

Napovedovanje kakovosti laserskega reza volframove zlitine z uporabo nevronske mreže

Simon Klančnik¹ – Derzija Begić-Hajdarević^{2,*} – Matej Paulić¹ – Mirko Ficko¹ – Ahmet Čekić²
– Maida Cohodar Husić²

¹ Univerza v Maribor, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

² Univerza v Sarajevu, Fakulteta za strojništvo, Bosna in Hercegovina

V članku analiziramo vpliv procesnih parametrov na kakovost laserskega razreza pločevine iz volframove zlitine ($W \approx 92.5\%$, preostanek Fe in Ni) z debelino 1 mm. Zlitina se uporablja na različnih področjih, na primer v medicinskih aplikacijah, v avtomobilski in v letalski industriji. Eksperimente smo izvedli z uporabo CO₂ laserja proizvajalca Rofin (model DC020), z nazivno izhodno močjo 2000 W v načinu CW pri valovni dolžini 10.6 μm ter visokokakovostnim žarkom (faktor kakovosti laserskega žarka $K = 0.95$). Eksperimenti so bili opravljeni v Nemčiji na Visoki šoli v Jeni. Za usmerjanje laserskega žarka je bila uporabljena ZnSe leča s fokusno razdaljo 127 mm. Pomožni plin je bil uporabljen soosno z laserskim žarkom skozi šobo z izhodnim premerom 2 mm. Položaj šobe, tlak pomožnega plina ter goriščna razdalja so bili skozi celoten eksperiment konstantni. Vrednosti teh procesnih parametrov so bile izbrane na podlagi predhodnih eksperimentalnih študij. Pri določevanju optimalnih procesnih parametrov smo upoštevali naslednja merila: širino reza, kakovost površine reza ter ostanek taline na spodnjem robu reza. V raziskavi smo spreminjali tri vhodne procesne parametre: moč laserja, hitrost rezanja ter vrsto pomožnega plina (kisik, dušik in zrak). Delovno območje rezalnih hitrosti smo izbrali na podlagi predhodnih eksperimentov za vsak pomožni plin in moč laserja. Za ocenjevanje kakovosti laserskega razreza smo v okviru opravljene raziskave uporabili širino reza ter povprečno hrapavost površine. Hrapavost površine reza je bila izmerjena vzdolž reza približno na sredini debeline pločevine kot povprečna hrapavost R_a z uporabo merilnika hrapavosti Taylor-Hobson. Širino reza smo izmerili z uporabo Zeissovega optičnega mikroskopa Stemi opremljenega z video kamero in lečami za povečave.

V obstoječi literaturi ni mogoče zaslediti večjega števila raziskav na področju uporabe CO₂ laserja za razrez ognjevzdržnih materialov. V raziskavi smo za napovedovanje kakovosti CO₂ laserskega razreza pločevine iz volframove zlitine uporabili model umetne nevronske mreže, z učnim algoritmom vzvratnega širjenja. Nevronska mreža ima tri nevrone na vhodni plasti ter dva nevrona na izhodni plasti. Sestavljena je iz štirih skritih plasti, in sicer osem nevronov v prvi skriti plasti, petnajst nevronov v drugi skriti plasti, pet nevronov v tretji skriti plasti ter dva nevrona v četrti skriti plasti. Takšno topologijo nevronske mreže smo izbrali na podlagi testiranja različnih topologij. Izkazala se je kot najučinkovitejša za reševanje našega problema, saj smo z njo dosegli najmanjšo povprečno napako napovedovanja. Za učenje nevronske mreže smo uporabili podatke pridobljene na podlagi opravljenega eksperimenta. Celotna baza eksperimenta je bila sestavljena iz 42 vzorcev, od tega smo 34 vzorcev uporabili za učenje nevronske mreže, 8 naključno izbranih vzorcev pa smo uporabili za testiranje učinkovitosti naučene nevronske mreže. Povprečna napaka napovedovanja je bila 5,5 % za širino reza ter 9,5 % za kakovost površine. Iz rezultatov je očitno, da je napaka napovedovanja za širino reza manjša kot napaka pri napovedovanju hrapavosti površine, vendar lahko iz rezultatov sklepamo, da je razviti ANN model primeren za napovedovanje obeh veličin.

V delu je predstavljeno, da je imela izbira pomožnega plina največji vpliv na kakovost reza, zlasti na širino reza. Napovedovati kakovost reza pred dejansko izvedbo reza, predstavlja za uporabnike korist v smislu znižanja stroškov in prihranka časa. Z razvitim modelom lahko uporabnik pred izvedbo laserskega razreza izbere rezalno hitrost, moč laserja ter vrsto pomožnega plina tako, da so dosežene optimalne karakteristike laserskega razreza.

Ko v praksi režemo redke ali celo neznan material, moramo najprej določiti procesne parametre tako, da bomo dosegli zadostno kakovost razreza. Predstavljeno delo omogoča določitev teh parametrov z izvedbo manjšega števila eksperimentov in brez potrebe po analizi vseh možnih medsebojnih vplivov. V prihodnosti bi bilo smiselno raziskave na tem področju razširiti na raziskovanje vpliva različnih procesnih parametrov, kot je tlak pomožnega plina, goriščni položaj leče, položaj šobe, vrsta in debelina materiala, na različne karakteristike kakovosti razreza, kot je toplotno vplivna cona, mikrostruktura in mikrotrdota.

Ključne besede: laserski razrez, umetna nevronska mreža, volframova zlitina, hrapavost površine, širina reza, procesni parametri