

Nastanek primarne plasti mineralne volne v usedalni komori

Benjamin Bizjan* – Marko Peternelj – Branko Širok
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

V proizvodnem procesu mineralne (steklene, kamene) volne je faza tvorbe primarne plasti vlaken izrednega pomena za lastnosti in kakovost končnih proizvodov. Preučevani pojav zajema pnevmatski transport vlaken od koles centrifuge, kjer se je mineralna talina razvlaknila, do rešetke usedalne komore, kjer se kosmi vlaken združujejo v primarno plast mineralne volne. Pojav je zelo kompleksen, saj gre za dvofazni tok zrak-vlakna, za katerega so značilne zapletene prostorske strukture medsebojno prepleteneh vlaken, ki so v interakciji s turbulentnim tokom odpiha. Zaradi kompleksnosti procesa in težavnih pogojev za opazovanje je ravno tvorba primarne plasti najslabše raziskan sklop v proizvodni verigi mineralne volne.

Naš namen je bila študija mehanizma tvorbe primarne plasti na modelni centrifugi, s katero bi lahko obratovalne parametre naprave spreminjali lažje in v širšem obsegu kot v industrijskem okolju. Poleg tega smo želeli tudi izboljšati vizualizacijsko merilno metodo za določanje lastnosti primarne plasti. Večina dosedanjih študij je neposredno z optično intenziteto slike okarakterizirala lastnosti primarne plasti. Našo eksperimentalno postajo pa smo zasnovali na način, da je bilo iz posnetih slik mogoče določiti površinsko in volumetrično gostoto plasti. Ti dve veličini sta fizikalno bolj pomenljivi kot sama optična intenziteta slik, kar omogoča lažjo primerjavo rezultatov z realnim industrijskim procesom.

Eksperimentalno študijo smo izvedli na centrifugi z votlim perforiranim rotorjem, v katerem se je s pomočjo grelnika talil kristalni sladkor – saharoza in tvoril množico vlaken, ki jih je koaksialni tok odpiha odnašal v navpično cev. Na vrhu cevi je bil nameščen aksialni ventilator odsesa, ki je v cevi ustvarjal podtlak, pred ventilatorjem pa je bila mreža krožne oblike, na kateri se je nabirala primarna plast vlaken. Po vsakem eksperimentu smo plast od zgoraj presvetlili z difuzno svetlobo, z nasprotne strani pa posneli fotografijo plasti. Na podlagi ugotovljene stopnje absorpcije svetlobe pred in po nastanku plasti smo izračunali polje debeline plasti in nato polje površinske gostote plasti z enoto $[\text{kg}/\text{m}^2]$. Kot integralni procesni veličini smo izračunali normirano standardno deviacijo optične intenzitete, in na podlagi tehtanja vzorcev primarne plasti, še volumetrično gostoto z enoto $[\text{kg}/\text{m}^3]$. Skupno je bilo izvedenih 26 eksperimentov pri različnih naborih obratovalnih parametrov: vrtilne hitrosti rotorja centrifuge in ventilatorja odsesa, tlaka na koaksialnih šobah odpiha in časa nabiranja vlaken na mreži.

Rezultati kažejo na značilen vpliv vseh spreminjanih obratovalnih parametrov. Na volumetrično gostoto primarne plasti v največji meri vpliva čas oziroma masa nabranih vlaken, saj večja masa vlaken pomeni večji pretočni upor na mreži, kar povzroči stiskanje plasti. Po drugi strani pa večja masa vlaken privede do prostorsko bolj enakomerne strukture, ki se odraža z nižjo normirano standardno deviacijo optične intenzitete. Tako slednja kot tudi povprečna gostota plasti se znatno znižata tudi pri zvišanju vrtilne hitrosti rotorja, ker se zaradi povečanja centrifugalne sile vlakna razporedijo po večjem območju na mreži, to pa je za lastnosti primarne plasti ugodno. Glede toka odpiha in odsesa pa lahko trdimo, da oba povzročita povečanje gostote primarne plasti, medtem ko je vpliv na enakomernost razporeditve le-te bolj zapleten. Za doseg optimalne kakovosti primarne plasti morata biti prisotni obe tokovni komponenti, a v pravilnem razmerju. Obe komponenti izboljšujeta centričnost in radialno simetričnost primarne plasti, vendar pri prekomernem toku odsesa prihaja do pretirane zbitosti (povečanja gostote) plasti, pri prevelikih pretokih in tlakih odpiha pa do zmanjševanja dolžine vlaken zaradi trganja, kar neugodno vpliva na lastnosti končnih izdelkov. Verodostojnost rezultatov potrjujejo regresijski modeli z relativno visokim koeficientom determinacije (R^2).

Predstavljena študija pomeni precejšen napredek glede na dosedanje raziskave na tem področju, saj uporabljena vizualizacijska metoda omogoča boljšo karakterizacijo mehanizma tvorbe primarne plasti. Možnosti nadaljnjih raziskav v načrtani smeri vidimo predvsem v približevanju modela industrijskim pogojem, torej v uporabi pomičnega usedalnega traku namesto fiksne mreže in pa vpeljavi tangencialne komponente odpiha, ki bo omogočila bolj fino regulacijo procesa.

Ključne besede: mineralna volna, vlakna, primarna plast, centrifuga, zbiralna komora, pnevmatski transport