

Fraktalna geometrija reber za učinkovit hladilnik

Matjaž Ramšak

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Fraktalna geometrija se v naravi srečuje v več oblikah in za različne namene. Omenimo tok krvi v razvejanem žilnem tokokrogu od glavnih žil do kapilar. V tehniškem žargonu je namen prekrvavitve tkiv prenos mase in tudi prenos toplote. Znano je, da mnogo evolucijskih rešitev prekaša današnje inženirske na mnogih področjih. Če to velja tudi za prenosnike toplote, bi morala obstajati fraktalna geometrija hladilnih reber, ki bi bila učinkovitejša od preprostih ravnih reber, ki so danes najpogosteje uporabljena za hlajenje naprav, kot pravi priljubljen slogan: obstaja prostor za izboljšave.

“Kako dolga je obala Britanije?” je vprašanje, ki ga je zastavil pionir fraktalne matematike Mandelbrot. Z uporabo vedno krajšega merila se dolžina obale povečuje v neskončnost. Če to logiko uporabimo za fraktalno oblikovana hladilna rebra, dobimo neskončno hladilno površino (A) in ob nič različni prestopnosti toplote (h) bi morali dobiti neskončno toplotno moč (\dot{Q}), ki je produkt obeh $\dot{Q} = h A \Delta T$, pri čemer je ΔT konstantna temperaturna razlika. Cilj prispevka je preveriti omenjeno idejo z uporabo Richardsonove ekstrapolacije rezultatov numeričnih simulacij prestopa toplote iz zaporedja Kochovih snežink na tekočino pri variaciji dolžine osnovnega fraktalnega elementa od 1 do 0.

Za simulacijo prenosa toplote smo uporabili lasten program za Računalniško dinamiko tekočin na osnovi Metode robnih elementov (BEM). Katedra za energetiko in procesno strojništvo na Fakulteti za strojništvo ima že 40 letno tradicijo razvoja BEM za prenosne pojave v trdninah in tekočinah. V tem prispevku uporabljamo BEM z mešanimi elementi in s tehniko podobmočij v limitnem režimu, kjer je vsako podobmočje sestavljajo 3 robni elementi za trikotno podobmočje in 4 za štirikotno. Na tak način se izognemo polni nesimetrični matriki, ki je glavna hiba BEM in dobimo prazno matriko kot pri metodi končnih elementov. Razviti programom smo uspešno validirali in objavili revizijo Benchmark primera vezanega prenosa toplote v trdnini in tekočini.

Ideja o neskončni toplotni moči fraktalnih hladilnih reber je seveda naivna, kar je potrdil tudi pričujoči numerični eksperiment. Za neskončno velikost fraktalne površine ($A \rightarrow \infty$) smo izračunali vrednost toplotne prestopnosti enako nič ($h \rightarrow 0$). Limita toplotne moči, ki je produkt velikosti površine in toplotne prestopnosti, je končna vrednost ($\dot{Q} = \text{konstanta}$). Slednje je splošno znano dejstvo. Dejstvo je tudi, da je vsaka površina hrapava najsi je fraktalne ali kakšne druge oblike in da je prestop toplote iz trdne stene na tekočino pravzaprav difuzija toplote.

Zamišljeni fraktalni hladilnik v obliki Kochove snežinke ni konkurenčen ravnim hladilnim rebrom. Nadaljnje raziskave v tej smeri nimajo pravega smisla.

Ključne besede: fraktalno hladilno telo, LED in CPU hlajenje, konjugirani prenos toplote, laminarni tok, metoda robnih elementov, Kochova snežinka