

Umetne nevronske mreže za ocenjevanje toplotnih lastnosti eksperimentalnega mikrolegiranega jekla in njihova uporaba pri toplotni analizi varjenja

Edgar López-Martínez^{1,*} – Héctor Javier Vergara-Hernández² – Sergio Serna³ – Bernardo Campillo^{1,4}

¹ Mehiška avtonomna nacionalna univerza, Fakulteta za kemijo, Mehika

² Inštitut za tehnologijo Morelia, Podiplomski program metalurgije, Mehika

³ Avtonomna univerza zvezne države Morelos, Raziskovalno središče za tehniko in aplikativne vede, Mehika

⁴ Mehiška avtonomna nacionalna univerza, Inštitut za fiziko, Mehika

Izdelava jeklenih metalurških komponent zahteva poznavanje toplotnih lastnosti v funkciji temperature. Pri procesih, kot sta varjenje in toplotna obdelava jekel, je nujno poznavanje toplotne prevodnosti in specifične toplote za snovanje, simulacijo in izbiro ciklov segrevanja in ohlajevanja, od katerih bo odvisna mikrostruktura in posledično mehanske lastnosti materiala. Namen predstavljene študije je ocenitev teh toplotnih lastnosti in njihova uporaba pri toplotni analizi toplotno vplivanega področja pri varjenju eksperimentalnega mikrolegiranega jekla.

Toplotna analiza varjenja vključuje določanje dejanskih toplotnih ciklov. Zaradi težav, ki se pojavljajo pri eksperimentalnem določanju teh ciklov, pa so bili le-ti opredeljeni z uporabo utežnih faktorjev na Rosenthalovih analitičnih rešitvah. Ker smo delali z eksperimentalnim jeklom, toplotne lastnosti niso znane. Umetne nevronske mreže (ANN) so se izkazale za zmogljivo orodje za napovedovanje parametrov ter simulacijo in odpravljanje težav pri tehniških aplikacijah, zato je bila sprejeta odločitev, da bosta za oceno omenjenih toplotnih lastnosti zasnovani dve ANN.

Za določitev toplotnih lastnosti v funkciji kemične sestave in temperature sta predlagani dve ANN v zasnovi večslojnega perceptrona z vzvratnim učenjem, momentnim učnim pravilom in sigmoidno prenosno funkcijo. Na podlagi podatkov iz literature sta bili zgrajeni dve zbirki podatkov kovinskih materialov. Obe ANN sta bili naučeni in preizkušeni z eno skrito plastjo in različnim številom nevronov v tej plasti. Ko sta bili obe ANN naučeni in preizkušeni, so bile ocenjene toplotne lastnosti eksperimentalnega mikrolegiranega jekla. Kemična sestava mikrolegiranega jekla, toplotna prevodnost v temperaturnem območju od 298 K do 1473 K in specifična toplota v temperaturnem območju od 298 K do 1273 K so bile uporabljene kot vhodni nevroni za ocenjevanje teh toplotnih lastnosti. Le-te so bile nato uporabljene za določitev vršnih temperatur in toplotnih ciklov v toplotno vplivanem področju (TVP) z uporabo utežnega faktorja na Rosenthalovih analitičnih rešitvah za tanke in debele plošče.

Po učenju več ANN z različnim številom nevronov v skriti plasti je bilo ugotovljeno najboljšo ujemanje med dejanskimi in ocenjenimi toplotnimi lastnostmi pri osmih nevronih. Za določitev učinkovitosti ANN sta bila izračunana koeficienta linearne korelacije, ki znašata 0,94 za toplotno prevodnost in 0,95 za specifično toploto. Sledi sklep, da sta ANN naučeni. V fazi preizkušanja so bile ocenjene tiste toplotne lastnosti kovinskih materialov, ki niso bile uporabljene pri učenju. Dejanske vrednosti toplotnih lastnosti so znane in rezultati kažejo, da sta ANN uporabni za ocenjevanje toplotne prevodnosti in specifične toplote.

Toplotna analiza je pokazala, da visoke temperature v grobozrnatem TVP (med 1473 K in 1807 K) spodbujajo rast zrn, ki skupaj s hitrim ohlajanjem (69 K/s) privede do formiranja bainita. Vršne temperature v rekristalizacijskem TVP (med 996 K in 1473 K) pospešujejo rekristalizacijo z velikostjo zrn med 5 μm in 20 μm , kar skupaj z majhno hitrostjo ohlajevanja (45 K/s) preprečuje formiranje bainita.

Privzeto je bilo, da so toplotne lastnosti samo funkcija kemične sestave in temperature, ne pa tudi prisotnih faz, o katerih ni informacij.

Toplotne lastnosti kovinskih materialov je mogoče ocenjevati le v območju temperatur in kemičnih sestav, ki ustreza razponu vrednosti v uporabljeni zbirki podatkov.

S predstavljeno zasnovo ANN je mogoče oceniti toplotno prevodnost in specifično toploto vsakega kovinskega materiala s kakršnokoli kemično sestavo in temperaturo znotraj območja vrednosti, iz katerih je bila sestavljena zbirka podatkov.

Ključne besede: specifična toplota, toplotna prevodnost, mikrolegirano jeklo, toplotno vplivano področje, umetna nevronska mreža, varjenje

*Naslov avtorja za dopisovanje: Mehiška avt. nacionalna univerza, Fakulteta za kemijo, Av. Universidad 3000, Mexico City, Mehika, edgar0902@comunidad.unam.mx