UDK 658.52:011.56

Avtomatizacija maloserijske, individualne in srednjeserijske proizvodnje

UVODNE RAZISKAVE

(Povzetek iz sklepnega poročila)

JANEZ PEKLENIK s sodelavci

1. UVOD

Uvodne raziskave so pomenile prvi korak pri urejanju tehnologije in raziskavah novih metod za optimiranje proizvodnje v naših podjetjih strojne in elektroindustrije. Nastale so v okviru predlaganega makroprojekta »Razvoj in optimizacija obdelovalnih sistemov za individualno, maloserijsko in srednjeserijsko proizvodnjo [1, 2].

Članek sestavlja povzetek iz sklepnega poročila uvodnih raziskav in je nadaljevanje povzetka prvega dela poročila [3], ki je bilo poslano Gospodarski zbornici SRS v avgustu l. 1970 [4].

Sklepno poročilo je sestavljeno iz dveh delov, tj. iz poročila, ki govori o urejanju grupne tehnologije po posameznih podjetjih, in poročila o zbiranju geometrijskih in tehnoloških informacij.

V velikoserijski proizvodnji so bili v zadnjem desetletju doseženi veliki uspehi pri povečanju produktivnosti. To je bilo mogoče doseči s specializacijo in avtomatizacijo. Teže pa je to dosegljivo v posamični in maloserijski proizvodnji, ki je značilna za velik del naše domače industrije. Zaradi tega so tem bolj upravičeni splošni organizacijski ukrepi za specializacijo industrijske proizvodnje in uvajanje grupne tehnologije.

S klasificiranjem obdelovancev po tehnoloških ali geometrijskih vidikih oblikujemo na posameznih strojih glede na obseg dela le eno ali več skupin, ki so si tehnološko ali oblikovno podobne. Po statističnem pregledu, ki ga omogočajo klasifikacijski sistemi, lahko z uporabo grupne tehnologije zmanjšamo investicijske stroške ter pripravljalne in pomožne čase pri posamični in maloserijski proizvodnji. Pri tem združujemo podobne dele oziroma podobne obdelovance v aditivne serije. Pripravljalna dela se delijo tako na večje število obdelovancev, čeprav se določenim preureditvam strojev med obdelavo podobnih delov ni mogoče izogniti. Tako pridemo do področja optimizacije obdelovalnih procesov in sistemov.

Optimiranju obdelovalnih procesov pripada v praksi poseben pomen. To delo sestoji iz večjega števila vplivov, npr. pravilne sestave grup obdelovancev, optimalnih pogojev pri odrezavanju glede na ceno stroja, plač, režijskih stroškov, materiala, optimalne selekcije tehnoloških operacij, orodij ipd.

Tudi od sistemske ureditve in organizacije geometričnih in tehnoloških informacij je bistveno odvisen potek razvojnega in tehnološkega procesa v proizvodnem sistemu. Od njih je v veliki meri odvisna pravilna izbira obdelovalnih pogojev in s tem možnost za optimiranje določenega obdelovalnega procesa.

2. DELO PO PODJETJIH

Osnovna naloga v okviru uvodnih raziskav je bila ugotoviti stanje v naših podjetjih na področju izdelavne tehnologije same kakor tudi na področju organizacije potrebnih tehnoloških informacij, nato pa po ugotovljenem stanju pripraviti osnove za nove organizacijske in tehnološke prijeme. Te osnove temeljijo na grupni tehnologiji kot najprimernejši varianti za tako velikost serij, kakršna je v navadi v večini naših podjetij.

Pri tem je potrebno poudariti, da »uvodne raziskave« niso bile prva znanstveno-raziskovalna naloga, ki se je lotevala grupne tehnologije. Kvalitativna razlika pa je ravno v tem, da smo uporabili že znane izsledke domačih in tujih avtorjev pri praktični problematiki. Tako smo lahko testirali teoretične in deloma praktične ugotovitve na konkretnih domačih razmerah in tako poskusili z ustreznimi dopolnili in prilagoditvami realizirati namen grupne tehnologije v domačih podjetjih. Vprašanja ekonomskega učinka novih tehnoloških prijemov ni mogoče reševati brez praktičnih rezultatov, ki zajemajo organiziranje podatkov, ustrezno predelavo in uporabo za izboljšanje tehnoloških procesov. Prav to je bil tudi smisel široko zasnovanega sodelovanja s številnimi podjetji po Sloveniji.

