

Določevanje obdelovalnosti jekel za obdelavo na avtomatih po postopku struženja s konstantnim pritiskom

Metodo ocenjevanja obdelovalnosti jekel za obdelavo na avtomatih »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« predlagamo v novem standardu JUS. C.BO.505 kot standardno.

Podane so osnove te metode, opis opreme ter s primeri uporabnost le-te pri kvalitetnem razvoju ogljikovih in nerjavečih jekel za obdelavo na avtomatih na Raziskovalnem oddelku Železarne Jesenice. Podan je kratek opis in ocena nekaterih važnejših načinov ocenjevanja obdelovalnosti s specifičnega gledišča jekel za obdelavo na avtomatih.

1. UVOD

Nadaljnji kvaliteten razvoj jekel za obdelavo na avtomatih* pri nas, je nujno terjati revizijo veljavnega standarda za avtomatska jekla JUS C.BO.505. Od izida starega standarda iz leta 1962 pa do danes, se je zelo povečala uporaba avtomatskih jekel, spremenili pa so se tudi pogledi na samo obdelovalnost jekla.

Železarni Jesenice, vodilnemu proizvajalcu avtomatskih jekel, je bila zaupana naloga, da izdela predlog novega sodobnejšega standarda.

V novem standardu smo kvalitetni program jekel dopolnili z jeklom Č 3990, ki predstavlja domače avtomatsko jeklo z visokim indeksom obdelovalnosti in je kot tako posebno primerno za obdelavo na avtomatskih obdelovalnih strojih. Največjo vrzel v veljavnem standardu pa smo poskušali izpopolniti s čim bolj natančno definicijo obdelovalnosti kot najvažnejše lastnosti avtomatskih jekel. Pri tem se zavedamo, da vsaka še tako dobra definicija obdelovalnosti ne pove vsega.

Naš namen je, da zaenkrat še z okvirno postavljenimi indeksi obdelovalnosti za posamezna jekla definiramo uporabnost posameznih vrst avtomatskih jekel v pogledu obdelovalnosti in s tem na eni strani omogočimo potrošnikom pravilno izbiro jekla pri naročanju, na drugi strani pa ustvarimo pogoje za kvalitetno dokazovanje določene kvalitete v primeru reklamacij.

Največji problem predstavlja izbira ustrezne metode za ocenjevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel.

Na osnovi podatkov iz literature ter rezultatov raziskovalnega dela na Raziskovalnem oddelku Železarne Jesenice smo se odločili za novejšo primerjalno metodo »struženje s konstantnim podajnim pritiskom«, ki jo predlagamo kot standardno. Kot dodatni preizkus predlagamo metodo: »izoblikovanje osrtužkov«.

Namen tega sestavka je utemeljiti izbiro metode »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« kot standardne metode za določevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel. Da bi bila obrazložitev čim bolj nazorna, se nismo omejili le na opis opreme in vrednotenje rezultatov, dobljenih z obravnavano metodo, ampak še nekaterih drugih važnejših načinov določevanja obdelovalnosti jekel.

2. OBDELOVALNOST JEKLA

Zahteve, ki se postavljajo jeklom za obdelavo na avtomatih in ki jih obsega pojem »obdelovalnost«, so čisto ekonomskega značaja. Te zahteve so naslednje: večja proizvodnja, manjša poraba energije, večja vzdržnost nožev, ugodna oblika ostružkov, gladka površina ter ozke tolerance izdelkov.

Ker je pojem obdelovalnosti zelo širok in kompleksen, je zanj težko najti zares primerno definicijo. Na kratko: obdelovalnost še najbolj definiramo kot sposobnost materiala, da ga oblikujemo z rezilnim orodjem v želeno obliko ali pa kot obnašanje materiala pri rezanju z orodjem. Pod pojmom »dobra obdelovalnost materiala« razumemo torej sposobnost materiala, da ga lahko pri dani moči stroja obdelujemo s čim večjo možno hitrostjo in s čim večjim presekom odrezka, pri tem pa mora zadovoljiti tudi kvaliteta površine izdeleka kosa.

Za učinkovito delo na avtomatskih strojih je torej potrebno, da poznamo obdelovalnost jekel, ki naj bi jih obdelovali na teh strojih. Zaželeno je torej, da poiščemo postopek, s katerim bo mogoče na hiter in enostaven način prirediti vsakemu jeklu neko število, s katerim bi označevali njegovo obdelovalnost in imeli možnost, da vsa jekla izkoristimo po tej njihovi lastnosti.

Ker pa vemo, da obdelovalnost ni neka enostavna in absolutna lastnost materiala, kot npr.

* Članek je predelan avtorjev referat na posvetovanju tehnologov Slovenije v aprilu 1965 v Ljubljani

** v nadaljnjem besedilu okrajšano: avtomatska jekla

trdota ali natezna trdnost, je lahko vsaka cena obdelovalnosti samo relativna in veljavna le za določene pogoje obdelave. Obdelovalnost lahko torej izrazimo z nekim primerjalnim številom, z ozirom na nek drug material, ki v tem primeru služi kot etalon.

Nič manj važna od izbire jekla z ozirom na njegovo obdelovalnost pa ni kontrola obdelovalnosti jekla. Pri delu na avtomatskih strojih lahko pride do velikih motenj in prekinitev v proizvodnem procesu, v primeru nujnosti uporabe jekla, ki ima v primerjavi z običajno kvaliteto slabšo obdelovalnost. Potrebno je torej poznati metodo, s katero bi lahko kontrolirali obdelovalnost določene pošiljke, po drugi strani pa lahko vnaprej predpisali, kakšna naj bo obdelovalnost pri naročeni pošiljki.

To bi bile koristi v predelovalni industriji. Pri proizvodnji jekla pa bi nam takšna metoda omogočila, da bi lahko bolj natančno zasledovali vpliv različnih metalurških faktorjev izdelave in predelave jekla na obdelovalnost.

Poznavanje obdelovalnosti avtomatskih jekel je torej važno tako za proizvajalca kakor tudi uporabnike teh jekel. Za proizvajalca, če si hoče zagotoviti stalen kvaliteten razvoj na tem področju, za uporabnika pa, če si hoče zagotoviti čim večji izkoristek obdelovalnega stroja ob čim boljši kvaliteti izdelkov in čim nižji ceni obdelave.

3. METODE DOLOČEVANJA OBDELOVALNOSTI

Standardnega postopka za določevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel ni. Najbolj zanesljive so tako imenovane »primerjalne proizvodne metode«, ki so specifične za posamezne proizvajalce in uporabnike avtomatskih jekel. Postopek pri teh metodah je enostaven. Pred začetkom proizvodnje določenega kosa v velikih serijah, izberemo na enakem obdelovalnem stroju s spreminjanjem pogojev rezanja, vrsto jekla ter določimo parametre izdelave, kar naj da maksimalno in najcenejšo proizvodnjo določenega izdelka. Taki poizkusi so večkrat dolgotrajni, predvsem pa zelo dragi.

Manjši proizvajalci in uporabniki jekla si takega razkošja ne morejo privoščiti, zato uporabljajo indirektno laboratorijske načine določevanja obdelovalnosti jekla. Glavni kriteriji, po katerih določimo obdelovalnost, so:

- a) vzdržnost rezalnih nožev,
- b) sile, ki nastopajo pri rezanju materiala z orodjem,
- c) oblika nastalega ostružka,
- d) kvaliteta z obdelavo dobljene površine.

Važnost kriterija je odvisna od postopka obdelave jekla, vendar pa se je na osnovi izkušenj izoblikovalo mnenje, da je najbolj važen kriterij **vzdržnost noža**, pri delu na avtomatskih strojih pa tudi oblika ostružkov, najmanj važen kriterij pa sila rezanja. V vsakem primeru pa je potrebno

upoštevati, da en sam kriterij v nobenem primeru ne more dati dovolj zaključene slike o obdelovalnosti določenega materiala.

Ker je struženje najbolj pogosta obdelava jekla, je tudi večina laboratorijskih preizkusov obdelovalnosti prirejena delu na stružnicah. Stružnica je za izvedbo teh preiskav zelo primerna, ker so pogoji dela na njej najbolj enostavni in jih je zelo lahko spreminjati.

Preden preidemo na opis postopka določevanja obdelovalnosti avtomatskih jekel po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« ki jo v predlogu rev. JUS C.BO.505 predlagamo kot standardno, je potrebno, da se v grobih obrisih seznanimo še z ostalimi važnejšimi načini določevanja obdelovalnosti jekla.

Iz novejših literature¹ je razvidno, da za ocenjevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel skoraj izključno uporabljajo postopke, s katerimi določajo obrabo noža, od katere je odvisna vzdržnost orodja.

Stroški obdelave so v največji meri odvisni od ekonomske hitrosti rezanja, ki pa je pogojena z vzdržnostjo orodja. Čim večja je ekonomska hitrost rezanja, tem manjši so stroški obdelave, tem boljša je obdelovalnost jekla.

Ekonomska hitrost rezanja je tista hitrost, pri kateri vzdrži orodje določen čas od enega do drugega brušenja, n. pr. V_{60} — 60 min., V_{400} — 400 min.

Izmed številnih metod, s katerimi je mogoče določiti vzdržnost nožev, predlaga literatura za oceno obdelovalnosti jekla naslednje klasične metode:

a) Preizkus vzdržnosti orodja na osnovi merjenja obrabljene površine.

b) Preizkus vzdržnosti orodja do svetlega zari-bavanja s stopnjevano hitrostjo rezanja.

