

Numerična analiza procesa gašenja za aluminijaste odlitke poljubnih oblik

Rok Kopun^{1,*} – Leopold Škerget² – Matjaž Hriberšek² – Dongsheng Zhang³ – Wilfried Edelbauer³

¹ AVL - AST d.o.o., Slovenija

² Univerze v Mariboru, Fakulteta za strojništvo Slovenija

³ AVL List GmbH, Avstrija

Optimizacija prenosa toplote v avtomobilistični industriji je eden izmed ključnih dejavnikov, ki pripomore k zmanjšanju porabe goriva in znižanju emisij izpustnih sistemov. Učinkovite metode toplotne obdelave, kot je proces gašenja, se uporabljajo pri nadomestitvi delov iz težjih kovin z lažjimi zlitinami (npr. aluminijastimi), kar pripomore k zmanjšanju teže vozila in posledično vpliva na znižanje porabe goriva in emisijskih vrednosti. Proces gašenja s potapljanjem v tekoči fazi je tako eden izmed najpomembnejših industrijskih procesov v avtomobilistični industriji, saj igra prenos toplote ključno vlogo pri določitvi strukturne in mehanske lastnosti materiala (npr. glave motorja). Za doseg želene lastnosti materiala, surovec najprej segrejemo na zelo visoko temperaturo, nato pa ga naglo ohladimo. Natančna napoved hlajenja strukture po celotnem volumnu med procesom gašenja je tako ključnega pomena za določitev materialnih lastnosti in nadaljnji izračun zaostalih napetosti, saj lahko le-te vodijo do nastanka razpok in posledično privedejo do okvare motorja.

Prispevek obravnava razvoj in validacijo nedavno izboljšanega numeričnega modela prenosa toplote uporabnega pri procesu gašenja s potapljanjem v kapljeviti fazi implementiranega v komercialni program računalniške dinamike tekočin (CFD) AVL FIRE[®]. Prenos toplote pri procesu gašenja med surovcem in pregreto tekočo fazo se obravnava s pomočjo Eulerjevega večfaznega pristopa, kjer obravnavamo vsako fazo kot samostojno in neodvisno. Maska, gibalna in energijska enačba se rešujejo neodvisno le za tekočo (vodno) domeno, medtem ko se za trdnino rešuje le energijska enačba. V prispevku je predstavljen nov postopek reševanja Leidenfrost temperature, kjer s konstantne predpostavke čez celoten volumen prehajamo na spreminjajočo se predpostavko Leidenfrost temperature. Rezultati so predstavljeni skupaj z upoštevanjem dodatnih medfaznih sil v kombinaciji z novim več-materialnim pristopom (MMAT) reševanja Eulerjevih enačb. Kapljevita faza in trdna sta obravnavni skupaj v eni domeni, pri čemer se površinska temperatura trdnine in lokalni koeficienti prenosa toplote med trdnino in kapljevito fazo, izmenjujejo iterativno po vsaki iteraciji.

Z modifikacijo dodatnih medfaznih sil in spreminjajočo se Leidenfrost temperaturo v kombinaciji z MMAT metodo uporabljeno v komercialnem CFD programskem paketu AVL FIRE[®] lahko natančneje opišemo in napovemo proces hlajenja strukture po celotnem volumnu med procesom gašenja. Vpliv filmskega in prehodnega režima vrenja je zelo dobro opisan, pri čemer ima nadgrajena spreminjajoča Leidenfrost temperaturna spremenljivka močan vpliv. Primerjavo smo izvedli na testnem aluminijastem preizkušancu z različnimi odebelitvami vzdolž dolžine in poenostavljeni aluminijasti glavi motorja. Preizkušanca sta bila potopljena v kapljevito fazo s temperaturo vode 353 K in različnimi orientacijami potopitve, pri čemer se numerična temperaturna napoved hlajenja strukture po celotnem volumnu med procesom gašenja zelo dobro ujema z eksperimentalno dobljenimi vrednostmi. Ugotovljeno je bilo, da se s spremembo orientacije preizkušanca ohlajata z drugačnim trendom. Maksimalno odstopanje numeričnih rezultatov od izmerjenih vrednosti za obe orientaciji in za vse točke je v vseh primerih manjše od 4 sekund. Na podlagi predstavljenega lahko zaključimo, da je izboljšani CFD model primeren za uporabo hlajenja med gašenjem in da dobljeni rezultati predstavljajo natančne vstopne vrednosti za poznejši izračun zaostalih napetosti in deformacij.

Ključne besede: večfazni tok, gašenje aluminijastih litih delov, CFD, Leidenfrost temperatura