Splošen koncept našega dela v podjetjih je slonel na naslednjem:

— z uvodnimi razgovori informirati podjetje o namenu raziskav, o želenih ciljih in predvidenem načinu dela,

— pridobiti skupino strokovnih sodelavcev v podjetju samem,

— seznaniti sodelavce s konceptom grupne tehnologije in jih primerno usposobiti za praktično delo v podjetju,

— pripravi osnovnih pripomočkov za klasificiranje in kodiranje v posameznem podjetju,

— testiranju izbranih sistemov,

— izdelavi dokumentacije (kartotek, kartic ipd.),

— uporabi na novo organiziranih geometričnih in tehnoloških informacij v konstrukcijskem oddelku, v pripravi dela za optimizacijo delovnega procesa ipd.

Razumljivo je, da smo prikazani splošni koncept prilagajali specifičnostim v posameznih podjetjih, upoštevajoč pri tem obstoječo raven organizacije tehnoloških informacij, dotedanje izkušnje na področju grupne tehnologije v posameznih podjetjih, kvaliteto kadrov ipd. Spričo pestrega izbora med sodelujočimi podjetji je bila realizacija prikazanega koncepta v posameznih podjetjih precej različna. Zaradi tega pa se tudi končni cilj zamišljenega koncepta v uporabi novega načina organizacije v raznih podjetjih prikazuje različno.

Raziskovalna skupina pri fakulteti za strojništvo, ki je raziskave vodila in v pretežni meri tudi izvajala, se je pri omenjenih raziskavah povezala z 12 podjetji kovinsko-predelovalne in elektroindustrije [3]. Izbira podjetij ni bila naključna. V uvodnih raziskavah smo želeli pregledati realne možnosti za avtomatizacijo proizvodnje v različnih vejah kovinske in kovinsko-predelovalne industrije, od železarn pa do predelovanja pločevine, obdelane z odrezavanjem do litja in finomehanične industrije. Druga želja, ki je tudi vplivala na izbiro podjetij, je bila pregledati vpliv glede na velikost serij v proizvodnji. Zato so bila vključena tudi podjetja z množinsko proizvodnjo, npr. Gorenje nasproti tipično individualni in maloserijski proizvodnji npr. Litostroj.

Delo se je začelo v posameznih podjetjih različno, povsod pa ponajveč odvisno od kadra, ki ga je pod-

jetje določilo za opisano sodelovanje. Mislimo, da ni odveč stvarna kritika, da so nekatera podjetja ocenila nalogo, ki naj bi jo njihovi sodelavci opravili pri raziskavah v lastnem podjetju, preveč preprosto in lahko. Z ustrezno korekturo pri izbiri kadra in resnejšimi prijemi so se razmere pozneje izboljšale, vendar je minil dragocen čas, kar je imelo za posledico, da taka podjetja vse doslej še niso prišla do rezultatov, ki smo si jih zastavili v nalogi.

V splošnem lahko trdimo, da so uvodne raziskave izpolnile pričakovanja, saj so potrdile, da je mogoče z ustrezno organizacijo geometričnih in tehnoloških informacij o izdelkih občutno vplivati na stroške, in sicer tako v fazi konstrukcije izdelka, v fazi tehnološke priprave kakor tudi v izdelavnem postopku samem z ustrezno reorganizacijo delovnih mest ali modernizacijo strojev. Posebno pomembno je pri tem, da je organizacija teh informacij prilagojena računalniški tehnologiji in tako omogoča njihovo uspešno uporabo tudi v tehnologiji oziroma pri upravljanju proizvodnega procesa. Ena osnovnih nalog »uvodnih raziskav« je bila vzgoja kadra. Razumljivo je, da je pri tem dveletno obdobje kratkotrajno in lahko pokaže samo začetke, ne more pa dati izkušenih strokovnjakov. Delovna vnema in interes pa sta jamstvo, da bo v določenem času mogoče z rezultati dela v posameznih tovarnah potrditi izjavo, da so uvodne raziskave dosegle namen tudi na področju izobraževanja kadrov.

Povzetek tako obširnega raziskovalnega dela ne more biti osnovan samo na ugotovitvah, ki smo jih navedli doslej. Zaradi tega si poglejmo nekaj rezultatov po posameznih podjetjih:

Tomos-Koper.

