

Eksperimentalna raziskava in numerična simulacija superplastičnega preoblikovanja zlitine AA 5083 s programirljivim logičnim krmilnikom

Muthusamy Balasubramanian^{1,*} – Pasupathy Ganesh² – Kalimuthu Ramanathan³ – Velukkudi Santhanam Senthil Kumar⁴

¹ Univerza Anna, Univerzitetni tehniški kolidž, Indija

² Univerza Anna, Tehniški inštitut Madras, Indija

³ Kolidž za inženiring in tehnologijo Alagappa Chettiar, Indija

⁴ Univerza Anna, Tehniški kolidž Guindy, Indija

Superplastično preoblikovanje je pomembna tehnologija, primerna za izdelavo delov raznih dimenzij v eni sami preoblikovalni operaciji in z možnimi aplikacijami v letalski in vesoljski industriji ter v proizvodnji zunanjih delov avtomobilov in turbinskih lopatic. Pomembno vlogo v vsakem procesu večdimenzijskega superplastičnega preoblikovanja imajo dejavniki kot so enakomerna porazdelitev debeline, preprečevanje čezmernega tanjšanja in končni izdelki brez gub. Enakomerna porazdelitev debeline pri večdimenzijskem profilu je nujna za nadzor tlaka med preoblikovanjem. Pogoj za nadzorovanje tlaka med preoblikovanjem je tudi optimalna hitrost obremenjevanja.

Predlagana je nova metoda za napovedovanje tlaka med procesom superplastičnega preoblikovanja pločevine iz zlitine AA 5083 s programirljivim logičnim krmilnikom (PLC). Metoda zagotavlja boljši profil enakomerne debeline na kompleksnem večdimenzijskem profilu kot obstoječa metoda. Za optimizacijo tlaka med procesom preoblikovanja je potrebna optimalna hitrost preoblikovanja. Točen nadzor nad velikostjo in trajanjem preoblikovalnega tlaka zagotavlja enakomerno porazdelitev debeline na vstopu orodja, v vogalu, na konusu in v območjih mikropreoblikovanja večdimenzijske kupole. Predstavljen je tudi poizkus preiskave superplastičnega preoblikovanja zlitine AA 5083 v tristopenjsko večdimenzijsko kupolo. Lastnosti preoblikovanja, kot so debelina polov, porazdelitev debeline, povprečna debelina, faktor tanjšanja in čas preoblikovanja, so bile preučene kot funkcije tlaka preoblikovanja, koeficienta trenja in indeksa občutljivosti na hitrost preoblikovanja. Tristopenjski postopek superplastičnega preoblikovanja je bil opravljen eksperimentalno in simuliran po metodi končnih elementov (MKE) s paketom ABAQUS. Spremembe profila debeline so bile izmerjene eksperimentalno in z analizo MKE na vstopu orodja, v vogalu orodja, na konusu in v območjih mikropreoblikovanja s tremi različnimi metodami nadzora tlaka: z algoritmom z omejitvami, logaritmičnim algoritmom in novo metodo s PLC-jem. Tlak je bil optimiziran za enakomerno porazdelitev debeline v območju vstopa orodja, v vogalu orodja, na konusu ter v območjih mikropreoblikovanja, vse pa z najkrajšim časom preoblikovanja.

Rezultati opravljenih eksperimentov po metodi PLC so odlični in material je bil v dobrem stiku s površino orodja s skoraj dokončno obliko tristopenjskega večdimenzijskega profila in z enakomerno porazdelitvijo debeline brez gubanja na vstopu orodja, v vogalu, na konusu in v območjih mikropreoblikovanja. Za primerjavo z eksperimentalnimi rezultati je bila opravljena simulacija po MKE s paketom ABAQUS. Rezultati metode končnih elementov se dobro ujemajo z eksperimentalnimi rezultati glede enakomerne porazdelitve debeline, časa preoblikovanja, tlaka preoblikovanja in stika s površino. Časovni cikel tlaka, pridobljen s tem pristopom, zagotavlja enakomerno porazdelitev debeline v večdimenzijskem profilu s minimalnim časom preoblikovanja (51 min) v primerjavi z rezultati algoritma z omejitvami (62 min) in logaritmičnim vodenjem (57 min). Za točen nadzor nad tlakom pri večstopenjskem profilu in izboljšanje profila debelosti brez gub je bila uporabljena metoda končnih elementov. Profil tlaka, napovedan po MKE (v paketu ABAQUS), se dobro ujema z rezultati eksperimentov.

Razviti sistem PLC učinkovito vodi superplastično preoblikovanje pločevine iz zlitine AA5083 v gnezdu brez pomembnejših zožitev. Porazdelitev debeline na vstopu v orodje in v vogalu je enakomerna tudi pri kompleksnem večdimenzijskem profilu, kot je bil uporabljen pri tem delu. Vezje PLC tudi učinkovito uravnava velikost in trajanje tlačnega cikla za optimizacijo kakovosti debeline in superplastično preoblikovanje večdimenzijskih komponent brez gub. MKE je zelo zanesljivo orodje za analizo in optimizacijo procesov superplastičnega preoblikovanja s spreminjanjem ravni trenja in indeksa občutljivosti na hitrost obremenjevanja, ki pomagata napovedovati pomembne parametre, kot so porazdelitev debeline, čas preoblikovanja in tlačni profil. V prihodnje bo treba preučiti še velikost zrn in mikrostrukturo preoblikovanih komponent v območjih mikropreoblikovanja.

Ključne besede: superplastično preoblikovanje, metoda končnih elementov, programirljiv logični krmilnik, aluminijeva zlitina 5083, večstopenjska večdimenzijska kupola