kínál a D átlagos átmérő meghatározására (6. ábra). Az



6. ábra A fonalátmérő meghatározási módszerei

INFL jelű módszer esetén az átmeneti inflexiós görbe inflexiós pontjainak a távolságát adja az elemi szál új fonalátmérőjeként. A PERC módszer esetén az inflexiós görbe felezési pontjainak a távolságát adja átmérőként. A MANU módszer esetén két manuálisan mozgatható szálkereszt közötti távolságot adja átmérőként. Automatizált mérés esetén két módszer választása célszerű. Abban az esetben, ha a



7. ábra A fonal felületi szálain, a kijelölt ablakban mérhető gradiens (g) és szálirányszög (sz), illetve a becslés szemléltetése egy domináns képpont 3x3-as környezetében

vizsgálendő objektum megvilágítása jó és így a képátmenet a vizsgált tárgy kontúrvonalán elég kontrasztos, úgy az INFL és a PERC módszerrel közel azonos átlagos átmérőértékek mérhetők.

Fonalvizsgálat esetén markoüzemmódban lehetséges a felületi sodratszög meghatározása. Ebben az esetben a fonal felületi képén kell a mérőablakot kivágni (7. ábra). A program a kivágot ablakban érvényes felületi sodratszög meghatározására képes. A program képmegnyitásként megvizsgálja a kiválasztott pont környezetében a változásokat. A vizsgálat alapja egy előre meghatározott küszöbszint. Amennyiben a vizsgált pont környezetében az intenzitásváltozást jellemző gradiens (g) abszolút értéke meghaladja a küszöbszint (g₀) értékét, úgy a vizsgált pontot „élgyanús”, domináns pontnak tekintjük:

$$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} > g_0 \quad (1)$$

A g gradiens vektor α-irányszögét a megadott ablak összes domináns (n) képpontjára meghatározzuk.

A felületi sodratszög egyik lehetséges becslését (φ) a gradiens szögek átlagából (α) 90°-os visszaforgatással kapjuk (7. ábra: sz = szálirány): Mivel a gradiens meghatározása a vizsgált pontra nézve aszimmetrikus, ezért számos

$$\alpha_i = \arctg \frac{g_{yi}}{g_{xi}}, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$\hat{\varphi} = \hat{\alpha} - 90^\circ \quad (3)$$

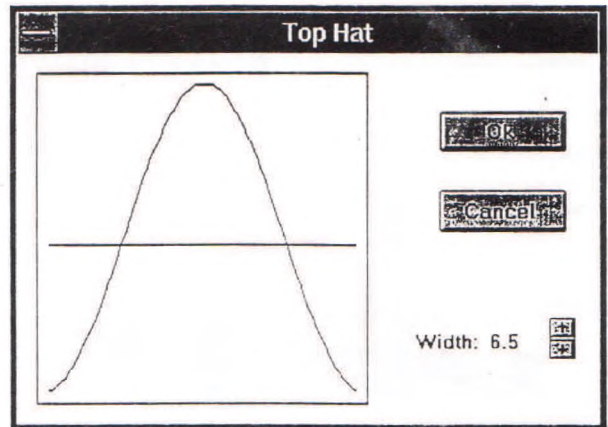
szimmetrikus konvolúciós szűrőt dolgoztak ki az élgyanús pontok kijelölésére [7]. Így a gradiens összetevők (g_x, g_y), a vizsgált pont környezetében intenzitásváltozások súlyozott átlagával becsülhetők. Például a 7. ábrán az ún. Soebel-operátor x, illetve y irányú élek kiemelésére szolgáló (az ábrán 3x3-as) S_x, illetve S_y összetevő mátrixait használjuk a g_x és g_y gradiens irányösszetevők becslésére (ld. a TOOLS menüpontot).

A program az ún. „top hat” szűrőt – mely egy, lényegében a kétdimenziós Laplace-operátort közelítő konvolúciós szűrő – alkalmazza élek, élgyanús pontok kijelölésére. A szűrőelemek számítása az alábbi magfüggvény segítségével történik:

$$T(x, y) = 1 - b \frac{x^2 + y^2}{\sigma^2} \exp \left[\frac{-x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] \quad (4)$$

$$-\frac{N}{2} \leq x, y \leq \frac{N}{2}$$

ahol x és y a képpontok futó indexei, és N a konvolúciós mátrix mérete. A b értéke úgy választandó meg, hogy a mátrixelemek összege zérust adjon. A (4) összefüggés egyváltozós alakját a 8. ábra szemlélteti.



