

Točnost modela za napovedovanje sile pri procesu plitvega kovanja v zaprtem utopu

Zdenka Keran^{1,*} – Živko Kondić² – Petar Piljek¹ – Biserka Runje¹

¹ Univerza v Zagrebu, Fakulteta za strojništvo in ladjedelništvo, Hrvaška,

² Univerza Sever, Hrvaška

Pri postopkih plitvega utopnega kovanja je pomembno poznavanje preoblikovalne sile oz. sile, pri kateri bo dosežena popolna izpolnitev utopa. V več nedavnih raziskavah je bilo potrjeno, da proces plitvega utopnega kovanja spada v skupino procesov mikroreoblikovanja s posebno občutljivim oblikovanjem površine. V procesih mikroreoblikovanja, kot je plitvo utopno kovanje, lahko mikrostruktura materiala in dimenzije izdelka močno vplivajo na mehanizme deformiranja materiala. Najpomembnejši dejavnik je velikost kristalnih zrn. Napovedovanje preoblikovalne sile v odvisnosti od velikosti zrn in kompleksnosti geometrije utopa predstavlja velik raziskovalni izziv, obenem pa je tudi praktičnega pomena.

Eksperimentalno je bil preučen vpliv velikosti zrn na sile pri plitvem utopnem kovanju in na izpolnjevanje utopa zaprtega tipa, na podlagi rezultatov eksperimenta pa je bil nato ustvarjen matematični model za napovedovanje rezultatov. Plitvo utopno kovanje poteka tako, da zgornji del orodja deluje z ustrezno kovaško silo. Ta sila povzroči izpolnitev utopa z gibanjem orodja v normalni smeri glede na čelno površino utopa. Ko je utop izpolnjen, je dosežena želena geometrija in izdelek je gotov. Uporabljena je bila hidravlična stiskalnica s sistemom za zvezno merjenje sile, zato je bila preoblikovalna sila izbrana kot prva vhodna spremenljivka eksperimenta oz. kot prvi vplivni dejavnik. Končne vrednosti sile so bile 55 kN, 100 kN, 150 kN in 200 kN. Druga vhodna spremenljivka je bila velikost kristalnega zrna preskušanca. Povprečna velikost zrna je bila izračunana na podlagi meritev najmanj petih kristalnih zrn v radialni in aksialni ravnini obdelovanca. Ugotovljene so bile velikosti zrn 25 μm , 50 μm in 90 μm . Surovec je bil izdelan iz 99,5-odstotnega aluminija. Izhodne spremenljivke so bili skupni odmiki orodja.

Elastične deformacije orodnega materiala predstavljajo možni vir merilne napake. Za odpravo tega problema je bil izdelan komplet identičnih orodij brez votline. Izmerjene so bile elastične deformacije orodja pri določenih preoblikovalnih silah 55 kN, 100 kN, 150 kN in 200 kN. Izmerjene deformacije so bile nato odštete od skupnih rezultatov odmika, izmerjenega med kovanjem z gnezdrom.

Z upoštevanjem vpliva velikosti v razširjenem izrazu po Hall-Petchu in empiričnem modelu je bila določena formula za silo pri kovanju v odvisnosti od dejanskih deformacij in velikosti kristalnih zrn. Končni rezultat modela sta sila pri kovanju in odmik orodja, pri katerih se utop popolnoma izpolni in je proces plitvega utopnega kovanja končan. Tako je omogočen nadzor nad vplivom velikosti zrn materiala obdelovanca na preoblikovalno silo in odmik orodja pri procesu ter zanesljivo napovedovanje končne sile pri kovanju in odmika orodja pri popolnjenem utopu. Statistične analize so pokazale neenako standardno deviacijo modeliranih in eksperimentalnih podatkov za različne velikosti kristalnih zrn, prihajajo pa iz populacij z enako porazdelitvijo. Visoka vrednost determinacijskega koeficienta (r^2) pomeni, da se model dobro ujema s podatki, torej da je zveza med modeliranimi in izmerjenimi podatki razmeroma močna.

Članek podaja matematično orodje za izračun preoblikovalne sile pri postopku plitvega kovanja v utopu s kompleksno geometrijo. Model je bil izdelan na podlagi aluminijastih preskušancev. V nadaljnjih raziskavah bi bilo mogoče preiskati lastnosti postopka in preizkusiti model še za druge vrste materialov.

Ključne besede: mikroreoblikovanje, velikost kristalnih zrn, plitvo utopno kovanje, kompleksna geometrija, matematično modeliranje, sila pri kovanju, statistična analiza