Izdelali smo klasifikacijo za gonila in pri tem upoštevali tudi druge perspektivne komponente v podjetju. Pri tem smo izbrali aachenski klasifikacijski ključ in ga prilagodili potrebam podjetja. Da bi dobili celovito sliko o možnostih po tej poti zbranih geometričnih informacij, smo klasificirali 80 obdelovancev in jih po določenem kriteriju razporedili v družine. Vzporedno so bile izdelane študije o zasedenosti strojev s skupino gonil. Za del obdelovancev smo študijo nadaljevali in poskušali optimirati tehnološki postopek. Rezultat tega dela je bil — formiranje linije, ki je pokazala bistvene prihranke v transportu in mrtvih časih. Storjen je bil tudi poskus za optimiranje izdelave celotnega področja gonil s pomočjo računalnika. Kot rezultat dela, ki pa še ni končano, lahko navedemo podatek, da je s smotrno postavitvijo strojev in formiranjem grup mogoče iz dosedanjega parka 80 strojev pretežno ali popolnoma izločiti za druge namene 17 strojev — ob enaki kapaciteti pri izdelavi gonil.

Železarna Ravne.

V železarni smo se lotili uvajanja grupne tehnologije pri izdelavi industrijskih nožev. V ta namen je bilo potrebno razviti in prilagoditi poseben ključ za klasifikacijo teh izdelkov. Tudi tu smo testirali različne klasifikacijske ključe in se h kraju odločili za prilagojeno obliko aachenskega ključa. Izdelati je bilo potrebno nad 1000 GT kartic, to je za vse nože, ki se pojavljajo v letni proizvodnji. Poglavitni namen uvajanja grupne tehnologije je bil — združevanje v skupine z enotnimi tehnološkimi postopki.

Uvedena grupna tehnologija je prinesla naslednje prednosti: splošen pregled nad vrstami industrijskih nožev in zmanjšanje grup, kar bo rabilo tudi kot osnova za izdelavo kataloga; sistematika v arhivu načrtov, standardiziranje materiala in trdot za omenjene grupe, močna racionalizacija dela v konstrukciji, unificiranje tehnoloških postopkov — s tem v zvezi formiranje 40 unificiranih tehnoloških postopkov, zmanjšanje vrst materiala zaradi standardizacije materiala, zmanjšanje stroškov proizvodnje in stroškov skladiščenja.

Vse našteto dovolj zgovorno potrjuje, da so v železarni Ravne že pričeli izkoriščati možnosti, ki jih dajejo po načelih grupne tehnologije organizirane informacije o izdelkih.

Mariborska livarna Maribor.

V tej tovarni je bila izdelana tehnološka dokumentacija za vse proizvode v obratih čistilnice tlačnih ulitkov in mehanske obdelave. Izdelane so bile GT karte in delovni načrti za posamezne obdelovance in pripravljeni podatki za obdelavo teh informacij na elektronskem računalniku. K temu je šteti tudi izdelavo kodnih sistemov za materiale, delovna mesta (stroje) in orodja.

Do sedaj opravljeno delo obsega izračun obremenitve strojev in ročnih delovnih mest, izračun kapacitet, razčlenitev obremenitve strojev na kritičnih delovnih mestih in uvedbo družin obdelovancev za obdelovalne skupine.

Vse našteto velja za obrata čistilnice in mehanske obdelave. Po doslej opravljenem delu je tovarna dobila natančen pregled nad obremenitvijo in prostimi kapacitetami strojev in si tako ustvarila možnost za enostavnejši razpored obremenitve mest. Za kritična delovna mesta pa je bilo možno najti nadomestne kapacitete ali izvesti preureditve strojev. Po opravljenih izračunih je mogoče v obratu čistilnice ulitkov povečati proizvodnjo za približno 27 odstotkov.

Delo v tovarni se nadaljuje; razen v čistilnici ulitkov in mehanski obdelavi armatur se urejuje še orodjarna. Za zbrane informacije o obdelovancih (na karticah GT in DN) so deloma že izdelani ali pa v delu še računalniški programi, ki omogočajo hiter pregled stanja nad proizvodnjo, formiranje družin, obdelovancev po geometričnih ali tehnoloških karakteristikah, variiranje tehnoloških procesov po optimalnih proizvodnih pogojih, analize delovnih mest, stroškov obdelave, kapacitet ipd., formiranje tipskih proizvodnih linij ipd.

