

Numerična simulacija preoblikovanja v hladnem pločevin iz α -titanovih zlitin

Sebastijan Jurendić^{1, *} – Silvia Gaiani^{1,2}

¹ Akrapovič d.d., Slovenija

² Univerza v Modeni in Reggio Emilia, Oddelek za inženiring materialov, Italija

S širjenjem uporabe titanovih zlitin se tudi klasični proizvodni procesi vedno pogosteje uporabljajo pri proizvodnji izdelkov iz teh zlitin. To je izziv za serijsko proizvodnjo, saj se osnovne mehanske lastnosti titanovih zlitin lahko bistveno razlikujejo od lastnosti klasičnih konstrukcijskih materialov, ki jih te zlitine zamenjujejo, čeprav je v splošnem preoblikovalnost titanovih zlitin dobra. Numerične analize so postale nepogrešljivo orodje na področju snovanja, vrednotenja in optimiranja proizvodnih procesov, saj omogočajo vpogled v mehaniko preoblikovanja, ki bi ga bilo sicer nemogoče pridobiti. Zato je bila razvita metodologija popisa in modeliranja pločevin iz α -titanovih zlitin za numerične simulacije preoblikovalnih procesov v hladnem, in predstavljena na primeru simulacije globokega vleka. Analizirana je bila mehanika plastifikacije α -titanovih zlitin s heksagonalno kristalno strukturo in njen odraz na makroskopskih mehanskih lastnostih pločevine. Identificirane so bile pglavne karakteristike elasto-plastičnega odziva materiala, ki so pomembne za fenomenološki popis makroskopskih mehanskih lastnosti teh zlitin. Ob upoštevanju naštetega je bil izbran anizotropen materialni model, ki omogoča dovolj natančen popis materiala in je hkrati še dovolj praktičen za uporabo v industrijskem okolju, torej omogoča določitev potrebnih materialnih parametrov z razpoložljivimi sredstvi in v doglednem času.

Opređeljeni in analizirani so potrebni materialni podatki za izbrani ortotropni Barlatov (1989) materialni model, prav tako so razdelane metode za njihovo določevanje. Večino podatkov se da pridobiti iz standardnega nateznega preizkusa z vzdolžnim in prečnim merjenjem raztezkov. Za določanje parametrov anizotropije materiala so potrebni podatki v vzdolžni, diagonalni in prečni smeri glede na smer valjanja pločevine. Ker pločevine iz α -titanovih zlitin kažejo anizotropijo tako v meji tečenja kot tudi v utrjevanju materiala, so parametri anizotropije določeni kot funkcije plastičnega raztezka. Utrjevalna krivulja je določena z inverznim numeričnim postopkom, ki zajema numerično simuliranje nateznega preizkusa in iterativno spreminjanje utrjevalne krivulje, dokler se simulirani odziv ne ujema z izmerjenim. Tak postopek je nujen za določevanje odziva materiala po začetku lokalnega tanjšanja vzorca, saj pločevine iz α -titanovih zlitin po začetku lokalnega tanjšanja nateznega vzorca dosegajo visoke raztezke. Za določitev Barlatovega eksponenta krivulje plastičnega tečenja je potreben dvoosni preizkus. V ta namen je bil uporabljen standardni Erichsenov tehnološki preizkus, eksponent pa je bil določen s parametrično analizo numerične simulacije Erichsenovega preizkusa. Tako določeni materialni podatki so bili uporabljeni v simulaciji postopka globokega vleka. Uporabljena je bila oblika, ki zagotavlja porušitev materiala, kar omogoča vrednotenje simulacije do mej preoblikovalnosti. Za merilo porušitve je bila uporabljena krivulja mejnih deformacij. Rezultati simulacij kažejo razmeroma dobro ujemanje s preizkusi pri predvidevanju mej preoblikovalnega postopka, vendar so simulacije nekoliko konzervativne.

Glavna omejitev te metode je materialni model, ki ne upošteva asimetrije med mejo tečenja v nategu in tlaku α -titanovih pločevin, hkrati pa je težavno oceniti, v kolikšni meri to vpliva na netočnost rezultatov, saj so podatki o tlačnih lastnostih pločevin izredno težko merljivi.

Članek predstavlja praktično uporabo simulacije preoblikovanja α -titanove pločevine z inovativno uporabo Barlatovega (1989) materialnega modela, ki zaobide nekatere omejitve tega materialnega modela in na razmeroma preprost način, z uporabo preprostih in uveljavljenih preizkusov, omogoča uporaben numerični popis teh materialov.

Ključne besede: α -titan, heksagonalna kristalna struktura, numerična simulacija, preoblikovanje v hladnem, anizotropija, globoki vlek