

# Kompenzacija periodične optične distorzije pri metodi sledenja delcev na valovitih ploščnih prenosnikih toplote

Jaka Pribošek<sup>1,\*</sup> – Miha Bobič<sup>2</sup> – Iztok Golobič<sup>1</sup> – Janez Diaci<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

<sup>2</sup> Danfoss Trata, Slovenija

Optimizacija valovitih ploščnih prenosnikov toplote je bila dotlej omejena na numerične CFD simulacije, pri čemer pa spričo zaprte konstrukcije tovrstnih prenosnikov, eksperimentalna validacija teh simulacij ostaja nenaslovljena. Ker so tokovni pojavi v valovitih prenosnikih navadno kompleksne narave, je za uspešno validacijo nujna kvantitativno spremljanje celotnega tokovnega polja znotraj prenosnikov.

V ta namen smo na valovitih ploščnih prenosnikih toplote vpeljali metodo sledenja delcev. Za neposredno vizualizacijo toka v prenosniku je bil izdelan lasten eksperimentalni sistem, kjer je bila ena od kovinskih plošč ploščnega prenosnika zamenjana s prozorno polimerno ploščo.

Prozorna plošča je bila izdelana po postopkih vročega vtiskovanja in sicer tako, da njena geometrija popolnoma ustreza nadomeščeni kovinski plošči. Tak kompozitni sestav omogoča prosto vizualizacijo tokov znotraj prenosnika, vendar valovitost prozorne plošče in razlike v lomnem količniku vnesejo pojav kompleksne periodične optične distorzije. Optična distorzija močno popači trajektorije sledenih delcev, kar v meritev vnese veliko sistematično napako ter onemogoča direktno rabo obstoječih metod sledenja delcev.

V pričujočem članku predstavljamo metodo eksperimentalne identifikacije optične distorzije s pomočjo vzorca v obliki šahovnice ter lastnega algoritma na osnovi obdelave slik. Algoritem detektira popačenost slike šahovnice, ter iz nje določi iskano polje deformacij. Za boljši popis deformacij vpeljemo nov model periodične distorzije na osnovi diskretne kosinusne transformacije, ki znatno izboljša krajevno ločljivost zaznanih deformacijskih polj. Razvita metoda nam omogoča kompenzacijo vpliva optične distorzije na popačitev trajektorij sledenih delcev ter s tem eliminacijo sistematično napako meritev položaja delcev. Pravilnost delovanja algoritmov smo preverili z vrsto simulacijskih eksperimentov na znanih enodimenzionalnih hitrostnih poljih, kjer smo lahko eksperimentalno ovrednotili sistematično položajno napako delcev pred in po kompenzaciji. Sistematična napaka položaja delcev je bila v teh primerih s pomočjo razvite metode zmanjšana za več kot 50 %. Razvite algoritme za kompenzacijo tokovnic smo aplicirali tudi na realnem primeru na prenosniku med obratovanjem. Pri tem je bila sistematična napaka v določanju položaja delcev zmanjšana za 35 %.

Pričujoč članek predstavlja pionirsko delo na področju kvantitativne analize valovitih ploščnih prenosnikov toplote v svetovni javnosti. Naše nadaljnje delo bo naravnano v smeri uporabe obstoječih algoritmov za merjenje tridimenzionalnih velikostnih polj znotraj valovitih toplotnih prenosnikov za namene njihove eksperimentalne optimizacije ter validacije večjega števila obstoječih numeričnih analiz.

**Ključne besede:** periodična optična distorzija, metoda sledenja delcev, valoviti ploščni prenosniki toplote, optimizacija ploščnih prenosnikov, eksperimentalna validacija numeričnih analiz