

Vpliv rabe energije v kontaktni coni na optimizacijo pogojev obdelave pri natančnem površinskem brušenju

Yong Chen^{1,2,*} – Xun Chen³– Xipeng Xu²– Ge Yu⁴

¹ Univerza Huaqiao, Kolidž za strojništvo in avtomatizacijo, Kitajska

² Univerza Huaqiao, Tehnično raziskovalno središče za obdelavo krhkih materialov, Ministrstvo za izobraževanje, Kitajska

³ Univerza Johna Mooresa v Liverpoolu, Tehniška fakulteta, Združeno kraljestvo

⁴ Univerza v Jilinu, Inštitut za kovaško valjanje, Kitajska

Stabilnost brušenja kot najpomembnejšega postopka za odstranjevanje materiala je ključno za doseganje želene kakovosti površine in ozkih dimenzijskih toleranc, kakor tudi za izboljšanje učinkovitosti in življenjske dobe obdelovalnega stroja in brusne plošče. Energija, ki se rabi v vibracijskem sistemu brusna plošča-obdelovanec, je eden najpomembnejših kazalnikov učinkovitosti stabilnega brušenja.

Poleg raziskav vpliva nelinearnih korelacij in mehanizmov mehansko-toplotnih interakcij na energijo pri brušenju, ki se sprošča med odstranjevanjem materiala v območju stika med brusnimi zrni in materialom ter povzroča povišanje temperature, je bilo opravljenih tudi veliko študij na temo optimizacije topografskih lastnosti površine brusnih plošč in delovnih pogojev na podlagi minimalne rabe energije ali mehanizmov odstranjevanja materiala v različnih fazah brušenja. Energija, ki se rabi med brušenjem zaradi mehanskih vibracij, je v zgoraj omenjenih študijah običajno zanemarljiva, globina reza pa je konstantna. Tovrstne domneve poenostavljajo analizo mehanizma oblikovanja odrezkov, vendar slabijo korelacije med pogoji pri brušenju in lastnostmi brušene površine v matematičnih modelih ter še dodatno otežujejo razumevanje celotnega mehanizma rabe energije med procesom brušenja. Članek celovito razkriva korelacije med trenutno globino reza kot nelinearno lastnostjo ter rabo energije v kontaktni coni z ozirom na modele vsiljenih in samovzbujenih nihanj, ki so izpeljani iz dveh pomembnih vplivnih dejavnikov stabilnosti obdelave: zunanje ekscentričnosti brusne plošče in notranjega regenerativnega gibanja.

Za razliko od zgoraj omenjenih raziskav, kjer so bile uporabljene metode na osnovi oblikovanja in lomljenja odrezkov ali rabe energije v eksperimentalnih meritvah, ta članek predstavlja izboljšane diferencialne modele trenutne rabe energije, ki upoštevajo debelino nedeformiranega odrezka, dinamično silo pri brušenju, vsiljene vibracije, inducirane zaradi ekscentričnega vrtenja brusnega kolesa, in model fazne razlike med sosednjimi površinskimi valovitostmi z ozirom na regenerativni mehanizem v območju stika. Opravljene so bile tudi ustrezne eksperimentalne preiskave za validacijo uspešnosti predstavljenih modelov.

Z analizo amplitude vibracij in ustreznih frekvenčnih elementov sklopljenega sistema plošča-obdelovanec so bile razvite tudi optimizacijske strategije za odlično dinamično zmogljivost in kakovostno površino, ki vključujejo hitrost vretena obdelovalnega stroja ter gostoto in razpored abrazivnih zrn na brusni plošči v diskretni prečni ravnini. Izkazalo se je, da je stabilnost obdelave največja, ko je fazna razlika med sosednjimi valovitostmi, nastalimi zaradi interakcije med zrni in obdelovancem, enaka $\pi/2$, tj. ko doseže maksimalno vrednost izračunana trenutna raba energije za brušenje. V primerjavi s stabilnimi razmerami je nestabilen proces brušenja vzbujen takrat, ko je vrednost fazne razlike $3\pi/2$, tj. ko se sile pri mikrobrušenju in vibracije medsebojno ojačujejo. Primerjava rezultatov po uporabi optimizacijskih strategij je pokazala, da sta stabilnost obdelave in kakovost površine (3D-topografija), doseženi z uravnavanjem hitrosti vretena obdelovalnega stroja, bistveno boljši kot pri optimizaciji z gostoto in razmakom abrazivnih zrn. Dokazano je, da je mogoče zadovoljiv in stabilen proces brušenja voditi v realnem času ali in-situ s kombiniranjem optimalnih procesnih parametrov.

Mehanizem, ki je predstavljen v tem članku, je uporaben za optimizacijo porazdelitve glavnih nihajnih oblik in togosti obdelovalnega stroja ter za predpisovanje površine brusnih plošč. Uporaben bo tudi za usmerjanje študij na področju dinamike obdelovalnih strojev, analizo vibracij pri brušenju v časovni ali frekvenčni domeni, ter za določanje porazdelitve globine reza in točnosti brušenih površin.

Ključne besede: natančno brušenje, raba energije, ekscentrične vibracije, regenerativni mehanizem, stabilnost obdelave, optimizacija pogojev