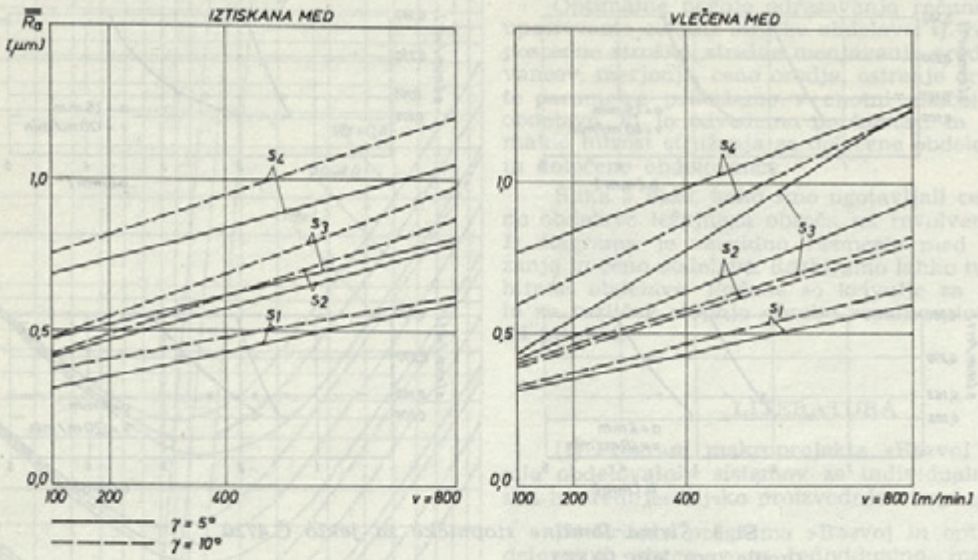
Podobno bi lahko zajeli opravljeno delo v vseh sodelujočih podjetjih. Navedli smo le tiste, ki so prišli najdalje. Druga podjetja, ki jih ne navajamo posebej, so večidel v fazi izdelave dokumentacije in prvih poskusov za uporabo tako zbranih podatkov.

Čeprav se naloga »uvodne raziskave« formalno končuje, se delo v sodelujočih podjetjih nadaljuje. Pri delu so kadri, ki so se ravno v okviru uvodnih raziskav usposobili in vživeli vanj. To so večinoma mladi strokovnjaki, ki bodo prav gotovo nosilci moderne tehnologije v podjetjih tudi v prihodnje.

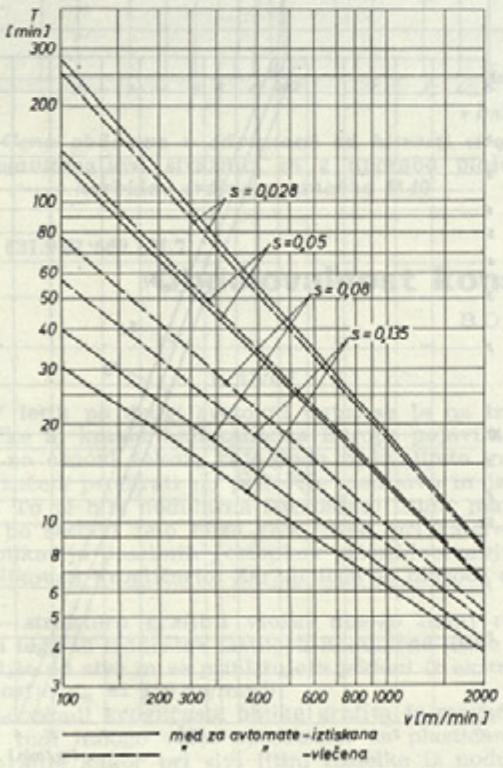
3. RAZISKAVE OBDELOVALNOSTI

Izboljšave pri organizaciji dela in razvijajoča se avtomatizacija so občutno skrajšale pomožne čase pri obdelavi določenih izdelkov. Zaradi tega skušamo v splošni težnji po optimiranju obdelave kolikor mogoče skrajšati glavne čase, tj. čase obdelave.