Pogoji za preiskavo obdelovalnosti po teh metodah so podani v VDE standardih in to:

Stahl-Eisen Prüfblatt No.²

1162-52 Preizkus obrabne vzdržnosti nožev

1164-52 Preizkus obrabe nožev pri zarezovanju

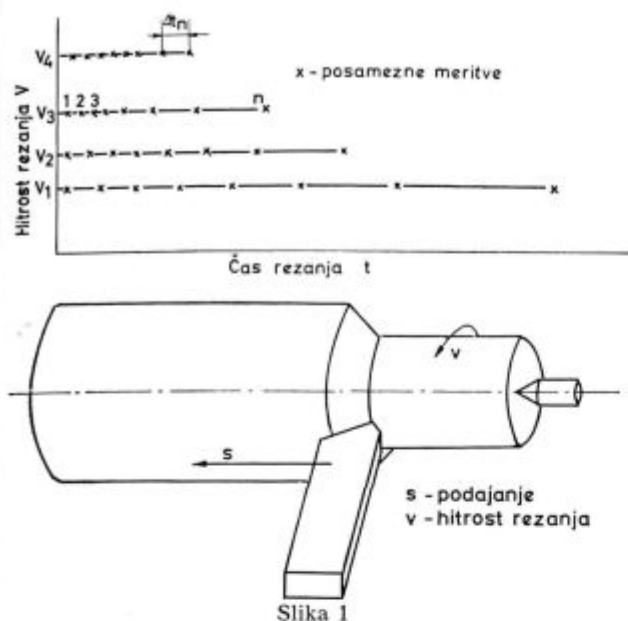
1166-52 Preizkus z rastočo rezo hitrostjo.

Od novejših metod pa poleg metode »struženja s konstantnim podajnim pritiskom« predvsem metodo »določevanje obrabe reznih nožev z uporabo radioaktivnih izotopov«.

Naslednji odstavki vsebujejo kratek opis in kritično oceno navedenih metod določevanja obdelovalnosti, s posebnim poudarkom na uporabnosti teh metod za ocenjevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel.

3.1 Preizkus obrabne vzdržnosti rezalnih nožev³

S tem preizkusom želimo ugotoviti kdaj pride pod določenimi pogoji do določene obrabe rezalnih nožev. Pri tem gre predvsem za otopitev zaradi čiste abrazije in ne zaradi segretja in mehčanja, kot pri preizkusu temperature vzdržnosti nožev. Shematično je ta preizkus prikazan na sliki 1.



Slika 1 Shema preizkusa obrabne vzdržnosti rezalnih nožev

Med obdelavo (struženjem) se nož obrablja, kar se pokaže kot obraba proste ploskve B in izdolbljenje na cepilni ploskvi orodja K (slika 2 a).

Preizkus opravimo pri vzdolžnem struženju tako, da pri določeni hitrosti V_1 , v različnih časovnih presledkih (xx) izmerimo obrabo proste in cepilne ploskve noža. Preizkus ponovimo pri različnih obodnih hitrostih V_2, V_3, V_4 .

Iz dobljenih podatkov v logaritmičnih koordinatah predstavimo odvisnost obrabe noža (B, K) od časa rezanja (slika 2 c), odtod pa odvisnost med vzdržnostjo noža (T_B, T_K) min in rezilno

hitrostjo v (m/min) (sl. 2 d). Kot oceno obdelovalnosti lahko vzamemo hitrost rezanja V_{60B} ali V_{60K} ali pa naklonski kot premice σ'_{TB} ali σ'_{TK} .

Prvo praktično težavo predstavlja že merjenje velikosti obrabljene ploskve, kar zahteva zelo precizne in drage naprave. Za vsako meritev je potrebno odviti nož, izmeriti obrabo in ga zopet vpeti nazaj v točno določeno lego. Določanje premic zahteva zelo dolge čase struženja in veliko količino jekla, zato so ti preizkusi precej dragi.

Velik razsip med dobljenimi rezultati zahteva veliko število meritev, kar zopet zelo podaljšuje trajanje preizkusa.

Opisane pomanjkljivosti pridejo še prav posebno do izraza pri preiskavi avtomatskih jekel. Avtomatska jekla se režejo lažje in hitreje kot ostala, zato zahteva določevanje obdelovalnosti po opisanim načinu še večjo količino jekla in daljše čase.

Preizkus tudi ni uporaben za preizkušanje tanjših profilov (npr. hladno vlečenih palic), v katerih se navadno dobavlja avtomatsko jeklo. Hladna predelava zelo vpliva na obdelovalnost jekla, zato je preizkušanje debelih palic, ki niso hladno vlečene, zelo pomanjkljivo.

Da bi bilo mogoče preiskati obdelovalnost jekla tudi v tanjših palicah, je bila izdelana metoda »preizkus obrabe nožev pri zarezovanju«.

Ker nam pri tem postopku zadostujejo preizkušanci s premerom min. 12 mm, bi bila ta metoda uporabna za preiskavo obdelovalnosti avtomatskih jekel, če bi bila le zadosti občutljiva.

Pri tem preizkusu napravimo veliko število zarez določene geometrične oblike pod enakimi pogoji rezanja. Merimo obrabo proste ploskve noža, podatke pa vrednotimo enako kot pri preizkusu obrabne vzdržnosti nožev, le da namesto časa struženja nanašamo število zarez.

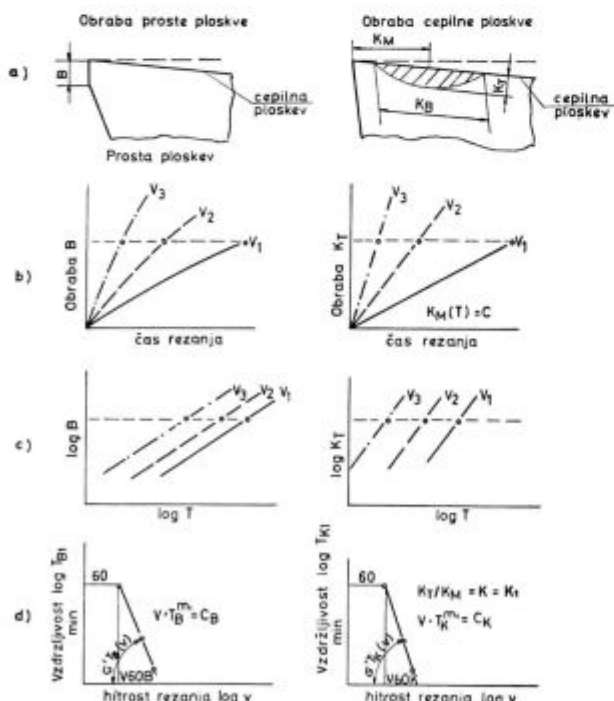
Posebna izvedba tega preizkusa je, da pred zarezovanjem kose še čelno navrtamo s spiralnim svedrom. Pri tem načinu zasledujemo poleg obrabe noža še obrabo svedra.

3.2 Preizkus vzdržnosti orodja do svetlega zaribanja s stopnjevanjem hitrostjo rezanja

Pri tem načinu se pri vzdolžnem struženju z nožem iz brzoreznega jekla hitrost rezanja kontinuirano ali stopničasto veča od neke začetne hitrosti naprej, dokler se zaradi otopitve konice noža ne pojavi svetlo zaribanje. Shematično je ta način preiskave obdelovalnosti prikazan na sl. 3.

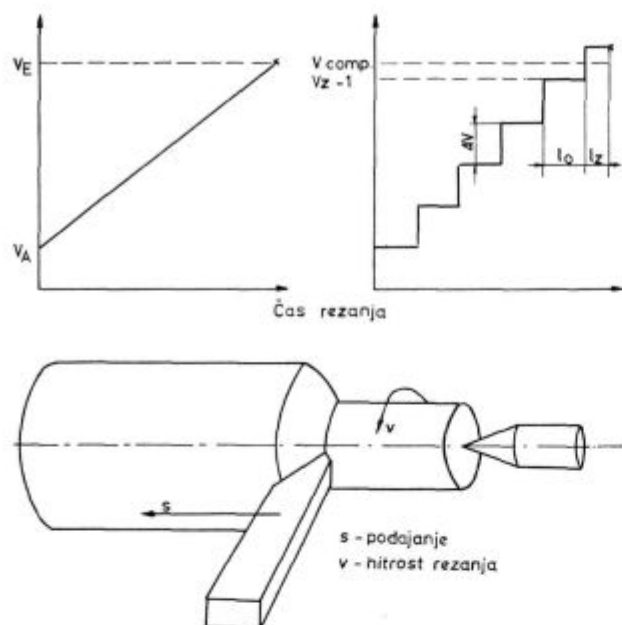
Kot rezultat vzamemo pri kontinuiranem večanju hitrosti končno hitrost rezanja v trenutku otopitve noža V_E , pri stopničastem večanju pa hitrost V_{comp} s katero upoštevamo tudi hitrosti v prejšnjih stopnjah. V_{comp} izračunamo po naslednjem obrazcu:

$$V_{comp} = V_z - 1 + \Delta V \frac{I_z}{10} \quad [m/min]$$



Slika 2

Vrednotenje rezultatov preiskave obrabe nožev



Slika 3

Shema preizkusa vzdržnosti orodja do svetlega zaribanja s stopnjevano hitrostjo rezanja

Vrednosti V_E ali V_{comp} služita kot indeks za primerjavo obdelovalnosti različnih vzorcev jekla.

Poizkus ima velike prednosti, ker traja kratek čas, ker ima veliko reproduktivnost, in ker ga je mogoče izvesti na tanjših preizkušancih. **Indeksi obdelovalnosti, dobljeni po tej metodi, so po podatkih iz literature za prakso sicer uporabni, za avtomatska jekla pa premalo občutljivi.** Največje pomanjkljivosti tega načina določevanja obdelovalnosti pa so v tem, **da je z izvedbo preizkusa potrebna stružnica z brezstopenjsko in avtomatsko regulacijo števila vrtljajev ali pa preizkušanci posebnih oblik.**

3.3 Merjenje obrabe nožev z uporabo radioaktivnih izotopov⁴

Široka uporabnost radioaktivnih izotopov je našla svoje mesto tudi na področju preiskave obdelovalnosti jekel. Metoda je zasnovana na istih osnovah kot klasične metode merjenja obrabe nožev, le da se pri tej metodi uporabi namesto običajnega radioaktivno orodje. Pri struženju z

radioaktivnim nožem se delci obrabljenega noža primejo ostružka. Obrabo noža torej lahko določimo z merjenjem radioaktivnosti ostružka.

Reproduktivnost te metode je boljša ($\pm 5\%$) od reproduktivnosti klasičnih metod, ki jih uporabljamo v enake namene. Preizkusi so hitrejši, hitrost obdelave običajna, tako da te preizkuse lahko opravimo v normalnih pogojih obdelave. Rezultati imajo zato neposredno aplikativno vrednost.

