

UDK 621.9.1:669.112.227.1:669.112.342

Obdelovalnost avstenitnih in martenzitnih materialov

ZORAN SELJAK

1. UVOD

Splošne gospodarske razmere silijo k večji racionalizaciji izdelave. Ob tem so delovne organizacije na razpotju mnogoterih zunanjih vplivov. Spremembe gospodarskih, socialnih, tehničnih razmer kakor tudi siromašenje virov surovin so povezani s hitrimi tehnološkimi spremembami. Poosteni konkurenčni boj za svetovno tržišče terja dosledno iskanje in izkoriščanje racionalizacijskih rezerv. Pospešeni razvoj prihaja pri uporabi novih izdelavnih sredstev in oblikovanja novih tehnologij vidno do izraza. V vedno krajših presledkih se uveljavljajo nove izdelovalne metode. Lastnosti razpoložljivih materialov, orodij in obdelovalnih strojev se tako izboljšujejo in optimalno izkoriščajo.

Pri obdelovalni tehniki velja, da so krajši obdelovalni časi, večja natančnost obdelave, večja zanesljivost in povečana prilagodljivost že kar običajne zahteve. Napovedi za nadomestilo danes veljavnih obdelovanih materialov in obdelovalnih postopkov otežkočajo dolgoročno načrtovanje (da ne upoštevamo tekočih gospodarskih težav). Dolgoročno načrtovanje terja v veliki meri odločenost za kakovosten razvoj, kakor tudi ustvarjalno zmožnost za uresničitev tehnično optimalnih rešitev. Pravčasno odzivanje in pravilno izbiranje potrebnih ukrepov je odločilnega pomena. Z uvajanjem novitet po korakih lahko zmanjšamo tveganje.

V preteklosti so dostikrat nove tehnologije rešile obstoječe zapreke. Ne tako poredko so bile ubirane nenavadne poti za reševanje obstoječih problemov. Prav tako bo tudi v prihodnje boljša tehnologija odločala o gospodarskih uspehih. Prilaganje in razvoj določajo sposobnost za preživetje — mirovanje pomeni nazadovanje.

Razvoj postopkov, novi materiali in poostrene gospodarske zahteve so spremenili izdelavo in terjajo dolgoročne odločitve na različnih stopnjah. Z uvajanjem novih obdelovanih materialov lahko izboljšamo obstoječe in razvijamo nove obdelovalne postopke. Dosledna uporaba tehnoloških dosežkov v povezavi z racionalizacijo je pot, ki jo moramo ubrati.

Na Fakulteti za strojništvo so že vrsto let uveljavljene raziskave obdelovalnosti domačih materialov. Zadnja leta dajemo velik poudarek raziskavam težko obdelovanih materialov. Predvsem raziskujemo obdelovalnost kaljenih jekel, avstenitnih nerjavnih in proti obrabi odpornih jekel, martenzitnih jekel in podobnih materialov. Vse te materiale je težko obdelovati in orodja se pri obdelavi zelo obrabijo. Zaradi tega je ob uvajanju novih konstrukcijskih materialov treba raziskati tudi ustrezna rezalna orodja in ustrezne obdelovalne razmere.

2. REZALNI MATERIALI

Pri obdelovalni tehniki imamo dve značilnosti: poleg naraščajoče uporabe je bilo mogoče z novimi rezalnimi materiali izrazito povečati rezalno hitrost ali obstojnost in s tem doseči tudi znatno povečanje produktivnosti odrezovalnega postopka. Opazen je pomemben prehod k zmogljivejšim rezalnim materialom. Ta razvoj je značilen po stalnem naraščanju trdote in žilavosti ob zagotovljeni odpornosti proti obrabi kakor tudi stalnih uporabnih lastnosti [1].

Navedene vrste karbidnih trdin polagoma zamenjujejo oslojene in v najnovejšem času večkrat oslojene vrste karbidnih trdin. Pri tem so uporabljene za oslojevanje razvite karbidne trdine. Za primere, ko se pojavljajo velike spremembe obremenitev, je pomembno, da dosežemo zadovoljivo osnovno žilavost in brezhibno oprijemanje proti obrabi obstojne plasti.

Obrabno trdnost in topotno trdnost dajejo pri sintranem materialu kovinski trdi materiali, največkrat karbidi, žilavost pa kovinska veziva. S povečano žilavostjo se zmanjša obrabna odpornost, kar naj bi nadomestili z oslojevanjem. Večina preplek je kemijsko nanašanje trdno oprijemajočega se sloja iz titanovega karbida, titanovega nitrida, aluminijevega oksida, kalcijevega nitrida in najnovejšega aluminijevega oksida — nitrida (CVD),¹ ki so debele le nekaj mikrometrov. Titanov karbid zmanjšuje zaradi svoje velike trdote obrabo na prosti ploskvi, titanov nitrid pa zmanjšuje trenje in zaradi velike topotne trdnosti kotanjasto obrabo. Aluminijev oksid zmanjšuje zaradi svoje kemične obstojnosti difuzijsko in oksidacijsko obrabo, kakor tudi sprijemanje materialnih delcev. S kombinacijo različnih kovinskih in keramičnih trdokovinskih slojev dosežemo optimalno obrabno odpornost za široko področje uporabe.

