

Validacija numerične metode na primeru optimizacije pečniškega prostora z uporabo numeričnih izračunov in eksperimentalnih preizkusov

Uroš Kokolj^{1,*} – Leopold Škerget² – Jure Ravnik²

¹ Gorenje, d.d., Razvojno kompetenčni center kuhalni aparati – Velenje, Slovenija

² Univerza v Maribor, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Optimizacija izdelkov in tehnologij je in bo v naslednjih letih ena od glavnih aktivnosti proizvajalcev različnih izdelkov. Ker so klasični postopki optimizacije izdelkov z eksperimentalnimi meritvami časovno in stroškovno zelo potratni, prihajajo v ospredje napredna inženirska orodja, kot so numerični izračuni. V obravnavanem primeru se je za potrebe izboljšave funkcionalnih lastnosti pečenja uporabil že predhodno razvit 3D časovno odvisen numerični model, ki omogoča napovedovanje stopnje porjavelosti piškotov.

Izvedla se je validacija numeričnega modela na primeru optimizacije pečenja pečice, kjer je bil cilj izboljšati enakomernost pečenja. Obstoječi numerični model, ki temelji na računalniški dinamiki tekočin, se je nadgradil s temperaturno odvisnimi lastnostmi zraka in piškotov. S pomočjo numeričnih izračunov se je preverilo šest različnih izvedb pokrova ventilatorja.

Numerični izračuni so se izvedli s pomočjo računalniškega programa ANSYS CFX. Za pokrov ventilatorja, ki je na podlagi numeričnih izračunih pokazal najboljše rezultate, se je izvedla preverba s pomočjo eksperimentalnih preizkusov peke piškotov. Eksperimentalni preizkusi so se izvedli na obstoječem in na izboljšanem pokrovu ventilatorja po standardu EN 60350-1.

Pri iskanju najboljše izvedbe pokrova ventilatorja smo upoštevali dva kriterija. Prvi kriterij se navezuje na največjo razliko v stopnji porjavelosti piškotov, ki je predstavljena kot vrednost $R_{y\max} - R_{y\min}$. To je tudi kriterij, ki bi ga uporabnik izpostavil kot preveliko razliko v zapečenosti, saj se pojavljajo lokalni minimumi in maksimumi. Drugi kriterij je bila ocena enakomerne porjavelosti po celotnem nivoju, ki je predstavljena s standardnim odklonom polja σ , stopnje porjavelosti R_y . Glede na rezultate numeričnih izračunov in glede na navedena kriterija za ocenjevanje in izbiro najboljšega pokrova ventilatorja smo prišli do zaključka, da najboljše rezultate po obeh kriterijih da pokrov izvedbe b). Poleg najnižje razlike v stopnji porjavelosti 13,46 % ima tudi najmanjši standardni odklon polja porjavelosti 2,99. Po izvedenih numeričnih izračunih različnih pokrovov ventilatorja smo izvedli funkcionalni preizkus pečenja piškotov z izvedbo korigiranega pokrova ventilatorja b). Na podlagi eksperimentalnih rezultatov lahko zaključimo, da poda izboljšana izvedba pokrova ventilatorja b), ki je bila pridobljena s pomočjo numeričnih izračunov, boljše rezultate funkcionalnosti pečniškega prostora kot osnovna oblika pokrova ventilatorja a). Izboljšana izvedba pokrova ventilatorja b) je tako zmanjšala razliko med največjo in najmanjšo stopnjo porjavelosti $R_{y\max} - R_{y\min}$ za 25,9 % in izboljšala enakomernost porjavelosti σ za 22,7 %.

Tako numerični kot eksperimentalni rezultati so pokazali, da izboljšan pokrov ventilatorja zagotovi boljše rezultate enakomernosti pečenja. Iz ugotovitev lahko zaključimo, da so numerični izračuni zelo dobro napovedali izboljšavo pokrova ventilatorja, ki smo jo preverili z eksperimentalnimi meritvami, s čimer smo potrdili uporabo numeričnega modela za napovedovanje stopnje porjavelosti za aplikativno uporabo na pečniških prostorih. Uporaba numeričnega modela bo v praksi pomenila velik časovni in finančni prihranek v primerjavi s klasičnimi razvojnimi postopki priprave prototipov in izvajanja različnih eksperimentalnih meritve. Uporaba numeričnega modela za napovedovanje stopnje porjavelosti se bo tako lahko uporabila pri razvoju novih pečniških prostorov in novih generacij izdelkov.

Ključne besede: računalniška dinamika tekočin, pečenje, pečica, prenos toplote, piškoti, optimizacija