

## Vpliv površinske hrapavosti stebelastih rezkarjev na optimalno zmogljivost visokohitrostnega odrezavanja

Chi-Hsiang Chen<sup>1,\*</sup> – Yung-Cheng Wang<sup>2</sup> – Bean-Yin Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut za strojništvo in elektromehaniko, Nacionalna univerza Formoze, Tajvan

<sup>2</sup>Institut za strojništvo, Nacionalna univerza za znanost in tehnologijo Yunlin, Tajvan

<sup>3</sup>Oddelek za strojništvo in računalništvo, Nacionalna univerza Formoze, Tajvan

Razvoj obdelovalnih strojev gre v smeri visokohitrostnih tehnologij, ki vključujejo visokohitrostno rezkanje (HSM) in visokohitrostno odrezavanje (HSC), zlasti pri visokohitrostnih aplikacijah s stebelastimi rezkarji. Razvoj ekološko sprejemljivih tehnologij in aplikacij odrezavanja je odvisen od tehnološkega napredka pri strojih in rezalnih orodjih. Natančnost brušenja rezalnih orodij določa površinsko hrapavost cepilne ploskve in proste ploskve, ta pa vpliva na površinsko hrapavost obdelovanca in življenjsko dobo orodja med visokohitrostnim rezkanjem. Kakovost površine, ki vpliva na abrazijo stebelastega rezkarja, mazanje, natančnost in pričakovano življenjsko dobo, je odvisna od površinske hrapavosti cepilne ploskve in proste ploskve. Dimenzijska natančnost in površinska hrapavost cepilne ploskve in proste ploskve določata natančnost rezalnega orodja in s tem zmogljivost orodja pri visokohitrostnem rezkanju, ki se kaže v obrabi in življenjski dobi orodja ter v površinski hrapavosti obdelovanca. Brušenje rezalnih robov kot najpomembnejši in končni korak izdelave orodja je kritičnega pomena za določanje geometrijske oblike, zmogljivosti odrezavanja, obrabe rezalnega roba in življenjske dobe orodja.

V študiji so ocenjeni parametri obdelave z upoštevanjem površinske hrapavosti proste ploskve stebelastega rezkarja. Predlagan je tudi nov pristop k optimizaciji parametrov visokohitrostnega odrezavanja orodnega jekla DIN 1.2344. Za preučevanje zmogljivosti odrezavanja sta bila izbrana karakteristična parametra življenjska doba orodja in stopnja odvzema materiala. Med procesnimi parametri so površinska hrapavost proste ploskve stebelastega rezkarja, rezalna hitrost, podajanje na zob, aksialna globina rezanja in radialna globina rezanja. Več parametrov zmogljivosti zagotavlja integralno obravnavo procesa, optimalna kombinacija parametrov obdelave pa je nato določena s sivo relacijsko analizo. Predlagana je metoda za določanje optimalnih parametrov obdelave, ki dajejo minimalno obrabo orodja in maksimalno stopnjo odvzema materiala. Maksimalna ocena sive relacije je v drugi skupini (0,82), kar pomeni, da so zmogljivosti te skupine optimalne med 18 skupinami. Vpliv parametrov obdelave na več karakteristik zmogljivosti je statistično določen z analizo variance. Opravljena sta bila tudi *F*-test in *P*-test, s katerima je bilo ugotovljeno, kateri parametri procesa HSC značilno vplivajo na karakteristike zmogljivosti. Analiza variance kaže, da sta glavna dejavnika, ki značilno vplivata na karakteristike zmogljivosti kot sta življenjska doba orodja in stopnja odvzema materiala, rezalna hitrost in podajanje na zob, s skupnim prispevkom 76,46%. Relativna napaka je 9,57%, zato v eksperimentu ni bil zanemarljiv noben pomemben dejavnik. Površinska hrapavost proste ploskve je bila v tej študiji nastavljena na  $0,23 \pm 0,03$  in  $0,43 \pm 0,02$   $\mu\text{m}$ . Čas brušenja orodja je bil 621 oz. 405 sekund. Rezultati analize variance kažejo, da površinska hrapavost proste ploskve stebelastega rezkarja nekoliko vpliva na grobo visokohitrostno obdelavo orodnega jekla DIN 1.2344. Pomembno vpliva tudi na površinsko hrapavost obdelovanca z zmanjšanjem povprečne površinske hrapavosti obdelovanca za  $0,054$   $\mu\text{m}$  (razlika med optimalnimi parametri procesa in parametri procesa št. 12). Kot je bilo omenjeno zgoraj, brušenje proste ploskve stebelastega rezkarja do hrapavosti prve stopnje  $0,23 \pm 0,03$   $\mu\text{m}$  povzroči 53,33-odstotno povečanje stroškov brušenja, a samo 4,84-odstotno podaljšanje življenjske dobe orodja. Pogoji brušenja A2 (zrnavost diamantnega koluta D46, hitrost brušenja 1650 m/min in hitrost podajanja 900 mm/min) lahko torej izboljšajo učinkovitost brušenja orodja. Optimalna kombinacija, ki jo pokaže predlagana metoda, je površinska hrapavost proste ploskve  $0,23 \pm 0,03$   $\mu\text{m}$ , rezalna hitrost 251,32 m/min, podajanje 0,1 mm/zob, aksialna globina rezanja 1,0 mm in radialna globina rezanja 0,75 mm. Eksperimenti so potrdili, da predlagani pristop k optimizaciji parametrov obdelave prinaša izboljšanje življenjske dobe orodja za 9,1 minute, stopnjo odvzema materiala 1200 mm<sup>3</sup>/min, celotno količino odvetega materiala 230.616 mm<sup>3</sup> in povprečno površinsko hrapavost obdelovanca  $0,044$   $\mu\text{m}$  po visokohitrostnem odrezavanju.

**Ključne besede:** optimizacija, visokohitrostno odrezavanje, siva relacijska analiza, površinska hrapavost, stebelasti rezkar, brušenje orodja