Pri neoslojenih karbidnih trdinah lahko dosežemo z optimalnim dodajanjem vezivnih materialov zmanjšanje nastajanja mikrorazpok in izboljšanje trdnosti robov; to je posebnega pomena pri obdelavi s frezanjem. Za primere, kjer so zahtevani ostri rezalni robovi, npr. pri fini obdelavi in odrezovanju neželeznih kovin, še vedno prevladujejo neoslojene karbidne trdine [2].

Rezalna keramika se vedno več uporablja pri velikoserijski obdelavi obdelovancev iz sive litine. Odkar je bila z dodatkom cirkonovega oksida in z mešano keramiko dosežena večja žilavost, jo uporabljamo tudi pri zmerno sunkoviti obdelavi [3]. Kosmačenje s frezanjem je še v preizkušanju, čeprav začetni preizkusi kažejo, da bo uspešno.

* Chemical Vapour Deposition.

Dobri rezultati so bili dosegjeni s ploščicami iz polikristalnega diamanta. Ustrezajo predvsem pri obdelavi močno abrazivnih obdelovanih materialov. Afiniteta do ogljika izključuje obdelavo jekla in sive litine. Dobra dopolnitev so ploščice, ki imajo prevleko ali so v celoti iz kubičnega borovega nitrida (CBN). Nosilni material je v tem primeru karbidna trdina. Odlično se obnesejo pri obdelavi težko obdelovalnih materialov [4]. Zaradi visoke cene je večja uporaba kubičnega borovega nitrida omejena.

Končna napoved o povečanju zmogljivosti novih rezalnih materialov bi bila prezgodnja. Zatrdo lahko ugotavljamo, da so dosegene večje obstojnosti z izboljšano kakovostjo obdelanih površin. S tem dosegemo manjše število zamenjevanj orodij, kar je še posebnega pomena pri večjih frezalnih orodjih.

3. RAZISKAVE OBDELOVALNOSTI

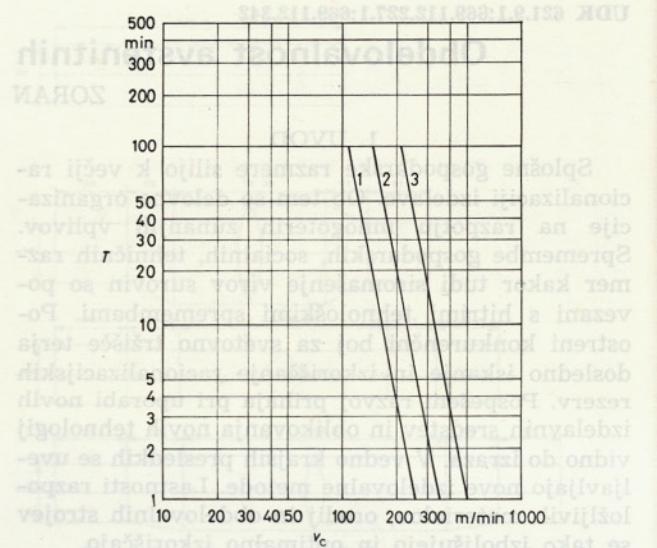
3.1. Poboljšana in kaljena jekla

Posebna skupina legiranih jekel so orodna jekla. Uporabljamo jih za izdelavo valjev za hladno valjanje, za industrijske nože, štance in za delo v toplem, npr. za utopno kovanje. V vseh primerih je pomembna obdelava in z njo dosegena kakovost obdelane površine. Fino površino (kjer je hrapavost R_a manjša od $1 \mu\text{m}$) lahko dosegemo z brušenjem ali sorodnimi postopki obdelave.

Nova obdelovalna tehnologija je gladilno struženje in frezanje s keramičnimi rezalnimi ploščicami. Mešana keramika omogoča dosti večje hitrosti pri struženju in dopušča sunkovite obremenitve, ki se pojavljajo pri frezanju.

Valje in druga orodja najprej obdelamo na mero z dodatkom za brušenje po kaljenju. Deformacije so med kaljenjem včasih kar znatne in zato je treba odstraniti debel sloj, da dobimo končno obliko izdelka. Brušenje je razmeroma počasen in drag postopek, zato smo začeli raziskovati možnosti za uporabo novih rezalnih materialov. Pri tem nas je zanimala obraba orodja v odvisnosti od rezalne hitrosti, podajanja in časa rezanja. Obstojni čas orodja iz rezalne keramike SH1 pri struženju kaljenega jekla Č.4850 s trdoto 60 HRC je prikazano na sliki 1 [5].