Preizkus je dovolj občutljiv, da pokaže razlike v obdelovalnosti med posameznimi vzorci avtomatskih jekel, kar je razvidno iz tabelarnega prikaza specifične obrabe rezalnih nožev pri obdelavi različnih vrst avtomatskega jekla. (Tabela 1) Prednosti te metode pred klasičnimi, ki temeljijo na ugotovitvi obrabe orodja, so očitne. Kaže pa, da splošna zadržanost do dela z radioaktivnimi izotopi zavira njeno širšo uporabo in je zato posebno primerna le za čisto znanstveno raziskovalno delo.

4. OCENJEVANJE OBDELOVALNOSTI JEKEL PO METODI^{2, 5} »IZOBLIKOVANJE OSTRUŽKOV«

Izoblikovanje ostružkov ima posebno pri obdelavi jekel na avtomatskih strojih na proizvodni proces velik vpliv. V splošnem so pri delu zaželeni kratki ostružki, ki jih lahko brez težav odstranimo. Dolgi ostružki ovirajo proizvodni proces, ker se navijajo okoli orodja, drobni ostružki pa zopet niso zaželeni (prašnati kvarijo vodike ipd.).

Obdelovalnost jekla po tem kriteriju ocenjujemo:

- a) po obliki ostružka,
- b) z ozirom na spremembo debeline ali dolžine glede na teoretične dimenzije ostružka.

Obliki ostružka opišemo z ocenitvenim številom, ki nam pove uporabnost oziroma zaželenost takšne oblike v praksi. Pri tem se poslužujemo primerjalnih slik po Bethmannu in Schallbrochu.

Poleg ocenitvenega števila opišemo še barvo, rob, hrbtno stran in lomljivost ostružka.

Plastično deformiranost ostružka izrazimo z zlitjem ostružka $\lambda = \frac{t}{t_0} > 1$, ki pa ima le infor-

Tabela 1

Talina	Izdelovalec	Kvaliteta	Premier mm	Trdota HB	Spec. obraba mg/min
S	Žel. Jesenice	Č 1290	20	167	18.1×10^{-6}
T	Žel. Jesenice	Č 1290	20	169	5.1×10^{-6}
U	Stahl Union	9 S 20 K	20	182	1.44×10^{-6}
V	Žel. Jesenice	Č 3190 G	39		2.0×10^{-6}
X	Žel. Jesenice	Č 3190 G	39		2.6×10^{-6}
C	češko jeklo		39		1.75×10^{-6}

mativno vrednost. Večjo praktično vrednost pa ima nasipno število R, ki nam pove, kakšno napako delajo ostružki pri obdelavi in odvažanju.

Preizkus »izoblikovanja ostružkov« izvedemo na običajni stružnici pri pogojih, ki so normirani v VDE standardih (Stahl-Eisen Prüfblatt 1178-52). Za prikazovanje rezultatov preizkusa uporabljamo posebne formularje.

Preizkus je enostaven in poceni, rezultati so dobro reproduktivni. Slaba stran je premajhna občutljivost preizkusa.

Na podlagi rezultatov številnih preiskav pa lahko zaključimo, da ta preizkus omogoča določeno oceno obdelovalnosti avtomatskih jekel, ga pa zaradi premajhne občutljivosti lahko uporabimo le kot dopolnilni preizkus.

5. STRUŽENJE S KONSTANTNIM PODAJNIM PRITISKOM

To metodo določevanja obdelovalnosti so razvili v ZDA Boulger, Shaw in Johnson⁶ zato, ker je industrija potrebovala hitro in enostavno metodo za ocenjevanje obdelovalnosti na manjših profilih iz avtomatskih jekel. Zaradi svoje enostavnosti, velike občutljivosti in reproduktivnosti, se je ta metoda v ZDA hitro razširila in postala standardna, v Evropi pa vedno bolj pridobiva na pomenu.^{7, 8}

5.1 Avtomatski dodatki in mehanizem rezanja

Preden začnemo opisovati naprave kot take, je za razumevanje vrednosti podatkov dobljenih z metodo »struženja s konstantnim podajnim pritiskom« potrebno poznati nekatere osnovne značilnosti avtomatskih jekel.

Za izboljšanje obdelovalnosti dodajajo avtomatskim jeklom, ogljikovim, kakor tudi nerjavečim, tako imenovane »avtomatske dodatke«, na-

vadno žveplo in svinec, v novejšem času pa tudi selen, telur in bizmut, ki tvorijo v jeklu mehke, nemetalne vključke, sulfide, selenide in podobno. Oblika sulfidnih vključkov MnS v nizkoogljiknem avtomatskem jeklu je prikazana na sliki 4.

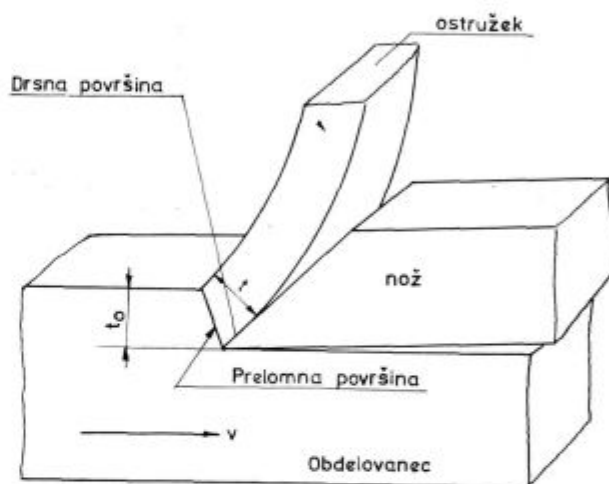
Vloga teh vključkov pri rezanju je razvidna iz naslednje razlage:⁹

Obdelava kovin z odrezovanjem se sestoji iz dveh glavnih operacij (slika 5):

a) plastične deformacije kovine z nožem do tvorbe ostružka,

b) drsenja ostružka ob prosti površini noža.

S plastično deformacijo kovine se deformirajo tudi mehki nemetalni vključki v dolge in tanke ploščice. V samem ostružku se večinoma razpotegnejo v smeri največjih strižnih napetosti, v coni tečenja pa v smeri, ki je vzporedna drsni površini ostružka.



Slika 5
Obdelava kovin z odrezovanjem

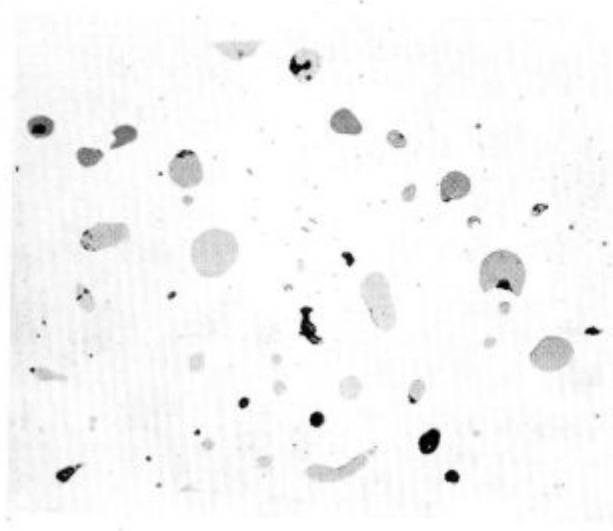
Tako deformirani sulfidni vključki vplivajo na pogoje rezanja na dva načina:

a) tanki lističi, razpotegnjeni v smeri največjih strižnih npetosti, slabijo drsne ravnine in povzročajo tako imenovano notranje mazanje med temi ravninami pri izoblikovanju ostružka;

b) druga oblika ugodnega vpliva teh vključkov je, da tvorijo tanko plast na drsni ravnini vključkov in proste površine noža, ki deluje kot zunanje mazivo.

Vloga mehkih nemetalnih vključkov je torej v tem, da lomijo ostružke in zmanjšujejo trenje pri rezanju. Iz teorije rezanja¹⁰ pa je poznano, da je celotna porabljen energija za rezanje vsota energije za premagovanje strižnih napetosti ter sile trenja rezanja.

Za dobro obdelovalnost je torej zmanjšano trenje pri rezanju, zaradi vpliva mehkih nemetalnih vključkov, odločilnega pomena, seveda pri tem ne smemo zanemariti tudi vpliva drugih fizikalnih lastnosti jekla, katerih vpliv pri rezanju pa je mnogo bolj kompleksen.

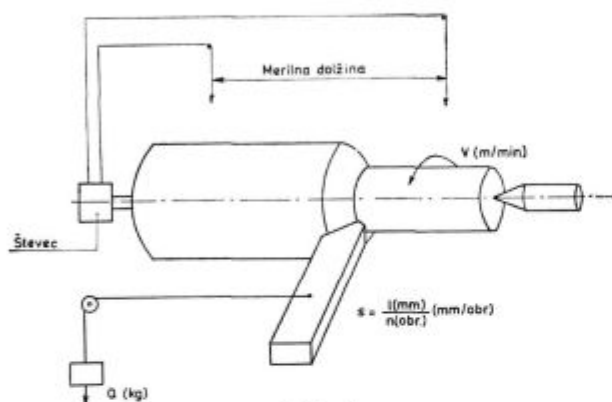


Slika 4
Sulfidni nemetalni vključki v avtomatskih jeklih

5.2 Teoretične osnove preizkusa

Poizkus ocenjevanja obdelovalnosti po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« (angl.: Constant Pressure Lathe Test, nemško: Gewichtsvorschubverfahren), temelji na dognanju, da se jekla z različno obdelovalnostjo pri konstantnem podajnem pritisku režejo različno hitro. Če za pomik noža uporabimo stalen podajni pritisk, bomo pri jeklih z boljšo obdelovalnostjo dosegli večje podajanje kot pri slabše obdelovalnih jeklih. Shema obravnavanega poskusa je prikazana na sliki 6.

