

3D-numerična analiza 2D-krivljenja profilov z metodo prostorske superpozicije navora

Matej Hudovernik^{1,*} – Daniel Staupendahl² – Mohammad Gharbi² – Matthias Hermes² –

A. Erman Tekkaya² – Karl Kuzman³ – Janez Marko Slabe¹

¹Tecos, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Slovenija

²Institut za preoblikovalne tehnologije in lahke konstrukcije (IUL), Tehniška Univerza Dortmund, Nemčija

³Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Področje lahkih konstrukcij je močno usmerjeno k razvoju novih materialov visokih trdnosti. Le-ti v domeni obstoječih tehnologij prinašajo številne tehnološke, procesne in ekonomske ovire. Tehnološke rešitve za preoblikovanje v hladnem morajo torej ažurno slediti trendom uporabe omenjenih materialov.

Ekonomska učinkovitost lahkih konstrukcij je odvisno od mnogih dejavnikov. Izstopajo standardi in direktive glede zmanjšanja porabe energije, materiala in skupne teže končnih produktov. Prostorsko oblikovane komponente iz cevi in profilov različnih prerezov, ki imajo na omenjenem področju pomembno vlogo, morajo torej izpolnjevati visoke zahteve in zagotavljati kakovost. Kakovostna izdelava tovrstnih produktov pa je močno odvisna od stabilnosti, robustnosti in prilagodljivosti preoblikovalnih procesov. Obstoječe tehnološke rešitve za preoblikovanje cevi in profilov v domeni 3D-krivljenja nakazujejo velik potencial pri povečanju ekonomske učinkovitosti prostorskih konstrukcij, saj omogočajo optimalno razporeditev materiala, zmanjšanje števila sestavnih delov in montažnih postopkov ter zmanjšanje skupne teže.

Metodo krivljenja, ki temelji na osnovi prostorske superpozicije navora, angl. Torque Superposed Spatial – TSS, razvijajo na inštitutu za preoblikovalne tehnologije in lahke konstrukcije IUL na Tehniški Univerzi v Dortmundu. Je inovativna, robustna in fleksibilna tehnološka rešitev, s katero je možno izdelovati ravninske in prostorske komponente iz dolgih profilov, s simetričnimi ali nesimetričnimi geometrijami prečnih prerezov, in iz materialov visoke trdnosti. Izdelovati jih je mogoče v enem kontinuiranem koraku brez uporabe posebnih dragih orodij. Metoda TSS temelji na kontinuiranih dinamičnih karakteristikah, kjer je podajanje profila zagotovljeno s konstantno ali spremenljivo hitrostjo, proces krivljenja pa se izvaja z nenehnim podajanjem upogibnega elementa v smeri pravokotno na os podajanja. S spreminjanjem naklona ravnine, kjer je nameščen šestvaljni mehanizem za podajanje profila, ob sočasnem krivljenju oblikujemo 3D-konturo profila. Dosedanje študije metode TSS za 2D- in 3D-krivljenje profilov so bile izvedene predvsem v domeni eksperimentalnih in analitičnih metod. Procesni parametri in preoblikovalni mehanizmi med samim procesom krivljenja s spremenljivim polmerom pa do sedaj še niso bili numerično preučeni. Numerične simulacije, ki so predstavljene v tem članku, imajo torej pomembno vlogo pri razumevanju preoblikovalnih mehanizmov metode krivljenja TSS.

Glavni namen predstavljenega dela je izdelava dovršenega numeričnega modela za postopek 2D-krivljenja kvadratnega profila z metodo TSS z uporabo implicitnega programskega orodja Abaqus/standard, ter vrednotenje rezultatov izbranih parametrov, kot sta upogibna sila in upogibni moment, z eksperimentalnimi rezultati pridobljenimi na IUL v Dortmundu. Na podlagi potrjenega numeričnega modela so izvedene analize napetostnih in deformacijskih stanj v kritičnih področjih med in po procesu krivljenja. V diskusiji je obravnavana problematika pojava deformacij prečnega prereza profila med krivljenjem, ki sočasno nakazuje potencialno področje nadaljnjih raziskav za vrednotenje elastičnega izravnavanja in pojava zaostalih napetosti. S tem je podan prispevek k izboljšavi razumevanja kompleksnosti preoblikovalnih mehanizmov med krivljenjem profilov z metodo TSS.

Na osnovi predstavljenega članka so podane smernice za delo v prihodnje. Načrtuje se izvedba dodatnih analiz postopkov ravninskega krivljenja ob različnih nastavitvah parametrov. Po potrditvi vseh pomembnih procesnih parametrov za 2D-krivljenje pa bodo končno opravljene še numerične analize napetostnih in deformacijskih stanj pri postopku prostorskega oz. 3D-krivljenja profilov.

Ključne besede: prostorska superpozicija navora, TSS, upogibanje, 3D MKE, 2D-krivljenje profilov