

Konstanta materiala C, zlasti pa eksponent deformacijskega utrjevanja nista tisti veličini, s katerima je mogoče analitično obravnavati preoblikovalne postopke, sklepati na preoblikovalno sposobnost, določevati obremenitve orodij, vrednotiti uspešnost toplotnih obdelav in podobno. Prav zato smo instrumentalni natezni trgalni stroj ter ga opremili z računalnikom, tako, da le ta med nateznim preiskusom samodejno beleži tudi krivuljo tečenja materiala in sicer v korigirani obliki, tako, da izmerjene karakteristike ustrezajo temu, kar sicer dobimo le z diskontinuiranim tlačnim preiskusom.

### **23. Optimiranje toplotne obdelave rezilnih orodij** **Optimised Heat Treatment of Cutting Dies**

V. Leskovšek<sup>1</sup>, B. Ule<sup>1</sup>, A. Rodič<sup>1</sup>, D. Lazar<sup>2</sup> in M. Pogačnik<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>SŽ-MI Ljubljana, <sup>2</sup>SŽ Plamen Kropa

Pri izdelavi rezilnih orodij je ena najpomembnejših operacij toplotna obdelava. Pomen pravilne toplotne obdelave pa se kaže v možnosti, da vplivamo na izbiro optimalne kombinacije osnovnih lastnosti teh jekel — za določeno kombinacijo del/orodje — kot so:

- odpornost proti obrabi,
- trdnost rezilnega robu (odpornost rezilnega robu na zaokroževanje ali deformacijo),
- tlačna meja plastičnosti (kriterij, ki določa trdoto),
- žilavost.

Za toplotno obdelavo hitroreznih jekel uporabljamo različne agregate. V zadnjem času vse pogosteje uporabljamo vakuumске peči s homogenim hlajenjem pod visokim tlakom.

Pri našem eksperimentalnem delu smo se omejili na študij optimiranja toplotne obdelave obrezilnih matric izdelanih iz jekla VEW S 600 (Č.7680). Osem skupin obrezilnih matric, cilindričnih nateznih preizkušancev z zarezo po obodu in matricam podobnih etalonov, smo toplotno obdelali v vakuumski peči IPSEN VTC 324-R na ta način, da so se vse obrezilne matrice uvrstile v tri razrede trdot in sicer v razred  $61 \pm 1$  HRc,  $64 \pm 1$  HRc in  $66 \pm 1$  HRc. Polovico tako toplotno obdelanih matric smo med obema puščanjima še 1 uro podhlajevali v propanolu pri  $-95$  °C.

Ena polovica celokupnega števila matric iz vsake posamezne skupine pa je bila še dodatno površinsko obdelana in sicer z nanosom 2  $\mu$ m debele plasti TiN po PVD tehnologiji.

Vse obrezilne matrice smo s stališča obrabe preizkusili na najboljši mogoči način, namreč kar neposredno v eksploataciji na stroju Boltmaker 5/6"-5-52 pri obrezovanju glave vijakov M 8 iz jekla ČSN 12122. Matricam podobne etalone smo metalografsko pregledali, v laboratoriju za strukturno rentgensko analizo pa smo določili odstotek zaostalega austenita in popačenost oziroma tetragonalnost mreže. Lomno žilavost, ki smo jo v tem primeru poimenovali »pogojna lomna žilavost«  $K_{\text{sc}}$ , smo določili z nateznim preiskusom cilindričnih preizkušancev z zarezo po obodu.

Rezultate naših opazovanj obrabe robov obrezilnih matric smo zbrali na sestavnih slikah, na katerih vidimo trend obrabe obrezilnih robov. Rezultati kažejo, da oslojevanje s TiN poveča življenjsko dobo obrezilnih matric približno 3-krat. Ugotovili pa smo, da življenjsko dobo obrezilnih matric — neodvisno od tega, ali so bile oslojene s TiN ali ne — določa predvsem njihova trdota, medtem ko pogojna lomna žilavost jekla na življenjsko dobo matric nima velikega vpliva. Pri tem je pomembna ugotovitev, da ima lahko jeklo pri enaki trdoti tudi povsem različno pogojno lomno žilavost (tudi za faktor 2,5), kar zavisi predvsem od temperature austenitizacije, t. j. od velikosti austenitnih zrn. Podhlajevanje jekla med obema puščanjima ima za posledico večjo tetragonalnost martenzita ( $> 10^{-3}$ ), torej podhlajevanje stabilizira tetragonalno modifikacijo martenzita. Nasledek tega je sicer majhno in nebstveno poslabšanje pogojne lomne žilavosti jekla, zato pa znatnejše poslabšanje življenjske dobe takš-

nih podhlajenih matric (= 27 %) v primerjavi z matricami, ki niso bile podhlajene.

