

Študija utrjanja pri osno nesimetričnem rotacijskem preoblikovanju brez trna

Zhen Jia¹ – Zhiren Han^{1,*} – Baoming Liu¹ – Yong Xiao²

¹ Univerza za letalske in vesoljske tehnologije v Shenyangu, Državni laboratorij za temeljne znanosti in digitalne proizvodne procese v letalski industriji, Kitajska

² Severozahodna politehnična univerza, Šola za strojništvo, Kitajska

Osno nesimetrične lupine se pogosto uporabljajo v letalski, vesoljski in avtomobilski industriji. Rotacijsko preoblikovanje brez trna je primerno za izdelavo tovrstnih delov zaradi dobre fleksibilnosti, kratke priprave proizvodnje in nizkih stroškov.

Polje sil med procesom pa je drugačno kot pri preoblikovanju s trnom, saj surovec ni podprt. Posebna osno nesimetrična oblika povzroči značilno porazdelitev utrjanja pri rotacijskem preoblikovanju brez trna, s tem pa vpliva na lastnosti stožčastih delov. V eksperimentih rotacijskega preoblikovanja so bili uporabljeni trije različni nabori delovnih pogojev za različna polovična kota stožca HCA (45–30°, 60–30° in 60–45°).

Preizkusi površinske hrapavosti obdelovancev so pokazali, da je manjši kot polovičnega stožca HCA povezan z večjo stopnjo preoblikovalnega utrjanja. Za razkrivanje omenjenih odvisnosti so bile uporabljene preiskave mikrostrukture in teoretična analiza. Po izločitvi možnosti uporabe metalografskih metod je bila za študijo preoblikovalnega utrjanja osno nesimetričnega dela izbrana analiza napetostno-deformacijskega stanja. Porazdelitev preoblikovalnega utrjanja je bila preučena eksperimentalno in po metodi končnih elementov (MKE). Na podlagi izpeljane poti valja je bil oblikovan model po MKE za osno nesimetrično rotacijsko preoblikovanje brez trna.

Ugotovljeno je bilo dobro ujemanje med morfologijo in porazdelitvijo debeline sten, določeno s simulacijo in eksperimentalno. Določeno in analizirano je bilo ekvivalentno deformacijsko polje v obdelovancu po 24, 48 in 74 sekundah obdelave. Deformacije med procesom so enakomerne, stopnja neenakomernosti pa se povečuje s trajanjem procesa. Manjši kot polovičnega stožca je povezan z večjo stopnjo preoblikovalnega utrjanja zato, ker valj pri manjšem kotu HCA povzroča bolj nehomogene plastične deformacije. Neenakomernost plastičnih deformacij neposredno vpliva na orientacijo gibanja dislokacij ter spodbuja oblikovanje deformacijskega pasu, ki končno privede do preoblikovalnega utrjanja materiala. Le-to je zato večje na mestih z manjšim kotom HCA. V delovnem položaju z največjo razliko v kotih HCA je bila ugotovljena tudi največja razlika v preoblikovalnem utrjanju, največja razlika v trdoti pa lahko znaša 15 %. Trenutna natančnost modela po MKE je majhna in bi jo bilo treba izboljšati. Razlika v debelini sten, določeni s simulacijo in eksperimentom, bo še dodatno zmanjšana z visokonatančnimi simulacijami.

V prihodnje bo tako možna širša uporaba MKE za analizo in reševanje problemov toka kovine pri osno nesimetričnem rotacijskem preoblikovanju brez trna. Visokonatančne simulacije po MKE lahko npr. v veliki meri olajšajo preiskave mehanizma oblikovanja prirobničnih zgibov in njegovega vpliva na omejitve globine aksialnega preoblikovanja.

Članek najprej podaja študijo utrjanja pri osno nesimetričnem rotacijskem preoblikovanju brez trna. Analizirane so lastnosti porazdelitve in mehanizmi površinskega utrjanja pri različnih kotih HCA. Študija dopolnjuje osnovno teorijo tega postopka preoblikovanja in zagotavlja teoretično osnovo za izkoriščanje (npr. za povečanje trdnosti delov) ali za zmanjšanje (npr. za ohranitev plastičnosti kovine) pojava utrjanja.

Ključne besede: osno nesimetrično rotacijsko preoblikovanje, stanje preoblikovalnega utrjanja, rotacijsko preoblikovanje brez trna, HCA, MKE, napetosti