Gladilno frezanje s keramičnimi rezalnimi ploščicami je v osnovi nov tehnološki postopek. Največkrat uporabljamo enorezilno frezalo tako, da rezalni rob ploščice nastavimo vzporedno z obdelovano površino [6]. Pri frezanju kaljenega jekla je po priporočilih globina frezanja $a = 0,05 \text{ mm}$, podajanje na zob pa $f_z = 0,5 \text{ do } 5 \text{ mm}$. Priporočena rezalna hitrost za različne obdelovane materiale je naslednja:



Sl.1. Obstojni čas T v odvisnosti od rezalne hitrosti v_c pri struženju kaljenega jekla Č.4850 (trdota 60 HRC) z orodjem iz mešane rezalne keramike Sh 1
Oblika rezalne ploščice RNGN 12 08 00. Geometrična oblika: $\alpha = 8^{\circ}80'$, $\gamma = -8^{\circ}30'$, $\lambda = 0^\circ$, $\kappa = 8^\circ$, $R = 0,35 \text{ mm}$, $rob = 0,2 \text{ mm}$,

Obdelovani materiali	Trdota	Priporočena rezalna hitrost
siva litina	250 HB	600 m/min
trda litina	500 HB	250 m/min
poboljšano jeklo	55 HRC	400 m/min
kaljeno jeklo	60 HRC	120 m/min

Rezultati raziskav so pokazali, da je s postopki gladilnega odrezovanja z rezalno keramiko mogoče uspešno obdelovati tudi kaljena in poboljšana legirana orodna jekla. Kakovost obdelane površine, ki jo pri tem dosegemo je:

$$R_a = 0,4 \text{ do } 0,8 \mu\text{m} \text{ pri gladilnem struženju in}$$

$$R_a = 0,3 \text{ do } 0,5 \mu\text{m} \text{ pri gladilnem frezanju.}$$

Poleg tega je na gladilno obdelanih površinah, v primerjavi z brušenimi, ugodnejša porazdelitev mikrotrdote, manjši padec mikrotrdote v površinskem sloju ter neprimerno manjše zaostale napetosti zaradi neustreznih razmer pri brušenju. Zaostale napetosti so najpogosteji vzrok za nastanek mikrorazpok. Tako imamo lahko gladilno struženje in valjanje za racionalizacijo v obdelovalni tehniki.

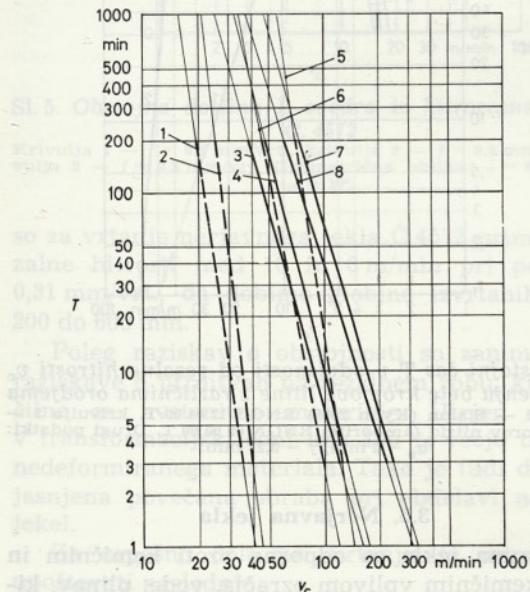
3.2. Poltrični valji iz nodularne litine

Poltrični valji (iz nodularne litine) so namenjeni za bluming ogrodja, predogrodja za valjanje pločevine, kolute za valjanje cevi idr. Glavni problemi pri izdelavi valjev iz sferolitine so:

- doseganje primerne trdote na površini valjev,
- padec trdote od površine proti globini,
- optimizacija vložka.

Valji imajo perlitno strukturo s kroglastim grafitom. Valji z večjo trdoto imajo v strukturi tudi cementit, katerega delež se od površine proti sredini zmanjšuje. Tako imamo razmeroma trdo površino, ki je odporna proti obrabi in žilavo jedro. V poročilu bo obravnavana litina z označbo: KGR 380-P s 40 % cementita in 60 % perlita ter trdoto 350 do 420 HB in KGR 460-P s 50 % cementita in 50 % perlita ter trdoto 420 do 480 HB. Navedeni delež cementita in trdota veljata le za vrhnji sloj 10 do 15 mm, proti jedru se delež cementita zmanjšuje in s tem tudi trdota [7].

Pri raziskavi obdelovalnosti so bile uporabljene rezalne ploščice iz karbidne trdine, bele in mešane keramike. Ugotoviti moramo, da je obstojni čas keramičnih orodij daljši kakor za karbidno trdino. Rezultati preizkusov so prikazani na sliki 2.



