Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering 62(2016)6, SI 60
© 2016 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.
Prejeto v recenzijo: 2015-12-11
Prejeto popravljeno: 2016-03-23
Odobreno za objavo: 2016-04-18

Napovedovanje rezalnih sil pri frezanju več-slojnih kovinskih materialov s krogelnim oblikovnim frezalom

Uroš Župerl* – Franci Čuš – Tomaž Irgolič
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Namen raziskave je uporabiti metodo umetnih nevronskih mrež (ANN) pri izdelavi učinkovitega modela za napovedovanje rezalnih sil med frezanjem več-slojnih kovinskih materialov, izdelanih z najbolj razširjenim dodajnim postopkom LENS.

Cilj članka je predstaviti postopek izdelave nevronskega napovednega modela in eksperimentalno raziskati odrezovalne razmere pri frezanju 16MNCr5/316L štiri-slojnega kovinskega materiala s krogelnim oblikovnim frezalom.

Predstavljena je prilagoditev topologije ANN k problemu napovedovanja rezalnih sil. Za izvedbo modeliranja treh komponent rezalne sile je uporabljena popularna tri nivojska arhitektura usmerjene nevronske mreže z učnim algoritmom vzvratnega širjenja napake. Izdelan nevronski model vsebuje sedem vhodnih nevronov, ki predstavljajo: podajalno hitrost, aksialno globino rezanja, radialno globino rezanja, kot zasuka orodja, premer orodja, trdota izdelanega sloja in debelina navarjenega sloja. Pri izdelavi napovednega modela sta upoštevana dva LENS procesna parametra ter trdota in debelina posameznega navarjenega sloja omenjenega naprednega materiala. Število skritih nivojev in optimalno število nevronov v posameznem nivoju je določeno s simulacijami. Optimalni nevronski model vsebuje 3 in 5 nevronov v skritem nivoju. Izhod iz modela so tri komponente rezalne sile, zato so potrebni trije izhodni nevroni.

Eksperimentalni podatki za izdelano napovednega modela so pridobljeni v petih korakih. V prvem koraku je izdelanih devet testnih obdelovancev iz 16MnCr5 osnovnega materiala. Nato so na osnovni material navarjeni 4 sloji nerjavnega jekla (316L) z različnimi debelinami in trdotami posameznega sloja. Testni obdelovanci so izdelani na Optomec LENS 850-R stroju. V drugem koraku sta izmerjeni trdota in debelina navarjenih slojev. Debelina izdelanih slojev je izmerjena na Nikon Epiphot 300 metalurškem mikroskopu.

V tretjem koraku so analizirani vplivi LENS procesnih parametrov na debelino in trdoto izdelanega sloja. Vplivi LENS procesnih parametrov na trdoto in debelino navarjenega sloja so prikazani na grafih. Ugotovljeno je, da ima moč laserja in hitrost navarjanja največji vpliv na trdoto in debelino posameznega sloja več-slojnega kovinskega materiala.

V četrtem koraku so izvedeni obdelovalni eksperimenti za vse tipične kombinacije rezalnih parametrov. Obdelovalni eksperimenti so izvedeni na CNC obdelovalnem stroju Heller BEA02. Rezalne sile so izmerjene s piezo-električnim dinamometrom (Kistler 9255) nameščenim med obdelovancem in mizo stroja. Izbrano je v orodjarni najpogosteje uporabljeno oblikovno frezalo iz sintranega materiala in trdoto 1770 HV.

V petem koraku so rezultati izmerjenih sil analizirani in pripravljeni za učenje napovednega modela. Vrednosti izmerjenih rezalnih sil so grafično predstavljene na diagramih v odvisnosti od kota zasuka rezalnega orodja. Vplivi LENS procesnih parametrov in rezalnih parametrov na potek rezalne sile so prikazani na grafih. Debelina izdelanega sloja ima signifikanten vpliv na rezalne sile. Rezalne sile so večje od pričakovanih pri aksialna globina frezanja, ki je enaka debelini navarjenega sloja. Vzrok bi lahko bil v nehomogeni strukturi mejnega področja med dvema izdelanima slojema.

Izvedena je validacija modela s primerjavo napovedi modela in eksperimentalnih podatkov. S primerjavo je ugotovljeno, da lahko metoda natančno napove rezalne sile z napako manjšo od 4,8 % Večina napovedanih vrednosti rezalnih sil je ekvivalentna s pripadajočimi eksperimentalnimi vrednostmi. Nadaljnje aktivnosti bodo usmerjene k implementaciji nevronskega modela v proizvodno okolje in k nadgrajevanju modela z novimi kombinacijami orodje/obdelovanec.

Ključne besede: oblikovno frezanje, rezalne sile, več-slojni material, LENS, napovedovanje, nevronska mreža

*Naslov avtorja za dopisovanje: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija, uros.zuperl@um.si