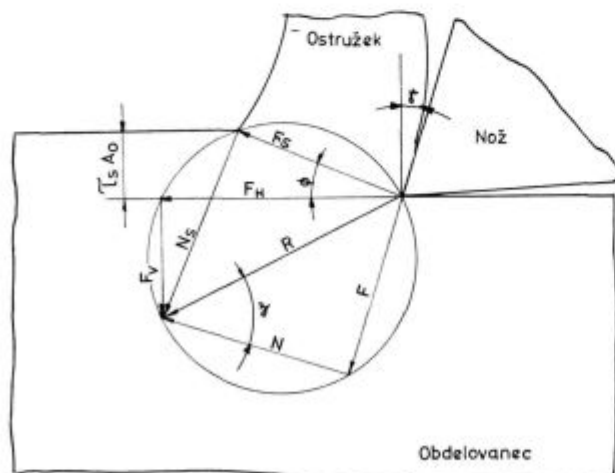
Pri tem poizkusu merimo podajanje pri struženju, s' (mm/obr.), ki pri konstantni hitrosti struženja, v' (mm/min.) rezultira konstantnemu podajanju pritiskov, q' (kg).



Slika 6

Shema ocenjevanja obdelovalnosti po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom«

Teoretično ta poizkus nikoli ni bil natančno obdelan. Na vprašanje, kaj pri tem poizkusu sploh merimo, je zadovoljivo odgovoril znani ameriški tehnolog dr. Merchant. Njegovo razlago v poenostavljeni obliki posredujemo v naslednjem odstavku: 6, 10



Slika 7

Odvisnost med silami in koti pri avtogenskem rezanju kovin

Iz analize mehanike rezanja, ki je podana na sliki 7, sledi naslednja odvisnost med silo trenja F ter vertikalno in horizontalno silo rezanja F_V , F_H

$$F = F_H \cos \gamma + F_V \sin \gamma$$

γ = cepilni kot noža

Ta enačba velja splošno in ni odvisna od oblike ostružka. Zato jo lahko uporabimo tudi v razmerah obravnavanega poizkusa. Ker je pri danem poskusu cepilni kot γ majhen, lahko drugi člen enačbe v primerjavi s prvim členom zanemarimo. Sledi torej, da je pri poskusu horizontalna sila F_H direktno proporcionalna sili trenja F .

Z drugimi besedami, pri tem poizkusu merimo podajanje »s«, ki je potrebno, da se med nožem in ostružkom ustvari določeno trenje. Poizkus je torej zelo občutljivo merjenje trenja pri rezanju in je kot tak še posebno primeren za ocenjevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel.

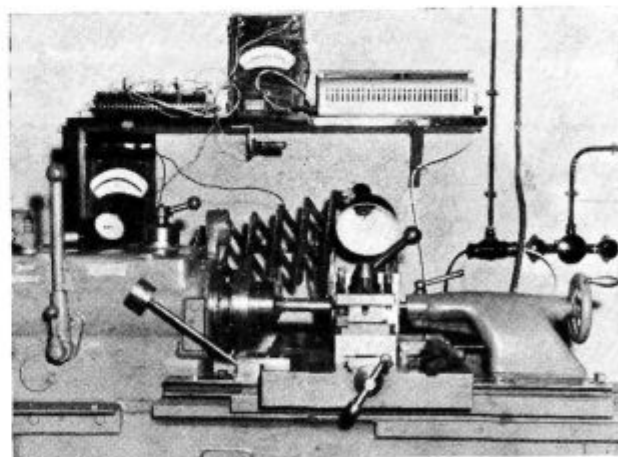
5.3 Opis postopka in oprema

Postopek in oprema za preizkus obdelovalnosti jekla po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« sta sorazmerno enostavna.

Za izvedbo poizkusa potrebujemo:

- stružnico s suportom sproščenim od pogonskega mehanizma,
- zavoro, ki preprečuje izmikanje suporta,
- konstantni pritisk na nož,
- večje število rezalnih nožev,
- števec za štetje obratov.

Na osnovi opisa opreme in postopka za obravnavani preizkus, v literaturi, smo na Raziskovalnem oddelku v Železarni Jesenice izdelali napravo, ki nam za sedaj služi predvsem v raziskovalne namene na področju osvajanja kvalitete avtomatskih jekel, v primeru reklamacij pa tudi za dokazovanje določene kvalitete avtomatskega jekla (slika 8).



Slika 8

Naprava za določevanje obdelovalnosti po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom«

V pogledu geometrije brušenja rezalnih nožev pri našem poizkusu odstopamo od zahtev avtorjev tega preizkusa pri nastavnem kotu α . Iz teorije po-

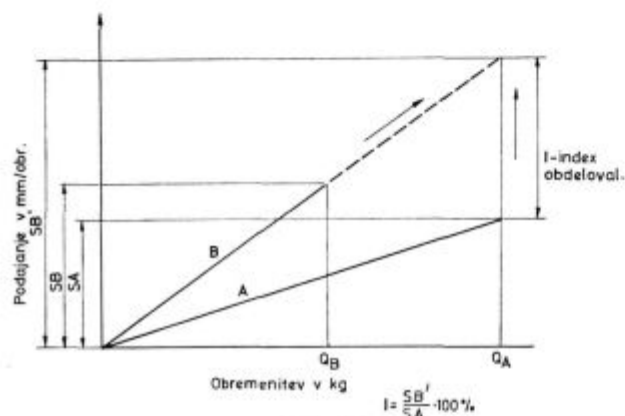
izkusa je razviden velik vpliv nastavnega kota α . Enačba na kateri temelji preizkus in po kateri merimo pri tem preizkusu velikost sile trenja pri rezanju, velja striktno le v primeru, če je kot $\alpha = 90^\circ$. To si je mogoče razložiti s tem, da je pri nastavnem kotu $\alpha = 90^\circ$ odzivna sila pri rezanju minimalna in konstantna v območju cepilnega kota $\gamma = -20$ do $+20^\circ$. Zaradi težav na začetku struženja smo se pri naših poizkusih odločili za kot $\alpha = 60^\circ$. Na splošno pa lahko v literaturi zasledimo vrednost nastavnega kota 45, 60 in 90° .

Pogoji preizkusa so:

globina struženja $t = 2$ mm

hitrost struženja: 35 — 100 m/min.

Območje hitrosti sovпада s hitrostjo struženja avtomatskih jekel v praksi. Veliko število možnih kombinacij obratov vretena omogoča struženje različnih premerov vzorcev jekla, v območju 20 do 50 mm premera, pri isti obodni hitrosti.



Slika 9
Ocena obdelovalnosti

Geometrija brušenja nožev $\alpha 8^\circ$, $\gamma 12^\circ$, $\kappa 60^\circ$, $\lambda 4^\circ$. Radius konice 0.5 mm, presek 20×20 mm.

Navadno opravimo poizkus pri petih različnih obremenitvah v območju 1—10 kg v dveh paralelkah.

Poraba jekla je majhna in znaša 2—2,5 m jekla ustrezne debeline.

Ves preizkus s potrebnimi predpripravami traja 4 ure, eno struženje pa traja le nekaj minut.

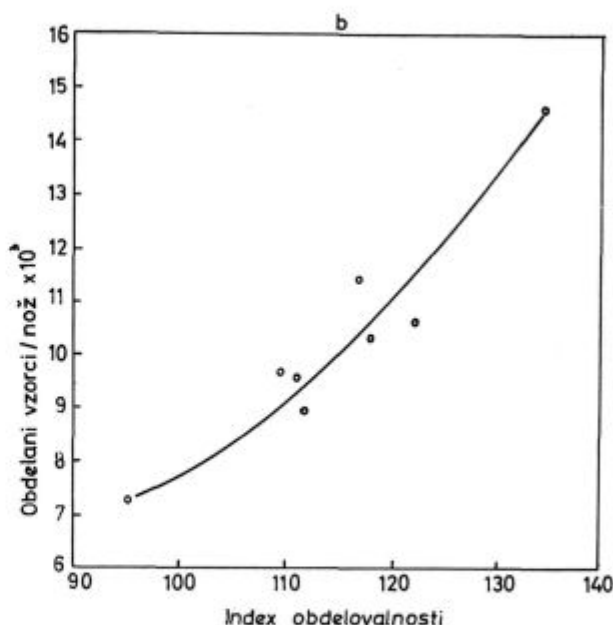
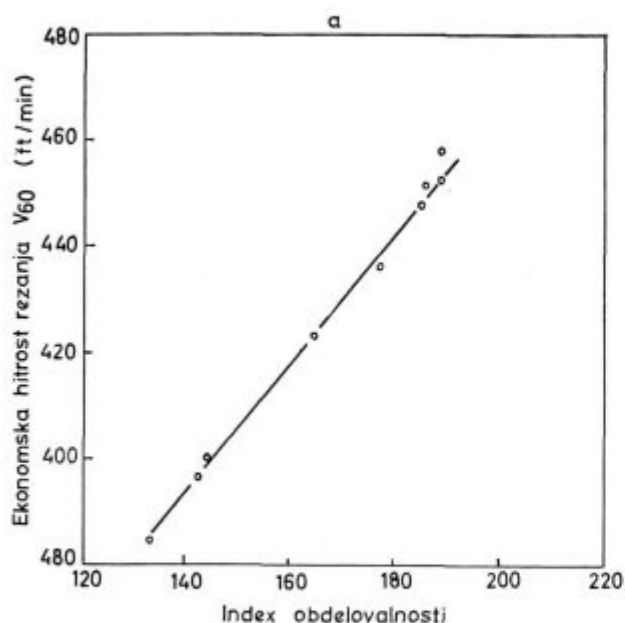
5.4 Ocenjevanje obdelovalnosti

Opisana metoda ocenjevanja obdelovalnosti ima izrazito primerjalni značaj. Način izračunavanja indeksa obdelovalnosti je razviden iz slike 9.

Razlike obdelovalnosti med posameznimi jekli so v velikosti podajanja »s« pri dani obremenitvi »Q«. Indeks obdelovalnosti »I« izrazimo z razmerjem podajanja »s_A« znanega (etalonskega) jekla (A) in podajanja s_B neznanega jekla (B), pri konstantnih pogojih preizkusa. Linearna odvisnost med »s« in »Q« omogoča neposredno medsebojno primerjavo različnih vzorcev avtomatskih jekel, ki jih je zaradi različne obdelovalnosti treba preizkusiti z različnimi utežmi. Mogoča je torej ekstrapolacija podatkov, da se lahko izvede primerjava pri standardnih pogojih preizkusa.

Iz literature je razvidno, da obstaja zadovoljiva linearna primerjava med rezultati ocene obdelovalnosti jekla po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« ter rezultati preiskave obdelovalnosti jekla z dolgotrajnimi proizvodnimi metodami, pa tudi z rezultati preiskave s klasičnimi laboratorijskimi metodami merjenja vzdržnosti rezalnih nožev.

