

Matematični model ter študija hrapavosti in trdote delov iz jekla Hardox 400, odrezanih s CO₂-laserjem

Mihaela Milešan¹ – Constantin Cristinel Gîrdu¹ – Liviu Cîrțînă² – Constanța Rădulescu²

¹ Transilvanska univerza v Brașovu, Fakulteta za tehnološki inženiring in industrijski menedžment, Romunija

² Univerza Constantin Brâncuși, Romunija

Tehnologija laserskega rezanja jeklenih materialov se je uveljavila v industrijski proizvodnji na področju natančnega rezanja pločevin, profilov in delov. Kakovost odrezanih površin je bistveno večja kot pri ostalih rezalnih tehnologijah (npr. pri plazemskem ali plamenskem rezanju). V tem kontekstu potekajo prizadevanja za izboljševanje laserskih tehnologij na področju učinkovitosti rezanja, stroškov, produktivnosti in donosnosti.

Raziskovalni cilji predstavljene študije so bili: določitev matematičnega izraza za hrapavost R_a v algebrski in diferencialni obliki; opis rezalnih parametrov CO₂-laserskega sistema za izrezanje 45 delov iz plošče materiala Hardox 400; uporaba metodologije odzivne površine in 3D-grafikona za določitev hrapavosti R_a na osnovi vhodnih parametrov, moči in hitrosti; določitev formule za izračun hrapavosti v odvisnosti od moči laserja in rezalne hitrosti po linearnem in kvadratnem modelu, statistični izračuni za linearni in kvadratni model; in analiza variabilnosti trdote površine lasersko odrezanih delov v odvisnosti od hrapavosti.

Izveden je bil reduciran faktorski poskus (3²) z devetimi laserskimi rezanji materiala HARDOX. Začetni faktorski poskus je bil ponovljen štirikrat v enakih pogojih, pri čemer je bilo izdelanih 45 delov.

Na osnovi rezultatov raziskav laserskega rezanja kovinskih materialov je bila sprejeta odločitev za izbiro materiala s posebnimi fizikalno-mehanskimi lastnostmi, o katerem niso na voljo podatki v specializirani literaturi, vendar je močno razširjen v strojogradnji in rudarstvu. Izbrani material je bil HARDOX 400 v obliki 10-milimetre pločevine. Ta debelina je primerna za preučevanje različnih parametrov, ki karakterizirajo kakovost lasersko odrezanih delov: širina reza, koničnost (nagib bokov), hrapavost bokov in trdota površine. Preliminarne raziskave so identificirale mejne vrednosti izbranih parametrov (moč laserja, tlak kisika kot pomožnega plina, rezalna hitrost), pri katerih poteka rezanje. Izbrane so bile naslednje izhodiščne vrednosti: moč 4200 W, tlak rezalnega plina 0,55 bar, rezalna hitrost 1400 mm/min. Variabilnost moči je znašala 100 W, tlaka pomožnega plina 0,10 bar in rezalne hitrosti 200 mm/min.

V preliminarnih preizkusih laserskega rezanja je bil uporabljen kvadratni izrez velikosti 40x40 mm, za glavni eksperiment pa je bil izbran del s tremi ravnimi in eno ukrivljeno stranico. Dimenzije so bile izmerjene na zgornji in spodnji strani izrezanih delov in preostanka plošče. Na vseh 45 delih so bile izmerjene trdota in kemična sestava odrezanih površin ter hrapavost R_a . Površine so bile analizirane po metodi vrtničnih tokov. Hrapavost je bila izračunana po metodi analize variance ANOVA v programu STATISTICA.7.

Predstavljeni rezultati eksperimentov z rezanjem materiala HARDOX 400 in formule za določanje hrapavosti so pokazali, da je najobčutljivejši vhodni parameter moč laserja. Vrednost hrapavosti R_a je manjša pri visokih hitrostih in majhnih močeh, zato je za doseganje majhne vrednosti hrapavosti priporočena minimalna moč laserja.

Novost študije je določitev vpliva treh vhodnih parametrov (variabilna moč laserja in rezalna hitrost, konstanten tlak) na hrapavost R_a pri laserskem rezanju delov iz jekla HARDOX 400 ter določitev temperature na površini materiala. Rezultati so uporabni tako za operaterje rezalnih strojev kakor tudi za tehnologe, ki si prizadevajo za dobro hrapavost odrezanih delov. Za doseganje hrapavosti po rezanju, manjše od 3 μ m, je tako npr. treba izbrati moč 4100 W in rezalno hitrost 1400 mm/min pri konstantno nizkem tlaku rezalnega plina.

Obstaja množica podobnih raziskav na temo laserskega rezanja jekel in zlitin, le malo podatkov pa je na voljo za obdelavo jekla HARDOX z laserskim žarkom. Rezultat predstavljene študije je matematični opis odvisnosti hrapavosti in kakovosti lasersko izrezanih delov od nastavljenih parametrov laserskega sistema. HARDOX je zahteven jekleni material, ki terja skrbno izbiro vhodnih parametrov. V prihodnjih raziskavah bo treba preučiti še odvisnost parametrov rezalnega procesa od debeline materiala HARDOX 400 za doseganje želene hrapavosti in trdote. Naslednja raziskovalna tema je fokusiranje laserskega žarka v korelaciji z vhodnimi parametri za doseganje optimalne površinske hrapavosti.

Ključne besede: lasersko rezanje, hrapavost, trdota, reza, CO₂-laser, analiza ANOVA