

## Numerična analiza lastnosti toka fluida in prenosa toplote v pravokotnih mikrokanalih za nanofluid ZnO-etilenglikol

Cuneyt Uysal\* – Kamil Arslan – Huseyin Kurt  
Univerza Karabuk, Oddelek za strojništvo, Turčija

Članek predstavlja numerično preiskavo lastnosti toka fluida in prenosa toplote v pravokotnih mikrokanalih z različnimi razmerji stranic ( $\alpha = 1$  to  $2$ ) za nanofluid ZnO-etilenglikol (EG). Uporabljeni so bili različni volumski deleži nanodelcev ( $\varphi = 1\%$  to  $4\%$ ) v nanofluidu ZnO-EG. Tok je obravnavan kot enofazen, trirazsežnosten, stacionaren, nestisljiv, toplotno razvijajoči se laminarni tok.

Uporabnost nanofluida ZnO-EG kot medija za prenos toplote pri hlajenju elektronskih naprav in vpliv geometrijske konfiguracije kanala sta bila preiskana z numerično analizo. Sistem je oblikovan kot mikrokanal, pritrjen na vročo površino za odvajanje toplote, ki nastaja v poljubni elektronski napravi (npr. v računalniških čipih). Toploti, ki jo ustvarja elektronska naprava, je tako izpostavljena spodnja stena mikrokanala.

Za numerične izračune je bila uporabljena metoda končnih volumnov. Vodilne enačbe so razrešene skupaj z robnimi pogoji. Konvektivni členi v vodilnih enačbah so diskretizirani z gorvodno shemo drugega reda, za diskretizacijo tlaka pa je bila uporabljena standardna shema. Za razrešitev sklopitve hitrosti in tlaka je bil uporabljen algoritem SIMPLE. Momentne in energijske enačbe so bile diskretizirane po Green-Gaussovi celični metodi. Pri izračunih niso bile opažene nikakršne težave s konvergenco. Točnost kode je bila validirana s primerjavo rezultatov predstavljene študije in podatkov iz literature, ki bazirajo na eksperimentalnih podatkih za pravokotne mikrokanale v toplotno razvijajočem se laminarnem toku v razmerah konstantnega toplotnega toka. Rezultati se dobro ujemajo s podatki iz literature.

Izkazalo se je, da je pri odvajanju toplote s konvektivnim prenosom najučinkovitejši mikrokanal z razmerjem stranic  $\alpha = 1$ . Ugotovljeno je bilo tudi to, da se z dodatkom nanodelcev ZnO v čisti EG zmanjša temperaturna razlika med steno in maso nanofluida. S povečevanjem volumskega deleža nanodelcev v nanofluidu ZnO-EG se zato povečuje koeficient konvektivnega prenosa toplote, Nusseltovo število pa nasprotno s povečevanjem volumskega deleža nanodelcev v nanofluidu ZnO-EG pada. Vzrok za zmanjšanje Nusseltovega števila leži v večjem porastu koeficienta prenosa toplote s prevajanjem v primerjavi s porastom koeficienta konvektivnega prenosa toplote, ko se v čisti EG dodajajo nanodelci ZnO.

Pri dani potrebni črpalni moči je bila največja vrednost toplotnega upora dosežena pri  $\alpha = 2$ , najmanjša pa pri  $\alpha = 1$ . Toplotni upor se zmanjšuje z rastjo volumskega deleža nanodelcev v nanofluidu ZnO-EG. Najmanjše vrednosti toplotnega upora pri dani potrebni črpalni moči so bile izračunane pri  $4\%$  deležu ZnO v nanofluidu.

Iz rezultatov sledi sklep, da je mogoče z geometrijsko konfiguracijo mikrokanala zelo učinkovito vplivati na lastnosti toka fluida in prenosa toplote. Hidrodinamično in toplotno zmogljivost mikrokanalov je tako mogoče izboljšati le z geometrijsko konfiguracijo sistema. Mikrokanali z vrednostjo  $\alpha = 1$  dajejo boljše rezultate tako glede toka fluida kot glede prenosa toplote. Z uporabo nanofluida ZnO-EG se je izboljšal konvektivni prenos toplote, obenem pa se je tudi povečal tlačni padec. V tem primeru nam vrednost toplotnega upora pri dani črpalni moči omogoča vpogled v prednosti in slabosti uporabe nanofluida. Nanofluid ZnO-EG je v prednosti pred čistim EG zaradi nižje vrednosti toplotnega upora pri dani črpalni moči.

**Ključne besede:** pravokoten mikrokanal, nanofluid ZnO-EG, razmerje stranic, konvektivni prenos toplote, tlačni padec, toplotni upor, črpalna moč