

Mikrostrukturna analiza lasersko oplastene aluminijeve zlitine EN AW-6082-T651 s keramičnima sestavinama TiB₂ in TiC

Dunja Ravnikar¹ – Primož Mrvar² – Jožef Medved² – Janez Grum^{1,*}

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Slovenija

Članek predstavlja lasersko oplastenje aluminijeve zlitine EN AW-6082-T651 s prednanosom keramičnih sestavin TiB₂-TiC z dodatkom aluminija v prašnati obliki. Za lasersko oplastenje sta značilni dobra ponovljivost procesa z dobro kemično zvezo med oplastenim slojem in substratom ter manjša poroznost. Laserska tehnologija omogoča tudi naknadno toplotno obdelavo s ciljem izboljšanja končnih lastnosti izdelka.

Oplastenje aluminijevih zlitin s keramičnimi sestavinami je zelo zahteven postopek zaradi združevanja dveh različnih vrst materialov z različnimi fizikalnimi lastnostmi. Keramične sestavine se od aluminijeve zlitine zelo razlikujejo po temperaturi tališča in toplotnem raztezanju, imajo pa tudi slabo omočljivost. Zato je zelo pomembna ustrežna izbira keramičnih sestavin z dodatki in optimalna izbira laserskih parametrov, da se doseže kakovosten oprijem obloge s substratom.

Za dobro kemično zvezo med oplastenim slojem in substratom smo morali zagotoviti zadosten vnos energije, ki je delno natalil vnaprej nanoseno mešanico praška, kakor tudi tanek površinski sloj substrata. Uporabljen je bil vlakenski laserski vir proizvajalca IPG Photonics, maksimalne moči 3 kW s kontinuiranim delovanjem v infrardečem območju pri valovni dolžini 1070 nm. Izbrali smo dve mešanici praška (40 mas.% TiB₂ / 40 mas.% TiC / 20 mas.% Al in 60 mas.% TiB₂ / 20 mas.% TiC / 20 mas.% Al) in ju nanесли na čisto površino substrata pred izvedbo laserskega oplastenja. Oplastenje je bilo izvedeno s tremi različnimi močmi laserskega snopa (800, 1000 in 1200 W), s hitrostjo pomika 60 mm/s in velikostjo pege na površini 1,0 mm. Postopek je bil izveden z dvema stopnjama prekrivanja laserskih sledi (30 in 50%). Nastalo oblogo smo preučili z mikrostruktorno in mikrokemično analizo ter izmerili mikrotrdoto v oblogi in v delu substrata pod oblogo.

Delci TiC in TiB₂ v nastali aluminijevi matrici se razlikujejo po obliki in velikosti. Obloga je dobro oprijeta s substratom, brez razpok in s povprečno poroznostjo nižjo od 2%. Termodinamična analiza sistema je pokazala možen obstoj aluminijevega karbida Al₄C₃ v oblogi, medtem ko je energijska disperzijska spektroskopija oz. analiza EDS pokazala možen nastanek aluminijevih oksikarbidov v oblogi poleg prisotnosti TiB₂, TiC in Al. Dodatno izvedena termična analiza pa je nakazala obstoj dveh ločenih eksotermnih vrhov, iz katerih lahko sklepamo o domnevni postopni precipitaciji faze Mg₂Si kot tipičnega precipitata v aluminijevi zlitini 6082. Mikrotrdota v oblogi je v povprečju za 40% višja kot pri substratu, medtem ko je mikrotrdota v lasersko pretaljeni in toplotno vplivani coni znatno nižja od neoplastene aluminijeve zlitine. Spremenjena mikrostruktura v pretaljenem področju pod oblogo se odraža v nižji trdoti, kar potrjuje spremembo iz izločevalno utrjenega stanja v gašeno stanje po oplastenju. Toplotni vplivi med procesom oplastenja in hitrega ohlajanja prispevajo k nastanku prisilne raztopine z zmanjšano mikrotrdoto.

Z nanosom različnih keramičnih sestavin z različnimi dodatki lahko povečamo trdoto v oplastenem sloju ter zagotovimo izboljšano obrabno in kemično obstojnost. Oplastenje aluminijevih zlitin s keramičnimi sestavinami je vedno bolj zanimivo za procesno, kemično in avtomobilsko industrijo ter za uporabo pri gradnji delov v različnih termoenergetskih strojih in napravah. Lahki konstrukcijski materiali dobijo s tako oblogo izboljšane lastnosti površine, kar prinaša pomemben tehnološki napredek tudi pri gradnji lahkih motorjev in sestavnih delov strojev z izboljšano učinkovitostjo.

Ključne besede: lasersko oplastenje, aluminijeva zlitina, keramični sestavini TiC-TiB₂, mikrostrukturna analiza, termodinamična analiza, termična analiza, mikrotrdota