

Optimizacija struženja zlitine Ti6Al4V s podporo visokotlačne hladilne tekočine

Oğuz Çolak

Univerza Süleymana Demirela, Center za raziskave in aplikacije CAD/CAM, Turčija

Zlitina Ti6Al4V je razširjena predvsem v letalski in vesoljski industriji ter pri izdelavi medicinskih izdelkov, zaradi svojih lastnosti pa spada med materiale, ki jih je najtežje obdelovati z odrezavanjem. Obdelava te zlitine brez pomožnega hlajenja je zelo težavna zaradi visokih temperatur v območju rezanja, ki so delno posledica slabe toplotne prevodnosti materiala in povzročajo hitro obrabo orodja. Iskanje rešitev za odpravo tega problema in izboljšanje obdelovalnosti zlitine Ti6Al4V gre v smeri razvoja različnih tehnik hlajenja in mazanja. En glavnih pristopov je hlajenje s pomočjo visokotlačnega curka. Osnovni princip je izkoriščanje mehanskega in toplotnega učinka hladilne tekočine pod visokim tlakom, ki se brizga na stik orodja in odrezka za boljše mazanje in hlajenje.

Znano je, da imajo operacije obdelave številne vhodne parametre, ki vplivajo na stroške obdelave in na kakovost izdelkov. Izbira optimalnih parametrov obdelave je zato zelo pomembna za industrijo. Večja učinkovitost obdelave z visokotlačnim hlajenjem se dosega z optimizacijo parametrov visokotlačnega hlajenja in odrezavanja.

Članek obravnava optimizacijo parametrov obdelave ob upoštevanju ukrepov za izboljšanje struženja zlitine Ti6Al4V na konvencionalen način in z visokotlačnim hlajenjem. V ta namen je bil v eksperimentalni študiji uporabljen genetski algoritem za iskanje optimalnih parametrov odrezavanja. Privzeti so bili trije optimizacijski kriteriji za izboljšanje učinkovitosti obdelave: površinska hrapavost, stopnja odvzema materiala in moč odrezavanja. Opravljena je bila vrsta preskusov obdelave Ti6Al4V pri konvencionalnih in različnih visokotlačnih pogojih hlajenja. Za preskuse je bilo izbrano orodje CNMG0812 s prevleko (Ti,Al)N+TiN. Eksperimenti so bili zasnovani na podlagi Taguchijevega ortogonalnega polja L9 s tremi različnimi rezalnimi hitrostmi, podajanci in ravnimi tlaka. Med eksperimentalno obdelavo pri konstantni globini reza so bile merjene komponente rezalne sile in površinska hrapavost, prav tako pa sta bili izračunani stopnja odvzema materiala in rezalna moč glede na parametre odrezavanja in eksperimentalni odziv. Za sestavljanje ciljne funkcije pri vsaki ravni tlaka so bile z multiregresijsko analizo pridobljene empirične enačbe, ki popisujejo odvisnost med pogoji odrezavanja in eksperimentalnim odzivom. Maksimum ciljnih funkcij je bil ugotovljen z genetskim algoritmom in opredeljeni so bili optimalni parametri obdelave. Opravljeni so bili tudi preskusi obrabe orodja pri pogojih odrezavanja, ki so blizu optimalnim parametrom obdelave.

Na podlagi hibridnega modela so bila izrisana sprejemljiva območja z mejami ukrepov za učinkovitost obdelave pri vsakokratnih pogojih hlajenja. Rezultati optimizacije so pokazali, da so sprejemljiva območja v pogojih visokotlačnega hlajenja nekoliko manjša kot pri konvencionalnem hlajenju. Vzrok za to je naraščajoči vpliv visokotlačnega hlajenja na površinsko hrapavost – kakovost površine se zmanjšuje z naraščanjem tlaka. Optimalni parametri odrezavanja in odziv pri pogojih hlajenja $P = 6$ in 150 bar so si sicer precej podobni, kar pa ne velja za življenjsko dobo orodja pri različnih pogojih hlajenja. Življenjska doba orodij pri tlaku $P = 150$ bar oz. $P = 300$ bar je za približno 47 oz. 112 % daljša kot pri konvencionalnem hlajenju. To je mogoče pojasniti z dejstvom, da brizganje visokotlačne hladilne tekočine na stik orodja in odrezka zagotavlja učinkovito mazanje in hlajenje s penetracijo v območje rezanja, zaradi česar se občutno zniža temperatura. Obrabo orodja zaradi visokih temperatur je zato mogoče zmanjšati ali v celoti preprečiti, življenjska doba orodja pa se podaljša v primerjavi s konvencionalnim hlajenjem. Optimizacija po drugi strani ni dala pomembnejših sprememb pri rezalni moči, ne glede na pogoje hlajenja. Visokotlačno hlajenje pri eksperimentih namreč ni pomembneje vplivalo na glavne rezalne sile.

Hibridni model, ki je bil uporabljen v raziskavi za optimizacijo učinkovitosti obdelave, je zelo primeren za opredeljevanje optimalnih parametrov odrezavanja glede na dane kriterije optimizacije. Uporaba visokotlačnega hlajenja pri obdelavi težavnih materialov gre tudi v prid trendu trajnostnosti proizvodnje zaradi daljše življenjske dobe orodij in manjših stroškov obdelave.

Ključne besede: visokotlačno hlajenje, optimizacija, življenjska doba orodja, zlitina Ti6Al4V, hibridni model, obdelava