

Vpliv razmerja iztiskavanja na kontaktne napetosti in elastične deformacije matrice pri hladnem protismernem iztiskavanju

Tomaž Pepelnjak^{1,*} – Mladimir Milutinović² – Miroslav Plančak² –
Dragiša Vilotić² – Saša Randjelović³ – Dejan Movrin²

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

² Univerza v Novem Sadu, Fakulteta tehniških znanosti, Serbia

³ Univerza v Nišu, Fakulteta za strojništvo, Serbia

V članku je obravnavan problem elasto-plastičnega obnašanja sistema orodje-preoblikovanec za postopek protismernega iztiskavanja. Dobro poznavanje velikih tlačnih obremenitev orodja je neobhodno tako za konstrukcijo orodja kot tudi za opredelitev izdelovalne natančnosti samega preoblikovalnega procesa. V ta namen je potrebno združiti teoretska znanja, meritve opazovanih veličin in numerične analize s katerimi vnaprej napovedujemo pojave pri izdelovalnih procesih.

V članku je predstavljena porazdelitev napetosti v kontaktu orodje-preoblikovanec kot tudi elastična deformacija orodja pri procesu hladnega protismernega iztiskavanja. Slednja se pojavi kot posledica obremenitev orodja zaradi plastične deformacije preoblikovanega jeklenega surovca. Analize kontaktnih tlakov in elastičnih deformacij so bile analizirane eksperimentalno in numerično z metodo končnih elementov.

Za eksperimentalno določanje kontaktnih tlakov obstaja več merilnih metod. Pri predstavljenih raziskavah je bila uporabljena meritev s palično tlačno merilno celico, ki meri obremenitve orodja neposredno na njegovi površini. Za zasledovanje kontaktnih tlakov na aktivni površini orodja za protismerno iztiskavanje je bilo zasnovano posebno orodje z vgrajenim zaznavalom, ki se ga vstavlja na različne lokacije v orodju. S tem je bil analiziran tlak pri različnih pomikih gibljivega dela orodja in ovrednoteno njegovo spreminjanje med preoblikovalnim postopkom.

Raziskave so bile usmerjene v določitev vpliva razmerja iztiskavanja na porazdelitev kontaktnih tlakov. V ta namen je bilo uporabljenih pet različnih premerov pestičev, ki zagotavljajo različne stopnje protismernega iztiskavanja. V naslednjem koraku se je na osnovi izmerjenih kontaktnih tlakov in preračuna z Lamejevo enačbo določilo radialne pomike notranje stene matrice. Izvedena je bila primerjalna analiza dobljenih rezultatov in preračunov z metodo končnih elementov. Za analize z metodo končnih elementov je bil izbran komercialni računalniški program Simufact.forming.

Na osnovi meritev kontaktnih tlakov in rezultatov numeričnih simulacij se je v prvi fazi primerjave preverilo natančnost numeričnih izračunov. Primerjava je pokazala, da numerični izračuni izkazujejo višje vrednosti maksimalnih radialnih napetosti v primerjavi z eksperimentalno določenimi za vse vrednosti razmerja iztiskavanja e_p . Numerične vrednosti maksimalnih radialnih napetosti so od eksperimentalnih večje med 14,8 % in 23,7%.

Elastična deformacija orodja vpliva tudi na natančnost izdelovalnega procesa. Z numeričnimi simulacijami se je ovrednotilo vpliv elastične obremenitve in radialne deformacije matrice na natančnost izdelovalnega postopka. Za protismerno iztiskavanje ob največji analizirani deformaciji prečnega preseka z vrednostjo $e_p = 2.11$ so numerične simulacije pokazale, da se velikost odstopka zunanega premera izdelka giblje v tolerančnih razredih od IT8 do IT11. Velikost tolerančnega razreda je odvisna od višine protismerno iztisnjene dela – večja je globina iztiskavanja, večji je izdelovalni tolerančni razred.

Primerjalne analize vseh treh raziskovalnih konceptov so pokazale njihove prednosti in slabosti. Pri tem se je analizirala predvsem primernost uporabe Lamejeve enačbe in uporabnost palične tlačne celice za merjenje kontaktnih tlakov pri postopkih iztiskavanja za vključevanje v nadaljnje raziskovalno delo. Razlika med izračunanimi radialnimi pomiki dobljenimi z Lamejevo enačbo in numerično izračunanimi vrednostmi je precejšnja. Izkaže se, da je ta razlika precej večja kot primerjava eksperimentalnih in numeričnih izračunanih vrednost. Iz navedenega lahko povzamemo, da je izračun po Lamejevi enačbi pomanjkljiv in le omejeno uporaben pri analizah obremenitev in deformacij orodij za masivno preoblikovanje.

Ključne besede: protismerno iztiskavanje, kontaktne napetosti, elastična deformacija matrice, palična tlačna merilna celica, metoda končnih elementov

*Naslov avtorja za dopisovanje: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, tomaz.pepelnjak@fs.uni-lj.si