Taka primerjava je prikazana na sliki 10. (Podatki iz literature.)⁵



Slika 10
Primerjava treh različnih načinov določevanja obdelovalnosti

Na sliki 10a je podana primerjava med ekonomsko hitrostjo struženja V_{80} , ki je bila določena z laboratorijskim preizkusom merjenja obrabe nožev in ustreznim indeksom obdelovalnosti, določenim po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom«. Na sliki 10b pa je primerjava med rezultati ocene obdelovalnosti z direktnim delavniškim načinom (štetje števila izdelanih kosov z enim nožem od brušenja do brušenja) ter indeksom obdelovalnosti.

V obeh primerih lahko privzamemo linearno odvisnost med rezultati ocene obdelovalnosti iste vrste jekla, določeni po treh različnih načinih določevanja obdelovalnosti.

V ZDA uporabljajo metodo »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« kot standardno metodo za merjenje obdelovalnosti avtomatskih jekel. Indeksi obdelovalnosti so izračunani na osnovi etalonskega jekla vrste B 11 12, za katerega so določili indeks obdelovalnosti 100 %.¹¹

Kljub temu, da je metoda »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« uporabna predvsem za ocenjevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel v literaturi zelo pogosto zasledimo, da je tudi obdelovalnost drugih ogljikovih ter legiranih jekel podana z »indeksom obdelovalnosti«, ki je določen z opisano metodo.

Optimalno obdelovalnost ima jeklo, če ga obdelujemo s točno določenimi pogoji obdelave. Ti pogoji (hitrost rezanja, geometrična oblika ostružka, material in geometrija rezalnih nožev, hladilno sredstvo) pa so specifični za posamezna jekla ali vsaj za posamezne skupine jekel. Enaka zakonitost velja tudi pri preizkusu obdelovalnosti jekel, katerih namen je ravno določevanje optimalnih pogojev obdelave jekel.

Odvisnost med indeksom obdelovalnosti in vzdržnostjo orodja je s primerjalno metodo natančno določena le pri jeklih, ki se pri obdelavi zelo podobno obnašajo.

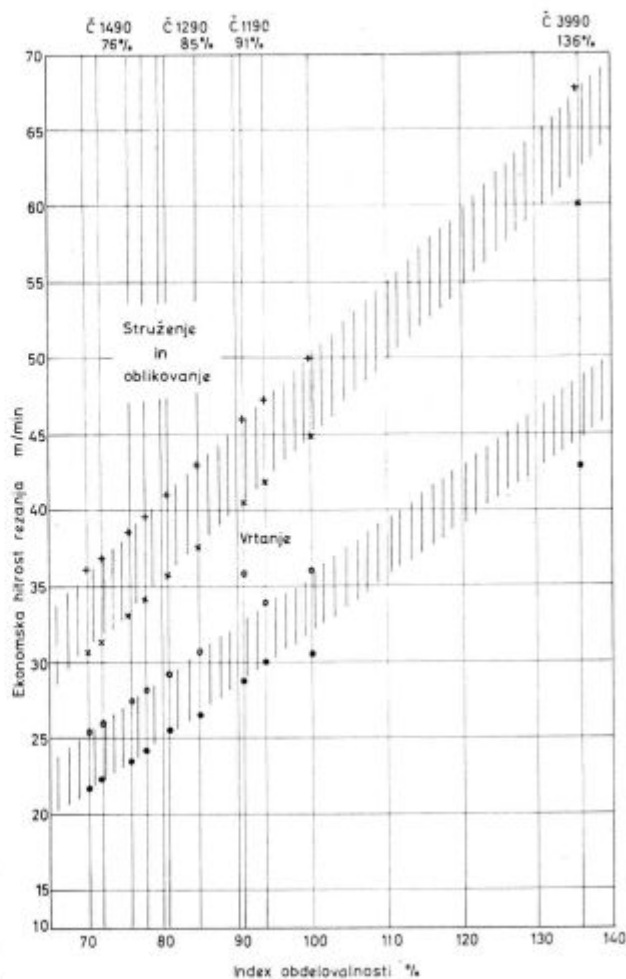
Odvisnost med »indeksom obdelovalnosti« določenim po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« in na osnovi praktičnih izkušenj določeno ekonomsko hitrostjo obdelave za tuja¹² in domača jekla, je prikazana na sliki 11.

Iz diagrama je razvidno, da v območju $I = 70 \dots 140$ %, ki ga pokrivajo ogljikova avtomatska jekla z žveplom kot avtomatskim dodatkom, ekonomska hitrost rezanja narašča linearno z naraščajočim indeksom obdelovalnosti I .

Poznavanje te odvisnosti lahko bistveno olajša iskanje optimalnih pogojev rezanja za različne pošiljke avtomatskega jekla, katerega kvaliteta lahko zelo niha, če je le poznana obdelovalnost tega jekla. To pa je tudi namen ocenjevanja obdelovalnosti jekel. Na diagram na sliki 11 so vrisane tudi orientacijske vrednosti V_{400} za domača avtomatska jekla po JUS C.B0.505.

5.5 Uporaba metode pri raziskovalnem delu

Pri raziskovalnem delu na področju razvoja kvalitete ogljikovih in nerjavečih avtomatskih je-



Slika 11

Zveza med indeksom obdelovalnosti in optimalnimi pogoji obdelave

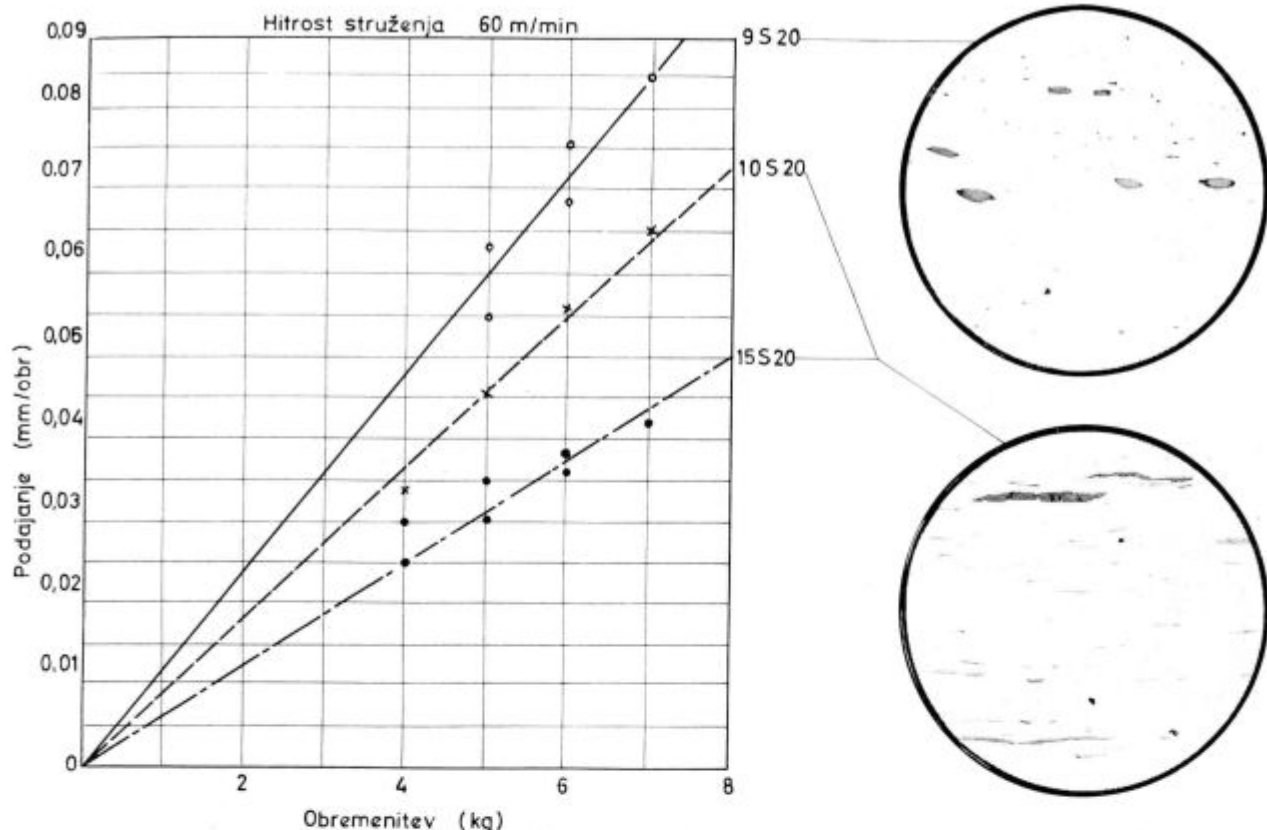
kel v Železarni Jesenice, smo ta način ocenjevanja obdelovalnosti uspešno uporabili pri študiju najboljših pogojev izdelave in predelave za dobro in enakomerno obdelovalnost posameznih vrst avtomatskih jekel. Nekaj karakterističnih primerov izmed številnih tovrstnih preiskav navajamo v ilustracijo uporabnosti te metode v raziskovalne namene.

Prvi primer — Način izdelave jekla ter različna kemična analiza posameznih vrst ogljikovih avtomatskih jekel ima za posledico različno obdelovalnost teh jekel. Preiskovali smo obdelovalnost treh vzorcev avtomatskega jekla različnih kvalit in to:

- nepomirjeno jeklo vrste 9 S 20
- pomirjeno jeklo vrste Č 1190
- pomirjeno jeklo vrste Č 1290

Kemična sestava vzorcev:

Vrsta jekla	% C	% Si	% Mn	% P	% S
9 S 20	0,08	0,01	0,74	0,076	0,214
Č 1190	0,10	0,22	0,83	0,060	0,243
Č 1290	0,16	0,28	0,68	0,025	0,198



Slika 12
Primerjava obdelovalnosti avtomatskih jekel vrste 9S20, Č 1190 in Č 1290

Preiskava sulfidnih vključkov je pokazala, da ima nepomirjeno jeklo manj razpotegnjene sulfidne vključke ovalnega tipa (indeks deformabilnosti $\epsilon_i = 0,85$), pomirjeno jeklo pa močno razpotegnjene vključke (indeks deformabilnosti $\epsilon_i = 1,5$). Vse vzorce jekla smo preiskali v normaliziranem stanju.