Sl. 2. Obstojni čas T v odvisnosti od rezalne hitrosti v_c pri struženju litine KGR 380 P in KGR 460 P z različnimi rezalnimi orodji

Obdelovani material — krivulje 3, 4, 7, 8: litina KGR 380P, krivulje 1, 2, 5, 6: litina ZGR 460P; rezalni material — krivulje 1, 3: karbidna trdina SNMG 12 04 08 — K10, krivulji 2, 4: karbidna trdina SNMG 12 04 08 — K15, krivulji 6, 8: bela keramika SNGN 12 08 12 — SN56, krivulji 5, 7: mešana keramika SNGN 12 08 12 — SH1. Geometrična oblika: ploščice iz karbidne trdine $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = 6^\circ$, $\lambda = -6^\circ$, $\kappa = 75^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 0.8$ mm; ploščice iz bele in mešane keramike $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = -6^\circ$, $\lambda = -4^\circ$, $\kappa = 70^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 1.2$ mm. Drugi podatki: $a_p = 2$ mm, $f = 0.2$ mm, $V_B = 0.4$ mm.

3.3. Litina z nedoločeno strukturo*

Valje iz takšne litine uporabljamo za reduciranje in ravnanje cevi, za valjanje srednjih in lahkih

* Železarna Štore je dala na trg novi vrsti litine, ki ju poimenovala indefinitna in kromanitna. Obe prisiljeni tvorbi jezikovno ne ustrezata, strokovno pa tudi ne pojasnjata dovolj. Tehniški jezik je le del splošnega slovenskega jezika, zato zanj načeloma veljajo enotna merila tvorjenja in presoje. Uredništvo Strojniškega vestnika mora varovati pravilno rabo tehniškega izrazja. Prisiljen smo — žal pozno — reševati čistost tehniškega jezika, ko sta se spakaderki že razširili med uporabniki, vendar upamo, da še ne prepozno.

ploščatih profilov, debele pločevine in širokih trakov. Široko področje uporabe je povezano s povečanim povpraševanjem po takšnih valjih. Ob enakih zmogljivostih strojev lahko to dosežemo le z racionalizacijo obdelave.

Za valje iz litine z nedoločeno strukturo je znacilno, da beli trdi sloj postopno prehaja v sivo jedro, zato je tudi padec trdote v globino manj izrazit kakor pri trdih valjih. Metalografska struktura takšnih valjev po ulivanju sestoji iz ledeburita, bainita in zaostalega avstenita. Talina se hitro ohlaja ob steni kokile, zato pogosto imenujemo vrhnji sloj valja zakaljeni sloj. V posameznih primerih doseže vrhnji sloj trdoto tudi do 650 HB, kar izredno oteži obdelavo s struženjem.

Z žarjenjem za utrditev je mogoče občutno izboljšati obdelovalnost ob minimalnem zmanjšanju trdote v delovnem sloju valjev [8]. Za ugotavljanje vpliva topotne obdelave na obdelovalnost pri struženju so bili posamezni vzorci žarjeni pri treh različnih temperaturah.

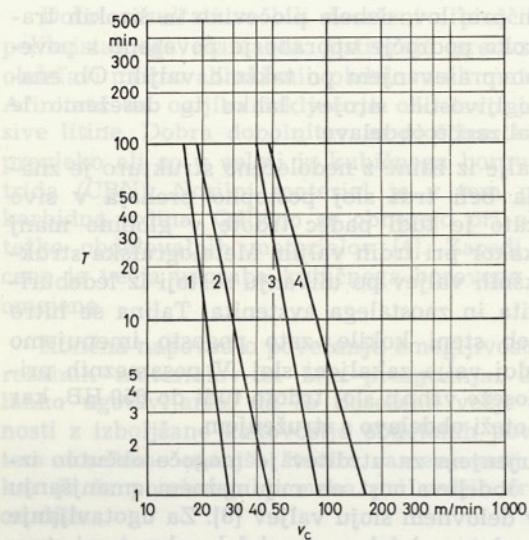
Stanje vzorca	toplotno neobdelan	žarjen 470 °C	žarjen 550 °C	žarjen 600 °C
Trdota	581 HB	594 HB	565 HB	560 HB

Zunanji sloj je bil stružen z orodji iz karbidne trdine K 15, ker je zahtevana večja žilavost rezalnega robu. Za obdelavo delovnega sloja je bila uporabljena mešana keramika SH 1. Hladilna sredstva niso bila uporabljeni.

Ugotavljamo znatno večji obstojni čas rezalnih orodij pri obdelavi litine KGR 380 kakor pri obdelavi litine KGR 460-P. Posebej je treba opozoriti na rezultate raziskave obstojnosti keramičnih orodij. Premice obstojnih časov potekajo znatno bolj v desno v diagramu z dvojno logaritemsko razdelbo.