Naše raziskave smo usmerili predvsem na obdelavo s struženjem. Ugotavljali smo vpliv podajanja, hitrost rezanja in globino rezanja. Te veličine vplivajo neposredno na odrezani volumen, na stopnjo obremenjenosti orodja in obdelovalnega stroja, prav tako pa tudi na kvaliteto površine, oblikovanje odrezkov in obrabo orodja. Obstojnost orodja je v veliki meri odvisna od rezalne hitrosti — čim večja je hitrost rezanja, tem manjša je obstojnost orodja. Iz tega razmerja moramo ugotavljati pogoje za obdelavo, pri kakršnih bo obdelava optimalna glede na čas in ceno obdelave.



Sl. 1. *Hrapavost iztiskane in vlečene medi v odvisnosti od hitrosti rezanja*
Geometrija orodja: $\alpha = 6°$, $\lambda = -5°$, $\varkappa = 75°$, $\varepsilon = 90°$, $r = 0{,}5$ mm
Podajanje s [mm/vrt]: $s_1 = 0{,}028$, $s_2 = 0{,}05$, $s_3 = 0{,}08$, $s_4 = 0{,}135$



Sl. 2. *Obstojnost orodja pri struženju iztiskane in vlečene medi*
Material orodja: hitrorezno jeklo BRW 2
Geometrija orodja: $\alpha = 6°$, $\gamma = 5°$, $\lambda = -5°$, $\varkappa = 75°$, $\varepsilon = 90°$, $r = 0{,}5$ mm
Širina obrabnega pasu: $VB = 0{,}1$ mm
Globina rezanja: $a = 1$ mm

3.1. Obdelava medi za avtomate

Med najpomembnejše značilnosti obdelovalnosti medi za avtomate sodi kvaliteta površine. To velja še posebej, kadar obravnavamo orodja iz karbidnih trdin. Pri obdelavi z orodji iz hitroreznega jekla pa je zanimiva tudi obstojnost pri določenih pogojih rezanja.

Po programu preskušanja smo ugotavljali kvaliteto površine in obliko obdelovancev v odvisnosti od hitrosti rezanja (sl. 1), od podajanja in od geometrije orodja. Za ugotavljanje vseh naštetih vplivov smo spreminjali določene činitelje v izbranem področju:

— hitrost rezanja $v = 100$, 200, 400 in 800 m/min,

— cepilni kot $\gamma = 5°$, 10°, 15°, 20°,

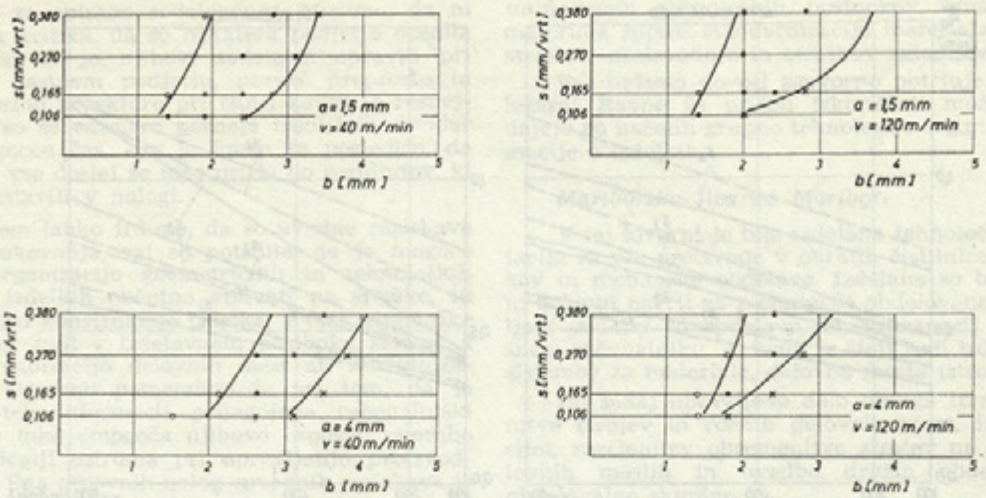
— podajanje $s = 0{,}028$; 0,05; 0,08 in 0,135 mm/vrt.

Diagrami na sl. 1 kažejo odvisnost hrapavosti od hitrosti rezanja pri cepilnih kotih $\gamma = 5°$ in 10° ter različnih podajanjih. Če primerjamo regresijske premice za cepilna kota 5 in 10°, lahko opazimo njihov vpliv na kvaliteto površine. Pri večjem cepilnem kotu so regresijske premice bolj strme — pri povečani hitrosti je hrapavost večja. Nadalje lahko ugotovimo, da je obdelovalnost iztiskane medi enakomernejša kakor pri vlečeni.