Rezultati preiskave obdelovalnosti teh vzorcev jekla so prikazani na sliki 12.

Najboljšo obdelovalnost kaže nepomirjeno jeklo GS 20, kar je posledica ugodne oblike sulfidnih vključkov. Različna obdelovalnost pomirjenih vrst avtomatskega jekla Č 1190 in Č 1290 pa je posledica različnih količin žvepla. Rezultati kažejo, da oblika sulfidnih vključkov močneje vpliva na obdelovalnost kot količina žvepla.

Drugi primer — Fizikalne karakteristike sulfidnih vključkov ter mineraloška sestava oksidnih nemetalnih vključkov v pomirjenih avtomatskih jeklih, ki v največji meri vplivajo na obdelovalnost avtomatskih jekel, je odvisna od vrste dezoksidanta.

Za kvalitetni razvoj avtomatskih jekel z visokim indeksom obdelovalnosti (avtomatski dodatek S) je odločilnega pomena pravilen način dezoksidacije in izbor najboljšega dezoksidanta.

Pri osvajanju jekla vrste Č 3990 smo preučevali vpliv dezoksidantov Al, Al-Ca in Al-Mg na fizikalne lastnosti sulfidnih vključkov (kristalizacija, deformabilnost) in obdelovalnost jekla.

Rezultati preiskav obdelovalnosti treh šarž jekla Č 3990, ki so bile dezoksidirane z različnimi dezoksidanti, so prikazani na sliki 13.

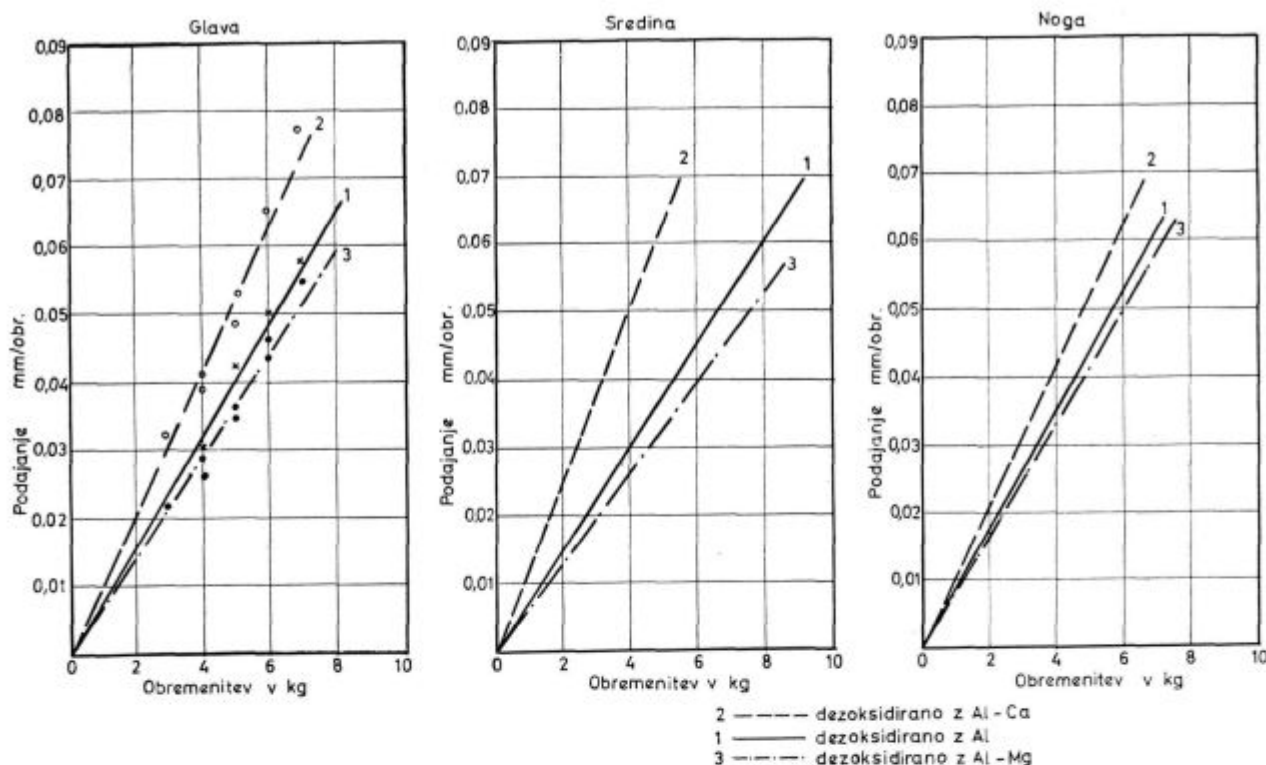
Kemična analiza teh šarž je naslednja:

Talina dezoks.	% C	% Si	% P	% Mn	% S	% Al
E 4259 Al	0,12	0,03	0,80	0,110	0,314	0,007
E 4260 Al-Ca	0,13	0,03	1,00	0,106	0,324	0,000
E 4265 Al-Mg	0,15	0,03	1,20	0,104	0,320	0,008

Vse preiskave smo opravili na vzorcih jekla iz glave, sredine in noge 1000 kilogramskih blokov, v normaliziranem + hladno vlečenem stanju.

Kljub enaki kemični sestavi jekel kažejo posamezne taline različno obdelovalnost. Najboljšo obdelovalnost ima jeklo dezoksidirano z Al-Ca. Obdelovalnost jekel dezoksidiranih z Al-Mg in Al pa je približno enaka.

Preiskava mikrostrukture vzorcev jekla treh šarž je pokazala, da lahko iščemo vzroke za različno obdelovalnost predvsem v različnih karakteristikah sulfidnih nemetalnih vključkov. Jeklo dezoksidirano z Al-Ca ima za obdelovalnost najbolj ugodne nemetalne vključke.



Slika 13

Vpliv vrste dezoksidanta na obdelovalnost avtomatskega jekla z visokim indeksom obdelovalnosti Č 3990

Sulfidni vključki so veliki ter ovalni, na obrusih ni opaziti večjih koncentracij aluminatov kot pri jeklu dezoksidiranem z Al.

Tretji primer — Obdelovalnost ogljikovih avtomatskih jekel je v veliki meri odvisna tudi od oblike in utrditve mikrostrukture jekla, kar je pogojeno z ustreznim načinom toplotne obdelave in stopnje hladne predelave jekla. Na sliki 14 so prikazani rezultati preiskav o vplivu načina toplotne obdelave na obdelovalnost jekla vrste Č 3190 in o vplivu stopnje hladne predelave na obdelovalnost nizko ogljičnega jekla vrste Č 1190.

Rezultati preiskav obdelovalnosti kažejo ugodnejši vpliv lamelarne oblike perlita, ki se izoblikuje pri normalizaciji jekla vrste Č 3190, pred strukturo mehko žarjenega jekla. Pri jeklu vrste Č 1190 pa je razviden ugoden vpliv večje utrditve ferita, ki jo dosežemo z večjo stopnjo hladne deformacije.

Rezultat jasno kaže, da je s tem načinom ocenjevanja obdelovalnosti mogoče zaznati poleg vpliva sulfidnih vključkov in sestave jekla tudi vpliv mikrostrukture jekla na obdelovalnost, kar zopet dokazuje veliko vrednost te metode.

Iz vseh treh primerov je lepo razviden nizek raztros rezultatov, ki je v mejah ± 5 odstotkov, kakor zahteva literatura.

Kvalitetni razvoj **nerjavečih avtomatskih jekel** je v današnjem času prav tako pomemben kakor

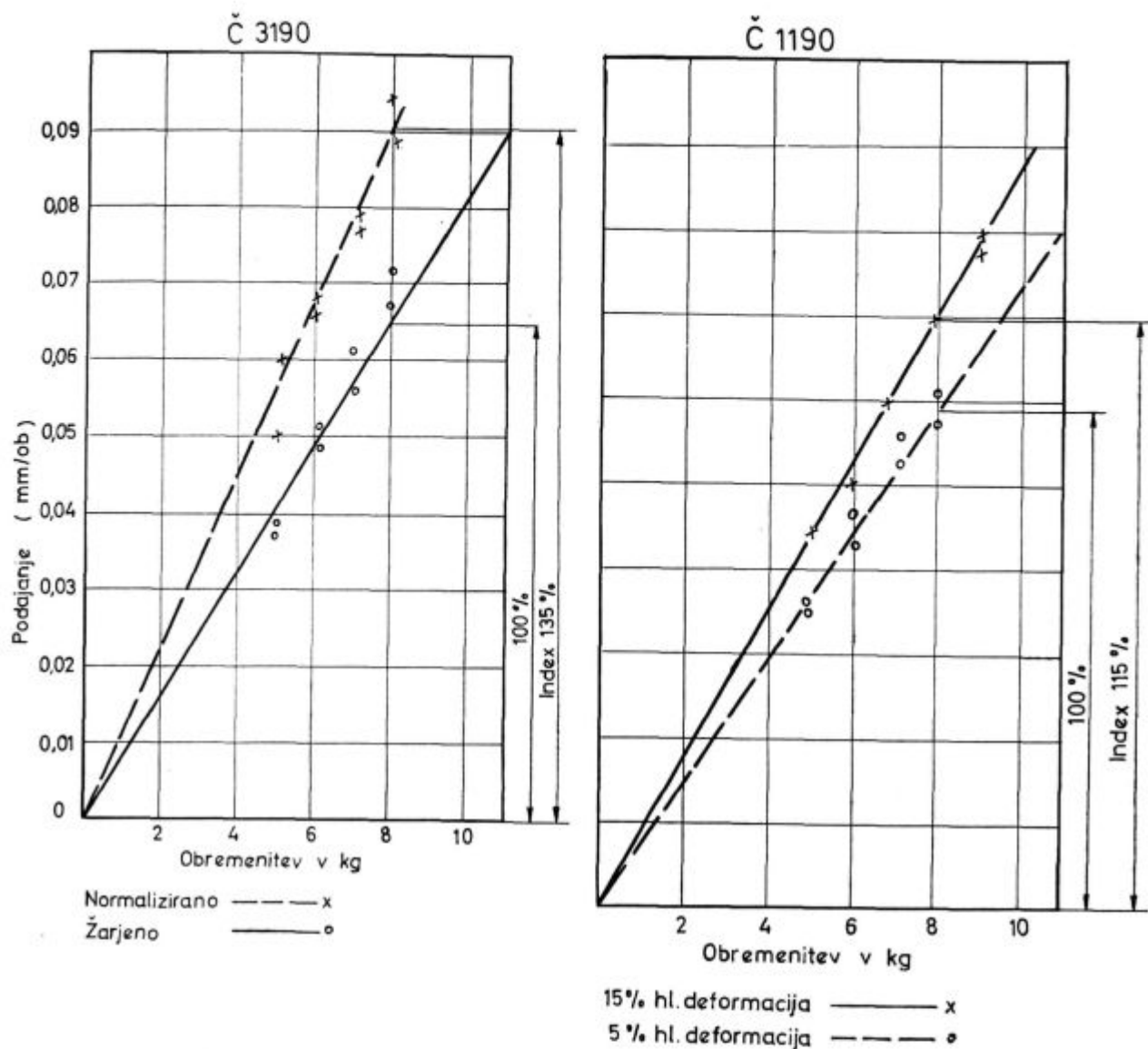
razvoj ogljikovih avtomatskih jekel. Smisel razvoja avtomatskih variant nerjavečih jekel je, da s povečanjem obdelovalnosti, sicer slabo obdelavnih nerjavečih jekel, pocenimo obdelavo strojnih delov, ki morajo biti zaradi zahtev po odpornosti proti koroziji iz nerjavečega jekla.