Pri raziskavah obdelovalnosti smo merili obrabo, rezalne sile in kakovost obdelane površine. Rezultati raziskav so pokazali, da topotna obdelava (žarjenje) in trdota bistveno vplivata na obstojnost orodja. To velja za obdelavo vrhnjega sloja s karbidno trdino in za obdelavo delovnega sloja z mešano keramiko. Posebno se je to pokazalo pri struženju delovnega sloja (sl. 3), kjer potekajo premice T — v enakem zaporedju kakor trdota obdelovancev. Primerjava rezultatov obstojnih časov orodij pokaže, da se topotno neobdelani valji teže obdelujejo. Z ustrezeno topotno obdelavo (žarjenjem pri 550 °C in 600 °C) lahko dosežemo 1,5 do 3-kratno povečanje rezalne hitrosti, kar lahko močno poveča učinek pri obdelavi litine z nedoločeno strukturo.

Z ustrezeno izbiro geometrijske oblike orodja iz rezalne keramike in primerno izbranimi parametri je mogoče doseči kakovostne površine v mejah



Sl. 3. Obstojni čas T v odvisnosti od rezalne hitrosti v_c pri struženju litine z nedoločeno strukturo IN-D-85 z orodji iz mešane keramike SH 1

Krivulja 1 — trdota 591 HB (78 Shore C), krivulja 2 — trdota 581 HB (76 Shore C), krivulja 3 — 565 HB (75 Shore C), krivulja 4 — 560 HB (74 Shore C). Oblika rezalne ploščice: SNGN 12 08 12 T. Geometrična oblika: $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = -6^\circ$, $\lambda = -4^\circ$, $\kappa = 70^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 1,2$ mm. Drugi podatki: $a_p = 2$ mm, $f = 0,2$ mm, $VB = 0,4$ mm.

$R_a = 0,80 \dots 0,25 \mu\text{m}$, kar ustreza srednje finemu brušenju. Take valje je treba samo še fino brusiti. S tem je tudi mogoče dosegiti racionalizacijo končne obdelave valjev iz nedoločene litine za toplo valjanje pločevine.

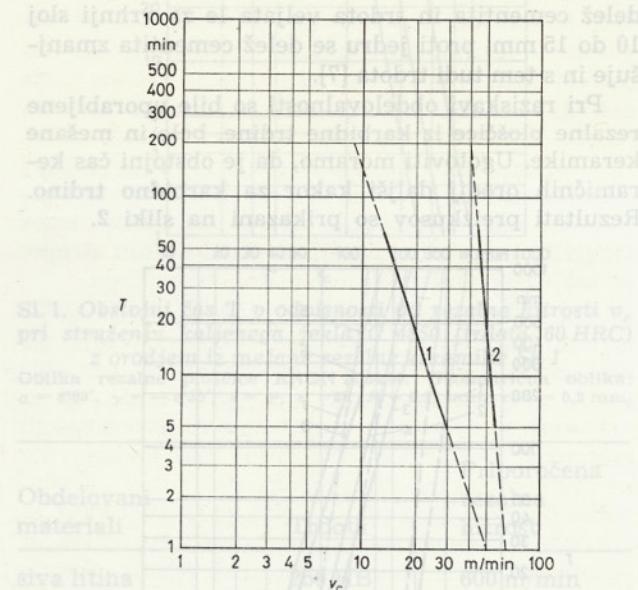
3.4. Močno legirana kromova bela litina

Krommolibdenova bela litina se uporablja največ za različne ulitke, odporne proti obrabi: krogle za mline, obloge mlinov, obroče in valje za mletje rude in premoga, močno obremenjena dela črpalk in priključnih armatur. Poleg tega uporabljamo valje iz takšne litine za toplo valjanje trakov in profilov na valjalniku, kjer zamenjujejo sintrane karbidne valje, ki so precej dražji.

Kromova bela litina mora biti zadostno prekaliiva in zato mora vsebovati legirne elemente Mn, Ni, Cr ali Mo. Poboljšamo jo tako, da jo najprej žarimo med 900 in 1000 °C, ohladimo in popuščamo pri 210 do 260 °C. Njena osnova sestoji iz martenzita, zaostalega avstenita in vloženih sekundarnih karbidov. Trdota poboljšane kromove bele litine znaša glede na delež karbidov med 60 in 67 HRC. V takšnem stanju ima kromova bela litina najvišjo trdoto in odpornost proti obrabi kakor tudi največjo trdnost in trajno udarno trdnost.

Zaradi velikega deleža elementov, ki pospešujejo nastajanje karbidov in velike trdote že vitem stanju, je kromovo belo litino težko obdelovati. Pri mehanski obdelavi je težko odstraniti vrhnji sloj, ker je zelo grob in poln lunkerjev. S karbidnimi trdinami ga lahko obdelujemo pri zelo majhnih

rezalnih hitrostih. Poskusi obdelave vrhnjega sloja z rezalno keramiko niso dali zadovoljivega rezultata; nekoliko ugodnejši rezultati so bili dosegjeni pri nepretrganem rezanju jedra. Rezalno orodje iz kubičnega borovega nitrida omogoča ugodno obdelavo tudi površinskega sloja. Obstojni čas orodja je daljši in mogoče je obdelovati pri večjih rezalnih hitrostih (sl. 4).



