

Analogna eksperimentalna študija tvorbe vlaken na dvokolesni centrifugi

Benjamin Bizjan – Brane Širok – Marko Blagojevič
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Članek predstavlja študijo razvlaknjenja na dvokolesni centrifugi, ki je bila zasnovana kot pomanjšana industrijska centrifuga, pri kateri smo namesto mineralne taline uporabili nizkotemperaturno sladkorno talino (izomalt pri 195 °C). Namen študije je bil preučiti pojave, povezane z nastankom vlaken in transportom le-teh s filma taline na kolesih centrifuge na mrežo zbiralne komore, ter s tem povezane karakteristike vlaknastega toka. Z uporabo nizkotemperaturne taline smo se želeli izogniti tehnološkim in varnostnim omejitvam, ki jih prinaša delo z visokotemperaturno mineralno talino. Ker je bila pri tem dosežena dobra dinamična podobnost z visokotemperaturnim industrijskim procesom razvlaknjenja, je mogoče rezultate modelne študije aplicirati na tudi na realni industrijski proces.

Eksperimenti so bili izvedeni pri različnem naboru spreminjanih obratovalnih pogojev: vrtilna frekvenca koles (od 40 Hz do 100 Hz), volumski pretok taline (od 18 mL/s do 25 mL/s) in položaj natoka taline na kolo (od 15° do 60°). Volumski pretok zraka za odpih in odsesa sta bila tekom meritev konstantna in v medsebojnem razmerju 1:14. V vsaki obratovalni točki smo večfazni vlaknast tok posneli s pomočjo hitre kamere, iz visokohitrostnih posnetkov pa nato določali lastnosti toka in vlaken. Posnetki kažejo na izrazito kompleksnost strukture in dinamike vlaknastih struktur, saj se vlakna ob interakciji s turbulentnim tokom odpiha oblikujejo v tridimenzionalne medsebojno prepletene strukture v obliki kosmov, niti in tančic, medtem ko se kvazi-periodično trgajo s filma taline s frekvenco, višjo od vrtenja kolesa.

Kljub kompleksnosti vlaknastega toka smo pri kvantitativni analizi pojavov opazili jasno izražene trende spreminjanja lastnosti vlaknastega toka. Dolžina vlaken se pri naraščanju razmerja obodne hitrosti filma taline glede na aksialno hitrost toka odpiha povečuje, večji pa postaja tudi raztros dolžine vlaken. Poleg tega se z obodno hitrostjo filma zmanjšuje velikost nerazvlaknjenih perl, kljub temu pa tok odpiha lažje prebijejo zaradi večje radialne hitrosti. Podoben učinek ima obodna hitrost kolesa tudi na vlakna, saj se kot njihovega širjenja v odpihu s hitrostjo kolesa povečuje, medtem ko pri nizkih hitrostih glede na hitrost odpiha lahko pride do recirkulacije toka za kolesi.

Z oddaljevanjem od koles centrifuge se velikost in kompleksnost vlaknastih struktur povečuje, dokler se ne usedejo na mrežo zbiralne komore. Trend naraščanja debeline plasti je linearen, vendar prihaja do periodičnih oscilacij. V zvezi z usedanjem vlaken smo definirali tudi izkoristek razvlaknjenja kot razmerje med maso na mreži zbranih vlaken in maso dobavljene taline. Izkazalo se je, da je izkoristek močno odvisen od vrtilne frekvence kolesa, volumskega pretoka in položaja natoka taline. Optimalni izkoristek v modelni študiji je dosežen pri kotu natoka 30°, Webrovemu številu filma taline okrog 10^6 in ko je obodna hitrost kolesa približno enaka aksialni hitrosti toka odpiha.

Z vidika metodologije in rezultatov članek predstavlja znaten napredek pri raziskavah razvlaknjenja mineralne volne, saj so se do zdaj uporabljali manj natančni eksperimentalni modeli na osnovi opazovanja industrijskega procesa na večjih velikostnih skalah, in pa poenostavljeni numerični modeli z enim vlaknom, ki ne upoštevajo niti strjevanja vlaken niti njihove medsebojne interakcije. V članku predstavljena metodologija pa omogoča sočasno spremljanje snovnih in transportnih pojavov, ki se odvijajo na zelo različnih velikostnih skalah. V nadaljnjih študijah je smiselno podrobneje raziskati še vpliv hitrosti odpihne in odsesnega toka ter tlačne razlike preko plasti vlaken na zbiralni mreži.

Ključne besede: centrifuge, razvlaknjenje, mineralna volna, večfazni tok, primarna plast, hitre kamere