

Napovedovanje dejanskih napetosti v magnezijevi zlitini ZE20 po metodah ANN in GEP z eksperimentalno verifikacijo

Sedat Bingöl^{1,*} – Wojciech Misiolek²

¹Univerza Dicle, Oddelek za strojništvo, Turčija

²Univerza Lehigh, Inštitut za preoblikovanje kovin, ZDA

Večina magnezijevih izdelkov v avtomobilski industriji se izdeluje z visokotlačnim litjem (HPDC), med njimi pa so bloki in glave motorjev, ohišja menjalnikov in druge manjše komponente. Konstruktorji iščejo nove načine za gradnjo avtomobilov, ki bi manj obremenjevali okolje. Zmanjšanje mase avtomobilov je pomembna priložnost za zmanjšanje porabe goriva. Delež kovanih magnezijevih zlitin bi se moral še povečati zaradi visokega razmerja med trdnostjo in maso. Trenutni projekti raziskav in razvoja magnezijevih zlitin in njihove uporabe v avtomobilski industriji so osredotočeni predvsem na kovane magnezijeve zlitine.

Predstavljena študija preučuje preoblikovalnost magnezijeve zlitine ZE20, ki jo je razvilo podjetje General Motors. Študije so bile opravljene v dveh fazah: najprej so bili narejeni termomehanski preizkusi za pridobivanje krivulj napetosti pri preoblikovanju magnezijeve zlitine ZE20 pri različnih hitrostih deformacij in temperaturah, v drugi fazi pa so bili razviti modeli APP in GEP za napovedovanje dejanskih krivulj napetosti pri zlitini ZE20. Uspešnost razvitih modelov je bila ovrednotena s statističnimi merili (R^2 , MSE, MAE). Prvi del študije je osredotočen na vpliv temperature in hitrosti deformacij na mehanske lastnosti magnezijeve zlitine ZE20. Nova magnezijeva zlitina ZE20 (2 utež. % Mg, 0,2 utež. % Zn, Ce) je bila podvržena deformacijam za ugotavljanje dejanskega vedenja pod obremenitvijo. Pri postavitvi modelov ANN in GEP za zlitino ZE20 so bili uporabljeni podatki o dejanskih napetostih v odvisnosti od temperature, dejanskih deformacijah in hitrosti deformacij. Za pridobivanje teh podatkov za to študijo so bili opravljeni enoosni tlačni preizkusi pri temperaturah 200 °C, 375 °C in 425 °C ter pri hitrostih deformacij 0,01 s⁻¹, 5 s⁻¹ in 15 s⁻¹. Eksperimenti za analizo preoblikovalnosti v vročem so bili opravljeni na stroju Gleeble 3500 s preizkušanci premera 8 mm in višine 12 mm. Pri razvoju modelov so bili upoštevani trije vhodni parametri: dva od njih - temperatura in hitrost deformacij - predstavljata pogoje tlačnega preizkusa, en - dejanski raztezek (ϵ) - pa predstavlja rezultat dejanske napetosti pri vsaki temperaturi (T) in hitrosti deformacij ($\dot{\epsilon}$).

Za ocenjevanje dejanskih napetosti v zlitini ZE20 pri tlačnih preizkusih je bila uporabljena struktura usmerjene nevronske mreže. Eksperimentalni podatki (za 657 vzorcev) so bili randomizirani in razdeljeni v dve kategoriji: podmnožice za učenje (80 %) in podmnožice za preizkušanje (20 %). Idealna prenosna funkcija ter število nevronov in skritih plasti sta bila ugotovljena po metodi poizkusov in napak. Kot kriteriji uspešnosti pri napovedovanju eksperimentalno določenih dejanskih napetosti v zlitini ZE20 za izbiro najboljše strukture omrežja so bila uporabljena merila R^2 , RMSE in MAE. Po preizkusu več struktur ANN je bila določena optimalna struktura nevronske mreže z Levenberg-Marquardtovim algoritmom vzvratnega postopka učenja, prenosno funkcijo TanhAxon in šestimi nevroni v eni skriti plasti.

Vhodni parametri in vsi podatki, uporabljeni za razvite modele GEP, so bili enaki kot pri modelih ANN. Različna števila kromosomov, genov in velikosti glav vplivajo na zmogljivost modela GEP. Idealni model GEP je bil zato določen s spreminjanjem njihovega števila. Število kromosomov se je gibalo od 10 do 40, število genov od 2 do 7 in velikost glav od 5 do 9. Pridobljene so bile tudi enačbe za napovedovanje dejanskih napetosti za najboljši model GEP. Točnost razvitih modelov ANN in GEP pri napovedovanju rezultatov kompresijskih preizkusov je bila ocenjena s statističnimi merili. Modela ANN in GEP izkazujejo dobro ujemanje med napovedanimi in eksperimentalno določenimi dejanskimi napetostmi pri zlitini ZE20 (večji R^2 ter manjša RMSE in MAE). Enačba, ki je bila v tej študiji izpeljana po modelu GEP, je preprosta in zato uporabna za dodatno napovedovanje dejanskih napetosti v zlitini ZE20.

Ključne besede: magnezij, ZE20, tlak, dejanske napetosti, GEP ANN, napovedovanje