Sl. 4. Obstojni čas T v odvisnosti od rezalne hitrosti v_c pri struženju bele kromove litine z različnimi orodjem

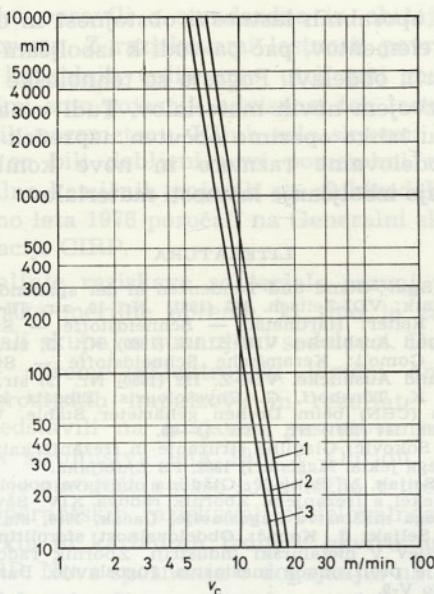
Krivulja 1 — Sialon (Kyron 2000) RNNG 12 04 00 T, krivulja 2 — kubični borov nitrid (amborite) RNNG 09 03 00 T. Drugi podatki: $a_p = 2$ mm, $f = 0,21$ mm.

3.5. Nerjavna jekla

Nerjavna jekla so odporna proti kemičnim in elektrokemičnim vplivom ozračja, vode, plinov, kislin in baz. Glede na legirne elemente imamo tri osnovne strukture za avstenitna jekla: feritna, martenzitna in avstenitna nerjavna jekla. Najširša je uporaba avstenitnih jekel zaradi velike korozionske odpornosti. Mimo tega, da so odporna proti koroziji in oksidaciji so tudi nemagnetljiva, slabo topotno prevodna, variva, primerna za vlečenje. Med hladno obdelavo se močno utrujujejo.

V našem primeru smo raziskovali jeklo Č.4572, stabilizirano kromnikljevo avstenitno jeklo, ki je odporno proti koroziji, morski vodi, pari, organskim in anorganskim kislinam [9].

Pri preizkusih vrtanja so bili uporabljeni svedri iz hitroreznega jekla. Nerjavna jekla imajo slabšo prevodnost topote, zato je potrebno zanesljivo in intenzivno hlajenje, sicer se orodje med vrtanjem pregreje in zlomi. Preizkušali smo pri različnih rezalnih hitrostih (6 do 16 m/min) in podajanjih (0,08 do 0,31 mm/vrt.). Iz zbranih rezultatov meritev obrabe smo izračunali regresijske premice obstojnosti za različna podajanja (sl. 5). Ugotovimo lahko, da



Sl. 5. Obstoja dolžina L svedra iz hitroreznega jekla Č. 4572

Krivilja 1 — $f = 0.1 \text{ mm/vrt.}$, krivilja 2 — $f = 0.2 \text{ mm/vrt.}$, krivilja 3 — $f = 0.3 \text{ mm/vrt.}$ Geometrična oblika: $\gamma = 8^\circ$, $\phi = 118^\circ$, $a = 10^\circ$.

so za vrtanje nerjavnega jekla Č.4572 primerne rezalne hitrosti med 10 in 6 m/min pri podajanju 0,31 mm/vrt., da dobimo globino izvrtnih lukenj 200 do 600 mm.

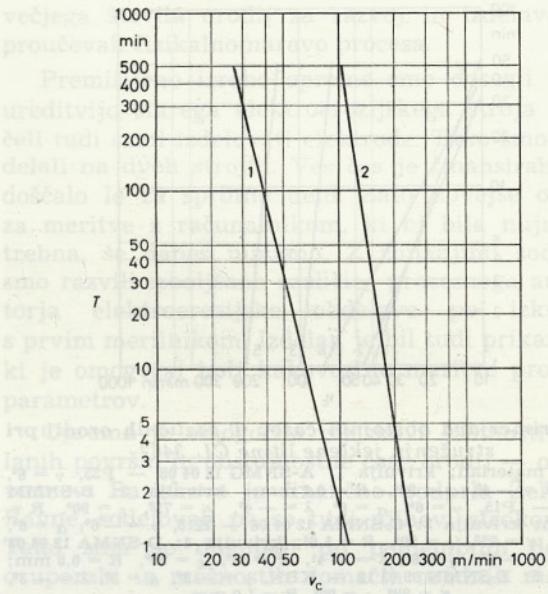
Poleg raziskav o obstojniosti so zanimive tudi raziskave o utrditvah na rezalnem robu, ki so značilne za avstenitne materiale. Utrjen material v transformacijski coni ima 100 % večjo trdoto od nedeformiranega materiala. Tako je tudi delno pojasnjena povečana obraba pri obdelavi nerjavnih jekel.

Za uspešno delo pri vrtanju je priporočljivo upoštevati naslednje:

- pravilno ostrenje svedrov, majhni odrezki in zanesljivo hlajenje med brušenjem,
- fino brušenje rezalnega robu znatno podaljša obstojnosc svedra,
- zelo pomembna je pravilna izbira hladilne tekočine.