Izkušnje kažejo, da je pri ocenjevanju obdelovalnosti nerjavečih avtomatskih jekel po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« več težav kot pri ocenjevanju obdelovalnosti ogljikovih avtomatskih jekel. Veliko razsipanje ter slaba reproduktivnost rezultatov zahteva večje število preizkusov ter večjo porabo jekla.

Rezultati preiskav obdelovalnosti nerjavečih jekel z obravnavano metodo pa vseeno kažejo na to, da je ta metoda uporabna tako za klasifikacijo, kakor za študij vpliva metalurških faktorjev na obdelovalnost posameznih vrst nerjavečih avtomatskih jekel.

Četrti primer — Program osvajanja nerjavečih jekel na Raziskovalnem oddelku obsega tudi kvaliteten razvoj treh osnovnih vrst nerjavečih avtomatskih jekel in to avstenitnega — Č 4590, feritnega — Č 4790 in martenzitnega — Č 4791 tipa.***

Cr jekla (feritna in martenzitna) imajo boljšo obdelovalnost kot Cr-Ni jekla. Preiskave treh značilnih talin standardnih vrst nerjavečih avtomatskih jekel to trditev potrjujejo. (Slika 15.) Značilna kemična analiza za obravnavane vrste avtomatskih nerjavečih jekel je naslednja:



Slika 14

Vpliv stopnje hladne predelave in načina toplotne obdelave na obdelovalnost ogljikovih avtomatskih jekel

Vrsta jekla	šarža	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	trdota
Č 4790	E 4266	0,09	0,30	0,83	0,027	0,250	16,6	—	0,22	222
Č 4791	E 5299	0,12	0,22	1,02	0,025	0,274	14,0	—	0,29	173
Č 4590	E 4267	0,09	0,37	1,04	0,020	0,220	18,3	9,6	0,27	157

Prikazana primerjava obdelovalnosti velja za standardne modifikacije nerjavečih avtomatskih jekel ter za naslednje dobavno stanje:

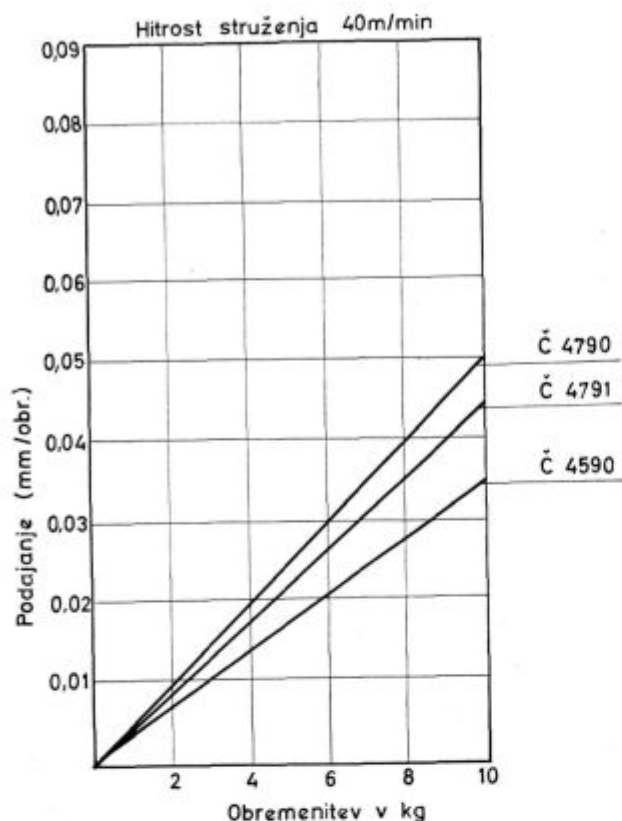
jeklo Č 4790 žarjeno + hladno vlečeno (stopnja hl. predelave 15 %)

jeklo Č 4791 žarjeno (800° C) + brušeno

jeklo Č 4590 gašeno (1050° C) + brušeno.

*** Oznaka za martenzitno nerjaveče avtomatsko jeklo Č 4791 po JUS še ni sprejeta.

Peti primer — Vpliv količine žvepla ter oblike sulfidnih vključkov na obdelovalnost smo preiskali tudi pri proti kislini odpornem avstenitnem avtomatskem jeklu vrste Č 4590. Iz rezultatov preiskav, ki so prikazani na sl. 16, je razvidno, da se obdelovalnost te vrste jekla v določenem območju količine žvepla le malo spreminja, kar je izrednega pomena za enakomerno obdelovalnost različnih šarž tega jekla. Preiskave so znova po-



Slika 15
Primerjava obdelovalnosti nerjavečih avtomatskih jekel
vrste Č 4790, Č 4791 in Č 4590

trdile ugoden vpliv ovalnih sulfidnih vključkov na obdelovalnost te vrste jekla.

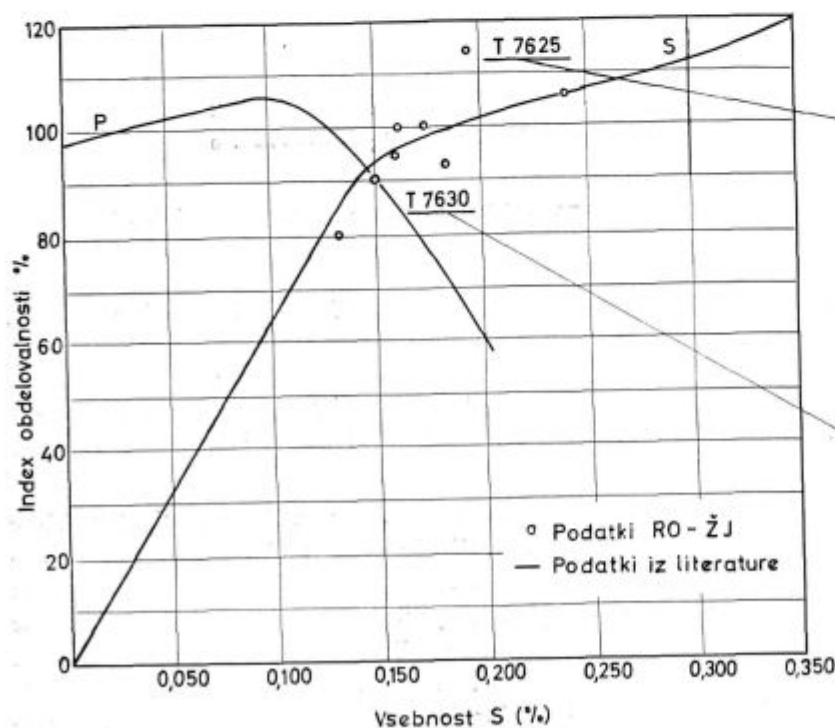
5.6 Klasifikacija ogljikovih avtomatskih jekel z ozirom na obdelovalnost, dobljeno po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom«

V novejšem času je bil na področju avtomatskih jekel storjen velik korak naprej. Uvajanje novih avtomatskih dodatkov v redno proizvodnjo avtomatskih jekel vse bolj izloča analizo jekla kot prevzemni kriterij za kvaliteto avtomatskega jekla.

Osnovno merilo za kvaliteto avtomatskega jekla je njegova obdelovalnost.

Indeksi obdelovalnosti, ki jih dobimo z merjenjem obdelovalnosti po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« omogočajo klasifikacijo posameznih vrst avtomatskih jekel na osnovi njihove obdelovalnosti.

Številne meritve obdelovalnosti vseh vrst avtomatskih jekel, v različnih dobavnih stanjih, nam omogočajo primerjavo indeksov obdelovalnosti domačih jekel z indeksi, ki jih za sorodna tuja jekla navaja strokovna literatura. V tabeli 2 je taka primerjava za hladno vlečeno stanje. Pri določanju indeksa obdelovalnosti vzorcev jekla ŽJ smo izbrali kot etalonsko jeklo vzorec tujega jekla vrste 10 S 20 K.



Slika 16
Vpliv količine žvepla na obdelovalnost avstenitnega avtomatskega jekla Č 4590

Tabela 2

Vrsta jekla JUS	Analiza jekla	Indeks obdeloval- nosti I 10S20 = 100%	Primerjava		Indeks obdeloval- nosti I B 1112 = 100%
			AISI	DIN	
Č 3990	0,10 % C 1,09 % Mn 0,111 % P 0,330 % S	142	C 1213	9 S Mn 23	135/140
Č 1190	0,06 % C 0,67 % Mn 0,068 % P 0,248 % S	108	C 1111	10 S 20	90/91
Č 1290	0,17 % C 0,72 % Mn 0,067 % P 0,190 % S	90	C 1115	15 S 20	81/85
Č 3190	0,20 % C 1,22 % Mn 0,050 % P 0,226 % S	112	C 1116	—	91/96

Iz tabele je razvidna dobra skladnost dobljenih podatkov v relativnem merilu. Manjša odstopanja, ki nastopajo v absolutni vrednosti, so predvsem posledica različnih etalonskih jekel in deloma različnih pogojev preizkusa. Rezultati nam torej dovoljujejo oceno in klasifikacijo domačih avtomatskih jekel ter primerjavo s tujimi vzorci jekla.