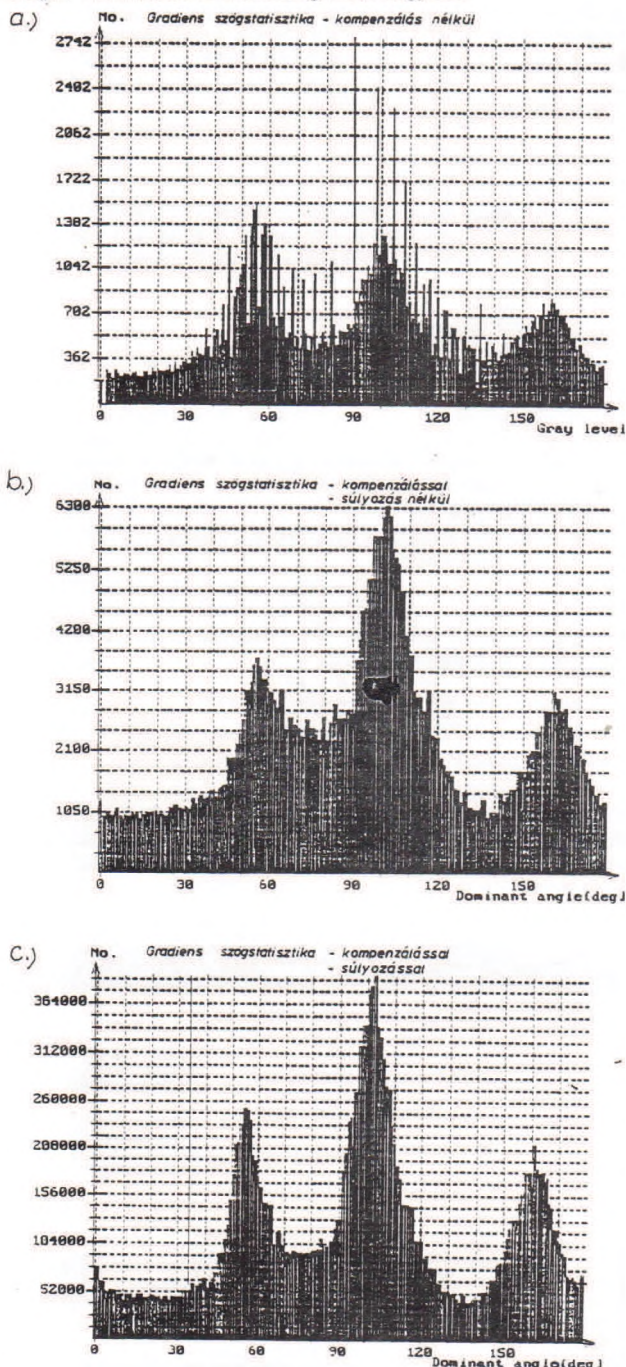
8. ábra A „top hat” szűrő magfüggvényének egyváltozós alakja

A σ változtatásával a függvény félérték-szélességét állíthatjuk be. A konvolúció során azon élek, illetve részecskék fognak detektálni, melyek mérete korrelál a félérték-szélességgel, a többi a szűrő elnyomja.

Alapértelmezésben a program 5x5-ös méretű szűrőt használ. A TOOLS menüpontban azonban a felhasználó ettől eltérő, max. 15x15-ös mátrix méretű szűrőt is definiálhat (User defined filter).

A top-hat szűrő létrehozása a szűrőméret és a félérték-szélesség megadása automatikus. Az előzőekben említett küszöbérték (g_0), mint szűrőkonstans (Filter constant) állítható be.

A 9.a) ábra diagramja három, egymással kb. 60°-os szöget bezáró szálcsoportra vonatkozó gradiens szögstatistikát mutat (MEASURE menüpont). Mivel a gradiensszög meghatározása 5x5-ös környezetben történt, így a felbontás bizonyos irányokban nagyobb, s így bizonyos szögek előfordulása a kvantálás miatt nagyobb.



