

Nagy Veronika:

Porozitás kísérleti meghatározása és modellezése sodrott poliészter szálak szerkezetekben

Doktori értekezés

TÉZISEK

1. A vizsgált, nyújtott fonás-előkészítő technológiával és gyűrűsfonással készült poliészter, megegyező lineáris sűrűségű és anyagú font fonalak keresztmetszeteinek mikroszkópos képfeldolgozó rendszerrel végzett vizsgálataiból megállapítottam, hogy
 - 1.1 Az általam kidolgozott matematikai algoritmussal alátámasztott kiértékelési módszerrel, mely a képfeldolgozással meghatározott száلكeresztmetszeti adatokból indul ki, jól jellemezhető a fonalak sugártól függő száلكitöltése és pórusméretei.
 - 1.2 A vizsgált fonalkeresztmetszetekben a fonalmag kitöltési tényezője megközelítőleg 0,6 (60%).
 - 1.3 A vizsgált esetekben a nyújtott fonás-előkészítő technológiával és gyűrűsfonással készült poliészter font fonalmagban a négyzet-, ill. hexagonális rácsmoddellel kapható átlagos pórusméretek az 5,87 – 9,55 μm , illetve a 4,15 – 6,75 μm tartományban ingadoznak.
2. A vizsgált, nyújtott fonás-előkészítő technológiával és gyűrűsfonással készült poliészter, megegyező lineáris sűrűségű és anyagú font fonalakon végzett higanyos porozitásmérések alapján megállapítottam, hogy:
 - 2.1 A rövidszálak száلكrétegek Poisson típusú modellsjére és póruselosztlására, a hengerréteges fonalmoddell alkalmazásával kidolgozott pórusméret-elosztlás egyszerűsített formája jól alkalmazható a fonalon belüli, száلك közötti, illetve a fonalkötegen belül a fonalak közötti pórusok méretelosztlásának leírására ($r > 0$ feltétel mellett):

$$F(r) = 1 - \exp\left(-K \left[\left(\frac{r}{\eta}\right)^2 \pi + 2\frac{r}{\eta} \bar{l} \right]\right)$$

ahol K : 2 dimenziós száلكözéppont-sűrűség; r : a pórusugár; \bar{l} : átlagos száلكhossz és η : a módosított pórus korrekciós faktor.

2.2 Megállapítottam továbbá, hogy a mérés során a fonalak kötegeire kapott differenciális pórusméret-eloszlás 3 részre osztható, amely 3 csúcs megfeleltethető a következő pórusfogalmaknak: elemi szálon belüli, fonalon belüli (=elemi szálak közötti) és fonalak közötti (fonalkötegen belül). Az átlagos pórusméretek ezzel a módszerrel a következők: a fonalak közötti pórusok átlagos mérete 25 és 45 μm közötti, az elemiszálak közötti (fonalon belüli) 5-6,3 μm , míg az elemiszálon belüli átlagos pórusméret 0,11-0,77 μm volt.

2.3 A mért póruseloszlás jól közelíthető három, $V_\infty \frac{r^4}{r^3} f(r)$ típusú (ahol V_∞ az összes pórustérfogat), $f(r) = F'(r)$ sűrűségfüggvény (ahol F' az F eloszlásfüggvény deriváltja) súlyozott összegével. A mért póruseloszlás-keverék dekompozíciója alapján megállapítottam, hogy a fonalon belüli (elemiszálak közötti) pórusok dominálnak az eloszlásban, amelyek súlyfaktora a vizsgált fonalak esetén 57-70% volt. A súlyozást a különböző szálkeresztmetszet-alakok is jelentősen befolyásolják: A szálon belüli pórusok súlya üreges szálak esetében a legnagyobb mind között ($\alpha_3=0,3$), míg a többi esetben ez az érték a 0,1.

3 A vizsgált, nyújtott fonás-előkészítő technológiával és gyűrűsfonással készült poliészter, megegyező lineáris sűrűségű és anyagú font fonalakon a Krüss K12 készülékkel végzett kapilláris folyadékfelvétel-mérések alapján a következőket állapítottam meg:

3.1 A folyadékfelszívás Lukas-Washburn-féle egyenletének explicit megoldását az alábbi – általam kidolgozott $t \rightarrow 0$ és $t \rightarrow \infty$ aszimptotikus esetekben pontos – formula jól közelíti, és jól alkalmazható a mért folyadékfelszívási görbék leírására (a közelítés hibája a teljes értéktartományon belül 2,5% alatt maradt):

$$m(t) = m_\infty \left[1 - e^{-\left(\frac{2a}{m_\infty t}\right)^{\frac{1}{\sqrt{2}}}} \right]^{\frac{1}{\sqrt{2}}}$$

ahol $m(t)$ a felszívott folyadék tömege a fonalban az idő függvényében, m_∞ az egyensúlyi felszívott folyadékmennyiség ($t \rightarrow \infty$ esetben), és a a következőképpen

definiált: $a = \frac{r^2 \rho g}{8\eta}$ (ahol r az átlagos kapilláris sugara, g a nehézségi gyorsulás, ρ a folyadék felületi feszültsége, ρ a folyadék sűrűsége, η a folyadék viszkozitása és θ a nedvesítési szög a folyadék és a vizsgált anyag között).

