

Razvoj peči nove generacije s pomočjo CFD-simulacije

Zlatko Rek^{1,*} – Mitja Rudolf² – Iztok Zun¹

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za dinamiko fluidov in termodinamiko LFDT, Slovenija

² Razvoj kuhalnih aparatov, Gorenje d.d., Slovenija

V prispevku je prikazana uporaba računalniške dinamike tekočin (CFD) pri razvoju peči nove generacije.

Različne zahteve narekujejo čedalje hitrejši razvoj novih izdelkov, kar velja tudi za peči. Prenos toplote v peči poteka s prevodom, konvekcijo in sevanjem. Pri razvoju nove peči smo skušali zagotoviti optimalne razmere za vse tri načine ogrevanja. CFD-simulacije skupaj z eksperimentom omogočajo znatno skrajšanje časa od idejnega osnutka preko prototipa do končnega izdelka. Numerična simulacija je potekala v več korakih. Rešitev transportnih enačb je omogočala analizo tlačnega, hitrostnega in temperaturnega polja. Sledila je validacija modela, kjer smo preverili ujemanje rezultatov izračuna z meritvami na prototipu. Po validaciji smo iskali optimalno porazdelitev temperature v prostoru peči s spremembo geometrije (oblika grelcev, oblika pokrova ventilatorja) in robnih pogojev (temperatura grelcev, pretok na ventilatorskem sistemu).

Temperaturno porazdelitev in gibanje zraka v peči določajo ohranitveni zakoni. Reševali smo sistem parcialnih diferencialnih enačb za ohranitev mase, gibalne količine, energije in intenzitete sevanja. Narejenih je bilo več geometrijskih modelov peči, ki so bili diskretizirani z mrežo kontrolnih volumnov. Da bi se z numerično simulacijo kar se da približali realnim razmeram, smo robne pogoje za temperaturo na zunanjih stenah peči in za hitrost na režah pokrova ventilatorja določili z meritvami na prototipu. Ventilatorja zaradi kompleksnosti nismo modelirali. Nadomestili smo ga s predpisanim padcem tlaka, ki je sorazmeren dinamičnemu tlaku tekočine. Za reševanje enačb smo uporabili CFD-paket ANSYS Fluent. Optimalne pogoje peke smo skušali doseči s spremembo oblike prostora peči in spreminjanjem robnih pogojev. Tako smo pri geometriji spremenili naklon zadnje stene in povečali širino vstopnih rež. Vstopne reže na pokrovu ventilatorja smo razdelili na šestnajst segmentov. Z zaprtjem oz. odprtjem določenih segmentov pa smo spreminjali robne pogoje (11 različnih kombinacij).

Validacija numeričnega modela je bila narejena za konvencionalni sistem ogrevanja. Vrednosti maksimalnih temperatur so se v srednjem delu peči zelo dobro ujemale z izmerjenimi. Nekoliko večje odstopanje temperatur je bilo v sprednjem in zadnjem delu, kar je najbrž posledica nenatančnega predpisa robnega pogoja za steklena vrata. Sprememba oblike geometrije zelo vpliva na hitrostno polje. Pri izhodiščni geometriji je vstopna hitrost velika. Ravna stena usmeri vroč zrak pravokotno na stranice, zato se pojavi recirkulacija vročega zraka v vogalih, zaradi bližine ventilatorja pa tudi hitro odsesavanje iz prostora. V sprednjem delu nastane hladnejše območje počasnega zraka. Takšne razmere pomenijo slabše pogoje pečenja. S spremembo naklona zadnje stene in povečanjem širine vstopne reže se hitrost na vstopu zmanjša, po zaslugi usmerjanja pa je zagotovljeno gibanje vročega zraka po celotnem prostoru. Pri izhodiščnem stanju, kjer so vsi segmenti rež odprti, se pojavi vrtnec v zgornjem delu. Tok toplega zraka se zato usmeri navzdol na sredino pekača, od koder ga ventilator poseva iz prostora. Temperaturno polje v okolici pečiva je neenakomerno, kar pomeni slabše pečenje na sprednjem delu. Temperatura zraka je v precejšnjem delu prostora višja od želene. Pri izboljšani različici vrtnca ni. Temperatura zraka je zato ob pečivu konstantna, kar pomeni enakomerno pečenje po vsej površini. Tudi temperatura zraka v celotnem prostoru je le za nekaj stopinj višja od želene.

Obvladovanje hitrostnega polja krožečega vročega zraka v peči se je izkazalo kot odločilni dejavnik vpliva na kakovost pečenja. Napovedi numeričnih simulacij potrjujejo pozitivni rezultati izvedene validacije oz. funkcionalnega preizkušanja ustrezno izdelanih prototipov peči Simplicity v Elektrotermičnem laboratoriju KA. Najpomembnejše je dejstvo, da so dobri vmesni rezultati računalniških simulacij razvojno-raziskovalni skupini Gorenja že v zgodnji fazi preizkušanj omogočili hitrejšo in natančnejšo optimizacijo temperaturnega polja v peči.

Ključne besede: peča, tok tekočine, prenos toplote, prevod, konvekcija, sevanje, CFD-simulacija