

Modeliranje vpliva rezalnih parametrov na površinsko hrapavost, obrabo orodja in rezalne sile pri čelnem rezkanju za *off-line* (posredno) krmiljenje procesa

Dražen Bajić* – Luka Celent – Sonja Jozić

Univerza v Splitu, Fakulteta za elektrotehniko, strojništvo in ladjedelništvo, Hrvaška

Današnji kompleksni proizvodni in tehnološki procesi zahtevajo uporabo krmilnih sistemov, ki za učinkovito delovanje uporabljajo dovršene matematične in druge metode. Zato so potrebne raziskave, namenjene pridobivanju čim boljših matematičnih približkov obdelovalnih procesov in pojavov. Inženirji v proizvodnji se soočajo z dvema glavnima problemoma. Prvi je ugotavljanje vrednosti parametrov procesa, ki zagotavljajo doseganje pričakovane kakovosti izdelka, drugi pa je optimizacija zmogljivosti proizvodnega sistema z razpoložljivimi viri. Proces obdelave določajo medsebojna razmerja med vhodnimi veličinami, njegovo učinkovitost pa je mogoče meriti z izhodnimi veličinami. Veliko število vhodnih veličin in dejstvo, da se le-te kvantitativne in kvalitativne narave, pomenita množico možnih interakcij in njihovo kompleksnost.

Namen te raziskave je poiskati matematične modele, ki povezujejo površinsko hrapavost, obrabo orodja in komponente rezalne sile s tremi parametri odrezavanja, t.j. rezalno hitrostjo (v_c), podajanjem na zob (f) in globino reza (a_p) pri čelnem rezkanju.

Kljub dolgoletnim raziskavam in številnim zgodbam o uspehu v laboratoriju se le majhen del sodobne tehnologije prenese v proizvodnjo. *Off-line* (indirektno oz. posredno) krmiljenje procesa kot pristop, ki je primeren za praktično uporabo in ga je mogoče enostavno integrirati v obstoječih pogojih, je zato še vedno ključ za uspešno obdelavo ter predstavlja most med raziskavami in proizvodnjo.

Raziskani so vplivi rezalne hitrosti, podajanja na zob in globine reza na površinsko hrapavost, obrabo orodja in rezalne sile v procesu čelnega rezkanja. Za modeliranje odvisnosti med temi parametri je bila uporabljena metoda regresijske analize in nevronske mreže. Pridobljeni modeli so primerni za snovanje *off-line* krmiljenja procesa.

V tej raziskavi sta bila uporabljena dva različna pristopa za izdelavo matematičnih modelov. Prvi pristop vključuje zasnovo eksperimenta (DOE) skupaj z analizo variance (ANOVA) in regresijsko analizo (RA), drugi pa modeliranje z umetnimi nevronskimi mrežami (ANN). Podana je tudi primerjava rezultatov obeh modelov.

Vpliv treh rezalnih parametrov je mogoče določiti z opazovanjem sprememb površinske hrapavosti, obrabe orodja in komponent rezalne sile.

Izračunana je bila tudi relativna napaka odstopanj od izmerjenih vrednosti kot merilo za to, katera metoda modeliranja daje boljše rezultate. Primerjane so bile relativne napake, dobljene z metodologijo RA in ANN, rezultati pa kažejo, da ima model ANN najboljšo sposobnost napovedovanja s skupno povprečno relativno napako 3,35 %.

Matematični modeli so bili razviti za specifičen material obdelovanca ter geometrijo in material orodja. Eksperimenti so bili izvedeni v nadzorovanem laboratorijskem okolju in ponoviti bi jih bilo treba še v realnem proizvodnem okolju.

Članek predstavlja prispevek k razvoju *off-line* krmiljenja procesov z vnaprejšnjo določitvijo spremenljivk procesa kot delom faze načrtovanja procesa. Rezultati kažejo, da je mogoče z obema metodologijama natančno napovedati površinsko hrapavost, obrabo orodja in komponente rezalne sile. Raziskava je pokazala, da so modeli z nevronskimi mrežami pri razmeroma majhnih učnih množicah (kot pri tej študiji) primerljivi z metodologijo RA in lahko dajejo celo boljše rezultate. Natančnejše napovedi izboljšajo *off-line* krmiljenje procesa za občutno zmanjšanje stroškov obdelave.

Ključne besede: *off-line* (indirektno oz. posredno) krmiljenje procesa, površinska hrapavost, rezalna sila, obraba orodja, regresijska analiza, nevronska mreža z radialno osnovno funkcijo