

Raziskava mikroobdelave nanokompozita Al/TiB₂ z lasersko ablacijo

Pratheesh Kumar Manikandan Rajam* – Jayakrishnan Nampoothiri

Tehniški kolidž PSG, Oddelek za proizvodno strojništvo, Indija

Obdelava z laserskim žarkom (LBM) omogoča ekonomično obdelavo raznih materialov ob doseganju želenih kakovostnih kriterijev. V članku je predstavljena izdelava mikrokanalov v nanokompozitu Al/TiB₂ z laserskim sistemom Nd:YAG. Prisotnost delcev TiB₂ v aluminijasti osnovi preprečuje napredovanje dislokacij skozi faze v osnovi, s tem pa se poveča trdnost kompozitnega materiala in za odrezavanje so potrebne večje sile. Tehnologija LBM ima prednost pri obdelavi detajlov na mikroskali, saj ponuja majhno stopnjo odnašanja materiala, visoko dimenzijsko točnost in kakovostne površine. Zato je bila tudi izbrana za obdelavo mikrokanalov v kompozitu Al/TiB₂. Neustrezna izbira parametrov procesa obdelave negativno vpliva na kakovost površine lasersko obdelanih komponent.

Cilj raziskave je identifikacija vpliva vsakega parametra procesa posebej in v kombinaciji z ostalimi parametri na površinsko hrapavost mikrokanalov, kakor tudi identifikacija optimalne kombinacije parametrov procesa za minimalno površinsko hrapavost.

Ekspirimenti so bili opravljeni z različnimi vrednostmi naslednjih vhodnih parametrov procesa: moč laserja, frekvenca, tlak pomožnega plina in rezalna hitrost. Površinska hrapavost mikrokanalov je bila izmerjena z mikroskopom na atomsko silo. Eksperimentalni del študije je bil zasnovan na podlagi ortogonalnega polja Taguchi L9. Pri eksperimentih je bila uporabljena kakovostna funkcija tipa »manj je več«, saj je cilj minimalna površinska hrapavost mikrokanalov. Rezultati eksperimentov so bili statistično preiskani s programsko opremo Minitab na podlagi metodologije Taguchi. Iz podatkov je bila izpeljana regresijska enačba, ki opredeljuje odvisnost med vhodnimi parametri procesa in parametrom odziva (površinska hrapavost Ra). Napovedane vrednosti površinske hrapavosti Ra so bile določene z omenjeno regresijsko enačbo. Statistična analiza je pokazala vrednost $R^2 = 95,13\%$ in s tem visoko točnost eksperimentalnih podatkov. Glede na odstotne prispevke vhodnih parametrov po analizi ANOVA ima največji vpliv na površinsko hrapavost moč laserja. Iz grafa glavnih učinkov za srednje vrednosti **površinske hrapavosti**, pridobljenega s statistično analizo, je razvidno, da je minimalna površinska hrapavost mikrokanala dosežena pri 3. ravni rezalni hitrosti (200 mm/min), 1. ravni tlaka plina (2 bar), 2. ravni frekvence (4 kHz) in 1. ravni moči laserja (5 kW). Grafi glavnih učinkov za srednje vrednosti nakazujejo tudi trend vpliva posameznih vhodnih parametrov procesa na površinsko hrapavost. Na površinsko hrapavost pa vplivajo tudi interakcije med vhodnimi parametri procesa. Vpliv interakcij med parametri procesa na Ra v padajočem vrstnem redu moči vpliva je tak: moč/frekvenca, moč/tlak plina, frekvenca/tlak plina. Pripravljeni so bili konturni diagrami za analizo vpliva interakcij po dveh parametrah procesa na površinsko hrapavost, medtem ko preostala vhodna parametra zavzameta konstantno optimalno raven. Diagram vpliva interakcij rezalna hitrost/frekvenca impulzov na Ra kaže, da je območje minimalne površinske hrapavosti doseženo pri kombinaciji visoke frekvence impulzov in visoke rezalne hitrosti ter pri nizki frekvenci impulzov in nizki rezalni hitrosti. Prekrivanje kraterjev je odvisno od kombinacije frekvence impulzov in rezalne hitrosti. Večje kot je prekrivanje kraterjev, bolj gladka je površina reza. Zgornje kombinacije zagotavljajo visoko stopnjo prekrivanja kraterjev in zvezno gostoto moči na enoto dolžine za popolno rezanje z enakomerno in gladko površino reza. Diagram vpliva interakcij moč laserja/rezalna hitrost na Ra nakazuje, da je površinska hrapavost minimalna pri srednji ravni moči laserja in visoki rezalni hitrosti. Ta kombinacija zagotavlja ravno prav časa za delovanje laserja na material obdelovanca. Diagram vpliva interakcij rezalna hitrost/tlak plina na Ra nakazuje, da je površinska hrapavost minimalna pri kombinaciji nizkega tlaka plina in srednje rezalne hitrosti. Srednja rezalna hitrost zagotavlja dovolj dolgo izpostavitvev materiala laserskemu žarku, minimalen tlak plina pa preprečuje strjevanje materiala v samem mikrokanalu za boljšo površino. Diagram vpliva interakcij frekvenca impulzov/moč laserja na Ra nakazuje, da srednja moč laserja in visoka frekvenca zagotavljata ustrezno izpostavljenost materiala laserju za minimalno hrapavost obdelane površine. Diagram vpliva interakcij tlak plina/frekvenca impulzov na Ra nakazuje, da zmeren tlak plina v kombinaciji z visoko frekvenco prav tako prispeva k ustrezni izpostavitvi obdelovanca laserju za minimalno površinsko hrapavost.

Ključne besede: laserska mikroobdelava, površinska hrapavost, nanokompozit, optimizacija parametrov, metodologija Taguchi, laser Nd:YAG