Za raziskavo obstojnosti orodij pri struženju avstenitnih nerjavnih jekel smo uporabljali rezalne ploščice SNMM 120408 kakovosti P 15.

Pri struženju brez hlajenja se je redno pojavljala na rezalnem robu obložek. Zaradi obložka je tudi obdelana površina bolj hrapava. Z uporabo polsintetične hladilne tekočine HVR je bilo preprečeno sprijemanje materialnih delcev na cepilni ploskvi in obdelana površina je bila bolj gladka. Z uporabo hladilne tekočine je povečana obstojnosc orodja (sl. 6). Obstojnosc orodja je definirana z obrabo na prosti ploskvi $VB = 0,40 \text{ mm}$. Iz diagrama je razvidno, da z uporabo hladilne tekočine močno povečamo obstojnosc oziroma lahko obdelujemo z večimi rezalnimi hitrostmi.



Sl. 6. Primerjava obstojnih časov T pri struženju jekla Č.4572 brez hlajenja (1) in z uporabo hladiva (2)

Rezalno orodje: karbidna trdina SNMM 12 04 08 — K15. Geometrična oblika: $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\kappa = 70^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 0,8 \text{ mm}$. Drugi podatki: $a_s = 2 \text{ mm}$, $f = 0,2 \text{ mm}$, $VB = 0,4 \text{ mm}$.

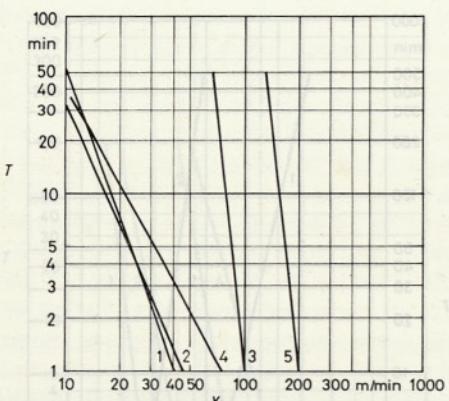
Meritve hrapavosti so pokazale, da pri uporabi hladilne tekočine dobimo srednje hrapavosti $R_a = 1$ do $2 \mu\text{m}$. Te vrednosti pomenijo zadovoljivo kakovost za obdelano površino, ki jo dostikrat še dodatno obdelamo.

3.6. Manganova avstenitna jekla

Manganova avstenitna jekla so odporna proti obrabi, poleg tega so tudi žilava. Med deformacijo se utrujejo in zato je tudi obdelava težavna. Utrditev doseže tudi do 3,5-kratno vrednost trdote osnovnega materiala.

Manganova litina ČL.3462 ima trdoto 250 HB in avstenitno strukturo, le na mejah kristalnih zrn so še lamelarni karbidi. Zaradi njih je obraba še bolj izrazita. Da bi dobili enakomerno avstenitno strukturo, ulitke segrejemo do 1050 °C in jih v vodi hitro ohladimo. Tako zmanjšamo trdoto na približno 200 HB. Žilavost pa se mu zelo poveča. Z odpravo lamelarnih karbidov je zmanjšana obraba orodij in tako izboljšana obdelovalnost [10].

Pri preizkusih obdelovalnosti smo ugotovili, da le ožji izbor rezalnih materialov ustreza za obdelavo manganove avstenitne litine. Iz diagrama obstojnosti različnih vrst rezalnih ploščic (sl. 7) je jasno razvidno, da imajo nekatere kakovosti izredno majhno obstojnosc. Preizkusi s kubičnim borovim nitridom (KBN) so pokazali, da je obstojnosc dokaj ugodna. Vprašljivo je le, če bi gospodarski izračun bil zadovoljiv, saj so ploščice iz kubičnega borovega nitrida izredno drage.



Sl. 7. Primerjava obstojnih časov T različnih orodij pri struženju jeklene litine ČL. 3462

Rezalni materiali: krivulja 1: A-SNMG 12 04 08 — P35, $\gamma = 6^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\lambda = -4^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 0,8$ mm;; krivulja 2: B-SNMM 12 04 08 — P15, $\gamma = 6^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\lambda = -4^\circ$, $\kappa = 75^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 0,8$ mm; krivulja 3: C-SNMA 12 04 08 — K15, $\gamma = -6^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\lambda = -4^\circ$, $\kappa = 75^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 1,6^\circ$; krivulja 4: D-SNMA 12 04 08 — K15, $\gamma = -6^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\lambda = -4^\circ$, $\kappa = 75^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 0,8$ mm; krivulja 5: E-SNMN 09 03 12 — KBN, $\gamma = -3^\circ$, $\alpha = 3^\circ$, $\lambda = -3^\circ$, $\kappa = 89^\circ$, $\varepsilon = 90^\circ$, $R = 1,2$ mm.