3.2 A vizsgált poliészter fonalköteg szálai és fonalai között kialakuló pórusláncok jól leírhatóak az általam kidolgozott, véletlen átmérőjű kapillárisokból álló multikapilláris modellel, amelynek alapján az átlagos kapillárisugárra (\bar{r}) az alábbi formulát vezettem le:

$$\bar{r} \approx \left[\frac{K_m}{m_\infty} \frac{2\sqrt{2\eta\gamma \cos\theta}}{\rho g \left(1 + \frac{15}{8} V_r^2\right)} \right]^{2/3}$$

ahol K_m a kezdeti felszívási sebességi állandó, m_∞ a felszívott folyadék egyensúlyi tömege ($t \rightarrow \infty$ esetben), V_r a kapillárisugarak relatív szórása, γ a folyadék felületi feszültsége, θ a nedvesítési szög a folyadék és a vizsgált anyag között, míg g -t, ρ -t és η -t lásd a 4.1 pontban.

Vizsgálataim alapján megállapítottam, hogy a KRÜSS K12 készülékkel vizsgált poliészter fonalköteg szálai és fonalai között kialakuló pórusláncokban az átlagos kapillárisugár (\bar{r}) átlagosan 2 és 4,5 μm közé esett.

4 A vizsgált, nyújtott fonás-előkészítő technológiával és gyűrűsfonással készült poliészter, megegyező anyagú font fonalak gátolt hosszon szakadásig történő túlsodrása és CCD kamerás átmérőmérése során bebizonyítottam, hogy:

4.1 Az általam kidolgozott CCD kamerás mérési eljárások alkalmasak a vizsgált fonalak fonaltest és –köpeny rétegeit magába foglaló fonalrészecskék átmérőinek meghatározására különböző sodratállapotokban. Rámutattam, hogy a vizsgált 19 poliészter font fonal 3 eltérő kitöltöttségű részre osztható: 1. a tömör fonalmag, 2. a közepesen tömör fonalköpeny, amelyek együtt a fonaltestet alkotják és a 3. viszonylag laza héjréteg. A hozzáadott sodrat hatására a fonal tömörödik, és a szakadás előtt megszerű tömörséget mutat az egész fonaltest. Ezen mérés során a fonaltest kezdeti anyagkitöltése átlagosan 33%, míg a magé kezdeti állapotban 67%. A terhelés hatására a mag tömörödése a szakadásig csak mintegy 2%. Terheletlen állapotban a fonaltestben az átlagos ekvivalens pórusátmérő 30 μm , a magban pedig ennek kb. egynegyede (7,3 μm), amely a sodrat hatására a bekövetkező tömörödés terén szakadás előtt mintegy 10 %-kal csökken (6,6 μm).

Kimutattam, hogy a vizsgált fonalak esetén a szakadáskori magátmérő (a tömörödött testátmérő) az ideálisan tömör ekvivalens fonalátmérője 3-szoros szórásmezővel megadott konfidencia-intervallumába esett.

4.2 A hozzáadott sodrat (x) és az átmérő (D_c) összefüggése a következő exponenciális kifejezéssel közelíthető:

$$D_c \approx D_{c0} e^{-ax},$$

ahol D_{c0} a kezdeti fonalátmérő (értéke 132,12 μm és 301,56 μm között változik), míg a együttható értéke a mérések során 0,0016 és 0,0063 közé esik.

4.3 Megállapítottam, hogy a gátolt sodrással 500 mm-es befogásnál mért szakadási sodratértékek középértékei az 50 mm-es befogásnál mért értékek körül ingadoznak (a relatív négyzetes hiba 6,7%).

5 A különböző módszerekkel kapott eredmények összehasonlításakor méréseimmel igazoltam (ha a pórusugár vonatkozási értékének az általam alkalmazott közvetlen módszerrel kapott eredményeket tekintjük) a következőket:

5.1 Megállapítottam, hogy a higanyos porozitásmérési módszer kevésbé érzékeny a vizsgált fonalagnál száلكeresztmetszetei közötti különbségekre. Az általam kidolgozott módszerrel felbontott higanyos porozitásmérési eredmények a szakadásig sodrás módszerrel kapott fonaltesten belüli átlagos pórusugár értékeknél kissé nagyobbak, de az eltérés kisebb 28%-nál (1,5 μm -nél). Ugyanakkor ezek az értékek jól közelítik a közvetlen módszer esetén a hexagonális ráccsal számított eredményt.

5.2 Bizonyítottam, hogy a folyadékfelszívás módszerrel kapott görbe halad leginkább a két közvetlen módszerrel meghatározott görbe között, ami alátámasztja a $V_r=1$ relatív kapilláris szórás alkalmazását.

5.3 Igazoltam, hogy a szakadásig sodrás módszerrel fonalmagra kapott átlagos pórusugár értékei az összes többi módszerrel adódott eredménynél kisebbek.

5.4 A terheletlen fonalmag elemiszál sűrűsége 60%-ra adódott a közvetlen módszerrel, míg a szakadási sodrás eredményeként 67%, tehát az értékek hasonlóak, nem térnek el jelentősen.