Obrezilne matrice propadajo v eksploataciji progresivno s časom. Na osnovi metalografske preiskave rezilnih robov, lahko mehanizem obrabe robov pripišemo kombinaciji adhezivne obrabe in utrujenosti materiala.

Znano je, da odpornosti proti obrabi ne moremo definirati kot materialno konstanto, marveč kot lastnost kompleksnega tribo-loškega sistema. Kljub temu pa v splošnem velja, da je dominanten tip obrabe odvisen od vrste materiala orodja, predvsem od njegovih fizikalnih (mehanskih, toplotnih) in kemijskih lastnosti, kar bo predmet nadaljnjih raziskav.

### **24. Visokotemperaturno spajkanje z istočasno toplotno obdelavo v vakuumski peči** **High Temperature Brazing with Simultaneous Heat Treatment in Vacuum Furnace**

D. Kmetič<sup>1</sup>, V. Leskovšek<sup>1</sup>, F. Vodopivec<sup>1</sup> in J. Gnamuš<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>SŽ-MI Ljubljana, <sup>2</sup>SŽ-Železarna Ravne

Z začetkom obratovanja vakuumске žarilne peči IPSEN je postalo za MI zanimivo visokotemperaturno spajkanje različnih jekel z istočasno toplotno obdelavo.

Raziskave smo naredili na nožih in segmentih krožnih žag izdelanih iz nosilnega konstrukcijskega jekla EC 80 in rezilnega dela iz hitroreznega jekla BRM 2. Za spajkanje smo uporabili dve spajki izdelani na bazi Ni-Cr-Si in Cu. Delo obravnava fizikalno metalurške značilnosti visokotemperaturnega spajkanja in mikrostrukturne značilnosti vezi konstrukcijsko jeklo — spajka — hitrorezno jeklo.

### **25. Razvoj orodij na osnovi spoja dveh jekel** **Development of tools by means of joining of two steels**

G. Rihar<sup>1</sup>, J. Gnamuš<sup>2</sup>, F. Legat<sup>3</sup> in D. Kmetič<sup>4</sup>,  
<sup>1</sup>Inštitut za varilstvo Ljubljana, <sup>2</sup>SŽ-Železarna Ravne,  
<sup>3</sup>SŽ-Veriga Lesce in <sup>4</sup>SŽ-MI Ljubljana

Tehnologija spajanja orodnega s konstrukcijskim jeklom pri naša v proizvodnjo orodij nove tehnične možnosti in ekonomske prednosti. Poleg nižje cene nosilnega dela izdelanega iz konstrukcijskega jekla, ima orodje tudi boljše mehanske lastnosti. V nekaterih primerih se poenostavi toplotna obdelava.

Orodno in konstrukcijsko jeklo lahko med seboj spojimo na več načinov. Lahko ga obločno ali uporsko varimo, lahko ga tudi spajkamo. V okviru raziskovalnega dela so bile preizkušene možnosti spajkanja v vakuumu in solni kopeli, induktivnega spajkanja, varjenja v zaščitnih plinih in obžigalnega varjenja.

Tipičen primer uporabe varjenja ali spajkanja je izdelava segmentov krožnih žag, ki morajo imeti na reznem delu visoko trdoto 63 do 65 HRC, na spodnjem delu, ki se koviči na disk, pa dobro žilavost. Take lastnosti dosežemo s posebnim načinom toplotne obdelave ali pa z vložkom, ki je sestavljen iz dveh različnih jekel.

Prednosti varjene ali spajkane izvedbe se izrazijo v nižji ceni materiala, ugodnejšem načinu toplotne obdelave ter boljši in enakomernjši kakovosti izdelka.

Da bi se lahko odločili, katera od tehnik je najprimernejša z ozirom na tehnične možnosti, stroške in kvaliteto so bile izvedene obširne raziskave in tudi praktični poizkusi na prototipnih orodjih, o katerih bomo poročali.