

# Superplastično preoblikovanje tristopenjskega polkrogelnega profila iz aluminija 5083

Muthusamy Balasubramanian<sup>1</sup> – Pasupathy Ganesh<sup>2</sup> –  
Kalimuthu Ramanathan<sup>3</sup> – Velukkudi Santhanam Senthil Kumar<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Univerza Anna, Univerzitetni tehniški kolidž, Ramanathapuram, Indija

<sup>2</sup> Univerza Anna, Tehniški kolidž, Guindy, Indija

<sup>3</sup> Kolidž za inženiring in tehnologijo Alagappa Chettiar, Indija

Superplastično preoblikovanje je pomembna tehnologija, primerna za izdelavo delov kompleksnih oblik v eni sami preoblikovalni operaciji in z možnimi aplikacijami v avtomobilski industriji, v letalski in vesoljski industriji, ali pri izdelavi lopatic vetrnih in vodnih turbin. Pri takšnih aplikacijah je dobrodošlo vse obstoječe znanje in informacije o večstopenjskih (tristopenjskih) operacijah superplastičnega preoblikovanja. Ključno vlogo pri procesu superplastičnega preoblikovanja imajo dejavniki, kot so enakomerna porazdelitev debeline, preprečevanje čezmernega tanjšanja in večdimenzijske komponente brez gub. Enakomerna porazdelitev debeline večdimenzijskega profila je npr. nujna za določanje tlaka pri postopku pihanja.

Glavni cilj tega raziskovalnega dela je doseganje maksimalne preoblikovalnosti in enakomerne porazdelitve debeline kompleksnega tristopenjskega polkrogelnega profila, ustvarjenega po postopku superplastičnega preoblikovanja zlitine AA5083 pri konstantnem tlaku. Članek predstavlja tudi napoved porazdelitve debeline v treh območjih orodja z različnimi polmeri na podlagi koeficienta trenja in različnih vstopnih polmerov orodja. Predstavljen je tudi poizkus preiskave superplastičnega preoblikovanja zlitine AA5083 v tristopenjsko (orodje s parametrično zasnovano ima tri različne polmere) polkrogelno kupolo; karakteristike preoblikovanja, kot so preoblikovalna višina, debelina polov, porazdelitev debeline, povprečna debelina, faktor tanjšanja in čas preoblikovanja, pa so preučene kot funkcije tlaka preoblikovanja, koeficienta trenja ter vstopnega polmera orodja v tristopenjskem parametričnem modelu. 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 treh različnih prehodih orodja in pri različnih tlakih. Tlak je bil optimiziran za enakomerno porazdelitev debeline na različnih prehodih orodja in z minimalnim časom preoblikovanja.

Eksperimentalni preizkusi superplastičnega preoblikovanja so bili opravljeni pri različnih tlakih. Pri vsakem so bile uporabljene različne izstopajoče višine za napovedovanje optimalnega tlaka, ki je pomemben za enakomerno porazdelitev debeline. Za vsako izstopajočo višino so bile oblikovane posamezne komponente in določeni parametri, kot so debelina polov, povprečna debelina in faktor tanjšanja. Maksimalni faktor tanjšanja zagotavlja enakomernjšo debelino kompleksnega tristopenjskega profila. Eksperimentalno določeni faktorji tanjšanja in povprečna debelina so pokazali, da obstaja optimalen tlak za enakomerno debelino parametričnega profila, ki znaša 0,5 MPa. Z odmikanjem od optimalnega tlaka se povečuje variabilnost debeline in se oblikujejo nestabilnosti v profilu. Tristopenjske simulacije v enakih pogojih preoblikovanja so pokazale, da je enakomerna debelina profila dosegljiva pri koeficientu trenja pod 0,1 in pri tristopenjskem parametričnem profilu orodja z vstopnim polmerom nad 4 mm.

Rezultati eksperimentov pri konstantnem tlaku so odlični in material je bil v dobrem stiku s površino tristopenjskega polkrogelnega orodja skoraj dokončne oblike, z enakomerno porazdelitvijo debeline brez gubanja v območju treh različnih polmerov. Za primerjavo z eksperimentalnimi rezultati je bila narejena simulacija po MKE s paketom ABAQUS. Rezultati analize po metodi končnih elementov se dobro ujemajo z eksperimentalnimi rezultati glede enakomerne porazdelitve debeline, časa preoblikovanja, tlaka preoblikovanja in stika s površino. Predlagani model parametrične zasnove tristopenjskega polkrogelnega profila zagotavlja enakomerno porazdelitev debeline v eni sami operaciji pihanja z optimalnim tlakom. Na podlagi tega parametričnega modela je mogoče postaviti zahteve za optimalen tlak. Nadaljnje raziskave bi bile lahko usmerjene v razvoj mehatronskega logičnega krmilnega sistema za natančno določanje tlačnega cikla za enakomerno porazdelitev debeline brez gubanja pri večstopenjskih polkrogelnih in kompleksnih pravokotnih komponentah, ki se pojavljajo v mnogih industrijskih aplikacijah.

**Ključne besede:** postopek superplastičnega preoblikovanja, tristopenjska polkrogelna kupola, eksperiment, MKE, aluminijeva zlitina 5083