9. ábra Három, egymással közel 60 fokot bezáró szálcsoport gradiens szögstatistikái különböző korrekciós műveletek mellett

A szögdigitalizálás hibáját kompenzálendő, az elsődleges gradiens szög statistikáját a program korrigálja a kvantált szögek előfordulási valószínűségével. A 9.b) ábrán látható, hogy a kompenzálás jelentősen kiemeli a lényeges (domináns) szögeket, miközben az egyúttal végrehajtott 3-elemű medián szűrés a túszerű zajimpulzusokat egyenlítetté ki (Show histogram ON beállítás).

A Show histogram OFF beállítás mellett (ld. MEASURE menüpont) a gradiens szöghistogram súlyozottan készül, azaz egy adott pontban

meghatározott szög annyiszorosán számít bele a statisztikába, amilyen nagy a lokális gradiens abszolút értéke eme pontkörnyezetben. Tehát minél élesebb egy képrészlet, egy éi, az itt számított szög annál nagyobb súllyal számít bele. Ennek a domináns szögeket kiemelő hatását jól szemlélteti a 9.c) ábra diagramja.

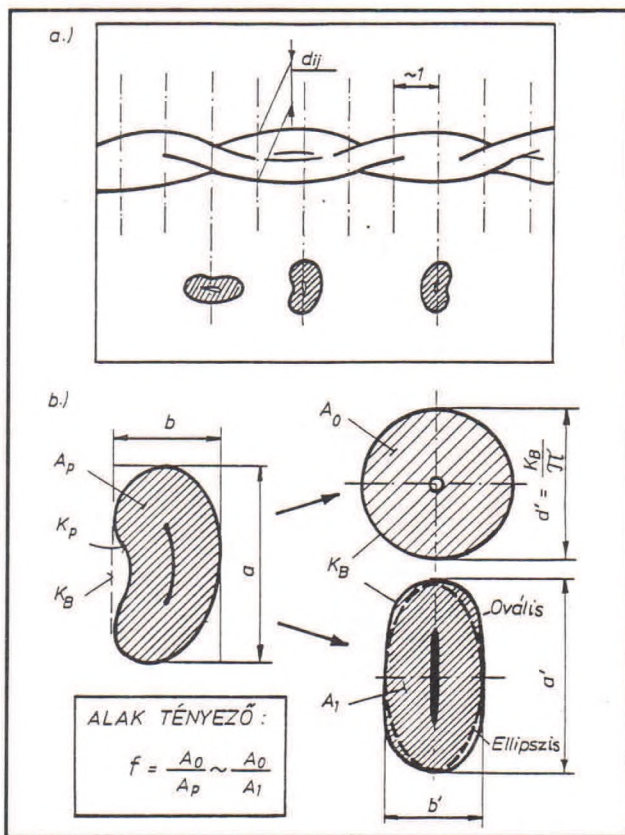
A program végül – alapértelmezésben – 5-elemű mozgóátlagot számít a hisztogramon végigfutva és ahol az maximális értékű, azt tekintjük domináns gradiens szögnek (α_D), így a domináns felületi sodratszög

$$\varphi_D = \alpha_D - 90^\circ$$

Ezt az értéket közli a program, mint mérési eredményt, illetve jeleníti meg az ablakba rajzolva. Hasonlóan határozható meg szálfátyol, illetve szálbunda orientációja a MORFOLOGY üzemmódban [8].

Az elemiszál- és fonalmérések eredményei

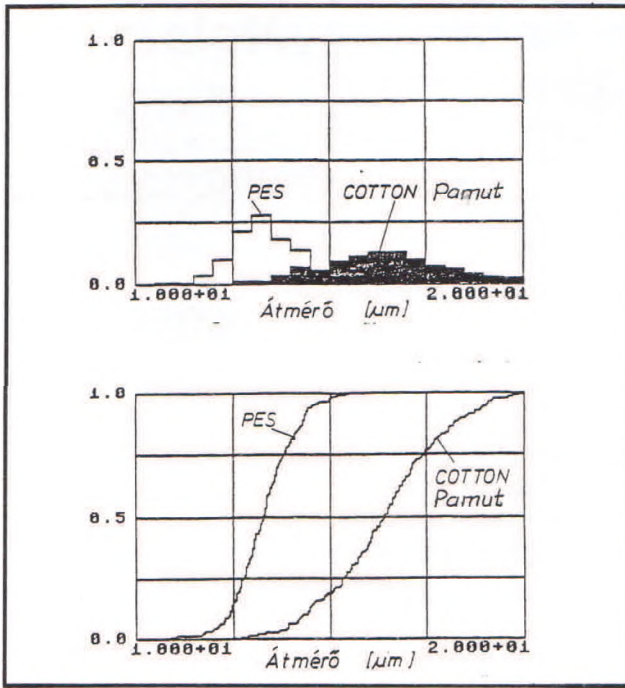
A vizsgált gyűrűs fonál 67% PES és 33% pamutot tartalmaz. A fonalat alkotó elemi szálak átmérőjét 200–200 mintadarabon, darabonként 10 méréssel mértük a videografikus szál- és fonalvizsgáló rendszerrel. A mért átmérőkből az (f) formatényező bevezetve (10. ábra) a száleresztmetszetek meghatározhatók.



