

Analiza mehanizmov oblikovanja odrezkov s simulacijo po metodi končnih elementov

Tahsin Tecelli Öpöz* – Xun Chen

Univerza Johna Mooresa v Liverpoolu, Tehniški raziskovalni inštitut, Liverpool, Združeno kraljestvo

Napovedovanje oblike odrezkov, ki nastajajo pri obdelavi z odrezavanjem, je pomembno za zagotavljanje želene površine obdelovancev in preprečevanje poškodb, ki jih med obdelavo povzročajo odrezki. Rezultati predstavljene raziskave in simulacij po metodi končnih elementov podajajo poglobljen pregled nad mehanizmi nastajanja odrezkov pri obdelavi kovin z odrezavanjem ter nad vplivi različnih procesnih parametrov. Analiza po metodi končnih elementov je zelo uporaben numerični pristop k napovedovanju vrste in oblike odrezkov, mehanskih in toplotnih napetosti ter rezalnih sil pri oblikovanju odrezkov. Napovedovanje mehanizmov oblikovanja odrezkov v različnih delovnih pogojih samo na podlagi eksperimentov bi bilo namreč zelo težavno in drago. Rezultati analize po MKE so lahko preventivno sredstvo za preprečevanje neželenih tresljajev in termičnih poškodb med procesom obdelave.

Opravljen je bil vrsta simulacij oblikovanja odrezkov s programsko opremo Abaqus/Explicit. Simulirane so bile tri vrste odrezkov – neprekinjeni, nazobčani in prekinjeni –, ki se oblikujejo pri različnih vrednostih parametrov kot sta cepilni kot in globina reza. V modelu oblikovanje odrezkov po MKE sta bila uporabljena Johnson-Cookov model napetosti pri preoblikovanju in Johnson-Cookov progresivni model poškodb. Začetek razpoke in vedenje materiala po nastanku razpoke sta bila opredeljena z razvojem poškodbe na podlagi Hillerborgovega parametra lomne energije. Za ohranitev kakovosti mreže v simulaciji in zmanjšanje stopnje popačenja elementov pri ekstremnih deformacijah je bila uporabljena arbitrarna Lagrangeova-Eulerjeva tehnika (ALE) prilagojenega mreženja.

Rezultati so dokazali vpliv lomne energije, globine reza in cepilnega kota na oblikovanje odrezkov. Opravljen je bil vrsta simulacij s postopnim večanjem lomne energije ($G_f = 250 \text{ N/m}$, 2500 N/m , 10.000 N/m in 20.000 N/m) za dve različni globini reza ($h = 20 \text{ }\mu\text{m}$ in $50 \text{ }\mu\text{m}$) in štiri različne cepilne kote ($\gamma = 22^\circ$, 0° , -30° , -45°). Pri večjih lomnih energijah se oblikujejo neprekinjeni odrezki, pri manjših lomnih energijah pa so odrezki prekinjeni. Poleg tega so odrezki pri večjih lomnih energijah bolj ravni. Vpliv globine reza je bil preizkušen pri lomni energiji 2500 N/m : pri globini reza $20 \text{ }\mu\text{m}$ so odrezki neprekinjeni, pri $50 \text{ }\mu\text{m}$ pa nazobčani. Simulacije so pokazale, da ima tudi cepilni kot pomembno vlogo pri oblikovanju odrezkov. Pri cepilnih kotih 22° , 0° in -30° so bili ugotovljeni neprekinjeni, nazobčani (segmentirani) in prekinjeni odrezki. Ko se cepilni kot spreminja od pozitivnih proti negativnim vrednostim, se pojavi tendenca po prehajanju od neprekinjenih k prekinjenim odrezkom. Čeprav predhodne raziskave ne poročajo o večjem vplivu cepilnega kota na stopnjo segmentacije odrezkov, je bilo ugotovljeno, da ima cepilni kot signifikanten vpliv predvsem pri manjših globinah reza. Simulacije so pokazale, da so odrezki z naraščanjem globine reza vse bolj segmentirani, dokler se končno ne oblikujejo nazobčani odrezki. Te ugotovitve so pomembne za brušenje, kjer je globina reza manjša in so cepilni koti bistveno bolj negativni.

V predhodnih raziskavah je bila vrednost Hillerborgove lomne energije ocenjena z vrednostmi K_{IC} . Le-te pa so odvisne od velikosti testnega vzorca, kot je opisano v članku. Poudarjeno je, da je lahko računanje zahtevane lomne energije iz vrednosti K_{IC} težavno, vedenje materiala pri oblikovanju odrezkov pa je v določenih pogojih simulacije mogoče napovedati že z ocenjeno vrednostjo lomne energije. Izkazalo se je tudi, da so računalniške simulacije majhnih globin reza do mikronske ravni težavne zaradi velikosti mreže in potrebne računske moči. Problem občutljivosti mreže pri analizah po metodi končnih elementov je znan in rezultati so odvisni od velikosti mreže. Za omejitev odvisnosti od mreže je bila v tej raziskavi uporabljena tehnika razvoja poškodb z linearnim mehčanjem na podlagi Hillerborgovega modela lomne energije. V prihodnjih raziskavah bi lahko uporabili različne velikosti mreže ter preučili občutljivost mreže pri simulaciji oblikovanja odrezkov po MKE.

Ključne besede: oblikovanje odrezkov, metoda končnih elementov, lomna energija, odrezavanje kovin, razvoj poškodb