

# Analiza globine in kota zarez po metodi končnih elementov pri izsekovanju nerjavne jeklene pločevine s predzarezovanjem

Kaan Emre Engin\*

Tehniška fakulteta pri univerzi Adiyaman, Oddelek za strojništvo, Turčija

Luknjanje je pomemben postopek v industriji predelave pločevine. Gre za postopek rezanja pločevine z orodjem, ki ga sestavlja oblikovan pestič in spodnja matrica. Med najpomembnejšimi zahtevami pri postopku luknjanja sta tudi zmanjšanje potrebe po dodelavah na minimum in ohranitev kakovosti površin. Težavo pri izpolnjevanju te zahteve predstavljajo srh in izstopajoče površine. Nepravilnosti se s površin običajno odstranijo z brušenjem in z drugimi postopki čiščenja, kar pa je povezano s podaljšanjem dela, višjimi stroški in dodatno obremenitvijo delavcev.

Za izboljšanje kakovosti površin odrezanih pločevinastih komponent je bila nedavno razvita metoda izsekovanja s predzarezovanjem. Pri tem naprednem postopku se v obdelovanec najprej vtisne zarez z določenimi lastnostmi, temu pa sledi klasično luknjanje. Prisotnost zarez na obdelovancu zahteva analizo dodatnih parametrov, kot so globina zarez, izražena z odstotno vrednostjo višine zarez glede na debelino obdelovanca, in kot vtisnjene zarez na površini obdelovanca. Le malo raziskovalcev se je ukvarjalo z izsekovanjem pločevine s predzarezovanjem in s pripadajočimi parametri. Vrednost kota zarez je običajno fiksna in znaša  $60^\circ$ . Nobena od raziskav, ki so bile vključene v pregled, pa ni analizirala vpliva teh lastnosti na nerjavna jekla, ki so eden od najbolj razširjenih materialov v industriji. Novost študije je v raziskavi izsekovanja z vnaprejšnjo izdelavo zarez do treh različnih globin (15 %, 30 % in 60 % debeline obdelovanca) in s šestimi različnimi koti zarez ( $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $50^\circ$  in  $60^\circ$ ) v nerjavnem jeklu 1.4301, in sicer eksperimentalni ter z analizo po metodi končnih elementov. Z analizo vpliva različnih kotov in globin zarez v nerjavnem jeklu tako zapira obstoječo vrzel v literaturi. Za eksperimentalni del raziskave je bilo izdelano orodje po meri, za analizo po metodi končnih elementov pa je bila uporabljena programska oprema Deform-2D. Najprej so bile z nateznim preizkusom nerjavnega jekla 1.4301 določene krivulje odvisnosti napetosti od deformacij, ki jih zahteva programska oprema.

Nato so bili opravljeni eksperimenti z luknjanjem in izsekovanjem s predzarezovanjem. Premer spodnje matrice je bil 10 mm, premer pestiča za navadno luknjanje pa je znašal 9,80 mm z rezilno zračnostjo 5 %. Zaradi progresivne narave postopka izsekovanja je bil izdelan poseben votli pestič s kotom zarez  $60^\circ$  in globino zarez v vrednosti 60 % debeline obdelovanca. Eksperimenti so bili opravljeni na hidravlični stiskalnici s silo 300 kN in hitrostjo pestiča 1 mm/s. Po potrditvi ujemanja eksperimentalnih in numeričnih rezultatov so bile analizirane preostale vrednosti globine in kota zarez z analizo po metodi končnih elementov. Analizirane so bile dolžine strižnih con in potrebne rezalne sile.

Rezultati kažejo na zmanjšanje potrebnih rezalnih sil pri preizkušancih z globljimi zarezami in širšimi koti zarez. Sile pri preizkušancih z zarezami so bile manjše kot pri preizkušancih, luknjanjih po klasičnem postopku, kar je v neposredni povezavi z zmanjšanjem debeline materiala zaradi oblikovanja zarez na obdelovancu. Ugotovljeno je bilo tudi, da obstajata vrednosti globine in kota zarez, pri katerih je dosežena optimalna kakovost odrezane površine: pri kotu zarez  $50^\circ$  za globino zarez 15 %, pri kotu zarez  $40^\circ$  za globino 30 % in pri kotu zarez  $20^\circ$  za globino zarez v višini 60 %. Pojav srha se je občutno zmanjšal. Ocenjeno dolžino strižne cone na preizkušancu po luknjanju (22,6 %) je bilo mogoče preseči samo pri kotu zarez  $50^\circ$  in globini 15 % (24,4 %). Preostale vrednosti strižnih con niso bile primerne za rezanje pločevine iz materiala 1.4301 v primerjavi s konvencionalnim luknjanjem.

Izkazalo se je torej, da lahko daje izsekovanje s predzarezovanjem boljše rezultate kot luknjanje, zlasti z vidika preprečitve nastanka srha, če je glavna zahteva po kakovosti površin in odsotnosti dodelave na obdelovancih. Največjo dolžino strižne cone brez srha je mogoče doseči z nujnimi pripravljalnimi deli, kot je analiza po metodi končnih elementov, saj je strižna cona pri nekorigiranih vrednostih prekratka.

**Ključne besede:** luknjanje, izsekovanje s predzarezovanjem, rezalne sile, kot zarez, globina zarez, oblikovanje srha, strižna cona, kakovost površine