Obrabo orodja smo ugotavljali na prosti ploskvi, ki jo označimo z *VB*. Pri vrednotenju obrabe na prosti ploskvi v odvisnosti od hitrosti rezanja smo izhajali iz znane Taylorjeve enačbe

$$v \cdot T^n = C$$

Da smo dobili linearno obliko, smo rezultate logaritmirali in jih tudi podajamo v dvojnologaritemskem diagramu (sl. 2). Ugotovimo lahko, da je obstojnost orodja pri obdelavi vlečene medi v poprečju večja kakor pri iztiskani.



Sl. 3. *Širina lomilne stopničke za jeklo Č.4720*

Orodje: nož MPP 1D 2525

Geometrija orodja: $\alpha = 6°$, $\gamma = 6°$, $\lambda = 0°$, $\varkappa = 70°$, $\varepsilon = 90°$, $r = 1{,}2$ mm

3.2. Obdelava jekla

Pri obdelavi jekel na avtomatih, na revolverskih stružnicah pa tudi na univerzalnih stružnicah je za varno delo pomembno, da se odrezki lomijo pravilno. Dolgi odrezki pomenijo nevarnost, da se poškoduje orodje ali stroj, lahko pa se tudi porežejo delavci. S kratkimi odrezki se tej nevarnosti izognemo, vrh tega pa so taki še ugodnejši za transport. Njihova oblika je močno odvisna od materiala obdelovanca, od hitrosti rezanja, od geometrije orodja in od stanja orodja ter vibracij na stroju.

Iz gornjega izhaja, da obstaja določena vrsta parametrov, ki vplivajo na oblikovanje odrezkov in jih deloma lahko tudi spreminjamo. Pri poskusu, katerega majhen del rezultatov je prikazan na sliki 3, smo spreminjali širino lomilne stopničke na cepilni ploskvi. Taka stopnička usmerja odrezek in ga hkrati lomi. Napravimo jo lahko z brušenjem. Pri orodjih z mehansko vpetimi ploščicami pa lahko lomilnik primerno primikamo ali odmikamo od rezalnega roba. Pri majhni razdalji lomilnika od rezalnega roba se je odrezek zabijal vanj in dobivali smo drobljene odrezke, pri preveliki oddaljenosti lomilnika od rezalnega roba pa je odrezek odtekal prek cepilne ploskve in se pogostoma ovijal okoli noža ali pa oblikoval v spiralo. V vmesnem področju, ki ga omejujeta krivulji, se odrezki dobro lomijo.

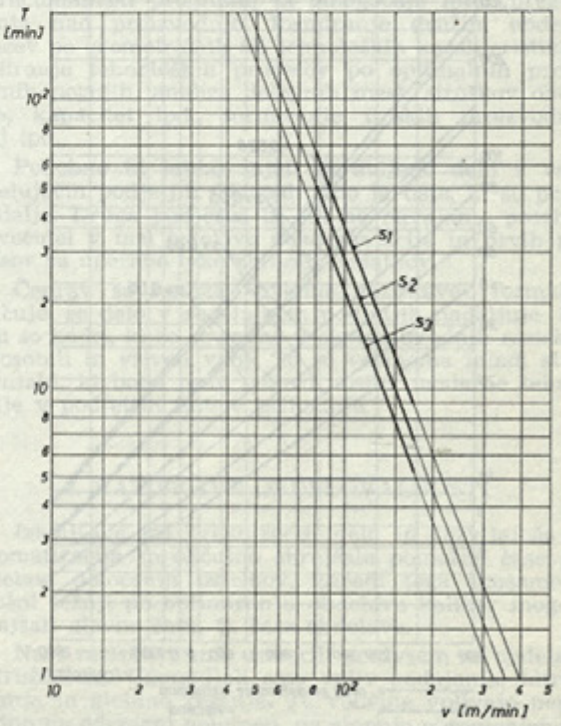
Preskušali smo jekla Č.4320, Č.4720 n Č.4721.

