

# Nova nestacionarna metoda merjenja prepustnosti preverjena na tkaninah

Anze Sitar\*

Fundacija Bruno Kessler, Italija

Merjenje prepustnosti materialov je pomembno na številnih področjih in nekatera od njih že imajo na voljo ustrezne merilne tehnike. Na področju liofiliziranih produktov, poroznih umetnih kosti, 3D tiskanih materialov itd. imajo proizvedeni lahko povsem edinstveno obliko, kar onemogoča uporabo standardizirane opreme. Iz tega razloga je bila razvita nova metoda za določanje prepustnosti materiala z analizo visokofrekvenčnega merjenja nestacionarnega tlaka med permeacijo delovne tekočine. Metoda je zaradi hitrosti zajema in analize tlačnega signala primerna tudi za meritve v realnem času.

Za fizikalno izhodišče smo na podlagi režima toka delovne tekočine uporabili Darcy-jev zakon, ki smo ga lahko poenostavili zaradi uporabe primerjalne analize izmerkov, saj se viskoznost zraka, površina tkanine in prostornina toka zraka ni spreminjala med različnimi meritvami. Primerjalna analiza merilnih rezultatov je omogočila enostavnejši preračun prepustnosti, ki ne zahteva poznavanja niti dodatnih termodinamičnih lastnosti delovne tekočine ali merjenega materiala niti podrobnega poznavanja fizikalnega ozadja toka tekočin. V primeru obravnavanih tkanin smo za primerjalni parameter določili integralni parameter  $dx/PT_{norm}$ , ki vključuje debelino tkanine  $dx$  in normalizirano vrednost produkta tlaka in časa  $PT_{norm}$ . Primerjalni parameter izhaja iz izmerjenega tlačnega signala in bi lahko bil sestavljen iz naklona, najvišje vrednosti, odvodov, integrala ali kombinacije naštetega, če bi se drug primerjalni parameter v konkretnem primeru izkazal z boljšim determinacijskim koeficientom.

Razvita metoda je nova, zato so bili pridobljeni merilni rezultati primerjani z izmerki standardne naprave za merjenje zračne prepustnosti tkanin. Tako pri novi nestacionarni metodi merjenja prepustnosti kot tudi pri standardizirani stacionarni metodi smo uporabljali zrak kot delovno tekočino, ki prehaja skozi tkanine. Izmerjene prepustnosti so znašale med 8 Da in 50 Da za vseh pet obravnavanih tkanin. Primerjalna analiza linearnega regresijskega modela je podala zelo spodbudne rezultate, saj je imela determinacijski koeficient  $R^2 = 0.98$  z uporabo le enega izmerka vsake izmed petih tkanin, ki je bil pridobljen z novo nestacionarno metodo.

Poleg merjenja prepustnosti tkanin je bila nova metoda preizkušena tudi na liofiliziranih produktih v steklenih vialah, kar je najpogostejši način uporabe procesa zmrzovalnega sušenja farmacevtskih proizvodov. Potrdili smo možnost uporabe razvite nestacionarne metode za merjenje prepustnosti liofiliziranih farmacevtskih produktov, saj smo lahko zaznavali razlike v prepustnosti liofilizirane 5 wt% in 12 wt% vodne raztopine manitola, ki imata različne prepustnosti zaradi različnih poroznosti, le-ta pa je odvisna od začetne količine manitola v raztopini. Določitev prehodnosti liofiliziranih farmacevtskih produktov je ključnega pomena za optimizacijo procesa zmrzovalnega sušenja. Razvita metoda je po mojem vedenju prva, ki lahko prepustnost tovrstnih farmacevtskih produktov izmeri neposredno.

**Ključne besede:** nova merilna metoda, permeabilnost, prepustnost, nestacionarna metoda merjenja, tkanine, liofilizirani proizvodi