Na osnovi rezultatov ocenjevanja obdelovalnosti vseh vrst ogljikovih avtomatskih jekel, domačega in tujega porekla, smo izdelali tabelo, ki informativno prikazuje obdelovalnost, ki jo garantiramo za posamezne vrste jekel v določenih dobavnih stanjih. Tabela je izdelana na osnovi etalonskega jekla Č 3190 (stanje normal, hladno vlečeno), ki predstavlja indeks 100 %.

Tabela 6

Vrsta jekla	dobavno stanje		
	vroče valjano	luščeno ali hladno vlečeno in mehko žarjeno	stanje najboljše obdelovalnosti — hladno vlečeno
Indeks obdelovalnosti »I« (%)			
Č 3190	75 do 85	70 do 80	100
Č 3990	—	—	130 do 140
Č 1190	75 do 85	70 do 80	90 do 100
Č 1290	70 do 80	65 do 75	80 do 90
Č 1490	60 do 70	55 do 65	70 do 80
Č 1590	65 do 70	60 do 65	70 do 75

Tabela je informativnega značaja in ima namen na eni strani pomagati potrošniku pri naročanju najustreznejše vrste in dobavnega stanja za njegove potrebe, na drugi strani pa služi kot merilo za dokazovanje kvalitete jekla z ozirom na obdelovalnost v primeru reklamacij. S tem namenom smo tabelo 6 uvrstili tudi v novi standard za ogljikova avtomatska jekla, ki bo izšel v začetku leta 1968.

ZAKLJUČEK

Kritična ocena opisanih metod kaže, da je za določevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel po svojih značilnostih najprimernejša metoda »struženje s konstantnim podajnim pritiskom«. Pri tej metodi se najbolj neposredno dotaknemo obdelovalnosti jekla kot njegove specifične fizikalne lastnosti. Pri ostalih metodah se dotaknemo obdelovalnosti jekla več ali manj posredno z različnih stališč, n.pr. s stališča obrabe orodja, temperaturnih sprememb na konici noža, rezalnih sil in podobno. Seveda pa to ne pomeni, da zanikamo vrednost metod, ki smo jih označili kot posredne. Ze sama širina pojma obdelovalnosti namreč zahteva, da jo ocenjujemo z različnih vidikov.

Industriji in trgovini je za ocenjevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel potrebna hitra, enostavna in cenena metoda, ki bo dovolj občutljiva in jo bo mogoče izvesti v normalnih obratovalnih pogojih in na jeklenih palicah podobnih dimenzij kot jih uporablja industrija. Rezultati morajo imeti predvsem praktičen pomen. Indeksi obdelovalnosti ali drugi laboratorijski podatki o obdelovalnosti morajo pomagati pri izbiri optimalnih pogojev za obdelavo jekel, posebno pri določitvi optimalne hitrosti rezanja.

Navedeni podatki iz literature ter rezultati številnih preiskav obdelovalnosti avtomatskih jekel po metodi »struženje s konstantnim podajnim pritiskom« na Raziskovalnem oddelku v Železarni Jesenice, potrjujejo vrednost metode in pravilnost izbire tega načina za določevanje obdelovalnosti, saj predlagana metoda popolnoma zadovoljuje prej omenjene zahteve.

Izbira te metode za določevanje obdelovalnosti avtomatskih jekel nas obvezuje, da čimprej izdelamo standard, ki bi točno predpisoval pogoje preizkusa. Posebno pozornost bo treba posvetiti izbiri primerjalnega — etalonskega — jekla. V novem standardu za avtomatska jekla smo predlagali kot etalon jeklo Č 3190, ki ga sedaj pri nas največ uporabljamo in ki je v kvalitetnem pogledu izmed vseh avtomatskih jekel najbolj stabilizirano.

Gospodarska reforma zahteva od kovinsko predelovalne industrije večjo produktivnost in rentabilnejšo proizvodnjo tudi pri obdelavi jekel, zato potreba po avtomatskih jeklih narašča. Ker si nadaljnega kvalitetnega razvoja avtomatskih jekel brez ustrezne metode določevanja obdelovalnosti

ne moremo zamisliti, je torej realizacija predlagane metode zelo pomembna in terja čimprejšnjo rešitev, ob aktivnem sodelovanju vseh zainteresiranih.

Literatura

1. F. Klaus in dr.: Stand der Kenntnisse über die Zerspanbarkeit der Stähle
Stahl und Eisen 85(1965) Nr. 25, str. 1669
2. Zerspanungsversuche
Stahl-Eisen Prüfblatt, März 1952: 1166-52, 1162-52, 1164-52, 1178-52
Prüfblätter des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute
3. Strassburg: Automatenstahl
Landolt-Börnstein Technik IV., Teil II., 1963, str. 354
4. F. Vodopivec in dr.: Struženje jekel za avtomate s pomočjo radioaktivnih nožev
Rudarsko metalurški zbornik 1965, št. 3-4, str. 399
5. Kerkeler Karl: Die Zerspanbarkeit der metallischen und nichtmetallischen Werkstoffe
Berlin 1951, Springer-Verlag
6. F. W. Boulger in dr.: Constant-Pressure Lathe Test for Measuring the Machinability of Free-Cutting Steels
Transaction of the ASME, July 1949, str. 431
7. H. Becker: Kurzprüfung der Zerspanbarkeit von Automatenstählen nach dem Gewichtsvorschubverfahren
Stahl und Eisen 81(1961) Nr. 1, str. 46
8. H. Becker: Zerspanbarkeitsuntersuchungen nach dem Gewichtsvorschubverfahren an Automatenstählen mit vol. 0.09 % C
Stahl und Eisen 84(1964) Nr. 5, str. 256
9. E. M. Trent: Cutting steel and iron with cemented carbide tools — Part III: The influence of metallurgical factors in the flow zone
revija: Journal of the Iron and Steel Institute, Dec. 1963, str. 1001
10. Thomsen in dr.: Mechanics of plastic deformation in metal processing
Machining 1965, str. 448
11. Hoyt: Machinability Ratings of Cold Drawn Bars
Metal Data 1952, str. 50
12. Steel Products Manual: Hot Rolled and Cold Finished Bars AISI february 1964

ZUSAMMENFASSUNG

Die Bewertung der Zerspanbarkeit der Automatenstähle ist für den Hersteller von ausserordentlicher Bedeutung, wenn er sich auf die Dauer eine qualitätvolle Entwicklung sichern will.

Von den vielen verschiedenen Methoden für die Bewertung der Zerspanbarkeit haben wir in Zelezarna Jesenice das Gewichtsvorschubverfahren gewählt, das wir auch als standardes Verfahren vorschlagen. Bei dieser Methode wird der Schnittdruck gemessen welches zum schneiden des Stahles nötig ist. Da bei dieser Methode indirekt die Reibung beim Schneiden gemessen wird, ist sie besonders für die Beurteilung der Zerspanbarkeit der Automatenstähle geeignet, weil diesen Stählen für die Verminderung der Reibung beim Schneiden Sonderzusätze zugegeben werden.

Für diese Zerspanbarkeitsuntersuchungen benötigen wir eine Drehbank mit einem besonderen Prüfsupport der

von der Zug und Leitspindel befreit ist, eine Sperre im Schlosskasten die ein Ausweichen des Supports nach rückwärts verhindert, einen gleichbleibenden Druck auf den Drehmeissel, eine höhere Zahl der Drehmeissel so wie eine Aparatur zur Messung der Umdrehungszahl.

Dieses Verfahren ist schnell, einfach und billig und lässt sich in der Praxis beim drehen der Automatenstähle leicht ausführen. Das Streufeld der Ergebnisse ist in den Grenzen von $\pm 5\%$.

Die unzähligen Versuche der Bewertung der Zerspanbarkeit bestätigen die Richtigkeit der Auswahl dieser Methode. Die Ergebnisse zeigen, dass diese Methode sowohl für das Studium der metallurgischen Einflussfaktoren auf die Zerspanbarkeit als auch für die Klassifikation der einzelnen Automatenstähle nach der Zerspanbarkeit brauchbar ist.

SUMMARY

Constant-Pressure Lathe Test for Measuring the Machinability of Free-Cutting Steels

For lasting development of quality it is very important for each free-cutting steel manufacturer to be able to evaluate the machinability of the steels.

Among many known methods «constant pressure lathe test» was chosen at Jesenice Steel Mill. Above mentioned test is proposed as standard. Under the test conditions the feed is measured which is needed to create certain friction between sample and tool. Because friction is measured at this test indirectly, the test is very suitable for free cutting steels rating. To free cutting steels special elements are added to diminish the friction.

The equipment used for the constant pressure machi-

nability test consists of lathe with tool carriage disconnected from drive mechanism, brake to prevent tool carriage deviating, at means of applying constant lateral tool pressure, some cutting tools and device for recording the number of spindle revolutions. Test is fast, simple and not expensive and can be carried out under normal conditions of cutting. Results are dissipated in a range of $\pm 5\%$.

Many tests of machinability measuring upon this method showed us correctness of the chosen method. Results show that the method is suitable for studying the influence of metallurgical factors on machinability as well as classification of free-cutting steels regarding machinability.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из многих известных методов определения обрабатываемости в металлургическом заводе Zelezarna Jesenice (Югославия) выбран метод «резание с постоянным давлением подачи». Измеряться подача необходимая для трения между заготовкой и токарным резцом т. е. трение измеряться косвенно. Этот метод особенно применим для оценки обрабатываемости автоматных сталей при которых для уменьшения трения во время резания добавны автоматические при-

способления. Описано устройство и принадлежности станка. Самое испытание исполняется очень быстро и дешево, применимо при нормальных условиях резания автоматной стали в заводской практике. Разброс результатов $\pm 5\%$. Полученные результаты показали что метод применим для изучения влияния металлургических факторов на обрабатываемость а также и на классификацию автоматных сталей в отношении на обрабатываемость.