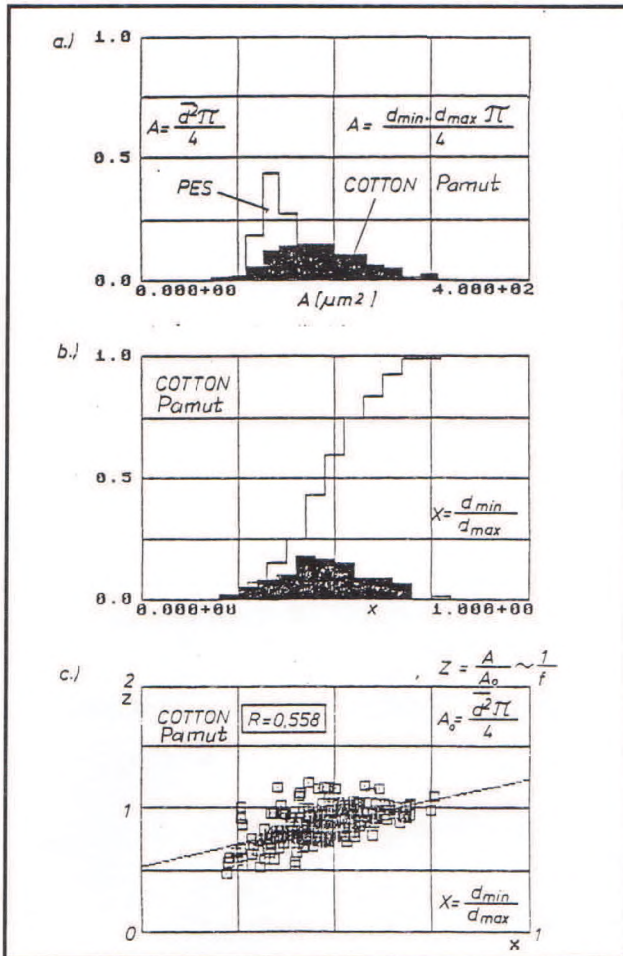
10. ábra Pamutszál-vizsgálat módja és a száleresztmetszet becslési jellemzői

A pamut, a PES elemi szál átmérőinek eloszlás- és sűrűség-hisztogramjai a 11. ábrán láthatók. Ezek szimmetrikusak és normális eloszlással közelíthetők. A pamutszálak átmérői nagyobbak, mint a PES szálaké, ami, a fonalgártás szilárdsági szempontjait figyelembevéve, helyesek. Az átmérőből származtatott keresztmetszetek sűrűség-hisztogramjait a 12. ábra szemlélteti. Ennek helyességét az igazolja, hogy jó egyezést mutat az átmérőeloszlásokkal.

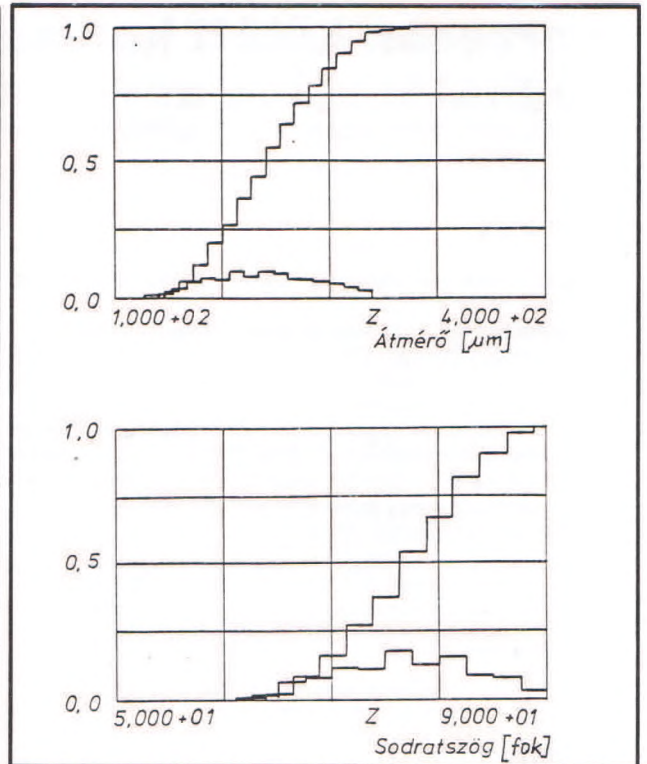
A fonál geometriai vizsgálata két részből áll. Egyrészt meghatároztuk a fonalátmérőt, másrészt a felületi sodratszöget. A két eredmény a mérés során egy mérési folyamatban egymással párhuzamosan képződött. A mérést 100 mintadarabon végeztük, darabonként 10 mérési pontban határoztuk meg az átmérő és sodratszög értékeket. Így az eredményeket 1000 adat felhasználásával nyertük.



