

Analiza mikrokonvekcije v toku MHD-nanofluida po metodi LBM

Kozhikkatil Sunil Arjun* - Rakesh Kumar

Oddelek za strojništvo, Indijski inštitut za tehnologijo (ISM), Dhanbad, Indija

V obstoječi literaturi ni mogoče najti podrobnejše obravnave prenosa toplote s konvekcijo in vpliva temperaturnega skoka za drseči tok nanofluida v mikroceveh. V tem članku je predstavljena študija vpliva temperaturnega skoka in hitrosti na površini pri različnih volumskih deležih trdne snovi za nanofluid v režimu drsečega toka, opravljena po metodi LBM.

Nanofluid Al_2O_3 -voda je bil simuliran v paketu MATLAB po metodi Boltzmann-Bhatnagar-Gross-Krook za določitev vpliva Reynoldsovega, Rayleighovega in Hartmannovega števila, drsnega koeficienta, volumskega deleža nanodelcev in aksialne razdalje na prisilni prenos toplote s konvekcijo. Preučeno je bilo vedenje nanofluida v razponu Reynoldsovega števila $200 \leq Re \leq 4000$, Rayleighovega števila $10^3 \leq Ra \leq 10^6$, jakosti magnetnega polja $0 \leq Ha \leq 90$, volumske koncentracije nanodelcev $0 \leq \varphi \leq 2\%$ in drsnega koeficienta $0,005 \leq B \leq 0,02$.

V članku je predstavljena študija vpliva magnetnega polja na vsiljeni laminarni in turbulentni prenos toplote s konvekcijo v mikrocevi, napoljnjeni z nanofluidom Al_2O_3 -voda. Simulacija je bila opravljena po metodi LBM-BGK v paketu MATLAB. Preučen je vpliv Re , Ra , volumskega deleža nanodelcev, Ha , drsnega koeficienta in aksialne razdalje na lastnosti toka in prenosa toplote. Hidrodinamični in toplotni parametri toka fluida so ocenjeni s funkcijo porazdelitve gostote vztrajnostnega momenta (f) in gostote notranje energije (g). Raziskan je vpliv Re v razponu od 200 do 4000 in Ra v razponu od 10^3 do 10^6 pri vrednostih Ha od 0 do 90. Preučen je tudi vpliv volumskega deleža nanodelcev ($\varphi = 0\%$ do 2%) na prisilno konvekcijo. Raziskani so hitrost na površini, temperaturni skok in njun vpliv pri različnih vrednostih drsnega koeficienta $B = 0,005$ do $0,02$ v aksialni smeri od četrtine do konca kanala.

Iz rezultatov je mogoče sklepati, da se s povečevanjem Reynoldsovega števila in volumskega deleža nanodelcev izboljšuje prenos toplote v 2D-mikroceveh pri robnih pogojih laminarnega toka, turbulentnega toka, drsečega toka in temperaturnega skoka. Z zmanjševanjem vrednosti drsnega koeficienta se zmanjšuje vpliv temperaturnega skoka in povečuje vpliv Nusseltovega števila. Obstajata kritični vrednosti za Rayleighovo število (10^5) in jakost magnetnega polja ($Ha = 10$), pri katerih je najbolj izražen vpliv volumskega deleža trdnih delcev in drsnega koeficienta. Povečanje tlačnega padca je podobno kot pri Nusseltovem številu. Ker so nanofluidi uporabnejši pri majhnih Reynoldsovih številih, je vpliv volumskega deleža močnejši kot vpliv drsnega koeficienta, čeprav so ti vplivi pravzaprav marginalni.

Delovni mediji za praktično tehnično uporabo so običajno podvrženi faznim spremembam, zato bo eno od prihodnjih raziskovalnih področij v okviru tega projekta tudi toplotna analiza pulzirajočega multifaznega toka. Opraviti bo mogoče tudi termohidrodinamično analizo za pulzirajoče turbulentne tokove z zelo velikim Reynoldsovim številom in za tokove z majhnim Reynoldsovim številom. Stena cevi je lahko v praksi na konstantni temperaturi, ali pa je ogrevana le delno. V prihodnje bodo zato obravnavane tudi te posebne okoliščine, predstavljeno delo pa bo motivacija in kašipot za nadaljnje delo.

Predlagan je nov in učinkovit način prenosa toplote s prisilno konvekcijo za nanofluid aluminij-voda v mikrocevi ob upoštevanju robnih pogojev laminarnega toka, turbulentnega toka, drsečega toka in temperaturnega skoka. Vpliv migracije nanodelcev, vrednosti Ra , volumskega deleža nanodelcev, vrednosti Ha in jakosti zunanega magnetnega polja na toplotne lastnosti sistema je bil preučen po metodi LBM s paketom MATLAB. Vpliv volumskega deleža trdne snovi in drsnega koeficienta je največji pri kritičnih vrednostih Ha in Ra . Prenos toplote je izboljšán pri nanofluidu z volumskim deležem trdne snovi 2% ter pri majhnih vrednostih Re in drsnega koeficienta.

Ključne besede: magnetohidrodinamika, Nusseltovo število, mrežna Boltzmannova metoda, mikrocev, drsni koeficient, mikrokonvekcija, nanofluid