Raziskave rezalnega procesa pri manganovem avstenitnem jeklu so pokazale, da se material tik pred rezalnim robom orodja izredno utrjuje. Utrditve seže do 0,60 mm v globino obdelovanca in zato je obdelava pri teh materialih posebno težavna.

Med bistvenimi izhodišči, ki jih moramo pri obdelovalni tehnologiji poznati, je odlično poznavanje obdelovanih materialov. To ne omogoča samo po-

večanja uporabnih lastnosti, obstojnost in obremenjenost elementov, pač pa vodi k izboljšani in bolj gospodarni obdelavi. Pogosto so tehnološke novosti pred razvojem novih materialov. Tudi v najnovejšem času lahko opazimo občuten napredok. Izboljšane obdelovalne razmere in nove kombinacije omogočajo izboljšanje lastnosti materialov.

LITERATURA

- [1] G. Spur: Stand und Tendenzen in der spanenden Fertigungstechnik; VDI-Zeitsch. 123 (1981) Nr. 10, str. 375—383.
- [2] N. Reiter: Hartmetall — Schneidstoffe — Stand der Technik und Ausblicke. VDI-Z. 122 (1980) Nr. 13, str. 155—159.
- [3] V. Gomoll: Keramische Schneidstoffe — Stand der Technik und Ausblicke. VDI-Z. 122 (1980) Nr. 13, str. 160—174.
- [4] H. K. Tönshoff, G. Chyssolouris: Einsatz kubischen Bornitrids (CBN) beim Drehen gehärteter Stähle. Werkstatt und Betrieb. 144 (1981) Nr. 1, str. 45—49.
- [5] M. Soković: Gladilno struženje in frezovanje kaljenega in poboljšanega jekla. Magisterij 1982, FS Ljubljana.
- [6] Z. Seljak, M. Soković: Gladilna obdelava poboljšanih in kaljenih jekel s frezanjem. Zbornik radova XIV. Savetovanje proizvodnega mašinstva Jugoslavije, Čačak, 1980, str. 348—357.
- [7] Z. Seljak, J. Kopač: Obdelovalnost sferolitine za izdelavo valjev v metalurški industriji. Zbornik radova XIII. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Banja Luka 1979, V-1 do V-9.
- [8] M. Soković, Z. Seljak: Vpliv topotne obdelave na obdelovalnost indefinitne litine. Zbornik radova XVII. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Titograd 1983, II. 101—106.
- [9] Z. Seljak, J. Kopač: Problemi obstojnosti svedrov pri vrtanju avstenitnih jekel. Zbornik 7. seminarja Celje, 1981, str. 123—131.
- [10] J. Kopač, Z. Seljak: Vpliv topotne obdelave na obdelovalnost visoko legiranih manganovih jekel. Zbornik radova II. Naučno — stručni skup MMA '83. Novi Sad 1983, str. 211—218.

Avtorjev naslov: prof. dr. Zoran Seljak, dipl. inž.

Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

UDK 621.9.048.4:621.923:620.17

Preizkušanje, razvoj in izboljšave tehnologij

FRANC ROETHEL — MIHA JUNKAR — VITOMIR GARBAJS — MARJAN DOBOVŠEK

1. Uvod

V letu 1973 smo ustanovili skupino z namenom, da bi začela uvajati na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani raziskave na tistih tehnoloških področjih, kjer še nismo imeli domačih izkušenj. Obenem smo želeli obdelovati tudi področja, ki so posebno pomembna za strojništvo in kjer deluje še malo inženirjev. Delo smo nadaljevali tudi tam, kjer je bilo že poprej začeto v okviru projektov na Fakulteti za strojništvo. V delo smo uvajali diplomante višješolske in visokošolske smeri, da bi se še pred odhodom v tovarne seznanili z novimi prijemi in metodami ter začeli na delovnem mestu samostojno izboljševati izdelavo in kakovost izdelkov. Delo smo prilagajali potrebam industrije in obravnavali z diplomanti predvsem tista področja, ki ga je potrebovala delovna organizacija, v kateri so bili zaposleni študenti ob delu. Zato je bilo naše delo zelo

pestro in včasih bolj, včasih manj poglobljeno. V raziskavah in razvoju smo obravnavali predvsem elektroerozijsko obdelavo, industrijske nože in valje ter skušali zbirati izkušnje in usmerjati delo pri razvoju naših orodjarn. Posebej smo uvajali v industrijo postopke preizkušanja.

2. Elektroerozijska obdelava

V prvem laboratoriju, ki je bil še v nekdaniji vratarski loži stare fakultete, smo začeli z raziskavami obdelovalnosti z elektroerozijskim postopkom. Po spoznavanju osnovnih značilnosti tehnologije smo analizirali obdelovalnost jekla za utepe z elektrodo iz elektroliznega bakra. Sledile so raziskave obdelovalnosti karbidne trdine GT 20 z elektrodo iz elektroliznega bakra in sintranega elektrodnega materiala volfram-baker. Za analizo dela smo uporabljali značilne parametre obdelovalnosti, ki smo