11. ábra Poliészter és pamut szálakon mért átmérő értékek sűrűség-histogramjai és tapasztalati eloszlásfüggvényei



12. ábra Poliészter és pamut szálakon mért átmérőkből számított keresztmetszet értékek sűrűség-histogramjai (a) ábra). Az egyes pamutszálakon 10-10 mérésből kapott x ovális sűrűség- és eloszlás-histogramjai (b) ábra), illetve az 1/f reciprok formatényező és az ovális lineáris regressziós kapcsolata (c).



13. ábra 67% PES/33% pamut gyűrűsfonal lokális átmérő és sodratszög értékeinek sűrűség- és eloszlás-histogramjai

A fonal átmérő és sodratszög sűrűség- és eloszlás-histogramjait a 13. ábra mutatja. A histogramokból megállapítható, hogy a vizsgált fonal átmérője és sodratszöge normális eloszláshoz hasonló. A kisebb átmérőhöz nagyobb, a nagyobbhoz kisebb sodratszögek tartoznak.

Összefoglalás

A vizsgálat sorozatból megállapítható, hogy az elemiszál és fonalátmérő, valamint sodratszög mérésére kifejlesztett videomikroszkópos, grafikai bázison működő képfeldolgozó rendszer nagyon jól alkalmazható nagy tömegű, nagy pontosságú mérési sorozatok végrehajtására. Az általa szolgáltatott geometriai adatokból származtatott mennyiségek alkalmasak a mechanikai vizsgálatok szilárdsági jellemzőinek a meghatározására.

Irodalom

- [1] Gilhaus, K.-Lünnenschloss, I.: Characterization of cotton fibres by cross section, fineness and maturity grade. International Textile-Bulletin, World Edition Spinning 2/80.
- [2] Balog I.: Fonalak lokális geometriai és szilárdsági jellemzői közötti kapcsolat vizsgálata. BME Diplomatervező, Budapest, 1991.
- [3] Erőss C.-Miklósi Gy.-Nagyamáthé Zs.: Nagyszilárdságú szálakból készített újszerű kompozitszerkezet-hordozók vizsgálata. BME TDK Konferencia Budapest, 1992. Országos TDK Konferencia, Kecskemét, 1993.
- [4] Zure, W.-Zakrzewki, S.: The Strength of cotton fibres and the degree of development of the secondary wall. Journal of the Textile Institute. 1984. No. 5. (p 323-331)
- [5] L.M. Vas-G. Halász-M. Takács: Image processing system for measuring geometrical properties of fibres and yarns. International Textile Conference IMTEX'93 Lodz, 25-26. March 1993.
- [6] Vas L.M.-Halász G.: Textilszálak és fonalak lokális vizsgálata képfeldolgozással és a kötésszilárdság becslése. MTA Szál- és Rostfizikai Bizottság Vitaülése, Bp. 1992. december 8.
- [7] Álló G.-Főglein J.-Hegedűs Gy.Cs.-Szabó J.: Bevezetés a számítógépes képfeldolgozásba. Kézirat. BEM-MTI. Budapest, 1989.
- [8] Császi F.-Takács Á.-Vas L.M.: A szálbunda szerkezetének és szálorientációjának modellezése és kísérleti vizsgálata képfeldolgozó eljárással. Nemzetközi Nyersanyag Konferencia, Budapest, 1993.