

Formiranje nazobčanega odrezka pri rezanju titanove zlitine: vpliv konstitutivnih modelov

Roberto Alvarez¹ – Rosario Domingo^{2,*} – Miguel Angel Sebastian²

¹Univerza Nebrija, Oddelek za industrijski inženiring, Španija

²UNED, Oddelek za proizvodno strojništvo, Španija

Članek obravnava ortogonalno rezanje zlitine Ti6Al4V, natančneje: i) možnosti uporabe Zerilli-Armstrongovih modelov pri simulacijah po metodi končnih elementov; ii) integracijo Zerilli-Armstrongovih modelov, Bakerjeve modifikacije El-Magdovega in Treppmannovega modela ter Johnson-Cookovega (J-C) modela z nižjim koeficientom toplotnega mehčanja s kriterijem loma; in iii) raziskavo vpliva mazanja na rezultate in vpliv koeficienta trenja pri suhem in mokrem rezanju za osem modelov.

V tem prispevku je analiziran vpliv osmih konstitutivnih modelov na formiranje nazobčanega odrezka pri ortogonalnem rezanju zlitine Ti6Al4V v okviru simulacije po metodi MKE in primerjava z eksperimentalnimi rezultati, in sicer za suho odrezavanje in za obdelavo ob prisotnosti običajne 7-odstotne vodne emulzije hladilno-rezalne tekočine. Modeli vključujejo enačbe J-C s štirimi različnimi nabori konstantnih parametrov, El-Magdov in Treppmannov modificirani model in tri Zerilli-Armstrongove modele na osnovi obnašanja različnih kristalnih struktur (telesno centrirana kocka BCC, heksagonalni gosti zlog HCP in modificirani model HCP).

Model napetosti tečenja pri Ti6Al4V je bil analiziran s pomočjo dvodimenzionalnega modela MKE ob upoštevanju konstitutivnih enačb in treh koeficientov trenja ($m = 0,4; 0,6$ in $0,8$). Opravljena je bila primerjava izhodov procesa kot so rezalna sila, temperatura na cepilni ploskvi in merljivi parametri segmentiranega odrezka (višina vrhov in dolin zob, širina zoba, stopnja stiskanja odrezka in deformacije odrezka).

Pri ortogonalnem rezanju nastane nazobčan odrezek, zato je bila pri vseh modelih smiselna integracija modela MKE in kriterija loma, razen pri modificiranem El-Magdovem in Treppmannovem modelu, morda zaradi nižje toplotne prevodnosti pri visokih temperaturah. Štirje modeli J-C dajejo dobre rezultate glede morfologije odrezka, čeprav je najbolje prilagojen model z nižjo mejo plastičnosti. Zerilli-Armstrongovi modeli za strukturi BCC in HCP se obnašata podobno, medtem ko je pri modifikaciji Zerilli-Armstrongovega modela opaziti občutno povečanje rezalne sile in temperature zaradi strukture HCP, obdelava pa je težavnejša kot pri strukturi BCC. Model za strukturo BCC se je izkazal kot najbolje prilagojen za morfologijo odrezka pri vrednosti $m = 0,8$ z najboljšim ujemanjem sil in temperature pri uporabi hladilne tekočine. Model strukture HCP je lahko dober pristop za suho obdelavo, z odstopanji manjšimi od 2 % in dobrimi rezultati za deformacijo odrezkov (1,4 in 1,7 % za BCC in HCP) in stopnjo stiskanja odrezkov (4,7 in 7 % za BCC in HCP).

Modeli napovedujejo geometrijo odrezkov z dobro natančnostjo, z izjemo modificiranega El-Magdovega in Treppmannovega modela, zato je integracija kriterija loma sprejemljiva. Štirje modeli J-C dajejo dobre rezultate, model z nižjim koeficientom toplotnega mehčanja pa rezultatov ni izboljšal. Zerilli-Armstrongovi modeli s strukturo BCC in HCP izkazujejo najboljše ujemanje pri suhem in mokrem ortogonalnem rezanju. Modificirani model HCP ni dal dobrih rezultatov, zato matematična modifikacija, ki vpliva na funkcijo deformacij, ni primerna za ortogonalno rezanje. Trenje in mazanje vplivata na rezalno silo in na temperaturo, medtem ko morfologija odrezkov nanju ni občutljiva. Modeli so občutljivi tudi na faktor trenja, rezultati pa so odvisni od konstitutivnih enačb materiala in od vrednosti konstant. Primerjave z literaturo kažejo, da simulacije z uporabo Zerilli-Armstrongovih modelov omogočajo manjša odstopanja glede na eksperimentalne rezultate.

©2011 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

Ključne besede: obdelava, ortogonalno rezanje, Ti6Al4V, MKE, morfologija odrezkov, konstitutivni modeli