Z določenim orodjem lahko stružimo tako dolgo, dokler obrabljeno orodje ne vpliva na kvaliteto površine. Med obrabo, zlasti še pri finem struženju, se zaradi obrabljene konice noža pojavlja sistematična napaka glede na prvotno nastavljene mere obdelovanca. To velja še posebno pri prednastavljenih orodjih. Zavoljo tega je potrebno upoštevati odstopke s korekturo nastavitve ali omejitvijo časa za uporabo orodja, tj. orodje lahko uporabljamo samo do določene stopnje obrabe.

Na sliki 4 je prikazan potek pri obrabi orodja iz karbidne trdine med struženjem konstrukcijskega jekla za kotalne ležaje (Č.4144). Pri poskusih smo spreminjali hitrost struženja in podajalno hitrost. Z razširitvijo Taylorjeve enačbe smo dobili naslednjo enačbo obrabe:

$$VB = e^A \cdot v^B \cdot s^C T^D = e^{-7{,}138} \cdot v^{1{,}382} \cdot s^{0{,}078} \cdot T^{0{,}523},$$

ki lahko rabi za risanje regresijskih premic v dvojnologaritemskem diagramu (sl. 4) in izračun optimalnih pogojev pri obdelavi.

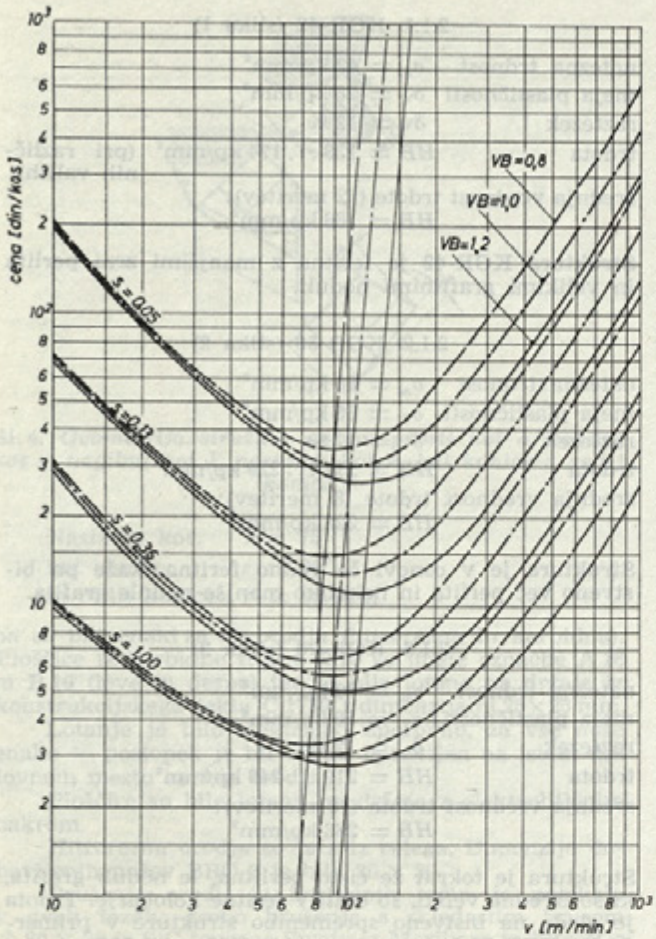


Sl. 4. *Obstojnost karbidne trdine P 40 pri struženju jekla Č.4144*

Geometrija orodja: $\alpha = 6°$, $\gamma = -6°$, $\lambda = 6°$, $\varkappa = 75°$, $\varepsilon = 90°$, $r = 1{,}6$ mm

Podajanje s [mm/vrt]: $s_1 = 0{,}125$, $s_2 = 0{,}250$, $s_3 = 0{,}350$

Širina obrabnega pasu: $VB = 0{,}5$ mm



Sl. 5. *Cena obdelave v odvisnosti od hitrosti struženja na polavtomatični stružnici in z uporabo ploščic iz karbidne trdine z označbo P 40*

Optimalne pogoje odrezavanja računamo tako, da upoštevamo celotne stroške obdelave, tj. režijske in neposredne stroške, stroške menjavanja orodja in obdelovancev, merjenje, ceno orodja, ostrenje orodja ipd. Vse te parametre prikažemo v enotni enačbi stroškov za obdelavo, ki jo odvedemo po hitrosti in dobimo optimalno hitrost struženja za določene obdelovalne pogoje in določene obdelovance.

Slika 5 kaže, kako smo ugotavljali celo za vzdolžno obdelavo ležajnega obroča na revolverski stružnici. Iz diagrama je razvidno razmerje med hitrostjo rezanja in ceno obdelave. Razbiramo lahko tudi optimalno hitrost obdelave. Podane so krivulje za več podajanj in za različne stopnje obrabe rezalne ploščice na prosti ploskvi.

LITERATURA

[1] Program makroprojekta »Razvoj in optimizacija obdelovalnih sistemov za individualno maloserijsko in srednjeserijsko proizvodnjo« (sept. 1970).

[2] Priloga programa »Razvoj in optimizacija obdelovalnih sistemov za individualno, maloserijsko in srednjeserijsko proizvodnjo«: A. Referati, B. Diskusija (sept. 1970).

[3] Nove metode za optimiranje maloserijske, srednjeserijske in individualne proizvodnje — povzetek iz uvodnih raziskav. Strojniški vestnik 1971-6, str. 189—192.

[4] UVODNE RAZISKAVE — poročilo Gospodarski zbornici z dne 10. 8. 1970.

Nosilec raziskovalne naloge: prof. dr. ing. habil. J. Peklenik, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Pri raziskovalni nalogi so sodelovali: doc. mag. ing. Polde Leskovar, mag. ing. Borut Justin, pred. mag. ing. Franc Roethel, mag. ing. Zoran Seljak, dipl. ing. Pavle Šmarčan, prof. V. T. Š., dipl. ing. Adolf Šoštar, pred. V. T. Š., dipl. ing. Ivan Grebenc, dipl. ing. Ivan Gantar.

Poročilo so sestavili: doc. mag. ing. Polde Leskovar, mag. ing. Zoran Seljak in dipl. ing. I. Grebenc.

UDK 621.9.01:669.131.7

Obdelovalnost konstrukcijske nodularne litine

BORUT JUSTIN

1. Uvod

V letih po drugi svetovni vojni se je na tržiščih Amerike in kmalu tudi zahodne Evrope pojavila nova litina na osnovi železa, ki je glede na kvaliteto in ceno hitro začela prodirati na področje med sivo in jekleno litino. To je bila nodularna (sferoidna) litina, material, ki je po sestavi zelo blizu sive litine, pri katerem pa je z aplikacijo posebnih postopkov pri pridobivanju grafit oblikovan krogličasto. Zaradi tega je mogoče doseči dvoje:

— strukturo grafitni vložki mnogo manj režejo; zaradi tega so trdnostne lastnosti nodularne litine mnogo boljše od sive in se približujejo jekleni (z ekstremno vrednostjo $\sigma_m = 120$ kp/mm²);

— zaradi krogličaste oblike grafita je mogoče dosegati tudi mnogo večjo sposobnost za plastično preoblikovanje kakor pri sivi litini (izdelke iz nodularne litine je mogoče kriviti, zvijati in podobno); ker pa sta surovinska osnova in postopek pridobivanja — razen dodatne metalurške obdelave neposredno pred litjem — skoraj enaka onima pri sivi litini, je cena novega materiala komaj nekoliko višja od cene sive litine.

Nodularna litina si je kmalu odprla pot tudi k nam. Železarna v Storah je začela razvijati različne vrste nodularne litine za lasten proizvodni program in tudi za naročnike. Zaradi večjega zanimanja velja v zadnjih nekaj letih posebna pozornost razvijanju konstrukcijskih vrst nodularne litine za nekaj največjih področij uporabe: za motorno in avtomobilsko industrijo, industrijo reduktorjev, poljedelskih in gradbenih strojev, vojno industrijo itd.

Eden poglavitnih pogojev za ekonomsko uspešno uvajanje ulitkov iz nodularne litine v kovinsko predelovalno industrijo je obdelovalnost z odrezavanjem, ki naj ne bo slabša kakor pri konkurenčnih materialih (sivi in jekleni litini). Obdelovalnost je treba preskusiti, za kar pa je potrebna specialna oprema.

2. Preskušanci, orodje in oprema

2.1. *Preskušanci*

Železarna Store izdeluje naslednje kvalitete konstrukcijskih nodularnih litin (po lastnih označbah):

KGR-38, KGR-42, KGR-50, KGR-60, KGR-70.

Za preskuse obdelovalnosti so bile izbrane: KGR-42, KGR-50 in KGR-70.